

ACE

Prosiding

2nd Andalas Civil Engineering National Conference 2015

Sustainability Infrastructures for Disaster Mitigation

13 Agustus 2015



ACE

2nd Andalas Civil Engineering
National Conference 2015



Penyelenggara
{Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik
Universitas Andalas
Kampus Unand Limau Manis, Padang
<http://sipil.ft.unand.ac.id>



Prosiding

2nd Andalas Civil Engineering

National Conference 2015

Sustainability Infrastructure for Disaster Mitigation

Editor:

Masrilayanti	(Ketua)
Nurhamidah	(Anggota)
Nidia Sari	(Anggota)

Pelaksana:

Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Andalas
Padang

Penerbit:

Fakultas Teknik Universitas Andalas

Hak Cipta @2015 pada Fakultas Teknik

Universitas Andalas, Padang, Indonesia

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang.

Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun, secara elektronik maupun mekanis, termasuk memfotokopi, merekam, atau teknik perekaman lainnya, tanpa izin tertulis dari penulis.

Diterbitkan oleh:

Fakultas Teknik Universitas Andalas
Kampus Unand Limau Manis Padang
Indonesia 25163

ISBN: 978-602-9081-15-2

PANITIA KONFERENSI

2nd Andalas Civil Engineering National Conference 2015:
Sustainability Infrastructure for Disaster Mitigation

Ketua	: Masrilayanti, PhD.
Sekretaris	: Riza Aryanti, MT.
Bendahara	: Nidia Sari, MT. Titi Kurniati, MT.
Anggota	: Elsa Eka Putri, PhD. Jati Sunaryati, PhD. Nurhamidah, MT, MEngSc. Rina Yuliet, MT. Yervi Hesna, MT.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil‘alamin, washolatu wassalamu ‘ala Rasulillah.

Prosiding ini berisi 49 makalah yang diterima oleh Panitia 2nd Andalas Civil Engineering National Conference atau selanjutnya disebut 2nd ACE National Conference. Adapun pelaksanaan konferensi diadakan pada tanggal 13 Agustus 2015 di Gedung Pasca Sarjana, Kampus Limau Manis, Universitas Andalas, Padang.

Pada saat pelaksanaan konferensi, ada dua pemakalah kunci yang berasal dari Universiti Teknologi Malaysia dan Jurusan Teknik Sipil Universitas Andalas.

Untuk itu, pada kesempatan ini, izinkan kami menyampaikan penghargaan dan rasa terimakasih kami kepada:

1. Rektor Universitas Andalas, Dekan Fakultas Teknik dan Ketua Jurusan Teknik Sipil atas dukungan moril dan sponsorshipnya.
2. Pembicara Kunci: Prof. Dr. Azelan Adnan dari Universiti Teknologi Malaysia dan Dr. Eng. Jafril Tanjung dari Jurusan Teknik Sipil Universitas Andalas Padang atas kehadiran dan penyampaian materi kuncinya.
3. PT. Semen Padang atas sponsor pendamping.
4. Para panitia, pemakalah, tamu undangan dan hadirin yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Semoga prosiding ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dimasa yang akan datang.

Billahittaufiq walhidayah,

Wassalaamu’alaikum warohmatullahi wabarokatuhu.

Padang, 13 November 2015
TTD

Masrilayanti, PhD

Ketua Panitia 2nd ACE-National Conference 2015

DAFTAR ISI

Analisis Faktor-Faktor Performa Kontraktor Yang Mempengaruhi Stakeholders Satisfaction <i>Hafnidar A. Rani, Kemala Hayati</i>	1
Pengaruh Penggunaan Abu Batu Dan Semen Portland Sebagai Filler Tambahan Terhadap Sifat Campuran <i>Asphalt Concrete - Binder Course</i> (AC-BC) <i>Jonizar, Nadia Khaira Ardi, Dian Hastari Agustina</i>	7
Pemetaan Jaringan Drainase Kota Padang Berbasis Quantum Gis Open Source (Studi Kasus Jaringan Drainase Kanal Banjir dan Batang Kuranji) <i>Mefri Hengky Nazir, Jufrinal, Junaidi, Mas Mera</i>	13
Analisis Risiko Developer Dalam Penyediaan Perumahan Di Kota Mataram <i>Rajabi Mubarak, Suryawan Murtiadi, Heri Sulistiyono</i>	19
Studi Faktor Penyebab Pengguna Mobil Pribadi Tidak Menggunakan Bus Trans Padang Dengan Teknik <i>Revealed</i> Dan <i>Stated Preference</i> <i>Ikhsan Isanda Putra, Purnawan</i>	26
Kajian Penerapan <i>Pavement Management System</i> (PMS) pada Jalan Nasional di Provinsi Sumatera Barat <i>Fadilla Mahzura, Purnawan, Yossyafra</i>	32
Studi Kinerja Operasional Dan Pelayanan Angkutan Umum Damridi Kabupaten Solok Selatan (Studi Kasus : Rute Padang Aro – Letter W) <i>Jihan Melasari, Purnawan, Elsa Eka Putri</i>	38
Pengaruh Suhu Pemadatan Terhadap Stabilitas Dinamis dan Umur Layanan Lapisan Perkerasan AC-WC <i>Filino Kalani, Yossyafra, Elsa Eka Putri</i>	45
Perkuatan Struktur Rangka Beton Berperilaku <i>Soft Story</i> dengan Peredam Tambahan <i>Metallic Damper</i> <i>Lukman Murdiansyah, Desmon Hamid</i>	52
Analisis Manajemen Resiko Proyek Pembangunan Rumah Sakit Universitas Andalas <i>Melani Novia Putri, Zaidir, Alizar Hasan</i>	59
Analisis Kapasitas Nominal Penampang Kinerja Struktur Beton Bertulang dengan Material Non-Linear <i>Hafiz Maulana, Jati Sunaryati, Rendy Thamrin</i>	70
Study Of Bracing Reinforcement Effect To Steel Building Under Seismic Load By Using Pushover Analysis Method (Case Study : Gedung Kuliah Blok BIII Kampus II Universitas Bung Hatta Aia Pacah) <i>Ridho Aidil Fitrah, Masrilayanti, Sabril Haris HG</i>	79

Perbandingan Respons Struktur Atas Jembatan Cable Stayed Tipe Fan Dengan Tumpuan Di Atas Tanah Lunak Dan Tanah Keras Akibat Beban Gempa (Studi Kasus Jembatan Bareleng) <i>Ridho Fraditya, Riza Aryanti, Masrilayanti</i>	87
Pengaruh Karakteristik Lalu Lintas terhadap Konsentrasi Gas NO ₂ di Udara Ambien <i>Roadside</i> Jaringan Jalan Sekunder Kota Padang <i>Hendra Gunawan, Yenni Ruslinda, Delia Putri</i>	93
Analisis Konsentrasi PM ₁₀ di Udara Ambien <i>Roadside</i> Jaringan Jalan Sekunder Kota Padang <i>Yenni Ruslinda, Hendra Gunawan, Noviade Nugraha</i>	100
Evaluasi Kinerja Ruas Jalan Perkotaan (Studi Kasus Jalan Samudra Padang) <i>Titi Kurniati, Arif Aulia Rahman</i>	107
Perkuatan Struktur Bangunan Mesjid Nurul Ilmi Menggunakan Metode Jacketing	113
Perbandingan Respons Struktur Gedung A Rumah Sakit Universitas Andalas Menggunakan SN 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012 <i>Febrin Anas Ismail, Fauzan, Nugrafindo Yanto, M Zendrio Fauz, Zev Al Jauhari</i>	120
Studi Komparatif DAS Batang Anai dan DAS Siak dengan Pemodelan Hidrologi GIS <i>Syaidu Iqfar, Nurhamidah, Bambang Istijono, Ahmad Junaidi</i>	127
Investigasi Profil Aliran dan Volume Gerusan pada Tikungan 120° Akibat Perubahan Posisi Pelimpah Bertangga <i>Aidil Saputra, Darizal Daoed</i>	132
Studi Eksperimental Pembuatan Batu Bata Ringan dengan Memakai <i>Additive Foam Agent</i> <i>Putri Oktaviani, Aidil Abrar, Wan Fadli</i>	139
Evaluasi Kinerja Operasi dan Pemeliharaan Jaringan Irigasi pada Daerah Irigasi Batang Hari di Kabupaten Dharmasraya <i>Nasrul, Bambang Istijono, Sunaryo</i>	146
Kuat Tekan, Porositas dan Sorptivity Mortar dengan Bahan Tambah Gula Aren pada Suhu Tinggi <i>Nanda Dwi Putri, Zulfikar Djauhari, Monita Olivia</i>	153
Kajian Parameter Mortar Geopolimer Menggunakan Campuran Abu Terbang (FlyAsh) dan Abu Sawit (Palm Oil Fuel Ash) <i>Aldi Nauri Islami, Edy Saputra, Monita Olivia</i>	160
Numerical Modelling of Pile Bearing Capacity Distribution <i>Harnedi Maizir</i>	168
Analisa Kelayakan Ekonomi Pada Pembangunan <i>Fly Over</i> Lubuk Begalung Padang <i>Nova Aryani, Purnawan</i>	176
Intelligent Seismic Structural Health Monitoring System For The Second Penang Bridge Of Malaysia <i>Reni Suryanita, Azlan Adnan</i>	183

Studi Kesiapan SDM Konstruksi Arsitek Propinsi Sumatera Barat dalam Menghadapi MEA 2015 <i>Zaidir, Muhammad Dien</i>	191
Studi Parametrik Pengaruh Variasi Tingkatan Beban Aksial Terhadap Perilaku Lentur dan Aksial Penampang Kolom Beton Bertulang Akibat Beban Siklik <i>Agung Adrian Q, Rendy Thamrin, Jati Sunaryati</i>	200
Studi Tentang Tingkat Kepuasan terhadap Kinerja Infrastruktur Hentian Bus Trans Padang <i>Bayu Martanto Adji, Yosritzal, Sigit Rakanata, Rohito Napitu, Fauzia Rahmi</i>	208
Permodelan Aksesibilitas Menuju Hentian Angkutan Umum Menggunakan <i>Structural Equation Model</i> (SEM) <i>Bayu Martanto Adji, Yosritzal, Rohito Napitu, Sigit Rakanata, Fauzia Rahmi</i>	214
Analisa Keuntungan Dan Tingkat Kepuasan Masyarakat Terhadap Pelaksanaan Rekonstruksi Rumah Pasca Bencana yang Berbasis Komunitas di Kabupaten Padang Pariaman <i>Ade Tadzkia, Taufika Ophiyandri, Bambang Istijono</i>	221
Pengaruh Variasi Kemiringan Sudut Tumpuan terhadap Distribusi Momen Lentur Gelagar Jembatan Tumpuan Miring <i>RinoRahmat, Masrilayanti, Robby Permata</i>	229
Korelasi Kerapatan Relativ dan Tahanan Ujung Konus untuk Tanah Pasir Seragam <i>Abdul Hakam, Rina Yuliet</i>	235
Studi Perilaku Struktur Beton Bertulang dengan Layout Bangunan Berbentuk L <i>Riki Febriano, Nidiasari, Jati Sunaryati</i>	240
Evaluasi Metoda Pengujian Batu Bata <i>Benny Hidayat, Sabril Haris HG, Apriyanto</i>	247
Studi Eksperimen Evaluasi Pengaruh Dinding Bata dengan Bukaan (<i>Wall With Opening</i>) terhadap Kuat Lateral Struktur Rangka Beton Bertulang <i>Maidiawati, Nardo Anugrah Pratama, Jafril Tanjung, Hamdeni Medriosa</i>	254
Analisis Aksesibilitas Infrastruktur Desa Sungai Seria Kecamatan Ketungau Hulu Kabupaten Sintang <i>Heri Azwansyah, Ferry Juniardi, Bayu Martanto Adji</i>	261
Distribusi Tegangan pada Penampang Kolom Beton Bertulang dengan Variasi Rasio Tulangan dan Mutu Beton <i>Rendy Thamrin</i>	267
Kajian Daya Dukung Lingkungan terhadap Pengembangan Infrastruktur <i>Indrayani, Andriani</i>	275
Perencanaan Wilayah dan Mitigasi Bencana dengan Menggunakan Aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG) pada DAS Bendung, Palembang <i>Andriani, Indrayani</i>	281
Pertimbangan Waktu dan Biaya Transportasi untuk Simulasi Penempatan Lokasi <i>Basecamp</i> Alat Berat Penanganan Longsor pada Ruas Jalan Nasional di Sumatera Barat <i>Yossyafra, Hendra Gunawan, Roslina Tahir, Husna Fauziah</i>	287

Pengaruh Jenis Pekerjaan dan Penanggung Biaya Perjalanan terhadap Presepsi Kualitas Layanan MV Mentawai Fast <i>Yossyafra, Yosritzal, ari Septa Yuda</i>	297
Kuat Tekan Beton dengan Semen Campuran Limbah Agro-Industri di Lingkungan Asam <i>Monita Olivia, Lita Darmayanti, Alfian Kamaldi, Zulfikar Djauhari</i>	306
Kajian Pelayanan Jaringan Jalan di Kota Payakumbuh <i>Dani Yuliadi, Purnawan, Yosritzal</i>	313
Studi Travel Time Use pada Kereta Api Komuter Rute Padang-Pariaman <i>Yosritzal</i>	322
Metode Sederhana Untuk Pengujian Pembebanan Siklik pada Balok Beton Bertulang <i>Rendy Thamrin, Jafril Tanjung, Anita Lesya</i>	329
Studi Eksperimental Perkuatan Lentur Balok Beton Bertulang <i>Rendy Thamrin, Jafril Tanjung, Kristinus</i>	335
Pemodelan Distribusi <i>Time Headway</i> Lalu Lintas di Wilayah Jalan Berbukit <i>Rizky Indra Utama, Purnawan, Hendra Gunawan</i>	341

ANALISIS FAKTOR-FAKTOR PERFORMA KONTRAKTOR YANG MEMPENGARUHI *STAKEHOLDERS SATISFACTION*

Hafnidar A. Rani

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah, Aceh,
hafnidar.ar@teknik.unmuha.ac.id

Kemala Hayati

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah, Aceh, k.hayati@yahoo.com

Abstrak

Kontraktor merupakan pihak penyedia jasa yang berhubungan langsung dalam implementasi proyek, dimana memiliki tanggung jawab yang harus dipenuhi yaitu waktu, biaya dan mutu yang sesuai dengan perjanjian yang terdapat dalam dokumen kontrak. Dinas Pekerjaan Umum (PU) Pengairan Aceh merupakan salah satu badan pemerintahan yang bertanggung jawab mewujudkan pembangunan negara khususnya dalam bidang infrastruktur konstruksi bangunan air. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor-faktor performa kontraktor yang mempengaruhi *stakeholder satisfaction* pada Dinas Pengairan Aceh. Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah *tangibility*, *reliability*, *responsiveness*, *assurance*, dan *empathy*, serta *stakeholder satisfaction* adalah sebagai variabel terikat. Berdasarkan uji reliabilitas terhadap kuisioner dari 53 responden diperoleh koefisien *cronbach alpha* 0,470 – 0,834 yang menunjukkan keandalan kuisioner. Berdasarkan analisis korelasi diperoleh faktor *assurance* berhubungan dengan *stakeholder satisfaction* sebesar 0,439, hal ini menunjukkan tingkat hubungan cukup berarti atau sedang. Dengan melakukan analisis regresi linear berganda, maka hasil penelitian yang diperoleh adalah faktor *assurance* mempengaruhi *stakeholder satisfaction* di Dinas Pengairan Aceh.

Kata Kunci : performa kontraktor, *stakeholder satisfaction*, infrastruktur bangunan air, *assurance*

1. PENDAHULUAN

Proyek infrastruktur merupakan suatu kegiatan yang bertujuan menyediakan kebutuhan masyarakat dengan skala luas dalam bentuk sarana, prasarana, baik jembatan, sarana transportasi, pembangunan saluran irigasi, bendungan dan sistem kelistrikan. Pendanaan proyek infrastruktur biasanya bersumber dari pemerintahan atau lembaga asing. Dalam implementasinya, Dinas Pekerjaan Umum (PU) Pengairan Aceh merupakan salah satu badan pemerintahan yang bertanggung jawab mewujudkan pembangunan infrastruktur khususnya dalam bidang konstruksi bangunan air (hidro).

Kualitas hasil dari pembangunan suatu konstruksi ditentukan oleh banyak pihak, salah satunya yaitu penyedia jasa (kontraktor). Kontraktor adalah suatu badan atau perusahaan yang bergerak dibidang keteknikan yang menerima pekerjaan dan melaksanakan berdasarkan gambar rencana dan peraturan-peraturan serta syarat-syaratnya. Pemilik atau *stakeholders* proyek menilai puas atau tidaknya terhadap kontraktor dengan menilai performa kontraktor terhadap keinginan dan harapan *stakeholders*. Oleh karena itu diperlukan identifikasi untuk menganalisis faktor-faktor performa kontraktor yang mempengaruhi *stakeholder satisfaction* pada Dinas Pengairan Aceh.

2. STUDI PUSTAKA

2.1 Proyek Infrastruktur

Proyek infrastruktur biasanya berkaitan dengan penyediaan kebutuhan masyarakat secara luas dalam hal prasarana transportasi, pembangunan waduk, embung, pengairan sawah, sarana instalasi telekomunikasi dan penyediaan sumber air minum. Menurut Dipohusodo (1996), proyek konstruksi adalah proyek yang berkaitan dengan upaya pembangunan suatu infrastruktur, yang umumnya mencakup pekerjaan pokok yang termasuk dalam bidang teknik sipil, arsitektur, dan seringkali melibatkan bidang ilmu lainnya.

Ervianto (2005) berpendapat, proyek konstruksi merupakan suatu rangkaian kegiatan yang satu kali dilaksanakan dan umumnya berjangka waktu pendek. Dalam rangkaian jangka waktu tersebut, terdapat suatu proses yang mengolah sumber daya proyek menjadi suatu hasil kegiatan yang berupa bangunan. Proses yang terjadi dalam rangkaian kegiatan tersebut tentunya melibatkan pihak-pihak terkait, baik secara langsung maupun tidak langsung.

Konstruksi dapat dibagi menjadi empat tipe yaitu konstruksi pemukiman (*residential construction*) meliputi bangunan rumah tinggal dan pengembangan wilayah pemukiman, konstruksi gedung (*building construction*) meliputi gedung berlantai banyak termasuk bangunan sekolah, rumah sakit, hotel dan perkantoran, konstruksi rekayasa berat (*heavy engineering construction*) meliputi terowongan, jalan, jembatan, irigasi, waduk dan jalan rel, serta konstruksi industri (*industrial construction*) meliputi pembangunan pabrik-pabrik industri seperti pengilangan minyak bumi, petro kimia dan lain-lain (Soeharto, 2001).

2.2 Performa Kontraktor

Kotler (2009) menyatakan bahwa pemilik proyek menilai kualitas pelayanan jasa bukan hanya dari pelayanan teknis saja, tetapi juga dari kualitas fungsionalnya. Kualitas pelayanan kontraktor memiliki hubungan erat dengan kepuasan pemilik proyek yang memberikan dorongan untuk menjalin ikatan hubungan dengan perusahaan kontraktor.

Suatu penelitian yang dilakukan oleh Taufik (2010) menjelaskan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi performa kontraktor yaitu :

1. *Tangibility* (bukti langsung), yaitu meliputi penampilan fisik, perlengkapan yang digunakan, pegawai serta sarana komunikasi yang diberikan;
2. *Reliability* (keandalan), yaitu kemampuan dalam memberikan suatu pelayanan yang dijanjikan dengan segera, baik, akurat serta memuaskan;
3. *Responsiveness* (daya tanggap), yaitu memberikan pelayanan kepada pelanggan;
4. *Assurance* (jaminan), yaitu mencakup pengetahuan, kemampuan, kesopanan dan sifat dapat dipercaya;
5. *Emphaty* (empati), meliputi kemudahan dalam melakukan hubungan, komunikasi yang baik, perhatian dan memahami kebutuhan pelanggan.

2.3 Pelayanan dan Kepuasan

Tjiptono (2007) berpendapat bahwa kualitas pelayanan dapat diartikan sebagai upaya pemenuhan kebutuhan dan keinginan konsumen serta ketepatan penyampaian dalam mengimbangi harapan konsumen. Kualitas pelayanan (*service quality*) dapat diketahui dengan cara membandingkan persepsi para pemilik proyek atas pelayanan yang mereka terima. Jika jasa yang diterima (*perceived service*) sudah sesuai dengan yang diharapkan maka kualitas pelayanan dipersepsikan baik dan memuaskan dan sebaliknya.

Handoko (2001) menjelaskan bahwa pemilik proyek menilai puas atau tidaknya berdasarkan tiga faktor acuan yaitu:

1. Biaya : proyek diselesaikan dengan biaya yang tidak melebihi anggaran
2. Waktu : proyek harus dikerjakan sesuai dengan kurun waktu yang telah ditentukan
3. Mutu : produk atau hasil dari kegiatan proyek harus memenuhi spesifikasi dan kriteria yang di syaratkan

2.4 Stakeholders Proyek

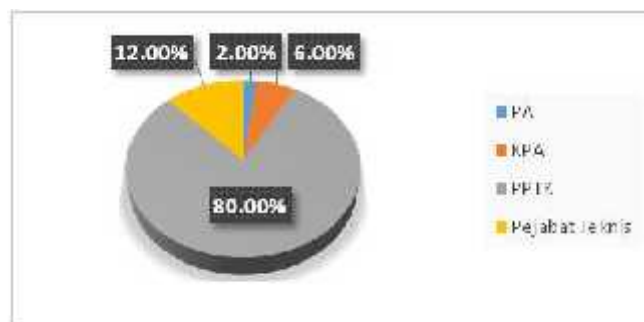
Menurut Cleland et al. (2002) istilah stakeholder dapat didefinikan:

1. Pihak-pihak yang berkepentingan pada perusahaan yang dapat mempengaruhi atau dapat dipengaruhi oleh aktifitas perusahaan/badan;
2. Individu dan organisasi yang secara aktif terlibat dalam proyek dan mempunyai kepentingan yang mungkin mempengaruhi hasil penyelesaian proyek;
3. Siapa saja yang mempunyai masukan didalam pengambilan keputusan;
4. Orang atau grup yang mempunyai hak, kewajiban dan kepentingan dalam proyek dan pada aktifitas yang lalu, sekarang dan akan datang.

3. HASIL, ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

Kuesioner dibagikan kepada 53 responden sebagai *stakeholder* yang berada pada lingkungan Dinas PU Pengairan Provinsi Aceh.

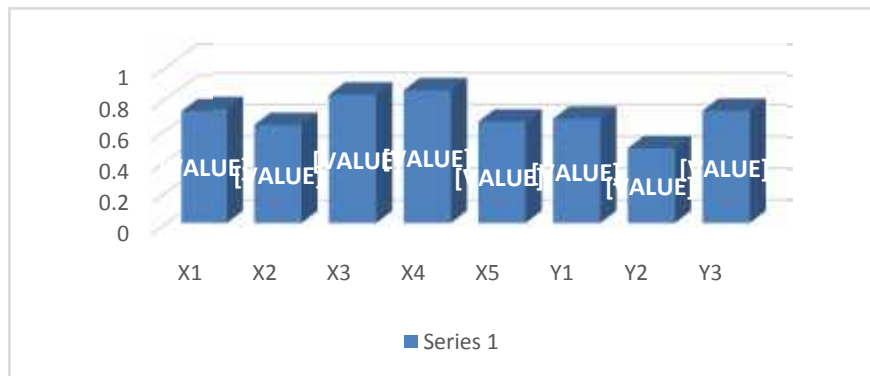


Gambar 1. Persentase responden

Gambar 1. di atas memperlihatkan bahwa jumlah responden PPTK (Pejabat Pelaksana Teknis Kegiatan) sebanyak 40 orang (80,00%), Pejabat Teknis sebanyak 6 orang (12,00%), KPA (Kuasa Pengguna Anggaran) sebanyak 3 orang (6,00%), dan PA (Pengguna Anggaran) sejumlah 4 orang (2,00%).

3.2 Analisis Reliabilitas

Koefisien *cronbach alpha* yang diperoleh dari analisis reliabilitas terhadap semua variabel X dan Y dinyatakan *reliable* karena memenuhi koefisien minimum *cronbach alpha* yaitu lebih besar dari 0,6. Variabel X4 (*assurance*) menghasilkan koefisien tertinggi yaitu 0,834, selanjutnya X3 (*responsiveness*) sebesar 0,807, variabel X1 (*tangibility*) sebesar 0,716, variabel Y (*stakeholders satisfaction*) sebesar 0,705, X5 (*empathy*) sebesar 0,637, dan X2 (*reliability*) sebesar 0,616. Nilai-nilai koefisien tersebut ditampilkan dalam histogram di bawah ini.



Gambar 2. Histogram Reliabilitas

3.3 Analisis Korelasi

Berdasarkan analisis korelasi, faktor *assurance* mempunyai tingkat hubungan cukup berarti atau sedang terhadap *stakeholders satisfaction*. Nilai korelasi semua variabel dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Analisis Korelasi

Var	Faktor	Nilai korelasi	Interval nilai	Tingkat hubungan
X1	<i>Tangibility</i>	0.093	$0,00 < R \leq 0,20$	Sangat rendah atau lemah sekali
X2	<i>Reliability</i>	0.035	$0,00 < R \leq 0,20$	Sangat rendah atau lemah sekali
X3	<i>Responsiveness</i>	0.052	$0,00 < R \leq 0,20$	Sangat rendah atau lemah sekali
X4	<i>Assurance</i>	0.439	$0,40 < R \leq 0,70$	Cukup berarti atau sedang
X5	<i>Empathy</i>	0.144	$0,20 < R \leq 0,40$	Sangat rendah atau lemah sekali

3.4 Analisis Regresi Linear Berganda

Hasil analisis regresi linear berganda diperoleh model: $Y = 39,349 - 0,753X_1 - 0,005X_2 - 0,020X_3 + 0,544X_4 + 1,285X_5$. Koefisien tertinggi terdapat pada variabel X_4 sebesar 0,544 yaitu *assurance* dengan tingkat signifikasinya 0,004, seperti yang terangkum pada tabel di bawah ini.

Tabel 2 Analisis Regresi Linear Berganda

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	39,349	7,380		5,332	,000
	Tangibility	-,753	1,157	-,485	-,651	,519
	Reliability	-,005	,248	-,003	-,019	,985
	Responsiveness	-,020	,213	-,014	-,094	,925
	Assurance	,544	,177	,454	3,075	,004
	Empathy	1,285	1,339	,719	,960	,343

3.4 Pembahasan

Penelitian ini dilakukan kepada para *stakeholders* di Dinas Pengairan Aceh sejumlah 53 responden yang terdiri dari Pejabat Pelaksana Teknis Kegiatan (PPTK) sebanyak 40 orang, Pejabat Teknis sebanyak 6 orang, Kuasa Pengguna Anggaran (KPA) sebanyak 3 orang, dan Pengguna Anggaran (PA) sejumlah 4 orang. Hasil uji reliabilitas diperoleh koefisien *cronbach alpha* berada pada interval 0,470 – 0,834 yang menunjukkan kuisisioner telah *reliable* karena memenuhi koefisien minimum *cronbach alpha* lebih besar dari 0,6. Hasil analisis korelasi diperoleh faktor *assurance* berhubungan dengan *stakeholder satisfaction* sebesar 0,439, hal ini menunjukkan tingkat hubungan cukup berarti atau sedang. Berbeda dengan hasil penelitian sebelumnya oleh Sulistyawan (2008) menunjukkan tingkat korelasi yang kuat. Penelitian sebelumnya juga dilakukan oleh Irwansyah (2013) mengindikasikan faktor bukti langsung (*tangibility*) merupakan faktor yang berpengaruh terhadap kepuasan pemilik proyek. Hasil akhir penelitian ini dengan melakukan analisis analisis regresi linear berganda diperoleh faktor *assurance* yang mempengaruhi *stakeholder satisfaction* di Dinas Pengairan Aceh.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tiga dari empat faktor performa kontraktor (*tangibility*, *reliability*, *responsiveness*, dan *empathy*) tidak berkorelasi terhadap *stakeholder satisfaction* di lingkungan Dinas Pengairan Aceh. Faktor yang mempengaruhi *stakeholder satisfaction* hanya faktor *assurance* sebesar 50,8%. Hal ini menunjukkan bahwa faktor jaminan yang mencakup pengetahuan, kemampuan, kesopanan dan sifat dapat dipercaya

merupakan hal-hal yang paling mempengaruhi kepuasan *stakeholder*, disamping masih ada lagi faktor performa kontraktor sebesar 49,2% yang tidak ditinjau pada penelitian ini. Diharapkan ada penelitian lebih lanjut terhadap performa kontraktor dengan menggunakan faktor-faktor lain dan mencakup semua wilayah di Provinsi Aceh, agar dapat memberi perbandingan informasi sehingga kontraktor dapat lebih meningkatkan

performanyadalam mencapai kepuasan kepada pihak-pihak yang terlibat dalam pelaksanaan proyek infrastruktur.

DAFTAR PUSTAKA

- Bennett, J. and Grice, T. 1990. *Procurement System for Building*, In: Brandon,P. (ed) *Quantity Surveying Techniques*. Oxford: New Directions, Blackwell Scientific Publications.
- Cleland, D., King, R W., Tamhain, J H. 2002. *Project Management Hand Book*: Second Edition.Library of Congress Cataloging.
- Ervianto, W. I. 2005.*Teori Aplikasi Manajemen Proyek Konstruksi*. Yogyakarta : Penerbit Andi.
- Handoko, H.T. 2001.*Manajemen*. Yogyakarta: BPFE.
- Irwansyah, T. 2013. *Pengaruh Pelayanan Kontraktor Terhadap Kepuasan Pemilik Proyek*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.
- Kotler, P. 2009. *Marketing Management*. Jakarta: Edisi Millenium.
- Soeharto, I. 2001. *ManajemenProyek dari Konseptual sampai Operasional*.Jakarta: Erlangga.
- Dipohusodo, I. 1996. *Wawasan Studi Kelayakan dan Evaluasi Proyek Konstruksi*, Jakarta: Kanisius.
- Sulistiyawan, A. 2008. *Pengaruh Kinerja Tim Proyek Terhadap Keberhasilan Proyek*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sains Al-Qur'an Wonosobo, Jawa Timur.
- Tjiptono, F. 2007. *Perspektif Manajemen dan Pemasaran Kontemporer*. Yogyakarta: Andi.

PENGARUH PENGGUNAAN ABU BATU DAN SEMEN PORTLAND SEBAGAI FILLER TAMBAHAN TERHADAP SIFAT CAMPURAN *ASPHALT CONCRETE* - *BINDER COURSE* (AC-BC)

Jonizar

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau Kepulauan, Batam,
jon_nizar04@yahoo.com

Nadia Khaira Ardi

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau Kepulauan, Batam,
nadia.khairaardi@gmail.com

Dian Hastari Agustina

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau Kepulauan, Batam,
dian_rajendra@yahoo.com

Abstrak

Tujuan penelitian adalah mengetahui pengaruh penggunaan *filler* tambahan abu batu dan semen Portland terhadap sifat karakteristik AC-BC, dengan memvariasikan perbandingan penggunaan *filler*. Variasi kadar aspal didasarkan pada nilai kadar aspal rencana (pb) dan kadar aspal optimum (KAO). Hasilnya menunjukkan kadar aspal rencana (pb) masing-masing *filler* adalah samayaitu 5,5%, sehingga kadar aspal variasinya juga sama yaitu 4,5%, 5,0%, 5,5%, 6,0% dan 6,5%. Sedangkan untuk kadar aspal optimum (KAO) memiliki nilai yang sedikit berbeda, yaitu 5,8%, 5,6% dan 5,5%. Karakteristik campuran AC-BC yang dihasilkan dari keenam jenis *filler* berdasarkan kadar aspal optimum meningkat seiring dengan bertambahnya penggunaan *filler* semen portland. Kenaikan terjadi pada nilai kepadatan, stabilitas, dan durabilitas campuran, sedangkan rongga dalam campuran menurun. Nilai rongga pada kepadatan mutlak mengalami penurunan yaitu 2,69% 100% *filler* abubatu menjadi 2,52% *filler* semen portland. Dengan demikian campuran aspal dengan 100% *filler* semen portlan lebih kaku daripadacampuran AC-BC menggunakan 100% *filler* abu batu.

Kata Kunci : Filler Tambahan Abu Batu, Semen Portland, Karakteristik AC-BC.

1. PENDAHULUAN

Aspalbeton (AC) merupakan salah satu jenis lapis konstruksi perkerasan lentur. Penggunaannya pun dari tahun ketahun makin meningkat. Hal ini disebabkan aspal beton mempunyai beberapa kelebihan disbanding dengan bahan-bahan lain, diantaranya harganya yang relative lebih murah disbanding beton, kemampuannya dalam mendukung beban berat kendaraan yang tinggi dan dapat dibuat dari bahan-bahan lokal yang tersedia dan mempunyai ketahanan yang baik terhadap cuaca. Kekuatan utama aspal beton ada pada keadaan butir agregat yang saling mengunci dengan sedikit *filler* dan bitumen sebagai mortar. Fungsi bahan pengisi adalah untuk meningkatkan kekentalan bahan bitumen, mengurangi sifat rentan terhadap suhu dan menaikkan volume campuran aspal karena banyak terserap dalam bitumen.

Bahan pengisi pada campuran aspal beton yang sering digunakan pada proses pembuatan aspal di AMP (*Asphalt Mixing Plant*) adalah abu batu. Beberapa jenis material yang boleh digunakan sebagai pengisi tambahan dalam campuran laston adalah debu batu kapur, kapur padam, semen atau material lain yang dianggap memenuhi persyaratan yang telah ditentukan.

Asphalt Concrete - Binder Course (AC-BC) digunakan sebagai lapis antara pada konstruksi perkerasan jalan. Lapisan ini membentuk lapis pondasi jika digunakan pada pekerjaan peningkatan atau pemeliharaan jalan. Dalam penulisan paper ini, penulis melakukan penelitian tentang pengaruh penggunaan abu batu dan semen Portland sebagai filler tambahan terhadap sifat campuran Asphalt Concrete - Binder Course (AC-BC), berdasarkan uji laboratorium menggunakan metode Marshall mengikuti SNI 06-2489-1991 dan rongga dalam campuran pada kepadatan membal (refusal) mengikuti BS 598 Part 104 (1989). Variasi penggunaan abu batu dan semen Portland sebagai filler tambahan yang digunakan dalam campuran AC-BC adalah 100% abubatu, 80% abubatu + 20% semen portland, 60% abubatu + 40% semen portland, 40% abubatu + 60% semen portland, 20% abubatu + 80% semen portland, dan 100% semen portland.

2. STUDI PUSTAKA

2.1 Aspal

Aspal adalah suatu cairan yang lekat atau berbentuk padat terdiri dari hydrocarbon atau turunannya, terlarut dalam *trichloro-ethylene* dan bersifat tidak mudah menguap serta lunak secara bertahap jika dipanaskan. Aspal keras adalah suatu jenis aspal minyak dari residu hasil destilasi minyak bumi pada keadaan hampa udara, yang pada suhu normal dan tekanan atmosfir berbentuk padat.

2.2 Agregat

Agregat merupakan suatu kumpulan butiran batuan yang berukuran tertentu yang diperoleh dari hasil alam langsung maupun dari pemecahan batu besar ataupun agregat yang sengaja dibuat untuk tujuan tertentu.

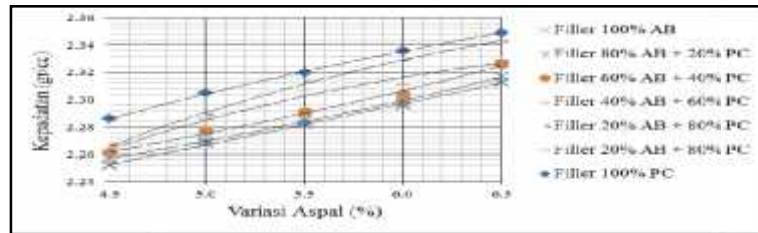
2.3 Metode Marshall

Metode Marshall ditemukan oleh Bruce Marshall, dan telah distandarisasi oleh ASTM ataupun AASHTO melalui beberapa modifikasi, yaitu ASTM D 1559-76, atau AASHTO T-245-90. Prinsip dasar metode Marshall adalah pemeriksaan stabilitas, kelelahan (flow), analisis kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk. Pada metode ini menggunakan 2x75 kali tumbukan dengan standar tinggi jatuh penumbuk 18 inchi, berat penumbuk 4,5 kg. Perencanaan campuran beraspal panas dengan pendekatan kepadatan mutlak (kepadatan tertinggi) dilakukan dengan jumlah tumbukan yang berlebih sebagai simulasi adanya pemadatan oleh lalulintas, sampai benda uji tidak bertambah padat lagi. Metode ini menggunakan 2x400 kali tumbukan dengan standar penumbuk sama dengan metode Marshall standar.

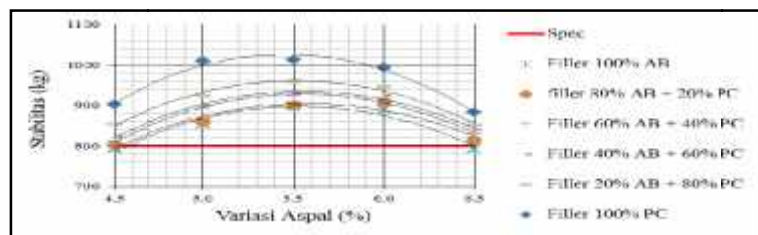
3. HASIL, ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

3.1 Penggunaan Abu Batudan Semen Portland Sebagai Filler Tambahan Terhadap Sifat Karakteristik AC-BC Berdasarkan Pb

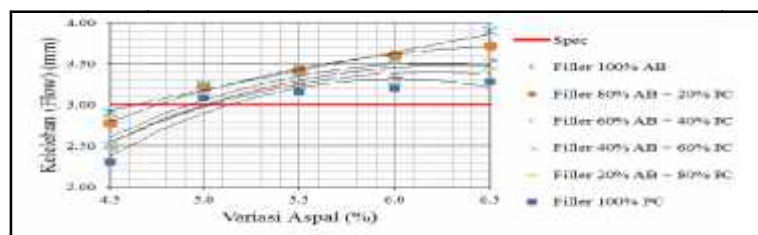
Nilai kepadatan campuran AC-BC cenderung meningkat seiring dengan penambahan kadar aspal dalam campuran (Gambar1). Beberapa grafik hasil olahan data dapat dilihat pada Gambar 2 sampai Gambar 7



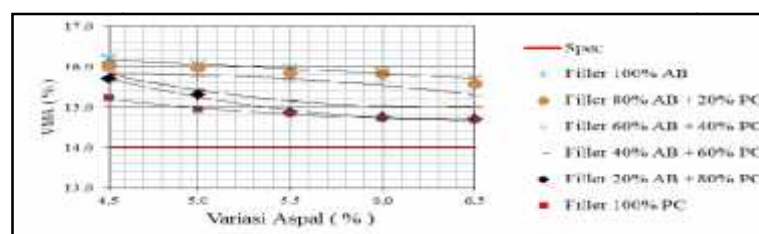
Gambar 1. Grafik Kepadatan AC-BC



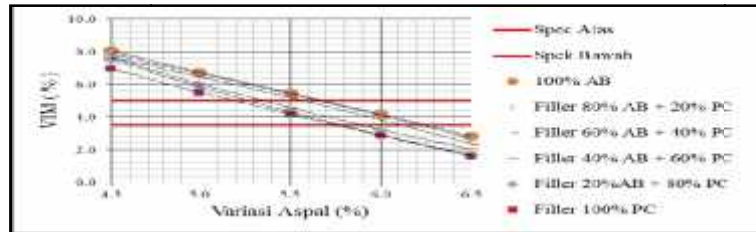
Gambar 2. Grafik Stabilitas AC-BC



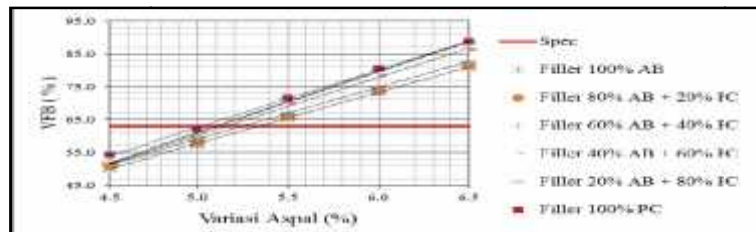
Gambar 3. Grafik Kelelehan (Flow) AC-BC



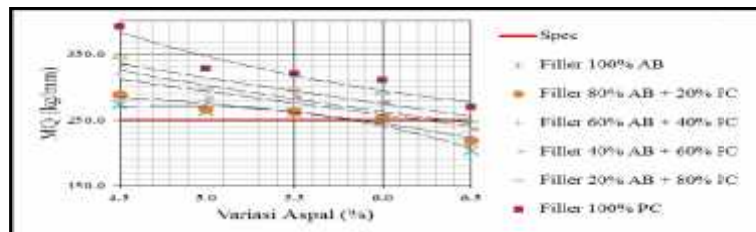
Gambar 4. Grafik Rongga Di Antara Mineral Agregat (VMA) AC-BC



Gambar 5. Grafik Rongga Dalam Campuran (VIM) AC-BC



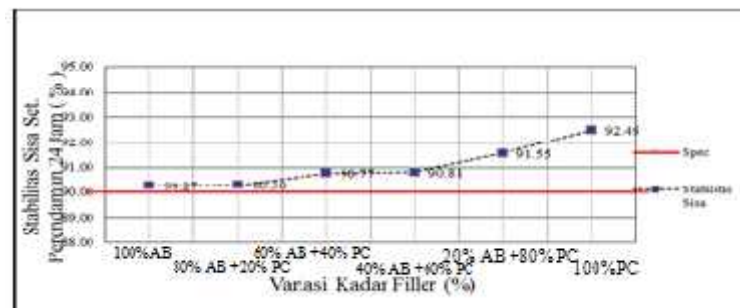
Gambar 6. Grafik Rongga Rongga Terisi Aspal (FVB) AC-BC



Gambar 7. Grafik Hasil Bagi Marshall (MQ) AC-BC

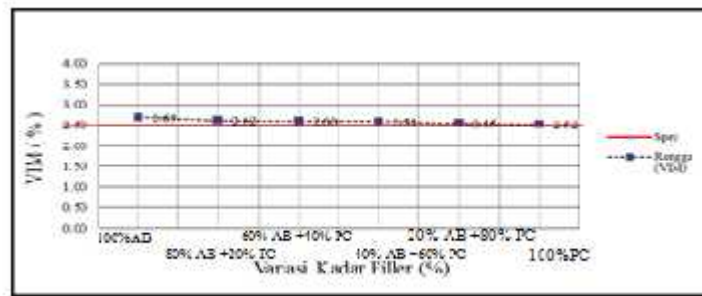
3.2 Pengaruh Penggunaan Abu Batu dan Semen Portland Sebagai Filler Tambahan Terhadap Sifat Karakteristik AC-BC Berdasarkan KAO

Setelah dilakukan pengujian terhadap Marshall standar dapat dilihat nilai kepadatan, stabilitas, rongga yang terisi aspal, hasil bagi Marshall, stabilitas sisa Marshall setelah perendaman selama 24 jam pada suhu 60°C cenderung meningkat walaupun pengujian dilaksanakan berdasarkan kadar aspal optimum sesuai dengan kebutuhan masing-masing campuran.



Gambar 8. Grafik Stabilitas Sisa Setelah Perendaman Selama 24 Jam Pada Suhu 60°C (Durabilitas Standar)

Nilai kelelehan, rongga dalam agregat dan rongga dalam campuran yang dihasilkan cenderung menurun karena kekakuan campuran akan meningkat seiring dengan berkurangnya penggunaan *filler* abu batu (semen *portland* bertambah). Hasil yang diperoleh dari uji rongga (*void*) dalam campuran AC-BC berdasarkan nilai kadar aspal optimum yang dilaksanakan dengan 2x400 tumbukan. Campuran AC-BC dengan kadar *filler* 100% abu batu memiliki rongga yang lebih besar dibandingkan kadar *filler* campuran ataupun menggunakan *filler* 100% semen *portland*. Sehingga dapat diartikan bahwa campuran AC-BC menggunakan semen *Portland* akan lebih kaku jika dibandingkan dengan campuran AC-BC menggunakan 100% abu batu.



Gambar 9. Grafik hasil PRD pada kadar aspal optimum AC-BC

4. KESIMPULAN

Adanya peningkatan kinerja campuran AC-BC yang dinyatakan dalam sifat-sifat sebagai berikut :

1. Kepadatan

Kepadatan campuran AC-BC mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya penggunaan kadar filler semen Portland maupun penambahan kadar aspalnya, karena berat volume benda uji meningkat. Secara berturut-turut kepadatan dalam campuran menggunakan filler 100% AB, 80% AB + 20% PC, 60% AB + 40% PC, 40% AB + 60% PC, 20% AB + 80% PC dan 100% PC berdasarkan KAO adalah 2,292 gr/cc, 2,295 gr/cc, 2,297 gr/cc, 2,308 gr/cc, 2,313 gr/cc, dan 2,320 gr/cc.

2. Stabilitas

Stabilitas campuran AC-BC mengalami kenaikan seiring dengan penambahan penggunaan kadar filler semen Portland namun akan mengalami penurunan jika telah melampaui batas maksimum kebutuhan aspalnya. Secara berturut-turut stabilitas dalam campuran menggunakan filler 100% AB, 80% AB + 20% PC, 60% AB + 40% PC, 40% AB + 60% PC, 20% AB + 80% PC dan 100% PC berdasarkan KAO adalah 907,24 kg, 909,69 kg, 929,31 kg, 934,21 kg, 958,73 kg, dan 1012,68 kg.

3. Kelelehan

Nilai kelelehan akan cenderung menurun jika semen Portland digunakan dalam campuran AC-BC sehingga nilai hasil bagi Marshall (MQ) dalam campuran akan mengalami kenaikan. Campuran AC-BC menggunakan 100% filler abu batu nilai kelelehan adalah 3,52 % dan hasil bagi Marshal 257,74% sedangkan campuran AC-

BC menggunakan 100% filler semen portland 3,16% dengan hasil bagi Marshall 320,47%.

4. Rongga (Void)

Rongga dalam campuran AC-BC akan cenderung menurun seiring dengan pengurangan kadar filler abu batu atau kadar filler semen Portland bertambah. Secara berturut-turut rongga dalam campuran menggunakan filler 100% AB, 80% AB + 20% PC, 60% AB + 40% PC, 40% AB + 60% PC, 20% AB + 80% PC dan 100% PC berdasarkan KAO adalah 3,52%, 3,50%, 3,42%, 3,28%, 3,24%, dan 3,16%.

5. Durabilitas standar atau stabilitas sisa Marshall

Nilai stabilitas sisa Marshall setelah perendaman selama 24 jam pada suhu 60°C cenderung meningkat. Secara berturut-turut nilai stabilitas sisa Marshall dalam campuran AC-BC menggunakan filler 100% AB, 80% AB + 20% PC, 60% AB + 40% PC, 40% AB + 60% PC, 20% AB + 80% PC dan 100% PC berdasarkan KAO adalah 90,27%, 90,30%, 90,77%, 90,81%, 91,55%, dan 92,49%

6. Pengujian rongga 2x400 tumbukan campuran AC-BC dengan kadar filler 100% abu batu memiliki rongga yang lebih besar dibandingkan kadar filler campuran ataupun menggunakan filler 100% semen portland. Secara berturut-turut nilai rongga pada kepadatan membal (refusal) dalam campuran AC-BC menggunakan filler 100% AB, 80% AB + 20% PC, 60% AB + 40% PC, 40% AB + 60% PC, 20% AB + 80% PC dan 100% PC berdasarkan KAO adalah 2,69%, 2,62%, 2,60%, 2,59%, 2,55%, dan 2,52%.

Dari keenam variasi kadar filler, memiliki nilai kadar aspal optimum yang sedikit berbeda. Hal ini dipengaruhi oleh tingkat kehalusan butiran dan berat jenis filler yang digunakan serta kemampuan filler dalam menyerap aspal.

DAFTAR PUSTAKA

- Nyoman, S. 2010. Pengendalian Penghamparan & Pemadatan Campuran Beraspal Panas, Peneliti Muda (IVA). Bandung: Puslitbang Jalan dan Jembatan.
- Putrowijoyo, R. 2006. Kajian Laboratorium Sifat Marshall dan Durabilitas Asphalt Concrete - Wearing Course (AC-WC) dengan Membandingkan Penggunaan Antara Semen

PEMETAAN JARINGAN DRAINASE KOTA PADANG BERBASIS *QUANTUM GIS OPEN SOURCE*

(STUDI KASUS JARINGAN DRAINASE KANAL BANJIR & BATANG
KURANJI)

Mefri Hengky Nazir

*Jurusan Teknik Sipil/ Program Studi Magister, Fakultas Teknik Universitas Andalas, Padang,
mefri_hengky@yahoo.com*

Jufrinal

*Jurusan Teknik Sipil/ Program Studi Magister, Fakultas Teknik Universitas Andalas, Padang,
j034.com@gmail.com*

Junaidi

*Jurusan Teknik Sipil/ Program Studi Magister, Fakultas Teknik Universitas Andalas, Padang,
junaidi.joe@gmail.com*

Mas Mera

*Jurusan Teknik Sipil/ Program Studi Magister, Fakultas Teknik Universitas Andalas, Padang,
masmera@ft.unand.ac.id*

Abstrak

Belum tersedianya *database* jaringan drainase di Kota Padang merupakan sebuah kendala bagi pemerintah kota untuk melakukan pengambilan suatu keputusan baik untuk perencanaan, pembangunan, pengawasan dan pemeliharaan jaringan drainasenya. Untuk itu, maka diperlukan pendataan dan pemetaan dengan pemanfaatan teknologi sistem informasi yang terintegrasi, sehingga pemetaan suatu daerah dapat menjadi satu kesatuan yang utuh lengkap dengan informasi ditailnya (*database*). Salah satu teknologi sistem informasi yang mampu memberikan kontribusi maksimal bagi inventarisasi, perencanaan, pembangunan maupun pemeliharaan infrastruktur drainase adalah *software Quantum GIS (QGIS) open source* yang dapat dikombinasikan dengan perangkat survey *GPS*.

Kata Kunci : *database*, jaringan drainase, pemetaan, *quantum GIS*

1. PENDAHULUAN

Belum tersedianya *database* drainase di Kota Padang merupakan sebuah kendala bagi pemerintah kota untuk melakukan pengambilan suatu keputusan baik untuk perencanaan, pembangunan, pengawasan dan pemeliharaan jaringan drainase. Untuk itu, maka diperlukan pendataan dan pemetaan dari jaringan drainasenya.

Oleh karena itu pemanfaatan komputer sangat penting karena dengan teknologi sistem informasi yang terintegrasi maka pemetaan (*mapping*) suatu daerah dapat menjadi satu kesatuan yang utuh lengkap dengan data yang ada (*database*). Salah satu teknologi sistem informasi yang mampu memberikan kontribusi maksimal bagi inventarisasi, perencanaan,

pembangunan maupun pemeliharaan infrastruktur drainase adalah *Quantum GIS (QGIS)* yang dapat dikombinasikan dengan perangkat survey GPS (Hustin dkk, 2013).

Makalah ini akan membahas tentang penyusunan *database* drainase dan penyusunan peta jaringan drainase (saluran primer & saluran sekunder) menggunakan *software Quantum GIS (QGIS) open source* di Kota Padang (studi kasus jaringan drainase Kanal Banjir dan Batang Kuranji).

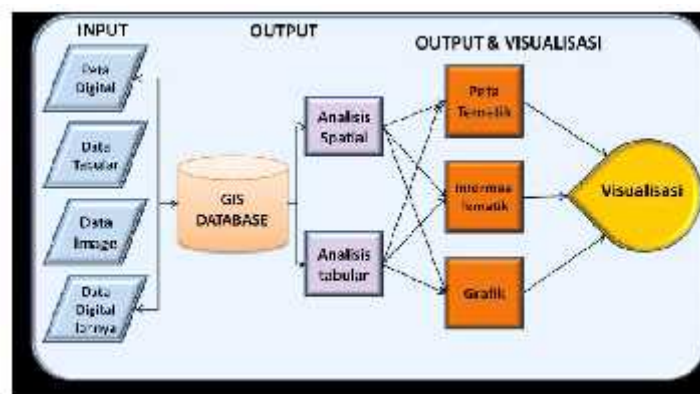
2. STUDI PUSTAKA

SIG merupakan sistem informasi berbasis komputer yang digunakan untuk mengolah dan menyimpan data atau informasi geografis (Aronoff, 1989). SIG adalah suatu sistem berbasis komputer yang memiliki kemampuan dalam menangani data bergeoreferensi yaitu pemasukan data, manajemen data (penyimpanan dan pemanggilan kembali), manipulasi dan analisis data serta keluaran data (*output*) sebagai hasil akhir (Hendriana dkk, 2013). Data bergeoreferensi artinya data tersebut mempunyai acuan posisi tertentu dimuka bumi.

Perkembangan teknologi digital sangat besar peranannya dalam perkembangan penggunaan SIG dalam berbagai bidang seperti : militer, teknik sipil, kesehatan, manajemen tata guna lahan, inventarisasi sumber daya alam, pengawasan daerah bencana alam, perencanaan wilayah dan kota, investigasi ilmiah, kartografi dan perencanaan rute.

Secara umum SIG memiliki 5 (lima) komponen utama yakni data, *methods* (metode), *people* (sumber daya manusia), *hardware* (perangkat keras system komputer) dan *software* (perangkat lunak system komputer) (Rauf, 2012).

SIG terdiri dari tiga tahapan yaitu input, proses dan analisi, output dan visualisasi. Diagram kerja perangkat lunak GIS seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.1 di bawah ini.



Gambar 2.1. Diagram Perangkat Lunak SIG (Rauf, 2012)

Salah satu aplikasi GIS adalah Quantum GIS (QGIS). QGIS adalah *cross-platform* perangkat lunak bebas (*open source*) desktop pada SIG. Aplikasi ini dapat menyediakan data, melihat, mengedit dan kemampuan analisis. QGIS berjalan pada sistem operasi yang berbeda termasuk Mac OS X, Linux, UNIX dan Microsoft Windows. Dalam perizinan, QGIS sebagai perangkat lunak bebas aplikasi di bawah *GPL (General Public License)* dan proyek resmi dari *Open Source Geospatial Foundation (OSGeoF)*, dapat secara bebas dimodifikasi untuk melakukan tugas yang berbeda atau lebih khusus. QGIS

memungkinkan penggunaan *shapefiles*, pertanggung jawaban dan Geodatabase pribadi, MapInfo, PostGIS dan beberapa format lain yang didukung di QGIS. Aplikasi ini mendukung berbagai format dan fungsionalitas *vector*, *raster* dan *database*. QGIS memiliki sejumlah kemampuan yang disediakan oleh fungsi-fungsi inti dan *plugins*, yang selalu dikembangkan. Pengguna dapat memvisualisasi, mengelola, mengubah, menganalisa data, dan menulis peta yang dapat dicetak. Pengguna dipersilakan untuk turut berkontribusi, baik dalam penyusunan kode program, memperbaiki kesalahan, melaporkan kesalahan, membuat dokumentasi, advokasi dan mendukung pengguna lain melalui *mailing list* dan forum QGIS.

Penyusunan *database* jaringan drainase di kota Makassar sebagai langkah awal dalam aktifitas manajemen sistem multimedia berbasis *Quantum GIS open source* di kota Makassar. Metodanya dengan melaksanakan survei data sekunder dan survei inventarisasi. Analisis dan pembahasan dilakukan pada jaringan drainase, endapan saluran drainase, kondisi struktur saluran dan sistem jaringan jalan (Rauf, 2012).

Keunggulan QGIS disamping paket perangkat lunak SIG yang lain diantaranya adalah karena QGIS *software* yang gratis, bebas, terus berkembang, ketersediaan dokumen panduan dan pertolongan serta dapat beroperasi antar sistem operasi.

Metodologi penelitian terdiri atas beberapa tahapan yaitu : pengumpulan data sekunder (peta citra satelit Kota Padang dan data drainase), survey inventarisasi jaringan drainase secara *tracking* menggunakan program *open GPS tracker* pada perangkat *android*, penyusunan *database* drainase, pembuatan peta digital drainase dengan digitasi pada peta citra satelit menggunakan program *quantum GIS* dan integrasi *database* drainase pada program *quantum GIS*.

3. HASIL, ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

3.1 DATABASE JARINGAN DRAINASE

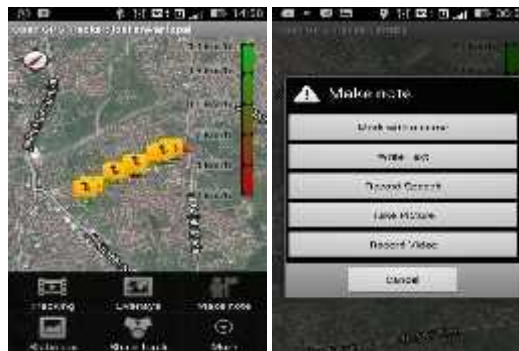
Dari data awal (data sekunder) ditambah dengan data yang dikumpulkan saat survey inventarisasi secara *tracking*, maka kedua data tersebut digabung untuk kemudian disusun menjadi suatu *database* jaringan drainase. *Database* berfungsi sebagai data dasar untuk pengolahan data lebih lanjut. Informasi tentang *database* saluran yang dapat ditampilkan antara lain :

- a. Areal drainase,
- b. Nama saluran,
- c. Posisi saluran,
- d. Jenis saluran (primer/ sekunder),
- e. Tipe saluran (terbuka/ tertutup),
- f. Konstruksi saluran (pasangan batu/ beton),
- g. Penampang saluran (persegi/ trapesium/ lingkaran),
- h. Lebar atas (B),
- i. Lebar bawah (b),
- j. Tinggi (H),
- k. Diameter (D),
- l. Kemiringan (i)
- m. Panjang saluran

Database ini juga dilengkapi dengan data foto-foto yang diambil saat survey sebagai data pendukung yang menggambarkan kondisi saluran.

3.2 PEMETAAN JARINGAN DRAINASE PADA QUANTUM GIS

Survey dilaksanakan secara *tracking* dengan mencatat kondisi dan pengambilan foto menggunakan program *Open GPS Tracker* pada perangkat *android*. Alasan penggunaan aplikasi ini antara lain : mudah dalam penggunaannya terutama untuk memasukkan informasi pada titik yang ditandai, gratis, foto langsung mempunyai koordinat, akurasi koordinat cukup baik dan terintegrasi langsung dengan *google map* sehingga memudahkan dalam mengenali lokasi yang di *tracking*. Contoh tampilan program *open GPS tracker* dapat dilihat pada Gambar 3.1 dibawah ini.

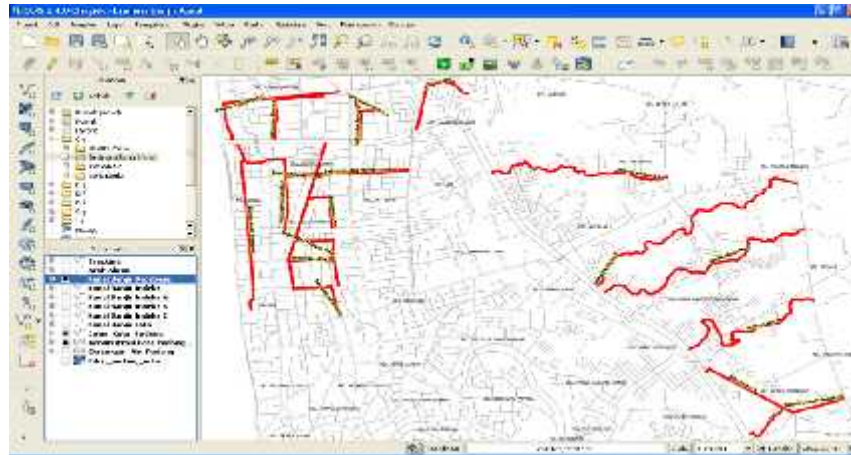


Gambar 3.2. Contoh Tampilan Program *Open GPS Tracker*

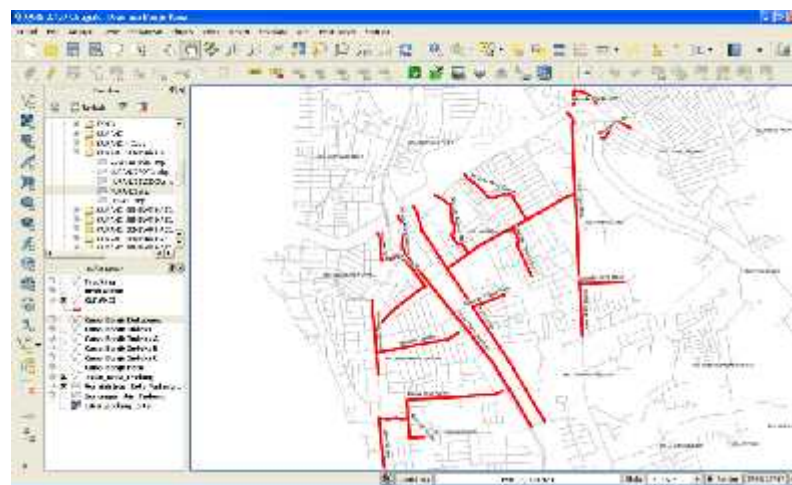
Peta jaringan drainase dibuat dengan melakukan digitasi pada peta citra satelit Kota Padang yang berintegrasi dengan program *Quantum GIS*. Namun sebelumnya, terlebih dahulu harus ditentukan koordinat referensi UTM untuk Kota Padang. Di Indonesia selalu menggunakan datum WGS 84/ WGS 1984. Kota Padang terletak disebelah selatan khatulistiwa maka untuk Kota Padang lebih cocok memakai sistem koordinat referensi : WGS 84 / UTM zone 47S.

Untuk lebih memudahkan dalam melakukan digitasi saluran, gunakan hasil dari program *open GPS tracker* dalam bentuk file *gpx*. Digitasi dilakukan pada saluran primer dan sekunder pada jaringan drainase Kanal Banjir dan jaringan drainase Batang Kuranji. Hasil digitasi saluran dapat dilihat pada Gambar 3.2 dan 3.3.

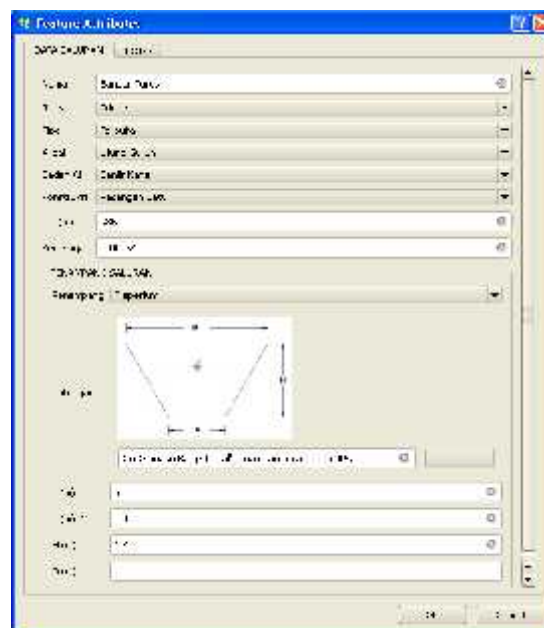
Setelah peta jaringan drainase pada jaringan drainase Kanal Banjir dan Batang Kuranji berhasil dibuat, selanjutnya dilakukan *input database* ke dalam peta jaringan tersebut. Informasi *database* saluran dapat ditampilkan pada layer Kanal Banjir dengan cara klik tombol identifikasi fitur, kemudian klik pada saluran yang akan dilihat informasi *database*-nya, maka akan tampil informasi *database* seperti tampilan Gambar 3.3.



Gambar 3.2. Peta Jaringan Drainase pada Jaringan Drainase Kanal Banjir



Gambar 3.3. Peta Jaringan Drainase pada Jaringan Drainase Batang Kuranji



Gambar 3.3. Tampilan Informasi *Database* pada Layer Kanal banjir

4. KESIMPULAN

1. Penyusunan peta jaringan drainase pada jaringan drainase Kanal Banjir dan Batang Kuranji beserta informasi *database* yang ada didalamnya berhasil dibuat pada program Quantum GIS.
2. Dengan penggunaan aplikasi Quantum GIS yang memuat peta dan *database* jaringan drainase memudahkan pemerintah Kota Padang dalam analisis, perencanaan dan monitoring kondisi jaringan drainase.

DAFTAR PUSTAKA

- Astrini, R., Oswald, P., 2012, “*Modul Pelatihan Quantum GIS Tingkat Dasar versi 1.8.0. Lisboa*”, GIZ-Decentralization as Contribution to Good Governance/ Bappeda Provinsi NTB, Mataram.
- Hendriana, K. I dkk. 2013. *Sistem Informasi Geografis Penentuan Wilayah Rawan Banjir di Kabupaten Buleleng*. Jurusan Teknik Informatika UPG. Singaraja, Bali.
- Hustin, M dkk. 2013. *Analisis Biaya Penanganan Kerusakan Jalan di Daerah Banjir Berbasis Quantum GIS-InaSafe di Kota Makassar*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UNHAS. Makassar.
- OSGeo4W, 2013, “*Quantum GIS, User Guide, Version 2.4.0. Chugiak*”.
- Prahasta, E., 2007, “*Konsep-Konsep Dasar Sistem Informasi Geografis*” Informatika, Bandung.
- Rauf, S. 2012. *Pemetaan Jaringan Drainase Berbasis Quantum GIS Open Source di Kota Makassar*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UNHAS. Makassar.

ANALISIS RESIKO DEVELOPER DALAM PENYEDIAAN PERUMAHAN DI KOTA MATARAM

Rajabi Mubarak

Magister Teknik Sipil, Program Pascasarjana, Universitas Mataram, NTB,
rajabimubarak26@gmail.com

Suryawan Murtiadi

Magister Teknik Sipil, Program Pascasarjana, Universitas Mataram, NTB, s.murtiadi@yahoo.co.uk

Heri Sulistiyono

Magister Teknik Sipil, Program Pascasarjana, Universitas Mataram, NTB,
h.sulistiyono@unram.ac.id

Abstrak

Persaingan antar developer perumahan tidak dapat dihindari, hal ini membutuhkan pertimbangan yang tepat dalam menjalankan usaha untuk memenangkan pasar. Kurangnya informasi dalam pengambilan keputusan akan menimbulkan risiko yang dapat menimbulkan kegagalan. Penelitian pada wilayah kota Mataram dengan survey kuisioner, data dianalisis dengan analisis faktor dan *average index*. Tujuannya adalah mengetahui variabel-variabel risiko, variasi keseragaman dan faktor-faktor yang berpengaruh serta strategi developer perumahan dalam pengelolaan risikonya. Dari hasil penelitian terhadap 33 variabel awal risiko developer, didapat 21 variabel yang signifikan terhadap peningkatan risiko. Selanjutnya 21 variabel tersebut dikelompokkan menjadi 7 kelompok faktor dengan keragaman sebesar 60.855%. 7 kelompok faktor tersebut adalah 1. Ekonomi dan Biaya, 2. Produktivitas dan Strategi Usaha, 3. Lingkungan dan Kemitraan, 4. Perencanaan, 5. Tenaga Kerja dan Dana, 6. Pemerintah dan Sosial, 7. Teknis Penyelenggaraan Proyek. Analisis nilai frekuensi risiko dan dampak risiko, didapatkan 2 kriteria risiko yaitu risiko 'tinggi' dan risiko 'sedang'. Penanganan risiko-risiko tersebut berdasarkan karakteristiknya.

Kata Kunci : risiko, developer perumahan, frekuensi, dampak, analisis faktor, pengelolaan risik

1. PENDAHULUAN

Meningkatnya urbanisasi mengakibatkan kenaikan kebutuhan akan perumahan di perkotaan. Kondisi tersebut juga terjadi di kota Mataram. Hal ini menjadi peluang bagi pelaku usaha di bidang pengembang (developer) perumahan untuk meningkatkan usaha pemenuhan kebutuhan perumahan tersebut. Pada saat ini perusahaan-perusahaan developer perumahan di kota Mataram sedang tumbuh dan bersaing untuk merebut peluang dalam penyediaan perumahan. Persaingan antar developer perumahan tidak dapat dihindari, sehingga dibutuhkan pertimbangan yang tepat dalam menjalankan usaha untuk memenangkan pasar. Kurangnya informasi dalam pengambilan keputusan akan menimbulkan ketidakpastian yang dapat menimbulkan kegagalan. Risiko yang mungkin terjadi adalah komplek perumahan yang gagal menjadi permukiman, unit yang tidak laku terjual, konstruksi yang terhenti di saat pembangunannya, rencana dan lokasi yang tersedia tidak dapat dilaksanakan pembangunannya, serta adanya pembekakkan biaya dalam pelaksanaan diluar perencanaan jika mengabaikan faktor-faktor risiko. Faktor-faktor risiko dapat mempengaruhi keberhasilan pencapaian tujuan karena dapat mengurangi keuntungan.

2. KAJIAN PUSTAKA

Menurut Rahman (2003), developer adalah “orang atau badan usaha yang bergerak atau melakukan investasi di dalam bidang properti (perumahan, gedung perkantoran dan apartemen), dimana usaha ini bersifat spekulatif”. Penyediaan perumahan oleh developer adalah suatu proses pembangunan rumah yang diwujudkan oleh perseorangan atau kelompok terorganisir dengan berbagai tahap persiapan, desain, dan diwujudkan dengan kegiatan konstruksi dalam periode tertentu serta hasil produknya untuk diambil nilai keuntungan.

Dalam hal developer perumahan, risiko bisa didefinisikan sebagai kejadian yang merugikan, definisi lain yang sering dipakai untuk analisis investasi, adalah kemungkinan hasil yang diperoleh menyimpang dari yang diharapkan (Hanafi, 2006). Secara umum, tahap-tahap dalam proses manajemen risiko, yaitu: 1). identifikasi risiko 2). analisis dan evaluasi 3). pengelolaan risiko. Penilaian risiko adalah Proses analisis risiko yang meliputi; tingkat seberapa besar dampak atau konsekuensi yang mungkin akan terjadi dan seberapa besar kemungkinan atau frekuensi atau likelihood risiko akan terjadi dan evaluasi risiko (penentuan kriteria risiko) yang dilakukan secara keseluruhan.

Analisis faktor (*factor analysis*) adalah “salah satu teknik analisis multivariat yang digunakan untuk mencari hubungan interdependensi/saling ketergantungan antara variabel yang dikaji dan mengelompokkannya menjadi dua atau lebih kelompok variabel baru yang disebut faktor yang independen” (Ekaputra, 2013). Sedangkan menurut Nugroho (2008), analisis faktor berfungsi untuk mendapatkan sejumlah kecil faktor yang memiliki sifat-sifat sebagai berikut: a. mampu menerangkan semaksimal mungkin keragaman data, b. faktor-faktor tersebut saling bebas, c. tiap-tiap faktor dapat diinterpretasikan dengan se jelas-jelasnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Penetapan variabel Awal

Dalam studi ini, pengidentifikasian variabel risiko dilakukan berdasarkan studi literatur, kemudian digunakan kuisioner pendahuluan untuk mengetahui relevansi variabel risiko tersebut dalam dunia developer di Kota Mataram. Dengan menggunakan kuisioner pendahuluan ini didapatkan variabel awal yang memiliki nilai yang relevan dan tambahan variabel risiko yang sesuai dengan kondisi sesungguhnya dari para developer perumahan. Variabel awal ini selanjutnya digunakan dalam kuisioner utama. Hasil dari survey kuisioner pendahuluan selengkapnya ditampilkan dalam Tabel 3.1.

3.2 Uji Validitas dan Reliabilitas

Dengan bantuan program SPSS, didapat hasil uji validitas menggunakan rumus *Pearson Correlation*, yaitu r hitung $>$ nilai r tabel ($\alpha = 0,05; n = 88$) $= 0,207$ sehingga diketahui bahwa 33 variabel yang digunakan adalah valid. Hasil uji reliabilitas terhadap 33 variabel risiko, didapatkan nilai *Cronbach's Alpha* sebesar $0.709 > 0,7$.

Tabel 3.1 Variabel Awal

Xi	Variabel awal risiko	Xi	Variabel awal risiko
1	Perbedaan gambar dengan kondisi eksisting	18	Adanya gangguan / penundaan pekerjaan dari pihak lain
2	Perselisihan dengan sub kontraktor	19	Peraturan dan kebijakan pemerintah
3	Keterlambatan perijinan	20	Kurang koordinasi antara rekan kerja
4	Perencanaan biaya yang tidak terinci	21	Sulitnya penyediaan dana proyek
5	Perencanaan jadwal yang buruk	22	Keterlambatan pembayaran uang muka konsumen
6	Fluktuatif suku bunga kredit perbankan	23	Kinerja sub kontraktor yang buruk
7	Keterlambatan pembayaran bank	24	Terjadinya kecelakaan kerja
8	Pencurian material	25	Keterlambatan penyediaan utilitas
9	Kurang pengawasan terhadap subkont/supplier	26	Kurang promosi penjualan produk perumahan
10	Ketersediaannya tenaga kerja lapangan	27	Harga pembebasan tanah yang tinggi
11	Budaya kerja yang buruk	28	Daya beli masyarakat yang rendah
12	Kondisi jalur dan lokasi proyek yang buruk	29	Penentuan lokasi yang kurang strategis / tepat
13	Persaingan usaha perumahan	30	terjual
14	Harga jual produk perumahan	31	Perubahan kebijakan perbankan
15	Dampak lingkungan dan bencana	32	Kenaikan harga material
16	Perselisihan dengan konsumen	33	Tuntutan fasilitas sosial / fasilitas umum
17	Pungutan liar, fee dan biaya tak terduga		

3.3 Analisis Faktor

Penilaian responden terhadap frekuensi terjadinya risiko yang telah memenuhi syarat uji validitas dan reliabilitas, dianalisis dengan analisis faktor untuk mendapatkan variabel risiko yang sebenarnya. Tahapan analisis faktor sebagai berikut:

1. Pemilihan variabel yang diteliti berdasarkan penetapan variabel awal risiko.
2. Uji kelayakan variabel berdasarkan uji asumsi dengan menggunakan *KMO and Bartlett's*. Didapatkan angka KMO dan *Bartlett's test* adalah $0.654 > 0.5$ dan tingkat signifikansi $P = 0.000 < 0.05$, maka variabel dan sampel yang ada sudah bisa dianalisis lebih lanjut.
3. Reduksi variabel dihitung berdasarkan nilai indeks MSA (Measure of Sampling Adequacy) dari *anti image correlation*. Nilai indeks $> 0,5$ menyatakan ukuran kecukupan sampling untuk setiap variabel individual. Dari tahap ini diperoleh ke 21 variabel (X2, X3, X5, X6, X8, X10, X11, X12, X15, X16, X19, X21, X23, X24, X26) dapat dianalisis lebih lanjut menggunakan analisis faktor.
4. Proses pembuatan faktor terdiri atas: a) Perhitungan communaliti yaitu jumlah varian (bisa dalam %) suatu variabel mula-mula yang bisa dijelaskan oleh faktor yang ada. Untuk variabel X2 angkanya adalah 0.563 hal ini berarti sekitar 56.3% varian variabel X2 bisa dijelaskan oleh faktor yang terbentuk. b) Perhitungan total *variance explained* adalah persentase varian yang dapat dijelaskan oleh pembagian faktor dengan nilai eigen dinilai ≥ 1 ($\sum_{i=1}^p \frac{\lambda_i}{p}$), dengan masing-masing variabel mempunyai varian 1, total varian adalah $21 \times 1 = 21$. Dari 21 variabel memberikan faktor sumbangan kumulatif dalam tujuh faktor adalah sebesar 60.855% yang artinya ketujuh faktor yang terdiri dari sampel sebesar 88 responden dapat menjelaskan 60.855% pengaruh terjadinya risiko-risiko. c). Identifikasi variabel risiko yang sebenarnya untuk dimasukkan dalam *component matrix*. d) Pemutaran (*rotated*) *component matrix* untuk memperlihatkan distribusi variabel yang lebih jelas dan nyata dengan faktor loading. Dari 21 variabel risiko telah direduksi dikelompokkan menjadi 7 kelompok faktor (komponen), dan pada setiap komponen faktor terdiri dari beberapa variabel. Faktor yang terbentuk kemudian diberi nama untuk menunjukkan sifat atau karakter kelompok faktor tersebut. Dalam studi ini kelompok

faktor yang terbentuk adalah: 1) faktor 1 dinamakan faktor ekonomi dan biaya, terdiri dari variabel X6, X27, X31 dan X32, 2) faktor 2 dinamakan faktor produktivitas dan strategi usaha, terdiri dari variabel X11, X25, X26, dan X29, 3) faktor 3 dinamakan faktor lingkungan dan kemitraan, terdiri dari variabel X15 dan X23, 4) faktor 4 dinamakan faktor perencanaan, terdiri dari variabel X5 dan X30, 5) faktor 5 dinamakan faktor tenaga kerja dan dana, terdiri dari variabel X10, X21, dan X24, 6) faktor 6 dinamakan faktor pemerintah dan sosial terdiri dari variabel X8, X16, dan X19. 7) faktor 7 teknis penyelenggaraan proyek, terdiri dari variabel X2, X3, dan X12.

3.4 Penilaian Risiko

Rumus sederhana untuk penilaian risiko (R) (Zhi, He., 1995) adalah:

$$R = \text{Frekuensi (F)} \times \text{Dampak (I)}. \quad (1)$$

Kemudian penentuan nilai frekuensi dan dampak risiko menggunakan perhitungan nilai rata-rata (*Average Index*) yang dirumuskan oleh Majid, M.Z.A., McCaffer, R., (1997) sebagai berikut:

$$\text{Average Index (AI)} = \frac{\sum_{i=1}^5 a_i \cdot x_i}{N}, \quad (2)$$

Dimana a_i = konstanta penilai (1,2,3,4,5), x_i = Frekuensi responden, N = Total jumlah responden.

Kriteria penilaian berdasarkan nilai rata-rata index dengan skala sebagai berikut:

tidak pernah / tidak ada	(1) = $0,00 \leq \text{Nilai rata-rata index} < 1,50$
jarang / kecil	(2) = $1,50 \leq \text{Nilai rata-rata index} < 2,50$
kadang-kadang / sedang	(3) = $2,50 \leq \text{Nilai rata-rata index} < 3,50$
sering / besar	(4) = $3,50 \leq \text{Nilai rata-rata index} < 4,50$
selalu / sangat besar	(5) = $4,50 \leq \text{Nilai rata-rata index} \leq 5,00$

Berdasarkan hasil penilaian responden pada variabel X6 (fluktuatif suku bunga kredit bank) yaitu responden yang menyatakan ‘tidak pernah terjadi’ (1) tidak ada (nol), 11 responden menyatakan ‘jarang’ terjadi (2), 31 responden menyatakan ‘kadang-kadang’ terjadi (3), 42 responden menyatakan sering terjadi (4), dan ada 4 responden yang menyatakan ‘selalu’ terjadi (5), maka dapat dihitung AI (F) = $((1 \times 0) + (2 \times 11) + (3 \times 31) + (4 \times 42) + (5 \times 4)) / 88 = 3,4$. Nilai rata-rata index adalah 3,4 berada pada interval $2,50 \leq \text{Nilai rata-rata index} < 3,50$, berarti nilai frekuensi terjadi “kadang-kadang” terjadi atau nilai dalam skala 3. Dengan cara yang sama dilakukan terhadap variabel-variabel risiko yang lain. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Kemudian dilakukan perhitungan nilai risiko (R) pada variabel risiko X6 (fluktuatif suku bunga kredit perbankan) yang termasuk dalam faktor ekonomi dan biaya, didapatkan kriteria frekuensi yang terjadi adalah 3 (yang berarti “sering”) dan kriteria dampak risiko adalah 4 (yang berarti “besar”), maka penilaian risiko (R) sebagai berikut: $R = F \times I = 3 \times 4 = 12$. Kemudian nilai risiko (R) ditentukan berdasarkan kriteria risiko yang dapat dilihat pada Gambar 3.1. Hasil perhitungan keseluruhannya dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Kriteria Risiko		Dampak risiko					Kriteria risiko	
		Tidak ada 1	Kecil 2	Sedang 3	Besar 4	Sangat besar 5		
Frekuensi Risiko	5 Selalu	5 M	10 H	15 H	20 V H	25 V H	L (Low)	Jika diperlukan adanya prosedur pengelolaan rutin
	4 Sering	4 L	8 M	12 H	16 H	20 V H	M (Medium)	Diperlukan pengelolaan dengan monitoring khusus atau sebuah penanganan
	3 Kadang-kadang	3 L	6 M	9 H	12 H	15 H	H (High)	Diperlukan penanganan langsung oleh manager puncak dengan sebuah tindakan perencanaan dan manajemen penanganan yang lebih khusus.
	2 Jarang	2 L	4 L	6 M	8 M	10 H	V (Very High)	Diperlukan penanganan langsung oleh manager puncak dengan sebuah tindakan perencanaan dan manajemen penanganan yang lebih khusus.
	1 Tidak Pernah	1 L	2 L	3 M	4 M	5 M		

(Sumber: ISO:2009)

Gambar 3.1 Matrik Kriteria Risiko

Tabel 3.2 Penilaian Risiko

Varia- bel risiko	Faktor risiko	Fre- kuensi (F)	Dam- pak (I)	R = F X I	Kri- teria Risiko	Varia- bel risiko	Faktor risiko	Fre- kuensi (F)	Dam- pak (I)	R = F X I	Kri- teria Risiko
1. Faktor ekonomi dan biaya						5. Faktor tenaga kerja dan dana					
6	Fluktuatif suku bunga kredit perbankan	3	4	12	Tinggi	10	Ketersediaannya tenaga kerja lapangan	3	3	9	Tinggi
27	Harga pembebasan tanah yang tinggi	3	4	12	Tinggi	21	Sulitnya penyediaan dana proyek	3	3	9	Tinggi
31	Perubahan kebijakan perbankan	3	4	12	Tinggi	24	Terjadinya kecelakaan kerja	2	3	6	Sedang
32	Kenaikan harga material	3	4	12	Tinggi	6. Faktor pemerintah dan sosial					
2. Faktor produktivitas dan strategi usaha						8	Pencurian material	3	3	9	Tinggi
11	Budaya kerja yang buruk	3	3	9	Tinggi	16	Perselisihan dengan konsumen	3	3	9	Tinggi
25	Keterlambatan penyediaan utilitas	2	3	6	Sedang	19	Peraturan dan kebijakan pemerintah	3	3	9	Tinggi
26	Kurang promosi penjualan produk	2	3	6	Sedang	7. Faktor teknis penyelenggaraan proyek					
29	Penentuan lokasi yang kurang strategis / tepat	2	4	8	Sedang	2	Perselisihan dengan sub kontraktor	3	3	9	Tinggi
3. Faktor lingkungan dan kemitraan						3	Keterlambatan perijinan	3	4	12	Tinggi
15	Dampak lingkungan dan bencana	2	3	6	Sedang	12	Kondisi jalur dan lokasi proyek yang buruk	2	3	6	Sedang
23	Kinerja sub kontraktor yang buruk	3	3	9	Tinggi						
4. Faktor perencanaan											
5	Perencanaan jadwal yang buruk	2	3	6	Sedang						
30	Rumah yang terbangun dahulu (ready stock) lama laku terjual	2	3	6	Sedang						

3.5 Pengelolaan Risiko

Selanjutnya dalam penelitian ini, responden diminta untuk memberikan respon risiko-risiko yang terjadi dalam 5 skala respon sebagai berikut; 1) menghindari/menolak, 2) mencegah/mengurangi, 3) mengalihkan, 4) pengendalian, 5) pendanaan/menerima. Dan berbagai cara penanganan yang dapat dilihat selengkapnya pada lampiran.

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisis terhadap 33 (tiga puluh tiga) variabel awal, didapatkan 21 (dua puluh satu) variabel yang sebenarnya mempengaruhi risiko developer dalam proses penyediaan perumahan di kota Mataram. Variabel-variabel ini mempunyai varian (keragaman) sebesar 60.855%. dari 21 variabel tersebut dikelompokkan menjadi 7 (tujuh) faktor-faktor risiko yaitu: faktor ekonomi dan biaya, faktor produktivitas dan strategi usaha, faktor lingkungan dan kemitraan, faktor perencanaan, faktor tenaga kerja dan dana, faktor pemerintah dan sosial, faktor teknis penyelenggaraan proyek. Secara umum respon developer pada kriteria

risiko ‘sedang’, yaitu dengan cara pengendalian (18.2%), mencegah/mengurangi (18.2%)’, dan dengan cara pendanaan/menerima (4.5%). Pada kriteria risiko ‘tinggi’ direspon dengan cara menolak/menghindari (9.1%), mencegah/mengurangi (9.1%)’, pengendalian (18.2 %), dan cara pendanaan/menerima (27.7%). Risiko-risiko yang terjadi tersebut dilakukan penanganan dengan berbagai cara yang disesuaikan dengan karakteristiknya.

DAFTAR PUSTAKA

ISO 31000:2009. Risk management - Principles and guidelines.

Ekaputra, G. 2013. Handout Mata Kuliah Metodologi Riset Program Magister Teknik Sipil. Program Pascasarjana, Universitas Mataram.

Hanafi, M., M., .2006. Manajemen Risiko. Yogyakarta: UPP STIM YKPN

Majid, M.Z.A., McCaffer, R., 1997. Discussion of Assessment of Work Performance of Maintenance Contractors in Saudi Arabia. J. of Managt. in Eng., ASCE, 13(5):91

Nugroho, S., 2008. Statistika Multivariat Terapan. Bengkulu : UNIB Press.

Rahman, N. V., 2003. Spekulasi Dan Profit Pada Speculative Builder (Developer) Dan Kontraktor. USU: Digital Library

Zhi, He., 1995. Risk Management for Overseas Construction Projects, International Journal of Project Management, Volume 13, Issue 4, Pages 231-237.

LAMPIRAN

Lampiran. Tabel respon dan cara penanganan risiko

Var. Risiko	Respon risiko	Cara penanganan risiko	Var. Risiko	Respon risiko	Cara penanganan risiko
Risiko	Skala		Risiko	Skala	
1. Faktor Ekonomi dan Biaya			4. Faktor Perencanaan		
X6	4	a) Menerapkan harga jual dalam angka aman	X5	4	a) Secara intensif kontroling secara periodik
		b) Memberikan informasi ke konsumen sebelumnya			b) Menyiapkan jadwal atau kegiatan alternatif
		c) Memberikan informasi ke konsumen dan kendalikan harga jual	X30	4	a) Peningkatan promosi
X27	5	Negosiasi, menyiapkan dana dan sesuaikan harga jual			b) Memberikan diskon harga
X31	5	a) Membangun komunikasi dengan pihak perbankan			c) Memprioritaskan yang sudah ready dulu dalam penjualan
		b) Mengikuti agar tidak dipersulit	5. Faktor Tenaga Kerja dan dana		
X32	5	a) Penerapan berbagai kebijakan internal	X10	2	Memastikan sebelum menjalankan pekerjaan dan merekrut segera
		b) Menyesuaikan diri dan kontrol harga jual	X21	5	a) Mencari dana tambahan/pinjaman, mempercepat pembangunan
		c) Menubah harga jual			b) Pendanaan berbagi dengan sub kontraktor juga
2. Faktor produktivitas dan strategi usaha			X24	2	a) Memberi arahan sebelum mulai kerja
X11	4	a) Memberikan arahan dan pelatihan			b) Memakai alat safety
		b) Perketat dan perbaiki aturan kerja dan sistem pengawasan			c) Kontrol pelaksanaan K3 dan siapkan p3k
		c) Evaluasi, kontrol pelaksanaan pekerjaan, dan bangun komunikasi	6. Faktor Pemerintah dan sosial		
X25	2	a) Evaluasi secara rutin dengan yang terkait	X8	2	a) Koordinasi dengan pihak keamanan lokasi proyek
	b) Membangun jaringan sendiri terlebih dahulu	b) Peningkatan penjagaan dan penambahan shift security			
X26	4	a) Evaluasi dan koordinasi dengan rekanan terkait			c) Penggunaan pejaga dari orang-orang setempat, pemilihan proyek lokasi yang aman, gudang berdekatan
		a) Memberikan pelatihan marketing dan layanan jual			d) Peningkatan penjagaan dan pemasangan alarm
		b) Mencari pangsa pasar yang sesuai	X16	4	a) Menjaga komunikasi dan peningkatan pelayanan
X29	2	c) Menggunakan jasa iklan melalui spanduk dan baliho			b) Memberikan penjelasan yang logis sesuai keluhan
		a) Survey lokasi yang strategis dan aman	X19	4	a) Melaksanakan sesuai dengan aturan yang ada
		b) Koordinasi dengan dinas terkait untuk pemilihan lokasi			7. Teknis Penyelenggaraan proyek
3. Faktor Lingkungan dan Kemitraan			X2	1	a) Menggantikan dengan sub kontraktor yang baru
X15	2	a) Pengaturan yang lebih terencana			b) Diselesaikan secara kekeluargaan
		b) Menjalankan proyek sesuai aturan			c) Diperingatkan, apabila tidak patuh maka pembayarannya di tahan
		c) Melakukan analisis sebelum menetapkan lokasi dan mulai	X3	5	a) Mengeluarkan dana tambahan untuk mempercepat perjinan
		d) Memilih lingkungan yang lokasinya ideal			b) Menerima dan rutin berkoordinasi
X23	1	a) Memilih sub kontraktor yag handal dan berkualitas	X12	5	a) Melakukan perbaikan / rehabilitasi
		b) Tidak menggunakan subkontraktor			

STUDI FAKTOR PENYEBAB PENGGUNA MOBIL PRIBADI TIDAK MENGGUNAKAN BUS TRANS PADANG DENGAN TEKNIK *REVEALED DAN STATED PREFERENCE*

Ikhsan Isanda Putra

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas Padang, shans hiro@yahoo.co.id

Purnawan

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas Padang, purnawan@ft.unand.ac.id

Abstrak

Salah satu tujuan operasional Bus Trans Padang adalah untuk menarik pengguna mobil pribadi berpindah menggunakan Bus Trans Padang sehingga dapat mengurangi kemacetan yang mulai terjadi di Kota Padang. Namun setelah setahun beroperasi tujuan tersebut tidak tercapai, hal tersebut dibuktikan oleh Virana (2014) bahwa 68% pengguna Bus Trans Padang sebelumnya adalah pengguna angkot dan bus kota. Dengan teknik *revealed preference* diketahui bahwa faktor-faktor yang menyebabkan pengguna mobil pribadi tidak menggunakan Bus Trans Padang adalah karena tujuan perjalanan tidak berada pada koridor bus, kenyamanan di bus yang belum sebanding dengan mobil pribadi, jarak halte dengan rumah yang jauh, waktu tunggu yang lama, waktu tempuh mobil pribadi lebih singkat daripada Bus Trans Padang, dan halte yang tidak memadai. Sedangkan dengan teknik *stated preference* didapatkan model utilitas Bus Trans Padang dengan variable bebas jarak rumah dengan halte Bus Trans Padang, perbedaan waktu tempuh antara Bus Trans Padang dan mobil pribadi dan waktu tunggu kedatangan Bus Trans Padang.

Kata Kunci : Bus Trans Padang, mobil pribadi, *revealed preference*, *stated preference*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peningkatan penggunaan mobil pribadi di Kota Padang relative tinggi. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Kota Padang tercatat bahwa terjadi peningkatan penggunaan mobil pribadi sebesar 7.95% dari 74.938 mobil pribadi pada tahun 2012 menjadi 80.897 mobil pribadi pada tahun 2013 yang mana dapat menyebabkan bertambahnya beban lalu lintas yang dapat menyebabkan kemacetan.

Pada tanggal 14 Februari 2014 Bus Trans Padang resmi dioperasikan dengan sepuluh armada dengan harapan dapat menekan angka penggunaan mobil pribadi sehingga dapat mengurangi kemacetan yang terjadi di kota Padang. Namun setelah setahun lebih beroperasi tujuan tersebut belum bisa tercapai, hal ini dipertegas oleh penelitian yang dilakukan oleh Virana (2014) bahwa pengguna Bus Trans Padang 79% adalah perempuan berusia 15-24 tahun dan mayoritas berstatus pelajar dimana 68% pengguna Trans Padang sebelumnya adalah pengguna angkot dan bus kota.

1.2 Permasalahan

Berdasarkan pada uraian latar belakang, maka terdapat permasalahan, yaitu “factor apa saja yang mempengaruhi pengguna mobil pribadi tidak menggunakan Bus Trans Padang”.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi pemilik kendaraan pribadi tidak menggunakan Bus Trans Padang.
2. Membuat suatu model utilitas yang dapat menjelaskan kanutilitas Bus Trans Padang sebagai moda transportasi.
3. Mengestimasi sensitivitas pelaku perjalanan apabila dilakukan perubahan terhadap atribut pelayanan moda transportasi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Angkutan Umum

Angkutan umum missal atau mass transit adalah layanan jasa angkutan yang memiliki trayek dan jadwal tetap (Soegijoko, 1991). Operasional angkutan umum missal salah satunya ditujukan untuk menarik pengguna kendaraan pribadi agar tidak menyebabkan kemacetan di ruas jalan perkotaan. Agar pengguna kendaraan pribadi berpindah menggunakan angkutan umum massal, maka perlu diketahui parameter yang menjadi penyebab pengguna kendaraan pribadi tersebut mau berpindah ke angkutan umum massal.

2.2 Model Utilitas

Secara umum, fungsi utilitas alternatif i dan pembuat keputusan n dituliskan sebagai :

$$U_{in} = \beta_1 x_{in1} + \beta_2 x_{in2} + \dots + \beta_k x_{ink} \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

U_{in} = Utilitas alternatif i bagi pembuat keputusan n

$x_{in1}, x_{in2}, \dots, x_{ink}$ = Sejumlah K variabel yang menerangkan atribut alternatif i bagi pembuat keputusan n

$\beta_1, \beta_2, \beta_k$ = Koefisien-koefisien yang perlu diinferensikan data yang tersedia

Model utilitas ini sering digunakan untuk mengetahui perilaku sebuah sistem yang dipengaruhi oleh beberapa variabel. Variabel terikat diisi dengan faktor yang akan ditinjau, sedang variabel bebas merupakan faktor yang mempengaruhi faktor yang ditinjau tersebut.

2.3 *Revealed Preference* dan *Stated Preference*

Menurut Pearmain (1991), *Revealed Preference* merupakan teknik dalam mengobservasi suatu preferensi individu terhadap suatu alternative dengan alternative lainnya

berdasarkan keadaan yang terjadi pada saat itu. Sedangkan Teknik *stated preference* merupakan teknik untuk melihat respon individu terhadap beberapa alternatif keadaan yang dihipotesiskan dalam bentuk kombinasi level atribut. Secara umum *stated preference* merupakan analisis *preference* dan perilaku didasarkan pada studi respon terhadap kondisi yang dieksperimentasikan Pearnain (1991). Kedua teknik ini merupakan teknik yang dapat digunakan untuk mendapatkan informasi dari responden dalam melaksanakan penelitian.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Penjelasan Rencana Kerja

Penelitian dimulai dengan mengumpulkan data-data dan atribut-atribut yang dirasa berpengaruh dalam utilitas Bus Trans Padang yang nantinya akan ditawarkan kepada responden. Untuk data *stated preference* langkah awal yang dilakukan adalah merancang kuisisioner yang nantinya akan diberikan kepada responden. Kuisisioner tersebut merupakan beberapa alternatif situasi perjalanan yang terdiri dari empat atribut yaitu jarak rumah dengan halte, perbedaan biaya Bus Trans Padang – mobil pribadi, perbedaan waktu tempuh Bus Trans Padang – mobil pribadi, dan waktu tunggu kedatangan Bus Trans Padang. Tiap atribut memiliki 2 tingkatan. Tingkatan pada tiap atribut dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Skenario Pengembangan Atribut

Atribut Yang Ditawarkan	Perbedaan Level Atribut	
	Tinggi (+)	Rendah (-)
Jarak rumah dengan halte atau tempat pemberhentian Bus Trans Padang	100 meter	200 meter
Perbedaan Biaya Perjalanan antara Bus Trans Padang dan Mobil Pribadi	Rp.35.000	Rp.30.000
Perbedaan Waktu Tempuh Bus Trans Padang Dengan Mobil Pribadi	-10 menit	-15 menit
Waktu Tunggu Kedatangan Bus Trans Padang	10 menit	14 menit

Desain eksperimen yang dipergunakan dalam menyusun kuisisioner adalah konsep **full factorial design** 2 level dan 4 atribut, sehingga diperoleh jumlah kuisisioner dengan kombinasi atribut sebanyak $2^4 = 16$ kuisisioner (alternatif). Untuk mengurangi alternatif yang terlalu banyak maka dilakukan reduksi dengan menggunakan konsep *remove option that will dominate* maka didapat 6 alternatif yang akan diberikan kepada responden.

Responden merespon kuisisioner yang ditawarkan dengan respon skala *likert* yaitu pasti naik Bus Trans Padang, mungkin naik Bus Trans Padang, ragu-ragu, mungkin tidak naik Bus Trans Padang, pasti tidak naik Bus Trans Padang.

Setiap respon memiliki skala probabilitas masing-masing dan ditransformasi kedalam skala numerik menggunakan transformasi logit biner. Terdapat 15 alternatif persamaan model utilitas Bus Trans Padang yang dikembangkan dan akan dipilih satu model utilitas yang dapat mewakili utilitas Bus Trans Padang berdasarkan pertimbangan analisa statistik,

besarnya koefisien regresi dan masuk logika atau tidaknya persamaan tersebut. 15 alternatif persamaan model utilitas dapat dilihat pada persamaan berikut :

- $Y = a + b_1.X_1$ (3.1)
- $Y = a + b_2.X_2$ (3.2)
- $Y = a + b_3.X_3$ (3.3)
- $Y = a + b_4.X_4$ (3.4)
- $Y = a + b_1.X_1 + b_2.X_2$ (3.5)
- $Y = a + b_1.X_1 + b_3.X_3$ (3.6)
- $Y = a + b_1.X_1 + b_4.X_4$ (3.7)
- $Y = a + b_2.X_2 + b_4.X_4$ (3.8)
- $Y = a + b_2.X_2 + b_3.X_3$ (3.9)
- $Y = a + b_3.X_3 + b_4.X_4$ (3.10)
- $Y = a + b_1.X_1 + b_3.X_3 + b_4.X_4$ (3.11)
- $Y = a + b_1.X_1 + b_2.X_2 + b_4.X_4$ (3.12)
- $Y = a + b_1.X_1 + b_2.X_2 + b_3.X_3$ (3.13)
- $Y = a + b_2.X_2 + b_3.X_3 + b_4.X_4$ (3.14)
- $Y = a + b_1.X_1 + b_2.X_2 + b_3.X_3 + b_4.X_4$ (3.15)

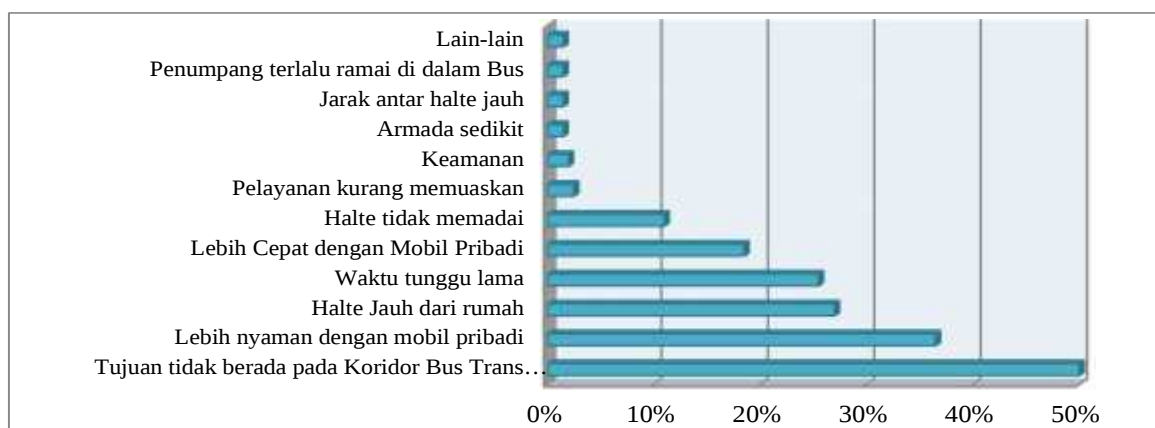
Model utilitas yang telah dipilih kemudian dilakukan analisa sensitivitas untuk mengetahui sensitivitas responden terhadap atribut yang ditawarkan.

Untuk *revealed preference* esponden pengguna mobil pribadi diberi pertanyaan terbuka mengenaialasan responden tidak menggunakan Bus Trans Padang dan hal apasaja yang perlud iberikan terhadap Bus Trans Padang menurut pendapat responden tersebut.

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

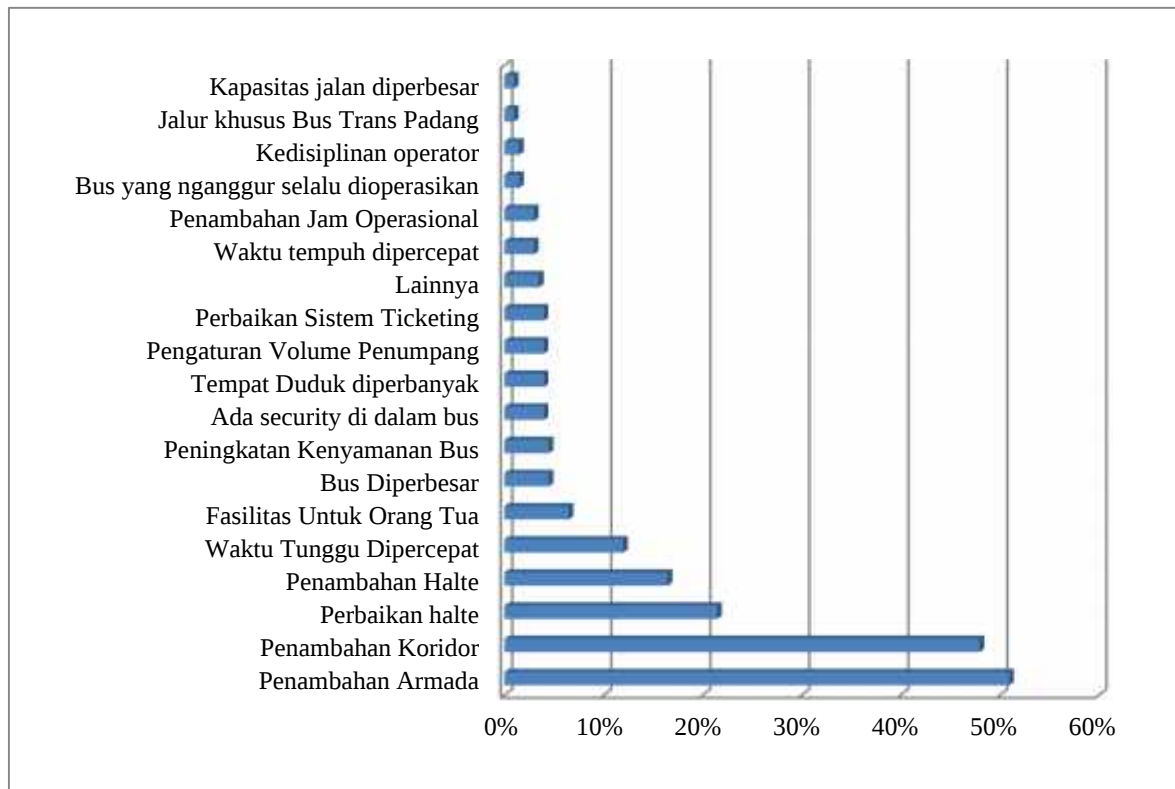
4.1 Revealed Preference

Berdasarkan hasil survai dengan metode *revealed preference*, maka distribusi penyebab pengguna mobil pribaditi dak menggunakan Bus Trans Padang dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar4.1 Distribusi Penyebab Pengguna Mobil Pribadi Tidak Menggunakan Bus Trans Padang

Sedang distribusi hal yang perlu dilakukan terhadap Bus Trans Padang menurut responden dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut.



Gambar 4.2 Distibusi Hal Yang Perlu Diberikan Terhadap Bus Trans Padang Menurut Responden

4.2 Stated Preference

Dari hasil analisa regresi dan analisa stastikmaka didapat model utilitas yang dapat mewakili utilitas Bus Trans Padang adalah sebagai berikut :

$$Y = 2.252 - 0.01291 X1 + 0.03802 X3 - 0.0792 X4$$

$$(5.64) \quad (-16.67) \quad (2.454) \quad (-4.090)$$

$$\text{Nilai } (R^2) = 0.217$$

$$F = 110.543$$

Dimana :

Y = Utilitas Bus Trans Padang

X1 =Jarak rumah dengan halte atau tempat pemberhentian Bus Trans Padang

X3 =Perbedaan waktu tempuh antara Bus Trans Padang dan mobil pribadi

X4 = Waktu tunggu kedatangan Bus Trans Padang

Dari model tersebut dapat diketahui sensitivitas dari pengguna mobil pribadi terhadap atribut Bus Trans Padang.

5. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Faktor yang paling mempengaruhi pengguna mobil pribadi tidak menggunakan Bus Trans Padang adalah, tujuan yang tidak berada pada koridor Bus Trans Padang, kenyamanan Bus Trans Padang yang belum sebanding dengan mobil pribadi, halte jauh dari rumah, lebih cepat dengan mobil pribadi, dan halte yang tidak memadai.
2. Hal yang sangat perlu diberikan terhadap Bus Trans Padang menurut pengguna mobil pribadi adalah penambahan armada, penambahan koridor, perbaikan halte, penambahan halte, waktu tunggu dipersingkat, fasilitas untuk orang tua.
3. Dari model utilitas, pemilik kendaraan pribadi pasti naik Bus Trans Padang terjadi ketika jarak rumah dengan halte 50 meter, Bus Trans Padang lebih cepat 5 menit dengan mobil pribadi, dan waktu tunggu kedatangan Bus Trans Padang 5 menit.

DAFTAR PUSTAKA

- Ortuzar, J.D and Willumsen. 1994. *Modelling Transport*. John Wiley and Sons, Ltd. England
- Pearmain, D and Swanson, J. 1991. *Stated Preference Techniques– A Guide To Practice*. Steer David Gleave and Hague Consulting Group. London.
- Pratama, R. 2014. *Tinjauan Kinerja Operasional Angkutan Massal BRT Trans Padang Koridor I (Pasar Raya – Lubuk Buaya Batas Kota) Tahun 2014*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil : Fakultas Teknik Universitas Andalas. Padang.
- Rahmat, H. 2014. *Studi Perbandingan Waktu Tempuh dan Kecepatan Perjalanan Antara Bus Trans Padang dengan Mobil Pribadi*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil : Fakultas Teknik Universitas Andalas. Padang.
- Sanjaya, F. 2014. *Karakteristik Penggunaan dan Persepsi Terhadap Operasional Bus Trans Padang*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil : Fakultas Teknik Universitas Andalas. Padang.
- Sanko, N. 2001. “*Guidelines for Stated Preference Experiment Design*” Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Paris.
- Tamin, O.Z. 2000. *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*. Penerbit ITB. Bandung.
- Virana, A.C. 2014. *Dampak Operasional Bus Trans Padang*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil : Fakultas Teknik Universitas Andalas. Padang.
- Warpani, S. 1990. *Merencanakan Sistem Transportasi*. Penerbit ITB. Bandung.

KAJIAN PENERAPAN *PAVEMENT MANAGEMENT SYSTEM* (PMS) PADA JALAN NASIONAL DI PROVINSI SUMATERA BARAT

Fadilla Mahzura

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Andalas, fadillamahzura@gmail.com

Purnawan

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Andalas, purnawan@gmail.com

Yossyafra

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Andalas, yossyafra@gmail.com

Abstrak

Kondisi penanganan jalan nasional di Wilayah Provinsi Sumatera Barat dilihat dari segi pemeliharaan perkerasan jalan pada Tahun Anggaran 2014 masih belum mencapai kondisi kemantapan 100%, hal ini dapat dilihat dari adanya kerusakan di beberapa ruas jalan nasional di Provinsi Sumatera Barat. Untuk itu perlu adanya kajian mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi penerapan *Pavement Management System* (PMS) di Provinsi Sumatera Barat yang berada di bawah naungan Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional II (BBPJN II Padang) sehingga dapat ditindaklanjuti. Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini didahului dengan studi literatur mengenai PMS dilanjutkan dengan melakukan observasi di BBPJN II Padang, dari hasil observasi disusunlah kuisisioner I, II dan III untuk dimintakan tanggapan dari para ahli. Data-data yang terkumpul diolah dengan menggunakan analisa metode Delphi dan *Graphic Rating Scale*. Dari hasil penelitian diperoleh 19 faktor yang berpengaruh dalam penerapan manajemen pemeliharaan perkerasan jalan nasional di Provinsi Sumatera Barat.

KataKunci : *Pavement Management System*, Jalan nasional, Metode Delphi

1. PENDAHULUAN

Perencanaan pembangunan dan pengawasan jalan di Indonesia tidak terlepas dari peran penting dari penerapan sistem manajemen pemeliharaan perkerasan jalan (*Pavement Management System*) yang diterapkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum, khususnya oleh Direktorat Jenderal Bina Marga. Sistem manajemen pemeliharaan perkerasan jalan berfungsi untuk menjaga jalan agar kondisi fisik dan operasional dari jaringan jalan agar tetap dalam kondisi baik, terciptanya 100% jalan dengan kondisi mantap sehingga dapat memberikan pelayanan sebagaimana mestinya. Berdasarkan laporan data kondisi jalan Provinsi Sumatera Barat tahun anggaran 2014 yang dikeluarkan oleh BBPJN II dalam IRMS dari semester II tahun 2013 ke semester I tahun 2014, untuk ruas jalan Lintas Tengah Sumatera terjadi kenaikan kemantapan sepanjang 8,52 km (2,16%), sedangkan ruas jalan Lintas Barat Sumatera mengalami penurunan kemantapan sepanjang 5,33 km (-0,97%), kemudian ruas jalan Penghubung Lintas Sumatera hanya mengalami kenaikan kemantapan 1,78 km (0,77%), dan untuk ruas jalan Non Lintas Sumatera kenaikan kemantapan jalan hanya 0,60 km (1,96%). Dapat disimpulkan bahwa kondisi penanganan jalan di Provinsi Sumatera Barat masih belum mantap 100 % dan masih terdapat beberapa kerusakan di beberapa ruas jalan nasional. Dari hal-hal tersebut perlu diteliti secara lebih lanjut terkait

faktor-faktor yang berpengaruh terhadap penerapan sistem manajemen pemeliharaan perkerasan jalan nasional di Provinsi Sumatera Barat.

2. STUDI PUSTAKA

2.1 Pavement Management System

Pavement Management System (PMS) menurut AASHTO (1993) adalah seperangkat alat atau metode yang dapat membantu para pengambil keputusan dalam mencari strategi optimum dalam menyediakan, mengevaluasi, dan memelihara perkerasan jalan sesuai dengan kondisi masa layannya dalam periode waktu tertentu.

2.2 Kajian Penelitian Terdahulu

Menurut Pierce (2001) dalam kajiannya mengenai *An Assessment of The Benefits of The Washington State Pavement Management System* bahwa sistem manajemen pemeliharaan perkerasan jalan di Washington merupakan alat yang sangat penting dalam desain perkerasan, program pemeliharaan perkerasan jalan, analisis anggaran, dan perencanaan. Menurut Wahida (2010) dalam kajiannya mengenai *Road Maintenance Management System : A Case Study At Public Work Department* bahwa faktor yang paling penting dalam sistem manajemen pemeliharaan perkerasan jalan di Malaysia adalah kualitas kerja. Permasalahan yang sering dihadapi adalah berupa penganggaran dalam pemeliharaan jalan. Dijelaskan bahwa pengumpulan data memainkan peranan penting dalam menentukan keefektifan dari siklus sistem manajemen pemeliharaan perkerasan jalan. Haas (2011) dalam penelitiannya mengenai *Evolution and Legacy of Pavement Management In Canada: A GRAC/RTAC/TAC Success Story* yang mengkaji tentang penerapan sistem manajemen pemeliharaan perkerasan di Kanada menjelaskan bahwa sistem manajemen pemeliharaan perkerasan jalan di Kanada terbukti sukses dijalankan terlihat dari kebijakan yang telah diterapkan selama 5 (lima) dekade berturut-turut melalui lembaga CGRA, RTAC, dan TAC. Jamalurrusid (2009) dalam penelitiannya tentang sistem manajemen pemeliharaan perkerasan jalan lingkungan di kota Probolinggo dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) menjelaskan bahwa kendala yang dihadapi dalam penerapan sistem manajemen pemeliharaan jalan adalah berupa keterbatasan data dan informasi yang berbasis geografi/spasial. Harjono (2004) dalam penelitiannya mengenai arahan peningkatan pengelolaan pemeliharaan jalan kota di kota Semarang menggunakan metode Delphi diperoleh 23 aspek yang berpengaruh dalam menentukan arahan peningkatan pengelolaan pemeliharaan jalan kota di Kota Semarang di masa yang akan datang diantaranya yaitu: landasan peraturan, besarnya dana, sumber dana, investasi pembangunan swasta-masyarakat, struktur organisasi, dan peran serta swasta-masyarakat. Sedangkan Lee (2008) dalam penelitiannya mengenai gambaran sistem manajemen pemeliharaan perkerasan jalan dan hasil pelaksanaannya di Korea, menganalisis kondisi sebelum dan sesudah diterapkannya PMS di jalan nasional Korea. Menurutny faktor yang membuat keberhasilan sistem manajemen pemeliharaan perkerasan di Korea tersebut adalah, (1) terjaganya objektivitas dan reliabilitas data dengan cara meningkatkan kualitas pelaksanaan survei, (2) meningkatkan rasionalitas dalam pemilihan survei dan penentuan prioritas, serta (3) secara menyeluruh menilai dan mengevaluasi sistem PMS.

3. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Metode pengumpulan data pada penelitian ini berupa observasi dan penyebaran kuisioner.

3.1 Observasi

Secara umum tahapan pemeliharaan perkerasan jalan di BBPJN II Padang dapat digambarkan dalam bentuk skematik seperti pada Gambar 3.1:



Gambar 3.1 Tahapan sistem manajemen pemeliharaan perkerasan jalan di BBPJN II Padang

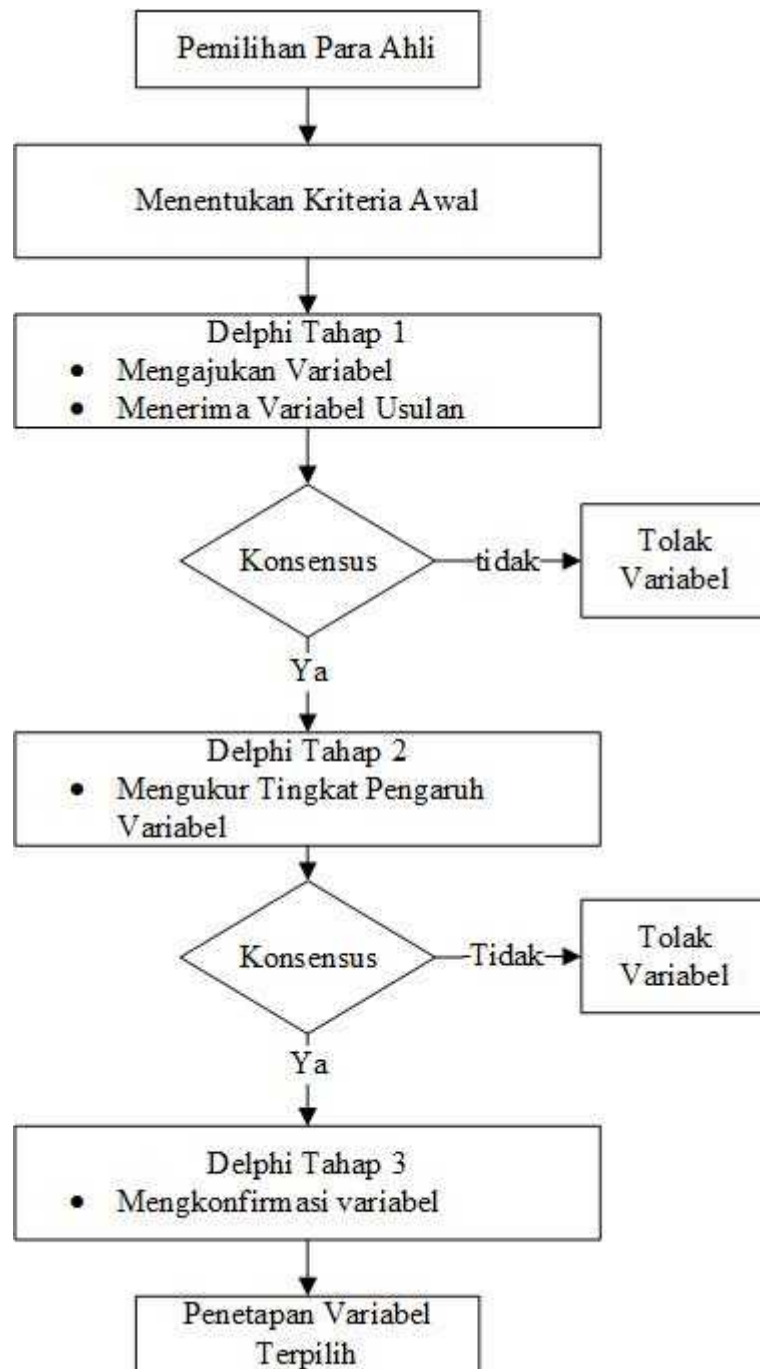
Terdapat 11 tahapan dalam sistem manajemen pemeliharaan perkerasan jalan yang ada di BBPJN II Padang yaitu:

- a. Pengumpulan Data
- b. Validasi Hasil Survei
- c. Pemeriksaan Kelengkapan Data
- d. Pemutakhiran Database
- e. Analisa Data
- f. Pengusulan Program Penanganan
- g. Pelaporan ke Bidang Anggaran / Pengajuan Anggaran
- h. Penetapan Anggaran
- i. Proses Pelelangan
- j. Pelaksanaan Kegiatan Pemeliharaan
- k. Monitoring dan Evaluasi

3.2 Kuisioner

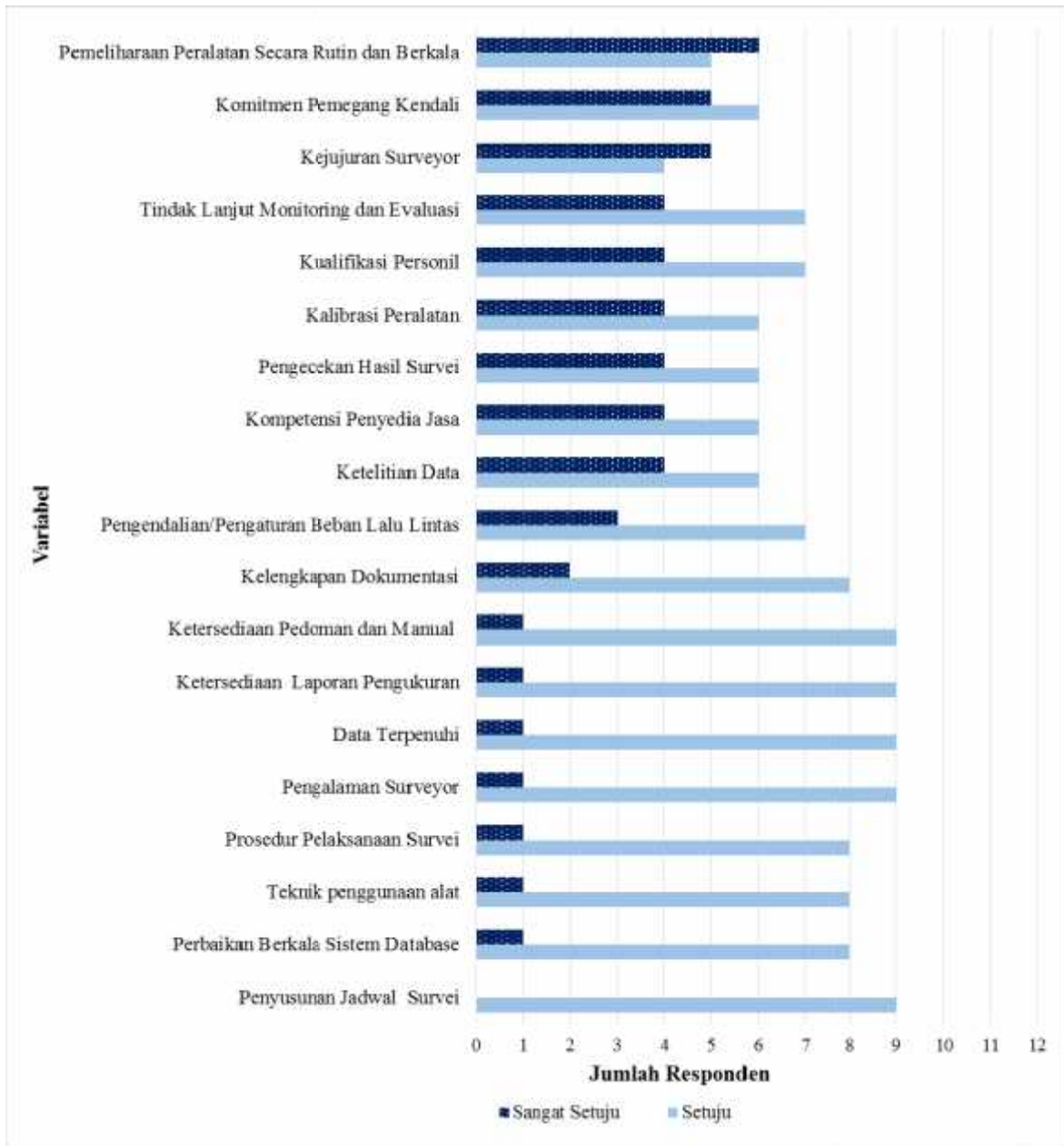
Perolehan data lewat kuisioner menggunakan metode Delphi. Pada Metode Delphi akan disebar kuisioner sebanyak 3 tahap pada 12 orang responden yang terlibat langsung dalam penerapan *Pavement Management System* yang ada di Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional II terutama di Provinsi Sumatera Barat. Pada tahap awal ditawarkan 92 variabel dan terdapat 3 variabel usulan. Pada tahap kedua tersisa 19 variabel, dari 19 variabel

tersebut dikonfirmasi lagi kepada responden. Untuk lebih jelasnya tahapan pengolahan kuisisioner pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.2:



Gambar 3.2 Tahapan Metode Delphi

Pada tahap terakhir diperoleh 19 variabel yang berpengaruh terhadap penerapan sistem manajemen pemeliharaan perkerasan jalan nasional di Provinsi Sumatera Barat, seperti yang terlihat pada Gambar 3.3:



Gambar 3.3 Faktor-faktor yang mempengaruhi PMS di Provinsi Sumatera Barat

4. KESIMPULAN

4.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Sistem manajemen pemeliharaan perkerasan jalan nasional di wilayah Provinsi Sumatera Barat sudah diterapkan dengan cukup baik.
2. Berdasarkan hasil analisa data, dari 92 variabel yang diajukan ditambah 3 variabel usulan para ahli, akhirnya didapatkan 19 faktor yang mempengaruhi dalam penerapan sistem manajemen pemeliharaan perkerasan jalan nasional pada wilayah Provinsi Sumatera Barat, dimana dapat diurutkan dari yang paling berpengaruh

terbesar ke terkecil sebagai berikut: Pemeliharaan Peralatan Secara Rutin dan Berkala, Komitmen Pemegang Kendali, Kejujuran Surveyor, Tindak Lanjut Monitoring dan Evaluasi, Kualifikasi Personil, Kalibrasi Peralatan, Pengecekan Hasil Survei, Kompetensi Penyedia Jasa, Ketelitian Data, Pengendalian/Pengaturan Beban Lalu Lintas, Kelengkapan Dokumentasi, Ketersediaan Pedoman dan Manual, Ketersediaan Laporan Pengukuran, Data Terpenuhi, Pengalaman Surveyor, Prosedur Pelaksanaan Survei, Teknik Penggunaan Alat, Perbaikan Berkala Sistem Database, dan Penyusunan Jadwal Survei.

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO. 1993. Guide for Design of Pavement Structure. AASHTO.Washington D.C.
- AASHTO. 2001. Executive Summary Report, Pavement Management Guide. AASHTO.Washington,D.C.
- BBPJJN II. 2014. Laporan Kinerja Instansi Pemerintah Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional II Padang. BBPJJN II. Padang
- Haas,R. 2011. Evolution and Legacy of Pavement Management in Canada: A CGRA/RTAC/TAC Success Story. Paper. Transportation Association of Canada.Kanada
- Harjono,C.A.D. 2004. Arahan Peningkatan Pengelolaan Pemeliharaan Jalan Kota di Kota Semarang.Tesis.Universitas Diponegoro. Semarang
- Jamalurrusid, A. 2009.Sistem Manajemen Pemeliharaan Jalan Lingkungan di Kota Probolinggo dengan Sistem Informasi Geografis (SIG).Tesis. Universitas Sebelas Maret.Surakarta
- Lee,S.H. 2008. Overview of Pavemet Management System In Korea and Its Operation Results. Paper. Korea Institute of Construction Technology.Korea
- Pierce, L.M. 2001. An Assessment of The Benefits of The Washington State Pavement Management System. Jurnal.
- Wahida,N. 2010. Road Maintenance Management System : A Case Study At Public Work Department.Project Report.University of Technology Malaysia.Malaysia

STUDI KINERJA OPERASIONAL DAN PELAYANAN ANGKUTAN UMUM DAMRI DI KABUPATEN SOLOK SELATAN

(STUDI KASUS : RUTE PADANG ARO – LETTER W)

Jihan Melasari

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas, Padang, 1.jihanmelasari@gmail.com

Purnawan

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas, Padang, purnawan@ft.unand.ac.id

Elsa Eka Putri

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas, Padang, elsaeka@ft.unand.ac.id

Abstrak

Seiring dengan peningkatan mobilitas penduduk, maka dituntut tersedianya angkutan umum yang diharapkan dapat memenuhi kebutuhan mobilitas penduduk tersebut. Untuk tujuan tersebut dilakukan suatu studi mengenai kinerja operasional dan pelayanan baik dari sisi pengguna maupun pengelola DAMRI. Dari hasil analisis diketahui bahwa kedua armada bus DAMRI pada wilayah studi mempunyai kinerja baik dengan *load factor* pada jam sibuk memiliki nilai 0.35 begitu juga dengan nilai *load factor* di luar jam sibuk dengan nilai 0.36 dan nilai untuk kecepatan perjalanan adalah 25.12 km/jam termasuk kategori baik karena nilainya > 10 . Untuk kriteria sedang waktu pelayanan yaitu 13.2 jam termasuk kategori sedang karena nilai nya berada antara 13-15 jam per hari serta awal dan akhir waktu perjalanan yang dimulai dari pukul 05.15-18.30 dimana nilai ini masuk kepada kategori sedang yang jam pengoperasiannya mulai pukul 05.00-20.00. Pada tahap akhir dilakukan pemetaan terhadap nilai kepuasan dan kepentingan pelaku transportasi terhadap kinerja bus DAMRI untuk trayek Padang Aro-Letter W dengan menggunakan analisa kuadran. Dari hasil pemetaan analisa kuadran diketahui bahwa prioritas utama yang mempengaruhi kepuasan penumpang adalah tentang ketersediaan DAMRI saat dibutuhkan dan ketepatan waktu berangkat.

Kata Kunci : Operasional, Pelayanan, Bus DAMRI

1. PENDAHULUAN

Pentingnya transportasi terlihat dengan semakin meningkatnya kebutuhan akan jasa angkutan bagi mobilitas orang serta barang dari dan ke seluruh pelosok tanah air bahkan dari dan ke luar negeri (Tamin, 2000). Dengan meningkatkan pembangunan transportasi dan meningkatnya aksesibilitas perdesaan akan dapat memperbaiki perekonomian di daerah perdesaan. Dalam penelitian ini akan dilakukan suatu studi tentang kinerja operasional dan tingkat pelayanan bus DAMRI di Kabupaten Solok Selatan dilihat dari sisi penyedia, yaitu menyangkut aspek (variabel) kinerja angkutan umum yang ditetapkan oleh departemen perhubungan dan dari sisi pengguna yang diperoleh dari hasil survei data primer untuk mengetahui persepsi mereka mengenai kinerja operasional dan kualitas pelayanan bus DAMRI. Penelitian tersebut dilakukan untuk mengidentifikasi kinerja operasional bus damri, yang meliputi variabel: waktu operasi, kecepatan rata-rata bus, reliability, load factor dan waktu pelayanan serta mengidentifikasi tingkat pelayanan bus

damri yang meliputi variabel: keamanan, keselamatan, kenyamanan keterjangkauan dan keteraturan, mengevaluasi hasil kinerja operasional dan pelayanan bus DAMRI Kabupaten Solok Selatan khususnya rute Padang Aro – Letter W dan menganalisis tingkat pelayanan bus DAMRI. Dalam penelitian ini alat analisis statistik yang digunakan secara garis besar adalah Metode Cross Classified dan Analisa kuadran.

2. STUDI PUSTAKA

2.1 Penyusunan Rencana Operasi Angkutan Umum

Penyusunan rencana operasi pada suatu trayek sangat tergantung untuk kerja trayek tersebut, kondisi pelayanan dan jumlah armada yang melayani. Menurut Yu (1989), langkah-langkah dalam menyusun suatu rencana operasi angkutan umum adalah sebagai berikut :

1. Jarak trayek (L), yaitu panjang titik awal trayek sampai titik akhir trayek dalam kilometer.
2. Waktu operasi (T_o), yaitu waktu perjalanan dari titik awal trayek sampai titik akhir trayek. Biasanya waktu operasi diperoleh berdasarkan dari hasil survai dilapangan.
3. Kecepatan operasi (V_o), yaitu kecepatan perjalanan dari titik awal trayek ke titik akhir trayek, dirumuskan :

$$V_o = 60 \times L/T \text{ (km/jam)} \quad (1)$$

4. Kecepatan komersial (V_c), yaitu kecepatan perjalanan pulang pergi pada suatu trayek (kecepatan perjalanan dari titik awal trayek ke titik akhir trayek dan tiba kembali dititik awal trayek), dirumuskan :

$$V_c = 120 \times L/T_o \text{ (km/jam)} \quad (2)$$

5. Frekuensi (f), yaitu jumlah keberangkatan kendaraan angkutan kota yang melewati pada satu titik tertentu (biasanya pada *bus stop*) dalam satuan kendaraan permenit, dirumuskan :

$$f = 60 / N \text{ (menit)} \quad (3)$$

dimana : N = jumlah kendaraan

6. Kapasitas kendaraan (C_v), yaitu kapasitas tempat duduk yang tersedia dan kapasitas tempat berdiri yang diizinkan pada satu kendaraan angkutan kota, Rumus :

$$C_v = C_a + a \cdot C_b \quad (\text{orang}) \quad (4)$$

Keterangan :

C_a = kapasitas tempat duduk di dalam kendaraan

C_b = kapasitas tempat berdiri di dalam kendaraan

a = faktor friksi yang diizinkan untuk tempat berdiri

7. *Load Factor* (Lf), yaitu rasio perbandingan jumlah penumpang yang diangkut dalam kendaraan terhadap jumlah kapasitas tempat duduk penumpang didalam kendaraan pada periode waktu tertentu.

$$Lf = \frac{\text{jumlah penumpang yang terangkut}}{\text{jumlah kapasitas tempat duduk}} \times 100\% \quad (5)$$

2.2 Perhitungan Tingkat Kesesuaian Antara Kepentingan Dan Persepsi Responden Terhadap Kinerja Pelayanan DAMRI.

Pada survai akan diperoleh data hasil perbandingan skor kepuasan dengan skor kepentingan dari pertanyaan yang diajukan dalam kuesioner terhadap masing-masing responden yaitu penumpang, non pengguna DAMRI, sopir DAMRI dan pengelola DAMRI. Adapun rumus yang digunakan untuk analisa tingkat kesesuaian ini adalah sebagai berikut:

$$Tki = \bar{Xi}/Yi \times 100 \% \quad (6)$$

Dimana :

Tki = Tingkat kesesuaian responden

Xi = Skor penilaian kinerja MPU

Yi = Skor penilaian kepentingan responden

Untuk menentukan urutan prioritas tentang peningkatan faktor-faktor yang mempengaruhi kepuasan masing-masing responden, maka digunakan tingkat kesesuaian dalam penentuannya. Perhitungan tingkat kesesuaian dapat diketahui dengan skor rata-rata tingkat kepuasan (x') dan kepentingan (y') dari masing-masing kelompok responden, dimana dengan mengetahui nilai x' dan y' maka akan diketahui pula nilai gap/ kesenjangan antara masing-masing variabel pertanyaan yang mempengaruhi tingkat kepuasan responden dengan mencari nilai selisih antara kepuasan (x') dan kepentingan (y') (Sukma, 2008).

$$\text{Gap} = x' - y' \quad (7)$$

Kualitas kinerja MPU secara signifikan dapat diketahui dari nilai gap yang diperoleh. Semakin rendah nilai gap (semakin negatif) berarti nilai ekspektasi lebih tinggi dari pada kenyataan yang diterima. Untuk lebih jelasnya mengenai nilai gap masing-masing variabel pada setiap kelompok responden, gap dapat digambarkan pada sebuah grafik kesenjangan.

2.3 Analisa Kuadran

Untuk memetakan kepuasan dan kepentingan pelaku transportasi terhadap beberapa atribut-atribut pertanyaan yang berhubungan dengan kualitas pelayanan yang mempengaruhi kepuasan pelaku transportasi digunakan analisa kuadran. Tabel hasil penilaian rata-rata dari tingkat kepuasan dan tingkat kepentingan yang kemudian diplot dalam sebuah kuadran yang terdiri atas 4 bagian. Nilai rata-rata dari nilai kepuasan dan kepentingan merupakan crossing line atau garis potong analisa kuadran yang membatasi

jenis penilaian antara satu kuadran dengan kuadran lain. Secara singkat penilaian pada kuadran terbagi atas :

Kuadran I : Prioritas Utama

Kuadran II : Pertahankan Prestasi

Kuadran III : Prioritas Rendah

Kuadran IV : Berlebihan

3. HASIL, ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisa Kinerja Pelayanan Operasional Bus DAMRI

a. Faktor Muat (*Load Factor*) pada Jam Sibuk

Dalam penelitian ini, kedua bus yang melayani rute dari Padang Aro ke Letter W memiliki 25 tempat duduk. Penghitungan *load factor* dilakukan secara dinamis di atas bus (*survey on bus*) sesuai dengan jadwal tetap keberangkatan dalam dua arah : Padang Aro – Letter W dan Letter W – Padang Aro dan hanya pada satu trayek yaitu Padang Aro-Letter W sesuai No. Bus DAMRI yang beroperasi. Hasil perhitungan *Load Factor* disajikan seperti pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Analisis Faktor Muat Pada Jam Sibuk

NO.BUS	HARI SURVAI	Faktor Muat Pada Jam Sibuk			Faktor Muat Rata-rata
		PAGI	SIANG	SORE	
		(07.00-08.30)	(12.00-13.30)	(17.00-18.30)	
4946 4947	Minggu	0.2	0.15	0.19	0.18
4946 4947	Senin	0.18	0.46	0.15	0.26
4946 4947	Rabu	0.78	0.76	0.26	0.60
Rata-rata Faktor Muat Pada Jam Sibuk					0.35

Hasil analisis *load factor* dari Tabel 4.1 dapat dilihat bahwa rata-rata *load factor* tertinggi pada jam sibuk terjadi pada hari Rabu dengan nilai *load factor* 0,60.

b. Faktor Muat (*Load Factor*) di Luar Jam Sibuk

Perhitungan *load factor* dilakukan di luar jam sibuk pada waktu pagi dan siang hari. Hasil perhitungan disajikan seperti pada Tabel 4.2.

Hasil analisis *load factor* dari Tabel 4.8 terlihat nilai *load factor* dari kedua bus di luar jam sibuk pagi dan siang dari arah Padang Aro – Letter W maupun Letter W – Padang Aro bervariasi antara 0,32 sampai dengan 0,46. Kecepatan Perjalanan

Dari data primer yang diperoleh setelah melakukan survai diketahui kecepatan perjalanan bus seperti pada Tabel 4.3.

Tabel 4.2 Hasil Analisis Faktor Muat Pada Jam Sibuk

NO.BUS	HARI SURVAI	Faktor Muat diluar Jam Sibuk			Faktor Muat Rata-rata
		PAGI	SIANG	SORE	
		(09.00-10.30)	(14.00-15.30)	(15.00-16.30)	
4947 4946	Minggu	0.43	0.31	0.22	0.32
4947 4946	Senin	0.35	0.26	0.24	0.29
4947 4946	Rabu	0.17	0.54	0.67	0.46
Rata-rata Faktor Muat diluar Jam Sibuk					0.36

Tabel 4.3 Hasil Analisis Kecepatan Perjalanan

NO.BUS	Panjang Trayek	Lama Perjalanan		Lama Prjln Rata-rata (Menit)	Lama Prjln Rata-rata (Jam)	Kecepatan Rata-rata
		Berangkat (Menit)	Datang (Menit)			
4946	32	75	92	84	1.24	25.81
4947	32	86	95	91	1.31	24.4
Rata-rata						25.1

Hasil analisis dari data survai pada Tabel 4.3 diketahui kecepatan rata-rata bus adalah 25,1 km/jam.

c. Waktu Pelayanan

Waktu pelayanan yang diberikan oleh kedua bus DAMRI adalah selama 13,2 jam per hari dari pukul 05.15-18.30. Angka ini sudah memenuhi standar yang ditetapkan oleh Departemen Perhubungan yaitu selama 13 jam per hari.

d. Awal dan Akhir Waktu Perjalanan

Waktu perjalanan dalam satu hari dari semua bus DAMRI dapat dikatakansama, yaitu diawali sekitar jam 05.15-18.30 atau sekitar 13,2 jam setiap hari.

Berdasarkan standar pelayanan operasional dari Departemen Perhubungan dan hasil analisis di atas, berikut ini disajikan kualitas pelayanan operasional bus DAMRI untuk rute Padang Aro - Letter W yang terdapat pada Tabel 4.4.

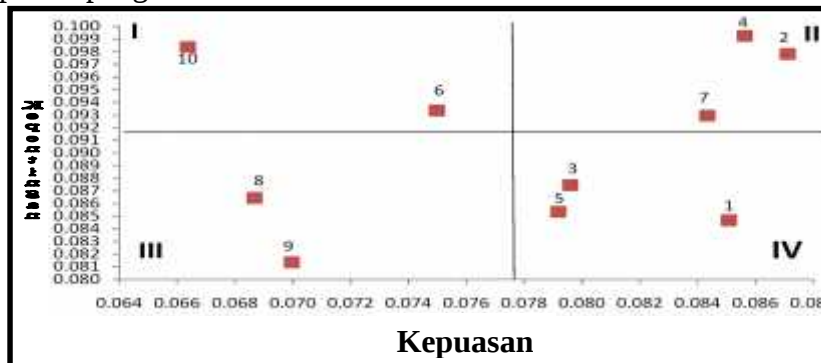
Tabel 4.4 Hasil Analisis Penilaian Pelayanan Operasional Bus DAMRI Berdasarkan Standar Departemen Perhubungan

No	Parameter Penilaian	Satuan	Standar Penilaian			Hasil Penilaian Bus DAMRI	Nilai	Kriteria
			Kurang	Sedang	Baik			
			1	2	3			
a	b	c	d	e	f	G	h	i
1	L.F Jam Sibuk		>1	0,8-1	<0,8	0.35	3	Baik
2	L.F di Luar Jam Sibuk		>1	0,7-1	<0,7	0.36	3	Baik
3	Kecepatan Perjalanan	km/jam	<5	5-10	>10	25.12	3	Baik
5	Waktu Pelayanan	jam	<13	13-15	>15	13.2	2	Sedang
6	Awal dan Akhir Perjalanan	jam	05-18	05-20	05-22	05.15-18.30	2	Sedang

Hasil analisis dari Tabel 4.4 diketahui bahwa hasil penilaian kualitas pelayanan bus DAMRI rata-rata memiliki hasil dengan kriteria baik.

3.2 Analisa Kuadran Responden Pengguna Bus DAMRI

Pada Gambar 1 diberikan data perhitungan untuk analisa kuadran kepuasan dan kepentingan penumpang.



Gambar 1. Grafik Analisa Kuadran Responden Pengguna Bus DAMRI

Variabel yang terletak di Kuadran I (Prioritas Utama) merupakan variabel yang menurut penumpang mempunyai kepentingan tinggi tetapi belum maksimal dalam kenyataannya. Sehingga diharapkan untuk waktu yang akan datang dapat diperbaiki agar menjadi lebih baik. Kuadran ini mencakup :

- Variabel 6 yaitu tentang ketersediaan DAMRI saat dibutuhkan. Tingkat kepuasan responden untuk variabel ini masih rendah.
- Variabel 10 yaitu tentang ketepatan waktu berangkat. Penumpang menilai terkadang ada sopir yang berangkat tidak tepat waktu sesuai jadwal keberangkatan meski rentang waktu keberangkatan tidak terlalu jauh berbeda dengan yang telah dijadwalkan namun penumpang berharap sopir dapat lebih disiplin lagi dengan waktu keberangkatan yang telah dijadwalkan.

4. KESIMPULAN

Secara keseluruhan tingkat pelayanan bus DAMRI untuk rute Padang Aro – Letter W apabila mengacu pada standar yang ditetapkan oleh Departemen Perhubungan mendapatkan nilai kinerja baik, namun masih dapat diklasifikasikan kriteria-kriteria yang dimiliki setiap variabel kinerja pelayanan sebagai berikut:

- Kriteria baik : *load factor* pada jam sibuk dengan nilai 0.35 termasuk kategori baik sesuai dengan standar Departemen Perhubungan bila nilainya < 0.8 begitu juga dengan nilai *load factor* di luar jam sibuk dengan nilai 0.36 dan nilai untuk kecepatan perjalanan adalah 25.12 km/jam termasuk kategori baik karena nilainya > 10 .
- Kriteria sedang : waktu pelayanan yaitu 13.2 jam termasuk kategori sedang karena nilainya berada antara 13-15 jam per hari serta awal dan akhir waktu perjalanan yang dimulai dari pukul 05.15-18.30 WIB dimana nilai ini masuk kepada kategori sedang yang jam pengoperasiannya mulai pukul 05.00-20.00 WIB.

DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Jenderal Perhubungan Darat. (2002). *Pedoman Teknis Pengumpulan Data Angkutan Umum Perkotaan*. Jakarta.
- Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Darat No. SK.687/AJ.206/DRJD/2002 Tahun 2002 tentang *Pedoman Teknis Penyelenggaraan Angkutan Umum Di Wilayah Perkotaan Dalam Trayek Tetap Dan Teratur*.
- Morlok, K. (1978). *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Sukma, Y. (2008). *Jurnal Analisa Kepuasan Pelaku Transportasi Terhadap Kinerja Mobil Penumpang (MPU) Pemekasan Kemal dan Standar Operasi Angkutan Umum Yang Baik*.
- Tamin, O.Z. (2000). *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*. Edisi 2. Bandung: Penerbit Institut Teknologi Bandung.
- Yu, J. C. 1989. *Transportation Engineering Introduction to Transport Planning Design and Operation*.

PENGARUH SUHU PEMADATAN TERHADAP STABILITAS DINAMIS DAN UMUR LAYANAN LAPISAN PERKERASAN AC-WC

Filino Kalani

Pasca Sarjana Jurusan Teknik Sipil Universitas Andalas Padang, bippram77@yahoo.com

Yossyafra

Pasca Sarjana Jurusan Teknik Sipil Universitas Andalas Padang, yossyafra@ft.unand.ac.id

Elsa Eka Putri

Pasca Sarjana Jurusan Teknik Sipil Universitas Andalas Padang, elsaeka@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk melihat pengaruh suhu pemadatan terhadap stabilitas dinamis & umur layanan lapis perkerasan AC-WC gradasi halus. Penelitian dilakukan pada laboratorium Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional II Padang. Penelitian mempergunakan alat *wheel tracking* dengan komposisi material yang diambil dari *JMF* Paket Pemeliharaan Berkala Jalan Lubuk Alung – Bts. Kota Padang Jln. Prof. DR. Hamka (Padang) Satker SKPD Provinsi Sumatera Barat yang dilaksanakan oleh PT. Rimbo Peraduan dan dilaksanakan pada tahun anggaran 2014. Suhu yang diamati mulai dari 85°, 95°, 105°, 115°, 125°, 135°, 145° dan 155° masing– masing dilakukan 3 sampel percobaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi pengurangan umur layanan akibat dari variasi temperatur pemadatan aspal pen 60-70 yaitu penurunan temperatur 10°C (pada temperatur 125°C) dari temperatur pemadatan ideal 135° adalah terjadi pengurangan 1.71 % dari masa layanan, penurunan temperatur 20°C (pada temperature 115°C) dari temperatur pemadatan ideal 135° adalah terjadi pengurangan 4.41 % dari masa layanan, penurunan temperatur 30°C (pada temperature 105°C) dari temperatur pemadatan ideal 135° adalah terjadi pengurangan 5.30 % dari masa layanan, penurunan temperatur 40°C (pada temperature 95°C) dari temperatur pemadatan ideal 135° adalah terjadi pengurangan 6.62%, penurunan temperatur 50°C (pada temperature 85°C) dari temperatur pemadatan ideal 135° adalah terjadi pengurangan 9.74 %, kenaikan temperatur 10°C (pada temperature 145°C) dari temperatur pemadatan ideal 135° terjadi pengurangan 0.71 % dan Kenaikkan 20°C (pada temperature 155°C) dari temperatur pemadatan ideal 135° terjadi pengurangan 3.21 %.

Kata kunci : Stabilitas Dinamis, Masa Layanan, Temperature, Wheel Tracking

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan suatu wilayah sangat dipengaruhi oleh pelayanan suatu ruas jalan, maka kebutuhan jaringan jalan semakin diperlukan. Untuk mendapatkan ketahanan jalan yang berkualitas, harus ditunjang dengan peralatan pembuat *hotmix* yang memadai (*Asphalt Mixing Plant*), peralatan pendukung pekerjaan dilapangan dan suhu pada saat pemadatan. Pada saat campuran beraspal dimuat ke atas mesin penyebar (*paver*) dan selama masa operasional penghamparan, temperatur campuran akan menurun dengan agak cepat. Campuran aspal diangkut ke lokasi dalam terisolasi dengan baik , untuk mencegah penurunan suhu secara drastis antara waktu pencampuran dan memasukkan ke dalam *hopper paver*. (The Shell Bitumen Handbook, 1990). Dua faktor yang mempengaruhi turunnya temperatur ini adalah kecepatan angin dan ketebalan penghamparan lapisan (Puslitbang Jalan dan Jembatan, 2005), kejadian dilapangan tidak tercapai suhu yang

diinginkan, terutama suhu pemadatan ini disebabkan oleh jauhnya lokasi pekerjaan dari tempat AMP (*Asphalt Mixing Plant*) proses pengangkutan campuran aspal beton yang tidak menggunakan terpal penutup, antrian untuk menuangkan kedalam *finisher* dan pengaruh cuaca yang menyebabkan penurunan suhu campuran beton aspal. Dikarenakan ada kemungkinan suhu pemadatan yang bervariasi, dirasa perlu untuk diteliti bagaimana kinerja campuran beraspal tersebut apabila pemadatan aspal dilakukan lebih atau kurang dari ketentuan yang disyaratkan.

2. STUDI PUSTAKA

Pada petunjuk perencanaan tebal perkerasan lentur jalan raya dengan metode Analisa Komponen yang dikeluarkan Departemen Pekerjaan Umum Tahun 1987 dengan nomor 378/KPTS/1987 tingkat pelayanan jalan dapat dinyatakan dalam jumlah lintas ekuivalen akhir (LEA) selama Masa layanan dengan tingkat pertumbuhan lalu lintas.

Lintas ekuivalen Akhir adalah jumlah lintasan ekuivalen harian rata-rata dari sumbu tunggal seberat 8.16 ton (18.000 Lb) pada jalur rencana yang diduga terjadi pada akhir masa layanan, yang dinyatakan dalam rumus berikut ini:

$$LEA = \sum_{j=1}^n LHR_j (1 + i)^{UR} \times C_j \times E_j \quad (2.1)$$

Keterangan :

LEA	=	Lintas Ekuivalen Akhir
LHR	=	Lintas harian Rata-rata
UR	=	Masa layanan
i	=	Pertumbuhan Lalu lintas
j	=	Jenis kendaraan
C	=	Koefisien Distribusi Kendaraan
E	=	Angka Ekuivalen Beban Sumbu Kendaraan

Pengujian mekanik dari campuran aspal terdiri dari tiga grup pengujian :

1. *Fundamental test*, terdiri dari *repeated load traxial test*, *unconfined static uniaxial creep compression test*, *repeated load indirect tensile test* dan *dynamic stiffnes and fatigue test*.
2. *Simulative test*, terdapat *wheel tracking test*.
3. *Empirical test*, terdapat *marshall test*.

Dalam hal penelitian ini digunakan pengujian mekanik *simulative test* dengan alat *wheel tracking*. Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui ketahanan Laston Lapis Aus AC – WC terhadap perubahan bentuk atau deformasi akibat pembebanan dinamis pada suhu tinggi. Hasil pengetesan benda uji adalah stabilitas dinamis dan kedalaman alur yang dihitung sebagai berikut :

Stabilitas Dinamis (DS) (Banyaknya lintasan/mm)

$$DS = \frac{42x(t_1 - t_2)}{(d_2 - d_1) \times C_1 \times C_2} \quad (2.2)$$

DS= Stabilitas dinamis (lintasan/mm)

d1=deformasi saat t1 (45 menit)

d2=deformasi saat t2 (60 menit)

C1 = Faktor koreksi = 1.0 untuk mesin uji kecepatan

C2 = Faktor koreksi = 1.0 untuk benda uji ukuran lebar 300 mm

Kecepatan Deformasi (RD) (mm/menit)

$$RD = \frac{(d2-d1)}{t2-t1} \quad (2.3)$$

Yuristian (2014) dalam penelitiannya terhadap deformasi dan stabilitas dinamis menggunakan alat *Wheel Tracking Machine (WTM)*. Penelitian ini dilakukan menggunakan material *Hot Bin* dan *Job Mix Formula (JMF)* yang digunakan adalah *JMF* yang digunakan pada salah satu paket pekerjaan satker pelaksanaan Jalan Nasional Wilayah II Provinsi Sumatera Barat 2013. Dari hasil pengujian terhadap nilai stabilitas dinamis adalah terjadi pengurangan masa layanan akibat variasi temperatur pencampuran aspal pen 60-70 kelebihan temperatur 10°C dari temperatur pencampuran ideal terjadi pengurangan masa layanan sekitar 6.4%, untuk kelebihan temperatur 20°C terjadi pengurangan masa layanan sekitar 10.92%, dan kelebihan temperatur 30°C terjadi pengurangan masa layanan sekitar 13.97%. Dan sebaliknya Jika temperatur pencampuran kurang dari 10°C dari temperatur pencampuran ideal terjadi pengurangan masa layanan 3.72% dan jika temperatur kurang sebesar temperatur 20°C terjadi pengurangan masa layanan 10.04%.

3. BAHAN PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Bahan Penelitian

No	Bahan	Sumber
1	Agregat kasar	<i>Hot Bin</i> AMP PT. Rimbo Peraduan (JMF)
2	Agregat Medium	<i>Hot Bin</i> AMP PT. Rimbo Peraduan (JMF)
3	Agregat halus	<i>Hot Bin</i> AMP PT. Rimbo Peraduan (JMF)
4	Aspal	Aspal Tipe I Produksi Pertamina Pen 60 – 70
5	Bahan pengisi (<i>Filler</i>)	Merk Semen Padang
6	Aditif	Wetfix

4. PERALATAN PENELITIAN

Dalam penelitian ini alat-alat yang digunakan berasal dan tersedia di Laboratorium Pengujian Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional II, antara lain meliputi :

a) *Pugmil Mixer*

Alat ini digunakan untuk mengaduk campuran beraspal panas

b) *Compaction*

Alat ini digunakan untuk memadatkan campuran beraspal panas

c) *Wheel tracking Machine*

Alat ini digunakan untuk melakukan pengujian *Whell Tracking*

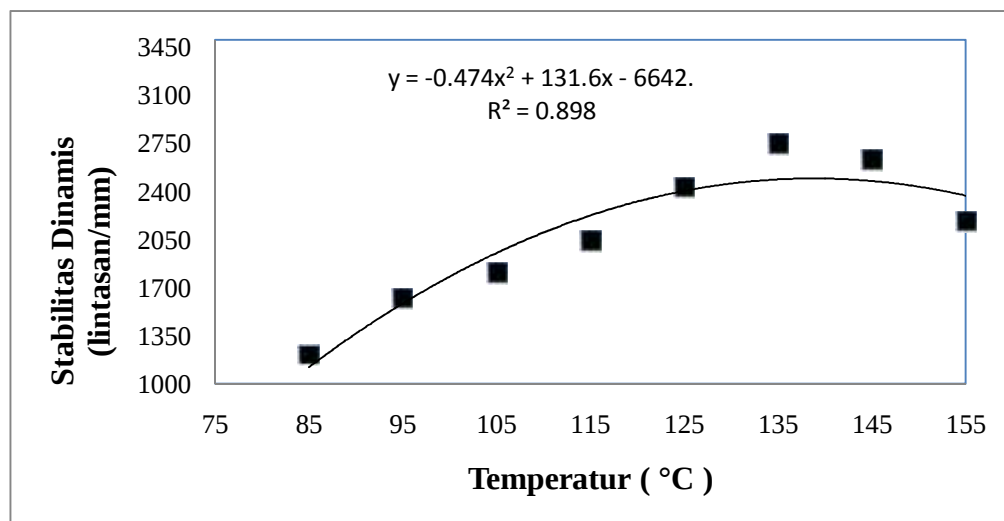
d) Perlengkapan lainnya seperti

Oven untuk memanaskan bahan, kompor pemanas, panci aluminium untuk memanaskan agregat, sendok pengaduk, spatula untuk menusuk-nusuk campuran benda uji

e) Termometer berkapasitas 200 °C

5. ANALISA

Pengaruh yang terjadi akibat variasi temperatur pemadatan aspal pen 60-70 terhadap stabilitas dinamis dapat dilihat pada Gambar 1 yaitu nilai stabilitas dinamis yang terjadi menurun pada kenaikan 10°C temperatur pemadatan aspal Pen 60-70 dari temperatur ideal 135°C. begitu juga setiap penurunan 10°C temperatur pemadatan aspal Pen 60-70 dari temperatur ideal 135° C nilai stabilitas dinamis semakin rendah. Grafik stabilitas dinamis dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pengaruh variasi temperatur pemadatan aspal pen 60-70 terhadap stabilitas dinamis

6. PEMBAHASAN

Stabilitas dinamis adalah kemampuan suatu campuran menahan beban roda kendaraan pada saat suhu tinggi yang dinyatakan dalam lintasan/mm. Masa layanan (UR) adalah jumlah waktu yang dihitung sejak jalan tersebut mulai dibuka sampai saat diperlukan perbaikan berat atau dianggap perlu untuk diberi lapis permukaan yang baru. Sesuai petunjuk perencanaan tebal perkerasan lentur jalan raya dengan metode analisa komponen yang dikeluarkan oleh departemen pekerjaan umum tahun 1987, masa layanan jalan dapat dinyatakan dalam lintas ekivalen akhir (LEA) yaitu jumlah lintas ekivalen harian rata-rata

dari sumbu tunggal seberat 8.16 ton pada jalur rencana atau dapat dilihat dalam rumus berikut ini :

$$LEA = \sum_{j=1}^n LHR_j (1 + i)^{UR} \times C_j \times E_j \quad (6.1)$$

Keterangan :

LEA	= Lintas Ekvivalen Akhir
LHR	= Lintas harian Rata-rata
UR	= Masa layanan
i	= Pertumbuhan Lalu lintas
j	= Jenis kendaraan
C	= Koefisien Distribusi Kendaraan
E	= Angka Ekvivalen Beban Sumbu Kendaraan

Nilai stabilitas dinamis diasumsikan adalah jumlah lintasan yang dapat ditahan oleh campuran beraspal sampai akhir masa layanan. Lintas Harian Rata-rata (LHR) adalah diasumsikan angka 1 (satu) dikarenakan LHR tidak diketahui, dengan tingkat pertumbuhan lalu lintas di Sumatera Barat 6.5 %, koefisien Distribusi (C) adalah 1 (satu) untuk satu jalur satu arah maupun dua arah, angka ekuivalen beban sumbu kendaraan (E) adalah 1 (satu), sedangkan j adalah jenis kendaraan.

Dengan analisa diatas dapat disederhanakan :

$$LEA = LHR (1 + i)^{UR} \quad (6.2)$$

$$\frac{LEA}{LHR} = (1 + i)^{UR} \quad (6.3)$$

$$UR = (1 + i) \log \frac{LEA}{LHR} \quad (6.4)$$

$$UR = \frac{\log \frac{LEA}{LHR}}{\log (1+i)} \quad (6.5)$$

Sehingga Masa layanan (UR)

$$UR = \frac{\log \frac{LEA}{LHR}}{\log (1+i)} \quad (6.6)$$

Tabel 1. Persentase Pengurangan Masa layanan terhadap Temperatur Pemadatan Ideal

No	Variasi Temperatur (° C)	Masa layanan Rata – rata (%)	Persentase Pengurangan Masa layanan terhadap Temperatur Ideal Rata – rata
1	85	90.26	9.74
2	95	93.38	6.62
3	105	94.70	5.30
4	115	95.86	4.14
5	125	98.29	1.71
6	135	100.00	0
7	145	99.29	0.71
8	155	96.79	3.21

7. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian dan pembahasan, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai stabilitas dinamis yang terjadi semakin rendah pada tiap penurunan 10°C temperatur pemadatan aspal Pen 60-70 dari temperatur ideal 135° dan begitu juga dengan kenaikan tiap 10°C temperatur pemadatan aspal Pen 60-70 dari temperatur ideal 135° nilai stabilitas dinamis rendah.
2. Pengurangan masa layanan akibat dari variasi temperatur pemadatan aspal pen 60-70 ditinjau dari hasil data stabilitas dinamis yaitu :
 - a. Bahwa terjadi pengurangan masa layanan akibat dari variasi temperatur pemadatan aspal pen 60-70 yaitu penurunan temperatur 10°C (pada temperatur 125°C) dari temperatur pemadatan ideal 135°C terjadi pengurangan 1.71 % dari masa layanan.
 - b. Penurunan temperatur 20°C (pada temperatur 115°C) dari temperatur pemadatan ideal 135°C terjadi pengurangan 4.14 % dari masa layanan.
 - c. Penurunan temperatur 30°C (pada temperatur 105°C) dari temperatur pemadatan ideal 135°C terjadi pengurangan 5.30 % dari masa layanan.
 - d. Penurunan temperatur 40°C (pada temperatur 95°C) dari temperatur pemadatan ideal 135°C terjadi pengurangan 6.62 % dari masa layanan.
 - e. Penurunan temperatur 50°C (pada temperatur 85°C) dari temperatur pemadatan ideal 135°C terjadi pengurangan 9.74 % dari masa layanan.
 - f. Kenaikan temperatur 10°C (pada temperatur 145°C) dari temperatur pemadatan ideal 135°C terjadi pengurangan 0.71 % dari masa layanan.

- g. Kenaikan temperatur 20°C (pada temperatur 155°C) dari temperatur pemadatan ideal 135°C terjadi pengurangan 3.21 % dari masa layanan.

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum, 1987, Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen, Jakarta
- Shell, 1990, *The Shell Bitumen Handbook*, Shell Bitumen, U.K
- Departemen Pekerjaan Umum, 2005, Modul A3, penjelasan *Pembuatan Job Mix Formula*, puslitbang jalan dan jembatan, Bandung
- Lavin, P.G, 2009, *Asphalt Pavement, A Practical Guide to Design Production, and Maintenance for engineers and architects*, Tailor and Francis, New York
- Kementerian Pekerjaan Umum, 2010, *spesifikasi umum pekerjaan jalan dan jembatan* , revisi 2, Bintek, Jakarta
- Imam Aschuri, 2011, Kajian suhu optimum pada proses pemadatan untuk campuran beraspal dengan menggunakan modifikasi bitumen limbah plastik.
- Yuristian, 2013, Kajian Deformasi dan Stabilitas Dinamis Campuran Laston Lapis Aus (AC-WC) terhadap variasi temperature pencampuran aspal pen 60-70.

PERKUATAN STRUKTUR RANGKA BETON BERPERILAKU *SOFT STORY* DENGAN PEREDAM TAMBAHAN *METALLIC DAMPER*

Lukman Murdiansyah

Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Padang, lukman_murdiansyah@yahoo.com

Desmon Hamid

Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Padang, desmon_hamid@yahoo.com

Abstrak

Gempa Sumatera Barat 2009 banyak memberikan pelajaran penting, salah satunya adalah pembelajaran mengenai kegagalan struktur akibat perilaku *soft story*. Kegagalan *soft story* sering terjadi pada sistem struktur rangka beton di daerah rawan gempa yang disebabkan oleh distribusi kekakuan tingkat yang tidak merata. Respon seismik struktur rangka beton dengan perilaku *soft story* yang diperkuat dengan *metallic damper* dijadikan sebagai konsentrasi utama pada paper ini. Model struktur rangka beton tiga dimensi dua lantai dianalisis pada kondisi pembebanan empat catatan gempa dengan kekuatan gempa yang berbeda (Loma Prieta 0,26g, El Centro 0,35g Northridge 0,60g dan San Frenando 1,0g). Analisis dilakukan dengan menggunakan metode analisis riwayat waktu nonlinear. Energi Histeretik struktur yang merepresentasikan kerusakan struktur juga dibahas pada paper ini. Dari analisis diperoleh bahwa kerusakan pada struktur bisa dikurangi dan kegagalan akibat *soft story* bisa dicegah dengan memasang *metallic damper* pada struktur.

Kata-kata Kunci: Soft Story, Metallic Damper, Damage Index

1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara yang terletak pada pertemuan sejumlah lempeng tektonik besar dan aktif bergerak. Hal ini menyebabkan Indonesia rawan terhadap gempa bumi. Daerah rawan gempa tersebut terletak di sepanjang batas lempeng tektonik Australia dengan Asia, lempeng Asia dengan Pasifik dari timur hingga barat Sumatera sampai selatan Jawa, Nusa Tenggara, serta Banda. Dari tahun 1833 hingga 2015, tercatat lebih kurang 34 kali gempa kuat terjadi di seluruh wilayah Indonesia. Gempa besar terakhir yang terjadi di Indonesia adalah gempa Sumatera Barat 2009. Pelajaran penting dari gempa Sumbar ini adalah banyaknya gedung-gedung perkantoran, sekolah, ruko dan tempat ibadah yang mengalami kerusakan parah yang bahkan sampai menimbulkan korban jiwa. Sebagian besar kegagalan struktur yang terjadi ketika gempa tersebut terjadi diakibatkan oleh perilaku lantai lunak (*soft story*). Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor yaitu praktik konstruksi yang tidak tepat dan pendetailan struktur yang tidak benar. Selain itu, struktur tidak dilengkapi dengan sistem proteksi tambahan sehingga meningkatkan potensi kegagalan struktur.

Pasca gempa Sumbar 2009, sudah terdapat beberapa gedung yang sudah dilengkapi dengan sistem proteksi menggunakan *base isolator* yaitu gedung Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Sumatera Barat, kantor gubernur dan hotel Ibis. Namun, sistem peroteksi berupa *base isolator* tersebut belum bisa diaplikasikan secara luas ke masyarakat umum karena harganya masih tergolong mahal dan perlu pemesanan secara khusus.



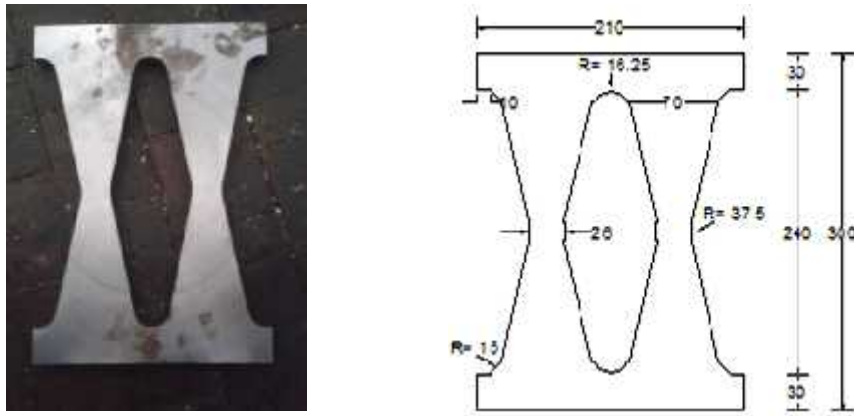
Gambar 1. Kerusakan bangunan akibat *soft story* saat Gempa Sumbang 30 September 2009.

Untuk mencegah terjadinya keruntuhan akibat *soft story* ketika gempa terjadi di masa akan datang, maka diperlukan desain struktur yang komprehensif, dimana sistem struktur tersebut mampu mendisipasi energi gempa. Salah satu cara adalah dengan memasang *metallic damper* pada gedung yang berpotensi terjadi *soft story*. Cara kerja *metallic damper* bisa dianalogikan seperti prinsip kerja sekering pada instalasi listrik, jika arus berlebihan, maka sekering akan mengalami kerusakan, begitupun dengan *metallic damper*, jika gempa kuat terjadi, yang rusak bukan elemen utama struktur, melainkan *metallic damper* sehingga kerusakan struktur bisa dikurangi. (Lukman Murdiansyah, 2014).

2. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian mengenai sistem redaman tambahan menggunakan *metallic damper* telah banyak dilakukan, beberapa di antaranya adalah H.N. Li dan G. Li (2006); R.W.K. Chan dan A. Faris (2007); S.M.S Alehashem dan A. Kayhani, 2008; S.H. Oh dan H.S. Ryu (2008); M. Bayat dan Abdullahzade G.R, 2011. Lukman Murdiansyah (2014) melakukan studi mengenai studi pengaruh kenaikan kekakuan *metallic damper* terhadap respon seismik struktur rangka baja dengan energi redaman tambahan peredam ADAS (*added damping and stiffness*). Dari studi tersebut diperoleh bahwa terjadi peningkatan kekuatan struktur yang cukup signifikan dalam memikul beban gempa.

Gambar 2 memperlihatkan model dan dimensi *metallic damper*. *Metallic damper* ini terbuat dari pelat baja bertegangan leleh rendah yaitu 290 MPa dengan lebar 210 mm, tinggi 300 mm dan ketebalan 26 mm. Prinsip kerja peredam ini adalah mengandalkan kelelahan. Proses disipasi energi bisa terjadi jika *damper* mengalami plastifikasi akibat gaya yang bekerja. *Metallic damper* dipasang ke struktur dengan cara bertumpu ke *bracing* dan terhubung ke balok. Karena *metallic damper* lebih pendek dan lebih kaku dari kolom, ketika gempa terjadi, gaya gempa yang bekerja dikolom sebagian besar akan didistribusikan ke *damper*. Akibat gaya gempa yang terfokus pada *metallic damper* cukup besar, sehingga akan menyebabkan plastifikasi dan terjadinya disipasi energi pada *damper*. Dengan demikian, kerusakan yang semula terjadinya di balok dan kolom, dengan adanya *metallic damper* kerusakan tersebut berpindah ke peredam tersebut. Dengan demikian, kerusakan pada elemen struktur (balok, kolom dan join) akan berkurang sehingga memungkinkan struktur tetap berdeformasi elastis ketika gempa terjadi. Contoh penggunaan *metallic damper* pada bangunan gedung dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2. Model dan dimensi *metallic damper*.

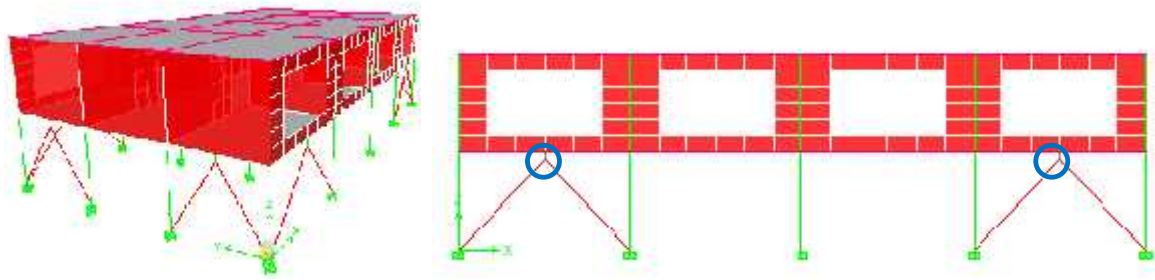


Gambar 3. Contoh penggunaan *metallic damper* pada gedung.

3. ANALISIS STRUKTUR, HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Struktur

Struktur yang dianalisis terdiri dari dua jenis yaitu struktur beton bertulang dilengkapi dengan *metallic damper* dan struktur tanpa *metallic damper*. Struktur tersebut terdiri dari dua lantai dengan dimensi 28 m x 15 m dan tinggi bangunan adalah 8 m (Gambar 4). Struktur dibebani dengan beban hidup, beban mati, beban mati tambahan dan empat jenis beban percepatan gempa yaitu Loma Prieta 0.26g, El Centro 0.36g, Northridge 0.6g dan San Fernando 1.0g. Metode analisis yang digunakan adalah analisis riwayat waktu nonlinear arah H1 (X) dan H2 (Y).



Gambar 4. Model 3D dan tampak depan struktur yang dilengkapi dengan *metallic damper* (dilingkari berwarna biru).

3.2 Hasil dan Pembahasan

Dari analisis struktur yang dilakukan diperoleh perindahan struktur dengan dan tanpa *metallic damper* pada arah H1 (X) dan arah H2 (Y) pada setiap pembebanan gempa seperti pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Perpindahan lantai atap

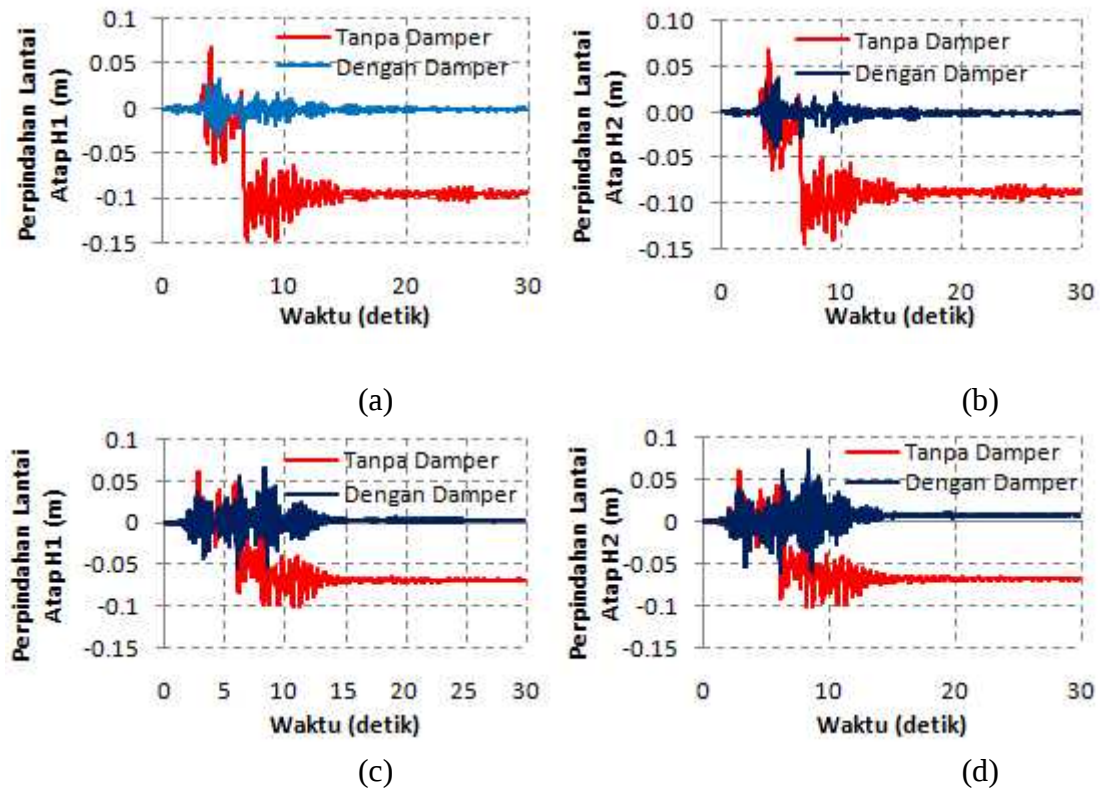
Gempa	Arah	Sistem Struktur	
		Tanpa Peredam	Dengan Peredam
		Perpindahan Atap (cm)	Perpindahan Atap (cm)
Loma Prieta 0.26g	H1	6.40	1.55
	H2	6.05	1.83
El Centro 0.35g	H1	5.47	2.22
	H2	5.50	2.78
Northridge 0.6g	H1	14.61	3.35
	H2	14.38	3.89
San Fernando 1.0g	H1	9.98	6.63
	H2	10.16	8.43

Dari Tabel 3.1 terlihat bahwa dengan menggunakan *damper* deformasi horizontal struktur bisa direduksi.

Pada kasus gempa Northridge dan San Fernando, struktur tanpa *metallic damper* mengalami deformasi inelastis. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 5 yaitu pola osilasi struktur tidak berada pada keseimbangan elastis (sumbu $y = 0$). Pada kondisi nyata, struktur seperti ini sudah mengalami kegagalan *soft story* seperti pada Gambar 1. Dengan adanya *metallic damper*, keseimbangan osilasi struktur tetap berada pada sumbu $y = 0$, dengan demikian struktur akan tetap berdeformasi elastis dan perilaku *soft story* tidak akan terjadi ketika gempa kuat terjadi.

Selain mampu mereduksi perpindahan lateral, *metallic damper* juga mampu mereduksi gaya gempa yang bekerja pada struktur. Tabel 3.2 memperlihatkan perbandingan nilai gaya geser dasar struktur pada semua kondisi pembebanan gempa arah H1 dan H2. Pada Tabel 3.2 terlihat bahwa struktur dengan *metallic damper* memikul gaya gempa yang lebih kecil

dibandingkan struktur tanpa *metallic damper*. Hal ini disebabkan sebagian gaya gempa yang bekerja dipikul oleh *metallic damper*.



Gambar 5. Perbandingan pola deformasi lantai atap struktur dengan dan tanpa *metallic damper* (a) arah H1 gempa Northridge (b) arah H2 gempa Northridge (c) arah H1 gempa San Fernando (d) arah H2 gempa San Fernando.

Tabel 3.2 Gaya geser dasar struktur

Gempa	Arah	Sistem Struktur	
		Tanpa Peredam	Dengan Peredam
		Gaya Geser Dasar (ton)	Gaya Geser Dasar (ton)
Loma Prieta 0.26 g	H1	550.25	159.03
	H2	547.18	198.58
El Centro 0.35g	H1	549.38	253.08
	H2	545.06	301.40
Northridge 0.6g	H1	566.33	369.13
	H2	563.17	393.48
San Fernando 1.0g	H1	573.54	540.06
	H2	567.47	535.33

Ketika gempa terjadi, energi gempa akan bekerja pada struktur. Energi ini disebut juga dengan energi input (E_I). Energi input akan diimbangi oleh energi yang berasal dari kerja internal struktur yang terdiri dari energi kinetik (E_K), energi redaman (E_D) dan energi potensial regangan (E_S). Saat gempa kuat terjadi, struktur yang didesain tanpa peredam tambahan akan berdeformasi inelastis. Pada kondisi seperti ini, energi regangan yang bekerja pada struktur terdiri dari energi regangan elastis (E_{SE}) dan energi regangan inelastis (E_{SI}). Kinerja energi regangan inelastis ditandai dengan terjadinya kerusakan pada komponen struktur seperti balok, kolom dan daerah smabungan blok-kolom. Energi regangan inelastic sering disebut juga dengan energi histeretik (E_H). Pada struktur yang dilengkapi dengan *metallic damper*, sebagian besar energi regangan inelastis pada elemen struktur didistribusikan ke *metallic damper* sehingga energi regangan inelastic pada elemen struktur berkurang. Dengan berkurangnya energi regangan inelastic pada elemen struktur, maka kerusakan struktur bisa dikurangi. Jika kerusakan struktur bisa dikurangi, maka kekakuan elastis struktur akan relative terjaga sehingga pola osilasi inelastis struktur seperti pada Gambar 5 bisa dihindari. Tabel 3.3 memperlihatkan nilai energi histeretik yang bekerja pada elemen struktur dan *metallic damper* pada struktur dengan dan tanpa *metallic damper*. Pada struktur yang dilengkapi dengan *metallic damper* terlihat bahwa energi regangan inelastis (E_H) pada *damper* jauh lebih besar dari pada E_H yang masuk ke elemen struktur.

Tabel 3.3 Energi histeretik (E_H)

Gempa	Struktur	Arah	E_H (kN.m)	
			Elemen Struktur	<i>Metallic Damper</i>
Loma Prieta	Tanpa Peredam	H1	584.98	-
		H2	572.73	-
	Dengan Peredam	H1	0	0
		H2	0	0
El Centro	Tanpa Peredam	H1	463.13	-
		H2	471.91	-
	Dengan Peredam	H1	0.00	12.87
		H2	1.89	10.71
Northridge	Tanpa Peredam	H1	1417.46	-
		H2	1427.38	-
	Dengan Peredam	H1	2.90	199.52
		H2	39.29	156.38
San Fernando	Tanpa Peredam	H1	1356.81	-
		H2	1364.05	-
	Dengan Peredam	H1	579.34	1766.70
		H2	1071.26	1445.70

4. KESIMPULAN

Dari pembahasan pada sub bab III dapat disimpulkan bahwa:

1. *Metallic damper* mampu meningkatkan kekakuan struktur sehingga deformasi horizontal struktur bisa direduksi.

2. *Metallic damper* mampu mereduksi gaya geser dasar akibat gempa yang bekerja pada struktur.
3. Energi regangan inelastis (E_H) yang bekerja pada elemen struktur bisa direduksi dengan menggunakan *metallic damper*.
4. Kegagalan akibat perilaku *soft story* bisa dihindari dengan menggunakan *metallic damper*.

DAFTAR PUSTAKA

- Alehashem, S.M.S., Kayhani, A., dan Pourmohammad, H. (2008) . *Behavior and performance of structures equipped with ADAS and TADAS dampers*. The 14th world conference on earthquake engineering. China.
- Bayat, M. dan G.R. Abdollahzade (2011) . *Analysis of steel braced frames equipped with ADAS devices under the far field records*. Latin American Journal of Solid and Structures, **8**, 163-181.
- Chan, R.W.K. dan Faris, A. (2007). *Experimental study of steel slit damper for passive energy dissipation*. Engineering Structures, **30**, 1058-1066.
- Li, H.N dan Li, G. (2006). *Experimental study of structure with “dual function” metallic dampers*. Engineering Structures, **29**, 1917-1928.
- Murdiansyah, Lukman dan Setio, H.D. *Studi pengaruh kenaikan kekakuan metallic damper terhadap respon seismic struktur rangka baja dengan energi redaman tambahan peredam ADAS (added damping and stiffness)*. Jurnal Teknik Sipil, **21**, 35-44.
- Oh, S.H., Kim, Y.J., dan Ryu, H.S. (2008). *Seismic performance of steel structures with slit dampers*. Engineering structures, **31**, 1997-2008.
- Soong, T.T dan Dargush G.F. (1997). *Passive energy dissipation sistem in structural engineering*. JhonWiley & Sons. United States of America.

ANALISIS MANAJEMEN RESIKO PROYEK PEMBANGUNAN RUMAH SAKIT UNIVERSITAS ANDALAS

Melani Novia Putri

*Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Andalas, Padang,
melaninoviaputri@gmail.com*

Zaidir

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas, Padang, zaidir@ft.unand.ac.id

Alizar Hasan

*Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Andalas, Padang,
alizar_hasan@ft.unand.ac.id*

Abstrak

Kegiatan proyek konstruksi mempunyai bermacam risiko pada waktu pelaksanaannya. Setiap item pekerjaan pada proyek mempunyai tingkat risiko yang berbeda-beda dan dapat mempengaruhi kelancaran pelaksanaan proyek sehingga akan berdampak pada peningkatan biaya dan waktu pelaksanaan proyek. Saat ini PT. Adhi Karya Tbk sedang melaksanakan pekerjaan pembangunan gedung Rumah Sakit Universitas Andalas, dimana dalam pelaksanaannya akan banyak kemungkinan risiko yang akan terjadi. Untuk itu perlu dilakukan identifikasi dan analisis terhadap variabel-variabel risiko yang mungkin terjadi serta mengusulkan tindakan mitigasi risiko yang tepat untuk meminimalkan potensi risiko tersebut. Identifikasi risiko dilakukan dengan menggunakan metode *Risk Breakdown Structure (RBS)* dan analisis risiko dilakukan dengan metode *Analytical Hierarchy Process (AHP)*. Berdasarkan hasil pengolahan data, variabel risiko yang teridentifikasi dikelompokkan dalam 4 jenis risiko yaitu risiko *engineering* berjumlah 8 variabel, risiko *production* berjumlah 5 variabel, risiko *construction* berjumlah 9 variabel dan risiko *financial* berjumlah 2 variabel, dengan total variabel risiko berjumlah 24. Analisis risiko dengan metode AHP diperoleh 5 prioritas risiko berdasarkan bobot tertinggi pada masing-masing jenis risiko. Kelima prioritas risiko tersebut adalah risiko kenaikan harga material (*extreme*), risiko pembengkakan biaya pengadaan (*high*), risiko kecelakaan kerja di area proyek (*medium*), kesalahan menerjemahkan gambar kontrak ke gambar kerja (*medium*) serta kualitas barang dan jasa yang dihasilkan vendor tidak sesuai dengan spesifikasi yang disepakati pada kontrak (*medium*). Untuk mengurangi kemungkinan dan dampak risiko yang ditimbulkan, dapat dilakukan tindakan mitigasi untuk kelima prioritas risiko yang diperoleh.

Kata Kunci: manajemen risiko, proyek konstruksi, risk breakdown structure, analytical hierarchy process

1. PENDAHULUAN

Kegiatan proyek konstruksi pada dasarnya memiliki risiko terhadap pelaksanaannya. Masing-masing kegiatan memiliki tingkat risiko yang berbeda-beda, tergantung pada jenis kegiatan yang dilakukan. Risiko merupakan suatu konsekuensi dari kondisi yang tidak pasti. Risiko pada proyek konstruksi bagaimanapun tidak dapat dihilangkan, tetapi dapat dikurangi atau ditransfer dari satu pihak ke pihak lainnya. Bila risiko terjadi, maka akan berdampak pada terganggunya kinerja proyek secara keseluruhan sehingga dapat menimbulkan kerugian terhadap biaya, waktu, dan kualitas pekerjaan.

Hasil penelitian Sandyafitri (2009), Putra (2013), Kurniawan (2013), disimpulkan bahwa penerapan manajemen risiko pada suatu proyek akan dapat : 1). mengurangi keterlambatan waktu pelaksanaan pekerjaan dan peningkatan biaya proyek, 2). diketahui risiko dengan tingkat kegawatan *low*, *medium* dan *high* sehingga pihak-pihak yang terlibat pada proyek tersebut dapat melakukan antisipasi dan mitigasi untuk mengurangi dampak yang akan ditimbulkan oleh risiko tersebut, 3). ditentukan kategori risiko dengan tingkatan *high risk* dan *medium risk*, sehingga risiko tersebut dapat diantisipasi oleh top manajemen dengan cara melakukan pencegahan terhadap sumber penyebab risiko tersebut.

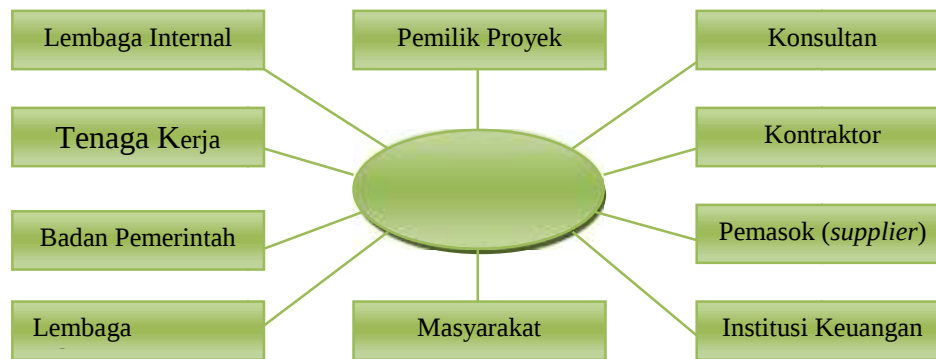
Saat ini PT Adhi Karya Tbk sedang melaksanakan proyek pembangunan gedung Rumah Sakit Universitas Andalas yang berlokasi di Kampus Universitas Andalas Limau Manis Padang. Pembangunan rumah sakit ini dilaksanakan mulai tanggal 24 Maret 2014 dan direncanakan akan selesai (PHO) pada tanggal 16 September 2015. Agar tidak terjadi kerugian waktu maupun finansial pada perusahaan, maka perlu adanya antisipasi terhadap risiko yang mungkin terjadi pada proyek pembangunan gedung Rumah Sakit Universitas Andalas tersebut. Untuk itu, perlu adanya suatu pendekatan untuk melakukan identifikasi risiko-risiko yang mungkin terjadi pada proyek pembangunan gedung Rumah Sakit Universitas Andalas.

Tujuan dari penelitian ini adalah : a). melakukan identifikasi risiko yang mungkin terjadi pada pelaksanaan proyek pembangunan gedung Rumah Sakit Universitas Andalas Padang dengan pendekatan *Risk Breakdown Structure (RBS)*, b). menentukan bobot risiko pada masing-masing variabel risiko dengan pendekatan *Analytical Hierarchy Process (AHP)* sehingga didapatkan potensi prioritas risiko pada pelaksanaan proyek pembangunan Rumah Sakit Universitas Andalas, c). menentukan kategori risiko pada masing-masing prioritas risiko berdasarkan matriks penilaian risiko dan d). merumuskan tindakan mitigasi terhadap prioritas risiko dengan harapan risiko yang terjadi tidak terulang kembali dan tingkat kemunculan risiko berkurang.

2. STUDI PUSTAKA

2.1 Proyek Konstruksi

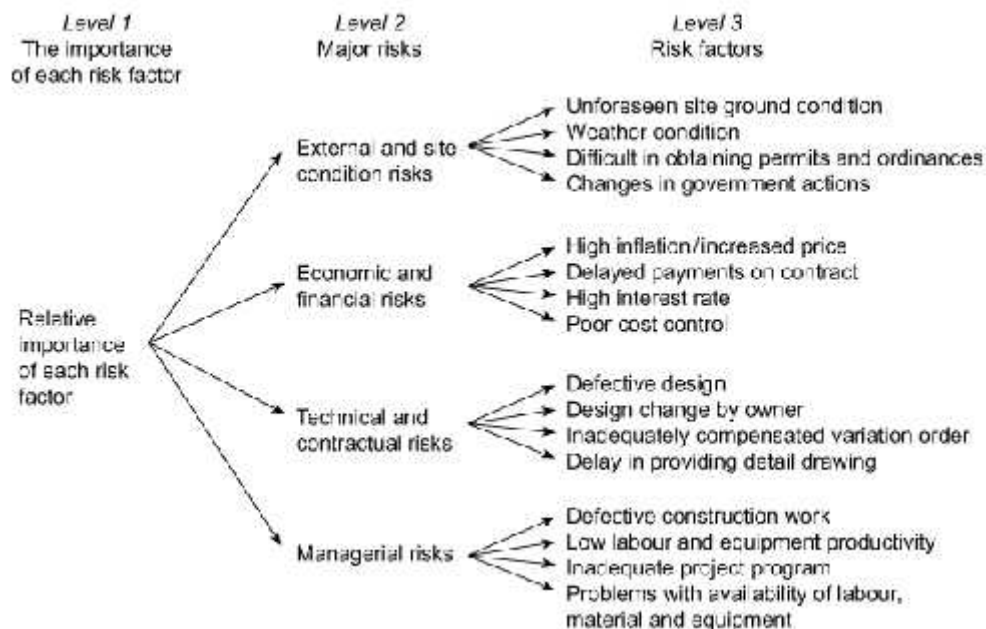
Proyek konstruksi merupakan rangkaian kegiatan dalam membuat suatu bangunan atau konstruksi sipil lainnya yang umumnya mencakup pekerjaan pokok dalam bidang teknik sipil dan teknik arsitektur. Terdapat berbagai kegiatan di dalam proyek konstruksi dimana kegiatan proyek tersebut merupakan suatu kegiatan sementara dan berlangsung dalam jangka waktu terbatas dengan alokasi sumber dana tertentu untuk mencapai sasaran yang telah ditetapkan. Dengan banyaknya kegiatan dan pihak-pihak yang terlibat di dalam pelaksanaan proyek konstruksi, dapat menimbulkan banyak permasalahan yang bersifat kompleks (Ismael, 2013). **Gambar 1.** memperlihatkan pihak-pihak yang terlibat dalam proyek konstruksi (Ervianto, 2005)



Gambar 1. Pihak-pihak yang terlibat dalam proyek konstruksi

2.2 Manajemen Risiko dalam Proyek Konstruksi

Risiko dalam konteks proyek konstruksi didefinisikan sebagai suatu penjabaran terhadap konsekuensi yang tidak menguntungkan, secara finansial maupun fisik sebagai hasil dari keputusan yang diambil atau akibat kondisi lingkungan di lokasi suatu kegiatan (Efrizon (2014). Risiko dalam proyek konstruksi merupakan suatu hal yang tidak dapat dihilangkan, tetapi dapat diminimalisir dampaknya. Risiko dapat berdampak tidak langsung terhadap jadwal pelaksanaan proyek. Kategori risiko dalam proyek konstruksi dapat dikelompokkan dalam risiko eksternal dan kondisi lapangan, risiko ekonomi dan finansial, risiko teknis dan kontrak, serta risiko manajerial (Efrizon, 2014), seperti diperlihatkan pada **Gambar 2.** berikut:



Gambar 2. Hirarki risiko pada proyek konstruksi

2.3 Metode Risk Breakdown Structure (RBS)

Metode *Risk Breakdown Structure* (RBS) terutama digunakan untuk melakukan kategori masing-masing risiko. RBS merupakan pengelompokan risiko dalam suatu komposisi hirarkis risiko organisasi yang logis, sistematis, dan terstruktur sesuai dengan struktur organisasi atau proyek. Sasaran penerapan RBS adalah kejelasan pemangku risiko dan peningkatan pemahaman risiko organisasi atau proyek dalam konteks kerangka kerja yang logis dan sistematis (Susilo dan Kaho, 2011).

2.4 Metode Analytical Hierarchy Process (AHP)

Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) merupakan salah satu metode dalam mendukung pengambilan keputusan yang dikembangkan oleh Thomas L. Saaty (2012). Model pendukung pengambilan keputusan ini menguraikan masalah multifaktor atau multikriteria yang kompleks menjadi suatu hirarki. Hirarki didefinisikan sebagai suatu representasi dari sebuah permasalahan yang kompleks dalam suatu struktur multi level. Dengan hirarki, suatu masalah yang kompleks dapat diuraikan ke dalam kelompok-kelompoknya yang kemudian diatur menjadi suatu bentuk hirarki sehingga permasalahan akan tampak lebih terstruktur dan sistematis (Efrizon, 2014).

3. HASIL, ANALISA DAN PEMBAHASAN

3.1 Identifikasi Variabel Risiko

Identifikasi variabel risiko diperoleh dari hasil diskusi dan wawancara dengan salah satu *risk owner* PT Adhi Karya yakni Bapak Faisal, ST. sebagai *Project Production Manager* (PPM). Selain itu identifikasi variabel risiko juga diperoleh dari sumber-sumber literatur mengenai risiko pada proyek konstruksi seperti jurnal ilmiah, penelitian terdahulu, buku teks dan sebagainya. Identifikasi variabel risiko dilakukan untuk risiko yang mungkin terjadi pada pelaksanaan proyek pembangunan gedung Rumah Sakit Universitas Andalas. Dengan menggunakan tahapan pengembangan *Risk Breakdown Structure* (RBS) melalui pendekatan *bottom up*, didapat hasil pengidentifikasian variabel risiko pada proyek pembangunan gedung Rumah Sakit Universitas Andalas seperti pada **Tabel 1**.

Tabel 1. memperlihatkan sebanyak 24 (dua puluh empat) variabel risiko yang teridentifikasi pada pelaksanaan proyek pembangunan gedung rumah sakit Universitas Andalas. Masing-masing variabel risiko yang telah diidentifikasi, dikelompokkan berdasarkan jenisnya. Hasil pengelompokkan tersebut didapatkan 4 jenis risiko, yaitu risiko *engineering*, risiko *production*, risiko *construction*, dan risiko *financial*.

Analisis risiko dilakukan dengan menggunakan pendekatan *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Pendekatan AHP digunakan untuk melakukan perbandingan berpasangan antar variabel risiko pada masing-masing jenis risiko. Melalui penilaian perbandingan berpasangan, didapatkan bobot risiko yang paling berpengaruh terhadap proyek rumah sakit Universitas Andalas. Penilaian dilakukan oleh pakar sebanyak 3 (tiga) orang dengan melakukan pengisian kuesioner.

Tabel 1. Hasil pengidentifikasian risiko dengan metode *risk breakdown structure* pada pelaksanaan proyek rumah sakit Universitas Andalas.

Jenis Risiko	Kode Risiko	Variabel Risiko	Sumber
Enginee- ring	R01	Lamanya proses pengurusan izin.	<i>Risk Owner</i>
	R02	Akses ke lokasi kerja tidak lancar.	<i>Risk Owner</i>
	R03	Lahan untuk pekerjaan belum dibebaskan.	<i>Risk Owner</i>
	R04	Kondisi lapangan tidak sesuai dengan data perencanaan.	<i>Risk Owner</i>
	R05	Perhitungan kapasitas produksi tidak sesuai dengan yang direncanakan.	<i>Risk Owner</i>
	R06	Kesalahan menerjemahkan gambar kontrak ke gambar kerja.	<i>Risk Owner</i>
	R07	Estimasi harga (upah, material, alat) tidak sesuai dengan kondisi lapangan.	<i>Risk Owner</i>
	R08	Terjadinya perubahan <i>design</i>	Ratnaningsih <i>et al</i> (2014)
Producti- on	R09	Kualitas barang dan jasa yang dihasilkan vendor tidak sesuai dengan spesifikasi yang disepakati pada kontrak.	<i>Risk Owner</i>
	R10	Material yang digunakan kurang dari yang dibutuhkan.	Ismael dan Junaidi (2014)
	R11	Penumpukan bahan material	Ismael dan Junaidi (2014)
	R12	Ketidaktepatan waktu pemesanan bahan	Ismael dan Junaidi (2014)
	R13	Kekurangan bahan/material konstruksi	Ismael dan Junaidi (2014)
Construc- -tion	R14	Pengunduran aktivitas konstruksi	<i>Risk Owner</i>
	R15	Kesalahan dalam pelaksanaan pekerjaan	<i>Risk Owner</i>
	R16	Kecelakaan kerja di area proyek	<i>Risk Owner</i>
	R17	Kesalahan menentukan tahapan pekerjaan	<i>Risk Owner</i>
	R18	Kesalahan metode pelaksanaan pekerjaan	<i>Risk Owner</i>
	R19	Kesalahan dalam menentukan alat dan material penunjang.	<i>Risk Owner</i>
	R20	Gangguan cuaca yang menyebabkan keterlambatan pengerjaan proyek.	Ismael (2013)
	R21	Jumlah tenaga kerja kurang dari yang seharusnya.	<i>Risk Owner</i>
	R22	Manajemen proyek yang kurang kompeten.	Ismael dan Junaidi (2014)
	R23	Pembengkakan biaya pengadaan	<i>Risk Owner</i>
Financi- al	R24	Kenaikan harga material bahan bangunan	Ismael dan Junaidi (2014)

3.2 Penilaian dan Kategori Resiko

Berdasarkan nilai rasio konsistensi yang didapatkan pada masing-masing variabel risiko, maka bobot dari masing-masing variabel risiko dapat diterima karena memiliki nilai rasio konsistensi $\leq 0,1$. Hasil akhir dari pembobotan risiko yang memiliki bobot prioritas tertinggi pada masing-masing jenis risiko dapat dilihat pada **Tabel 2**. Setelah didapatkan potensi prioritas risiko, selanjutnya dilakukan penilaian matriks risiko terhadap potensi risiko prioritas yang telah didapatkan. Kemudian dihitung nilai tingkat risiko prioritas dengan mengalikan nilai kemungkinan terjadi risiko dengan dampak yang ditimbulkan.

Tabel 2. Potensi prioritas dan bobot risiko

No.	Kode Risiko	Potensi Prioritas Risiko	Nilai Bobot
1	R06	Kesalahan menerjemahkan gambar kontrak ke gambar kerja.	0.26
2	R09	Kualitas barang dan jasa yang dihasilkan vendor tidak sesuai dengan spesifikasi yang disepakati pada kontrak.	0.45
3	R16	Kecelakaan kerja di area proyek	0.19
4	R23	Pembengkakan biaya pengadaan	0.50
5	R24	Kenaikan harga material bahan bangunan.	0.50

Hasil rata-rata dan tingkat risiko dari penilaian yang dilakukan oleh pakar terhadap variabel risiko yang berpotensi dapat dilihat pada **Tabel 3.** berikut. Tingkat risiko tertinggi adalah kenaikan harga material bahan bangunan (R24) dengan nilai tingkat risiko 20.

Tabel 3. Hasil penilaian tingkat risiko

No.	Kode Risiko	Potensi Risiko	Rata-rata Pendapat Pakar		Tingkat Risiko
			Kemungkinan Terjadi	Dampak yang Ditimbulkan	
1	R06	Kesalahan menerjemahkan gambar kontrak ke gambar kerja	4.00	2.00	8.00
2	R09	Kualitas barang dan jasa yang dihasilkan vendor tidak sesuai dengan spesifikasi pada kontrak	3.00	2.00	6.00
3	R16	Kecelakaan kerja di area proyek	3.00	3.00	9.00
4	R23	Pembengkakan biaya pengadaan	4.00	3.00	12.00
5	R24	Kenaikan harga material bahan bangunan	5.00	4.00	20.00

Berdasarkan penilaian tingkat risiko pada potensi prioritas risiko, maka risiko tersebut dapat dikategorikan ke dalam matriks risiko yang diperlihatkan pada **Tabel 4.** Setelah diperoleh matriks penilaian risiko, selanjutnya risiko dikelompokkan ke dalam kategori risiko berdasarkan nilai tingkat risiko yang didapatkan. Rekapitulasi hasil matriks penilaian risiko dapat dilihat pada **Tabel 5.** berikut ini.

Tabel 4. Matriks penilaian risiko

Kemungkinan terjadi	Dampak yang ditimbulkan				
	1	2	3	4	5
5				R24	
4		R06	R23		
3		R09	R16		
2					
1					

Tabel 5. Rekapitulasi hasil matriks penilaian risiko

Kode Warna	Kategori Risiko	Kode Risiko
TR $\geq$ 20	<i>Extreme</i>	R24
10 $\leq$ TR < 20	<i>High</i>	R23
5 $\leq$ TR < 10	<i>Medium</i>	R06, R09, R16
0 $\leq$ TR < 10	<i>Low</i>	-

Berdasarkan matriks penilaian risiko yang diperoleh, didapatkan tingkatan area untuk kelima prioritas risiko yang teridentifikasi. Terdapat masing-masing 1 variabel risiko yang berada pada kategori *extreme* dan *high* yaitu kenaikan harga bahan bangunan (**R24**) dan pembengkakan biaya pengadaan (**R23**), dan 3 variabel risiko yang berada pada kategori *medium* yaitu risiko kesalahan menerjemahkan gambar kontrak ke gambar kerja (**R06**), kualitas barang dan jasa yang dihasilkan vendor tidak sesuai dengan spesifikasi (**R09**), dan kecelakaan kerja di area proyek (**R16**).

3.3 Evaluasi dan Perlakuan Risiko

Evaluasi risiko merupakan proses menentukan perlakuan risiko sesuai dengan tingkat risiko yang telah diperoleh. Evaluasi risiko ini dapat digunakan dalam membantu pengambilan keputusan berdasarkan analisis risiko. Evaluasi risiko digunakan untuk memperkuat hasil penilaian pakar terhadap risiko-risiko yang teridentifikasi. Berdasarkan analisis risiko yang dilakukan, terdapat 5 (lima) prioritas risiko yang berpotensi. Dari kelima prioritas risiko tersebut memiliki penyebab dan dampak yang ditimbulkan. Penyebab dan dampak yang ditimbulkan dari kelima prioritas risiko tersebut dapat dilihat pada **Tabel 6.** berikut.

Tabel 6. Penyebab dan dampak dari prioritas risiko

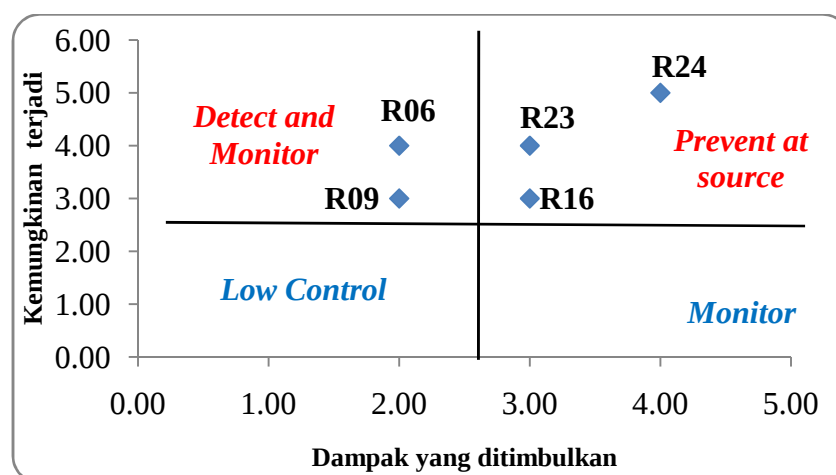
Kode Risiko	Potensi Prioritas Risiko	Penyebab	Dampak
R06	Kesalahan menerjemahkan gambar kontrak ke gambar kerja.	<i>Drawing engineering</i> yang kurang ahli.	Terjadinya <i>rework</i> (pengulangan pekerjaan)
R09	Kualitas barang dan jasa yang dihasilkan vendor tidak sesuai dengan spesifikasi.	- Vendor tidak memperhatikan spesifikasi material. - Akal-akalan vendor	Terjadinya keterlambatan pekerjaan
R16	Kecelakaan kerja di area proyek.	- Pekerja kurang hati-hati - Pekerja yang tidak peduli terhadap keselamatan kerja. - Kontraktor yang tidak peduli terhadap kelengkapan Alat Pelindung Diri (APD)	- <i>Performance</i> perusahaan menurun - Adanya biaya asuransi terhadap pekerja yang mengalami kecelakaan.
R23	Pembengkakan biaya pengadaan.	Kurang teliti dalam melakukan survei pasar pada waktu proses pengadaan.	Biaya proyek meningkat
R24	Kenaikan harga material bahan bangunan	- Inflasi - Stok barang yang sulit didapatkan	Biaya proyek meningkat

Berdasarkan penyebab dan dampak risiko yang telah diketahui, dapat dilakukan tindakan mitigasi pada masing-masing prioritas risiko tersebut. Tindakan mitigasi risiko yang dapat dilakukan diperlihatkan pada Tabel 7. berikut.

Tabel 7. Tindakan mitigasi pada prioritas risiko yang berpotensi

Kode Risiko	Variabel Risiko	Kategori Risiko	Tindakan Mitigasi
R06	Kesalahan menerjemahkan gambar kontrak ke gambar kerja.	Medium	- Melakukan koreksi terhadap gambar kontrak sebelum diterjemahkan ke gambar kerja. - Memilih <i>drawing engineer</i> yang ahli dalam menerjemahkan gambar kontrak ke gambar kerja.
R09	Kualitas barang dan jasa yang dihasilkan tidak sesuai dengan spesifikasi yang disepakati pada kontrak.	Medium	- Barang dan jasa dikembalikan ke vendor. - Memilih vendor yang kompeten dan berkualitas.
R16	Kecelakaan kerja di area proyek.	Medium	- Mendeteksi sedini mungkin potensi risiko di areal proyek. - Menggunakan alat pelindung diri (APD) yang lengkap. - Melakukan sosialisasi dan <i>safety instruction</i> sebelum pekerjaan dimulai agar para pekerja mengetahui potensi kecelakaan kerja di area proyek.
R23	Pembengkakan biaya pengadaan.	High	- Melakukan efisiensi harga - Mentransfer risiko ke pihak asuransi.
R24	Kenaikan harga material bahan bangunan.	Extreme	- Melakukan penyesuaian harga berdasarkan pasal yang terdapat pada kontrak dan negosiasi harga dengan pemilik proyek. - Melakukan pembelian material diawal dengan melakukan pembayaran via bank.

Perlakuan risiko dilakukan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya risiko dan dampak risiko. Masing-masing variabel risiko memiliki perlakuan risiko yang berbeda-beda tergantung pada tingkat risikonya. **Gambar 3.** berikut menggambarkan peta perlakuan risiko pada masing-masing prioritas risiko.

**Gambar 3.** Peta perlakuan risiko dari prioritas risiko

Gambar 3. memperlihatkan bahwa risiko tersebar dalam 2 daerah perlakuan risiko yaitu *detect and monitor* dan *prevent at source*. Risiko yang berada pada daerah *detect and monitor* terdiri dari risiko kesalahan menerjemahkan gambar kontrak ke gambar kerja (R06) dan risiko kualitas barang dan jasa yang dihasilkan vendor tidak sesuai dengan spesifikasi yang disepakati pada kontrak (R09).

Untuk mengurangi terjadinya risiko tersebut, perusahaan harus meningkatkan pengawasan dan melakukan deteksi awal terhadap penyebab dari timbulnya risiko. Sedangkan risiko yang berada pada daerah *prevent at source* terdiri dari risiko kecelakaan kerja di area proyek (R16), risiko pembengkakan biaya pengadaan (R23), dan risiko kenaikan harga material bahan bangunan (R24). Ketiga risiko ini perlu perhatian yang serius dari proyek manager dengan melakukan pencegahan terhadap sumber penyebab risiko sehingga dapat meminimalkan timbulnya risiko tersebut.

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisis risiko yang telah dilakukan pada proyek pembangunan gedung Rumah Sakit Universitas Andalas dengan kontraktor PT. Adhi Karya Tbk, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Terdapat 4 jenis risiko yang teridentifikasi sesuai dengan struktur organisasi proyek PT. Adhi Karya Tbk di lapangan yaitu risiko *engineering, production, construction dan financial*. Masing-masing jenis risiko tersebut dapat dibagi lagi menjadi beberapa variabel risiko yaitu risiko *engineering* berjumlah 8, *production* berjumlah 5, *construction* berjumlah 9 dan *financial* berjumlah 2 dengan total variabel risiko berjumlah 24 buah.
2. Hasil penilaian perbandingan berpasangan oleh pakar dengan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process (AHP)* diperoleh 5 prioritas variabel risiko dengan bobot tertinggi untuk masing-masing jenis risiko, yaitu :
 - a. Kesalahan menerjemahkan gambar kontrak ke gambar kerja.
 - b. Kualitas barang dan jasa yang dihasilkan vendor tidak sesuai dengan spesifikasi yang disepakati pada kontrak.
 - c. Kecelakaan kerja di area proyek.
 - d. Pembengkakan biaya pengadaan.
 - e. Kenaikan harga material.
3. Dengan menggunakan matriks penilaian risiko terhadap 5 prioritas variabel risiko didapatkan kategori risiko yang paling berpengaruh adalah sebagai berikut:
 - a. *Extreme*, yaitu risiko kenaikan harga material dengan nilai tingkat risiko sebesar 20. Risiko ini tergolong risiko kritis sehingga diperlukan pengawasan dan perhatian khusus dari manager proyek untuk melakukan pencegahan terhadap sumber penyebab risiko tersebut.
 - b. *High*, yaitu risiko pembengkakan biaya pengadaan dengan nilai tingkat risiko sebesar 12. Risiko ini juga tergolong risiko kritis sehingga perlu adanya pengawasan dan perhatian khusus dari manager proyek untuk melakukan pencegahan terhadap sumber penyebab risiko tersebut.
 - c. *Medium*, yaitu risiko kecelakaan kerja di area proyek, kesalahan menerjemahkan gambar kontrak ke gambar kerja, dan kualitas barang dan jasa yang dihasilkan vendor tidak sesuai dengan spesifikasi yang disepakati pada kontrak. Risiko ini cukup berpengaruh dengan tingkat kemunculan yang tidak terlalu tinggi.
4. Tindakan mitigasi untuk prioritas risiko dapat dilakukan sebagai berikut:

- a. Risiko kenaikan harga material bahan bangunan
Tindakan mitigasi dapat dilakukan dengan mengusulkan penyesuaian harga berdasarkan pasal yang terdapat pada kontrak dan melakukan negosiasi harga dengan pemilik proyek, serta melakukan pembelian material yang dibutuhkan diawal proyek dengan pembayaran via bank sehingga pada saat terjadi kenaikan harga material, perusahaan telah memiliki stok material yang dibutuhkan.
- b. Risiko pembengkakan biaya pengadaan
Tindakan mitigasi dapat dilakukan dengan efisiensi harga dan mentransfer risiko ke pihak asuransi.
- c. Risiko kecelakaan kerja di area proyek
Tindakan mitigasi dapat dilakukan dengan mendeteksi sedini mungkin potensi risiko yang ada di area proyek, menggunakan alat pelindung diri (APD) yang lengkap, serta melakukan sosialisasi dan *safety instruction* sebelum pekerjaan dimulai agar para pekerja mengetahui potensi kecelakaan di area proyek.
- d. Risiko kualitas barang dan jasa yang dihasilkan vendor tidak sesuai dengan spesifikasi yang disepakati pada kontrak.
Tindakan mitigasi dapat dilakukan dengan mengembalikan barang dan jasa ke vendor serta memilih vendor yang kompeten dan berkualitas.
- e. Risiko kesalahan menerjemahkan gambar kontrak ke gambar kerja.
Tindakan mitigasi dapat dilakukan dengan melakukan koreksi terhadap gambar kontrak sebelum diterjemahkan ke gambar kerja dan memilih *drawing engineer* yang ahli dalam menerjemahkan gambar kontrak ke gambar kerja.

DAFTAR PUSTAKA

- Efrizon. 2014. Kajian Manajemen Risiko dengan Menggunakan Metoda Risk Breakdown Structure dan Analytical Hierarchy Process (Studi Kasus Proyek Pembangunan Jalan Manggopoh-Padang Sawah Simpang Empat). *Tesis Teknik Manajemen Konstruksi Universitas Bung Hatta*. Padang.
- Ervianto, I.W., 2005. *Manajemen Proyek Konstruksi*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Ismael, I. 2013. Keterlambatan Proyek Konstruksi Gedung Faktor Penyebab dan Tindakan Pencegahannya. *Jurnal Momentum*. 1 (14), 47-48.
- Kurniawan, T. 2013. Penilaian Risiko Lingkungan Menggunakan Pendekatan Analytical Hierarchy Process dan Manajemen Risiko ISO 31000 (Studi Kasus: Instalasi Pengolahan Air Limbah RSUP Dr. Djamil Padang). *Tugas Akhir Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Andalas*. Padang.
- Lestari, N.T. (2012). Analisis Manajemen Risiko Proyek Modernisasi Kontrol Proses Tahap II PT. Krakatau Tirta Industri, Cilegon, Banten. *Skripsi Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor*. Bogor.

- Norken, I.N., Astana, I.N.Y., dan Manuasri, L.K.A. (2012). Manajemen Risiko pada Proyek Konstruksi di Pemerintah Kabupaten Jembrana. *Jurnal Ilmu Teknik Sipil*. 2 (16), 203-204.
- Nurdiana, A. 2011. Aplikasi Manajemen Resiko dari Persepsi para Stakeholders (Studi Kasus Proyek Pembangunan Jalan Tol Semarang-Solo Seksi I Ruas Tembalang-Gedawang). *Tesis Teknik Sipil Universitas Diponegoro*. Semarang.
- Putra, M.G.D. 2013. Analisis Risiko pada Proyek Packing Plant Lampung PT Semen Padang Menggunakan Kerangka Kerja ISO 31000. *Tugas Akhir Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Andalas*. Padang.
- Saaty, T.L. 2012. *The Analytic Hierarchy Process for Decisions in a Complex World*. New York. Pittsburgh: University of Pittsburgh.
- Sandyavitri, A. 2009. *Manajemen Resiko di Proyek Konstruksi*. Media Komunikasi Teknik Sipil. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau.
- Susilo, L.J, Kaho, V.R. 2011. *Manajemen Risiko Berbasis ISO 31000 untuk Industri Nonperbankan*. Jakarta: PPM Manajemen.
- Suwandi, P.A.P. 2010. Kajian Manajemen Risiko pada Proyek dengan Sistem Kontrak Lump Sum dan Sistem Kontrak Unit Price (Studi Kasus pada Proyek Jalan dan Jembatan, Gedung, Bangunan Air). *Tesis Jurusan Teknik Sipil Universitas Diponegoro*. Semarang.

ANALISIS KAPASITAS NOMINAL PENAMPANG DAN KINERJA STRUKTUR BETON BERTULANG DENGAN MATERIAL *NON-LINEAR*

Hafiz Maulana

Magister Teknik Sipil Universitas Andalas, bighafiz34@gmail.com

Jati Sunaryati

Jurusan Teknik Sipil Universitas Andalas, sunaryati_jati@yahoo.com

Rendy Thamrin

Jurusan Teknik Sipil Universitas Andalas, rendy@ft.unand.ac.id

Abstrak

Dalam kasus analisis material kondisi non-linear, modulus elastisitas hanya titik definisi pertama dari sebuah perilaku secara keseluruhan. Definisi dan analisis dalam kasus material kondisi non-linear melibatkan salah satu dari perilaku pasca leleh (plastik). Solusi numerik dari jenis masalah non-linear melibatkan pendekatan segmen non-linear pada kurva tegangan-regangan dengan serangkaian potongan segmen linier. Setiap segmen linier didekati dengan modulus tangen (ET) yang dihitung sebagai rasio tegangan dengan regangan untuk segmen baris tertentu. Perbandingan antara material kondisi linear dengan kondisi non-linear menunjukkan bahwa hasil analisis menggunakan model material non-linear memberikan hasil cukup berbeda dibandingkan model material linear. Hasil ini juga menunjukkan adanya pengaruh perubahan nilai modulus elastisitas (E) pada matriks kekakuan elemen dalam analisis. Dimana untuk model material non-linear adanya modulus elastisitas tangen (ET) yang berpengaruh dalam analisis permodelan respon non-linear pada elemen.

Kata Kunci : Perilaku struktur, kinerja struktur, model material linear, model material non-linear, modulus elastisitas (E), modulus elastisitas tangen (ET)

1. PENDAHULUAN

Beban ultimit seperti saat gempa, respons struktur bisa telah memasuki kondisi non-linear maka hanya analisis non-linear yang bisa memberi gambaran respons non-linear bangunan secara memadai. Dimana untuk permodelan non-linear meliputi non-linear geometri dan non-linear material (Satyarno, 2013).

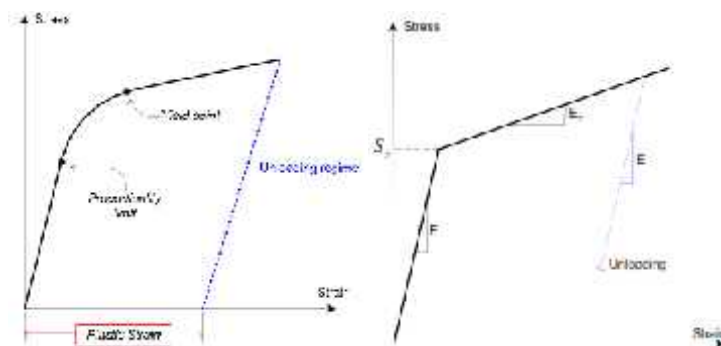
Seperti diketahui, sumber dari pada non-linear sistem struktur terdiri dari dua macam, yaitu non-linear material dan non-linear geometri, sekalipun dua-duanya bisa terjadi secara bersamaan. Non-linear geometri umumnya ditimbulkan oleh topologi dan konektivitas sistem struktur, perpindahan yang hingga (*finitesimal displacement*). Non-linear material bersumber dari hubungan tegangan-regangan (*stress-strain relationship*) yang tidak bersifat proporsional, baik pada daerah elastis maupun di luar daerah elastis (elasto-plastis atau plastis sempurna). Pada penelitian ini yang akan menjadi bahasan dasar adalah aspek non-linear material.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini akan membahas perbedaan perilaku struktur, momen nominal dan kinerja struktur dari perencanaan struktur untuk material dalam

kondisi linear dan dalam kondisi non-linear. Hasil dari analisis kemudian akan diverifikasi dengan bantuan *software* analisis penampang RCCSA v4.2. Pengaruh kondisi non-linear yang terjadi tersebut akan memberikan dampak pada *design* elemen struktur dan kinerja struktur.

2. NON-LINEAR MATERIAL

Menurut Zareh (2003), kondisi non-linear muncul ketika membahas hubungan non-linear tegangan-regangan. Untuk analisis *finite element* linear elastis satu-satunya hubungan tegangan-regangan didefinisikan melalui modulus elastisitas (E). Sekarang, dalam kasus analisis material kondisi non-linear, modulus elastisitas hanya titik definisi pertama dari sebuah perilaku secara keseluruhan. Definisi dan analisis dalam kasus material kondisi non-linear melibatkan salah satu dari perilaku pasca leleh (plastik). Karakteristik material elasto-plastik *under tension* ditunjukkan pada **Gambar 1**. Garis *unloading* menentukan tegangan (plastik) yang tersisa dalam sistem.



Gambar 1 Perilaku elasto-plastik (kiri) dan Grafik hubungan tegangan-regangan (kanan)

Gambar 1 (kiri) merupakan struktur yang menunjukkan perilaku *softening* setelah mengalami *yielding*. Solusi numerik dari jenis masalah non-linear melibatkan pendekatan segmen non-linear pada kurva tegangan-regangan dengan serangkaian potongan segmen linier. Setiap segmen linier didekati dengan modulus tangen (ET) yang dihitung sebagai rasio tegangan dengan regangan untuk segmen baris tertentu (Gambar 1 kanan).

Menurut Satyarno (2013), pemodelan non-linear material meliputi :

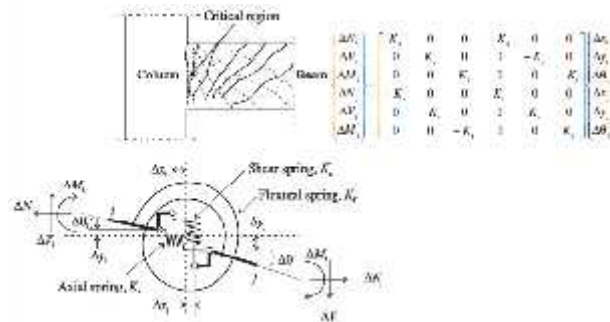
- Pemodelan elemen struktur untuk memperhitungkan non-linear material dalam analisis
- Pemodelan kapasitas tampang elemen struktur (backbone)
- Pemodelan hysteresis loops

Pemodelan non-linear material pada komponen beton bertulang *frame members* menggunakan beberapa model, yaitu:

- Two components model (Clough et al., 1965)
 - One component model (Giberson, 1969)
 - Modified Giberson one component model (Takayanagi et al., 1979, Thom et al., 1983)
- A compound-spring member model to represent each critical region (Satyarno, 2000)

2.1 Compound-spring member model to represent each critical region (Satyarno, 2000)

Kekakuan *spring* geser dan *spring* lentur dalam elemen yang mewakili daerah kritis tidak diambil sebagai bentuk kaku sebelum terjadinya *yield*. Kekakuan *spring* geser dan lentur dalam model elemen *spring* didasarkan pada kekuatan atau pendetailan tulangan dan pre-aksial *loading*. Kekakuan elastis yang mewakili daerah yang tetap elastis didasarkan pada sifat penampang. Dengan *spring* lentur dan geser dapat memiliki deformasi inelastis dan saling berinteraksi.



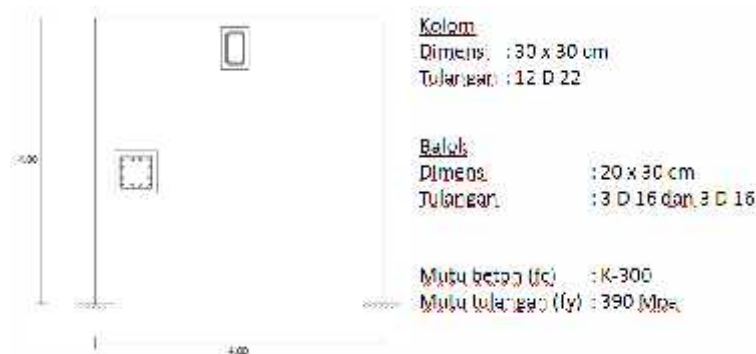
Gambar 2. Compound-spring member model to represent each critical region

3. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini, struktur yang digunakan portal sederhana. Dilakukan desain penampang dengan bantuan program RCCSA v4.2 untuk mendapatkan momen nominal penampang yang memenuhi prinsip *strong coloum weak beam*. Sehingga pada penelitian ini diperoleh kondisi sendi plastis pertama yang murni pada balok.

Properties material yang digunakan dalam analisis penampang dengan RCCSA v4.2 sebagai berikut : mutu baja tulangan : fy-390, mutu beton : K-300

Dari hasil *trial* dengan program RCCSA v4.2, diperoleh penampang yang memenuhi prinsip *strong coloum weak beam*. Dengan dimensi penampang seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Permodelan Portal Sederhana

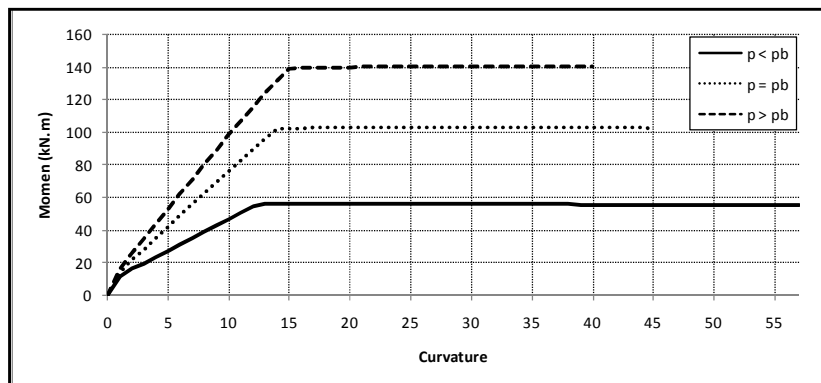
Software ini merupakan *software* analisa struktur yang telah umum digunakan dalam teknik sipil. Permodelan dibuat 2 skenario, yaitu skenario 1 untuk material dalam kondisi linear dan skenario 2 untuk material dalam kondisi non-linear.

Permodelan pada *software* untuk skenario 1 dan 2 dengan properties material yang telah ditentukan. Untuk properties model material beton dan tulangan baja pada skenario 1 (linear) digunakan model dengan mutu beton (f_c') diambil dua kali lipat yaitu 48,86 Mpa (beton). Untuk skenario 2 (non-linear) digunakan model konstitutif Mander. Model tersebut akan diinputkan ke *figure Nonlinear Material Data* pada *software*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kinerja Penampang

Kinerja penampang ditinjau dari grafik hubungan momen-curvature hasil analisis program RCCSA. Dengan menggunakan 3 variasi tipe keruntuhan penampang balok, diperoleh perbedaan pada kinerja penampang. Seperti yang terlihat pada grafik yang ditunjukkan **gambar 4**, dengan bertambahnya jumlah tulangan pada setiap tipe keruntuhan diperoleh juga pertambahan momen nominal penampang balok. Perbedaan juga terjadi pada tingkat kemiringan pertambahan momen setelah terjadi *crack* pada beton, dimana pada tipe keruntuhan tekan tidak terlihat jelas perbedaan kemiringan setelah terjadinya *crack*. Perubahan titik akhir curvature juga terjadi dengan penambahan jumlah tulangan pada penampang. Semakin bertambahnya jumlah tulangan penampang, akan mengurangi besaran curvature penampang tersebut. Dengan perbedaan pada titik akhir curvature yang diperoleh dari Gambar 4, membuktikan bahwa bertambahnya jumlah tulangan penampang akan memberikan pertambahan kapasitas penampang namun juga akan menurunkan tingkat daktilitas kurvatur penampang tersebut.



Gambar 4. Grafik hubungan Momen – Curvature Penampang Balok (Hasil RCCSA v.4.2)

Untuk persentase perubahan kapasitas momen nominal (M_n) dan daktilitas kurvatur (μ_k) penampang dengan berbagai tipe keruntuhan ditunjukkan dengan data kualitatif seperti pada Tabel 1 berikut.

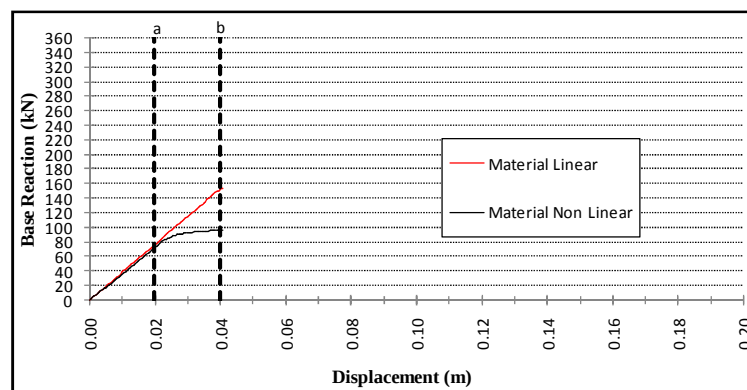
Tabel 1. Perbandingan M_n dan μ_k untuk variasi tipe keruntuhan penampang balok

Tipe keruntuhan	Perbandingan Terhadap	Persentase Perubahan M_n	daktilitas kurvatur (μ_k)
Tarik (<i>under-reinforced</i>)	Seimbang (<i>balanced</i>)	83,64 %	3,56
Seimbang (<i>balanced</i>)	Tekan (<i>over-reinforced</i>)	37,20 %	3,21
Tekan (<i>over-reinforced</i>)	Tarik (<i>under-reinforced</i>)	151,94 %	2,67

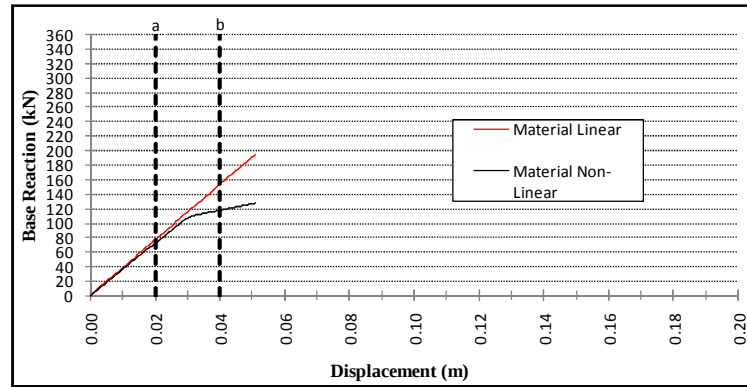
4.2 Kinerja Struktur

Kinerja struktur ditinjau dari grafik hubungan *base reaction - displacement* hasil analisis *pushover*. Dengan menggunakan 3 variasi tipe keruntuhan penampang balok, diperoleh perbedaan pada kinerja struktur. Untuk meninjau batasan pada kinerja struktur ini, digunakan nilai batasan *drift ratio* berdasarkan Aoyama (2001) dan ATC 40 (1996). Dari kedua sumber tersebut diperoleh nilai batasan *drift ratio* sebagai berikut :

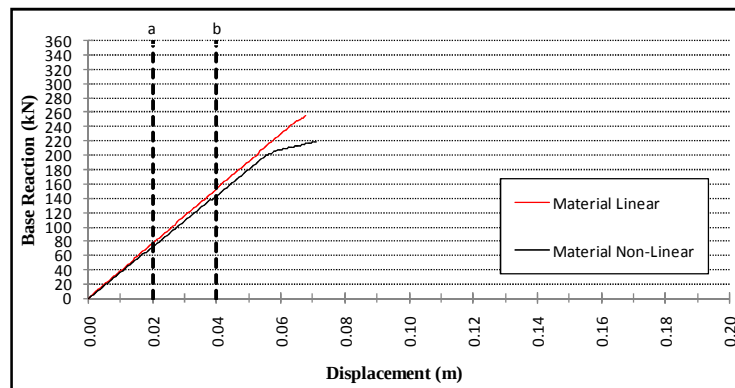
1. Berdasarkan Aoyama (2001)
 - a. Level 1 (1/200) = 0,02 m (kondisi a)
Dimana kondisi struktur beton telah mengalami *crack*, namun tulangan belum *yield*.
 - b. Level 2 (1/100) = 0,04 m (kondisi b)
Struktur beton telah mengalami *crack* dan *yielding* pada tulangan, namun struktur belum runtuh.
2. Berdasarkan ATC 40 (1996)
 - a. *Immediate Occupancy*= 0,04 m (kondisi b)
Struktur gedung masih aman, tidak mengalami kerusakan yang berarti, tidak ada resiko korban jiwa dan dapat segera berfungsi setelah terkena gempa.
 - b. *Damage Control* = 0,06 m (kondisi c)
Struktur gedung mulai mengalami kerusakan yang bervariasi namun tidak sampai runtuh dan resiko korban jiwa sangat rendah.
 - c. *Life Safety* = 0,08 m (kondisi d)
Struktur mulai mengalami kerusakan struktural namun keruntuhan total maupun parsial belum terjadi. Resiko korban jiwa rendah.
 - d. *Structural Stability* = 0,1 m (kondisi e)
Gedung berada dalam ambang keruntuhan total



Gambar 5. Grafik hubungan Base Reaction – Displacement Penampang Balok Model Material Non-Linear dengan $\rho < \rho_b$



Gambar 6. Grafik hubungan Base Reaction – Displacement Penampang Balok Model Material Non-Linear dengan $\rho \approx \rho_b$



Gambar 7. Grafik hubungan Base Reaction – Displacement Penampang Balok Model Material Non-Linear dengan $\rho > \rho_b$

Berdasarkan hasil perbandingan grafik kinerja struktur pada Gambar 5 sampai Gambar 7 terlihat pengaruh perbedaan model material terhadap kinerja struktur. Dimana struktur dengan model material non-linear telah mencapai titik leleh jika dibandingkan dengan model material linear. Sehingga struktur dengan model material non-linear lebih cepat memasuki daerah plastis dibandingkan dengan model material linear.

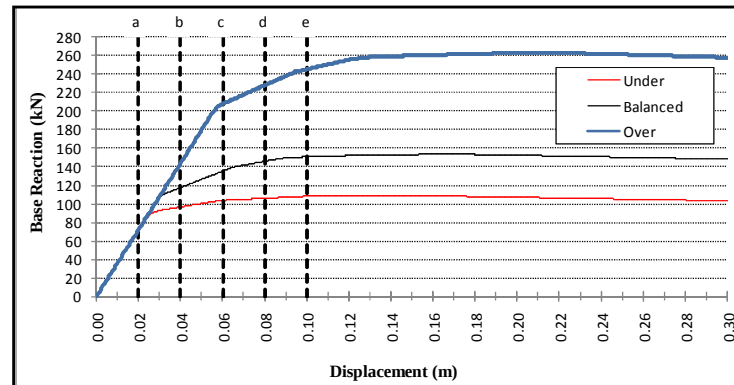
Untuk nilai *base reaction* saat leleh pertama pada material non-linear diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Base Reaction untuk variasi tipe keruntuhan penampang balok

Tipe Keruntuhan	Model Material	Base Reaction Saat Leleh Pertama (kN)
Tarik (<i>under reinforced</i>)	Non-Linear	94,17
Seimbang (<i>balanced</i>)		110,28
Tekan (<i>over reinforced</i>)		202,86

Untuk melihat kinerja struktur dengan nilai batasan *drift ratio*, model yang digunakan adalah struktur dengan model material non-linear. Dari Gambar 8 diperoleh untuk kondisi a, struktur dengan tipe keruntuhan *under-reinforced*, *balanced*, dan *over-reinforced* masih

dalam daerah elastic. Hal ini menyatakan dengan ketiga tipe desain keruntuhan, struktur sangat aman. Untuk kondisi b, struktur dengan tipe keruntuhan *over-reinforced* masih berada dalam daerah elastic sedangkan struktur dengan tipe keruntuhan *under-reinforced* dan *balanced* telah memasuki daerah plastis. Namun batasan *drift ratio* (kondisi b) ini, struktur masih dalam keadaan aman ketika beban gempa terjadi.



Gambar 8 Grafik hubungan Base Reaction – Displacement Penampang Balok Model Material Non-Linear dengan Batasan *Drift Ratio*

Untuk nilai daktilitas struktur (μ_s) dengan model material non-linear diperlihatkan pada Tabel 3. Dari nilai daktilitas struktur tersebut diperoleh hasil yang relevan dengan nilai daktilitas curvature penampang balok dengan model material non-linear RCCSA.

Tabel 3. Perbandingan μ_s untuk variasi tipe keruntuhan penampang balok

Tipe Keruntuhan	Model Material	Daktilitas Struktur (μ_s)
Tarik (<i>under reinforced</i>)	Non-Linear	5,68
Seimbang (<i>balanced</i>)		4,97
Tekan (<i>over reinforced</i>)		3,37

5. KESIMPULAN

1. Perbedaan yang dihasilkan model material non-linear terhadap perilaku struktur portal cukup terlihat pada analisis *pushover* (non-linear). Dimana terdapat penurunan nilai momen ujung saat terjadi titik sendi plastis jika dibandingkan dengan model material linear. Hal ini dikarenakan adanya perubahan nilai modulus elastisitas (E) pada matriks kekakuan sendi plastis elemen dalam analisis *pushover* pada elemen *frame*.
2. Untuk kinerja struktur portal model material linear dan model material non-linear, diperoleh cukup perbedaan kinerja. Dimana untuk struktur dengan model material non-linear telah mencapai titik leleh jika dibandingkan dengan model material linear.
3. Selain itu, hasil tambahan lain yang didapatkan dalam penelitian ini adalah untuk kinerja struktur portal scenario 2 yang ditinjau dengan menggunakan batasan *drift ratio*, diperoleh untuk kondisi a (level 1, Aoyama) struktur masih dalam keadaan

elastic (sangat aman). Hal tersebut dikarenakan kondisi struktur beton telah mengalami *crack*, namun tulangan belum *yield*.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, Siti dan Megantara, Yoga, 2011. Pemodelan Struktur Bangunan Gedung Bertingkat Beton Bertulang Rangka Terbuka Simetris di Daerah Rawan Gempa dengan Metoda Analisis Pushover, Prosiding Seminar Nasional AvoER ke-3, Palembang, Indonesia.
- Aoyama, Hiroshi. 2001. Design of Modern Highrise Reinforced Concrete Structure. London.
- Applied Technology Council. 1997. Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings (ATC40). Redwood. USA.
- Azhari A.A, Firdha dan Besman S. 2012. Analisa Plastis Pada Portal Dengan Metode Elemen Hingga. Tesis Program Magister. Departemen Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung. SNI 03-1726-2002. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. Tata cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. SNI 03-2847-2002. Bandung.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. SNI 1726-2012. Jakarta.
- Dewobroto, W. 2005. "Evaluasi Kinerja Struktur Baja Tahan Gempa Dengan Analisis Pushover". Civil Engineering National Conference: Sustainability Construction & Structural Engineering Based on Professionalism. Jurusan Teknik Sipil, Universitas Pelita Harapan.
- I L, Putu, dkk. 2009. Buku Ajar Konstruksi Beton II. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hindu Indonesia, Denpasar.
- Ivančo, Vladimír. 2011. Script Of Lectures: Nonlinear Finite Element Analysis. Faculty of Mechanical Engineering, Technical University of Košice, Slovakia.
- Karolina, R. 2008. Analisa dan Kajian eksperimental Hubungan Momen- Kurvatur Pada Balok Beton Bertulang. Tesis Program Magister. Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Pratikto, Pamungkas. 2009. Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa, Surabaya.
- Satyarno, I. 2013. Permodelan Nonlinear Elemen Beton Bertulang Dalam Analisis Struktur, Shortcourse HAKI.

- Thamrin, R. 2014. User Manual Reimforced Concrete Cross Section Analysis (RCCSA v.4.2.1). Padang.
- Zareh, H. 2003. ME565 Advanced Finite Element Analysis. Portland State University.
- Zulkifli, E. 2010. Perencanaan Bangunan Tahan Gempa: Pelatihan Software ETABS. Penerbit ITB, Bandung.

STUDY OF BRACING REINFORCEMENT EFFECT TO STEEL BUILDING UNDER SEISMIC LOAD BY USING PUSHOVER ANALYSIS METHOD

(CASE STUDY : GEDUNG KULIAH BLOK BIII KAMPUS II
UNIVERSITAS BUNG HATTA AIA PACAH)

Ridho Aidil Fitrah

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas, Padang, dhoaidilfitriah@gmail.com

Masrilayanti

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas, Padang, masrilayanti@gmail.com

Sabril Haris HG

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas, Padang, sabrilharis@gmail.com

Abstract

Bracing is a type of structure reinforcement that used to minimize the structure response due to seismic loads. This research explained how these effects on the buildings with and without reinforcement. For case study, an existing building located in Padang City, namely Gedung Kuliah Blok BIII Kampus II Universitas Bung Hatta Aia Pacah is analyzed. Seismic analysis used is static pushover analysis based on Indonesian earthquake regulations, that is SNI 03-1726-2012. Static pushover analysis results obtained are: 1) Comparison of ductility of the structures; 2) Level of Structure Performance. After analysis had been done, it shows that the bracing reinforcement can also increases the ductility of the structure. This research also finds that the level performance of building with bracing is on the Damage Control (DC) level performance.

Key Note : Earthquake, Pushover, Bracing Reinforcement

1. INTRODUCING

Indonesia is a country that has the large potential for earthquakes damages because of its location in between the two lines of earthquake faults, the circum -Pacific fault and the Mediterranean faults. Seismic disaster event could cause all the infrastructures to move in any directions so that the movement of structures can cause damages and harmful for humans inside.

An severe earthquake occurred in the city of Padang on September 30, 2009 has caused severe damages to infrastructures and caused many victims. One of the things that causes such huge damage is the seismic load that had been considered not in accordance with the regulations of the earthquake at that time, namely SNI 03-1726-2002, thus affecting the performance of the building structures. Based on that case, BSNI (Badan Standar Nasional Indonesia) had been reviewing the base rock acceleration and issued new regulation of earthquake, that is SNI 03-1726-2012. This code is still about Earthquake Resilience Planning Standards for Building Structures and Non- Building, which will also affect the

planning and performance of structures building and some of the buildings which have been built before need to be retrofitted.

Bracing is one solution to the structural retrofitting of earthquake forces. Mainly, bracing is a steel frame which is installed into the structural elements of the building, so that it serves to resist lateral loads on the buildings and increases the stiffness of the structure of the building. This study was conducted to see the effect of seismic load on a existing steel buildings which have been using bracing, and built in the city of Padang by using static pushover analysis. For case study, a building namely Gedung Kuliah Blok BIII Kampus II Universitas Bung Hatta which located in Aia Pacah, Padang City, is analyzed.

2. LITERATURE REVIEW

2.1 Bracing Reinforcement

Bracing has been applied by lots of nations, especially in high risk of earthquake such as Taiwan, Japan, China, and so Indonesia have.



Figure 2.1 Bracing at The Building Structure

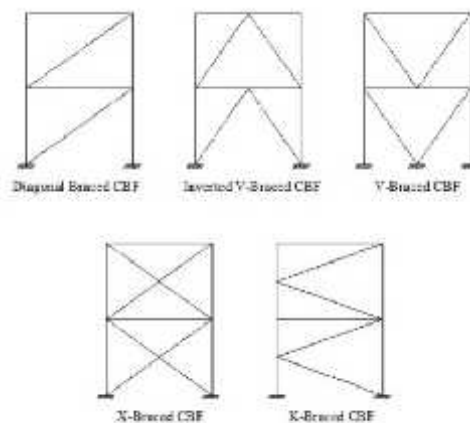


Figure 2.2 The Types of Bracing

Generally, structures with bracing reinforcement application are the structural system which has to resist lateral loads with high rigidity structure. High stiffness of structure is obtained from diagonal bracing that typically serves to resist the increase lateral loads on the structure. In this structure, the bracing elements tend for the structural stiffness on the structure, therefore the structure deformation will be smaller caused by the increasing of the stiffness.

2.2 Static Analysis Non Linier Pushover

This analysis is a procedure to determine the structural behaviour in pasca-elastic range or nonlinear. Nonlinear static analysis is also known as a pushover analysis which is done by providing a pattern of static lateral loads on the structure and gradually increased until the target displacement of lateral direction of the reference point is reached. The point was observed at the top of the structure.

Pushover analysis generates a capacity curve which describes the relationship between the base shear force (V) and the displacement of observed point on the top of the structure (Δ). Capacity curve from pushover analysis shows a linear condition before reach the yield point and after that it describes nonlinear condition.

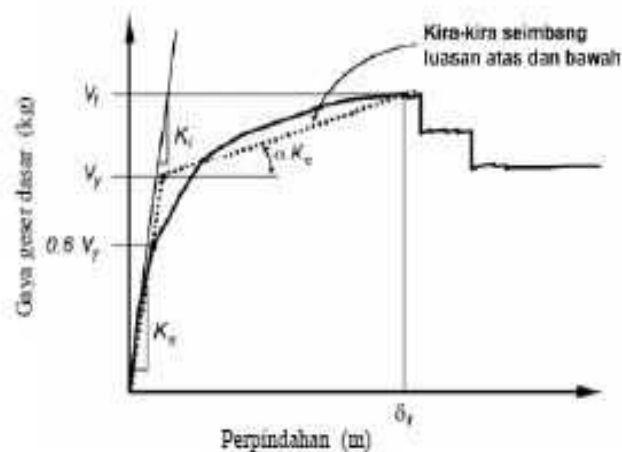


Figure 2.3 Pushover Capacity Curve

The purpose of this pushover analysis is to estimate the maximum force and deformation which have been achieved by the structure which has changed its stiffness. After that, the level performance of structure, and the elements of the structure that need more attention for structure stability can be identified.

2.3 Performance Level of Structure

The performance level consists of the determined seismic force and the allowable damage of the building. Every result gives the information about the damage level and resistance structure, and estimate the safety, occupancy, and economic loss that will happened.

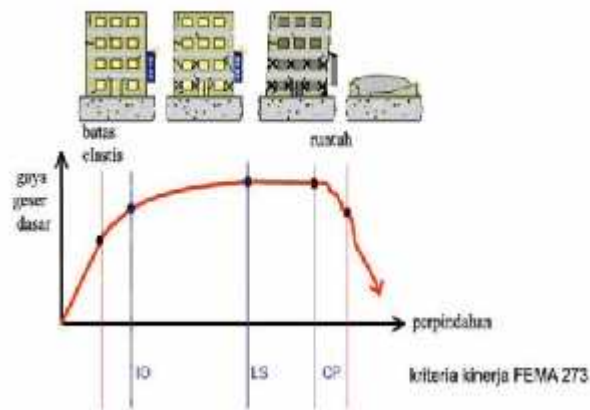


Figure 2.4 Level Performance of Building Illustration

Figure 2.4. Describes about the performance level of FEMA 273 which is showed as the structure response curve that related to the base shear and displacement.

3. RESULT, DATA ANALYZING, AND EXPLANATION

3.1 Structure Modelling

In this research, there are 2 types of model to be created as follows :

1. First Model, structure modeling and bracings reinforcement like the existing building.
2. Second Model, structure modeling like the existing condition but the bracings are not installed.

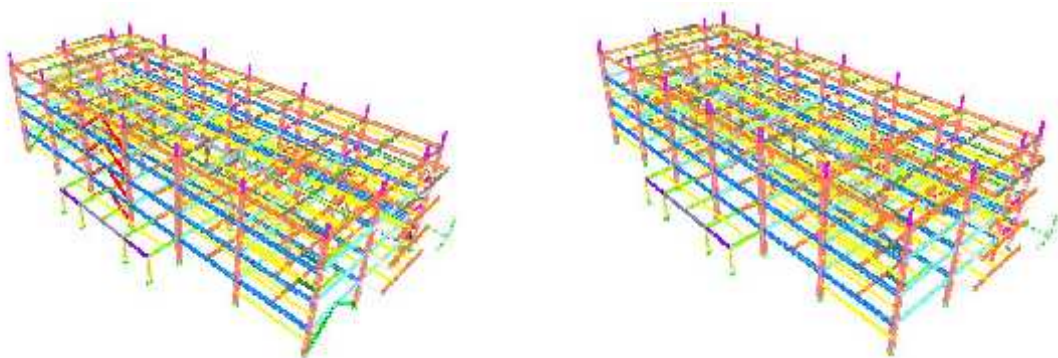


Figure 4.4 Existing Structure Modeling with Bracing Reinforcement (Left) and without Bracing Reinforcement (Right)

3.2 Pushover Analysis

The next stage of this research is pushover analysis. Pushover analysis is a method to analyze the structure by using monotonic static load the loads which are applied to whole stories. The loads are increased until the structure reach its target drift. In pushover analysis, one of plastic hinge will yield while the others are reaching the another plastic hinge.

The result of this analysis is the base shear which is related to the displacement of structure in X direction and Y direction on the building as can be seen in Figure 3.3-3.6.

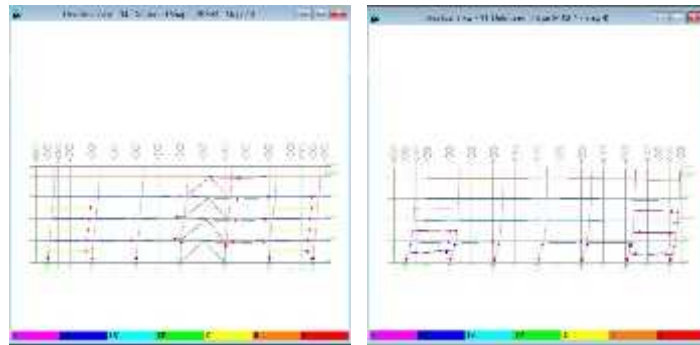


Figure 3.3 Plastic Hinge Distribution on a Portal in X direction With Bracing (Left) and Without Bracing (Right)



Figure 3.4 Comparison of Capacity Curve in X Direction With Bracing (Red) and Without Bracing (Blue)

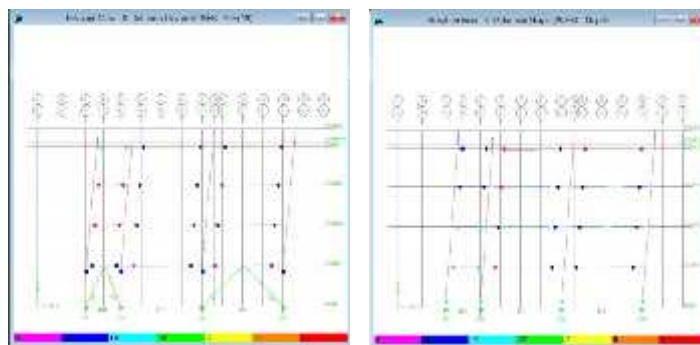


Figure 3.5 Plastic Hinge Distribution on a Portal in Y direction With Bracing (Left) and Without Bracing (Right)



Figure 3.6 Comparison of Capacity Curve in Y Direction With Bracing (Red) and Without Bracing (Left)

3.3 Ductility and Performance Level

Ductility is the ability of structure or element deforming in inelastic range from the first yield point, meanwhile it defends its ability to supports the loads. Ductility factor is the ratio between the maximum drift when collapse happen and the drift in the first yield on the structure.

Based on the figure 3.4, the X drift direction in the each model of structure was shown at table below :

Table 4.1 Ductility Comparison in X Direction

STRUCTURE MODEL	DRIFT AT THE FIRST YIELD (MM)	DRIFT AT THE COLLAPSE POINT (MM)	DUCTILITY
WITHOUT BRACING REINFORCEMENT	110.63	224.74	2.03
WITH BRACING REINFORCEMENT	81.57	555.08	6.80

Structure with the bracing reinforcement can increase the ductility about 235% at the X direction compared to the structure without bracing.

Based on Figure 3.6, the Y drift direction in the each model of structure was shown at table below :

Table 4.2 Ductility Comparison in X Direction

STRUCTURE MODEL	DRIFT AT THE FIRST YIELD (MM)	DRIFT AT THE COLLAPSE POINT (MM)	DUCTILITY
WITHOUT BRACING REINFORCEMENT	110.63	224.74	2.03
WITH BRACING REINFORCEMENT	81.57	555.08	6.80

Structure with bracing reinforcement can increase the ductility by 10% at the Y direction compared to the structure without bracing reinforcement.

According ATC 40 regulation, the level performance can be determined on the comparison between maximum roof drift (D) and the building height (H). The roof drift (D) can be determined from intersection between the Demand Spectrum and Capacity Curve. Demand Spectrum which is matched on Padang city with soft soil has the coefficient ($C_a = 0.322$ and $C_v = 0.959$). Therefore, the level performance which can be known is only the building with bracing reinforcement, but the building without bracing cannot. Because its capacity curve on portal in X direction did not intersect the demand spectrum. Therefore, the level performance of building without bracing disable to resist the seismic load of Padang city.

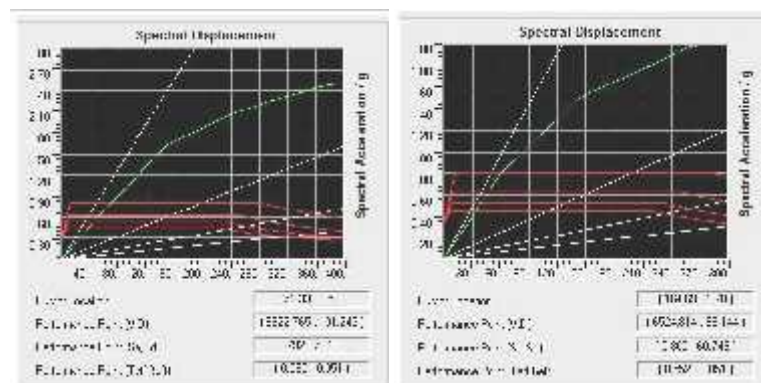


Figure 3.7 Performance Point on X direction (left) and Y direction (right) of Building with Bracing Compared to Demand Spectrum of Padang City

Pushover analysis results showed that the building with bracing has the roof drift (D) on X direction by 0.101 m and Y direction by 0.086 m. The existing height is 14,23 m. Therefore the drift ratio can be calculated as follows:

- X direction

$$DriftRatio = \frac{D}{H} = \frac{0.101}{14.23} = 0.0071$$

- Y direction

$$DriftRatio = \frac{D}{H} = \frac{0.086}{14.23} = 0.006$$

According to the performance level category on ATC-40, the building is categorized on the *Damage Control* (DC) level where on that level the building is damaged but it does not collapse and the risk of victim still low.

4. CONCLUSION

The ductility of structure of building with bracing reinforcement had increased about 235% on X direction and 10% on Y direction compared to the building without bracing reinforcement.

The Performance Level of structure of the building with bracing reinforcement is on *Damage Control* (DC) level where the structure component is damaged but did not collapse.

BIBLIOGRAPHY

- Aisyah, Siti. 2011. "Permodelan Struktur Bangunan Gedung Bertingkat Beton Bertulang Rangka Terbuka Simetris Di Daerah Rawan Gempa Dengan Metoda Analisis Pushover". Kementrain Pekerjaan Umum : Palembang.
- SNI 03-1726-2012. 2012. " Tata Cara Perencanaan Ketahan Gempa Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung". BSNI : Jakarta.
- Jaya, Aditya. 2011."Perbandingan Nilai Simpangan Horizontal (Drift) Pada Struktur Gedung Tahan Gempa Dengan Menggunakan Bresing V dan Inverted V". Universitas Sebelas Maret : Surakarta

PERBANDINGAN RESPONS STRUKTUR ATAS JEMBATAN *CABLE STAYED* TIPE *FAN* DENGAN TUMPUAN DI ATAS TANAH LUNAK DAN TANAH KERAS AKIBAT BEBAN GEMPA

(STUDI KASUS JEMBATAN BARELANG)

Ridho Fraditya

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas, Padang, ridhofraditya@gmail.com

Riza Aryanti

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas, Padang, rizaaryanti@yahoo.co.id

Masrilayanti

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas, Padang, masrilayanti@gmail.com

Abstrak

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar didunia yang membutuhkan jembatan-jembatan bentang panjang sehingga dapat menghubungkan antar pulau. Jembatan Barelang merupakan salah satu jembatan bentang panjang dengan bentang 642 meter. Terdapatnya perbedaan jarak antar perletakan yang cukup jauh pada jembatan bentang panjang mengakibatkan tingginya kemungkinan akan perbedaan jenis tanah pada tumpuan. Oleh karena itu dalam pendesainan perlu dilakukan analisis lebih teliti terhadap beban gempa karena Indonesia termasuk daerah rawan gempa. Tujuan analisis ini adalah membandingkan perpindahan pada saat diberikan beban gempa yang terjadi pada jembatan *cable stayed* Barelang diatas tumpuan tanah lunak dan tanah keras. Zona wilayah gempa yang digunakan adalah wilayah Batam. Beban gempa yang diinputkan berupa time history pada arah X. Hasil analisis menunjukkan nilai perpindahan pada struktur jembatan yang mengalami beban gempa rencana pada tumpuan ditanah lunak cenderung lebih besar dibandingkan pada tumpuan tanah keras.

Kata kunci: Jembatan *cable stayed*, perpindahan, tipe fan, tanah lunak, tanah keras

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia yang terletak di Asia Tenggara. Didalam Buku Ensiklopedi Nasional Indonesia juga dijelaskan bahwa wilayah Indonesia terletak antara dua Benua yaitu Asia dan Australia, dan antara dua samudra yaitu Samudra Hindia (Indonesia) dan Samudra Pasifik, terdiri dari lebih 13.000 pulau, mulai dari pulau We di ujung utara atau barat sampai pulau Irian di ujung timur, dengan perbandingan wilayah laut dan darat 78 : 22.

Karena Indonesia merupakan Negara Kepulauan, maka Indonesia membutuhkan jembatan-jembatan yang memiliki bentang panjang sehingga dapat menghubungkan antar pulau di Indonesia. Perencanaan akan jembatan bentang panjang ini juga harus mempertimbangkan akan analisa struktur jembatan yang aman gempa. Lokasi Indonesia yang berada pada pertemuan tiga lempeng tektonik besar didunia, yaitu lempeng Indo - Australia, Eurasia, dan Pasifik menyebabkan Indonesia sering dilanda bencana alam gempa bumi.

Pada jembatan bentang panjang kemungkinan akan terjadinya perbedaan jenis tanah pada tumpuan sangatlah besar. Hal ini disebabkan terdapatnya jarak yang jauh antar tumpuan pada jembatan. Pengaruh gempa terhadap tumpuan akan mengalami perbedaan terhadap tumpuan yang terletak pada jenis tanah yang berbeda. Untuk itulah hal ini menjadi dasar didalam studi analisis ini. Seberapa jauh dan besar pengaruh letak posisi perletakkan jembatan bentang panjang diatas jenis tanah yang berbeda akibat beban gempa.

2. STUDI PUSTAKA

2.1 Jembatan *Cable Stayed*

Jembatan *cable stayed* merupakan salah satu dari jenis jembatan bentang panjang dimana kabel panjang dari tiang yang terhubung secara langsung pada gelagar tanpa gantung. Bentuk utama dari struktur jembatan *cable stayed* adalah rangkaian gabungan dari pilon atau menara, kabel, dan gelagar.

Terdapat beberapa jenis jembatan *cable stayed* yang dibagi berdasarkan bentuk susunan kabelnya, diantaranya:

1. Tipe radial

Merupakan sebuah susunan dimana kabel dipusatkan pada ujung atas menara dan disebar sepanjang bentang pada gelagar. Kelebihan tipe ini adalah kemiringan rata-rata kabel cukup besar sehingga komponen gaya horizontal tidak terlalu besar kabel yang terkumpul diatas kepala menara menyulitkan dalam perencanaan dan pendetailan sambungan.



Gambar 2.1. Jembatan *cable stayed* tipe *radial*

2. Tipe harp

Terdiri atas kabel-kabel penggantung yang dipasang sejajar dan disambungkan ke menara dengan ketinggian yang berbeda-beda satu terhadap yang lainnya. Susunan kabel yang sejajar memberikan efek estetika yang sangat indah namun terjadi lentur yang besar pada menara.



Gambar 2.2. Jembatan *cable stayed* tipe *harp*

3. Tipe fan

Merupakan solusi tengah antara tipe radial dan tipe harp. Kabel disebar pada bagian atas menara dan pada dek sepanjang bentang, menghasilkan kabel tidak sejajar. Penyebaran kabel pada menara akan memudahkan pendetailan tulangan.



Gambar 2.3. Jembatan *cable stayed* tipe *fan*

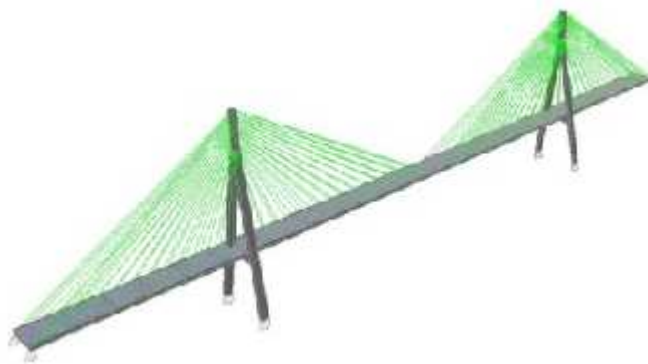
2.2 Pengaruh Tanah Terhadap Bangunan Tahan Gempa

Sebagaimana diketahui, getaran yang disebabkan oleh gempa cenderung membesar pada tanah lunak dibandingkan pada tanah keras. Tanah keras yang bergetar akibat gempa, getarannya cenderung mempunyai kandungan frekuensi tinggi. Getaran frekuensi tinggi tersebut akan mempunyai panjang gelombang yang relatif pendek. Menurut ilmu fisika bahwa kemampuan suatu material untuk menyerap energi akan berbanding terbalik dengan panjang gelombang. Oleh karena itu gelombang frekuensi tinggi relatif lebih mudah diserap energinya oleh media yang dilalui oleh gelombang gempa.

3. HASIL, ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

3.1 Permodelan Struktur Jembatan

Struktur jembatan *cable stayed* dimodelkan dengan software SAP 2000 sebagai berikut :



Gambar 3.1 Permodelan Struktur Jembatan Tipe *Fan*

3.2 Disain Time History

Pada disain beban gempa dengan peraturan SNI 1726-2012 yang merupakan peraturan keluaran terbaru saat ini, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Permukiman telah mengembangkan sebuah teknologi berupa aplikasi untuk memperoleh data seismic dan respons spectrum berdasarkan wilayah yang kita inginkan dimana saja. Kita tinggal memasukkan nama wilayah atau koordinat dari peta.

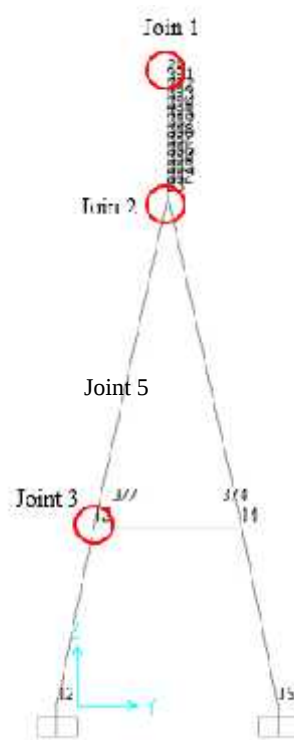
Setelah memasukkan nama wilayah atau koordinat lokasi Jembatan Bareleng berada, selanjutnya memilih jenis tanah, yaitu dalam kasus ini adalah tanah lunak dan tanah keras,

selanjutnya diperoleh spectral percepatan. Dari hasil perhitungan diperoleh data seismik tanah untuk wilayah tersebut.

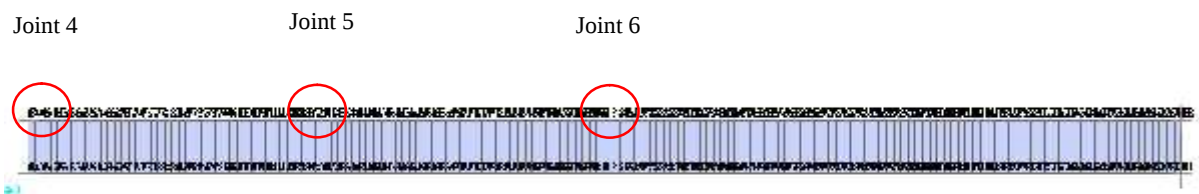
Selanjutnya, dari data tersebut dilakukan perhitungan dan analisis dengan menggunakan program sehingga data gempa yang awalnya berupa respons spektrum, dikonversi menjadi sebuah accelorogram berupa riwayat waktu (*time history*) yang nantinya akan diinputkan sebagai beban pada software SAP2000.

3.3 Hasil Analisa Dinamis, Perpindahan

Titik-titik joint yang dibandingkan dalam hasil analisis ini adalah seperti yang ditunjukkan oleh gambar berikut:



Gambar 3.2 Titik Joint yang Ditinjau Pada Pylon



Gambar 3.3 Titik Joint yang Ditinjau Pada Balok Gelagar

Tabel 3.1 Tabel Perpindahan Arah X Akibat Beban Gempa Rencana

		Tanah Keras		Tanah Lunak	
		Perpindahan (mm)	Waktu (detik)	Perpindahan (mm)	Waktu (detik)
Pylon					
Joint 1	Max	6,51	8,7	13,67	8,7
	Min	-6,80	9,5	-14,28	9,5
Joint 2	Max	45,82	8,7	96,39	8,7
	Min	-51,16	9,5	-107,49	9,5
Joint 3	Max	28,49	8,7	59,75	8,7
	Min	-25,91	9,5	-55,12	9,5
Balok Gelagar					
Joint 4	Max	2,96	8,7	6,21	8,7
	Min	-3,21	9,5	-6,74	9,5
Joint 5	Max	43,85	8,7	92,24	8,7
	Min	-49,15	9,5	-103,26	9,5
Joint 6	Max	15,05	8,7	31,62	8,7
	Min	-16,29	9,5	-34,21	9,5

Tabel 3.2 Tabel Perpindahan Arah Z Akibat Beban Gempa Rencana

		Tanah Keras		Tanah Lunak	
		Perpindahan (mm)	Waktu (detik)	Perpindahan (mm)	Waktu (detik)
Pylon					
Joint 1	Max	0,44	2,2	0,91	2,2
	Min	-0,40	8,7	-0,85	8,7
Joint 2	Max	0,13	2,2	0,27	2,2
	Min	-0,12	3	-0,24	3
Joint 3	Max	0,05	2,2	0,10	2,2
	Min	-0,04	3	-0,09	3
Balok Gelagar					
Joint 4	Max	1,56	8,7	3,28	8,7
	Min	-1,57	9,4	-3,29	9,4
Joint 5	Max	0,24	4,3	0,50	4,3
	Min	-0,25	5	-0,52	7,9
Joint 6	Max	0,0	7,2	0,0	6,3
	Min	0,0	7	0,0	6,5

Berdasarkan Tabel 3.1 dan Tabel 3.2 dapat diketahui bahwa pada stuktur jembatan dengan perletakan diatas tanah lunak yang mengalami beban gempa rencana cenderung memiliki nilai perpindahan yang relatif lebih besar dibandingkan dengan stuktur jembatan dengan perletakan diatas tanah keras.

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisis dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai perpindahan maksimal pada pylon dan balok gelagar pada tumpuan diatas tanah lunak melebihi 2 kali nilai perpindahan tumpuan diatas tanah keras.
2. Nilai maksimal perpindahan untuk arah X dan arah Z dengan tumpuan diatas tanah keras adalah 45,82 mm dan 1,56 mm, sedangkan pada tumpuan tanah lunak bernilai 96,39 mm dan 3,28 mm.

DAFTAR PUSTAKA

Ensiklopedi Nasional Indonesia, Jilid VII, (Jakarta: Cipta Adi Pusaka, 1989), hlm. 74-75

Fraditya, Ridho. 2015. Perbandingan Respons Struktur Atas Jembatan *Cable Stayed* Tipe *Fan* Antara Tumpuan Di Atas Tanah Lunak dan Tanah Keras Akibat Beban Gempa (Studi Kasus Jembatan Bareleng). Padang: Universitas Andalas

Irawan, Redrik, dkk. (2011). *Perencanaan Teknis Jembatan Cable Stayed*. Bandung : Kementrian Pekerjaan Umum

Mulia, Rezky. 2011. Menentukan Tipe Tanah Untuk Perencanaan Gempa [Online]. Tersedia: <https://rezkymulia.wordpress.com/2011/03/19/menentukan-tipe-tanah-untuk-perencanaan-gempa/> [27 Juni 2015]

Padolny & Scalzi. 1976. *Construction and Design of Cable-stayed Bridges*. New York: Wiley & Son Inc.

PPMB-ITB. 2011. *Desain Spektra Indonesia* [Online]. Tersedia: http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/ [21 Maret 2015]

PENGARUH KARAKTERISTIK LALU LINTAS TERHADAP KONSENTRASI GAS NO₂ DI UDARA AMBIEN *ROADSIDE* JARINGAN JALAN SEKUNDER KOTA PADANG

Hendra Gunawan

*Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Kampus Limau Manis, Padang-25163,
Telp: (0751) 72497, hendra@ft.unand.ac.id*

Yenni Ruslinda

*Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Kampus Limau Manis, Padang-25163,
Telp: (0751) 72497, yenni@ft.unand.ac.id*

Delia Putri

*Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Kampus Limau Manis, Padang-25163,
Telp: (0751) 72497*

Abstrak

Sektor transportasi menyumbang pencemar NO_x sebesar 69% di daerah perkotaan. Dalam penelitian ini dianalisis pengaruh karakteristik lalu lintas terhadap konsentrasi gas NO₂ di udara ambien *roadside* jaringan jalan sekunder Kota Padang. Metode sampling berdasarkan SNI-19-7119.9-2005 yang dilakukan di Jl. Raya By Pass, Jl. Bagindo Aziz Chan dan Jl. Perintis Kemerdekaan. Analisis konsentrasi gas NO₂ diukur dengan metode Griess Saltzman dengan alat spektrofotometer. Dari hasil penelitian diperoleh konsentrasi rata-rata NO₂ di Jl. Perintis Kemerdekaan 84,31 µg/m³, di Jl. Bagindo Aziz Chan 70,96 µg/m³ dan di Jl. Raya By Pass 69,66 µg/m³. Pola konsentrasi NO₂ hampir sama dengan pola karakteristik lalu lintas dengan peningkatan mulai pada pukul 07.00-09.00 WIB hingga mencapai puncaknya pada pukul 15.00-18.00 WIB, selanjutnya cenderung menurun setelah pukul 20.00 WIB hingga dini hari. Konsentrasi gas NO₂ memiliki hubungan yang sangat kuat dengan karakteristik lalu lintas yaitu volume, kecepatan dan kepadatan lalu lintas dengan nilai korelasi (*r*) berkisar antara 0,663 – 0,920.

Kata Kunci: gas NO₂, jaringan jalan sekunder, karakteristik lalu lintas, udara ambien *roadside*

1. PENDAHULUAN

Kota Padang sebagai salah satu kota besar di Indonesia juga mengalami peningkatan jumlah kendaraan setiap tahunnya. Data Badan Pusat Statistik Kota Padang tahun 2011 menunjukkan pada tahun 2010 jumlah kendaraan sebanyak 417.068 unit dengan prosentase peningkatan jumlah kendaraan sebesar 23,3%. Hal ini diperkirakan berdampak terhadap kualitas udara di kawasan jalan padat lalu lintas. Kualitas udara yang buruk dapat menurunkan derajat kesehatan manusia dan lingkungan. Keberadaan polutan gas seperti CO, NO_x, SO_x dan HC serta polutan partikel padat seperti PM₁₀ dan PM_{2,5} akan mengakibatkan gangguan sistem pernapasan, sistem syaraf dan fungsi jantung bahkan secara tidak langsung dapat menimbulkan kematian pada manusia (Popescu, C.G., 2011). Peningkatan pencemaran udara dari sektor transportasi di Indonesia diperkirakan terjadi akibat peningkatan jumlah kendaraan bermotor yang tidak sebanding dengan peningkatan panjang jalan, penggunaan Bahan Bakar Minyak (BBM) dengan kualitas yang masih

rendah serta dipengaruhi oleh karakteristik lalu lintas seperti volume, kecepatan dan kepadatan lalu lintas, jenis kendaraan, pola berkendara dan lain sebagainya (Saepudin, A. dan Admono, T., 2005).

Sektor transportasi menyumbang pencemar NO_x sebesar 69% di perkotaan, diikuti industri dan rumah tangga. Gas NO_x ini sangat berbahaya bagi kesehatan manusia karena dapat menyebabkan gangguan pernapasan (penurunan kapasitas difusi paru-paru), juga dapat merusak tanaman. Selain itu juga mengurangi jarak pandang dan resistansi di udara (Hadiwidodo, M dan Huboyo, H.S, 2006). Untuk mengetahui gambaran kualitas udara di kawasan *roadside* Kota Padang, dilakukan pengukuran dan analisis konsentrasi gas NO₂ pada jaringan jalan sekunder Kota Padang. Sistem jaringan jalan sekunder merupakan sistem jaringan jalan dengan peranan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk masyarakat di dalam kawasan perkotaan. Pengukuran juga dilakukan terhadap karakteristik lalu lintas meliputi volume, kecepatan dan kepadatan lalu lintas, untuk melihat pengaruh karakteristik lalu lintas terhadap konsentrasi gas NO₂.

2. STUDI PUSTAKA

Gas buang sisa pembakaran kendaraan bermotor umumnya menghasilkan senyawa berbentuk gas berupa *Carbon Monoxide* (CO), *Nitrogen Oxide* (NO_x), *Hydro Carbon* (HC), partikulat dan timbal (Pb) (Gusnita, D, 2010). NO₂ adalah salah satu pencemar yang timbul akibat proses pembakaran. Keberadaan gas NO₂ di daerah perkotaan dapat dilihat sebagai lapisan kabut kecoklatan di langit. Di wilayah perkotaan, NO_x (NO dan NO₂) dihasilkan dari pembakaran hidrokarbon dan bahan organik, terutama berasal dari sektor transportasi (Supriyadi, 2009).

Salah satu faktor yang mempengaruhi pencemaran udara dari sektor transportasi adalah karakteristik lalu lintas. Menurut **Khisty dan Lall** (2005) terdapat beberapa parameter atau variabel yang dapat digunakan untuk menjelaskan karakteristik arus lalu lintas, dengan tiga variabel utama adalah volume (*q*), kecepatan (*v*), dan kepadatan (*k*) lalu lintas. Volume lalu lintas adalah jumlah sebenarnya dari kendaraan yang diamati atau diperkirakan melalui suatu titik selama rentang waktu tertentu. Satuan volume lalu lintas dalam satuan mobil penumpang per satuan waktu (smp/jam). Volume lalu lintas diperoleh dengan melakukan normalisasi jumlah kendaraan yang melewati suatu jalan berdasarkan klasifikasi jenis kendaraan seperti pada persamaan yang tercantum dalam Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) (1997). Kecepatan lalu lintas didefinisikan sebagai suatu laju pergerakan, seperti jarak per satuan waktu (km/jam). Pengukuran kecepatan lalu lintas dapat dilakukan dengan pengukuran tak langsung dengan memperhitungkan waktu tempuh hasil pengamatan dan pengukuran langsung di lapangan menggunakan alat *radar speed gun meter* (Kementrian Lingkungan Hidup, 2010). Kepadatan lalu lintas didefinisikan sebagai jumlah kendaraan yang menempati suatu panjang tertentu dari lajur atau jalan dan dirata-ratakan terhadap waktu, biasanya dinyatakan dalam kendaraan per kilometer (smp/km).

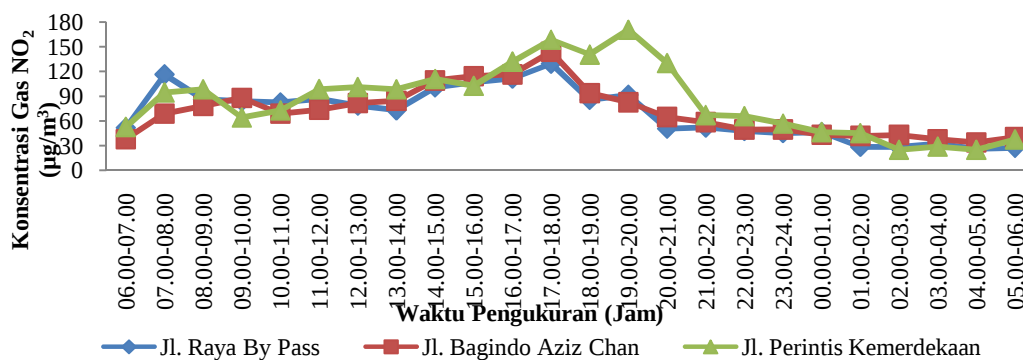
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis konsentrasi gas NO₂ di udara ambien kawasan roadside Kota Padang dan melihat pengaruh karakteristik lalu lintas terhadap konsentrasi gas NO₂. Penelitian dilakukan di jaringan jalan sekunder Kota Padang yang diwakili oleh Jl. Raya By Pass sebagai jalan arteri sekunder, Jl. Bagindo Aziz Chan sebagai jalan kolektor sekunder dan Jl. Perintis Kemerdekaan sebagai jalan lokal sekunder. Pengukuran

dilakukan berdasarkan SNI-19-7119.9-2005 tentang Penentuan Lokasi Pengambilan Contoh Uji Pemantauan Kualitas Udara *Roadside*. Sampling dilakukan terhadap sampel gas NO₂ di udara ambien kawasan *roadside*, jumlah dan kecepatan kendaraan serta kondisi meteorologi saat sampling. Sampling dilakukan setiap jam selama satu hari pada masing-masing ruas jalan.

3.1 Analisis Konsentrasi Gas NO₂

Pengambilan sampel gas NO₂ menggunakan alat impinger dengan metode *Griess Saltzman*, dan analisis gas NO₂ menggunakan alat spektrofotometer. Hasil pengukuran konsentrasi gas NO₂ di ketiga lokasi jalan sekunder Kota Padang dapat dilihat pada Gambar 1. Konsentrasi gas NO₂ di ketiga lokasi penelitian cenderung mengalami peningkatan dari pagi hari sampai sore hari hingga mencapai titik puncaknya pada rentang pukul 17.00-19.00 WIB di ketiga jalan. Setelah pukul 20.00 WIB konsentrasi gas NO₂ di ketiga lokasi penelitian cenderung mengalami penurunan, karena mobilitas masyarakat yang juga ikut menurun.



Gambar 1. Konsentrasi Gas NO₂ di Ketiga Lokasi Penelitian

Konsentrasi gas NO₂ rata-rata tertinggi terjadi di Jl. Perintis Kemerdekaan sebesar 84,31 µg/m³, selanjutnya Jl. Bagindo Aziz Chan 70,96 µg/m³ dan Jl. Raya By Pass 69,66 µg/m³. Jl. Perintis Kemerdekaan memiliki konsentrasi gas NO₂ tertinggi karena jalan ini memiliki kepadatan rata-rata tertinggi di bandingkan jalan lainnya, sehingga sering terjadi kemacetan yang menyebabkan tingginya konsentrasi gas NO₂ yang bersumber dari kendaraan. Kementerian Lingkungan Hidup menyebutkan, polusi udara dari kendaraan bermotor bensin (*spark ignition engine*) 60% merupakan oksida nitrogen (NO_x) (Martuti, N.K.T, 2013). Hasil pengukuran konsentrasi gas NO₂ di ketiga lokasi penelitian masih berada di bawah baku mutu berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, yaitu 400 µg/m³ untuk pengukuran selama satu jam.

3.2 Analisis Karakteristik Lalu Lintas

Pengukuran karakteristik lalu lintas dilakukan langsung di lapangan dengan mengukur jumlah kendaraan berdasarkan jenis dengan alat *counter* dan kecepatan lalu lintas menggunakan alat *speed gun*. Hasil pengolahan data ini didapatkan data volume, kecepatan dan kepadatan lalu lintas.

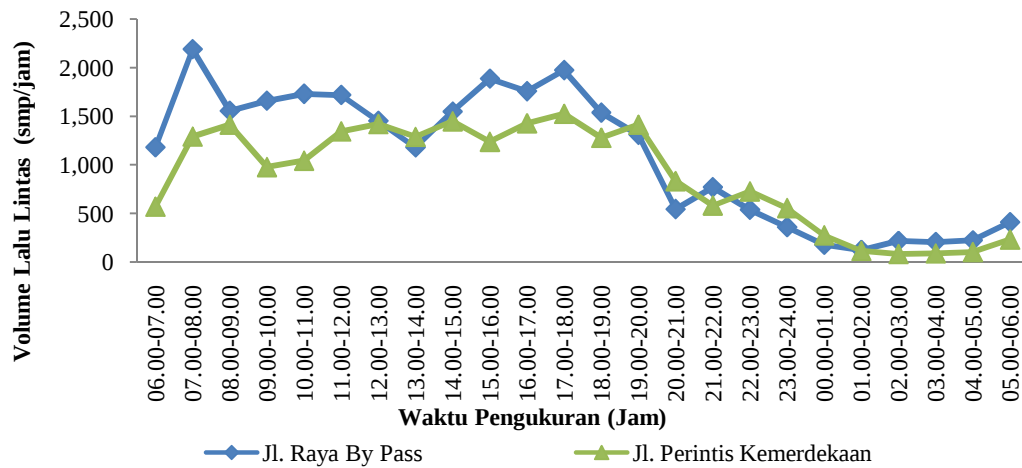
Volume lalu lintas rata-rata tertinggi secara berturut-turut adalah Jl. Raya By Pass 1.094 smp/jam, Jl. Bagindo Aziz Chan 1.002 smp/jam dan Jl. Perintis Kemerdekaan yaitu 886 smp/jam. Tingginya volume lalu lintas di Jl. Raya By Pass dikarenakan fungsi jalan sebagai jalan arteri sekunder. Jalan ini juga merupakan jalur masuk kendaraan berat dari kota lain menuju Kota Padang dan memiliki jalan yang cukup lebar untuk menampung aktivitas lalu lintas. Sebaliknya, kecepatan lalu lintas rata-rata yang terendah adalah di Jl. Perintis Kemerdekaan 31,12 km/jam, kemudian Jl. Bagindo Aziz Chan 36,69 km/jam dan yang paling tinggi adalah Jl. Raya By Pass 42,32 km/jam. Hal ini disebabkan jalan Perintis Kemerdekaan merupakan jalan lokal sekunder yang fungsinya melayani angkutan jarak dekat sehingga pengendara lebih cenderung menurunkan kecepatannya. Peraturan Pemerintah No. 34 Tahun 2006 tentang Jalan menetapkan bahwa kecepatan minimum untuk jalan arteri sekunder adalah 30 km/jam, jalan kolektor sekunder adalah 20 km/jam dan jalan lokal sekunder adalah 10 km/jam. Berdasarkan data yang diperoleh, kecepatan lalu lintas rata-rata di ketiga lokasi penelitian memenuhi kecepatan lalu lintas minimum untuk masing-masing klasifikasi fungsi jalan. Kepadatan lalu lintas rata-rata tertinggi berturut-turut adalah jalan Perintis Kemerdekaan 33 smp/km, jalan Bagindo Aziz Chan 32 smp/km, jalan Raya By Pass 28 smp/km. Tingginya kepadatan lalu lintas di jalan Perintis Kemerdekaan dipengaruhi oleh lebar jalan yang lebih sempit dan kecepatan lalu lintas yang lebih rendah.

Gambar 2, 3 dan 4 memperlihatkan pola fluktuasi volume, kecepatan dan kepadatan lalu lintas di ketiga lokasi penelitian. Dari gambar tersebut terlihat peningkatan volume dan kepadatan lalu lintas dimulai pada pagi hari pukul 07.00 – 09.00, seiring dengan peningkatan mobilitas masyarakat. Kemudian terjadi penurunan pada pukul 10.00 – 14.00 WIB, dan meningkat lagi pada sore hari pukul 15.00 – 18.00 WIB. Setelah pukul 20.00 terjadi penurunan volume dan kepadatan lalu lintas hingga dini hari yang dipengaruhi oleh penurunan aktivitas masyarakat. Fluktuasi ini hampir sama dengan fluktuasi konsentrasi gas NO₂ di atas. Titik puncak volume dan kepadatan lalu lintas ini terjadi pada pukul 07.00-08.00 pagi hari dan pada pukul 17.00-18.00 sore hari. Sebaliknya untuk kecepatan lalu lintas, kecepatan terendah terjadi pada siang hari dikarenakan volume dan kepadatan lalu lintas yang tinggi.

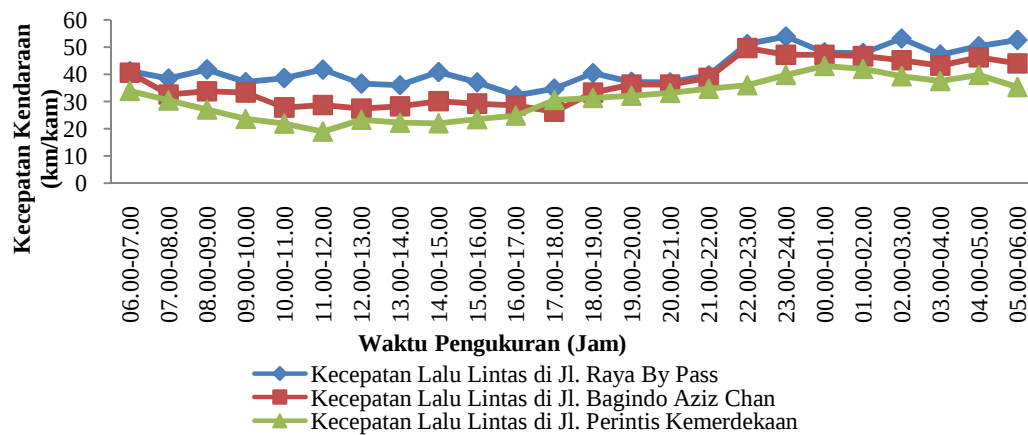
3.3 Pengaruh Karakteristik Lalu Lintas terhadap Konsentrasi Gas NO₂

Pengaruh karakteristik lalu lintas terhadap konsentrasi gas NO₂ di udara ambien *roadside* dilakukan dengan analisis regresi dan korelasi, Analisis regresi yang dilakukan bisa berupa analisis regresi linier (dengan satu atau lebih peubah bebas), maupun analisis regresi nonlinier. Dalam penelitian ini konsentrasi NO₂ merupakan variabel tak bebas sedangkan parameter karakteristik lalu lintas sebagai variabel bebas. Tabel 1 memperlihatkan korelasi

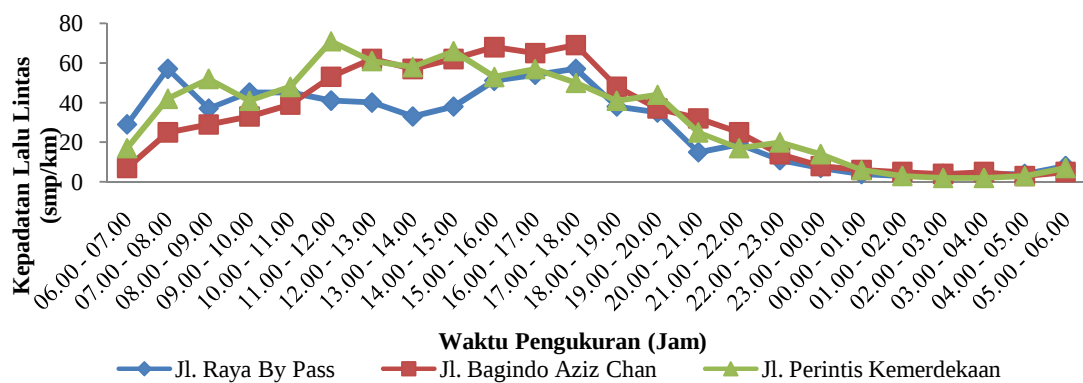
karakteristik lalu lintas dengan konsentrasi gas NO₂ di ketiga jalan. Dari tabel 1 terlihat karakteristik lalu lintas dengan konsentrasi gas NO₂ di udara ambien kawasan *roadside* Kota Padang memiliki hubungan yang sangat kuat dengan nilai korelasi (r.) berkisar antara 0,663 – 0,810 kecuali untuk hubungan kecepatan lalu lintas dengan konsentrasi gas NO₂ di Jl. Perintis Kemerdekaan yang memiliki hubungan kuat dengan nilai korelasi (r.) 0,663. Hubungan ini membentuk fungsi persamaan regresi eksponensial dan polynomial.



Gambar 2. Volume Lalu Lintas pada Lokasi Penelitian



Gambar 3. Kecepatan Lalu Lintas pada Lokasi Penelitian



Gambar 4. Kepadatan Lalu Lintas pada Lokasi Penelitian

Tabel 1. Korelasi Karakteristik Lalu Lintas dengan Konsentrasi Gas NO₂

Parameter	Tipe Regresi	Persamaan	R ²	r	Korelasi
Jalan Arteri Sekunder (Jl. Raya By Pass)					
Volume Lalu Lintas	Polinomial	$y = 9E-06x^2 + 0,0253x + 27,817$	0,899	0,948	sangat kuat
Kecepatan Lalu Lintas	Ekspensial	$y = 941,5e^{-0,064x}$	0,678	0,823	sangat kuat
Kepadatan Lalu Lintas	Polinomial	$y = 0,0087x^2 + 1,0834x + 28,958$	0,921	0,960	sangat kuat
Jalan Kolektor Sekunder (Jl. Bagindo Aziz Chan)					
Volume Lalu Lintas	Ekspensial	$y = 35,492e^{0,0006x}$	0,902	0,950	sangat kuat
Kecepatan Lalu Lintas	Ekspensial	$y = 352,29e^{-0,046x}$	0,741	0,861	sangat kuat
Kepadatan Lalu Lintas	Ekspensial	$y = 38,95e^{0,0163x}$	0,884	0,940	sangat kuat
Jalan Lokal Sekunder (Jl. Perintis Kemerdekaan)					
Volume Lalu Lintas	Ekspensial	$y = 30,452e^{0,001x}$	0,841	0,917	sangat kuat
Kecepatan Lalu Lintas	Polinomial	$y = -0,3847x^2 + 20,826x - 171,7$	0,440	0,663	kuat
Kepadatan Lalu Lintas	Polinomial	$y = -0,0381x^2 + 3,8269x + 18,703$	0,655	0,810	sangat kuat

4. KESIMPULAN

Dari penelitian ini didapatkan konsentrasi gas NO₂ rata-rata tertinggi terjadi di Jl. Perintis Kemerdekaan sebesar 84,31 µg/m³, selanjutnya Jl. Bagindo Aziz Chan 70,96 µg/m³ dan Jl. Raya By Pass 69,66 µg/m³. Konsentrasi gas NO₂ di udara ambien ini memiliki hubungan yang sangat kuat dengan karakteristik lalu lintas (volume, kecepatan dan kepadatan) dengan nilai korelasi (r.) berkisar antara 0,663 – 0,810. Hubungan ini membentuk fungsi persamaan regresi ekspensial dan polinomial.

DAFTAR PUSTAKA

- Gusnita, D. 2010. Transportasi Ramah Lingkungan dan Kontribusinya dalam Mengurangi Polusi Udara. Berita Dirgantara, Vol. 11, No. 2, Halaman 1.
- Hadiwidodo, M dan Huboyo, H.S. 2006. Pola Penyebaran Gas NO₂ di Udara Ambien Kawasan Utara Kota Semarang pada Musim Kemarau Menggunakan Program Iscst3. Jurnal Presipitasi, Vol.1, No.1, Issn 1907-187x, Halaman 1.
- Khisty, C.J dan Lall, B.K. 2005. Dasar Dasar Rekayasa Transportasi. Erlangga: Jakarta.
- Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI). 1997.

- Martuti, N.K.T. 2013. Peranan Tanaman terhadap Pencemaran Udara di Jalan Protokol Kota Semarang. Biosantifika Berkala Ilmiah Biologi, ISSN 2085-191X.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999, tentang Pengendalian Pencemaran Udara. Kementrian Lingkungan Hidup: Jakarta.
- Peraturan Pemerintah No. 34 Tahun 2006 tentang Jalan.
- Popescu, C.G., 2011. "Relation Between Vehicle Traffic And Heavy Metals Content From The Particulate Matters" Romanian Reports In Physics, vol. 63, no. 2, 47 –482
- Saepudin, A. dan Admono, T., 2005. "Kajian Pencemaran Udara Akibat Emisi Kendaraan Bermotor di DKI Jakarta." Teknologi Indonesia vol. 28 no.2, hal. 29-39
- SNI 19-7119.9-2005 tentang Penentuan Lokasi Pengambilan Contoh Uji Pemantauan Kualitas Udara Roadside. 2005. Badan Standarisasi Nasional: Jakarta
- Supriyadi, E. 2009. Penerapan Model Finite Length Line Source untuk Menduga Konsentrasi Polutan dari Sumber Garis (Studi Kasus: Jl. M.H. Thamrin, DKI Jakarta), Tugas Akhir. Institut Pertanian Bogor: Bogor.

ANALISIS KONSENTRASI PM₁₀ DI UDARA AMBIEN ROADSIDE JARINGAN JALAN SEKUNDER KOTA PADANG

Yenni Ruslinda

Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Univ. Andalas, Kampus Limau Manis, Padang-25163, Telp: (0751) 72497, yenni@ft.unand.ac.id

Hendra Gunawan

Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Univ. Andalas, Kampus Limau Manis, Padang-25163, Telp: (0751) 72497, hendra@ft.unand.ac.id

Noviade Nugraha

Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Univ. Andalas, Kampus Limau Manis, Padang-25163, Telp: (0751) 72497

Abstrak

PM₁₀ adalah partikel di udara ambien dengan ukuran aerodinamik < 10 µm yang berhubungan langsung dengan kesehatan manusia. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis konsentrasi PM₁₀ di udara ambien *roadside* jaringan jalan sekunder Kota Padang. Konsentrasi PM₁₀ diukur dengan metode gravimetri dengan alat sampling menggunakan *Low Volume Sampler* (LVS). Hasil penelitian didapatkan pola konsentrasi PM₁₀ di ketiga lokasi penelitian mulai meningkat pada pukul 04.00-08.00 WIB dan mencapai puncak pada pukul 08.00-12.00 WIB. Setelah pukul 12.00 WIB konsentrasi PM₁₀ cenderung menurun sampai titik terendah pada pukul 20.00-00.00 WIB. Konsentrasi PM₁₀ 24 jam rata-rata tertinggi di Jl. Raya By Pass sebesar 132,892 µg/m³ yang mewakili jalan arteri sekunder, selanjutnya di Jl. Bagindo Aziz Chan sebesar 99,318 µg/m³ yang mewakili jalan kolektor sekunder dan di Jl. Perintis Kemerdekaan sebesar 93,008 µg/m³ mewakili jalan lokal sekunder. Peningkatan konsentrasi PM₁₀ ini sejalan dengan peningkatan klasifikasi fungsi jalan di jaringan jalan sekunder.

Kata Kunci: jaringan jalan sekunder, kawasan *roadside*, PM₁₀, udara ambien.

1. PENDAHULUAN

Salah satu polutan yang diemisikan ke udara adalah jenis partikulat (partikel di udara), meskipun merupakan bagian terkecil dari total massa polutan yang teremisikan ke atmosfer, tetapi pengaruh-pengaruh yang ditimbulkannya lebih berbahaya dari jenis polutan lainnya. Pengaruh-pengaruh tersebut antara lain membahayakan kesehatan manusia, menurunkan kualitas lingkungan dan mempengaruhi kualitas material (Tanner, 2002). Jenis partikulat yang berhubungan langsung dengan kesehatan manusia adalah *Particulate Matter* 10 µm (PM₁₀) atau dikenal dengan *Inhalable Particulate Matter*. Partikel jenis ini dapat tersimpan (mengendap) di berbagai tempat dalam sistem pernapasan manusia selama proses bernafas (*mouth breathing*) dan dapat menimbulkan gangguan pada sistem pernapasan manusia. Sekitar 40 % dari partikel dengan ukuran 1-2 mikron dapat tertahan di *bronchioles* dan alveoli, sedangkan sekitar 50 % dari partikel berukuran 0,01-0,1 µm dapat menembus dan mengendap di kompartemen paru-paru. Studi epidemiologi yang telah dilakukan untuk menentukan hubungan antara konsentrasi ambien

partikulat dengan indikator kesehatan dijumpai 0,7 –1,6 % kematian meningkat dengan meningkatnya PM₁₀ setiap 10 µg/m³ (Hien, 2003).

Pengukuran konsentrasi PM₁₀ telah dilakukan pada beberapa kawasan di Kota Padang seperti kawasan domestik, komersial, industri dan institusi. Konsentrasi rata-rata PM₁₀ total 24 jam tertinggi di kawasan industri yaitu 103,493 µg/m³ dan terendah di kawasan domestik yaitu 27,863 µg/m³ (Rozaq, 2010). Namun belum dilakukan penelitian pada kawasan *roadside* Kota Padang, yang diduga juga memberikan kontribusi terbesar terhadap keberadaan PM₁₀ di udara ambien. Untuk itu dalam penelitian ini dilakukan pengukuran konsentrasi PM₁₀ di beberapa ruas jalan sekunder Kota Padang. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 34 Tahun 2006 tentang Jalan, sistem jaringan jalan sekunder merupakan sistem jaringan jalan dengan peranan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk masyarakat di dalam kawasan perkotaan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis konsentrasi PM₁₀ di udara ambien *roadside* jaringan jalan sekunder Kota Padang, sehingga dapat menjadi masukan bagi pencegahan dan pengendalian pencemaran udara dari sektor transportasi di Kota Padang.

2. STUDI PUSTAKA

Bahan pencemar dalam gas buang kendaraan bermotor adalah karbon monoksida (CO), berbagai senyawa hidrokarbon, oksida nitrogen (NO_x), sulfur (SO_x), dan partikulat debu termasuk timbal (Pb). Bahan bakar seperti hidrokarbon dan timbal organik, dilepaskan ke udara karena adanya penguapan dari sistem bahan bakar. Selain itu, lalu lintas kendaraan bermotor juga dapat meningkatkan kadar partikulat debu yang berasal dari permukaan jalan, komponen ban dan rem (Saepudin, A. dan Admono, T., 2005).

Salah satu jenis partikulat debu yang diemisikan adalah PM₁₀. PM₁₀ merupakan partikulat yang berukuran kecil dari 10 µm. PM₁₀ terdiri atas partikel halus berukuran kecil dari 2,5 µm dan sebagian partikel kasar yang berukuran 2,5 µm sampai 10 µm. Partikel-partikel ini terdiri dari berbagai ukuran, bentuk dan ratusan bahan kimia yang berbeda. PM₁₀ berasal dari debu jalan, debu konstruksi, pengangkutan material, buangan kendaraan dan cerobong asap industri, aktivitas *crushing* dan *grinding*. (USEPA, 2013a). Nilai angka baku mutu ambien konsentrasi PM₁₀ sesuai dengan PP No.41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara adalah 150 µg/m³ untuk pengukuran selama 24 jam.

Pengambilan sampel PM₁₀ di udara ambien dilakukan dengan metode filtrasi menggunakan alat *Low Volume Sampler* (LVS). Prinsip kerja alat ini adalah menyaring partikulat pada filter dengan cara melewatkan udara melalui pompa penghisap udara dengan laju 20 L/menit. Filter yang digunakan sebagai media penyaring partikulat adalah filter *fiber glass*. Selanjutnya dilakukan analisis konsentrasi PM₁₀ dengan metode gravimetri yaitu menimbang berat partikulat yang tertahan di permukaan filter (selisih berat filter sesudah dan sebelum sampling) menggunakan neraca analitik. Setelah penimbangan filter kemudian dilakukan perhitungan PM₁₀ dengan menghitung volume udara yang dihisap (Vs) pada persamaan 1, volume udara pada keadaan standar (Vstp) pada persamaan 2 dan selanjutnya konsentrasi PM₁₀ didapatkan dari persamaan 3 (Lodge, J.P, 1989)

$$V_s = \frac{(Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n) \times t}{n} \quad (1)$$

Keterangan:

V_s = volume udara yang disampling (liter/menit)

Q₁ = debit udara dua jam pertama (liter/menit)

Q₂ = debit udara dua jam kedua (liter/menit)

Q_n = debit udara dua jam ke-n (liter/menit)

t = waktu sampling (menit)

$$V_{stp} = \frac{P_s \times V_s \times T_{stp}}{T_s \times P_{stp}} \quad (2)$$

Keterangan :

P_s = tekanan udara saat sampling (mmHg)

V_s = volume udara saat sampling (m³)

T_s = temperatur udara saat sampling (°C)

P_{stp} = tekanan udara dalam keadaan standar (mmHg)

V_{stp} = volume udara dalam keadaan standar (m³)

T_{stp} = temperatur udara dalam keadaan standar (°C)

$$C = \frac{(W_t - W_0) \times 10^6}{V_{stp}} \quad (3)$$

Keterangan:

C = konsentrasi PM₁₀ (µg/m³)

W₀ = berat awal filter (gram)

W_t = berat akhir filter (gram)

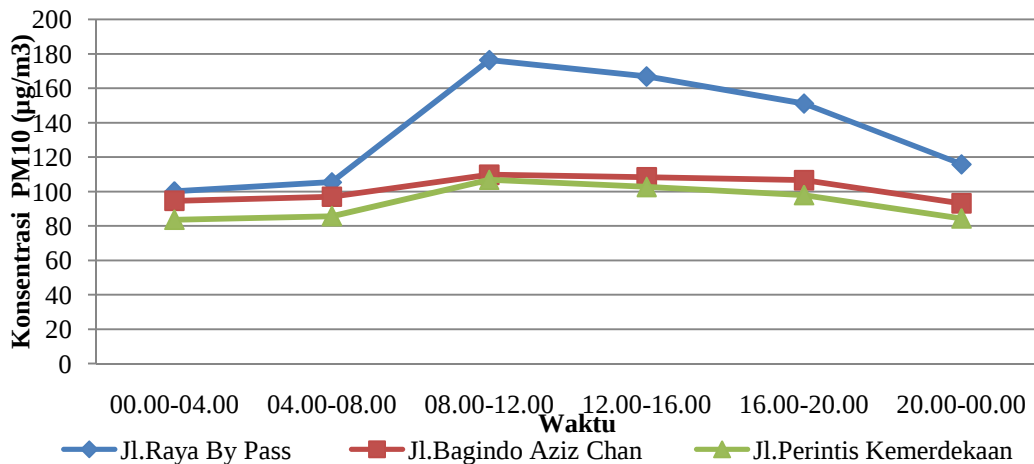
V_{STP} = volume udara terhisap setelah dikoreksi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran konsentrasi PM₁₀ di udara ambien kawasan *roadside* Kota Padang dilakukan di jaringan jalan sekunder Kota Padang yang diwakili oleh Jl. Raya By Pass sebagai jalan arteri sekunder, Jl. Bagindo Aziz Chan sebagai jalan kolektor sekunder dan Jl. Perintis Kemerdekaan sebagai jalan lokal sekunder. Pengukuran dilakukan berdasarkan SNI-19-7119.9-2005 tentang Penentuan Lokasi Pengambilan Contoh Uji Pemantauan Kualitas Udara *Roadside*. Sampling dilakukan setiap empat jam selama dua hari pada masing-masing ruas jalan dengan rentang waktu sebagai berikut 00.00-04.00 WIB, 04.00-08.00 WIB, 08.00-12.00 WIB, 12.00-16.00 WIB, 16.00-20.00 WIB dan 20.00-00.00 WIB. Pengambilan sampel PM₁₀ dalam penelitian ini dilakukan dengan alat LVS dan analisis konsentrasi PM₁₀ dengan alat neraca analitik.

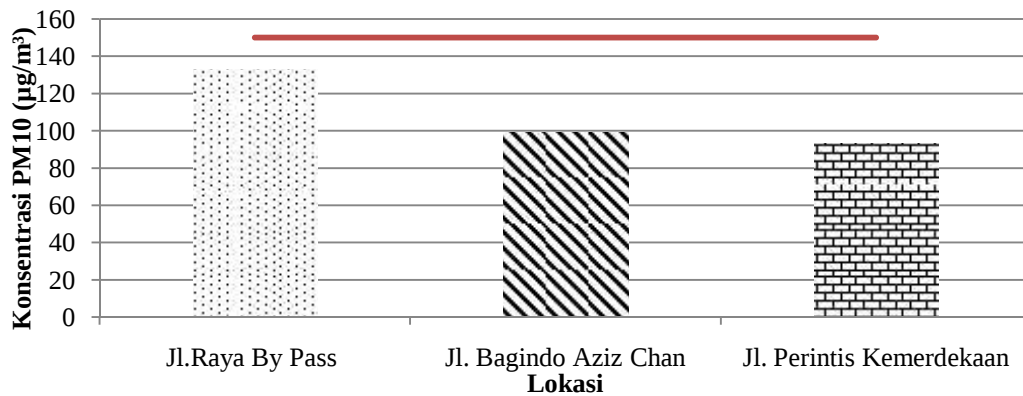
Dari hasil pengukuran didapatkan konsentrasi PM₁₀ di Jl. Raya By Pass berkisar antara 99,990 µg/m³ – 176,262 µg/m³, di Jl. Bagindo Aziz Chan 94,655 µg/m³ – 109,663 µg/m³ dan di Jl Perintis Kemerdekaan 83,616 µg/m³ – 106,794 µg/m³. Pola konsentrasi PM₁₀ di ketiga lokasi penelitian mulai meningkat pada pukul 04.00-08.00 WIB dan mencapai puncak pada pukul 08.00-12.00 WIB yaitu sebesar 176,262 µg/m³ untuk Jl. Raya By Pass, 109,663 µg/m³ untuk Jl. Bagindo Aziz Chan dan 106,794 µg/m³ untuk Jl. Perintis

Kemerdekaan. Peningkatan konsentrasi PM₁₀ di kawasan *roadside* ini seiring dengan peningkatan mobilitas masyarakat dalam memulai aktivitas, sehingga penggunaan kendaraan bermotor juga meningkat. Setelah pukul 12.00 WIB konsentrasi PM₁₀ cenderung menurun sampai titik terendah pada pukul 20.00-00.00 WIB. Hal ini juga dipengaruhi oleh penurunan mobilitas masyarakat dalam penggunaan transportasi, yang terlihat dari berkurangnya jumlah kendaraan yang melewati ketiga jalan. Pola konsentrasi PM₁₀ di ketiga lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pola Konsentrasi Partikulat PM₁₀ di Ketiga Lokasi Penelitian

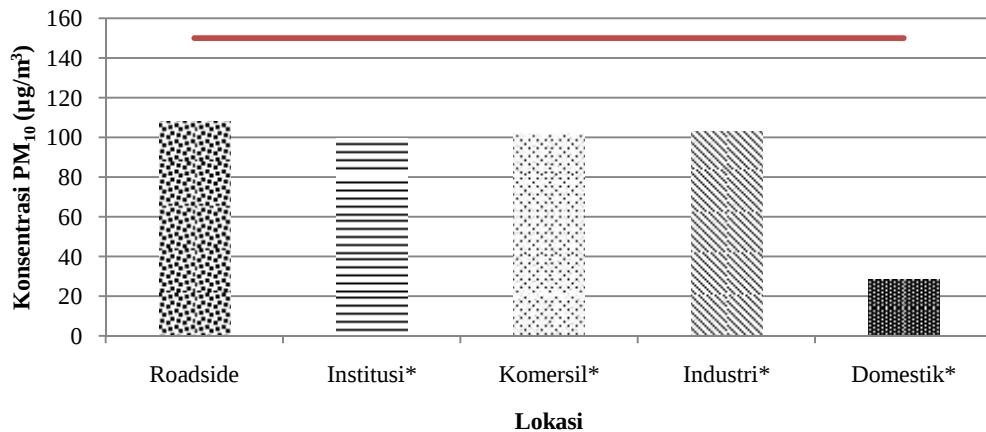
Untuk membandingkan konsentrasi PM₁₀ di lokasi penelitian dengan baku mutu diharuskan konsentrasi PM₁₀ dalam pengukuran 24 jam. Dalam penelitian ini, pengukuran konsentrasi PM₁₀ 24 jam dilakukan perhitungan pendekatan yaitu merata-ratakan hasil pengukuran konsentrasi PM₁₀ rentang waktu 4 jam. Hasil pengukuran konsentrasi PM₁₀ 24 jam di ketiga lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 2. Konsentrasi rata-rata PM₁₀ 24 jam di Jl. Raya By Pass sebesar 132,892 µg/m³, di Jl. Bagindo Aziz Chan sebesar 99,318 µg/m³ dan di Jl. Perintis Kemerdekaan sebesar 93,008 µg/m³. Konsentrasi rata-rata PM₁₀ di jaringan jalan sekunder Kota Padang masih berada di bawah baku mutu yang ditetapkan dalam PP No.41 Tahun 1999, sebesar 150 µg/m³. Namun hasil pengukuran untuk Jl. Raya By Pass memperlihatkan konsentrasi PM₁₀ hampir mendekati baku mutu. Oleh karena itu, perlu dilakukan pemantauan yang berkelanjutan agar dapat dilakukan upaya pencegahan dan pengendalian pencemaran udara di lokasi ini.



Gambar 2. Perbandingan Konsentrasi PM₁₀ di Ketiga Lokasi Penelitian dengan Baku Mutu Udara Ambien

Dari Gambar 1 dan Gambar 2 terlihat konsentrasi PM₁₀ rata-rata tertinggi terjadi di Jl. Raya By Pass yang mewakili jalan arteri sekunder, selanjutnya di Jl. Bagindo Aziz Chan yang mewakili jalan kolektor sekunder dan terakhir di Jl. Perintis Kemerdekaan yang mewakili jalan lokal sekunder. Hal ini berarti dalam penelitian ini diperoleh peningkatan konsentrasi PM₁₀ sejalan dengan peningkatan klasifikasi fungsi jalan di jaringan jalan sekunder sekunder, yang diperkirakan dipengaruhi oleh volume lalu lintas pada masing-masing ruas jalan.

Dari penelitian Rozaq tahun 2010 dihasilkan konsentrasi PM₁₀ di beberapa kawasan institusi, komersil, industri dan domestik di Kota Padang. Konsentrasi rata-rata PM₁₀ kawasan institusi (Kawasan Jl. Sudirman) yaitu 99,635 µg/m³, kawasan komersil (Kawasan Pasar Raya) yaitu 101,912 µg/m³, kawasan industri (Kawasan Lubuk Begalung) 103,117 µg/m³ serta kawasan domestik (Kawasan Balai Baru) yaitu 28,36 µg/m³. Dari penelitian tersebut konsentrasi PM₁₀ rata-rata masih berada di bawah baku mutu udara ambien yang ditetapkan dalam PP No.41 Tahun 1999, sebesar 150 µg/m³. Dibandingkan dengan penelitian ini yang dilakukan di kawasan *roadside* didapatkan konsentrasi rata-rata PM₁₀ sebesar 110,278 µg/m³, konsentrasi PM₁₀ di kawasan *roadside* lebih tinggi dari kawasan institusi, komersil, industri dan domestik. Tingginya konsentrasi PM₁₀ pada kawasan *roadside* dikarenakan buangan kendaraan bermotor menjadi sumber utama pencemaran udara ambien di areal perkotaan. Hal yang sama juga dikemukakan oleh Gusnita (2010) bahwa emisi transportasi terbukti sebagai penyumbang pencemaran udara tertinggi di Indonesia yaitu sekitar 85%. Perbandingan konsentrasi PM₁₀ di masing-masing kawasan di Kota Padang dapat dilihat pada Gambar 3. Hal ini berarti kawasan *roadside* berpotensi menimbulkan pencemaran udara di perkotaan, khususnya untuk pencemar partikulat.



Gambar 3 Perbandingan Konsentrasi Rata-Rata PM₁₀ di Kawasan *Roadside* dengan Kawasan Institusi, Komersil, Industri dan Domestik

4. KESIMPULAN

Dari penelitian ini didapatkan pola konsentrasi PM₁₀ di ketiga lokasi penelitian mulai meningkat pada pukul 04.00-08.00 WIB dan mencapai puncak pada pukul 08.00-12.00 WIB. Setelah pukul 12.00 WIB konsentrasi PM₁₀ cenderung menurun sampai titik terendah pada pukul 20.00-00.00 WIB. Konsentrasi PM₁₀ 24 jam rata-rata tertinggi adalah di Jl. Raya By Pass sebesar 132,892 µg/m³ yang mewakili jalan arteri sekunder, selanjutnya di Jl. Bagindo Aziz Chan sebesar 99,318 µg/m³ yang mewakili jalan kolektor sekunder dan di Jl. Perintis Kemerdekaan sebesar 93,008 µg/m³ mewakili jalan lokal sekunder. Konsentrasi ini masih berada dibawah baku mutu udara ambien yang ditetapkan dalam PP No.41 Tahun 1999.. Peningkatan konsentrasi PM₁₀ sejalan dengan peningkatan klasifikasi fungsi jalan di jaringan jalan sekunder. Konsentrasi PM₁₀ di kawasan *roadside* juga lebih tinggi dari pada kawasan institusi, komersil, industri dan domestik hasil penelitian terdahulu.

DAFTAR PUSTAKA

- Hien et al., 2003. Source of PM₁₀ in Hanoi and Implications for Air Quality Management http://www.Cleanairnet.Org/baq2003/1496/articles_58117_resource_1.doc di akses tanggal 3 maret 2011
- Gusnita, D. 2010. Transportasi Ramah Lingkungan dan Kontribusinya dalam Mengurangi Polusi Udara. Berita Dirgantara, Vol. 11, No. 2, Halaman 1.
- Lodge, J.P, 1989. Methods of Air Sampling and Analysis, 3rd edition, Intersociety Committee, AWMA-ACS-AICHe- APWA-ASME- AOAC-HPS-ISA, Lewis Publisher, Michigan.
- Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI). 1997. Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga, Jakarta.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999, tentang Pengendalian Pencemaran Udara. Kementrian Lingkungan Hidup: Jakarta.

Peraturan Pemerintah No. 34 Tahun 2006 tentang Jalan.

Rozaq, ZA. 2010. Konsentrasi dan Komposisi Kimia PM₁₀ di Udara Ambien Kawasan Institusi, Komersil, Industri, dan Domestik Kota Padang. Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Andalas : Padang

Saepudin, A. dan Admono, T., 2005. “Kajian Pencemaran Udara Akibat Emisi Kendaraan Bermotor di DKI Jakarta.” Teknologi Indonesia vol. 28 no.2, hal. 29-39

SNI 19-7119.9-2005 tentang Penentuan Lokasi Pengambilan Contoh Uji Pemantauan Kualitas Udara Roadside. 2005. Badan Standarisasi Nasional: Jakarta

Tanner et al., 2002. Chemical Compotition of Fine Particles. [www. epa.gov. com](http://www.epa.gov.com) diakses tanggal 5 April 2011

USEPA. 2013a. Basic Information Particulate Matter (PM). <http://www.epa.gov/pm/basic.html> diunduh pada 10 September 2013

EVALUASI KINERJA RUAS JALAN PERKOTAAN

(STUDI KASUS: JALAN SAMUDERA PADANG)

Titi Kurniati

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas, Padang, titi@ft.unand.ac.id

Arif Aulia Rahman

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas, Padang

Abstrak

Pertumbuhan jumlah kendaraan yang tinggi dan tidak seimbang dengan peningkatan prasarana jalan berdampak pada masalah lalu lintas di jalan raya, yaitu kemacetan, seperti yang terjadi pada jalan Samudera. Studi ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja ruas jalan Samudera yang merupakan jalan 2 lajur 2 arah tak terbagi. Survey dilaksanakan dua hari yaitu pada hari Kamis, 14 November 2013 dan Sabtu, 16 November 2013. Survei volume lalu lintas dan hambatan samping dilakukan secara manual untuk setiap arah lalu lintas, dan survei kecepatan kendaraan dengan bantuan alat pencatat kecepatan Speedgun. Metode yang digunakan untuk menganalisis kinerja jalan berpedoman kepada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997. Dari hasil analisis kondisi saat ini diperoleh derajat kejenuhan (DS) = 0,77 dan kecepatan kendaraan ringan 24,2 km/jam, angka derajat kejenuhan sudah melewati batas maksimum yang disyaratkan MKJI 1997 yaitu 0,75. Dalam kondisi ini sudah perlu adanya upaya untuk meningkatkan kinerja ruas jalan. Upaya – upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah dalam kondisi saat ini yaitu dengan cara memberlakukan arus tanpa kendaraan berat sehingga diperoleh derajat kejenuhan 0,75, dengan memberlakukan arus tanpa angkot diperoleh derajat kejenuhan 0,70. Selanjutnya dengan cara memberlakukan arus satu arah diperoleh derajat kejenuhan 0,45.

Kata Kunci : Kinerja, derajat kejenuhan, kecepatan

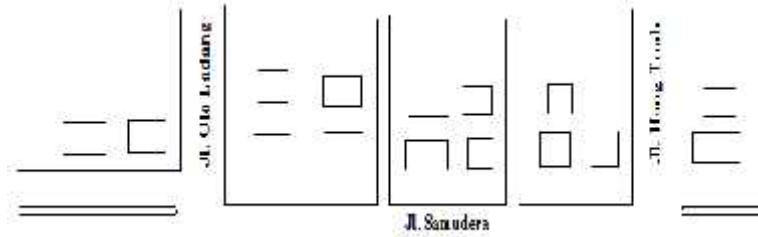
1. PENDAHULUAN

Untuk mengatasi masalah kemacetan di sekitar pusat aktivitas di kota Padang, pemerintah telah mengambil tindakan rekayasa lalu lintas yaitu dengan pemberlakuan jalan satu arah pada ruas jalan yang paralel dengan jalan Samudera. Jalan Samudera merupakan tipe jalan dua lajur dua arah tak terbagi menjadi alternatif tujuan akibat kebijakan itu baik menuju dan meninggalkan pusat kota. Hal ini tentunya berakibat peningkatan jumlah lalu lintas di jalan Samudera, sehingga mempengaruhi kinerja ruas jalan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi kinerja ruas jalan Samudera.

2. METODOLOGI

2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian di kota Padang, pada ruas jalan Samudera tipe dua lajur dua arah tak terbagi (2/2 UD) seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

2.2 Sumber Data

1. Data primer yaitu data volume lalu lintas, kecepatan kendaraan, hambatan samping untuk dua arah, dan data geometrik jalan.
2. Data volume lalu lintas diperoleh dengan cara menghitung langsung jumlah kendaraan yang melewati titik pengamatan dengan menggunakan *counter*. Survei dilakukan oleh dua surveyor pada titik pengamatan untuk setiap arah lalu lintas, dimana setiap surveyor akan menghitung tiap jenis kendaraan berdasarkan klasifikasi kendaraan. Jenis kendaraan yang diamati adalah: sepeda motor (MC), kendaraan ringan (LV) dan kendaraan berat (HV).
3. Survei kecepatan kendaraan menggunakan alat *Speedgun*. Survey dilakukan 2 orang surveyor yang masing-masing mengukur kecepatan berdasarkan jenis kendaraan menggunakan *speedgun*.
4. Survei hambatan samping dilakukan dengan cara menghitung langsung setiap tipe kejadian per jam per 200 meter pada lajur jalan yang diamati. Tipe kejadian yaitu jumlah pejalan kaki berjalan atau menyeberang sepanjang segmen jalan, jumlah kendaraan berhenti atau parkir, jumlah kendaraan bermotor yang masuk dan keluar dari lahan samping jalan, arus kendaraan yang bergerak lambat.
5. Data sekunder yang diperlukan adalah tingkat pertumbuhan jumlah kendaraan dan jumlah penduduk kota Padang dari data BPS.

2.3 Teknik Analisis Data

Dalam menganalisis data, diawali proses dengan melakukan penghitungan terhadap kinerja ruas jalan berdasarkan MKJI 1997. Adapun yang dihitung adalah kapasitas jalan, derajat kejenuhan dan kecepatan arus bebas. Hasil perhitungan dianalisis apakah perilaku arus lalu lintas melebihi standar yang ditetapkan. Selanjutnya dilakukan penerapan rekayasa lalu lintas untuk memperbaiki kinerja arus lalu lintas ruas jalan tersebut.

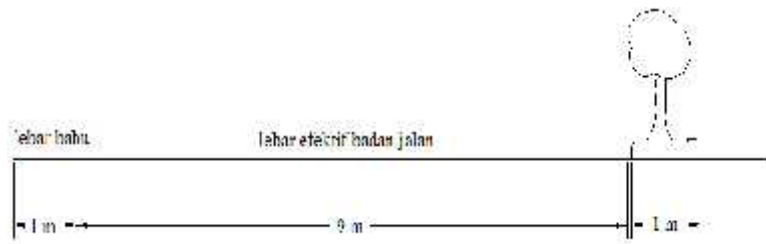
3. HASIL, ANALISA, DAN PEMBAHASAN

3.1 Geometrik Jalan

Hasil pengukuran geometrik jalan sebagai berikut atau terlihat pada Gambar 2.

Tipe Jalan : Dua lajur tak terbagi (2/2 UD), dengan lebar jalur efektif : 9 m. Lebar bahu efektif karena di lokasi survey hanya terdapat pada satu sisi, maka bahu rata – rata adalah

setengah lebar bahu tersebut yaitu 0.5 m (sebelah Barat). Jarak kerb–penghalang < 0,5 m (sebelah Timur)

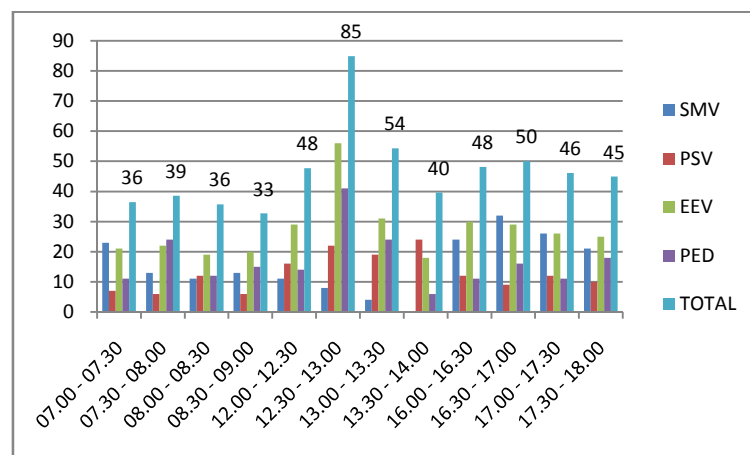


Gambar 2. Penampang Melintang Jalan Lokasi Studi

3.2 Hambatan Samping

Jumlah kejadian hambatan samping maksimum pada ruas jalan Samudera terjadi pada hari Kamis, 14 November 2013 yaitu 139 kejadian/jam dengan komposisi frekwensi berbobot 5 kendaraan lambat (SMV), 41 kendaraan parkir/berhenti (PSV), 60 kendaraan keluar/masuk (EEV), dan 33 pejalan kaki (PED).

Berdasarkan MKJI 1997 kelas hambatan samping pada jalan Samudera termasuk dalam kelas **Rendah** karena berada dalam rentang 100 – 299 kejadian/jam.



Gambar 3. Frekwensi Kejadian Hambatan Samping Maksimum

3.3 Volume Lalu lintas

Hasil analisis terhadap volume lalu lintas dari tiga jam sibuk (jam sibuk pagi 7.00-9.00, jam sibuk siang 12.00-14.00, dan jam sibuk sore 16.00-18.00 WIB) untuk dua hari diperoleh volume lalu lintas maksimum dalam satuan smp/jam pada ruas jalan Samudera terjadi pada hari Kamis pukul 16.15 – 17.15 yaitu sebanyak 2101 smp/jam seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 3.1. Arus lalu lintas maksimum

WAKTU	Arah	JENIS KENDARAAN			Q TOTAL (smp/jam)	Arah (%)
		MC (smp/jam)	LV (smp/jam)	HV (smp/jam)		
16.15 -	arah ke Jl. Olo Ladang	345	1075	38	1458	69.40
17.15	arah ke Jl. Hang Tuah	282	347	14	643	30.60
Total		626	1422	53	2101	

Sumber: Hasil Analisis

3.4 Kecepatan Kendaraan Ringan

Data kecepatan rata-rata dalam hal ini untuk kendaraan ringan (LV) yang diperoleh dari hasil survey menggunakan alat pengukur kecepatan *speedgun* dianalisa untuk kondisi jam puncak sesuai hasil volume lalu lintas maksimum. Data tersebut kemudian dihitung menjadi kecepatan rata-rata ruang (SMS). Hasilnya kecepatan rata-rata ruang kendaraan ringan saat arus puncak pada pukul 16.15 – 17.15 pada jalan Samudera yaitu 23,7 km/jam.

3.5 Analisa Kinerja Ruas Jalan Kondisi Eksisting

Evaluasi kinerja jalan berdasarkan MKJI 1997 dengan meninjau derajat kejenuhan (DS) dan kecepatan arus bebas kendaraan ringan pada saat jam puncak. Hasilnya terlihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.2. Kinerja Ruas Jalan pada Jam Puncak

Kapasitas (C) smp/jam	Volume (smp/jam)	Derajat Kejenuhan (DS)	Kecepatan arus bebas (km/jam)	SMS (km/jam)
2729	2101	0,77	42,4	23,7

Sumber: Hasil Analisis

Penilaian terhadap perilaku lalu lintas menunjukkan Derajat Kejenuhan (DS) sudah melebihi batas 0,75 dan kecepatan kendaraan ringan di lapangan berkurang 44,10 % dari kecepatan arus bebas perhitungan. Hal ini menjadi indikator untuk dilakukan perbaikan kinerja jalan tersebut.

3.6 Prediksi Kinerja Jalan dengan Penerapan Manajemen Lalu Lintas

Pada tahap ini selain dilakukan penerapan manajemen lalu lintas untuk perbaikan kinerja jalan, juga dilakukan prediksi kinerja jalan sampai lima tahun kedepan. Dari data sekunder diperoleh pertumbuhan jumlah kendaraan di kota Padang dari tahun 2007 – 2012. Data tersebut dirata-rata sehingga diperoleh pertumbuhan per tahun yaitu sepeda motor 5,33%, kendaraan ringan 5,32%, dan kendaraan berat rata-rata 5,47%. Pertumbuhan lalu lintas tiap jenis kendaraan per tahun diperoleh.

Tabel 3.3 sampai Tabel 3.6 merupakan hasil prediksi kinerja jalan Samudera dengan penerapan berbagai teknik manajemen lalu lintas

Tabel 3.3. Prediksi Kinerja Ruas Jalan Samudera hingga Tahun 2018

Tahun	Arus Lalu Lintas Q (smp/jam) (1)	kapasitas C (smp/jam) (2)	Derajat Kejenuhan DS (1)/(2)
2013	2101	2729	0.77
2014	2213	2729	0.81
2015	2331	2729	0.85
2016	2455	2729	0.90
2017	2586	2729	0.95
2018	2724	2729	1.00

Sumber : Hasil analisis

Tabel 3.4. Prediksi Kinerja Ruas Jalan Samudera Tanpa kendaraan Berat

Tahun	Arus Lalu Lintas Q (smp/jam) (1)	kapasitas C (smp/jam) (2)	Derajat Kejenuhan DS (1)/(2)
2013	2048	2729	0.75
2014	2157	2729	0.79
2015	2272	2729	0.83
2016	2393	2729	0.88
2017	2520	2729	0.92
2018	2655	2729	0.97

Sumber : Hasil analisis

Tabel 3.5. Prediksi Kinerja Ruas Jalan Samudera Tanpa Angkot

Tahun	Arus Lalu Lintas Q (smp/jam) (1)	kapasitas C (smp/jam) (2)	Derajat Kejenuhan DS (1)/(2)
2013	1914	2729	0.70
2014	2016	2729	0.74
2015	2123	2729	0.78
2016	2237	2729	0.82
2017	2356	2730	0.86
2018	2481	2731	0.91

Sumber : Hasil analisis

Tabel 3.6. Prediksi Kinerja Ruas Jalan Samudera Pemberlakuan Arus Satu Arah (arah Jl.Olo Ladang)

Tahun	Arus Lalu Lintas Q (smp/jam) (1)	kapasitas C (smp/jam) (2)	Derajat Kejenuhan DS (1)/(2)
2013	1458	3218	0.45
2014	1536	3218	0.48
2015	1618	3218	0.50
2016	1704	3218	0.53
2017	1794	3218	0.56
2018	1890	3218	0.59

Sumber : Hasil analisis

Dari hasil evaluasi kinerja jalan kondisi eksisting sampai tahun 2015 sudah memerlukan tindakan perbaikan. Hal ini dapat ditunjukkan tidak saja dengan indikator nilai DS yang mulai berada pada kondisi arus tidak stabil tetapi juga dengan cukup rendahnya kecepatan

rata-rata ruang di ruas tersebut yang dapat berakibat kemacetan. Perbaikan dengan pelarangan kendaraan tertentu (kendaraan berat atau angkot) melewati lokasi studi ternyata tidak memperbaiki tingkat kinerja.

4. KESIMPULAN

Hasil evaluasi terhadap kinerja jalan pada tahun dilaksanakan studi (tahun 2013) ditinjau dari parameter derajat kejenuhan($DS=0,77$) dan kecepatan kendaraan 23,7 km/jam yang berkurang 44,1% dari kecepatan arus bebas menunjukkan jalan Samudera memerlukan perbaikan kinerja.

Tindakan perbaikan yang mungkin untuk jangka waktu lima tahun (sampai 2018) adalah dengan pemberlakuan jalan satu arah, arah ke jalan Olo Ladang dilihat dari komposisi arah sebesar 69,4% ke arah tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

Bina Marga, 1997, *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*, Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia, Jakarta, Indonesia.

Bina Marga, 1970, *Peraturan Perencanaan Geometri Jalan Raya No.13 tahun 1970*, Direktorat Jendral Bina Marga, Jakarta.

Website Pemerintah Kota Padang, Dinas Perhubungan Komunikasi dan Informatika

www.padang.go.id/index.php?option=com_content&view=article&id=198Itemid=58 (diakses 24 November 2013)

PERKUATAN STRUKTUR BANGUNAN MESJID NURUL ILMI MENGGUNAKAN METODE *JACKETING*

Fauzan

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas, Padang, fauzanrn@yahoo.com

Febrin Anas Ismail

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas, Padang, febrin@yahoo.com

Nugrafindo Yanto

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas, Padang, nugrafindo@yahoo.com

Imelia Faradiza

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas, Padang, imeliafaradiza@gmail.com

Siska Apriwelni

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas, Padang, siskaapriwelni@gmail.com

Abstrak

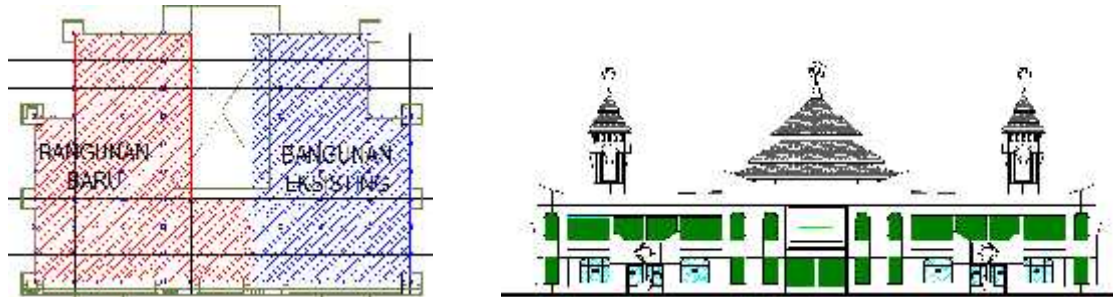
Mesjid Nurul Ilmi merupakan salah satu sarana ibadah yang berada di lingkungan Universitas Andalas. Seiring dengan pengembangan kampus dan jumlah mahasiswa, maka dibutuhkan peningkatan kapasitas dari Mesjid Nurul Ilmi. Pada tahun 2008-2009 dilakukan perencanaan perluasan pada bangunan mesjid dengan kapasitas yang lebih besar. Pembangunan sisi kanan mesjid dilakukan pada tahun 2009 yang perencanaannya menggunakan peraturan gempa tahun 2002 (SNI 1726:2002). Pada tahun 2014 pembangunan sisi kiri mesjid dilaksanakan dimana perencanaannya sudah mengacu standar gempa terbaru yaitu SNI 03-1726-2012. Selanjutnya pihak Universitas Andalas merencanakan untuk menyambungkan sisi kanan dengan sisi kiri mesjid yang akan dilaksanakan pada tahun 2015. Berhubung bangunan sisi kanan mesjid direncanakan dengan mengacu kepada peraturan gempa lama (SNI 1726:2002) sehingga perlu dilakukan evaluasi kekuatan struktur dengan mengacu kepada peraturan yang berlaku saat ini yaitu SNI 03-1726-2012. Berdasarkan hasil analisis, struktur bangunan sisi kanan tidak cukup kuat untuk menahan kombinasi beban-beban yang bekerja pada struktur. Oleh karenanya, perlu dilakukan perkuatan pada struktur gedung tersebut. Metode perkuatan yang direkomendasikan adalah metode *jacketing* yaitu metode perkuatan elemen struktur dengan cara memperbesar penampang dan menambahkan tulangan. Metode *jacketing* dilaksanakan pada setiap kolom bangunan sisi kanan mesjid. Berdasarkan hasil analisis kapasitas penampang kolom, metode *jacketing* cukup efektif untuk meningkatkan kapasitas kolom serta mereduksi gaya-gaya dalam dan perpindahan yang terjadi pada struktur mesjid.

Kata Kunci : kolom, gempa, analisis struktur, perkuatan, *jacketing*

1. PENDAHULUAN

Mesjid Nurul Ilmi merupakan tempat ibadah yang digunakan mahasiswa, dosen, dan karyawan yang berada di lingkungan kampus Universitas Andalas. Seiring dengan bertambahnya jumlah mahasiswa di Universitas Andalas, sehingga diperlukan mesjid yang dapat menampung lebih banyak jemaah. Pada tahun 2008 sampai 2009 dilakukan perencanaan perluasan pada bangunan mesjid dengan kapasitas yang lebih besar agar dapat menampung jemaah yang terus meningkat setiap tahunnya. Pada tahun 2009 sisi kanan mesjid dibangun dimana perencanaannya menggunakan acuan standar gempa SNI 03-1726-

2002 (BSN, 2002). Pada tahun 2014 dilaksanakan pembangunan sisi kiri masjid yang perencanaannya menggunakan acuan standar gempa terbaru yaitu SNI 03-1726-2012 (BSN, 2012). Selanjutnya pihak Universitas Andalas juga merencanakan untuk menyambungkan bangunan lama (sisikanan) dengan bangunan baru (sisikiri). Denah bangunan masjid Nurul Ilmi dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Denah dan Tampak Bangunan Masjid Nurul Ilmi

Sebelum pelaksanaan penyambungan sisi kanan dan sisi kiri masjid, perlu dilakukan evaluasi kelayakan struktur bangunan lama (sisi kanan) masjid. Jika bangunan lama tidak mampu memikul beban struktur yang bekerja berdasarkan bebangempa SNI 03-2847-2012 maka perlu diberikan perkuatan terhadap struktur bangunan terlebih dahulu.

2. ANALISIS STRUKTUR BANGUNAN MESJID

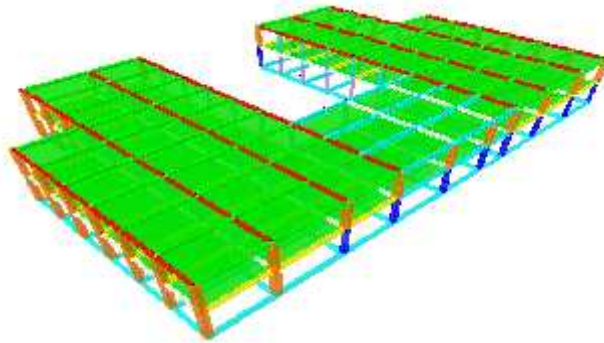
Sebelum dilakukan analisis terhadap struktur bangunan masjid perlu dilakukan pengumpulan data dan informasi mengenai struktur gedung. Data awal yang didapatkan yaitu gambar perencanaan gedung masjid Nurul Ilmi Universitas Andalas.

2.1 Mutu Beton dan Detail Tulangan

Untuk mendapatkan mutu beton bangunan sisi kanan masjid, dilakukan pengujian dengan melakukan *hammer test*. Hasil *hammer test* menunjukkan bahwa mutu beton kolom yaitu beton K-250. Sementara itu, jumlah tulangan didapatkan dengan melakukan pengujian dengan alat *ferroscan*. Mutu tulangan yang digunakan untuk analisis yaitu tulangan ($f_y = 350$ MPa).

2.2 Analisis Struktur

Berdasarkan data-data yang telah dijelaskan sebelumnya serta berdasarkan fungsi dan lokasi bangunan, struktur gedung masjid Nurul Ilmi selanjutnya dimodelkan (**Gambar 2**) dan dianalisa dengan bantuan *software* analisis struktur ETABS 9.7.4 (CSI, 2005). Analisis beban gempa menggunakan analisis dinamis (respon spektrum) gempa untuk Kota Padang berdasarkan Spektra Gempa SNI 03-1726-2012, dimana respon spektrum gempa untuk analisis berdasarkan koordinat global lokasi gedung tersebut. Setelah analisis struktur dilakukan, selanjutnya dilakukan analisis kapasitas penampang balok dan kolom.



Gambar2. Pemodelan Struktur Mesjid Nurul Ilmi

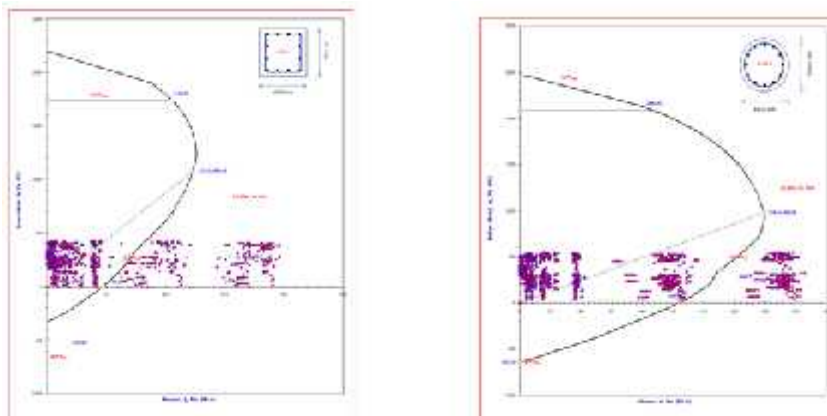
2.3 Kapasitas Penampang Balok dan Kolom

Kapasitas lentur balok berdasarkan hasil analisis struktur sudah mencukupi sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kapasitas Lentur Balok

No	Kode Balok	Dimensi		Tulangan Terpasang		Momen		Keterangan
		Lebar	Tinggi	Tarik	Tekan	Ultimate	Maksimum	
1	Lantai 1 B1 30 X 60	300	600	5 D 19	3 D 19	20.319	15.24	OK

Diagram interaksi pada kolom digambarkan oleh grafik hubungan antara momen dan beban aksial kolom. Dari Gambar3 terlihat gaya dalam yang bekerja pada kolom melebihi kapasitas dari kolom bangunan tersebut. Dapat disimpulkan bahwa kolom struktur bangunan masjid Nurul Ilmi tidak mampu memikul beban yang bekerja. Untuk kapasitas daya dukung geser kolom sudah mencukupi sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 2.2.



Gambar 3. Diagram Interaksi P-M Kolom Sisi Kanan Mesjid

Tabel 2.2. Kapasitas Daya Dukung Geser Kolom Eksisting

No	Kode	Dimensi (mm)		Tulangan Lentur	Tulangan Geser		Tulangan Geser Terpasang		Keterangan
					Diameter	Spasi(cm)	Diameter	Spasi(cm)	
lantai 1									
1	K140x40	400	400	8 D 19	10	17.5	10	10	OK
2	K1045	450	450	8 D 19	10	20	10	10	OK
3	K2060	600	600	16 D 19	10	27.5	10	10	OK
4	K255x55	550	550	16 D 19	10	25	10	10	OK
lantai 2									
1	K2060	600	600	16 D 19	10	27.5	10	10	OK
2	K255x55	550	550	16 D 19	10	25	10	10	OK

2.4 Simpangan Antar Lantai

Nilai simpangan antar tingkat massa gedung akibat gempa arah X dan Y dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Story Drift Kondisi Eksisting

Story	UX	Tinggi Lantai	Drift X	Arah X	$\Delta a = 0,015 H$	$\Delta s \leq \Delta a$
				$\Delta s = (D_x) \cdot C_d / I_e$		
2	2.051	4	0	0	5.000	OK
1	2.051	4	2.051	7.519	5.000	TIDAK OK

Story	UY	Tinggi Lantai	Drift Y	Arah Y	$\Delta a = 0,015 H$	$\Delta s \leq \Delta a$
				$\Delta s = (D_y) \cdot C_d / I_e$		
2	0.233	4	0	0	4.615	OK
1	0.233	4	0.233	0.853	5.000	OK

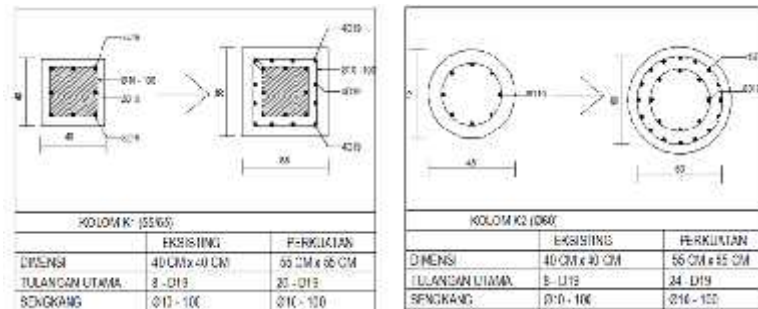
Dapat dilihat dari Tabel 2.3 bahwa besarnya simpangan antar lantai pada lantai 1 arah X belum memenuhi batas yang disyaratkan. Dari hasil evaluasi kinerja dan kekuatan struktur terhadap peraturan gempa terbaru yaitu SNI 03-1726-2012 menunjukkan bahwa struktur bangunan tidak mampu menahan beban-beban yang bekerja sehingga struktur bangunan masjid Nurul Ilmi harus diperkuat.

3. PERKUATAN STRUKTUR DENGAN METODE JACKETING

Jacketing adalah salah satu perkuatan struktur yang digunakan kepada kolom bangunan. *Jacketing* dilaksanakan dengan memperbesar penampang kolom dan menambah jumlah tulangan (Central Public Works Department dan Indian Building Congress, 2007). Perkuatan kolom dengan *jacketing* efektif untuk meningkatkan kekuatan lentur, geser dan aksial kolom. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Fauzan dkk (2011), peningkatan kapasitas kolom bundar yang di-*jacketing* pada bangunan Masjid Raya Andalas cukup signifikan baik kapasitas lentur maupun geser kolom. Begitu juga dengan rkuatan struktur Kantor Gubernur Sumatera Barat (Fauzan dkk, 2015) menggunakan metode jacketing yang mampu meningkatkan kapasitas geser kolom mencapai 60%.

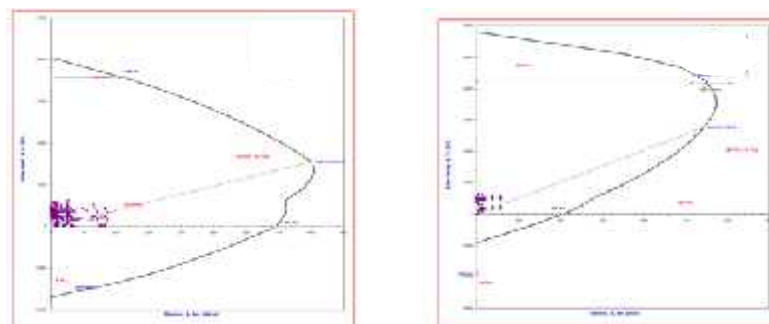
3.1 Analisis Penampang setelah di-jacketing

Pada permodelan ETABS dimensi penampang kolom dengan *jacketing*, dimensi kolom eksisting diperbesar dan ditambahkan jumlah tulangnya sesuai dengan yang direncanakan. Perbandingan penampang kolom bangunan lama sebelum (eksisting) dengan setelah *jacketing* dapat dilihat pada Gambar 4. *Jacketing* kolom dilakukan dengan memasang tulangan menyelimuti kolom lama (Boen, 2009).



Gambar4. Dimensi Penampang Eksisting dan Perkuatan

Setelah dilakukan perkuatan dengan menggunakan metoda *jacketing*, kapasitas aksial penampang kolom meningkat cukup signifikan. Kapasitas penampang kolom setelah *jacketing* dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Interaksi Kolom

Pada Tabel 3.1 dapat dilihat perbandingan kapasitas kolom lantai satu yang telah di-*jacketing* dibandingkan dengan kondisi eksisting.

Tabel 3.1 Peningkatan Kapasitas Kolom

Kapasitas Kolom	Kondisi Eksisting	Kondisi Jacketing	Rasio Peningkatan
Momen Rencana (kNm)	123.01	400.21	69.25%
Aksial Tekan Rencana (kN)	1743.5	3584.75	51.35%
Kuat Geser Rencana (kN)	223.27	361.26	36.20%
Momen Rencana (kNm)	159.43	542.51	70.51%
Aksial Tekan Rencana (kN)	2086.34	4257.84	51.00%
Kuat Geser Rencana (kN)	254.63	386.24	34.07%

Setelah metode jacketing dilakukan, terjadi peningkatan kapasitas kolom yang cukup signifikan terutama peningkatan kapasitas momen. Peningkatan kapasitas momen mencapai 70% dibandingkan kondisi eksisting. Hasil analisis *storydrift* struktur bangunan setelah dilakukan perkuatan dengan metode *jacketing* menunjukkan bahwa struktur bangunan sudah memenuhi persyaratan yang berlaku (Tabel 3.2).

Tabel 3.2. Story Drift setelah *jacketing*

Story	UX	Tinggi Lantai	Drift X	Arah X $\Delta s = \frac{ Dx \cdot Cd}{Ie}$	$\Delta s = 0,005 H$	$\Delta s \leq \Delta s$
2	1,495	4	0	0	0,000	OK
1	1,495	4	1,495	1,495	0,000	OK

Story	UY	Tinggi Lantai	Drift Y	Arah Y $\Delta s = \frac{ Dy \cdot Cd}{Ie}$	$\Delta s = 0,005 H$	$\Delta s \leq \Delta s$
2	0,001	4	0	0	0,000	OK
1	0,001	4	0,001	0,001	0,000	OK

4. KESIMPULAN

1. Bangunan lama (sisi kanan) mesjid Nurul Ilmi Universitas Andalas dinyatakan tidak mampu memikul beban-beban yang bekerja berdasarkan SNI 03-1726-2012 sehingga perlu dilakukan perkuatan struktur pada bangunan tersebut.
2. Perkuatan yang dilakukan pada mesjid Nurul Ilmiya itu dengan menggunakan metode *jacketing*.
3. Hasil analisis menunjukkan bahwa perkuatan dengan metode *jacketing* mampu meningkatkan kapasitas kolom mesjid Nurul Ilmi dengan persentase peningkatan sebagai berikut: momen : 69-70%, gaya aksial : 51%, gaya geser : 30-40%.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Negara. 2002. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung. SNI 1726:2002. Jakarta
- Badan Standarisasi Negara. 2012. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. SNI 1726:2012. Jakarta.
- Boen, Teddy. 2009. "Cara Memperbaiki Bangunan Sederhana yang Rusak Akibat Gempa Bumi". Jakarta.
- Computers and Structures, Inc. 2005. *Manual ETABS (Integrated Building Design Software)*. California, USA.
- Central Public Works Department dan Indian Building Congress. 2007. *Handbook on Seismic Retrofit of Buildings*. Association Indian Institute Technology.

- Fauzan, dkk. 2011. “Analisa Kegagalan Struktur dan Retrofitting Mesjid Raya Andalas Padang Pasca Gempa 30 Sept 2009”. *Jurnal Rekayasa Sipil*. Volume 7 No.1 Februari 2011, ISSN 1558-2133.
- Fauzan, dkk. 2015. “Identifikasi Kerusakan dan Metode Perkuatan Struktur Kantor Gubernur Sumatera Barat”. Proceeding SENATS 1 Universitas Udayana. Bali.

PERBANDINGAN RESPONS STRUKTUR GEDUNG A RUMAH SAKIT UNIVERSITAS ANDALAS MENGUNAKAN SNI 03-1726-2002 DAN SNI 03-1726-2012

Febrin Anas Ismail

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas, Padang, febrin@yahoo.com

Fauzan

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas, Padang, fauzanrn@yahoo.com

Nugrafindo Yanto

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas, Padang, nugrafindo@yahoo.com

M.Zendrio Fauz

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas, Padang, mzendriofauzi@gmail.com

Zev Al Jauhari

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas, Padang, zevaljauhari@gmail.com

Abstrak

Rumah sakit Universitas Andalas yang dibangun pada tahun 2014 merupakan salah satu fasilitas yang sangat dibutuhkan oleh mahasiswa kedokteran untuk menunjang pembelajaran dan sebagai tempat praktik mahasiswa. Bangunan rumah sakit harus didesain dan dibangun sesuai dengan standar bangunan tahan gempa karena rumah sakit harus tetap berfungsi meskipun terjadi bencana alam seperti gempa bumi. Berdasarkan SNI 03-1726-2002, kota Padang berada di wilayah gempa 5. Namun, rumah sakit Universitas Andalas didesain oleh konsultan perencanaan menggunakan wilayah gempa 6 karena pada tahun 2009 terjadi gempa besar di kota Padang. Hal ini dilakukan untuk memperbesar faktor keamanan terhadap kemungkinan beban gempa yang terjadi. Dengan dikeluarkannya standar gempa terbaru SNI 1726-2012, maka semua gedung yang dibangun setelah tahun 2012 harus mengikuti standar tersebut. Dalam penelitian ini, dilakukan pengecekan terhadap perbandingan respons struktur menggunakan metoda respons spektrum berdasarkan SNI 03-1726-2002 dan SNI 1726-2012. Dari analisis diperoleh bahwa terjadi peningkatan nilai gaya dalam dan *displacement* antara SNI 03-1726-2002 wilayah gempa 5 dan SNI 03-1726-2002 wilayah gempa 6 sekitar 7%. Peningkatan nilai gaya dalam dan *displacement* juga terjadi antara SNI 03-1726-2002 wilayah gempa 6 dan SNI 1726-2012 yaitu antara 3-21% untuk gaya aksial, 19-50% untuk gaya geser, 25-50% untuk momen, dan 43-50% untuk *displacement*.

Kata kunci: gempa, respon spektrum, gaya dalam, *displacement*

1. PENDAHULUAN

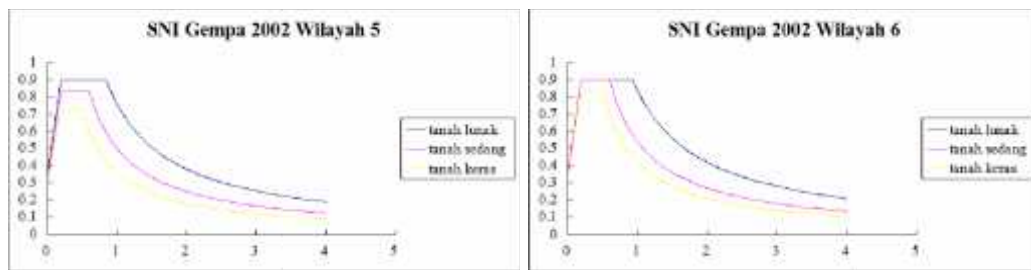
Pembangunan gedung rumah sakit harus sesuai dengan standar gedung aman gempa supaya rumah sakit tersebut tetap ada walaupun terjadi gempa. Rumah sakit Universitas Andalas dibangun di kota Padang, yang mana kota Padang merupakan daerah yang berada pada lempeng Indo-australia dan lempeng Eurasia atau juga bisa disebut daerah rawan gempa. Dari data sepuluh tahun yang silam, telah tercatat kejadian gempa besar yang

terjadi di berbagai daerah di Indonesia termasuk kota Padang pada September 2009 (Ismail dkk, 2011).

Oleh sebab itu, para pakar kegempaan Indonesia melakukan pembaharuan standar kegempaan SNI 03-1726-2002 Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung (BSN, 2002) menjadi SNI 03-1726-2012 Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung (BSN, 2012).

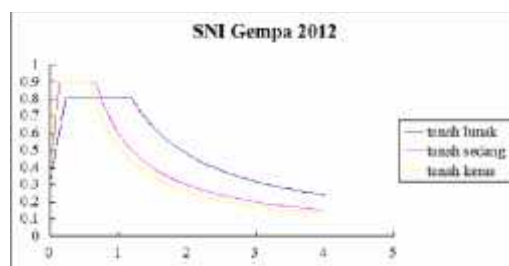
2. PERBANDINGAN RESPONS SPEKTRUM DESAIN SNI GEMPA

Beban gempa yang digunakan untuk gedung A rumah sakit Universitas Andalas yang direncanakan oleh konsultan perencana adalah beban dinamik dengan respon spektrum wilayah gempa 6 dan jenis tanah sedang. Sementara itu, rumah sakit ini dibangun di kota Padang, dimana pada peta zonasi gempa berdasarkan SNI Gempa 2002, kota Padang termasuk ke dalam wilayah gempa 5. Grafik respons spektrum desain SNI Gempa 2002 wilayah 5 dan wilayah 6 seperti yang terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Respon Spektrum Gempa Rencana SNI Gempa 2002

Beban gempa berdasarkan SNI Gempa 2012 didapatkan dari Puskim PU. Grafik respons spektrum desain SNI Gempa 2012 seperti yang terlihat pada Gambar 2.

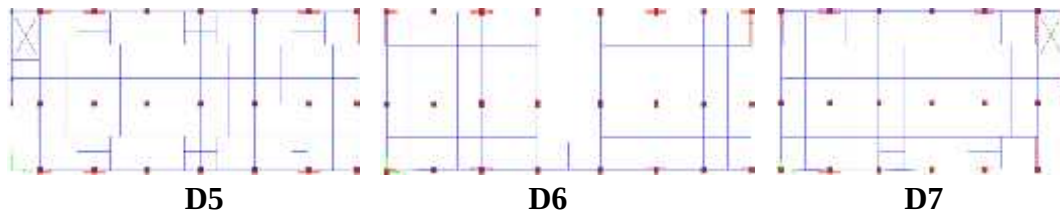


Gambar 2. Respon Spektrum Rencana Berdasarkan SNI Gempa 2012

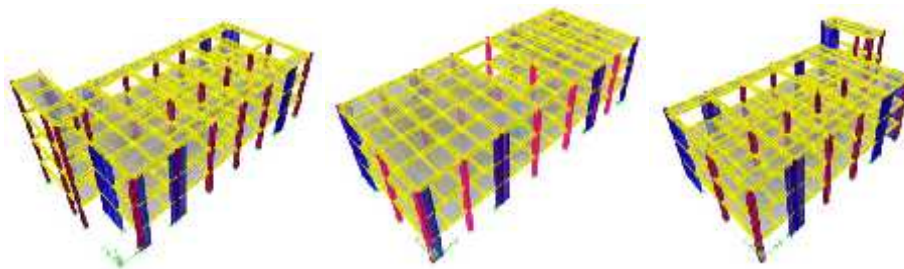
3. ANALISIS STRUKTUR

Data-data struktur utama seperti balok, kolom, dan pelat lantai sesuai dengan dokumen perencanaan rumah sakit Universitas Andalas. Gedung yang ditinjau adalah gedung A rumah sakit Universitas Andalas. Dimana gedung yang ditinjau dipisahkan oleh 2 dilatasi menjadi 3 bagian gedung. Bagian ini diberi kode gedung D5, gedung D6, dan gedung D7

(Gambar 3 dan 4). Jumlah lantai pada gedung A adalah sebanyak 3 lantai termasuk lantai atap dengan tinggi gedung 13,77 m.



Gambar 3. Denah Struktur Gedung A Rumah Sakit Unand



Gambar 4. Permodelan Struktur Gedung D5, D6, dan D7

Berdasarkan Tabel 1 SNI Gempa 2002, rumah sakit dikategorikan sebagai gedung penting pasca gempa dengan faktor keutamaan $I = 1,4$, sedangkan faktor keutamaan gedung menurut SNI Gempa 2012 didasarkan pada kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa, rumah sakit termasuk bangunan dengan tingkat kategori risiko IV dengan faktor keutamaan $I = 1,5$.

Faktor reduksi gempa yang direncanakan oleh konsultan perencana menurut SNI Gempa 2002 Tabel 3 adalah 6,5 untuk struktur rangka sistem SRPMM, sedangkan faktor reduksi gempa yang direncanakan berdasarkan SNI Gempa 2012 Tabel 9 poin C adalah 5 untuk struktur rangka sistem SRPMM.

Analisis struktur dilakukan menggunakan program analisis struktur ETABS 9.7.1 (CSI, 2005). *Output* respons struktur gedung A rumah sakit Universitas Andalas berupa gaya dalam dan perpindahan (*displacement*).

4. PERBANDINGAN RESPONS STRUKTUR

4.1 Perbandingan Gaya Dalam Struktur Menggunakan SNI Gempa 2002 Wilayah 5, Wilayah 6, dan SNI Gempa 2012

Perbandingan gaya dalam struktur yang ditinjau adalah gaya dalam balok dan kolom didapatkan hasil perbandingan seperti yang terlihat pada Tabel 1, 2 dan 3. Dari tabel-tabel tersebut dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan nilai gaya dalam antara SNI 03-1726-2002 wilayah gempa 5 dan SNI 03-1726-2002 wilayah gempa 6 sekitar 7%. Peningkatan nilai gaya dalam dan displacement juga terjadi antara SNI 03-1726-2002 wilayah gempa 6 dan

SNI 1726-2012 yaitu antara 3-21% untuk gaya aksial, 19-50% untuk gaya geser, 25-50% untuk momen.

Tabel 1. Perbandingan Gaya Dalam Gedung D5

BALOK TENGAH					BALOK TENGAH				
Lantai	Bentang (m)	Gaya Geser (KN)		Persentase	Lantai	Bentang (m)	Gaya Geser (KN)		Persentase
		2002 WIL 5	2002 WIL 6	Beda (%)			2002 WIL 5	2012	Beda (%)
Lantai 2	3,25	110.100	110.420	0,325	Lantai 2	3,25	140.420	173.500	19,127
Lantai 3	3,25	143.900	143.530	-1,170	Lantai 3	3,25	145.530	103.350	-26,196
Lantai 4	3,25	97.100	98.450	1,371	Lantai 4	3,25	98.450	125.150	27,187

BALOK TENGAH					BALOK TENGAH				
Lantai	Bentang (m)	Gaya Momen (KN.m)		Persentase	Lantai	Bentang (m)	Gaya Momen (KN.m)		Persentase
		2002 WIL 5	2002 WIL 6	Beda (%)			2002 WIL 5	2012	Beda (%)
Lantai 2	3,25	165.022	168.911	2,304	Lantai 2	3,25	166.211	226.900	35,945
Lantai 3	3,25	110.032	105.662	-3,912	Lantai 3	3,25	185.682	205.183	10,750
Lantai 4	3,25	143.519	143.864	0,237	Lantai 4	3,25	140.854	149.164	5,924

KOLOM TENGAH					KOLOM TENGAH				
Lantai	Bentang (m)	Gaya Aksial (KN)		Persentase	Lantai	Bentang (m)	Gaya Aksial (KN)		Persentase
		2002 WIL 5	2002 WIL 6	Beda (%)			2002 WIL 5	2012	Beda (%)
Lantai 1	4,59	2482.186	2482.186	0,000	Lantai 1	4,59	2482.186	2851.500	14,489
Lantai 2	4,59	1947.050	1947.050	0,000	Lantai 2	4,59	1947.050	1679.300	-13,947
Lantai 3	4,59	255.010	255.010	0,000	Lantai 3	4,59	255.010	265.100	3,922

KOLOM TENGAH					KOLOM TENGAH				
Lantai	Bentang (m)	Gaya Geser (KN)		Persentase	Lantai	Bentang (m)	Gaya Geser (KN)		Persentase
		2002 WIL 5	2002 WIL 6	Beda (%)			2002 WIL 5	2012	Beda (%)
Lantai 1	4,59	54.100	57.400	7,038	Lantai 1	4,59	57.100	57.400	0,531
Lantai 2	4,59	16.270	52.000	7,295	Lantai 2	4,59	32.100	31.000	-3,429
Lantai 3	4,59	44.900	45.600	1,735	Lantai 3	4,59	48.000	58.010	20,722

KOLOM TENGAH					KOLOM TENGAH				
Lantai	Bentang (m)	Gaya Momen (KN.m)		Persentase	Lantai	Bentang (m)	Gaya Momen (KN.m)		Persentase
		2002 WIL 5	2002 WIL 6	Beda (%)			2002 WIL 5	2012	Beda (%)
Lantai 1	4,59	119.440	129.494	7,735	Lantai 1	4,59	129.494	234.160	44,701
Lantai 2	4,59	119.596	129.968	7,725	Lantai 2	4,59	129.568	233.920	44,441
Lantai 3	4,59	95.770	103.215	7,393	Lantai 3	4,59	103.215	186.969	44,746

Tabel 2. Perbandingan Gaya Dalam Gedung D6

BALOK TENGAH					BALOK TENGAH				
Lantai	Bentang (m)	Gaya Geser (KN)		Persentase	Lantai	Bentang (m)	Gaya Geser (KN)		Persentase
		2002 WIL 5	2002 WIL 6	Beda (%)			2002 WIL 5	2012	Beda (%)
Lantai 2	3	145.350	147.250	1,270	Lantai 2	3	147.250	191.380	29,194
Lantai 3	3	154.670	157.170	1,591	Lantai 3	3	157.170	209.010	25,125
Lantai 4	3	97.950	99.940	1,951	Lantai 4	3	99.940	137.800	27,710

BALOK TENGAH					BALOK TENGAH				
Lantai	Bentang (m)	Gaya Momen (KN.m)		Persentase	Lantai	Bentang (m)	Gaya Momen (KN.m)		Persentase
		2002 WIL 5	2002 WIL 6	Beda (%)			2002 WIL 5	2012	Beda (%)
Lantai 2	3	166.351	171.517	3,029	Lantai 2	3	171.517	256.004	32,992
Lantai 3	3	193.382	200.272	3,440	Lantai 3	3	200.272	307.806	34,912
Lantai 4	3	137.437	137.617	0,012	Lantai 4	3	137.437	220.390	37,506

KOLOM TENGAH					KOLOM TENGAH				
Lantai	Bentang (m)	Gaya Aksial (KN)		Persentase	Lantai	Bentang (m)	Gaya Aksial (KN)		Persentase
		2002 WIL 5	2002 WIL 6	Beda (%)			2002 WIL 5	2012	Beda (%)
Lantai 1	4,59	2715.620	2715.620	0,000	Lantai 1	4,59	2715.620	2888.440	6,586
Lantai 2	4,59	1673.180	1673.180	0,000	Lantai 2	4,59	1673.180	1858.610	9,947
Lantai 3	4,59	614.050	614.050	0,000	Lantai 3	4,59	614.050	721.530	10,751

KOLOM TENGAH					KOLOM TENGAH				
Lantai	Bentang (m)	Gaya Geser (KN)		Persentase	Lantai	Bentang (m)	Gaya Geser (KN)		Persentase
		2002 WIL 5	2002 WIL 6	Beda (%)			2002 WIL 5	2012	Beda (%)
Lantai 1	4,59	43.530	47.000	7,501	Lantai 1	4,59	47.000	53.130	10,971
Lantai 2	4,59	60.030	60.230	0,333	Lantai 2	4,59	60.030	135.020	10,526
Lantai 3	4,59	81.680	88.260	7,435	Lantai 3	4,59	88.260	174.470	49,413

KOLOM TENGAH					KOLOM TENGAH				
Lantai	Bentang (m)	Gaya Momen (KN.m)		Persentase	Lantai	Bentang (m)	Gaya Momen (KN.m)		Persentase
		2002 WIL 5	2002 WIL 6	Beda (%)			2002 WIL 5	2012	Beda (%)
Lantai 1	4,59	146.712	155.000	7,426	Lantai 1	4,59	155.000	224.472	49,266
Lantai 2	4,59	103.742	110.888	7,421	Lantai 2	4,59	110.888	148.061	49,523
Lantai 3	4,59	106.888	110.833	3,644	Lantai 3	4,59	110.833	150.101	49,475

Tabel 3. Perbandingan Gaya Dalam Gedung D7

BALOK TENGAH					BALOK TENGAH				
Lantai	Bentang (m)	Gaya Geser (KN)		Perbedaan	Lantai	Bentang (m)	Gaya Geser (KN)		Perbedaan
		2002 WIL 5	2002 WIL 6	Beda (%)			2002 WIL 6	2012	Beda (%)
Lantai 2	3,25	148.946	156.529	5,050	Lantai 2	3,25	156.529	167.820	7,204
Lantai 3	3,25	151.106	155.103	2,636	Lantai 3	3,25	155.420	157.300	1,181
Lantai 4	3,25	92.400	94.020	1,728	Lantai 4	3,25	94.010	128.550	23,313

BALOK TENGAH					BALOK TENGAH				
Lantai	Bentang (m)	Gaya Momen (KN.m)		Perbedaan	Lantai	Bentang (m)	Gaya Momen (KN.m)		Perbedaan
		2002 WIL 5	2002 WIL 6	Beda (%)			2002 WIL 6	2012	Beda (%)
Lantai 2	3,25	185.047	187.443	1,247	Lantai 2	3,25	187.446	258.058	36,103
Lantai 3	3,25	196.238	203.088	3,471	Lantai 3	3,25	203.880	253.026	24,584
Lantai 4	3,25	112.754	117.103	3,857	Lantai 4	3,25	117.103	172.770	47,187

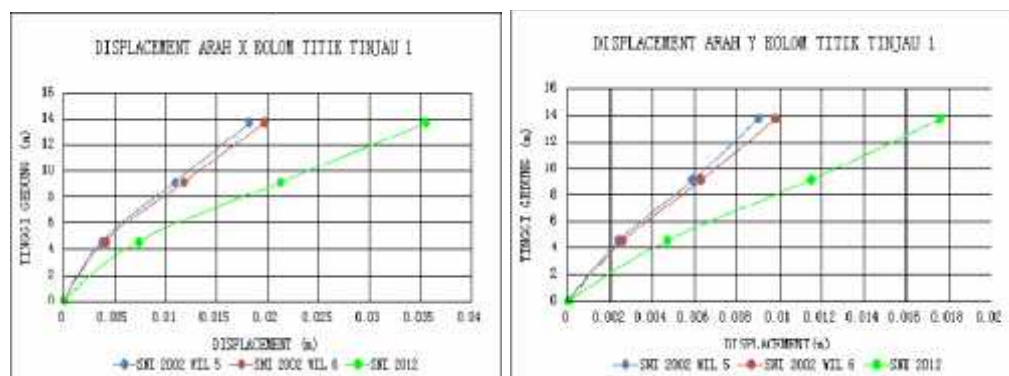
KOLOM TENGAH					KOLOM TENGAH				
Lantai	Bentang (m)	Gaya Aksial (KN)		Perbedaan	Lantai	Bentang (m)	Gaya Aksial (KN)		Perbedaan
		2002 WIL 5	2002 WIL 6	Beda (%)			2002 WIL 6	2012	Beda (%)
Lantai 2	4,59	2482.950	2482.950	0,000	Lantai 2	4,59	2482.950	2585.090	4,128
Lantai 3	4,59	1344.540	1344.540	0,000	Lantai 3	4,59	1344.540	1468.110	9,217
Lantai 4	4,59	247.400	247.400	0,000	Lantai 4	4,59	247.400	255.100	3,053

KOLOM TENGAH					KOLOM TENGAH				
Lantai	Bentang (m)	Gaya Geser (KN)		Perbedaan	Lantai	Bentang (m)	Gaya Geser (KN)		Perbedaan
		2002 WIL 5	2002 WIL 6	Beda (%)			2002 WIL 6	2012	Beda (%)
Lantai 1	4,59	64.850	68.130	5,050	Lantai 1	4,59	68.130	83.070	21,351
Lantai 2	4,59	64.040	69.300	8,176	Lantai 2	4,59	69.300	118.010	70,251
Lantai 3	4,59	60.380	64.830	7,364	Lantai 3	4,59	64.830	112.540	72,443

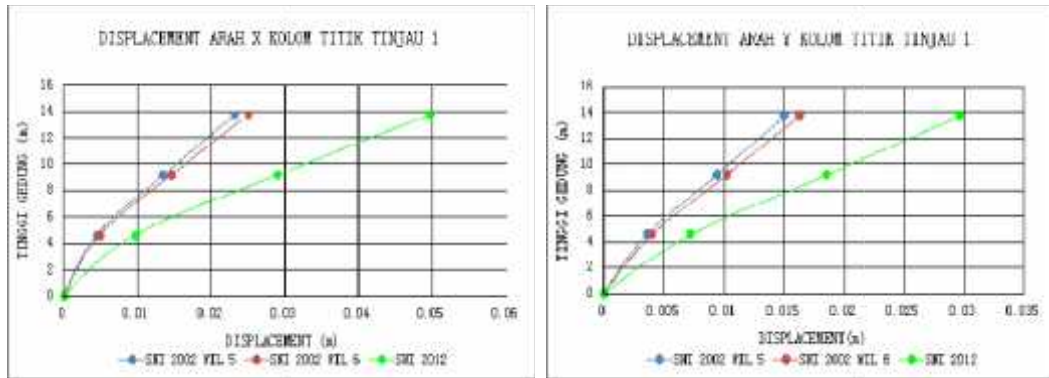
KOLOM TENGAH					KOLOM TENGAH				
Lantai	Bentang (m)	Gaya Momen (KN.m)		Perbedaan	Lantai	Bentang (m)	Gaya Momen (KN.m)		Perbedaan
		2002 WIL 5	2002 WIL 6	Beda (%)			2002 WIL 6	2012	Beda (%)
Lantai 1	4,59	144.629	155.330	7,384	Lantai 1	4,59	155.330	279.288	80,330
Lantai 2	4,59	161.229	172.690	7,092	Lantai 2	4,59	172.690	294.857	71,409
Lantai 3	4,59	181.007	187.051	3,315	Lantai 3	4,59	187.051	262.907	40,643

4.2 Perbandingan Perpindahan Struktur Menggunakan SNI Gempa 2002 Wilayah 5, Wilayah 6, dan SNI Gempa 2012

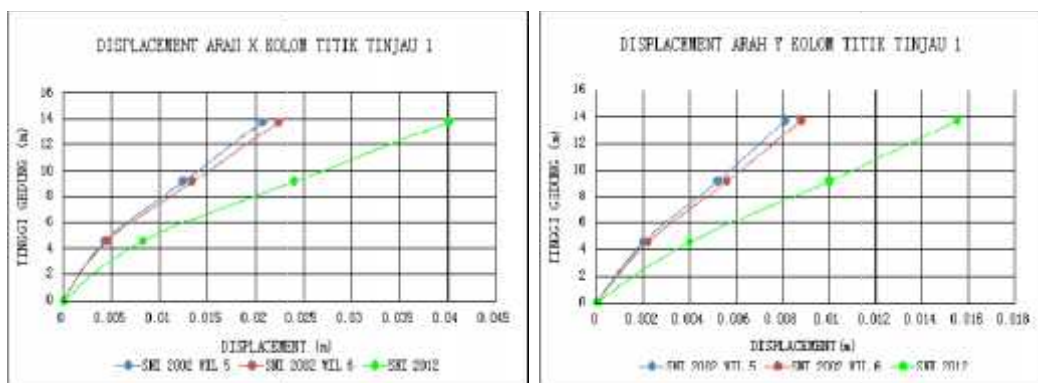
Perbandingan perpindahan struktur yang ditinjau adalah perpindahan struktur arah x dan arah y terdapat pada Gambar 5, 6 dan 7. Dari gambar-gambar tersebut dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan displacement antara beban gempa berdasarkan SNI Gempa 2002 dan SNI Gempa 2012 mencapai 50%.



Gambar 5. Perbandingan Perpindahan Gedung D5



Gambar 6. Perbandingan Perpindahan Gedung D6



Gambar 7. Perbandingan Perpindahan Gedung D7

4. KESIMPULAN

Dari analisis respon struktur gedung A rumah sakit Universitas Andalas yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Peningkatan gaya dalam dan *displacement* akibat beban gempa antara SNI Gempa 2002 wilayah 5 dan SNI Gempa 2002 wilayah 6 sekitar 7%.
2. Peningkatan nilai gaya dalam dan *displacement* juga terjadi antara SNI 03-1726-2002 wilayah gempa 6 dan SNI 1726-2012 yaitu antara 3-21% untuk gaya aksial, 19-50% untuk gaya geser, 25-50% untuk momen, dan 43-50% untuk *displacement*.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Badan Standarisasi Negara. 2002. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung. SNI 1726:2002. Jakarta
- Badan Standarisasi Negara. 2012. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. SNI 1726:2012. Jakarta.

Badan Standarisasi Nasional. 1989. *Tata Cara Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung SNI 03-1727-1989*. Jakarta.

Computers and Structures, Inc. 2005. *Manual ETABS (Integrated Building Design Software)*. California, USA.

Ismail, Febrin Anas dkk. 2011. “Kerusakan Bangunan Hotel Bumiminang Akibat Gempa Padang 30 September 2009”. *Jurnal Teknik Sipil Institut Teknologi Bandung*. Vol.10 No.2 PP.119-125 Agustus 2011, ISSN 0853-2982.

STUDI KOMPARATIF DAS BATANG ANAI DAN DAS SIAK DENGAN PEMODELAN HIDROLOGI GIS

Syaidul Afkar

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas, syaidulafkar@yahoo.com

Nurhamidah

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas, nurhamidah@ft.unand.ac.id

Bambang Istijono

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas, bistijono@ft.unand.ac.id

Ahmad Junaidi

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas, ahmad_junaidi@ft.unand.ac.id

Abstract

Daerah Aliran Sungai (DAS) Batang Anai dan DAS Siak terletak dikiri dan kanan tengah Sumatera, dipisahkan oleh Bukit Barisan. Kedua DAS memiliki karakter bertolak belakang, namun memiliki kerentanan banjir yang sama setiap tahunnya. Berbagai penanganan banjir baik secara struktur maupun non struktur sudah dilakukan oleh pemerintah setempat, namun hingga saat ini banjir masih menggenangi sebagian wilayah di kedua DAS ini. Penelitian ini dilakukan untuk memahami karakteristik kedua DAS dan membandingkan karakteristik keduanya. Penelitian terfokus pada pemetaan wilayah yang berpotensi banjir dengan asumsi bahwa wilayah tersebut merupakan DAS belum terukur (*ungauged basin*). Lemahnya system management data dilapangan, maka sumber data dalam penelitian ini berasal dari *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)*. Karakteristik wilayah, tipe dan penyebab banjir dapat didiagnosa dengan salah satunya menggunakan pemodelan ArcGIS. Berdasarkan hasil analisa, DAS Siak memiliki kerentanan banjir terhadap pengaruh pasang laut, sedangkan DAS Batang Anai memiliki kerentanan terhadap banjir debris karena alur sungai yang pendek dan kemiringan sungai yang tajam.

Kata Kunci : Banjir, model, ArcGIS, delta, Sumatera

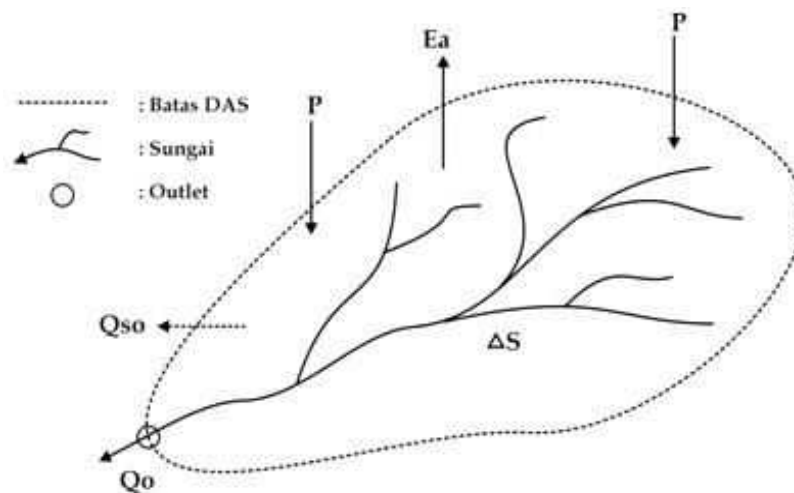
1. PENDAHULUAN

Kelemahan dalam management data dan sistem informasi memberi dampak lesunya minat para peneliti dalam melakukan kajian ilmiah. Selain itu juga berdampak pada ketidak-akuratan dalam desain dan evaluasi terhadap implementasi pengendalian banjir. Kesalahan pengukuran di lapangan secara manual tak jarang memberikan keluaran desain yang kurang valid untuk sebuah perencanaan struktur bangunan pengendalian banjir. Perkembangan teknologi menjadi solusi yang membantu para peneliti melakukan penelitian akibat keterbatasan data lapangan. Suwargana (2010) telah membuktikan bahwa pemakaian aplikasi penginderaan jarak jauh melalui citra satelit dapat mempermudah inventarisasi dan evaluasi desain hidrologi. Hasil pengolahan DEM yang berasal data dari citra radar SRTM akan menghasilkan penilaian hidrologi penentuan aliran, seperti delineasi DAS, arah aliran, wilayah genangan, akumulasi aliran, order aliran, jaringan aliran, dan jalur sungai, panjang aliran, snap pour (David 2002; Konadu and Fosu 2009; Kraemer and Sudhanshu 2009). Tujuan dari penelitian ini adalah menghasilkan analisa mengenai karakteristik hidrologi daerah aliran sungai (DAS) pada

daerah studi. Manfaat dari penelitian ini adalah menghasilkan dasar kajian ilmiah yang kuat untuk digunakan sebagai dasar implementasi kebijakan dalam penanggulangan bencana banjir pada kawasan daerah studi.

2. STUDI PUSTAKA

Dalam kajian hidrologi, batasan wilayah selalu ditinjau berdasarkan DAS. DAS adalah Pengaliran air suatu wilayah menuju kearah sebuah sungai atau badan air. Secara fisik digambarkan mulai dari sebuah penunjukan titik outlet kearah wilayah hulu. Sebelum mengelola sebuah *landscape* menjadi DAS, terlebih dahulu digambarkan batas hidrologi Daerah Aliran Sungai seperti gambar dibawah ini :



Gambar 1 Daerah Aliran Sungai

Dimana: P = Hujan yang jatuh kedalam DAS; Q_o = Aliran sungai yang keluar dari outlet DAS; E_a = Evapotranspirasi; ΔS = Perubahan tampungan air dalam DAS. Dalam banyak aplikasi software ArcGIS, selalu ada aplikasi yang berisi routing penggambaran batas wilayah hidrologi, untuk melakukan analisa-analisa hidrologi lainnya. Seperti area terakumulasinya genangan (*flow accumulation*), arah aliran (*flow direction*) dan panjang aliran. (*flow length*).

Sistem Informasi Geografis

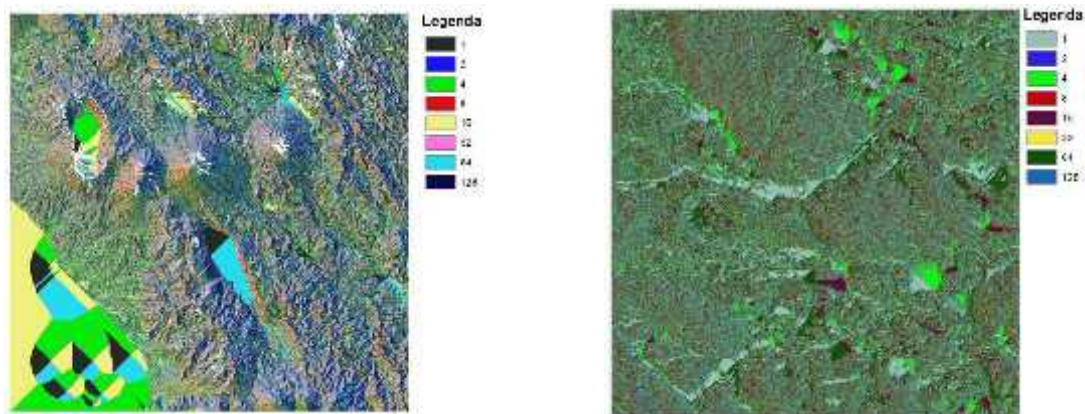
Sistem Informasi Geografis (SIG) telah menjadi sebuah sarana yang semakin penting untuk menekan persoalan air terkait pengelolaan sumberdaya air. Konsep dan teknologi SIG membantu kita mengumpulkan dan mengatur data terkait problem tertentu dan hubungan spatial masing-masing problem. Kemampuan analisa SIG menyediakan cara untuk pemodelan dan membuat informasi yang berkontribusi terhadap keputusan untuk mendukung kebijakan pengelolaan sumberdaya air dalam berbagai skala, baik lokal maupun global. Selain itu SIG juga memiliki kemampuan untuk menggambarkan karakteristik sumberdaya air untuk meningkatkan pemahaman dalam mendukung pengambilan keputusan. SIG terdiri dari empat elemen penting dalam pengoperasian yaitu: perangkat keras (hardware), perangkat lunak (software), data dan perangkat pendukung. Database SIG terdiri dari rangkaian lembaran peta yang secara geografis direferensi dan proyeksikan berdasarkan sistem koordinat yang sebenarnya. Masing-masing lapisan berisi

tema peta informasi menurut penggunaannya. Biasanya susunan lapisan dapat digunakan secara bersama-sama maupun secara terpisah sesuai dengan kebutuhannya.

3. HASIL, ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Langkah pertama dalam pemodelan hidrologi di ArcGIS yaitu menyiapkan data Raster DEM. Masing-masing DAS bagian kiri dan kanan Sumatera menggunakan data penginderaan jarak jauh dengan besaran grid 30 dan 90. Tingkat ketelitian masing-masing berbeda, dimana ketelitian grid 30 lebih mendekati daripada grid 90 meter. Gambar 2 dan 3 merupakan DAS batang Anai yang terletak dibagian sebelah barat Sumatera. Bagian hulu sungai berada di wilayah Bukit Barisan. Gambar 2 dan 3 menunjukkan bahwa delineasi DAS yang dihasilkan terlihat mengalami sedikit perbedaan antara grid 90 dan 30. Kontur elevasi terbaca terlihat sangat curam pada bagian hulu dan sebagian terlihat landai dibagian hilir.

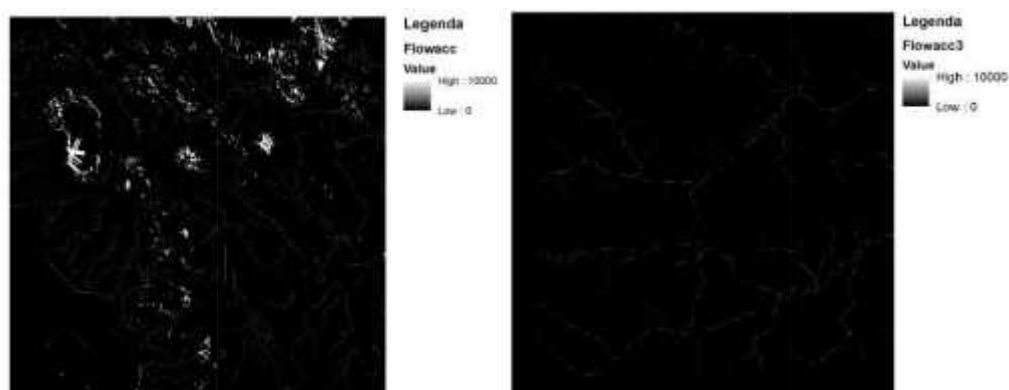
Sedangkan pada wilayah timur Sumatera yang dipisahkan oleh bukit barisan, persinya berada di sebagian provinsi Riau yang bermuara di selat Malaka, hampir keseluruhan DAS terlihat jauh lebih landai untuk DAS yang lebih luas



(a)

(b)

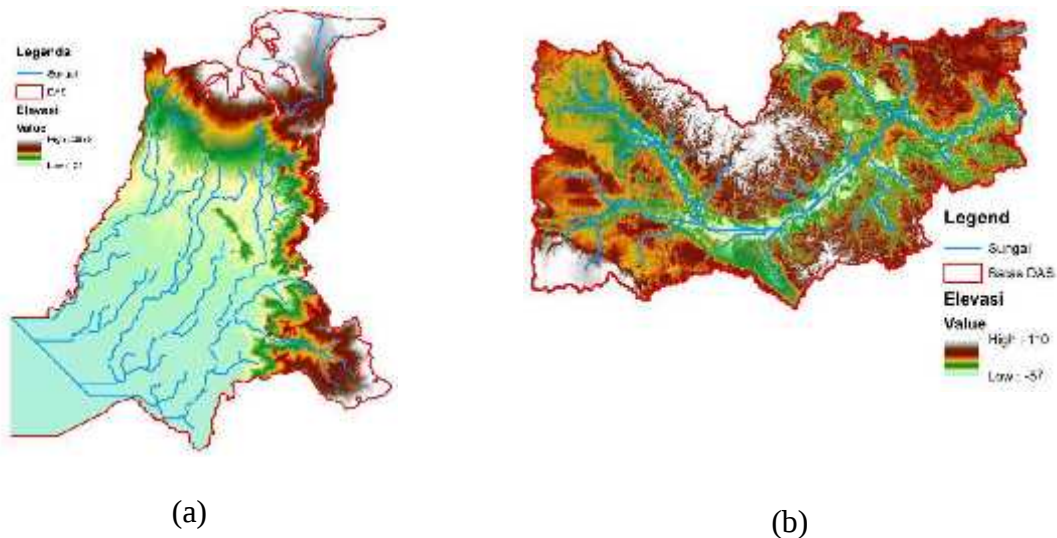
Gambar 2 Arah Aliran (*flow direction*) untuk DAS Batang Anai dan DAS Siak Grid 30 (a) DAS Batang Anai (b) DAS Siak



(a)

(b)

Gambar 3 Akumulasi Aliran (*flow accumulation*) untuk DAS Batang Anai dan DAS Siak Grid 30 (a) DAS Batang Anai (b) DAS Siak



Gambar 4 Hasil deleneasi DAS Batang Anai dan DAS Siak dari data SRTM (a) DAS Batang Anai; (b) DAS Siak

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa, potensi bencana banjir yang digambarkan oleh kedua karakteristik DAS sangat berbeda, DAS Siak memiliki kerentanan banjir terhadap pengaruh pasang laut, sedangkan DAS Batang Anai memiliki kerentanan terhadap banjir debris karena alur sungai yang pendek dan kemiringan sungai yang tajam. Hal ini berkaitan dengan tindakan penanggulangan banjir diwilayah kedua DAS tersebut dengan penanganan yang berbeda pula. Penanganan banjir yang diterapkan di DAS batang Anai tidak dapat diterapkan di DAS Siak. Untuk itu penanganan struktur dan non struktur yang dapat dipilih, mesti sesuai dengan karakteristik masing-masing.

DAFTAR PUSTAKA

- David, R. M. (2002). *Arc Hydro: GIS For Water Resources*, ESRI, Redlands.
- EM-DAT. *The International Disaster Database*." Retrieved 26 February, 2010.
- Fairfield, J. and P. Leymarie (1991). "Drainage networks from grid digital elevation models." *Water Resources Research* 27(5): 709-717.
- Konadu, D. D. and C. Fosu (2009). *Digital Elevation Models and GIS for Watershed Modelling and Flood Prediction-A Case Study of Accra Ghana. Appropriate Technologies for Environmental Protection in the Developing World*, Springer: 325-332.
- Kraemer, C. and S. P. Sudhanshu (2009). Automating ArcHydro for Watershed Delineation. *Proceedings of the 2009 Georgia Water Resources Conference*, held at the University of Georgia.
- Nurhamidah, N. v. d. Giesen, et al. (2011). Flooding in delta's Southeast and East Asia: the implications. *World delta Summit*. Jakarta.
- Nurhamidah, N. van de Giesen, et al. (2011). "Subsidence and Deforestation: Implications for Flooding in Delta's Southeast and East Asia." *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology* 1(6): 658-663

- S.N.Ghosh (2006). Flood Control And Drainage Engineering, Taylor and Francis/Balkema, The Netherlands.
- Suwargana, N. (2010). Model Kajian Sebaran Run-off untuk Mendukung Pengelolaan Sistem DAS Menggunakan Data Penginderaan Jauh (Studi kasus DAS Ciliwung), Prosiding Seminar Nasional Limnologi V.
- Tarboton, D. G. (1997). "A new method for the determination of flow directions and upslope areas in grid digital elevation models." Water Resources Research **33**(2): 309-319.
- Tarboton, D. G. (2003). Terrain Analysis Using Digital Elevation Models In Hydrology. 23rd ESRI international users conference, San Diego, California.
- Tarboton, D. G. (2005). Terrain Analysis Using Digital Elevation Models (TauDEM), Utah State University, Logan.
- Tarboton, D. G. and D. P. Ames (2001). Advances in the mapping of flow networks from digital elevation data. World water and environmental resources congress, Am. Soc Civil Engrs USA.

INVESTIGASI PROFIL ALIRAN DAN VOLUME GERUSAN PADA TIKUNGAN 120° AKIBAT PERUBAHAN POSISI PELIMPAH BERTANGGA

Aidil Saputra

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Padang, aidilsaputra.ts11@gmail.com

Darwizal Daoed

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Padang, darwizaldaoed@ft.unand.ac.id

Abstrak

Pelimpah bertangga merupakan pelimpah yang bagian punggungnya dibangun berupa anak tangga dengan ukuran tertentu. Sehingga diharapkan mampu mengurangi tinggi energi pada bagian hilir bendung (Prayogy, Darwizal D 2012) dan profil aliran yang terbentuk mengikuti anak tangga pada debit yang kecil dan pada debit yang besar terbentuk loncatan (skip). Fenomena ini memberikan gerusan pada daerah hilir yang cukup besar. Gerusan akan terjadi akibat interaksi antar butiran dengan material dasar saluran (Hoffmans and Verheij 1997). Gerusan pada belokan terjadi lebih besar pada bagian luar tikungan dan sebaliknya terjadi pengendapan di bagian dalam (Harvien dan Reski 2006). Dengan memberikan superelevasi kearah dalam pada tikungan dapat memperbesar gerusan (Ramadona, Darwizal Daoed 2009), tetapi super elevasi kearah luar dapat mengurangi gerusan pada luar tikungan (Ahsanul, Darwizal Daoed 2010). Dari hasil tinjauan peneliti sebelumnya, masih terjadi volume gerusan yang besar, maka pada penelitian ini dilakukan dengan mensimulasikan model pelimpah bertangga dengan memvariasikan posisi pelimpah bertangga sebanyak 3 posisi yang diletakan sebelum tikungan, dimana masing-masing posisi akan dialiri dengan 3 variasi debit. Tujuan penelitian untuk mengamati profil aliran di punggung pelimpah dan gerusan yang terjadi di bawah pelimpah sampai akhir tikungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa profil aliran mengikuti anak tangga untuk debit kecil, sebaliknya terjadi loncatan untuk debit yang besar. Semakin besar debit kecendrungan gerusan di hilir pelimpah juga semakin besar, dan sebaliknya. Volume gerusan paling terkecil terjadi pada pelimpah yang berada sejauh lebar pelimpah sebelum tikungan, sebaliknya volume gerusan cukup besar terjadi jika pelimpah di letakan dekat dengan tikungan dan yang jauh sekali dengan tikungan.

Kata Kunci :Investigasi, Profil Aliran, Tikungan 120°, Gerusan, Pelimpah

1. PENDAHULUAN

Bendung adalah bangunan pelimpah melintang sungai yang memberikan tinggi muka air minimum kepada bangunan pengambilan untuk keperluan irigasi. Bendung merupakan penghalang selama terjadi banjir dan dapat menyebabkan genangan luas di daerah hulu bendung tersebut (Standar Perencanaan Irigasi, KP-02, 2013). Telah banyak bangunan bendung yang sudah dibangun, namun banyak pula bangunan bendung yang mengalami kerusakan akibat terjadinya gerusan di bagian hilirnya. Walaupun di hilir bendung sudah dilengkapi dengan bronjong atau pasangan batu, namun dalam kenyataannya bronjong atau pasangan batu tersebut hilang akibat gerusan yang terjadi di hilir bendung. Salah satu penyebab terjadinya gerusan di hilir bendung adalah akibat banyaknya penambang pasir liat di hilir bendung. Dampak dari penambangan ini mengakibatkan penurunan elevasi dasar sungai, sehingga kemiringan dasar sungai akan semakin curam. Dengan curamnya kemiringan dasar sungai, maka akan merubah pula kecepatan alirannya dengan demikian kedalaman normal sungai menjadi semakin rendah dan kecepatan aliran di hilir bendung

menjadi semakin besar. Pengaruh penambahan kecepatan ini akan mengakibatkan gerusandi dasar sungai yang secara perlahan akan bergerak ke hulu sampai pada kaki bendung (Priyantoro, 1987: 2).

Sehubungan dengan masalah tersebut, maka pada penelitian ini dilakukan suatu mulasi percobaan laboratorium untuk mengamati bentuk profilaliran dan volume gerusan yang terjadi pada tikungan 120° akibat perubahan posisi pelimpah bertangga.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Darwizal, Shubhi (2002) dan Junaidi (2006), melakukan penelitian mengenai pengaruh variasi geometri tikungan terhadap karakteristik penyebaran sedimen dan pembentukan lapisan *armouring* di dasar saluran. Dari hasil penelitian ditunjukkan bahwa penggerusan terjadi pada awal tikungan hingga tengah tikungan dan pengendapan terjadi pada bagian tengah tikungan hingga ujung tikungan.

Harvien dan Reski (2006), Darwizal Daoed, MS, melakukan studi tentang pola pembentukan profil dasar saluran serta distribusi kecepatan yang terjadi pada belokan. Penelitian tersebut dilakukan dengan pemodelan saluran terbuka seperti *flume* berbentuk segi empat dengan variasi belokan yaitu 60°, 90°, 120°, dan 150°. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada bagian belokan sebelah dalam cenderung terjadi pengendapan, sebaliknya pada bagian sebelah luar belokan cenderung terjadi penggerusan.

Welly Yudia Octaviani (2011), Darwizal Daoed, melakukan penelitian tentang Kajian Terhadap Peredam Energi Pada Pelimpah Bertangga (uji eksperimental). Hasil penelitian menunjukkan semakin besar debit air yang melewati pelimpah, maka redaman energi yang terjadi juga akan semakin besar, dan sebaliknya. Model pelimpah yang menimbulkan redaman energi terbesar adalah pelimpah bertangga dengan anak tangga datar yakni sekitar 67,494%.

2.2 Pelimpah Bertangga

Pelimpah bertangga merupakan pelimpah yang bagian punggungnya dibangun serangkaian teras anak-anak tangga dengan ukuran tertentu sehingga terbentuklah kemiringan punggung pelimpah sesuai dengan keinginan perencananya.



Gambar 1. Bendungan bertangga di By Pass, Kalawi (kiri) dan model pelimpah bertangga di Laboratorium Mekanika Fluida dan Hidrolika, Teknik Sipil, UNAND (kanan)

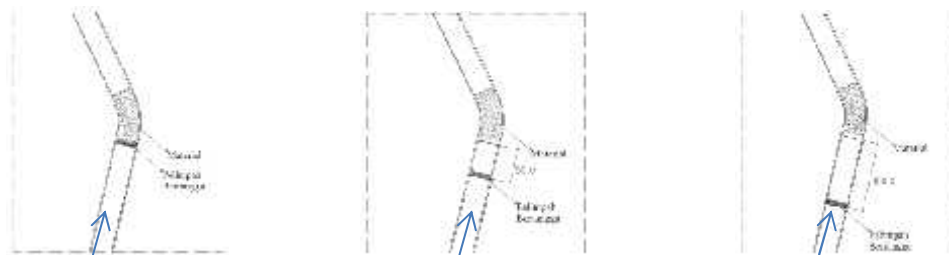
2.3 Penggerusan

Gerusana adalah fenomena alam yang terjadi karena erosi terhadap aliran air pada dasar dan tebing saluran alluvial atau proses menurunnya atau semakin dalamnya dasar sungai di bawah elevasi permukaan alami (datum) karena interaksi antara aliran dengan material dasar sungai (Hoffmans and Verheij 1997). Gerusan akibat bangunan terjun atau dam adalah hasil dari tumpahan air dari bangunan yang lebih tinggi (mercu) atau bangunan terjun, menciptakan pola aliran sekunder yang dikenal sebagai pusaran (roller).

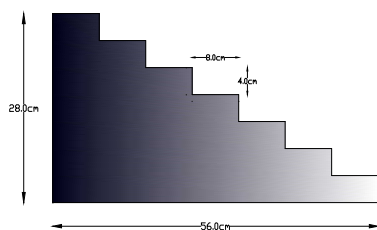
Gerusan pada daerah belokan lebih besar terjadi pada daerah luar tikungan dan pengendapan pada daerah dalam tikungan (Harvien dan Reski 2006), sedangkan dengan memberikan superelevasi pada daerah tikungan menjadikan gerusan lebih besar bila kemiringan kearah dalam tikungan (Ramadona, Darwizal Daoed 2009). Sebaliknya untuk kearah luar menunjukan penguranggerusan lebih signifikan (Ahsanul, Darwizal Daoed 2010).

3. Metodologi

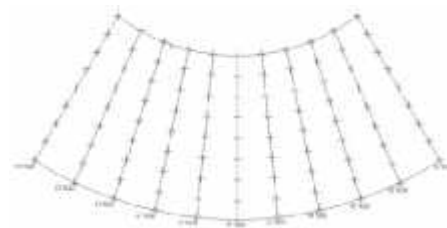
Penelitian ini dilakukan pada saluran terbuka dengan dimensi saluran 0.4 m x 0.4 m dan panjang saluran $\pm$ 12,8 m. Pelimpah bertangga yang dipakai dalam penelitian menggunakan anak tangga datar dengan rasio perbandingan tinggi dan lebar pelimpah 1 : 2. Pelimpah bertangga di letakan pada 3 variasi posisi yang berbeda dengan posisi I sebelum tikungan, posisi II sejauh lebar pelimpah sebelum tikungan dan posisi III sejauh 2 kali lebar pelimpah sebelum tikungan. Masing – masing posisi dialirkan 3 variasi debit yang berbeda. Pada bagian hilir pelimpah di letakan material pasir dan di bagi menjadi beberapa stasioning dan grid-grid sebagai acuan titik pengukuran perubahan dasar saluran setelah dialiri dengan debit yang direncanakan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2,3,4. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan meteran taraf.



Gambar 2. Sketsa set up alat untuk 3 variasi posisi



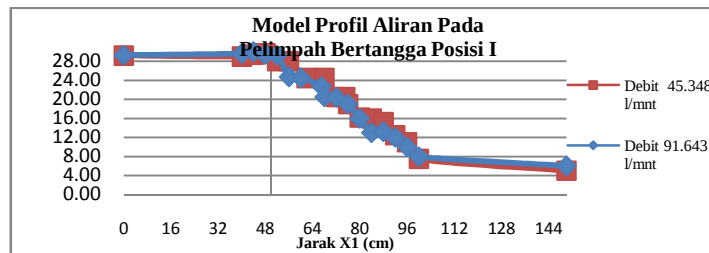
Gambar 3. Sketsa pelimpah rasio 1:2



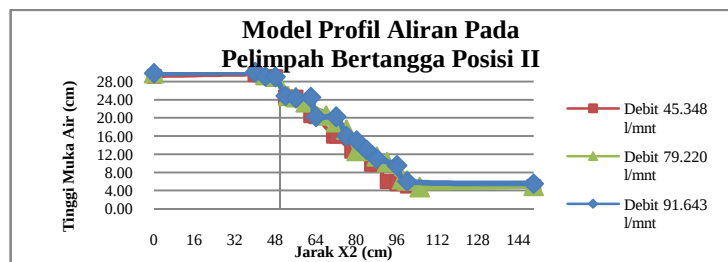
Gambar 4. Grid titik pengukuran

4. Hasil Analisa Data Dan Pembahasan

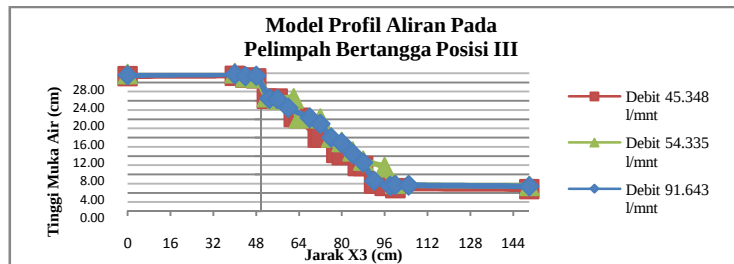
4.1 Pengaruh Variasi Debit (Q) Terhadap Profil Aliran di Atas Pelimpah



Gambar 5. Grafik profil aliran pelimpah bertangga posisi I



Gambar 6. Grafik profil aliran pelimpah bertangga posisi II

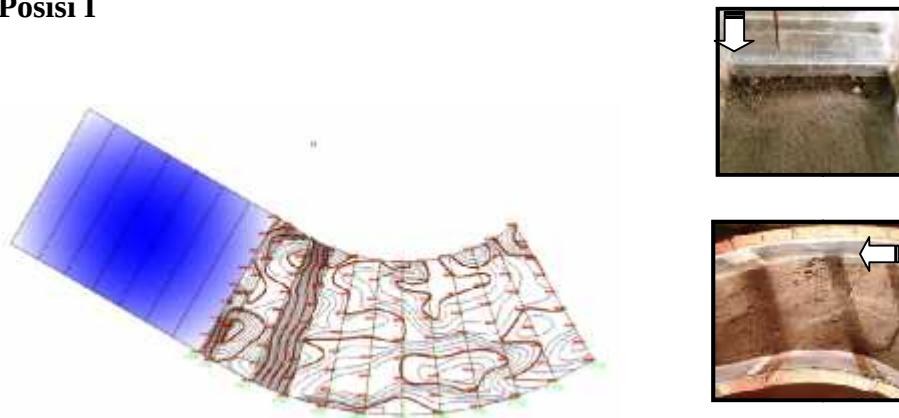


Gambar 7. Grafik profil aliran pelimpah bertangga posisi III

Dari ketiga variasi posisi pelimpah, untuk profil aliran mengikuti anak tangga untuk debit kecil dan sebaliknya terjadi skip untuk debit yang besar. Hal ini dapat dilihat bahwa pada debit 91.643 l/mnt memiliki pola loncatan yang jelas dan melebihi satu anak tangga, sedangkan pada debit 45.348 l/mnt memiliki pola loncatan hanya mengikuti anak tangga.

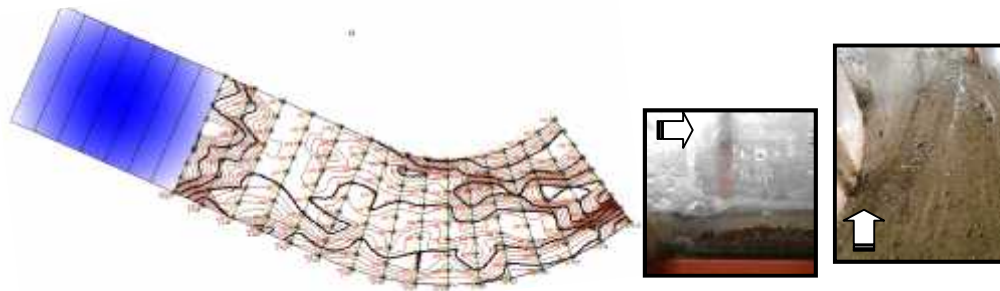
4.2 Pengaruh Variasi Posisi Pelimpah Terhadap Pola Gerusan

4.2.1 Posisi I



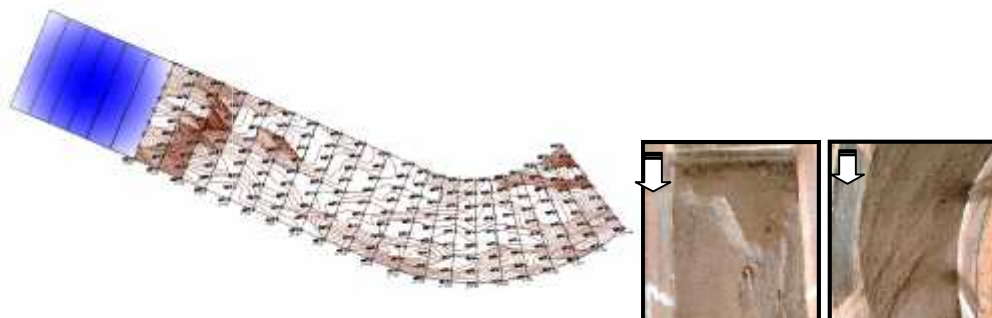
Gambar 8. Pola gerusan setelah pelimpah pada posisi I

4.2.2 Posisi II

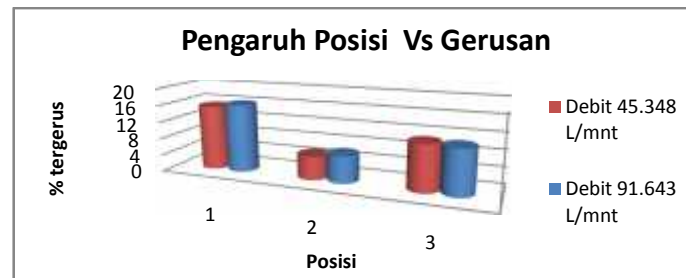


Gambar 9. Pola gerusan setelah pelimpah pada posisi II

4.2.3 Posisi III



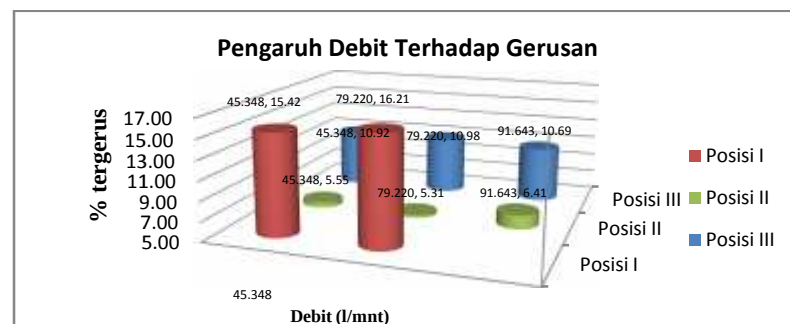
Gambar 10. Pola gerusan setelah pelimpah pada posisi III



Gambar 11. Grafik pengaruh posisi pelimpah terhadap gerusan di hilir pelimpah

Pada grafik 11, Volume gerusan paling terkecil terjadi pada pelimpah yang berada sejauh lebar pelimpah sebelum tikungan (posisi II), sebaliknya gerusan terbesar terjadi jika pelimpah di letakan dekat dengan tikungan (posisi I) dan yang jauh sekali dengan tikungan (posisi III).

4.3 Analisis pengaruh variasi debit (Q) terhadap volume gerusan yang terjadi di hilir pelimpah



Gambar 12. Grafik pengaruh debit terhadap gerusan di hilir pelimpah

Dari gambar 12, terlihat bahwa semakin besar debit aliran kecendrungan gerusan dasar saluran di hilir pelimpah juga semakin besar, dan sebaliknya. Pada posisi I material dasar saluran yang tergerus sebesar 15.42 % untuk debit 45.348 L/mnt dan 16.21% untuk debit 91.643 L/mnt dari kondisi awal, untuk posisi II sebesar 5.55% untuk debit 45.348 L/mnt, 5.31% untuk debit 54.335 L/mnt dan 6.41% untuk debit 91.643 L/mnt dari kondisi awal, untuk posisi III sebesar 10.92% untuk debit 45.348 L/mnt, 10.98% untuk debit 79.220 L/mnt dan 10.69% untuk debit 91.643 L/mnt dari kondisi awal.

5. Kesimpulan

Dari pengamatan hasil penelitian dan pengolahan data dapat disimpulkan bahwa :

1. Profil aliran mengikuti anak tangga untuk debit kecil, sebaliknya terjadi skip untuk debit yang makin besar.
2. Pengikisan terjadi di sepanjang dasar saluran tetapi gerusan terbesar terjadi di bawah anak tangga dan akhir tikungan.

3. Pengaruh variasi debit terhadap gerusan yang terjadi di hilir pelimpah adalah semakin besar debit kecendrungan gerusan juga semakin besar, dan begitu juga sebaliknya.
4. Volume gerusan paling besar terjadi pada pelimpah yang berada di awal tikungan sebesar 15-17 % dari kondisi awaldan volume gerusan paling kecil terjadi pada pelimpah yang terletak sejauh lebar pelimpah sebelum tikungan sebesar 5-7 % dari kondisi awal, pada posisi III gerusan terjadi sebesar 10-11 % dari kondisi awal.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Daoed, Darwizal, Februarman, M. Subhi NH. 2006. Pengaruh Variasi Geometrik Tikungan Terhadap Karakteristik Penyebaran Sedimen dan Lapisan Armouring Di Dasar Saluran. Padang : DIKTI, DIKANAS
- Daoed, D, Ahsanul. 2010. Pengaruh Kemiringan Melintang Kearah Luar Tikungan Saluran Saluran Terhadap Pola Penyebaran Sedimen. Padang : Skripsi Jurusan Teknik Sipil Universitas Andalas.
- Daoed, D, Februarman, Junaidi, Rahmadona 2008/2009, Pengaruh Super Elevasi Tikungan Terhadap Pola Penyebaran Sedimen. Laporan Penelitian dibiayai oleh Dikti Dep Diknas Penelitian Fundamental
- Gempar.2012. Bendungan Sebewe Tak Kunjung Diperbaiki. Diakses : 10 Maret 2015. <http://gemparvaroz.blogspot.com/2012/02/bendungan-sebewe-tak-kunjung-diperbaiki.html>.
- Harvien, Rizki. 2006 .Studi Eksperimental Pola Pembentukan Profil Dasar Saluran Pada Belokan 60 dan 90 Derajat.Padang : Skripsi Jurusan Teknik Sipil Universitas Andalas.
- Kironoto, Bambang Agus.1997. Hidraulika Traspor Sedimen. Universitas GadjahMada, Yogyakarta.
- Oktaviani, Welly Y.2011. Kajian Terhadap Peredam Energi Pada Pelimpah Berterap (Uji Experimental).Padang : Skripsi Jurusan Teknik Sipil Universitas Andalas.
- Prayogy A. Lubis.2012. Investigasi Model Fisik Aliran dan Redaman Energi Pada Pelimpah Bertangga Terhadap Jumlah Tangga Tetap dan Lebar Tangga. Padang : Skripsi Jurusan Teknik Sipil Universitas Andalas.

STUDI EKSPERIMENTAL PEMBUATAN BATU BATA RINGAN DENGAN MEMAKAI *ADDITIVE FOAM AGENT*

Putri Oktaviani

Prodi Teknik Sipil STT Dumai, Riau, oktafia.pu3@gmail.com

Aidil Abrar

Prodi Teknik Sipil STT Dumai, Riau, hafana_abrar72@yahoo.com

Wan Fadli

Prodi Teknik Sipil STT Dumai, Riau, Fadli2009@gmail.com

Abstrak

Kerusakan bangunan akibat gempa yang struktur bangunannya terbuat dari beton karena balok atau kolom tidak mampu menahan beban getar yang diakibatkan oleh gempa, sehingga kerusakan parah sangat membahayakan pengguna dari bangunan tersebut. Kolom merupakan salah satu tumpuan utama dari suatu bangunan. Salah satu beban yang dipikul kolom adalah beban mati yang diberikan oleh dinding. Dari sekian banyak bahan dinding, ternyata salah satu yang paling disukai orang adalah "masonry wall" yang menggunakan bata, semen dan pasir. Kebutuhan penggunaan bata ini mendorong munculnya inovasi-inovasi baru dalam pembuatan bata, salah satunya adalah bata ringan yang bisa juga disebut dengan beton ringan. Bata ringan memiliki massa yang lebih ringan dari bata merah konvensional karena bata ringan memiliki banyak pori-pori yang sengaja dibuat. Bata ringan memiliki kelebihan pada segi kemudahan pelaksanaan, kecepatan pemasangan serta kerapian dalam membangun dinding bangunan. Dalam penelitian ini bagaimana cara memperoleh campuran batu bata ringan yang efisien dan dapat mengurangi beban struktur dibandingkan dengan batu bata konvensional. Ukuran bata ringan yang di buat dalam penelitian ini 20 cm x 60 cm x 10 cm dan 20 cm x 60 cm x 7.5 cm. *Variable* komposisi pemakaian *foam agent* untuk masing – masing sampel yaitu 1 %, 2.5 %, 5%, 7.5% dari berat semen. Hasil berat dan uji tekan yang memenuhi standar untuk batu bata ringan adalah pada komposisi penambahan *foam agent* 1% untuk ukuran sampel 60 x 20 x 7.5 cm dengan berat rata rata 1400 gr dengan kuat tekan 82,03 kg/m² dan penambahan *foam agent* 1% juga untuk ukuran sampel 60 x 20 x 10 cm, berat rata-rata 1936 gr dengan kuat tekan 83,82 kg/m².

Kata Kunci : dinding, bata ringan, *foam agent*

1. PENDAHULUAN

Dewasa ini kata "bata" sudah tidak asing lagi ditelinga kita. Dari sekian banyak bahan dinding, ternyata salah satu yang paling disukai orang adalah "masonry wall" yang menggunakan bata, semen dan pasir. Hal ini bisa kita lihat dari sebagian besar gedung-gedung dan sarana infrastruktur di daerah perkotaan yang menggunakan bata sebagai bahan dasar dinding bangunannya. Kebutuhan penggunaan bata ini mendorong munculnya inovasi-inovasi baru dalam pembuatan bata, salah satunya adalah bata ringan yang bisa juga disebut dengan beton ringan. Bata ringan memiliki massa yang lebih ringan dari bata merah konvensional karena bata ringan memiliki banyak pori-pori yang sengaja dibuat. Faktor atau pertimbangan di ciptakannya batu bata ringan, antara lain batu bata yang ada dipasaran sudah sulit didapatkan karena kelangkaan bahan baku pembuatnya dan memakan waktu yang lama dalam proses merubah bahan baku menjadi batu bata.

Pada penelitian ini penulis menggunakan *foam agent* sebagai bahan campuran pembuatan bata beton ringan. *Foam agent* dalam campuran beton akan menghasilkan gelembung udara pada beton tersebut. Gelembung udara yang terbentuk akan menghasilkan pori-pori pada beton. Dengan adanya sela atau pori pada beton tersebut maka bata beton ringan akan memiliki berat yang lebih ringan dibandingkan bata biasa.

Sampai saat ini komposisi campuran (*mix design*) antara semen, pasir, dan air dalam pembuatan bata beton ringan belum ada standarisasinya. Hal itu disebabkan berat jenis bata beton yang akan dihasilkan bergantung pada pemakaian bahan *additive* yang digunakan. Penelitian ini untuk memperoleh komposisi campuran batu bata ringan yang efisien dan dapat mengurangi beban struktur dibandingkan dengan bata biasa .

2. STUDI PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

Beton terbentuk dari ikatan material-material penyusunnya, yaitu semen, agregat (kasar dan halus), air dan dapat ditambah dengan bahan campuran (*admixture* atau *additive*) bila diperlukan. Air dan semen disatukan akan membentuk pasta yang berfungsi sebagai pengikat pengisi yang berupa agregat kasar dan halus. Selanjutnya akan terjadi reaksi kimia yaitu reaksi *hidratasi* (reaksi antara air dan semen) yang membuat ikatan antara pencampuran dari dua material ini akan bertambah kuat. Rongga yang terjadi antara butiran-butiran material besar (agregat kasar) di isi oleh butiran yang lebih kecil. (agregat halus) dan pori-pori antara agregat halus diisi oleh semen dan air.

Seiring berkembangnya teknologi, penelitian terhadap beton pun gencar dilakukan seperti penelitian terhadap beton ringan dimana memiliki *densitas* lebih kecil dari 1800 kg/m^3 .

Menurut SNI 03-0349-1989, bata beton adalah suatu jenis unsur bangunan berbentuk bata yang dibuat dari bahan utama semen *Portland*, air dan agregat, dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya (*additive*), yang dipergunakan untuk pasangan dinding.

Bata beton adalah yang dipergunakan untuk pasangan dinding yang dibuat dari beton dimana materi penyusunnya sama seperti beton namun tanpa agregat kasar. Bila beton adalah bagian dari bangunan yang dipakai sebagai pasangan dinding yang terbuat dari beton, dibentuk dan berukuran tertentu. Bata beton dibuat dengan mencampur semen, pasir yang diaduk sampai homogen kemudian lalu dicetak.

Bata beton dibedakan menjadi dua yaitu : bata beton pejal, yaitu bata yang memiliki penampang pejal 75% atau lebih dari luas penampang seluruhnya dan memiliki volume pejal lebih dari 75% volume seluruhnya, dan bata beton berlubang, yaitu bata yang memiliki luas penampang lubang lebih dari 25% luas penampang batanya dan volume lubang lebih dari 25% volume bata seluruhnya.

Bata ringan dikenal ada dua jenis yaitu, *Autoclaved Aerated Concrete (AAC)* dan *Cellular Lightweight Concrete (CLC)*. Keduanya didasarkan pada gagasan yang sama yaitu menambahkan gelembung udara kedalam mortar akan mengurangi berat beton yang dihasilkan secara drastis. Perbedaan bata ringan AAC dengan CLC dari segi proses pengeringan yaitu AAC mengalami pengeringan dalam oven autoklaf bertekanan tinggi

sedangkan bata ringan jenis CLC yang mengalami proses pengeringan alami. CLC sering disebut juga sebagai *Non-Autoclaved Aerated Concrete (NAAC)*.

2.2 Bahan Pembuatan Bata Beton Ringan

2.2.1 Semen

Semen merupakan bahan pengikat yang paling penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik di sektor konstruksi sipil. Jika ditambah air, semen akan menjadi pasta semen. Jika ditambah agregat halus, pasta semen akan menjadi mortar yang jika digabungkan dengan agregat kasar akan menjadi campuran beton segar yang setelah mengeras akan menjadi beton keras (*concrete*). Semen yang digunakan untuk pekerjaan beton harus disesuaikan dengan rencana kekuatan dan spesifikasi teknik yang diberikan.

Standar Industri di Amerika (ASTM) maupun di Indonesia (SNI), mengenal lima jenis semen yaitu :

- a. Tipe I (Ordinary Portland Cement)
Semen Portland tipe I merupakan jenis semen yang umum digunakan untuk berbagai jenis pekerjaan konstruksi yang mana tidak terkena efek sulfat pada tanah atau berada dibawah air.
- b. Tipe II (Modified Cement)
Semen Portland tipe II merupakan semen dengan panas hidrasi sedang atau dibawah semen Portland tipe I, serta tahan terhadap sulfat. Semen ini cocok digunakan untuk daerah yang memiliki cuaca dengan suhu yang cukup tinggi serta pada struktur drainase.
- c. Tipe III (Rapid-Hardening Portland Cement)
Semen Portland tipe III memberikan kuat tekan awal yang tinggi. Penggunaan tipe III ini jika cetakan akan segera dibuka untuk penggunaan berikutnya atau kekuatan yang diperlukan untuk konstruksi lebih lanjut. Semen tipe III ini hendaknya tidak digunakan untuk konstruksi beton missal atau dalam skala besar karena tinggi panas yang dihasilkan dari reaksi beton tersebut.
- d. Tipe IV (Low-Heat Portland Cement)
Semen portland tipe IV digunakan jika pada kondisi panas yang dihasilkan reaksi beton harus diminimalisasi. Namun peningkatan kekuatan lebih lama dibandingkan semen tipe lainnya tetapi tidak mempengaruhi kuat akhir.
- e. Tipe V (Sulphate-Resisting Cement)
Semen portland tipe V digunakan hanya pada beton yang berhubungan langsung dengan sulfat, biasanya pada tanah atau air tanah yang memiliki kadar sulfat yang cukup tinggi.

2.2.2 Pasir

Menurut asalnya, pasir alam digolongkan menjadi 3 macam yaitu :

- a. Pasir Galian.
Pasir ini diperoleh langsung dari permukaan atau dengan menggali tanah. Pasir jenis ini umumnya berbutir tajam, bersudut, berpori dan bebas kandungan garam yang membahayakan. Namun karena diperoleh dengan menggali maka pasir ini sering bercampur dengan kotoran atau tanah, sehingga sering dicuci dulu sebelum digunakan.
- b. Pasir sungai.
Pasir sungai diperoleh langsung dari dasar sungai, sehingga umumnya berbutir halus dan berbentuk bulat akibat proses gesekan. Karena butirnya halus, maka baik untuk plasteran tembok. Namun karena butirannya bulat, daya rekat antara butiran pasir ini menjadi kurang baik.
- c. Pasir laut.
Pasir ini diambil dari pantai. Bentuk butirannya halus dan bulat akibat proses gesekan. Pasir ini banyak mengandung garam, sehingga kurang baik untuk bahan bangunan. Pasir yang mengandung garam akan menyerap kandungan air dari udara, sehingga pasir akan selalu agak basah dan juga menyebabkan pengembangan setelah bangunan selesai dibangun. Oleh karena itu, sebaiknya pasir jenis ini tidak digunakan untuk bahan bangunan.

Adapun pasir yang digunakan untuk pembuatan beton ringan adalah pasir yang lolos ayakan (standar ASTM E 11-70) yang diameternya lebih kecil dari 5mm. hal ini untuk mencegah keretakan pada beton bila sudah mengering. Namun akan menyebabkan kerapuhan pada saat kering jika digunakan dalam jumlah yang banyak. Karena sifat pasir yang berfungsi hanya sebagai pengisi dan tidak merekat. Pasir yang baik adalah pasir yang berasal dari sungai dan tidak mengandung tanah lempung karena dapat menyebabkan retak-retak dan juga harus memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan oleh ASTM sebagai berikut :

- a. Susunan butiran (*gradasi*)
- b. Modulus kehalusan (*fineness modulus*) dengan kisaran 2,5 s/d 3,0 umumnya menghasilkan beton mutu tinggi (fas yang rendah) yang kuat tekan dan *work ability* nya optimal.
- c. Kadar lumpur
- d. Jika terdapat bagian dari pasir yang lebih kecil dari 75 mikron atau lolos ayakan No. 200 melebihi 5% (terhadap berat kering), maka agregat harus dicuci.
- e. Kadar liat tidak boleh melebihi 1% (terhadap berat kering)
- f. Agregat halus harus bebas dari pengotoran zat.

2.2.3 Air

Air diperlukan dalam pembuatan beton untuk pemicu proses kimiawi semen, membasahi agregat lalu memberikan kemudahan dalam pengerjaan beton. Air yang dapat diminum

umumnya dapat dipakai untuk campuran beton. Air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula, atau bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran beton maka akan menurunkan kualitas beton, bahkan dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan.

Karena pasta semen merupakan hasil reaksi kimia antara semen dengan air, maka bukan perbandingan jumlah air terhadap berat total campuran yang penting, tetapi justru perbandingan air dengan semen atau biasa sering disebut sebagai faktor air semen (*water cement ratio*). Air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya, sehingga akan mempengaruhi kekuatan beton.

2.2.4 Foam Agent

Foam agen adalah suatu larutan pekat dari bahan *surfaktan*, dimana apabila hendak digunakan harus dilarutkan dengan air.

Salah satu bahan yang mengandung *surfaktan* adalah *Detergen* ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{15}\text{OSO}_3\text{-Na}^+$).

Foam agent saat dicampurkan dengan *kalsium hidroksida* yang terdapat pada pasir dan air akan bereaksi hingga membentuk *hydrogen*. Gas *hydrogen* ini membentuk gelembung-gelembung udara di dalam campuran beton tadi. Gelembung-gelembung udara ini menjadikan volumenya menjadi dua kali lebih besar dari volume semula. Diakhir proses pembusaan, *hydrogen* akan terlepas ke *atmosfir* dan langsung digantikan oleh udara. Rongga-rongga tersebut yang membuat bata beton menjadi ringan.

3. HASIL, ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Untuk pembuatan batu bata ringan ini, digunakan agregat halus yaitu pasir dari Bangkinang yang telah dilakukan pengujian saringan dan kadar lumpur yang terkandung didalamnya sesuai dengan agregat yang memiliki syarat spesifikasi.

Pada pembuatan batu bata ringan ini komposisi semen : pasir, adalah mortar dengan adukan 1: 4 dengan komposisi bahan tambah (*additive*) *foam agent* yang bervariasi yaitu ; 1%, 2,5%, 5%, dan 7,5% dari perbandingan berat semen.

Untuk mengaduk adonan batu bata ringan ini digunakan *mixer concrete* sederhana yang dirancang khusus untuk pengadukan dengan sempurna dan stabil (gambar 3.1). Setelah adonan tercampur sempurna kemudian dituang kedalam cetakan (gambar 3.2).

Setelah sampel berumur 7 hari, dilakukan penimbangan masing masing sampel dan , dilakukan uji tekan semua sampel dengan hasil yang diplot ke dalam grafik (gambar 3.3 dan gambar 3.4) dibawah ini.



Gambar 3.1 Proses Pengadukan



Gambar 3.2 Adukan dalam cetakan



Gambar 3.3. Proses Pengeringan

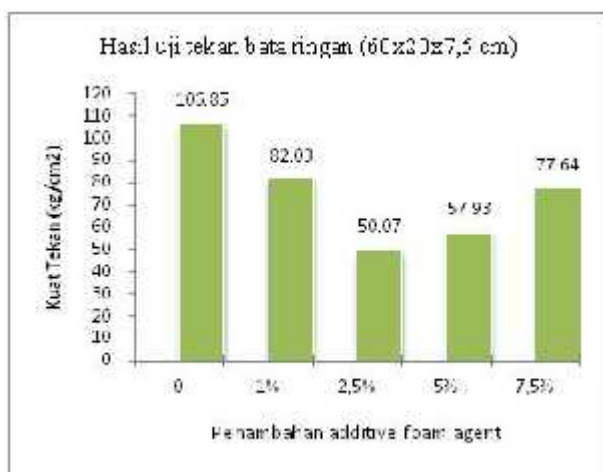


Gambar 3.4. Proses Penimbangan

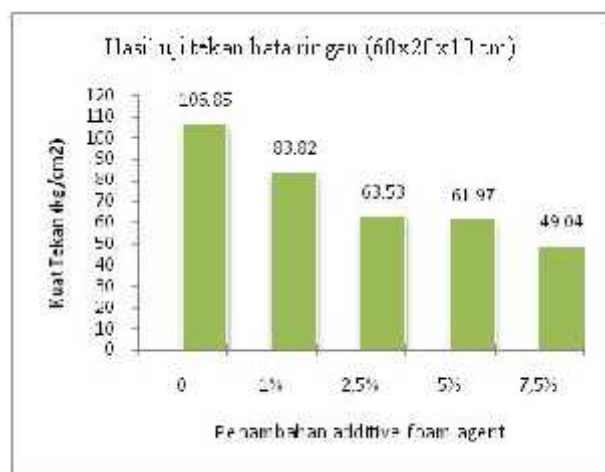
Tabel 3.1 Tabel berat masing masing benda uji

ukuran sampel 60 x 20 x 7,5 cm						ukuran sampel 60 x 20 x 10 cm				
No Sampe	Gambar 3.4. Proses Penimbangan					0%	1%	2,5%	5%	7,5%
						(Kg)	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(Kg)
N1	23,1					30,8				
N2	23,3					31,2				
N3	23,5					30,7				
A		13,4	13,2	12,9	14,2					
B		15,2	13,7	15,2	14					
C		13,4	14,3	12,7	13,2					
D							19,6	18,6	19,7	18,6
E							19,2	18,5	18,8	19,3
F							19,3	17,8	19,6	16,4

Dari tabel 3.1 diatas berat masing masing sampel ukuran 60 cm x 20 cm x 7,5 cm rata-rat berkisar antara 1200 gr – 1500 gr lebih ringan dari sampel yang tidak ditambah foam agent, dan sampel ukuran 60 cm x 20 cm x 10 cm rata-rata beratnya berkisar 1600 gr – 1960gr.



Gambar 3.5. Hasil Uji tekan benda uji 60x20x7,5 cm



Gambar 3.6. Hasil Uji tekan benda uji 60x20x10 cm

Dari grafik diatas terlihat bahwa kuat tekan campuran 1% penambahan *foam agent* pada ukuran sampel 60 cm x 20 cm x 7,5 cm = 82,03 kg/cm² dan ukuran sampel 60 cm x 20 cm x 10 cm = 83,82 kg/cm² lebih besar nilai kuat tekannya dibandingkan dengan campuran komposisi lain dengan ukuran yang sama.

4. KESIMPULAN

Dari hasil yang didapat dalam penelitian dan pengujian komposisi campuran untuk bata beton ringan ini didapat kesimpulan bahwa pada penambahan *foam agent* 1% dari berat semen pada masing masing benda uji dengan ukuran 60 cm x 20 cm x 7,5 cm dan 60 cm x 20 cm x 10 cm merupakan hasil yang dapat direkomendasikan sebagai komposisi standart untuk pembuatan beton bata ringan.

DAFTAR PUSTAKA

- Mulyono, Tri.,2005. Teknologi Beton, Ed.II, Yogyakarta:Andi
- Neville, A.M. 1995. Properties of Concrete. fourth and final edition, England : Addison Wesley Longman Limited.
- Paul Nugraha, Antoni. 2007, Teknologi beton, Surabaya.
- Armeyn.2014.Penggunaan Beton Ringan pada Infrastruktur Bangunan Gedung, prosiding makalah Seminar Nasional SPI 2014: ITP Padang

EVALUASI KINERJA OPERASI DAN PEMELIHARAAN JARINGAN IRIGASI PADA DAERAH IRIGASI BATANG HARI DI KABUPATEN DHARMASRAYA

Nasrul, Bambang Istijono, Sunaryo

Pasca Sarjana Jurusan Teknik Sipil Universitas Andalas, Kampus Unand, Limau Manis, Padang, 25163, e-mail: nas_bth@yahoo.co.id

Abstrak

Irigasi mempunyai dampak yang sangat besar terhadap pemenuhan kebutuhan air untuk sawah-sawah. Irigasi yang baik perlu di perhatikan manajemen operasional dan pemeliharaan irigasi agar dapat memenuhi kebutuhan air untuk sawah-sawah penduduk. Untuk mengukur debit saluran irigasi Batang Hari, digunakan alat ukur Currenmeter dan diperoleh hasil pada saluran pembawa utama 12,63 m³/dt, Saluran Induk pada Bangunan Batang Hari (BBH-1) 10,39 m³/dt, sekunder Siguntur 0,81 m³/dt dan total 3 tersier 0,46 m³/dt), Kemudian Saluran Induk pada Bangunan Batang Hari-12 (BBH-12) 7,79 m³/dt, sekunder Koto Padang, 0,76 m³/dt, total 2 tersier 0,51 m³/dt, dan Saluran Induk pada Bangunan Batang Hari 28 (BBH-28) 4,93 m³/dt, sekunder Siat 0,88 m³/dt, dan total 3 tersier 0,72 m³/dt). Pada Bangunan Batang Hari 1 (BBH-1) saluran tersier dengan luas 1308 ha, dengan kebutuhan air sebesar 1,604 m³/dt, sedangkan ketersediaan air hanya 0,460 m³/dt. Pada Bangunan Batang Hari 12 (BBH-12) saluran tersier dengan luas 777 ha, dengan kebutuhan air sebesar 1,243 m³/dt, sedangkan ketersediaan air hanya 0,510 m³/dt. Pada Bangunan Batang Hari 28 (BBH-28) saluran tersier dengan luas 823 ha, dengan kebutuhan air sebesar 1,316 m³/dt, sedangkan ketersediaan air hanya 0,720 m³/dt. Dengan melihat kondisi di atas dapat di simpulkan bahwa terjadi kekurangan distribusi air pada saluran tersier yang di sebabkan oleh kekurangan tenaga Operasional dan Pemeliharaan dan tidak terpeliharanya infrastruktur jaringan irigasi, sehingga pendistribusian air tidak berjalan dengan baik.

Kata kunci : operasional dan pemeliharaan irigasi 1, Sumber Daya Manusia 2, Infrastruktur 3

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan infrastruktur Irigasi Batang Hari di Kabupaten Dharmasraya ini berlangsung sejak tahun 1997 sampai dengan tahun 2009, Pengoperasian dan pemeliharaan Jaringan Irigasi ini merupakan faktor utama demi tercapainya target hasil panen padi dalam rangka pemenuhan kebutuhan pangan bagi masyarakat, lebih dari itu juga sangat berpengaruh terhadap perkembangan wilayah.

1.2 Perumusan Masalah

Adapun perumusan masalah dalam penelitian ini adalah tentang ketersediaan air untuk sawah-sawah dan kelengkapan Petugas untuk operasional dan pemeliharaan infrastruktur jaringan irigasi yang di terapkan pada Daerah Irigasi Batang Hari di Kabupaten Dharmasraya, lokasi penelitian dapat dilihat pada peta 1 berikut :



Peta 1

nelitian:
Kabupaten
Dharmasraya,
Propinsi Sumatera
]



1.3 Tujuan Penelitian

1. Melakukan analisis untuk mengevaluasi pendistribusian air mulai dari hulu (bangunan intake bendung) sampai ke sawah-sawah yang ada.
2. Meneliti kondisi sumber daya petugas yang mengelola operasi serta pemeliharaan jaringan irigasi pada Daerah Irigasi Batang Hari
3. Menentukan sistim yang tepat dalam pengelolaan jaringan irigasi pada daerah penelitian.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoritis
Sebagai tambahan referensi dalam pengembangan ilmu pengetahuan bidang teknik sipil, khususnya tentang manajemen irigasi.
2. Manfaat Praktis
Sebagai bahan pertimbangan dan tambahan informasi dalam menyusun manajemen operasi dan pemeliharaan jaringan irigasi sebuah proyek, khususnya yang berkaitan dengan manajemen irigasi

1.5 Batasan Masalah

1. Kecukupan distribusi air dari hulu hingga hilir dengan melakukan pengukuran pada hari dan jam yang sama dengan kondisi bukaan pintu tetap pada saat tidak terjadi hujan.
2. Kebutuhan petugas
3. System pengoperasian pintu-pintu air
4. Sistem pemeliharaan infrastruktur

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Operasional dan Pemeliharaan suatu jaringan irigasi merupakan upaya untuk memaksimalkan kinerja dari suatu bangunan irigasi agar dapat berfungsi dengan baik. Irigasi yang berfungsi dengan baik akan membuat debit air akan berjalan dengan lancar guna memenuhi kebutuhan masyarakat khususnya untuk bidang pertanian.

2.2 Penentuan Debit Aliran (Current Metter)

2.2.1 Metode matematis

Metode dua titik; pada metode ini pengukuran kecepatan aliran dilakukan pada 0,2 dan 0,8 titik kedalaman aliran dari permukaan air. Kecepatan aliran rata-ratanya diperoleh dengan merata-ratakan kecepatan aliran yang diukur pada kedua titik tersebut, yang dapat dinyatakan dengan persamaan (Sumber: Hidrometri dan Aplikasi Teknosaba dalam Pengolahan Sumber Daya Air Soewarno) :

$$v_{0,20} = \frac{0,2 H}{t} \times (a \times b) \quad (1)$$

$$v_{0,80} = \frac{0,8 H}{t} \times (a \times b) \quad (2)$$

$$\tilde{v} = \frac{v_{0,20} + v_{0,80}}{2} \quad (3)$$

Keterangan :

- $\tilde{v}$ = kecepatan aliran rata-rata (m/det)
- $v_{0,20}$ = kecepatan aliran pada 0,20 kedalaman (m/det)
- $v_{0,80}$ = kecepatan pada 0,80 kedalaman (m/det)
- a = kode baling-baling alat, untuk alat yang digunakan nilainya 0,2809 (sumber calibration certificate currentmeter no. 51201)
- b = konstanta alat, dalam hal ini nilainya 0,009 (sumber calibration certificate currentmeter no. 51201)

Setelah didapat kecepatan rata-rata, selanjutnya dihitung debit dengan terlebih dahulu menghitung luas penampang dengan menggunakan rumus :

$$\text{Luas Penampang} = \text{Jarak (rai)} \times \text{kedalaman} \quad (4)$$

Selanjutnya baru hitung debit dengan menggunakan rumus :

$$Q = V \times A, \text{ dimana } Q = \text{debit}, V = \text{Kecepatan}, A = \text{Luas} \quad (5)$$

3. ANALISA DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisa Data

Data dianalisa dari hasil pengukuran yang dilakukan pada 4 lokasi yang merupakan keterwakilan dari Daerah Irigasi Batang Hari, adapun titik pengukuran dapat dilihat pada peta 2, Skema Jaringan Penelitian Daerah Irigasi Batang Hari berikut :



3.1.1 Debit Air

Lokasi 1, pengukuran saluran pembawa utama pada intake bending

Pada lokasi pengukuran 1, adalah saluran induk di intake bendung, dari hasil pengukuran didapat jumlah debit yang mengalir pada saluran adalah 12,63 m³/dtk, artinya kalau dihitung dengan kebutuhan keseluruhan lokasi penelitian sudah mencukupi, karena total luas yang ada pada lokasi penelitian 2, 3, dan 4 adalah 2.308 ha * 1,6 ltr/dtk = 3,63 m³/dtk.

Lokasi 2, Saluran Induk pada Bangunan Batang Hari 1 (BBH.1)

Tabel 1. Kondisi distribusi air pada lokasi penelitian II

No.	Blok Tersier	Luas Areal (ha)	Kebutuhan Air (l/dt) (1.6 l/dt/ha)	Air yg tersedia (l/dt)	Kondisi pendistribusian	
					(+)	(-)
1	Blok Tersier 1	244	390	310	-	80
2	Blok Tersier 2	332	531	70	-	461
3	Blok Tersier 3	427	683	80	-	603
	Jumlah	1.003	1.604	460	-	1.144

Lokasi 3, Saluran Induk pada Bangunan Batang Hari 12 (BBH.12)

Tabel 2. Kondisi distribusi air pada lokasi penelitian III

No.	Blok Tersier	Luas Areal (ha)	Kebutuhan Air (l/dt) (1.6 l/dt/ha)	Air yg tersedia (l/dt)	Kondisi pendistribusian	
					(+)	(-)
1	Blok Tersier 1	410	656	290	-	366
2	Blok Tersier 2	287	459,2	220	-	239,2
	Jumlah	777	1.243,2	510	-	602,5

Lokasi 4, Saluran Induk Bangunan Batang Hari 28 (BBH.28)

Tabel 3. Kondisi distribusi air pada lokasi penelitian IV

No.	Blok Tersier	Luas Areal (ha)	Kebutuhan Air (l/dt) (1.6 l/dt/ha)	Air yg tersedia (l/dt)	Kondisi pendistribusian	
					(+)	(-)
1	Blok Tersier 1	314	502,4	360	-	142,4
2	Blok Tersier 2	376	601,6	270	-	331,5
3	Blok Tersier 3	133	212,8	90	-	122,8
	Jumlah	823	1.316,8	720	-	596,7

Rekapitulasi kondisi ketersediaan air pada lokasi penelitian

No.	Lokasi Penelitian	Luas Areal (ha)	Kebutuhan (l/dt)	Ketersediaan (l/dt)	Kondisi ketersediaan	
					(+)	(-)
1	Titik Penelitian 2	1.003	1.604	460	-	884
2	Titik Penelitian 3	777	1.243,2	510	-	733,2
3	Titik Penelitian 4	823	1.316,8	720	-	596,8
	Prosentase kekurangan					57,9%

3.1.2 SDM Petugas

Berdasarkan penelusuran data sekunder berupa Surat Keputusan Petugas Operasi dan Pemeliharaan pada Satuan Kerja Irigasi Batang Hari ini, terdapat kekurangan petugas sebagaimana table 5 berikut :

Tabel 5. Perimbangan ketersediaan dan kebutuhan tenaga OP Pada Irigasi Batang Hari

No.	Jenis Jabatan/ tugas	Petugas		
		Yang dibutuhkan	Yang tersedia	Kekurangan
1	Kepala Operasi	12	1	11
2	Petugas OP Bendung	9	6	3
3	Petugas Pintu Air (PPA)	59	22	37
	Jumlah	80	29	51
	Prosentase kekurangan		63,75 %	

3.2 Pengaturan Pintu Air

Dalam menyetel bukaan pintu air dapat di tentukan berdasarkan rumus dibawah ini :

$$Q = 1,741 b h^{3/2} \quad (6)$$

Setelah dilakukan pencarian dengan melihat Q yang dibutuhkan oleh masing-masing lokasi penelitian II, III, dan IV dengan lebar pintu (b) adalah 0,5 m maka petugas dapat melakukan bukaan pintu sesuai dengan tabel 6 dibawah ini:

Tabel 6. Tinggi Bukaan Pintu pada Penelitian II,III, dan IV

No.	Blok Tersier	Luas Areal (ha)	Kebutuhan Air (l/dt) (1.6 l/dt/ha)	Bukaan Pintu (m) (Q=1,741 b h ^{2/3})
	Penelitian II			
1	Blok Tersier 1	244	390	0,30
2	Blok Tersier 2	332	531	0,49
3	Blok Tersier 3	427	683	0,69
	Penelitian III			
1	Blok Tersier 1	410	656	0,65
2	Blok Tersier 2	287	459,2	0,38
	Penelitian IV			
1	Blok Tersier 1	314	502,4	0,44
2	Blok Tersier 2	376	601,6	0,57
3	Blok Tersier 3	133	212,8	0,12

4. KESIMPULAN

4.1 Kesimpulan

Dari uraian sebelumnya dapat disimpulkan sebagai berikut

1. Terjadi kekurangan pendistribusian air pada sawah-sawah di Daerah Irigasi Batang Hari yang dapat dilihat dari hasil perhitungan.
2. Pelaksanaan Kinerja Operasi dan Pemeliharaan pada Daerah Irigasi batang hari belum bejalan sebagaimana mestinya.
3. Peran serta petani pemakai air (P3A) belum maksimal.
4. Pemeliharaan bangunan irigasi tidak terlaksana dengan baik, hal ini disebabkan oleh :
 - a. Dana yang tersedia tidak sesuai dengan kebutuhan, sehingga banyak bangunan tidak terpelihara dengan baik dan ini berdampak kepada tidak maksimalnya fungsi bangunan yang ada.
 - b. Tidak ada personil yang bertugas khusus menangani pemeliharaan, yang ada hanya untuk operasi dan pembersihan rumput di tanggul saluran.

4.2 Saran

Dari kesimpulan di atas disarankan hal-hal sebagai berikut :

1. Meningkatkan kinerja Operasi dan Pemeliharaan Pada Jaringan Irigasi Batang Hari, dengan mengatur pemberian tugas serta penempatan petugas secara merata.
2. Penambahan personil sesuai kebutuhan baik jumlah maupun pendidikannya.
3. Melakukan koordinasi secara intens dengan instansi terkait dan para petani.
4. Melaksanakan worktrue untuk mengidentifikasi kerusakan bangunan dan mengusulkan penyediaan dana kepada kementerian PU Melakau Direktorat Jenderal Sumber daya air.
5. Menugaskan satu orang personil khusus menangani masalah pemeliharaan bangunan.

DAFTAR PUSTAKA

Ankum, P., 1997, Flow Control in irrigation and Drainage , TU Delf: Faculty of Civil Engineering.

Deputi Bidang Sumber Daya Air Departemen Kimpraswil, 2000, Pengembangan dan Pengelolaan Irigasi, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta

Dr.Moh. Hasan pada Rakertas Direktorat Jenderal Sumber Daya Air 2012

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.20, tahun 2006, “ Tentang Irigasi”, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 30/PRT/M/2007, tentang Pedoman Pengembangan dan Pengelolaan Sistem Irigasi Partisipatif, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.32/PRT/M/2007, tentang Pedoman Operasi dan Pemeliharaan Jaringan Irigasi, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarata.

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.33/PRT/M/2007, tentang Pedoman Pemberdayaan P3A/GP3A/IP3A, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta

Project Completion Report Batang Hari Irrigation Project, Slice II, tahun 2009, Nippon Koei Co.Ltd, Pulau Punjung

KUAT TEKAN, POROSITAS DAN SORPTIVITY MORTAR DENGAN BAHAN TAMBAH GULA AREN PADA SUHU TINGGI

Nanda Dwi Putri

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru, nandadwiputri92@gmail.com

Zulfikar Djauhari

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas, Padang, zulfkr_dj@yahoo.com

Monita Olivia

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru, monitawibisino@yahoo.com

Abstrak

Penelitian ini membahas mortar tahan suhu tinggi dengan penambahan gula aren. Tujuan penambahan gula aren adalah untuk memperbaiki kekuatan mortar pada suhu tinggi. Variasi kadar gula aren yang digunakan adalah 0,10%, 0,30%, dan 0,50% dari berat semen. Mortar dibakar pada suhu 250°C, 500°C, dan 750°C selama 3 jam pada umur 28 hari dan kemudian diuji kuat tekan, porositas, dan *sorptivity*. Hasil penelitian kuat tekan sebelum dibakar dan pada suhu 250°C menunjukkan bahwa OPC normal memiliki kuat tekan paling tinggi. Tetapi pada suhu 500°C dan 750°C kuat tekan mortar OPC+gula aren 0,10% lebih tinggi dari OPC normal. Hasil pengujian porositas dan *sorptivity* menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu pembakaran maka persentase porositas dan nilai *sorptivity* semakin besar.

Kata kunci: mortar, gula aren, kuat tekan, porositas, *sorptivity*

1. PENDAHULUAN

Beton ataupun mortar memiliki kemampuan untuk tahan terhadap suhu tinggi dan kebakaran. Hal ini disebabkan sifat konduktivitas beton dan mortar lebih rendah dibandingkan kayu atau baja. Namun, bukan berarti kebakaran dan perubahan suhu tinggi tidak dapat mempengaruhi beton dan mortar (Arioz, 2007). Perubahan suhu yang ekstrim dapat mempengaruhi karakteristik dari beton dan mortar seperti perubahan warna, kuat tekan, elastisitas, densitas beton dan permukaan beton (Morsy dkk, 2009). Oleh karena itu, banyak penelitian yang dilakukan untuk meningkatkan ketahanan api beton/mortar. Penelitian yang dilakukan Novyandri (2008) menambahkan MgO pada beton mutu tinggi dalam ketahanan terhadap api, hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu pembakaran kuat tekan beton semakin menurun. Namun dengan penambahan MgO membuat beton mempunyai kekuatan tekan yang lebih baik dibandingkan tanpa penambahan MgO. Selain itu, Lianasari (2013) mengganti sebagian semen dengan *fly ash* dan menambahkan *water reduceryaitu* Sikament LN dapat meningkatkan kestabilan beton pada temperatur tinggi karena pozzolan yang mengandung silika aktif yang di tambahkan pada pasta semen dapat bereaksi dengan kalsium hidroksida yang dapat membuat beton lebih stabil dalam suhu tinggi.

Susilorini dan Sambowo (2011) menyatakan bahwa dengan penambahan gula pada dosis tertentu dapat mempercepat atau justru memperlambat waktu pengikatan semen dan

pengerasan beton serta meningkatkan kinerja kuat tekan mortar dan beton. Bahan tambah berbasis gula untuk campuran beton yang menggunakan sukrosa, gula pasir, dan larutan tebu adalah bahan tambah yang ramah lingkungan, mampu meningkatkan kuat tekan beton serta memiliki keawetan. Pemanfaatan gula sebagai bahan bangunan telah digunakan pada pembangunan stasiun Victoria di London. Pekerja menambahkan gula untuk memperlambat pengerasan beton terutama pada saat cuaca panas sehingga pekerja memiliki waktu untuk menyelesaikan pekerjaan (Telegraph Media Group Limited, 2014).

Secara tradisional salah satu bahan tambah yang digunakan untuk meningkatkan ketahanan api beton/mortar adalah dengan penambahan gula aren untuk pembuatan tungku pembakaran (komunikasi pribadi). Penelitian secara ilmiah untuk studi kasus seperti ini belum ada, maka dilakukan penelitian untuk mengetahui perilaku penambahan gula aren dalam campuran mortar tahan terhadap suhu tinggi.

2. STUDI PUSTAKA

Pengaruh peningkatan suhu yang dialami oleh mortar dapat menyebabkan menurunnya kekuatan mortar. Mortar masih mampu mempertahankan karakteristiknya pada suhu 100°C selama pemanasan di jam pertama. Pada suhu 300°C menyebabkan penurunan kuat tekan mortar hingga 30% dari kekuatan normal. Dan pada suhu yang lebih tinggi (antara $300\text{--}1000^{\circ}\text{C}$) terjadi proses dekomposisi dan karbonasi yaitu terbentuknya kalsium oksida (CaO) yang berwarna merah jambu keputihan. Hal ini disebabkan oleh penguraian unsur CSH menjadi kapur bebas CaO , SiO_2 , dan uap air. Eksposur terhadap panas yang sangat tinggi akan mengakibatkan perubahan kinerja material yang disebabkan akibat adanya perubahan sifat (properti) dari material tersebut. Jika mortar berada dilingkungan temperatur tinggi maka terjadi proses pembalikan yang disebut dehidrasi dan dekomposisi pada CSH dan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dari senyawa aslinya C_3S dan C_2S dan seiring meningkatnya suhu dapat terbentuk senyawa kalsium oksida (CaO) dan silika (SiO_2). Perilaku material dari bangunan saat mengalami kenaikan suhu juga dipengaruhi oleh lamanya material tersebut terkena panas (Arwin, 2012).

Gula aren merupakan zat yang termasuk dalam golongan karbohidrat senyawa disakarida yaitu sukrosa ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$). Sukrosa pada gula aren merupakan senyawa organik yang mengandung unsur C, H, dan O. Penambahan gula sebanyak 0,2% sampai 1% dari berat semen dapat memperlambat waktu ikat semen (Neville, 2011). Bahan tambah berbasis gula pada dasarnya mengandung sukrosa jenis disakarida yang tersusun atas satuan-satuan glukosa dan fruktosa. Kandungan glukosa, glukonat, dan lignosulfonat, akan menstabilkan *ettringite* dalam sistem C_3A –*gypsum*. Glukosa akan menghambat konsumsi *gypsum* dan pembentukan *ettringite*. Terbentuknya *ettringite* ini akan menyebabkan volume beton mengembang sehingga membuat beton pecah. Pemberian bahan tambah berbasis gula pada campuran beton akan mengakibatkan ikatan antarelemen penyusun beton sangat kuat terutama karena kandungan lignin. Pada dosis bahan tambah berbasis gula yang tepat, kristalisasi *ettringite* tidak akan menyebabkan retak pada beton akibat pengembangan volume (Susilorini dan Sambowo, 2011).

3. BAHAN DAN METODE

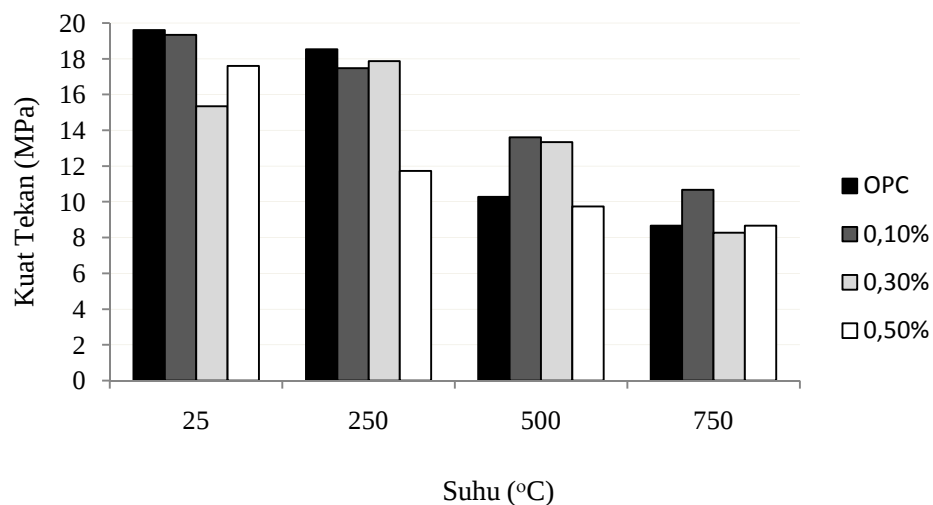
Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah studi eksperimen dengan melakukan percobaan langsung di laboratorium. Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui pengaruh suhu tinggi terhadap kekuatan mortar dengan penambahan gula aren 0,10%, 0,30%, dan

0,50% dari berat semen. Benda uji yang dibuat pada penelitian ini sebanyak 28 buah untuk mortar OPC normal, 28 buah untuk mortar OPC+gula aren 0,10%, 28 buah untuk mortar OPC+gula aren 0,30%, dan 28 buah untuk mortar OPC+gula aren 0,50%. Benda uji yang di-*furnace* suhu tinggi sebanyak 84 buah dengan variasi suhu pembakaran 250°C, 500°C, 750°C. Sampel benda uji ini di-*furnace* pada umur 28 hari dan kemudian diuji kuat tekan, porositas dan *sorptivity*.

4. HASIL, ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Kuat Tekan

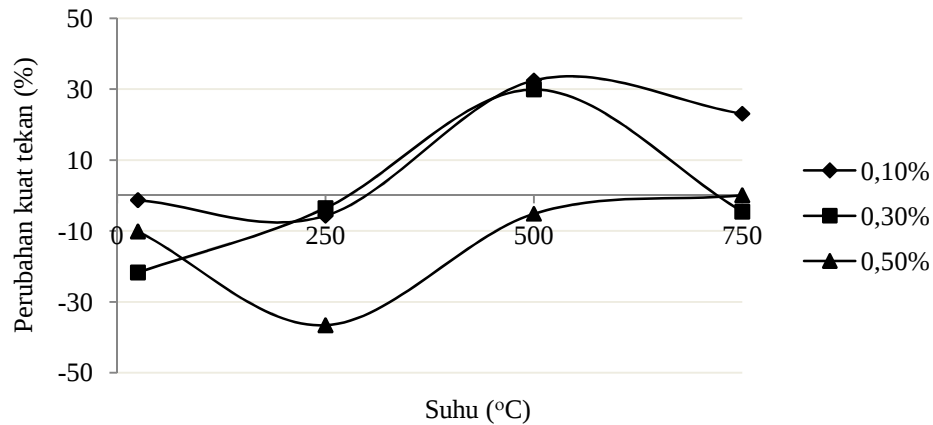
Hasil pengujian kuat tekan mortar tahan suhu tinggi dengan bahan tambah gula aren pada Gambar 1. dengan kuat tekan paling tinggi sebelum di *furnace* adalah OPC normal yaitu sebesar 19,60 MPa. Kemudian pada suhu 250°C kuat tekan paling tinggi juga OPC normal namun terjadi sedikit penurunan kuat tekan yaitu 18,53 MPa. Hal ini dikarenakan kekuatan mortar OPC normal belum berkurang secara signifikan hingga suhu 250°C, beton dan mortar akan kehilangan kekuatan secara signifikan pada suhu 300°C penurunan kuat tekan hingga 30% dari kekuatan normal (Arwin, 2012). Pada suhu 500°C dan 750°C kuat tekan tertinggi adalah OPC+gula aren 0,10% yaitu 13,60 dan 10,67 MPa. Penambahan gula aren 0,10% dari berat semen membuat mortar mempunyai kekuatan tekan yang lebih baik dibandingkan tanpa penambahan gula aren pada suhu 500°C dan 750°C. Peningkatan suhu pembakaran mortar, memungkinkan terbentuknya senyawa baru antara gula aren dan semen yang membuat ikatan yang lebih kuat jika terpapar suhu tinggi.



Gambar 1. Grafik kuat tekan

Hasil uji kuat tekan mortar dengan bahan tambah gula aren menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah gula aren yang ditambahkan maka kekuatan mortar semakin berkurang. Pinto dkk., (2011) menyatakan bahwa kekuatan mortar berkurang dengan semakin banyak penambahan gula dalam campuran mortar. Bertambahnya dosis bahan tambah gula di dalam beton tidak menjamin kenaikan kuat tekan, karena akan terjadi *killer-setting*, dimana beton menggumpal, tidak terjadi pengikatan, sehingga beton tidak padat dan makin getas (Susilorini, 2010).

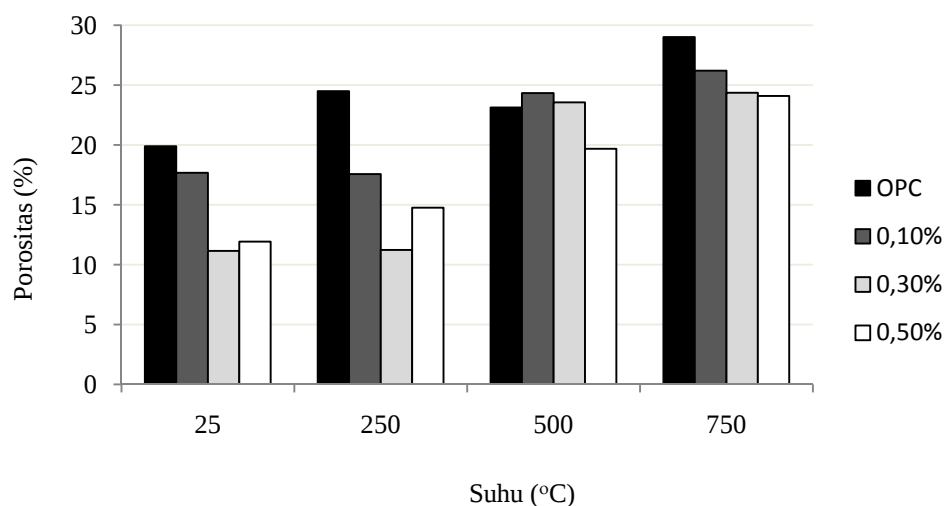
Grafik perubahan kuat tekan mortar OPC+gula aren terhadap OPC normal akibat peningkatan suhu *furnace* pada Gambar 2.



Gambar 2. Perubahan kuat tekan

4.2 Porositas

Pengujian porositas mengacu pada ASTM C642-06 dengan tujuan pengujian adalah untuk mengetahui persentase porositas yaitu ukuran dari ruang kosong di antara material dan merupakan fraksi dari volume ruang kosong terhadap total volume mortar. Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan, dimana kuat tekan mortar yang mengalami penurunan kekuatan mengindikasikan peningkatan persentase porositas mortar. Kuat tekan mortar akan kurang baik apabila terdapat rongga (pori-pori) yang tidak terisi oleh butiran semen maupun pasta semen. Pori -pori berisi udara (*air voids*) dan berisi air (*water filled space*) ini bisa saling berhubungan dan saling membentuk kapiler setelah mortar mengering. Hal ini akan mengakibatkan mortar yang terbentuk akan bersifat tembus air (*porous*) yang besar, daya ikat berkurang, dan mudah terjadi slip antar butir-butir pasir.

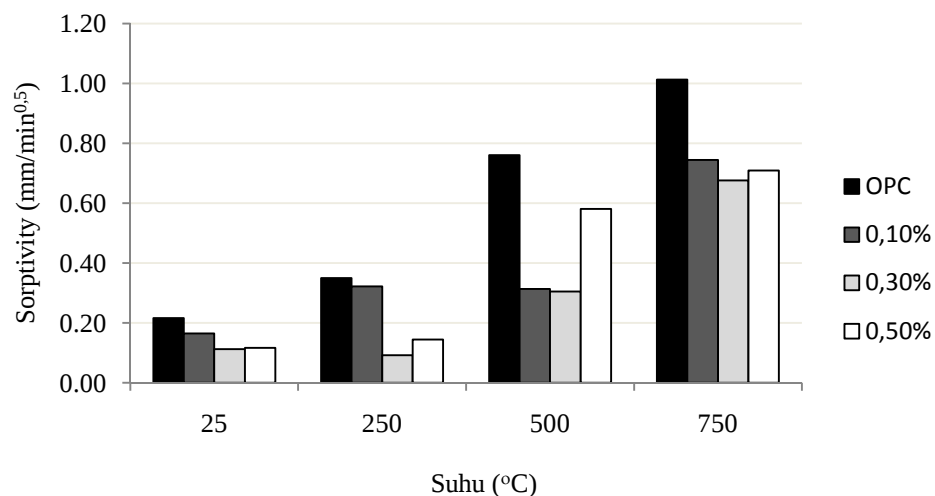


Gambar 3. Grafik porositas

Gambar 3. grafik porositas menunjukkan pada saat mortar belum dibakar, suhu 250°C, dan 750°C nilai porositas tertinggi adalah OPC normal yaitu 19,88%, 24,48%, dan 29,00%. Pada suhu 500°C nilai porositas tertinggi adalah OPC+gula aren 0,10% yaitu 24,32%. Peningkatan suhu pembakaran/*furnace* mengakibatkan mortar menjadi keropos, terjadinya keretakan mikro dan kehilangan air pada mortar. Hal tersebut mengakibatkan porositas mortar meningkat. Ray (2009) menyatakan bahwa peningkatan temperatur/suhu pembakaran menyebabkan angka porositas beton meningkat akan tetapi nilai kuat tekan beton berkurang. Dengan meningkatnya porositas, maka kuat tekan mortar menjadi turun dan menyebabkan kerusakan pada struktur mortar. Susilorini (2010) menyatakan bahwa beton dengan bahan tambah gula memiliki nilai porositas yang lebih kecil dibandingkan beton tanpa bahan tambah gula. Dengan demikian, nilai porositas yang lebih kecil maka beton akan lebih kedap air dan lebih padat.

4.3 Sorptivity

Sorptivity adalah salah parameter penting dari kualitas beton dan mortar yang dijadikan sebagai indikator yang penting dalam proses transportasi materi. Tujuan pengujian *sorptivity* adalah mengukur tingkat penyerapan air ke dalam mortar melalui pori-pori kapiler. Pengujian ini sebenarnya terkait dengan porositas beton dan mortar. Pengujian *sorptivity* diukur selama empat jam. Nilai indeks batas *sorptivity* di anjurkan kurang dari 0,2 mm/min^{0,5} untuk menjaga kekedapan mortar ataupun beton (Papworth F. & Grace W., 1985).



Gambar 4. Grafik *sorptivity*

Gambar 4. menunjukkan hasil pengujian *sorptivity*. Semakin tinggi suhu pembakaran maka nilai *sorptivity* semakin besar. Nilai *sorptivity* mortar tanpa bakar, suhu 250°C, 500°C, dan 750°C yang paling besar yaitu mortar OPC normal memiliki nilai 0,2159-1,0127 mm/min^{0,5}, sedangkan untuk mortar OPC+gula aren memiliki nilai *sorptivity* yang lebih rendah adalah OPC+gula aren 0,30% yaitu 0,0923-0,6762 mm/min^{0,5}. Berdasarkan hasil data di atas terlihat bahwa kekedapan mortar OPC+gula aren lebih tinggi dari pada mortar OPC normal walaupun terjadi peningkatan suhu, sehingga hal ini berpengaruh terhadap porositas OPC+ gula aren yang lebih rendah dan kuat tekan OPC+gula aren lebih baik pada suhu tinggi dibandingkan OPC normal.

Pinto dkk., (2011) melakukan tes tahanan air mortar dengan bahan tambah gula dengan cara tes kapilaritas, dari hasil pengujian semakin meningkat kadar gula yang ditambahkan kedalam mortar maka mortar lebih tahan air. Kandungan lignin yang terdapat pada bahan tambah berbasis gula meningkatkan lekatan antar partikel beton sehingga beton menjadi lebih padat. Bahan tambah berbasis gula yang berfungsi sebagai retarder membuat semen memiliki waktu lebih banyak untuk berhidrasi sehingga beton lebih padat dan kapiler air yang terdapat dalam beton menjadi lebih sedikit (Harahap, 2011).

5. KESIMPULAN

1. Variasi penambahan gula aren adalah 0,10%, 0,30%, dan 0,50%. Hasil uji kuat tekan menunjukkan bahwa variasi gula aren 0,10% kuat tekannya lebih baik dari mortar OPC normal pada suhu 500°C dan 750°C yaitu mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 32,47% dan 23,08% dibandingkan mortar OPC normal.
2. Hasil pengujian porositas menunjukkan bahwa mortar dengan bahan tambah gula aren lebih rendah dari mortar OPC normal.
3. Hasil pengujian *sorptivity* menunjukkan bahwa mortar dengan bahan tambah gula aren lebih rendah dari mortar OPC normal.

DAFTAR PUSTAKA

- Arioz O. 2007. Effect of Elevated Temperature on Properties of Concrete. Fire Safety Journal. Pp. 516- 522.
- Arwin Amiruddin, A. 2012. Studi Penggunaan Semen Portland Pozzolan Terhadap Karakteristik Mortar Akibat Kenaikan Suhu. Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanudin, Makassar. *Group Teknik Sipil, ISBN: 978-979-127255-0-6, Volume 6*
- Harahap, R.H. 2011. Pengaruh Bahan Tambah Berbasis Gula Terhadap Porositas dan Permeabilitas Beton pada Lingkungan Agresif. Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Lianasari, A.E., & Manggolao, S.T., Tanesia, R.K., Pengaruh Suhu Pembakaran Terhadap Sifatmekanik Beton *Fly Ash* dengan Penambahan *Water Reducer*, Konferensi Nasional Teknik Sipil 7 (KoNTekS 7) Universitas Sebelas Maret (UNS) - Surakarta, 24-26 Oktober 2013.
- Neville, A.M. 2011. *Properties of Concrete* (5th ed.). London: Pearson Education Limited.
- Novyandri, Tanjaya. 2008. Analisis Penambahan MgO pada Beton Mutu Tinggi dalam Ketahanan Terhadap Api. Skripsi Sarjana, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tarumanagara.
- Pinto, J, dkk. 2011. Building with sugar and corn. University of Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal.

- Ray, Norman. 2005. WC Ratio Pada Perubahan Perilaku Beton Mutu Normal Pada Temperatur Tinggi Pasca Kebakaran. *Jurnal Rekayasa Perencanaan*, Vol 2, No 1, Oktober 2005.
- Susilorini, M.I.R. 2010. Pemanfaatan Material Lokal untuk Teknologi Beton Ramah Lingkungan yang Berkelanjutan, Laporan Akhir, DP2M, Ditjen Dikti.
- Susilorini, M.I.R., & Sambowo, K. 2011. *Teknologi Beton Lanjutan Durabilitas Beton*. Edisi ke-2. Semarang. Surya Perdana Semesta.
- Telegraph Media Group Limited. 2014. Why sugar helped remove Victoria Line concrete flood. <http://www.telegraph.co.uk/science/science-news/10594718/Why-sugar-helped-remove-Victoria-Line-concrete-...>, diakses pada 14 Februari 2015, Pkl. 10.05 WIB.

KAJIAN PARAMETER MORTAR GEOPOLIMER MENGGUNAKAN CAMPURAN ABU TERBANG (*FLY ASH*) DAN ABU SAWIT (*PALM OIL FUEL ASH*)

Aldi Nauri Islami

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru, aldy_nauri@yahoo.com

Edy Saputra

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru, edysaputra_eng@yahoo.com

Monita Olivia

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru, monita.1306@yahoo.com

Abstrak

Limbah agro-industri seperti hasil pembakaran batu bara (abu terbang) dan sisa pembakaran kelapa sawit (abu sawit) dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar geopolimer. Kedua bahan kaya kandungan silika ini diaktifkan dengan campuran larutan NaOH 14 M dan natrium silikat (Na_2SiO_3) dalam perbandingan tertentu. Tujuan penelitian adalah untuk mengkaji pengaruh parameter terhadap kuat tekan mortar geopolimer dari campuran abu terbang dan abu sawit. Parameter pengujian adalah rasio modulus aktivator ($M_s = 0,50-1,25$), dosis larutan aktivator ($\%\text{Na}_2\text{O} = 16,5-34,5$), suhu perawatan ($28-110^\circ\text{C}$), tipe pengolahan abu (tanpa diolah, lolos saringan no. 100, lolos saringan no. 200, dibakar di tungku/furnace), dan *rest period* dari 0-7 hari. Perbandingan optimum campuran abu terbang dan abu sawit adalah 75:25. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan mortar meningkat sesuai dengan peningkatan modulus aktivator, dosis aktivator, dan suhu perawatan. Pengolahan abu dan *rest period* mempengaruhi kuat tekan mortar yang dihasilkan. Kuat tekan mortar geopolimer campuran cenderung turun pada umur 28 hari untuk variasi campuran.

Kata kunci: abu sawit, abu terbang, dosis larutan aktivator, modulus aktivator, perawatan, *rest period*

1. PENDAHULUAN

Geopolimer adalah salah satu bahan perekat alternatif selain semen yang memanfaatkan limbah agro-industri. Pada tahun 1980-an, Joseph Davidovits menemukan jenis perekat ini pada material-material buangan hasil sampingan mengandung silikon dan aluminium pada abu terbang dan slag. Binder geopolimer menguntungkan dari segi pemanfaatan limbah hasil sampingan industri maupun perkebunan (agro) sebagai bahan dasar, tetapi perbedaan komposisi kimia, karakteristik dan sumber material akan mempengaruhi hasil akhir kekuatan bahan ini. Selain menggunakan satu jenis bahan dasar, geopolimer dapat dibuat dari dua atau tiga jenis bahan seperti campuran abu terbang dengan abu sawit (Ariffin et al. 2011), abu terbang dengan slag (Yang et al. 2012), dan slag dengan abu sawit (Yusuf, 2014). Pencampuran bahan dasar tersebut pada umumnya bertujuan untuk memperbaiki sifat-sifat geopolimer yang dihasilkan seperti reaktivitas campuran, sifat mekanis dan ketahanan jangka panjang. Mortar geopolimer campuran ini mempunyai kelebihan, yaitu kuat tekan yang relatif lebih tinggi, volume stabil (Ariffin et al. 2011, Bhutta et al. 2013), tahan terhadap serangan asam sulfat (Bhutta et al. 2014), dan tahan terhadap temperatur yang tinggi (Hussin et al. 2014).

Larutan alkali yang biasa digunakan dalam proses geopolimerisasi adalah kombinasi dari natrium hidroksida (NaOH) atau potassium hidroksida (KOH) dengan natrium silikat atau potassium silikat (Hardjito dan Rangan, 2005). Penelitian geopolimer sebelumnya menjelaskan bahwa penggunaan campuran NaOH dan natrium silikat sebagai larutan alkali aktivator menghasilkan kuat tekan terbaik (Adam, 2009; Olivia, 2011). Konsentrasi NaOH dapat menentukan hasil akhir kuat tekan benda uji geopolimer, dimana kuat tekan akan meningkat seiring meningkatnya konsentrasi NaOH. Konsentrasi natrium hidroksida yang biasanya digunakan berkisar 6-16M (Hardjito, 2005). Modulus aktivator yang digunakan penelitian terdahulu berkisar antara 1,31-1,36 (Hardjito, 2005) dan 0,75-1,25 (Adam, 2009), sedangkan dosis optimum Na_2O yang digunakan untuk beton geopolimer bervariasi dengan rentang berkisar 5,3-5,7% (Hardjito, 2005) dan 7,5-15% (Adam, 2009). Penelitian mengenai parameter binder geopolimer dari campuran abu terbang dan abu sawit hingga kini masih terbatas, sehingga pada tulisan ini akan dikaji tentang faktor-faktor yang mempengaruhi mortar geopolimer yang dibuat dari campuran abu terbang dan abu sawit.

2. BAHAN DAN METODE

Pada penelitian ini digunakan abu terbang dan abu sawit yang berasal dari daerah Kabupaten Pelalawan. Pada Tabel 2.1 dapat dilihat komposisi kimia abu terbang dan abu sawit yang mempunyai kandungan SiO_2 masing-masing sebesar 37,98% dan 64,36%. Besarnya nilai SiO_2 yang terkandung menunjukkan bahwa kedua abu dari Pelalawan ini telah memenuhi syarat kimia sesuai ASTM C 618 tentang golongan bahan pozzolan untuk dijadikan binder geopolimer.

Table 2.1 Komposisi kimia abu terbang dan abu sawit (%)

Tipe	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Ti_2O_2	MnO	P_2O_5	SO_3	H_2O^-	HD
Abu terbang	37,98	20,52	2,17	2,10	23,76	0,58	0,24	0,03	3,54	0,18	1,73	8,64
Abu sawit	64,36	4,36	3,41	7,92	4,58	5,57	0,87	0,10	3,64	0,04	0,59	4,97

Studi parameter dilakukan untuk melihat pengaruh parameter terhadap campuran geopolimer dan membandingkannya dengan campuran kontrol. Parameter yang diuji dapat dilihat pada Tabel 2.2. Untuk tiap variasi campuran, mix 4 digunakan sebagai campuran pembandingan yang memiliki modulus aktivator (M_s) = 1,25, dosis dari kandungan Na_2O = 22,5%, dirawat pada suhu 110°C, abu lolos saringan No. 200 dan *rest period* 3 hari.

Komposisi *mix design* untuk mortar geopolimer terdapat pada Tabel 2.3. Perbandingan pasir dengan binder ditetapkan 2,75 sesuai ASTM C 109. Perencanaan komposisi campuran menggunakan metode *absolute volume*. Metode ini mengasumsikan bahwa volume padat mortar sama dengan total volume keseluruhan bahan-bahan penyusunnya.

Table 2.2 Parameter yang dikaji

<i>Mix</i>	%Na ₂ O	Ms	Suhu (°C)	<i>Rest period</i> (hari)	Pengolahan campuran abu
1	22.5	0.50	110	3	Abu lolos saringan No. 200
2	22.5	0.75	110	3	Abu lolos saringan No. 200
3	22.5	1.00	110	3	Abu lolos saringan No. 200
4	22.5	1.25	110	3	Abu lolos saringan No. 200
5	16.5	1.25	110	3	Abu lolos saringan No. 200
6	28.5	1.25	110	3	Abu lolos saringan No. 200
7	34.5	1.25	110	3	Abu lolos saringan No. 200
8	22.5	1.25	75	3	Abu lolos saringan No. 200
9	22.5	1.25	60	3	Abu lolos saringan No. 200
10	22.5	1.25	28	3	Abu lolos saringan No. 200
11	22.5	1.25	110	3	Abu tanpa pengolahan
12	22.5	1.25	110	3	Abu lolos saringan No. 100
13	22.5	1.25	110	3	Abu lolos saringan No. 200, di <i>furnace</i> 1 jam suhu 500°C
14	22.5	1.25	110	0	Abu lolos saringan No. 200
15	22.5	1.25	110	1	Abu lolos saringan No. 200
16	22.5	1.25	110	5	Abu lolos saringan No. 200
17	22.5	1.25	110	7	Abu lolos saringan No. 200

Table 2.3 Komposisi campuran geopolimer

<i>Mix</i>	w/s	s/b	FA + POFA (kg/m ³)	Agregat halus (kg/m ³)	Air (kg/m ³)	Sodium silikat (kg/m ³)	NaOH (kg/m ³)	SP (kg/m ³)
1	0.45	2.75	453.12	1246.07	70.67	160.30	194.68	6.80
2	0.45	2.75	445.87	1226.14	55.32	236.61	163.28	6.69
3	0.45	2.75	438.85	1206.84	40.46	310.51	132.87	6.58
4	0.45	2.75	432.05	1188.14	26.06	382.12	103.40	6.48
5	0.54	2.75	427.20	1174.81	122.88	277.08	74.97	6.41
6	0.54	2.75	391.93	1077.81	40.80	439.07	118.81	5.88
7	0.54	2.75	376.39	1035.08	4.64	510.44	138.12	5.65
8	0.45	2.75	432.05	1188.14	26.06	382.12	103.40	6.48
9	0.45	2.75	432.05	1188.14	26.06	382.12	103.40	6.48
10	0.45	2.75	432.05	1188.14	26.06	382.12	103.40	6.48
11	0.45	2.75	432.05	1188.14	26.06	382.12	103.40	6.48
12	0.45	2.75	432.05	1188.14	26.06	382.12	103.40	6.48
13	0.45	2.75	432.05	1188.14	26.06	382.12	103.40	6.48
14	0.45	2.75	432.05	1188.14	26.06	382.12	103.40	6.48
15	0.45	2.75	432.05	1188.14	26.06	382.12	103.40	6.48
16	0.45	2.75	432.05	1188.14	26.06	382.12	103.40	6.48
17	0.45	2.75	432.05	1188.14	26.06	382.12	103.40	6.48

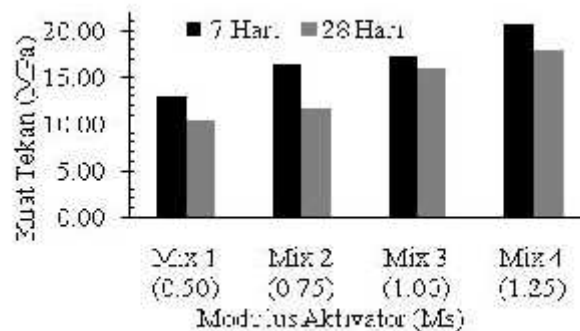
w/s = water/solid (air/padat), s/b (solid/binder) = padat/binder, SP (superplasticizer)

Kombinasi antara larutan NaOH 14 M dengan Natrium silikat, serta bahan tambah kimia *superplasticizer* jenis *sikament-NN* untuk *workability* digunakan sebagai larutan kimia pengaktif. Agregat halus untuk binder berasal dari sungai Kampar Riau. Pembuatan mortar geopolimer dengan perbandingan optimum campuran abu terbang dan abu sawit sebesar 75:25 dari uji coba campuran. Benda uji dibuat menjadi mortar ukuran 50x50x50 mm. Mortar dirawat pada suhu tinggi sesuai variasi, dan dibiarkan hingga umur 7 dan 28 hari untuk diuji kuat tekan pada umur

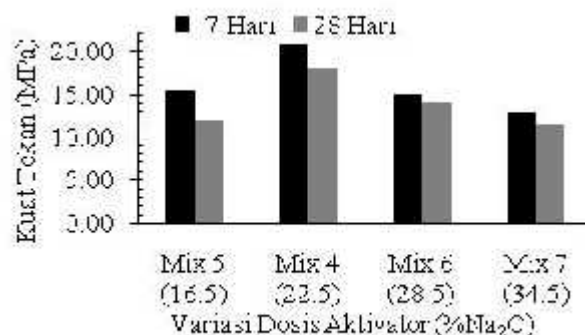
3. HASIL, ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

3.1 Variasi modulus aktivator (Ms) dan variasi dosis aktivator (%Na₂O)

Hasil kuat tekan campuran berdasarkan variasi modulus aktivator dapat dilihat pada Gambar 3.1 Secara umum kuat tekan mortar meningkat dengan peningkatan modulus aktivator hingga Ms = 1,25. Kuat tekan mortar geopolimer tertinggi diperoleh pada umur mortar 7 hari padamix 4Ms 1.25,yaitu sebesar20,67 MPa. Natrium silikat tidak hanya meningkatkan hasil akhir kuat tekan, namun juga merekatkan partikel abu yang telah dilarutkan oleh NaOHdengan agregat.Hasil penelitian terdahulu olehAdam (2009) menunjukkan hal serupa, yakni peningkatan kuat tekan mortar geopolimer abu terbang menggunakan modulus aktivator 1,0-1,25.



Gambar 3.1 Pengaruh modulus aktivator (Ms) terhadap kuat tekan



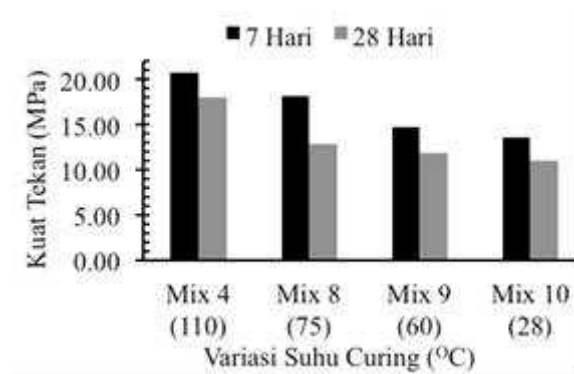
Gambar 3.2 Pengaruh dosis aktivator (%Na₂O) terhadap kuat tekan

Pada Gambar 3.2, dapat dilihat pengaruh kuat tekan mortar terhadap variasi dosis aktivator. Kadar silikon yang terlalu tinggi dapat mengurangi reaktivitas dan menunda terjadinya proses kristalisasi geopolimer (Sindhunata et al. 2006).

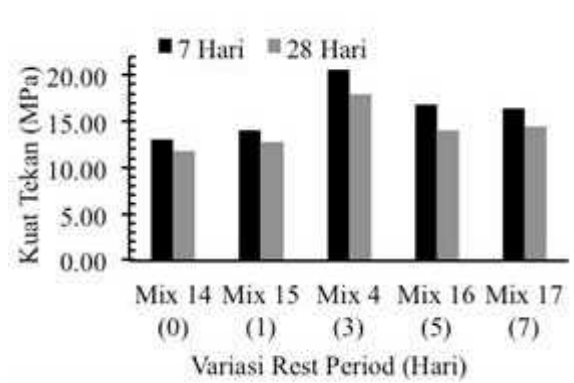
3.2 Variasi suhu dan *Rest period*

Hasil kuat tekan mortar geopolimer campuran abu terbang dan abu sawit berdasarkan suhu perawatan dapat dilihat pada Gambar 3.3. Mortar geopolimer yang dirawat pada suhu tinggi mix 4 (110°C) memberikan kuat tekan tertinggi, terjadi peningkatan kuat tekan mortar sekitar 51,96% dibanding saat mortar dirawat pada suhu 28°C. Berdasarkan penelitian Ariffin et al. (2011) dapat disimpulkan bahwa geopolimer campuran abu terbang dan abu sawit dengan suhu perawatan 90°C menghasilkan kuat tekan tertinggi.

Perubahan kuat tekan mortar berdasarkan *rest period* dapat dilihat pada Gambar 3.4. Kuat tekan terendah diberikan oleh mix 14 dengan *rest period* 0 hari, yakni sebesar 13,07 MPa, sedangkan campuran dengan *rest period* 3 hari mengalami peningkatan kuat tekan signifikan sebesar 58,15%. Penelitian sebelumnya oleh Olivia et al. (2014) memperlihatkan peningkatan kuat tekan maksimum untuk campuran dengan *rest period* selama 3 hari.



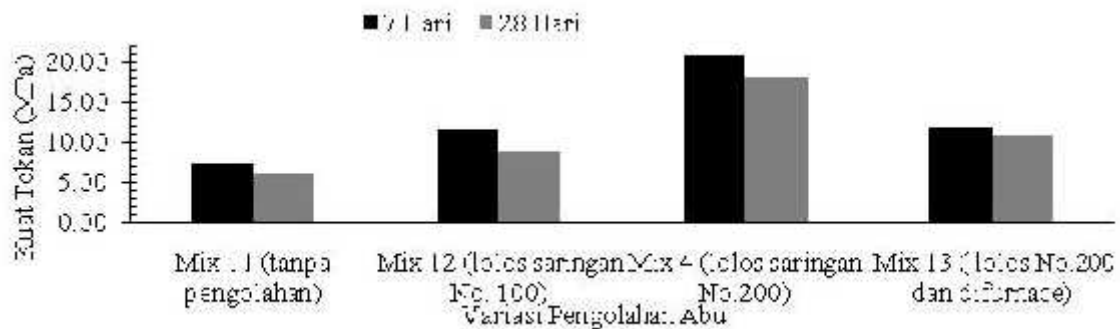
Gambar 2.3 Pengaruh suhu perawatan terhadap kuat tekan



Gambar 3.4 Pengaruh rest period terhadap kuat tekan

3.3 Variasi pengolahan abu

Hasil kuat tekan mortar geopolimer berdasarkan pengolahan abu dapat dilihat pada Gambar 3.4. Campuran mortar dengan abu tanpa disaring (mix 11) menghasilkan mortar dengan kuat tekan terendah dibandingkan dengan mortar lainnya. Penyaringan tidak hanya menghilangkan material asing serta cangkang dan serabut yang tidak terbakar ditungku boiler, tetapi juga untuk meningkatkan kehalusan partikel abu sawit. Tingkat kehalusan partikel abu sawit berpengaruh terhadap reaktivitas selama proses polimerisasi. Semakin tinggi tingkat kehalusan maka abu sawit akan semakin reaktif (Tangchirapat et al. 2002)



Gambar 5. Pengaruh pengolahan abu

Pada penelitian ini, secara umum kuat tekan campuran dengan variasi modulus aktivator (M_s), variasi dosis aktivator ($\%Na_2O$), variasi suhu perawatan, variasi pengolahan abu dan variasi *rest period* mengalami penurunan pada umur 28 hari. Temuan serupa diperoleh Wulandari (2015) yang menggunakan bahan dasar abu terbang dan abu sawit dengan kandungan kimia sama untuk mortar geopolimer. Penurunan kuat tekan mortar geopolimer abu terbang dan geopolimer abu sawit dapat diamati pada umur 28 hari. Mortar abu terbang yang tidak direndam memiliki kuat tekan sebesar 22 MPa pada umur 7 hari dan mengalami penurunan kuat tekan menjadi 17,73 MPa pada umur 28 hari. Mortar abu sawit tanpa direndam juga mengalami penurunan setelah umur 28 hari. Hal ini menunjukkan bahwa perlu penelitian lanjutan untuk mengetahui penyebab terjadinya penurunan kuat tekan geopolimer campuran abu terbang dan abu sawit tersebut.

4. KESIMPULAN

Campuran abu terbang dan abu sawit paling optimum yaitu 75:25 yang menghasilkan kuat tekan diatas 20 MPa. Peningkatan jumlah modulus aktivator dan suhu perawatan pada mortar geopolimer campuran abu terbang dan abu sawit dapat meningkatkan kuat tekan. Dosis aktivator ($\%Na_2O$) diatas 22,5% dalam larutan alkali aktivator akan menurunkan kuat tekan mortar. Campuran abu dengan lolos saringan No. 200 menghasilkan kuat tekan optimum. *Rest period* melebihi 3 hari dapat menurunkan kuat tekan mortar geopolimer campuran abu terbang dan abu sawit. Penurunan kuat tekan pada umur 28 hari menunjukkan bahwa penelitian lanjutan perlu dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, A.A. 2009. Strength and Durability Properties of Alkali Activated Slag and Fly Ash-Based Geopolymer Concrete. Thesis for PhD Degree. Department of Civil Engineering, RMIT (unpublished).
- Ariffin, M.A.M., Hussin, M.W. & Bhutta, M.A.R. 2011. Mix design and compressive strength of geopolymer concrete containing blended ash from agro-industrial wastes. *Advanced Materials Research* 339: 452–457.
- Bhutta, M.A.R. et al., 2013. Sulfate and Sulfuric Acid Resistance of Geopolymer Mortars Using Waste Blended Ash. *Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering)* 61:3, pp.1–5. Available at: <http://www.jurnalteknologi.utm.my/index.php/jurnalteknologi/article/view/1762> [Accessed May 18, 2014].
- Bhutta, M.A.R. et al., 2014. Sulphate Resistance of Geopolymer Concrete Prepared from Blended Waste Fuel Ash. *American Soecity of Civil Engineers*, pp.1–6.
- Hardjito, D., 2005. Studies on Fly Ash-Based Geopolymer Concrete. Curtin University of Technology.
- Hardjito, D. & Rangan, B. V, 2005. Low-Calcium Fly Ash-Based Geopolymer Concrete.
- Hussin, M.W. et al., 2014. Performance of blended ash geopolymer concrete at elevated temperatures. *Material and Structures*.
- Olivia, M., 2011. Durability Related Properties of Low Calcium Fly Ash Based Geopolymer Concrete. Curtin University of Technology.
- Olivia, M., Putri, W.A.H., Darmayanti, L., Sitompul, R.S., Kamaldi, A. & Djauhari, Z. 2014. Parametric study on the compressive strength of plam oil fuel ash (POFA) geopolymer mortar. The International Conference on Environmentally Friendly Civil Engineering Construction and Materials (EFCECM 2014). Manado, Indonesia, 13-14 November 2015.
- Sindhunata et al., 2006. Effect of Curing Temperature and Silicate Concentration on Fly-Ash-Based Geopolymerization. *American Chemical Society*, 45(April), pp.3559–3568.
- Tangchirapat, W. et al., 2002. Use of waste ash from palm oil industry in concrete.
- Yang, T., Yao, X., Zhang, Z., Wang, H. 2012. Mechanical property and structure of alkali-activated fly ash and slag blends. *Journal of Sustainable Cement-Based Materials* 1(4): 167-178.
- Yusuf, M.O., Johari, M.A.M., Ahmad, Z.A., and Maslehuddin, M. 2014. Strength and microstructure of alkali-activated binary blended binder containing palm oil fuel ash and ground blast-furnace slag. *Construction and Building Materials* 52: 504-510.

Aldi, N.I., Edy, S., Monita, O., Kajian Parameter Mortar Geopolimer Menggunakan Campuran Abu Terbang (*Fly Ash*) dan Abu Sawit (*Palm Oli Fuel Ash*)

Wulandari, C., 2015. Durabilitas Mortar Geopolimer FA dan POFA di Lingkungan Asam. Riau University.

NUMERICAL MODELLING OF PILE BEARING CAPACITY DISTRIBUTION

Harnedi Maizir

Jurusan Teknik Sipil Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru, harnedi@sttp-yds.ac.id

Abstract

Numerous methods have been developed for calculating the axial pile bearing capacity, including the distribution of single driven pile in the last few decades. Axial pile bearing capacity can be obtained through in situ tests such as static load test (SLT) or High Strain Dynamic Pile Test (HSDPT). HSDPT which is provided by the pile driving analyzer (PDA) is a more recent approach for predicting the axial bearing capacity of piles. In comparison to SLT, PDA test is quick and economical. The PDA was developed based on wave equation analysis integrated in Case Pile Wave Analysis Program (CAPWAP). The combination of this technique with dynamic monitoring of the pile during driving gives a significant effect on prediction of pile bearing capacity and its distribution. This study is aimed to compare axial capacities obtained from PDA and SLT with estimated axial capacities obtained through finite element analysis of a same pile used for PDA test. Results show that axial bearing capacities obtained from finite element program, PLAXIS is in a good agreement with predicted axial capacity through PDA and SLT.

Keywords: Axial Capacity, PLAXIS, PDA, SLT

1. INTRODUCTION

Many methods have been developed to estimate the bearing capacity of a pile. These methods can be grouped as analytical and empirical method. Analytical methods are subjected to the estimation of soil properties which rely on the quality of site investigation and the ability to engineer to interpret and select the data. Empirical method based on standard penetration test (SPT) was shown to give a better prediction on the shaft resistance of the driven pile. However, there are still some uncertainties related to properties of soil as well as pile parameters, etc. Because of these difficulties, pile load test is still considered as the most accurate method to estimate the pile resistance.

Most of the analytical approaches to predict the axial bearing capacity of piles rely on empiricism (Randolph, 2003); hence there is a need to verify the prediction with full scale static load test (Fellenius, 1980). Although static load test (SLT) is reliable but this test is very expensive and time consuming, hence researchers have been trying to come up with other efficient approaches. The limitation was the reason of introducing other efficient approaches. A part from dynamic formulas which are site-specific and suffer from apparent deficiency i.e. modelling the impact, High Strain Dynamic Pile Test (HSDPT) which is a combination between wave equation analysis (Smith, 1960) and Case method (Goble et al., 1970) is a proper technique to predict the bearing capacity of piles. Many studies (Likins et al, 2004, Gofar and Michelangelo, 2006) have shown HSDPT is in good agreement with SLT. On the other hand, nowadays due to developing friendly commercial softwares like PLAXIS, using finite element analysis for which the system is discretized into a number of meshes, to obtain axial capacity is of interest. Despite many research carried out on axial bearing capacity of piles, lack of comprehensive comparative study on axial capacity of driven piles is observed.

This study gives an insight on the axial bearing capacity of the driven piles and the distribution using different approaches. That is the axial capacity of the pile is estimated by means of static load test, and high strain dynamic pile load tests, subsequently among the piles which were used for PDA test, the one for which the amount of estimated axial capacity is closest to the SLT is selected as reference pile.

2. NUMERICAL MODELLING

Finite element method (FEM) is the most common method to analyze the complex Geotechnical construction problems. FEM is a numerical technique for approximation the behavior of continua by assembly of small parts i.e. elements. The behavior of these piles acting in compression has been widely studied using numerical modeling.

The analysis of pile bearing capacity is determined by the program software, PLAXIS-2D. PLAXIS is one of the most important software which is used in solving Geotechnical problems. This software is a finite element method based on a two-dimensional program in which the pile was modeled by axisymmetric. This software combines simple graphical input procedures, which allow the user to generate automatically finite element model with output facilities and calculation report. The problem is discretized into many meshes. The equability and compatibility of each mesh, and the whole system will be examined.

The true advantage in using PLAXIS lies in its user friendliness. The input pre-processor and output post-processor are completely functional. The problem geometries in the PLAXIS are done easily with cad-like drawing tools. Material properties and boundary conditions are easily assigned using dialogue boxes and a simple mouse click or drag and drop. Figure 2.1 shows the PLAXIS case of drawing and modeling.

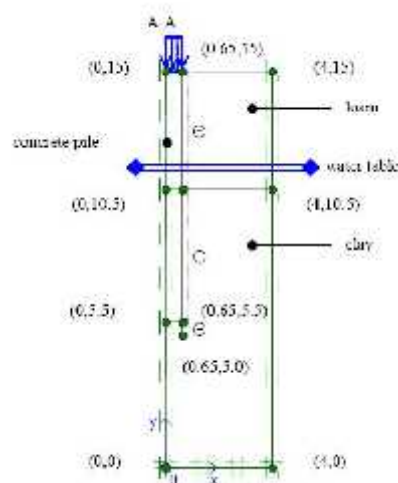


Figure 2.1 PLAXIS friendly interface for modelling.

Once the geometry, material properties, and boundary conditions are set, the next step is mesh generation. Choosing the mesh generation tool in PLAXIS will fill each of the delineated polygon areas of the model with triangular finite elements. An example showing a complex mesh of finite elements is shown in Figure 2.2. This module allows

the user to set up multiple chronological loading, excavation, or consolidation events. If the problem is a simple loading i.e axially loaded pile, then the user would simply enter the load multiplier and the program would automatically step the load up to calculate the deformations.

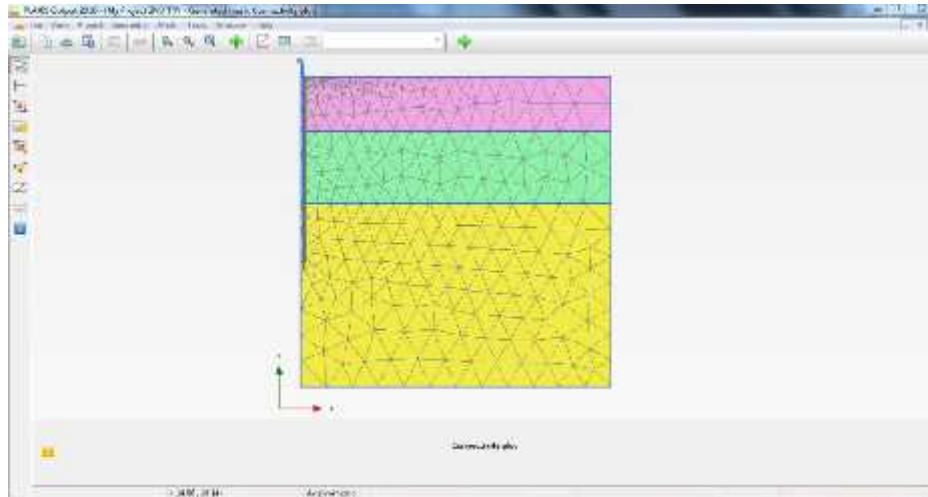


Figure 2.2 Plaxis automatic mesh generation

Many researchers have been studied the finite element techniques and axial bearing capacity of piles such as (Shooshpasha et al., 2013); (Said et al., 2009); (Comodromos et al., 2009); (Momeni et al., 2013); (Nazir et al., 2013) and (Lu and Lin, 2012); (Wehnert and Vermeer, 2004); (Engin et al., 2010); (van Baars and van Niekerk, 1999).

3. VERIFICATION DATA BY PDA AND SLT TEST

A. Pile Driving Analyzer (PDA) Test.

The test, provided by Pile Driving Analyzer (PDA) was developed based on wave equation analysis integrated in CAPWAP program. The PDA test (Figure 3.1) is a quick test, thus; can be performed on more piles providing a bigger number of samples. The combination of this technique with dynamic monitoring of the pile during driving gives a significant effect on prediction of pile bearing capacity and its distribution.

The PDA test has been commonly used to predict the ultimate pile capacity because of its simple and cheaper test, however this kind of test, cannot explain time-dependent events. The actual field PDA test is performed on the pile by measuring strain and acceleration records under the impact of a falling mass as shown in Figure 3.1. The output of the strain transducers and accelerometer sensors is monitored and evaluated by PDA test.

To obtain a reliable ultimate capacity from dynamic testing, some guideline must be followed, such as hammer weight, impact factor, etc to mobilize the full soil strength. As mention by (Likins, 2004), the recommended hammer weight is at least 1% of the required ultimate pile capacity to be proved for shafts installed in clay soils, and for the piles with larger expected end bearing contributions, the recommended percentage increases to at least 2% of the ultimate pile capacity to be tested. The accuracy of data from PDA test is

subjected to uncertainties with respect to the energy transmitted to the pile during testing. The measurement was recorded by PDA test and analyzed with the well known “Case Method” using the Case Pile Wave Analysis Program (CAPWAP) software. The procedure for conducting the PDA test is presented in ASTM 4945-08 Standard Test Method for High Strain Dynamic Testing of Deep Foundation.

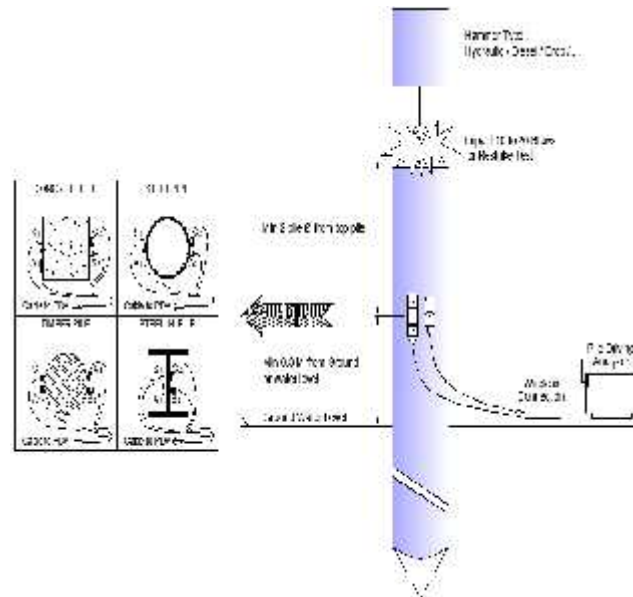


Figure 3.1 Schematic of PDA test

B. Static Load Test (SLT)

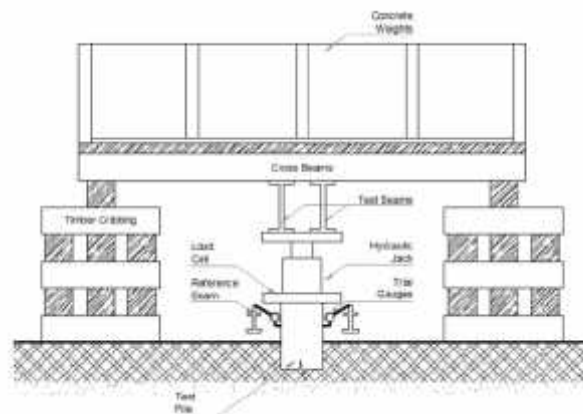


Figure 3.2 Schematic of Static Load Test (SLT)

The most direct way to determine the axial capacity of piles is Static Load Test (SLT). The test is standardized by American Standards Test Methods (ASTM-D5780-10, 2010). However, conducting SLT is time consuming, expensive and difficult (Likins et al., 2004). SLT is categorized into two different tests. Control strain tests and control stress tests. The latter is used much more than control strain test. The objective of SLT is to develop a load-displacement curve. The load is applied in increment and allows the foundation to

move under each increment. The increments of loads usually are 25, 50, 75, 100, and 200 percent of the design load. Failure load can be estimated from the load displacement curve (Fellenius, 1990). An illustrative figure of the test is shown in Figure 3.2. Numerous methods may be used for evaluation from load-displacement records of a static loading test. Three of these have the particular interest, namely, the Davisson Offset Limit, Mazurkiewich, and Chin method.

4. CASE STUDY

The SLT and PDA test data for this study were collected from one of the building project. It was an 8-stories building using driven pile (pre-stressed concrete pile) as a foundation. The pile diameter was 350mm, and the piles were embedded about 10 to 12 m depth. The soil profile in which the tests are conducted is shown in Figure 4.1.

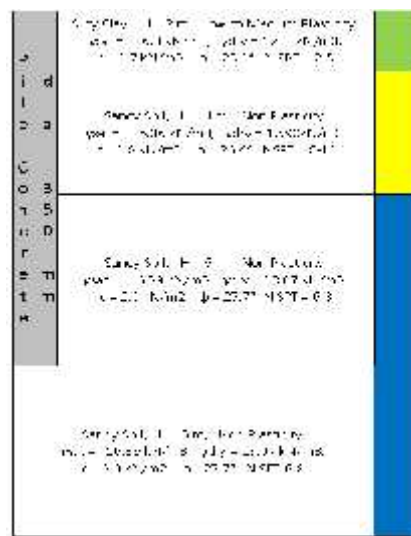


Figure 4.1 Soil Profile and Parameter

In this study, the result of SLT test, total axial pile bearing capacity based on Davisson method is considered as presented in Figure 4.2. The figure indicates the total axial pile bearing capacity of the pile equals to 780 kN. The PDA prediction axial bearing capacity of piles equals to 770 kN. It is quite close to the results of SLT test (780 kN). Thus subsequent analysis of load distribution by finite element is performed for the configuration of Pile with length of 10 m. Based on numerical modeling (finite element) method using PLAXIS Software, the analysis was performed. The maximum load obtained from Figure 4.3 which is 919 KN is considered for subsequent analysis.

From the result of final analysis it is found that the pile can carry 919 KN and the soil will resist as shown schematically. Hence the total capacity of the pile is obtained to be 919 KN.

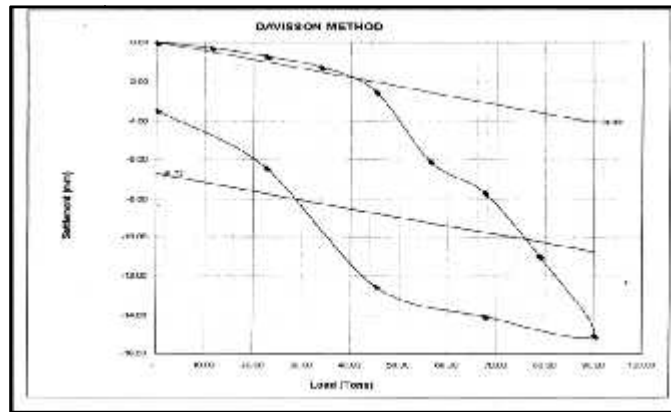


Figure 4.2 SLT Result based on Davisson's Method

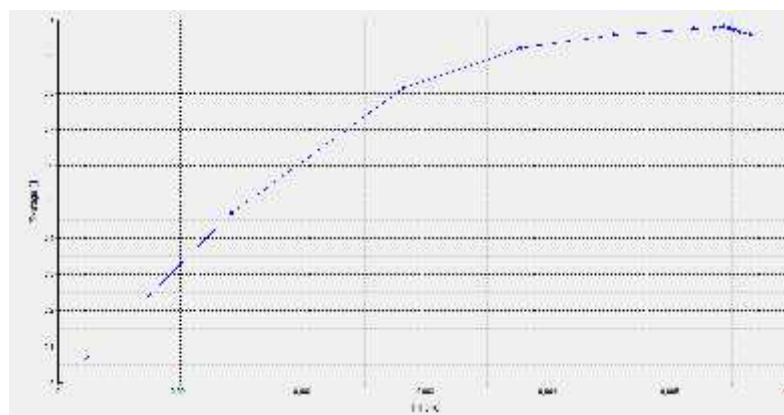


Figure 4.3 Load displacement curve of the study

The results of all methods are summarized in Table 4.1.

Table 4.1 Comparison the pile bearing capacity for Pile and its distribution

Method	Total Capacity, kN	Shaft Resistance, kN	End Bearing, kN
PDA	770	734	36
SLT	780	-	-
Finite Element	954	727	227

5. CONCLUSIONS

Based on the results obtained from the analyses, the following conclusions can be drawn as follows: The result of finite element analysis shows that the ultimate axial capacity is in good agreement with the axial capacities obtained using other methods, such as PDA and SLT.

From the PDA result, it is concluded that axial bearing capacity of piles obtained by means of pile driving analyzer are quite variable hence they must be validated with other reliable methods such as static load test.

REFERENCES

- Bowles, J. E., (2002). *Foundation Analysis and Design*. (6ed), McGraw Hill, New York.
- Brinkgreve, R. B. J. (2005). Selection of Soil Models and Parameters for Geotechnical Engineering Application. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, ASCE.
- Brinkgreve R. B. J. & Broere W. (2010), *Plaxis Manual*, Version 9.
- Coyle, H. M., Castello, R. R. (1981). New Design Correlations for Piles in Sand, *Journal of the Geotechnical Engineering Division*. American Society of Civil Engineers, vol. 107, No. GT7, PP. 965-986.
- Das, B.M. (2004). *Principles of Foundation Engineering*. (6ed.) Brooks/Cole, USA.
- Davisson, M.T. (1973), *High Capacity Piles*. Department of Civil Engineering Department, Illinois Institute of Technology, Chicago.
- Fellenius, B. H. (1980): The Analysis of Results from Routine Pile Load Test. *Ground Engineering*, *Geotechnical News Magazine*.
- Fellenius, B.H., Edde, R. D., and Beriault L. L. (1992). Is capacity fully mobilized?. *Geotechnical News Magazine*, Vol. 10, No. 1, pp. 58 – 61.
- Feizee, S.M., and Fakharian, K. (2008). Application of a continuum numerical model for pile driving analysis and comparison with a real case. *Computers and Geotechnics*, Vol. 35, 406-418.
- Gofar, N., Angelo, M., (2006). Evaluation of Design Capacity of Bored Piles based on High Strain Dynamic Test. *Proceedings of the 10th ISGE Annual Science Meeting*.
- Goble, G. G., Rausche, F., and Moses, F., (1970). *Dynamic Studies on the Bearing Capacity of Piles - Phase III*. Final Report to the Ohio Department of Highways, Case Western Reserve Univ., Cleveland, Ohio.
- Jaky, J. (1944). The coefficient of earth pressure at rest. In *Hungarian (A nyugalmi nyomás tenyezése)*, J. Soc. Hung. Eng. Arch. (Magyar Mernok és Építész-Egylet Kozlonye), 355–358.
- Lebeau, J. H. (2008). *FE-Analysis of piled and piled raft foundations*, Graz University of Technology. Project Report.
- Likins, G., Rausche F., (2004). Correlation of CAPWAP with Static Load Test. *Proceedings of The Seventh International Conference on the Application of Stress wave Theory to Piles 2004*, The Institute of Engineers Malaysia.
- Michelango. (2005). *A Comparison Between Static Load Test And High Strain Dynamic Load Test on Bored Piles*. Universiti Technology Malaysia, Master Thesis

- Meyerhof, G. G. (1976). Bearing Capacity and settlement of pile foundation. Journal of the Geotechnical Engineering Division. American Society of Civil Engineers, vol. 102, No.GT3, PP. 197-228.
- Poulos, H. G. (1989). Pile Behavior-theory and application. Geotechnique, pp.366-403
- Rausche, F., Moses, F., Goblen, G. G. (1972). Soil Resistance Predictions from Pile Dynamics. Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division ASCE, September 1972.

ANALISA KELAYAKAN EKONOMI PADA PEMBANGUNAN *FLY OVER* LUBUK BEGALUNG PADANG

Nova Aryani

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas, Padang, aryaninova7@gmail.com

Purnawan

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas, Padang, purnawan@ft.unand.ac.id

Abstrak

Simpang Empat By Pass Lubuk Begalung merupakan suatu persimpangan di kota Padang yang sering mengalami konflik dan solusi untuk meniadakan konflik tersebut adalah dibangunnya sebuah fly over. Untuk itu perlu ditinjau dari aspek ekonomi terhadap pembangunan fly over di Simpang Empat By Pass Lubuk Begalung. Metoda yang digunakan dalam pengambilan data adalah dengan melakukan survey selama 24 jam serta menempatkan 8 orang surveyor di persimpangan tersebut. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan software excel dan auto cad. Pengolahan data yang dilakukan adalah penghematan BOK dan nilai waktu. Serta dilakukan analisa data untuk mencari nilai BCR, NPV, IRR dan kepekaan. Maka didapat kesimpulan bahwa pembangunan Fly Over Lubuk Begalung Layak dilakukan secara ekonomi apabila biaya pembebasan tanah ditanggung oleh pemerintah sehingga didapat nilai nilai BCR>1 yaitu 1,89, nilai NPV>0 yaitu 210.114.939.380 dan IRR diatas tingkat suku bunga 7,5% yaitu 9,8%.

Kata kunci : Analisa Kelayakan, Ekonomi, Fly Over

1. PENDAHULUAN

Seringnya terjadi kemacetan di Simpang empat Lubuk Begalung serta dengan tingginya kemacetan tentu akan menyebabkan meningkatnya jumlah kecelakaan sedangkan lebar jalan tidak ditambah untuk itu perlu di rencanakan pembangunan fly over untuk perencanaan dimasa akan datang. Oleh karena itu pembangunan fly over ini perlu ditinjau dari segi ekonomi agar didapat hasil apakah pembangunan fly over Lubuk Begalung layak/tidak.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan analisa kebutuhan pembangunan fly over Lubuk Begalung dan melakukan analisa kelayakan ekonomi pembangunan fly over Lubuk Begalung.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Persimpangan adalah bagian yang terpenting dari jalan perkotaan sebab sebagian besar dari efisiensi, keamanan, kecepatan, biaya operasi dan kapasitas lalu lintas tergantung pada perencanaan persimpangan (Bina Marga, 1992). Menurut Bina Marga Tahun 1992 persimpangan ini ada dua macam ada persimpangan sebidang dan tidak sebidang

Beberapa ketentuan teknis kelayakan pembangunan 'Fly Over' dari aspek ekonomi adalah biaya biaya proyek dan manfaat proyek. Untuk biaya proyek meliputi biaya pengadaan tanah,

biaya administrasi dan sertifikasi, biaya perancangan, biaya konstruksi, biaya supervisi, komponen biaya bukan biaya proyek dan nilai sisa konstruksi. Sedangkan untuk manfaat proyek meliputi penghematan biaya operasi kendaraan, penghematan nilai waktu perjalanan, penghematan biaya kecelakaan, reduksi penghitungan total penghematan biaya, pengembangan ekonomi dan pengembangan dalam pemeliharaan jalan

Evaluasi ekonomi digunakan untuk mengetahui kelayakan sebuah proyek dilihat dari sudut pandang masyarakat secara umum. Evaluasi ekonomi mencakup evaluasi kelayakan pembangunan jalan layang dengan memperhitungkan nilai ekonomi seperti Benefit Cost Ratio (BCR), Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR) dan Analisa Kepekaan.

3. METODOLOGI PENELITIAN

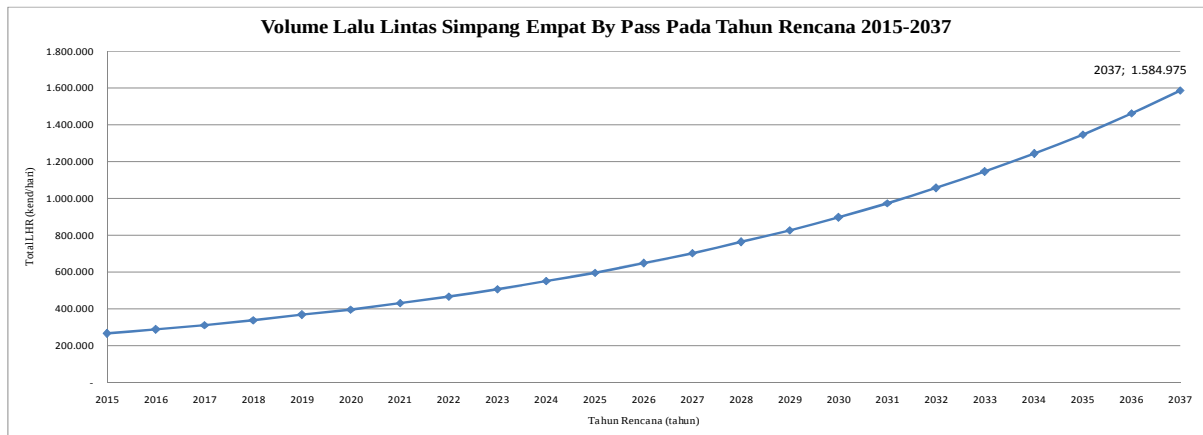
Penelitian ini dimulai dari tahap Tinjauan Pustaka, pada tahap ini dicari bahan-bahan dan literatur yang di unduh dari internet, skripsi mahasiswa tahun sebelumnya dan berbagai buku penunjang yang berhubungan dengan analisa kelayakan pada *fly over* ditinjau dari segi ekonomi. Setelah itu dilakukan survey pendahuluan pada awal bulan Januari untuk menentukan titik lokasi dan menentukan jam sibuk. Maka didapatkan pada jam sibuk pagi, siang dan sore hari, yaitu antara pukul 06.30-08.30, 12.00-14.00 dan 16.00-18.00 WIB. Lalu dilakukan tahap pengumpulan data dan data yang dikumpulkan adalah data sekunder seperti data geometrik jalan, tingkat pertumbuhan lalu lintas, tingkat inflasi, dan tingkat suku bunga Bank BI, dan data primer seperti penentuan lokasi, penentuan jadwal survey, menghitung volume lalu lintas dan kecepatan. Langkah selanjutnya adalah melakukan pengolahan data dengan menghitung BOK dan Nilai waktu dan setelah itu melakukan analisis data untuk mendapatkan nilai BCR, NPV, dan IRR serta analisis Kepekaannya.

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Lalu Lintas

Perhitungan besarnya arus lalu lintas untuk menentukan volume lalu lintas rencana dianalisa berdasarkan hasil manual traffic count selama 24 jam dengan menempatkan delapan orang surveyor pada ke-empat titik persimpangan, yang bertugas mencatat kendaraan yang lewat belok kanan, lurus, dan belok kiri dari masing-masing lengan simpang.

Perencanaan *Fly Over* ini sudah layak dari segi lalu lintas menurut kriteria pengaturan persimpangan karena dari perhitungan didapatkan volume kendaraan baik di ruas mayor atau pun ruas minor melebihi 70000 kendaraan setiap harinya. Serta volume lalu lintas harian rata-rata pada tahun 2015 adalah 263.371 kend/hari . Untuk mendapatkan volume lalu lintas pada tahun 2037 digunakan tingkat pertumbuhan LHR di 8,5% setiap tahunnya (Putra, 2008). Serta untuk pertumbuhan volume lalu lintas pada Simpang Empat By Pass Lubuk begalung dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan diperoleh volume lalu lintas pada tahun 2037 sebesar 1.584.975 kend/hari



Gambar 4.1. Volume Lalu Lintas Simpang Empat By Pass Lubuk Begalung pada Tahun Rencana 2015-2037

4.2 Penghematan Biaya Operasional Kendaraan dan Nilai Waktu

4.2.1 Penghematan Biaya Operasional kendaraan

Metoda yang digunakan untuk menghitung nilai biaya operasional kendaraan adalah metode PCI 1988. Dimana kecepatan yang didapat diperoleh dari kecepatan rata-rata kendaraan yang melintas pada ruas persimpangan tersebut yaitu sebesar 22,65 km/jam dan kecepatan rencana rata-rata setelah dibangun *Fly Over* sebesar 63,3 km/jam sesuai standar kecepatan rencana jalan(bab II). Dan juga volume kendaraan yang digunakan untuk penghematan bok menggunakan lhr normal sebesar 8,5%. Dari Tabel 4.1 didapatkan total penghematan biaya operasional kendaraan dari tahun 2018-2037 adalah sebesar Rp 4.812.367.000,-

Tabel 4.1. Penghematan BOK tahun 2018-2037

Tahun	Nilai BOK Sebelum Dibangun Fly Over	Nilai BOK Setelah Dibangun Fly Over	Penghematan BOK
2018	Rp. 26.852.227	Rp. 126.328.539	Rp. 99.476.312
2019	Rp. 29.134.666	Rp. 137.066.465	Rp. 107.931.799
2020	Rp. 31.611.113	Rp. 148.717.115	Rp. 117.106.002
2021	Rp. 34.298.058	Rp. 161.358.070	Rp. 127.060.012
2022	Rp. 37.213.393	Rp. 175.073.506	Rp. 137.860.113
2023	Rp. 40.376.531	Rp. 189.954.753	Rp. 149.578.223
2024	Rp. 43.808.536	Rp. 206.100.908	Rp. 162.292.371
2025	Rp. 47.532.262	Rp. 223.619.485	Rp. 176.087.223
2026	Rp. 51.572.504	Rp. 242.627.141	Rp. 191.054.637
2027	Rp. 55.956.167	Rp. 263.250.448	Rp. 207.294.281
2028	Rp. 60.712.441	Rp. 285.626.736	Rp. 224.914.295
2029	Rp. 65.872.998	Rp. 309.905.008	Rp. 244.032.010
2030	Rp. 71.472.203	Rp. 336.246.934	Rp. 264.774.731
2031	Rp. 77.547.340	Rp. 364.827.924	Rp. 287.280.583
2032	Rp. 84.138.364	Rp. 395.838.297	Rp. 311.699.433
2033	Rp. 91.290.668	Rp. 429.484.552	Rp. 338.193.884
2034	Rp. 99.050.375	Rp. 465.990.739	Rp. 366.940.365
2035	Rp. 107.469.657	Rp. 505.399.952	Rp. 398.130.296
2036	Rp. 116.604.577	Rp. 548.575.948	Rp. 431.971.371
2037	Rp. 126.515.966	Rp. 595.204.904	Rp. 468.688.937
total penghematan BOK			Rp. 4.812.366.877

Sumber: Hasil analisa dan perhitungan.

4.2.2 Penghematan Nilai Waktu

Dalam menentukan nilai waktu digunakan metoda IHCM dan Sujiono (2011) . Kecepatan yang didapat sama dengan kecepatan rata-rata yang digunakan dalam metoda BOK dan

untuk mendapatkan waktu perjalanan rata-rata, panjang lintasan dibagi dengan kecepatannya. Dan besarnya tingkat pertumbuhan LHR adalah 8,5% per tahun. Dari Tabel 4.2 didapatkan total penghematan biaya operasional kendaraan dari tahun 2018-2037 sebesar Rp 734.203.527.000,-.

Tabel 4.2. Penghematan Nilai Waktu Tahun 2018-2037

Tahun	Nilai Waktu Sebelum Dibangun Fly Over	Nilai Waktu Setelah Dibangun Fly Over	Penghematan Nilai Waktu
2018	Rp 8.452.182.561	Rp 23.628.884.829	Rp 15.176.702.268
2019	Rp 9.170.618.079	Rp 25.637.340.040	Rp 16.466.721.961
2020	Rp 9.990.120.615	Rp 27.816.513.943	Rp 17.866.393.328
2021	Rp 10.795.880.867	Rp 30.180.917.628	Rp 19.385.036.761
2022	Rp 11.713.530.741	Rp 32.746.295.627	Rp 21.032.764.886
2023	Rp 12.709.180.854	Rp 35.529.730.755	Rp 22.820.549.901
2024	Rp 13.789.461.227	Rp 38.549.757.869	Rp 24.760.296.642
2025	Rp 14.961.565.431	Rp 41.826.487.288	Rp 26.864.921.857
2026	Rp 16.233.298.493	Rp 45.381.738.708	Rp 29.148.440.215
2027	Rp 17.613.128.865	Rp 49.239.186.498	Rp 31.626.057.633
2028	Rp 19.110.244.818	Rp 53.424.517.350	Rp 34.314.272.532
2029	Rp 20.734.615.628	Rp 57.965.601.325	Rp 37.230.985.697
2030	Rp 22.497.057.956	Rp 62.892.677.437	Rp 40.395.619.481
2031	Rp 24.409.307.882	Rp 68.238.555.019	Rp 43.829.247.137
2032	Rp 26.484.099.052	Rp 74.038.832.196	Rp 47.554.733.144
2033	Rp 28.735.247.472	Rp 80.332.132.933	Rp 51.596.885.461
2034	Rp 31.177.743.507	Rp 87.160.364.232	Rp 55.982.620.725
2035	Rp 33.827.851.705	Rp 94.568.995.192	Rp 60.741.143.487
2036	Rp 36.703.219.100	Rp 102.607.359.783	Rp 65.904.140.683
2037	Rp 39.822.992.723	Rp 111.328.985.365	Rp 71.505.992.641
total penghematan Nilai Waktu			Rp 734.203.526.441

Sumber: Hasil analisa dan perhitungan

4.3 Biaya Pembangunan *Fly Over* Lubuk Begalung

Biaya pembangunan *Fly Over* ini terdiri dari biaya pembebasan lahan, biaya konstruksi *Fly Over*, biaya pengawasan dan biaya pemeliharaan. Untuk pertumbuhan inflasi sebesar 8,5% diperoleh nilai pembebasan lahan seluas 58.031 m² adalah sebesar Rp 101.884.435.000,-. Biaya konstruksi senilai Rp 203.622.280.000,-. Biaya pengawasan sebesar 1,5% dikali biaya konstruksi senilai Rp 3.054.335.000,-. Biaya pemeliharaan tahunan senilai Rp 2.143.393.000,- dan biaya pemeliharaan periodik Rp 6.435.178.000,-.

4.4 Analisa Kelayakan Ekonomi

Dalam metoda ini digunakan data tingkat suku bunga sebesar 7,5 %, tingkat pertumbuhan lalu lintas sebesar 8,5%, dan tingkat pertumbuhan inflasi sebesar 8,5%. Dari perhitungan analisa penghematan nilai BOK dan Nilai waktu serta besarnya biaya pembangunan *Fly Over*, diperoleh data total Benefit adalah Rp310.782.964.000,- dan total Cost adalah Rp 368.536.037.000,-

4.4.1 Analisa BCR

Apabila $BCR > 1$, maka investasi layak untuk dilakukan begitu pula sebaliknya. Sesuai dengan persamaan:

$$BCR = \frac{B}{C} = \frac{Rp\ 310.782.964.000}{Rp\ 368.536.037.000} = 0,9$$

Dari perhitungan diperoleh nilai BCR sebesar 0,9 artinya nilai $BCR < 1$, maka pembangunan *Fly Over* Lubuk Begalung dari segi BCR tidak layak untuk dilakukan.

4.4.2 Analisa NPV

Apabila $NPV > 0$, maka investasi layak untuk dilakukan begitu pula sebaliknya. Sesuai dengan persamaan:

$$NPV = \text{Benefit} - \text{Cost} = \text{Rp } 310.782.964.000 - \text{Rp } 368.536.037.000, - = - 27.112.752.723$$

Dari perhitungan diperoleh nilai NPV sebesar - 27.112.752.723 , nilai ini kurang dari nol dan pembangunan *Fly Over* Lubuk Begalung dari segi NPV tidak layak karena $NPV < 0$.

4.4.3 Analisa IRR

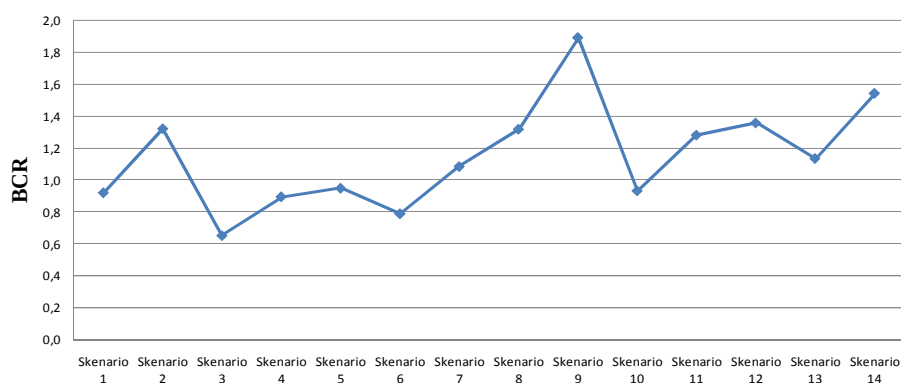
Dalam perhitungan ini akan menggunakan 2 macam tingkat suku bunga Bank yaitu 7,5% dan 9,5 %. Dari perhitungan diperoleh nilai NPV berdasarkan tingkat suku bunga Bank BI, saat suku bunga 7,5 % didapat NPV sebesar -27.112.752.723 dan saat suku bunga 9,5% didapat NPV sebesar -77.572.690.603. dan dari perhitungan diperoleh nilai IRR sebesar 6,4 % artinya pembangunan *fly over* tidak layak secara IRR karena nilai IRR yang diperoleh lebih rendah dari tingkat suku bunga Bank yaitu 7,5%.

4.4.4 Analisa Kepekaan

Untuk mendapatkan analisa yang lebih luas dalam analisa kepekaan ini direncanakan dalam 14 skenario dengan mengubah tingkat pertumbuhan lalu lintas, inflasi ataupun suku bunga bank BI serta harga pembebasan lahan. Skenario 1,yaitu keadaan nyata saat ini atau kondisi normal, Skenario 2 dan 3 hanya mengubah tingkat pertumbuhan lalu lintasnya menjadi 11,5% dan 5,5%, Skenario 4 dan 5 hanya mengubah tingkat pertumbuhan inflasi nya menjadi 10,2% dan 6,8%, Skenario 6 dan 7 hanya mengubah tingkat suku bungan Bank BI menjadi 9,2% dan 5,8%, untuk skenario 8 sampai 14 sama dengan skenario 1 sampai 7 bedanya pada skenario ini harga pembebasan lahan ditiadakan.

a. Analisa BCR

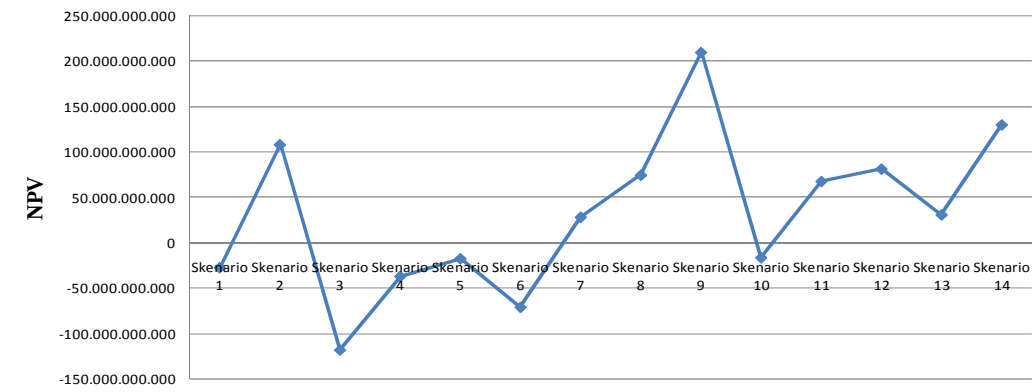
Dari 14 skenario yang ada, dilihat pada Gambar 4.2 bahwa semua skenario yang mempunyai nilai BCR lebih besar dari 1 adalah sebanyak 8 skenario. Serta skenario 9 adalah kondisi paling baik karena skenario 9 menghasilkan nilai BCR paling besar yaitu 1,89.



Gambar 4.2. Rekapitulasi Nilai BCR

b. Analisa NPV

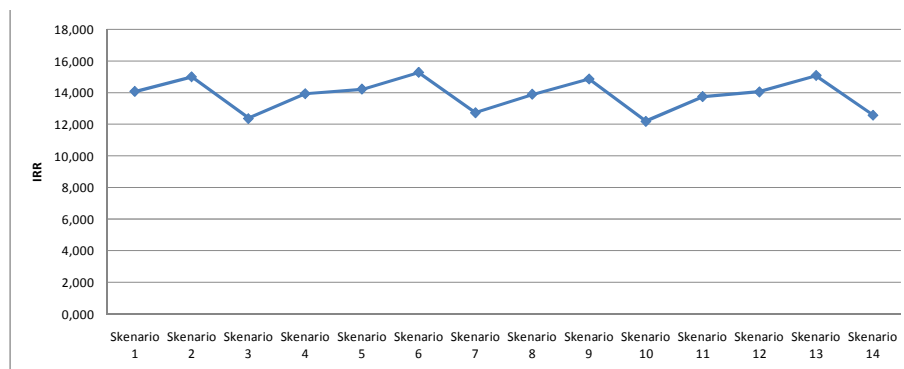
Dari 14 skenario yang ada, dilihat pada Gambar 4.3 bahwa semua skenario yang mempunyai nilai NPV lebih besar dari 1 adalah sebanyak 8 skenario. Serta skenario 9 adalah kondisi paling baik karena skenario 9 menghasilkan nilai NPV paling besar yaitu 210.114.939.380.



Gambar 4.3. Rekapitulasi Nilai NPV

c. Analisa IRR

Dari 14 skenario yang ada, dilihat pada Gambar 4.4 bahwa skenario yang mempunyai nilai IRR diatas suku bunga normal sebesar 7,5% adalah sebanyak 8 skenario. Serta skenario 2 adalah kondisi paling baik karena skenario 2 menghasilkan nilai IRR paling besar yaitu 10,2 %.



Gambar 4.4. Rekapitulasi Nilai IRR

d. Kesimpulan

Dari 14 skenario yang ada, bila kita rangking maka akan terlihat pada Tabel 4.3 skenario 9 adalah kondisi paling baik menghasilkan nilai BCR, NPV dan IRR paling besar. Skenario 9 ini adalah kondisi biaya pembebasan lahan ditanggung pemerintah, tingkat pertumbuhan lalu lintasnya 11,5%, tingkat inflasi 8,5% dan tingkat suku bunga Bank 7,5%.

Tabel 4.3. Rekapitulasi Nilai BCR, NPV, IRR

SKENARIO	BCR	NPV	IRR (%)	ranking
Skenario 9	1,9	210.114.939.380	9,8	1
Skenario 14	1,5	130.201.996.590	7,4	2
Skenario 12	1,4	81.591.291.734	8,6	3
Skenario 2	1,3	108.270.504.809	10,2	4
Skenario 8	1,3	74.731.681.849	8,5	5
Skenario 11	1,3	67.872.071.964	8,4	6
Skenario 13	1,1	30.995.329.192	9,6	7
Skenario 7	1,1	28.357.562.018	6,7	8
Skenario 5	0,9	-17.293.560.978	6,8	9
Skenario 10	0,9	-16.181.361.909	7,1	10
Skenario 1	0,9	-27.112.752.723	6,4	11
Skenario 4	0,9	-36.931.944.467	6,0	12
Skenario 6	0,8	-70.849.105.380	5,7	13
Skenario 3	0,7	-118.025.796.480	-0,03	14

Sumber: Hasil analisa dan perhitungan

5. KESIMPULAN

Dari hasil *manual traffic count* yang dilakukan pada Senin, 16 Juni 2015 – Selasa 17 Juni 2015. Diperoleh volume kendaraan pada ruas jalan mayor (By Pass BIM – By Pass Teluk Bayur) sebesar 79.316 kend/hari dan volume kendaraan pada ruas jalan minor (Indarung – Lubeg) sebesar 71.607 kend/hari. Karena volume kendaraan yang tinggi yaitu melebihi 70 ribu kendaraan setiap harinya dan apabila kita mengacu pada kriteria pengaturan persimpangan yang dikeluarkan oleh Departemen Pemukiman dan Prasarana wilayah tahun 2004 , maka pembangunan *Fly Over* Lubuk Begalung sudah layak dilakukan dari segi lalu lintas. Serta dari segi ekonomi fly over lubuk begalung layak dilakukan apabila biaya pembebasan tanah ditanggung oleh pemerintah sehingga didapat nilai nilai BCR>1 yaitu 1,89, nilai NPV>0 yaitu 210.114.939.380 dan IRR diatas tingkat suku bunga 7,5% yaitu 9,8%.

DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Jendral Bina Marga. (2005). *Studi Kelayakan Proyek Jembatan dan Jalan*. Jakarta : Departemen Perhubungan.
- Direktorat Jendral Bina Marga. (1997). *Tata Cara Perencanaan Jalan Antar Kota*. Jakarta : Departemen Perhubungan.
- Putra,H. (2008). *Perencanaan dan Perancangan Simpang Susun (INTERCHANGE) Pada simpang By pass- Lubuk Begalung*. Padang: Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil Universitas Andalas.

INTELLIGENT SEISMIC STRUCTURAL HEALTH MONITORING SYSTEM FOR THE SECOND PENANG BRIDGE OF MALAYSIA

Reni Suryanita

*Civil Engineering Department Faculty of Engineering University of Riau, Pekanbaru,
reni.suryanita@lecturer.unri.ac.id*

Azlan Adnan

*Engineering Seismology & Earthquake Engineering Research (E-Seer), Universiti Teknologi
Malaysia – Johor Bahru Malaysia, azlan_fka_utm@yahoo.com*

Abstract

The study aims to analyze and monitor the behavior of the Second Penang Bridge during the earthquake. The monitoring system is developed using the Neural Network (NN) method. The NN inputs are the acceleration, displacement and time history of the bridge structural response while the output is the damage level of the bridge. Damage levels are conducted through nonlinear time history analyses of the nine earthquakes from the PEER ground motion database. The damage level criterion is based on FEMA 356. The Neural Network methods consist of the Feed Forward and the Back-Propagation algorithms. The best prediction was achieved when used three hidden layers with time domain input at $R=0.903$ in the training and $R=0.905$ in the testing process.. The implementation of the Neural Network method for the bridge seismic monitoring system can help the bridge authorities to predict the health condition of the bridge at any given time.

Key Words: intelligent system, earthquake, Neural Network, acceleration, displacement, damage level.

1. INTRODUCTION

The Second Penang Bridge is a 24km length and 16.9km above seawater, connecting Peninsular Malaysia and Penang Island. The bridge was completed in 2013, become the longest bridge in Southeast Asia. The second Penang Bridge has more superiority rather than the first Penang Bridge which 8.4km length above seawater as shown in **Figure. 1.1** The 2 lanes dual carriageway with 3m motorcycle lane has been designed on the Second Penang Bridge. The seismic designs for the bridge are the 475-year time period with PGA 0.1773g and the 2500-year time period with PGA 0.3262g (Taib, 2011). The six levels of ground motion hazard which are 75, 109, 475, 950, 1642 and 2500-year return periods of earthquakes were evaluated for the Second Penang bridge site plant by Adnan, *et al* (2009). The accelerations from real time histories data were adjusted within the range of 0.5 to 2.0 Hz to produce the targeted spectral acceleration. Other researchers, Meng, *et al* (2011) has conducted design earthquake with a return period of 475 years and maximum credible earthquake with a return period of 2500 years.

Performance of the Second Penang Bridge can be affected by the proximity of the bridge to the fault and site conditions nearest earthquakes from Sumatera-Indonesia. Both factors affect the intensity of ground shaking and ground deformations, as well as variation effects along the length of the bridge.

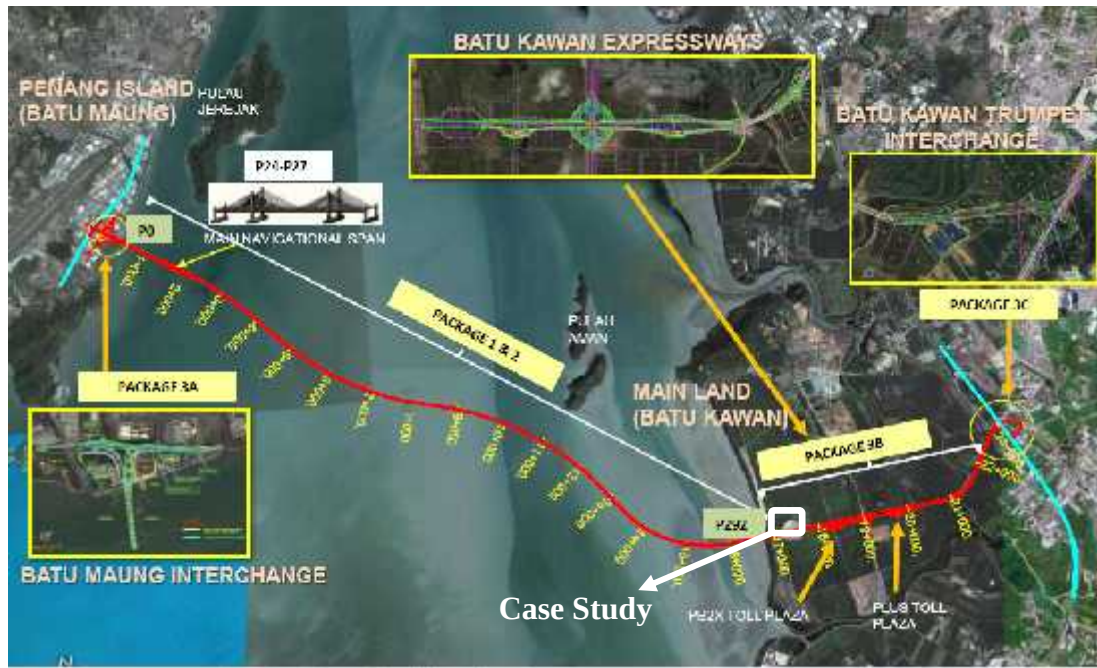


Figure 1.1. The Second Penang Bridge map (Taib, 2011)

The study aims to produce an intelligent system for monitoring and detecting the condition of the Second Penang Bridge due to earthquakes' load. The neural network inputs in the system consist of bridge structure responses included time responses.

2. SEISMIC MONITORING SYSTEM FOR THE SECOND PENANG BRIDGE

Bridge seismic design practices have changed over the years, largely reflecting lessons from performance in past earthquakes. The construction era of a bridge is a good indicator of likely performance, with higher damage levels expected in older construction than in newer construction (Chen dan Duan, 2003). In general, seismic monitoring is separate with the seismic analysis system. Especially in Malaysia, there is no seismic monitoring and analysis for bridges, which were made integrality in one the monitoring system. Sometimes the analysis is performed after the evaluation results obtained. So, the analysis is based on the expertise of engineers in the process of evaluation results.

In this study, analysis system is integrated with the intelligent system so it can be used to predict damage index of bridges in the seismic zone include high and low earthquake region. The sensors of acceleration are installed at the top of piers and deck along the length of the spans as shown in **Figure 2.1**. Data acquisition converts the accelerations' data and transfers the information into the local server. The Neural Network method is applied to the server and used to interpret and predict input data into a graph and alert warning system.

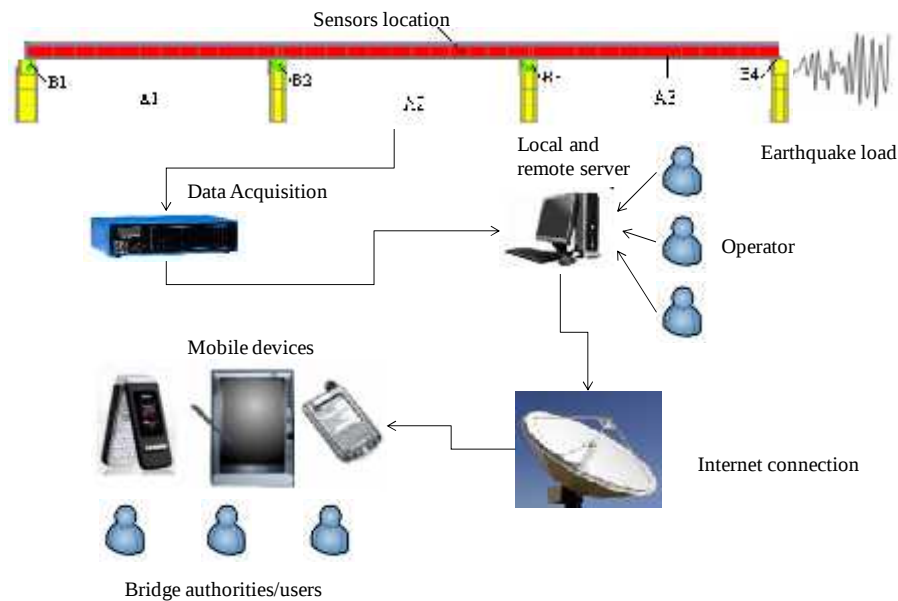


Figure 2.1. Intelligent monitoring proposed for the Second Penang Bridge (Suryanita, 2014)

The intelligent seismic monitoring has been proposed for the Second Penang Bridge that includes two versions namely local and distance monitoring. The remote client system can monitor the acceleration data using far away observation. The function is similar to the local server, including intelligent engine, alert system and monitoring. The Hyper Text Markup Language (HTML) format is necessary for sending the information through remote connection (Suryanita dan Adnan, 2014).

The bridge model has been analyzed using Non Linear Time History (NLTH) of nine earthquakes data from Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER, 2012). Data of earthquakes' load are shown in **Table 2.1**.

Table 2.1 Data of the earthquakes'load

No	Name of Earthquake	Year	Magnitude (M_w)	PCIV $\frac{m/s^2}{g}$	PGA (G)	Fault Distance (km)
1.	San Francisco, NA	1957	5.38	0.0391	0.095	11
2.	New Zealand	1987	6.6	0.2167	0.255	16.1
3.	Cape Mendocino	1992	7.01	0.2014	0.150	42
4.	Landers, NA	1992	7.28	0.097	0.104	54.2
5.	Loma Prieta	1989	6.93	0.1735	0.120	87.9
6.	San Fernando	1971	6.61	0.0328	0.046	108
7.	Northridge-01, NA	1994	6.69	0.0454	0.064	144.7
8.	Kobe, Japan	1995	6.90	0.0429	0.034	158.1
9.	Chi-chi, Taiwan	1999	7.62	0.0776	0.017	169.9

3. APPLICATION OF NEURAL NETWORKS IN THE SYSTEM

Neural Networks are numerical modeling techniques that are inspired by the functioning of the human brain and nerve system. An Artificial Neural Network imitates the basic concept of the brain. Some cells tell the brain that they are experiencing towards any number of sensations. These specialized communication cells are called neurons. The information obtained will be passed between the neurons, based on the structure and synapse weights. The neurons are connected to other neurons. They receive inputs from other neurons and send output to the other neurons and cells.

The Neural Network is divided into single and several layers. A single layer is a connectionist model that consists of a single processing unit while multiple layers permit more complex, non-linear relationship of input data to the output result. The architecture of two hidden layers in the Neural Networks system is shown in **Figure 3.1**.

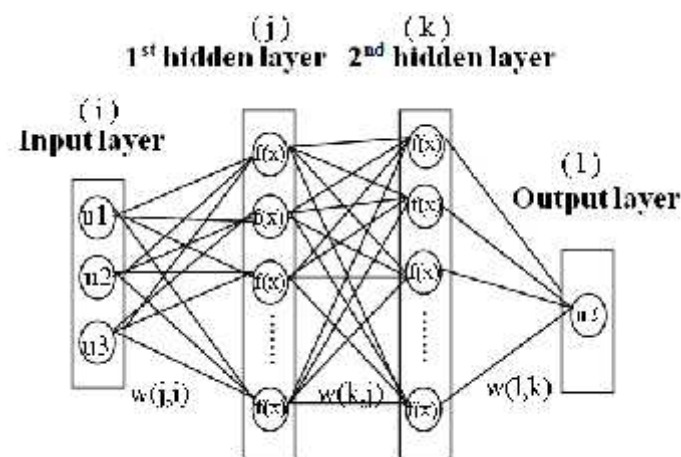


Figure 3.1. Multilayer perceptron

The cell of the input layer is represented by u_i identifier. Identifying connections within the network are $w(j,i)$, $w(k,j)$ until $w(l,k)$ are known as the weighted connection between the hidden cells and input cells.

Through input cells (u_1 , u_2 , and u_3) provide an input value to the hidden and output cells represent a the Sigmoid function $f(x)$, defined as **Equation (3.1)**.

$$y = w_0 + \sum_{i=1}^n u_i w_i \quad (3.1)$$

The equation above sums the product of the weights (w_i), and inputs (u_i) and a bias input (w_0). The output (y) is an activation function.

In this study, the Neural Network algorithms refer to Jones (2005) begins with the assignment of randomly generated weights in the feed forward, multilayer networks. The steps are repeated until the mean-squared error (MSE) of the output is sufficiently small.

The parameter of learning rate ρ , is 0.5 that can be tuned to determine how quickly the back-propagation algorithm converges toward a solution. The error function of the output neurons is defined as **Equation (3.2)**

$$E(W) = \frac{1}{2} \sum_k (d_k - O_k)^2 \quad (3.2)$$

where d_k and O_k are the desired and predicted value of the outputs, respectively. The error function should be minimized so that the Neural Network achieves the best performance. In training process, the network memorizes the relationships between input and output of the system through the connection weights. Before starting the training process, all the weights associated with the connections between the neurons must be initialized to small random numbers. In this study, normalization input data is the linear normalization as follows:

$$z'_i = a \frac{z_i - z_{\min}}{z_{\max} - z_{\min}} + b \quad (3.3)$$

where z'_i is the normalized input or output values, z_i the original data, $z_{\max}$ and $z_{\min}$, respectively, the maximum and minimum values, and a and b are the positive constants allowing to fix the limits of the interval for the scaled values.

4. RESULTS AND DISCUSSION

The Second Penang Bridge model in Figure 4.1 has analyzed using SAP2000 Non Linear Time History analysis subject to the earthquakes' load as shown in Table 2.1. The damage of the piers due to San Francisco earthquake is shown in Figure 4.2. Criterion of bridge damage is based on standard of Federal Emergency Management Agency (FEMA356, 2000). Initial of B is described as operation level, IO is Immediate Occupancy, LS is life safety, and CP is collapse prevention. The level before damage is described with S (safe level).

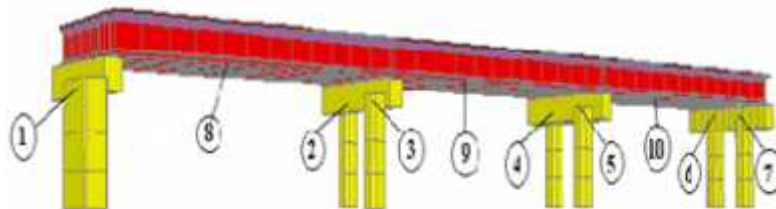


Figure 4.1. The Second Penang bridge model with layout of sensors.

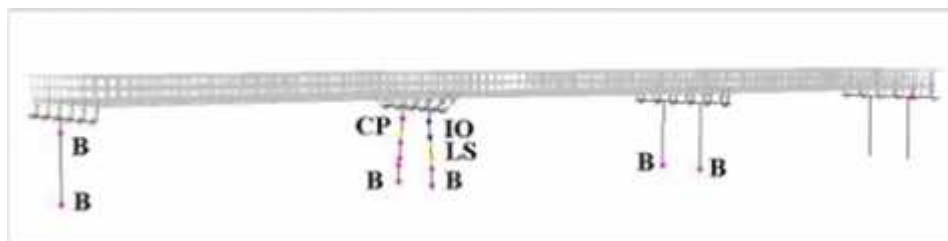


Figure 4.2. Damage level of the piers due to San Francisco earthquake

In this study, the architecture of Neural Network method as shown in Figure 3.1. The inputs are accelerations, displacements and time domain compared with the input without the time domain in training and testing neural network. The output layer is a damage level of the bridge. The hidden layer used the multiple layers from one to five hidden layers. The inputs are the response of the bridge model through the finite-element analysis at the critical point of the damage. The input and output of 1809 data for training neural network as shown in **Table 4.1**.

Table 4.1. Input and output data for neural network method

Nos Data	Input			Output
	Time	Acceleration	Displacement	
1	0	0	2.11E-05	S=1
2	0.05	0.029	2.89E-05	S=1
3	0.1	-0.02727	4.07E-05	S=1
...	...	...	...	...
97	4.0	-0.10500	7.74E-04	D=2
98	4.85	-0.01854	8.05E-04	B=2
...	...	...	...	...
103	5.1	-0.42116	1.39E-05	IO=2
104	5.15	-0.67074	-1.61E-04	IO=2
...	...	...	...	...
112	5.55	0.14074	-1.09E-04	LS=3
113	5.6	0.31173	-9.15E-05	LS=3
114	5.65	0.00021	-1.45E-04	CP=3
...	...	...	...	...
1009	37.1	0.26502	-1.21E-04	CP=3

The indicators of the acceptable result in the Neural Network are the Mean Square Error (MSE) approached 0 (zero), and the regression value (R) approached 1 (one). The results show the regression value, R of training and testing process with three hidden layers is more accurate rather than else as shown in **Figure 4.3** and **Figure 4.4**.

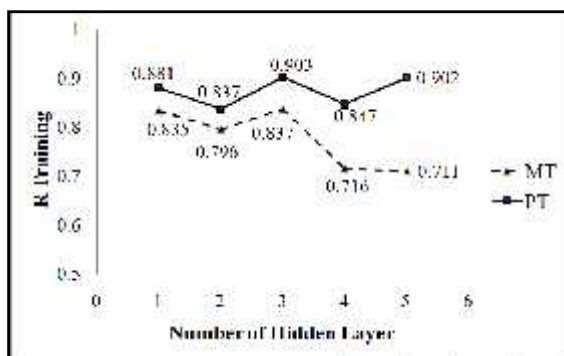


Figure 4.3. Regression of training process.

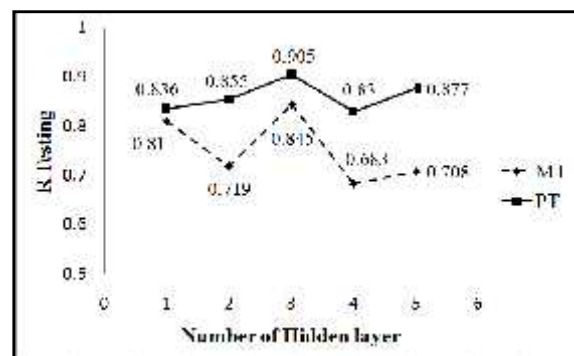


Figure 4.4. Regression of testing process.

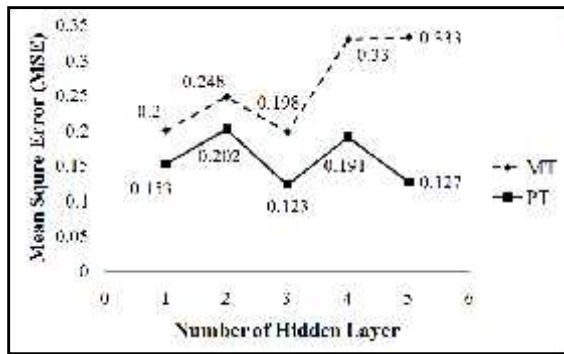


Figure 4.5. MSE value of model.

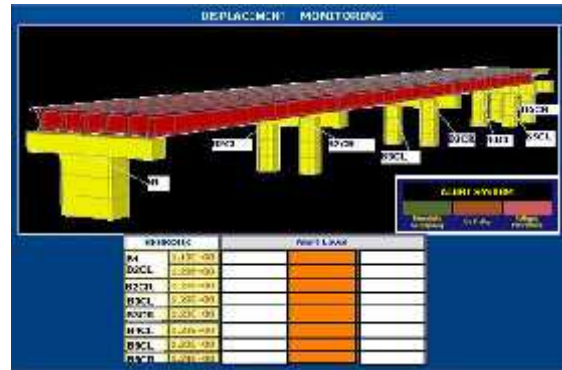


Figure 4.6. The Snapshot of the software.

5. CONCLUSION

The Neural Network methods on the Feed Forward and the Back-Propagation algorithms will be used in the computer program, namely Seer-Monalisa software. This software displays the alert warning system of the Second Penang Bridge based on result prediction of Neural Network analysis. Based on the results, the Neural Network method is recommended use three hidden layers and included the time domain as the input because the MSE value is smaller than others' layers and can predict the damage more accurately. Therefore, the implementation of the intelligent Neural Network method for the bridge seismic monitoring system can help the bridge authorities to predict the stability and health condition of the bridge damage at any given time.

REFERENCES

- Adnan, A., Hendriyawan & Suhatri, M. (2009). Seismic Hazard Assessment for Second Penang Bridge. Johor Bahru: SEER & GTIM Universiti Teknologi Malaysia.
- Chen, W.-F. & Duan, L. (eds.) (2003). *Bridge Engineering Seismic Design*, Florida: CRC Press.
- FEMA356 (2000). Prestandard and Commentary for The Seismic Rehabilitation of Buildings. Federal Emergency Management Agency.
- Jones, M. T. (2005). AI Application Programming. In: PALLAI, D. (ed.). Boston, Massachusetts: Charles River Media.
- Meng, F. C., Sham, R. & Zhenru, F. (Year). The Design of Second Penang Bridge. In: The First International Seminar on the Design and Construction of Second Penang Bridge 2011 Kuala Lumpur.
- PEER (2012). Pacific Earthquake Engineering Research Ground Motion Database.
- Suryanita, R. (2014). *Integrated Bridge Health Monitoring, Evaluation and Alert System using Neuro-Genetic Hybrids* Doctor of Philosophy Program, Universiti Teknologi Malaysia.

- Suryanita, R. & Adnan, A. (2014). Early-Warning System in Bridge Monitoring Based on Acceleration and Displacement Data Domain. *In: Yang, G.-C., AO, S.-I., Huang, X. & Castillo, O. (eds.) Transactions on Engineering Technologies*. Springer Netherlands.
- Taib, I. b. M. (2011). The Second Penang Bridge: Sustainable Design and Construction. *Building and Infrastructure Technology Conference*. Universiti Sain Malaysia, Kuala Lumpur: Universiti Sain Malaysia.

STUDI KESIAPAN SDM KONSTRUKSI ARSITEK PROPINSI SUMATERA BARAT DALAM MENGHADAPI MEA 2015

Zaidir

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas, Padang, zaidir@ft.unand.ac.id

Muhammad Dien

*Lembaga Pengembangan Jasa Konstruksi (LPJK) Provinsi Sumatera Barat, Padang,
mhd.dien@gmail.com*

Abstrak

Studi ini dimaksudkan untuk mendapatkan pengetahuan atas kondisi eksisting dan kesiapan SDM konstruksi arsitek di provinsi Sumatera Barat dalam menghadapi persaingan pada pasar tunggal MEA 2015. Sedangkan tujuan utama studi ini adalah melakukan identifikasi dan evaluasi kondisi eksisting SDM arsitek di provinsi Sumatera Barat yang bekerja di sektor konstruksi dalam menghadapi MEA 2015. Dari hasil studi, diperoleh data bahwa jumlah arsitek yang tidak bersertifikat di provinsi Sumatera Barat jauh lebih banyak (66%) dibandingkan dengan yang bersertifikat (34%), dan belum ada satu orangpun yang mempunyai sertifikat Utama maupun sertifikat AA (*Asean Architects*). Sebagian SDM arsitek di provinsi Sumatera Barat masih belum memiliki sikap profesional sepenuhnya, terutama dari kualitas produk dalam memberikan jasa, komitmen sebagai profesional dan dalam melakukan persaingan untuk mendapatkan proyek. Dari pengolahan data kuesioner yang diperoleh disimpulkan bahwa SDM arsitek di provinsi Sumatera Barat belum siap untuk menghadapi MEA 2015 dalam waktu dekat ini. Diperlukan langkah-langkah yang komprehensif dalam upaya untuk memperbanyak SDM konstruksi arsitek di provinsi Sumatera Barat yang bersertifikat.

Kata Kunci : pasar tunggal ASEAN 2015, SDM arsitek, sertifikat AA (*Asean Architects*)

1. PENDAHULUAN

Pasar tunggal MEA 2015 merupakan suatu agenda besar bagi komunitas negara-negara ASEAN dalam beberapa tahun terakhir. Agenda tersebut merupakan salah satu langkah untuk merealisasikan integrasi ekonomi di antara negara-negara ASEAN (*Asean Economy Community/AEC*). Tujuan dari AEC adalah untuk mengembangkan pasar dan basis produksi tunggal ASEAN dalam rangka mewujudkan ASEAN yang dinamis dan kompetitif dengan mekanisme-mekanisme dan langkah-langkah baru untuk memperkuat implementasi dari kerja sama ekonomi yang telah terbina; mempercepat integrasi regional pada sektor-sektor prioritas; memfasilitasi perpindahan para pebisnis, pekerja terampil dan ahli; dan memperkuat mekanisme-mekanisme institusi ASEAN. Sumber Daya Manusia (SDM) konstruksi arsitek Indonesia termasuk dalam kategori pekerja terampil yang akan berpartisipasi dalam pasar tunggal ASEAN tersebut.

Sumber Daya Manusia (SDM) konstruksi Indonesia yang pada tahun 2011 didominasi oleh tenaga kerja kurang terampil (60%) dan tenaga kerja terampil (30%) serta hanya 10% yang merupakan tenaga ahli, sangat mempengaruhi tingkat produktivitas konstruksi Indonesia. Dari 10% SDM konstruksi yang telah bersertifikasi tersebut, tidak sepenuhnya menjamin tingkat kompetensi dari pemegang sertifikat tersebut, sehingga pengetahuan atas potensi secara kualitas dari SDM konstruksi arsitek Indonesia sangat minim

khususnya keunggulan kompetitif terutama bilamana ingin berkompetisi dengan SDM konstruksi arsitek negara ASEAN lainnya ketika MEA 2015 berlaku nanti.

Pada saat ini, pengetahuan atas kondisi SDM konstruksi arsitek Indonesia masih sangat minim, termasuk juga di Provinsi Sumatera Barat. Kemudahan dalam lalu lintas pekerja terampil dan ahli pada MEA 2015, tentunya akan menjadi sebuah kesempatan yang besar bagi SDM konstruksi arsitek Indonesia termasuk dari provinsi Sumatera Barat terutama tenaga terampil yang unggul secara kuantitas bilamana disertai kualitas serta memiliki keunggulan kompetitif dan komparatif dari SDM konstruksi negara-negara ASEAN lainnya.

Studi ini dimaksudkan untuk mendapatkan pengetahuan atas kondisi eksisting dan kesiapan SDM konstruksi arsitek di provinsi Sumatera Barat dalam menghadapi persaingan pada MEA 2015. Tujuan utama studi ini adalah melakukan identifikasi dan evaluasi kondisi eksisting SDM arsitek di provinsi Sumatera Barat yang bekerja di sektor konstruksi dalam menghadapi pasar tunggal MEA 2015.

Keluaran dari studi ini adalah kondisi eksisting dan tingkat kesiapan SDM arsitek yang bekerja di sektor konstruksi di provinsi Sumatera Barat dalam menghadapi MEA 2015, serta rekomendasi yang diperlukan untuk pengambil kebijakan dalam rangka memperkuat SDM konstruksi arsitek di provinsi Sumatera Barat. Sistematika pelaksanaan studi dilakukan sebagai berikut:

- a. Focus Group Discussion (FGD), dari narasumber yang kompeten untuk mendapatkan informasi yang dibutuhkan dalam rangka mengetahui kondisi eksisting dan kesiapan SDM arsitek di provinsi Sumatera Barat.
- b. Kuesioner dan wawancara, ditujukan kepada asosiasi profesi, perusahaan konstruksi dan konsultansi serta individu SDM arsitek di provinsi Sumatera Barat.

2. STUDI PUSTAKA

Menurut data BPS (2011), pada tahun 2011 jumlah SDM konstruksi Indonesia mencapai 6,339 juta atau sekitar 5,78% dari tenaga kerja nasional. Dari jumlah tersebut, 10% diantaranya merupakan tenaga ahli, 30% merupakan tenaga terampil (*skilled labour*), dan 60% sisanya merupakan tenaga kerja kurang terampil (*unskilled labour*). Dari 6,339 juta SDM konstruksi, kurang dari 10% yang telah mempunyai sertifikasi keahlian (Kesai dan Arifin, 2012). Dari SDM konstruksi yang telah bersertifikat tersebut, tidak semuanya aktif ataupun terlibat langsung dalam pelaksanaan konstruksi, namun hanya berpartisipasi pada tahapan pengadaan saja (sebagai pemenuhan persyaratan administrasi) dan kemudian digantikan oleh SDM konstruksi lainnya baik yang telah bersertifikat maupun yang belum pada tahapan pelaksanaan konstruksi (Soekirno *et al.*, 2012). Hal ini terjadi baik pada tenaga ahli maupun tenaga terampil.

Dari jumlah pemegang sertifikasi yang ada, tidak semuanya berkontribusi secara langsung pada pelaksanaan konstruksi dan tidak diketahui besar potensi yang efektif dari SDM konstruksi yang bersertifikasi tersebut padahal hanya tenaga ahli dan tenaga terampil yang bersertifikasi saja yang akan dapat berpartisipasi pada AFTA 2015 nanti. Indonesia merupakan salah satu dari empat negara ASEAN selain Kamboja, Vietnam,

dan Filipina, pengirim tenaga kerja termasuk ke negara-negara ASEAN lainnya seperti Singapura, Thailand, dan Malaysia. Salah satu nilai tawar yang dimiliki oleh tenaga kerja Indonesia dalam trading adalah upah yang rendah. Upah yang rendah tersebut tidak lepas dari kualitas SDM Indonesia yang dikirimkan, yang pada saat ini masih didominasi oleh pekerja kurang terampil (*unskilled labour*). Namun pendekatan dengan upah yang rendah tidaklah tepat dalam MEA 2015 nanti, karena dibutuhkan keunggulan komparatif agar dapat secara berkelanjutan bersaing dan bekerja sama pada MEA 2015. Tabel 1. memperlihatkan jumlah tenaga kerja ASEAN, dimana Indonesia menempati peringkat teratas dalam jumlah tenaga kerja di antara negara-negara ASEAN. Pada tahun 2015, tenaga kerja Indonesia diproyeksikan memiliki porsi sekitar 39% dari total tenaga kerja di ASEAN. Ini menunjukkan potensi tenaga kerja Indonesia dalam kuantitas.

Tabel 1. Tenaga kerja ASEAN (ILO, 2008)

Member	1995	2000	2008	2015*)	2020*)
ASEAN	221.459	248.415	390.317	325.085	346.572
Brunei D.	131	155	191	221	240
Kamboja	4.936	5.916	7.680	9.104	10.014
Indonesia	86.879	99.577	115.443	128.805	137.382
Laos	2.119	2.391	2.964	3.601	4.009
Malaysia	8.167	9.737	11.867	13.856	15.170
Myanmar	22.412	24.858	28.361	31.307	33.038
Philipina	27.460	30.830	37.862	44.407	49.266
Singapura	1.739	2.059	2.411	2.709	2.805
Thailand	32.030	34.176	36.937	38.279	38.669
Vietnam	35.585	38.716	46.602	52.797	55.979

*) angka prediksi

Menurut Sidharta (1984) yang melakukan penelitian terhadap bidang pekerjaan dari sarjana arsitektur Fakultas Teknik Universitas Diponegoro (UNDIP) diperoleh hasil sebagai berikut :

- sebagai arsitek murni/konsultan, baik perorangan atau tergabung dalam suatu biro 40%
- sebagai pemborong, baik perorangan atau tergabung dalam perusahaan pemborong atau real estate..... 12,5%
- sebagai Pegawai Negeri Sipil pada Departemen Pekerjaan Umum 19,5%
- sebagai Pegawai Negeri Sipil pada Bappeda, Dinas Tata Kota, Dinas PU Tingkat I atau II..... 4 %
- sebagai pendidik pada Universitas Negeri atau swasta..... 16%
- dan lain-lain..... 8%

Banyak faktor yang menyebabkan seorang arsitek tidak atau belum menjalankan tugas profesinya yang sebenarnya. Beberapa kemungkinan penyebabnya adalah :

- profesi arsitek sebagai pemberi jasa/konsultan belum dapat dijangkau lapisan masyarakat yang kurang mampu
- kesempatan kerja dalam bidang profesi arsitektur murni yang masih terbatas
- luas dan beragamnya bidang kerja yang bisa dimasuki oleh sarjana arsitek.

Saat ini beberapa bangunan di Jakarta, Bali dan beberapa kota besar di pulau Jawa telah dirancang oleh arsitek asing. Masuknya arsitek asing ini ke Indonesia tidak dapat dibendung, apalagi Indonesia telah menandatangani kesepakatan untuk mengikuti dan membuka pasar bebas ASEAN pada tahun 2015. Hal ini tentu menjadi ancaman dan tantangan bagi arsitek Indonesia, termasuk juga arsitek di provinsi Sumatera Barat. Kondisi arsitek Indonesia, termasuk arsitek di provinsi Sumatera Barat saat ini adalah :

- a. Jumlah arsitek yang tidak bersertifikat jauh lebih banyak daripada yang bersertifikat. Semuanya dapat mengerjakan proyek, bahkan tanpa arsitek pun pembangunan bisa terus berjalan.
- b. Sikap profesional yang belum dimiliki sepenuhnya oleh sebagian arsitek kita. Terutama kualitas produk dalam memberikan jasa, komitmen sebagai profesional dan melakukan cara persaingan tidak sehat.
- c. Kurang berani mempublikasikan karya, baik secara regional maupun internasional. Banyak arsitek di daerah memiliki karya bagus, baik berupa hunian, kawasan, maupun bangunan komersial. Bahkan mendapat penghargaan berskala nasional atau internasional, tetapi tidak terpublikasikan, sehingga masyarakat tak tahu.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil FGD dan kuesioner yang dilakukan, diperoleh data bahwa jumlah arsitek yang tidak bersertifikat jauh lebih banyak daripada yang bersertifikat, dan semuanya dapat mengerjakan proyek, bahkan tanpa arsitek pun pembangunan bisa terus berjalan, serta sikap profesional yang belum dimiliki sepenuhnya oleh sebagian SDM arsitek. Terutama kualitas produk dalam memberikan jasa, komitmen sebagai profesional dan melakukan cara persaingan tidak sehat dan kurang berani mempublikasikan karya, baik secara regional maupun internasional. Banyak arsitek di daerah memiliki karya bagus, baik berupa hunian, kawasan, maupun bangunan komersial. Bahkan mendapat penghargaan berskala nasional atau internasional, tetapi tidak terpublikasikan, sehingga masyarakat tak tahu.

Gambar 1. memperlihatkan statistik arsitek yang mempunyai SKA di provinsi Sumatera Barat, dimana 66% (168 orang) belum punya SKA, SKA Pratama 9% (22 orang) dan SKA Madya sebesar 25% (65 orang) serta belum ada yang mempunyai SKA utama, dan belum ada satu orangpun yang mempunyai sertifikat AA (*Asean Architect*)



Gambar 1. Statistik jumlah SKA arsitek di provinsi Sumatera Barat

Rendahnya jumlah tenaga arsitek yang mempunyai SKA antara lain disebabkan oleh:

- a. merasa tidak ada efek (pengaruh) dalam pekerjaan
- b. proses sertifikasi berbelit-belit
- c. proses sertifikasi mahal

- d. tidak ada jaminan mutu (sertifikat dapat “dibeli”)
- e. tidak ada ketentuan yang memaksa (tidak ada penegakan hukum terhadap tenaga kerja konstruksi yang tidak bersertifikat)
- f. tidak ada kepedulian dari pihak pengguna jasa
- g. budaya menggampangkan masalah
- h. masyarakat apatis dan kurang peduli

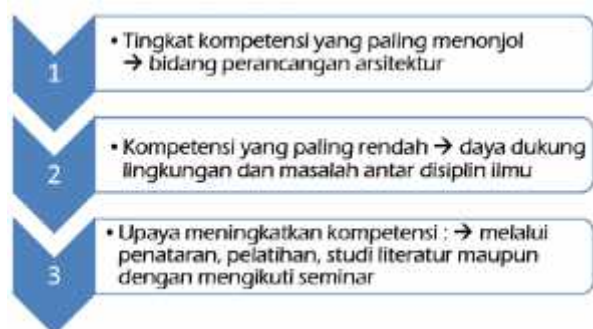
Di provinsi Sumatera Barat profesi arsitek umumnya bekerja pada bidang :

- a. Pemerintahan, menjadi pegawai disektor formal seperti di pemerintah provinsi, pemerintah kota dan pemerintah kabupaten, pada ruang lingkup tata kota dan pekerjaan umum. Disektor ini seorang arsitek tidak dibutuhkan sertifikasi guna memainkan perannya sebagai ahli dengan tanggung jawab profesi.
- b. *Real Estate*, disektor informal ini juga seorang arsitek tidak dituntut memiliki kompetensi ahli untuk menunjukkan perannya, meskipun mereka bekerja pada bidang konstruksi.
- c. Perusahaan jasa konsultansi dan konstruksi, pada sektor formal inilah profesi arsitek dapat dituntut kompetensinya disebabkan oleh karena ada beberapa norma yang mengaturnya seperti yang diuraikan diatas.

Selama ini keberadaan peran SDM arsitek di Sumatera Barat baru sebatas pemenuhan kebutuhan tenaga ahli perusahaan sebagai penanggung jawab teknis perusahaan dan penanggung jawab bidang pada sertifikat badan usaha. Kebutuhan ini hanya sebatas perusahaan yang memposisikan spesialisasi bidang arsitektural. Kebutuhan lainnya adalah untuk memenuhi persyaratan tender dengan pengalaman sesuai dengan tingkat kesulitan yang diperlukan pada kegiatan tersebut.

Fakta membuktikan bahwa di propinsi Sumatera Barat kebutuhan tenaga ahli arsitek yang bersertifikat hanya digunakan untuk kepentingan penggunaan keuangan negara. Tidak terdapat jumlah yang tepat tentang korelasi kebutuhan tenaga ahli arsitek dengan penanggung jawab teknis, penanggung jawab bidang maupun untuk kepentingan tender, terutama untuk kepentingan tender tenaga ahli arsitek yang bersertifikat. Kebutuhan tenaga ahli ini berkaitan dengan jumlah kegiatan yang diadakan pihak pengguna jasa. Belum banyak pengguna jasa konsultansi swasta yang menggunakan jasa arsitek bersertifikasi.

Gambar 2. memperlihatkan resume tingkat kompetensi arsitek di provinsi Sumatera Barat, dimana tingkat kompetensi yang paling menonjol adalah dalam bidang perancangan arsitektur dan kompetensi yang paling rendah adalah bidang daya dukung lingkungan dan masalah antar disiplin ilmu. Sedangkan upaya yang dilakukan untuk meningkatkan kompetensi adalah melalui penataran, pelatihan, studi literatur maupun dengan mengikuti seminar.



Gambar 2. Tingkat kompetensi individu arsitek

Gambar 3. merupakan resume dukungan yang diharapkan oleh ar-sitek dari pemangku kepentingan (Pemerintah, LPJK, asosiasi), yaitu:

1. perlindungan terhadap profesi arsitek melalui peraturan perundang-undangan (payung hukum) serta UU arsitek.
2. menerapkan aturan SIBP (surat ijin bekerja perencana) untuk setiap arsitek,
3. membuat regulasi untuk men-dukung pengembangan profesi arsitek,
4. menerapkan peraturan tentang persyaratan kompetensi dan du-kungan terhadap kompetensi arsitek serta
5. mengadakan seminar, pelatihan dalam rangka peningkatan kom-petensi arsitek di provinsi Sumatera Barat.

Gambar 4. merupakan resume sikap SDM arsitek di provinsi Sumatera Barat dalam menghadapi persaingan pada era AFTA 2015, yaitu :

1. mempunyai keinginan untuk bekerja di luar propinsi ataupun di luar negeri
2. memahami akan adanya persaingan lapangan kerja di bidang arsitektur pada pasar Tunggal ASEAN 2015
3. belum ada yang memiliki sertifikat AA dan belum ada upaya maupun dorongan dari perusahaan untuk memilikinya
4. Pasar Tunggal MEA 2015 da-pat berupa ancaman maupun peluang bagi arsitek di Indonesia
5. mempunyai kemampuan dasar arsitek profesional
6. memperkuat dukungan terhadap pengetahuan arsitek



Gambar 3. Dukungan yang diharapkan dari pemangku kepentingan



Gambar 4. Sikap SDM arsitek terhadap persaingan AFTA 2015

Gambar 5. merupakan resume dukungan yang diharapkan dari Pemerintah dalam menghadapi pasar tunggal ASEAN 2015 untuk SDM arsitek di provinsi Sumatera Barat, yaitu melalui :

1. memberikan payung hukum (UU) terhadap profesi SDM arsitek.
2. memberikan perhatian dan dukungan terhadap peningkatan kompetensi arsitek, dan
3. menjalin kerjasama yang baik antar negara ASEAN



Gambar 5. Dukungan yang diharapkan dari Pemerintah untuk menghadapi Pasar tunggal ASEAN 2015.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Dari hasil studi yang telah dilakukan terhadap SDM konstruksi arsitek di provinsi Sumatera Barat beberapa hal dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Jumlah arsitek yang tidak bersertifikat di provinsi Sumatera Barat jauh lebih banyak (66%) dibandingkan dengan yang bersertifikat (34%), dan belum ada yang mempunyai sertifikat Utama maupun sertifikat AA (*Asean Architects*)
2. Tingkat kompetensi yang paling menonjol dari SDM arsitek di provinsi Sumatera Barat adalah dalam bidang perancangan arsitektur dan yang paling kurang adalah dalam hal daya dukung lingkungan dan masalah antar disiplin ilmu.
3. Sebagian SDM arsitek di provinsi Sumatera Barat masih belum memiliki sikap profesional sepenuhnya, terutama dari kualitas produk dalam memberikan jasa, komitmen sebagai profesional dan melakukan persaingan tidak sehat dalam mendapatkan proyek.
4. SDM konstruksi arsitek kurang berani mempublikasikan karya, baik secara regional maupun internasional.
5. Dari data yang diperoleh terlihat bahwa SDM arsitek di provinsi Sumatera Barat belum siap untuk menghadapi perdagangan bebas AFTA 2015 dalam waktu dekat ini.

4.2 Saran

Untuk mengatasi permasalahan yang masih ada pada SDM konstruksi arsitek di provinsi Sumatera Barat, disarankan beberapa poin sebagai berikut :

1. Diperlukan langkah-langkah yang komprehensif dalam upaya untuk memperbanyak SDM konstruksi arsitek di provinsi Sumatera Barat yang bersertifikat.
2. Perlu dibuat Lembaga Sertifikasi Independen yang bebas dari intervensi Pemerintah maupun Asosiasi Profesi dan Badan Usaha.
3. Perlu diberdayakan Balai Latihan Kerja (BLK), Balai/Badan Diklat Pemda, Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) dan Fakultas/Jurusan di Perguruan Tinggi yang menyelenggarakan pendidikan/pelatihan bidang jasa konstruksi agar dapat berfungsi sebagai Lembaga Sertifikasi.
4. Secara bertahap diberlakukan daftar hitam (*black-list*) bagi tenaga kerja perorangan maupun badan usaha konstruksi perorangan yang tidak bersertifikat.
5. Perlu dilakukan kampanye publik mengenai pentingnya tenaga kerja konstruksi yang bersertifikat demi keamanan dan kehandalan produk jasa konstruksi.
6. Perlu dilakukan sosialisasi yang komprehensif kepada SDM konstruksi di Provinsi Sumatera Barat akan pentingnya pasar tunggal MEA 2015.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Pusat Statistik Nasional (BPS), 2011, Statistik Konstruksi Tahun 2010, Jakarta.

Fajar B. Hirawan & Wahyu Triwidodo, 2012, "Examining the ASEAN Mutual Recognition Arrangement (MRA) Implementation Process on Engineering and Architectural Services and Its Impact to the Professionals: Indonesian Perspective", *Structural Reform, Services and Logistics - Building Policy Making Capacity in APEC/Services Workshop 2012*, Jakarta, Indonesia.

International Labor Organization. 2008. Labor market and social trends in ASEAN: 2008: Driving competitiveness and prosperity with decent work. Bangkok: *International Labor Organization-Regional Office for Asia and the Pacific*.

Kesai, Panani dan Arifin, Doedoeng Z., 2012. Kinerja SDM Konstruksi. *Konstruksi Indonesia 2012*. Kementerian Pekerjaan Umum. Jakarta.

Muhammad Abduh, Biemo W. Soemardi, Reini D. Wirahadikusumah. 2008. Kesenjangan Antar Kompetensi Pendidikan Tinggi dengan Kompetensi Keahlian Konstruksi, *Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil 2 (KONTEKS 2)*- Universitas Atmajaya Jogjakarta, 2008.

Purnomo Soekirno, Muhammad Abduh, dan Dewi Z. Larasati. 2012. Pengkajian Pendayagunaan Tenaga Kerja Ahli Muda-Teknisi Bersertifikat oleh Badan Usaha Jasa Konstruksi dan Implikasinya terhadap Kinerja Pelaksanaan Pekerjaan Konstruksi. *Laporan Akhir Riset Studi Konstruksi, BP Konstruksi – Kementerian Pekerjaan Umum Indonesia*.

Pusbin KPK. 2009. Gerakan Nasional Pelatihan Konstruksi 2010-2014. *Penerbit Pusat Pembinaan Kompetensi dan Pelatihan Konstruksi*. Jakarta.

- Reini D. Wirahadikusumah dan Krishna S. Pribadi. 2011. Licensing Construction Workforce “Indonesia’s Effort on Improving the Quality of National Construction Industry”, *Journal of Engineering, Construction and Architectural Management*, Vol.18 No.5, pp. 431-443.
- Sidharta, 1984, *Peran Arsitek, Pendidikannya dan Masa Depan Arsitektur Indonesia*, *Pidato Pengukuhan Guru Besar*, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- Suhono, Andreas., 2011. *Membangun Kompetensi Tenaga Kerja Konstruksi Indonesia. Konstruksi Indonesia 2011*. Kementerian Pekerjaan Umum. Jakarta.

STUDI PARAMETRIK PENGARUH VARIASI TINGKATAN BEBAN AKSIAL TERHADAP PERILAKU LENTUR DAN AKSIAL PENAMPANG KOLOM BETON BERTULANG AKIBAT BEBAN SIKLIK

Agung Adrian Q

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas, Padang, agungqausar@gmail.com

Rendy Thamrin

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas, Padang, rendy@ft.unand.ac.id

Jati Sunaryati

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas, Padang, jati@ft.unand.ac.id

Abstrak

Pada studi ini dilakukan analisis lentur dan aksial penampang kolom beton bertulang akibat beban siklik dengan hasil berupa respons momen kurvatur dan deformasi aksial. Suatu program komputer RCCSA V.4.3 berbasis metode diskrit elemen telah dikembangkan untuk keperluan tersebut. Model histeresis material untuk beton dan baja tulangan menggunakan model yang diajukan peneliti sebelumnya dengan beberapa modifikasi dan penyesuaian. Dari hasil analisis dengan variasi tingkatan beban aksial sebesar 20%, 30% dan 40% dari kapasitas aksial penampang diketahui bahwa peningkatan beban aksial akan menurunkan daktilitas lentur dari penampang kolom. Penampang kolom dengan penulangan *under reinforced* memiliki daktilitas paling baik dalam menerima beban aksial dan lateral siklik seperti terlihat dari rasio ($\frac{\Delta_{ult}}{\Delta_{yield}}$) yang lebih besar. Perubahan signifikan pada respons deformasi aksial-kurvatur kolom terjadi ketika beban aksial yang bekerja telah lewat 30% dari kapasitas rencana, hal ini menandakan kinerja kolom dalam memikul beban sudah jauh berkurang pada tingkatan beban tersebut.

Kata kunci : beban siklik; beban aksial; momen kurvatur; deformasi aksial

1. PENDAHULUAN

Kapasitas memikul beban sekaligus perilaku disipasi energi dari penampang kolom dalam kondisi deformasi pasca leleh memiliki peranan penting untuk mencegah keruntuhan total dari struktur beton bertulang. Karakteristik histeresis seperti kekakuan, daktilitas, dan disipasi energi menjadi perhatian penting terkait dengan kinerja kolom dalam memikul beban dinamis seperti beban gempa. Akibat beban gempa, struktur kolom akan menerima beban lateral siklis (bolak-balik) dan ketika beban gempa bekerja dalam arah vertikal kolom akan menerima beban aksial yang bervariasi dan ada kemungkinan beban aksial yang bekerja akan melebihi kapasitas rencana.

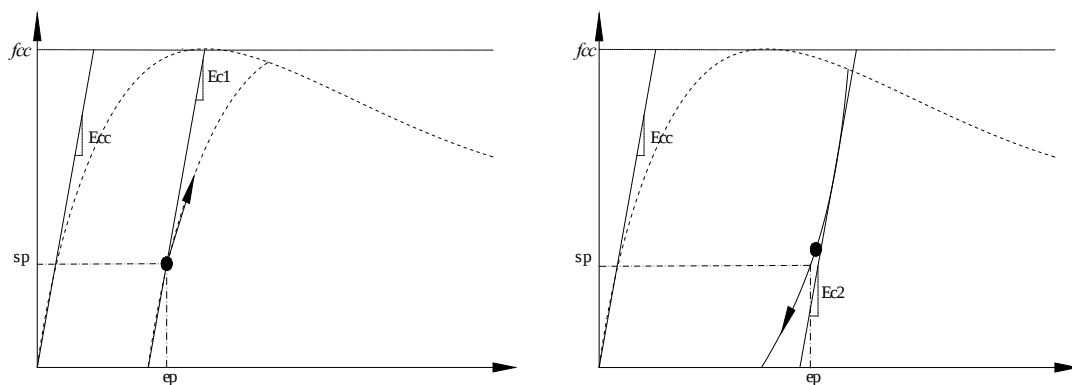
Seiring perkembangan teknologi komputasi, banyak kajian numerik yang dilakukan yang bermanfaat untuk memprediksi perilaku elemen struktur beton bertulang. Simulasi numerik ini sangatlah penting dalam pemeriksaan kapasitas dan kinerja dari elemen struktur kolom yang menerima kombinasi beban lateral dan aksial. Untuk meneliti pengaruh dari variasi beban aksial terhadap perilaku lentur dan aksial tersebut dalam paper ini dilakukan suatu analisis penampang dengan metode diskrit elemen dengan memvariasikan besar beban

aksial dan tipe pembebanan lateral yang bekerja pada kolom beton bertulang. Permodelan histeresis material mengacu pada model yang telah dikembangkan peneliti sebelumnya, (Esmaily, A., Xiao, Y., 2005) dan (Thamrin, R., 2006) dengan beberapa modifikasi dan penyesuaian.

2. PERMODELAN HISTERESIS MATERIAL

2.1 Model Material Beton

Model histeresis beton yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan modifikasi dari model *confined concrete hysteretic model* yang diajukan oleh Asaad Esmaily dan Yan Xiao (2005). Berikut adalah sampel kurva histeresis berdasarkan model tersebut:



Gambar 1. Model histeresis material beton

Pada model histeresis seperti yang ditunjukkan oleh gambar-1, kurva *envelope* mengikuti model monotonik dari beton dimana untuk kurva monotonik menggunakan model beton terkekang dari Mander, pada saat terjadi *unloading* kurva akan turun secara parabolik sesuai hubungan tegangan-regangan material, pada daerah tarik mempertimbangkan adanya *tension stiffening effect* maka ketika tegangan tarik terlampaui kuat tarik tidak akan langsung bernilai nol tapi akan menurun secara perlahan dan diasumsikan turun secara linier.

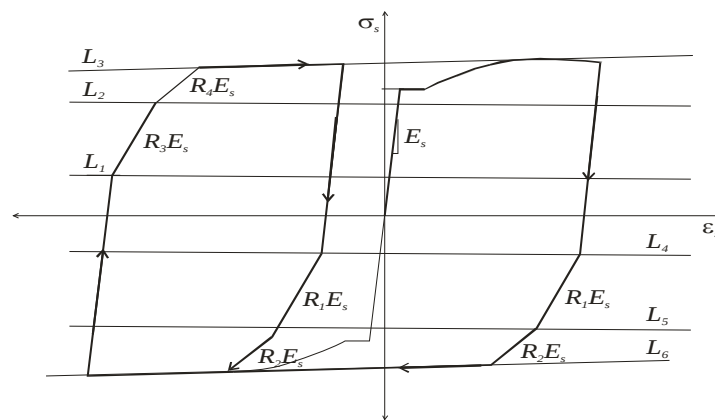
2.2 Model Material Baja

Model histeresis baja tulangan menggunakan model multilinier oleh Thamrin, (2006) yang mengacu pada model trilinier yang diajukan Esmaily, A., dan Xiao, Y, (2005), dengan beberapa modifikasi. Pada model ini digunakan tujuh parameter yang digunakan untuk menyesuaikan kemiringan dan inklinasi dari respons tegangan-regangan baja, yakni: P_1 , P_2 , P_3 , R_1 , R_2 , R_3 , and R_4 , kemudian perubahan garis dapat dihitung dengan persamaan:

$$L_1 = (P_1 f_y) - (e_i f_u) ; L_2 = (P_2 f_y) - (e_i f_u) ; L_3 = (P_3 f_y) + (e_i f_u) \quad (1)$$

$$L_4 = -(P_1 f_y) - (e_i f_u) ; L_5 = -(P_2 f_y) - (e_i f_u) ; L_6 = -(P_3 f_y) + (e_i f_u) \quad (2)$$

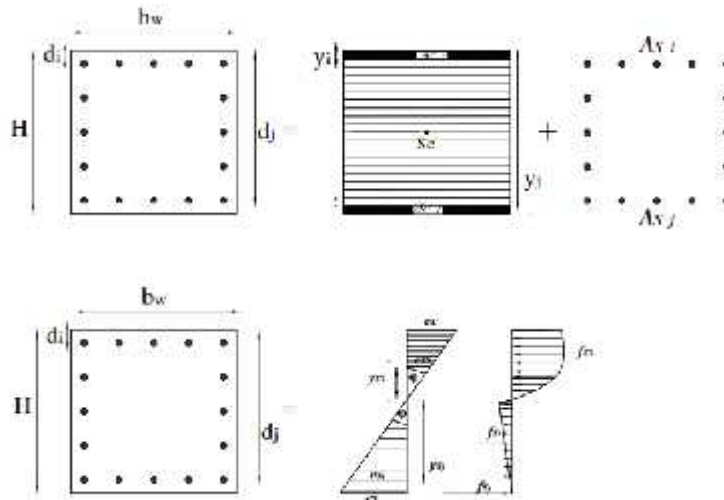
Dengan : $P_1 = 0.2$, $P_2 = 0.85$, $P_3 = 1.05$, $R_1 = 0.65$, $R_2 = 0.325$, $R_3 = 0.25$, and $R_4 = 0.125$. Seperti yang dapat dilihat pada gambar 2, modulus elastisitas yang sama digunakan pada garis *loading* dan *unloading* hingga tegangan mencapai garis peubah pertama (L_1 atau L_4). kemudian kekakuan berubah menjadi $R_1 E_s$ atau $R_3 E_s$ hingga tegangan mencapai garis peubah kedua (L_2 or L_3). Pada akhirnya parameter R_2 and R_4 digunakan untuk mengubah besar kekakuan hingga tegangan mencapai garis L_3 or L_6 . Titik potong dari respons histeresis untuk setiap garis dapat diatur masing-masing dengan parameter P_1 , P_2 , and P_3 .



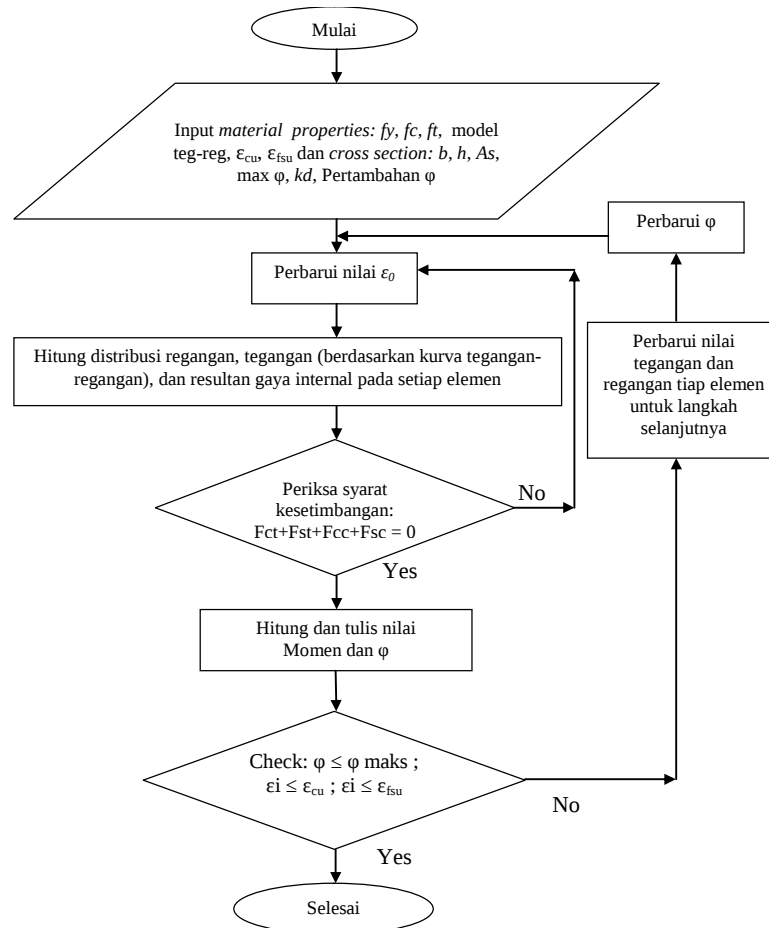
Gambar 2. Model material baja, Thamrin, R. (2006)

3. ANALISIS PENAMPANG

Analisis penampang dilakukan dengan metode diskrit elemen, pada metode ini penampang dibagi menjadi elemen-elemen berlapis. Untuk setiap peningkatan regangan, berdasarkan model histeresis material dapat diketahui besar tegangan pada masing-masing elemen sehingga resultan gaya total yang bekerja pada penampang dapat dihitung. Distribusi tegangan-regangan kemudian *flowchart* prosedur perhitungan dapat dilihat pada gambar 3 dan 4.



Gambar 3. Distribusi regangan dan tegangan pada penampang pada metode diskrit elemen dengan mempertimbangkan kuat tarik beton

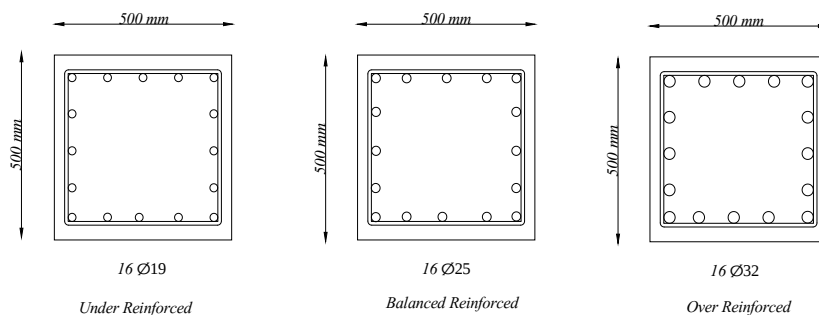


Gambar 4. Flowchart prosedur analisis penampang

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh beban aksial (P) pada kolom akan dievaluasi dengan melakukan simulasi numerik berupa analisis penampang dengan beban siklik pada kolom persegi dengan dimensi 500x500 mm. Kuat tekan beton ditetapkan sebesar 30 Mpa, dengan variasi rasio tulangan masing-masing terdiri atas tiga tipe keruntuhan, yakni *under reinforced*, *balance* dan *over reinforced* dengan tegangan leleh $f_y=410$ Mpa. Kolom mula-mula tidak diberi beban aksial, kemudian diberi beban aksial sebesar 20%, 30%, 40% dari kapasitas aksial penampang ($P_n = A_g \cdot f_c$) Detail penampang dan konfigurasi tulangan dapat dilihat pada gambar 5. Hasil analisis berupa respons deformasi aksial-kuvarur dan momen-kurvatur dapat dilihat pada gambar 6 dan 7.

Ketika penampang dibebani secara siklik tanpa diberi beban aksial, regangan aksial berperilaku seperti penampang balok, regangan aksial pada penampang dengan penulangan *under reinforced* memiliki regangan aksial yang lebih besar dibanding penampang bertulangan *balanced* maupun *over reinforced*, ini dapat dimengerti karena luas tulangan yang jauh lebih besar maka tulangan dengan penulangan *under reinforced* lebih dulu mengalami leleh, ketika baja telah sampai pada regangan lelehnya garis netral menjalar keserat tekan terluar sehingga laju peningkatan regangan aksial pada penampang *under reinforced* lebih besar.



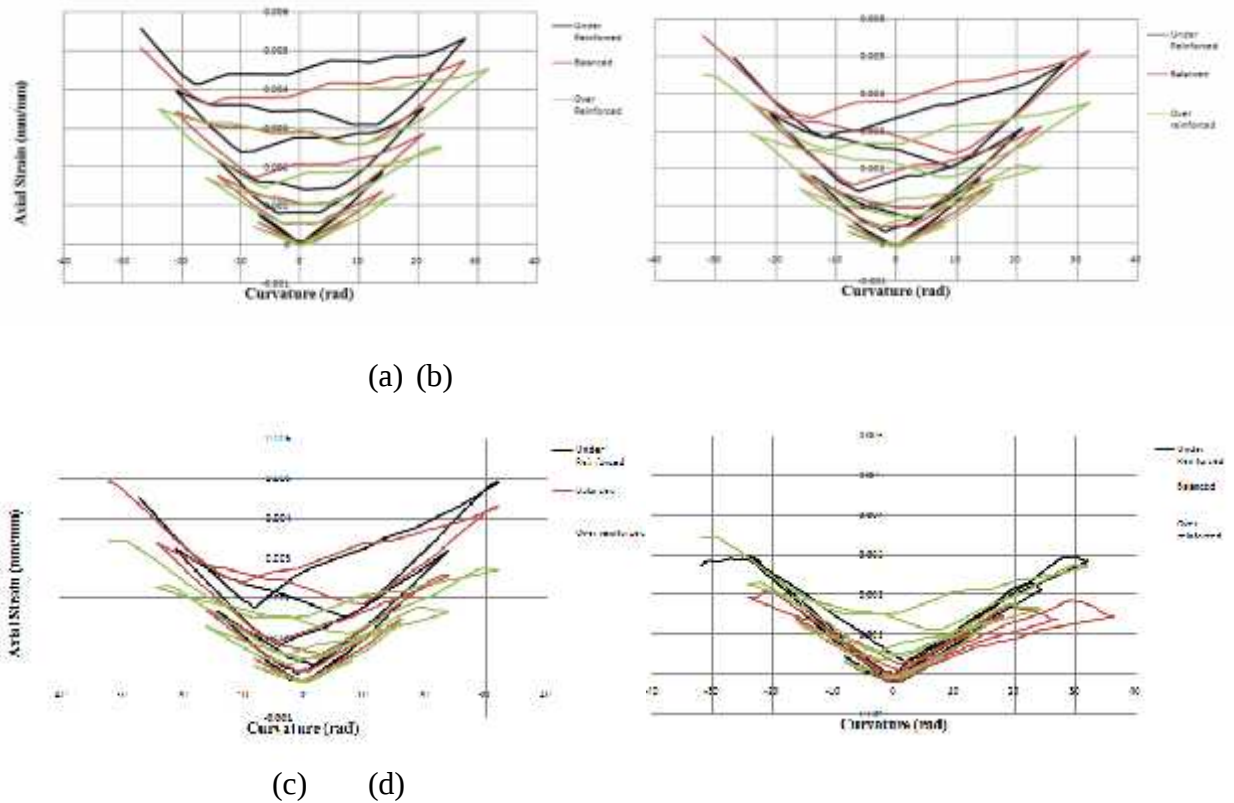
Gambar 5. Kondisi pembebanan dan detail penampang spesimen

Untuk lebih jelasnya material properties dan rasio tulangan berikut besar beban aksial yang diberikan diperlihatkan pada Tabel 1.

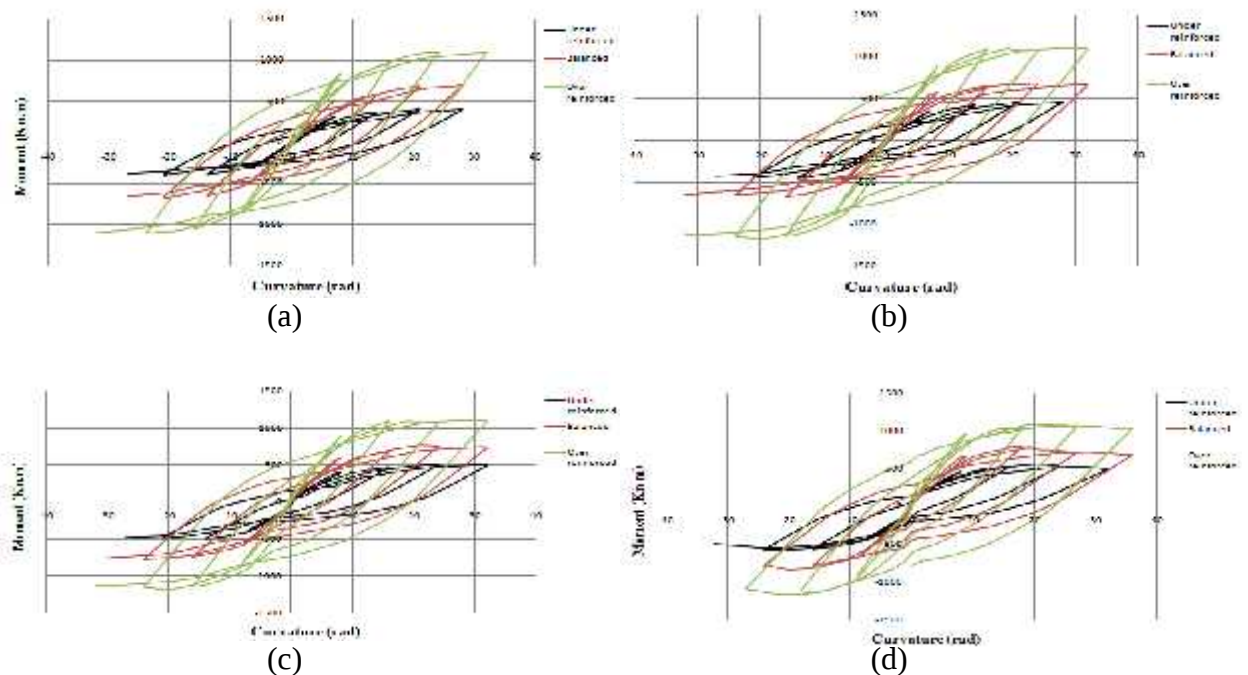
Tabel 1. Data spesimen pengujian pengaruh beban aksial

Penampang Kolom	f_c (Mpa)	f_y (Mpa)	ρ	$P=$ (% P_n)
K00-U	30	410	0.0181	0
K00-B			0.0314	0
K00-O			0.0514	0
K20-U			0.0181	20
K20-B			0.0314	20
K20-O			0.0514	20
K30-U			0.0181	30
K30-B			0.0314	30
K30-O			0.0514	30
K40-U			0.0181	40
K40-B			0.0314	40
K40-O			0.0514	40

Catatan: $\rho_b=0.0314$



Gambar 5. Respons deformasi aksial-kurvatur dengan variasi rasio penulangan untuk tiap tingkatan beban aksial; (a) 0, (b) 20%, (c) 30%, (d) 40%



Gambar 6. Respons momen-kurvatur dengan variasi rasio penulangan untuk tiap tingkatan beban aksial

(a) 0, (b) 20%, (c) 30%, (d) 40%

Dari respons momen kurvatur, perilaku disipasi energi dan daktilitas dari penampang kolom secara visual dapat dilihat pada kurva histeresis. Penampang bertulangan lebih memiliki kemampuan disipasi energi yang lebih besar dibanding penampang bertulangan seimbang dan *under reinforced* akan tetapi penampang bertulangan *under reinforced* memiliki daktilitas yang lebih baik dibanding penampang dengan penulangan seimbang atau lebih. Seiring peningkatan beban aksial terjadi penurunan rasio daktilitas lentur ($\mu = \frac{\Delta_{ult}}{\Delta_{yield}}$) penampang. Pada penampang dalam kondisi tanpa beban aksial, penampang *under reinforced* memiliki rasio daktilitas ($\mu = \frac{\Delta_{ult}}{\Delta_{yield}} = 6$), penampang bertulangan seimbang ($\mu = \frac{\Delta_{ult}}{\Delta_{yield}} = 4,3$) sedangkan penampang *over reinforced* ($\mu = \frac{\Delta_{ult}}{\Delta_{yield}} = 2,86$).

5. KESIMPULAN

Penelitian yang dilaporkan pada paper ini berupa hasil analisis dan pengamatan mengenai perilaku penampang kolom yang dibebani secara aksial dan lateral siklik dengan tiga variasi tipe penulangan. Berdasarkan hasil penelitian dapat ditarik beberapa kesimpulan, yakni:

1. Regangan aksial penampang kolom dipengaruhi oleh rasio penulangan dan rasio beban aksial yang bekerja. Besar regangan aksial berkurang akibat meningkatnya beban aksial.
2. Perubahan drastis pada respons aksial dan kurvatur penampang terjadi ketika beban aksial yang bekerja telah melewati 30% kapasitas aksial penampang.
3. Beban aksial yang bekerja menurunkan daktilitas lentur penampang.

4. Penampang bertulangan over reinforced memiliki kemampuan disipasi energi paling besar jika dibandingkan dengan penampang bertulangan seimbang dan *under reinforced*.
5. Penampang kolom dengan penulangan *under reinforced* memiliki daktilitas paling baik dalam menerima kombinasi beban aksial dan lateral siklik memiliki rasio (μ_{ult}/μ_{yield}) paling besar, pada penampang *under reinforced* memiliki rasio daktilitas ($\mu = \mu_{ult}/\mu_{yield} = 6$), penampang bertulangan seimbang ($\mu = \mu_{ult}/\mu_{yield} = 4,3$) sedangkan penampang *over reinforced* ($\mu = \mu_{ult}/\mu_{yield} = 2,86$).

DAFTAR PUSTAKA

- Esmaily, A., Yan Xiao, 2002, "Seismic Behavior Of Bridge Columns Subjected To Various Loading Patterns", *PEER Report*, Pacific Earthquake Engineering Research Center, University Of California, Barkeley.
- Esmaily, Yan Xiao, 2005, "Behavior of Concrete Columns Under Variable Axial Loads", *ACI Structural Journal*, V. 102, No. 5
- Thamrin. R., 2006, "Flexural and Bond Behavior of Reinforced Concrete Beams with FRP Bars", *Doctoral Thesis*, Toyohashi University of Technology, Toyohashi, Japan.
- Thamrin. R., 2015, *Reinforced Concrete Cross Section Analysis (RCCSA)*, User Manual, Universitas Andalas, Padang.

STUDI TENTANG TINGKAT KEPUASAN TERHADAP KINERJA INFRASTRUKTUR HENTIAN BUS TRANS PADANG

Bayu Martanto Adji

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Padang, bayu@ft.unand.ac.id

Yosritzal

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Padang, yosritzal@gmail.com

Sigit Rakanata

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Padang, rakanata@gmail.com

Rohito Napitu

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Padang, napiturohito@gmail.com

Fauzia Rahmi

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Padang, fauziarahmi@gmail.com

Abstrak

Dalam sistem transportasi angkutan umum dikenal infrastruktur hentian angkutan umum seperti terminal dan halte, fasilitas ini disediakan dengan fungsi sebagai fasilitas penunjang terjaminan proses pelayanan angkutan umum dengan baik sepanjang rute perjalanan. Permasalahan dalam sistem transportasi angkutan umum, infrastruktur hentian angkutan umum (terminal dan halte) tidak berfungsi dengan maksimal. Dalam masalah ini peneliti mengambil sampel pada penumpang yang menggunakan Bus Trans Padang. Bus Trans Padang merupakan salah satu upaya untuk mengatasi permasalahan transportasi di Kota Padang. Ada pun tujuan penelitian ini dilakukan untuk Menilai tingkat pelayanan (kepuasan) dari infrastruktur hentian angkutan umum dan tingkat kepentingan pengguna terhadap infrastruktur. Peneliti mengambil sampel sebanyak tiga ratus responden yang berada pada hentian Bus Trans Padang. Responden menilai atribut yang dianggap penting berada pada: Kebersihan di dalam dan sekitar hentian, Keberadaan tempat duduk di dalam hentian, Keamanan dari kejahatan selama berada di dalam hentian, Resiko kecelakaan saat sedang menunggu angkutan umum datang, Cuaca, Fasilitas untuk orang keterbatasan fisik (cacat fisik). Responden menganggap atribut yang dianggap penting tetapi belum puas berada pada keberadaan platform jadwal perjalanan. Dengan mengetahui nilai I-S, lembaga terkait dapat mengetahui atribut mana yang harus di prioritaskan untuk di lakukan perbaikan.

Kata Kunci : Transportasi, infrastruktur, kepentingan, kepuasan, I-S.

1. Pendahuluan

Dalam sistem transportasi angkutan umum dikenal istilah infrastruktur hentian angkutan umum seperti terminal dan halte, fasilitas ini disediakan dengan tujuan untuk menjamin penggunaannya. Terminal angkutan umum adalah prasarana angkutan yang merupakan bagian dari sistem transportasi dalam usaha melancarkan arus penumpang dan barang, serta juga merupakan unsur tata ruang yang mempunyai peranan penting bagi efisiensi kehidupan kota. Terminal angkutan umum merupakan titik simpul dalam jaringan

transportasi angkutan umum yang berfungsi sebagai pelayanan umum, tempat pengendalian, pengawasan, pengaturan dan pengoperasian lalu lintas angkutan umum.

Infrastruktur hentian angkutan umum yang lain, yaitu halte dan "bus stand" merupakan fasilitas penunjang terjaminan proses pelayanan angkutan umum sepanjang rute perjalanan. Fungsinya sama dengan terminal angkutan umum yaitu simpul tempat menurunkan dan menaikkan penumpang yang menggunakan angkutan umum tersebut. Penggunaan halte sebagai bagian dari sistem angkutan umum, selain memberikan kemudahan bagi pengguna, juga ditujukan untuk menjamin efisiensi waktu perjalanan, sebagai bentuk manajemen untuk keselamatan lalu lintas dan manajemen lalu lintas pejalan kaki.

Ada beberapa penyebab hal ini terjadi, pengguna angkutan umum dan operator menganggap fasilitas dan tingkat pelayanan di terminal dan halte tersebut kurang memadai bisa menjadi penyebab. Dalam penelitiannya pada tahun 2004, Krygsman et al menyatakan bahwa aksesibilitas yang jelek dapat menjadi alasan kenapa "commuters" tidak mau menggunakan angkutan umum. Wardman and Tyler pada tahun 2000; Givoni and Rietveld pada tahun 2007 membuktikan bahwa terdapat elastisitas "demand" yang tertinggi terkait jarak menuju "transit station", mereka juga menyatakan bahwa dengan meningkatkan aksesibilitas maka pengguna transit akan meningkat juga.

Dalam penelitian ini dilakukan studi tentang tingkat kepuasan pengguna angkutan umum terkait terhadap kinerja infrastruktur hentian bus trans Padang. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui karakteristik sosio demography masyarakat pengguna Trans Padang.
2. Mengidentifikasi parameter dalam infrastruktur hentian BRT yang dapat mempengaruhi aksesibilitas menuju hentian angkutan umum
3. Menilai tingkat kepentingan dan kepuasan terhadap kinerja infrastruktur hentian angkutan umum.
4. Dalam penelitian ini analisis data menggunakan SPSS 20. Pendekatan yang dipakai adalah Satisfaction Coefficient Index dan Quadrant analysis. Di bawah ini adalah Contoh hasil analisis dengan menggunakan Quadrant Analysis.

2. Hasil Dan Analisa Data

2.1 Pengumpulan Data

Prosedur kerja pada penelitian ini diawali dengan survey lapangan. Pengambilan data survey dilakukan dengan metoda kuesioner dengan pengambilan sample secara acak yang berada di halte BRT Bus Trans Padang. Pengambilan data dilakukan terhadap 300 responden penumpang Bus Trans Padang pada Koridor 1 yaitu dari Pasar Raya – Lubuk Buaya.

2.2 Karakteristik Halte BRT Trans Padang

BRT Trans Padang melayani rute perjalanan dari Halte Bagindo Azis Chan (Pasar Raya) Padang dan berakhir di Halte Lubuk Buaya dengan panjang rute 20,6 Km.

BRT Trans Padang ini berisikan 20 penumpang duduk dan 20 penumpang berdiri. Untuk menunjang kemudahan penumpang pemerintah menyediakan sekitar 60 buah halte di

sepanjang jalan dari Lubuk Buaya ke Pasar Raya. Halte BRT Trans Padang di lengkapi dengan Marka Jalan, Rambu lalu lintas, tempat duduk untuk para penumpang.

2.3 Identitas Responden

Dalam penelitian ini kuisioner di sebar sebanyak tiga ratus kepada masyarakat pengguna angkutan umum atau yang berada pada hentian bus rapid transit (halte dan terminal akhir) bus trans Padang.

Distribusi responden berdasarkan jenis kelamin dan pekerjaan dapat di lihat pada tabel 4.1.

Tabel 1. Distribusi Jenis Kelamin Responden dan pekerjaan (dalam persen).

JenisKelamin	Pekerjaan					Total
	pegawai	pelajar	wiraswasta	ibu rumah tangga	tidak bekerja	
Laki-laki	7	23	8	0	3	40
Perempuan	9	42	5	3	1	60
Total	16	64	13	3	4	100

Dari **Tabel 1**, dapat di lihat bahwa persentase terbesar pengguna angkutan umum atau yang berada pada hentian bustrans Padang adalah perempuan dngan persentase sebesar 60 % dan laki-laki 40%. Pengguna angkutan umum didominasi oleh kalangan pelajar dengan tingkat persentase sebesar 64%, 40% di antaranya diisi oleh pelajar perempuan.

Alasan masyarakat menggunakan Bus Trans Padang sebagai sarana melakukan perjalanan dapat di lihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Jenis Pekerjaan Dan Alasan Menggunakan Bus Trans Padang (Dalam Persen)

Pekerjaan	Alasan menggunakan angkutan umum						Total
	lebih murah	rute angkutan melewati tempat tujuan	tidak punya izin mengemudi	keterbatasan fisik	jarak halte dekat	alasan kepemilikan kendaraan	
Pegawai	3	9	1	1	1	2	17
Pelajar	16	29	18	0	1	0	64
Wiraswasta	4	7	2	0	0	0	13
Ibu rumah tangga	1	3	0	0	0	0	3
Tidak bekerja	1	1	0	0	0	0	3
Total	26	49	20	1	2	2	100

Dari **Tabel 2** terlihat bahwa responden yang memiliki alasan menggunakan angkutan umum sebagai sarana transportasi karena rute angkutan melewati tempat tujuan di dominasi oleh pelajar dengan persentase sekitar 30%. Di ikuti oleh responden yang memiliki pekerjaan sebagai pegawai lalu wiraswasta.

Distribusi jenis pekerjaan dan frekuensi penggunaan transportasi Trans Padang dapat di lihat pada **Tabel 3**. Responden yang menggunakan Bus Trans Padang dengan frekuensi

setiap hari lebih dari 40%, selebihnya memilih untuk menggunakan transportasi Trans Padang pada hari kerja, dan jarang untuk menggunakan moda tersebut.

Tabel 3 Pekerjaan Responden Dan Frekuensi Penggunaan Bus Trans Padang (Dalam Persen).

Pekerjaan	Frekuensi			Total
	tiap hari	hanya hari kerja	jarang	
Pegawai	4	5	7	16
Pelajar	31	12	22	65
Wiraswasta	4	4	5	13
Ibu rumah tangga	2	0	1	3
Tidak bekerja	1	0	2	3
Total	42	21	37	100

2.4 Pembahasan Masing-Masing Faktor Yang Terangkum Dalam Kuisioner.

Hasil kuisioner yang telah di sebarakan kepada tiga ratus orang responden diolah sehingga akan menghasilkan informasi dimana faktor-faktor itu di anggap penting atau tidak penting oleh responden, dan faktor apa saja yang telah di anggap puas terhadap kinerja infrastruktur hentian Bus Rapid Transit halte BusTrans Padang. Adapun faktor-faktor dan penilaian responden terhadap atribut tersebut dapat di lihat pada **Tabel 4**.

Tingkat "Kepentingan" dan "Kepuasan" pada **Tabel 4** di tunjukan dengan rate dan rank dari setiap atribut yang menilai tentang infrastruktur hentian Bus Trans Padang. Untuk mendapatkan atribut rating kepentingan, kita menghitung proporsi responden melalui peringkat "sangat penting dan penting " dari jumlah total jawaban dalam survei. Untuk mendapatkan rating kepuasan, perlu di hitung proporsi dari responden survei yang menunjukkan kepuasan dengan atribut ("sangat setuju " dan " setuju "). Peringkat ini dinyatakan dalam persentase, berdasarkan peringkat dari 12 atribut yang di nilai untuk menentukan peringkat kepentingan dan kepuasan.

Tabel 4 Faktor yang di nilai responden dari tingkat kepentingan, kepuasa, Rank kepentingan, rank kepuasan dan nilai I-S

No	Parameter	Kepentingan		Kepuasan		I-S	
		Rate	Rank	Rate	Rank	Rate	Rank
1	Kemudahan infrastruktur untuk dicapai	50%	8	17.70%	9	-64	10
2	Kebersihan di dalam dan sekitar hentian	61.40%	1	20.00%	3	-2	2
3	Keberadaan tempat duduk di dalam hentian	59.30%	3	19.40%	6	-15	5
4	Keberadaan toilet di dekat hentian	43.40%	9	9.30%	7	-54	8
5	Keberadaan kedai minuman/ makanan di dekat hentian	41.00%	11	15.00%	12	-121	12
6	Keamanan dari kejahatan selama berada di dalam hentian	60.30%	2	20.00%	4	-6	4
7	Resiko kecelakaan saat sedang menunggu anekutan umum datang	58.00%	5	20.30%	2	-5	3
8	cuaca	59.00%	4	19.30%	8	-28	6
9	Keberadaan tangga dan taniakan	41.70%	10	15.30%	11	-100	11
10	Fasilitas untuk orang keterbatasan fisik (cacat fisik).	57.70%	6	22.70%	1	0	1
11	Keberadaan platform iadwal perialanan	55.30%	7	15.60%	10	-63	9
12	Penilaian umum terhadap aksesibilitas menuju hentian angkutan umum	40.70%	12	20.00%	5	-48	7
Rata-rata		52.3%		17.9%			

2.5 Analisis Importance-Satisfaction

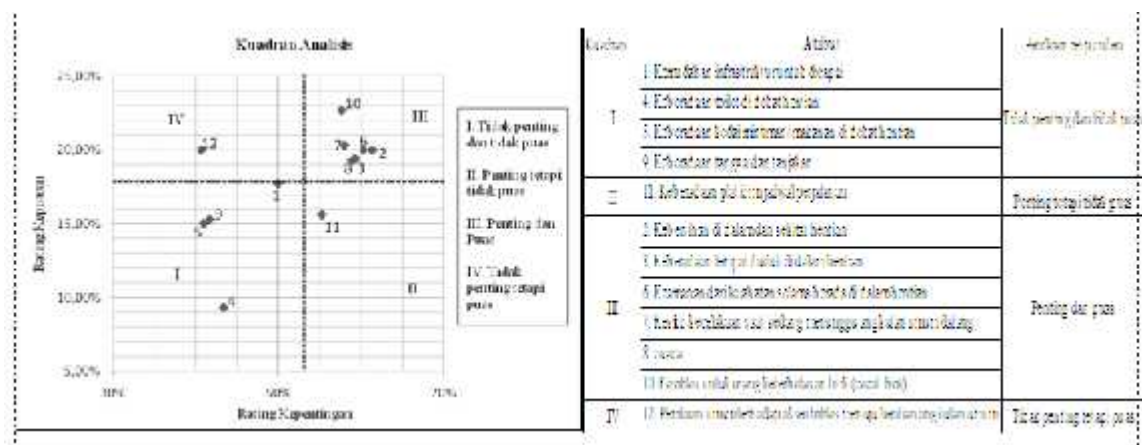
Peringkat IS dihitung untuk setiap atribut dengan mengalikan tingkat kepentingan peringkat oleh 1 dikurang rating kepuasan.

$$IS = [\text{kepentingan} \times (1 - \text{kepuasan})]$$

$$= [\text{kepentingan} \times \text{Ketidakpuasan}]$$

Importance Satisfaction analisis (I-S) digunakan untuk membantu perencanaan transportasi dan mengevaluasi prioritas yang harus menempatkan pada berbagai pilihan (Tennessee Departemen Transportation Kantor Perencanaan Strategis 2006). Dengan menggunakan indeks perbaikan kebutuhan (IS peringkat), lembaga terkait dapat mengarahkan investasi ke arah perbaikan yang akan paling menguntungkan atau di rasa penting oleh pelanggan tetapi belum memuaskan untuk keadaan yang telah ada.

Nilai IS akan di sajikan dalam kuadran analisis (**Gambar 1**) Dari Kuadra yang di tampilkan akan terlihat atribut mana yang di anggap responden I. tidak penting dan tidak Puas, II. Penting tetapi tidak puas, III. Penting dan sudah puas, IV. Tidak penting dan tidak puas. Pembagian kuadran menjadi empat bagian di ambil dari nilai rata-rata rate kepentingan dan rate kepuasan. Nilai rate rata-rata untuk kepentingan berada pada angka 52,3% sedangkan untung rate rata-rata kepuasan berada pada angka 17,9%. Kuadran ini berfungsi untuk melihat atribut mana yang di nilai responden sudah baik dan harus di pertahankan dan atribut mana yang di anggap tidak penting dan tidak puas sehingga atribut ini dapat diganti dengan atribut lain yang dibutuhkan untuk sarana infrastruktur yang lebih baik, dan atribut mana yang di anggap responden penting tetapi belum puas.



Gambar 1. Kuadran Analisis Kepentingan Dan Kepuasan.

Gambar 1 menunjukkan bahwa atribut yang berada pada kuadran I merupakan atribut yang di nilai responden tidak penting dan tidak puas. Lembaga terkait dapat mengambil tindakan untuk melakukan perubahan atau mengganti atribut infrastruktur karna penilaian responden terhadap atribut ini masih merasa tidak penting dengan adanya atribut ini di sekitar atau tempat pemberhentian bus. Kuadran II merupakan atribut yang di nilai responden penting tetapi tidak puas, sehingga lembaga terkait dapat memprioritaskan untuk melakukan perbaikan pada atribut ini. Karena responden menganggap atribut ini penting keberadaannya di hentian bus tetapi tingkat kepuasannya masih rendah. Kuadran III

merupakan atribut yang di nilai penting bagi responden dan responden telah puas dengan infrastruktur yang ada, sehingga lembaga terkait harus mempertahankan dan menjaga agar atribut ini dapat di pertahankan. Kuadran IV berisikan atribut yang di anggap responden tidak penting tetapi telah puas, atribut ini dapat di pertahankan atau diganti dengan yang lebih di butuhkan tetapi tidak terlalu menjadi prioritas utama karena responden menganggap tidak terlalu pentingnya atribut ini.

Dengan di lakukannya penilaian I-S beserta kuadran hasil penilaian responden terhadap infrastruktur yang ada pada hentian bus Trans Padang, lembaga terkait dapat melihat infrastuktur mana yang mesti di pertahankan dan infrastruktur mana yang harus di beri penanganan terlebih dahulu, idealnya lembaga terkait dapat memulai melakukan evaluasi pada infrastruktur yang mendapat rank kepuasan terendah dan masuk kedalam kategori penting tetapi tidak puas.

3. KESIMPULAN

1. Dari hasil analisis, alasan penggunaan Bus Trans Padang oleh pelajar karena rute angkutan melewati tempat tujuan hampir mencapai 30%.
2. Parameter yang penting di nilai responden terletak pada:
 - Keberadaan platform jadwal perjalanan
 - Kebersihan di dalam dan sekitar hentian.
 - Keberadaan tempat duduk di dalam hentian.
 - Keamanan dari kejahatan selama berada di dalam hentian.
 - Resiko kecelakaan saat sedang menunggu angkutan umum datang.
 - Cuaca.
 - Fasilitas untuk orang keterbatasan fisik (cacat fisik).
3. Dari analisis I-S dapat di ketahui infrastruktur mana saja yang butuh perbaikan karena tingkat kepentingan yang tinggi tetapi kepuasan masih rendah.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Givoni, M., and P. Rietveld. 2007. The Access Journey To The Railway Station And Its Role In Passengers' Satisfaction With Rail Travel. *Transport Policy* 14: 357–365.
- Krygsman, S. M, Dijst and T. Arentze. 2004. Multimodal Public Transport: An Analysis Of Travel Time Elements And The Interconnectivity Ratio. *Transport Policy* 11: 265–275.
- Rietveld, P. 2000. The Accessibility Of Railway Stations: The Role Of The Bicycle In The Netherlands. *Transportation Research Part D* 5: 71–75.

PERMODELAN AKSESIBILITAS MENUJU HENTIAN ANGKUTAN UMUM MENGGUNAKAN *STRUCTURAL EQUATION MODEL* (SEM)

Bayu Martanto Adji

Fakultas TeknikJurusan Teknik SipilUniversitas Andalas, Padang, bayu@ft.unand.ac.id

Yosritzal

Fakultas TeknikJurusan Teknik SipilUniversitas Andalas, Padang, yosritzal@gmail.com

Rohito Napitu

Fakultas TeknikJurusan Teknik SipilUniversitas Andalas, Padang, napiturohito@gmail.com

Sigit Rakanata

Fakultas TeknikJurusan Teknik SipilUniversitas Andalas, Padang, rakanata@gmail.com

Fauzia Rahmi

Fakultas TeknikJurusan Teknik SipilUniversitas Andalas, Padang, fauziarahmi@gmail.com

Abstrak

Angkutan umum merupakan bagian dari system transportasi yang memegang peranan sangat penting dalam mendukung mobilitas masyarakat. Kepuasan dan kepentingan dalam penilaian terhadap kemudahan aksesibilitas pengguna angkutan umum terdiri dari beberapa parameter penting yang dapat dimodelkan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui demografi pengguna angkutan umum, mencari parameter yang mempengaruhi aksesibilitas, dan menilai tingkat pelayanan aksesibilitas menuju hentian angkutan umum dengan menggunakan *Structural Equation Model*. Pada indikator aksesibilitas perjalanan ke henian angkutan umum tidak berpengaruh langsung pada aksesibilitas.

Kata Kunci: Demografi, aksesibilitas, dan *Structural Equation Model*.

1. Pendahuluan

Angkutan Umum Penumpang adalah angkutan penumpang yang menggunakan kendaraan umum yang dilakukan dengan sistem sewa atau bayar. Termasuk dalam pengertian angkutan umum penumpang adalah bus, mini bus, mikrolet, kereta api, angkutan air dan angkutan darat. Tujuan umum keberadaan angkutan umum penumpang adalah menyelenggarakan pelayanan angkutan yang baik dan layak bagi masyarakat (Warpani : 1990).

Undang-Undang Nomor 14 Tahun 1992 tentang Angkutan Jalan yang dituangkan pada Bab I Ketentuan Umum mendefinisikan Kendaraan Umum adalah setiap kendaraan bermotor yang disediakan untuk dipergunakan oleh umum dengan dipungut biaya.

Angkutan umum perkotaan merupakan bagian dari sistem transportasi perkotaan yang memegang peranan sangat penting dalam mendukung mobilitas masyarakat. Peranan

tersebut menjadikan angkutan umum perkotaan sebagai aspek yang sangat strategis dan diharapkan mampu mengakomodir seluruh kegiatan masyarakat. Namun, hal tersebut belum dapat diwujudkan terkait dengan berbagai kendala. Rendahnya tingkat penggunaan kendaraan umum dibandingkan penggunaan kendaraan pribadi di kawasan perkotaan, menunjukkan bahwa ketergantungan masyarakat terhadap kendaraan pribadi masih tinggi dan di sisi lain pelayanan angkutan umum perkotaan terlihat masih rendah.

Hal tersebut dapat diasumsikan bahwa angkutan umum hanya cenderung diminati oleh kelompok masyarakat berpenghasilan menengah ke bawah, sedangkan kelompok masyarakat berpenghasilan tinggi lebih memilih untuk menggunakan kendaraan pribadi untuk mendapatkan jasa pelayanan angkutan seperti yang diharapkan.

Untuk memberikan pelayanan transportasi yang baik, angkutan umum harus mampu memberikan kinerja yang maksimal sehingga diharapkan permasalahan mobilitas dan aksesibilitas kendaraan penumpang umum seperti: sistem operasi, *headway*, perlambatan, kemacetan, kurang tepatnya pengaturan lokasi pemberhentian, terbatasnya rute pelayanan yang mengakibatkan terlalu jauhnya jarak berjalan kaki serta panjang rute pelayanan terlalu jauh mengakibatkan lamanya dalam perjalanan untuk sampai tujuan, diusahakan agar dapat segera diminimalisir.

Aksesibilitas menjadi salah satu faktor yang dapat menentukan seseorang apakah mau menggunakan angkutan umum. Jarak, biaya dan waktu tempuh merupakan bagian penting dalam aksesibilitas menuju fasilitas angkutan umum. Hal lain yang berkaitan dengan aksesibilitas menuju hentian angkutan umum adalah keamanan, kenyamanan dan kondisi infrastruktur jalan sepanjang rute menuju hentian angkutan umum. Dalam penelitian ini dilakukan studi mengenai hal-hal yang disebutkan di atas. Model matematis didesain dalam studi ini. *Structural Equation Model* (SEM) digunakan dalam mendesain model tersebut.

2. Aksesibilitas Menuju Fasilitas Angkutan Umum

Aksesibilitas merupakan konsep yang menggabungkan sistem pengaturan tata guna lahan secara geografis dengan sistem jaringan transportasi yang menghubungkannya. Aksesibilitas adalah suatu ukuran kenyamanan atau kemudahan mengenai cara lokasi tata guna lahan yang berintegrasi satu sama lain dan mudah atau sulitnya lokasi itu dicapai melalui sistem jaringan transportasi (Tamin, 2000). Pernyataan mudah atau susah merupakan hal yang sangat subjektif dan kualitatif. Mudah bagi seseorang belum tentu mudah bagi orang lain, begitu juga dengan pernyataan susah. Oleh karena itu, diperlukan kinerja kuantitatif (terukur) yang dapat menyatakan aksesibilitas atau kemudahan. Ada yang menyatakan aksesibilitas dapat dinyatakan dengan jarak, akan tetapi penggunaan jarak sebagai ukuran aksesibilitas mulai diragukan orang dan mulai dirasakan bahwa penggunaan waktu tempuh merupakan kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan jarak dalam menyatakan aksesibilitas.

Persyaratan yang paling penting dalam menyediakan prasarana aksesibilitas pada jalan umum adalah memenuhi persyaratan dan ketentuan teknik dari geometrik jalan, yaitu :

1. Aman, yakni dengan memperhatikan permukaannya yang harus stabil, kuat dan tahan cuaca, dan bertekstur halus tapi tidak licin
2. Nyaman, yakni dengan memperhatikan keleluasaan bergerak bagi para pemakai prasarana aksesibilitas

3. Legal, yakni dengan pemasangan rambu lalu lintas dan marka jalan, sehingga pengguna jalan member perhatian dan mentaatinya secara hokum

3. Structural Equation Model (SEM)

Teknik analisis data menggunakan SEM dilakukan untuk menjelaskan secara menyeluruh hubungan antar variabel yang ada dalam penelitian. SEM digunakan bukan untuk merancang suatu teori, tetapi lebih ditujukan untuk memeriksa dan membenarkan suatu model. Oleh karena itu, syarat utama menggunakan SEM adalah membangun suatu model hipotesis yang terdiri dari model struktural dan model pengukuran dalam bentuk diagram jalur yang berdasarkan justifikasi teori. SEM adalah merupakan sekumpulan teknik-teknik statistik yang memungkinkan pengujian sebuah rangkaian hubungan secara simultan. Hubungan itu dibangun antara satu atau beberapa variabel independen.

Persamaan dalam SEM menggambarkan semua hubungan antar konstruk (variabel dependen dan independen) yang terlibat dalam suatu analisis. Konstruk adalah faktor yang tidak dapat langsung diukur atau faktor laten yang direpresentasikan dengan beberapa variabel. SEM merupakan gabungan dari 2 teknik multivariat yaitu analisis faktor dan model persamaan simultan.

4. Deskripsi Data

4.1 Sosiodemografi

Dilihat dari distribusi jenis kelamin responden, diketahui bahwa sebagian besar merupakan wanita yaitu 179 responden atau sekitar 60% dan responden pria yaitu 121 responden atau sekitar 40%. Untuk lebih jelasnya mengenai distribusi jenis kelamin responden dapat dilihat pada **Table 1**.

Tabel 1.Sosiodemografi data

Karakteristik	Frequency	Persentase (%)
Jenis Kelamin	121	40.3
laki-laki	179	59.7
perempuan	300	100.0
Umur	Total	
0 - 15 tahun	25	8
15 - 25 tahun	186	62
25 - 50 tahun	84	28
> 50 tahun	5	2
Pekerjaan		
Pegawai	48	16.0
Pelajar	193	64.3
Wiraswasta	40	13.3
Ibu rumah tangga	10	3.3
Tidak bekerja	9	3.0

Berdasarkan kategori usia jika dikelompokkan dengan rentang 0 – 15 tahun yaitu sebanyak 25 responden atau sekitar 8%, usia 15 – 25 tahun yaitu sebanyak 186 responden atau sekitar 62%, usia 25 – 50 tahun sebanyak 84 responden atau sekitar 28%, dan usia > 50 tahun yaitu sebanyak 5 responden atau sekitar 2%.

Dilihat dari jenis pekerjaan responden yang memiliki pekerjaan sebagai pegawai yaitu sebesar 48 responden atau sekitar 16%, kemudian pelajar sebesar 193 responden atau sekitar 64%, Wiraswasta sebesar 40 responden atau sekitar 13%, ibu rumah tangga yaitu sebesar 10 responden atau sekitar 3%, dan tidak bekerja sebanyak 9 responden atau sekitar 3%.

4.2 Karakteristik Pengguna Angkutan Umum

Dilihat dari alasan penggunaan bus Trans Padang responden yang beralasan biaya lebih murah yaitu sebesar 77 responden atau sekitar 26%, kemudian beralasan melewati rute yang dituju sebesar 147 responden atau sekitar 49%, tidak memiliki surat ijin mengemudi yaitu sebesar 60 responden atau sekitar 20%, cacat fisik yaitu sebesar 3 responden atau sekitar 1%, dekat dengan halte sebesar 7 responden atau sekitar 2%. dan alasan kepemilikan kendaraan sebanyak 7 responden atau 2%. Distribusi alasan penggunaan bus Trans Padang responden dapat dilihat pada **Tabel 2**

Tabel 2. Distribusi Alasan Penggunaan Angkutan Umum Responden

Alasan	Frequency	Percent (%)
Lebih murah	77	25.7
Rute angkutan melewati tempat tujuan	147	49.0
Tidak punya izin mengemudi	60	20.0
Keterbatasan fisik	3	1.0
Jarak halte dekat	6	2.0
Alasan kepemilikan kendaraan	7	2.3
Total	300	100.0

Dilihat dari distribusi frekwensi bus Trans Padang umum terhadap jarak yang ditempuh menuju hentian bus Trans Padang, jumlah penggunaan bus Trans Padang terbesar berada pada jarak perjalanan 0-200 m menuju tempat hentian bus Trans Padang yaitu sebesar 116 responden, sedangkan jumlah terkecil pengguna bus Trans Padang berada pada jarak perjalanan 500m-1km menuju tempat hentian bus Trans Padang yaitu sebesar 20% responden. Distribusi frekwensi penggunaan bus Trans Padang terhadap jarak yang ditempuh menuju hentian bus Trans Padang dapat dilihat pada tabel **Tabel 3**.

Tabel 3. Jarak yang ditempuh Menuju Hentian bus Trans Padang

Frekwensi	Jarak				Total
	0-200 m	200-500m	500m-1km	>1km	
Tiap hari	20	7	4	10	41
Hanya hari kerja	9	8	3	1	21
Jarang	9	16	2	10	38
Total	39	30	9	22	100

Dilihat dari jarak yang ditempuh menuju hentian bus Trans Padang terhadap moda yang digunakan, jumlah terbesar responden yang menggunakan bus Trans Padang berjalan kaki

menuju hentian bus Trans Padang dengan rentan jarak 0 – 200 m dari hentian bus Trans Padang, yaitu sebanyak 27% responden. Distribusi jarak terhadap moda yang digunakan dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Distribusi Moda yang digunakan Terhadap Jarak yang ditempuh.

Jarak	Moda yang digunakan					Total
	jalan kaki	sepeda motor	ojek	mobil	angkot	
0-200 m	27	2	6	1	3	39
200-500m	14	3	5	4	5	30
500m-1km	4	0	1	1	3	9
>1km	10	1	3	3	5	22
Total	55	6	15	9	16	100

5. Hasil SEM Dengan Tool Amos

Estimate diurutkan mulai dari hasil yang terkecil sampai yang terbesar. Semakin kecil nilai estimate dari sebuah indikator, maka semakin besar nilai pengaruh signifikansi indikator tersebut terhadap hubungan yang ditinjau.

Tabel 5. Tingkat Kepentingan aksesibilitas pengguna bus Trans Padang

Indikator	Pengaruh	Estimate
Penilaian umum	Kepentingan	0.607
OKU	Kepentingan	0.587
Cuaca	Kepentingan	0.581
Material	Kepentingan	0.581
Keamanan	Kepentingan	0.558
Penyebrangan	Kepentingan	0.548
Tangga	Kepentingan	0.527
Kenyamanan perjalanan	Kepentingan	0.478
Kecelakaan	Kepentingan	0.445
Hambatan Samping	Kepentingan	0.359
Perjalanan kehentian	Kepentingan	0.330
Perjalanan Memutar	Kepentingan	0.316

Berdasarkan tingkat kepentingan, perjalanan memutar, perjalanan ke hentian, hambatan samping dan kecelakaan merupakan indikator yang sangat diperhitungkan dalam penilaian aksesibilitas hentian bus Trans Padang. Hal ini terlihat dari nilai estimate terkecil yang mendekati standar estimate 0,05. Selanjutnya tingkatan indikator yang mempengaruhi aksesibilitas bus Trans Padang dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Dalam penilaian tingkat kepuasan terhadap aksesibilitas bus Trans Padang perjalanan kehentian, nyaman perjalanan, cuaca dan tangga merupakan indikator yang telah

memenuhi tingkat kepuasan pengguna bus Trans Padang. . Hal ini terlihat dari nilai estimate terkecil yang mendekati standar estimate 0,05. Selanjutnya tingkatan indikator yang mempengaruhi aksesibilitas bus Trans Padang dapat dilihat pada **Tabel 6**

Tabel 6. Tingkat Kepuasan aksesibilitas pengguna bus Trans Padang

Indikator	Pengaruh	Estimate
Keamanan	Kepuasan	0.717
Penilaian umum	Kepuasan	0.674
OKU	Kepuasan	0.655
Material	Kepuasan	0.654
Penyebrangan	Kepuasan	0.598
Hambatan Samping	Kepuasan	0.545
Kecelakaan	Kepuasan	0.512
Perjalanan Memutar	Kepuasan	0.506
Tangga	Kepuasan	0.500
Cuaca	Kepuasan	0.461
Kenyamanan perjalanan	Kepuasan	0.432
Perjalanankehentian	Kepuasan	0.303

6. Kesimpulan

Dari analisis yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Ditinjau dari perbandingan frekwensi penggunaan bus Trans Padang terhadap jarak ke hentian setiap hari sebesar 20% dengan jarak antara 0–200m, perbandingan alasan penggunaan terhadap moda yang digunakan ke hentian rute melewati tempat tujuan sebesar 28% dengan berjalan kaki, perbandingan moda yang digunakan ke hentian dengan jarak yang ditempuh jalan kaki sebesar 27% dengan jarak antara 0-200m.
2. Dari 12 indikator aksesibilitas hentian bus Trans Padang yang dinilai dari tingkat kepentingan dan kepuasan, responden menilai tingkat kepentingan aksesibilitas dari 12 indikator dengan tingkat kepentingan paling tinggi terdapat pada rute perjalanan yang memutar dengan nilai 0,316 yang mendekati nilai standar estimate 0,05. Sedangkan untuk tingkat kepuasan, responden menilai tingkat kepuasan paling tinggi terdapat pada indikator jarak dari asal perjalanan ke hentian bus Trans Padang dengan nilai 0,303 yang mendekati nilai standar estimate 0,05. Secara garis besar tingkat kepentingan dan kepuasan sudah memenuhi indikator yang diperhitungkan.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

PP No. 14 Tahun 1992 tentang Angkutan Jalan.

Tamin, O.Z.1998. “Beberapa Alternatif Pemecahan Masalah Transportasi Di Kota-Kota Besar Indonesia”. Penerbit ITB. Bandung.

Warpani, Suwarjoko. 1990. Merencanakan Sistem Perangkutan. Bandung : Penerbit ITB.

ANALISA KEUNTUNGAN DAN TINGKAT KEPUASAN MASYARAKAT TERHADAP PELAKSANAAN REKONSTRUKSI RUMAH PASCA BENCANA YANG BERBASIS KOMUNITAS DI KABUPATEN PADANG PARIAMAN

Ade Tadzkia

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas, Padang, adetadzkia@yahoo.com

Taufika Ophiyandri

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas, Padang, ophiyandri@ft.unand.ac.id

Bambang Istijono

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas, Padang

Abstrak

Gempabumi yang mengguncang Sumatera Barat 30 September 2009, memilikidampakYng sangat parah pada sektor perumahan. Pemerintah memberikan bantuan rehabilitasi dan rekonstruksi terhadap 194.636 unit rumah. Dalam prosesnya, pemerintah menerapkan model pembangunan yang berbasis komunitas. Oleh karena itu dilakukan penelitian untuk mengetahui keuntungan yang dirasakan masyarakat dan sejauh mana tingkat kepuasan masyarakat terhadap program rekonstruksi berbasis komunitas. Metode penelitian yang digunakan adalah dengan cara survey kuesioner terhadap 100 orang responden di Kecamatan Sungai Saria, Kabupaten Padang Pariaman. Penilaian kuesioner menggunakan 5 skala Likert yaitu antara 1 (sangat tidak puas/bermanfaat) sampai 5 (sangat puas/bermanfaat sekali). Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa keuntungan yang paling dirasakan masyarakat adalah terciptanya rasa memiliki terhadap rumah hasil rekonstruksi. Tingkat kepuasan rata-rata masyarakat terhadap proses rekonstruksi adalah sebesar 2.75, tingkat kepuasan rata-rata masyarakat terhadap hasil rekonstruksi adalah sebesar 2.95, sedangkan tingkat kepuasan masyarakat secara umum terhadap program ini adalah sebesar 2.88 dimana nilai ini berada pada kondisi rata-rata.

Kata kunci: *rekonstruksi dan rehabilitasi, keuntungan, tingkat kepuasan*

1. Pendahuluan

1.1 LatarBelakang

Pada tanggal 30 September 2009 juga terjadi gempa bumi yang berkekuatan 7.9 SR di Provinsi Sumatera Barat dengan pusat gempa berjarak 57 km di sebelah barat daya Pariaman. Akibatnya terjadi kerusakan pada sarana dan prasarana yang ada serta mengakibatkan ribuan keluarga kehilangan tempat tinggal. Karena hal tersebut, maka diterapkan suatu metode rekonstruksi rumah yang berbasis komunitas. Metode ini mendatangkan banyak keuntungan. Keuntungan yang paling utama adalah dapat menciptakan rasa memiliki, meningkatkan rasa percaya diri korban bencana, hasil sesuai dengan budaya lokal, serta dapat meminimasi terjadinya korupsi (Ophiyandri, 2013). Tetapi empat keuntungan tersebut masih berdasarkan pendapat *stakeholder* selain masyarakat. Oleh karena itu dibutuhkan suatu penelitian untuk mengaji lebih lanjut tentang

apa bentuk keuntungan yang didapat masyarakat dari metode rekonstruksi yang berbasis komunitas ini khususnya di Kabupaten Padang Pariaman.

Selain keuntungan yang sangat banyak tadi, metode ini pun memiliki kelemahan. Beberapa kelemahan dari metode ini adalah karena dia membutuhkan waktu awal (pra-konstruksi) yang lebih lama dibandingkan metode lainnya, membutuhkan fasilitator yang banyak, dan pemahaman yang masih kurang tentang apa itu rekonstruksi berbasis komunitas, serta metode pelaksanaannya (Ophiyandriet *al.*, 2013). Akan tetapi, dalam aplikasinya, kekurangan ini dapat mempengaruhi tingkat kepuasan masyarakat. Walaupun Pranoto *et al.* (2011) mengatakan bahwa metoder ekonstruksi berbasis masyarakat ini sukses dilaksanakan di Sumatera Barat, akan sangat menarik untuk mengetahui secara lebih mendalam melalui penelitian empiris tentang tingkat kepuasan masyarakat penerima bantuan secara kuantitatif serta keuntungan yang dirasakan masyarakat terhadap rekonstruksi berbasis masyarakat.

1.2 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui keuntungan yang dirasakan masyarakat dalam rekonstruksi rumah pasca bencana yang berbasis komunitas dan mengetahui tingkat kepuasan masyarakat terhadap rekonstruksi rumah pasca bencana yang berbasis komunitas.

Hasil dari penelitian ini dapat dimanfaatkan untuk lebih mempromosikan aplikasi metode berbasis komunitas dalam proyek rekonstruksi rumah pasca bencana. Jika tingkat kepuasan masyarakat kecil serta kurangnya manfaat yang dirasakan oleh masyarakat, maka kedepannya ini dapat menjadi masukan bagi pemerintah dalam melakukan perbaikan terhadap metode rekonstruksi berbasis masyarakat.

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini akan dilakukan pada masyarakat di Kecamatan Sungai Sariaik, Kabupaten Padang Pariaman.

Kriteria responden yang akan di wawancarai adalah masyarakat yang mengalami kerusakan rumah dengan kriteria rusak berat dan rusak sedang.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Pengertian Rekonstruksi

Rekonstruksi adalah pembangunan kembali semua prasarana dan sarana, kelembagaan pada wilayah pasca bencana, baik pada tingkat pemerintahan maupun masyarakat dengan sasaran utama tumbuh dan berkembangnya kegiatan perekonomian, social dan budaya, tegaknya hukum dan ketertiban, dan bangkitnya peran serta masyarakat dalam segala aspek kehidupan bermasyarakat pada wilayah pasca bencana (*Pasal 1 Angka 12 UU Nomor 24 Tahun 2007 Tentang Penanggulangan Bencana*).

2.2 Pengertian Komunitas

Komunitas adalah sekelompok orang yang saling berinteraksi dan mempunyai kepentingan yang sama dalam suatu daerah. Dalam rekonstruksi pasca bencana yang dimaksud dengan

komunitas adalah sekelompok masyarakat yang rumahnya mengalami kerusakan dan membutuhkan bantuan serta berada di kawasan yang sama.

2.3 Metode Rekonstruksi Berbasis Komunitas

Menurut Ophiyandri (2013) metode konstruksi yang berbasis komunitas adalah metode rekonstruksi rumah dimana minimal keterlibatan masyarakat adalah dalam bentuk kolaborasi (*collaboration*) atau pemberdayaan (*empowerment*).

Ophiyandri (2013) mengidentifikasi ada 22 keuntungan dari metode rekonstruksi berbasis masyarakat. Keuntungan utama dari metode ini adalah:

- a. Dapat menciptakan rasa memiliki
- b. Meningkatkan rasa percaya diri korban bencana
- c. Hasil sesuai dengan budaya lokal
- d. Meminimasi terjadinya korupsi

Menurut Ophiyandri *et al.* (2013), terdapat beberapa kelemahan pada metode rekonstruksi berbasis masyarakat ini, diantaranya:

- a. Membutuhkan waktu awal (pra-konstruksi) yang lebih lama dibandingkan dengan metode lain.
- b. Membutuhkan fasilitator yang banyak.
- c. Kurangnya pemahaman tentang apa itu rekonstruksi berbasis masyarakat serta metode pelaksanaannya

3. Metodologi Penelitian

Metode penelitian tugas akhir ini dilakukan secara bertahap yaitu:

- Studi Literatur

Pada tahapan awal penelitian, melalui studi literatur penulis mencari referensi-referensi yang terkait dengan topik penelitian.

- Pengumpulan Data

Fokus penelitian ini adalah pada daerah pedesaan yang paling banyak terdampak bencana gempa pada tahun 2009. Untuk memudahkan proses penentuan lokasi yang akan disurvei, penulis mengumpulkan beberapa data yang didapat dari beberapa sumber. Data pertama didapat dari buku Lesson Learned Pembelajaran Rehab Rekon Pasca Gempa di Sumatera Barat 30 September 2009, Building Back Better (2011) karya Dr. Sugimin Pranoto, M.Eng., dkk. Data yang didapat adalah data jumlah rumah yang rusak akibat gempa tahun 2009 di Sumatera Barat. Dari data yang ada tersebut maka dipilihlah Kabupaten Padang Pariaman sebagai lokasi penelitian tugas akhir ini. Selanjutnya, penulis mendapat data penerima bantuan dari Badan Penanggulangan Bencana (BPBD) Provinsi Sumatera Barat.

- Penyusunan Kuisisioner

Setelah membaca dan memahami beberapa buku dan jurnal terkait dengan metode pengukuran tingkat kepuasan masyarakat, dihasilkan draft kuisisioner yang berisi dua

pertanyaan utama yaitu seberapa besar keuntungan yang dirasakan dan seberapa besar tingkat kepuasan masyarakat melalui variabel-variabel tertentu.

- Uji Kuisioner

Sebelum disebarkan kepada responden, draft kuisioner ini diuji terlebih dahulu. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kekurangan dan sekaligus meminta masukan untuk perbaikan. Setelah kuisioner diperbaiki, barulah kuisioner disebarkan pada potensial responden.

- Survei Lapangan

Sebelum menyebarkan kuisioner, penulis melakukan survey lapangan untuk mendapat gambaran umum dari lokasi tempat penyebaran kuisioner, jumlah surveyor yang dibutuhkan, serta metode pelaksanaan survey. Setelah melakukan survey akhirnya dipilihlah Kecamatan Sungai Sariaik karena jaraknya yang tidak terlalu jauh dari Kota Padang, tempat penulis berdomisili.

- Penyebaran Kuisioner

Metode survey yang dipakai oleh penulis dinamakan metode wawancara terstruktur dimana penulis melakukan penyebaran kuisioner dengan cara mendatangi responden-responden yang akan diwawancarai ke rumah mereka masing-masing, kemudian membacakan daftar pertanyaan yang ada di form kuisioner dan selanjutnya responden akan menjawab pertanyaan sesuai dengan pilihan-pilihan jawaban yang ada. Metode ini dipilih karena kebanyakan responden agak kesulitan dalam memahami pertanyaan yang ada di dalam form kuisioner jika kuisioner diisi langsung oleh responden.

- Analisa dan Pembahasan

Penelitian ini akan menggunakan analisa kuantitatif. Data pada kuisioner akan diolah dengan menggunakan software microsoft excel. Untuk menentukan tingkat kepuasan dan keuntungan masyarakat, kuisioner akan didesain menggunakan lima kategori likert scale, dengan pembobotan dari 1 (paling rendah) sampai 5 (paling tinggi). Hasil yang didapat dari pengolahan dengan menggunakan software microsoft excel akan dijelaskan secara deskriptif untuk penentuan tingkat keuntungan dan kepuasan masyarakat.

- Kesimpulan dan Saran

Setelah melakukan analisa data, maka didapatlah suatu kesimpulan yang mencakup keseluruhan pembahasan topik tugas akhir. Dalam penarikan kesimpulan diambil 5 nilai tertinggi dari tingkat keuntungan dan perbandingan kepuasan masyarakat sebelum proses rekonstruksi, saat proses rekonstruksi, serta kepuasan masyarakat secara umum.

Kekurangan-kekurangan yang ada pada saat rekonstruksi pasca bencana dapat menjadi masukan yang nantinya dapat dijadikan saran oleh penulis.

4. Analisa Dan Pembahasan

4.1 Manfaat/ Keuntungan Rekonstruksi Berbasis Masyarakat

Berdasarkan pengolahan data survey, maka didapatkan hasil mengenai tingkat keuntungan masyarakat terhadap rekonstruksi pasca bencana berbasis masyarakat yang terlihat pada **Tabel 4.1** berikut:

Tabel 4.1 Tingkat Keuntungan Rekonstruksi Berbasis Komunitas

Peringkat	Keuntungan	Mean	Standar Deviasi
1	Menciptakan rasa memiliki terhadap rumah yang dibangun (program rekonstruksi)	3.02	0.45
2	Kualitas lebih baik	3.00	0.57
3	Sesuai dengan budaya dan kearifan lokal	2.99	0.48
4	Metode ini diterima dengan baik oleh banyak pihak	2.99	0.41
5	Akuntabilitas tinggi	2.95	0.44
6	Menciptakan rasa kepuasan (rasa bangga) dari korban bencana	2.95	0.54
7	Masalah lebih sedikit	2.92	0.56
8	Lebih banyak dana ke korban bencana	2.88	0.43
9	Membangun kembali jaringan sosial diantara masyarakat korban bencana	2.88	0.76
10	Pelaksana mendapatkan kesan yang bagus	2.87	0.46
11	Waktu rekonstruksi lebih cepat	2.83	0.65
12	Menumbuhkan kembali tingkat kepercayaan antar korban bencana	2.83	0.51
13	Memperkuat organisasi kemasyarakatan	2.80	0.73
14	Tingkat kepuasan yang tinggi	2.78	0.66
15	Menumbuhkan kembali tingkat kepercayaan diri korban bencana	2.74	0.64
16	Meminimalisir korupsi	2.67	0.70
17	Membangun kembali norma-norma yang berlaku sebelum bencana	2.67	0.80
18	Terpenuhinya kebutuhan dan harapan korban bencana	2.55	0.67
19	Menciptakan lapangan kerja, sehingga korban bencana mendapat pemasukan	2.48	0.88
20	Menghilangkan trauma korban bencana	2.35	0.82
21	Melibatkan kelompok terabaikan (wanita, yatim piatu, orang tua, orang cacat, dll)	2.30	0.66
22	Biaya rekonstruksi lebih murah	2.26	0.69

Sebagaimana yang terlihat pada **Tabel 4.1**, keuntungan paling tinggi yang dirasakan oleh responden adalah menciptakan rasa memiliki terhadap rumah yang dibangun. Dalam

proses membangun rumah, masyarakat umumnya berperan dalam menentukan desain rumah, membeli material, menjadi pengawas, bahkan ada yang ikut langsung terlibat sebagai pelaksana/tukang dalam membangun rumah mereka masing-masing. Keuntungan lain yang juga dirasakan oleh masyarakat adalah dari segi kualitas rumah yang dibangun saat proses rekonstruksi. Kualitas rumah masyarakat menjadi lebih baik dari sebelumnya. Sebelum terjadi gempa padatahun 2009, rumah di Kecamatan Sungai SariaK umumnya sudah lama berdiri, dimana dalam pemilihan material kebanyakan masyarakat memakai kapur sebagai pengganti semen serta sedikit sekali masyarakat yang memiliki tulangan pada kolom rumahnya. Akibat nyabanyak rumah di Kecamatan Sungai SariaK yang mengalami rusak berat pada saat terjadi gempa tahun 2009. Pada rekonstruksi rumah berbasis komunitas, dilakukan pemberdayaan masyarakat dengan prinsip membangun kembali yang lebih baik dan aman terhadap gempa. Tetapi karena keterbatasan dana yang ada serta pengawasan dari fasilitator dan TPM yang kurang maksimal, masih ada masyarakat yang rumahnya belum memenuhi standar teknik bangunan aman gempa.

4.2 Tingkat Kepuasan Masyarakat Dalam Rekonstruksi Berbasis Masyarakat

Tingkat kepuasan masyarakat terhadap rekonstruksi berbasis masyarakat terlihat pada **Tabel 4.2:**

Rata-rata tingkat kepuasan pada proses rekonstruksi adalah sebesar 2.75, tingkat kepuasan terhadap hasil rekonstruksi adalah sebesar 2.95, serta secara umum tingkat kepuasan masyarakat terhadap program rekonstruksi berbasis masyarakat adalah sebesar 2.88.

Tingkat kepuasan masyarakat terhadap hasil rekonstruksi adalah yang paling tinggi. Hal ini disebabkan karena sebelum terjadi gempa umumnya rumah masyarakat memakai kapur sebagai pengganti semen dan jarang sekali rumah yang memakai tulangan pada kolomnya. Setelah proses rekonstruksi rumah masyarakat menjadi lebih baik kualitasnya walaupun ada sebagian masyarakat yang tidak mengikuti kaidah rumah aman gempa karena keterbatasan dana yang dimiliki.

Sedangkan tingkat kepuasan masyarakat yang paling rendah adalah pada saat proses rekonstruksi. Jumlah dana yang tidak cukup adalah kendala utama dalam program rekonstruksi ini. Kenaikan harga material dan upah tukang dirasakan sangat memberatkan masyarakat.

Tabel 4.2 Tingkat Kepuasan Masyarakat Dalam Rekonstruksi Berbasis Masyarakat

Peringkat	Kepuasan	Mean	Standar Deviasi
A. Proses Rekonstruksi			
1	Proses identifikasi kerusakan rumah	2.89	0.63
2	Keterlibatan/partisipasi responden (penerima bantuan) dalam program rekonstruksi	2.88	0.57
3	Kemudahan administrasi/proses pengambilan bantuan	2.86	0.57
4	Diikutinya keinginan masyarakat oleh pemberi bantuan (pemerintah)	2.84	0.51
5	Peran pemerintah dalam proses rekonstruksi	2.82	0.52
6	Peran TPM (Tim Pendamping Masyarakat)	2.81	0.56
7	Kerjasama masyarakat dalam proses rekonstruksi	2.77	0.74
8	Pengalaman dan keahlian tenaga kerja (tukang) yang disediakan	2.77	0.60
9	Peran fasilitator dalam proses rekonstruksi	2.77	0.57
10	Proses identifikasi penerima bantuan (yang berhak menerima bantuan)	2.74	0.61
11	Informasi dan sosialisasi tentang program rekonstruksi ke penerima bantuan	2.67	0.59
12	Ketersediaan tenaga kerja	2.60	0.65
13	Waktu dimulainya program rekonstruksi setelah terjadi bencana	2.60	0.60
14	Jumlah dana bantuan yang disediakan	2.54	0.54
B. Hasil Rekonstruksi			
1	Rumah yang dibangun terasa lebih nyaman	3.07	0.41
2	Rumah yang dibangun kualitasnya lebih bagus	3.06	0.42
3	Rumah yang dibangun dirasa lebih tahan terhadap gempa	3.03	0.41
4	Rumah yang dibangun telah sesuai dengan keinginan	2.86	0.55
5	Terpenuhinya janji-janji yang diberikan oleh pemerintah/penerima bantuan	2.72	0.62
C. Umum			
1	Secara umum, tingkat kepuasan masyarakat terhadap program rekonstruksi berbasis masyarakat	2.88	0.52

5. Kesimpulan

Penelitian terhadap tingkat keuntungan dan tingkat kepuasan masyarakat terhadap rekonstruksi berbasis masyarakat dilakukan dengan metode wawancara terstruktur terhadap 100 orang responden di Kecamatan Sungai Sariak, Kabupaten Padang Pariaman. Terdapat 69 responden yang memiliki rumah rusak berat, 5 diantaranya runtuh, dan 31 responden mempunyai rumah rusak sedang.

Keuntungan paling tinggi yang dirasakan masyarakat adalah menciptakan rasa memiliki terhadap rumah yang dibangun dengan rata-rata 3.02. Keuntungan nomor 2 tertinggi adalah kualitas lebih baik dengan rata-rata 3.00. kemudian keuntungan yang dirasakan masyarakat bahwa program rekonstruksi berbasis masyarakat ini sesuai dengan kerifan dan budayalokal masyarakat setempat dengan rata-rata 2.99. Keuntungan keempat tertinggi adalah metode ini dapat diterima dengan baik oleh berbagai pihak. Kemudian di urutan kelima adalah akuntabilitas yang tinggi dengan rata-rata 2.95.

Tingkat kepuasan masyarakat dibagi menjadi 3 bagian, yaitu secara umum, pada saat rekonstruksi, dan hasil rekonstruksi. Tingkat kepuasan tertinggi dirasakan terhadap hasil rekonstruksi yaitu sebesar 2.95. Masyarakat umumnya merasa puas terhadap kenyamanan rumah mereka setelah proses rekonstruksi dilakukan. Tingkat kepuasan masyarakat paling rendah dirasakan pada saat proses rekonstruksi yaitu sebesar 2.75.

DAFTAR PUSTAKA

- BAPPENAS (2009). *Rencana Aksi Rehabilitasi dan Rekonstruksi wilayah Pasca Bencana Gempa Bumi di Provinsi Sumatera Barat Tahun 2009-2011* [Action plan for rehabilitation and reconstruction of West Sumatra Province after earthquake, Year 2009-2011]. Jakarta: BAPPENAS.
- Ophiyandri, T., Amaratunga, D. and Pathirage, C. (2010a). Community Based Post Disaster Housing Reconstruction: Indonesian Perspective. In: Barrett, P., Amaratunga, D., Haigh, R., Keraminiyage, K., and Pathirage, C. (Eds). *CIB World Congress*, Salford Quays, UK, 10-13 May 2010.
- Ophiyandri, T. (2013) *Project Risk Management for Community-based Post-disaster Housing Reconstruction*. (Unpublished PhD thesis), University of Salford, Salford.
- Pranoto, S., Sentosa, S., Kayo, R.B.K.P., Karimi, S., Fauzan, Ermiza, Z. and Antoni, S. (2011). *Lesson Learned, Pembelajaran Rehab Rekon Pasca Gempa di Sumatera Barat 30 September 2009, BuildingBack Better*. Padang: TPT RR.
- Universitas Syiah Kuala and UN-HABITAT (2006). *Post Tsunami Settlement Recovery Monitoring in Aceh*. Banda Aceh: UNSYIAH-UN-HABITAT

PENGARUH VARIASI KEMIRINGAN SUDUT TUMPUAN TERHADAP DISTRIBUSI MOMEN LENTUR GELAGAR JEMBATAN TUMPUAN MIRING

Rino Rahmat

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas, Padang, rinorahmat93@gmail.com

Masrilayanti

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas, Padang, masrilayanti@ft.unand.ac.id

Robby Permata

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas, Padang, robbypermata@yahoo.com

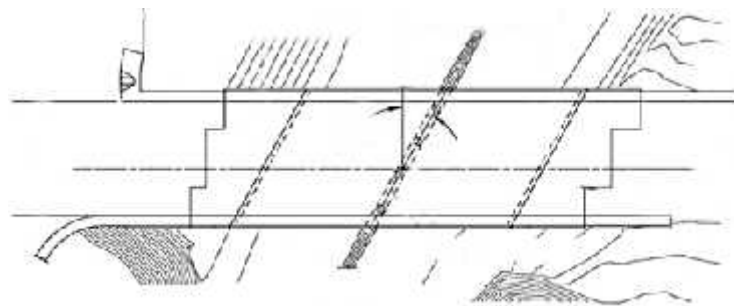
ABSTRAK

Jembatan tumpuan miring (*skew bridges*) merupakan kondisi dimana sumbu longitudinal jembatan tidak tegak lurus terhadap sumbu transversal pangkal dan pilar jembatan (Rajagopalan, 2006). Jembatan tumpuan miring memiliki perilaku yang berbeda dengan jembatan tumpuan lurus. Pada penelitian ini jembatan tumpuan miring dimodelkan dengan variasi sudut $0^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, 40^\circ, 50^\circ$. Hasil penelitian menunjukkan dengan peningkatan kemiringan sudut tumpuan terjadi peningkatan nilai momen lentur pada gelagar yang berada pada daerah yang membentuk sudut kecil dari 90° , dan terjadi penurunan nilai momen lentur pada gelagar yang berada pada daerah yang membentuk sudut besar dari 90° . Sedangkan untuk gelagar tengah, secara umum terjadi peningkatan nilai momen lentur dengan peningkatan nilai kemiringan sudut tumpuan.

Kata Kunci : Jembatan Tumpuan Miring, Momen Lentur

1. PENDAHULUAN

Salah satu factor teknis yang harus diperhatikan dalam perencanaan jembatan adalah factor geografis. Pada kondisi tertentu dimana kondisi geografis menjadi kendala, jembatan dengan tumpuan miring (*skew bridges*) sangat diperlukan, misalnya pada daerah yang memiliki sungai yang berliku-liku atau pada kota besar yang memiliki kepadatan penduduk yang sangat tinggi sehingga terbatasnya ruang untuk pembangunan jembatan. Jembatan tumpuan miring (*skew bridges*) merupakan kondisi dimana sumbu longitudinal jembatan tidak tegak lurus terhadap sumbu transversal pangkal dan pilar jembatan (Rajagopalan, 2006).



Gambar 1. Jembatan tumpuan miring

Jembatan tumpuan miring memiliki perilaku yang berbeda dengan jembatan tumpuan lurus, Semakin besar sudut kemiringan tumpuan suatu jembatan, terjadi peningkatan momen negative pada daerah yang membentuk sudut kecil dari 90° (Rajagopalan, 2006). Didalam Bridge Management System 1992 tentang peraturan perencanaan teknik jembatan dijelaskan bahwa untuk jembatan dengan kemiringan tumpuan kecil dari 20° , efek dari kemiringan tumpuan dapat diabaikan. Sedangkan untuk jembatan dengan kemiringan tumpuan lebih dari 20° , harus memperhitungkan efek punter memanjang dan melintang.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Faktor geografis merupakan salah satu factor utama yang harus diperhatikan dalam perencanaan sebuah jembatan. Faktor geografis dapat menjadi kendala bagi perencanaan dalam merencanakan sebuah jembatan. Ketika perencanaan dihadapkan dengan kondisi geografis yang ekstrim, dimana tidak memungkinkannya direncanakan jembatan tumpuan lurus (*straight bridge*), maka jembatan dengan tumpuan miring (*skew bridges*) akan menjadi pilihan.

Karakteristik jembatan tumpuan miring (Rajagopalan, 2006) :

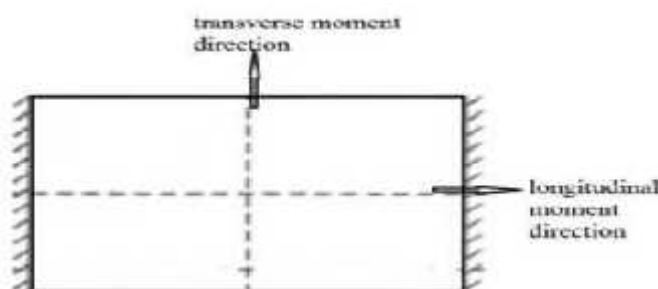
1. Reaksi yang besar terjadi disekitar bagian yang membentuk sudut besar dari 90° .
2. Kemungkinan terangkatnya bagian yang membentuk sudut kecil dari 90° , terutama pada jembatan yang memiliki kemiringan tumpuan yang sangat besar.
3. Semakin besar sudut kemiringan tumpuan, reaksi pada bagian yang membentuk sudut besar dari 90° semakin besar dan semakin kecil pada bagian yang membentuk sudut kecil dari 90° .

Kar (2012) menyimpulkan terjadi penurunan nilai momen lentur dengan peningkatan sudut kemiringan tumpuan, penurunan berkisar 75% disbanding jembatan tumpuanl urus.

Harba (2011) menyimpulkan semakin besar sudut kemiringan tumpuan, maka semakin kecil nilai momen lentur maksimum yang terjadi.

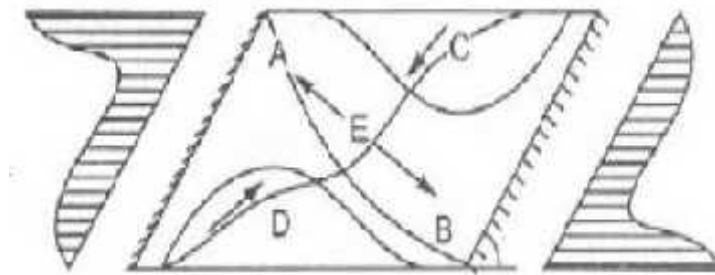
2.2 Transfer gaya pada jembatan tumpuan miring

Pada jembatan tumpuan lurus (*straight bridge*) gaya-gaya yang bekerja terdistribusi secara tegak lurus terhadap arah memanjang dan arah melintang. Distribusi darigaya-gaya yang bekerja pada jembatan tumpuan lurus dapat dilihat seperti gambar dibawah ini :



Gambar 2. Transfer gaya pada jemabatan tumpuan lurus (Sumber: Rajagopalan, 2006)

Padajem batan tumpuan miring (*skew bridges*), gaya-gaya yang bekerja terdistribusil ebih besar pada bagian yang membentuk sudut besar dari 90°. Distribusi gaya-gaya yang bekerja pada jembatan tumpuan miring dapat dilihat seperti gambar dibawah.



Gambar 3. Transfer gaya pada jembatan tumpuan miring (Sumber: Rajagopalan, 2006)

3. METODOLOGI

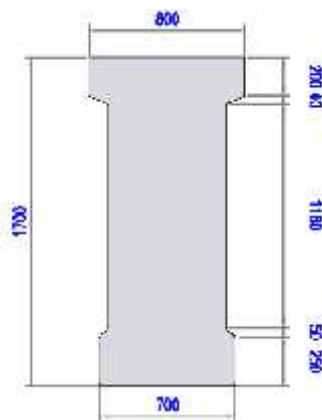
Pada penelitian ini, jembatan dimodelkan dengan 6 variasi sudut, mulai dari 0°,10°,20°,30°,40°,50°. Jembatan yang dimodelkan mempunyai bentang 30 m dan lebar 12,6 m dengan jarak antar gelagar sebesar 2,1 m. Untuk mempermudah analisis, digunakan software Midas Civil 2011 versi 2.1.

Kombinasi Pembebanan yang digunakan :

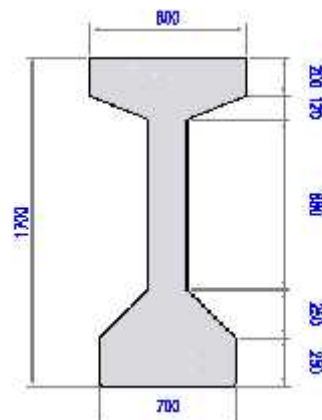
Kombinasi 1 : 1,3 x BeratSendiri + 2 x Beban Mati Tambahan

Kombinasi 2 : 1,3 x BeratSendiri + 2 x Beban Mati Tambahan + 2 x Beban Lajur “D”

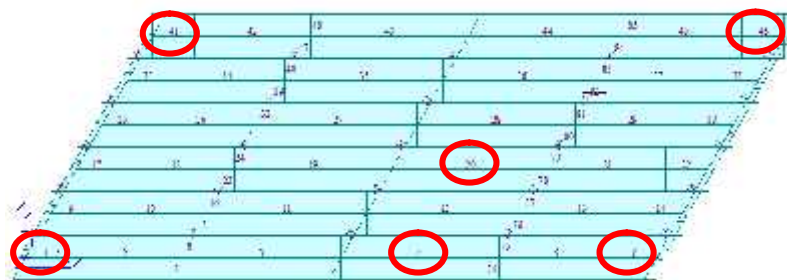
Kombinasi 3 : 1,3 x BeratSendiri + 2 x Beban Mati Tambahan + 2 x Beban Truk “T”



Gambar 4. PenampangGelagar Ujung



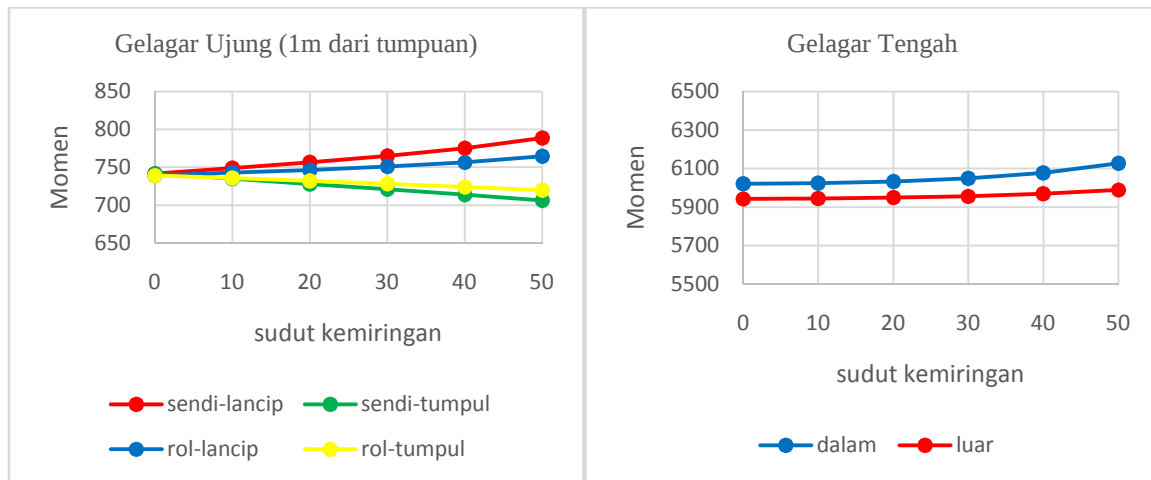
Gambar 5. PenampangGelagar Tengah



Gambar 6. Titik Tinjau Gaya Dalam

4. HASIL ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Distribusi Momen Lentur Akibat Kombinasi 1



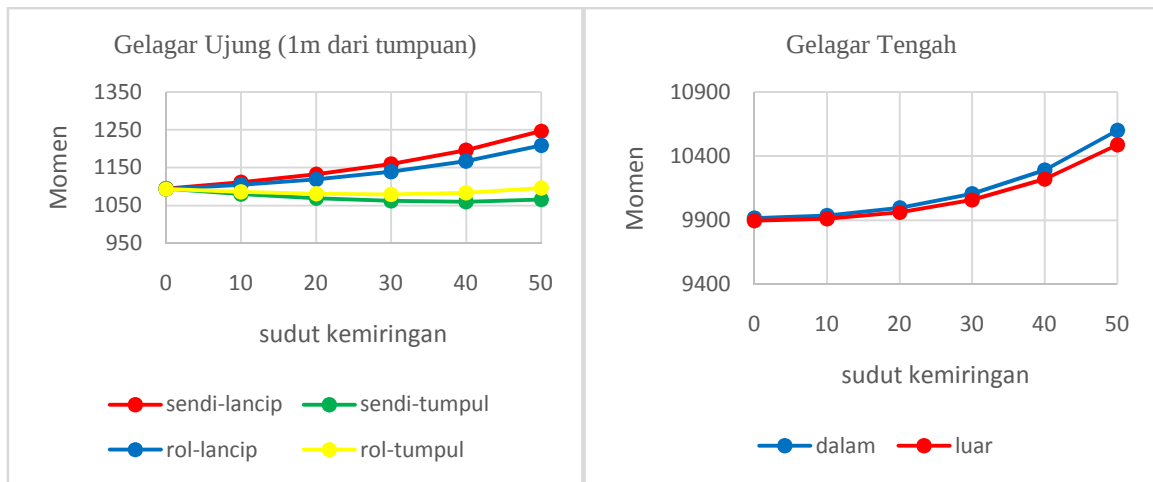
Gambar 7. Grafik Distribusi Momen Lentur Akibat Kombinasi-1

Dengan peningkatan sudut kemiringan tumpuan, terjadi peningkatan momen lentur pada gelagar ujung yang berada pada daerah yang membentuk sudut kecil dari 90° , baik pada gelagar yang berada di dekat tumpuan sendi maupun gelagar di dekat tumpuan rol. Peningkatan momen lentur terbesar terjadi pada gelagar yang berada di dekat tumpuan sendi, peningkatan momen lentur dari sudut 0° ke 60° mencapai 6,3%. Sedangkan pada gelagar ujung yang berada pada daerah yang membentuk sudut besar dari 90° , terjadi penurunan nilai momen lentur pada kedua tipe tumpuan. Penurunan momen lentur terbesar terjadi pada gelagar yang berada di dekat tumpuan sendi, penurunan momen lentur mencapai 4,8%.

Untuk gelagar tengah bisa dikatakan tidak terjadi perubahan nilai momen lentur yang begitu signifikan, baik pada gelagar tengah bagian luar, maupun gelagar tengah bagian dalam, karena perubahan nilai momen lentur terbesar hanya sebesar 1,8%.

4.2 Distribusi Momen Lentur Akibat Kombinasi 2

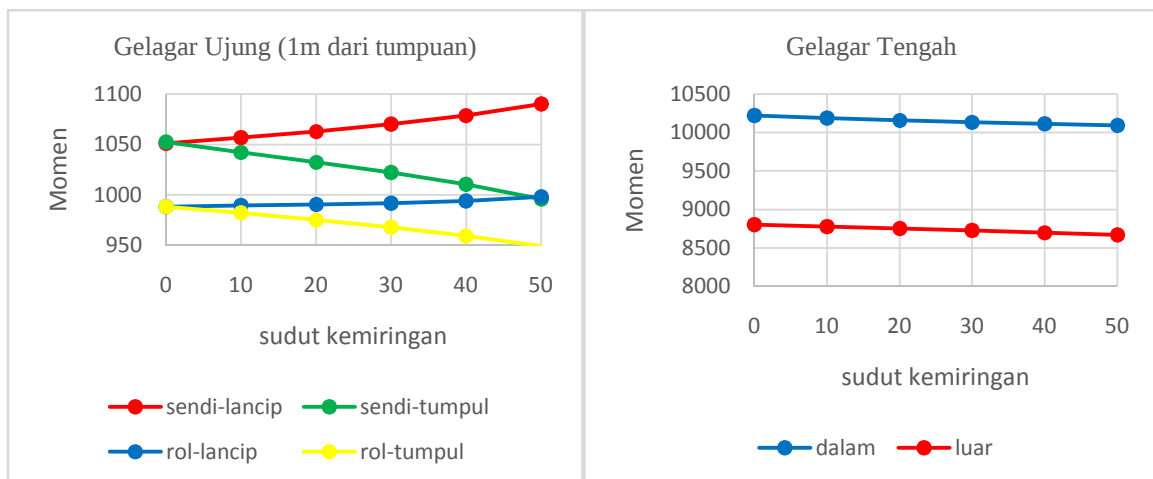
Distribusi momen lentur gelagar ujung akibat kombinasi 2 hampir sama dengan distribusi momen lentur akibat kombinasi 1. Terjadi peningkatan momen lentur pada gelagar ujung yang berada pada daerah yang membentuk sudut kecil dari 90° , baik pada tumpuan sendi maupun tumpuan rol. Peningkatan terbesar terjadi pada gelagar ujung yang berada pada tumpuan sendi, peningkatan momen lentur dari sudut 0° ke sudut 60° sebesar 13,96%. Pada gelagar ujung yang berada pada daerah yang membentuk sudut besar dari 90° juga terjadi penurunan nilai momen lentur.



Gambar 8. Grafik Distribusi Momen Lentur Akibat Kombinasi-2

Pada gelagar tengah terjadi peningkatan momen lentur yang cukup signifikan, baik gelagar yang berada pada bagian luar maupun bagian dalam, terjadi peningkatan momen lentur dari sudut 0° kesudut 60° sekitar 6%.

4.3 Distribusi Momen Lentur Akibat Kombinasi 3



Gambar 9. Grafik Distribusi Momen Lentur Akibat Kombinasi-3

Pola perubahan nilai momen lentur akibat kombinasi 3 hampir sama dengan kombinasi 1 dan 2. Terjadi peningkatan nilai momen lentur pada gelagar yang berada pada daerah yang membentuk sudut kecil dari 90° , dimana peningkatan terbesar terjadi pada gelagar yang berada dekat tumpuan sendi yang nilainya sebesar 3,7%. Pada gelagar yang berada pada daerah yang membentuk sudut besar dari 90° juga terjadi penurunan nilai momen lentur, dimana penurunan terbesar terjadi pada gelagar yang berada di dekat tumpuan sendi yang nilainya sebesar 5,3%.

Berbeda dengan kombinasi 1 dan 2, pada kombinasi pembebanan-3 terjadi penurunan nilai momen lentur pada gelagar tengah, baik gelagar tengah maupun dalam. Namun penurunan yang terjadi tidak begitu signifikan, karena penurunan yang terjadi hanya sekitar 1,5%.

5. KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan dari penelitian ini :

1. Terjadi peningkatan nilai momen lentur pada gelagar ujung yang berada pada daerah yang membentuk sudut kecil dari 90° , baik untuk tumpuan sendi maupun tumpuan rol.
2. Peningkatan nilai momen lentur gelagar ujung terbesar diakibatkan oleh kombinasi 2.
3. Terjadi penurunan nilai momen lentur pada gelagar yang berada pada daerah yang membentuk sudut besar dari 90° , baik pada tumpuan sendi maupun tumpuan rol.
4. Penurunan nilai momen lentur gelagar ujung terbesar diakibatkan oleh kombinasi 3.
5. Terjadi peningkatan nilai momen lentur pada gelagar tengah akibat kombinasi 1 dan 2, namun terjadi penurunan nilai momen lentur akibat kombinasi 3.
6. Peningkatan nilai momen lentur gelagar tengah terbesar diakibatkan oleh kombinasi 2

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Anonim, 1992, *Bridge Design Manual*, Bridge Management System 1992, Dep. PU RI, Jakarta.
- Anonim, 1992, *Peraturan Perancangan Teknik Jembatan Jilid 1*, Bridge Management System 1992, Dep. PU RI, Jakarta.
- Anonim, 2005, *Standar Pembebanan untuk Jembatan (RSNI T-02-2005)*, Dep. PU RI, Jakarta.
- Kar, A., Khatri, V., Maiti, P. R., Singh, P. K., 2012, Study on Effect of Skew Angle in Skew Bridges, *International Journal of Engineering Research and Development*, Vol. 2, Issue 12, August 2012.
- Harba, I.S.I., 2011, Effect of Skew Angle on Behavior of Simply Supported R. C. T-Beam Bridge Decks, *APRN Journal of Engineering and Applied Sciences*, Vol. 6, No. 8, August 2011.
- Rajagopalan, N., 2006, *Bridge Superstructure*, Alpha Science International, United Kingdom.
- Struyk, H.J. & Venn, V. D., 1995, *Jembatan*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Supriyadi, B. & Muntohar, A.S., 2007, *Jembatan*, Beta Offset, Yog

KORELASI KERAPATAN RELATIV DAN TAHANAN UJUNG KONUS UNTUK TANAH PASIR SERAGAM

Abdul Hakam

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas, Padang, ahakam2008@yahoo.com

Rina Yuliet

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas, Padang, rina@ft.unand.ac.id

Abstrak

Relatif density (DR) dan tahanan konus (qc) merupakan dua paramter yang sangat penting dan saling berhubungan. Umumnya untuk tanah yang sama dengan kerapatan relatif yang lebih besar memiliki nilai tahanan konus yang lebih besar pula. Namun setiap tanah memiliki hubungan nilai kerapatan relatif dan nilai tahanan konus yang unik. Pada penelitian ini disampaikan hubungan Dr dan qu untuk tanah pasir seragam dengan berbagai nilai ukuran butiran. Hubungan tersebut dibuat berdasarkan pengujian kerapatan relatif dan tahanan konus di laboratorium. Tanah pasir seragam di pisahkan dengan menggunakan saringan standar dan ditempatkan dalam cetakan untuk pengujian kerapatan standar. Hubungan kerapatan relatif dan nilai tahanan konus ini sangat berguna dalam aplikasi perencanaan bangunan sipil terutama untuk lapisan tanah pasir yang berada dekat permukaan tanah.

Kata Kunci : kerapatan relariv, tahanan konus, kerolasi paremater, uji laboratorium

1. Pendahuluan

Hubungan antar parameter teknis tanah sangat diperlukan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan rekayasa geoteknik yang memerlukan parameter yang bervariasi sesuai dengan teori yang diadopsi dalam analisisnya. Hubungan beberapa nilai parameter teknis tanah merupakan hubungan unik yang dihasilkan dari serangkaian pengujian baik di lapangan maupun di laboratorium. Dalam kajian ini dibuatkan hubungan antara kerapatan relatif dan tahanan konus yang dihasilkan dari serangkaian pengujian laboratorium terhadap pasir seragam. Pasir seragam yang digunakan dalam kajian ini dipisahkan dengan saringan standar dalam beberapa ukuran tertentu.

Kerapatan relatif merupakan sifat fisik tanah berbutir yang ditentukan berdasarkan perbandingan nilai berat volume keringnya (γ_d) dengan berat volume kering dalam keadaan paling lepas (minimum, γ_{min}) dan paling padat (maximum, γ_{max}). Maka untuk menentukan nilai kerapatan relatif pada suatu tanah tertentu harus dilakukan rangkaian pengujian kerapatan / berat volume tanah di laboratorium. Standart pengujian untuk mendapatkan nilai berat volume tanah yang banyak diacu adalah ASTM D-4253 dan D-4254. Selanjutnya formula untuk menentukan nilai kerapatan relatif (D_r) dapat dituliskan sebagai berikut:

$$D_r = \frac{\frac{1}{\gamma_{min}} - \frac{1}{\gamma_d}}{\frac{1}{\gamma_{min}} - \frac{1}{\gamma_{max}}} \quad (1)$$

Tahanan konus merupakan nilai parameter yang dihasilkan dari pengujian penetrasi konus kedalam lapisan tanah. Nilai tahanan konus (q_c) merupakan reaksi maksimum tanah disekitar ujung konus untuk menahan tekanan konus yang diberikan pada alat penekan. Sehingga nilai tahanan konus memiliki satuan yang sama dengan tekanan yang diberikan pada alat penekan konus yaitu dapat berupa satuan MPa ataupun kg/cm^2 . Dalam pemakaian umumnya alat yang digunakan untuk mendapatkan nilai tahanan konus dikenal dengan nama sondir (Duch Cune Penetration Test, DCPT).

2. Kajian Pustaka

Hubungan antar parameter teknis tanah merupakan kajian yang banyak masih dilakukan dalam bidang rekayasa geoteknik. Håkansson dan Lipiecb (2000) melakukan review terhadap manfaat dari nilai kerapatan relatif dalam bidang rekayasa. Dalam kajian tersebut dijelaskan bahwa kerapatan relatif sangat sangat berhubungan dengan usaha pemampatan yang dilakukan terhadap tanah tersebut. Usaha pemampatan tanah yang dikenalkan sebagai derajat pemampatan tanah (*the degree of compactness*, D) merupakan nilai yang berdiri sendiri dan tidak tergantung pada komposisi tanah.

Jamiolkowski dkk (2003) telah melakukan kajian terhadap interpretasi dari nilai tahanan konus (cone penetration test, CPT) untuk mendapatkan nilai-nilai parameter geoteknik tanah lainnya untuk tanah pasir. Kajian ini didasarkan pada pengalamannya selama terlibat di bidang rekayasa geoteknik. Hasil kajian menunjukkan bahwa untuk nilai tahanan konus dapat digunakan untuk mendapatkan nilai kerapatan relatif (D_r) bila dihubungkan dengan nilai tegangan efektif tanah (σ') pada pasir silika. Selain itu dalam kajian yang sama dijelaskan metoda untuk mendapatkan nilai sudut geser maksimum tanah (angle of shearing resistance, ϕ'_p) yang juga merupakan korelasi dari tahanan penetrasi konus dan nilai tegangan efektif tanah, σ' .

Hubungan antara kerapatan relatif dan nilai tahanan konus hasil rangkuman dari pangalaman bertahun-tahun telah dijelaskan oleh Robertson dan Cabal (2010). Salah satu yang dianjurkan untuk digunakan adalah hubungan sederhana yang dikeluarkan oleh Kulhawy and Mayne (1990) sebagai berikut:

$$D_r^2 = \frac{Q_{cn}}{305 Q_c Q_{ocr} Q_a} \quad (2)$$

Hubungan tersebut disederhanakan untuk pasir silika sangat muda dan lepas (most young, uncemented silica sands) menjadi :

$$D_r^2 = Q_{tn} / 350 \quad (3)$$

dimana:

$$\begin{aligned} Q_{cn} &= (q_c / p_a) / (\sigma'_{vo} / p_a)^{0.5} \\ &= (\text{belakangan ini didefinisikan sebagai } Q_{tn}, \text{ menggunakan tahanan konus netto, } q_n) \\ &= \text{normalisasi tahanan konus yang dikoreksi tegangan overburdennya} \end{aligned}$$

$$q_n = q_t - \sigma_{vo}$$

p_a = tegangan referensi bernilai 100kPa, dengan satuan yang sama dengan q_c dan σ'_{vo}

q_c = tahanan konus (lebih benar bila memakai, q_t)

Q_c = faktor pemampatan dari 0.90 (mampat rendah) sampai 1.10 (mampat tinggi)

Q_{ocr} = faktor over-consolidation = $OCR^{0.18}$

Q_a = faktor umur = $1.2 + 0.05\log(t/100)$

Untuk pasir bersih-lepas-medium (clean, uncemented, medium sands) dengan umur sekitar 1000 tahun nilai faktor 350 lebih beralasan. faktor pembagi dengan nilai mendekati 300 untuk pasir halus dan mendekati 400 untuk pasir kasar.

Berdasarkan kajian pustaka yang telah dilakukan diatas, dapat dilihat bahwa hubungan antara kerapatan relativ dan tahanan konus merupakan hubungan yang unik tetapi sangat rumit. Hubungan tersebut sangat tergantung dengan faktor lain seperti tekanan tanah diatasnya (*overburdent*, σ_{ov}), sejarah tanah terkonsolidasi (*Over-consolidation ratio*, OCR) dan umur material dan terbentuknya deposit tanah. Untuk itu maka dalam kajian ini akan dihasilkan hubungan D_r dan q_c yang jauh lebih simpel tanpa melibatkan faktor-faktor lain sehingga mudah digunakan.

3. Hasil Kajian

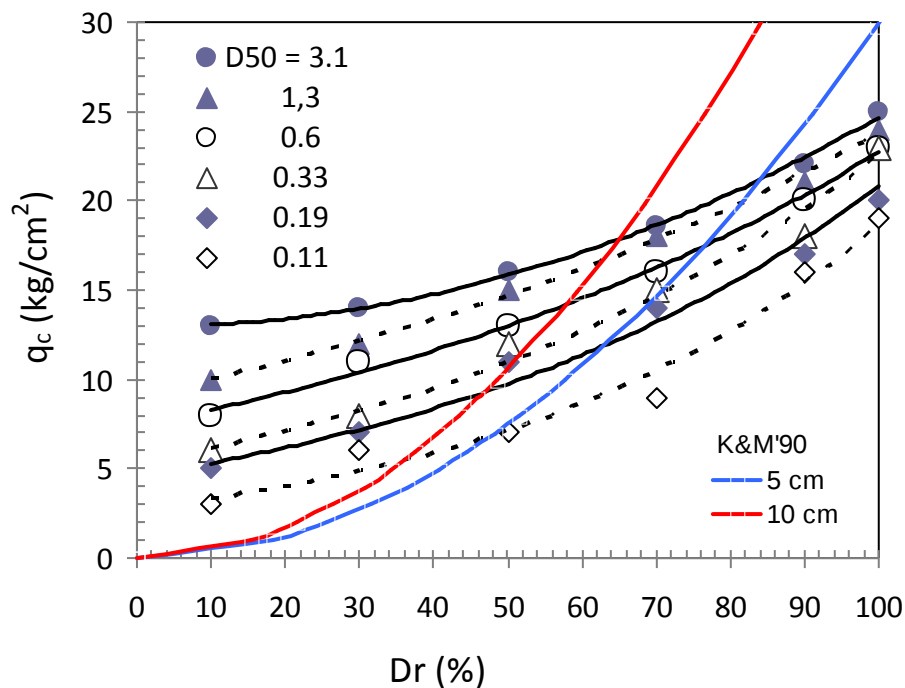
Kajian ini dilakukan dengan menggunakan pasir seragam yang dipisahkan menggunakan saringan standar dengan variasi nilai-nilai yang digunakan sebagai sampel sebagaimana ditampilkan dalam Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Variasi sampel untuk pengujian

		Pasir tertahan - lolos saringan no:					
		200 - 100	100 - 60	60 - 40	40 - 20	20 - 10	10 - 4
$D_{50} =$		3,1	1,3	0,6	0,33	0,19	0,11
	10	A ₁₀	B ₁₀	C ₁₀	D ₁₀	E ₁₀	F ₁₀
	30	A ₃₀	B ₃₀	C ₃₀	D ₃₀	E ₃₀	F ₃₀
	50	A ₅₀	B ₅₀	C ₅₀	D ₅₀	E ₅₀	F ₅₀
	70	A ₇₀	B ₇₀	C ₇₀	D ₇₀	E ₇₀	F ₇₀
D_r (%)	90	A ₉₀	B ₉₀	C ₉₀	D ₉₀	E ₉₀	F ₉₀
	100	A ₁₀₀	B ₁₀₀	C ₁₀₀	D ₁₀₀	E ₁₀₀	F ₁₀₀

Selanjutnya di laboratorium dilakukan rangkaian pengujian penetrasi konus terhadap sejumlah sampel pasir seragam dengan variasi terhadap nilai kerapatan relativ 10%, 30%, 50%, 70%, 90% dan 100%. Rangkuman terhadap hasil pengujian tersebut ditampilkan dalam Gambar 1. Secara umum hasil ini menggaambarkan bahwa peningkatan nilai tahanan konus berkorelasi dengan peningkatan nilai kerapatan relativ.

Dibandingkan dengan hubungan yang telah dilakukan dalam kajian sebelumnya, hubungan kerapatan relatif dan tahanan penetrasi konus yang disampaikan dalam kajian ini relatif sangat sederhana karena tidak melibatkan nilai-nilai diluar material pasir yang diuji. Hubungan parameter D_r dan q_c ini hanya melibatkan nilai ukuran butiran rata-rata (D_{50}) yang dapat diperoleh secara sederhana menggunakan saringan standar biasa. Dari gambar tersebut dapat pula dilihat bahwa semakin besar nilai ukuran butiran rata-rata (D_{50}), semakin meningkat pula nilai tahanan konus untuk pasir dengan kerapatan relatif yang sama, tetapi dengan pola hubungan D_r - q_c yang relatif serupa.



Gambar 1. Hubungan antara kerapatan relatif dan tahanan konus

Berdasarkan formula yang diberikan oleh Kulhawy and Mayne (1990) untuk pasir silika yang sangat muda dibuatkan kurva hubungan kerapatan relatif dan tahanan konus yang diplotkan juga pada Gambar 1. Bila dibandingkan kurva-kurva tersebut maka dapat dilihat bahwa hubungan antara kerapatan relatif dan nilai tahanan konus dari penelitian ini lebih landai dan tetap memiliki nilai tahanan konus pada kerapatan relatif nol. Sedangkan formula Kulhawy and Mayne (1990) menunjukkan bahwa pasir tidak memiliki tahanan konus pada keadaan sangat lepas.

4. Kesimpulan

Hubungan antara kerapatan relatif dan tahanan konus merupakan hubungan yang unik tetapi sangat rumit karena melibatkan parameter lainnya seperti tekanan tanah diatas (*overburden*, σ_{ov}), sejarah tanah terkonsolidasi (*Over-consolidation ratio*, OCR) serta umur material dan lama terbentuknya deposit tanah. Dalam kajian ini telah dihasilkan hubungan D_r dan q_c yang jauh lebih sederhana dengan hanya melibatkan ukuran rata-rata dari butiran tanah (D_{50}) tanpa melibatkan faktor-faktor lain, Hubungan D_r dan q_c dalam kajian ini dapat dengan mudah digunakan untuk keperluan rekayasa sipil umumnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Saudara R Narudialex, ST yang telah melaksanakan pengujian laboratorium terhadap sampel-sampel tanah yang mana mempergunakan juga hasil pengujian ini dalam tesisnya untuk menyelesaikan pendidikan jenjang sarjana di Teknik Sipil Universitas Andalas pada tahun 2015.

DAFTAR PUSTAKA

- Håkansson, I and Lipiec, J. 2000, A review of the usefulness of relative bulk density values in studies of soil structure and compaction, *Soil and Tillage Research* - Elsevier Pub., Volume 53, Issue 2, January 2000, pp. 79–85
- Jamiolkowski, M., Lo Presti, D. C. F. and Manassero, M. , 2003, Evaluation of Relative Density and Shear Strength of Sands from CPT and DMT, *Soil Behavior and Soft Ground Construction*: ASCE., pp. 209-238
- Robertson, P. K. and Cabal, K.L., July 2009, *Guide to Cone Penetration Testing for Geotechnical Engineering*: 4th Edition, Gregg Drilling & Testing, Inc. Signal Hill, California
- Kulhawy, F.H. and Mayne, P.W. 1990. Manual on estimating soil properties for foundation design. Report EL-6800, Electric Power Research Institute, Palo Alto, 306 p. www.epri.com.

STUDI PERILAKU STRUKTUR BETON BERTULANG DENGAN LAYOUT BANGUNAN BERBENTUK L

Riki Febriano

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas, Padang, febriano.riki@yahoo.co.id

Nidiasari

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas, Padang, nidia@ft.unand.ac.id

Jati Sunaryati

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas, Padang, jati@ft.unand.ac.id

Abstrak

Perencanaan struktur bangunan gedung tidak beraturan umumnya didasarkan pada analisis dinamis elastis yang merupakan analisa yang paling sederhana . Pada penelitian ini direncanakan suatu gedung tidak beraturan berbentuk L dengan perencanaan menggunakan standar gempa terbaru SNI 1726-2012 yang berlokasi di kota Padang dengan jenis tanah sedang. Dari hasil analisis dinamis elastis, respons struktur terhadap beban gempa telah memenuhi persyaratan bahwa struktur gedung yang direncanakan tersebut aman terhadap beban gempa ditinjau dari perioda alami struktur yang berada diantara batas maksimum dan minimum, jumlah ragam partisipasi massa telah melebihi minimal 90%, simpangan antar lantai tidak melebihi batas simpangan yang diizinkan.

Untuk mengetahui kinerja dari struktur yang direncanakan, maka perlu dilakukan suatu analisis yang memperlihatkan perilaku struktur pada saat inelastis. Dilakukan analisis pushover dimana beban gempa yang diberikan secara incremental sehingga struktur melewati batas elastisnya. Hasil analisis pushover didapatkan nilai daktilitas struktur sebesar 2,43 dan kinerja gedung yang direncanakan termasuk level immediate Occupancy yang berarti tidak terjadi kerusakan yang berarti pada struktur.

Kata Kunci: respon struktur, analisis dinamis , analisis pushover , kinerja gedung

1. PENDAHULUAN

Respons struktur akibat gempa sangat dipengaruhi oleh bentuk bangunan itu sendiri. Bangunan dengan bentuk beraturan, sederhana, dan simetris akan berperilaku lebih baik terhadap gempa dibandingkan dengan bangunan yang tidak beraturan (Pauly dan Priestley, 1992). SNI 03-1726-2012 menyatakan bahwa struktur bangunan yang memiliki sudut dalam adalah salah satu konfigurasi bangunan yang dapat mengkategorikan suatu gedung menjadi struktur beraturan ataupun tidak beraturan. Untuk mengetahui respons struktur akibat gempa, maka perlu dilakukan analisis beban gempa yang sesuai dengan peraturan yang berlaku,

Perencanaan struktur bangunan gedung tidak beraturan umumnya didasarkan pada analisa dinamik elastis yang merupakan analisa yang paling sederhana. Analisa ini tidak mampu memperhitungkan cadangan kekuatan yang ada pada struktur mulai dari terbentuknya sendi plastis pertama hingga keruntuhan yang sebenarnya. Sehingga evaluasi yang dapat memperkirakan kondisi inelastis bangunan pada saat gempa terjadi diperlukan untuk mendapatkan jaminan bahwa kinerja gedung memuaskan saat gempa

Analisa *pushover* merupakan salah satu komponen *performance based seismic design* yang memanfaatkan teknik analisa *non-linier* berbasis komputer untuk menganalisa perilaku inelastis struktur dari berbagai macam intensitas gerakan tanah (gempa), dengan memberikan pola beban statik tertentu dalam arah lateral yang besarnya ditingkatkan secara bertahap (*incremental*) sampai struktur tersebut mencapai target displacement tertentu atau mencapai pola keruntuhan tertentu.

Bedasarkan hal itu direncanakan suatu struktur beton bertulang dengan layout berbentuk L yang didisain berdasarkan SNI 1726-2012 dan dievaluasi dengan analisis statis non linier (*pushover*).

2. STUDI PUSTAKA

2.1 Perencanaan Bangunan Tahan Gempa Berbasis Kinerja

Dewobroto (2005) menjelaskan perencanaan bangunan tahan gempa berbasis kinerja merupakan proses yang dapat digunakan untuk perencanaan bangunan baru maupun perkuatan bangunan yang sudah ada, dengan pemahaman yang realistik terhadap resiko keselamatan, kesiapan pakai dan kerugian harta benda yang mungkin terjadi akibat gempa yang akan datang. Proses perencanaan tahan gempa berbasis kinerja dimulai dengan membuat model rencana bangunan kemudian melakukan simulasi kinerjanya terhadap berbagai kejadian gempa. Setiap simulasi memberikan informasi tingkat kerusakan, ketahanan struktur, sehingga dapat memperkirakan berapa besar keselamatan, kesiapan pakai dan kerugian harta benda yang akan terjadi. Perencana selanjutnya dapat mengatur ulang resiko kerusakan yang dapat diterima sesuai dengan resiko biaya yang dikeluarkan.

Sasaran kinerja terdiri dari kejadian gempa rencana yang ditentukan (*earthquake hazard*), dan taraf kerusakan yang diijinkan atau level kinerja (*performance level*) dari bangunan terhadap kejadian gempa tersebut. Mengacu pada FEMA-273 (1997) yang menjadi acuan klasik bagi perencanaan berbasis kinerja maka kategori level kinerja struktur adalah;

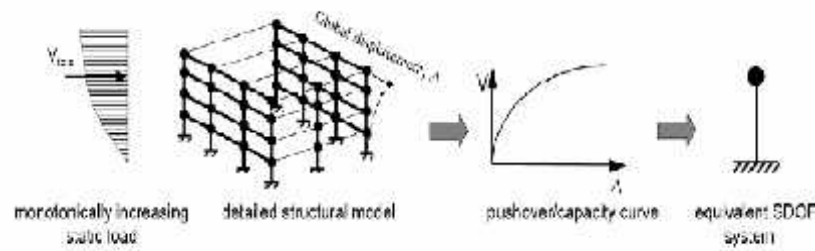
1. Segera dapat dipakai (IO = *Immediate Occupancy*),
2. Keselamatan penghuni terjamin (LS = *Life Safety*),
3. Terhindar dari keruntuhan total (CP = *Collapse Prevention*).

2.2 Analisis Statis Non Linier (Pushover)

Analisis beban statik dorong (*pushover analysis*) adalah suatu analisis statik non linier dimana pengaruh gempa rencana terhadap struktur bangunan gedung dianggap sebagai beban-beban statik yang menangkap pada pusat massa masing-masing lantai, yang nilainya ditingkatkan secara berangsur-angsur sampai melampaui pembebanan yang menyebabkan terjadinya pelelehan (sendi plastis) pertama di dalam struktur bangunan gedung, kemudian dengan peningkatan beban lebih lanjut mengalami perubahan bentuk pasca-elastis yang besar sampai mencapai kondisi plastis.

Analisis *pushover* menghasilkan kurva *pushover* (Gambar 1), kurva yang menggambarkan hubungan antara gaya geser dasar (V) versus perpindahan titik acuan pada atap (D). Pada proses *pushover*, struktur didorong sampai mengalami leleh disatu atau lebih lokasi di struktur tersebut. Kurva *pushover* akan memperlihatkan suatu kondisi linier sebelum mencapai kondisi leleh dan selanjutnya berperilaku non-linier serta menunjukkan

hubungan kurva beban lateral-peralihan oleh peningkatan beban statik sampai pada kondisi ultimit atau target peralihan yang diharapkan



Gambar 1. Skematik Analisis Statik Beban Dorong (ATC, 2004)

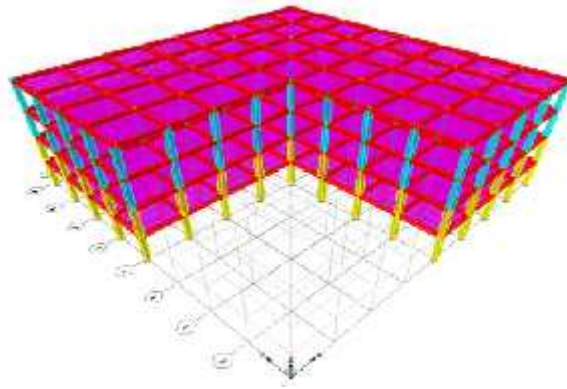
3. HASIL, ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

3.1 Preliminary Design

- a. Properties beton
 - Mutu Beton : K-350
 - Elastisitas : 25.332,08 Mpa
 - Poisson Ratio : 0,2
- b. Jumlah Lantai : 4 lantai
- c. Tinggi Bangunan : 14 Meter
- d. Lebar Bangunan : 16 Meter
- e. Panjang Bangunan : 32 Meter
- f. Dimensi Kolom :
 1. Kolom 1-2 (50x50 cm)
 2. Kolom 3-4 (45x45 cm)
- g. Dimensi Balok : 45x30 cm
- h. Tebal pelat lantai : 12 cm
- i. Fungsi Bangunan : Gedung Perkantoran
- j. Mutu Tulangan Utama : 400 MPa
- k. Mutu Tulangan Geser : 240 MPa

3.2 Permodelan Struktur

Permodelan struktur dilakukan sesuai dengan Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002). Permodelan struktur ini dilakukan dengan menggunakan software analisis struktur.



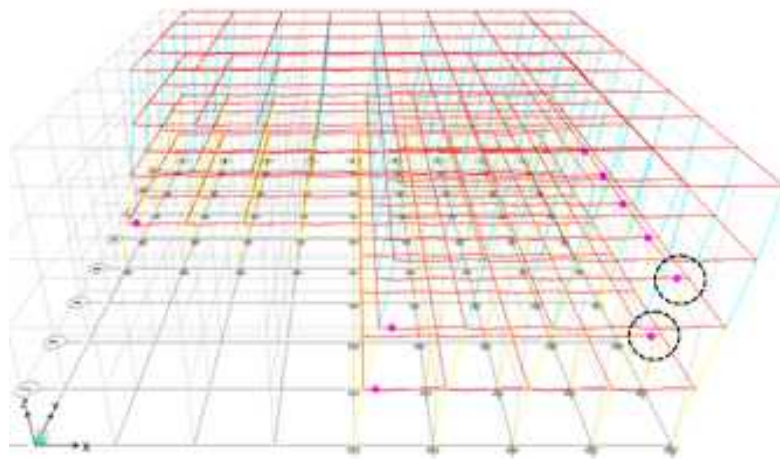
Gambar 2. Permodelan Struktur

3.3 Hasil Analisis Pushover

a. Skema distribusi sendi plastis

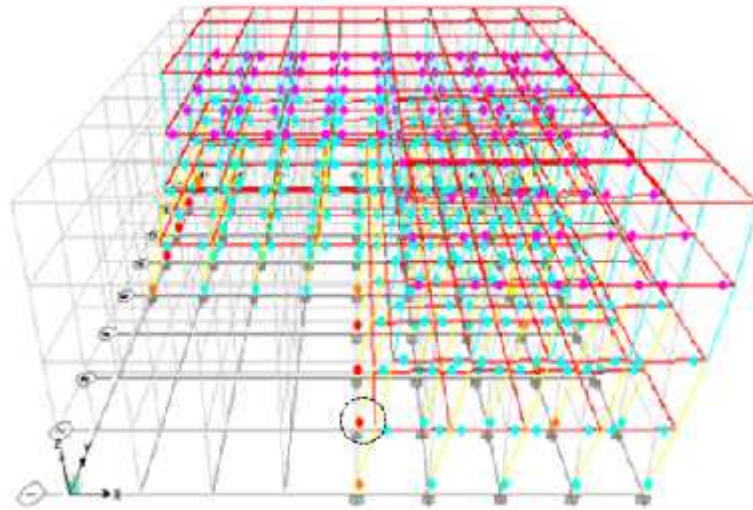
Sendi plastis akibat momen lentur dapat terjadi pada struktur dimana beban yang bekerja melebihi kapasitas momen lentur yang ditinjau.

Bedasarkan hasil analisis *pushover* sendi plastis pertama terjadi pada step ke 5 terletak pada salah satu ujung balok lantai 1 dan lantai 2 yang ditunjukkan pada gambar 3 hal ini menunjukkan bahwa pada bangunan dengan layout L dengan beban gempa arah X pada bagian itulah bagian kritis pada gedung tersebut.



Gambar 3. Distribusi sendi plastis pertama pada balok

Hasil akhir analisis *pushover* pada step ke 20 menunjukkan terjadinya keruntuhan pada struktur ditandai dengan sendi plastis berwarna merah. Besarnya perpindahan 0,1301 m dan gaya geser dasar sebesar 4980,99 kN. Distribusi sendi plastis pada gedung hanya terjadi pada elemen balok dan kolom lantai dasar saja, sehingga tidak terjadi mekanisme tingkat. Hal tersebut sesuai dengan metode perencanaan kolom kuat-balok lemah (*strong column weak beam*).



Gambar 4. Distribusi sendi plastis step 20

b. Analisa Daktilitas Struktur

Selanjutnya variabel yang ditinjau adalah nilai daktilitas struktur. Pengecekan daktilitas struktur dilakukan dengan melakukan analisis pushover terhadap struktur. Beban gempa diberikan pada arah x bangunan. Titik tinjau analisa berada di pusat massa pada atap bangunan.

Step	Displacement	Base Force	A-M	B-IB	IO-LS	LS-CP	CP-C	C-D	D-E	PS	TOTAL
0	2.6368 08	0.0000	1474	0	0	0	0	0	0	0	1474
1	0.0100	163677.6200	1474	0	0	0	0	0	0	0	1474
2	0.0200	327355.2500	1474	0	0	0	0	0	0	0	1474
3	0.0300	491032.8750	1474	0	0	0	0	0	0	0	1474
4	0.0400	654710.5000	1474	9	0	0	0	0	0	0	1474
5	0.0417	682035.7500	1250	224	0	0	0	0	0	0	1474
6	0.0578	856407.8125	1237	247	0	0	0	0	0	0	1474
7	0.0607	957777.6075	1150	324	0	0	0	0	0	0	1474
8	0.0767	1009716.4025	1073	399	4	0	0	0	0	0	1474
9	0.0874	1054307.2500	1073	249	152	0	0	0	0	0	1474
10	0.0974	1093702.8750	1073	112	289	0	0	0	0	0	1474
11	0.1074	1133097.6250	1073	112	289	0	0	0	0	0	1474
12	0.1174	1172492.4750	1073	112	289	4	0	0	0	0	1474
13	0.1274	1211888.0000	1073	112	289	56	0	0	0	0	1474
14	0.1374	1251283.2500	1073	112	181	105	0	0	0	0	1474
15	0.1474	1290678.5000	1073	112	112	177	0	0	0	0	1474
16	0.1574	1330073.7500	1073	112	60	209	0	0	0	0	1474
17	0.1674	1369469.0000	1073	112	0	289	0	0	0	0	1474
18	0.1774	1408864.2500	1073	112	0	283	0	6	0	0	1474
19	0.1867	1448703.5000	1073	112	0	275	0	1	7	6	1474
20	0.1901	507920.2188	1474	0	0	0	0	0	0	0	1474

Gambar 5. Distribusi sendi plastis

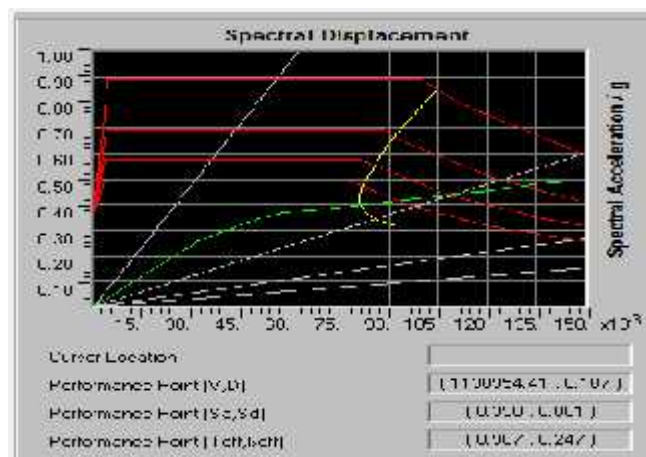
Berdasarkan FEMA 273 titik leleh terjadi pada level IO-LS (Intermediate Occupancy – Life Safety). Nilai daktilitas adalah rasio perpindahan saat maksimum $\delta_{\max}(\text{step}19)$ dan perpindahan saat leleh δ_y (step 8)

$$\begin{aligned}\text{Daktilitas } (\mu\Delta) &= \delta_{\max} / \delta_{y\text{ield}} \\ (\mu\Delta) &= 0,1867 / 0,0767 \\ (\mu\Delta) &= 2,43\end{aligned}$$

c. Level Kinerja Struktur

Level kinerja ditentukan berdasarkan spektrum kapasitas, dimana dalam metoda spektrum kapasitas proses dimulai dengan menghasilkan kurva hubungan gaya perpindahan yang memperhitungkan kondisi inelastis struktur. Setelah titik kinerja struktur diketahui maka selanjutnya menentukan tingkat kinerja dari struktur dengan mengacu pada ketentuan ATC-40. Untuk menentukan titik kinerja maka perlu diinputkan data spektrum respon sebagai berikut ($C_a = 0,358$ dan $C_v = 0,599$)

Hasil analisis memperlihatkan bahwa dengan metode spektrum kapasitas ATC-40 diperoleh yaitu $D = 0,107$ m , $V_t = 1130954,41$ kg dan waktu getar alami efektif (T_e) diperoleh sebesar 0,907 detik. Berdasarkan ATC-40 level kinerja struktur diperoleh dari ratio drift pada lantai atap terhadap tinggi total gedung.



Gambar 6. Titik kinerja struktur

$$\begin{aligned}\text{Sehingga, } \text{Drift ratio} &= (D / H) \\ &= 0,107 / 14 \\ &= 0,00764\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Maximum In-elastic Drift} &= (D_T - D_1) / H \\ &= (0,107 - 0,0767) / 14 \\ &= 0,0021\end{aligned}$$

Tabel 3.3 Level Kinerja Berdasarkan ATC-4

Interstory Drift Limit	Performance Level			
	Immediate Occupancy	Damage Control	Life Safety	Structural Stability
Maksimum Total Drift	0.01	0.01-0.02	0.02	0.03 V_i/P_i
Minimum inelastic Drift	0.005	0.005-0.015	No Limit	No Limit

Berdasarkan ATC-40 struktur termasuk kedalam level *immediate occupancy*. Apabila terjadi gempa, gedung tidak mengalami kerusakan struktural dan non struktural, sehingga bangunan aman dan dapat langsung dipakai.

4. KESIMPULAN

Adapun dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil analisis *pushover* didapatkan nilai daktilitas aktual dari struktur sebesar 2,43.
2. Level kinerja struktur berdasarkan spektrum kapasitas yaitu berada pada level (*immediate occupancy*) yaitu Apabila terjadi gempa, gedung tidak mengalami kerusakan struktural dan non struktural, sehingga bangunan aman dan dapat langsung dipakai
3. Hasil analisis *pushover* memperlihatkan bahwa sendi plastis pertama terjadi pada balok sesuai dengan prinsip *Strong column weak Beam*.

DAFTAR PUSTAKA

- Applied Technology Council.(1996). “ ATC 40 - Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings”, Redwood City, California, U.S.A.
- ASCE.(2000). “FEMA 356 - Prestandard And Commentary For The Seismic Rehabilitation Of Buildings” ,*Federal Emergency Management Agency*, Washington, D.C.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 1726 – 2012*. Jakarta
- Badan Standardisasi Nasional. 2002. *Standar Nasional Indonesia : Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung SNI 03-2847-2002*. Bandung : BSN.
- Dewobroto, Wiryanto. 2005. *Sustainability Construction & Structural Engineering Based on Professionalism*. Civil Engineering National Conference.Unika Soegijapranata, Semarang 17-18 Juni.
- Pauly, T. and Priestley, M. J. N. (1992). *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*. John Wiley & Sons.Inc. New York.

EVALUASI METODA PENGUJIAN BATU BATA

Benny Hidayat

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas, Padang, bennyhidayat@ft.unand.ac.id

Sabril Haris HG

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas, Padang,
sabril_haris_hg@ft.unand.ac.id

Apryando

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas, Padang, apryando64@gmail.com

Abstrak

Peristiwa gempa bumi yang terjadi pada tanggal 30 September 2009 di kawasan Sumatera Barat dengan magnitude 7,9 skala Richter telah mengakibatkan banyak gedung kantor pemerintahan atau pun swasta dan rumah masyarakat (*non-engineered building*) mengalami rubuh atau kerusakan. Kerusakan terutama pada dinding bangunan yang mengalami retak atau pecah. Hal ini disebabkan karena kualitas batu bata yang kurang baik. Dalam proses rekonstruksi bangunan pasca gempa diperlukan material bangunan yang berkualitas baik sehingga mutu bangunan yang dihasilkan juga bisa bermutu baik. Salah satu material bangunan tersebut adalah batu bata. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi berbagai metoda pengujian batu bata dan melakukan pengujian mutu batu bata dari sampel yang diambil dari empat daerah di Sumatera Barat, yaitu batu bata yang berasal dari Kota Pariaman, Kota Padang, Kota Payakumbuh, dan Kota Bukittinggi. Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan kualitas diantara masing-masing batu bata diantara daerah tersebut. Hasil pengujian menunjukkan batu bata dari daerah mana yang memiliki kualitas yang baik dan bisa digunakan untuk konstruksi. Serta dalam penelitian ini juga disajikan kelebihan dan kekurangan dari masing-masing metoda pengujian mutu batu bata tersebut.

KataKunci : Batu Bata, Metoda Pengujian, Kualitas, Konstruksi

1. PENDAHULUAN

Peristiwa gempa bumi yang terjadi pada tanggal 30 September 2009 melanda kawasan Sumatera Barat dan sekitarnya dengan magnitude 7,9 skala Richter. Akibat gempa tersebut banyak kantor-kantor pemerintahan dan swasta serta rumah masyarakat (*non-engineered building*) mengalami kerusakan pada bagian struktural atau pun non-struktural. Kerusakan terutama pada dinding bangunan yang mengalami retak atau pecah. Kerusakan ini disebabkan oleh kualitas batu bata yang kurang baik. Untuk proses rekonstruksi bangunan rumah diperlukan material bangunan yang bermutu baik, termasuk batu bata yang bermutu baik.

Namun di lapangan tersedia batu bata dengan ukuran dan mutu yang beragam, juga dengan berbagai metoda pengujian mutu bata. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi berbagai metoda pengujian mutu batu bata, mengidentifikasi karakteristik batu bata dari berbagai daerah di Sumatera Barat, serta mengidentifikasi kelebihan dan kekurangan dari masing-masing metoda pengujian mutu batu bata tersebut.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Batu bata adalah salah satu jenis material pembuat dinding yang dipergunakan didalam pembuatan konstruksi bangunan yang dibuat dari tanah liat, kemudian ditambah air dengan atau tanpa campuran bahan-bahan lain. Lalu melalui beberapa tahap-tahap pengerjaan seperti menggali, mengolah, mencetak, mengeringkan, membakar pada temperatur yang tinggi hingga matang dan berubah warna, serta akan mengeras seperti batu jika didinginkan dan tidak dapat hancur lagi bila direndam didalam air (Kamali, 2014).

Ada berbagai metoda pengujian batu bata antara lain (PNP, 2013) adalah : pengujian tampak luar dan ukuran batu bata, pengujian kuat tekan batu bata, pengujian daya serap (absorpsi) batu bata, pengujian daya hisap (suction rate) batu bata, pengujian bobot isi batu bata, dan pengujian kadar garam batu bata.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dimulai dari tahap tinjauan pustaka mengenai metoda pengujian batu bata, melalui penelusuran bahan-bahan, artikel, jurnal, referensi dan literatur lainnya. Beberapa metoda pengujian bisa diidentifikasi dari studi literatur tersebut (seperti dari Handayani 2010, Kamali 2012, Nur 2008 dan Syah 2007), namun tidak semua memiliki prosedur pengujian yang lengkap dan interpretasi pengujian yang lengkap. Tahapan selanjutnya adalah melakukan pengujian batu bata dengan beberapa metoda pengujian tersebut dengan menggunakan sampel batu bata dari berbagai daerah di Sumatera Barat.

Sampel batu bata didatangkan dari empat daerah yaitu batu bata dari Kota Padang, Kota Pariaman, Kota Payakumbuh, dan Kota Bukittinggi. Untuk masing-masing pengujian digunakan lima buah batu bata dari setiap sampel dan pelaporan hasil pengujian dalam bentuk angka rata-rata dari lima batu bata tersebut. Pengujian mutu bata tersebut akan menghasilkan karakteristik mutu batu bata dari keempat daerah tersebut, dan kemudian juga dilakukan pembahasan mengenai kelebihan dan kekurangan masing-masing metoda pengujian. Pada bagian Hasil dan Pembahasan berikut akan disampaikan hasil pengujian mutu bata dari sampel keempat daerah tersebut.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik mutu bata

Pengujian Daya Serap (Absorpsi) Batu Bata

Berikut adalah hasil pengujian daya serap (absorpsi) rata-rata batu bata dari masing-masing sampel daerah.

Tabel 4.1 Pengujian Daya Serap (Absorpsi) Batu Bata

Sampel	Rata-rata Daya Serap (Absorpsi) Batu Bata
Kota Pariaman	33,12 %
Kota Padang	32,28 %
Kota Payakumbuh	25,47 %
Kota Bukittinggi	29,86 %

Dari tabel 4.1 diatas, dapat diketahui bahwa persentase daya serap (absorpsi) batu bata Kota Pariaman dan Kota Padang adalah rata-rata diatas 30 %. Berarti batu bata dari kedua kota tersebut termasuk kedalam batu bata yang kurang bagus kualitasnya. Hal ini dikarenakan standar atau syarat batu bata yang kualitasnya bagus adalah persentase daya serap (absorpsi) nya tidak lebih dari 30 %. Kemudian dari tabel yang sama dapat juga diketahui bahwa persentase daya serap (absorpsi) batu bata Kota Payakumbuh dan Kota Bukittinggi adalah rata-rata dibawah 30 %. Berarti batu bata dari kedua kota tersebut termasuk kedalam batu bata yang bagus kualitasnya.

Pengujian Bobot Isi Batu Bata

Pada tabel 4.2 berikut disajikan hasil pengujian bobot isi rata-rata batu bata dari masing-masing sampel daerah.

Tabel 4.2 Pengujian Bobot Isi Batu Bata

Sampel	Bobot Isi Rata-rata Batu Bata (Kg/dm ³)
Kota Pariaman	1,1951
Kota Padang	1,1534
Kota Payakumbuh	1,4796
Kota Bukittinggi	1,3046

Dari tabel 4.2 diatas, dapat diketahui bahwa bobot isi rata-rata batu bata dari Kota Pariaman, Kota Padang, dan Kota Bukittinggi adalah antara 800 - 1400 gr/dm³ atau 0,8 - 1,4 Kg/dm³. Maka kekuatan batu bata untuk menahan beban cukup kuat karena rongga pada batu bata jumlahnya cukup sedikit. Disamping itu juga dapat diketahui bobot isi rata-rata batu bata dari Kota Payakumbuh lebih besar dari 1400 gr/dm³ atau 1,4 Kg/dm³. Jika bobot isi batu bata lebih dari 1400 gr/dm³ atau 1,4 Kg/dm³, maka kekuatan batu bata untuk menahan lebih besar dan memiliki rongga yang sangat rapat atau sedikit sehingga baik digunakan untuk konstruksi.

Pengujian Tampak Luar dan Ukuran Batu Bata

Pengujian berikutnya berupa pengujian tampak luar dan ukuran batu bata, hasilnya bisa terlihat pada tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 Pengujian Tampak Luar dan Ukuran Batu Bata

Sampel	Ukuran Rata-rata Batu Bata			Berat Kering (Kg)
	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	
Kota Pariaman	18,99	9,8	4,92	1,169
Kota Padang	19,08	9,67	5,15	1,171
Kota Payakumbuh	21,47	10,50	5,28	1,774
Kota Bukittinggi	21,40	10,52	6,04	1,903

Dari tabel 4.3 diatas dapat diketahui bahwa masing-masing kelompok mempunyai ukuran yang beragam. Pada kelompok sampel tersebut kemudian dilakukan uji penyaringan dimana batu bata dari kota Pariaman, Padang, dan Bukittinggi mengalami perubahan bunyi setelah di oven. Sedangkan batu bata dari kota Payakumbuh tidak mengalami perubahan bunyi meskipun telah di oven.

Pengujian Kuat Tekan Batu Bata

Berikut adalah hasil pengujian kuat tekan rata-rata batu bata dari masing-masing sampel daerah :

Tabel 4.4 Pengujian Kuat Tekan Batu Bata

Sampel	Kuat Tekan Rata-rata Batu Bata (Kg/cm ²)
Kota Pariaman	38,176
Kota Padang	31,956
Kota Payakumbuh	39,519
Kota Bukittinggi	33,099

Dari tabel 4.4 diatas, dapat diketahui bahwa kuat tekan rata-rata batu bata dari Kota Pariaman, Padang, Payakumbuh, dan Bukittinggi adalah rata-rata dibawah 50 Kg/cm². Dari hasil diatas didapatkan bahwa batu bata masuk kedalam kelas 2 dengan kuat tekan rata-rata 25 - 50 Kg/cm² dengan koefisien variasi 22 %.

Pengujian Daya Hisap (Suction Rate) Batu Bata

Berikut adalah hasil pengujian daya hisap rata-rata batu bata dari masing-masing sampel daerah :

Tabel 4.5 Pengujian Daya Hisap (Suction Rate) Batu Bata

Sampel	Daya Hisap Rata-rata Batu Bata (gr/dm ² /menit)
Kota Pariaman	37,191
Kota Padang	36,998
Kota Payakumbuh	13,731
Kota Bukittinggi	27,698

Dari tabel 4.5 diatas, dapat diketahui bahwa daya hisap rata-rata batu bata dari Kota Pariaman, Padang, dan Bukittinggi adalah antara 20 - 70 gr/dm²/menit. Batu bata ini termasuk kedalam mutu bata menengah. Kemudian dari tabel yang sama dapat juga diketahui bahwa daya hisap rata-rata batu bata Kota Payakumbuh antara 10 - 20 gr/dm²/menit. Batu bata ini termasuk kedalam mutu bata tinggi.

Pengujian Kadar Garam Batu Bata

Berikut adalah hasil pengujian kuat tekan rata-rata batu bata dari masing-masing sampel daerah :

Tabel 4.6 Pengujian Kadar Garam Batu Bata

Sampel	Kadar Garam Rata-rata Batu Bata
Kota Pariaman	3,30 %
Kota Padang	18 %
Kota Payakumbuh	1,26 %
Kota Bukittinggi	5,50 %

Berdasarkan tabel 4.7 diatas, dapat diketahui bahwa kadar garam batu bata dari keempat kota tersebut kurang dari 50 %. Maka batu bata tersebut dapat digunakan sebagai bahan konstruksi karena memiliki ikatan yang bagus antara batu bata dan adukan. Sehingga daya

tahan terhadap tembok bata menjadi bagus. Apabila kadar garam kurang dari 50 % maka batu bata tersebut tidak membahayakan atau mengandung kadar garam yang sedikit.

4.2 Kelebihan dan Kekurangan Metoda Pengujian Batu Bata

Pengujian Tampak Luar dan Ukuran Batu Bata

Kelebihan pengujian tampak luar dan ukuran batu bata ini adalah dapat dilakukan secara sederhana dan mudah. Sehingga pengujian ini dapat dilakukan dimana saja tanpa harus di laboratorium. Sedangkan kekurangan dari pengujian tampak luar dan ukuran batu bata ini adalah pengujian tampak luar dan ukuran batu bata ini dilakukan secara visual (penglihatan). Dikarenakan pengujian dilakukan secara visual, maka asumsi setiap orang pasti akan berbeda. Sehingga akan banyak terjadi kesalahan di dalam pengujian ini.

Pengujian Kuat Tekan Batu Bata

Kelebihan pengujian kuat tekan ini adalah pengujian ini menggunakan alat *Compressive Strength* dimana pengujian ini harus dilakukan di laboratorium. Data yang didapat lebih jelas karena kuat tekan dari masing-masing daerah langsung terbaca dari alat. Disamping itu, dengan adanya perhitungan kuat tekan, maka data yang didapat akan lebih rinci. Kekurangan pengujian kuat tekan ini adalah dikarenakan pengujian ini memakai alat, maka penggunaannya harus teliti dan bisa membaca nilai kuat tekan yang tertera pada alat tersebut. Hal ini bisa terjadi kesalahan didalam melihat nilai kuat tekan yang tertera pada alat tersebut.

Pengujian Daya Serap (Absorpsi) Batu Bata

Kelebihan pengujian daya serap (absorpsi) ini adalah pengujiannya bisa sejalan dengan pengujian bobot isi batu bata. Disamping itu, data yang didapat juga lebih jelas karena menggunakan perhitungan didalam pengujiannya. Kekurangan pengujian daya serap (absorpsi) ini adalah terdapat pada perhitungannya. Apabila tidak teliti didalam melakukan perhitungan, maka data yang didapat tidak akan valid dan tidak sesuai dengan yang semestinya.

Pengujian Daya Hisap (*Suction Rate*) Batu Bata

Kelebihan pengujian daya hisap (*Suction Rate*) ini adalah pengujian ini sejalan dengan pengujian tampak luar dan ukuran batu bata. Hal ini dikarenakan setelah pengujian tampak luar dan ukuran batu bata, sampel tersebut kemudian dimasukkan kedalam oven untuk pengujian daya hisapnya. Sehingga tidak terlalu banyak menghabiskan waktu. Disamping itu, pengujian ini juga terdapat perhitungan sehingga data yang didapat lebih jelas.

Adapun kekurangan dari pengujian daya hisap (*suction rate*) ini adalah pengujian ini mengalami kesulitan didalam menentukan luas permukaan batu bata yang basah. Hal ini dikarenakan pada saat batu bata tersentuh air dan didiamkan selama satu menit kemudian diangkat. Disana akan terlihat air yang terus bergerak keatas permukaan batu bata. Sedangkan waktu yang diberikan sudah limit, sehingga mengalami kesulitan di dalam menentukan panjang, lebar, dan tinggi batu bata yang terkena air.

Pengujian Bobot Isi Batu Bata

Kelebihan pengujian bobot isi ini adalah pengujian ini bisa dikatakan sebagai lanjutan dari pengujian daya serap batu bata. Hal ini dikarenakan pengujian daya serap dan bobot isi ini sejalan. Sehingga tidak terlalu lama memakan waktu di dalam pengujiannya. Disamping itu, data yang didapat dari pengujian ini juga lebih jelas karena menggunakan perhitungan di dalam pengujiannya. Kekurangan dari pengujian bobot isi ini adalah terdapat pada perhitungannya. Oleh karena itu, harus teliti didalam melakukan pengujian ini agar data yang didapat lebih jelas.

Pengujian Kadar Garam Batu Bata

Pengujian kadar garam ini sangat sederhana sekali, sehingga pengujiannya pun bisa dilakukan dimana saja tanpa harus di laboratorium. Pengujian ini dilakukan secara visual (penglihatan), sehingga asumsi setiap orang akan berbeda di dalam menentukan jumlah butiran atau kristal yang terdapat pada batu bata tersebut.

5. KESIMPULAN

Dari pembahasan yang telah diuraikan pada bagian sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Batu bata dari Kota Pariaman dan Kota Padang tidak memenuhi salah satu dari metoda pengujian batu bata.
2. Batu bata dari Kota Payakumbuh dan Kota Bukittinggi memenuhi semua metoda pengujian batu bata.
3. Metoda pengujian batu bata ini, dapat dijadikan sebagai parameter didalam menentukan kualitas (mutu) baik atau buruknya batu bata.
4. Diantara metoda pengujian batu bata tersebut, yang paling efektif didalam menentukan kualitas (mutu) baik atau buruknya batu bata adalah pengujian kuat tekan, daya serap, bobot isi, dan daya hisap. Hal ini disebabkan karena keempat pengujian batu bata tersebut dilakukan secara visual dan perhitungan. Sedangkan untuk pengujian tampak luar dan ukuran, dan pengujian kadar garam hanya dilakukan secara visual saja, sehingga dikhawatirkan data yang diperoleh tidak menggambarkan mutu yang sebenarnya.
5. Batu bata dari empat daerah tersebut memiliki karakteristik yang berbeda satu sama lain. Mulai dari ukuran, warna, bentuk, dan lain-lain, sehingga dapat dengan mudah mengetahui dari mana batu bata tersebut berasal jika dilihat dari bentuk dan warna batu bata tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Handayani, Sri. 2010. Kualitas Batu Bata Merah Dengan Penambahan Serbuk Gergaji. Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan, 1(12). <http://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/jtsp/article/view/1339>. Diakses 15 Oktober 2014.
- L Kamali. 2012. Pengaruh Penambahan Abu Sabut Kelapa Pada Pembuatan Batu Bata Tanpa Pembakaran Terhadap Kuat Tekan dan

Porositas. <http://eprints.ung.ac.id/5017/6/2012-1-22201-511410071-bab2-10092012031053.pdf>. Diakses Juni 2015.

Nur, Oscar Fithrah. 2008. Analisa Sifat Fisis dan Mekanis Batu Bata Berdasarkan Sumber Lokasi dan Posisi Batu Bata Dalam Proses Pembakaran. Jurnal Rekayasa Sipil, 4(2). <http://www.e-jurnal.com/2014/07/analisa-sifat-fisis-dan-mekanis-batu.html>. Diakses 10 Oktober 2014.

Syah, Putra Andrian. 2007. Optimalisasi Produksi Dengan Pengendalian Kualitas Kekuatan Batu Bata Menggunakan Metode Taguchi di CV Rezky Jaya Labuhan Batu. <http://digilib.unimed.ac.id/bookmark/26278/Eksperi>

STUDI EKSPERIMEN EVALUASI PENGARUH DINDING BATA DENGAN BUKAAN (WALL WITH OPENING) TERHADAP KUAT LATERAL STRUKTUR RANGKA BETON BERTULANG

Maidiawati

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Padang, Padang,
maidiawati@yahoo.com

Nardo Anugrah Pratama

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Padang, Padang,
nardo_anugrapratama@yahoo.com

Jafril Tanjung

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas, Padang, jafriltanjung@ft.unand.ac.id

Hamdeni Medriosa

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Padang, Padang,
hamdeni.medriosa@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi secara eksperimen pengaruh dinding bata dengan bukaan (*brick wall with opening*) di tengah panel dinding terhadap kapasitas seismik struktur rangka beton bertulang secara keseluruhan. Untuk mencapai tujuan tersebut maka dilakukan pengujian pada 3 (tiga) benda uji, struktur rangka beton bertulang tanpa dinding (BF), struktur rangka beton bertulang dengan dinding penuh (IFFW) dan struktur rangka beton bertulang dengan dinding ada bukaan di tengah (IFOW). Benda uji struktur merupakan representatif dari struktur rangka dengan dinding yang banyak terdapat pada gedung beton bertulang di kota Padang. Pengujian dilakukan dengan memberikan beban lateral monolitik pada struktur secara bertahap sampai struktur mengalami keruntuhan.

Hasil pengujian memberikan bahwa struktur rangka dengan dinding penuh memiliki kekuatan lateral yang lebih besar dari pada struktur rangka tanpa dinding dan dari pada struktur rangka dengan dinding bukaan. Dinding bata dengan bukaan seluas 25% di tengah panel dinding memberikan kontribusi kekuatan lateral pada struktur rangka sekitar 17%. Bukaan pada dinding bata ini menurunkan kekuatan lateral dinding bata penuh sebesar 66%. Kapasitas daktilitas struktur rangka dengan dinding penuh dan dinding ada bukaan lebih kecil dibandingkan dengan daktilitas dengan struktur rangka tanpa dinding.

Kata Kunci : 1. dinding bata dengan bukaan, 2. kekuatan lateral, 3. struktur rangka.

1. PENDAHULUAN

Struktur rangka beton bertulang dengan dinding bata sebagai pengisi (*RC frame with unreinforced brick masonry wall*) sangat banyak dipakai pada gedung beton bertulang di Indonesia termasuk di daerah dengan resiko gempa tinggi. Berdasarkan pengalaman gempa besar yang terjadi di beberapa daerah di Indonesia, sejumlah bangunan beton bertulang

mengalami keruntuhan dan rusak berat namun beberapa gedung dengan adanya dinding bata dalam struktur rangka dapat bertahan dari keruntuhan.

Dalam perhitungan perencanaan bangunan beton bertulang terhadap beban gempa, keberadaan dinding bata umumnya diabaikan dengan menganggapnya hanya sebagai komponen tanpa penahan beban (*non-structure*). Namun sejumlah penelitian yang dilakukan oleh beberapa peneliti menyatakan bahwa dinding bata berpengaruh terhadap kapasitas seismik dan perilaku struktur rangka secara keseluruhan. Pada bangunan beton bertulang, struktur rangka tidak hanya diisi oleh dinding penuh akan tetapi juga terdapat dinding bata dengan bukaan (*opening*) yang berfungsi untuk jendela, pintu, ventilasi dan lain-lain.

2. STUDI PUSTAKA

Beberapa penelitian tentang pengaruh keberadaan dinding pengisi dalam struktur rangka akibat beban gempa telah banyak dilakukan oleh ahli struktur. Mehrabi dkk. (1994, 1996) menguji dua model struktur rangka beton bertulang dengan dinding dari blok beton mendapatkan bahwa dinding pengisi dalam struktur rangka berpengaruh meningkatkan kekuatan dan kekakuan lateral, dan dissipasi energi struktur.

Maidiawati dkk. (2008) melakukan investigasi terhadap 2 (dua) bangunan beton bertulang, yang rusak akibat gempa 12-13 September 2007 di Sumatra Barat. Satu dari bangunan tersebut roboh total sedangkan satunya lagi rusak sedang. Hasil analisis kedua bangunan didapatkan bahwa dinding bata berperan dalam memikul beban gempa dan bisa mencegah bangunan dari keruntuhan.

Maidiawati dkk. (2011) melakukan pengujian beban statik siklik pada 4 (empat) model struktur rangka beton bertulang dengan dan tanpa dengan dinding bata. Pengujian menghasilkan bahwa kekuatan lateral dan kekakuan struktur rangka dengan dinding pengisi bata lebih besar dari pada struktur rangka tanpa dinding akan tetapi struktur rangka dengan dinding memiliki daktilitas lebih rendah dari struktur rangka tanpa dinding.

Jurko Zovkic dkk (2012) juga melakukan pengujian beban siklik pada struktur rangka tanpa dinding dan struktur rangka dengan dinding yang memiliki beberapa tipe perbedaan kekuatan dinding. Hasil pengujian mendapatkan bahwa struktur rangka beton bertulang dengan dinding pengisi memiliki kekakuan, dumping kekuatan awal yang jauh lebih besar dibandingkan dengan tanpa dinding.

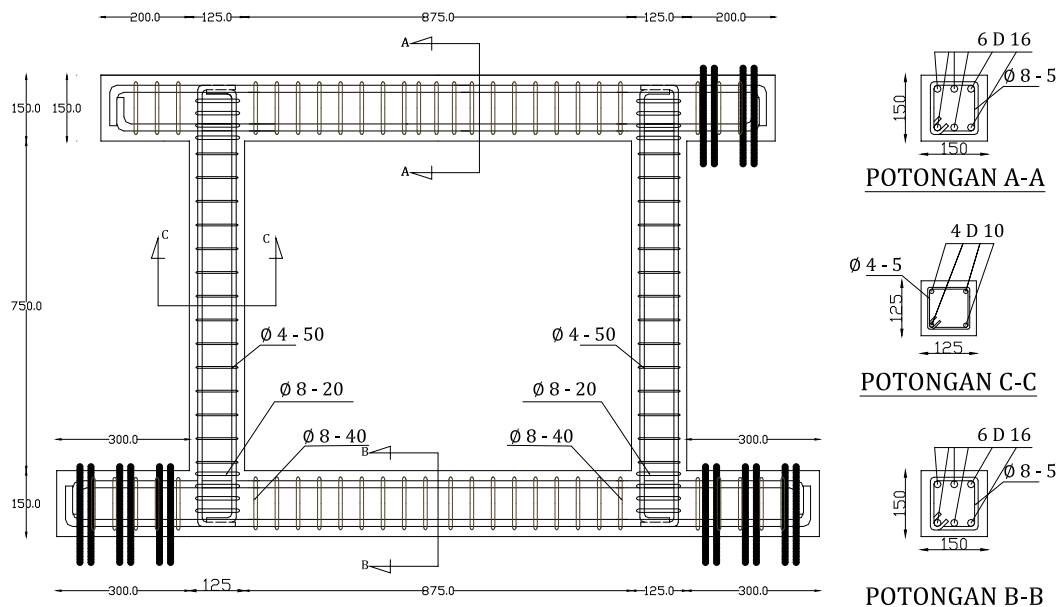
Sejumlah pengujian dan studi analisis terkait dinding dengan bukaan juga telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Mallick dan Garg (1971) meneliti pengaruh lokasi bukaan pada dinding terhadap kekakuan lateral dari struktur rangka. Pada penelitian ini juga mengevaluasi perilaku dari beberapa tipe struktur rangka yang memiliki dan tanpa shear konektor dibawah sistem pembebanan yang sama. Mallick dan Garg mendapatkan bahwa struktur rangka dengan dinding ada bukaan memiliki kekuatan dan kekakuan lateral yang meningkat secara keseluruhan dibandingkan terhadap struktur rangka tanpa dinding.

Gouam Mondala dan Sudhir (2008) melakukan pengujian terhadap terhadap tujuh model struktur rangka dengan dinding pengisi ada bukaan di tengah dinding. Hasil pengujian kemudian diverifikasi dengan finite elemen analisis. Dari pengujian didapatkan bahwa jika luas lobang bukaan kurang dari 5% dari luas dinding maka tidak memberikan pengaruh

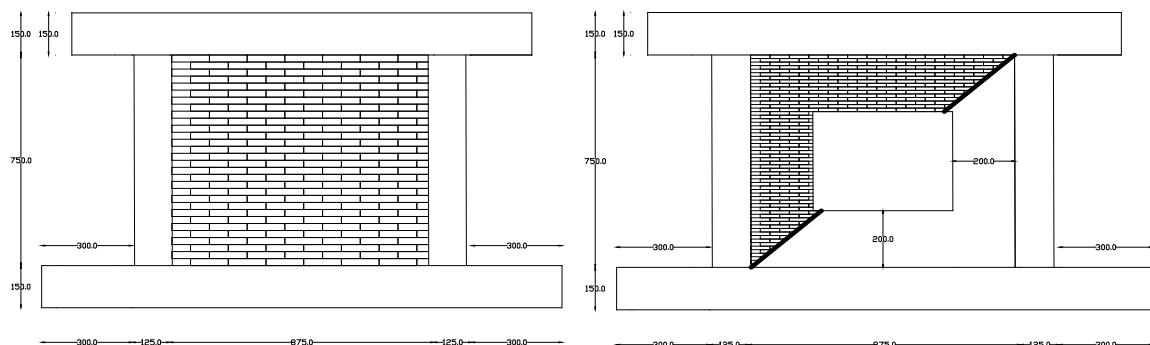
terhadap kekakuan lateral awal dari dinding tersebut. Jika luas bukaan melebihi 40% luas dinding maka keberadaan dinding tidak memberikan pengaruh pada strut dan struktur dapat dianalisa sebagai struktur rangka tanpa dinding (*bare frame*).

3. PENGUJIAN STRUKTUR

3.1 Model Struktur



Gambar 1. Struktur Rangka Beton Bertulang tanpa Dinding (BF)



(a) Dinding penuh (IFFW)

(b) Dinding pakai lobang (IFOW)

Gambar 2. Struktur rangka beton bertulang dengan dinding

Dalam penelitian ini dibuat 3 (tiga) model struktur rangka beton bertulang; struktur rangka tanpa dinding (BF), struktur rangka dengan dinding bata penuh (IFFW), dan struktur rangka dengan dinding bata ada bukaan (IFOW). Struktur rangka memiliki ukuran penampang balok 150x150 mm, tulangan utama dan tulangan sengkang balok masing-masing adalah 6D16 dan Ø8-5. Ukuran penampang kolom 125x125 mm dengan tulangan pokok dan sengkang masing-masing adalah 4D10 dan Ø4-5. Detail penampang struktur rangka dan tulangan ditunjukkan dalam Gambar 1. Struktur rangka untuk dinding penuh (IFFW) dan dinding pakai bukaan (IFOW) memiliki ukuran balok dan kolom serta detail

tulangan yang sama dengan struktur rangka tanpa dinding (BF). Luas bukaan (lobang) ditengah dinding untuk struktur IFOW adalah 25% dari luas total dinding penuh. Gambar 2 menunjukkan struktur rangka dengan dinding bata penuh dan dinding bata ada bukaan.

3.2 Data Material Struktur

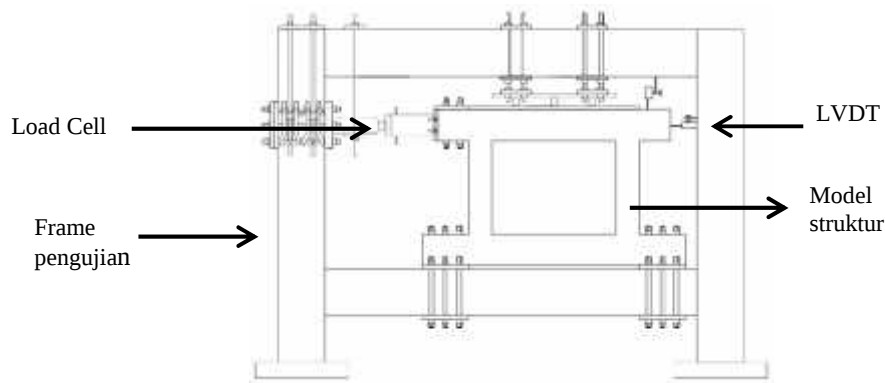
Mutu material beton dan tulangan balok didapatkan melalui uji kuat tekan sample silinder beton umur 28 hari, kuat tekan dinding melalui uji tekan *masonry prism* dan mutu tulangan didapatkandari uji tarik. Data material struktur ditunjukkan dalam tabel 1.

Tabel 1. Data material

Benda Uji	Mutu beton Fc' (Mpa)	Tegangan leleh fy (Mpa)		Kuat tekan dinding (Mpa)
		D10	Ø4	
BF	19,8	390	190	-
IFFW	19,8	390	190	0.9
IFOW	19,8	390	190	0.9

3.3 Pengujian Struktur

Pengujian dilakukan dengan memberikan beban lateral secara monolik pada ke tiga model struktur rangka dengan menggunakan actuator hidrolik. Beban diberikan secara bertahap melalui loadcell dengan mengontrol perpindahan lateral yang diukur dengan LVDT seperti ditunjukkan dalam gambar 8. Retak yang terjadi pada struktur akibat pembebanan diukur dan digambarkan dalam sketsa. Beban terus diberikan sampai perpindahan lateral maksimum namun pembebanan akan dihentikan jika struktur telah mengalami keruntuhan. Ilustrasi setup pengujian lateral monolik ditunjukkan dalam gambar 3.



Gambar 3. Skematik bentuk pengujian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pola Retak dan Mekanisme Keruntuhan Struktur

4.1.1 Struktur BF

Pada struktur rangka tanpa dinding (BF), retak pertama terjadi pada kolom sebelah kiri bagian bawah dengan beban sebesar 10,7 kN. Retak terus bertambah dengan bertambahnya

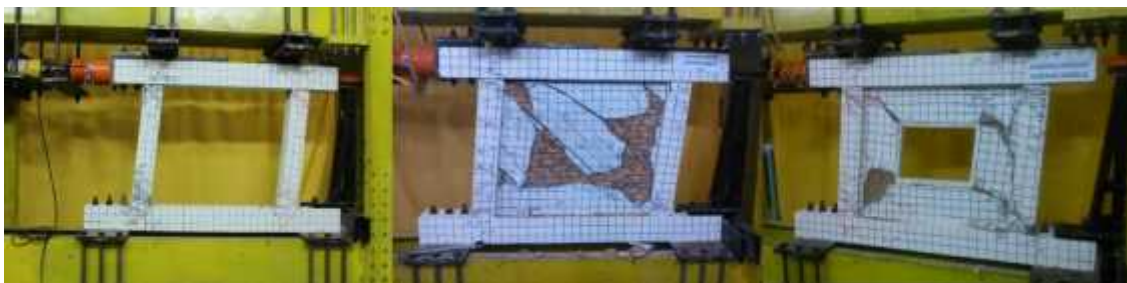
beban diberikan. Pada saat beban 36,7 kN beberapa retak pada kolom mulai membesar. Retak pada kolom kanan bagian atas dan pada kolom kiri bagian bawah semakin melebar pada saat beban 38,83 kN. Pola retak struktur BF ditunjukkan dalam photo 1(a). Struktur BF mencapai kapasitas lateral maksimum sebesar 39,8 kN dan selanjutnya kekuatan lateral kolom menurun seperti ditunjukkan dalam gambar 5(a).

4.1.2 Struktur IFFW

Retak pertama pada struktur IFFW terjadi pada kolom kiri bagian atas saat beban 29,4 kN dan dilanjutkan retak-retak pada bagian ini saat beban ditingkatkan menjadi 30 kN. Retak pada kolom kanan bagian bawah terjadi saat beban 32 kN. Retak geser pertama pada dinding terjadi di bagian kiri bawah saat beban 46,6 kN. Selanjutnya retak pada dinding bagian kanan atas terjadi saat beban 56,6 kN. Retak lentur pada kolom muncul dan retak pada dinding terus berkembang dengan meningkatnya beban lateral pada struktur. Retak diagonal di tengah panel dinding muncul saat beban 58,8 kN. Pada saat beban 98,7 kN, plester pada dinding mulai terkelupas dan terus membesar sehingga hampir sebagian luas permukaan dinding seperti ditunjukkan dalam Photo 1(b). Retak diagonal ini terus memanjang dan membesar pada saat beban sebesar 101,1 kN. Pada saat beban maksimum yaitu sebesar 101,5 kN dinding mengalami keruntuhan yang ditandai dengan retak diagonal makin melebar dan kemampuan struktur menahan beban lateral menurun seperti ditunjukkan dalam Gambar 5(b).

4.1.3 Struktur IFOW

Pada struktur IFOW retak pertama kali terjadi pada dinding bagian kiri atas dekat bukaan dengan beban sebesar 8,8 kN dan diikuti dengan retak pada bagian kanan bawah dekat bukaan dengan beban 9,4 kN. Pada beban 17,2 kN retak pada dinding bagian kiri atas membesar. Ketika 17,9 kN terjadi retak pertama pada kolom sebelah kanan bawah. Pemberian beban terus dilanjutkan dan retak pada kolom dan dinding terus bertambah dan membesar. Pada beban 41 kN, plesteran pada dinding bagian kiri bawah dekat bukaan mulai terkelupas dan terus melebar seperti ditunjukkan dalam Photo 1(c). Pada beban 44,9 kN yang merupakan beban maksimum struktur, retak pada kolom sebelah kanan bawah melebar menjadi 1 cm. Pada kondisi ini dinding tidak mampu lagi menahan beban lateral ditandai dengan menurunnya kemampuan struktur dalam menahan beban yang diberikan seperti ditunjukkan dalam Gambar 5(c).



(a) Struktur BF

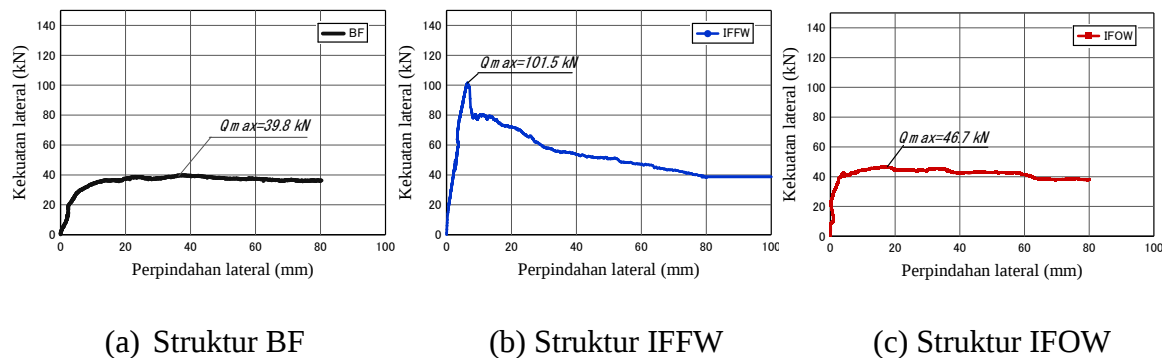
(b) Struktur IFFW

(c) Struktur IFOW

Photo 1. Bentuk retak pada struktur setelah pengujian

4.2 Kekuatan Lateral dan Daktilitas

Kapasitas seismik struktur rangka tanpa dinding dan dengan dinding dinyatakan dalam hubungan beban lateral dan perpindahan lateral seperti ditunjukkan dalam gambar 5.



Gambar 5. Hubungan kekuatan lateral dengan perpindahan struktur

Gambar 5 menunjukkan bahwa struktur IFFW memiliki kekuatan lateral hampir tiga kali lebih besar dari pada struktur BF namun daktilitas struktur IFFW turun sebesar 84% dari daktilitas BF. Struktur IFOW yang memiliki bukaan (lobang) ditengah dinding seluas 25% dari luas total dinding memiliki kekuatan lateral yang jauh lebih kecil dari struktur IFFW tetapi lebih besar 17% dari kekuatan lateral struktur BF. Daktilitas struktur IFOW turun sebesar 57% daripada daktilitas BF.

Kekuatan lateral dinding penuh dan dinding bata ada bukaan dapat evaluasi dengan mengekstrak kekuatan lateral struktur rangka dengan dinding terhadap kekuatan lateral struktur rangka tanpa dinding, dan didapatkan kekuatan lateral dinding bata penuh tiga kali lebih besar dari pada dinding bata ada bukaan.

5. KESIMPULAN

Hasil pengujian beban statik monolik pada struktur rangka beton bertulang tanpa dinding bata, struktur rangka dengan dinding bata penuh dan struktur rangka dengan dinding bata ada bukaan (lobang) menyimpulkan sebagai berikut:

1. Dinding bata penuh dalam struktur rangka akan meningkatkan kekuatan dan kekakuan lateral struktur rangka beton bertulang menjadi tiga kali lebih besar.
2. Bukaan (lobang) seluas 25% ditengah dinding dapat menurunkan kekuatan lateral dinding bata sebesar 66%.
3. Adanya dinding bata penuh dan dinding bata bukaan dalam struktur rangka akan mempengaruhi kapasitas daktilitas struktur secara keseluruhan.

DAFTAR PUSTAKA

Goutam Mondala and Sudhir K. Jain, M. 2008. *Lateral Stiffness of Masonry Infilled Reinforced Concrete (RC) Frames with Central Opening*. Earthquake Spectra, Earthquake Engineering Research Institute (EERI), Volume 24, No. 3, pages 701–723,

- Jurko Zovkic, Vladimir Sigmund and Ivuca Gulkas. 2012. *Cyclic Testing of a Single Bay Reinforced Concrete Frames with Various Types of Masonry Infill*. Earthquake Engng Struct. Dyn. 2012; DOI:10.1002/eqe.2263.
- Mehrabi AB., Shing PB, Schuller MP., and Noland JL. 1994. *Performance of Masonry-Infilled R/C Frames Under in-plane Lateral Loads*. Rep. CU/SR-94-6, Dept. of Civ., Envir., and Arch. Engrg., Univ. of Colorado, Boulder, Colo.
- Mehrabi AB., Shing PB, Schuller MP., and Noland JL. 1996. *Experimental Evaluation of Masonry-infilled RC frames*. J. Struc. Engg. 122(3), 228-237.
- Maidiawati and Yasushi SANADA. 2008. *Investigation and Analysis of Buildings Damaged during the September 2007 Sumatra, Indonesia Earthquakes*. Journal of Asian Architecture and Building Engineering, 7 (2), 371-378.
- Maidiawati, Sanada Y, Konishi D, and Tanjung J., (2011). *Seismic performance of nonstructural brick walls used in Indonesian R/C buildings*. Journal of Asian Architecture and Building Engineering, 10 (1), 203-210.
- Mallick, D.V., and Garg, R.P., (1971). *Effect of Openings on The lateral Stiffness of Infilled Frames*. Proceeding of The Institution of Civil Engineers, Vol. 49, Part-2, Paper No. 7371, pp. 193-209

ANALISIS AKSESIBILITAS INFRASTRUKTUR DESA SUNGAI SERIA KECAMATAN KETUNGAU HULU KABUPATEN SINTANG

Heri Azwansyah

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Tanjungpura, Pontianak,
heriazwansyah@gmail.com

Ferry Juniardi

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Tanjungpura, Pontianak,
ferryjuniardi@gmail.com

Bayu Martanto Adji

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas, Padang, bayu@ft.unand.ac.id

Abstrak

Prioritas dalam penanganan infrastruktur dipilih sebagai upaya strategi terbatas nyadana yang ada. Studi ini bertujuan untuk menentukan skala prioritas penanganan infrastruktur berdasarkan tingkat aksesibilitas di Desa Sungai Seria Kecamatan Ketungau Hulu Kabupaten Sintang, Kalimantan Barat. Studi ini membutuhkan data-data aksesibilitas dan kondisi infrastruktur dasar yang diperoleh dari instansi terkait, observasi lapangan dan interview. Studi ini menggunakan metode IRAP (Integrated Rural Accessibility Planning). Tingkat aksesibilitas menggunakan beberapa indikator aksesibilitas tiap infrastruktur. Hasil penelitian menghasilkan bahwa tingkat kesulitan aksesibilitas terbesar di Dusun Sepukung Dua, Dusun Mungguk Labuk dan Dusun Pedian adalah akses terhadap sector pasar dengan nilai aksesibilitas masing-masing 18,111, 18,296, dan 18,389. Perbaikan akses dengan prioritas dari sisi aspek fasilitas untuk Dusun Sepukung Dua, Mungguk Labuk, dan Dusun Pedian adalah sama yaitu sector listrik, air bersih, pasar, komunikasi, pertanian/ perkebunan, dan sector kamtibmas. Penyediaan fasilitas ini lebih diprioritaskan pada pembangunan pasar dan kamtibmas dengan nilai aksesibilitas keduanya 23,33. Perbaikan akses dengan prioritas dari sisi aspek prasarana transportasi untuk Dusun Sepukung Dua, Mungguk Labuk, dan Dusun Pedian adalah untuk sector pendidikan, kesehatan, perkantoran dan pemukiman. Peningkatan/ perbaikan jaringan jalan ini lebih diprioritaskan untuk akses pendidikan dengan nilai aksesibilitas sebesar 25,00.

Kata kunci: infrastruktur, IRAP, nilai aksesibilitas

1. PENDAHULUAN

Infrastruktur sangat penting bagi perkembangan wilayah dan membantu kegiatan ekonomi dan social masyarakat. Daerah yang mempunyai kelengkapan sistem infrastruktur yang lebih baik, mempunyai tingkat laju pertumbuhan ekonomi dan kesejahteraan masyarakat yang lebih baik pula, dibandingkan dengan daerah yang mempunyai kelengkapan infrastruktur yang terbatas. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa penyediaan infrastruktur merupakan faktor kunci dalam mendukung setiap kegiatan pembangunan termasuk dalam mendukung pembangunan kawasan perbatasan (Azwansyah, 2014).

Akses pedesaan dapat didefinisikan sebagai kemampuan, tingkat kesulitan penduduk desa untuk menggunakan, mencapai atau mendapatkan barang dan jasa yang diperlukannya (Donnges, 1999). Aksesibilitas mempunyai tiga unsur, yaitu lokasi rumah tangga /

pemukiman, lokasi fasilitas/ jasa, serta sistem transportasi yang menghubungkan keduanya (Dennis, 1998).

Akses penduduk pedesaan dapat dikelompokkan menjadi tiga kategori umum (Donnges, 1999) : (1) Akses yang berhubungan dengan kebutuhan pokok seperti penyediaan air dan sumber energi, (2) Akses yang berhubungan dengan aspek kesejahteraan sosial di pedesaan seperti kesehatan dan pendidikan, (3) Akses yang berhubungan dengan aspek kesejahteraan ekonomi di pedesaan seperti pertanian, perkebunan, peternakan, industri kecil dan lain-lain.

Penyediaan infra struktur yang memadai merupakan upaya untuk memperbaiki akses penduduk desa. Penyediaan infrastruktur membutuhkan dana yang sangat besar untuk mendanai pembangunan infrastruktur yang menyeluruh dan berkesinambungan. Keterbatasan dana yang ada maka kebutuhan perencanaan infrastruktur harus dilakukan berdasarkan skala prioritas. Oleh karena itu studi ini bertujuan menentukan skala prioritas penanganan aksesibilitas infrastruktur di Desa Kumba Kecamatan Jagoi Babang Kabupaten Bengkayang.

2. HASIL dan ANALISA DATA

2.1 Pengumpulan DatadanTahapanAnalisis

Prosedur kerja pada penelitian ini diawali dengan survey lapangan berupa wawancara dan observasi. Pengambilan data survey dilakukan dengan metoda kuisioner dengan pengambilan sample secara acak kepada tokoh dan masyarakat desa di Sungai Seria. Metode observasi/survey secara langsung dilakukan untuk mengidentifikasi permasalahan infrastruktur yang ada di lapangan. Setelah data terkumpul selanjutnya dilakukan analisis dengan beberapa tahapan.

Tahap pertama adalah mempersiapkan/ menyusun basis data berdasarkan sector infrastruktur dan kriteria yang dikembangkan terhadap setiap infrastuktur yang mempengaruhi aksesibilitas masyarakat desa.

Tahap kedua adalah penentuan nilai indicator aksesibilitas. Penentuan nilai masing-masing indikator berdasarkan kondisi aksesibilitasnya. Nilai paling rendah menunjukkan indikator tersebut dalam kondisi paling baik, sedangkan nilai paling tinggi berarti kondisi indikator tersebut sangat jelek. Dalam studi ini nilai indikator diurutkan dari 1 sampai 5. Angka 1 berarti kondisi paling baik, sedangkan angka 5 berarti kondisi paling buruk.

Tahap ketiga adalah penentuan bobot indikator. Bobot indikator dalam hal ini merupakan tingkat kepentingan dari masing-masing kriteria yang diberikan 5 pilihan yaitu : 5 = indicator sangat penting, 4 = indicator penting, 3 = indicator agak penting, 2 = indikato rtidak begitu penting, dan 1 = indicator tidak penting.

Tahap keempat adalah perhitungan nilai aksesibilitas. Untuk lebih jelas mengenai penentuan nilai aksesibilitas dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 1.Perhitungan Nilai Aksesibilitas Infrastruktur

No	Responden	NilaiIndikator (I)				BobotIndikator (B)				$(\sum I_i \times B_i)$	Rerata $(\sum I_i \times B_i)$
1.		I_1	I_2	...	I_i	B_1	B_2	...	B_i		
2.											
...											
N											
NilaiAksesibilitas =										Total $(\sum I_i \times B_i)$	Rerata $/ N$

2.2 Gambaran Umum Wilayah

Kalimantan Barat merupakan salah satu provinsi di Indonesia yang berbatasan langsung dengan Negara tetangga Malaysia, tepatnya bagian utara dari Provinsi Kalimantan Barat berbatasan dengan Negara Serawak, Malaysia. Terdapat 5 (lima) Kabupaten di Kalimantan Barat yang berbatasan dengan Negara tetangga Malaysia diantaranya adalah Kabupaten Sintang. Ada 2 (dua) kecamatan di Kabupaten Sintang yang berbatasan Negara tetangga Malaysia tersebut diantaranya adalah Kecamatan Ketungau Hulu. Desa Sungai Seria merupakan salah satu desa di Kecamatan Ketungau Hulu berbatasan dengan Negara tetangga Malaysia.

Desa Sungai Seria memiliki luas wilayah 135 km² atau 6,31% dari luas wilayah Kecamatan Ketungau yang memiliki luas wilayah 2.138 km². Desa Sungai Seria memiliki 3 (tiga) dusun yaitu Dusun Sepukung Dua, Dusun Mungguk Labuk dan Dusun Pedian. Jumlah penduduk di Desa Sungai Seria pada tahun 2012 sebanyak 1.424 jiwa terdiri dari 768 laki-laki dan 656 perempuan, dengan rata-rata 4 jiwa per keluarga dan memiliki kepadatan penduduk 11 jiwa/km² atau 475 jiwa per dusun (BPS Kabupaten Sintang, 2013).

Sarana pendidikan di Desa Sungai Seria hanya terdapat 1 unit SD. Sarana kesehatan yang ada di Desa Sungai Seria adalah 1 unit puskesmas, 1 unit polindes dan 1 unit poskesdes (BPS Kabupaten Sintang, 2013).

2.3 Analisis Aksesibilitas Infrastruktur

2.3.1 Analisis Aksesibilitas Infrastruktur

Pada studi ini, infrastruktur yang diamati meliputi : sumber tenaga listrik, sumber air bersih, pendidikan, kesehatan, pasar, perkantoran, komunikasi, industri, pemukiman, pertanian/ perkebunan, dan Kamtibmas.

Berdasarkan hasil analisis dengan metode IRAP diperoleh nilai aksesibilitas masing-masing sector untuk tiap dusun sebagai berikut.



Gambar1. Tingkat Aksesibilitas Infrastruktur di Dusun Sepukung Dua

Dari hasil analisa perhitungan aksesibilitas di Dusun Sepukung Dua diperoleh nilai aksesibilitas tertinggi pada sektor pasar dengan nilai 18,111. Prioritas kedua dan ketiga ditempati sektor Komunikasi dan sektor Sumber Tenaga Listrik dengan nilai aksesibilitas sebesar 17,778 dan 17,333. Sedangkan untuk prioritas terakhir terdapat pada Sektor Pemukiman dengan nilai 12,292.



Gambar2. Tingkat Aksesibilitas Infrastruktur di Dusun Mungguk Labuk.

Tidak jauh berbeda dengan Dusun Sepukung Dua, analisa perhitungan aksesibilitas di Dusun Mungguk Labuk Desa Sungai Seria juga diperoleh Nilai Aksesibilitas tertinggi pada sektor Pasar dengan nilai 18,296. Prioritas kedua dan ketiga ditempati sektor Komunikasi dan sektor Sumber Tenaga Listrik dengan nilai aksesibilitas sebesar 17,778 dan 17,407. Sedangkan untuk prioritas terakhir dengan nilai aksesibilitas terkecil terdapat pada Sektor PerPerkantoran dengan nilai 12,250.



Gambar 3. Tingkat Aksesibilitas Infrastruktur di Dusun Pedian

Analisa perhitungan aksesibilitas di Dusun Pedian Desa Sungai Seria juga diperoleh Nilai Aksesibilitas tertinggi pada sektor Pasar dengan nilai 18,389. Untuk prioritas kedua dan ketiga ditempati sektor Komunikasi dan sektor Sumber Tenaga Listrik dengan nilai aksesibilitas sebesar 17,750 dan 17,583. Serta prioritas terendah dengan nilai 12,469 terdapat pada Sektor Pemukiman.

2.3.2 Penentuan Strategi Penanganan Aksesibilitas Infrastruktur

Untuk melihat prioritas intervensi yang akan dilakukan adalah dengan melihat perbandingan nilai aksesibilitas dari fasilitas, sarana dan prasarana transportasi. Rekapitulasi perbandingan nilai dari fasilitas, sarana dan prasarana transportasi sebagai berikut.

Tabel 1. Perbandingan Nilai Aksesibilitas Indikator Fasilitas, Prasarana dan Sarana Transportasi di Dusun Sepukung Dua, Dusun Mungguk Labuk, dan Dusun Pedian

SEKTOR INFRASTRUKTUR	DUSUN								
	SEPUKUNG DUA			MUNGGUK LABUK			PEDIAN		
	Fasilitas	Prasarana	Sarana	Fasilitas	Prasarana	Sarana	Fasilitas	Prasarana	Sarana
Sumber Tenaga Listrik	14,67	13,33	14,00	14,67	13,33	14,00	14,67	13,33	14,00
Sumber Air Bersih	20,00	16,67	16,00	20,00	16,67	16,00	20,00	16,67	16,00
Pendidikan	10,00	25,00	20,00	10,00	25,00	20,00	10,00	25,00	20,00
Kesehatan	10,67	20,00	18,67	10,67	20,00	18,67	10,67	20,00	18,67
Pasar	23,33	13,33	16,00	23,33	13,33	16,00	23,33	13,33	16,00
Perkantoran	8,00	18,33	16,00	8,00	18,33	16,00	8,00	18,33	16,00
Komunikasi	21,67	15,00	14,67	21,67	15,00	14,67	21,67	15,00	14,67
Pemukiman	1,00	20,00	16,00	1,00	20,00	16,00	1,00	20,00	16,00
Pertanian/Perkebunan	21,67	16,67	16,00	21,67	16,67	16,00	21,67	16,67	16,00
Kamtibnas	23,33	16,67	14,67	23,33	16,67	14,67	23,33	16,67	14,67

Berdasarkan perbandingan nilai aksesibilitas antar tiga aspek (fasilitas, prasarana transportasi, dan sarana transportasi) maka pada Dusun Sepukung Dua, Dusun Mungguk Labuk maupun Dusun Pedian, untuk sector listrik, air bersih, pasar, komunikasi, pertanian/

perkebunan, dan sector kamtibmas mendapat prioritas utama pada aspek fasilitas dengan nilai aksesibilitas lebih besar dari dua aspek lainnya. Dengan demikian peningkatan aksesibilitas pada sector ini dilakukan dengan menyediakan fasilitas seperti penyediaan jaringan listrik, jaringan sumber air atau lainnya, pembangunan pasar, jaringan komunikasi, serta pembangunan pospengamanan. Penyediaan fasilitas ini diprioritaskan pada pembangunan pasar dan kamtibmas dengan nilai aksesibilitas keduanya 23,33.

Aspek prasarana transportasi menjadi prioritas utama untuk sector pendidikan, kesehatan, perkantoran dan pemukiman. Sehingga peningkatan aksesibilitas untuk sector ini dengan memperbaiki dan meningkatkan jaringan jalan yang ada. Peningkatan/ perbaikan jaringan jalan ini diprioritaskan untuk akses pendidikan dengan nilai aksesibilitas sebesar 25,00.

3. KESIMPULAN

1. Sektor yang menjadi prioritas dilakukan penanganan guna perbaikan akses bagi penduduk di Dusun Sepukung Dua, Mungguk Labuk, dan Dusun Pediana adalah sektor pasar dengan nilai aksesibilitas berturut-turut 18,111, 18,296, dan 18,389.
2. Perbaikan akses dengan prioritas dari sisi aspek fasilitas untuk Dusun Sepukung Dua, Mungguk Labuk, dan Dusun Pedian adalah sama yaitu sector listrik, air bersih, pasar, komunikasi, pertanian/ perkebunan, dan sector kamtibmas. Penyediaan fasilitas ini lebih diprioritaskan pada pembangunan pasar dan kamtibmas dengan nilai aksesibilitas keduanya 23,33.
3. Perbaikan akses dengan prioritas dari sisi aspek prasarana transportasi untuk Dusun Sepukung Dua, Mungguk Labuk, dan Dusun Pedian adalah untuk sector pendidikan, kesehatan, perkantoran dan pemukiman. Peningkatan/ perbaikan jaringan jalan ini lebih diprioritaskan untuk akses pendidikan dengan nilai aksesibilitas sebesar 25,00.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Azwansyah, H., Januardi, F., 2014, Studi Pengelolaan Infrastruktur Dasar Kecamatan Telok Batang Kabupaten Kayong Utara Studi Kasus Desa Sungai Paduandan Desa Mas Bangun, Jurnal Langkau Betang, Prodi Arsitektur Fakultas Teknik Sipil Untan, Januari;1(1):53-60
- BPS Kabupaten Sintang, 2013, Kecamatan Ketungau Hulu Dalam Angka, BPS Kabupaten Sintang.
- Dennis, Ron, 1998, Rural Transport and Accessibility, Development Policies Departement, ILO office Geneva.
- Donnges, Chris, 1999, Rural Access and Employment, The Laos Experience. Development Policies Departement, ILO office Geneva.

DISTRIBUSI TEGANGAN PADA PENAMPANG KOLOM BETON BERTULANG DENGAN VARIASI RASIO TULANGAN DAN MUTU BETON

Rendy Thamrin

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas, Padang, rendy@ft.unand.ac.id

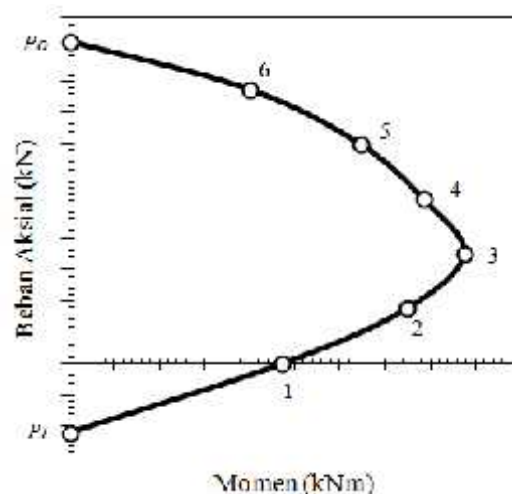
Abstrak

Tulisan ini membahas distribusi tegangan pada penampang kolom beton bertulang yang memikul kombinasi beban aksial dan momen. Variabel yang digunakan pada tulisan ini adalah: rasio tulangan pada penampang kolom (1.4%, 2.4% dan 4.9%), kuat tekan beton (30 MPa, 65 MPa, dan 100 MPa) dan besaran beban aksial yang bekerja pada penampang. Hasil perhitungan yang berupa kurva momen-kurvatur, diagram interaksi, distribusi regangan dan tegangan pada penampang didapatkan dengan menggunakan program komputer *Reinforced Concrete Cross Section Analysis* (RCCSA V4.3). Hasil analisis memperlihatkan bahwa kapasitas penampang kolom akan meningkat secara signifikan dengan meningkatnya rasio tulangan. Disamping itu, pengaruh dari peningkatan kuat tekan beton terhadap kapasitas penampang kolom akan terlihat lebih signifikan seiring dengan bertambahnya beban aksial. Disamping itu dapat juga dibuktikan bahwa kapasitas penampang meningkat dengan bertambahnya nilai kuat tekan beton. Hasil perhitungan juga memperlihatkan bahwa posisi tegangan puncak pada profil distribusi tegangan untuk penampang dengan kuat tekan beton 30 MPa bergerak kebagian tengah penampang seiring pertambahan beban aksial. Namun fenomena ini tidak terlalu signifikan pada penampang dengan kuat tekan 65 MPa dan bahkan tidak terjadi pada beton dengan kuat tekan 100 MPa.

KataKunci :kolom beton bertulang, beban aksial, momen kurvatur, diagram interaksi, distribusi tegangan

1. PENDAHULUAN

Kolom merupakan elemen penting pada struktur beton bertulang. Kolom pada umumnya memikul gaya aksial dan momen secara bersamaan. Kapasitas kolom dalam memikul beban aksial dan momen dapat digambarkan pada diagram interaksi seperti **Gambar 1**.



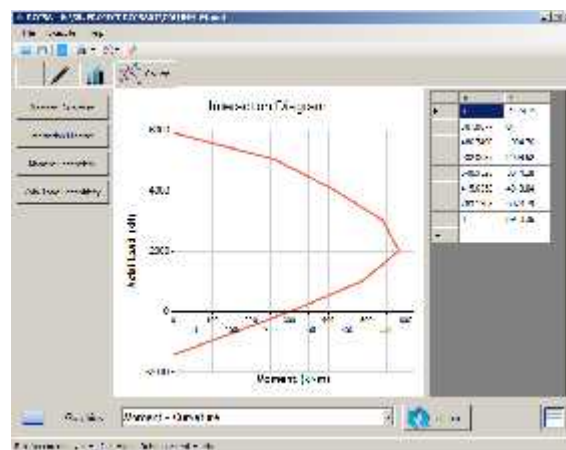
Gambar 1. Diagram interaksi kolom.

Notasi ***Po*** dan ***Pt*** pada **Gambar 1** menyatakan secara berturut-turut kapasitas tekan dan tarik dari penampang kolom. Titik **1** adalah kondisi lentur murni tanpa adanya beban aksial. Daerah pada garis diagram interaksi yang berada diantara titik **1** dan **3** merupakan daerah keruntuhan tarik yakni tulangan telah leleh sebelum beton tertekan mengalami kehancuran. Sementara titik **3** menyatakan kondisi keruntuhan seimbang yakni beton pada daerah tekan mengalami kehancuran bersamaan dengan lelehnya tulangan. Selanjutnya daerah pada garis diagram interaksi yang berada diantara titik **3** dan **6** merupakan daerah keruntuhan tekan yakni beton pada daerah tekan mengalami kehancuran sebelum tulangan tarik mengalami leleh.

Distribusi regangan dan tegangan pada penampang kolom disetiap titik sepanjang garis diagram interaksi tidak sama karena adanya perubahan nilai momen dan beban aksial. Disamping itu beberapa faktor lain yang mempengaruhi distribusi tegangan dan regangan pada penampang adalah rasio tulangan, kuat tekan beton serta intensitas dari beban aksial yang bekerja. Tulisan ini akan membahas distribusi regangan dan tegangan penampang kolom pada titik-titik sepanjang garis diagram interaksi yang diwakili oleh titik **1** sampai **6** seperti diperlihatkan pada **Gambar 1**. Variabel yang digunakan adalah: rasio tulangan pada penampang (1.4%, 2.4% dan 4.9%), kuat tekan beton (30 MPa, 65 MPa, dan 100 MPa) dan beban aksial yang bekerja pada penampang. Analisis dilakukan dengan bantuan program RCCSA V4.3.

2. PROGRAM KOMPUTER RCCSA V4.3

Program komputer RCCSA adalah sebuah program yang dikembangkan oleh penulis dengan tujuan untuk mendapatkan respons lengkap dari penampang beton bertulang akibat beban lentur sampai mencapai kondisi ultimit (Thamrin, R., 2014). Program ini dapat melakukan analisis terhadap penampang kolom beton bertulang dan menampilkan hasil diagram interaksi dari penampang seperti pada **Gambar 2**. Selain itu program juga dapat menampilkan kurva momen-kurvatur serta distribusi regangan dan tegangan penampang.



Gambar 2. Diagram interaksi penampang kolom beton bertulang.

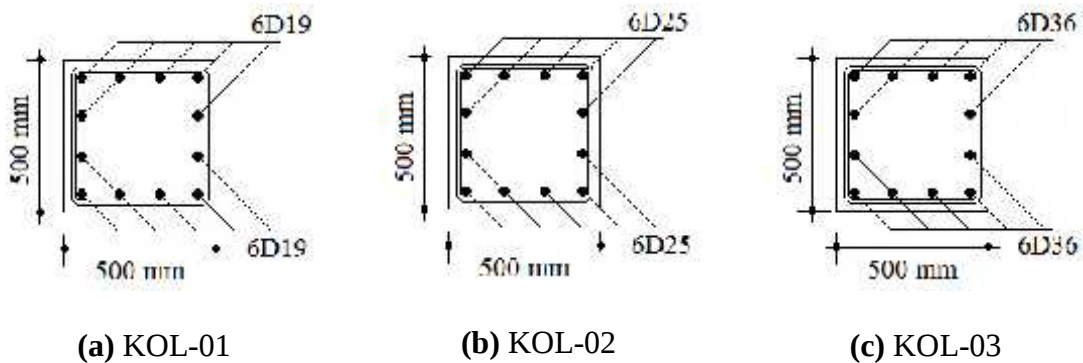
3. STUDI ANALITIK

Sembilan penampang kolom beton bertulang dengan variasi rasio tulangan dan kuat tekan beton digunakan untuk pada studi analitik ini. Data material dan penampang balok diperlihatkan pada **Tabel 1**. Dari tabel tersebut dapat dilihat tiga nilai kuat tekan beton (30

MPa, 65 MPa, dan 100 MPa) yang digunakan pada analisis. Dimensi penampang kolom dan penulangannya (1.4%, 2.4% dan 4.9%) dapat dilihat pada **Gambar 3**.

Tabel1 Data material dan penampang kolom.

Balok			Tulangan					
	f_c'	$b \times H$	N	d_b	A_s	r	f_y	E_s
	(MPa)	(mm)		(mm)	(mm ²)	(%)	(Mpa)	(Mpa)
KOL-01	30	500 x 500	12	19.0	3401	1.4	450	200000
KOL-02				25.0	5888	2.4		
KOL-03				36.0	12208	4.9		
KOL-04	65			19.0	3401	1.4		
KOL-05				25.0	5888	2.4		
KOL-06				36.0	12208	4.9		
KOL-07	100			19.0	3401	1.4		
KOL-08				25.0	5888	2.4		
KOL-09				36.0	12208	4.9		



Gambar 3. Penampang kolom dan penulangannya.

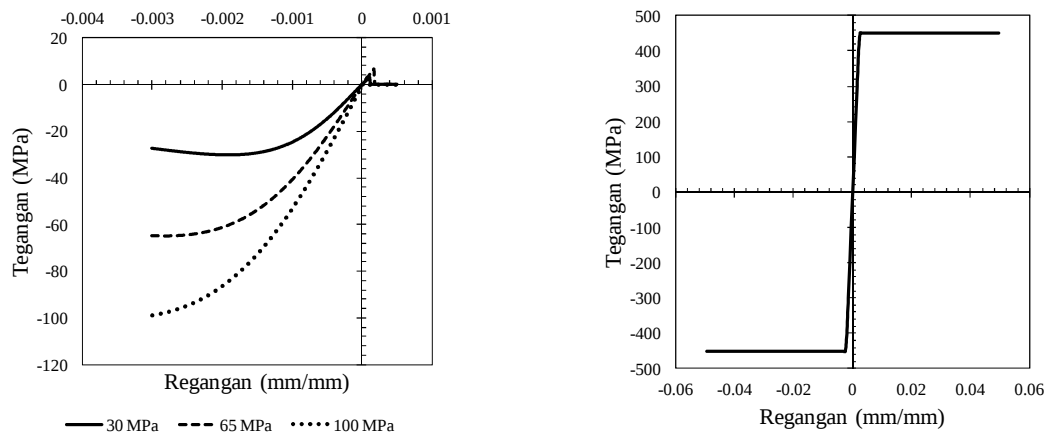
Model tegangan regangan untuk beton dan baja tulangan dapat dilihat pada **Gambar 4(a)** dan **4(b)**. Pada tulisan ini model Todischini (1964) digunakan untuk material beton. Selain mudah untuk diaplikasikan pada program komputer, model ini juga dapat digunakan untuk beton mutu tinggi sebagaimana dapat dilihat pada **Gambar 4(a)**. Persamaan yang digunakan untuk model Todeschini (1964) dapat ditulis sebagai berikut:

$$f_c = \frac{f_c''(e/e_0)}{1 + (e/e_0)^2} \quad (1)$$

dimana: $e_0 = 1.71 f_c' / E_c$, $f_c'' = 0.9 f_c'$, dan nilai modulus elastisitas beton dapat dihitung dengan persamaan $E_c = 4750 \sqrt{f_c'}$.

Model bi-linier digunakan untuk tulangan baja dan persamaan yang digunakan adalah:

$$f_s = eE_s \text{ untuk } e \leq e_y \text{ dan } f_s = f_y \text{ untuk } e > e_y \quad (2)$$



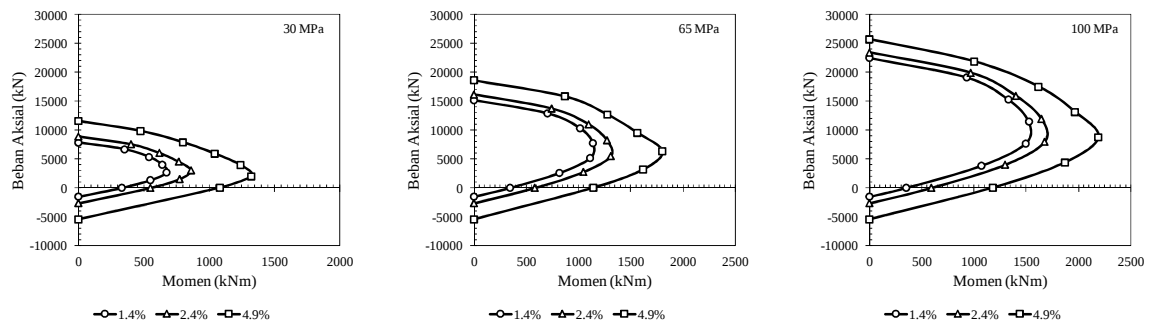
(a) Beton

(b) Baja

Gambar 4. Model material yang digunakan pada analisis dengan RCCSA V4.3.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Diagram interaksi kolom pada **Gambar 5** memperlihatkan pengaruh rasio tulangan terhadap kapasitas kolom. Gambar ini menunjukkan bahwa kapasitas kolom akan bertambah dengan peningkatan rasio tulangan. Peningkatan kapasitas ini terlihat jelas dengan meningkatnya nilai momen ultimit pada setiap level beban aksial.

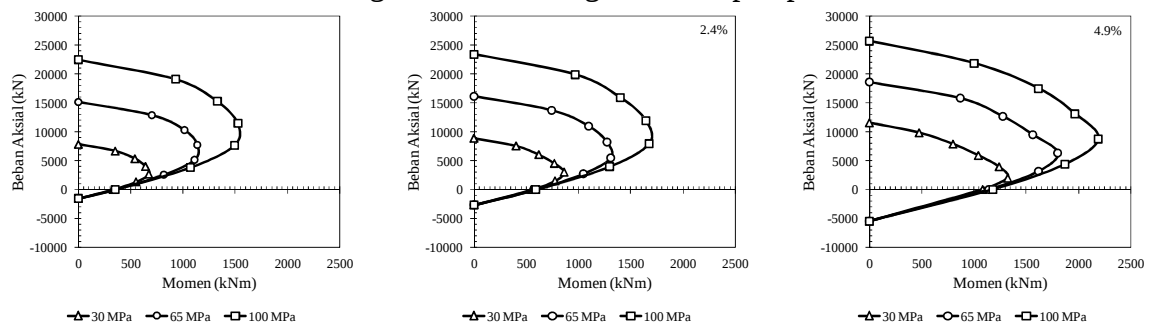


(a)

(b)

(c)

Gambar 5. Pengaruh rasio tulangan terhadap kapasitas kolom.



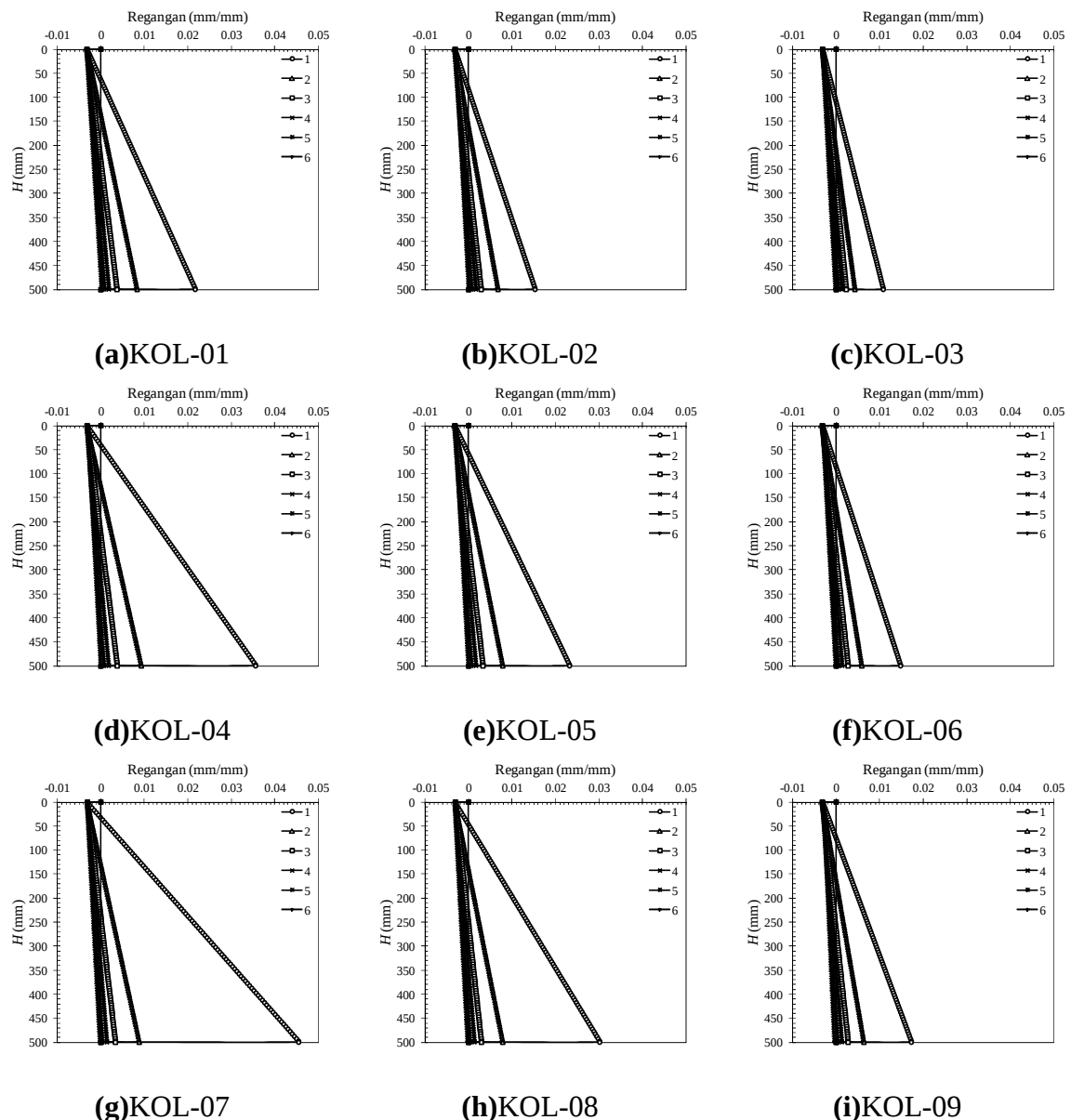
(a)

(b)

(c)

Gambar 6. Pengaruh kuat tekan beton terhadap kapasitas kolom.

Pengaruh kuat tekan beton terhadap kapasitas beton dapat dilihat pada **Gambar 6**. Pengaruh peningkatan kuat tekan beton tidak terlalu signifikan pada level beban aksial kecil ($P \approx 0$). Sebaliknya pengaruh peningkatan kuat tekan beton terlihat sangat signifikan pada level beban aksial yang besar. Karena kolom merupakan elemen struktur yang mengalami beban aksial besar maka peningkatan kuat tekan beton akan menambah kapasitas kolom dengan sangat signifikan.

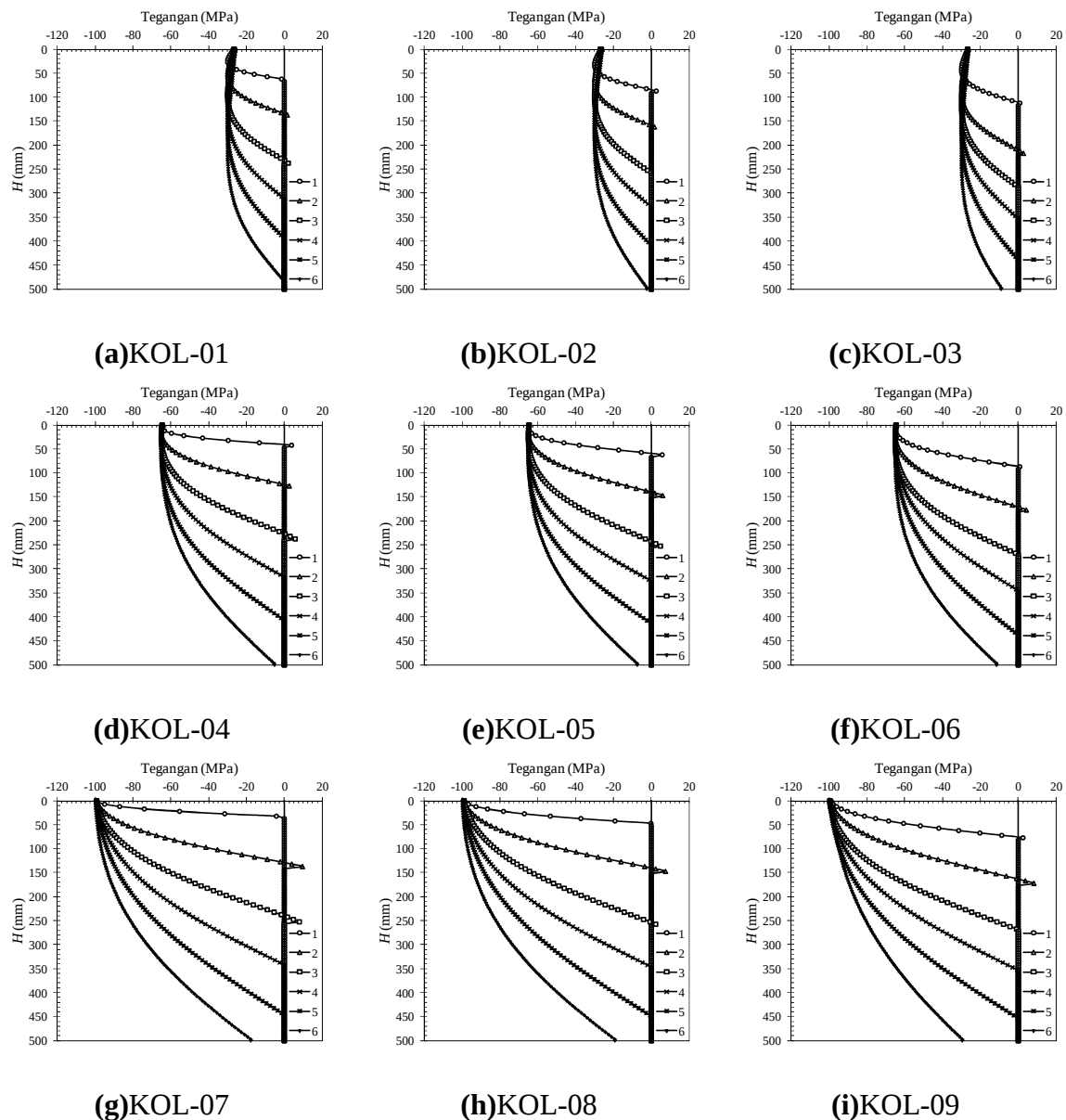


Gambar 7. Distribusi regangan pada setiap level beban aksial.

Distribusi regangan pada setiap titik yang dipilih pada diagram interaksi, yaitu titik 1 sampai 6 (lihat **Gambar 1**), dapat dilihat pada **Gambar 7**. Diagram interaksi didapatkan dengan mengasumsikan nilai regangan ultimit beton tertekan sebesar -0.003. Selanjutnya dengan menggunakan nilai tegangan leleh baja 450 MPa dan modulus elastisitas 200GPa, maka didapat nilai regangan leleh baja sebesar 0.0022. Nilai-nilai dari regangan ultimit

beton dan regangan leleh baja ini dapat dijadikan acuan untuk menganalisis distribusi regangan pada **Gambar 7**.

Gambar 7 memperlihatkan bahwa pada kondisi ultimit, nilai regangan tarik turun seiring dengan pertambahan rasio tulangan dan meningkat seiring dengan pertambahan nilai kuat tekan beton. Hasil ini menunjukkan bahwa nilai daktilitas penampang berkurang dengan meningkatnya rasio tulangan dan peningkatan kuat tekan beton dapat menambah kapasitas dari penampang.



Gambar 8. Distribusi tegangan pada setiap level beban aksial.

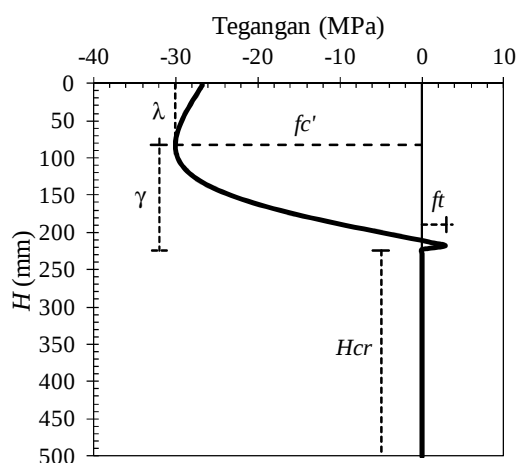
Distribusi tegangan pada penampang untuk setiap titik yang dipilih pada diagram interaksi diperlihatkan pada **Gambar 8**. Dari gambar ini dapat dilihat bahwa daerah tegangan tekan dari penampang bertambah besar sesuai dengan peningkatan rasio tulangan. **Gambar 8** juga memperlihatkan bahwa peningkatan nilai kuat tekan beton akan menambah kapasitas penampang dalam memikul beban aksial. Akan tetapi dengan karena sifat beton mutu

tinggi yang lebih getas maka peningkatan nilai kuat tekan beton perlu dicermati lebih jauh. Gambar distribusi tegangan memperlihatkan bahwa daerah tekan pada penampang yang telah melebihi nilai regangan ultimit terlihat lebih besar pada beton dengan nilai kuat tekan 30 MPa. Selanjutnya fenomena ini dapat dijelaskan dengan distribusi tegangan tipikal pada penampang kolom yang diperlihatkan pada **Gambar 9**.

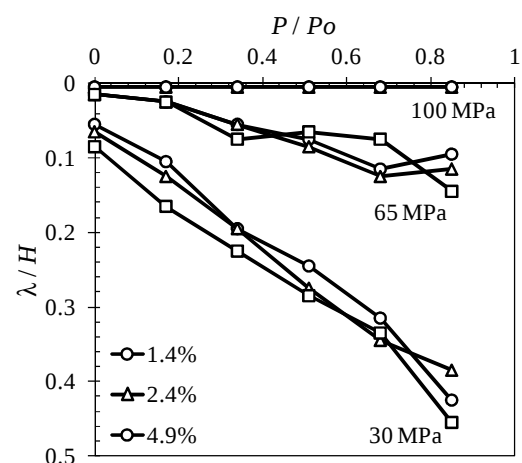
Penampang yang diperlihatkan pada **Gambar 9** mengalami momen positif (serat atas mengalami tekan dan serat bawah mengalami tarik). Profil distribusi tegangan pada gambar ini dibagi menjadi beberapa bagian searah dengan ketinggiannya. Garis putus-putus dengan notasi **Hcr** merupakan bagian dari penampang yang tegangannya telah melebihi tegangan tarik beton (f_t). Bagian ini telah mengalami retak akibat tegangan tarik yang bekerja ($e_c > e_{cr}$) sehingga **Hcr** dapat juga disebut dengan tinggi retak pada penampang. **Gambar 8** memperlihatkan bahwa nilai **Hcr** bertambah kecil seiring dengan pertambahan beban aksial yang menyebabkan tegangan tekan akan menjadi lebih dominan pada penampang kolom.

Sedangkan garis putus-putus dengan notasi **l** merupakan bagian dari penampang yang telah mengalami kehancuran akibat tegangan tekan ($e_c > e_0$) yakni jarak dari serat tekan teratas penampang ke posisi tegangan tekan maksimum beton (f_c'). Semakin besar nilai **l** berarti semakin besar pula bagian dari penampang yang mengalami kehancuran akibat tegangan tekan. Sementara garis putus-putus dengan notasi **g** merupakan bagian dari penampang yang belum mengalami retak ($e_c < e_{cr}$) maupun hancur ($e_c < e_0$). Bagian ini dapat juga dianggap sebagai daerah pada penampang yang masih mampu memikul tegangan tarik dan tegangan tekan yang bekerja.

Selanjutnya rasio dari nilai **l** dan tinggi penampang (**H**) dapat dijadikan acuan untuk menganalisis tingkat kerusakan penampang akibat tegangan tekan. Hasil analisis ini dapat dilihat pada **Gambar 10**. Intensitas pertambahan beban aksial pada **Gambar 10** dipresentasikan dengan nilai **P/Po** yakni rasio beban aksial (**P**) dan nilai kapasitas tekan maksimum (**Po**) dari penampang kolom.



Gambar 9. Distribusi tegangan tipikal pada penampang kolom.



Gambar 10. Rasio posisi tegangan puncak terhadap tinggi penampang.

Gambar 10 memperlihatkan bahwa pada penampang dengan kuat tekan beton 30 MPa, nilai dari rasio l/H bertambah besar seiring dengan meningkatnya beban aksial. Namun sebaliknya nilai rasio l/H berkurang dengan meningkatnya nilai kuat tekan beton. Hasil ini menunjukkan bahwa penampang dengan nilai kuat tekan beton sebesar 30 MPa akan mengalami tingkat kehancuran (akibat tegangan tekan) yang lebih besar pada saat mencapai nilai regangan ultimit dibandingkan dengan penampang dengan nilai kuat tekan beton yang lebih tinggi. **Gambar 10** juga memperlihatkan bahwa penampang dengan nilai kuat tekan beton sebesar 100 MPa langsung mengalami kehancuran pada saat mencapai nilai regangan ultimitnya. Hal ini disebabkan karena beton dengan nilai kuat tekan yang tinggi bersifat lebih getas. Hasil analisis ini mengindikasikan bahwa penggunaan beton dengan nilai kuat tekan yang tinggi memerlukan perhitungan yang sangat cermat untuk menghindari kegagalan struktur yang mendadak.

5. KESIMPULAN

Sembilan penampang kolom beton bertulang dengan variasi rasio tulangan dan kuat tekan beton telah dianalisis untuk melihat distribusi tegangan yang terjadi akibat beban aksial. Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari studi ini adalah:

1. Kapasitas penampang kolom beton bertulang bertambah dengan meningkatnya rasio tulangan pada penampang.
2. Peningkatan kuat tekan beton tidak terlalu berpengaruh pada level beban aksial kecil ($P \approx 0$). Sebaliknya pengaruh kuat tekan beton terlihat sangat signifikan pada level beban aksial yang besar sehingga dengan menaikkan nilai kuat tekan beton akan sangat sesuai dengan fungsi kolom yang memikul beban aksial besar.
3. Distribusi regangan pada penampang kolom memperlihatkan bahwa nilai daktilitas penampang berkurang dengan meningkatnya rasio tulangan dan peningkatan kuat tekan beton dapat menambah kapasitas dari penampang.
4. Distribusi tegangan memperlihatkan bahwa daerah tekan dari penampang akan bertambah besar seiring dengan peningkatan rasio tulangan.
5. Perencanaan struktur dengan menggunakan nilai kuat tekan beton yang tinggi memerlukan perhitungan yang lebih teliti untuk menghindari keruntuhan yang mendadak.

DAFTAR PUSTAKA

- Park, R., dan Paulay, T., 1975. *Reinforced Concrete Structures*, John Wiley, New York.
- Thamrin, R., 2014. *Reinforced Concrete Cross Section Analysis (RCCSA) V4.3 Petunjuk Penggunaan*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas.
- Claudio E. Todeschini, Albert C. Bianchini, and Clyde E. Kesler, 1964. *Behavior of Concrete Columns Reinforced with High Strength Steels*, ACI Journal, Proceedings, Vol. 61, No. 6, pp. 701–716.

KAJIAN DAYA DUKUNG LINGKUNGAN TERHADAP PENGEMBANGAN INFRASTRUKTUR

Indrayani

Mahasiswa Program Doktor Ilmu Lingkungan Pascasarjana Universitas Sriwijaya, Palembang
Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang, iiend_sumantri@yahoo.com

Andriani

Mahasiswa Program Doktor Ilmu Lingkungan Pascasarjana Universitas Sriwijaya, Palembang
Dosen Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas, Padang,
andriani.stmt@gmail.com

ABSTRAK

Ketidaksesuaian kegiatan dengan fungsi dan daya dukung lingkungan akan menyebabkan penurunan terhadap daya dukung lingkungan hal ini dapat disebabkan salah satunya karena pengembangan suatu wilayah yang tidak dikendalikan sehingga akan mengakibatkan konversi lahan. Pada lingkungan adanya keterbatasan lingkungan dalam mendukung perkembangan pembangunan yang berada diatasnya untuk itu diperlukan kajian terhadap pengembangan infrastruktur yang meliputi berbagai aspek terhadap daya dukung lingkungan yang ada. Metode pembahasan dilakukan dengan menggunakan kajian literatur dan didapatkan hasil bahwa aspek-aspek utama yang harus diperhatikan dalam pengembangan infrastruktur terhadap daya dukung lingkungan adalah aspek jenis tanah, intensitas curah hujan, kemiringan lahan, daerah rawan bencana, dan kriteria fungsi kawasan.

Kata Kunci : Daya Dukung Lingkungan, Pengembangan Infrastruktur

1. PENDAHULUAN

Pengembangan suatu kawasan tentunya membutuhkan pertimbangan yang harus memperhatikan berbagai aspek terkait. Pengembangan suatu kawasan yang tidak dapat dikendalikan tentunya akan dapat terjadi konversi lahan akibat ketidaksesuaian kegiatan dengan fungsi dan daya dukung lingkungan sehingga akan menyebabkan penurunan terhadap daya dukung lingkungan (Suryanto, 2007). Seluruh pelaksanaan pembangunan pasti akan berdampak terhadap lingkungan baik dampak positif ataupun dampak negatif, sekarang tinggal bagaimana cara untuk meminimalisasikan dampak dari lingkungan tersebut (Sumarwoto, 2001). Pembangunan yang berkelanjutan tentunya akan sulit dicapai apabila kebijakan pembangunan tidak bertumpu pada potensi sumber daya alam, sumber daya manusia, dan sumber daya buatan (Dardak, 2005).

Menurut Hadi (2001), terdapat dua konsep utama yang menjadi kunci terhadap definisi tersebut meliputi konsep tentang kebutuhan (*needs*) dan konsep keterbatasan (*limitation*) dari kemampuan lingkungan dalam memenuhi kebutuhan generasi sekarang dan generasi yang akan datang. Sehingga diperlukan pengaturan agar lingkungan tetap dapat mendukung kegiatan pembangunan untuk dapat memenuhi kebutuhan manusia.

Beberapa penelitian terhadap kemampuan daya dukung lingkungan telah dilakukan diantaranya yaitu : Daya Dukung Lingkungan Daerah Aliran Sungai Untuk Pengembangan Kawasan Permukiman (Suryanto, 2007), Potensi Daya Dukung Pengembangan Kawasan

Minapolitan di kabupaten Gianyar Bali (Arnawa Ketut, Mekse Gede, 2013), dan Rasman M Manafi (2009), meneliti tentang Aplikasi Konsep Daya Dukung Untuk Pembangunan Berkelanjutan di Pulau Kecil (Studi Kasus Gugus Pulau Kaledupa, Kabupaten Wakatobi). Dan dari kajian ini akan didapatkan aspek-aspek yang harus diperhatikan terhadap kemampuan daya dukung lingkungan terhadap pengembangan infrastruktur.

2. STUDI PUSTAKA

2.1 Daya Dukung Lingkungan

Menurut Undang-undang No 23 tahun 1997, daya dukung lingkungan hidup adalah kemampuan lingkungan hidup dalam mendukung perikehidupan manusia dan makhluk hidup lain, serta pelestarian daya dukung lingkungan hidup merupakan rangkaian upaya dalam melindungi kemampuan lingkungan hidup terhadap dampak negatif yang ditimbulkan suatu kegiatan, sehingga tetap mampu mendukung kehidupan makhluk hidup lainnya. Daya dukung lingkungan juga diartikan sebagai kemampuan lingkungan dalam mendukung kehidupan manusia (Sunu, 2001). Sedangkan Zoer'aini (1997), menyebutkan bahwa daya dukung lingkungan atau disebut juga *carrying capacity* merupakan batas atas dari pertumbuhan populasi, dimana jumlah populasi tidak dapat lagi didukung oleh sarana, lingkungan, dan sumberdaya yang ada, artinya adanya keterbatasan lingkungan yang bertumpu terhadap pembangunan. Daya dukung lingkungan menurut Sumarwoto, 2000, adalah kemampuan dari sebidang lahan dalam mendukung kehidupan manusia. Dan daya dukung dinilai berdasarkan ambang batas kesanggupan lahan sebagai suatu ekosistem dalam menahan keruntuhan akibat dari dampak penggunaan lahan, sehingga pembahasan daya dukung mencakup tingkat penggunaan lahan, tujuan pengelolaan, pemeliharaan mutu lingkungan, kepuasan pengguna sumberdaya, dan pertimbangan biaya pemeliharaan.

Dalam penelitiannya Suryanto (2007), mengatakan bahwa proses perencanaan pembangunan yang menggunakan daya dukung memiliki pengertian bahwa sistem lingkungan buatan dan kemampuan dari alam dalam mendukung kebutuhan akan melibatkan keterbatasan alam yang melebihi kemampuannya maka secara tidak langsung akan menyebabkan degradasi ataupun kerusakan lingkungan. Dan keterbatasan fisik lingkungan ini dapat ditoleransi apabila ada kompensasi biaya untuk menghindari bahaya atau resiko yang terjadi.

Setiap daerah akan memiliki karakteristik geografi yang berbeda dan ditambah dengan kegiatan manusia disesuaikan dengan berbagai kepentingannya sehingga daya dukung lingkungan memiliki banyak variasi (Sunu, 2001). Pada daerah yang masih memiliki daya dukung lingkungan yang relatif baik, maka sebagian masyarakat masih belum terlalu memperhatikan dampak lingkungan yang terjadi sehingga dapat mengakibatkan berkurangnya daya dukung lingkungan. Perkembangan teknologi dan kemajuan industri juga akan berdampak pada kualitas dari daya dukung lingkungan sehingga pada akhirnya dapat merusak lingkungan itu sendiri. Menurut Supardi (1994), daya dukung lingkungan tidak mutlak karena dapat berkembang sesuai dengan faktor pendukungnya, yang meliputi faktor geografi (perubahan cuaca, iklim, kesuburan tanah, erosi), iptek, dan faktor sosial budaya.

Kebutuhan informasi sumberdaya lahan yang perlu diketahui diantaranya adalah iklim, tanah, topografi dan geologi, vegetasi dan kondisi sosial ekonomi. Dimana informasi tentang tanah menunjukkan kondisi keragaman sifat lahan yang penting dalam penilaian

kemampuan lahan dan tindakan yang diperlukan. Kondisi iklim mencakup data mengenai curah hujan, temperatur, kecepatan, dan arah angin. Informasi tentang geologi dan topografi mencakup ketinggian lahan diatas muka air, posisi bentang alam dan derajat kemiringan lereng, dimana kondisi topografi akan berpengaruh tidak langsung terhadap kualitas tanah termasuklah didalamnya ancaman erosi serta potensi lahan untuk diusahakan. Vegetasi merupakan salah satu faktor lahan yang dapat berkembang alami maupun hasil dari aktifitas manusia pada masa lalu ataupun masa kini, vegetasi ini dapat dipertimbangkan sebagai petunjuk dalam mengetahui potensi lahan serta kesesuaian lahan untuk kegunaan tertentu (Sitorus, 1998).

2.2 Kesesuaian Lahan

Menurut Notohadiprawiro (1991), ukuran lahan terdiri dari kemampuan dan kesesuaian lahan, dimana kemampuan lahan merupakan mutu lahan yang dapat dinilai secara menyeluruh untuk setiap penggunaan lahannya dan nilai kemampuan lahan ini akan berbeda pada setiap jenis penggunaan yang berbeda. Sedangkan kesesuaian lahan merupakan kecocokan dari suatu jenis lahan tertentu pada suatu macam penggunaan tertentu. Kesesuaian lahan merupakan spesifikasi kemampuan lahan dan tingkat kesesuaian mengandung pengertian dari perbandingan antara tingkat pemanfaatan terhadap daya dukung lahan yang menjadi ukuran pada kelayakan penggunaan lahan. Aspek-aspek yang perlu diperhatikan dalam kesesuaian lahan diantaranya adalah jenis tanah, intensitas curah hujan, kemiringan lahan, daerah rawan bencana, dan kriteria fungsi kawasan (Suryanto, 2007).

3. PEMBAHASAN

Konsep daya dukung lingkungan mencakup tiga faktor utama, yaitu kegiatan manusia, sumber daya alam, dan lingkungan. Dimana kualitas lingkungan dapat terpelihara dan terjaga dengan baik bila manusia dapat mengelola daya dukung pada batas minimum dan optimal. Kualitas daya dukung yang dikelola berada antara 30 % - 70 % akan memberikan kualitas yang cukup baik. Angka ini didapatkan berdasarkan konsep tata ruang arsitektur yang harus tetap memperhitungkan arsitektur alam berkisar antara $\frac{1}{3}$ – $\frac{2}{3}$ dari seluruh ruang yang dikelola manusia (Zoer'aini, 1997).

3.1 Jenis Tanah

Secara umum tanah diartikan sebagai lapisan dari kulit/ muka bumi sampai ke bawah dengan batasan aktivitas biologis, yang merupakan kedalaman dimana masih dapat dicapai oleh kegiatan organisme. Tanah yang merupakan salah satu faktor penting dalam mempengaruhi kesesuaian penggunaannya memiliki jenis yang berbeda-beda antar daerah dan perbedaan ini dipengaruhi oleh proses pembentukannya, seperti faktor iklim (suhu dan curah hujan), sifat dari bahan induk (struktur, tekstur, susunan kimia, dan mineral), topografi, serta rentang waktu dalam perubahan bahan induk menjadi tanah (Suryanto, 2007). Dalam menentukan layak tidaknya suatu kawasan dilakukan pembangunan tentunya harus diketahui terlebih dahulu karakteristik tanah pada kawasan tersebut. Pada tabel 3.1 dapat dilihat diskripsi jenis tanah.

Tabel 3.1. Deskripsi Jenis Tanah

Kelas Tanah	Jenis Tanah	Kepekaan Terhadap Erosi
1	Aluvial, Gley, Planosol, Hidromorf kelabu biru, Laterit berair tanah	Tidak Peka
2	Latosol	Agak Peka
3	Tanah hutan coklat, Coklat tak bergamping, Mediteran	Kurang Peka
4	Andosol, Laterit, Grumosol, Podsol, Podsolik	Peka
5	Regosol, Litosol, Organosol, Renzina	Sangat Peka

(Sumber : SK Mentan No. 837, 1980 dan SK Mentan No. 683, 1981)

3.2 Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan merupakan rata-rata curah hujan yang dihitung dalam satuan mm setahun dibagi dengan rata-rata jumlah hari hujan dalam setahun, intensitas curah hujan diperlukan agar dapat diantisipasi kondisi genangan yang akan terjadi pada suatu kawasan. Intensitas curah hujan dapat dibagi kedalam kelas-kelas sebagai berikut (SK Mentan No. 837, 1980).

Tabel 3.2. Deskripsi Intensitas Curah Hujan Harian Rata-rata

Kelas Intensitas Hujan	Intensitas Hujan (mm/hari hujan)	Deskripsi
1	0 – 13,6	Sangat Rendah
2	13,6 – 20,7	Rendah
3	20,7 – 27,7	Sedang
4	27,7 – 34,8	Tinggi
5	> 34,8	Sangat Tinggi

(Sumber : SK Mentan No. 837, 1980 dan SK Mentan No. 683, 1981)

3.3 Kemiringan Lahan

Menurut Suryanto (2007), kemiringan lahan merupakan perbedaan ketinggian tertentu antara relief yang ada pada suatu bentuk lahan. Dalam menentukan kemiringan lahan rata-rata pada setiap kelompok dapat dilakukan dengan cara membuat hubungan pada setiap titik-titik. Panjang satu garis akan menunjukkan kelerengan yang sama dan kemiringan lahan menunjukkan karakter daerah yang perlu dipertimbangkan dalam arahan penggunaan lahan. Kemiringan lahan akan berbeda-beda namun secara umum dapat dibagi dalam kelompok-kelompok, kemiringan lahan ini juga dipengaruhi oleh ketinggian lahan terhadap laut dimana semakin dekat lahan ini dengan laut maka cenderung akan semakin rata. Gambaran dari kemiringan lereng dapat dilihat pada tabel 3.3.

Tabel 3.3. Deskripsi Kelas Lereng

Kelas Lereng	Interval (%)	Deskripsi
1	0 – 8	Datar
2	8 – 15	Landai
3	15 – 25	Agak Curam
4	25 – 45	Curam
5	> 45	Sangat Curam

(Sumber : SK Mentan No. 837, 1980 dan SK Mentan No. 683, 1981)

3.4 Daerah Rawan Bencana

Pada suatu kawasan/ wilayah terdapat tingkat kerentanan lahan terhadap air, angin, erosi, penggenangan, dan banjir. Penggenangan dan banjir akan mempengaruhi daya dukung lahan disebabkan kedua hal tersebut merupakan efek/ dampak dari kondisi fisik yang ada. Dapat dikatakan bahwa semakin datar suatu kawasan dan semakin dekat dengan laut maka akan semakin berpeluang terhadap terjadinya genangan dan banjir sehingga dapat mengganggu kegiatan dari penggunaan lahan (Suryanto, 2007). Banjir dapat memberikan dampak langsung terhadap rata-rata 99 jt jiwa per tahun di seluruh dunia mulai dari tahun 2000 sampai tahun 2008. Sedangkan menurut Jha et al (2012), tercatat 178 juta jiwa yang terkena dampak dari bencana banjir yang terjadi pada 2010 dan total kerugian yang dialami dari tahun 1998 sampai tahun 2008 hampir mencapai US \$ 40 trilliun.

3.5 Kriteria Fungsi Kawasan

Dalam merencanakan suatu kawasan tentunya harus diperhatikan peruntukan dari setiap kawasan yang ada agar sesuai dengan penggunaan lahan. Khadiyanto, 2007 menyebutkan bahwa lahan dapat dikatakan sebagai kawasan lindung, jika memiliki kriteria sebagai berikut :

1. Memiliki bentang lahan dengan kemiringan lereng > 45%.
2. Memiliki jenis tanah yang sangat peka terhadap erosi (litosol, regosol, organosol, dan renzina) dengan kemiringan > 15%.
3. Merupakan jalur pengaman antar sungai, mata air, sempadan waduk, dan sejenisnya sekurang-kurangnya 200 m dari permukaan air pasang.
4. Memiliki kepentingan khusus serta ditetapkan sebagai kawasan lindung.
5. Merupakan kawasan rawan bencana.
6. Merupakan daerah cagar budaya dan taman nasional (benda-benda arkeologi) ataupun tempat pencagaran terhadap jenis fauna dan flora tertentu yang dilindungi.
7. Memiliki ketinggian lahan dengan elevasi 2000 m diatas muka laut atau lebih.

4. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan diatas dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Dalam menentukan layak tidaknya suatu kawasan dilakukan pembangunan tentunya harus diketahui terlebih dahulu karakteristik tanah pada kawasan tersebut.

2. Intensitas curah hujan diperlukan agar dapat diantisipasi kondisi genangan yang akan terjadi pada suatu kawasan.
3. Kemiringan lahan menunjukkan karakter daerah yang perlu dipertimbangkan dalam arahan penggunaan lahan.
4. Pada setiap kawasan akan memiliki tingkat kerentanan lahan yang berbeda-beda terhadap air, angin, erosi, penggenangan, dan banjir.
5. Pengembangan infrastruktur harus disesuaikan dengan kriteria peruntukkan wilayah yang ada agar terjadi keseimbangan dengan daya dukung lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Dardak, H, 2005, *Pengembangan Jaringan Jalan Wilayah Sumatera Berbasis Penataan Ruang*, Makalah disajikan dalam Konferensi Regional Teknik Jalan Ke – 8 Wilayah Barat, yang diselenggarakan di Batam, Tanggal 28 – 29 Juli 2005, Batam.
- Jha, A,K, Bloch, R. and Lamond, 2012, *Cities and Flooding : a Guide to Integrated Urban Flood Risk Management for the 21st Century*, World Bank Publications.
- Ketut Arnawa, Mekse Gede, 2013, *Potensi Daya Dukung Pengembangan Kawasan Minapolitan di Kabupaten Gianyar, Bali*, Jurnal Agriekonomika, Volume 2, Oktober.
- Notohadiprawiro, Tejo Yuwono, 1991, *Kumpulan Makalah yang Pernah Dipresentasikan dan atau Dipublikasikan (Bidang Lingkungan)*, Universitas Gadjahmada, Yogyakarta.
- Rasman M Manafi, dkk, 2009, *Aplikasi Konsep Daya Dukung untuk Pembangunan Berkelanjutan di Pulau Kecil (Studi Kasus Gugus Pulau Kaledupa, Kabupaten Wakatobi)*, Jurnal lmu-ilmPerairan dan Perikanan Indonesia, Jilid 16, No 1, Juni.
- Sitorus, Santun R.P., 1998, *Evaluasi Sumberdaya Lahan*, Penerbit Tarsito, Bandung.
- Sumarwoto, 2001, *Atur Diri Sendiri Paradigma Baru Pengelolaan Lingkungan Hidup*, Bandung.
- Supardi, 1994, *Lingkungan Hidup dan Kelestariannya*, Penerbit Alumni, Bandung.
- Sunu Pramudya, 2001, *Melindungi Lingkungan dengan Menerapkan ISO 14001*, PT. Gamedia Widiasarana, Jakarta.
- Suryanto, 2007, *Daya Dukung Lingkungan Daerah Aliran Sungai Untuk Pengembangan Kawasan Permukiman (SK : DAS Beringin Kota Semarang)*, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Undang-undang Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 1997, Tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- Zoer'aini, 1997, *Prinsip-prinsip Ekologi dan Organisasi Ekosistem Komunitas dan Lingkungan*, Bumi Aksara, Jakarta.
- , 1980, Tentang Kriteria dan Tata Cara Penetapan Hutan Lindung, SK Mentan Nomor 837/KPTS/UM/11/80.

PERENCANAAN WILAYAH DAN MITIGASI BENCANA DENGAN MENGGUNAKAN APLIKASI SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG) PADA DAS BENDUNG, PALEMBANG

Andriani

Mahasiswa Program Doktor Ilmu Lingkungan Pascasarjana Universitas Sriwijaya, Palembang
Dosen Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas, Padang,
andriani.stmt@gmail.com

Indrayani

Mahasiswa Program Doktor Ilmu Lingkungan Pascasarjana Universitas Sriwijaya, Palembang
Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang, iiend_sumantri@yahoo.com

ABSTRAK

Perencanaan dan pengembangan wilayah merupakan upaya mengharmoniskan sumber daya alam, manusia dan teknologi dengan memperhitungkan daya dukung dan daya tampung lingkungan. Dengan menggunakan Sistem Informasi Geografi (SIG) maka akan mempermudah proses pengelolaan data dan penyajian informasi secara praktis. Pada penelitian ini digunakan Aplikasi ILWIS 3.8 dan MapInfo Profesional 10 untuk mengolah data Citra Satelit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada Wilayah DAS Bendung, Palembang luas lahan yang terbangun sebesar 52,795 %, sedangkan luas lahan yang belum terbangun adalah 47,205 %. Sebagian besar wilayah yang sudah terbangun terletak pada daerah dengan kondisi topografi yang datar, sedangkan pada daerah yang mempunyai topografi dan kemiringan yang curam luas areal yang terbangun masih sedikit. Untuk pengembangan di masa mendatang lahan yang belum terbangun dapat dimanfaatkan secara optimal dengan mempertimbangkan aspek-aspek lingkungan dan potensi bencana/ degradasi yang kemungkinan akan timbul akibat alih fungsi lahan pada wilayah yang belum terbangun. Jadi dengan Sistem Informasi Geografis (SIG), maka lokasi yang cocok untuk pengembangan wilayah dapat ditentukan dan potensi bencana yang akan timbul dapat diprediksi dan diminimalisir.

Kata Kunci : Aplikasi GIS, DAS Bendung, Mitigasi Bencana, Perencanaan Wilayah.

1. PENDAHULUAN

Perencanaan wilayah merupakan salah satu bentuk perencanaan secara khusus yang berkaitan dengan penggunaan sumber daya lahan. Perencanaan wilayah pada dasarnya penting untuk dilakukan karena adanya keterbatasan lahan dan kondisi lahan yang ada di lapangan. Pada umumnya perencanaan wilayah mempunyai prinsip-prinsip dasar yaitu : efisiensi (efficiency), kesesuaian (suitability), keberlanjutan (sustainability) dan kesetaraan (equity).

Untuk mempermudah perencanaan dan pengembangan suatu wilayah dapat digunakan Sistem Informasi Geografis (SIG). Menurut Dangermond, J (1983) Membangun Sistem Informasi Geografi berarti membangun empat aspek utama secara totalitas, yaitu : aspek data, aspek SDM, aspek perangkat software dan hardware serta aspek institusi yang diwujudkan dalam bentuk kelembagaan dan tatalaksananya. Empat aspek tersebut menyatu dan tidak bisa dipisahkan.

Sesuai dengan UU No.25 tahun 2004 menyatakan bahwa perencanaan suatu wilayah adalah suatu proses untuk menentukan tindakan masa depan yang tepat, melalui urutan pilihan dan memperhitungkan sumber daya yang tersedia. Sedangkan untuk Penataan Ruang ditetapkan dalam UU No.26 tahun 2007, tujuan dari penataan ruang adalah :

1. Terwujudnya keharmonisan antara lingkungan alam dan lingkungan buatan
2. Terwujudnya keterpaduan dalam penggunaan sumber daya alam dan buatan dengan memperhatikan sumber daya manusia.
3. Terwujudnya perlindungan fungsi ruang dan pencegahan dampak negatif terhadap lingkungan akibat pemanfaatan ruang.

Kondisi jenis tanah dan kemiringan tanah serta keberadaan aliran air (sungai) pada Wilayah DAS Bendung merupakan faktor-faktor yang harus dipertimbangan dalam perencanaan dan pengembangan wilayah di DAS Bendung. Perencanaan dan pengembangan wilayah yang direncanakan secara tepat akan memperkecil dampak negatif yang timbul akibat alih fungsi lahan. Penataan wilayah yang tidak tepat akan berpotensi menimbulkan bencana.

Dengan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG), diharapkan dapat mengetahui potensi bencana yang akan timbul dan dapat merencanakan wilayah yang belum terbangun di DAS Bendung agar dampak negatif dan degradasi lingkungan yang akan terjadi seminimal mungkin.

Pada penelitian digunakan Aplikasi ILWIS 3.8 dan MapInfo Profesional 10 untuk mengolah dan menganalisis data Citra Satelit.

2. STUDI PUSTAKA

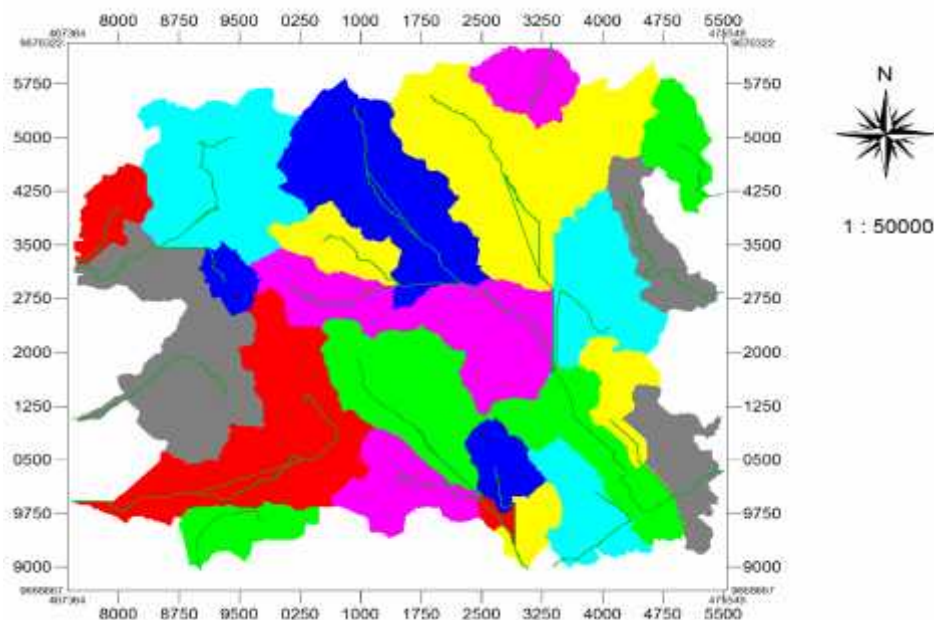
Secara umum, perencanaan dapat diartikan menyangkut serangkaian kegiatan dengan langkah-langkah yang terencana untuk memecahkan persoalan di masa depan (Glasson, 1974). Setiap daerah/ wilayah mempunyai potensi yang berbeda-beda, baik sumber daya alam, sumber daya manusia, letak geografis, budaya dan lain-lain. Berdasarkan pendekatan wilayah dapat dikembangkan potensi sumber daya wilayah tersebut dan dapat memprediksi degradasi lingkungan yang akan terjadi. Menurut Miraza. H (2004), Perencanaan wilayah mencakup berbagai kehidupan yang komprehensif yang semuanya bermuara pada upaya meningkatkan kehidupan masyarakat. Berbagai faktor dalam kehidupan seperti ekonomi, politik, sosial serta budaya maupun adat istiadat berbaur dalam sebuah perencanaan wilayah yang kompleks. Perencanaan wilayah diharapkan dapat menciptakan sinergi untuk memperkuat posisi pengembangan wilayah.

Untuk perencanaan wilayah dan mitigasi bencana dapat dilakukan dengan menggunakan Aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG). Dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) diharapkan mampu mengolah, menganalisis dan mengimplementasikan data secara akurat sehingga dapat diakses oleh setiap orang. Aplikasi Sistem Informasi Geografi (SIG) sudah banyak digunakan pada beberapa penelitian untuk pengembangan wilayah dan upaya mitigasi bencana, diantaranya : Aplikasi Teknologi Sistem Informasi Geografi (SIG) untuk Perencanaan dan Pengelolaan Tata Ruang Wilayah Pesisir (Dahuri, 1996), Penerapan SIG dalam Upaya Mitigasi Bencana Banjir di Jakarta (Marwanto, 2002), Konseptual Perancangan Sistem Informasi Manajemen Logistik Penanggulangan Bencana Berbasis GIS di Indonesia (Oktarina, 2009), Analisa Kerawanan Tanah Longsor dengan

Aplikasi SIG dan Penginderaan Jauh di Kabupaten Bogor (Yunianto, 2011), Pengembangan Sistem Informasi Geografis pada Platform Google untuk Penanggulangan Kebakaran di Jakarta Selatan (Irwansyah, 2011).

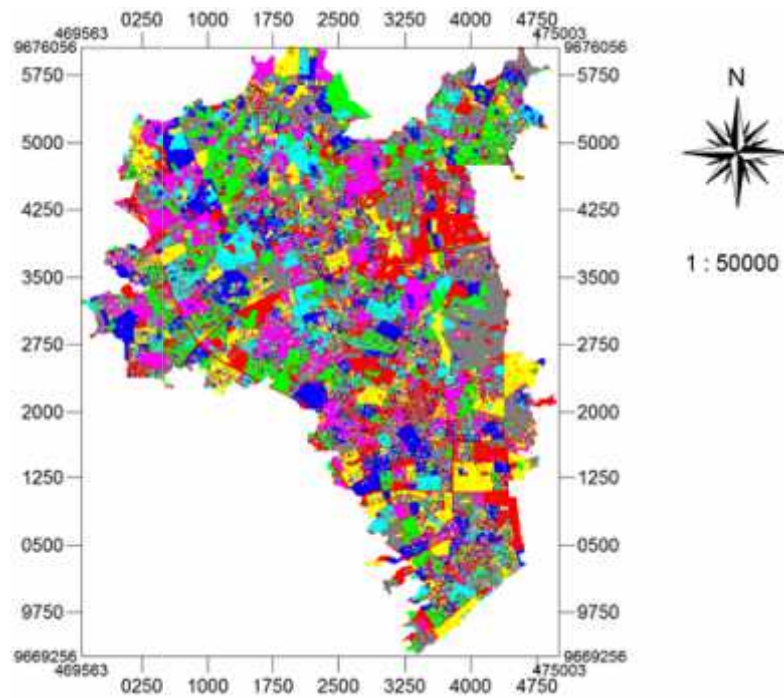
3. PEMBAHASAN

Dari hasil pengolahan data citra satelit dengan menggunakan ILWIS 3.8 diperoleh batas-batas wilayah DAS Bendung dan daerah tangkapan air pada daerah DAS Bendung. Gambar 1 menunjukkan batas-batas Daerah Aliran Sungai (DAS) pada DAS Bendung dan jaringan sungai yang terdapat pada wilayah Bendung. Batasan wilayah DAS Bendung ini sangat berarti untuk menentukan lokasi penelitian dan untuk mencari batas-batas aliran air pada suatu DAS. Air akan mengalir dari punggung (tempat yang tinggi) menuju ke tempat yang lebih rendah. Pada daerah cekungan disitulah berkumpul air, daerah punggung bukit menjadi batas-batas catchment area sedangkan daerah yang rendah menjadi daerah alirannya (stream order).



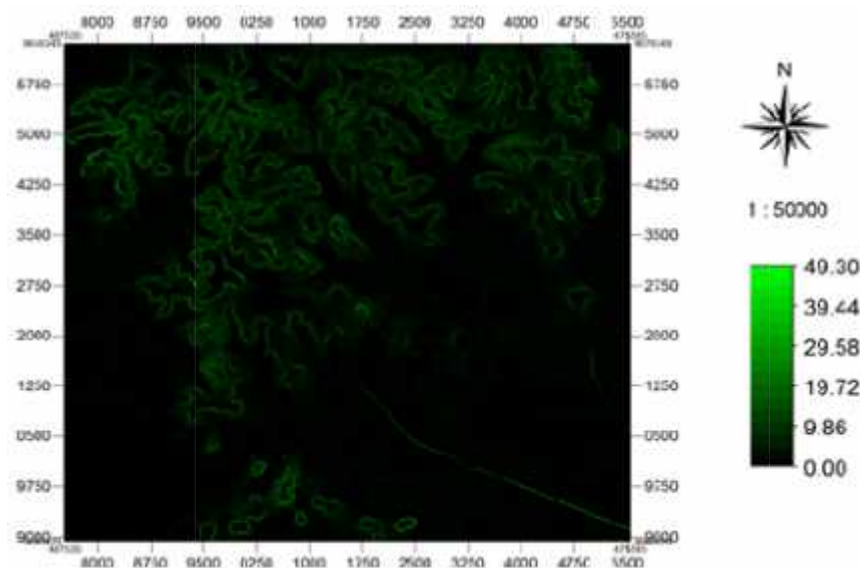
Gambar 1 Batas DAS dan Keberadaan Sungai di DAS Bendung.

Pada Gambar 2 menunjukkan pemanfaatan lahan pada DAS Bendung. Dari hasil pengolahan data dengan menggunakan ILWIS 3.8 dan MapInfo 10 dapat ditentukan luas land use di Wilayah DAS Bendung. Luas wilayah keseluruhan untuk penggunaan lahan di DAS Bendung adalah **38.159.505,960 m²**. Total wilayah yang terbangun diperkirakan seluas **20.146.263,704 m² (52,795 %)**. Penggunaan lahan pada daerah yang terbangun berupa infrastruktur jalan dan parkir, bangunan (berupa bangunan fasilitas dan pemukiman) dan lain-lain. Sedangkan luas total wilayah yang belum terbangun adalah **18.013.242,256 m² (47,205 %)**. Wilayah yang belum terbangun sebagian besar terdiri dari ruang terbuka (31,755 %), rawa, sawah, ladang, tanah kosong dan lain-lain.



Gambar 2 Tata guna lahan di Wilayah DAS Bendung.

Gambar 3 menunjukkan kemiringan muka tanah dalam satuan derajat. Berdasarkan wilayah yang ditinjau sebagian besar wilayah yang sudah terbangun terletak pada daerah dengan kondisi topografi yang datar, sedangkan pada daerah yang mempunyai topografi dan kemiringan yang curam luas areal yang terbangun masih sedikit. Hal ini dikarenakan pada daerah dengan topografi yang landai cenderung stabil dan resiko untuk terjadinya longsor ataupun erosi lebih kecil dibandingkan dengan wilayah yang bertopografi curam/derajat kemiringan besar. Sehingga untuk pengembangan wilayah sebaiknya direncanakan pada wilayah daerah yang datar. Wilayah dengan topografi datar pada umumnya lebih cepat berkembang dibandingkan dengan daerah yang bertopografi curam, tetapi hal itu juga tergantung pada sumberdaya alam dan sumberdaya manusianya.



Gambar 3 Kemiringan Muka Tanah (o).

Dari total secara keseluruhan persentase luas lahan yang terbangun pada wilayah DAS Bendung sebesar 52,795 %, sedangkan luas lahan yang belum terbangun adalah sebesar 47,205 %. Untuk pengembangan di masa mendatang lahan yang belum terbangun dapat dimanfaatkan secara optimal. Pemanfaatan dan pengembangan wilayah yang belum terbangun hendaklah disesuaikan daya dukung dan daya tampung wilayah tersebut dan sumberdaya alam atau potensi yang paling dominan di daerah tersebut.

Untuk mencapai tujuan pembangunan yang berkelanjutan maka pengembangan wilayah harus mempertimbangkan aspek-aspek lingkungan dan potensi bencana/ degradasi yang kemungkinan timbul akibat alih fungsi lahan pada wilayah yang belum terbangun. Pada wilayah DAS Bendung yang mempunyai topografi yang curam/ derajat kemiringan lereng yang besar ($> 40^\circ$) sebaiknya tidak diperuntukkan untuk perindustrian dan pemukiman tetapi untuk pertanian/ perkebunan atau dijadikan hutan konservasi. Tujuannya adalah untuk mencegah bencana longsor, erosi dan banjir. Sedangkan untuk daerah rawa dan daerah tangkapan air sebaiknya jangan direklamasi secara besar-besaran karena berpotensi banjir. Menurut Perda Kota Palembang No. 11 tahun 2012 reklamasi rawa tidak boleh lebih dari 70 % luas wilayah. Pada daerah yang terdiri dari rawa sebaiknya penimbunan/ reklamasi dilakukan secara bijak.

4. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan diatas dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Pengolahan data citra dengan menggunakan ILWIS 3.8 dan MapInfo Profesional 10 menghasilkan luas wilayah yang sudah terbangun pada wilayah DAS Bendung adalah sebesar 20.146.263,704 m² (52,795 %) sedangkan luas area yang belum terbangun sebesar 18.013.242,256 m² (47,205 %).
2. Pada wilayah yang belum terbangun sebaiknya wilayah yang mempunyai derajat kemiringan yang besar ($> 40^\circ$) dikembangkan untuk daerah pertanian, perkebunan atau hutan konservasi. Hal ini dikarenakan pada wilayah tersebut berpotensi terjadi erosi dan tanah longsor.
3. Penimbunan/ reklamasi yang dilakukan pada daerah tangkapan air dan daerah rawa berpotensi menimbulkan banjir di wilayah DAS Bendung.
4. Dengan menggunakan aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG) akan mempermudah pengolahan data, merencanakan pengembangan wilayah, dapat memprediksi potensi sumber daya yang ada serta dapat memprediksi potensi bencana (kerentanan wilayah).

DAFTAR PUSTAKA

- Glasson, J. 1974. An Introduction to Regional Planning. Hutchinson Educational. London.
- Marwanto. B. 2002. Penerapan Sistem Informasi Geografis (SIG) Dalam Upaya Mitigasi Bencana Banjir di Jakarta. Pusdiklat BPPT. Jakarta
- Miraza, B. H. 2005, Perencanaan dan Pengembangan Wilayah, ISEI. Bandung.

- Oktarina, R. 2009. Konseptual Perancangan Sistem Informasi Manajemen Logistik Penanggulangan Bencana Berbasis GIS di Indonesia. Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI), Yogyakarta.
- Suryanto. 2007. Daya Dukung Lingkungan Daerah Aliran Sungai Untuk Pengembangan Kawasan Permukiman (SK : DAS Beringin Kota Semarang), Universitas Diponegoro, Semarang.
- Undang-undang Republik Indonesia Nomor 25 Tahun 2004, Tentang Sistem Pembangunan Nasional.
- Undang-undang Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2007, Tentang Penataan Ruang.
- Yunianto, A.C. 2011. Analisa Kerawanan Tanah Longsor dengan Aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG) dan Penginderaan Jauh di Kabupaten Bogor. Skripsi. Institut Pertanian Bogor.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kepada Bapak Dr. Ir. Dinar Dwi Anugerah Putranto, MSPJ yang telah memberikan bimbingan dan pelatihan tentang Sistem Informasi Geografis (SIG).

PERTIMBANGAN WAKTU DAN BIAYA TRANSPORTASI UNTUK SIMULASI PENEMPATAN LOKASI BASECAMP ALAT BERAT PENANGANAN LONGSOR PADA RUAS JALAN NASIONAL DI SUMATERA BARAT

Yossyafra

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas, Padang, yossyafra@ft.unand.ac.id

Hendra Gunawan

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas, Padang, hendra@ft.unand.ac.id

Roslina Tahir

Balai Besar Pelaksana Jalan Nasional-V Makassar Kementerian PUPR

Husna Fauziah

Balai Besar Pelaksana Jalan Nasional II Padang Kementerian PUPR

Abstrak

Waktu dan biaya merupakan faktor penentu yang sangat penting dan berpengaruh dalam Emergency Services System. Kedua faktor di atas juga menjadi dominan dalam penanganan bencana longsor pada badan jalan. Data historis selama periode terakhir pasca gempa 2007 dan 2009 tercatat sering terjadi bencana longsor pada ruas jalan nasional Propinsi Sumatera Barat. Bencana longsor yang terjadi menutup/memutus badan jalan sangat mempengaruhi kinerja dan fungsi jalan, yang tentunya berakibat terhadap aktivitas transportasi sehingga berdampak ke beberapa aspek seperti, keterlambatan waktu perjalanan, tingginya biaya transportasi, tertundanya distribusi orang dan barang. Mobilisasi alat berat menjadi faktor penting untuk meminimalisasi kerugian yang mungkin timbul. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan lokasi yang optimum dengan pertimbangan parameter waktu tempuh dan biaya mobilisasi alat termurah guna meminimalisir kerugian yang timbul akibat terputus/tertutupnya badan jalan oleh longsor. Berdasarkan lingkup area layanan dan catatan data yang ada selama periode 2007 - 2011 dihitung waktu dan biaya mobilisasi alat. Dengan teknik simulasi, dihitung minimal waktu dan biaya mobilisasi untuk enam basecamp yang melayani enam zona yang ada di Sumatera Barat. Dari analisis untuk seratus kali simulasi kejadian diperoleh bahwa, tiga basecamp yang ada perlu dipindahkan, dengan jarak antara 15 hingga 48.5 Km dari lokasi eksisting, dengan perpindahan itu akan menghemat biaya hingga sekitar Rp.42 juta, dan pengurangan waktu tempuh yang sangat signifikan hingga sekitar 161,64 jam.

Kata kunci : bencana longsor, lokasi, waktu dan biaya transportasi.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Musibah bencana longsor sering menimpa kawasan Sumatera Barat, data historis mencatat terjadi bencana longsor pada 146 titiklokasi disepanjang ruas jalan nasional Propinsi Sumatera Barat dalam periode tahun 2007 sampai tahun 2011. Seringnyaterjadilongsor pada badan jalan, mengingatkan akan perlunya upaya perlindungan dan pencegahan serta

penanganan yang cepat terhadap ruas jalan yang terkena bencana longsor. Terputusnya arus lalu lintas dalam waktu yang cukup lama karena kejadian bencana disebabkan oleh terlambatnya alat berat tiba di lokasi akan berakibat terhadap aktivitas transportasi yang berdampak ke beberapa aspek seperti, keterlambatan waktu perjalanan, tingginya biaya transportasi, tertundanya distribusi orang dan barang. Kemacetan yang terjadi tentunya mengakibatkan kerugian bagi pengguna jalan. Selain itu, jalan sebagai salah satu aset negara yang merupakan prasarana penghubung daerah satu dengan daerah lainnya. Bencana longsor pada jalan dan jembatan bisa berakibat fatal, baik terhadap penduduk di sekitar ruas jalan maupun terhadap lingkungan di sekelilingnya.

Salah satu yang sangat berperan dalam upaya penanggulangan akibat kejadian bencana adalah mobilisasi alat berat. Mobilisasi alat berat ke lokasi bencana memerlukan waktu. Lokasi bencana yang dekat dengan lokasi basecamp tentunya akan lebih cepat mendapat penanganan dari alat berat dibanding dengan lokasi bencana yang jauh dari basecamp. Terkait hal di atas, basecamp alat berat yang ada saat ini perlu ditinjau keberadaannya guna mobilisasi alat berat secara cepat pada saat terjadi bencana longsor mengingat pada ruas jalan di Sumatera Barat terdapat beberapa titik lokasi rawan. Ini dikarenakan jarak basecamp alat berat dan lokasi kejadian bencana yang cukup jauh. Management mobilisasi alat berat ke lokasi bencana merupakan salah satu bagian dari Emergency Service System.

Maksud penelitian ini untuk mengevaluasi penempatan basecamp alat berat saat ini guna memberikan respon cepat terhadap bencana longsor yang terjadi. Dengan tujuan untuk mencari lokasi yang optimum dengan waktu tempuh dan biaya mobilisasi alat termurah guna meminimalisir kerugian yang timbul akibat terputus/tertutupnya badan jalan oleh bencana longsor. Manfaat penelitian ini adalah dapat menjadi dasar pertimbangan oleh instansi terkait dalam menentukan lokasi basecamp alat berat, guna memberikan respon cepat terhadap penanganan bencana longor yang terjadi.

1.2 Batasan Masalah

Berikut ini diberikan batasan masalah dan asumsi yang digunakan yaitu:

1. Lokasi bencana studi dilakukan di ruas Jalan Nasional Propinsi Sumatera Barat (Ruas Pariaman – Padang Sawah, Batas Kota Bukittinggi – Batas Sumut, Payakumbuh – Batas Riau, Ruas Jalan Batas Kota Padang – Solok, Batas Kota Padang - Pesisir Selatan dan Ruas Sijunjung – Bts. Kota Jambi).
2. Bencana longsor yang dimaksud adalah yang menutup badan jalan dan membutuhkan wheel loader untuk memindahkan material yang menimbun badan jalan.
3. Peralatan (Equipment) yang tersedia di basecamp tidak ditambah, sesuai kondisi eksisting.
4. Biaya mobilisasi (BBM dan Upah Operator) dan waktu tempuh alat berat dikonversikan dalam bentuk rupiah.
5. Single origin, bahwa 1 kejadian bencana akan dilayani hanya dari satu basecamp alat berat. Catchment area untuk satu basecamp sudah ditentukan.
6. Metoda penelitian yang digunakan adalah Teknik Simulasi dengan Model Probabilistik (Random Number hingga 100 (seratus) kali).

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bencana dan Emergency Service System

Secara alami bencana akan selalu terjadi di muka bumi, misalnya tsunami, gempa bumi, gunung meletus, jatuhnya benda-benda dari langit ke bumi, tidak adanya hujan pada suatu lokasi dalam waktu yang relatif lama sehingga menimbulkan bencana kekeringan, atau sebaliknya curah hujan yang sangat tinggi di suatu lokasi menimbulkan bencana banjir dan tanah longsor (Kodotie dan Sjarief, 2010). Bencana merupakan fenomena yang terjadi karena adanya komponen – komponen pemicu (trigger), ancaman (hazard), dan kerentanan (vulnerability) bekerja bersama secara sistematis, sehingga menyebabkan terjadinya risiko (risk) pada komunitas. Tingkat kerentanan adalah suatu hal penting untuk diketahui sebagai salah satu faktor yang berpengaruh terhadap terjadinya bencana, karena bencana baru akan terjadi bila “bahaya” terjadi pada “kondisi yang rentan”. Tingkat kerentanan dapat ditinjau dari kerentanan fisik (infrastruktur), sosial kependudukan, dan ekonomi. Terdapat empat tahapan/ bidang kerja dalam siklus Manajemen Bencana, namun dalam Pasal 33 UU 24/2007 disebutkan terdapat tiga tahapan, yaitu pra-bencana, saat tanggap darurat, dan pasca-bencana. Perbedaan siklus manajemen bencana dengan UU, pada UU diasumsikan “Pencegahan dan Mitigasi” serta “Kesiapsiagaan” adalah sama dengan “Pra-Bencana”.

2.2 Wilayah Rawan Tanah Longsor

Tercatat setidaknya terdapat 918 lokasi rawan longsor di Indonesia (Departemen ESDM, 2011). Setiap tahunnya kerugian yang ditanggung akibat bencana tanah longsor sekitar Rp 800 miliar, sedangkan jiwa yang terancam sekitar 1 juta. Daerah yang memiliki rawan longsor:

- Jawa Tengah 327 Lokasi
- Jawa Barat 276 Lokasi
- Sumatera Utara 53 Lokasi
- Yogyakarta 30 Lokasi
- Kalimantan Barat 23 Lokasi

Sisanya tersebar di NTT, Riau, Kalimantan Timur, Bali, dan Jawa Timur. Khusus untuk Sumatera Barat terdapat 146 lokasi. Pada penelitian ini area tinjauan layanan pada enam wilayah Sumatera Barat yang mencakup: Pariaman – Padang Sawah; Batas Kota Bukittinggi – Batas Sumut; Payakumbuh – Batas Riau; Ruas Jalan Batas Kota Padang – Solok; Batas Kota Padang- Pesisir Selatan; Ruas Sijunjung – Bts. Kota Jambi.

2.3 Lokasi Fasilitas

Sepanjang sejarah tinjauan lokasi, telah “dirumuskan” permasalahan bagaimana suatu objek atau fasilitas harus diletakkan dalam hubungannya dengan fasilitas yang lain maupun pihak-pihak yang akan dilayani oleh fasilitas tersebut. Keputusan semacam itu secara umum didasarkan kepada pertimbangan faktor fisik, ekonomi, sosial, estetika, militer, lingkungan maupun faktor politik misalnya ketersediaan tapak bangunan, jarak, rute transportasi, pasar, investasi, biaya transportasi dan penanganan, lokasi geografis, organisasi yang tersebar, pesaing, kawasan rekreasi, dan opini publik.

2.4 Nilai Waktu

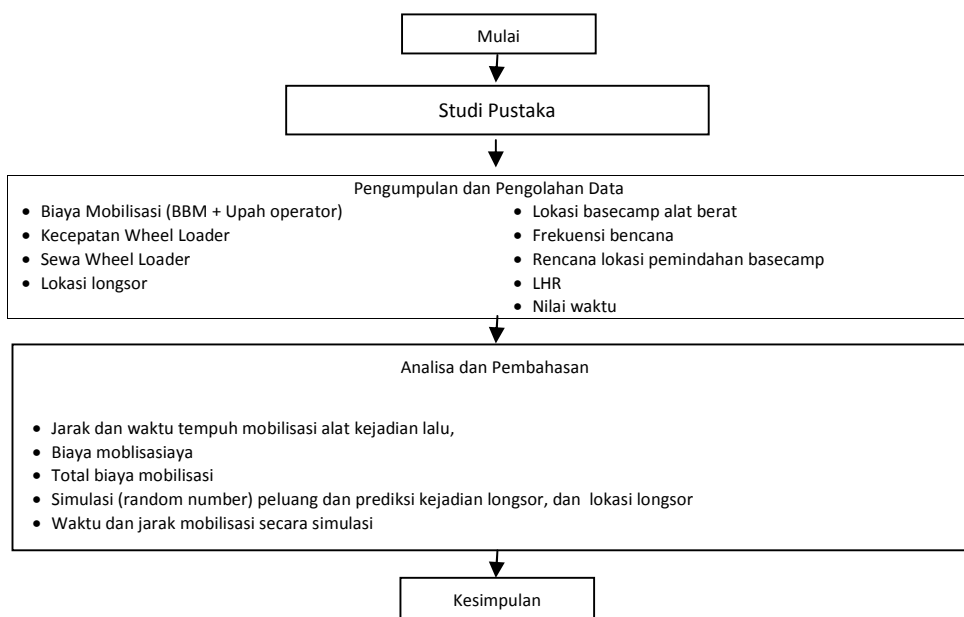
Pendekatan yang digunakan dalam perhitungan nilai waktu dilakukan dengan penerapan asumsi bahwa pengguna kendaraan cenderung menggunakan jalan yang lebih baik kondisinya dilihat dari segi waktu tempuh, kenyamanan, keamanan dan sebagainya. Menurut teori yang dikembangkan oleh Herbert Mohring, pengguna kendaraan cenderung memilih rute dengan biaya operasi kendaraan minimum dari sejumlah rute pilihan yang ada. Nilai Waktu – *Value of Time* (VoT) juga dapat dihitung menggunakan justifikasi dari aspek pendapatan per kapita, di mana rata-rata pendapatan per kapita per bulan dibagi dengan jumlah jam kerja selama sebulan. Rata-rata jam kerja (8 jam perhari), 25 hari kerja sebulan sehingga dalam sebulan rata-rata jam kerja adalah 200 jam.

2.5 Simulasi

Simulasi merupakan suatu teknik meniru operasi atau proses yang terjadi dalam suatu sistem dengan bantuan perangkat komputer yang dilandasi oleh beberapa asumsi tertentu sehingga sistem tersebut bisa dipelajari secara ilmiah. Dari beberapa model-model simulasi yang ada, untuk penelitian ini menggunakan model Probabilistik yaitu model yang menjelaskan kelakuan sistem secara probabilistik. Informasi yang masuk adalah secara acak. Model ini kadang-kadang juga disebut sebagai model simulasi Monte Carlo. Dalam proses stokastik sifat-sifat keluaran merupakan hasil dari konsep random (acak). Meskipun output yang diperoleh dapat dinyatakan dengan rata – rata, namun kadang – kadang ditunjukkan pula pola penyimpangan. Model yang mendasarkan pada teknik peluang dan memperhitungkan ketidakpastian disebut model probabilistik atau model stokastik.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Secara skematis metodologi dapat diperlihatkan oleh *flow chart* pada Gambar 3.1. berikut:

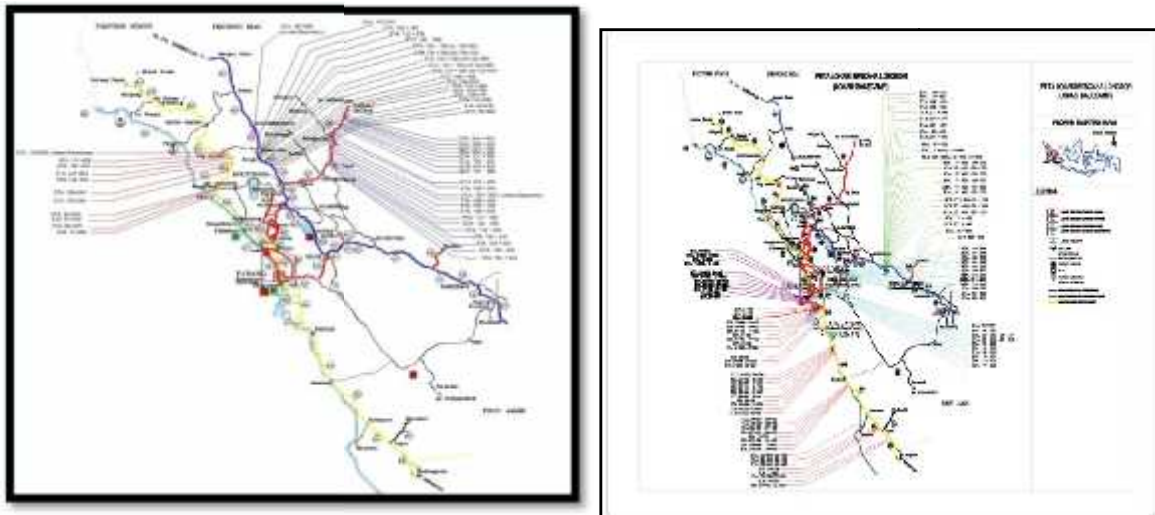


Gambar 3.1. Flow Chart Penelitian

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN DATA

4.1 Lokasi Basecamp Alat Berat dan Bencana Longsor

Pada penelitian ini dilakukan pengumpulan data lokasi alat berat dan lokasi bencana longsor yang ada selama lima tahun (2007 s/d 2011) di Wilayah Sumatera Barat dengan enam koridor kajian. Berikutnya adalah lokasi-lokasi bencana beserta posisi basecamp alat berat:



Gambar 4.1 Peta Lokasi Bencana dan Basecamp Eksisting Sumatera Barat Bagian Utara dan Selatan selama lima tahun (2007-2011)

4.2 Perhitungan Jarak, Waktu Tempuh dan Biaya Mobilisasi Alat

Berdasarkan data di atas, maka dilakukan perhitungan jarak, waktu tempuh dan biaya mobilisasi alat berat ke lokasi bencana.

1. Jarak yang dihitung adalah jarak basecamp ke lokasi bencana,
2. Waktu Tempuh dihitung berdasarkan wawancara dengan pihak operator wheel loader:
 - Untuk Pariaman dan Dharmasraya dengan kondisi topografi yang relatif datar kecepatan mobilisasi alat 25 Km/jam
 - Untuk Pasaman, Payakumbuh, Painan dan Solok kondisi topografi bergelombang kecepatan mobilisasi alat 20 Km/Jam.
3. Biaya Mobilisasi dihitung berdasarkan wawancara dengan pihak operator wheel loader, bahwa konsumsi BBM yang dibutuhkan oleh wheel loader sebesar 15 liter/jam. 1 liter solar sesuai harga pasar sebesar Rp. 4.500,- (Harga berlaku awal tahun 2014),
4. Untuk upah operator Rp.90.000,-/mobilisasi alat, sesuai standar bina marga untuk pekerjaan swakelola.

Berikut adalah perhitungan jarak, waktu tempuh dan biaya mobilisasi.

Tabel 4.1. Perhitungan Jarak, Waktu Tempuh dan Biaya Mobilisasi Alat untuk Pariaman

TAHUN / RUAS JALAN DI PARIAMAN	STA BENCANA	Jarak (Km)	Waktu (Menit)	Biaya Mobilisasi (Rp)	
				BBM (Rp)	Upah Operator
2007					
MANGGOPOH-PDG SAWAH	131+000	3	7.20	8,100	90,000
JUMLAH			7.20		98,100
2009					
MANGGOPOH-PDG SAWAH	128+000	6	14.40	16,200	90,000
MANGGOPOH-PDG SAWAH	124+800	9.2	22.08	24,840	90,000
MANGGOPOH-PDG SAWAH	124+500	9.5	22.80	25,650	90,000
TIKU - MANGGOPOH	092+100	41.9	100.56	113,130	90,000
TIKU - MANGGOPOH	080+000	54	129.60	145,800	90,000
TIKU - MANGGOPOH	073+000	61	146.40	164,700	90,000
JUMLAH			435.84		1.030.320
2010					
MANGGOPOH-PDG SAWAH	127+900	6.1	14.64	16,470	90,000
TIKU - MANGGOPOH	099+300	34.7	83.28	93,690	90,000
JUMLAH			97.92		290.160

Dengan cara yang sama dihitung untuk daerah Pasaman, Payakumbuh, Painan, Solok dan Dharmasraya. Selengkapnya dihitung rekapitulasi untuk keenam daerah tersebut adalah:

Tabel 4.2. Rekapitulasi Waktu Tempuh dan Biaya Mobilisasi Alat

KOTA	URAIAN	WAKTU TEMPUH DAN BIAYA MOBILISASI / TAHUN				
		2007	2008	2009	2010	2011
PARIAMAN	Waktu (Menit)	7.2	-	435.8	97.9	33.6
	Biaya Mobilisasi (Rp)	98,100	-	1,030,320	290,160	127,800
PASAMAN	Waktu (Menit)	597.6	106.8	572.4	619.5	662.7
	Biaya Mobilisasi (Rp)	1,032,300	210,150	913,950	1,056,938	1,195,494
PAYAKUMBUH	Waktu (Menit)	267.7	265.5	177.0	354.9	374.4
	Biaya Mobilisasi (Rp)	661,134	658,688	379,125	759,263	1,141,200
PAINAN	Waktu (Menit)	3.971,0	1.279,2	807,4	439,4	804,2
	Biaya Mobilisasi	5.727.420	2.339.046	1.358.280	584.280	1.624.680
SOLOK	Waktu (Menit)	543,3	544,5	447,6	489,6	512,5
	Biaya Mobilisasi	1.061.213	1.062.563	773.550	910.800	1.026.534
DHAMASRAYA	Waktu (Menit)	378,2	595,8	628,95	1.185,5	655,20
	Biaya Mobilisasi	785.419	1.120.275	1.067.569	1.963.716	1.187.100

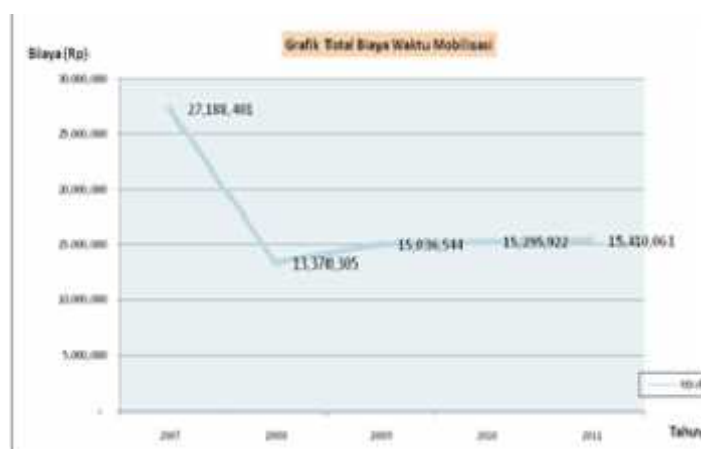
4.3 Perhitungan Total Biaya Waktu Mobilisasi Alat.

Untuk mendapatkan total biaya mobilisasi alat, maka waktu tempuh dikonversikan ke dalam bentuk rupiah dan berdasarkan wawancara dengan pemilik wheel loader (pihak swasta) didapatkan data bahwa untuk sewa wheel loader dihargai sebesar Rp.190.000,-/jam. Apabila dijadikan ke dalam satuan menit Rp.190.000,-/60 menit = Rp. 3.166,- untuk 1 menit, dibulatkan menjadi Rp. 3.200,-/menit. Dengan menggunakan data di atas maka diperoleh perhitungan seperti table 4.3.

Tabel 4.3. Perhitungan Total Biaya Waktu Mobilisasi Alat

URAIAN TAHUN	BIAYA WAKTU DAN BIAYA MOBILISASI				
	2007	2008	2009	2010	2011
BIAYA WAKTU (RP)	23,040	-	1,394,688	313,344	107,520
BIAYA MOBILISASI (RP)	98,100	-	1,030,320	290,160	127,800
TOTAL PARIMAN (RP)	121,140	-	2,425,008	603,504	235,320

Dengan cara yang sama dihitung untuk daerah Pasaman, Payakumbuh, Painan, Solok dan Dharmasraya . Rekapitulasi total biaya waktu mobilisasi dapat juga dilihat pada grafik berikut :



Gambar 4.1. Grafik Total Biaya Waktu Mobilisasi Alat

Dari Gambar 4.1., terlihat bahwa setelah waktu tempuh dikonversikan ke dalam bentuk rupiah didapatkan total biaya mobilisasi pertahun. Berdasarkan data periode lima tahun (2007 s/d 2011), maka langkah selanjutnya adalah mencari peluang dan prediksi lokasi kejadian bencana longsor untuk 100 (seratus) kali kejadian (simulasi) dengan menggunakan teknik simulasi.

- Pengelompokan Lokasi Bencana untuk mendapatkan distribusi probabilitas dan distribusi kumulatif yang nantinya digunakan untuk random number.
- Dari hasil random number didapatkan prediksi lokasi kejadian bencana untuk 100 (seratus) kali kejadian (simulasi).

4.4 Perhitungan Jarak dan Waktu Tempuh Mobilisasi Alat Untuk Simulasi Kejadian

Dasar perhitungan yang digunakan sama dengan perhitungan waktu tempuh pada periode waktu lima tahun (2007 – 2011). Rekapitulasi hasil perhitungan sebagai berikut:

Tabel.4.4. Perhitungan Waktu Tempuh Mobilisasi Alat Untuk Simulasi Kejadian.

BASECAMP	WAKTU TEMPUHI MOBILISASI (MENIT)					
	PARIAMAN	PASAMAN	PAYAKUMBUH	PAINAN	SOLOK	DHARMASRAYA
TE	6,288.0	14,445.0	6,000.0	16.017,9	12.115,2	4.005,8
T1	5,328.0	11,340.0	5,880.0	16.136,96	14.048,0	1.926,4
T2	4,545.6	11,073.0	5,835.0	23.440,0	13.816,0	1.695,0
T3	4,416.0	9,180.0	5,802.0	24.302,4	7.482,9	1.168,0
T4	4,425.6	8,172.0	6,432.0	28.547,2	11.456,0	3.118,4
T5	4,464.0	6,995.4	7,716.0	35.065,0		3.252,8
T6	4,473.6	6,618.0	7,809.0	22.505,6		
T7		4,986.0	8,088.0	35.248,0		
T8		4,746.6	9,150.0			
T9		4,935.0				
T10		5,175.0				

4.5 Perhitungan Biaya Mobilisasi Untuk Simulasi Kejadian

Dari perhitungan waktu tempuh alat berat dari basecamp ke lokasi alat berat, maka dapat dihitung berapa biaya mobilisasi yang dibutuhkan oleh alat berat dari lokasi basecamp ke lokasi bencana longsor. Dalam perhitungan biaya mobilisasi, dasar yang digunakan sama dengan dasar pada perhitungan periode lima tahun (2007 – 2011). Dengan menggunakan dasar tersebut, maka dihitung biaya yang dibutuhkan. Berikut tabel hasil perhitungan biaya mobilisasi.

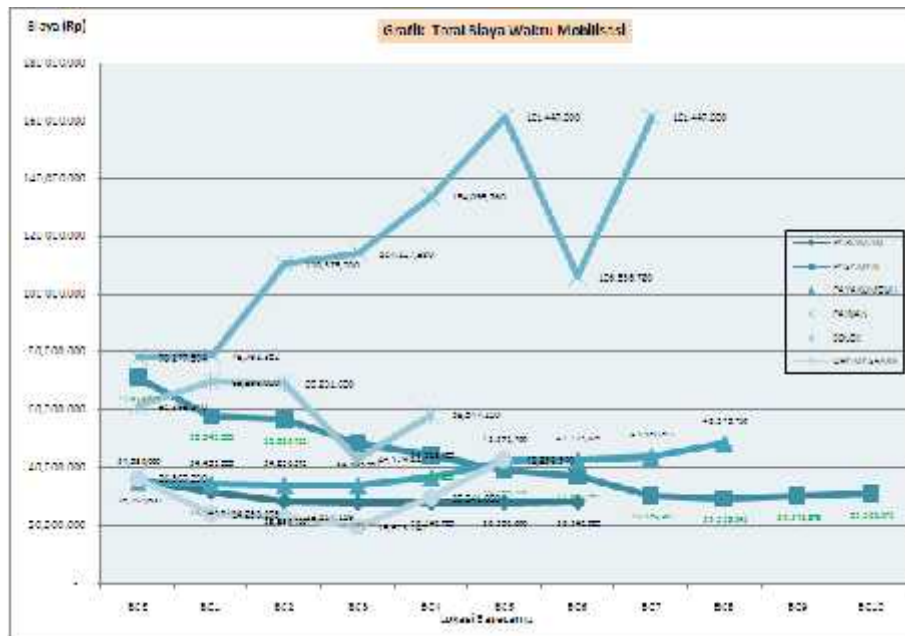
Tabel.4.5. Perhitungan Biaya Mobilisasi Alat Untuk Simulasi Kejadian.

BASECAMP	BIAYA MOBILISASI (Rp)					
	PARIAMAN	PASAMAN	PYK	PAINAN	SOLOK	DHAMASRAYA
C E	16,074,000.	25,250,625	15,750,000	27.020.160	22.629.600	23.748.750
C1	14,994,000	21,757,500	15,615,000	27.154.080	24.804.000	17.397.000
C2	14,113,800	21,457,125	15,564,375	35.370.000	24.543.000	17.690.118
C3	13,968,000	19,327,500	15,527,250	36.340.200	17.418.240	15.935.625
C4	13,978,800	18,193,500	16,236,000	41.115.600	21.888.000	19.862.100
C5	14,022,000	16,869,825	17,680,500	48.448.080		32.449.500
C6	14,032,800	16,445,250	17,785,125	34.318.800		
C7		14,609,250	18,099,000	48.654.000		
C8		14,339,925	19,293,750			
C9		14,551,875				
C10		14,821,875				

4.6 Perhitungan Total Biaya Waktu Mobilisasi Untuk Simulasi Kejadian

- Untuk mendapatkan lokasi yang optimum dari perpindahan basecamp, maka hasil dari perhitungan waktu tempuh dikonversikan ke dalam bentuk rupiah. Dasar yang digunakan sama dengan dasar yang digunakan sebelumnya pada periode lima tahun (2007s/d2011). Perhitungan total biaya waktu mobilisasi dapat dilihat juga pada Gambar 4.2. Dari gambar 4.2, diperlihatkan bahwa setelah waktu tempuh dikonversikan ke dalam bentuk rupiah didapatkan lokasi yang optimum pada:
- Untuk wilayah Pariaman lokasi yang optimum terletak pada basecamp ke-3 STA. 118 + 000 dengan total biaya waktu mobilisasi sebesar Rp. 28.099.200,-
- Untuk wilayah Pasaman lokasi yang optimum terletak pada basecamp ke-8 STA. 121 + 300 dengan total biaya waktu mobilisasi sebesar Rp. 29.529.045,-

- Untuk wilayah Payakumbuh lokasi yang optimum terletak pada basecamp ke-3 STA. 163 + 000 dengan total biaya waktu mobilisasi sebesar Rp. 34.093.650,-.
- Untuk wilayah Payakumbuh lokasi yang optimum terletak pada basecamp eksisting STA. 77 + 900 dengan total biaya waktu mobilisasi sebesar Rp. 78.277.504,-.
- Untuk wilayah Solok lokasi yang optimum terletak pada basecamp ke-3 STA. 78 + 800 dengan total biaya waktu mobilisasi sebesar Rp. 41.363.456,-.
- Untuk wilayah Dharmasraya lokasi yang optimum terletak pada basecamp ke-3 STA. 135 + 500 dengan total biaya waktu mobilisasi sebesar Rp. 19.673.145,-.



Gambar 4.2 Grafik Perhitungan Total Biaya Waktu Mobilisasi Alat Untuk Simulasi Kejadian

4.7 Perhitungan Kerugian Akibat Kemacetan

Selain pengurangan biaya mobilisasi, juga terjadi pengurangan waktu tempuh. Pengurangan waktu tempuh berarti mengurangi kerugian akibat kemacetan yang terjadi pada saat bencana. Berdasarkan data LHR tahun 2011 yang diperoleh dari bina marga dan Nilai waktu yang diperoleh pada studi sebelumnya (DPU, 2009), maka dihitung kerugian akibat kemacetan untuk 100 (seratus) kali kejadian (simulasi):

Tabel 4.6. Perhitungan Pengurangan Waktu & Kerugian Akibat Kemacetan Untuk Simulasi Kejadian

LOKASI	WAKTU		PENGURANGAN WAKTU DAN BIAYA		
	BASECAMP EKSISTING (Menit)	BASECAMP USULAN (Menit)	BASECAMP USULAN		
			(Menit)	(Jam)	(Rupiah)
PARIAMAN	6,288.0	4,416.0	1,872.0	31.2	278,909,839
PASAMAN	14,445.0	4,746.6	9,698.4	161.6	1,125,207,611
PAYAKUMBUH	6,000.0	5,802.0	198.0	3.3	32,344,422
PAINAN	-	-	-	-	-
SOLOK	12115,20	7891,2	4224	70,40	1.891.621.266
DHAMASRAYA	4005,83	1167,975	2837,9	47,30	578.442.755

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan terhadap data – data yang ada dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Dari simulasi yang dilakukan didapatkan bahwa melakukan perubahan lokasi basecamp alat berat akan mengurangi waktu tempuh ke lokasi longsor dan akan mengurangi biaya mobilisasi alat berat ke lokasi kejadian bencana.
- Dari simulasi kejadian yang dilakukan, dengan memindahkan basecamp alat berat ke lokasi yang baru kerugian akibat kemacetan yang terjadi pada saat bencana akan mengalami pengurangan seiring dengan pengurangan waktu tempuh. Kerugian biaya kemacetan yang bisa dikurangi dengan mengubah ke lokasi yang baru sekitar Rp.4,2 Milyar, untuk 100 kejadian.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian yang dilakukan, masih banyak hal yang perlu dikembangkan diantaranya :

- Perhitungan biaya pembuatan basecamp baru
- Penelitian kerugian bagi pengguna jalan akibat kemacetan yang disebabkan kejadian bencana dalam hal ini perlu melakukan kajian nilai waktu yang lebih detail.
- Diperlukan penelitian lanjut untuk melihat bagaimana multiple origin diaplikasikan, bahwa satu kejadian bencana dapat dilayani dari beberapa basecamp.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Nasional Penanggulangan Bencana, 2011, *Panduan Perencanaan Kontinjensi Menghadapi Bencana : Jilid 2*, Jakarta.
- Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, 2011, *Pengenalan Gerakan Tanah, Vulcanological Survey of Indonesia*, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum Badan Penelitian dan Pengembangan Pekerjaan Umum (DPU Balitbang), 1986, *Petunjuk Penyelidikan dan Penanggulangan Gerakan Tanah (Longsor)*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum Badan Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air (DPU Balitbang), 2007, *Laporan Akhir Pemetaan Tingkat Resiko Bencana Alam Gempa, Longsor dan Tsunami*, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum Bina Teknik, 2009, *Identifikasi Kebutuhan Pelebaran Jaringan Jalan di Pulau Sumatera*, Departemen Pekerjaan Umum Jakarta.
- Dimyati, T., T., dan Dimyati, A., 2010, *Operation Research, Model-Model Pengambilan Keputusan*, Penerbit Sinar Baru Algesindo, Bandung.
- Gordon, G., 1980, *System Simulation : Second Edition*, New Delhi.
- Kodoatie, R., J., dan Sjarief, R., 2010, *Tata Ruang Air*, Penerbit ANDI, Yogyakarta.
- Purnomo, H., 2004, *Perencanaan dan Perancangan Fasilitas*, Penerbit Graha Ilmu, Yogyakarta.

PENGARUH JENIS PEKERJAAN DAN PENANGGUNG BIAYA PERJALANAN TERHADAP PRESEPSI KUALITAS LAYANAN MV MENTAWAI FAST

Yossyafra

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas, Padang, yos_sy@yahoo.com

Yosritzal

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas, Padang, yosritzal@gmail.com

Ari Septa Yuda

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas, Padang, ariseptayuda@gmail.com

Abstrak

Usaha untuk meningkatkan pelayanan bagi pengguna jasa transportasi laut untuk Kabupaten Kepulauan Mentawai, Sumatera Barat perlu dilakukan seiring dengan peningkatan jumlah penumpang. Salah satu kapal yang melayani rute Padang – Kabupaten Kepulauan Mentawai adalah kapal cepat MV Mentawai Fast. Masyarakat merasakan tingkat pelayanan yang ada sekarang relative belum optimal. Hal ini merupakan permasalahan yang cukup penting untuk dibahas, agar terciptanya angkutan penyeberangan yang aman, nyaman dan menguntungkan bagi operator dan penumpang. Penelitian ini berfokus pada kualitas pelayanan kapal MV Mentawai Fast. Sehingga dapat diketahui kualitas pelayanannya dan mengetahui atribut kualitas untuk menilai dan meningkatkan pelayanan MV Mentawai Fast kedepan. Penelitian ini menggunakan metode analisis Importance Performance Analysis (IPA) untuk membandingkan sejauh mana kinerja suatu kegiatan yang dirasakan oleh pelanggan, pengguna atau penumpang jika dibandingkan dengan tingkat kepuasan yang diinginkan serta membandingkan pengaruh karakteristik responden terhadap persepsi responden. Maka secara umum dari 22 atribut ada beberapa hal penting yang perlu diimprovisasi karena kinerjanya yang belum memuaskan yaitu harga tiket yang terjangkau, ruang duduk yang luas, ketersediaan ruang ibadah, tempat berwudhu, dan toilet. ruang tunggu yang nyaman, keamanan (copet/rampok), kemudahan transportasi dari/ke pelabuhan, kecepatan sampai di tujuan serta ketersediaan petunjuk keselamatan untuk penumpang.

Kata Kunci: kualitas pelayanan, atribut kualitas jasa, karakteristik responden, importance performance analysis

1. PENDAHULUAN

Kabupaten Kepulauan Mentawai merupakan satu-satunya kabupaten dengan posisi geografis terpisahkan oleh laut dengan Kabupaten dan Kota lainnya di Provinsi Sumatera Barat. Batas sebelah Utara adalah Selat Siberut, sebelah Selatan berbatasan dengan Samudera Hindia, sebelah Timur berbatasan dengan Selat Mentawai, serta sebelah Barat berbatasan dengan Samudera Hindia.

Transportasi air merupakan pilihan utama yang relative murah, sangat baik dan efektif bagi masyarakat Kabupaten Kepulauan Mentawai. Berdasarkan informasi yang dihimpun dari Dinas Perhubungan, Komunikasi dan Informatika (Dishubkominfo) Kabupaten Kepulauan Mentawai, menunjukkan bahwa jumlah penumpang yang menggunakan transportasi laut di Kabupaten Kepulauan Mentawai pada tahun 2012 mengalami peningkatan jika

dibandingkan dengan tahun 2011, yaitu meningkat 3,31%, dari 97.483 orang menjadi 100.706 orang. Total penumpang yang naik dari pelabuhan laut Kabupaten Kepulauan Mentawai pada tahun 2012 ada sebanyak 55.056 orang (tahun 2011: 55.487 orang), sedangkan total penumpang yang turun ke pelabuhan laut Kabupaten Kepulauan Mentawai pada tahun 2012 ada sebanyak 45.701 orang (tahun 2011: 41.996 orang). Frekuensi terbanyak dari total penumpang yang naik turun ini terdapat di Kecamatan Sipora Utara yaitu di Pelabuhan Tuapejat karena kecamatan ini merupakan ibukota kabupaten. Ada beberapa jenis kapal penumpang yang melayani rute Padang – Kepulauan Mentawai, salah satunya adalah kapal cepat MV Mentawai Fast, yang melayani rute kota Padang – Tuapejat dan Padang – Muara Siberut – Muara Sikabalu.

Makalah ini merupakan hasil pengolahan data lebih lanjut Yosritzal, et.al. (2015). Pada makalah ini dilakukan analisis *Importance Performance Analysis* (IPA) terhadap responden berdasarkan jenis pekerjaan dan penanggung biaya perjalanan responden. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui persepsi pengguna terhadap tingkat kepentingan dan kepuasan terhadap atribut pelayanan yang diberikan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Importance Performance Analysis (IPA)

Importance Performance Analysis (IPA) merupakan alat analisis kepentingan dan kinerja, untuk membandingkan sejauh mana kinerja suatu kegiatan yang dirasakan oleh pelanggan atau pengguna jika dibandingkan dengan tingkat kepuasan yang diinginkan. *Importance Performance Analysis* (IPA) merupakan metode penerapan untuk mengukur atribut tingkat kepentingan dan kinerja/ tingkat kepuasan, berguna untuk pengembangan strategi pemasaran yang efektif bagi perusahaan (Supranto, 2001). Data skala Likert diberi skor secara kuantitatif untuk digunakan dalam perhitungan (Rangkuti, 2006). Analisis ini menggunakan lima peringkat nilai.

IPA merupakan matriks dua dimensi yang membandingkan antara tingkat kepentingan suatu atribut dengan kepuasan atribut-atribut dari produk tersebut. Pemetaan faktor-faktor ini menggunakan nilai rata-rata dari hasil tingkat kepentingan dan tingkat kepuasan.

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (1)$$

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n} \quad (2)$$

Keterangan:

X	= skor rata-rata tingkat kepuasan
Y	= skor rata-rata tingkat kepentingan
X _i	= skor penilaian tingkat kepuasan
Y _i	= skor penilaian tingkat kepentingan
n	= Jumlah responden

Memetakan atribut-atribut dalam dua dimensi, maka atribut-atribut tersebut bisa dikelompokkan dalam salah satu dari empat kuadran yang dibatasi oleh dua garis perpotongan tegak lurus (X,Y). Nilai X merupakan rata-rata dari jumlah rata-rata skor

tingkat kepuasan seluruh atribut yang diteliti. Nilai Y adalah rata-rata dari jumlah rata-rata skor tingkat kepuasan seluruh atribut yang diteliti.

3. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Responden

1. Jenis Kelamin

Berdasarkan jenis kelamin, jumlah responden laki-laki adalah sebanyak 73 orang dengan persentase sebesar 85,9 % dan jumlah responden perempuan sebanyak 12 orang dengan persentase sebesar 14,1 %. Tabulasi karakteristik responden berdasarkan jenis kelamin dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Karakteristik Responden Berdasarkan Jenis Kelamin

Jenis Kelamin	Frekuensi (Orang)	Persentase (%)
Laki-laki	73	85,9
Perempuan	12	14,1
Total	85	100,0

2. Pekerjaan

Berdasarkan pekerjaan, jumlah responden dengan pekerjaan PNS/TNI/Polri adalah sebanyak 38 orang dengan persentase sebesar 44,71 %, jumlah responden dengan pekerjaan pegawai swasta adalah sebanyak 11 orang dengan persentase sebesar 12,94 %, jumlah responden dengan pekerjaan pedagang adalah sebanyak 3 orang dengan persentase sebesar 3,53 %, jumlah responden dengan pekerjaan wiraswasta adalah sebanyak 20 orang dengan persentase sebesar 23,53 %, jumlah responden dengan pekerjaan mahasiswa/pelajar adalah sebanyak 3 orang dengan persentase 3,53 %, jumlah responden dengan pekerjaan ibu rumah tangga adalah sebanyak 1 orang dengan persentase 1,18 % dan jumlah responden dengan pekerjaan lainnya adalah sebanyak 9 orang dengan persentase 10,59 %. Tabulasi karakteristik responden berdasarkan usia dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Karakteristik Responden Berdasarkan Pekerjaan

Pekerjaan	Jenis Kelamin		Total (Orang)	Persentase (%)
	Laki-laki (Orang)	Perempuan (Orang)		
PNS/TNI/Polri	32	6	38	44,71
Pegawai Swasta	11	0	11	12,94
Pedagang	3	0	3	3,53
Wiraswasta	18	2	20	23,53
Mahasiswa/Pelajar	3	0	3	3,53
Ibu Rumah Tangga	1	0	1	1,18
Lain-lain	5	4	9	10,59
Total	73	12	85	100,00

3. Penanggung biaya perjalanan

Berdasarkan penanggung biaya perjalanan, jumlah responden yang memberikan jawaban hanya 82 orang dari 85 orang total responden. Dengan rincian sebagai berikut, jumlah responden dengan penanggung biaya perjalanan dinas adalah sebanyak 36 orang dengan persentase sebesar 43,90 %, jumlah responden dengan penanggung biaya perjalanan orang tua adalah sebanyak 2 orang dengan persentase sebesar 2,44%, jumlah respondendengan penanggung biaya perjalanan pribadi adalah sebanyak 43 orang dengan persentase sebesar 52,44 % dan jumlah responden dengan penanggung biaya perjalanan teman adalah sebanyak 1 orang dengan persentase sebesar 1,22 %.

Tabel 3 Karakteristik Responden Berdasarkan Penanggung Biaya Perjalanan

Penanggung Biaya Perjalanan	Jenis Kelamin		Total (Orang)	Persentase (%)
	Laki-laki (Orang)	Perempuan (Orang)		
Dinas/Kantor	31	5	36	43,90
Orang Tua	2	0	2	2,44
Pribadi	36	7	43	52,44
Teman	1	0	1	1,22
Total	70	12	82	100,00

3.2 Kualitas Pelayanan

1. Presepsi Penumpang Terhadap Layanan MV Mentawai Fast

Analisis kualitas pelayanan dilakukan terhadap 22 atribut jasa. Analisis ini menggunakan limaperingkat nilai. Kelimaperingkat penilaian tersebut diberikan bobot sebagai berikut:

Tabel 4 Analisis Tingkat Kepentingan

Bobot	Keterangan
1	Tidak penting
2	Kurang penting
3	Cukup penting
4	Penting
5	Sangat penting

Berdasarkan hasil tabulasi data presepsi penumpang terhadap layanan MV Mentawai Fast, diperoleh hasil data perhitungan nilai rata-rata tingkat kepuasan dan nilai rata-rata tingkat kepentingan untuk setiap atribut adalah sebagai berikut:

Tabel 5 Analisis Tingkat Kepuasan

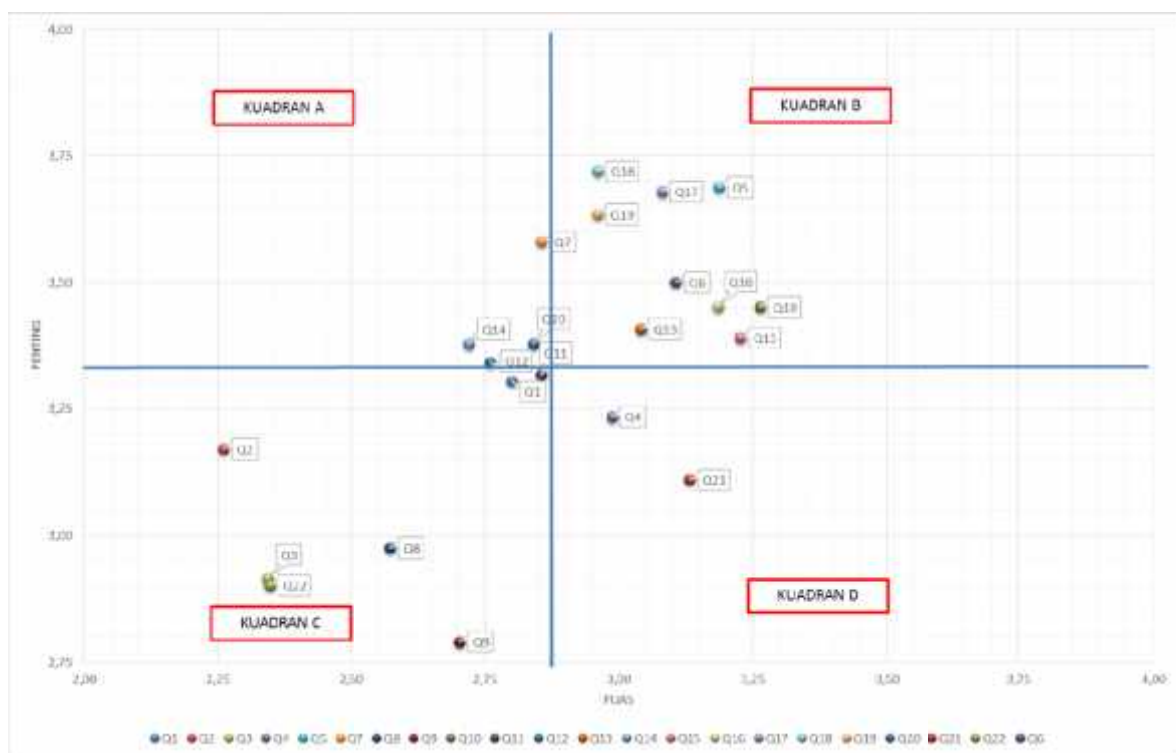
Bobot	Keterangan
1	Tidak puas
2	Kurang puas
3	Cukup puas
4	Penting
5	Sangat puas

3.3 Importance Performance Analysis (IPA)

Berdasarkan hasil perhitungan pada Table 8 dapat di ketahuinilai rata-rata dari kepuasan dan nilai rata-rata dari kepentingan. Nilai rata-rata dari kepuasan akan mengisi sumbu mendatar (X) dan nilai rata-rata dari kepentingan akan mengisi umbu tegak (Y).Yosritzal,et.al.(2015) mendapatkan, data semua responden terlebih dahulu diolah kemudian dilanjutkan dengan analisis data berdasarkan pendapatan. Pada makalah ini hasil pengolahan semua data kembali ditampilkan dan selanjutnya dilakukan analisis data berdasarkan pekerjaan dan penanggung jawab biaya perjalanan.

3.3.1 Pengolahan data semua responden

Yosritzal,et.al.(2015) menampilkan hasil analisis terhadap semua data responden dan hasilnya diperlihatkan pada Gambar 1.



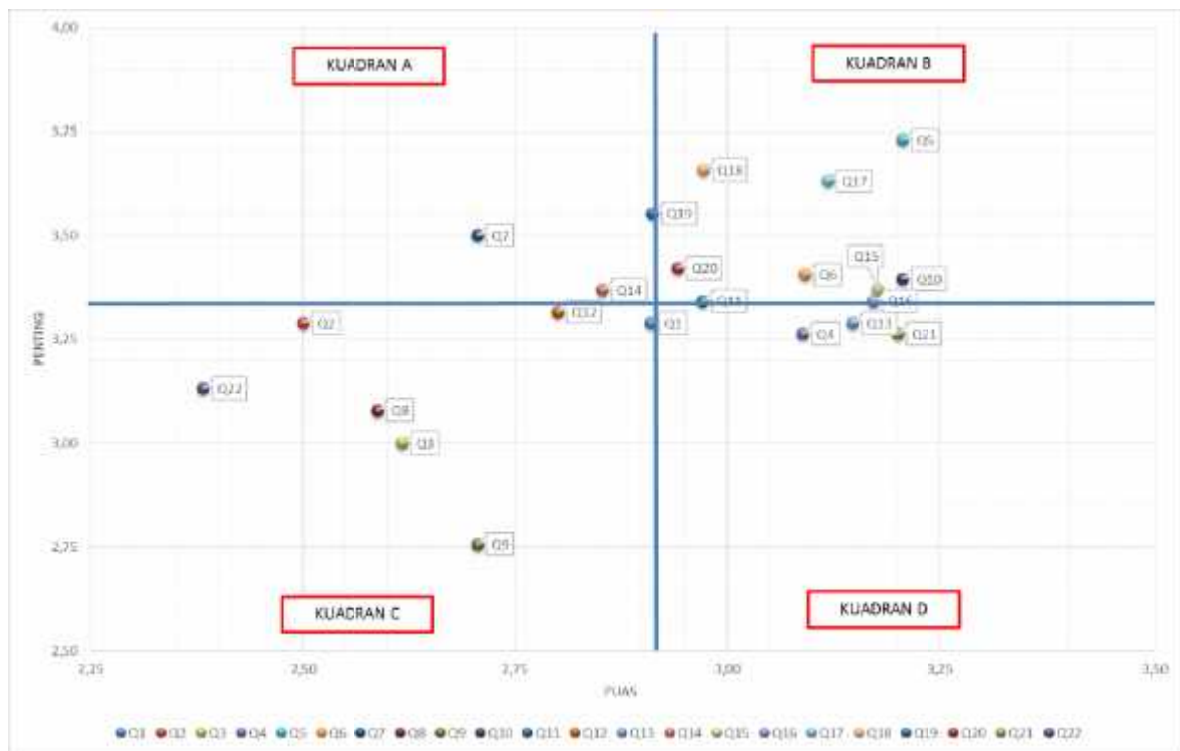
Gambar 1Diagram Kartesius *Importance Performance Analysis*(Yosritzal,et.al.2015)

Seperti terlihat pada Gambar 1, dari 22 atribut dimensi pelayanan yang tersebar pada 4 kuadran tersebut terdapat 4 atribut yang menjadi prioritas utama untuk dilakukan peningkatan pada pelayanannya yaitu harga tiket yang terjangkau (Q7), ruang tunggu yang nyaman (Q12), tempat duduk yang luas (Q14), ketersediaan ruang ibadah, tempat berwudhu, dan toilet (Q20)

3.3.2 Pengolahan data berdasarkan jenis pekerjaan

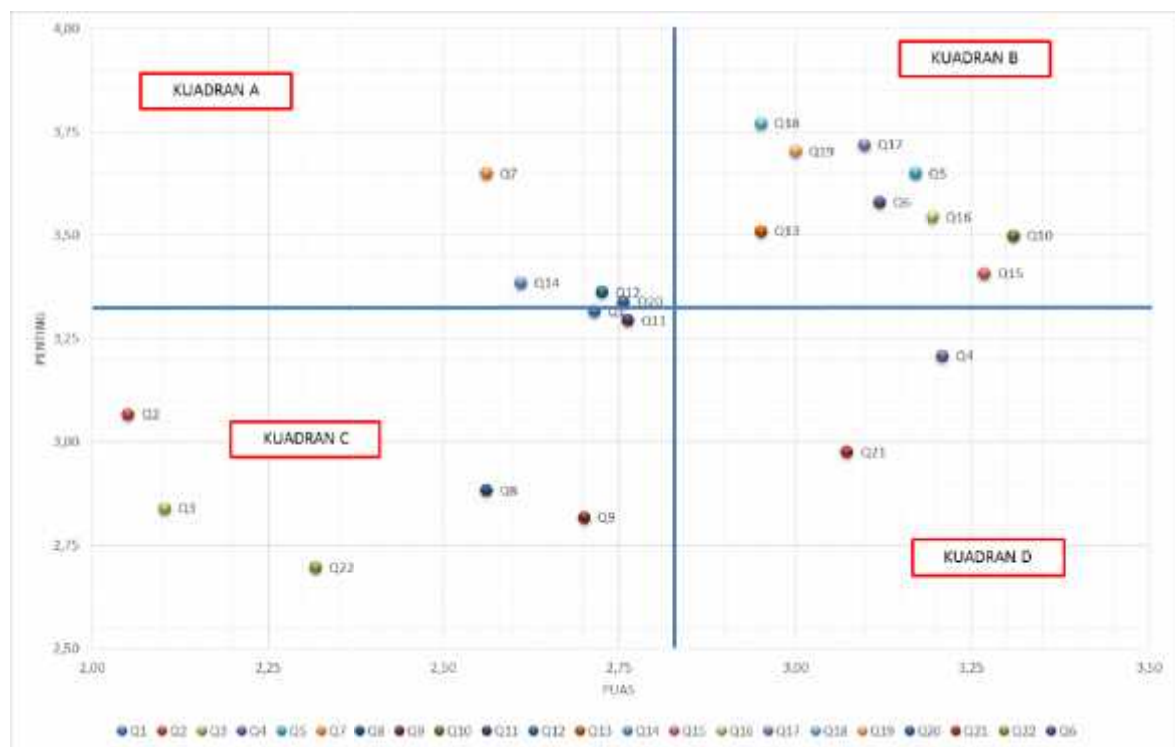
Pekerjaan terbagi atas 7 kelompok, dikarenakan keterbatasan data maka hanya dibagi menjadi 2 kelompok saja yaitu, jenis pekerjaan PNS/TNI/POLRI dan jenis pekerjaan selain PNS/TNI/POLRI.

3.3.2.1 Responden dengan jenis pekerjaan PNS/TNI/POLRI:



Gambar 2 Diagram Kartesius Importance Performance Analysis

3.3.2.2 Responden dengan jenis pekerjaan selain PNS/TNI/POLRI:



Gambar 3 Diagram Kartesius Importance Performance Analysis

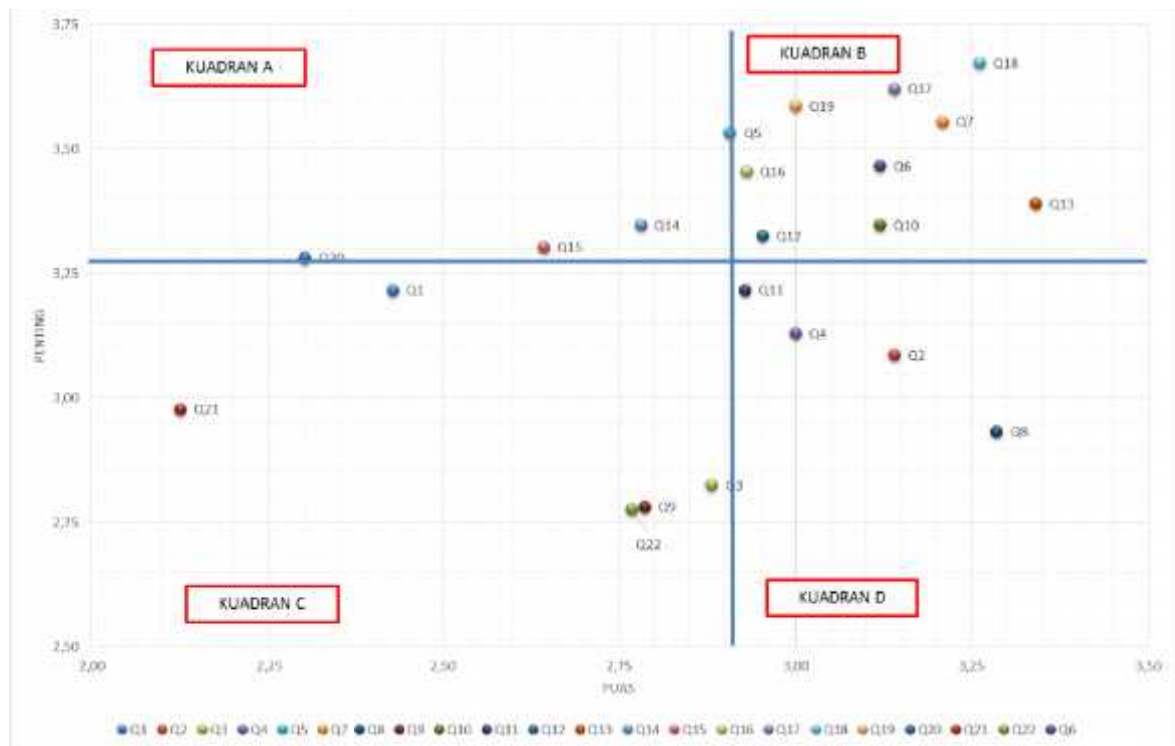
Gambar 2 dan 3 memperlihatkan, dari 22 atribut dimensi pelayanan yang tersebar pada 4 kuadran tersebut terdapat perbedaan dan persamaan pada atribut yang menjadi prioritas utama untuk dilakukan peningkatan pada pelayanannya yaitu :

- Responden dengan jenis pekerjaan PNS/TNI/POLRI:
 1. Harga tiket yang terjangkau (Q7)
 2. Ruang duduk yang luas (Q14)
 3. Ketersediaan petunjuk keselamatan untuk penumpang (Q19)
- Responden dengan jenis pekerjaan selain PNS/TNI/POLRI:
 1. Harga tiket yang terjangkau (Q7)
 2. Ruang tunggu yang nyaman (Q12)
 3. Ruang duduk yang luas (Q14)
 4. Ketersediaan ruang ibadah, tempat berwudhu, dan toilet (Q20)

3.3.3 Pengolahan data berdasarkan penanggung jawab biaya perjalanan

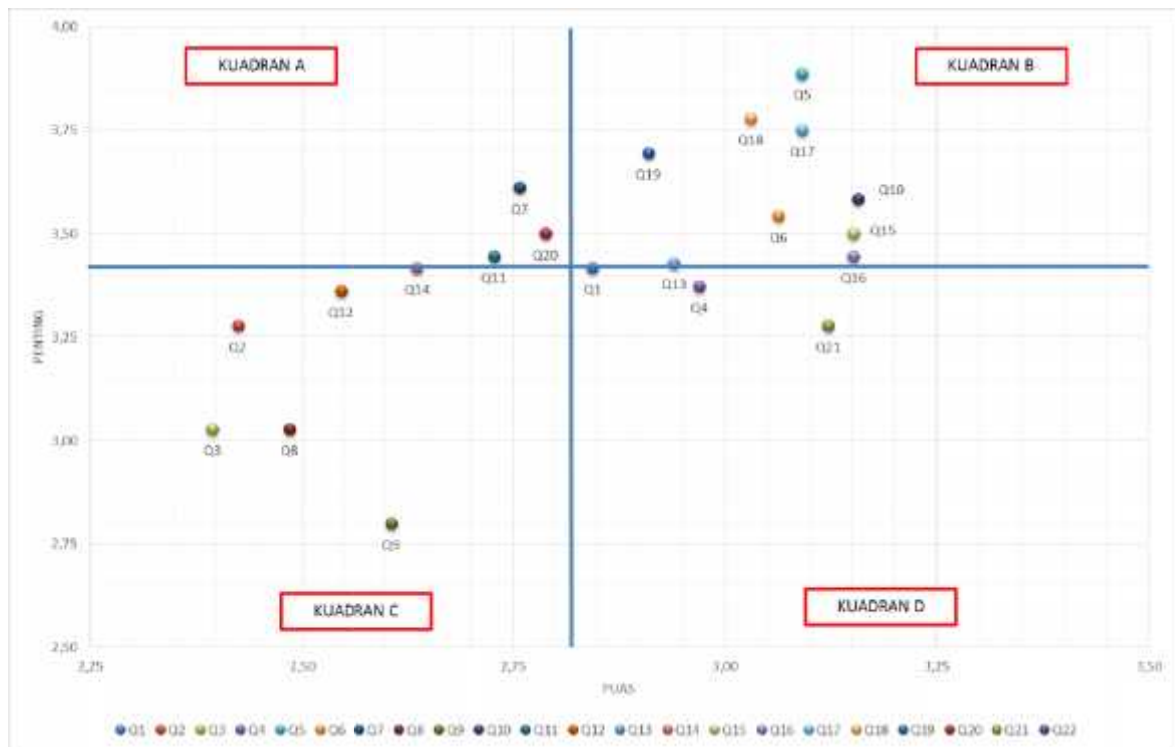
Data ini terbagi atas 4 kelompok, dikarenakan keterbatasan data maka hanya dibagi menjadi 2 kelompok besar saja yaitu, dengan biaya pribadi dan kantor/dinas.

3.3.3.1 Responden dengan biaya perjalanan sendiri:



Gambar 4 Diagram Kartesius Importance Performance Analysis

3.3.3 Responden dengan penanggung biaya perjalanan kantor/dinas:



Gambar 5 Diagram Kartesius *Importance Performance Analysis*

Gambar 4 dan 5 memperlihatkan, dari 22 atribut dimensi pelayanan yang tersebar pada 4 kuadran tersebut terdapat perbedaan dan persamaan pada atribut yang menjadi prioritas utama untuk dilakukan peningkatan pada pelayanannya yaitu :

- Responden dengan biaya perjalanan sendiri:
 1. Kemanan (copet/rampok) (Q5)
 2. Ruang duduk yang luas (Q14)
 3. Kecepatan sampai di tujuan (Q15)
 4. Ketersediaan ruang ibadah, tempat berwudhu, dan toilet (Q20)
- Responden dengan penanggung jawab biaya perjalanan dinas/kantor:
 1. Harga tiket yang terjangkau (Q7)
 2. Kemudahan transportasi dari/ke pelabuhan (Q11)
 3. Ketersediaan ruang ibadah, tempat berwudhu, dan toilet (Q20)

Berdasarkan ketiga analisis dapat diurutkan yang harus menjadi prioritas utama oleh pihak MV Mentawai Fast untuk ditingkatkan kualitas pelayanannya yaitu:

1. Harga tiket yang terjangkau (Q7)
2. Ruang duduk yang luas (Q14)
3. Ketersediaan ruang ibadah, tempat berwudhu, dan toilet (Q20)
4. Ruang tunggu yang nyaman (Q12)
5. Kemanan (copet/rampok) (Q5)
6. Kemudahan transportasi dari/ke pelabuhan (Q11)
7. Kecepatan sampai di tujuan (Q15)
8. Ketersediaan petunjuk keselamatan untuk penumpang (Q19)

4. KESIMPULAN

Berdasarkan karakteristik jenis pekerjaan dan penanggung jawab biaya perjalanan penumpang MV Mentawai Fast, masing-masing memiliki perbedaan dan persamaan persepsi terhadap kualitas pelayanan. Dari hal tersebut dapat disimpulkan atribut yang harus menjadi prioritas utama untuk ditingkatkan pelayanannya yakni harga tiket yang terjangkau, ruang duduk yang luas, ketersediaan ruang ibadah, tempat berwudhu, dan toilet. ruang tunggu yang nyaman, keamanan (copet/rampok), kemudahan transportasi dari/ke pelabuhan, kecepatan sampai di tujuan serta ketersediaan petunjuk keselamatan untuk penumpang.

DAFTAR PUSTAKA

- Rangkuti, F. 2006. "Measuring Customer Satisfaction: Teknik mengukur dan Strategi Meningkatkan Kepuasan Pelanggan". PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Supranto, J. 2001. "Pengukuran Tingkat Kepuasan Pelanggan untuk Meningkatkan Pangsa Pasar". Rineka Cipta. Jakarta.
- Yosritzal, Yossyafra dan Yuda, A.S. 2015. "Analisis Persepsi Penumpang Terhadap Layanan MV Mentawai Fast". Makalah dikirim untuk dipresentasikan pada the 18th FSTPT international symposium, Unila, Bandar Lampung, 28 Agustus 2015.

LAMPIRAN

Tabel Rata-rata Tingkat Kepuasan dan Kepentingan semua responden

No	Atribut	Nilai Rata-Rata	
		Tingkat Kepuasan	Tingkat Kepentingan
1	Ketersediaan informasi posisi kapal (Q1)	2,80	3,30
2	Ketersediaan Free Wi-Fi di atas kapal (Q2)	2,26	3,17
3	Ketersediaan Free Wi-Fi di ruang tunggu pelabuhan (Q3)	2,34	2,91
4	Kecukupan frekuensi keberangkatan kapal (Q4)	2,99	3,23
5	Keamanan (copet/rampok) (Q5)	3,19	3,69
6	Jananan dapat tempat duduk tidur (Q6)	2,86	3,30
7	Harga tiket yang terjangkau (Q7)	2,86	3,38
8	Ketersediaan colokan listrik untuk men-charge hp/laptop (Q8)	2,57	2,98
9	Penjualan makanan (Q9)	2,70	2,79
10	Kepastian jadwal kapal (Q10)	3,26	3,45
11	Kemudahan transportasi dari/ke pelabuhan (Q11)	2,86	3,32
12	Ruang tunggu yang nyaman (Q12)	2,76	3,34
13	Kemudahan memesan tiket (Q13)	3,04	3,41
14	Ruang duduk yang luas (Q14)	2,72	3,38
15	Kecepatan sampai di tujuan (Q15)	3,23	3,39
16	Kebersihan ruang penumpang (Q16)	3,18	3,45
17	Ketersediaan peralatan keselamatan pelayaran (Q17)	3,08	3,68
18	Ketersediaan alat pemadam kebakaran (Q18)	2,96	3,72
19	Ketersediaan petunjuk keselamatan untuk penumpang (Q19)	2,96	3,63
20	Ketersediaan ruang ibadah, tempat berwudhu, dan toilet (Q20)	2,84	3,38
21	Ketersediaan televisi di ruang penumpang (Q21)	3,13	3,11
22	Ketersediaan bahan bacaan di ruang penumpang (Q22)	2,35	2,90

KUAT TEKAN BETON DENGAN SEMEN CAMPURAN LIMBAH AGRO-INDUSTRI DI LINGKUNGAN ASAM

Monita Olivia

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru, monita1306@yahoo.com

Lita Darmayanti, Alfian Kamaldi, Zulfikar Djauhari

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru

Abstrak

Penggunaan material beton tanpa perancangan ketahanan/durabilitas yang memadai di lingkungan rawagambut mengakibatkan kerusakan prematur dan penurunan masa layan struktur dalam jangka panjang. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kuat tekan beton yang dibuat menggunakan semen Ordinary Portland Cement (OPC), Portland Composite Cement (PCC), dan campuran dengan limbah agro-industri, yakni OPC Fly Ash (OPC-FA) dan OPC Palm Oil Fuel Ash (OPC-POFA). Sampel direndam di larutan aquades (kontrol), asam sulfat dan air gambut selama 150 hari. Kuat tekan sampel diuji pada umur 28 hari, 91 hari dan 150 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan beton dibuat dengan semen OPC mengalami penurunan setelah direndam di larutan asam sulfat. Beton menggunakan semen PCC tidak mengalami penurunan kuat tekan selama perendaman di larutan asam sulfat dan air gambut. Kuat tekan beton dengan semen OPC-FA dan OPC-POFA cenderung meningkat hingga umur 91 hari di larutan asam sulfat dan air gambut, lalu turun setelah direndam pada umur 150 hari. Beton menggunakan semen PCC, OPC-FA dan OPC-POFA menunjukkan ketahanan lebih baik dari beton semen OPC, karena bahan tambah bereaksi dengan hasil hidrasi semen melalui proses pozzolanik memberikan silikat tambahan (C-S-H) yang dapat memperbaiki kekedapan dan kuat tekan beton.

Kata Kunci : abu sawit, abu terbang, agro-industri, asam, gambut, OPC, PCC

1. PENDAHULUAN

Rawa gambut banyak terdapat di Provinsi Riau dengan luas total lahan sekitar 4.043.600 hektar pada tahun 2008. (Agus & Subiksa, 2008). Sebanyak 57% dari luas total tersebut telah dikonversi untuk keperluan infrastruktur, pertanian, industri dan pemukiman antara tahun 1982 sampai 2007. Jumlah konversi lahan untuk konstruksi diprediksi akan terus meningkat, meski pemanfaatan lahan marjinal seperti tanah gambut memiliki dua kelemahan, yakni daya dukung lemah, dan sifat asam air gambut berpotensi menimbulkan korosi pada beton dan baja tulangan. Kerusakan jangka panjang pada beton terjadi akibat asam-asam organik dan non-organik, seperti asam humat dan asam sulfat yang menyerang senyawa kalsium lalu membentuk garam hasil reaksi mudah larut dalam air, sehingga menyebabkan *leaching* (lindi) produk hidrasi beton, peningkatan porositas dan pengurangan kekuatan beton. Peningkatan porositas menjadikan beton rentan terhadap korosi akibat serangan ion-ion asam. Untuk menjaga kestabilan dan integritas struktur beton di lingkungan asam, maka beton seharusnya memiliki kualitas dan durabilitas tinggi. Selain menggunakan beton pracetak atau beton dengan semen khusus untuk lingkungan sulfat, beton tahan lingkungan asam dapat dihasilkan menggunakan binder yang dicampur dengan limbah agro-industri, seperti abu terbang dan abu sawit. Limbah agro-industri memiliki kadar silika dan alumina tinggi untuk memperbaiki

struktur pori, meningkatkan kekedapan beton, dan mengurangi jumlah semen dalam campuran beton.

2. STUDI PUSTAKA

Gambut merupakan tanah organik hasil akumulasi penguraian sisa-sisa tanaman lapuk kurang sempurna dan tergenang air (Agus dan Subiksa, 2008). Kadar air gambut sangat tinggi, yakni sekitar 100-1300% dari berat kering, sehingga gambut memiliki berat isi rendah, lembek dan daya dukung beban rendah (Mutalib *et al.* 1991). Sisa pelapukan tanaman tidak sempurna akibat kondisi jenuh air dan rendah unsur hara membentuk bahan organik dengan ketebalan sekitar 50 cm atau lebih. Kandungan bahan organik pada gambut terdiri dari senyawa-senyawa humat (10-20%), lignin, selulosa, hemiselulosa, lilin, tannin, resin, suberin, protein dan lainnya (Spedding, 1998). Senyawa-senyawa organik tersebut memiliki unsur hara rendah dan mengandung asam organik dengan derajat keasaman tinggi (pH 3-5) terutama pada lapisan gambut tebal di daerah Sumatera dan Kalimantan. Gambut di daerah tropis memiliki kandungan senyawa-senyawa humat lebih tinggi daripada gambut di daerah subtropis, karena gambut tropis banyak mengandung lignin dari pepohonan. Lignin yang terdegradasi dalam kondisi anaerob membentuk senyawa-senyawa humat dengan tingkat agresivitas lebih tinggi daripada gambut subtropis karena proses pembentukannya terjadi secara parsial dalam kondisi anaerob (Kononova, 1968).

Lingkungan asam merusak beton dengan cara mengurai Ca(OH)_2 pada pasta semen, menghancurkan struktur kristal, dan menyisakan residu tidak bermanfaat pada kekuatan beton, lalu menimbulkan penurunan kuat tekan beton sehingga masa layan struktur beton dapat berkurang (Zivica, 2006). Jenis-jenis asam yang dapat menyerang beton adalah asam mineral, asam humat, asam karbonat dan air lunak, serta asam karbolik (Harrison, 1987). Asam klorida dan asam nitrat merupakan asam anorganik hasil produksi industri yang merusak beton jika terpapar langsung. Asam sulfat dapat ditemukan di alam, seperti pada saluran pembuangan sebagai hasil reaksi gas hydrogen sulfida (H_2S) dengan oksigen lewat perantara bakteri aerob *Sulfur Oxidizing* (SOB). Asam humat tergolong asam lemah dan tidak mudah larut dalam air, dan terdiri dari beberapa jenis asam organik hasil penguraian dan pelapukan tanaman pada tanah gambut (MacFarlane, 1965). Kalsium humat atau garam-garam kalsium dari hasil reaksi beton dengan asam humat memiliki potensi merusak beton meskipun senyawa itu tidak mudah larut dalam air (Eglinton, 1997). Kondisi lingkungan gambut dengan air mengalir menjadi lebih destruktif karena kalsium humat lebih mudah tergerus di air tergenang (Harrison, 1987). Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa asam humat dan lignin dapat menghalangi waktu ikat normal dan pengerasan semen dengan agregat terkontaminasi gambut (Shirley, 1981).

Ketahanan beton di lingkungan asam dipengaruhi oleh karakteristik pori beton, kemampuan matriks semen untuk menetralkan asam dan hasil reaksi (produk) korosi akibat asam, jenis dan komposisi semen, nilai pH, tipe agregat dan penggunaan bahan tambah dalam campuran semen (Shi & Stegemann, 2000, Zivica & Bajza, 2002, Beddoe & Doner, 2005). Produk hidrasi Ca(OH)_2 beton lebih rentan terhadap asam karena bersifat alkalis, sehingga meningkatkan jumlah semen dalam campuran beton tidak akan memberikan hasil lebih baik. Sebaiknya semen dicampur dengan bahan tambah mineral seperti abu terbang dan silica fume sehingga jumlah gel C-S-H (*Calcium Silicate Hydrate*) untuk memperbaiki struktur pori, meningkatkan kekedapan dan mengurangi jumlah Ca(OH)_2 dalam pasta semen melalui reaksi pozzolanik (Roy *et al.* 2001, Sobolev & Yeginobali, 2005, Torii & Kawamura, 1994, Goyal *et al.* 2009).

3. BAHAN DAN METODE

Abu terbang yang berasal dari Pangkalan Kerinci, Kabupaten Pelalawan, dan abu sawit dari Sorek, Kabupaten Pelalawan, Riau. Kedua jenis abu dikeringkan dalam oven dan disaring dengan saringan #100 untuk mendapatkan fraksi butiran lebih halus. Sifat kimia kedua jenis abu telah diteliti di Laboratorium Badan Geologi Pusat SD Geologi, Bandung. Komposisi kimia semen Ordinary Portland Cement (OPC), Portland Composite Cement (PCC) dan limbah agro-industri (abu terbang dan abu sawit) dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Komposisi kimia semen dan limbah agro-industri

Unsur (%)	Tipe semen/limbah agro-industri			
	Ordinary Portland Cement/ OPC*	Portland Composite Cement/ PCC*	Abu terbang/ fly ash FA**	Abu sawit/ palm oil fuel ash POFA**
SiO ₂	20.92	23.04	37.98	64.36
Al ₂ O ₃	5.49	7.40	20.52	4.36
Fe ₂ O ₃	3.78	3.36	2.17	3.41
MgO	-	-	23.76	4.58
CaO	65.21	57.38	2.10	7.92
Na ₂ O	-	-	0.41	0.00
K ₂ O	-	-	0.58	5.57
TiO ₂	-	-	0.24	0.87
MnO	-	-	0.03	0.1
P ₂ O ₅	-	-	0.18	3.64
SO ₃	-	-	3.54	0.04
Cu (ppm)	-	-	85	46
Zn (ppm)	-	-	161	60
H ₂ O	-	-	1.73	0.59
LOI	-	-	8.64	4.97

*Salain (2009), **PSD Geologi Bandung

Empat campuran beton menggunakan semen OPC, PCC dan campuran OPC+abu terbang (Fly Ash) atau OPC-FA, dan OPC+abu sawit (Palm Oil Fuel Ash) atau OPC-POFA. Limbah agro-industri (abu terbang dan abu sawit) untuk campuran adalah sebesar 10% dari berat semen. Agregat kasar berasal dari Danau Bingkuang, Kampar, Riau, dengan berat jenis 2,65, sedangkan agregat halus memiliki 2,64 dan modulus kehalusan 2,93. Hasil rancangan campuran dengan mutu beton K350 dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Rancangan campuran OPC, PCC, OPC-FA dan OPC POFA

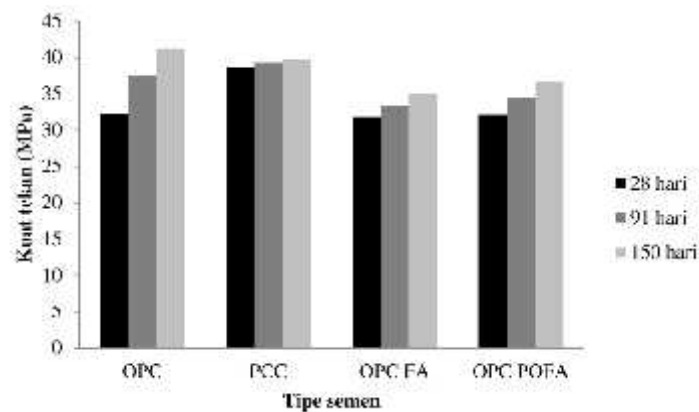
Campuran	OPC	PCC	OPC-FA	OPC-POFA
Semen (kg/m ³)	507.895	507.895	457.105	457.105
Agregat kasar (kg/m ³)	987.425	987.425	987.425	987.425
Agregat halus (kg/m ³)	684.138	684.138	684.138	684.138
Air (kg/m ³)	194.780	194.780	194.780	194.780
Abu terbang- FA (kg/m ³)	-	-	50.789	-
Abu sawit- POFA (kg/m ³)	-	-	-	50.789

Spesimen beton dirawat dalam air selama 28 hari, sebelum direndam kembali ke dalam media aquades (kontrol), asam sulfat dan air gambut. Air gambut diambil dari

daerah Rimbo Panjang, Kabupaten Kampar, Riau dengan derajat keasaman atau pH = 4-5. Untuk larutan perbandingan digunakan aquades dengan pH = ± 7 , dan asam sulfat dengan pH = 4-5. Untuk mempelajari pengaruh asam pada keempat campuran beton, maka dilakukan pengujian kuat tekan pada umur 28, 91 dan 150 hari setelah direndam dalam aquades, asam sulfat dan air gambut. Uji porositas dilakukan pada umur 150 hari bagi semua sampel.

4. HASIL, ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

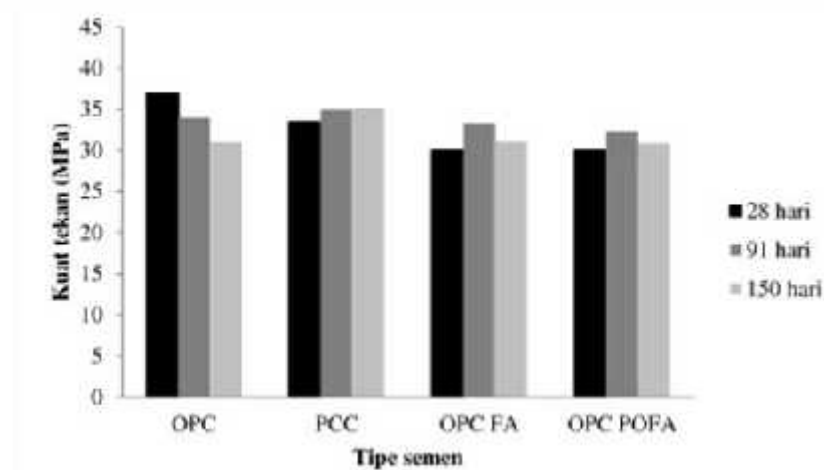
Kuat tekan beton dipengaruhi oleh tipe campuran, jenis semen, kadar air, jenis material, bahan tambah dan jumlah agregat. Pada penelitian ini, keempat jenis campuran (OPC, PCC, OPC-FA dan OPC-POFA) direndam dalam media aquades, asam sulfat dan air gambut hingga umur 150 hari. Gambar 4.1 menunjukkan variasi kuat tekan bagi semua sampel beton menggunakan empat tipe semen pada umur 28, 91 dan 150 hari yang direndam dalam aquades. Secara umum terjadi peningkatan kuat tekan cukup signifikan bagi benda uji OPC berumur 28 hari ke 150 hari. Beton dari semen PCC tidak menunjukkan perubahan kuat tekan yang besar seiring bertambahnya waktu. Sedangkan beton menggunakan semen OPC-FA dan OPC-POFA memperlihatkan trend yang sama, yakni mengalami peningkatan kuat tekan secara bertahap hingga umur 150 hari. Semen PCC merupakan semen campuran yang mengandung abu terbang dan bahan tambah mineral lain dalam komposisi tertentu, sehingga penambahan kuat tekan lebih lambat dari sampel dengan semen OPC murni. Beton dari semen OPC-FA dan OPC-POFA yang dicampur limbah agro-industri sebesar 10%, menyebabkan pengurangan kapur dari semen Portland, tetapi menyebabkan terjadinya reaksi pozzolanik untuk pembentukan C-S-H dalam beton (Mehta, 2006, Ahmad *et al.* 2008).



Gambar 4.1 Variasi kuat tekan beton yang direndam dalam aquades

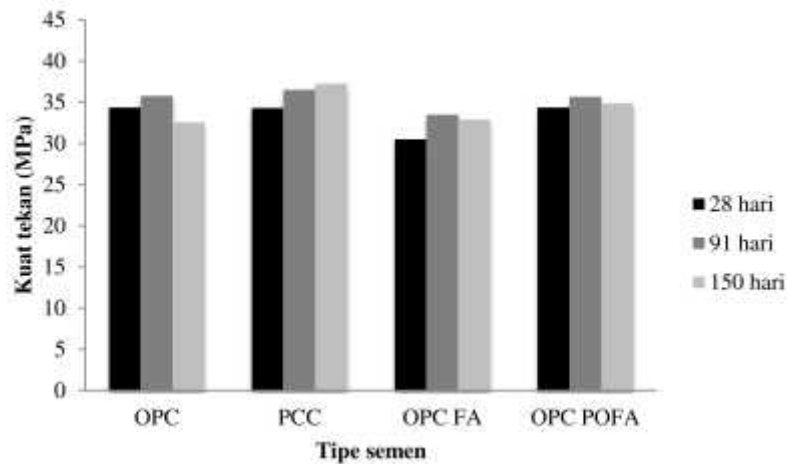
Pada Gambar 4.2, semua benda uji direndam pada larutan asam sulfat. Hasil pengujian kuat tekan menunjukkan pengurangan kuat tekan beton dengan semen OPC secara bertahap dari umur 28 hari hingga 150 hari. Semen OPC adalah semen yang sangat rentan terhadap serangan asam (Eglinton, dalam Lea, 2004). Proses hidrasi semen, menghasilkan senyawa kalsium hidroksida (Ca(OH)_2) yang angka kelarutannya tinggi. Jika terkena asam, Ca(OH)_2 akan bereaksi menghasilkan gipsum. Gipsum akan bereaksi kembali dengan CAH yang akan menghasilkan *ettringite* (Goyal *et al.* 2008, Kasih, 2011). *Ettringite* memiliki bentuk kristal memanjang seperti jarum. *Ettringite* ini menyebabkan pengembangan volume hingga menimbulkan keretakan semen (Bamaga *et*

al. 2010). Pembentukan *ettringite* yang berlebihan dapat menyebabkan penurunan kekuatan dari semen OPC. Adanya pozzolan yang mengandung silika reaktif pada semen PCC, OPC-FA dan OPC-POFA, akan mereduksi kapur bebas ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) hasil hidrasi, dan sekaligus menghasilkan produk hidrasi tambahan yang bersifat perekat yaitu C-S-H. Adanya tambahan bahan perekat ini akan mengisi rongga-rongga kapiler besar yang terbentuk pada proses hidrasi semen portland (Ahmad *et al.* 2008; Oueslati *et al.* 2011; Zivica *et al.* 2012). Oleh karena itu, beton PCC, OPC-FA dan OPC-POFA tidak menunjukkan penurunan kekuatan seiring bertambahnya umur beton dalam rendaman asam sulfat (pH 4-5).



Gambar 4.2 Variasi kuat tekan beton yang direndam dalam asam sulfat.

Untuk benda uji yang direndam dalam air gambut, terjadi penurunan kuat tekan beton dengan semen OPC setelah direndam selama 150 hari. Sedangkan benda uji PCC tidak memperlihatkan perubahan kuat tekan, malah mengalami peningkatan pada umur 150 hari. Penurunan kuat tekan kemungkinan disebabkan oleh aksi kompetisi antara asam yang merusak produk hidrasi dengan produk hidrasi yang berusaha mengisi rongga-rongga kapiler dalam beton. Kondisi lingkungan asam yang korosif menyebabkan pasta semen portland mudah rusak (Caijun *et al.* 2000). Selain itu, CO_2 yang terkandung dalam air gambut (Eglinton, dalam Lea, 2004) akan bereaksi dengan kalsium hidroksida hasil hidrasi semen, membentuk kalsium bikarbonat ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$) yang larut dalam air (Allahverdi *et al.* 2000). Benda uji terbuat dari OPC-FA dan OPC-POFA mengalami kenaikan kuat tekan meskipun tidak terlalu signifikan setelah direndam pada umur 28 dan 91 hari, lalu mulai menurun pada umur 150 hari. Beton dengan semen PCC OPC-FA dan OPC-POFA, menunjukkan ketahanan terhadap asam yang lebih baik dari beton OPC secara umum. Pozzolan yang dikandung semen PCC, serta silika reaktif pada FA dan POFA dapat mereduksi kapur bebas ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) hasil hidrasi dan menghasilkan C-S-H, sehingga mampu mencegah kerusakan beton lebih lanjut akibat serangan asam pada air gambut (Goyal *et al.* 2008). Hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa untuk konstruksi di lingkungan asam, seperti asam sulfat dan air gambut, maka lebih direkomendasikan untuk menggunakan semen dengan campuran pozzolan atau limbah agro-industri yang mengandung silika.



Gambar 4.3 Variasi kuat tekan beton yang direndam dalam air gambut.

5. KESIMPULAN

Lingkungan asam dapat merusak beton karena ion asam dapat mengurai senyawa $\text{Ca}(\text{OH})_2$ pada pasta semen, menghancurkan struktur kristal, dan menyisakan residu tidak bermanfaat pada kekuatan beton, lalu menimbulkan penurunan kuat tekan beton sehingga masa layan struktur beton dapat berkurang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beton dari semen OPC mengalami penurunan kuat tekan dari umur 28 hari ke umur 150 hari cukup signifikan di lingkungan asam sulfat dan air gambut. Penguraian $\text{Ca}(\text{OH})_2$ oleh ion asam menjadi hasil reaksi mudah terlarut akan mengurangi kepadatan dan kuat tekan. Sedangkan beton menggunakan semen pozzolan (PCC), OPC-FA dan OPC-POFA, menunjukkan ketahanan lebih baik dari beton semen OPC, karena bahan tambah bereaksi dengan hasil hidrasi semen melalui proses pozzolanik memberikan silikat tambahan (C-S-H) yang dapat memperbaiki kekedapan dan kuat tekan beton.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, F. & Subiksa, I.G.M. 2008. Lahan Gambut: Potensi untuk Pertanian dan Aspek Lingkungan. Bogor: Balai Penelitian Tanah Badan Penelitian dan World Agroforestry Centre.
- Ahmad, M.H., Omar, R.C., Malek, M.A., Noor, N. Md., & Thiruselvam, S. 2008. Compressive Strength of Palm Oil Fuel Ash. Kuala Lumpur: ICCBT 2008.
- Allahverdi, A. 2000. Acidic Corrosion of Hydrated Cement Based Materials. Czech Republic: Institute of Chemical Technology.
- Bamaga, S.O. 2011. Evaluation of Sulfate Resistance of Mortar Containing Palm Oil Fuel Ash from Different Sources. Malaysia: Universiti Teknologi Malaysia
- Beddoe, R.E. & Doner, H.W. 2005. Modeling acid attack on concrete: Part 1. The essential mechanisms. Cement and Concrete Research 35: 2333-2339.
- Caijun, S. & Stegemann, J.A. 2000. Acid corrosion resistance of different cementing materials. Concrete and Cement Research 30: 803-808.

- Eglinton, M. 1997. Resistance of concrete to destructive agencies. In Hewlett, P.C. (ed). *Lea's Chemistry of Cement and Concrete*. Amsterdam: Elsevier Science & Technology Books.
- Goyal, S., Kumar, M., Sidhu, D.S. & Bhattacharjee, B. 2009. Resistance of mineral admixture concrete to acid attack. *Journal of Advanced Concrete Technology* 7: 273-283.
- Harrison, W.H. 1987. Durability of concrete in acidic soils and waters. *Concrete* February 1987.
- Kasih, R.Y. 2012. Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Tekan Mortar Semen PCC dengan Penambahan Dalam Asam Sulfat dan Analisis Larutan Rendaman Mortar. Padang: Universitas Negeri Padang.
- Kononova, M.M., Alexandrova, I.V. & Titva, N.A. 1968. Decomposition of silicates by soil organic matter. *Soviet Soil Science*: 1005-1014.
- MacFarlane, I.C. 1965. The corrosiveness of muskeg waters: a review. *Canadian Geotechnical Journal* 11: 327-336.
- Mehta, P.K. 2006. *Concrete Microstructure, Properties, and Materials*. California: University of California at Berkeley.
- Mutalib, A.A., Lim, J.S., Wong, J.S. & Koonvai, L. 1994. Characterization, distribution and utilization of peat in Malaysia. In: B.Y. Aminuddin (Ed), *Tropical Peat*. Kuching: Proceedings of International Symposium on Tropical Peatland.
- Ouleslati, O. 2011. The effect of scms on the corrosion of rebar embedded in mortars subjected to an acetic acid attack. Canada: The University of Laval.
- Shi, C. & Stegemann, J.A. 2000. Acid corrosion resistance of different cementing materials. *Cement and Concrete Research* 30: 803-808.
- Shirley, D.E. 1981. Impurities in concreting aggregates. Slough, UK: Cement and Concrete Association, 1981; C & CA Construction Guide, Ref. 45016, 2nd edition.
- Sobolev, K. & Yeginobali, A. 2005. The development of high strength mortars with improved thermal and acid resistance. *Cement and Concrete Research*. Vol 35: 578-583.
- Spedding, P.J. 1988. *Peat*. Fuel 67: 883-900. Torii, K. & Kawamura, M. 1994. Effect of fly ash and silica fume on the resistance of mortar to sulphuric acid and sulfat attack. *Cement and Concrete Research* 24: 361-370.
- Zivica, V. 2006. Deterioration of cement-based materials due to the action of organic compounds. *Construction and Building Materials* 20: 634-641.
- Zivica, V. & Bajza, A. 2002. Acidic attack of cement-based materials- a review Part 2. Factors of rate of acidic attack and protective measures. *Construction and Building Materials* 16: 215-222.
- Zivica, V., Palou, M.T., Krizma, M. & Bagel, L. 2012. Acidic attack of cement based materials under the common action of high, ambient temperature and pressure. *Construction and Building Materials* 36: 623-629

KAJIAN PELAYANAN JARINGAN JALAN DI KOTA PAYAKUMBUH

Dani Yuliadi

Mahasiswa S2 Program Studi Magister Teknik Sipil Pascasarjana Universitas Andalas, Universitas Andalas, Padang, daniyuliadi1982@gmail.com

Purnawan

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas, Padang, purnawan@ft.unand.ac.id

Yosritzal

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas, Padang, yosritzal@ft.unand.ac.id

Abstrak

Untuk kebijakan penyediaan infrastruktur jalan yang tepat sasaran dan berhasil guna, diperlukan instrumen yang dapat melihat tingkat keberhasilan penyediaan infrastruktur jalan dalam mengimbangi perkembangan perekonomian, jumlah penduduk dan jumlah kendaraan, instrumen ini nantinya diharapkan dapat menjadi indikator keberhasilan suatu kebijakan dalam penganggaran dana bidang infrastruktur jalan. Secara umum nilai Indeks Prasarana Jalan Kota Payakumbuh mengalami penurunan (2011-2013) dan mengalami peningkatan pada tahun 2014. Dari empat tahun terakhir (2011-2014) nilai Indeks Prasarana Jalan Kota Payakumbuh termasuk kedalam kualifikasi sedang. Nilai Indeks Prasarana Jalan (IPJ) di Kota Payakumbuh pada tahun 2013 adalah 6,09, dinyatakan sebagai skor Indeks Prasarana Jalan (IPJ) terendah dan mendapatkan kualifikasi sedang. Setiap tahunnya rasio pengeluaran pemerintah untuk sub sektor jalan dengan Indeks Prasarana Jalan (IPJ) Kota Payakumbuh mengalami penurunan dari tahun 2011-2012 (efisien) dan mengalami peningkatan dari tahun 2012-2014 (tidak efisien). Pencapaian SPM Bidang Jalan Kota Payakumbuh dengan indikator Persentase Tingkat kondisi jalan kab/kota dalam kondisi baik dan sedang adalah 87,86%, dalam indikator ini terdapat deviasi sebesar 27,86% dari Target Capaian SPM Tahun 2019. Untuk indikator Persentase Terhubungnya pusat-pusat kegiatan dan pusat-pusat produksi (konektifitas) di wilayah kab/kota adalah sebesar 87,46%, dalam indikator ini terdapat deviasi -12,54% dari Target Capaian SPM Tahun 2019.

Kata Kunci : Kinerja Jaringan Jalan Kota, Indeks Prasarana Jalan, Standar Pelayanan Minimum, Indikator Kinerja Jaringan Jalan

1. PENDAHULUAN

Peningkatan pergerakan penduduk dapat menyebabkan meningkatnya kebutuhan akan ketersediaan prasarana transportasi, kebutuhan prasarana transportasi meliputi pertambahan panjang jaringan jalan dan peningkatan kualitas jaringan jalan. Pertambahan prasarana jalan dari segi kualitas dan kuantitas harus mampu mengimbangi peningkatan jumlah kendaraan dan jumlah penduduk yang nantinya akan memberikan manfaat secara ekonomi dan sosial (Maulina, 2007).

Dalam penyediaan infrastruktur jalan di suatu wilayah, dalam hal ini penyelenggara jalan/pemerintah harus mampu menggunakan anggaran pada sektor jalan secara efektif dan efisien. Kesesuaian alokasi tersebut sangat ditentukan oleh karakteristik daerah dan kegiatan ekonominya terlebih lagi kondisi keuangan daerah yang terbatas.

Untuk kebijakan penyediaan infrastuktur jalan yang tepat sasaran dan berhasil guna, diperlukan instrumen yang dapat melihat tingkat keberhasilan penyediaan infrastruktur jalan dalam mengimbangi perkembangan perekonomian, jumlah penduduk dan jumlah kendaraan, instrumen ini nantinya diharapkan dapat menjadi indikator keberhasilan suatu kebijakan dalam penganggaran dana bidang infrastruktur jalan, sehingga kebijakan yang diambil akan tepat sasaran dan memberikan kemanfaatan yang optimal kepada masyarakat.

2. STUDI PUSTAKA

2.1 Definisi Efektif dan Efisien

Dalam konteks kajian transportasi secara makro, efisiensi penyelenggaraan sistem jaringan jalan dapat diartikan sebagai ukuran kinerja yang berkaitan dengan *input* (dana dan sumber daya) dan *output* berupa volume kegiatan penanganan, kuantitas dan kualitas sistem jaringan jalan.

Sedangkan efektifitas dalam kajian makro dikaitkan dengan tingkat penyediaan prasarana (hasil/*outcome*) dan pemanfaatannya dalam konteks yang lebih luas yang dikaitkan dengan pencapaian misi dan kebijakan pengembangan jaringan jalan, keterpaduan fungsi prasarana wilayah, sebagai hasil dari kegiatan pengembangan jaringan jalan (Dep. PU, 2000)

2.2 Kualifikasi dan Pembobotan Variabel IPJ

Evaluasi kinerja jalan membutuhkan pengukuran yang mewakili kondisi jalan. Indeks ini adalah representatif tentang kinerja jaringan jalan sesuai dengan kinerja lain. Indikator jalan tersebut adalah (Santosa dan Joewono, 2005):

1. Ketersediaan jalan (Ktj) Merupakan rasio antara total panjang jalan dengan luas area. Ketersediaan jalan memiliki satuan km/km².
2. Kinerja jalan (knj) Merupakan rasio antara panjang jalan dalam kondisi stabil dengan total panjang jalan. Kinerja jalan tidak memiliki satuan km/km.
3. Beban lalu lintas (Bln) Merupakan rasio antara total panjang jalan dengan jumlah kendaraan (smp). Indikator ini memiliki satuan km/smp.
4. Pelayanan jalan (Pyp) Merupakan rasio antara total panjang jalan dengan jumlah penduduk di wilayah itu. Satuan indeks ini km/orang.
5. Indeks jalan (IPJ) Merupakan kombinasi empat rasio, yang dapat dihitung dalam beberapa kondisi sesuai dengan bobot rasio masing-masing.

Adapun rumusan indikator Indeks Prasarana Jalan (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2004) yang digunakan dalam studi ini adalah sebagai berikut :

$$IPJ = a * skor (Ktj) + b * skor (Knj) + c * skor (Bln) + d * skor (Pyp) \quad (1)$$

Dimana :

Skor : sebuah fungsi dari model kualifikasi variabel / indikator

Ktj : variabel / indikator ketersediaan prasarana jalan (Km/Km²)

- Knj : variabel / indikator kinerja jaringan jalan (%)
- Bln : variabel / indikator beban lalu lintas jalan (Km/ 1000smp)
- Pyp : variabel / indikator pelayanan prasarana jalan (Km/ 1000 org)
- a : bobot tingkat kepentingan dari variabel *Ktj*
- b : bobot tingkat kepentingan dari variabel *Knj*
- c : bobot tingkat kepentingan dari variabel *Bln*
- d : bobot tingkat kepentingan dari variabel *Pyp*

2.2 Penelitian Sebelumnya

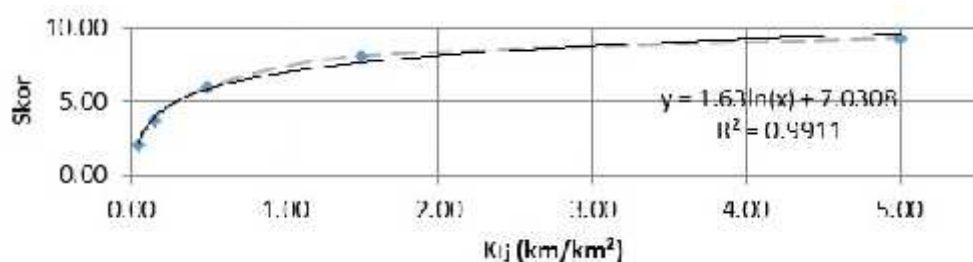
Tabel 2.1 Penelitian mengenai Indeks Prasarana jalan dan Standar Pelayanan Minimal di Indonesia

Peneliti	Tujuan	Metoda	Parameter	Hasil
Maulina, F (2007)	Mengevaluasi kinerja jaringan jalan di wilayah Kabupaten Serang	Kualifikasi dan pemebobotan variabel IPJ	Indeks Prasarana Jalan (IPJ)	Skor IPJ tahun 2006 untuk Kabupaten Serang adalah 3,57, sebagai pembanding adalah Kabupaten Pandeglang dengan skor IPJ 4,23. Indeks aksesibilitas dan mobilitas Kabupaten Serang lebih rendah dari SPM.
Yasa, I.K., (2008)	Mengetahui dampak anggaran yang dialokasikan terhadap kondisi jalan.	Mengukur pengaruh alokasi anggaran terhadap kinerja jaringan jalan di kabupaten Karangasem	Ketersediaan jalan, kinerja jalan, pelayanan jalan dan beban lalu lintas	Kinerja jaringan jalan kabupaten di Kabupaten Karangasem selama ini terjadi ketidakefisienan akan tetapi sudah efektif.
Panjaitan, A. M., dkk (2013)	Mengevaluasi kinerja jaringan jalan di wilayah Kota Kota Pekanbaru	Kualifikasi dan pemebobotan variabel IPJ	Kesesuaian penyelenggaraan jalan dengan SPM dan mengukur IPJ Kota Pekanbaru	Variabel IPJ tidak sepenuhnya berhasil untuk menggambarkan situasi sebenarnya untuk jaringan jalan Kota Pekanbaru

3. HASIL, ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

3.1 Kualifikasi Variabel Ketersediaan Prasarana Jalan (Ktj)

Jawaban kualifikasi dari para responden mengenai beberapa nilai dari *Ktj* yang disodorkan dalam kuisioner, hasilnya dapat disampaikan pada tabel berikut ini:



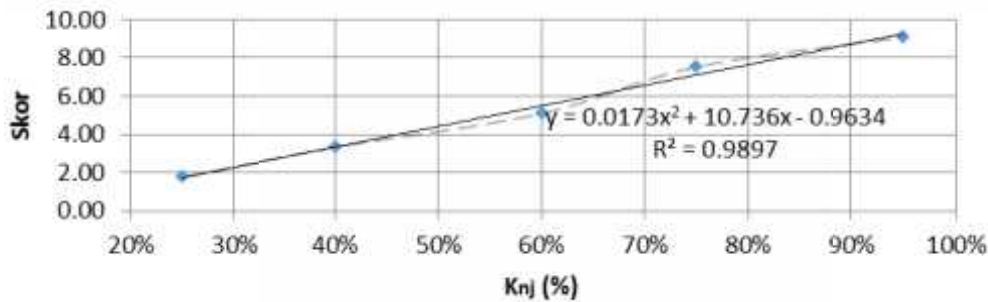
Gambar 3.1 Model Kualifikasi Variabel *Ktj*

Hasil kalibrasi menghasilkan fungsi kualifikasi/skoring variabel Ktj adalah:

$$\text{Skor Ktj} = 1,63\ln(x) + 7,030 \quad (2)$$

3.2 Kualifikasi Variabel Kinerja Jaringan Jalan (Knj)

Bentuk model dari penilaian/kualifikasi jawaban responden tersebut disampaikan pada Gambar dibawah ini:



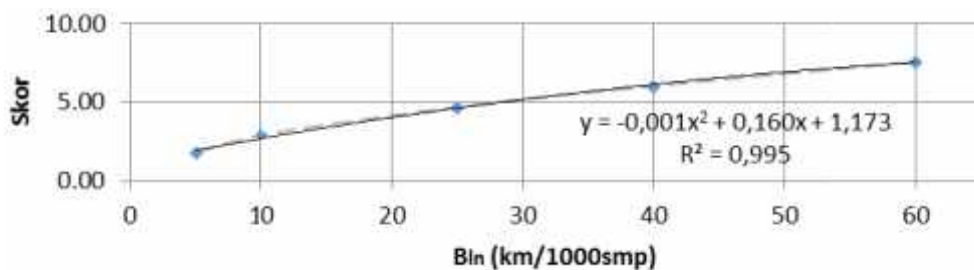
Gambar 3.2 Model Kualifikasi Variabel Knj

Hasil kalibrasi menghasilkan fungsi kualifikasi/skoring variabel Knj adalah:

$$\text{Skor Knj} = 0,017x^2 + 10,73x - 0,963 \quad (3)$$

3.3 Kualifikasi Variabel Beban Lalu Lintas (Bln)

Bentuk model dari penilaian/kualifikasi jawaban responden tersebut disampaikan pada Gambar dibawah ini:



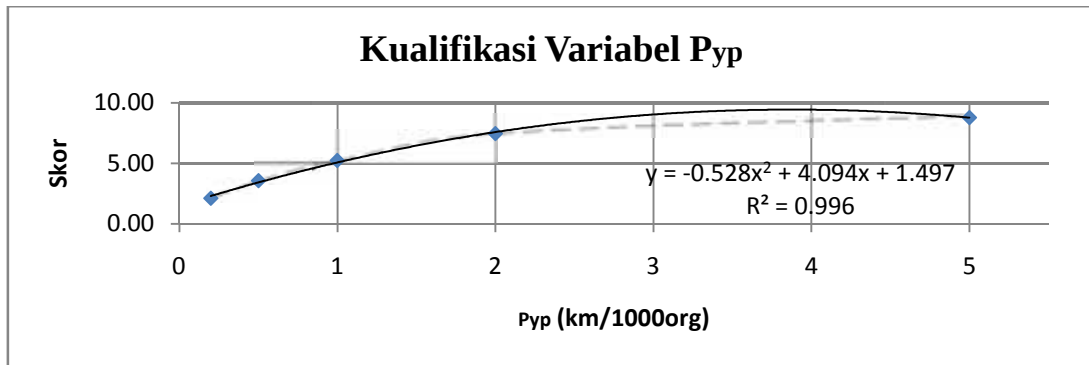
Gambar 3.3 Model Kualifikasi Variabel Bln

Hasil kalibrasi menghasilkan fungsi skoring/kualifikasi variabel Bln sebagai berikut :

$$\text{Skor Bln} = -0,001x^2 + 0,160x + 1,173 \quad (4)$$

3.4 Kualifikasi Variabel Pelayanan Prasarana Jalan (Pyp)

Bentuk model dari penilaian/kualifikasi jawaban responden tersebut disampaikan pada Gambar dibawah ini:



Gambar 3.4 Model Kualifikasi Variabel Pyp

Hasil kalibrasi menghasilkan fungsi skoring/kualifikasi variabel Pyp sebagai berikut :

$$\text{Skor Pyp} = -0,528x^2 + 4,094x + 1,497 \quad (5)$$

3.5 Bobot Kepentingan antar Variabel IPJ

Tabel 3.1 Bobot Kepentingan Variabel IPJ

Variabel IPJ	Urutan kepentingan	Bobot kepentingan
Ketersediaan Prasarana Jalan (Ktj)	2	0,27
Kinerja Jaringan Jalan (Knj)	4	0,18
Beban Lalulintas (Bln)	3	0,24
Pelayanan Prasarana Jalan (Pyp)	1	0,31
Total		1,00

3.6 Model Estimasi Indikator IPJ

$$\text{IPJ} = 0,27 * \text{skor (Ktj)} + 0,18 * \text{skor (Knj)} + 0,24 * \text{skor (Bln)} + 0,31 * \text{skor (Pyp)} \quad (6)$$

Dengan:

$$\text{Skor Ktj} = 1,63\ln(x) + 7,030 \quad (7)$$

$$\text{Skor Knj} = 0,017x^2 + 10,73x - 0,963 \quad (8)$$

$$\text{Skor Bln} = -0,001x^2 + 0,160x + 1,173 \quad (9)$$

$$\text{Skor Pyp} = -0,528x^2 + 4,094x + 1,497 \quad (10)$$

3.7 Perhitungan Indeks Prasarana Jalan (IPJ)

Tabel 3.2 Hasil Perhitungan Indeks Prasarana Jalan (IPJ) Kota Payakumbuh

Thn	Konstanta				Ktj (km/ km ²)	Skor Ktj	Knj (%)	Skor Knj	Bln (km/1000 smp)	Skor Bln	Pyp (km/100 0 pddk)	Skor Pyp	IPJ
	a	b	c	d									
	Ktj	Knj	Bln	Pyp									
2011	0,27	0,18	0,24	0,31	2,94	8,79	50,4%	4,45	13,021	3,24	2,03	7,62	6,31
2012	0,27	0,18	0,24	0,31	2,94	8,79	52,3%	4,65	7,716	2,40	1,97	7,51	6,12
2013	0,27	0,18	0,24	0,31	2,94	8,79	53,6%	4,80	7,046	2,30	1,93	7,44	6,09
2014	0,27	0,18	0,24	0,31	2,94	8,79	63,4%	5,85	6,718	2,24	1,91	7,40	6,26
Skor Rata rata						8,79		4,94		2,54		7,49	

3.8 Analisis Efisiensi dan Efektivitas Kinerja Jaringan Jalan Berdasarkan IPJ

Tabel 3.3 Rasio Pengeluaran Pemerintah Kota Payakumbuh untuk Sub Sektor Jalan dengan IPJ

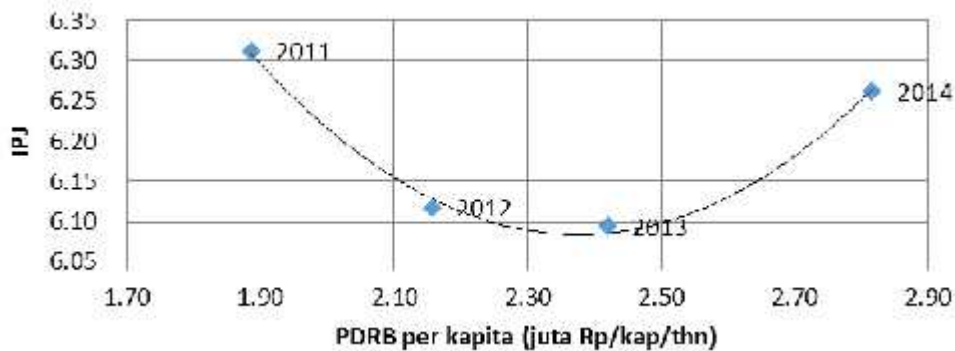
Uraian	Tahun 2011	Tahun 2012	Tahun 2013	Tahun 2014
Pengeluaran pemerintah untuk sub sektor jalan (Juta Rp)	14.640	4.765	12.731	27.384
IPJ	6,31	6,12	6,09	6,26
Rasio Pengeluaran Pemerintah untuk subsektor jalan dengan IPJ	2.319,16	778,92	2.088,92	4.372,72



Gambar 3.5 Hubungan IPJ dengan Pengeluaran Pemerintah untuk Sub Sektor Jalan

Tabel 3.4 Rasio PDRB per kapita dengan IPJ Kota Payakumbuh

Uraian	Tahun 2011	Tahun 2012	Tahun 2013	Tahun 2014
PDRB per kapita (juta Rp/kap/thn)	1,89	2,16	2,42	2,82
IPJ	6,31	6,12	6,09	6,26
Rasio PDRB per kapita dengan IPJ	0,30	0,35	0,40	0,45



Gambar 3.6 Hubungan IPJ dengan PDRB per kapita

3.9 Perhitungan Pencapaian SPM Bidang Jalan Kota Payakumbuh

Tabel 3.5 Perhitungan Pencapaian SPM Bidang Jalan Kota Payakumbuh

Indikator	Pembilang/Penyebut	Nilai A/B	% Capaian SPM	Target Capaian SPM Tahun 2019	Deviasi
% tingkat kondisi jalan kab/kota dalam kondisi baik dan sedang	A = Panjang jalan memenuhi kondisi jalan baik dan sedang pada akhir tahun pencapaian SPM (km)	229,7	87,86%	60,00%	27,8%
	B = Total eksisting panjang jalan kab/kota (km)	261,4			
% terhubungnya pusat-pusat kegiatan dan pusat-pusat produksi (konektifitas) di wilayah kab/kota	A = Panjang jalan penghubung pusat2 kegiatan dan pusat produksi pada akhir tahun pencapaian SPM (km)	261,4	87,46%	100,00%	-12,5%
	B = Target keseluruhan panjang jalan penghubung pusat-pusat kegiatan dan pusat produksi (km)	298,9			

IV. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan yang telah diuraikan pada penelitian ini, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan:

1. Sesuai dengan pendapat para responden urutan tingkat kepentingan antar variabel IPJ adalah: variabel Pelayanan Prasarana Jalan (Pyp) mendapatkan prioritas urutan kepentingan nomor 1 dengan bobot kepentingan sebesar 0,31, selanjutnya variabel Ketersediaan Prasarana Jalan (Ktj) mendapatkan urutan tingkat kepentingan nomor 2 dengan bobot kepentingan sebesar 0,27, kemudian variabel Beban Lalulintas (Bln) mendapatkan urutan tingkat kepentingan nomor 3 dengan bobot kepentingan sebesar 0,24. dan terakhir, variabel Kinerja Jaringan Jalan (Knj) mendapatkan urutan tingkat kepentingan nomor 4 dengan bobot kepentingan sebesar 0,18
2. Jika indikator Indeks Prasarana Jalan (IPJ) digunakan dalam pengambilan keputusan, misalnya alokasi dana, maka pertimbangan terkait dengan variabel Ketersediaan Jaringan Jalan (Ktj, panjang jalan vs luas wilayah) 1,5 kali lebih

- penting/diprioritaskan dibandingkan dengan pertimbangan terkait dengan variabel Kinerja Jaringan Jalan (Knj, % jalan mantap).
3. Secara umum nilai Indeks Prasarana Jalan Kota Payakumbuh mengalami penurunan (2011-2013) dan mengalami peningkatan pada tahun 2014.
 4. Dari empat tahun terakhir (2011-2014) nilai Indeks Prasarana Jalan Kota Payakumbuh termasuk kedalam kualifikasi sedang
 5. Nilai Indeks Prasarana Jalan (IPJ) di Kota Payakumbuh pada tahun 2013 adalah 6,09, dinyatakan sebagai skor Indeks Prasarana Jalan (IPJ) terendah dan mendapatkan kualifikasi sedang, disini terlihat bahwa penyediaan kuantitas dan kualitas prasarana jalan tahun 2013 dinyatakan paling rendah selama tahun 2011-2014
 6. Setiap tahunnya rasio pengeluaran pemerintah untuk sub sektor jalan dengan Indeks Prasarana Jalan (IPJ) Kota Payakumbuh mengalami penurunan dari tahun 2011-2012 (efisien) dan mengalami peningkatan dari tahun 2012-2014 (tidak efisien)

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Kota Payakumbuh, 2014, *Payakumbuh Dalam Angka*, Payakumbuh.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2000, *Penyusunan Performance Indikator Jalan*, Direktorat Jenderal Bina Marga, Direktorat Bina Program, Bagian Proyek Perencanaan dan Pengembangan Jaringan Jalan, Jakarta.
- Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, 2004. *Laporan Akhir Pekerjaan Pengembang Indikator efektivitas Pelaksanaan Program Prasarana Wilayah*.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 1995, *Penilaian terhadap kondisi jalan*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Direktorat Jenderal Pengembangan Prasarana Wilayah, 2004, *Pengembangan Efektivitas Pelaksanaan Program Penanganan Prasarana Kimpraswil Terhadap Pengembangan Wilayah*, Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, Jakarta.
- Kementrian Pekerjaan Umum, 2014, *Standar Pelayanan Minimal Bidang Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang*, Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia, Jakarta.
- Maulina, F. 2007. *Evaluasi Kinerja Jaringan Jalan Kabupaten di Wilayah Kabupaten Serang*. Tesis Program Magister Teknik Sipil Pengutamaan Rekayasa dan Manajemen Infrastruktur ITB, Bandung.
- Mujihartono, E. 1996. *Studi Sistem Jaringan Jalan Kota Semarang*. Laporan Hasil Penelitian Universitas Diponegoro, Semarang.
- Panjaitan, A.K dkk, 2013, *Kajian Sistem Jaringan Jalan di Wilayah Kota Pekanbaru*, Departemen Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara, Medan
- Pemerintah Republik Indonesia, 2004, *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 Tentang Jalan*, Jakarta.

- Pemerintah Republik Indonesia, 2006, *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2006 Tentang Jalan*, Jakarta
- PT. Reka Desindo Mandiri. 2004. *Laporan Akhir Pengembangan Indikator Efektivitas Pelaksanaan Program Prasarana Wilayah*. Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah Sekretariat Jenderal, Jakarta.
- Purwodarminto, W.J.S, 2000, *Kamus Besar Bahasa Indonesia*, Jakarta.
- World Bank 1995. *Improving Performance Indicators for The Road Subsector in Indonesia*.
- Yasa, I.K. 2008, *Pengaruh Alokasi Anggaran Pemeliharaan Terhadap Kinerja Jaringan Jalandi Kabupaten Karangasem, Pengelolaan Jaringan JalanProgram Pascasarjana* Universitas Katolik Parahyangan, Bandung

STUDI TRAVEL TIME USE PADA KERETA API KOMUTER RUTE PADANG-PARIAMAN

Yosritzal

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas, Padang, yosritzal@gmail.com

Abstrak

Studi pemanfaatan waktu perjalanan cukup populer saat ini sebagai akibat dari kemajuan teknologi informasi yang memungkinkan orang untuk bekerja selama dalam perjalanan. Penelitian konvensional menganggap bahwa waktu perjalanan tidak bernilai sehingga apresiasi diberikan kepada suatu proyek yang dapat menghemat waktu perjalanan tersebut. Bantahan terhadap teori tersebut mengemuka sehubungan dengan banyaknya fakta yang menunjukkan bahwa waktu perjalanan dimanfaatkan oleh pelaku perjalanan untuk melakukan aktifitas produktif dan menyenangkan. Penelitian ini merupakan update dari makalah kami sebelumnya (Yosritzal et al., 2014) dengan menambahkan hasil survey kuisioner penggunaan waktu perjalanan oleh pelaku perjalanan dengan kereta api komuter antara Padang dan Pariaman.

Kata kunci: waktu perjalanan, aktifitas, angkutan umum

1. LATAR BELAKANG

Telah disampaikan dalam (Yosritzal et al, 2014) bahwa *focus group discussion* dan *deepinterview* yang dilakukan terhadap responden di Kota Padang memberikan sinyal bahwa pelaku perjalanan di Indonesia umumnya memanfaatkan waktu perjalanannya untuk mengakses sosial media dan berbicara dengan penumpang lain. Namun pada makalah tersebut belum dijelaskan bagaimana bukti empiris yang diperoleh melalui kuisioner mengenai aktifitas yang dilakukan. Oleh karena itu penting untuk mengetahui aktifitas dan persepsi pelaku perjalanan mengenai aktifitas yang mereka lakukan.

Penelitian ini menampilkan hasil kuisioner mengenai aktifitas yang dilakukan oleh pelaku perjalanan serta bagaimana persepsi mereka mengenai hal tersebut.

2. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menyediakan bukti empiris pemanfaatan waktu perjalanan oleh pelaku perjalanan dengan kereta api rute Padang-Pariaman.
2. Menyelidiki persepsi mereka mengenai aktifitas yang mereka lakukan..

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat berupa saran sehubungan dengan dampak penggunaan waktu perjalanan tersebut kepada pengambil kebijakan di pemerintahan, operator angkutan umum dan masyarakat pengguna untuk memperbaiki persepsi mengenai tingkat pelayanan angkutan umum sehingga diharapkan dapat meningkatkan penggunaan angkutan umum dibanding kendaraan pribadi.

3. TINJAUAN PUSTAKA

Lyons et al. (2007) mengkritik asumsi yang mengatakan bahwa waktu perjalanan adalah waktu terbuang percuma yang sering digunakan dalam evaluasi manfaat proyek dengan memberikan nilai terhadap waktu yang bisa dihemat. Hal ini dilatar belakangi oleh kenyataan bahwa kemajuan teknologi terutama dibidang telekomunikasi dan multimedia yang ditandai dengan tersebar luasnya kepemilikan terhadap laptop, smartphone, tablet dan multimedia player telah memperbesar kemungkinan waktu perjalanan untuk dimanfaatkan bagi kegiatan yang lebih produktif dan menyenangkan. Hal ini terbukti dengan semakin naiknya trend penggunaan waktu perjalanan secara produktif ini seiring dengan semakin beragamnya teknologi yang bisa digunakan selama dalam perjalanan sehingga perjalanan terasa lebih menyenangkan (Lyons et al., 2013).

Kritik juga dilemparkan oleh Metz (2008) dengan mengatakan bahwa penghematan waktu akibat suatu proyek adalah mitos. Karena menurutnya, dengan lebih singkatnya perjalanan sebagai akibat suatu proyek transportasi, orang akan cenderung untuk melakukan lebih banyak perjalanan atau memilih lokasi tujuan yang lebih jauh. Sejalan dengan itu, Mokhtarian et al. (2001), sebelumnya pernah menyampaikan bahwa kebutuhan akan transportasi bukanlah murni 'kebutuhan turunan' karena ada tiga manfaat yang bisa diperoleh melalui perjalanan yakni manfaat berupa perpindahan dari satu lokasi asal ke lokasi tujuan, manfaat selama dalam perjalanan serta manfaat sehubungan dengan aktifitas yang dilaksanakan di lokasi tujuan.

Bukti-bukti empirik atas pemanfaatan waktu perjalanan di negara maju dapat dilihat pada Lyons et al., 2007; Lyons et al., 2013; Jain and Lyons (2008); Russell (2011); dan Yosritzal et al. (2012)). Kritik tersebut mendorong pemerintah UK melalui Department for Transport (DfT) UK untuk memfasilitasi berbagai debat nasional yang melibatkan pakar-pakar dibidangnya serta mensponsori penelitian terkait, antara lain Fikling et al. (2009) yang merekomendasikan penurunan 'nilai waktu' sebagai akibat dari adanya fenomena penggunaan waktu perjalanan secara produktif oleh sebagian pelaku perjalanan.

4. METODOLOGI

Pengumpulan data untuk penelitian ini didahului dengan diskusi terbatas (*focus group*) yang diikuti dengan penyebaran kuisioner kepada pelaku perjalanan dengan kereta api tersebut. Kuisioner disusun secara kualitatif dan respon dari respondent dinyatakan dalam bentuk Likert-scale. Selanjutnya data diolah dengan metoda deskriptive dan analisis faktor.

Metode ini sudah sering digunakan dalam penelitian terkait dengan study perilaku (*behavioural studies*) baik di bidang transportasi maupun dibidang social sains.

5. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pengumpulan data melalui diskusi terbatas dilakukan pada bulan Juni 2014 dilanjutkan dengan penyebaran kuisioner pada bulan Agustus 2014.

Hasil Focus Group Discussion

Sebagai mana dilaporkan dalam Yosritzal et al. (2014), faktor-faktor yang diharapkan oleh peserta diskusi dalam *focus group* adalah:

1. Kenyamanan
2. Pemandangan yang bagus dari jendela
3. Keunikan seperti andong
4. Keleluasaan tempat duduk
5. Ketersediaan musik yang menemani perjalanan
6. Pelayanan dari petugas
7. Kecepatan sampai ke lokasi tujuan

Sementara itu, terkait dengan kesempatan melakukan aktifitas yang dilakukan selama dalam perjalanan, peserta diskusi mengaku melaksanakan kegiatan tergantung jarak perjalanan sebagai berikut (Yosritzal et al., 2014):

- a. Untuk perjalanan jarak jauh kegiatan yang dilakukan antara lain: makan, minum, merokok.
- b. Untuk perjalanan jarak sedang kegiatan yang dilakukan adalah: on-line di sosial media, membaca buku, dan membaca berita on-line melalui smartphone.
- c. Untuk perjalanan jarak dekat umumnya diisi dengan membaca/mengirim pesan singkat, menelpon atau mengobrol dengan teman sebangku.
- d. Khusus untuk perjalanan wisata, mendengarkan musik sambil menikmati pemandangan diluar jendela lebih disukai.

Alasan yang terekam dalam diskusi terbatas mengenai alasan mereka melakukan aktifitas lain selama dalam perjalanan adalah supaya tidak bosan, agar perjalanan terasa lebih singkat, untuk menambah wawasan serta supaya waktu tidak terbuang percuma. Hal ini berbeda dengan temuan di Inggris seperti Lyons et al. (2007) dan Yosritzal et al. (2012), yang menunjukkan bahwa aktifitas selama dalam perjalanan merupakan aktifitas terencana terutama pelaku perjalanan bisnis untuk mempersiapkan file presentasi, mereview dokumen atau menyelesaikan pekerjaan kantor yang terbengkalai. Jain and Lyons (2008) menyatakan bahwa waktu perjalanan adalah ibarat sebuah hadiah atau tambahan waktu yang dapat dimanfaatkan untuk menyenangkan diri seperti berhias, membaca buku atau majalah favorit dan mengkhayal. Kegiatan tersebut sulit dapat terlaksana pada waktu lain karena kesibukan di kantor ataupun gangguan dari orang lain seperti keluarga, teman kantor dan hewan peliharaan.

Hasil Kuisisioner

Aktifitas yang dilakukan oleh pelaku perjalanan dari hasil kuisisioner diperlihatkan pada Tabel 1. Tabel 1 mengindikasikan bahwa apa yang disampaikan peserta *focus group* adalah benar karena terbukti mayoritas pelaku perjalanan menikmati pemandangan atau mendengarkan musik.

Tabel 1. Aktivitas pelaku perjalanan berdasarkan kuisioner (hanya aktivitas dengan persentase lebih dari 5% yang ditampilkan):

Activities		Engaged	Main Activity
		(%)	(%)
1	Reading/ writing/ sending 'SMS'	75.0	7.84
2	Listening to music	77.2	17.54
3	Talking to other passengers	81.0	14.55
4	Reading a book/ magazine/ newspaper	29.9	5.22
5	Enjoying the view	91.4	27.24
6	Sleeping/ snoring	58.6	5.97

Analisis Faktor

Analisis faktor dilakukan untuk mereduksi jumlah variabel dengan melihat hubungan antara variabel yang diujikan sehingga diperoleh kelompok variabel yang tergabung dalam satu faktor. Pada penelitian ini, pertama kali dilakukan analisis reliabilitas dan KMO. Selanjutnya jumlah faktor yang akan dikeluarkan umumnya dilakukan berdasarkan pada nilai eigen value sama dengan satu.

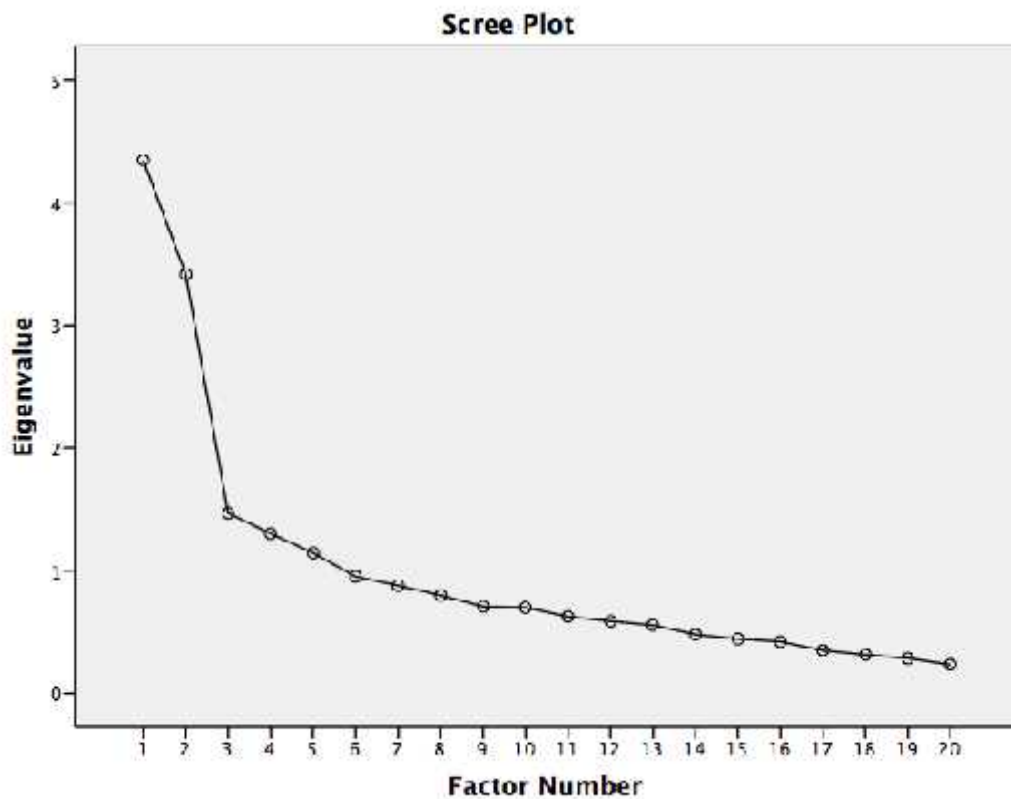
Adapun pernyataan yang dijadikan variabel adalah:

1. Saya sempat mengerjakan tugas selama dalam perjalanan (Q1)
2. Saya lebih produktif ketika dalam perjalanan dari pada ketika di kantor (Q2)
3. Perjalanan terasa lebih singkat ketika menggunakan gadget (Q3)
4. Biarlah terlambat asal disediakan koneksi internet (Q4)
5. Saya bersedia membayar lebih asal disediakan Wi-Fi di kereta (Q5)
6. Saya ingin waktu perjalanan ini lebih singkat (Q6)
7. Waktu yang saya habiskan dalam perjalanan ini sia-sia (Q7)
8. Layanan kereta ini sangat baik (Q8)
9. Perjalanan ini sangat menyenangkan (Q9)
10. Saya ingin mendapatkan pelayanan yang lebih baik (Q10)
11. Perjalanan lebih menyenangkan jika bisa melakukan aktifitas selama dalam perjalanan (Q11)
12. Mendengarkan music membantu mengurangi kebosanan dalam perjalanan (Q12)
13. Saya tidak bisa membaca diatas kendaraan (Q13)
14. Saya takut menggunakan smartphone dalam kereta (Q14)
15. Saya ingin membuka laptop tapi tidak tersedianya yang cukup (Q15)
16. Saya selalu was-was adanya penjahat diatas kereta (Q16)
17. Perjalanan ini terlalu singkat untuk bisa menggunakan laptop (Q17)
18. Saya ingin merenung selama dalam perjalanan (Q18)
19. Tanpa membawa gadget, perjalanan ini terasa seperti penjara (Q19)
20. Saya takut dikatakan 'sok' jika bekerja diatas kereta (Q20)

Tes reliabilitas menghasilkan nilai Cronbach's alpha sebesar 0.804 yang menunjukkan bahwa semua variabel yang diujikan cukup reliabel. Hasil tes KMO menunjukkan nilai

kecukupan sampelnya sebesar 0.776 yang dapat berarti kecukupan hubungan antar variabel bernilai menengah (Mooi and Sarstedt, 2011) dan nilai Bartlett's test of sphericity signifikan ($p < 0,05$) yang mengindikasikan bahwa data cukup baik untuk dilakukan analisis faktor.

Scree plot dengan mengambil batasan nilai eigen value sama dengan satu memberikan jumlah factor yang di ekstrak sebanyak enam factor seperti diperlihatkan pada Gambar 1. Ekstraksi 5 faktor dapat menjelaskan 45% dari varian yang ada.



Gambar 1. Scree plot

Berdasarkan Rotated Factor Matrix, maka terdapat 6 faktor yang diekstrak seperti diperlihatkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Factor yang di ekstrak

Faktor				
1	2	3	4	5
Q6	Q7	Q3	Q1	Q8
Q10	Q13	Q4	Q2	Q9
Q11	Q14	Q5		
Q12	Q15			
	Q16			
	Q17			
	Q18			
	Q19			
	Q20			

Berdasarkan pernyataan yang tergabung dalam masing-masing faktor, maka factor-faktor tersebut dapat diberinama sebagai berikut:

Faktor 1: Harapan

Faktor 2: Penghambat beraktifitas

Faktor 3: Kesiediaan Berkorban

Faktor 4: Produktifitas

Faktor 5: Kepuasan terhadap layanan

Analisis factor ini selanjutnya dapat digunakan untuk menganalisis lebih lanjut keterkaitan tiap factor dengan tingkat pelayanan kereta api. Namun pada makalah ini dicukupkan sampai hasil analisis factor tersebut saja.

6. KESIMPULAN

Pada makalah ini telah diuraikan hasil analisis data dari *focus group discussion*, dan kuisioner yang disebarkan kepada pelaku perjalanan. Hasil analisis aktifitas selama dalam perjalanan menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan dibandingkan dengan aktifitas yang ditemukan pada pelaku perjalanan di negara maju seperti Inggris. Pada penelitian ini, umumnya pelaku perjalanan mengaku menikmati pemandangan, mendengarkan musik dan bercengkerama sebagai aktifitas yang paling banyak dilakukan. Ekstraksi terhadap variabel persepsi pengguna terhadap layanan kereta api, menghasilkan tujuh faktor yakni harapan, penghambat beraktifitas, kesiediaan berkorban, produktifitas dan kepuasan terhadap layanan. Faktor ini selanjutnya disarankan untuk dikorelasikan dengan tingkat pelayanan kereta menurut persepsi penumpang.

DAFTAR PUSTAKA

Fickling, R., Gunn, H., Kirby, H. R., Bradley, M. and Heywood, C. (2009) *Productive Use of Rail Travel Time and the Valuation of Travel Time Savings for Rail Business*

- Travellers*. [Online]. Available at: <http://www.dft.gov.uk/publications/productive-use-of-travel-time/>.
- Jain, J. and Lyons, G. (2008) 'The gift of travel time', *Journal of Transport Geography*, 16(2), pp. 81-89.
- Lyons, G., Jain, J. and Holley, D. (2007) 'The use of travel time by rail passengers in Great Britain', *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 41(1), pp. 107-120.
- Lyons, G., Jain, J., Susilo, Y., and Atkins, S. (2013) 'Comparing rail passengers' travel time use in Great Britain between 2004 and 2010', *Mobilities*, 8:4, 560-579, DOI:10.1080/17450101.2012.743221.
- Metz, D. (2008) 'The Myth of Travel Time Saving', *Transport Reviews*, 28: 3, pp. 321-336.
- Mooi, E. and Sarstedt, M. (2011) A concise guide to market research; The process, data, and methods using IBM SPSS Statistics. Springer.
- Mokhtarian, P., Salomon, I. and Redmond, L. S. (2001) 'Understanding the demand for travel: It's not purely 'derived'', *Innovation*, 14(4).
- Russell, M. (2011) 'Watching passengers: Using structured observation methods on public transport', *UTSG Annual Conference*. Open University, Milton Keynes.
- Yosritzal, Dissanayake, D., and Bell, M. (2012) 'Is technology influencing the perception of time? Experience of train travellers', the 44th Annual UTSG Conference Proceeding, Aberdeen (4-6 January 2012).
- Yosritzal, Adji, B.M., Andika, R., dan Nofrizal, F. (2014) 'Studi Pemanfaatan Waktu Perjalanan Di Dalam Angkutan Umum di Indonesia', Prosiding the 1st ACE National Conference 2014, Universitas Andalas, Padang, 27 November 2014.

METODE SEDERHANA UNTUK PENGUJIAN PEMBEBANAN SIKLIK PADA BALOK BETON BERTULANG

Rendy Thamrin

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas Padang, rendy@ft.unand.ac.id

Jafril Tanjung

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas Padang, jafriltanjung@ft.unand.ac.id

Anita Lesya

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas Padang, lesyaanita@gmail.com

Abstrak

Pengujian komponen struktur yang dikenai beban siklik merupakan pengujian yang sangat penting untuk mengetahui perilaku komponen struktur dalam menerima beban gempa. Untuk mendapatkan hasil pengujian yang representatif, pengujian harus dilakukan dengan menggunakan peralatan yang dapat memberikan beban bolak balik. Sayangnya banyak universitas dan pusat penelitian tidak dilengkapi dengan peralatan tersebut. Dalam makalah ini diusulkan metode pengujian sederhana untuk pengujian balok beton bertulang yang dikenai beban siklik. Dalam metode ini, pembebanan tidak diberikan bolak-balik secara langsung, akan tetapi hanya dalam bentuk beban monotonik. Pengaruh beban siklik diperoleh dengan mengatur posisi beban dan perletakan sedemikian sehingga respons yang diterima oleh benda uji merupakan respons beban siklik. Perbandingan hasil pengujian dengan hasil analisis dengan metode analitik berdasarkan analisis penampang RCCSA v4.3 menunjukkan bahwa metode pengujian yang diusulkan memberikan hasil yang memuaskan.

KataKunci : rekayasa gempa, balok beton bertulang, uji eksperimental, beban siklik, RCCSA

I. PENDAHULUAN

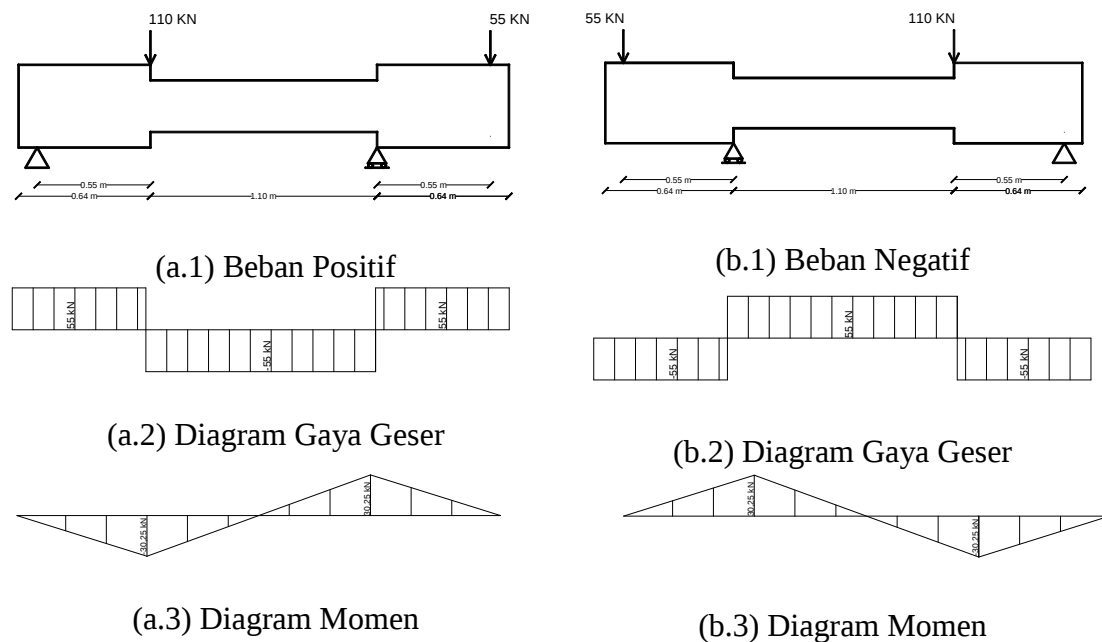
Sebagian besar wilayah di Indonesia merupakan wilayah yang memiliki tingkat kerawanan yang tinggi terhadap gempa. Gempa mengakibatkan kegagalan struktur dari suatu bangunan. Untuk itu, perlu diketahui dengan baik mekanisme kerusakan-kerusakan yang terjadi pada struktur akibat beban-beban yang terjadi. Perilaku struktur ini sangat dipengaruhi oleh beban yang bekerja pada struktur, seperti misalnya pembebanan yang ditimbulkan oleh gempa (siklik). Untuk mengetahui kerusakan struktur yang terjadi perlu dilakukan pengujian di laboratorium.

Dari literatur yang telah diamati, *Experimental Study on Beam- Column Joint with Fibres under Cyclic Loading* dilakukan dengan menggunakan *servo hidrolis aktuatur* untuk pemberian beban siklik dengan kapasitas 100KN (Romanbabu M. Oinam and friends 2013). Pengujian menggunakan beban siklik memerlukan alat dan biaya yang tidak sedikit, karena keterbatasan alat pengujian maka dilakukan pengujian pembebanan siklik dengan metode sederhana menggunakan peralatan pengujian beban monotonik.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Beban siklik adalah beban bolak balik. Istilah pembebanan siklik menyarankan sistem pembebanan yang menunjukkan tingkat keteraturan baik dalam besarnya dan frekuensinya (Marpaung, Raja, dkk, 2013). Pada struktur yang dibebani dengan beban siklik, energi yang diserap dalam satu siklus pembebanan adalah jumlah dari energi yang diserap pada saat struktur menerima beban tekan dan energi yang diserap pada saat menerima beban tarik sehingga total energi yang terdisipasi selama pembebanan siklik berlangsung merupakan luas daerah dalam loop kurva beban – defleksi.

Agar beban bolak balik (siklik) tercapai. Dilakukan pemindahan posisi beban dan perletakan benda uji seperti terlihat pada Gambar 1, yaitu pemberian beban positif dan negatif beserta gaya dalam yang terjadi pada benda uji.



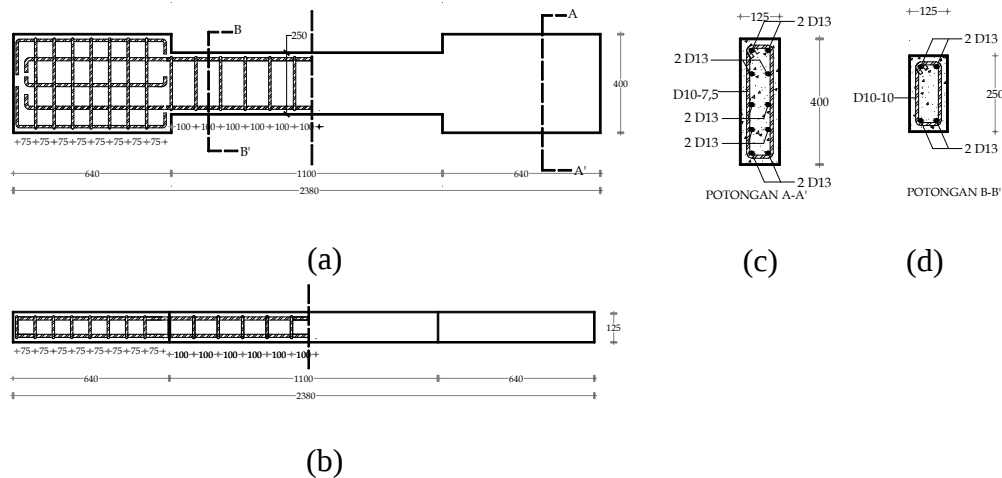
Gambar 1 Posisi Beban dan Gaya Dalam Benda Uji

Terlihat gaya dalam yang dialami benda uji saat beban positif terbalik dengan saat pemberian beban negatif yang mengakibatkan benda uji mengalami beban bolak balik.

III. HASIL, ANALISA DAN PEMBAHASAN

Gambar 2.a memperlihatkan tampak depan dan detail penulangan benda uji, Gambar 2.b memperlihatkan tampak atas dan detail penulangan benda uji serta Gambar 2.c dan 1.d menunjukkan penampang benda uji potongan A-A' dan B-B'. Benda uji yang digunakan adalah balok beton bertulang dengan dimensi 125x250 mm dan panjang bentang 1100 mm, dan balok beton bertulang yang tersambung pada sisi kanan dan kiri beton dengan dimensi 125x400 mm dan panjang 640 mm yang berfungsi sebagai penyalur beban siklik. Menggunakan Tulangan utama D13 dan tulangan sengkang D10. Jarak tulangan sengkang pada balok utama sebesar 100 mm, sedangkan jarak tulangan sengkang pada balok penyalur adalah sebesar 75 mm. Benda uji menggunakan beton mutu $f_c' = 23,11$ MPa tulangan utama D-13 dengan mutu $f_y = 580$ Mpa dan tulangan sengkang D-10 dengan mutu

$f_y=391$ MPa. Balok yang akan dianalisis pada pengujian ini adalah balok yang berada pada sisi tengah saja. Benda uji pada penelitian ini berjumlah dua balok dengan spesifikasi yang sama, balok pertama di uji dengan beban monotonik sebagai kontrol untuk mendapatkan tahapan pembebanan siklik dan balok kedua dengan beban siklik.



Gambar 2 Dimensi dan Detail Penulangan Benda Uji

Pengujian dimulai dengan setting benda uji, Gambar 3.a merupakan tampak depan pengujian, benda uji diberi grid untuk mempermudah penggambaran pola retak benda uji, dan Gambar 3.b merupakan tampak belakang benda uji dimana pada bagian ini ditempatkan frame yang berfungsi sebagai perletakan LVDT yang berada tepat ditengah balok.



(a)

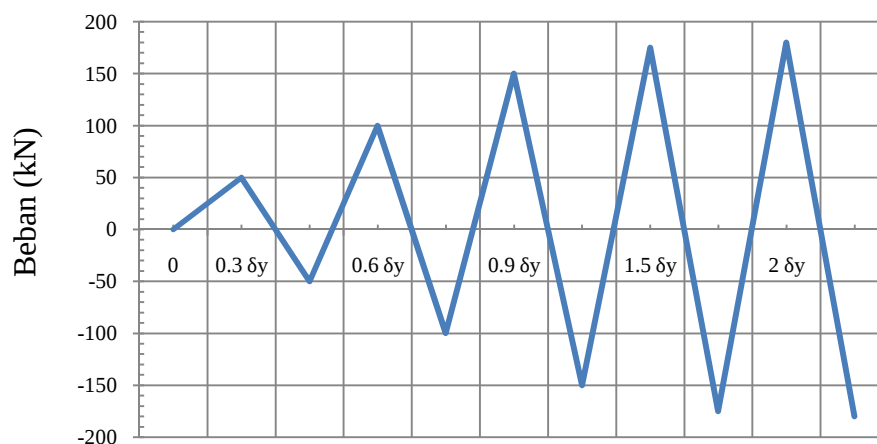


(b)

Gambar 3 Setting Benda Uji

1. Tempatkan *spreader beam* pada posisi pertama. Lalu pasang *load cell* dan posisikan tepat dengan ujung dari *jet pack*. Tempatkan LVDT pada frame yang posisinya tepat ditengah balok. LVDT berfungsi mengukur lendutan/perpindahan efektif yang terjadi pada balok, yaitu perpindahan yang terjadi pada sisi kiri dan sisi kanan balok. Pasang *data logger* untuk membantu dalam mencatat setiap beban yang diberikan dan lendutan yang terjadi.
2. Lakukan pemberian beban secara konstan dan perlahan dengan menggunakan pompa *hydraulic jack* sehingga *actuator* bergerak mendorong *load cell*. Beban diberikan sesuai beban rencana sehingga beban tersalurkan seperti yang telah dijelaskan sebelumnya.
3. Untuk benda uji pertama pembebanan yang diberikan yaitu beban monotonik.
4. Selama proses pembebanan berlangsung, lakukan penggarisan pada setiap retakan di benda uji disertai penggambaran garis retak pada kertas grid yang telah disediakan. Garis ini bertujuan untuk mempermudah kita dalam melihat pola retak.
5. Besarnya beban yang diberikan akan di rekap secara otomatis oleh *data logger* yang di pakai.
6. Setelah balok mengalami keruntuhan, amati pola retak.
7. Rekap nilai beban dan lendutan dari *data logger* kemudian dianalisis dan dibuat grafik. Dari grafik Beban vs Lendutan akandi dapat tahap pemberian beban terhadap pengujian selanjutnya, beban bertahap yang akan diberikan pada setiap loop atau tahap pembebanan pada pengujian balok dengan beban siklik.
8. Untuk benda uji selanjutnya diberikan beban siklik, dengan cara pemindahan perletakan dan *spreader beam*. Posisi pertama adalah beban positif dan posisi kedua adalah beban negatif. Nilai beban (P) diberikan peningkatan secara bertahap pada setiap loop.
9. Dilakukan pencatatan Beban (P), besarnya perpindahan (δ) dan penggambaran pola retak. Data yang diperoleh dibandingkan dengan hasil analisis perangkat lunak RCCSA v4.3.

Benda uji pertama atau benda uji kontrol di uji dengan beban monotonik, pada pengujian monotonik diperoleh beban maksimum yang mampu dicapai oleh balok beton bertulang berkisar 180 kN. Sehingga dapat diperhitungkan besarnya beban dan tahapan pemberian beban siklik seperti yang terlihat pada Gambar 4.

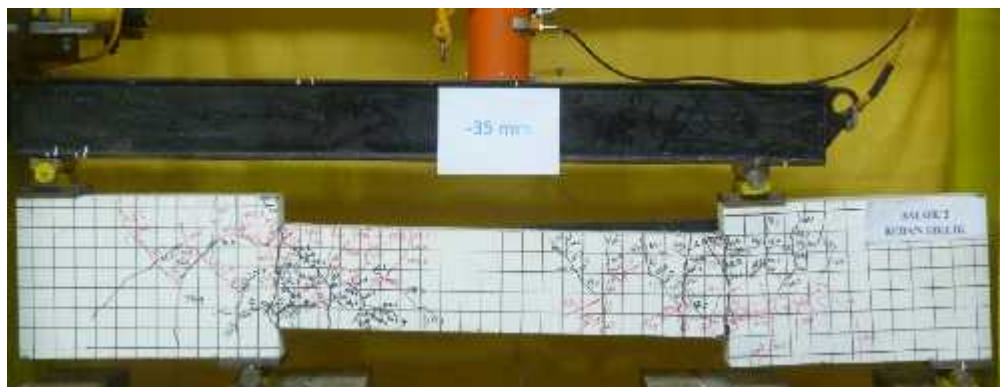


Gambar 4 Grafik Tahapan Pembebanan untuk Beban Siklik

Beban pertama sebesar 50 kN, beban kedua 100 kN, beban ketiga 150 kN, beban keempat sampai balok mengalami $1,5 \delta_y$ atau mencapai lendutan 20 mm dan beban kelima sampai balok mengalami $2\delta_y$ atau lendutan sebesar 30 mm. Beban diatas merupakan nilai beban dari *load cell*. Sedangkan beban yang diterima benda uji terbagi sesuai posisi perletakan.

Beban siklik diperoleh dengan pemberian beban montonik berulang dengan memindahkan posisi perletakan dan beban sedemikian rupa. Satu perletakan berada disebelah kiri benda uji dan perletakan selanjutnya berada 640 mm dari sebelah kanan benda uji, kemudian tempatkan benda uji diatas perletakan untuk beban positif, begitu sebaliknya perletakan dan beban diletakkan secara berlawanan untuk beban negatif.

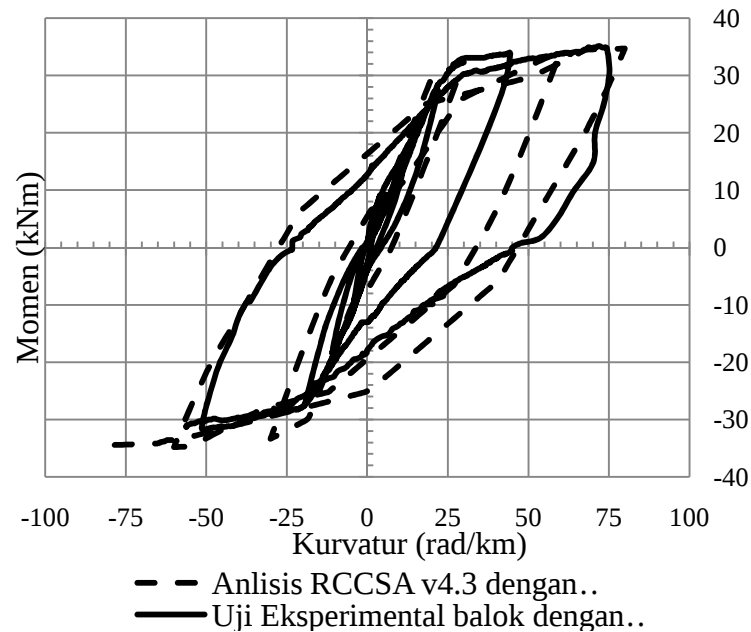
Balok akan menerima beban positif dan negatif yang mengakibatkan balok utama mengalami beban bolak balik. Jika joint sebelah kiri tertarik maka joint sebelah kanan akan tertekan, begitu sebaliknya. Sehingga diperoleh gaya dalam yang terbalik pada balok akibat pemberian beban positif dan negatif.



Gambar 5 Pola Retak Benda Uji dengan Pembebanan Siklik

Gambar 5 memperlihatkan pola retak benda uji dengan pembebanan siklik. Retak berwarna hitam merupakan pola retak akibat pemberian beban positif terlihat bagian atas sebelah kanan balok dan bagian bawah sebelah kiri balok banyak retakan berwarna hitam sesuai dengan perhitungan gaya dalam bahwa daerah tersebut mengalami gaya tarik pada saat beban positif sehingga banyak terdapat retakan pada bagian tersebut. Begitu sebaliknya saat pemberian beban negatif terjadi pola retak berwarna merah yang merupakan kebalikan pola retak berwarna hitam. Sehingga diperoleh gaya dalam yang terbalik saat pembebanan positif dan negatif, yang merupakan beban bolak balik atau beban siklik yang dialami oleh benda uji.

Diperoleh grafik Momen vs Kurvatur benda uji dengan beban siklik pada Gambar 6, hasil uji eksperimental dibandingkan dengan analisis program RCCSA dengan pemberian beban siklik.



Gambar 6 Grafik Momen vs Kurvatur

Hasil analisis perangkat lunak RCCSA v4.3 dan hasil pengujian memperlihatkan hasil yang hampir sama atau mendekati.

IV KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan yang dilakukan pada subbab sebelumnya, metode sederhana untuk pengujian pembebanan siklik pada balok beton bertulang memperlihatkan hasil yang mendekati dengan hasil analisis perangkat lunak RCCSA v4.3 dapat disimpulkan pengujian yang dilakukan memperoleh data yang bagus dan metode ini dapat dilakukan untuk pengujian beban siklik.

V. DAFTAR PUSTAKA

- Dept. PU. 2002. SNI 03-2847-2002: Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung. Yayasan LPMB. Bandung.
- Marpaung, Raja, dkk. 2013. Perbandingan Energi Pada Percobaan Beton Bertulang Akibat Pembebanan Siklik Dan Monotonik. Jurnal Teknik Sipil, Volume 9. No. 2.
- Oinam, Romanbabu M, Choudhury.A.N, and Laskar A I. 2013.Experimental Study on Beam-Column Joint with Fibres under Cyclic Loading. IOSR Journal of Engineering
- Thamrin. 2014. Teori dan Aplikasi Software RCCSA. Universitas Andalas.

STUDI EKSPERIMENTAL PERKUATAN LENTUR BALOK BETON BERTULANG

Rendy Thamrin

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas, Padang, rendy@ft.unand.ac.id

Jafril Tanjung

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas, Padang, jafriltanjung@ft.unand.ac.id

Kristinus

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas, Padang, kristinusgulo@gmail.com

Abstrak

Banyak metode perkuatan yang telah dikembangkan dan diaplikasi pada komponen struktur seperti balok beton bertulang. Metode yang paling umum digunakan adalah perkuatan dengan menggunakan serat plastik seperti FRP dan GRFP dan serat karbon seperti CFW. Disamping harga yang relatif mahal, penerapan material serat tersebut juga membutuhkan keahlian khusus, sehingga hanya sesuai diaplikasikan pada komponen struktur dengan fungsi yang sangat penting, dan kurang sesuai untuk diterapkan pada komponen struktur beton bertulang secara umum. Dalam studi ini, pengujian balok beton bertulang dengan perkuatan menggunakan pelat baja strip 0.3 mm x 50 mm dilakukan untuk meningkatkan kuat lentur balok beton bertulang. Pelat baja strip direkatkan pada sisi bawah balok beton bertulang dengan bahan perekat Sikadur-31. Hasil pengujian menunjukkan bahwa perkuatan dengan menggunakan pelat strip tersebut dapat meningkatkan kuat lentur benda uji sekitar 35%.

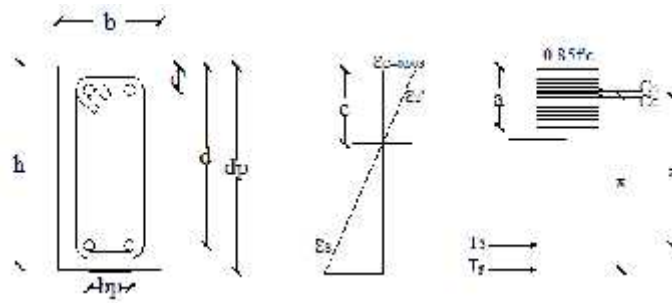
Kata kunci : balok beton bertulang, perkuatan dengan pelat baja, kuat lentur

1. PENDAHULUAN

Perubahan fungsi dari struktur beton bertulang yang mengakibatkan penambahan beban sangat perlu dianalisis ulang, mengingat kemampuan struktur tersebut tidak sesuai dengan fungsinya yang baru. Sehingga struktur diatas memerlukan perkuatan. Jika bangunan tidak segera ditangani perbaikan atau perkuatannya, kerusakan dapat berlanjut lebih parah lagi. Agar bangunan yang rusak dapat difungsikan, diperlukan tindakan rehabilitasi yang dapat berupa perbaikan (*retrofit*) atau perkuatan (*strengthening*). Salah satu perkuatan yaitu penambahan pelat baja pada daerah tarik dalam meningkatkan kapasitas lentur. Perkuatan menggunakan pelat baja lebih efektif dari segi ekonomis dalam kaitannya dengan ketersediaan, murah, sifat material yang seragam, kemudahan pengerjaan serta mempunyai kekakuan yang tinggi.

2. STUDI PUSTAKA

Menurut Edward G. Nawy (1998) lentur pada balok diakibatkan oleh regangan yang timbul karena adanya beban luar. Pada suatu komposisi tertentu balok menahan beban sedemikian hingga regangan tekan lentur beton maksimum ($\epsilon_{C \text{ maks}}$) mencapai 0,003, sedangkan tegangan tarik baja tulangan mencapai tegangan luluh f_y . Apabila hal demikian terjadi, penampang dinamakan mencapai keseimbangan regangan, atau disebut penampang bertulang seimbang.



Gambar 2.1 Distribusi Tegangan Regangan Penampang Beton Bertulang dengan Penambahan Perkuatan Pelat Baja

Berdasarkan **Gambar 2.1** maka kapasitas momen menjadi:

$$M_N = T_S \cdot Z + T_P \cdot X + T'_S \cdot (A/2 - D') \quad (2.1)$$

$$M_N = A_S F_Y \cdot (D - A/2) + A_P F_Y \cdot (H - A/2) + A'_S F_Y (A/2 - D') \quad (2.2)$$

Dari persamaan (2.1) dan persamaan (2.2) dapat dikatakan bahwa dengan pemasangan pelat baja maka kapasitas lentur balok akan meningkat.

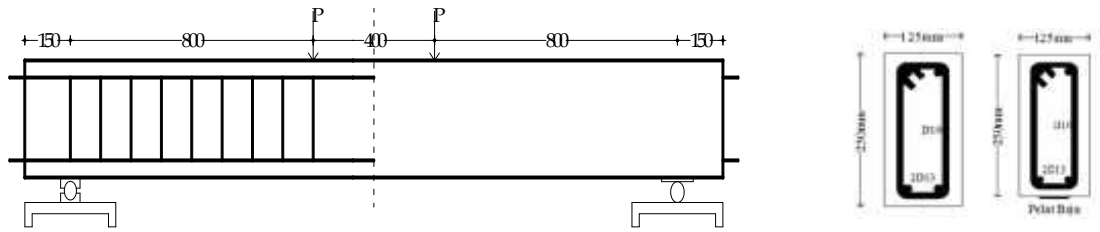
Penelitian serupa telah dilakukan oleh Nomi dan Nursyamsi yang meneliti perilaku balok beton bertulang dengan perkuatan pelat baja dalam memikul lentur. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa pelat baja mampu meningkatkan kapasitas balok dalam memikul lentur dan mengurangi lendutan yang terjadi pada balok. Kapasitas balok dalam memikul lentur meningkat sebesar 84,62%. Namun dalam penelitian oleh Nomi dan Nursyamsi ini dilakukan dengan sistem beban terpusat,

3. HASIL, ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Kuat Tekan Beton Silinder dan Uji Tarik Baja

Hasil uji tekan silinder beton dengan diameter 150mm dan tinggi 300mm hari ke 28, diperoleh kuat tekan rata-rata beton karakteristik sebesar 331 kg/cm^2 ($26,94 \text{ MPa}$).

Sedangkan pada pengujian tarik baja diperoleh nilai f_y untuk baja ulir diameter 13mm adalah $417,434 \text{ MPa}$, dan $368,507 \text{ MPa}$ untuk baja ulir diameter 10mm. Sedangkan nilai tegangan *ultimit* (f_u) pada masing-masing baja ulir adalah $620,922 \text{ MPa}$ dan $525,287 \text{ MPa}$. Nilai f_y untuk pelat baja diperoleh 240 MPa dan $f_u = 339 \text{ MPa}$.

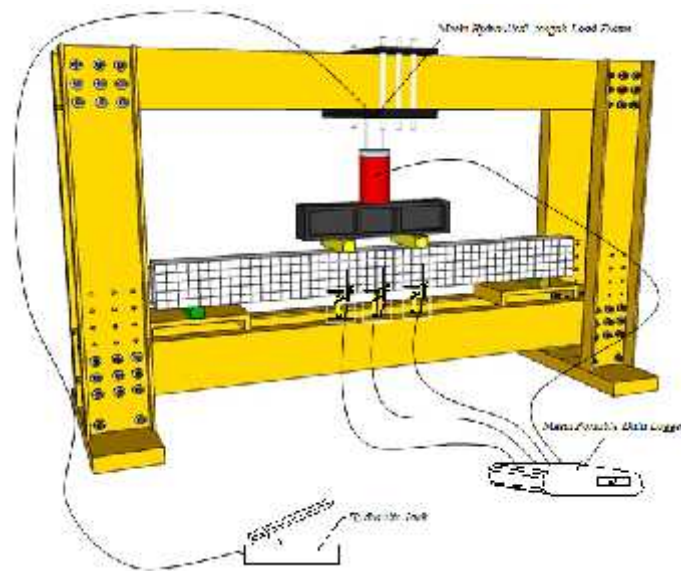


Gambar 3.1 Penampang Benda Uji

Pada **Gambar 3.1** memperlihatkan dimensi dan detail penulangan tipikal kedua benda uji serta menunjukkan penampang benda uji tanpa perkuatan, dengan perkuatan pada sisi bawah balok beton bertulang.

Langkah pertama dalam pengujian ini adalah melakukan *setting* alat seperti terlihat pada **Gambar 3.2**. Pemberian beban dilakukan secara konstan dan perlahan dengan menggunakan pompa *hidrolik jack*, sehingga *actuator* bergerak mendorong *load cell*. Selama proses pembebanan berlangsung, dilakukan penggarisan pada setiap ratakan di benda uji sekaligus mengukur lebar retak pada benda uji. Besarnya beban yang diberikan akan direkap secara otomatis oleh *data logger* yang dipakai. Data yang diperoleh berupa beban (P), perpindahan (d), pola retak dan keruntuhan yang kemudian dianalisis untuk mengetahui pengaruh penambahan perkuatan pelat baja pada balok beton bertulang.

Benda uji selanjutnya diuji dengan mengacu kepada metode pengujian *four point bending testing*. (**Gambar 3.2**)



Gambar 3.2 Set-Up Pengujian Tampak 3-D

3.2 Analisis Kuat Lentur Balok

Pengujian lentur pada balok dilakukan di laboratorium dengan metoda pengujian beton dengan dua beban terpusat dimana pengujian bersifat *destruktif* yang berarti benda uji untuk pengujian hanya digunakan sekali pengujian.

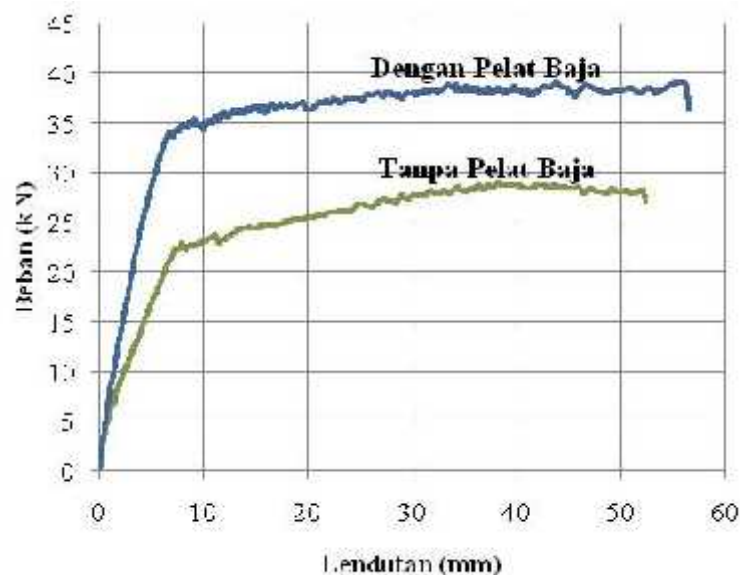


Tanpa Pelat Baja



Dengan Pelat Baja

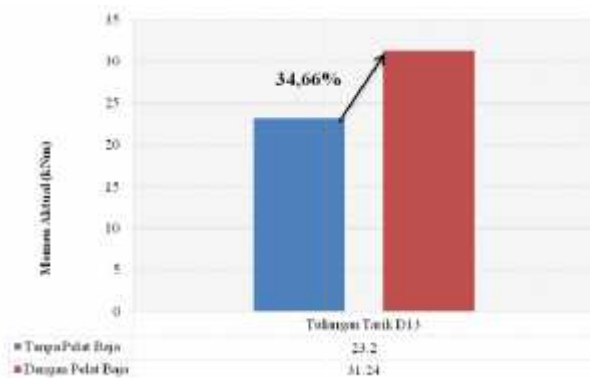
Gambar 3.3 Lendutan dan Pola Retak pada Benda Uji



Gambar 3.4 Perbandingan Hasil Uji Kuat Geser

Tabel 1.1 Hasil Pengujian Balok Persegi

	Dimensi			Jarak Beban ke Perletakan (mm)	Beban Retak Pertama (kN)	Beban Maksimum (kN)	Momen Aktual (kNm)
	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)				
Tanpa Pelat Baja	2300	125	250	800	10.25	29	23.2
Dengan Pelat Baja	2300	125	250	800	11.65	39.05	31.24

**Gambar 3.5** Perbandingan Momen Aktual Benda Uji

Pada benda uji tanpa perkuatan beban retak pertama terjadi saat beban mencapai 10,25 kN, mengalami *crushing* saat beban mencapai 26,30 kN. Beban terbesar saat mencapai 29 kN dan lendutan maksimum 28,6 mm sebelum akhirnya benda uji tanpa perkuatan mengalami keruntuhan. Pada benda uji yang diberi perkuatan pelat baja, retak pertama terjadi pada saat beban mencapai 11,65 kN dan mengalami *crushing* saat beban 38,75

kN. Beban terbesar terjadi saat pembebanan 39, 05 kN dengan lendutan maksimum yang terjadi sebesar 23,48 mm (**Gambar 3.4**). Berdasarkan **Gambar 3.5** terlihat jelas peningkatan kekuatan lentur sampel benda uji akibat penambahan perkuatan pelat baja sebesar 35%. Hal ini membuktikan bahwasanya penambahan pelat baja pada daerah tarik meningkatkan kapasitas lentur balok beton bertulang.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian balok beton bertulang terhadap penambahan pelat baja sebagai perkuatan lentur, dapat meningkatkan kapasitas balok dalam memikul lentur sebesar 35% Hal ini ditunjukkan dengan meningkatnya kemampuan benda uji dengan perkuatan pada grafik kurva beban dan lendutan dengan metoda pengujian *four point bending testing*.

DAFTAR PUSTAKA

- Istimawan, Dispohusodo. 1994. "Struktur beton bertulang : Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 Departemen Pekerjaan Umum RI / Istimawan". Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Dept. PU. 2011. "SNI 1974:2011. Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder yang dicetak". Badan Standarisasi Nasional. Jakarta
- Endah Kanti Pangestu. 2009. dan F.Sri Handayani, Penggunaan Carbon Fiber Reinforced Plate Sebagai Tulangan Eksternal pada Struktur Balok Beton, Media Teknik sipil, Volume IX, Juli 2009 ISSN 1412-0976
- Miswar, Khirul dan Trio Pahlawan,- ,Perbaikan dan Perkuatan Balok Beton Bertulang dengan Cara Penambahan Profil Baja Kanal, Politeknik Negeri Lhoksemawe, NAD

- Nawy, E.G., 1998, Beton Bertulang suatu Pendekatan Dasar, Cetakan II, PT Refika Aditama, Bandung.
- Park, R. dan Paulay, T., 1975, Reinforced Concrete Structure, John Wiley & Sons Inc, Kanada
- Sitepu. Nomi. N dan Nursyamsi, -, Perilaku Balok Beton Bertulang dengan Perkuatan Pelat Baja dalam Memikul Lentur, Departemen Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara

PEMODELAN DISTRIBUSI *TIME HEADWAY* LALU LINTAS DI WILAYAH JALAN BERBUKIT

Rizky Indra Utama

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas Padang, rizkyindrautama@gmail.com

Purnawan

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas Padang, purnawan@ft.unand.ac.id

Hendra Gunawan

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas Padang, hendra@ft.unand.ac.id

Abstrak

Time headway merupakan besaran mikroskopik arus lalu lintas yang sangat penting kegunaannya dalam analisis dan perencanaan suatu sistem transportasi. Penelitian ini bertujuan untuk memilih model distribusi *time headway* yang sesuai untuk data hasil penelitian di wilayah jalan berbukit. Penelitian mengambil data arus lalu lintas pada ruas jalan Padang Panjang-Bukittinggi Km. 5. Pengolahan data pengamatan menggunakan *stop data program*, untuk mendapatkan *goodness of fit* dari model distribusi data pengamatan yang cocok dengan distribusi teoritis, maka dilakukan *Kolmogorov Smirnov Test (K-S Test)* dengan menggunakan *software easy-fit*, sehingga dihasilkan model yang cocok dengan kondisi wilayah jalan berbukit. Dari analisis diketahui hasil sebagai berikut : hasil uji model distribusi *time headway* individual jam sibuk Hari Minggu pada jalur tanjakan didapatkan model hasil uji yang terbaik adalah model Dagum dengan nilai $k = 0,525$, $\alpha = 4,232$, $\beta = 4,150$, $\gamma = 0$, untuk jalur turunan didapatkan model hasil uji yang terbaik adalah model Beta dengan nilai $\alpha_1 = 1,999$, $\alpha_2 = 7,041$, $a = 2,907$, $b = 13,57$

Kata Kunci : *Time Headway*, *Goodness Of Fit Test*, Model Distribusi

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Time headway merupakan besaran mikroskopik arus lalu lintas yang sangat penting kegunaannya dalam analisis dan perencanaan suatu sistem transportasi. Beberapa kegunaan *time headway* diantaranya berkaitan dengan masalah analisis keselamatan transportasi, tingkat pelayanan jalan dan fasilitas lainnya, perilaku pengemudi dan kapasitas suatu prasarana transportasi. *Time headway* minimum berguna agar lalu lintas yang berjalan tetap aman dan tidak terjadi tabrakan antar kendaraan yang beriringan. *Time headway* antar kendaraan yang saling beriringan juga menunjukkan tingkat kualitas pelayanan dari jalan yang bersangkutan. Begitu juga *time headway* merupakan ukuran yang dipakai untuk melihat seberapa besar kapasitas suatu jalan dengan melihat distribusi *time headway* yang terjadi.

Topografi jalan berbukit atau menanjak dengan kondisi arus lalu lintas dari berbagai jenis kendaraan berat dan kendaraan ringan memiliki pola distribusi berbeda dengan kondisi jalan datar. Oleh sebab itu perlu dilakukan studi mengenai karakteristik *time headway* lalu lintas pada kondisi wilayah jalan berbukit atau jalan menanjak.

1.2 Rumusan Masalah

Mengacu pada permasalahan diatas, yang akan dibahas pada penelitian ini adalah model distribusi apakah yang menggambarkan kondisi di wilayah jalan berbukit ?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk memilih model distribusi *time headway* yang sesuai untuk data hasil penelitian di wilayah jalan berbukit.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini, antara lain: (1)mengetahui model distribusi *time headway* lalu lintas di wilayah perbukitan atau pada kondisi jalan menanjak, (2)data dan model distribusi *time headway* dapat digunakan untuk membuat simulasi arus lalu lintas pada kondisi jalan menanjak atau di wilayah perbukitan.

1.5 Batasan Masalah

Untuk menyederhanakan permasalahan, maka berikut ini diberikan batasan masalah yaitu:

1. penelitian hanya mengambil sampel di Jalan Padang Panjang - Bukittinggi Km 5,
2. sampel diambil selama jam-jam tertentu yang diasumsikan memiliki arus kendaraan yang padat (*peak hour*), walau tidak harus jenuh, dan tidak padat (*non peak hour*),
3. untuk ruas jalan tersebut, kendaraan sepeda motor dan tak bermotor tidak dipertimbangkan sebagai data *time headway*.

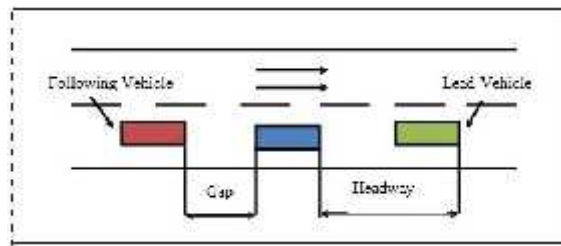
2. STUDI PUSTAKA

2.1 Defenisi Time Headway

Time headway adalah selisih waktu antar kendaraan yang beriringan yang melewati suatu titik tertentu dalam satu lajur (Salter, 1974). Karenanya *time headway* pada kenyataannya terdiri dari dua jenis waktu yaitu waktu okupansi (*occupancy time*) dan waktu antara (*time gap*), **Gambar 1**. Waktu okupansi adalah lamanya waktu fisik kendaraan melewati suatu titik pengamatan. Sedangkan waktu antara merupakan selisih waktu saat belakang kendaraan yang didepan melewati suatu titik pengamatan dengan saat ujung depan kendaraan yang mengikutinya melewati titik yang sama (May, 1990).

2.2 Distribusi Time Headway

Menurut Sukowati (2004), distribusi *time headway* pada umumnya bervariasi untuk kondisi arus lalu lintas dilapangan, tergantung dengan tingkat kepadatan arus lalu lintas pada suatu jalan dan pada waktu tertentu. Umumnya arus lalu lintas dapat dibagi menjadi tiga kategori, yaitu kondisi arus lalu lintas tinggi, rendah, sedang.



Gambar 1.1 Headway dan Gap

2.3 Model Distribusi

Model distribusi *time headway* adalah model distribusi kontinu. Ada beberapa jenis model distribusi kontinu yang dapat digunakan untuk memperkirakan model distribusi ruas jalan yang akan ditentukan, seperti **Tabel 2.1** berikut.

Tabel 2.1 Jenis model distribusi kontinu

No.	Jenis Model Distribusi	No.	Jenis Model Distribusi
1	Beta	25	Laplace
2	Bur	26	Levy
3	Cauchy	27	Log-Gamma
4	Chi-Square	28	Logistic
5	Dagum	29	Log-Logistic
6	Erlang	30	Lognormal
7	Error	31	Log-Pearson 3
8	Error Function	32	Nakagami
9	Exponential	33	Normal
10	F Distribution	34	Pareto (First Kind)
11	Fatigue Life	35	Pareto (Second Kind)
12	Frechet	36	Pearson Type 5
13	Gamma	37	Pearson Type 6
14	Gen. Extreme Value	38	Pert
15	Gen. Gamma	39	Phased Bi-Exponential
16	Gen. Logistic	40	Phased Bi-Weibul
17	Gen. Pareto	41	Power Function
18	Gumbel Max	42	Rayleigh
19	Gumbel Min	43	Reciprocal
20	Hyporbolic Secant	44	Rice
21	Inverse Gaussian	45	Uniform
22	Johnson SB	46	Wakeby
23	Johnson SU	47	Wibull
24	Kumaraswamy		

2.4 Kolmogorov-Smirnov Test

Menurut Siregar (2010) *Kolmogorov-Smirnov test* digunakan untuk menguji “*goodness of fit*” antar distribusi sampel dan distribusi lainnya. Uji ini membandingkan serangkaian

data pada sampel terhadap distribusi normal serangkaian nilai dengan mean dan standar deviasi yang sama. Singkatnya uji ini dilakukan untuk mengetahui kenormalan distribusi beberapa data.

2.5 Uji distribusi data dengan *Software Easyfit Professional 5.6*

Arwindy (2014) menjelaskan *Software Easyfit Professional 5.6* merupakan suatu perangkat yang digunakan untuk membantu dalam pencocokan distribusi yang dibuat untuk memudahkan analisis probabilitas data dalam simulasi. Perangkat ini dapat dengan mudah memilih distribusi yang terbaik sesuai data yang diberikan. Dalam simulasi, perangkat ini berguna untuk menemukan bentuk distribusi probabilitas data empiris yang paling cocok untuk masing-masing variabel keadaan selanjutnya dibangkitkan bilangan acak sesuai dengan distribusi tersebut.

2.6 Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan

Medan jalan di klasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur. Keceragaman kondisi medan yang diproyeksikan harus mempertimbangkan keseragaman kondisi medan menurut rencana trase jalan dengan mengabaikan perubahan-perubahan pada bagian kecil dari segmen jalan tersebut (Ditjen Bina Marga, 1997)

Tabel 2.2 Klasifikasi menurut medan jalan

No.	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
1.	Datar	D	< 3
2.	Berbukit	B	3 – 25
3.	Pegunungan	G	> 25

3. HASIL, ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

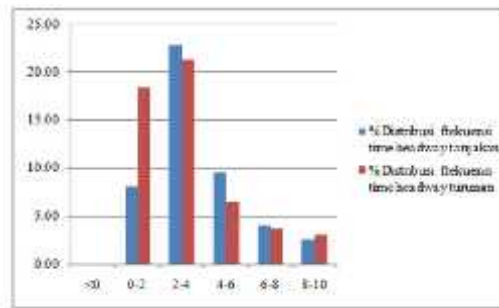
3.1 Pengumpulan Data Arus Lalu Lintas

Pengumpulan data penelitian ini dilakukan dengan menggunakan kamera *handycam* yang diletakkan disisi ruas jalan yang telah ditetapkan. Untuk mendapatkan nilai *time headway* dari masing-masing segmen (arah arus lalu lintas kendaraan), dilakukan pencatatan dengan menggunakan *stop data program*. Adapun lokasi pengambilan data penelitian yaitu wilayah jalan berbukit yang mempunyai kemiringan jalan 9,922 %, tepatnya di jalan lintas Padang Panjang – Bukittinggi kilometer 5. Pengumpulan data dilakukan pada arus kendaraan yang padat (*peak hour*) berdasarkan survey pendahuluan.

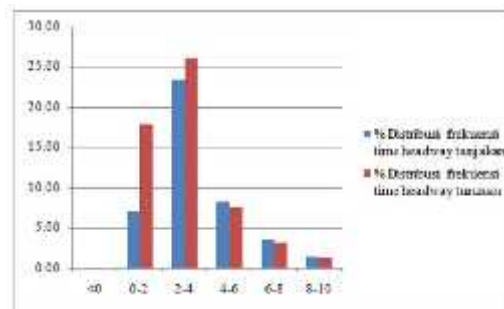
Tabel 3.1 Volume jam sibuk arus lalu lintas total selama dua hari pengamatan

Waktu	Volume Total (Kend/jam)	
	Sabtu	Minggu
Pagi	1435	2491
Siang	1939	1993
Sore	2333	2778

3.2 Distribusi Frekwensi Data *Time Headway*



Gambar 3.1 Distribusi frekuensi *time headway* (Sabtu)



Gambar 3.2 Distribusi frekuensi *time headway* (Minggu)

3.3 *Time Headway* Rata-rata dan Standar Deviasi

Tabel 3.2 *Time headway* rata-rata dan standar deviasi (Sabtu)

	Tanjakan	Turunan
<i>Time headway</i> rata-rata (dt)	3,74	3,17
Standar deviasi (dt)	2,08	2,24

Tabel 3.3 *Time headway* rata-rata dan standar deviasi (Minggu)

	Tanjakan	Turunan
<i>Time headway</i> rata-rata (dt)	3,59	3,00
Standar deviasi (dt)	1,89	1,89

3.4 Model Distribusi

Tabel 3.4 Hasil uji model distribusi *time headway* menggunakan *Software Easyfit Professional 5.6* (Sabtu)

Jalur	Model	Parameter	Dmax	P
Tanjakan	Burr	$k=4,860 \quad \alpha=2,135$ $\beta=8,219 \quad \gamma=0$ $f(x) = \frac{2,135 \cdot 4,860 \left(\frac{x}{8,219}\right)^{2,135-1}}{8,219 \left(1 + \left(\frac{x}{8,219}\right)^{2,135}\right)^{4,860+1}}$	0,243	0,799
Turunan	Nakagami	$m=0,533 \quad \Omega=15,087$ $f(x) = \frac{2 \cdot 0,533^{0,533}}{\Gamma(0,533) 15,087^{0,533}} x^{(0,533-1)} \exp\left(-\frac{0,533}{15,087} x^{0,533}\right)$	0,202	0,929

Berdasarkan **Tabel 3.4** hasil uji model distribusi *time headway* untuk kondisi lalu lintas Hari Sabtu pada jalur tanjakan didapatkan model hasil uji yang terbaik adalah model Burr dengan nilai $k=4,860$, $\alpha=2,135$, $\beta=8,219$ m, $\gamma=0$, pada jalur turunan didapatkan model hasil uji yang terbaik adalah model Nakagami dengan nilai $m=0,533$, $\Omega=15,087$.

Tabel 3.5 Hasil uji model distribusi *time headway* menggunakan *Software Easyfit Professional 5.6* (Minggu)

Jalur	Model	Parameter	Dmax	P
Tanjakan	Dagum	$k=0,525 \quad \alpha=4,232$ $\beta=4,150 \quad \gamma=0$ $f(x) = \frac{4,232 \cdot 0,525 \left(\frac{x}{4,150}\right)^{4,232-1}}{4,150 \left(1 + \left(\frac{x}{4,150}\right)^{4,232}\right)^{0,525+1}}$	0,271	0,680
Turunan	Beta	$a_1=1,999 \quad a_2=7,041$ $\alpha=2,907 \times 10^{-17} \quad b=13,57$ $f(x) = \frac{1}{B(1,999, 7,041)} \frac{(x - (3,907 \times 10^{-17}))^{1,999-1} (13,57 - x)^{7,041-1}}{(13,57 - (2,907 \times 10^{-17}))^{2,999-7,041-1}}$ Dimana : B fungsi Beta	0,240	0,809

Berdasarkan **Tabel 3.5** hasil uji model distribusi *time headway* untuk kondisi lalu lintas Hari Minggu pada jalur tanjakan didapatkan model hasil uji yang terbaik adalah model Dagum dengan nilai $k=0,525$, $\alpha=4,232$, $\beta=4,150$, $\gamma=0$, untuk jalur turunan didapatkan model hasil uji yang terbaik adalah model Beta dengan nilai $\alpha_1=1,999$, $\alpha_2=7,041$, $a=2,907$, $b=13,57$.

4. KESIMPULAN

Hasil uji model distribusi *time headway* Hari Sabtu pada jalur tanjakan didapatkan model hasil uji yang terbaik adalah model Burr dengan nilai $k=4,860$, $\alpha=2,135$, $\beta=8,219$ m, $\gamma=0$, pada jalur turunan didapatkan model hasil uji yang terbaik adalah model Nakagami dengan nilai $m=0,533$, $\Omega=15,087$.

Hasil uji model distribusi *time headway* Hari Minggu pada jalur tanjakan didapatkan model hasil uji yang terbaik adalah model Dagum dengan nilai $k = 0,525$, $\alpha = 4,232$, $\beta = 4,150$, $\gamma = 0$, untuk jalur turunan didapatkan model hasil uji yang terbaik adalah model Beta dengan nilai $\alpha_1 = 1,999$, $\alpha_2 = 7,041$, $a = 2,907$, $b = 13,57$.

DAFTAR PUSTAKA

- Arwindy, F., Buulolo F., dan Rosmaini E. 2014. *Analisis dan Simulasi Sistem Antrian pada Bank ABC*. Saintia Matematika, Vol 2, No.2, pp. 147-162.
- Ditjen Bina Marga. 1997, *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota*. Departemen Pekerjaan Umum.
- May, A.D. 1990. *Fundamentals of Traffic Flow*. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, USA.
- Salter, R.J. 1974, *Highway Traffic Analysis and Design*, The Macmillan Press LTD, London.
- Siregar, S. 2010. *Statika Deskriptif untuk Penelitian*. Jakarta : Rajawali Pers.
- Sukowati, D.G. 2004, Karakteristik Time Headway Kendaraan di Jalan Tol dan Jalan Non Tol. Thesis Program Magister Teknik Sipil. Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro. (unpublished)