

Prosiding

1st Andalas Civil Engineering National Conference 2014

Peningkatan Kualitas Infrastruktur untuk Pencegahan Bencana

Editor:

Taufika Ophiyandri	(Ketua)
Yosritzal	(Anggota)
Benny Hidayat	(Anggota)
Masrilayanti	(Anggota)
Sabril Haris	(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, mereka, atau teknik perekaman lainnya, tanpa izin tertulis dari penulis.

Diterbitkan oleh:
Fakultas Teknik Universitas Andalas
Kampus Unand Limau Manis
Padang, Indonesia 25163

ISBN: 978-602-9081-13-8

PANITIA KONFERENSI

1st Andalas Civil Engineering National Conference 2014:
Peningkatan Kualitas Infrastruktur untuk Pencegahan Bencana

Ketua : Yosritzal, Ph.D.
Sekretaris/bendahara : Masrilayanti, Ph.D.
Anggota : Benny Hidayat, Ph.D.
Sabril Haris, Ph.D.
Taufika Ophiyandri, Ph.D.
Cut Dona Kordelia, MT.
M. Ikhsan Wahyudi, S.Kom.
Hafiz Maulana, MT.
Helga Yermadona, MT.
Uci Mardiani, MT.
Ari Septa Yuda
Pengurus HMTS Unand

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil 'alamin, washolatu wassalamu 'ala Rasulillah.

Prosiding ini berisi kumpulan makalah-makalah yang diterima oleh Panitia *the 1st Andalas Civil Engineering National Conference 2014* atau disingkat *1st ACE National Conference 2014* yang diselenggarakan oleh Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas pada tanggal 27 November 2014. Sesuai dengan panduan yang dibuat oleh Panitia, pengumpulan makalah lengkap dilakukan setelah konferensi berlangsung sehingga makalah yang masuk kedalam prosiding adalah makalah yang sudah mengalami revisi sesuai saran dan tanggapan peserta konferensi.

Total makalah yang dipresentasikan dalam konferensi mencapai 54 judul termasuk makalah dari Pembicara Kunci, namun sampai batas akhir pengumpulan makalah oleh Panitia, makalah lengkap yang diterima untuk masuk kedalam prosiding ini hanya sebanyak 22 makalah. Setelah melalui proses editing, pencetakan dan pengiriman oleh tim kami, akhirnya prosiding ini sampai di tangan Anda.

Pada kesempatan ini, ijinakan kami menyampaikan penghargaan dan rasa terimakasih kami kepada:

1. Pimpinan Universitas Andalas khususnya WR1, Dekan Fakultas Teknik dan Ketua Jurusan Teknik Sipil atas dukungan moril dan sponsorshipnya.
2. Pembicara Kunci: Bpk Ir. Dodi Ruswandi, MSCE. dan Bpk Dr.-Eng Febrin Anas Ismail atas kehadiran dan penyampaian materi kuncinya.
3. PT. Reka Cipta selaku sponsor pendamping.
4. Para pemakalah, tamu undangan dan hadirin yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

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

Billahittaufiq wal hidayah,

Wassalaamu'alaikum warohmatullahi wabarokatuhu.

Padang, 23 Maret 2015

TTD

Yosritzal, PhD

Ketua Panitia 1st ACE-National Conference 2014

DAFTAR ISI

Perencanaan Perkerasan Kaku dengan Penambahan Gambangan <i>Muhammad Idham, Marhadi Sastra</i>	1
Menentukan Koefisien Manning Karpas Talang dan Melihat Pengaruh Geometri Penampang Melintang Saluran Terhadap Koefisien Manning Karpas Talang <i>Mas Mera, Rahmi Hardianti</i>	8
Kajian Penilaian Penumpang Terhadap Kinerja Pelayanan Trans Padang (Studi Kasus Trans Padang Koridor I) <i>Afrilda Sari, Purnawan, Titi Kurniati</i>	14
Model Kerjasama Antar Instansi untuk Perencanaan Pembangunan Infrastruktur Daerah <i>Ipak Neneng Mardiah Bukit, Lely Masthura</i>	34
Pemeriksaan Mortar Mutu Tinggi Dengan Penambahan Belerang dan Sikament-LN <i>Ellyza Chairina, Subur Panjaitan, Oktana Loviatu Mul Never</i>	47
Penggunaan Limbah Cangkang Kelapa Sawit (CKS) Sebagai Agregat Kasar pada Campuran Aspal HRS-WC <i>Elsa Eka Putri, Arief Adrian, M. Hariadi</i>	52
Peramalan Curah Hujan dan Debit Puncak Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan <i>Algoritma Backpropagation</i> dalam Rangka Mendukung Program Mitigasi Bencana Banjir (Studi Kasus : DAS Air Bengkulu, Kota Bengkulu-Indonesia) <i>Gusta Gunawan</i>	65
Perilaku Evakuasi Masyarakat di Zona Rawan Tsunami (Studi kasus Kota Padang) <i>Yollan Randova, Purnawan</i>	73
Pengembangan Model Manajemen Penyediaan Air Minum Berbasis Masyarakat Nagari <i>Helny Lalan, Akhmad Suraji, Taufika Ophiyandri</i>	85
Studi Perbandingan Anggaran Biaya Pekerjaan Pemeliharaan Rutin Jalan dengan Tiga Variasi Pemilihan Variabel (Studi Kasus : Pada Satker PJN II Propinsi Sumatera Barat) <i>Purnawan, Hendra Gunawan, Siska Martha Sari</i>	101
Evaluasi Kapasitas Seismik Struktur Bangunan Bertingkat Beton Bertulang Eksisting <i>Nining Mustika Liza, Maidiawati, Jafril Tanjung</i>	127
Studi Parametrik Pergerakan Garis Netral Pada Penampang Balok Beton Bertulang dengan Program RCCSA <i>Rendy Thamrin</i>	134
Studi Implementasi Metoda Importance-Satisfaction Analysis (ISA) pada Penentuan Prioritas Penanganan Pelayanan Kereta Api Padang-Pariaman <i>Yosritzal, Bayu Martanto Adji, Feri Nofrizal, Revi Andika</i>	143
Evaluasi Keandalan Sarana Penyelamatan Jiwa terhadap Bahaya Kebakaran pada Bangunan Gedung <i>Dafriansyah Putra, Benny Hidayat, Bambang Istijono</i>	153

Pengaruh Faktor Sosial Ekonomi dan Riwayat Kecelakaan terhadap Perilaku Pengemudi Sepeda Motor Indonesia <i>Leksmono Suryo Putranto, Rostiana</i>	167
Studi Korelasi antara Lendutan Falling Weight Deflectometer dengan Benkelmen Beam <i>Andi Mulya Rusli, Angelalia Roza, Purnawan, Elsa Eka Putri</i>	174
<i>State of The Art</i> Model Penilaian Risiko Bencana Gempa Bumi untuk Ruas Jalan di Indonesia <i>Mona Foralisa Toyfur</i>	186
Pemodelan dan Prediksi Tingkat Kebisingan Akibat Lalu Lintas di SD Negeri 10 Aur Duri Kota Padang <i>Helga Yermadona</i>	195
Praktek Konstruksi Developer di Kota Padang dalam Mewujudkan Rumah Sederhana (<i>Non-Engineered House</i>) Tahan Gempa <i>Yervi Hesna</i>	203
<i>Building Assesment</i> Kelayakan Struktur Gedung Kantor Cabang BRI Jalan Khatib Sulaiman no. 50 Padang <i>Zaidir, Fauzan, Abdul Hakam, Febrin A Ismail</i>	211
Hambatan Pembangunan Infrastruktur Akibat Pembebasan Lahan: Kasus Pekerjaan Pengendalian Banjir Kawasan Air Pacah Kota Padang <i>Bambang Istijono</i>	221

Perencanaan Perkerasan Kaku dengan Penambahan Gambangan

Muhammad Idham

Staf pengajar, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bengkalis; idham@polbeng.ac.id

Marhadi Sastra

Staf pengajar, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bengkalis; marhadi@polbeng.ac.id

Abstrak

Pada umumnya, konstruksi perkerasan jalan menggunakan lapis pondasi bawah dari material agregat atau tanah dengan berbagai tipe yang mempunyai daya dukung yang lebih baik dari tanah dasar, akan tetapi pada perencanaan ini lapis pondasi bawah yang digunakan adalah struktur gambangan dan timbunan base sehingga perlu dilakukan perencanaan perkerasan sesuai dengan kondisi yang sudah ada di lapangan. Perencanaan ini bertujuan untuk mendapatkan tebal perkerasan kaku beserta penulangannya, sesuai dengan kondisi yang sudah ada di lapangan. Dengan menggunakan metode Bina Marga 2003 dan LHR terakhir yang diambil adalah tahun 2014 bersama dengan nilai daya dukung tanah maka didapat tebal perkerasan setebal 13,5 cm dengan mutu beton K-350 dan menggunakan tulangan ikat 8 mm, dowel 20 mm, dan *tie bar* 16 mm, sehingga gambangan dapat mengurangi tebal perkerasan dengan meningkatkan nilai CBR, tetapi hanya bersifat sementara dan perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap masa layanan dari struktur perkerasan kaku dengan gambangan.

Kata Kunci : *struktur perkerasan jalan, gambangan, perkerasan kaku*

1. Latar Belakang

Jalan merupakan prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas yang berada pada permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/ atau air, serta di atas permukaan air (Undang-undang No. 38 Tahun 2008).

Perencanaan jalan beton pada saat ini menjadi sangat primadona dalam penyelesaian kasus kerusakan jalan secara dini. Hal ini dikarenakan peningkatan kebutuhan transportasi secara cepat sehingga berdampak pada pertumbuhan infrastruktur jalan dan jembatan (Idham, 2008).

Pada umumnya proyek pembangunan jalan dengan tipe pembetonan yang paling penting untuk diperhatikan adalah kekuatan dari beton untuk menahan beban, sehingga pada lapis pondasinya hanya berpengaruh kecil terhadap kapasitas struktural perkerasan. Khusus di wilayah Bengkalis Riau, ada beberapa daerah melakukan pembangunan perkerasan kaku dipadukan dengan bantuan gambangan sebagai lapis pondasi bawah sebelum adanya base dan pembetonan. Fenomena ini cukup menarik untuk dibahas lebih lanjut, mengingat adanya rekayasa dalam perencanaan tebal perkerasan kaku (beton) ini diluar perencanaan normal, sehingga perlu dilakukan *redesign* terhadap ketebalan perkerasan dengan kondisi normal terhadap kondisi yang ditambah dengan gambangan.

2. Signifikasi Studi

Pada dasarnya perencanaan konstruksi jalan didasarkan atas perkiraan beban lalu lintas yang melewatinya, yaitu beban per roda kendaraan dan jumlah roda kendaraan. Beban kumulatif lalu lintas tersebut menjadi masukan untuk memperhitungkan kekuatan pada tiap lapis konstruksi jalan, sehingga secara teoritis masa layanan jalan dapat diperhitungkan. Menurut metode pangkat empat (*four factor method*), penambahan beban per roda kendaraan mengakibatkan tingkat kerusakan sebesar pangkat empat rasio antara beban nyata yang bekerja dan beban standar. Artinya, penambahan beban tersebut akan sangat mempengaruhi umur layanan jalan yang jauh lebih pendek karena faktor pangkat empat tersebut serta kerusakan dini dengan segera dapat terjadi apabila beban lalu lintas melebihi standar rencana (Idham, 2012).

Perkerasan jalan raya adalah campuran antara agregat dan bahan ikat yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas (Tanriajeng, 2012). Agregat yang dipakai adalah batu pecah atau batu belah atau batu kali, sedangkan bahan ikat yang dipakai adalah aspal, semen, ataupun tanah liat.

2.1. Metode Survei Lalulintas

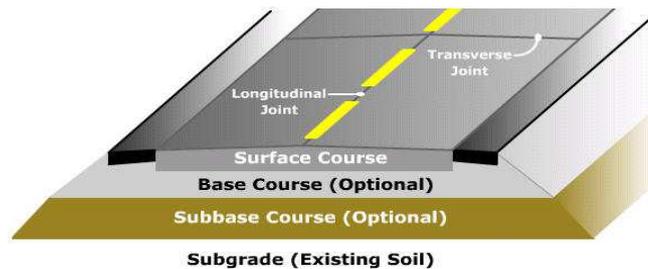
Metoda survey lalu-lintas untuk perancangan perkerasan jalan dilakukan dengan cara *Road Traffic Counting*, RTC, dimana kendaraan didata secara manual dan diperkirakan muatannya (kira-kira) kosong atau isi maksimum. Dengan bantuan Manual Bina Marga (Departemen Pekerjaan Umum 1983) dapat dicari jumlah total EAL, *Equivalent Axle Load*, bagi perkerasan jalan selama umur rencana ($=W_{t18}$).

Secara numerik rumusan lalu-lintas kumulatif ini sebagai berikut :

$$W_t = W_{18} \times (1 + g)^n \dots\dots\dots(1)$$

2.2. Perkerasan Jalan Beton

Perkerasan jalan beton semen portland atau lebih sering disebut perkerasan kaku atau juga disebut *rigid pavement*, terdiri dari pelat beton semen portland dan lapisan pondasi (bisa juga tidak ada) diatas tanah dasar. Perkerasan beton yang kaku dan memiliki *modulus elastisitas* yang tinggi, akan mendistribusikan beban terhadap bidang area tanah yang cukup luas, sehingga bagian terbesar dari kapasitas struktur perkerasan diperoleh dari slab beton sendiri (Departemen Pekerjaan Umum, 2010).



Gambar 1. Struktur Perkerasan Beton

2.3. Material Konstruksi Perkerasan Kaku

Material perkerasan yang digunakan dengan parameter yang terkait dalam perencanaan tebal perkerasan adalah pelat beton dengan ketentuan sebagai berikut.

- a. *Flexural strength* (S_c') = 45 kg/cm²
- b. Kuat tekan (*benda uji silinder 15 x 30 cm*) : f_c' = 350 kg/cm²

S_c' digunakan untuk penentuan paramater *flexural strength*, dan f_c' digunakan untuk penentuan parameter modulus elastisitas beton (E_c).

2.4. Daya Dukung Tanah

California Bearing Ratio (CBR), dalam perencanaan perkerasan kaku digunakan untuk penentuan nilai parameter modulus reaksi tanah dasar (*modulus of subgrade reaction* : k)

2.5. Realibility

Menurut Departemen Pekerjaan Umum (2010) Penetapan angka Reliability dari 50 % sampai 99,99 %, menurut AASHTO (1993) merupakan tingkat kehandalan desain untuk mengatasi, mengakomodasi kemungkinan melesetnya besaran-besaran desain yang dipakai. Semakin tinggi reliability yang dipakai semakin tinggi tingkat mengatasi kemungkinan terjadinya selisih (deviasi) desain.

2.6. Modulus Reaks Tanah Dasar

Berdasarkan CBR, *Modulus of subgrade reaction* (k) menggunakan gabungan formula dan grafik penentuan modulus reaksi tanah dasar berdasar ketentuan CBR tanah dasar.

$$M_R = 1.500 \times \text{CBR} \dots \dots \dots (2)$$

$$k = \frac{M_R}{19,4} \dots \dots \dots (3)$$

2.7. Modulus Elastisitas Beton

$$E_c = 57.000 \sqrt{f_c'} \dots \dots \dots (4)$$

Kuat tekan beton f_c' ditetapkan sesuai pada Spesifikasi pekerjaan (jika ada dalam spesifikasi). Di Indonesia saat ini umumnya digunakan : $f_c' = 350 \text{ kg/cm}^2$

2.8. Flexural Strength

Flexural strength saat ini umumnya digunakan : $S_c' = 45 \text{ kg/cm}^2 = 640 \text{ psi}$.

2.9. Tebal Pelat (D)

Menurut Laila dan Idham (2011) Tebal pelat taksiran dipilih dan total *fatigue* serta kerusakan erosi dihitung berdasarkan komposisi lalu lintas selama umur rencana. Jika kerusakan *fatigue* atau erosi lebih dari 100%, maka dilakukan perubahan tebal taksiran sampai mendapatkan hasil tebal rencana. Tebal rencana adalah tebal taksiran yang paling kecil dan mempunyai total *fatigue* atau erosi lebih kecil atau sama dengan 100%.

3. Metode Penelitian

Untuk menghasilkan perencanaan tebal perkerasan kaku yang maka perlu perlu dilakukan analisis perhitungan sesuai dengan metode perencanaan seperti Gambar 2.

4. Hasil Perencanaan

4.1. Hasil Parameter Perencanaan

Tabel 4.1 Data Parameter Perencanaan Perkerasan Kaku

No.	Uraian	Data yang dipakai
1.	Tipe perkerasan	2 Lajur 2 arah tak terbagi (2/2 UD)
2.	Umur rencana	20 Tahun
3.	Lebar perkerasan	7 Meter
4.	CBR tanah dasar	1,0 % (Uji DCP)
5.	Lapis pondasi bawah	Gambangan + Base dengan CBR 10,07% (Uji DCP)
6.	Koefisien distribusi (C)	0,5 (Tabel 2.4)
7.	Pertumbuhan lalu lintas	7,58 % (PDRB Bengkulu)
8.	Kuat tekan beton umur 28 hari	350 kg/cm ² ($f_c' = 29,05 \text{ MPa}$)
9.	Kuat tarik lentur beton (f_{ct})	4,04 MPa
10.	Fungsi/ kelas jalan	Lokal/ III C

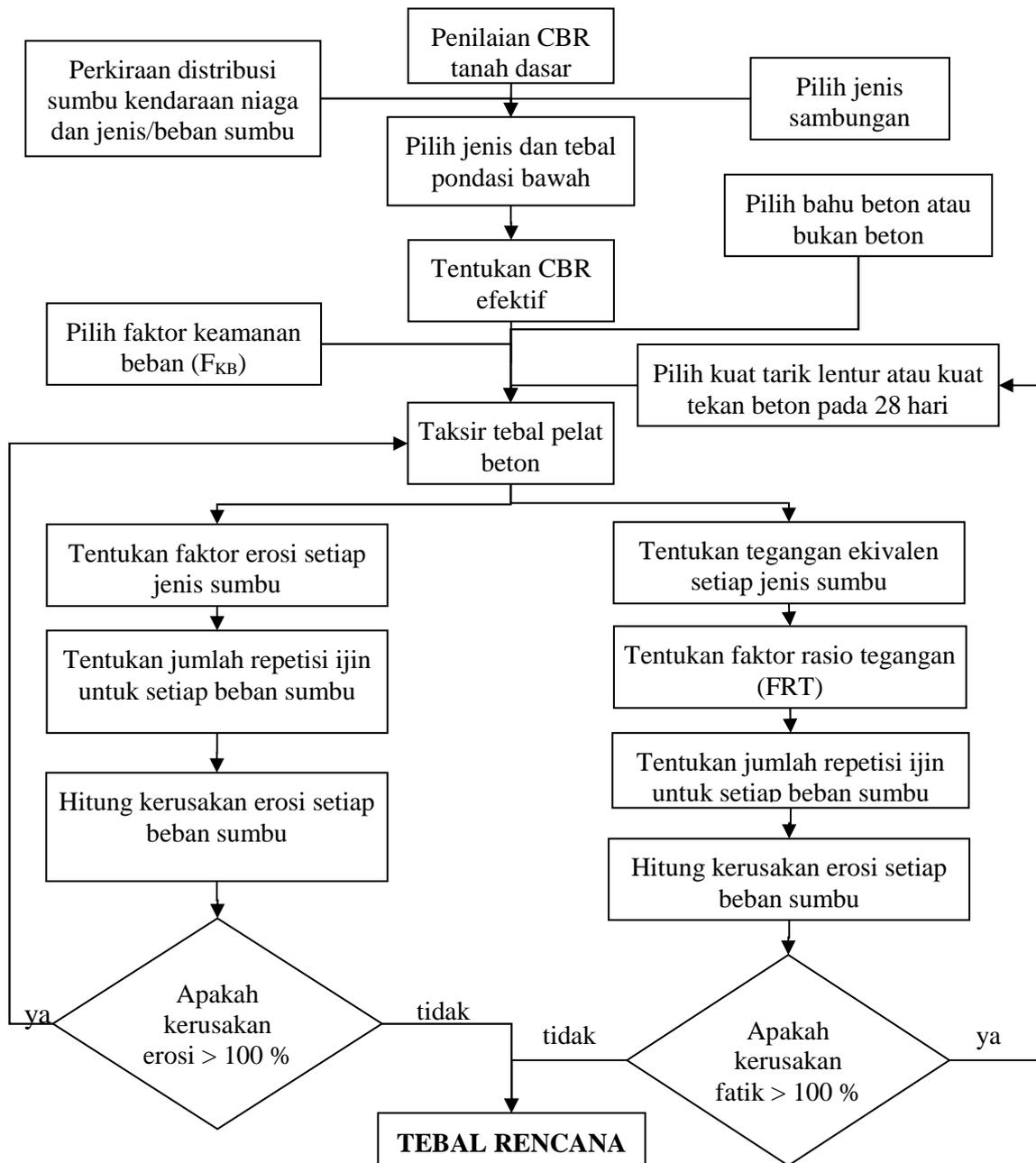
Sumber : Data Perencanaan, 2014

4.2. Analisis Lalu lintas

Tabel 4.2. Perhitungan jumlah sumbu berdasarkan jenis dan bebannya

Jenis Kendaraan	Konfigurasi Beban Sumbu (ton)		Jumlah Kend.	Jumlah Sumbu per Kend.	Jumlah Sumbu Total	STRT		STRG	
	RD	RB				BS	JS	BS	JS
(1)	(2)		(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Kend. 2 Ton	1	1	61	2	-	-	-	-	-
Kend. 8 Ton	3	5	182	2	364	3	182	5	182
Total					364		182		182

RD = Roda depan, RB = Roda belakang, BD = Beban sumbu, JS = Jumlah sumbu,
 STRT = Sumbu tunggal roda tunggal, STRG = Sumbu tunggal roda ganda
 Sumber : Hasil Olahan, 2014



Gambar 2. Perencanaan tebal perkerasan kaku

4.3. Perhitungan Repetisi Sumbu

Tabel 4.3. Perhitungan repetisi sumbu rencana

Jenis Sumbu	Beban Sumbu	Jumlah Sumbu	Proporsi Beban	Proporsi Sumbu	Lalu Lintas Rencana	Repetisi yang terjadi
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
STRT	3	182	1,0	0,5	$2,9 \times 10^6$	$1,45 \times 10^6$
Total		182	1,0			
STRG	5	182	1,0	0,5	$2,9 \times 10^6$	$1,45 \times 10^6$
Total		182	1,0			
Kumulatif						$2,9 \times 10^6$

Sumber : Hasil Olahan, 2014

4.4. Perhitungan Tebal Perkerasan Kaku

Tabel 4.4. Tegangan ekuivalen dan faktor erosi

Tebal Slab (mm)	CBR Efektif	Tegangan Ekuivalen		Faktor Erosi	
		STRT	STRG	STRT	STRG
135	10,07 %	1,92	2,97	2,73	3,34

Sumber : Hasil Olahan, 2014

4.5. Analisis Fatik dan Erosi

Tabel 4.5. Analisa Fatik dan Analisa Erosi

Jenis Sumbu	Beban Sumbu		Beban Rencana Per Roda (KN)	Repetisi yang terjadi	Faktor Tegangan dan Erosi	Analisa Fatik		Analisa Erosi	
	Ton	KN				Rep. Izin	Rusak	Rep. Izin	Rusak
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
STRT	3	30	15	$1,45 \times 10^6$	TE = 1,92 FRT = 0,474 FE = 2,73	TT	0	TT	0
STRG	5	50	12,5	$1,45 \times 10^6$	TE = 2,97 FRT = 0,735 FE = 3,34	2×10^6	72,55	$1,2 \times 10^6$	12,09
Total						72,55 < 100 %		12,09 < 100 %	

rangan: TE = Tegangan ekuivalen, FRT = Faktor Rasio Tegangan, FE = Faktor erosi,

TT = Tidak Terbatas

Sumber : Hasil Olahan, 2014

Dari Tabel 4.5 diperoleh hasil analisa fatik dengan nilai 72,55 % < 100 % dan analisa erosi 12,09 % < 100 %, berarti tebal pelat 135 mm dapat digunakan karena memenuhi syarat persen kerusakan analisa fatik dan erosi yaitu lebih kecil dari 100 %.

4.6. Perhitungan Tulangan

Direncanakan penulangan pelat beton untuk jenis perkerasan kaku bersambung dengan tulangan.

- Tebal pelat (h) = 13,5 cm
- Lebar pelat = 2 x 3,5 m
- Panjang pelat (L) = 5 m
- Koefisien gesek (μ) = 1,2
- Kuat tarik ijin baja (fs) = 240 MPa

$$\begin{aligned} \text{Berat isi beton (M)} &= 2400 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Gravitasi (g)} &= 9,81 \text{ m/dtk}^2 \end{aligned}$$

a. Sambungan Susut Melintang (Dowel)

Pada Pd T-14-2003, panjang dan jarak dowel telah ditentukan. Untuk panjang dowel digunakan 45 cm dan untuk jarak antar dowel digunakan 30 cm. Sedangkan untuk diameter dowel ditentukan oleh tabel berikut.

Tabel 4.6. Diameter Dowel

No.	Tebal Perkerasan, h (mm)	Diameter (mm)
1.	$125 < h \leq 140$	20
2.	$140 < h \leq 160$	24
3.	$160 < h \leq 190$	28
4.	$190 < h \leq 220$	33
5.	$220 < h \leq 250$	36

Sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003

Jadi, pada tebal perkerasan 13,5 cm, sambungan susut melintang (dowel) yang digunakan adalah tulangan baja polos dengan diameter 20 mm, panjang 45 cm, dan dengan jarak 30 cm.

b. Sambungan Memanjang dengan Batang Pengikat (*Tie Bars*)

Menurut Pd T-14-2003, sambungan memanjang harus dilengkapi dengan batang ulir dengan mutu minimum BJTU-24 dan berdiameter 16 mm. Jarak antar *tie bars* ditentukan dengan jarak 75 cm, sedangkan untuk panjang tulangan ditentukan dengan menggunakan rumus berikut.

$$\begin{aligned} I &= (38,3 \times \emptyset) + 75 \\ I &= (38,3 \times 16) + 75 \\ I &= 687,8 \text{ mm} = 70 \text{ cm} \end{aligned}$$

Jadi, *tie bars* yang digunakan adalah tulangan baja ulir dengan diameter 16 mm, panjang 70 cm, dan jarak 75 cm.

c. Tulangan *wiremesh* arah memanjang

$$\begin{aligned} A_{s \text{ perlu}} &= \frac{\mu \times L \times M \times g \times h}{2 \times f_s} \\ A_{s \text{ perlu}} &= \frac{1,2 \times 5 \times 2400 \times 9,81 \times 0,135}{2 \times 240} \\ &= 39,73 \text{ mm}^2/\text{m}' \\ A_{s \text{ min}} &= 0,1\% \times 150 \times 1000 \\ &= 150 \text{ mm}^2/\text{m}' > A_{s \text{ perlu}} \end{aligned}$$

Digunakan tulangan $\emptyset 8 - 200$

$A_{s \text{ pakai}} = 251 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ min}}$, maka tulangan dengan diameter 8 mm dan jarak 200 mm bisa digunakan.

5. Kesimpulan

Dari perencanaan perkerasan kaku (*rigid pavement*) pada ruas Jalan Muntai dari STA 0+000 sampai 1+700 ini, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil perencanaan perkerasan kaku adalah sebagai berikut:
 - a. Mutu beton yang digunakan adalah K-350, dengan tipe perkerasan BBDT (beton semen bersambung dengan tulangan).
 - b. Tebal perkerasan adalah 13,5 cm.
 - c. Panjang dan lebar perkerasan per segmen berturut-turut adalah 5 meter dan 3,5 meter.
2. Penulangan yang direncanakan adalah sebagai berikut :
 - a. Dowel yang digunakan adalah tulangan baja polos dengan diameter 20 mm, panjang 45 cm, dan dengan jarak 30 cm.
 - b. Tie bars yang digunakan adalah tulangan baja ulir dengan diameter 16 mm, panjang 70 cm, dan jarak 75 cm.
 - c. Tulangan *wiremesh* yang digunakan adalah diameter 8 mm dengan jarak 200 mm.

DAFTAR PUSTAKA

American Association of State Highway Officials (AASHTO), 1993, Interim Guide for Design of Pavement Structures, American Assosiation of State Highway and Transportation Officials, Washington DC.

Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (2003) Pd T-14-2003, Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, Jakarta.

Idham, M (2012) Analisis Dampak serta Penanganan Beban Muatan Lebih Kendaraan Berat di Propinsi Riau (Sutau Tinjauan dari Segi Persepektif Ekonomi), Jurnal Inovtek, Vol. 2, No. 1, pp. 87-96.

Inspektorat Jenderal (2010) Perencanaan Teknis Jalan, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.

Laila, R., dan Idham, M (2011) Perbandingan Perkerasan Kaku dengan Metode Bina Marga 2003 dan AASHTO 1993, Skripsi, STT Dumai.

Siswandi (2014) Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Kaku, Tugas Akhir, Politeknik Negeri Bengkalis.

Tanriajeng, A (2012) Rekayasa Jalan Raya-2, Penerbit Gunadarma, Depok.

Menentukan Koefisien Manning Karpet Talang dan Melihat Pengaruh Geometri Penampang Melintang Saluran Terhadap Koefisien Manning Karpet Talang

Mas Mera

Staf Pengajar, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas; masmera@ft.unand.ac.id

Rahmi Hardianti

Staf Pengajar, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas; hardiantirahmi@gmail.com

Abstrak

Nilai koefisien Manning sangat diperlukan dalam perencanaan saluran. Banyak faktor yang memengaruhinya tetapi penelitian tentang pengaruh bentuk geometri masih sedang dilakukan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui koefisien Manning karpet talang pada rumus aliran seragam Manning, dan untuk melihat pengaruh geometri penampang melintang saluran terhadap koefisien Manning karpet talang. Untuk itu, dilakukan percobaan laboratorium untuk tiga macam saluran prismatik dengan permukaan yang dilapisi karpet talang. Saluran pertama mempunyai geometri segi-empat lebar 12 cm, saluran kedua bergeometri setengah-lingkaran diameter 85 mm, dan saluran ketiga bergeometri setengah-lingkaran diameter 135 mm. Kemiringan saluran dibuat bervariasi dari 0,0025 m/m sampai 0,025 m/m dengan tahapan 0,0025 m/m. Kedalaman aliran rata-rata ditentukan dengan mengukur lima posisi di setiap kemiringan saluran. Debit aliran ditentukan dengan cara menampung volume aliran pada bagian hilir saluran menggunakan ember yang sudah diketahui volumenya, dan dicatat selang waktunya hingga ember penuh. Ini dilakukan lima kali untuk setiap variasi kemiringan sehingga diperoleh debit rata-rata untuk setiap kemiringan. Selanjutnya, rumus Manning digunakan untuk menentukan koefisien Manning. Percobaan ini menghasilkan koefisien: 0,0075 sampai 0,0161 (segi-empat); 0,0047 sampai 0,0081 (setengah-lingkaran 85 mm); dan 0,0053 sampai 0,0095 (setengah-lingkaran 135 mm). Ini menunjukkan bahwa penampang dengan permukaan dan geometri yang sama walau berbeda ukuran menghasilkan nilai koefisien Manning yang 'nyaris' sama, namun untuk geometri yang berbeda walau permukaan sama menunjukkan bahwa penampang segi-empat menghasilkan nilai koefisien Manning yang paling besar.

Kata kunci: karpet talang, aliran seragam, koefisien Manning, kemiringan saluran, geometri penampang.

1. Pendahuluan

Nilai koefisien n Manning dalam rumus semi-empiris aliran seragam oleh Manning (1889) merupakan gabungan beberapa variabel dan parameter. Jadi, koefisien ini tidak bergantung pada kekasaran permukaan saluran saja. Hal ini dikonfirmasi oleh Chow (1973) yang menyatakan bahwa faktor-faktor yang mempunyai pengaruh signifikan terhadap koefisien Manning baik untuk saluran buatan maupun saluran alam adalah: kekasaran permukaan dasar dan dinding saluran; tumbuh-tumbuhan yang tumbuh pada tubuh saluran; ketak-prismatisasi saluran; trase saluran; pengendapan dan penggerusan pada saluran; gangguan seperti pilar jembatan yang berdiri di tubuh saluran; kedalaman aliran dan debit. Oleh karena itu, koefisien Manning ini disebut juga sebagai koefisien-tahanan Manning (Dingman, 2009). Walaupun demikian, Chow (1973) menekankan bahwa belum ada bukti pasti bahwa ukuran dan bentuk penampang melintang saluran mempunyai pengaruh signifikan terhadap koefisien Manning. Dingman (2009) menyatakan bahwa persamaan Manning tidak diturunkan berdasarkan prinsip-prinsip Mekanika Fluida dan juga tidak dibuat berdasarkan analisis statistik yang teliti. May (2000) menyatakan bahwa persamaan Manning menggunakan koefisien yang diperoleh secara empiris.

Mera & Putra (2014) berhasil membuktikan bahwa bentuk penampang melintang saluran pada saluran prismatik mempunyai pengaruh yang signifikan pada saluran berbahan PVC (*PolyVinil*

Chloride). Geometri penampang yang mereka uji itu ada tiga buah yaitu segi-empat dengan lebar 12 cm, setengah-lingkaran berdiameter 135 mm, dan setengah-lingkaran berdiameter 171 mm. Pengujian dilakukan di laboratorium untuk mendapatkan debit dan variabel hidrolis aliran seperti yang dilakukan oleh Djajadi (2009) dan Mera & Robi (2013).

Djajadi (2009) menitik-beratkan pada penelitian saluran beton dengan permukaan komposit dimana kekasaran permukaan dasar dan dinding saluran dibuat berbeda, tetapi bentuk penampangnya tetap dan kemiringan memanjang searah aliran juga tetap. Geometri penampangnya adalah trapesium dengan lebar alas 0,05 m, panjang 4 m, dan kemiringan dinding 45°, dengan kemiringan memanjang saluran 0,005 m/m. Untuk mendapatkan koefisien n Manning komposit, maka koefisien homogen harus ditentukan dulu. Permukaan itu ada empat macam, yaitu permukaan yang dipleser saja, permukaan plester yang ditempeli agregat halus, permukaan plester yang ditempeli agregat menengah, dan permukaan plester yang ditempeli agregat kasar. Penempelan agregat pada permukaan plester dilakukan secara manual dengan tangan. Setelah variabel hidrolis diperoleh dan menyelesaikan persamaan Manning, maka diperoleh koefisien n Manning: 0,013 untuk permukaan saluran yang dipleser saja; 0,019 untuk plester ditempeli agregat halus; 0,021 untuk plester ditempeli agregat menengah; dan 0,028 untuk plester ditempeli agregat kasar.

Tidak seperti Djajadi yang membuat kemiringan saluran tetap, Mera & Putra (2014) membuat kemiringan saluran bervariasi dari 0,0025 m/m sampai 0,025 m/m dengan tahapan 0,0025 m/m seperti yang dilakukan Mera & Robi (2013). Saluran uji ada tiga buah yaitu: geometri segi-empat dengan lebar alas 12 cm; geometri setengah-lingkaran berdiameter 135 mm; dan geometri setengah-lingkaran tapi berdiameter 171 mm. Semua permukaan saluran adalah homogen yang terbuat dari *Polyvinyl Chloride* (PVC). Setelah debit dan variabel hidrolis aliran diperoleh, maka koefisien Manning pun ditentukan dengan menyelesaikan persamaan aliran seragam Manning. Hasil penelitian Mera & Putra (2014) menunjukkan bahwa koefisien n Manning untuk geometri segi-empat lebih besar dibandingkan dengan geometri setengah lingkaran. Sementara itu, untuk dua saluran yang lainnya, yaitu saluran dengan penampang yang bergeometri setengah lingkaran, nilai koefisien Manningingnya 'nyaris' sama walaupun keduanya berbeda ukuran (diameter 135 mm dan 171 mm). Hal ini menjadi menarik apakah kesimpulan Mera & Putra (2014) ini berlaku untuk jenis saluran yang lain? Berdasarkan alasan-alasan ini, kami mencoba mengaplikasikan apa yang dilakukan Mera & Putra (2014) untuk jenis saluran yang lain. Untuk itu, tujuan penelitian yang sekarang adalah menentukan koefisien Manning untuk saluran yang dilapisi karpet talang (*gutter carpet*), dan melihat pengaruh perbedaan geometri dan ukuran penampang melintang saluran terhadap koefisien Manning. Sejauh ini kami belum menemukan dalam literatur nilai koefisien n Manning untuk karpet talang.

2. Metodologi

Peneliti terdahulu lebih menitik-beratkan pada penentuan nilai koefisien Manning baik untuk permukaan komposit (Djajadi, 2009) maupun permukaan homogen (Mera & Robi, 2013). Sementara pada penelitian sekarang, kami menekankan pada pengaruh bentuk geometri penampang melintang saluran terhadap koefisien Manning pada saluran prisma yang mempunyai permukaan karpet talang. Untuk itu, nilai koefisien Manning karpet talang harus ditentukan terlebih dahulu. Bentuk geometri yang diuji di sini ada dua, yaitu saluran prisma berpenampang segi-empat dengan lebar 12 cm, dan saluran prisma berpenampang setengah-lingkaran yang terdiri dari dua ukuran, yaitu diameter 85 mm dan 135 mm. Cara penentuan koefisien Manning ini sama seperti apa yang dilakukan oleh Djajadi (2009), Mera & Robi (2013), dan Mera & Putra (2014).

Seperangkat model fisis di laboratorium yang disangga oleh rangka besi dibuat seperti pada Gambar 1. Pada hulu saluran dipasang bak penenang dan di hilirnya dipasang bak penampung. Model ini dilengkapi seperangkat alat yang dapat mengatur kemiringan memanjang dasar saluran. Air mengalir dari bak penenang melalui saluran uji. Dari saluran uji, air jatuh bebas ke bak penampung. Dari bak penampung, air dipompakan kembali ke bak penenang sehingga terjadi sirkulasi air.

Pada saat sirkulasi air berlangsung, tahapan selanjutnya adalah mengukur kedalaman aliran y_j di lima titik yang berbeda tetapi masih di tengah-tengah aliran untuk mendapatkan aliran rata-rata secara aritmetik

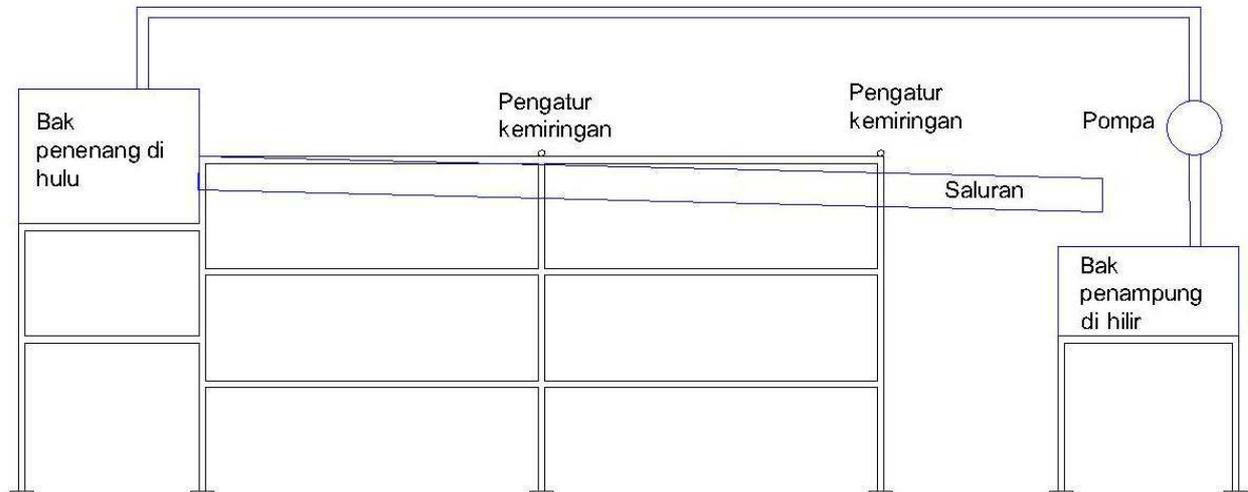
$$y = \frac{1}{5} \sum_{j=1}^5 y_j \quad (1)$$

dimana:

y : kedalaman aliran rata-rata (m)

y_j : kedalaman aliran pada posisi j (m)

Jika nilai kedalaman diperoleh, maka luas basah A dan keliling basah P dapat diketahui.



Gambar 1. Model fisis di laboratorium

Seperti pada penelitian Mera & Robi (2013) dan Mera & Putra (2014), penentuan debit aliran Q_i memerlukan nilai volume aliran V_i dalam selang waktu Δt_i . Volume aliran diperoleh dengan cara menampung air yang keluar dari hilir saluran uji dalam selang waktu tertentu, sehingga

$$Q_i = \frac{V_i}{\Delta t_i} \quad (2)$$

dimana:

Q_i : debit aliran yang ke- i (m^3/s)

V_i : volume tampungan air pada ember ke- i (m^3)

Δt_i : selang waktu menampung air ke- i (s)

Untuk mendapatkan debit aliran rata-rata, pada percobaan ini pengukuran debit ini dilakukan lima kali untuk setiap kemiringan S . Debit aliran rata-rata Q adalah rata-rata aritmetik dari ke lima debitnya untuk setiap kemiringannya

$$Q = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 Q_i \quad (3)$$

dimana:

Q : debit aliran rata-rata untuk setiap kemiringan (m^3/s)

Q_i : debit aliran yang ke- i (m^3/s)

Rumus aliran seragam Manning adalah

$$v = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

dimana:

v : kecepatan rata-rata (m/s)

n : koefisien kekasaran Manning

R : jari-jari hidrolis (m), yang merupakan fungsi dari kedalaman aliran y

S : kemiringan dasar saluran (m/m)

Kecepatan rata-rata v dapat diperoleh dari debit aliran rata-rata Q dibagi dengan luas basah penampang saluran A . Untuk memudahkan, maka rumus Manning dapat ditulis seperti

$$n = \frac{1}{Q} AR^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

dimana:

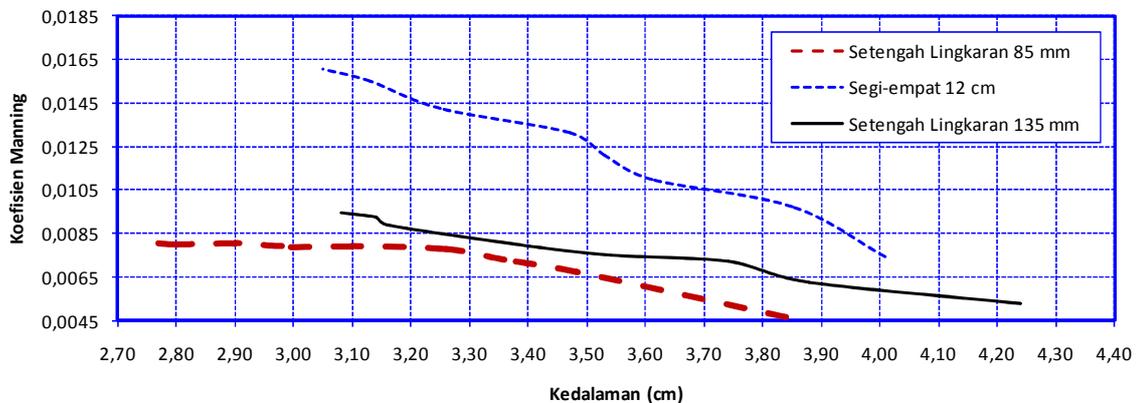
A : luas basah penampang saluran (m^2), yaitu luas penampang melintang aliran yang merupakan fungsi dari kedalaman aliran y

Nilai n Manning ini adalah nilai n untuk satu kemiringan S . Perubahan kemiringan dimulai dari 0,0025 m/m sampai 0,025 m/m dengan tahapan 0,0025 m/m. Setelah pengukuran pada kemiringan 0,0025 m/m selesai, maka dilanjutkan dengan kemiringan 0,0050 m/m. Jika selesai, kemiringannya ditambah 0,0025 m/m lagi sehingga nantinya sampai pada kemiringan 0,025 m/m.

Percobaan ini dilakukan secara bergantian, masing-masing untuk saluran segi-empat dengan lebar 12 cm, dilanjutkan dengan saluran setengah-lingkaran berdiameter 85 mm, dan setelahnya adalah saluran setengah-lingkaran berdiameter 135 mm.

3. Hasil dan Pembahasan

Semua saluran uji mempunyai kekasaran permukaan yang homogen yaitu permukaan karpas talang. Gambar 2 menunjukkan hubungan antara kedalaman aliran y dan koefisien-tahanan n Manning. Ketiga saluran tersebut mempertegas apa yang dikemukakan Chow (1973) bahwa nilai koefisien Manning berkurang seiring bertambahnya kedalaman aliran. Jadi, hubungan kedalaman dan koefisien-tahanan aliran adalah berbanding terbalik. Dari gambar ini juga dapat dilihat bahwa saluran segi-empat mempunyai nilai-tahanan yang lebih besar dibandingkan dengan tahanan dua saluran yang lain. Dua saluran yang mempunyai geometri setengah-lingkaran walaupun berbeda ukuran tetapi memberikan koefisien-tahanan yang relatif sama.

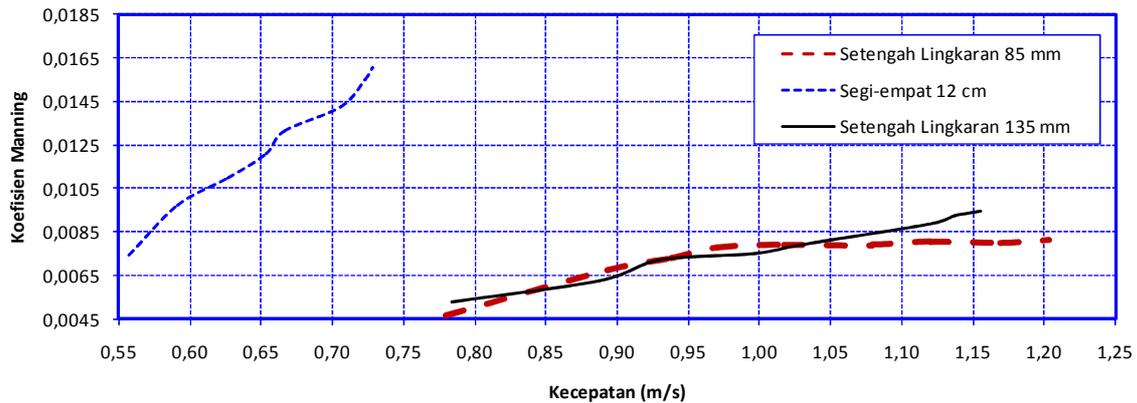


Gambar 2. Hubungan kedalaman aliran dan koefisien-tahanan Manning

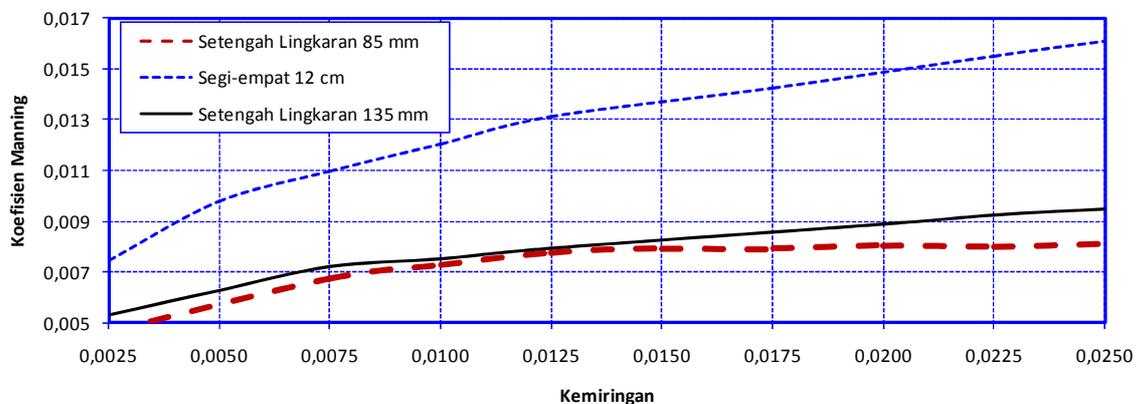
Gambar 3 memperlihatkan hubungan antara kecepatan aliran dan koefisien-tahanan Manning. Ketiga saluran menunjukkan bahwa semakin cepat aliran maka semakin besar pula nilai koefisien-tahanan. Jadi, hubungan kecepatan dan koefisien-tahanan aliran adalah proporsional. Hal ini mengikuti prinsip-prinsip mekanika fluida. Sebagaimana pada hubungan sebelumnya, pada hubungan ini menunjukkan bahwa saluran yang bergeometri segi-empat tetap mempunyai koefisien tahanan yang lebih besar dari tahanan yang diberikan oleh dua saluran lainnya. Kedua saluran yang lain tersebut bergeometri setengah-lingkaran, walaupun berbeda ukuran namun koefisien-tahanan yang diberikannya relatif sama.

Hubungan antara kemiringan memanjang saluran dan koefisien-tahanan Manning ditunjukkan oleh Gambar 4, dimana ketiga saluran tersebut memperlihatkan bahwa semakin tajam kemiringan saluran maka semakin besar pula nilai tahanan yang diberikan saluran. Jadi, hubungan kemiringan dan tahanan adalah sebanding. Sebagaimana dua hubungan sebelumnya, pada hubungan ini saluran bergeometri segi-empat tetap memberikan koefisien-tahanan yang lebih besar dibandingkan dengan

tahanan yang diberikan saluran bergeometri setengah-lingkaran. Dua saluran setengah-lingkaran, walau berbeda ukuran namun nilai koefisien-tahanan yang diberikannya relatif sama.



Gambar 3. Hubungan kecepatan aliran dan koefisien-tahanan Manning



Gambar 4. Hubungan kemiringan memanjang saluran dan koefisien-tahanan Manning

4. Kesimpulan

Dari percobaan fisis di laboratorium dan penyelesaian persamaan aliran seragam Manning diperoleh nilai koefisien-tahanan Manning untuk saluran yang dilapisi karpet talang (*gutter-carpet*): 0,0047 sampai 0,0081 untuk talang setengah-lingkaran berdiameter 85 mm; 0,0053 sampai 0,0095 untuk talang setengah-lingkaran berdiameter 135 mm; dan 0,0075 sampai 0,0161 untuk talang segi-empat lebar 12 cm. Hal ini mengindikasikan bahwa bentuk geometri penampang melintang berpengaruh secara signifikan terhadap koefisien tahanan. Sementara itu, ukuran penampang yang berbeda tetapi geometrinya sama, koefisien-tahanannya relatif sama. Pemilihan bentuk geometri penampang melintang seharusnya jadi pertimbangan dalam perencanaan saluran di masa mendatang.

Ucapan Terimakasih

Terima-kasih kepada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Univeritas Andalas yang telah membantu dana penelitian ini melalui RKAKL JTS / DIPA FT UNAND 2014 dengan nomor kontrak 044/PL/SPK/PNP/FT-UNAND/2014. Penelitian ini adalah bagian dari penelitian kami tentang "Pengaruh Geometri Penampang Melintang Saluran Terhadap Koefisien Kekasaran saluran".

Daftar Pustaka

- Chow, V.T. (1973). *Open-channel hydraulics*, McGraw-Hill Book Co-Singapore.
- Dingman, S.L. (2009). *Fluvial Hydraulics*, Oxford University Press, 570p, ISBN: 978-0-19-517286-7.

- Djajadi, R. (2009). Comparative Study of Equivalent Manning Roughness Coefficient for Channel with Composite Roughness, *Civil Engineering Dimension*, Vol. 11(2), p113–118, (<http://puslit2.petra.ac.id/ejournal/index.php/civ/article/view/17227> diakses 12 Nov 2014) ISSN: 1410-9530 (Print) 1979-570X (Online).
- Manning, R. (1889). On the flow of water in open channels and pipes. *Transactions of the Institution of Civil Engineers of Ireland*, Vol. 20, p161–195.
- May, L.W. (Ed). (2000). *Water Distribution Systems Handbook*, McGraw-Hill, 644p, ISBN: 0-07-134213-3.
- Mera, M. & R.D.B. Putra. (2014). Pengaruh Geometri Penampang Melintang Saluran Terhadap Koefisien Kekasaran Manning Untuk Saluran Prismatik Berbahan *PolyVinil Chloride*, *Prosiding PIT HATHI XXXI* 22-24 Agustus 2014 di Padang, p63-68.
- Mera, M. & R. Robi. (2013). Technical Notes: Determination of Manning Roughness Coefficient for PVC Gutters, *Jurnal Teknik Sipil ITB*, Vol. 20 (2), p153–160, (http://www.ftsl.itb.ac.id/?page_id=8390 diakses 12 Nov 2014) ISSN: 0853-2982.

Kajian Penilaian Penumpang Terhadap Kinerja Pelayanan Trans Padang (Studi Kasus Trans Padang Koridor I)

Afrilda Sari

Mahasiswa Pascasarjana Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas; afrildasari@yahoo.com

Purnawan

Staf Pengajar, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas; purnawan@ft.unand.ac.id

Titi Kurniati

Staf Pengajar, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas; titi@ft.unand.ac.id

Abstrak

Dilatarbelakangi dengan telah beroperasinya bus *Trans Padang* yang merupakan terobosan baru dalam penanganan permasalahan transportasi di Kota Padang, diperlukan banyaknya masukan dan saran untuk menjawab tantangan-tantangan bagi penyelenggaraan operasional *Trans Padang* sehingga dapat dilakukan pembenahan dan perbaikan dari segi pelayanan bagi konsumennya. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana penilaian penumpang sebagai pengguna jasa transportasi *Trans Padang* terhadap mutu pelayanan yang ada pada saat ini. Metodologi yang digunakan pada pengambilan sampel adalah *sample random sampling* dengan jumlah sampel yang diperlukan adalah 106 responden, yang berasal dari penyebaran kuesioner di lapangan pada penumpang *Trans Padang*. Variabel pengamatan sebanyak 27 variabel yang berkaitan dengan atribut pelayanan yang teramati langsung di lapangan yaitu pelayanan halte serta fasilitas armada bus. Analisis yang dilakukan adalah dengan menggunakan metode pendekatan analisis faktor. Dari 27 variabel pengamatan dihasilkan 4 faktor yaitu faktor kesatu adalah faktor penyediaan sarana dan prasarana halte yang nyaman dan aman, faktor kedua adalah faktor keamanan, ketersediaan informasi dan pelayanan petugas, faktor ketiga adalah faktor aksesibilitas dan keselamatan, dan faktor keempat adalah faktor pelayanan armada bus *Trans Padang*. Dari hasil analisis faktor dapat diusulkan suatu rekomendasi perbaikan dan peningkatan pelayanan penumpang bus kepada operator *Trans Padang* sehingga dapat diprioritaskan bagi pengembangan operasional jasa transportasi ini sampai pada koridor – koridor selanjutnya.

Kata kunci : Penelitian, Variabel, Sampel, Analisis Faktor, Rekomendasi

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Penduduk Kota Padang sudah mencapai 844.316 jiwa (data tahun 2012), dengan luas wilayah $\pm 434,63 \text{ Km}^2$ yang berarti mempunyai kepadatan penduduk mencapai 1,94 ribu/km² dan menjadikan kota ini menjadi kota dengan wilayah terpadat penduduknya di Propinsi Sumatera Barat (Badan Pusat Statistik, 2012). Dengan semakin meningkatnya penduduk kota menyebabkan semakin tingginya aktifitas dan jumlah perjalanan baik orang maupun barang. Permasalahan seperti kemacetan dan masalah angkutan penumpang umum lainnya mulai muncul. Sebagai upaya awal dari langkah-langkah lebih lanjut dalam membenahi angkutan umum secara menyeluruh, Pemerintahan Daerah Kota Padang telah mengoperasikan jalur angkutan umum massal yang dikenal dengan “Trans Padang”. Dalam perencanaannya akan ada enam koridor yang akan beroperasi. Namun sejak Februari 2014, baru beroperasi satu koridor yaitu Koridor I (Pasar Raya – Sudirman – Lubuk Buaya – Batas Kota). Dengan enam koridor yang direncanakan diharapkan mampu menyediakan angkutan umum yang cepat, aman, nyaman, terpercay, modern dan manusiawi, serta diharapkan nantinya akan ada perpindahan penggunaan kendaraan, yaitu kendaraan pribadi ke Trans Padang yang pada akhirnya akan mengurangi tingkat kemacetan lalu lintas di jalan-jalan utama Kota Padang. Pada saat ini *bus way/bus lane* merupakan sistem

penyelenggaraan angkutan penumpang umum yang baru di Indonesia khususnya Kota Padang, masih terdapat tantangan-tantangan yang menghadang sebagai masukan bagi penyelenggara *bus way/bus lane* yang memerlukan pembenahan demi penyempurnaan koridor-koridor selanjutnya.

Hasil dari beberapa studi mendorong Pemerintah Kota Padang untuk melakukan program perencanaan pembangunan yang berorientasi kepada penyediaan angkutan umum yang memadai. Dengan demikian, dalam jangka panjang diharapkan kelancaran lalu lintas dapat tercapai, khususnya di jalan-jalan utama. Dengan memperhatikan hal tersebut di atas, maka perlu dirumuskan langkah-langkah solusi strategis yang diharapkan dapat diwujudkan sebagai langkah terobosan untuk optimalisasi penyelenggaraan Trans Padang di Kota Padang.

Terkait hal tersebut, maka menjadi sebuah hal yang menarik untuk diteliti tentang penilaian penumpang sebagai pengguna jasa transportasi terhadap kinerja pelayanan Trans Padang yang telah beroperasi di Kota Padang, yang tentu saja bisa menjadi acuan penilaian sebagai upaya perbaikan mutu pelayanan.

1.2. Rumusan Masalah

Dengan melihat kelemahan-kelemahan tersebut beberapa pertanyaan yang perlu mendapat perhatian untuk diadakan penelitian yaitu :

1. Faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi penilaian kualitas mutu pelayanan Trans Padang kepada penumpangnya.
2. Bagaimana penilaian penumpang terhadap kualitas mutu pelayanan yang diberikan oleh operator.
3. Perbaikan kualitas pelayanan mana yang perlu mendapat prioritas perbaikan sebagai satu usulan rekomendasi perbaikan untuk koridor-koridor selanjutnya.

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi penilaian penumpang terhadap kinerja pelayanan *Trans Padang*.
2. Menetapkan dan merumuskan faktor dominan yang mempengaruhi kinerja pelayanan *Trans Padang* berdasarkan persepsi/penilaian penumpang sebagai pengguna jasa .
3. Merumuskan suatu rekomendasi perbaikan kualitas pelayanan kepada operator *Trans Padang* untuk pelayanan yang diberikan kepada penumpangnya.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Dapat menyimpulkan persepsi / penilaian konsumen yakni penumpang *Trans Padang* terhadap kualitas mutu pelayanan jasa yang diberikan operator dengan pengelompokkan faktor – faktor dominan dari variabel penelitian terhadap dua atribut pelayanan *Trans Padang*.
2. Hasil penelitian dapat dipergunakan sebagai rekomendasi

1.5. Batasan Masalah

1. Batasan Ruang Lingkup Penelitian
 - a. Variabel atribut pelayanan Trans Padang berdasarkan responden yaitu penumpang pengguna jasa transportasi Trans Padang.
 - b. Penumpang bus adalah penumpang yang menggunakan jasa transportasi Trans Padang dalam melakukan aktifitas sehari-harinya.
 - c. Data yang digunakan adalah data hasil survey kuesioner yang dibagikan kepada responden.
 - d. Sampel yang didapat diasumsikan bisa mewakili kepuasan responden terpilih.
 - e. Analisis hanya dilakukan berdasarkan data survey, studi kepustakaan dan hasil pengolahan data.
2. Batasan Wilayah Penelitian
 - a. Wilayah penelitian adalah bus Trans Padang yang beroperasi pada koridor I (Pasar Raya – Batas Kota Lubuk Buaya) yang sedang diuji cobakan operasionalnya.

- b. Objek yang diteliti adalah penumpang bus yang menggunakan jasa angkutan umum bus Trans Padang.

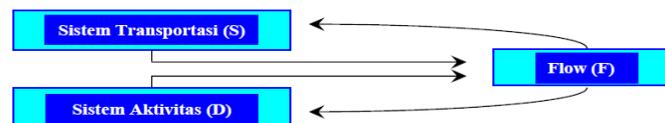
2. Dasar Teori

Pengertian Umum Bus Rapid Transit

Sistem *Bus Rapid Transit* (BRT) adalah angkutan massal yang berbasis pada jalan dimana memanfaatkan jalur-jalur khusus dan eksklusif. Selain itu sistem yang digunakan adalah sistem tertutup dimana penumpang dapat naik dan turun hanya pada halte-halte dan tentunya harus dilengkapi dengan sistem tiket, baik berupa tiket untuk sekali jalan ataupun berlangganan dengan mekanisme prabayar. Agar para penumpang nyaman pada saat menuju dan meninggalkan halte maka disediakan fasilitas penyebrangan orang yang landai, petugas keamanan pada setiap halte, jadwal waktu perjalanan dan juga tidak adanya pedagang kaki lima di halte, kecuali pada tempat yang ditentukan. Selain itu agar mudah menuju dan meninggalkan lajur *bus way* maka dari lokasi-lokasi tertentu akan disediakan trayek angkutan umum.

Transportasi

Transportasi diartikan sebagai pengangkutan barang atau manusia dari tempat asal kegiatan transportasi ke tempat tujuan dimana kegiatan transportasi diakhiri (Morlok, 1978). Jasa transportasi dilakukan karena nilai yang diangkut tersebut akan lebih tinggi ke tempat tujuan. Nilai yang diberikan oleh kegiatan transportasi adalah nilai tempat (*place utility*) dan nilai waktu (*time utility*) yang bersifat permintaan turunan (*derived demand*) (Manheim, 1979, Morlok 1978). Kanafani (1983) menyatakan bahwa kebutuhan akan transportasi untuk mengatasi interaksi aktifitas sosial dan ekonomi yang menyebar dalam suatu wilayah. Alasan orang melakukan perjalanan tak ada habisnya seperti kebutuhan akan barang dan kebutuhan perjalanan akan rekreasi. Komoditas barang perlu dikirim dari satu tempat ke tempat yang lain merupakan suatu alasan untuk tujuan ekonomi.



Sumber : Manheim (1979)

Gambar 1. Hubungan Dasar Sistem Transportasi

Manajemen Jasa

Dalam bagian ini akan dibahas tentang karakteristik industri jasa yang sangat berbeda dengan industri manufaktur. Dijelaskan pula perbedaan antara keduanya beserta implikasi yang menyertainya.

Kinerja Operator

Penilaian terhadap kinerja operator bus harus selalu dilakukan secara kontinue oleh pihak pengelola Trans Padang. Ada 5 parameter yang diukur yaitu Ketersediaan Armada, Keandalan Armada, Penilaian Pramudi, Kecelakaan armada bus, dan Aduan masyarakat. Konsep keamanan dan kenyamanan di dalam Trans Padang ini sesungguhnya sudah menjadi amanat Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas Angkutan Jalan (LLAJ). Dalam pasal 138 ayat (1) ditegaskan bahwa “Angkutan umum diselenggarakan dalam upaya memenuhi kebutuhan angkutan yang selamat, aman, nyaman dan terjangkau.”

Kualitas Layanan

Untuk penilaian kualitas tentang pelayanan, ditemukan sepuluh dimensi yang mempengaruhi kualitas pelayanan (Zeithaml, Parasuraman dan Berry, 1990), yaitu :

1. *Tangibles*, fasilitas yang tampak nyata, peralatan personil dan peralatan atau material komunikasi;
2. *Reliability*, kemampuan untuk dapat menjanjikan layanan yang bisa diandalkan atau ditentukan dan secara akurat;
3. *Responsiveness*, kemauan untuk dapat membantu *customer* dan menyediakan layanan yang dijanjikan dan cepat tanggap dalam memecahkan permasalahan dari *customer*;

4. *Comptence*, peningkatan permintaan keahlian dan pengetahuan untuk menyediakan layanan ;
5. *Courtesy*, kesopanan, respon, kehati-hatian dan keramahan untuk berhubungan dengan *customer* ;
6. *Credibility*, kepercayaan, bisa dipercaya, jujur dalam menyediakan layanan ;
7. *Security*, aman dari bahaya, resiko dan keragu-raguan ;
8. *Access*, pendekatan dan adanya kontak karena kasus ;
9. *Communication*, menjaga *customer* dengan diinformasikan dalam bahasa yang dapat dimengerti oleh mereka dan mendengar keluhan dari *customer*
10. *Understanding the customer*, membuat penawaran untuk mengetahui keinginan *customer* dan kebutuhan mereka.

Berdasarkan konsep kualitas pelayanan dan kesepuluh dimensi kualitas pelayanan, Zeithaml, Parasuraman dan Berry (1990) melakukan *quantities research* untuk membangun sebuah instrument yang mampu mengukur persepsi konsumen tentang kualitas pelayanan.

Dasar Statistik

Pada sub bab ini akan dipaparkan dasar statistik deskriptif yang berhubungan erat dengan analisis faktor sebagai metode yang dipilih dalam mengetahui tingkat penilaian konsumen dan penggunaan jasa transportasi *bus* Trans Padang.

Rata-rata sejenis variabel adalah jumlah n buah nilai dari variabel tersebut dibagi dengan banyaknya satuan observasi yang bersangkutan (Supranto,1996).

Variasi suatu variabel adalah rata-rata penyimpangan kuadrat variabel terhadap X_j . Penyimpangan untuk nilai X_j adalah $(X_{ij}-X_j)$, variansi untuk setiap variabel X_j (Supranto, 1996).

Standar deviasi suatu variabel adalah akar kuadrat positif variansinya. Standar deviasi untuk setiap variabel X_j adalah (Supranto,1996).

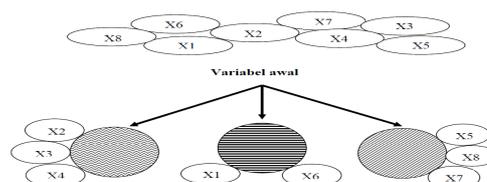
Kovariansi dari dua jenis variabel adalah jumlah hasil kali selisih masing – masing terhadap rata-ratanya, dibagi dengan banyaknya satuan observasi atau responden. Untuk dua variabel X_j dan X_k (Supranto,1996)

Notasi C_{jk} adalah kovarian antara variabel X_j dan X_k , korelasi antara dua variabel adalah kovariansi dibagi dengan akar kuadrat hasil kali variansinya. Untuk variabel X_j dan X_k

Analisis faktor merupakan suatu metoda statistik yang dapat dipakai untuk mengenali fenomena tersebut sehingga dapat disistematiskan menjadi suatu pola. Tujuan yang hendak dicapai dengan analisis faktor adalah meringkas informasi yang terkandung dalam sejumlah variabel awal menjadi satu set faktor yang hanya terdiri dari beberapa faktor saja, dengan mereduksi kompleksitas dari data dengan dasar tingkat hubungan yang ada antar variabel satu sama lain, tetapi faktor-faktor baru masih mendekati makna dan nilai liputan informasi dari variabel observasi yang jumlahnya besar (Dillon and Goldstein,1984).

Prinsip Prinsip Analisis Faktor

Analisis faktor dapat mereduksi data variabel awal yang diteliti menjadi sejumlah variabel laten yang jumlahnya lebih sedikit, dengan memanfaatkan tingkat hubungan antar variabel, hal ini disebut sebagai agregasi (Dillon and Goldstein, 1984). Prinsip kerja analisis faktor ini ditunjukkan pada Gambar 2 disajikan 8 variabel awal penelitian yang saling berkorelasi satu sama lain. Analisis faktor mengagregasikan variabel awal kedalam tiga faktor berdasarkan keterkaitan antar variabel, yaitu :



Gambar 2 : Hubungan Antar Variabel dan Faktor

Keterangan :

Faktor 1 dibentuk oleh variabel X2,X3 dan X4

Faktor 2 dibentuk oleh variabel X1 dan X6

Faktor 3 dibentuk oleh variabel X5,X7 dan X8

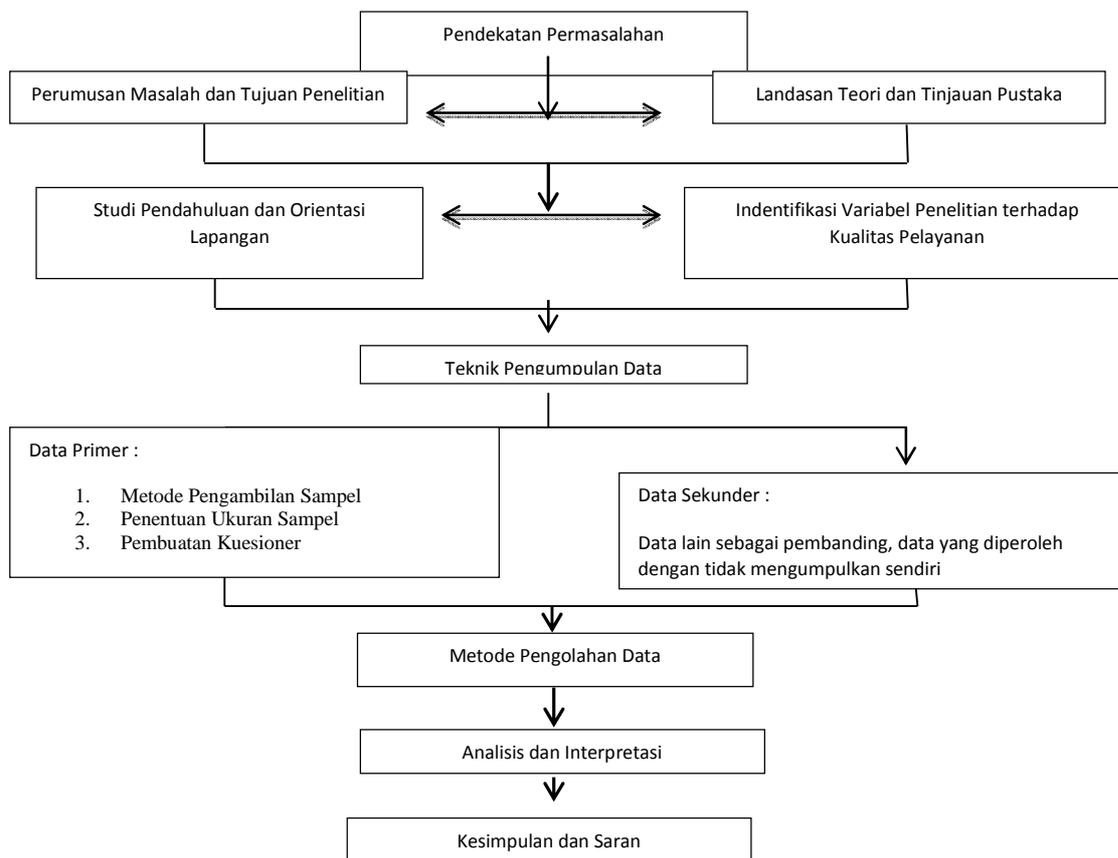
Studi yang pernah dilakukan

1. Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi perilaku pengguna jasa terhadap pelayanan angkutan barang pelabuhan Cirebon Jawa Barat, Swastanto.B (1999).
2. Analisis persepsi penumpang terhadap tingkat pelayanan bus way Studi Kasus : Bus Way Trans Jakarta Koridor I, Indri Nurvia Puspita Rini (2007), S2 Teknik Sipil Universitas Diponegoro.
Analisis kepuasan pelanggan terhadap kualitas pelayanan jasa kereta api ekspres Pakuan Jabodetabek (Studi kasus Kereta Api Ekspres Pakuan Bogor – Jakarta), Fitriah Isky Farida (2011), S1 Manajemen Fakultas Ekonomi IPB.

3. Metodologi

3.1. Alur Langkah Kerja

Pada Bab ini akan diuraikan tahapan penelitian yang dilakukan sebagai pendekatan permasalahan yang ada. Gambar 3 menjelaskan langkah-langkah metodologi penelitian yang dilakukan.



Gambar 3 Skema tahapan penelitian

3.2. Penjelasan Alur Langkah Penelitian

3.2.1. Perumusan dan pendekatan masalah

Pada penelitian yang dilakukan, acuan dari perumusan masalah tersebut diambil dari beberapa studi yang telah dilakukan.

3.2.2. Landasan Teori dan Tinjauan Pustaka

Pada tahapan ini dilakukan tinjauan pustaka untuk membantu proses pengumpulan data, pengolahan data, dan penyelesaian masalah.

3.2.3. Studi Pendahuluan dan orientasi lapangan

Langkah ini bertujuan untuk mendapatkan data awal berupa gambaran tentang kondisi, karakteristik lokasi penelitian, dan sistem operasional yang ada dengan melakukan pendekatan wawancara kepada operator sekaligus mengumpulkan data sekunder yang diperlukan serta mencari studi yang sudah dilakukan sebelumnya yang berhubungan dengan penelitian ini.

3.2.4. Identifikasi variabel penelitian kualitas pelayanan

Penulisan variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah berdasarkan hasil observasi di lapangan dengan melihat dan merasakan langsung dan juga melakukan tanya jawab dengan pengelola *trans padang* maupun calon penumpang *trans padang* sebagai pengguna. Komponen pelayanan dapat diturunkan dari dimensi pelayanan seperti yang diungkapkan oleh Zeithaml (1990) yaitu lima dimensi yang sangat berpengaruh dalam menentukan penilaian kualitas pelayanan.

Dimensi-Dimensi Pelayanan		
No.	Dimensi	Keterangan
1	<i>Reliability</i>	Kemampuan untuk melaksanakan pelayanan yang dijanjikan yang dapat diandalkan dan akurat
2	<i>Responsiveness</i>	Kemauan untuk membantu dan menyediakan pelayanan yang tepat, cepat dan tanggap
3	<i>Assurance</i>	Pengetahuan dan keramahan/sopan santun karyawan dan kemampuannya untuk dapat membangkitkan rasa kepercayaan dan percaya diri
4	<i>Emphaty</i>	Kepedulian dan perhatian kepada konsumen secara individual
5	<i>Tangibles</i>	Fasilitas nyata, penampilan fisik, peralatan, karyawan, dan alat-alat komunikasi

Sumber : Zeithaml,,Parasuraman dan Berry (1990)

Dari kelima dimensi tersebut kemudian diteliti atribut-atribut yang dapat mewakili kelima dimensi pelayanan tersebut. Sedangkan pelayanan *trans padang* yang dapat dirasakan langsung oleh calon penumpang bus pada saat penelitian ini dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Fasilitas halte dan karcis/tiket
2. Fasilitas armada bus

Atribut Pelayanan Fasilitas Halte dan Karcis/Tiket		
No.	Dimensi	Keterangan
1	<i>Reliability</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Ketersediaan tempat duduk dan ruang berdiri dan nyaman di ruang tunggu penumpang (X1) • Keamanan dari tindak kriminal kepada para calon penumpang selama berada di halte (X2) • Penerangan yang cukup di halte pada malam hari (X3)
2	<i>Responsiveness</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Kejelasan dan kemudahan mendapatkan informasi dan membaca petunjuk (X4)
3	<i>Assurance</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Kejujuran petugas Penjual karcis dalam mengembalikan uang kembali (X5) • Perlindungan calon penumpang dari cuaca panas dan hujan (X6) • Penempatan petugas keamanan di setiap halte (X7)
4	<i>Emphaty</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Ketersediaan dan kesedian petugas mendengar keluhan dan membantu calon penumpang (X8)
5	<i>Tangibles</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Kebersihan ruang tunggu dan area halte (X9)

- Penerangan dan kenyamanan di ruang tunggu (X10)
- Ketersediaan fasilitas telepon umum, fasilitas pengaduan, jadwal dan rute perjalanan (X11)

Atribut Pelayanan Fasilitas Armada Trans Padang

No	Dimensi	Keterangan
1	Reliability	<ul style="list-style-type: none"> • Ketepatan jadwal pemberangkatan (X12) • Kenyamanan di dalam armada bus trans padang (X13) • Keprofesionalan pengemudi armada bus Trans Padang (X14) • Pelayanan Trans Padang pada malam hari (X15)
2	Responsiveness	<ul style="list-style-type: none"> • Kemudahan membaca petunjuk dan mendapatkan informasi tentang perjalanan (X16) • Kemampuan armada bus untuk mengangkut semua penumpang yang berada di halte (X17) • Kemudahan mendapat tempat duduk di dalam armada (X18) • Ketertiban dalam armada bus Trans Padang (X19)
3	Assurance	<ul style="list-style-type: none"> • Kesopanan dan keramahan petugas dalam memberikan layanan selama perjalanan (X20) • Keamanan selama perjalanan dalam armada (X21)
4	Emphaty	<ul style="list-style-type: none"> • Sistem tarif yang layak dan sesuai dengan pelayanan jasa yang diberikan (X22)
5	Tangibles	<ul style="list-style-type: none"> • Kebersihan dan keyamanan dalam armada bus Trans Padang (X23) • Fasilitas pendingin udara di dalam armada (X24) • Fasilitas tempat duduk yang cukup dan nyaman di dalam bus Trans Padang selama perjalanan (X25) • Fasilitas yang disediakan untuk pertolongan pertama P3K (X26) • Fasilitas yang digunakan untuk menyelamatkan diri dalam keadaan darurat (X27)

3.2.5. Teknik Pengumpulan Data

Untuk memperoleh informasi dari konsumen pengguna jasa digunakan kuesioner yang disusun sesuai dengan informasi yang dibutuhkan, sehingga didapat informasi yang relevan sesuai dengan tujuan penelitian dengan tingkat validitas yang tinggi. Pada tahapan pengumpulan data, dilakukan secara langsung oleh tenaga surveyor, dengan melakukan permintaan pengisian kuesioner oleh calon penumpang bus *Trans Padang* sebagai responden.

Teknik Sampling

Sampling adalah teknik pengambilan data, dimana data-data yang diambil untuk diselidiki merupakan sebagian kecil (*sample* atau sampel) dari keseluruhan obyek yang diselidiki (*universe* atau populasi).

Penentuan Ukuran Sampel

Untuk populasi pengguna jasa bus *Trans Padang* penumpang tidak diketahui secara pasti (perkiraan rata-rata) (*incountable population*) dan data yang diambil bersifat *discrete*, maka penetapan ukuran sampel didasarkan rumus sebagai berikut (Wibisono,2003):

$$n = \frac{NZ^2\sigma^2}{E^2(N-1)+Z^2\sigma^2}$$

Keterangan :

N = Jumlah populasi, n = Jumlah Sampel
 Z = Tingkat kepercayaan E = Tingkat kesalahan
 σ = Standar Deviasi populasi

Jumlah sampel yang diperlukan dalam penelitian ini adalah 113 responden.

Penyusunan Kuesioner

Penyusunan kuesioner didasarkan atas wawancara terstruktur/baku, yaitu susunan pertanyaan sudah ditetapkan sebelumnya dengan pilihan-pilihan jawaban yang sudah tersedia (Mulyana, 2001). Wawancara tak terstruktur berupa wawancara intensif, kualitatif dan terbuka tidak digunakan dalam penelitian ini. Kuesioner dibagi atas :

Bagian I : Informasi karakteristik sosial ekonomi responden

Bagian II : Informasi untuk mengetahui penilaian responden atas pelayanan yang diberikan kepada penumpang bus oleh pengelola *Trans Padang* dimana digunakan skala Likert.

3.2.6. Teknik Pengolahan Data

Metoda yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan pengolahan data melalui analisis faktor melalui bantuan program SPSS.18 (*Statistical Package for the Social Sciences*).

3.2.7. Analisis dan Interpretasi

Metoda yang digunakan dalam penelitian ini adalah melalui pengolahan data statistik. Dalam bab analisis dan pengolahan data, membahas hasil pengolahan data sesuai dengan data yang diperoleh dari data responden dan menginterpretasikan atas hasil analisis yang ada. Pada pengolahan data analisis faktor dilakukan dengan program statistik SPSS 18 *for windows*.

3.2.8. Kesimpulan dan Saran

Tahap ini merupakan tahap akhir dimana hasil pengolahan data dapat dilakukan analisis akhir sehingga dapat ditarik suatu kesimpulan dan saran..

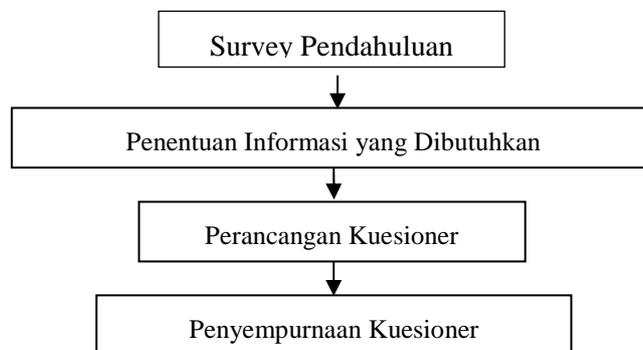
4. Presentasi dan pengolahan data

4.1. Teknis Pengumpulan Data Primer

Dari kuesioner yang di sebarakan kepada responden (terlampir), diperoleh informasi tentang kondisi sosial ekonomi responden dan penilaian responden terhadap kualitas pelayanan Bus *Trans Padang* secara umum. Adapun data primer tentang kondisi sosial ekonomi yang dilakukan pengisiannya oleh responden terkait beberapa hal yang menggambarkan karakteristik responden sebagai pengguna jasa transportasi bus *Trans Padang*.

4.1.1. Instrumen Pengumpulan Data.

Pada gambar 4.1 ditunjukkan diagram alir perancangan kuesioner



Gambar 4 Diagram Alir Pembuatan Kuesioner

4.1.2. Sampling Data Penilaian Terhadap Variabel

Dalam penelitian ini, tingkat kualitas pelayanan diberikan dalam skala Likert dengan 5 kontinum. Penilaian diberikan mulai dari “sangat buruk sampai dengan sangat baik”. Setiap responden diminta menilai tingkat kualitas pelayanan menurut persepsi mereka. Hasil penilaian ini akan dipergunakan untuk mengetahui variabel pelayanan yang dipertimbangkan oleh pengguna jasa dalam menilai kualitas pelayanan *Trans Padang* dalam hal ini adalah pelayanan terhadap penumpang *Bus Trans Padang*.

4.1.3. 4.1.3 Kecukupan Data

Dari hasil *sampling* pengumpulan data tersebut diperoleh hasil sebagai berikut:

Jumlah Kuesioner yang disebarakan	130 eksemplar
Kuesioner yang cacat	16 eksemplar
Kuesioner yang tidak kembali	0 eksemplar
Jumlah kuesioner yang dapat diolah	114 eksemplar

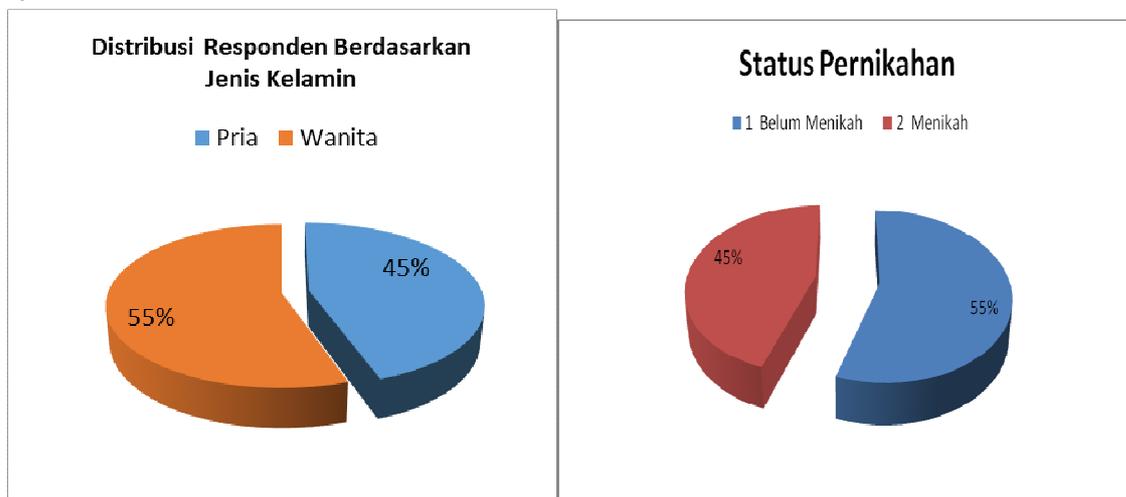
Sesuai dengan perhitungan jumlah sampel yang dibutuhkan pada penelitian ini jumlah responden sudah melebihi jumlah sampel yang dibutuhkan sebanyak 106 sampel.

4.1.4. Konversi Data

Data yang diperoleh dari jawaban responden harus berupa kontinum, yaitu tingkat yang saling berkelanjutan. Responden minimal dapat mengurutkan penilaiannya terhadap masing-masing objek kualitatif. Sesuai dengan tujuan awal pada saat analisis faktor diperkenalkan oleh Galton dan Spearman (1930), analisis faktor lebih cocok untuk menganalisis suatu data sampel penelitian yang bersifat kualitatif dengan proses penskalaan.

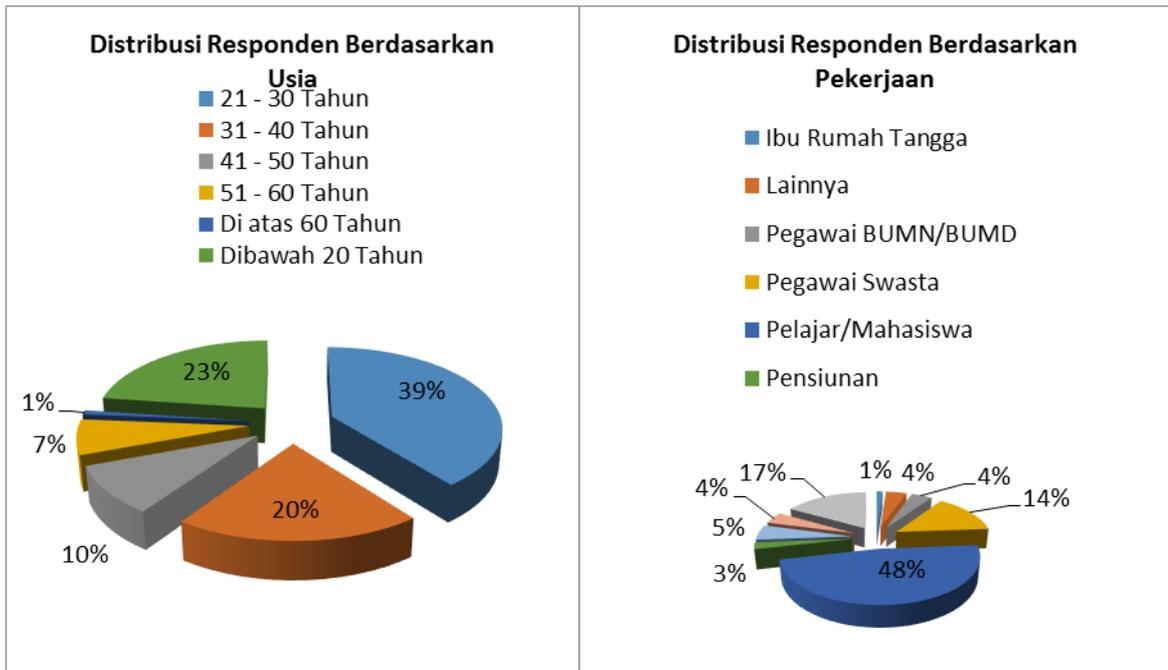
4.1.5. Informasi Tentang Sosial ekonomi Responden

Informasi tentang kondisi sosial ekonomi responden diperoleh dari hasil jawaban kuesioner pada pertanyaan Kelompok I adalah sebagai berikut, sebagai mana yang diperlihatkan pada Gambar 4a – 4j dibawah ini:



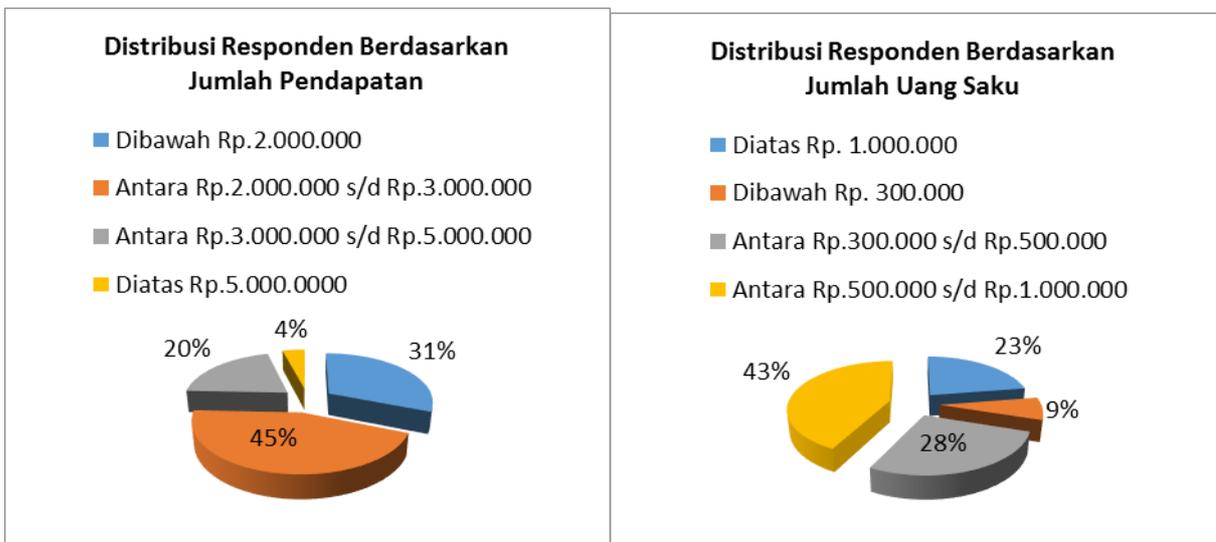
Gambar 4a

Gambar 4b



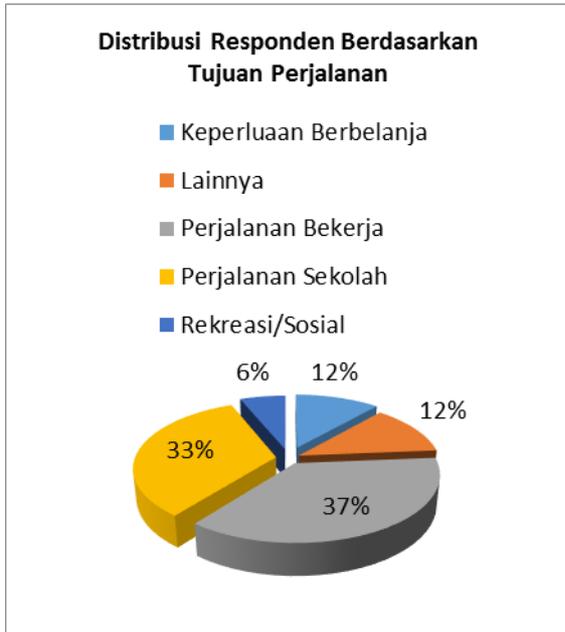
Gambar 4c

Gambar 4d

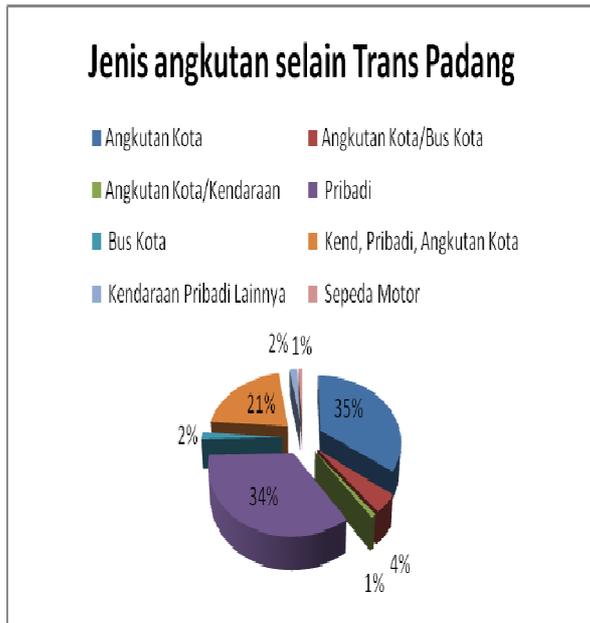


Gambar 4e

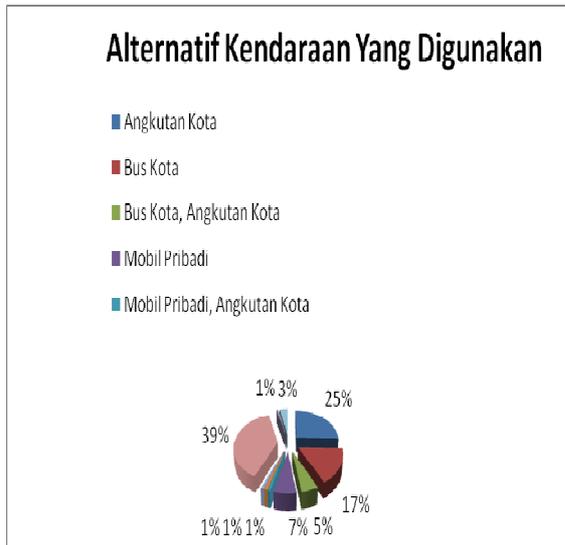
Gambar 4f



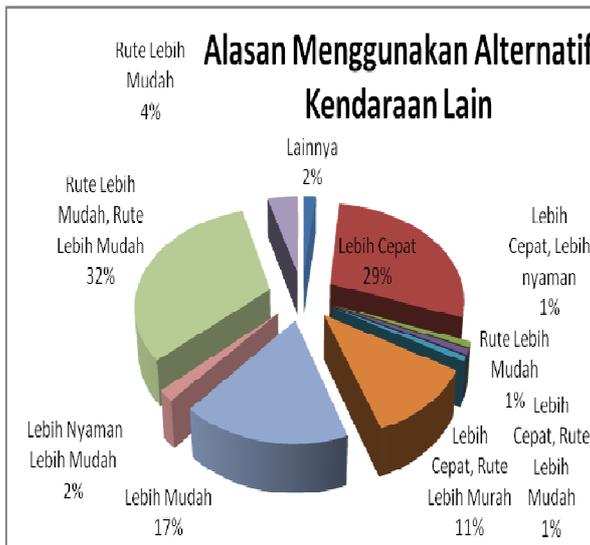
Gambar 4g



Gambar 4h



Gambar 4i



Gambar 4j

Dari Gambar 4a – 4j yang ditampilkan diatas dapat dilihat sebaran dan distribusi responden sesuai dengan data pertanyaan yang diajukan pada kuesioner penelitian. Angka-angka distribusi dinyatakan dalam bentuk persentase berdasarkan frekuensi terhadap data yang didapatkan dari data survey terhadap responden.

4.2. Pengolahan Data

Pengolahan data untuk menentukan variabel pelayanan yang dipertimbangkan penumpang bus dalam menilai pelayanan jasa angkutan Trans Padang yang diberikan oleh operator adalah dengan menggunakan metoda analisis faktor melalui bantuan program SPSS18.0 *for windows*.

4.2.1. Persiapan Data

Pada kuesioner kelompok II terdapat 27 pernyataan/pertanyaan yang menggambarkan keadaan kualitas pelayanan yang ada. Seluruh pertanyaan/pernyataan di kelompok II ini harus di jawab dan dilakukan penilaian seluruhnya oleh responden untuk dapat di olah menjadi data mentah. Hasil jawaban responden untuk masing-masing kuesioner disusun dalam matriks data mentah 'X' berukuran 114 x 27, yaitu matriks data mentah kualitas pelayanan yang dirasakan dalam arti keadaan yang sesungguhnya (fakta).

4.2.2. Hasil Pengolahan Data oleh Analisis Faktor

Dari hasil out put pengolahan data melalui bantuan program SPSS 18.0 *for windows*, menunjukkan nilai KMO sebesar 0,913. Angka KMO-MSA (Kaiser-Meyer-Olkin and Measure of Sampling Adequacy) berkisar antara 0 sampai dengan 1 yang menunjukkan apakah sampel bisa dianalisa lebih lanjut atau tidak. Apabila nilai KMO-MSA sama dan lebih dari setengah dan dengan nilai signifikan (sig) atau peluang (p) lebih kecil dari setengah, maka dikatakan bahwa item-item yang dianalisis dalam analisis faktor sudah layak untuk difaktorkan.

Pembentukan matriks korelasi dan kelayakan model

Proses berikutnya adalah menghitung korelasi antar variabel. Besarnya koefisien korelasi akan menunjukkan keeratan hubungan antar variabel. Matriks korelasi antar variabel ini merupakan matriks diagonal dengan diagonal utama bernilai 1 (satu). Korelasi antar variabel ini menjadi bahan penting untuk membentuk faktor-faktor kesamaan dari masing-masing variabel. Matriks korelasi ditunjukkan pada lampiran B.

Ekstraksi Faktor

Dalam pengolahan analisis data berdasarkan matriks data mentah 'X', diperoleh out put data melalui *Total Variance Explained* (Sumbangan Komponen Faktor). Terlampir pada Lampiran B, ternyata dari hasil pengolahan data diketahui bahwa dari 27 (dua puluh tujuh) variabel pengukuran terbentuk empat faktor bersama, yaitu faktor bersama satu (F1) dengan persentase variansnya 47,355, faktor bersama dua (F2) dengan persentase variansnya 12,348, faktor bersama ketiga (F3) dengan persentase variansnya 5,959 dan faktor bersama keempat dengan persentase variansnya 3,898. Kumulatif persentase varians yang terbentuk dari keempat faktor bersama adalah sebesar 69,559. Jumlah faktor bersama yang mewakili dua puluh tujuh variabel pengukuran atau dimensi ditentukan oleh nilai *Initial Eigenvalues Total* yang $\geq 1,0$.

Penyusunan Matriks Muatan Faktor Sebelum Rotasi

Langkah pengolahan data melalui analisis faktor dengan menggunakan bantuan program analisis SPSS 18.0 *for windows* berikutnya adalah *Component matrix*^a. Perhatikan tabel ***Communalities***, dimana nilai *Initial* mencerminkan peranan atau sumbangan kalau variabel penyusun faktor secara individual membentuk faktor tersebut. Sedangkan *extraction* menjelaskan persentase peranan atau sumbangan masing-masing dimensi atau sub-variabel penyusun faktor secara individual terhadap faktor. Dari tabel tersebut dapat diketahui peranan dimensi terbesar adalah sub variabel X3 sebesar 0,836 atau 83,6% dan yang terkecil adalah X2 sebesar 0,519 atau 51,9%.

Rotasi Faktor – Faktor Kesamaan

Pada penelitian ini dilakukan rotasi *orthogonal* dengan rotasi *varimax*, karena tujuan penelitian ini adalah mereduksi jumlah variabel awal. Hasil rotasi variabel ini ditunjukkan oleh lampiran B.

Berdasarkan pengolahan data, bahwa terdapat empat faktor bersama. Masing-masing faktor, penyusun faktornya ditampilkan pada tabel *Rotated Component Matrix*^a. Perhatikan nilai komponen masing-masing faktor. Apabila nilai komponen faktornya $\geq 0,5$ berarti bahwa variabel atau sub variabel pengukuran faktor tersebut merupakan anggota faktor yang terbentuk. Sebaliknya, jika nilai komponen faktor $< 0,5$ berarti bahwa dimensi sub variabel pengukuran bukan anggota faktor tersebut.

Sehingga dengan demikian maka dapat dilihat dari tabel tersebut variabel untuk Faktor kesatu adalah X3, X4, X6, X2, X15, X10, X16, X12, X1 dan X9. Faktor kedua adalah X18, X7, X17, X11, X8 dan X12. Faktor Ketiga adalah X20, X22, X21, X27, X26, X5 dan X23. Serta faktor keempat adalah X14, X24, X13 dan X19.

5. Analisis dan Pembahasan

5.1. Faktor Permasalahan Yang Mempengaruhi Penilaian Penumpang Terhadap Pelayanan Trans Padang

Faktor utama yang dibandingkan tingkat pelayanan transportasi dibagi menjadi 3 (tiga) kelompok yaitu :

1. Unjuk kerja elemen-elemen yang mempengaruhi pengguna jasa, seperti : kecepatan operasi, kepercayaan dan keamanan.

2. Kualitas pelayanan, mencakup elemen-elemen kualitatif pelayanan, seperti : kenyamanan, perilaku penumpang, keindahan dan kebersihan.
3. Harga yang harus dibayar pengguna jasa untuk mendapatkan pelayanan.

Atribut pelayanan terhadap dua fasilitas tersebut di atas sudah dijelaskan pada Bab III pada sub bab bagian identifikasi variabel penelitian kualitas pelayanan. Variabel – variabel tersebut menjadi variabel bebas yang akan dijadikan variabel kelompok dalam faktor kesamaan. Dalam penelitian ini ada 27 variabel bebas (X1, X2, X3,..... s.d X27).

5.2. Karakteristik Analisis Faktor

Hasil pengolahan data melalui program SPSS *Realase* 18.0 menunjukkan hasil uji KMO (*Kaiser-Meyer-Olkin*) sebesar 0,913. Hal ini menunjukkan bahwa analisis faktor sesuai untuk digunakan dalam pengolahan data.

KMO and Bartlett's Test

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		.913
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	2545.246
	df	351
	Sig.	.000

Hasil pengolahan berikutnya adalah informasi tentang hasil uji Bartlett atau biasa disebut sebagai *Bartlett's Test Sphericity* menunjukkan signifikan 0,000. Artinya matriks korelasi antar variabel yang dijadikan masukan dalam perhitungan tidak menghasilkan matriks identitas. Hasil ekstrasi faktor awal memberikan informasi bahwa terdapat 4 faktor dari 27 variabel yang dapat diolah dengan variansi kumulatif sebesar 69,559%. Berdasarkan lampiran B hasil component Matrix. Hal ini menunjukkan ke-4 faktor dapat menjelaskan 69,559% dari pelayanan yang diberikan dan besarnya pelayanan tidak tergambarkan sebesar 30,441%. Hasil ini cukup bagus.

Total Variance Explained

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	12.786	47.355	47.355	12.786	47.355	47.355	5.919	21.923	21.923
2	3.334	12.348	59.703	3.334	12.348	59.703	4.750	17.592	39.515
3	1.609	5.959	65.662	1.609	5.959	65.662	4.678	17.328	56.842
4	1.052	3.898	69.559	1.052	3.898	69.559	3.434	12.717	69.559
5	.898	3.325	72.884						
6	.813	3.012	75.896						
7	.761	2.818	78.714						
8	.679	2.514	81.228						
9	.574	2.128	83.356						
10	.478	1.770	85.125						
11	.453	1.678	86.803						
12	.409	1.514	88.317						
13	.358	1.326	89.643						
14	.330	1.222	90.865						
15	.312	1.157	92.021						
16	.294	1.088	93.110						
17	.287	1.063	94.173						
18	.247	.916	95.089						
19	.229	.847	95.935						
20	.204	.755	96.691						
21	.188	.698	97.388						
22	.167	.620	98.009						
23	.147	.545	98.553						
24	.129	.479	99.032						
25	.101	.374	99.406						
26	.082	.304	99.710						
27	.078	.290	100.000						

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Nilai *eigenvalue* dari faktor yang diekstrasi mencerminkan banyaknya variansi yang dapat dijelaskan oleh suatu faktor. Untuk menguraikan faktor-faktor yang dihasilkan dalam analisis faktor dibelakang variabel diberi keterangan sebagai berikut : (re) reliability, (res) responsiveness, (a) assurance, (e) emphyaty, dan (t) tangible. Pada tabel berikut ini adalah hasil rekapitulasi faktor yang dihasilkan dengan metode analisis faktor yaitu terbagi menjadi 4 faktor.

Tabel 1 Rekapitulasi Faktor yang dihasilkan Analisis Faktor

Faktor	Eigen Value			Variansi	
	Total	% of Variansi	% Cumulatif	% of Variansi	% Cumulatif
Faktor Kesatu	12,786	47,355	47,355	21,923	21,923
Faktor Kedua	3,334	12,348	59,703	17,592	39,515
Faktor Ketiga	1,609	5,959	65,662	17,328	56,842
Faktor Keempat	1,052	3,898	69,559	12,717	69,559

5.3. Karakteristik Faktor yang dihasilkan

5.3.1. Faktor Pertama

Tabel 2 Bobot Variabel Yang Mendukung Faktor Pertama

No	Variabel Pendukung	Nama Variabel	Bobot Variabel
1	X3	Penerangan yang cukup di halte pada malam hari (re)	0,755
2	X4	Kejelasan dan kemudahan mendapatkan informasi dan membaca petunjuk (res)	0,750
3	X6	Perlindungan calon penumpang dari cuaca panas dan hujan (a)	0,717
4	X2	Keamanan dari tindak kriminal selama berada di ruang tunggu/halte (re)	0,685
5	X15	Pelayanan Trans Padang pada malam hari (re)	0,665
6	X10	Penerangan dan kenyamanan di ruang tunggu/halte (t)	0,625
7	X16	Kemudahan membaca petunjuk dan mendapatkan informasi tentang perjalanan (res)	0,607
8	X12	Ketepatan jadwal pemberangkatan (re)	0,606
9	X1	Ketersediaan tempat duduk dan kenyamanan diruang tunggu/halte (re)	0,576
10	X9	Kebersihan Ruang tunggu / halte (t)	0,541

Berdasarkan variabel 10 variabel pendukung terhadap faktor pertama ini, dengan dominasi dimensi reliability serta variabel ini didasarkan pada dominasi atribut pelayanan halte, faktor pertama ini dinamai “Faktor Penyediaan Sarana dan Prasarana Halte Yang Nyaman dan Aman”.

5.3.2. 5.3.2 Faktor Kedua

Tabel 3 Bobot Variabel Yang Mendukung Faktor Kedua

No	Variabel Pendukung	Nama Variabel	Bobot Variabel
1	X18	Kemudahan mendapatkan tempat duduk dalam armada bus Trans Padang (re)	0,759
2	X7	Penempatan petugas keamanan di seriap halte (a)	0,722
3	X17	Kemampuan armada bus uuntuk mengangkut semua penumpang yang berada di halte (re)	0,638
4	X11	Ketersediaan fasilitas telepon umum, fasilitas pengaduan, jadwal dan rute perjalanan ((t)	0,626
5	X8	Ketersediaan dan kesediaan petugas mendengar keluhan dan membantu calon penumpang (e)	0,617
6	X12	Ketepatan jadwal keberangkatan (re)	0,510

Faktor kedua ini diberikan nama, “Faktor Kemudahan Akses, Keamanan, Ketersediaan Informasi dan Pelayanan Petugas”.

5.3.3. Faktor Ketiga

Tabel 4 Bobot Variabel Yang Mendukung Faktor Ketiga

No	Variabel Pendukung	Nama Variabel	Bobot Variabel
1	X20	Kesopanan dan keramahan petugas dalam memberikan layanan selama perjalanan (a)	0,738
2	X22	Sistem tarif yang layak dan sesuai dengan pelayanan jasa yang diberikan (e)	0,719
3	X21	Keamanan selama perjalanan dalam armada (a)	0,712
4	X27	Fasilitas yang digunakan untuk menyelamatkan diri dalam keadaan darurat (t)	0,701
5	X26	Fasilitas yang disediakan untuk pertolongan pertama (P3K) (t)	0,665
6	X5	Kejujuran petugas penjual karcis dalam mengembalikan uang kembali (a)	0,607
7	X23	Kebersihan dan kenyamanan dalam armada bus (t)	0,547

Dari tabel diatas, variabel X20 mempunyai bobot terbesar, yaitu sebesar 0,738. Variabel ini berasal dari atribut *assurance* bersama 3 variabel lainnya, 1 variabel berasal dari atribut *empathy*, 3 variabel berasal dari atribut *tangible*. Faktor ini adalah faktor terkuat ketiga yang mendasari penilaian terhadap tingkat pelayanan dengan variasi sebesar 17,328% serta melibatkan 7 buah variabel. Faktor ketiga ini dinamai, “Faktor Aksesibilitas dan Keselamatan”.

5.3.4. Faktor Keempat

Tabel 5 Bobot Variabel Yang Mendukung Faktor Keempat

No	Variabel Pendukung	Nama Variabel	Bobot Variabel
1	X14	Keprofesionalan pengemudi dalam mengoperasikan kendaraan bus Trans Padang (re)	0,825
2	X24	Fasilitas pendingin udara dalam bus (t)	0,785
3	X13	Kenyamanan di dalam armada bus trans padang (re)	0,773
4	X19	Ketertiban dalam armada bus Trans Padang (res)	0,513

Faktor ini adalah faktor terkuat keempat yang mendasari penilaian terhadap tingkat pelayanan dengan variasi sebesar 12,717% serta melibatkan 4 buah variabel. Faktor keempat ini dinamai dengan, “Faktor Pelayanan Armada Bus”.

5.4. Usulan Rekomendasi Perbaikan Kualitas Pelayanan Trans Padang

Tabel 6 Hasil Analisis Faktor

Faktor	Nama Faktor	Var.Pendukung	Bobot
1	Faktor Kesatu	X3	0,755
		X4	0,750
		X6	0,717
		X2	0,685
		X15	0,665
		X10	0,625
		X16	0,607
		X12	0,606
		X1	0,576
		X9	0,541
2	Faktor Kedua	X7	0,785

		X17	0,773
		X18	0,759
		X11	0,626
		X8	0,617
		X12	0,510
3	Faktor Ketiga	X20	0,738
		X22	0,719
		X21	0,712
		X27	0,701
		X26	0,665
		X5	0,607
		X23	0,547
4	Faktor Keempat	X14	0,825
		X24	0,785
		X13	0,773
		X19	0,513

Strategi perbaikan dalam penelitian ini dibedakan menjadi dua prioritas yaitu prioritas pertama berdasarkan bobot dari variabel -variabel pendukungnya yang bernilai 1,00-0,75 dan prioritas kedua berdasarkan bobot variabel pendukung faktor yang bernilai 0,75-0,50.

5.4.1. Prioritas Pertama

Usulan perbaikan untuk prioritas pertama didasarkan bobot variabel pendukung faktor bernilai 1,00 sampai 0,75 adalah sebagai berikut :

Tabel 7 Usulan Perbaikan Prioritas Pertama dan Action Plan Pelayanan Bus Trans Padang

Faktor	Nama Faktor	Variabel Pendukung		Bobot	Action Plan
		No.	Uraian		
PRIORITAS PERTAMA					
1	Faktor Penyediaan Sarana dan Prasarana Halte Yang Aman dan Nyaman.	X3	Penerangan yang cukup di halte pada malam hari	0,755	Penambahan lampu dan pengadaan lampu sebagai alat bantu penerangan di halte pada malam hari
		X4	Kejelasan dan kemudahan mendapatkan informasi dan membaca petunjuk	0,750	Ketersediaan Saranan petunjuk informasi yang jelas pada halte sehingga memudahkan calon penumpang untuk mendapatkan informasi, baik terkait rute, maupun halte/TPB terdekat
2	Faktor Keamanan, Ketersediaan Informasi dan Pelayanan Petugas	X7	Penempatan Petugas keamanan di setiap halte	0,785	Diklat bagi para petugas agar mengerti tugas-tugasnya memberi pelayanan kepada calon penumpang di lapangan
		X17	Kemampuan armada bus untuk mengangkut semua penumpang yang berada di halte	0,773	Penambahan jadwal keberangkatan pada jam-jam sibuk sehingga tidak terjadi penumpukan penumpang di halte
		X18	Ketertiban dalam armada bus	0,759	Penempatan petugas yang siap dan mampu menertibkan.
4	Faktor Pelayanan Armada Bus	X14	Keprofesionalan pengemudi armada bus Trans Padang	0,825	Diklat dan pelatihan lanjutan bagi juru mudi armada Trans Padang

		X24	Fasilitas pendingin udara (AC) di dalam armada	0,785	Memastikan pendingin udara di dalam armada berfungsi dengan baik dan pemeliharaan berkala terhadap fasilitas pendingin udara yang harus dilakukan secara kontinue
		X13	Kenyamanan di dalam armada bus Trans Padang	0,773	Perbaikan fasilitas pendingin dan seleksi klasifikasi pengemudi yang membawa armada Trans Padang

5.4.2. Prioritas Kedua

Penilaian pada prioritas kedua adalah untuk factor dengan bobot 0,75 sampai bobot nilai 0,5.

Tabel 8 Usulan Perbaikan Prioritas Kedua dan Action Plan Pelayanan Bus Trans Padang

Faktor	Nama Faktor	Variabel Pendukung		Bobot	Action Plan
		No.	Uraian		
PRIORITAS KEDUA					
1	Faktor Penyediaan Sarana dan Prasarana Halte Yang Aman dan Nyaman.	X6	Perlindungan calon penumpang dari cuaca panas dan hujan	0,715	Penyediaan bangunan halte yang sesuai dengan standar bangunan halte yang dapat melindungi penumpang dari cuaca panas dan hujan
		X2	Keamanan dari tindak kriminal kepada para calon penumpang selama berada di halte	0,685	Penambahan petugas keamanan bekerjasama dengan aparat yang berwenang di halte-halte strategis.
		X15	Pelayanan Trans Padang pada malam hari	0,665	Perpanjangan waktu pelayanan Trans Padang
		X10	Penerangan dan Kenyamanan di ruang tunggu/halte	0,625	Penambahan fasilitas lampu-lampu penerangan
		X16	Kemudahan membaca petunjuk dan mendapatkan informasi tentang perjalanan	0,607	Kesiapan petugas memberikan layanan informasi kepada calon penumpang
		X12	Ketepatan jadwal keberangkatan	0,606	Pengaturan jadwal yang ketat untuk setiap keberangkatan armada bus Trans Padang
		X1	Ketersediaan tempat duduk dan ruang berdiri dan kenyamanan di ruang tunggu penumpang/halte	0,576	Penambahan tempat duduk agar penumpang tidak perlu berdiri di depan pintu masuk
		X9	Kebersihan ruang tunggu dan area halte	0,541	Penempatan petugas kebersihan dan penyediaan tempat sampah di lokasi strategis
2	Faktor Keamanan, Ketersediaan Informasi dan Pelayanan Petugas	X11	Ketersediaan fasilitas telepon umum, fasilitas pengaduan, jadwal dan rute perjalanan	0,626	Pengadaan fasilitas-fasilitas tersebut dalam halte untuk calon penumpang.
		X8	Ketersediaan dan kesediaan petugas mendengar keluhan dan membantu calon penumpang	0,617	Penambahan dan kesiapan petugas memberikan pelayanan yang optimal kepada penumpang
3	Faktor Aksesibilitas	X20	Kesopanan dan keramahan	0,738	Diklat untuk petugas

	dan Keselamatan		petugas dalam memberikan layanan selama perjalanan		dalam menjalankan profesinya termasuk kepedulian dan etika dalam memberikan pelayanan.
		X22	Sistem tariff yang layak dan sesuai dengan pelayanan jasa yang diberikan	0,719	Sistem tariff yang layak sesuai Perda dan penambahan subsidi dari pemerintah
		X21	Keamanan selama perjalanan dalam armada	0,712	Penempatan petugas keamanan bekerjasama dengan pihak aparat berwenang
		X27	Fasilitas yang digunakan untuk menyelamatkan diri dalam keadaan darurat	0,701	Penyediaan fasilitas alat-alat untuk menyelamatkan diri pada keadaan darurat seperti martil dan tabung pemadam kebakaran
		X26	Fasilitas yang disediakan untuk pertolongan pertama (P3K)	0,665	Penyediaan fasilitas P3K termasuk obat-obatan medis di armada Trans Padang
		X5	Kejujuran petugas karcis dalam mengembalikan uang kembali	0,607	Gaji petugas yang layak dan memadai dan kecakapan petugas agar tidak salah memberikan uang kembali.
4	Faktor Pelayanan Armada Bus	X19	Ketetyiban dalam armada bus Trans Padang	0,513	Penempatan petugas yang siap dan mampu menertibkan

6. Kesimpulan dan Saran

6.1. Kesimpulan

Berikut ini adalah kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian yang telah dilakukan :

1. Berdasarkan studi penelitian sebelumnya, maka pada penelitian ini telah dapat mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi penilaian penumpang terhadap pelayanan Trans Padang. Atribut penelitian dilakukan untuk 2 fasilitas yaitu fasilitas halte dan fasilitas armada bus Trans Padang. Dapat terurai bersama dengan penelitian ini, yang tercantum dalam pertanyaan/ Pernyataan yang harus dijawab oleh responden sebagai objek yang diteliti adalah merupakan faktor-faktor penilaian yang disebut dengan variabel penilaian sebanyak 27 (dua puluh tujuh) variabel.
2. Dari hasil penelitian dengan 114 responden dan 27 variabel pertanyaan dapat disimpulkan bahwa tingkat pelayanan ternyata merupakan faktor yang mempengaruhi pengguna jasa terhadap preferensinya atas pelayanan operator. Hasil dari ekstraksi faktor adalah Pelayanan fasilitas dan kinerja operator bus way *Trans Padang* tergambar sebesar 69,6% menghasilkan 4 faktor yang memengaruhi tingkat kepuasan pengguna jasa. Dengan nilai sebesar 69,6% menjelaskan bahwa 4 faktor yang sudah dikelompokkan tersebut sudah mampu memberikan pelayanan kepada penumpang Trans Padang. Sedangkan sisanya sebesar 30,4% menyatakan besarnya pelayanan yang tidak tergambar.

Ke empat faktor yang mempengaruhi penilaian penumpang bus *Trans Padang* adalah gambaran kondisi di lapangan tentang tingkat pelayanan operator bus *Trans Padang* berdasarkan persepsi penumpangnya, adalah sebagai berikut :

- a. Faktor Penyediaan sarana dan prasarana Halte yang nyaman dan aman, adalah faktor tertinggi pertama tingkat pelayanan tergambar sebesar 21,923%.
- b. Faktor Keamanan, Ketersediaan Informasi dan Pelayanan Petugas, adalah faktor kedua tingkat pelayanan tergambar sebesar 17,592%.
- c. Faktor Aksesibilitas dan Keselamatan, adalah faktor ketiga tingkat pelayanan tergambar sebesar 17,328%.

- d. Faktor Pelayanan Armada Bus, adalah faktor keempat tingkat pelayanan tergambar sebesar 12,717%.
3. Berdasarkan 4 faktor utama yang menjadi factor penilaian penumpang terhadap kinerja Trans Padang penelitian ini juga merumuskan rekomendasi perbaikan dengan dua prioritas perbaikan. Prioritas pertama untuk variabel pendukung dengan nilai 1,00 – 0,75 dan Prioritas kedua untuk variabel pendukung dengan nilai 0,75 – 0,5.

6.2. Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Agar tercapai pelayanan yang prima untuk konsumen bus *Trans Padang* antara pihak operator dengan instansi terkait seperti Pemerintahan Kota Padang sebagai user dan Dinas Perhubungan Kota Padang sebagai pelaksana teknis dari penyelenggaraan bus *Trans Padang* ini untuk selalu mengadakan koordinasi yang sebaik-baiknya.
2. Penelitian ini dapat digunakan sebagai rekomendasi pada penelitian selanjutnya maupun penelitian sejenis. Hal ini didasari bahwa penelitian yang dilakukan ini adalah masih mempunyai kelemahan dan keterbatasan ruang lingkup. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini masih terbatas pada 2 atribut pelayanan saja yaitu halted an armada bus Trans Padang. Sehingga dalam penelitian ini hanya mengakomodir 27 variabel penelitian saja. Diharapkan kedepannya ada penelitian lanjutan sehingga dapat mengakomodir substansi penelitian yang lebih menyempurnakan dari penelitian yang dilakukan saat ini.
3. Diharapkan kedepannya melalui penelitian lebih lanjut dengan substansi penelitian yang lebih detail mampu menjawab kebutuhan prioritas perbaikan agar didapat suatu pelayanan masyarakat yang prima serta mampu menjawab tantangan transportasi masa depan di Kota Padang dan menyelesaikan sebagian masalah angkutan umum massal yang lebih baik, aman, nyaman, terjangkau dan manusiawi.
4. Penelitian ini hendaknya bisa dipergunakan sebagai rekomendasi, bahan pertimbangan dan tolak ukur untuk penyelenggaraan bus *Trans Padang* pada koridor - koridor selanjutnya dan untuk pengambilan keputusan oleh pihak operator dan instansi terkait dalam memberikan pelayanan yang optimal bagi penggunanya.

Daftar pustaka

- Badan Litbang Departemen Perhubungan (2004), “Kajian Penyelenggaraan Busway”, Warta Penelitian Perhubungan Jakarta.
- Badan Pusat Statistik (2010), “Sumbar dalam Angka”, BPS, Padang
- Badan Pusat Statistik (2012), “Sumbar dalam Angka”, BPS, Padang
- Dirjend Nomor 687/AJ.206/DRJD/2002 tentang Pedoman Teknis Penyelenggaraan Angkutan Penumpang Umum Diwilayah Perkotaan Dalam Trayek Tetap dan Teratur
- Dillon,R.,W.,and Goldstein.,M.(1984), “Multivariate Analysis and Aplications”, Jhon Wiley And son, New York
- Dinas Perhubungan Pemerintahan Kota Padang (2009)., “Laporan Akhir”, Penyusunan Detail Engineering Design (DED) Angkutan Massal Kota Padang
- Indria Nurvia.P, “ Analisis Persepsi Penumpang Terhadap Tingkat Pelayanan Bus Way Studi Kasus : Bus Way Trans Jakarta Koridor I, S2 Teknik Sipil Universitas Diponegoro.
- Jonathan Sarwono (2006), “Analisis Data Penelitian Menggunakan SPSS 13”, Penerbit Andi
- John B.Kennedy (1976) , “Basic Statistical Methods for Engineering and Scientists, 2nd Edition”.
- Kanafani,A.(1983), “Transportation Demand Analysis”, University of California, Berkeley
- Manheim,L., M. (1979), “ Fundamental Transportation System Analysis”, Volume 1, Basic Concept, The MIT Press,Cambridge
- Morlok,K..E.(1978), “Introduction and Transport Planning”, Mc.Graw Hill,Inc., New York
- Mulyana.D (2001), “Metedologi Penelitian Kualitatif”, Remaja Rosdakarya, Indonesia
- Murray R.Spiegel, Larry J.Stephens, Schaums Outlines, Statistik Edisi Ketiga.

- Saksono.B,Darmaningtyas,Waro.AI (2012), Manajemen Transjakarta Busway (Pengantar : M AKBAR)
- Singarimbun.M , Effendi.S (1985),. Metode Penelitian Survey, Edisi Kedua, LP3ES, Jakarta
- Supranto.J.(1996), “Statistik”, Edisi kelima, Penerbit Erlangga
- Swastanto.B, “Analisis Faktor – Faktor Yang Mempengaruhi Perilaku Pengguna Jasa Terhadap Pelayanan Angkutan Barang Pelabuhan Cirebon Jawa Barat, 1999”, S2 Transportasi Institut Teknologi Bandung.
- Transportation Research Board, “Bus Rapid Transit” (2003), Transit Cooperative Research Program, Washington DC
- Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas Angkutan Jalan (LLAJ).
- V.R.Vuchic (1981), “Urban Public Transportation System and Technology”, Englewood Cliffs,NJ,Prentice-Hall
- Wibisono.D. (2003), “Riset Bisnis : Panduan bagi Praktisi dan Akademisi”, Penerbit Gramedia Pustaka Utama
- Zeithaml,A., V.,Parasuraman, A., and Berry, L., L.(1990), Delivering Quality, “Service Balancing Customer Perception and Expectation”, The Press New York

Model Kerjasama Antar Instansi untuk Perencanaan Pembangunan Infrastruktur Daerah

Ipak Neneng Mardiah Bukit

Staf Pengajar, Prodi Teknik Sipil, FT, Universitas Samudra, Kota Langsa, Aceh;
ipak_neneng@yahoo.com

Lely Masthura

Staf Pengajar, Prodi Teknik Sipil FT Universitas Samudra, Kota Langsa, Aceh;
elmasthura@yahoo.co.id

Abstrak

Sistem otonomi khusus daerah yang diterapkan bagi Propinsi Aceh dan kabupaten/kota di bawahnya, memberikan keleluasaan bagi pemerintah daerah untuk melakukan perencanaan pembangunan infrastruktur yang tujuan utamanya adalah untuk kesejahteraan rakyat di daerah. Namun masih banyak kendala dalam pelaksanaan pembangunan di lapangan. Begitu banyak kebutuhan masyarakat yang harus dapat diakomodir oleh pemerintah bersama instansi terkait dalam pemenuhan kebutuhan infrastruktur ini menyebabkan terjadinya pelaksanaan pekerjaan yang tumpang tindih, dan seringkali saling berbenturan antara satu pekerjaan dengan pekerjaan lainnya. Contoh sederhana adalah pembongkaran suatu infrastruktur yang sudah jadi karena ada pekerjaan yang lain yang dibutuhkan dan dikerjakan oleh stakeholder yang berbeda. Selain situasi karena adanya pembongkaran sangat tidak nyaman dan mengganggu pengguna infrastruktur tersebut, proses pekerjaan ini juga mengakibatkan biaya tak terduga yang harus dikeluarkan dan kemungkinan timbulnya resiko akibat kerusakan pada salah satu prasarana yang sudah tersedia. Akibatnya muncul kesan bahwa pembangunan tidak direncanakan dengan baik oleh pemerintah daerah. Manajemen proyek dan pengaturan rencana pelaksanaan di lapangan membutuhkan sebuah system yang konstruktif, bukan destruktif. Bagaimana merubah dan memperbaiki system kerja antar instansi tersebut merupakan tantangan dalam aplikasi ilmu Manajemen Proyek. Latar belakang tersebut melahirkan pemikiran untuk menciptakan sebuah model kerjasama/koordinasi antar instansi yang dilaksanakan sejak masa perencanaan pembangunan daerah di Bappeda (Badan Perencanaan Pembangunan Daerah). Model ini akan merujuk pada sebuah system perencanaan infrastruktur yang sustainable dengan melibatkan Spatial Data Infrastructure (SDI). Metode penelitian yang digunakan adalah *sustainable infrastructure system* dimana model perencanaan infrastruktur berkaitan menggunakan *land theory* yang melibatkan *resources, regulation, information, time, partnership, standards, risk management* (ketersediaan sumber daya baik alam maupun manusia, kewilayahan atau tata ruang, kebijakan pemerintah, informasi, waktu, kerjasama, standard teknik, dan resiko). Hasil dari penulisan ini adalah tiga model yaitu model koordinasi *vertical*, model koordinasi *horizontal* dan model *risk management*. Ketiga model menegaskan pentingnya SDI pada hubungan kerja antar instansi di daerah khususnya pada perencanaan pembangunan infrastruktur daerah.

Kata kunci: perencanaan, pelaksanaan, infrastruktur, model koordinasi

1. Pendahuluan

Pembangunan infrastruktur daerah merupakan suatu pekerjaan yang merupakan dasar dari pembangunan daerah. Sebuah infrastruktur yang baik akan menentukan apakah keseluruhan rencana pembangunan daerah dapat berjalan dengan baik sesuai yang dicita-citakan bersama. Pemerintah daerah kabupaten/kota di Propinsi Aceh bertanggungjawab penuh terhadap pelaksanaan pembangunan infrastruktur sesuai dengan undang-undang tentang Pemerintahan Aceh tahun 2006 pasal 1(3):

Kabupaten/kota adalah bagian dari daerah provinsi sebagai suatu kesatuan masyarakat hukum yang diberi kewenangan khusus untuk mengatur dan mengurus sendiri urusan pemerintahan dan kepentingan masyarakat setempat sesuai dengan peraturan perundang-undangan dalam sistem dan prinsip Negara Kesatuan Republik Indonesia berdasarkan Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945, yang dipimpin oleh seorang bupati/walikota. (UUPA, 2006)

Undang-undang memberikan kewenangan penuh kepada pemerintah daerah untuk merencanakan, mengadakan, melaksanakan pekerjaan pembangunan sebagai bagian dari perwujudan kesejahteraan rakyat di daerah tersebut.

Dibagian yang lain UUPA menyebutkan:

Pemerintah kabupaten/kota mengikutsertakan masyarakat dalam perencanaan, pengelolaan, pelaksanaan dan pengawasan pembangunan kawasan perkotaan.(UUPA Pa 6(6), 2006).

Dengan demikian rakyat juga ikut berperan dalam pekerjaan pembangunan daerah di kabupaten/kota. Kedua pasal di atas menekankan pentingnya kerjasama yang baik antara pihak-pihak yang terlibat dalam pembangunan. Terutama dalam pembangunan infrastruktur, perencanaan menjadi sangat penting peranannya. Proses pelaksanaan akan terhambat jika perencanaan tidak dikerjakan dalam suatu system yang baik, terukur, terstruktur, dan sistematis. Karena pekerjaan Infrastruktur selalu melibatkan banyak sekali aspek yang menjadi ciri khas dari manajemen proyek, maka system ini menjadi sangat penting. *Land administration* adalah salah satu aspek penting dalam perencanaan pembangunan infrastruktur, yang harus dapat dikelola dengan baik ketika pembangunan infrastruktur dikerjakan.

Permasalahan yang seringkali dijumpai di lapangan adalah proses pembangunan yang tumpang tindih antar instansi daerah menyebabkan penggunaan lahan menjadi tidak efektif. Pekerjaan baru tidak memperhatikan infrastruktur yang sudah ada di lokasi pekerjaan. Beberapa ruas jalan harus dirusak karena ada pekerjaan pemasangan kabel telekomunikasi atau pipa air. Pipa air menjadi bocor karena ada pekerjaan galian untuk timbunan trotoar jalan dan seterusnya. Akibatnya tidak ada pekerjaan yang selesai dengan bersih, rapih, dengan hasil yang segera dapat dinikmati oleh masyarakat. Pemandangan juga menjadi tidak menyenangkan. Begitu terus menerus sehingga kesan yang didapat adalah tidak ada koordinasi antara instansi/stakeholders yang terlibat dalam pembangunan di daerah. Hal ini terjadi karena tidak ada sistem data *sharing* antara instansi/stakeholders.

Begitu banyaknya aspek yang harus dikendalikan, bersamaan dengan begitu banyak pihak yang terlibat, membuat perencanaan pembangunan infrastruktur seharusnya dibuat dalam sebuah system jaringan kerja yang dapat mengakomodir keseluruhan aspek tadi. Koordinasi adalah kunci utama dalam perencanaan model dalam paper ini. Hubungan kerja yang baik antara system administrasi lahan (*land administration system*) dan pembangunan infrastruktur yang baru dibutuhkan untuk meningkatkan kemampuan stakeholders untuk mengatur informasi bagi keperluan manajemen resiko (*risk management*), seperti diterangkan oleh Potts dkk (2012). Sementara sebuah system yang baik untuk mengendalikan pekerjaan pembangunan yang begitu kompleks di daerah belum ada sampai saat ini. Setiap stakeholders atau instansi pemerintah berjalan sendiri-sendiri ketika pelaksanaan pekerjaan berlangsung.

Di daerah terdapat Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (Bappeda) yang merupakan kontroler utama bagi perencanaan pembangunan di kab/kota. Namun pelaksana penyedia infrastruktur terbagi dalam beberapa instansi menurut bidang pekerjaan masing-masing.

Bappeda:

Salah satu tugas dan fungsi bappeda adalah melaksanakan koordinasi / kerja sama dan kemitraan dengan unit kerja/instansi/lembaga atau pihak ketiga di bidang pengelolaan tata ruang pengembangan wilayah dan kerjasama pembangunan. Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (Bappeda atau sebutan lain adalah unsur perencana penyelenggaraan Pemerintahan) yang melaksanakan tugas dan mengkoordinasikan penyusunan, pengendalian, dan evaluasi pelaksanaan rencana pembangunan daerah (Permendagri, 2010). Dengan demikian kerjasama antar instansi pelaksanaan pembangunan infrastruktur menjadi tanggungjawab Bappeda kab/kota.

Paper ini akan membahas kegiatan pembangunan infrastruktur daerah di bawah wewenang Bappeda Kota Langsa, Propinsi Aceh. Bappeda Kota Langsa bekerja bersama-sama dinas, BUMD, dan BUMN yang berada di wilayah Kota Langsa yang dapat dijabarkan di bawah ini.

Dinas-Dinas yang dibawah Bappeda Kota Langsa:

- Dinas Pekerjaan Umum Kota Langsa
- Dinas Kebersihan dan Lingkungan Hidup Kota Langsa
- Dinas Perhubungan, Komunikasi dan Informasi Kota Langsa
- Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kota Langsa

BUMD Kota Langsa

- Perusahaan Daerah Air Minum

Instansi vertikal/BUMN yang ikut berperan dalam pembangunan infrastruktur daerah:

- PT. Telkom
- Perusahaan Listrik Negara (PLN)
- PTP Nusantara I (Persero)
- PT KAI

2. Latar Belakang Masalah

Bappeda mempunyai hubungan koordinasi yang jelas dengan dinas-dinas untuk penyelarasan kegiatan program kerja SKPD (Satuan Kerja Perangkat Daerah) Kabupaten/Kota sehingga tercapai target dan sasaran dalam rangka sinergi antar SKPD seperti dijelaskan dalam pasal 147 (2.d) (Permendagri, 2010). Musrenbang (Musyawarah perencanaan pembangunan) Kab/Kota yang dilaksanakan oleh Bappeda Kab/Kota adalah untuk merumuskan rencana kegiatan dan kerja kab/kota dalam RKPD (Rencana Kerja Pemerintah Daerah) setiap tahunnya.

Musyawarah Perencanaan Pembangunan yang selanjutnya disingkat Musrenbang adalah forum antarpelaku dalam rangka menyusun rencana pembangunan Nasional dan rencana pembangunan Daerah (UU-RI Pa.1(21); 2004).

Dalam RKPD, seluruh rencana kegiatan pemerintah daerah kab/kota disampaikan kepada Musrenbang Propinsi di Banda Aceh. Proses ini menekankan adanya kerjasama antara masyarakat dan pemerintahan (*bottom up*) dalam perencanaan pembangunan daerah terutama dalam bidang infrastruktur. Musrenbang dilakukan untuk masa perencanaan dan tidak melibatkan BUMD maupun BUMN. Fungsi Bappeda untuk setiap dinas ada pada setiap tahap pembangunan infrastruktur, mulai dari perencanaan, pelaksanaan, dan pengawasan hasil kerja.

Khusus BUMD, Bappeda mempunyai hubungan kerjasama dalam hal CSR (*corporate social responsibility*) dan koordinasi kegiatan infrastruktur PDAM di wilayah kerjanya, namun tidak dalam kapasitas sebagai rekan kerja atau fungsi pengawasan. Koordinasi Bappeda pada pelaksanaan kegiatan PDAM tidak diatur oleh peraturan daerah, sehingga beberapa kegiatan yang dilakukan oleh PDAM lolos pengawasan oleh pemerintah daerah. Meskipun demikian, pelaksanaan tugas dari PDAM akan masuk ke dalam Rencana Detail Tata Ruang (RDTR) yang akan dimulai pada tahun 2015 oleh Bappeda Kota Langsa.

Permasalahan yang dihadapi dalam koordinasi ini adalah adanya instansi vertikal dibawah kementerian BUMN yang juga bekerja dalam wilayah kab/kota tidak memiliki hubungan kerjasama dan Bappeda tidak mempunyai wewenang untuk intervensi kegiatan mereka di wilayah kerja Bappeda Kota Langsa. Setiap kegiatan BUMN di daerah dipantau langsung oleh Pusat, dimana tidak terlalu efektif mengingat jarak dan waktu membatasi terutama untuk kegiatan-kegiatan infrastruktur dengan skala kecil (seperti pemasangan kabel, tiang listrik DLL) seringkali luput dari pengawasan pusat.

Masalah yang paling sering dihadapi oleh Bappeda adalah *business minded* dari beberapa BUMN sehingga pelaksanaan pekerjaan perusahaan tetap berpaku pada kebijakan ekonomis atau tidak. Terutama bagi pelayanan masyarakat, perusahaan masih mengedepankan keuntungan. Permasalahan lain adalah *land administration* yang rumit dan berbelit-belit. Sehingga Pemerintah Daerah dalam perencanaan pembangunan infrastruktur sering berhadapan dengan BUMN sebagai

pemilik lahan tak terpakai seperti PT KAI maupun PTP Nusantara I dalam hal penggunaan lahan bagi kebutuhan pembangunan.

Kondisi ini tidak mendukung koordinasi antara pelaksana kegiatan BUMN dengan koordinator pembangunan di kab/kota. Upaya pengajuan usulan koordinasi sering kali dilakukan oleh Bappeda kab/kota, namun masih terkendala dengan belum adanya peraturan yang mengikat antara pihak-pihak yang terkait (wawancara dengan staff Bappeda Kota Langsa, 2014).

Selain itu, kegiatan pemerintah dengan level kewilayahan berbeda yang tumpang tindih pada satu lokasi juga menjadi persoalan dalam perencanaan pembangunan infrastruktur. Level kewilayahan maksudnya adalah administrasi pemerintahan yaitu pemerintah kab/kota dan Pemerintah Provinsi. Misalnya infrastruktur jalan, pemerintah kota tidak berwenang pada pembangunan jalan nasional atau provinsi dan sebaliknya (*vice versa*).

Berdasarkan latar belakang di atas, kami mencoba memberikan bentuk model kerjasama yang mirip sebuah jaringan kerja. Model ini akan melibatkan semua instansi/BUMD/BUMN/stakeholders/wilayah kerja beda level. Framework yang dibuat adalah *spatial data infrastructure (SDI)* yaitu; *policy/regulation, land/spaces, resources, information, time, partnership, standards, risk management*.

3. Metode dan Pendekatan

Berdasarkan uraian dari pendahuluan, maka tujuan dari paper ini adalah membuat suatu model kerjasama antar instansi dengan studi kasus rencana pembangunan infrastruktur Kota Langsa, Aceh. Namun model ini baru dapat digunakan jika peraturan daerah tentang koordinasi antar instansi yang sesuai juga dibuat.

Metode yang digunakan dalam pembahasan adalah dengan *sustainable infrastructure system* yang menghubungkan berbagai aspek dalam pembangunan infrastruktur terutama dengan melakukan pendekatan *infrastructure theory* dan *land theory*. Land theory akan dijelaskan dengan *Spatial Data Infrastructure (SDI) hierarchy, Stakeholders analysis*; dan *infrastructure theory* akan dijelaskan dengan *infrastructure as a system* dan *risk management*.

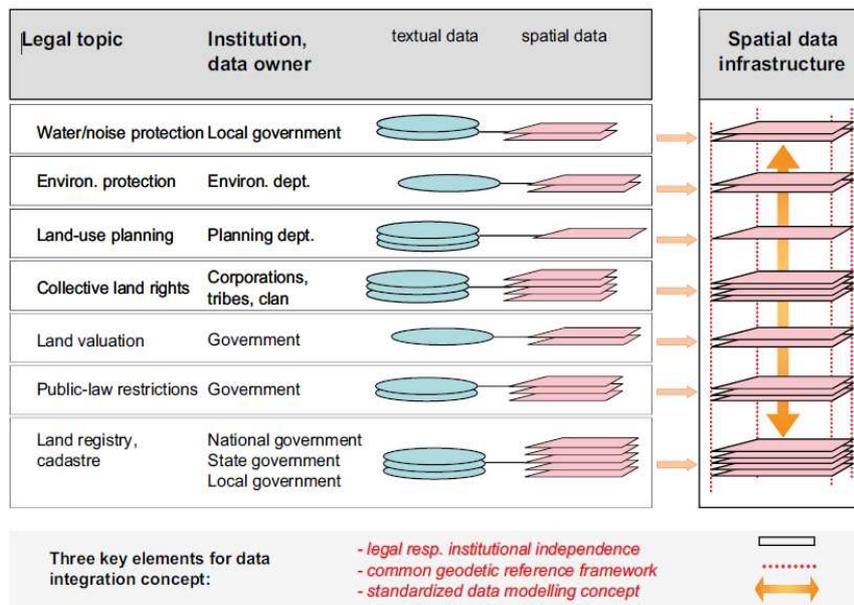
Sebelum melanjutkan pembahasan paper ini, maka perlu dibuat suatu batasan dan pokok uraian yang nantinya akan menjadi pembahasan kita. Yang pertama adalah sebuah *case study* dan penelitian tentang *stakeholders* yang terlibat dalam pembangunan infrastruktur di Kota Langsa, Aceh. Kedua adalah informasi infrastruktur yang digunakan oleh setiap instansi dalam pembuatan rencana infrastruktur mereka, baik yang baru maupun bagi pekerjaan pemeliharaan. Ketiga adalah potensi kerjasama yang mungkin bisa dilakukan antar instansi tersebut dalam sebuah *mind mapping* (pemetaan). Keempat adalah mencoba membuat sebuah model jaringan yang mengedepankan kerjasama antar instansi dalam perencanaan pembangunan infrastruktur.

4. Kepustakaan

Model adalah bentuk dari gagasan sebagai hasil dari pemikiran yang besar namun dibuat sederhana (terjemahan bebas- pen.) atau dapat juga dijelaskan sebagai sebuah system yang memungkinkan kita melakukan simulasi terhadap kegiatan atau proses yang sedianya dilakukan secara real di lapangan, dengan sebuah konsep yang sederhana namun mewakili seluruh permasalahan yang ada. Dalam hal ini adalah koordinasi antar instansi di daerah, digambarkan sebagai sebuah hubungan saling terkait, terikat, dan terarah (digambarkan dengan tanda anak panah).

Koordinasi adalah suatu tindakan membuat orang-orang atau badan-badan bekerja bersama-sama untuk mencapai tujuan yang telah disepakati bersama pula oleh suatu organisasi atau bagaimana membuat element-element dalam organisasi dapat bekerja sama dengan baik untuk mencapai tujuan organisasi tersebut (terjemahan bebas dari Oxford Dictionary).

Berikut contoh model konsep integrasi data yang melibatkan berbagai jenis pekerjaan (topic), institution (stakeholders), textual data dan spatial data. Hubungan kerjasama keseluruhan komponen tersebut dilukiskan saling terkait, berjenjang dan sistematis.



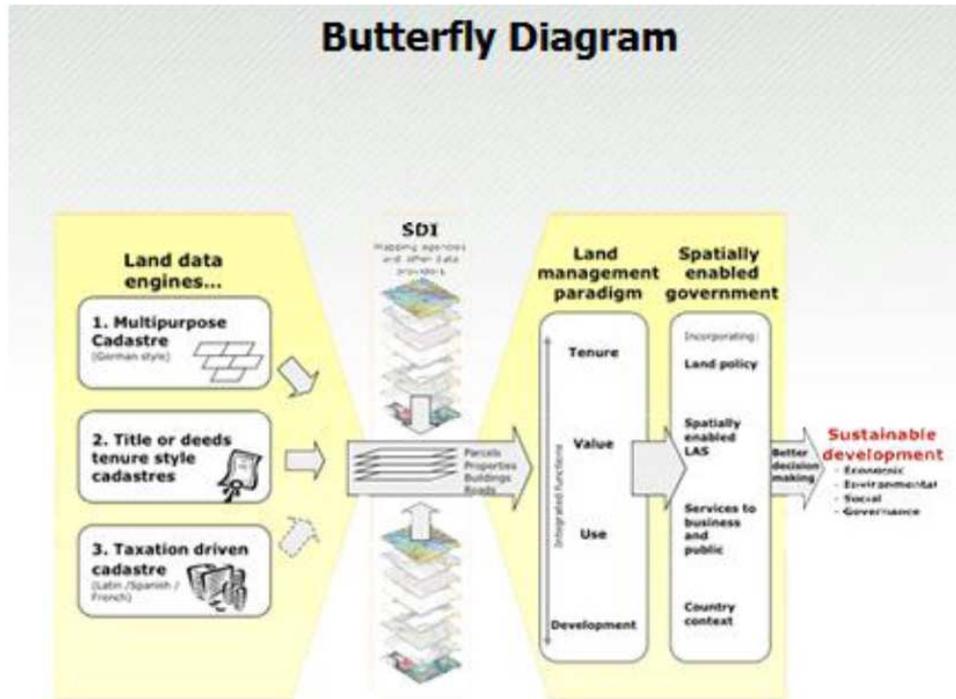
Gambar 1. Tiga element kunci untuk konsep integrasi data: legal/institusional, independence, system referensi geodesi, dan konsep model data standar (Kaufmann dan Steudler, 2012)

Gambar di atas menjelaskan bagaimana hubungan antar departemen dalam konsep integrasi data oleh Kaufmann dan Steudler (2012). Konsep integrasi data ini memuat koordinasi data sharing antar institusi dalam spatial data infrastructure. Spatial data infrastructure adalah data tentang infrastruktur dalam konsep lahan/space/ruang/tata ruang atau sering disebut *land theory*. Konsep ini bisa diadaptasi untuk membuat pemodelan kerjasama untuk paper ini karena koordinasi antara Bappeda, Dinas-dinas kab/kota, BUMD dan BUMN juga melibatkan spatial data infrastructure (SDI). Salah satu data dari SDI adalah data lahan dan data infrastruktur yang sudah ada di lahan tersebut sehingga dapat menjadi acuan perencanaan selanjutnya.

Sebelum melangkah lebih jauh, perlu dijelaskan apa yang dimaksud dengan Spatial Data Infrastructure (SDI). Data lokasi sudah dianggap sebagai pendorong dari proses pengambilan keputusan memperkaya khazanah ilmu pengambilan keputusan yang lebih tradisional (Social, Economic dan Environmental) (Rajabifard dan Coleman, 2012). Hal ini juga disebutkan oleh Paudyal dkk (2012) bahwa dewasa ini SDI semakin rutin dipakai dalam pengambilan keputusan bagi masalah kemasyarakatan. Dan bahwa informasi infrastruktur merupakan penggerak penting sebagai *transformation technologies* bagi tercapainya tujuan social dan pertumbuhan ekonomi (Rajabifard dan Coleman, 2012).

SDI akan dipakai dalam model kerjasama ini: “A spatial data infrastructure (SDI) is an evolutionary concept related to the facilitation and coordination of the exchange and sharing of spatial data and services”(Harvey dkk, 2012).

SDI adalah sebuah konsep evolusioner yang berhubungan dengan fasilitasi dan koordinasi atas pergantian dan saling berbagi data maupun jasa spatial (terjemahan bebas dari Harvey dkk, 2012). Dari pengertian tersebut dapatlah dikatakan bahwa beberapa instansi di bawah Bappeda kab/kota sebagai badan koordinasi pembangunan, dapat membuat sebuah system informasi data *sharing* untuk kebutuhan perencanaan pembangunan daerah.



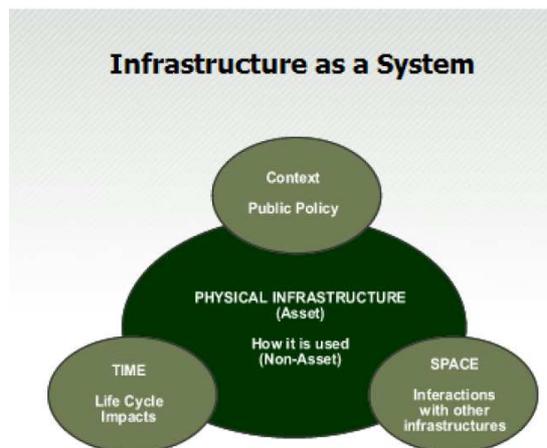
Gambar 2. Butterfly Diagram model

Sumber: CSDILA-MSE, Sustainable Infrastructure System, 2012

Kemampuan instansi di daerah untuk mengumpulkan data infrastruktur, menyusunnya dalam sebuah system yang rapih, dan dapat diakses dengan mudah oleh pihak-pihak terkait menjadi penting. Karena kemampuan untuk berbagi geo-data merupakan kunci utama kesuksesan spatial data infrastructure (van Loenen dkk, 2012). Dengan geo-data, SDI akan sangat membantu bagi proses pembangunan di daerah.

Model di atas menjelaskan hubungan perangkat kewilayahan dengan SDI memberikan nilai terhadap land management dan pemerintah yang terkait, yang hasilnya adalah sustainable development di bidang lingkungan, social, ekonomi dan pemerintahan.

Data adalah fakta maupun statistik yang dikumpulkan untuk referensi dan analisis (terjemahan bebas dari Oxford Dictionary).

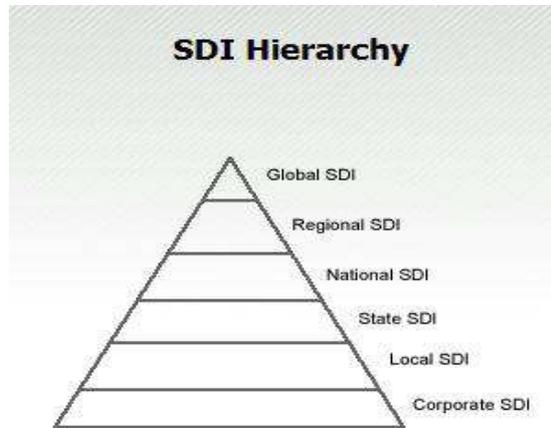


Gambar 3. Infrastruktur sebagai sebuah system

Sumber: CSDILA-MSE, Sustainable Infrastructure System, 2012

Teori lainnya bahwa infrastruktur itu dapat dikatakan sebagai sebuah system yang melibatkan policy (peraturan daerah), space (lahan) dan time (waktu). Teori ini menjelaskan bahwa untuk membuat suatu system yang baik maka time schedule harus dimasukkan ke dalam model kerjasama tersebut. Context adalah peraturan/regulasi yang mengatur semua kegiatan di daerah (dalam UUPA

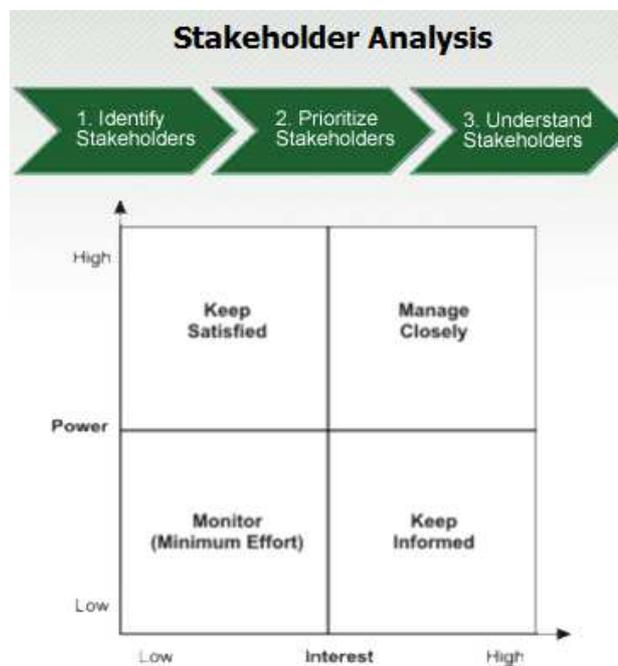
disebut Qanun). Space adalah ruang/wilayah/lahan/land dan waktu tidak bisa dipisahkan dari perencanaan pembangunan karena proyek memiliki *lifecycle* (daur hidup) dari awal sampai akhir. Apakah waktu pelaksanaan dari setiap kegiatan masing-masing instansi dapat disinkronkan? Hal ini merupakan tantangan bagi pelaksana di lapangan.



Gambar 4. SDI Hierarchy

Sumber: CSDILA-MSE, Sustainable Infrastructure System, 2012

SDI Hierarchy dibuat untuk menjelaskan hubungan SDI dalam berbagai level. Setiap level merupakan bagian dari level di atasnya. Hubungan berjenjang ini juga memberikan gambaran adanya garis koordinasi di setiap level, yang menjelaskan pentingnya informasi infrastruktur untuk diteruskan dari bawah ke atas dan sebaliknya.

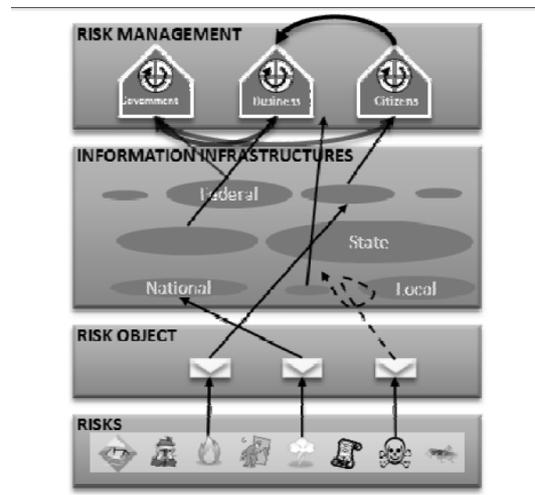


Gambar 5. Stakeholders Analysis

Sumber: Sustainable Infrastructure System, 2012

Stakeholders analysis adalah sebuah metode yang digunakan untuk mengenal, mengutamakan dan mengerti dengan lebih baik stakeholders yang terlibat dalam suatu proyek/pekerjaan pembangunan (CSDILA-MSE, 2012).

Risk management adalah kemampuan manusia untuk menghindari (*avoided*), mengatasi (*mitigated*) dan menata (*managed*) seluruh atau sebagian resiko yang terjadi dan mungkin terjadi di alam dengan memberikan konsep kewilayahan/tata ruang.



Gambar 6. Urutan resiko
Sumber: Potts dkk, 2012

Resiko selalu mengikuti dalam setiap pekerjaan infrastruktur. Ada lagi resiko bencana alam yang harus menjadi perhatian oleh perencana pembangunan. Resiko untuk pekerjaan dan bencana mengharuskan adanya program *risk management* dan *disaster management* untuk penanggulangan maupun keperluan mitigasi (Potts dkk, 2012). Pentingnya teori ini pada pemodelan kerjasama ini adalah memastikan pelaksana pembangunan siap dengan resiko yang terjadi pada saat pekerjaan di lapangan dan juga saat pemanfaatan infrastruktur.

5. Pembahasan

Pembahasan merupakan pemecahan masalah dari permasalahan yang diutarakan sebelumnya pada pendahuluan. Pembahasan akan memberikan solusi, penerapan metode dan perancangan model.

5.1. Sistem Koordinasi

Sudah dijelaskan sebelumnya bagaimana hubungan antara Instansi/BUMD/BUMN di kota Langsa dan kelemahan yang menjadi permasalahan dalam koordinasi perencanaan pembangunan di kab/kota. Koordinasi dilakukan oleh Bappeda kota kepada setiap program SKPD (Satuan Kerja Perangkat Daerah) yang dilakukan di kota.

Secara singkat dapat diilustrasikan sebagai berikut: Bappeda bertugas mengumpulkan semua program dari semua SKPD kab/kota. Selanjutnya memberikan masukan, bantahan, bantuan pada masa perencanaan sesuai dengan RPJM kota. Selama pelaksanaan, Bappeda tidak terlalu terlibat namun ketika pekerjaan selesai dan akan dimanfaatkan terdapat fungsi monitoring dan evaluasi kepada setiap instansi. Masyarakat juga dilibatkan dalam hal pelaporan keluhan dan permasalahan kenyamanan pengguna kepada Bappeda Kota.

Khusus untuk infrastruktur, Bappeda Kota bidang perencanaan Pembangunan sarana dan Prasarana bertugas mengarahkan dan mengkoordinir program perencanaan pengembangan infrastruktur (Subbid Pengembangan Infrastruktur, Iptek Dan Energi) dan penataan ruang dan Sumber daya (Subbid Pengembangan Sumber Daya Dan Penataan Wilayah Dan Kerjasama Pembangunan). Monitoring dan evaluasi pelaksanaan kegiatan dilakukan oleh Bidang Pengendalian Dan Evaluasi (Sekretaris Bappeda, 2014*). Perlu dijelaskan koordinasi disini hanya efektif untuk dinas-dinas di bawah Bappeda Kota Langsa, tidak berlaku bagi BUMD, BUMN dan level administrasi pemerintah di atasnya.

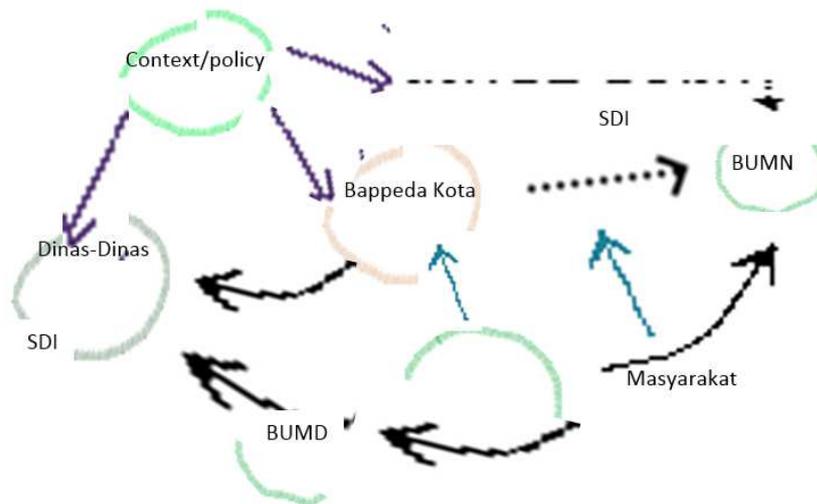
Selanjutnya mari kita terjemahkan gagasan dalam sebuah *mapping* (pemetaan).

5.2. Mapping Outline

Sebelum membuat model koordinasi, sebuah *mind mapping* akan sangat membantu dalam mengakomodir gagasan dan hasil pemikiran dari proses.

Pelopor dari praktik pemetaan terintegrasi sejak tahun 1960an telah mempromosikan system registrasi, overlay, pemahaman dan analisis dari lapisan-lapisan peta atau tema menjadi sebuah solusi praktis untuk memecahkan masalah-masalah dalam hal penggunaan lahan dan penentuan sumber daya (resources) (Tomlinson, 1967) sebagaimana dikutip oleh Rajabifard dan Coleman (2012).

Kita akan membuat suatu mind mapping untuk menjabarkan data mentah untuk pemecahan masalah koordinasi dalam sebuah peta tema sederhana sebagai berikut:



Gambar 7. Mind mapping

Anak panah menjelaskan hubungan kerjasama:

- regulasi
- control
- pengawasan tak terikat (putus-putus)
- pelaporan/keluhan masyarakat

Selanjutnya kita jabarkan ke bentuk yang lebih teratur menjadi sebuah model.

5.3. Pemodelan

Pemodelan dibuat untuk mempermudah sebuah system dapat berjalan seperti yang diharapkan dalam tujuan bersama. Sebuah model juga akan menjadi acuan dalam menyusun *standard operation and procedure* bagi pelaku/pelaksana di dalam system tersebut.

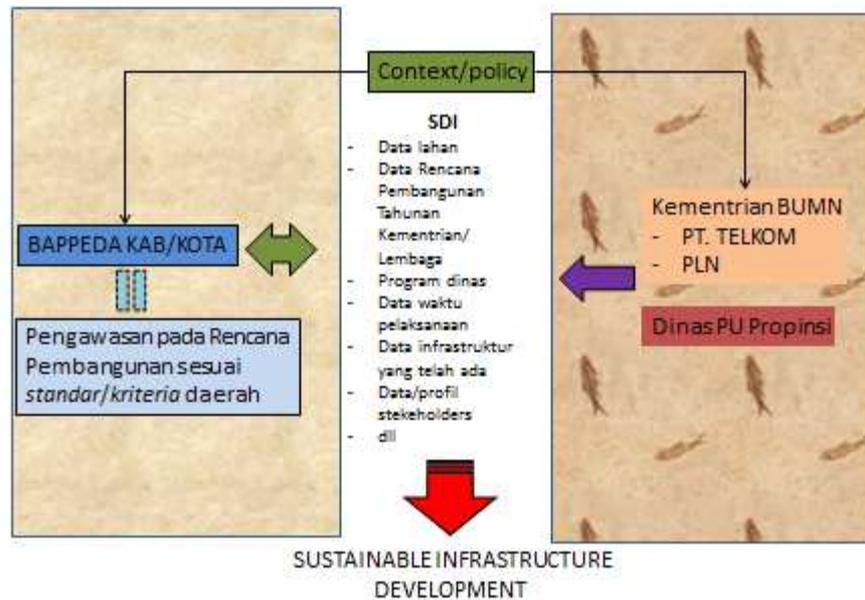
Untuk koordinasi pembangunan infrastruktur daerah dibuat pemodelan sebagai berikut:

1. Model Koordinasi Vertikal

Model Koordinasi Vertikal ini dalam memberikan wewenang kepada Bappeda kab/kota untuk mengawasi perencanaan pembangunan level administrasi pemerintah di atasnya (Propinsi dan Pusat) tentunya dengan regulasi yang dibuat sebagai turunan undang-undang dari UU No. 25 tahun 2004, sebagai berikut: “Kepala Bappeda mengkoordinasikan penyusunan rancangan RKPd dengan menggunakan Renja-SKPD sebagaimana dimaksud pada ayat (3)” (UU-RI Pa.21 (4); 2004).

Kementerian BUMN dan Dinas PU Propinsi memberikan dan membagi spatial data infrastruktur (SDI) dalam rencana tahunan mereka kepada Bappeda kab/kota tempat kegiatan tersebut berlangsung. Pemerintah Daerah dalam hal ini Bupati/walikota membuat sebuah regulasi (context

atau policy) yang memberikan wewenang kepada Bappeda kab/kota untuk mengawasi pelaksanaan kegiatan tersebut dan melakukan evaluasi kinerja. Maksudnya tidak lain agar terjadi kesinambungan kerja dengan perencanaan yang dipaparkan dalam RKPD kab/kota.



Gambar 8. Model Koordinasi Vertikal

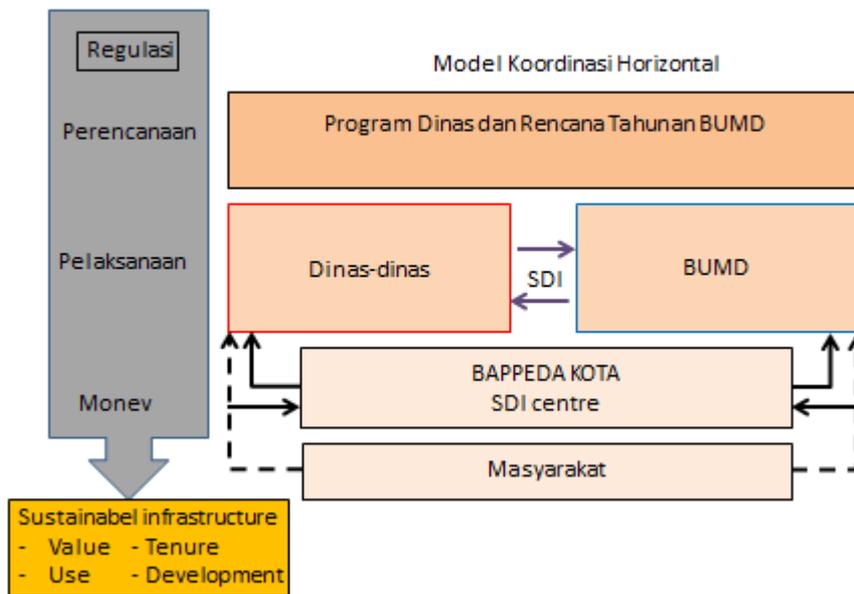
Monitoring dan Evaluasi (oleh Subbid. Penelitian, Pengendalian dan Evaluasi Pembangunan) yang dilakukan dapat menjadi kontrol bagi pelaksana di lapangan apabila pelaksanaan tidak memenuhi standar/kriteria yang ditetapkan oleh daerah. Kriteria dimaksud disini bisa dalam ukuran waktu, dampak lingkungan, perlindungan terhadap infrastruktur lainnya dan kenyamanan pengguna. Sepintas bentuk model ini hampir menyerupai model *Butterfly Diagram* (CSDILA-MSE, 2012). Tujuan akhir dari model ini adalah pembangunan yang berkelanjutan.

Hasil dari proses ini adalah pembangunan yang berkelanjutan (*sustainable development*) yang didefinisikan pertama kali setelah dipublikasikannya The Brundtland Commission sebagai “. . . development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs” (Brundtland Commission, 1987) seperti dikutip oleh Redclift (2005). Sejalan dengan cita-cita pembangunan yaitu untuk tercapainya kesejahteraan masyarakat tanpa merusak lingkungan sebagai warisan bagi generasi selanjutnya sesuai dengan Undang-Undang No 25 tahun 2004 pasal 2(1): Pembangunan Nasional diselenggarakan berdasarkan demokrasi dengan prinsip-prinsip kebersamaan, berkeadilan, berkelanjutan, berwawasan lingkungan, serta kemandirian dengan menjaga keseimbangan kemajuan dan kesatuan Nasional.

2. Model Koordinasi Horizontal

Koordinasi horizontal bersifat jangka pendek. Dasar dari koordinasi adalah schedule kerja masing-masing stakeholders, oleh karenanya tahapan proyek menjadi penting.

Pada masa perencanaan, program-program dalam RKPD disesuaikan dengan SDI masing-masing instansi. Dinas dan BUMD memberikan data infrastrukturnya untuk dijadikan database oleh SDI centre di Bappeda, dan akan digunakan oleh semua *stakeholders* dalam masa pelaksanaan sebagai informasi penting.



Gambar 8. Model Koordinasi Horizontal

Informasi ini digunakan untuk mengetahui fasilitas apa yang sudah ada di lokasi pekerjaan, sehingga tidak akan terjadi kerusakan terhadap fasilitas tersebut. Koordinasi ini merupakan hal yang krusial dalam pelaksanaan. Dinas akan melihat kinerja BUMD, dan memberikan bantuan teknis jika terjadi tumpang tindih.

Hasil dari pekerjaan semua instansi tersebut dimonitor dan dievaluasi oleh Bappeda Kota. Regulasi akan memberikan wewenang kepada Bappeda untuk memberikan peringatan dan sanksi kepada instansi yang tidak melakukan koordinasi sehingga menyebabkan kesalahan di lapangan.

Masyarakat menjadi element yang mengawasi hasil kerja. Fungsi masyarakat adalah sebagai pengontrol kebijakan. Jika terjadi kelalaian, laporan masyarakat akan ditanggapi oleh Bappeda Kota untuk ditindaklanjuti.

Pada model ini, policy atau peraturan daerah memegang peranan penting. Karena Bappeda tidak dapat memberikan peringatan keras jika tidak ada aturan yang jelas mengenai hal itu.

Hasil dari seluruh proses dalam model ini adalah sustainable infrastructure yang mengedepankan value (nilai hasil), use (pemanfaatan), tenure (kondisi hak guna lahan) dan development (keberlangsungan pembangunan).

3. Model Risk Management

Model risk management memperlihatkan hubungan antara resiko, risk management, instansi dan SDI sebagai titik tengahnya. Dengan data sharing semua instansi dapat mengakses semua informasi yang dibutuhkan dari masa perencanaan sampai jika terjadi resiko dan harus dilakukan perbaikan (rehabilitasi infrastruktur). *Risk management* biasanya diikuti dengan *disaster management*, namun tidak kita bahas dalam model koordinasi antar instansi ini.



Gambar 9. Model Risk Management

6. Kesimpulan dan Saran

Sering kita dengar ungkapan berikut, “Koordinasi adalah kata yang sangat mudah diucapkan, tapi sangat sulit dilaksanakan.” Ungkapan itu ada benarnya mengingat begitu kompleksnya masalah pembangunan di daerah dan banyaknya pihak yang terlibat dalam pembangunan. Namun bukan hal yang mustahil untuk dapat melakukan koordinasi yang baik diantara pelaku pembangunan.

Spatial Data Infrastructure menjembatani koordinasi antar instansi dan BUMD di daerah dan koordinasi daerah dengan level di atasnya. Kesulitan instansi untuk berkomunikasi antar sesamanya dapat teratasi dengan adanya sebuah *data centre* yang khusus menangani masalah infrastruktur lintas instansi/BUMD/BUMN di daerah. Semua instansi dapat mengakses informasi ini dengan persetujuan Bappeda kota.

Untuk model kerjasama antar instansi ini, context/regulasi/policy sangatlah penting untuk mengatur tata cara ataupun aturan main di daerah. Bappeda kota tidak akan dapat melakukan fungsi koordinasinya jika aturan/regulasi yang menguatkan belum tersedia.

Dengan membandingkan seluruh permasalahan, maka tiga model dapat diterapkan disini yaitu model kerjasama vertical, model kerjasama horizontal dan model risk management. Kesemua model tersebut menitik beratkan kepada SDI dan *data sharing* serta regulasi oleh pemerintah daerah.

Untuk penelitian selanjutnya, dapat dilakukan pemodelan untuk lingkup yang lebih besar. Bahkan model untuk masing-masing level pemerintahan di propinsi. Penelitian lebih jauh tentu saja tidak terbatas pada masalah infrastruktur saja.

Penghargaan

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada:

1. Bapak Ir. T. Iskandar Mirza, M.Si Sekretaris Bappeda Kota Langsa
2. Bapak M. Darfian, ST, Kabid Pembangunan Sarana dan Prasarana Bappeda Kota Langsa
3. Bapak Teuku Anshar, ST, Kasubbid Pengembangan Sumberdaya, Penataan Wilayah dan Kerjasama Pembangunan
4. Bapak T. Merwin, ST, Kasubbid Pengembangan Infrastruktur IPTEK dan Energi
5. Bapak Ir. Hamdani, MT, Dekan Fakultas Teknik Unsam

Yang telah memberikan ijin dan bantuan selama kami melakukan penelitian di wilayah kerja Bappeda Kota Langsa. Beberapa kali interview telah memberikan gambaran yang jelas tentang

kondisi di lapangan dan ide-ide yang muncul dari beliau semua membuka pemahaman kami tentang perlunya segera dibuat sebuah system koordinasi yang lebih baik di masa yang akan datang.

Daftar Kepustakaan

CSDILA-MSE, (2012), *Sustainable Infrastructure System*, Bahan Kuliah: CSDILA, Melbourne School of Engineering, the University of Melbourne, Australia

Harvey, F., Iwaniak, A., Coetzee, S., and Cooper, AK., (2012), *SDI Past, Present and Future: A Review and Status Assessment; Spatially Enabling, Government, Industry and Citizens_chapter 2*, The Centre for SDIs and Land Administration, The University of Melbourne, Australia and University of Twente, The Netherlands

Kaufmann, J., dan Steudler, D., (2012), *Common Data Integration Concept; Spatially Enabled Society chapter 4.2*, The International Federation of Surveyors and the Global Spatial Data Infrastructure Association.

van Loenen, B., Janssen, K., dan Donker, FW., (2012), *Quest for a Global Standard for Geo-data Licenses; Spatially Enabling, Government, Industry and Citizens_chapter 3*, Delft University of Technology and the Netherlands Katholieke Universiteit Leuven, Belgium

Oxford Dictionary, (2014), diunduh pada Nopember 2014 dari <http://www.oxforddictionaries.com/>

Permendagri, (2010), *No. 54 tahun 2010: Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 8 Tahun 2008 Tentang Tahapan, Tatacara Penyusunan, Pengendalian, Dan Evaluasi Pelaksanaan Rencana Pembangunan Daerah*, diunduh pada 7 Nopember 2014 dari <http://bappeda.cianjurkab.go.id/Download/View/104.html>

Potts, K., Rajabifard, A., Bennett, R., dan Williamson, I., (2012), *Spatially Enabled Risk Management: Models, Cases, Validation: Spatially Enabling, Government, Industry and Citizens_chapter 10*, The Centre for SDIs and Land Administration, The University of Melbourne, Australia and University of Twente, The Netherlands

Raj Paudyal, D., McDougall, K., dan Apan, A., (2012), *Spatially Enablement of NRM Communities through Spatial Knowledge and Information Network Development: Spatially Enabling, Government, Industry and Citizens_chapter 5*, Faculty of Engineering and Surveying Australian Centre for Sustainable Catchments, University of Southern Queensland, Australia

Rajabifard, A. dan Coleman, D., (2012), *Towards Spatial Enablement and Beyond: Spatially Enabling, Government, Industry and Citizens_chapter 1*, Department of Infrastructure Engineering, The University of Melbourne, Australia dan Department of Geodesy and Geomatics Engineering, The University of New Brunswick, Canada

Redclift, M., (2005), *Sustainable Development (1987–2005): An Oxymoron Comes of Age*, jurnal *Sustainable Development Vol. 13*, Page 212–227, Published online 22 July 2005 in Wiley InterScience (www.interscience.wiley.com). DOI: 10.1002/sd.281

UU-RI, (2006), Undang-Undang Republik Indonesia No 11 Tahun 2006 tentang Pemerintah Aceh, Presiden Republik Indonesia, Jakarta

UU-RI, (2004), *Nomor 25 Tahun 2004 Tentang Sistem Perencanaan Pembangunan Nasional*, Presiden Republik Indonesia, diunduh pada 7 Nopember 2014 dari <http://www.kemenag.go.id/file/dokumen/UU252004.pdf>

*Wawancara langsung dengan Sekretaris Bappeda Kota Langsa, Kabid dan Kasubbid bidang infrastruktur Bappeda Kota Langsa.

Pemeriksaan Mortar Mutu Tinggi Dengan Penambahan Belerang dan Sikament-LN

Ellyza Chairina

Staf Pengajar Teknik Sipil Universitas Amir Hamzah Medan

Subur Panjaitan

Staf Pengajar Teknik Sipil Universitas Amir Hamzah Medan

Oktana Loviatu Mul Never

Staf Pengajar Teknik Sipil Universitas Amir Hamzah Medan

Abstrak

Mortar adalah adukan yang terdiri dari agregat halus, bahan perekat dan air. Fungsi mortar adalah sebagai matrik pengikat bagian penyusun suatu konstruksi yang bersifat struktural seperti mortar pasangan batu untuk struktur pondasi dan kolom maupun non struktural seperti mortar pasangan batu bata untuk dinding. Mengingat pentingnya mortar sebagai bagian dari konstruksi yang memikul beban, maka penggunaan mortar harus sesuai dengan standart spesifikasi SNI. Standart spesifikasi mortar mengacu pada kuat tekannya, yaitu kemampuan mortar dalam menerima beban. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan kuat tekan mortar mutu tinggi dan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh pemakaian belerang sebagai bahan pengisi dan Sikament LN sebagai additive terhadap kuat tekan mortar. Untuk perencanaan mix design mortar digunakan SNI sedangkan pada pemeriksaan dasar agregat yaitu kadar air, kadar lumpur, berat isi, analisa saringan, berat jenis dan penyerapan dipakai ASTM Standard. Komposisi campuran belerang yang digunakan dalam penelitian ini adalah 5% dan 7% dari berat semen menggantikan jumlah agregat halus yang lolos saringan No.50 dan tertahan di No.100, sedangkan Sikament-LN diambil 3% dari jumlah semen untuk semua variasi yaitu mortar normal, mortar + Sikament-LN, mortar + belerang 5% + Sikament-LN dan mortar + belerang 7% + Sikament-LN. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dan mortar mutu tinggi yang direncanakan adalah 7 MPA, yang di uji pada umur 7 dan 28 hari dengan dilakukan perawatan. Dari penelitian ini diperoleh kuat tekan mortar yang tertinggi didapat dari campuran mortar penambahan belerang 5% + Sikament- LN 3% yaitu sebesar 8,08 MPA, terjadi peningkatan kuat tekan sebesar 11,76% dari mortar normal 7,23 MPA.

Kata kunci : Mortar, Belerang, Sikament-LN dan Kuat Tekan.

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Mortar adalah adukan yang terdiri dari agregat halus (pasir), bahan perekat (tanah liat, kapur, semen Portland) dan air. Fungsi mortar adalah sebagai matrik pengikat bagian penyusun suatu konstruksi baik yang bersifat struktural maupun non struktural. Penggunaan mortar untuk konstruksi yang bersifat struktural misalnya mortar pasangan batu belah untuk struktur pondasi, sedangkan yang bersifat non struktural misalnya mortar pasangan batu bata untuk dinding pengisi.

(Reza, 2012) Mengatakan penelitian beton dengan belerang sebagai filler dapat menaikkan kuat tekan sampai 14% pada pemakaian suatu struktur bangunan dan penambahan sikamen-LN yang berfungsi sebagai mempercepat pengerasan beton. Kompetisi mortar mutu tinggi yang di adakan Universitas Gunadarma yang di ikuti mahasiswa UMSU menghasilkan mortar sampai 60 MPA. Dengan abu batu dan serbuk kaca sebagai filler dan sikamen LN sebagai additive.

Mengingat pentingnya mortar sebagai bagian dari konstruksi yang memikul beban, maka penggunaan mortar harus sesuai dengan standar spesifikasi SNI 03-6882. Standar spesifikasi mortar mengacu pada kuat tekannya, yaitu kemampuan mortar dalam menerima beban. Sama

halnya dengan beton, kekuatan tekan mortar dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain faktor air semen dan kepadatan, jenis semen, jumlah semen, sifat agregat dan juga umur mortar.

Pada umumnya dilakukan pengujian sampai 28 hari untuk mengetahui kualitas kuat tekan mortar, mortar tersebut akan dibebani dengan suatu konstruksi di atasnya sebelum mencapai umur 28 hari. Oleh karena itu, pengujian kuat tekan pada tahapan umur pengerasan mortar yaitu, 3, 7, 14, dan 21 hari sebagai perbandingan perlu dilakukan untuk mengendalikan kualitas kuat tekan agar sesuai dengan yang diharapkan, yaitu tidak kurang dari kuat tekan mortar normal.

Pada dasarnya filler mortar terbuat dari bahan-bahan yang mudah diperoleh, mudah diolah, memiliki keawetan dan memberikan kekuatan terhadap mortar. Limbah digunakan sebagai bahan pengganti pada mortar, tersedia dalam jumlah yang banyak, dapat mengakibatkan kerusakan lingkungan, atau membahayakan bagi kesehatan seperti belerang. Penggunaan Sikament-LN untuk mempercepat pengerasan mortar dan menambah kuat tekan mortar, Sikament-LN berupa cairan yang dapat dicampurkan langsung pada molen ketika mencampur mortar. Additive ini dicampurkan terakhir kali, ketika mortar sudah akan dikeluarkan dari molen.

1.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mendapatkan kuat tekan mortar yang mengandung belerang dan Sikament-LN.
2. Untuk membandingkan kuat tekan mortar normal dengan mortar yang mengandung bahan pengisi belerang dan Sikament-LN.

1.3. Metode Penelitian

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah silinder beton diameter 150 mm tinggi 300 mm 32 buah untuk uji tekan. Perhitungan kuat tekan mortar diperoleh berdasarkan rumus:

$$f'c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Dimana: $f'c$ = kuat tekan mortar, (MPa)

P = beban maksimum total, (N)

A = luas dari permukaan yang dibebani, (mm²)

Faktor-faktor yang sangat mempengaruhi kuat tekan mortar diantaranya adalah faktor air semen, jumlah semen, umur mortar, dan sifat agregat.

Penambahan belerang dalam mortar direncanakan 5%, dan 7%, dan penambahan sikament LN 3%. Bahan penelitian yang digunakan adalah semen tipe I, air, pasir, dan Sikament LN. Peralatan penelitian yang digunakan adalah compression testing machine, timbangan, mesin pengaduk beton (molen), kerucut Abrams, pan, cetakan benda uji dan alat getar intern. Pengujian berdasarkan SNI 03 – 2834 – 1993 yaitu tentang tata cara pembuatan rencana campuran beton normal.

2. Uraian Teoritis

2.1. Mortar

Pengertian mortar adalah adukan terdiri dari pasir, bahan perekat dan air. Bahan perekat dapat berupa tanah liat, kapur, maupun semen. Bila tanah yang dipakai sebagai bahan perekat disebut mortar lumpur (*mud mortar*), bila kapur yang dipakai sebagai bahan perekat disebut mortar kapur, dan bila semen yang dipakai sebagai bahan perekat maka disebut mortar semen. Pasir berfungsi sebagai bahan pengisi atau bahan yang direkat.

Fungsi utama mortar adalah menambah daya lekat dan ketahanan ikatan dengan bagian-bagian penyusun suatu konstruksi. Kekuatan mortar tergantung pada kohesi pasta semen terhadap partikel agregat halus. Mortar harus tahan terhadap penyerapan air serta kekuatan geser dan dapat memikul gaya-gaya yang bekerja pada mortar tersebut. Jika penyerapan air pada mortar terlalu besar, maka mortar akan mengeras dengan cepat dan kehilangan ikatan adhesinya.

2.2. Agregat

Berdasarkan (SK SNI T-15-1991-03), agregat didefinisikan sebagai material granular misalnya pasir, kerikil, batu pecah, dan kerak tungku besi yang dipakai bersama-sama dengan suatu media

pengikat untuk membentuk mortar atau beton semen hidrolik atau adukan. Agregat halus disebut pasir, baik berupa pasir alami yang diperoleh langsung dari sungai atau tanah galian, atau dari hasil pemecahan batu. Agregat yang butir-butirnya lebih kecil dari 1,2 mm disebut pasir halus, sedangkan butir-butir yang lebih kecil dari 0,075 mm disebut *silt*, dan yang lebih kecil dari 0,002 mm disebut *clay*.

Karena agregat biasanya menempati 75% dari isi total mortar, maka sifat-sifat agregat ini mempunyai pengaruh yang besar terhadap perilaku dari mortar yang sudah mengeras. Sifat agregat bukan hanya mempengaruhi sifat mortar, akan tetapi juga mempengaruhi ketahanan.

2.3. Pemeriksaan Agregat

Pemeriksaan pada agregat yang dilaksanakan adalah :

1. Analisa Saringan Agregat Halus
2. Kadar Air Agregat Halus
3. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus
4. Kadar Lumpur Agregat Halus
5. Berat Isi Agregat Halus

Pasir yang digunakan adalah pasir yang diuji berdasarkan pada standar ASTM dengan kandungan lumpur sebesar 3,91%. Pasir ini termasuk dalam kelompok daerah II dan dalam tabel gradasi dengan modulus halus pasir sebesar 2,24. Berat jenis dalam kondisi jenuh kering muka (Saturated Surface Dry, SSD) adalah 2,22 t/m³. Sementara itu serapan air sebesar 3,36% dan berat isi agregat halus diperoleh sebesar 1,435 gr/cm³.

3. Pembahasan

Untuk mendapatkan sifat-sifat struktural beton pada tingkatan material, digunakan sampel-sampel silinder standar berukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Sampel-sampel ini diuji kuat desaknya.

3.1. Uji Slump

Pengujian slump menggunakan kerucut Abrams dan bertujuan untuk mengetahui workabilitas adukan beton. Nilai slump yang diperoleh pada pengujian ini hanya diperoleh dari mortar normal yaitu 3,2 cm untuk umur 7 hari dan 3,5 untuk umur 28 hari. Bila memakai Sikament LN nilai slump tidak diperoleh karena hasil mortar menjadi keras.

3.2. Perencanaan Mortar

Perencanaan mortar dilakukan dengan mix design berdasarkan hasil pemeriksaan agregat halus yang ditabelkan seperti dibawah ini.

No	Uraian	Table/ grafik perhitungan	Nilai	
1	Kuat tekan yang disyaratkan (benda uji silinder)	Ditetapkan	7 MPa	
2	Deviasi standar	Diketahui	12	
3	Nilai tambah (margin)	Ditetapkan	12	
4	Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1 + 3	19 MPa	
5	Jenis semen	Ditetapkan	Type 1	
6	Jenis agregat: - Halus	Ditetapkan	Pasir	
7	Faktor air semen bebas	Grafik 3.1	0,66	
8	Faktor air semen maksimum	Ditetapkan	0,60	
9	Slump	Ditetapkan	60 – 180 mm	
10	Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan	< 10 mm	
11	Kadar air bebas	Tabel 3.1	225 kg/m ³	
12	Jumlah semen	11 : 8	375 kg/m ³	
13	Jumlah semen maksimum	Ditetapkan	275 kg/m ³	
14	Jumlah semen minimum	Didapatkan	375 kg/m ³	
15	Faktor air semen yang disesuaikan	Ditetapkan	0,6	
16	Proporsi campuran	Semen (kg)	Air (kg/lt)	Agregat kondisi jenuh kering permukaan (kg) Halus
	- Tiap m ³	375	225	2150
	- Tiap campuran uji m ³	1	0,60	5,7
	- Tiap benda uji v 0,0053 m ³ (1 silinder)	1,99	1,19	11,395
17	Koreksi proporsi campuran			
	- Tiap m ³	375	240,5	1534,5
	- Tiap campuran uji m ³	1	0,64	4,1
	- Tiap 1 benda uji v 0,0053 m ³ (1 silinder)	1,99	1,28	8,13

4. Hasil Kuat Tekan

Hasil kuat tekan diperoleh berdasarkan perbandingan mix design dan yang diperiksa adalah mortar normal, mortar dengan belerang dan mortar dengan belerang dan sikament LN. Untuk hasil ini ditabelkan seperti dibawah ini.

No		7 Hari	28 hari
1	Mortar Normal	5,10	7,23
2	Mortar + Belerang 7% + Sikament 3%	5,31	7,44
3	Mortar + Belerang 5% + Sikament 3%	5,53	8,08
4	Mortar + Sikament 3%	5,17	7,33

Bila dibandingkan kuat tekan akhir mortar normal dengan mortar yang menggunakan bahan pengisi dan additive, maka dapat dilihat pada mortar yang menggunakan belerang dan sikament-LN mengalami peningkatan. Persentase peningkatan kuat tekan dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini

- ❖ Penambahan belerang 5% + sikament-LN 3%

$$\text{Besar nilai peningkatan (umur 7 hari)} = \frac{5,53 - 5,10}{5,10} \times 100\% = 8,43\%$$

- ❖ Penambahan belerang 5% + sikament-LN 3%

$$\text{Besar nilai peningkatan (umur 28 hari)} = \frac{8,08 - 7,23}{7,23} \times 100\% = 11,76\%$$

- ❖ Penambahan belerang 7% + sikament-LN 3%

$$\text{Besar nilai peningkatan (umur 7 hari)} = \frac{5,31 - 5,10}{5,10} \times 100\% = 4,12\%$$

❖ Penambahan belerang 7% + sikament-LN 3%

$$\text{Besar nilai peningkatan (umur 28 hari)} = \frac{7,44 - 7,23}{7,23} \times 100\% = 2,90\%$$

Dari hasil diatas dapat dilihat bahwa persentase peningkatan kuat tekan mortar pada penambahan belerang sebanyak 5%, 7% dan sikament-LN 3% terjadi perbedaan peningkatan yang tidak terlalu signifikan pada umur 7 hari dan 28 hari, adapun faktor-faktor yang dapat yang mengakibatkan hal ini terjadi antara lain:

1. Hal ini dapat terjadi karena kesalahan pada saat melakukan pencampuran mortar / pembuatan benda uji.
2. Kemungkinan adanya kekeliruan (kurangnya ketelitian) dalam pengerjaan.

5. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan antara lain:

1. Penggunaan belerang sebagai pengisi (*filler*) dan sikament-LN sebagai additive dapat menaikkan mutu dari mortar.
2. Berdasarkan data dari kuat tekan mortar yang dihasilkan bahwa semakin banyak persentase penambahan belerang sebagai bahan pengisi (*filler*) maka semakin rendah kuat tekan mortar yang di dapat.
3. Berdasarkan data dari kuat tekan mortar yang dihasilkan bahwa mortar yang ditambah dengan belerang 5% + sikament-LN 3% pada umur 7 dan 28 hari mempunyai kuat tekan $f'c = 5,53$ MPa dan $f'c = 8,08$ MPa, mortar yang ditambah dengan belerang 7% + sikament-LN 3% pada umur 7 dan 28 hari mempunyai kuat tekan $f'c = 5,31$ MPa dan $f'c = 7,44$ MPa dibandingkan dengan kuat tekan mortar normal 7 hari $f'c = 5,10$ MPa dan 28 $f'c = 7,23$ MPa dan juga mortar yang ditambah sikament-LN 3% sebesar $f'c = 5,17$ MPa dan $f'c = 7,33$ MPa.
4. Pada penggunaan belerang 5% + sikament-LN 3% semakin lama mortar direndam maka kuat tekannya akan semakin meningkat, serta penggunaan belerang 7% + sikament-LN 3% semakin lama mortar direndam maka kuat tekannya akan semakin menurun.
5. Pengaruh dari belerang pada mortar dapat menaikkan kuat tekan mortar apabila jumlah persentase belerangnya tidak terlalu banyak karena belerang yang persentasenya sedikit dapat mengisi rongga-rongga pada mortar.

Daftar Pustaka

- ASTM, *Concrete and Aggregate*, Annual Book of ASTM Standard, Vo.0402.1995, Philadelphia: ASTM, 1995
- Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil., *Petunjuk Pelaksanaan Praktikum Beton Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*. Medan, 2013
- Mulyono, Tri., *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi, 2003
- Murdock, L.J.,L.M.Brock, dan Stephanus Hendarko., *Bahan dan Praktek Beton*. Jakarta: Erlangga, 1991
- Reza, *Penambahan Belerang Pada Pemeriksaan Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi*, Tugas Akhir, UMSU, 2012
- SNI 03-2834-1993., *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*, 1993
- SNI 03-6882-2002., *Spesifikasi Mortar Untuk Pekerjaan Pasangan*, 2002
- Tjokrodimaljo, Kardiyono., *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Biro, UNS, 2007
- http://eprints.undip.ac.id/34670/10/1730_REFERENCE.pdf

Penggunaan Limbah Cangkang Kelapa Sawit (CKS) Sebagai Agregat Kasar pada Campuran Aspal HRS-WC

Elsa Eka Putri

Staf Pengajar, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas; elsaeka@ft.unand.ac.id

Arief Adrian

Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas

M. Hariadi

Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas

Abstrak

Jalan raya merupakan prasarana transportasi darat yang sangat penting karena aktifitas utama manusia baik itu berupa perdagangan, komunikasi dan industry membutuhkan prasarana yang berupa jalan raya. Kegiatan pergerakan manusia berpengaruh pada peningkatan jumlah atau volume lalu lintas. Semakin meningkat aktifitas manusia maka volume lalu lintas akan semakin tinggi, dan beban yang harus didukung perkerasan jalan raya juga bertambah. Material utama pembentuk lapisan perkerasan jalan adalah agregat sebanyak 90-95 % dari berat campuran perkerasan, dan kebutuhan ini semakin meningkat dari tahun ke tahun. Usaha untuk mencari bahan alternatif agregat kasar semakin diminati. Limbah kelapa sawit berupa cangkang kelapa sawit dijadikan suatu alternatif sebagai bahan pengganti agregat kasar dalam campuran aspal. Penggunaan limbah cangkang kelapa sawit ini didasarkan kepada zat yang dikandungnya, yaitu zat kersik (SiO_2) yang merupakan bahan untuk meningkatkan kuat tekan beton. Penggunaan limbah CKS dengan perkerasan HRS-WC yang diuji berdasarkan parameter Marshall dan Wheel Tracking, mempunyai Stabilitas yang cukup tinggi. Dimana dengan menggunakan limbah CKS sebagai pengganti agregat kasar sebanyak 30% dari total agregat mempunyai Stabilitas sebesar 869,67 kg, kelelahan= 3,45 mm, Marshall Quotient=256,33 kg/mm, dan Void In Mix = 5,88%. Dan dari pengujian Wheel Tracking didapatkan Stabilitas Dinamis sebesar 2217,647 lintasan/mm dan deformasi adalah 2,643mm jika dibandingkan dengan variasi campuran 50% cangkang kelapa sawit maka deformasinya lebih besar yaitu 5,833 mm. Sehingga disarankan campuran dengan kadar cangkang kelapa sawit 30% dari agregat kasar tersebut dapat digunakan sebagai campuran perkerasan jalan raya

Kata kunci: Cangkang Kelapa Sawit (CKS), HRS-WC, Parameter Marshall, Parameter Wheel Tracking.

1. Pendahuluan

Jalan raya merupakan prasarana transportasi darat yang penting. Banyak aktifitas yang membutuhkan prasarana jalan raya, baik itu berupa perdagangan dan industri, juga sarana angkutan umum, yang menghubungkan daerah-daerah. Jalan raya sebagai sarana perhubungan, harus menyediakan lalu lintas yang lancar dan aman yang memenuhi syarat teknis dan ekonomis sesuai dengan fungsi, volume, dan sifat-sifat lalu lintasnya.

Agregat yang digunakan harus tahan terhadap proses mekanis dan kimiawi yang dapat mengakibatkan degradasi, yaitu perubahan gradasi akibat pecahnya butir-butir agregat. Kehancuran agregat dapat disebabkan oleh proses mekanis, seperti gaya-gaya yang terjadi selama proses pelaksanaan perkerasan jalan (penimbunan, penghamparan, pemadatan), pelayanan terhadap beban lalu lintas, maupun proses kimiawi, seperti pengaruh kelembaban, panas, dan perubahan turun naik suhu sepanjang hari (Sukirman, 2003). Tetapi penggunaan agregat meningkat seiring dengan bertambahnya kebutuhan akan pembangunan jalan, maka usaha untuk mencari agregat alternatif selalu diupayakan.

Menurut data yang dikeluarkan oleh Direktorat Jendral Perkebunan tahun 2008 di Indonesia terdapat seluas 7.125.331 Ha perkebunan kelapa sawit, lebih dari separuhnya yaitu 4.816.253 Ha terdapat di Pulau Sumatra. Luas lahan tersebut tersebar diberbagai propinsi antara lain: Nanggro Aceh Darussalam (311.837 Ha), Sumatera Utara (970.716 Ha), Sumatra Barat (316.560 Ha), Riau (1.548.972 Ha), Kepulauan Riau (6.933 Ha), Jambi (574.614 Ha), Bangka Belitung (133.286 Ha), Bengkulu (165.276 Ha), Lampung (157.765 Ha), Sumatra Selatan (630.294 Ha).

Sumatra Barat merupakan daerah yang memiliki lahan pertanian dan perkebunan kelapa sawit yang luas. Perkebunan ini menghasilkan minyak kelapa sawit dan juga menghasilkan limbah yang melimpah berupa cangkangnya (Ali, 2009). Maka penggunaan Cangkang Kelapa Sawit (CKS) sebagai bahan pengganti agregat kasar dalam suatu campuran aspal diteliti kesesuaiannya sebagai bahan perkerasan jalan, melalui pengujian Marshall dan Wheel Tracking.

2. Tujuan dan Manfaat Penelitian

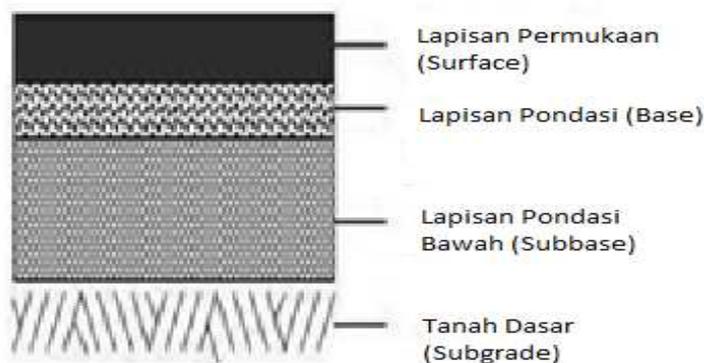
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan dan ketahanan limbah CKS sebagai pengganti agregat kasar pada perkerasan HRS-WC. Parameter yang dinilai adalah parameter dari Marshall Test dan Wheel Tracking test.

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui, apakah limbah CKS, dapat dijadikan sebagai sebagai bahan alternatif untuk menggantikan sebagian agregat kasar dalam campuran aspal HRS-WC pada perkerasan jalan. Penelitian ini terbatas pada skala laboratorium dengan variasi CKS terhadap agregat kasar adalah 0%, 30%, dan 50%. Penelitian ini dilakukan pada laboratorium Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas dan Laboratorium Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional II, Padang.

3. Tinjauan Pustaka

Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak diantara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan yang berfungsi langsung menahan beban kendaraan.

Jenis perkerasan terdiri dari dua jenis yaitu perkerasan kaku dan perkerasan lentur. Perkerasan lentur terdiri atas beberapa lapisan yaitu lapisan permukaan (*surface course*), lapisan pondasi atas (*base course*), lapisan pondasi bawah (*subbase course*), dan lapisan tanah dasar (*subgrade*) seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lapisan Perkerasan Lentur

Perkerasan yang dibuat berlapis-lapis tersebut bertujuan untuk mengurangi tegangan atau tekanan akibat beban roda sehingga beban yang diterima oleh tanah dasar menjadi kecil sehingga dapat mendukung beban kendaraan yang melintas dan memiliki keawetan yang memadai sesuai dengan umur jalan yang direncanakan

Agregat atau batu, atau granular material adalah material berbutir yang keras dan kompak. Agregat adalah bahan keras yang dipadatkan sehingga bersatu kuat akan membentuk struktur pokok bangunan jalan tanpa atau dengan penambahan bahan pengikat (Sukirman,2003).

Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90-95% dari total volume campuran perkerasan jalan, atau 75%-85% berdasarkan persentase berat total campuran

perkerasan (Sukirman,2003.). Ukuran butiran agregat kasar adalah tertahan ayakan No.8 (2,36 mm), dimana syarat kualitas dari agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Standar yang digunakan dalam persyaratan Agregat Kasar

Pengujian		Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium dan magnesium sulfat		SNI 3407 : 2008	Maks.12 %
Abrasi Dengan Mesin Los Angeles	Campuran AC bergradasi kasar	SNI 2417 :2008	Maks.30%
	Semua Jenis Campuran Aspal bergradasi lainnya		Maks.40%
Kelekatan Agregat terhadap aspal		SNI 03-2439-1991	Min.95%
Angularitas (Kedalaman dari permukaan < 10cm)		Dot's Pennyslvania Test Method,PTM No.621	95 /90'
Angularitas (Kedalaman dari permukaan \geq 10cm)			80/75'
Partikel Pipih dan lonjong		ASTM D4791 perbandingan 1:5	Maks.10%
Material lolos ayakan No.200		SNI 03-4142-1996	Maks.1%

Sumber : SNI 03-1737-1989; Tata cara pelaksanaan lapis aspal beton (LASTON) untuk jalan raya

Agregat halus adalah agregat dengan ukuran butir yang lolos ayakan No.8 (2,36 mm). Agregat halus yang digunakan dalam perkerasan jalan harus bersih, keras, bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya. Agregat halus harus memenuhi ketentuan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.

Untuk bahan pengisi yaitu bahan yang lolos ayakan No.200 (0,0075 mm), juga harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan bebas dari bahan yang tidak dikehendaki, terdiri atas debu batu kapur, kapur padam, semen atau abu terbang.

Tabel 2. Ketentuan Agregat Halus

No.	Pengujian	Standar	Nilai
1.	Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min 50% untuk SS, HRS dan AC bergradasi Halus Min 70% untuk AC bergradasi kasar
2.	Material Lolos Ayakan No.200	SNI 03-4428-1997	Maks 8%
3.	Kadar Lempung	SNI 3423 :2008	Maks 1%
4.	Angularitas (kedalaman dari permukaan < 10 cm)	AASHTO TP-33 atau	Min 45 %
5.	Angularitas (Kedalaman dari permukaan \geq 10 cm)	ASTM C1252-93	Min 40

Sumber : SNI 03-1737-1989, Tata cara pelaksanaan lapis aspal beton (LASTON) untuk jalan raya

Aspal adalah material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruang berbentuk padat atau agak padat. Jika dipanaskan aspal akan menjadi lunak sehingga dapat membungkus partikel agregat

dalam pembuatan material perkerasan jalan. Jika suhu rendah, aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya.

Kelapa sawit merupakan salah satu komoditi unggulan perkebunan rakyat, dimana subsektor perkebunan merupakan penyumbang kedua terbesar setelah pertanian tanaman pangan dan hortikultura. Bagian tanaman kelapa sawit yang bernilai ekonomis adalah buah. Buah tersusun dalam sebuah tandan dan disebut Tandan Buah Segar.

Dalam pengolahan Tandan Buah Segar di Pabrik Pengolahan Kelapa Sawit akan memproduksi minyak kelapa sawit. Tetapi disamping memproduksi minyak, limbah organik yang dapat merusak lingkungan pun diproduksi. Dari setiap ton pengolahan tandan buah segar yang diolah juga dihasilkan limbah organik berupa tandan kosong sebanyak 270 kg, cangkang, 160 kg, kernel, 40 kg, ampas, 130 kg (berat kering) dan lain-lain 300 kg.

Limbah kelapa sawit berupa cangkang seperti terlihat pada Gambar 2, pada penelitian ini dijadikan bahan alternatif perkerasan jalan. Penggunaan Cangkang Kelapa sawit sebagai agregat kasar didasarkan kepada zat yang dikandungnya, yaitu zat kersik yang dikandungnya (SiO_2) (Ali, 2009; Adlin, 1992; Putra, 2003). Pori-pori cangkang kelapa sawit lebih rapat, lebih kaku dan padat (Ali, 2009; Putra, 2003).



Gambar 2. Cangkang Sawit

Hasil limbah organik berupa cangkang dapat dimanfaatkan menjadi sesuatu yang berguna selain dari bahan pengganti pengeras jalan. Cangkang kelapa sawit ini bisa dimanfaatkan bagi industri, rumah tangga, dan lain-lain.

Cangkang sawit untuk arang aktif

Tempurung kelapa sawit merupakan salah satu limbah pengolahan minyak kelapa sawit yang cukup besar yaitu 60% dari produksi minyak. Arang aktif dimanfaatkan untuk industri seperti karet, gula, dan farmasi (Kurniati, 2008). Dimana arang yang dihasilkan dari pengolahan cangkang sawit adalah berupa, briket arang untuk bahan bakar alternatif terbuat dari bahan baku tempurung kelapa dan bahan kayu lainnya yang telah diolah menjadi briket. Untuk arang tempurung kelapa dapat dijadikan briket arang, tetapi hanya tempurung yang sudah remuk. Sedangkan tempurung yang masih utuh tidak perlu dijadikan briket arang (Sonowijoyo, 2012).

Arang aktif dari cangkang sawit dapat juga memproduksi karbon aktif yang mana material yang terbuat dari arang batok sawit yang dibakar dengan suhu tinggi hingga menjadi arang. Karbon aktif yang berasal dari limbah cangkang sawit dapat digunakan untuk penyerapan gas CO_2 , penjernihan air, dan pemurnian biogas. Karbon aktif yang berasal dari cangkang sawit berukuran mikropori agar dapat menyerap gas dengan baik (Sonowijoyo, 2012).

Sebagai bahan bakar untuk boiler.

Boiler adalah ketel penghasil uap untuk menjalankan turbin uap pembangkit listrik dan sisa buangan uap dari turbin digunakan untuk kebutuhan proses (Sonowijoyo, 2012).

Bahan campuran untuk makanan ternak.

Cangkang kelapa sawit juga berguna untuk bahan campuran pakan ternak yang difermentasikan menjadi kompos (Sonowijoyo,2012).

Bahan baku untuk membuat lem dan vernis kayu

Adapun metode pemanfaatannya yaitu dengan cara pengeringan cangkang hingga kadar air mencapai 10-12%, kemudian dilakukan pirolisa pada kondisi optimum yaitu suhu 405 °C. Hasil dari proses ini didapatkan asap cair, kemudian dilakukan pengendapkan dan dipisahkan tarnya untuk penelitian pada lateks dan kayu serta bahan baku untuk membuat lem dan vernis kayu (Sonowijoyo, 2012).

Penggunaan Limbah CKS sebagai material Perkerasan

Hot Rolled Sheet (HRS) adalah salah satu jenis campuran beraspal panas yang terbuat dari campuran agregat halus, agregat kasar, dan filler dengan aspal sebagai bahan pengikat. Menurut Spesifikasi Bina Marga tahun 2010 campuran beraspal panas jenis HRS terbagi atas dua jenis, yaitu: HRS-BC dan HRS-WC, yang susunan agregatnya bergradasi senjang atau semi senjang. Pada Tabel 3, dijelaskan mengenai ketentuan sifat campuran Lataston.

Tabel 3. Ketentuan sifat campuran lataston

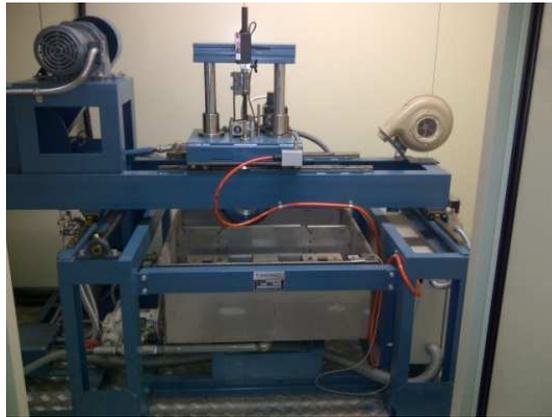
Sifat-Sifat Campuran	Lataston	
	WC	BC
Jumlah tumbukan per bidang		75
Penyerapan aspal, %	mak.	1,7
Rongga dalam campuran (VIM), %	Min	3,0
	Mak	6,0
Rongga dalam agregat (VMA), %	Min	18
Rongga terisi aspal (VFB), %	Min	68
Stabilitas Marshall, kg	Min	800
Kelelehan, mm	Min	3
Marshall Quotient, kg/mm	Min	250
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C pada VIM \pm 7%	Min	80
Rongga dalam campuran pada kepadatan membal (<i>REFUSAL</i>), %	Min	2

Sumber : SNI 03-1737-1989, Tata cara pelaksanaan lapis aspal beton (LASTON) untuk jalan raya
WC = Wearing Course, BC = Base Course

Wheel Tracking Parameters

Deformasi dan Stabilitas Dinamis adalah parameter - parameter yang didapatkan dari Wheel Tracking Test. Deformasi adalah perubahan bentuk, dimensi, dan posisi dari suatu materi baik merupakan bagian dari alam ataupun buatan manusia dalam skala waktu dan ruang. Pada jalan raya ada dua jenis deformasi yaitu arah melintang dari perkerasan arah memanjang perkerasan.

Stabilitas Dinamis adalah kemampuan suatu campuran menahan perubahan bentuk atau deformasi akibat pembebanan dinamis/bergerak pada suhu tinggi. Hasil pengujian Stabilitas Dinamis adalah kedalaman alur (rutting) yang dinyatakan dalam lintasan/mm, sedangkan pengujian menggunakan Stabilitas Marshall adalah untuk menentukan ketahanan (Stabilitas) terhadap kelelehan plastis (flow) dari campuran Aspal dan agregat.



Gambar 3. Wheel Tracking Machine

4. Metodologi Penelitian

Metoda yang digunakan adalah dengan melakukan studi literatur dan studi ekperimental perencanaan campuran beraspal panas menggunakan aspal untuk lapis aus (HRS-WC).

Penelitian meliputi pemeriksaan material yang terdiri dari pemeriksaan agregat, pemeriksaan aspal, pemeriksaan cangkang sawit sebagai agregat kasar, serta pengujian kelayakan campuran aspal dengan menggunakan Marshall Test dan Wheel Tracking Test, kemudian dilakukan analisa berdasarkan data yang diperoleh.

4.1. Pengujian Laboratorium

Pengujian laboratorium dilakukan dalam dua tahap yaitu pengujian terhadap material – material pembentuk campuran dan pengujian terhadap campuran. Pembuatan campuran dilaksanakan secara panas atau hot mix. Adapun jenis-jenis pemeriksaan material sebagai berikut:

Pemeriksaan Agregat

Analisa Saringan ini bertujuan untuk menentukan gradasi atau pembagian butiran dari agregat halus, agregat sedang dan agregat kasar dengan menggunakan saringan.

- Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat Bertujuan untuk menentukan berat jenis bulk (bulk specific gravity), berat jenis kering permukaan (saturated surface dry), berat jenis semu (apparent specific gravity) dan penyerapan.
- Pemeriksaan berat isi agregat bertujuan untuk mengetahui perbandingan agregat terhadap isi.
- Pemeriksaan kelekatan agregat terhadap aspal bertujuan untuk menentukan persentase luas permukaan agregat yang tertutup aspal terhadap seluruh luas permukaan agregat.
- Pemeriksaan keausan dengan mesin Los Angeles bertujuan untuk memeriksa daya tahan agregat terhadap beban mekanis
- Uji kekuatan agregat terhadap tumbukan Bertujuan untuk menentukan kekuatan agregat terhadap tumbukan (Agregat Impact Value).

Pemeriksaan Aspal

Pemeriksaan aspal meliputi:

- Pemeriksaan penetrasi aspal; untuk menentukan penetrasi aspal keras atau lunak dengan menggunakan jarum penetrasi, beban dan waktu tertentu pada suhu tertentu.
- Pemeriksaan titik nyala dan titik bakar; bertujuan untuk mengetahui berapa suhu pada saat titik nyala dan titik bakar.
- Pemeriksaan kehilangan berat; bertujuan menentukan berapa kehilangan berat aspal mula-mula dengan aspal setelah di oven selama 5 jam pada suhu 163 °C.
- Pemeriksaan daktilitas; untuk mengetahui jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang berisi aspal sebelum putus.

- Pemeriksaan berat jenis; untuk mengetahui perbandingan antara berat aspal dengan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu.
- Pemeriksaan kelekatan aspal pada agregat bertujuan untuk mengetahui kelekatan aspal pada batuan tertentu.

4.2. Penentuan Kadar Aspal Teoritis

Proses ini dilakukan setelah melakukan pemeriksaan agregat yaitu analisa saringan dan pemeriksaan berat jenis agregat untuk mendapatkan luas total permukaan agregat. Metoda perhitungannya dengan menggunakan metoda luas permukaan,.

Penentuan nilai dari kadar aspal ini bertujuan untuk mendapatkan persentase aspal dalam campuran aspal yang direncanakan. Nilai kadar aspal teoritis ini dijadikan patokan untuk mendapatkan prosentase material pembentuk campuran perkerasan., yang kemudian digunakan untuk benda uji Marshall maupun Wheel Tracking .

4.3. Pengujian Kelayakan Campuran dengan Test Marshall

Setelah terbentuknya benda uji Marshall dalam bentuk campuran aspal padat sesuai dengan variasi campuran masing-masing, proses penelitian dilanjutkan dengan pengujian benda uji dengan mesin Marshall. Sehingga diperoleh hasil yang diinginkan berupa parameter Marshall yang menjadi tujuan dasar dari penelitian ini berupa Stabilitas, kelelahan, Marshall Quotient, dan VIM.

4.4. Pengujian Kelayakan Campuran dengan Test Whell Tracking

Pada tahap ini, benda uji yang terbentuk sesuai dengan jumlah material yang disyaratkan dalam Wheel Tracking. Parameter yang ingin didapatkan dari pengujian ini adalah deformasi dan Stabilitas Dinamis.

5. Hasil dan Pembahasan

Dari hasil pengujian di laboratorium, maka hasil penelitian dapat diuraikan sebagai berikut;

5.1. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat

Pada penelitian ini pemeriksaan berat jenis dilakukan terhadap agregat kasar dan agregat halus. Pada pemeriksaan berat jenis ini didapatkan berat jenis agregat kasar sebesar 2,48 dengan penyerapan sebesar 1,60%, berat jenis cangkang kelapa sawit 1,48 dengan penyerapan 6% dan untuk pemeriksaan agregat halus didapatkan berat jenis agregat halus sebesar 2,55.

Berdasarkan spesifikasi yang disyaratkan, berat jenis agregat kasar, agregat halus dan penyerapan masing - masingnya memenuhi spesifikasi. Agregat yang mempunyai pori yang kecil cukup baik digunakan dalam perkerasan jalan, karena agregat tersebut akan membutuhkan jumlah aspal yang lebih sedikit dibandingkan dengan agregat yang memiliki pori yang besar. Akan tetapi pada cangkang kelapa sawit tidak memenuhi kriteria tersebut, dikarenakan cangkang kelapa sawit merupakan objek pratikum. Maka perlu diambil data nya.

5.2. Pemeriksaan Berat Isi

Pemeriksaan terhadap berat isi agregat dilakukan dengan 3 metode yaitu penggoyangan, penusukan, dan berat isi lepas. Data-data dari kedua jenis agregat dapat dilihat pada table 4 dan 5.

Tabel 4 Pemeriksaan Berat isi agregat kasar

Kriteria	Berat isi lepas	Penusukan	Penggoyangan	Satuan
Berat wadah (W1)	3776	3776	3776	Gram
Berat wadah + benda uji (W2)	7860	8150	8310	Gram
Berat benda uji (W3)	4084	4374	4534	Gram
Volume wadah (V)	2826	2826	2826	Cm ³
Berat isi = W3/V	1,445	1,555	1,604	Gram/Cm ³

Tabel 5 Pemeriksaan Berat isi Limbah CKS

Kriteria	Berat isi lepas	Penusukan	Pengoyangan	Satuan
Berat wadah (W1)	3776	3776	3776	Gram
Berat wadah +benda uji (W2)	5650	5821	5885	Gram
Berat benda uji (W3)	1874	2045	2109	Gram
Volume wadah (V)	2826	2826	2826	Cm ³
Berat isi = W3/v	0,663	0,724	0,746	Gram/Cm ³

Pada Tabel 4, terlihat hasil pemeriksaan Berat isi Agregat Kasar, dan Tabel 5 pemeriksaan berat isi limbah CKS. Pada kedua tabel tersebut terlihat bahwa berat isi limbah CKS ini lebih rendah daripada agregat kasar. Data ini didukung juga oleh berat jenis agregat kasar yang lebih tinggi dari pada limbah CKS. Nilai berat isi ini berpengaruh pada perhitungan nilai stabilitas Marshall, dimana semakin rendah berat isi, stabilitas Marshall juga akan kecil.

5.3. Pemeriksaan Kelekatan Agregat Terhadap Aspal

Pada pemeriksaan ini diperoleh nilai kelekatan agregat terhadap aspal minyak sebesar 97%. Hal ini menunjukkan bahwa agregat yang diperiksa baik untuk bahan perkerasan jalan. Agregat dengan permukaan yang kasar dan berpori lebih baik daya lekatnya terhadap aspal dibandingkan dengan agregat yang permukaannya licin.

5.4. Pemeriksaan Keausan dengan Mesin Los Angeles

Nilai keausan maksimum yang sesuai dengan spesifikasi dan diizinkan oleh Bina Marga adalah 40%. Sedangkan nilai keausan batu pecah yang didapatkan adalah 29,5 % dan cangkang sawit 9,9 %. Hal ini menunjukkan agregat yang diperiksa masih cukup kuat untuk menahan gaya gesek yang diberikan terhadap agregat tersebut karena lebih kecil dari keausan yg diizinkan, akan tetapi tidak dengan cangkang yang tidak sesuai dengan spesifikasi dari Bina Marga.

5.5. Pemeriksaan Kekuatan Agregat Terhadap Tumbukan (Agregate Impact Value)

Nilai standar maksimum Agregate Impact Value adalah 30%. Sedangkan nilai Agregate Impact Value yang didapatkan untuk batu pecah adalah 11,56% dan cangkang sawit 3,7 %. Hal ini menunjukkan batu pecahan cangkang sawit yang diperiksa masih cukup kuat untuk menahan tumbukan yang diberikan terhadap agregat tersebut.

5.6. Analisis Parameter Marshall Test dan Wheel Tracking Test Pada Variasi Campuran Aspal

Setelah didapatkannya kadar aspal teoritis untuk campuran tanpa menggunakan bahan limbah CKS, kemudian berat masing-masing material dihitung untuk campuran pengujian Marshall maupun Wheel Tracking.

Hasil dari perhitungan komposisi material pembentuk perkerasan dapat dilihat pada Tabel 6 dan Tabel 7.

Tabel 6. Komposisi Marshall

Sampel	0% limbah CKS	30 % limbah CKS	50% limbah CKS
Kadar aspal	9,3 %	9,6 %	9,7 %
Berat aspal (gr)	58,06	59,94	60,56
Berat agregat kasar (kerikil) (gr)	345,26	240,88	171,87
Berat agregat kasar (cangkang) (gr)	0,00	48,01	79,93
Berat agregat halus (gr)	769,33	766,78	765,93
Berat filler (gr)	66,50	66,28	66,20
Berat total (gr)	1239,15	1181,89	1144,50

Pada Tabel 6, terdapat komposisi berat masing-masing sampel berdasarkan persentase limbah CKS dalam agregat kasar, untuk pengujian Marshall, untuk pengujian stabilitas Marshall, Kelelahan, dan Marshall Quotient dan Rongga Udara dalam campuran (VIM).

Tabel 7. Komposisi Wheel Tracking

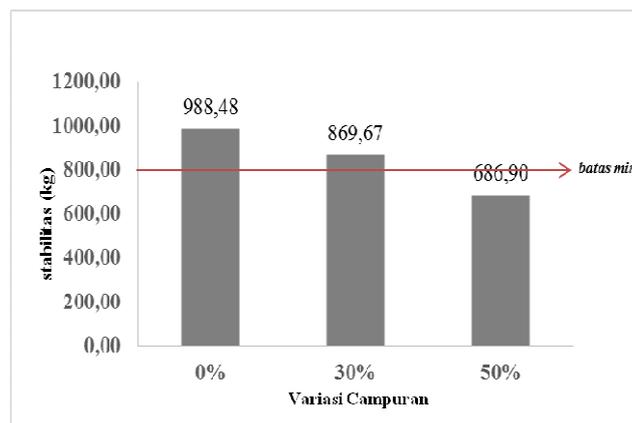
Sampel	0% limbah CKS	30 % limbah CKS	50% limbah CKS
Kadar aspal	9,3 %	9,6 %	9,7 %
Berat aspal (gr)	444,76	459,11	463,89
Berat agregat kasar (kerikil) (gr)	2644,67	1845,14	1316,50
Berat cangkang (gr)	0,00	367,78	612,29
Berat agregat halus (gr)	5892,97	5873,47	5866,98
Berat filler (gr)	509,35	507,67	507,10
Berat total (gr)	9491,74	9053,17	8766,76

Sedangkan pada Tabel 7, merupakan berat sampel untuk pengujian Wheel Tracking untuk masing-masing persentase limbah CKS dalam agregat kasar.

5.7. Analisa Parameter Marshall Test

Nilai parameter Marshall menjelaskan kondisi dari campuran aspal yang telah terbentuk. Nilai dari parameter tersebut mempunyai batas toleransi yang telah di jadikan sebagai spesifikasi yang ditetapkan sebagai standar mutu campuran aspal tersebut. Pada pembahasan hasil penelitian ini, parameter Marshall yang dianalisa ialah Stabilitas, kelelahan, Marshall Quotient (MQ), dan VIM.

- **Stabilitas**

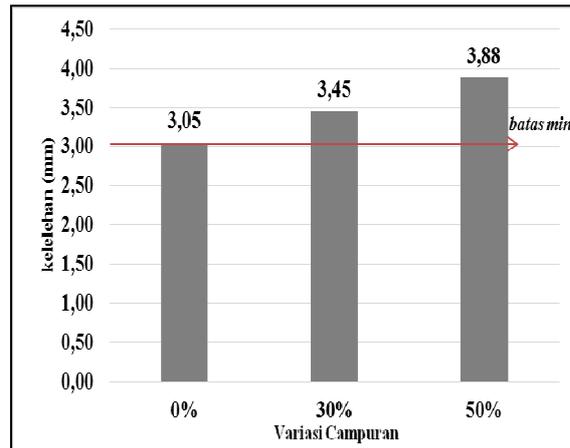


Gambar 4. Stabilitas vs % Limbah CKS

Dari Gambar 4 terlihat tidak semua variasi campuran masuk dalam spesifikasi standar nilai Stabilitas minimum parameter Marshall. Batas minimum nilai Stabilitas Marshall untuk campuran aspal HRS-WC adalah sebesar ≥ 800 kg. Untuk variasi campuran 0 % dan 30 % berada diatas spesifikasi minimum Marshall yaitu sebesar 988,48 kg dan 869,67 kg. Sedangkan untuk variasi campuran 50% limbah CKS berada dibawah batas spesifikasi minimum. Maka, berdasarkan hasil dari pengujian Stabilitas perkerasan HRS-WC ini disarankan untuk penambahan cangkang sawit hanya 30% saja dari total jumlah agregat kasar dalam campuran, karena pada 30% limbah CKS mampu menerima beban minimum yang disyaratkan hingga terjadi kelelahan plastis, sedangkan variasi 50 % hanya bernilai 686,90 kg sehingga tidak masuk dalam syarat spesifikasi minimum.

- **Kelelahan**

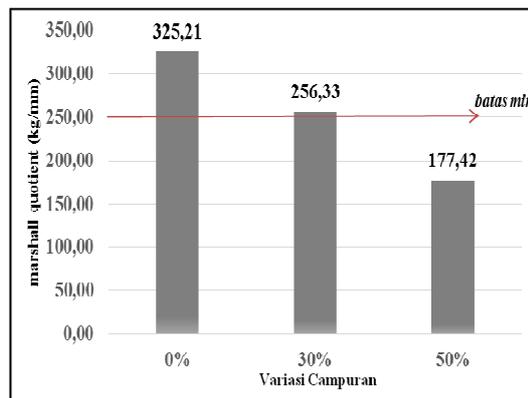
Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa semua variasi campuran aspal memenuhi spesifikasi batas nilai minimum kelelahan Marshall sebesar 3 mm.



Gambar 5. Kelelehan vs % limbah CKS

Untuk variasi campuran aspal 0% limbah CKS memiliki angka kelelehan yang paling kecil dibandingkan dengan variasi campuran aspal 30 % dan 50 %. Pada campuran perkerasan 50% Limbah CKS mempunyai nilai kelelehan lebih tinggi dibandingkan dengan variasi 0% dan 30%, hal ini mungkin disebabkan penggunaan kadar aspal yang lebih banyak dan terdapat rongga udara dalam campuran perkerasan aspal tersebut.

- **Marshall Quotient (MQ)**

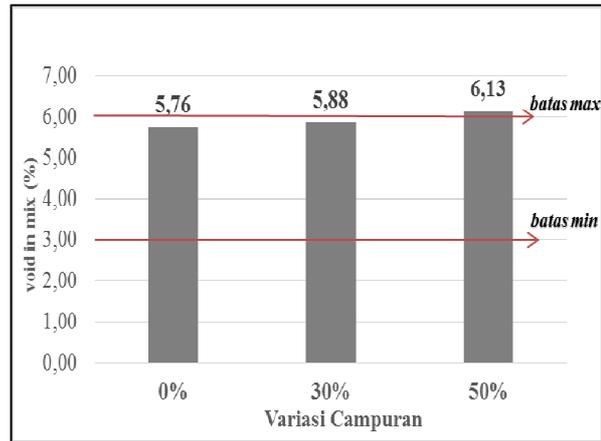


Gambar 6. Marshall Quotient vs Limbah CKS(%)

Dari Gambar 6 terlihat bahwa tidak semua variasi limbah CKS mempunyai nilai MQ diatas batas minimum, dimana batas minimumnya adalah sebesar 250 kg/mm. Berdasarkan Gambar 6, campuran 0% dan 30% limbah CKS memenuhi spesifikasi MQ minimum sedangkan campuran 50% limbah CKS tidak memenuhi syarat batas minimum MQ.

- **Rongga dalam Campuran Perkerasan (VIM)**

Nilai VIM bisa menggambarkan nilai durabilitas dari suatu campuran aspal padat. Nilai VIM berada pada rentang 3% sampai 6% berdasarkan dari standar yang telah ditentukan. Nilai VIM yang terlalu kecil dari yang telah ditentukan akan menyebabkan bleeding pada perkerasan, dan apabila nilainya terlalu besar akan berkurang kededapan air sehingga menurunkan sifat durabilitas campuran aspal. Pada Gambar 7 dapat dilihat nilai VIM masing-masing variasi limbah CKS.



Gambar 7. Void in Mix vs % limbah CKS

Pada Gambar 7 terlihat untuk campuran 0% limbah CKS berada dalam rentang nilai VIM yaitu sebesar 5,76% sehingga campuran ini mempunyai sifat durabilitas yang baik. Pada variasi 30% limbah CKS juga masuk dalam rentang yang disyaratkan yaitu sebesar 5,88%. Sedangkan 50% limbah CKS melebihi nilai maksimum yang ditetapkan yaitu sebesar 6,13%, sehingga disimpulkan bahwa campuran aspal padat dari variasi campuran ini mempunyai sifat kedap air yang kecil dan durabilitas atau kekuatannya menurun.

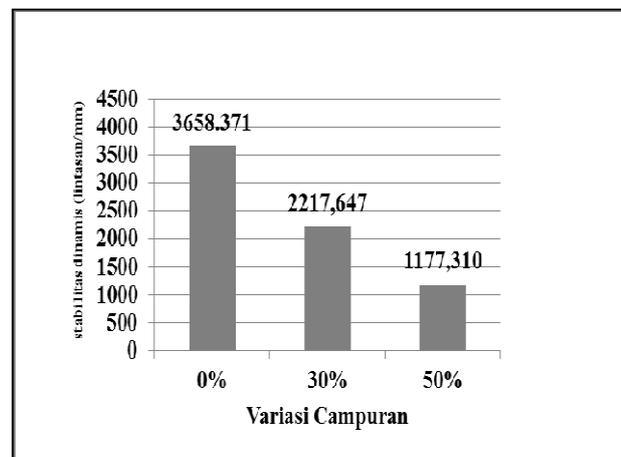
5.8. Analisa Parameter Wheel Tracking Test

Setelah dilakukannya uji Wheel Tracking terhadap benda uji/sampel, maka didapatkan nilai parameter Wheel Tracking yang menjelaskan kondisi dari campuran aspal yang telah terbentuk berupa Stabilitas Dinamis dan deformasi, sebagai berikut:

- **Stabilitas Dinamis**

Nilai Stabilitas Dinamis untuk campuran 0% limbah CKS adalah 3658.37 lintasan/mm dan ini dijadikan sebagai nilai acuan karena merupakan perkerasan dengan material tanpa bahan alternative. Nilai Stabilitas 0% limbah CKS dibandingkan dengan variasi campuran 30% limbah CKS dan 50% limbah CKS. Pada variasi campuran 30% limbah CKS didapatkan hasil Stabilitas Dinamisnya sebesar 2217.65 lintasan/mm, yang berada dibawah nilai 0% limbah CKS. Ini menandakan kemampuan dari variasi campuran ini dalam menerima beban lalu lintas rendah dari perkerasan pada umumnya dengan selisih nilai sebesar 1440.72 lintasan/mm.

Untuk campuran 50% limbah CKS terlihat mempunyai nilai yang jauh lebih rendah dari nilai Stabilitas Dinamis pembeding sebesar 1177.31 lintasan/mm. Perkerasan dengan 50% limbah CKS dianggap tidak mampu menahan Stabilitas Dinamis pada suhu 60 °C karena terlalu jauh selisih nilai dari pembeding yang terbentuk.



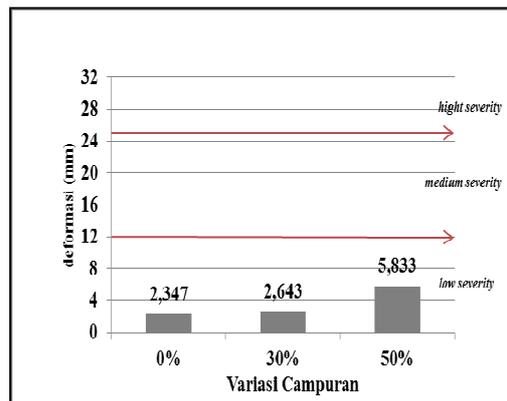
Gambar 8. Stabilitas Dinamis vs % limbah CKS

- **Deformasi (Rutting)**

Deformasi atau batasan alur yang terbentuk akibat pembebanan yang terjadi mempunyai beberapa tingkatan, yaitu:

1. Low severity : kedalaman alur < dari 12 mm
2. Medium Severity : kedalaman alur 12 – 25 mm
3. High severity : kedalaman alur > dari 25 mm

Untuk penanganannya low severity biasanya dibiarkan sampai batasan medium severity dan penanganan medium severity dapat dilakukan dengan overlay.



Gambar 9. Deformasi vs % limbah CKS

Ketiga variasi campuran mempunyai nilai deformasi pada kategori low severity, yang berarti nilai deformasinya rendah dan perkerasannya masih kuat. Deformasi yang terjadi pada variasi 0% limbah CKS mempunyai nilai penurunan yang paling kecil sebesar 2.35 mm dibandingkan dengan variasi campuran 30 % dan 50 % limbah CKS sebesar 2.64 mm dan 5.83 mm. Dengan demikian pemakaian cangkang sawit sebagai bahan pengganti agregat kasar bisa digunakan untuk perkerasan jalan.

6. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

- Untuk penggunaan 30% limbah CKS dalam campuran perkerasan HRS-WC mempunyai nilai Stabilitas Marshall, kelelahan, Marshall Quotient dan Void in Mix berada dalam batas standard yang disyaratkan SNI 03-1737-1989. Sedangkan penggantian 50% limbah CKS dalam agregat kasar tidak disarankan, karena nilai parameter Marshalnya berada diluar batas minimum yang disyaratkan. Sehingga perkerasannya tidak mampu menahan beban minimum suatu perkerasan. Tetapi penggunaan 50% limbah CKS ini masih memungkinkan jika mutu aspalnya ditingkatkan kepada mutu aspal yang mempunyai daktilitas dan durabilitas yang tinggi dibandingkan aspal pada penelitian ini yaitu aspal pen 60-70.
- Penggunaan 30% limbah CKS ini juga didukung oleh hasil pemeriksaan dengan alat Wheel Tracking, dimana nilai Stabilitas Dinamisnya mendekati nilai Stabilitas Dinamis untuk perkerasan tanpa penggunaan limbah CKS. Juga untuk nilai deformasi yang terjadi, dimana dalam pengamatan secara visual terlihat kedalaman alur yang terbentuk pada variasi 30% hampir sama dengan 0% limbah CKS sehingga bisa digunakan sebagai pengganti agregat kasar. Pada variasi 50% cangkang kelapa sawit baik itu pengujian Marshall maupun Wheel Tracking tidak mencapai hasil yang diharapkan sesuai nilai standar, sehingga penggantian agregat kasar sebanyak 50% tidak disarankan

Daftar Pustaka

- Ali, S., 2009. *Karakteristik Marshall Campuran Hot Rolled Sheet (HRS) yang Mengandung Cangkang Kelapa Sawit sebagai Agregat Kasar*. Reakayasa Sipil. Volume 17, No.3
- Laboratorium Transportasi dan Jalan Raya. (2008). *Petunjuk Pelaksanaan Praktikum Bahan Perkerasan Jalan Raya*. Jurusan teknik Sipil Universitas Andalas, Padang.
- Oglesby, C.H. & Hicks, R.G. (1996). *Teknik Jalan Raya*. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Sudarsono. DU. (1976). *Cara Menentukan Persentase Aspal pada Konstruksi Pengaspalan*. Direktorat Jendral Bina Marga. Jakarta.
- Sukirman, S. (2003). *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Nova, Bandung.
- Suryadharma, H Susanto, B. (1999). *Rekayasa Jalan Raya*. Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Yogyakarta.
- Yuristian. (2014). *Kajian Deformasi, Stabilitas Dinamis dan Umur Rencana dari Campuran Laston Lapis Atas (AC-WC) Menggunakan Aspal Pen 60-70 Akibat Variasi Temperatur Pencampuran* : Mahasiswa S2 Jurusan Teknik Sipil – Universitas Andalas
- Yuwono Ibnu Nugroho “<http://www.sawit-centre.com>” Manfaat Cangkang Sawit
- Wanabina Oil and Commodities “<http://wanabinacommodities.blogspot.com/2011/08/manfaat-dan-kegunaan-cangkang-sawit.html>” Manfaat dan kegunaan cangkang sawit.

Peramalan Curah Hujan dan Debit Puncak Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan *Algoritma Backpropagation* dalam Rangka Mendukung Program Mitigasi Bencana Banjir (Studi Kasus : DAS Air Bengkulu, Kota Bengkulu-Indonesia)

Gusta Gunawan

*Staf Pengajar, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Bengkulu, Bengkulu;
gustagunawan@yahoo.com, r_efendi@yahoo.com*

Abstrak

Persoalan banjir telah menjadi permasalahan dunia karena hampir dialami oleh seluruh negara yang ada pada saat ini. Banjir terjadi akibat meningkatnya intensitas hujan dan naiknya permukaan air laut sehingga kemampuan sungai untuk mengalirkan air ke laut menjadi menurun. Tujuan dari penelitian ini adalah meramalkan curah hujan yang menyebabkan terjadinya debit puncak atau banjir. Metode yang digunakan untuk peramalan debit puncak adalah Jaringan Syaraf Tiruan (JST) dengan *algoritma back propagation*. Data masukkan untuk program JST adalah data koefisien aliran (c), intensitas curah hujan (I), dan luas daerah aliran sungai (A). JST digunakan untuk meramal debit banjir selama satu hari (24 jam). Pengujian dilakukan untuk mencari arsitektur dan nilai parameter JST yang paling optimal pada proses pelatihan. Selain itu, pengujian dilakukan untuk mengetahui seberapa besar sistem mengenali data yang dimasukkan setelah melewati tahap pelatihan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa JST dengan algoritma *Backpropagation* yang sudah dilatih dapat memprediksi debit banjir dengan persentase kesalahan sangat kecil. Tingkat akurasi yang dihasilkan sebesar 97,5% dengan MAPE sebesar 0,5%.

Kata Kunci : Curah hujan, Debit puncak, Artificial Neural Network, Backpropagation.

Abstract

The problem of flooding has become the world's problems as experienced by almost all the countries that exist at this time . Flooding caused by the increased intensity of rainfall and rising sea levels that the ability of the river to drain water into the sea to decrease. The purpose of this study is to predict rainfall causes or flood peak discharge . The method used to forecast the peak discharge is an Artificial Neural Network (ANN) with back propagation algorithm . Enter data for ANN program is a data flow coefficient (c) , rainfall intensity (I) , and the extensive watershed (A) . ANN is used to predict the flood discharge during one day (24 hours) . The test is performed to find the architecture and the value of the optimal ANN parameters in the training process . In addition , testing was conducted to determine how much the system recognizes the data entered after passing the training phase . The results showed that ANN with backpropagation algorithm can be trained to predict the flood discharge accurately. Resulting accuracy level is 97.5 % with MAPE at 0,5 % .

Keywords : Rainfall , Peak discharge, Artificial Neural Network , Backpropagation .

1. Pendahuluan

Peramalan banjir merupakan kegiatan yang berkontribusi dalam melindungi kehidupan manusia, terutama penduduk yang tinggal di pinggir sungai. Para peneliti di bidang sumber daya air telah mengembangkan berbagai model hidrologi dan hidrolika untuk mewujudkan tujuan tersebut. Metode hidrologi yang dikembangkan didasarkan pada prinsip konservasi massa. Asumsi dasar yang digunakan adalah kelinieran (*linearity*) sehingga model ini memiliki keterbatasan dalam menganalisis fenomena banjir yang tidak linier. Contoh dari model ini adalah Metode Muskingum.

Phenomena banjir yang tidak linier diselesaikan dengan metode hidrolika dari St. Venant yang terdiri dari persamaan kontinuitas dan momentum. Akan tetapi persamaan ini hanya bisa

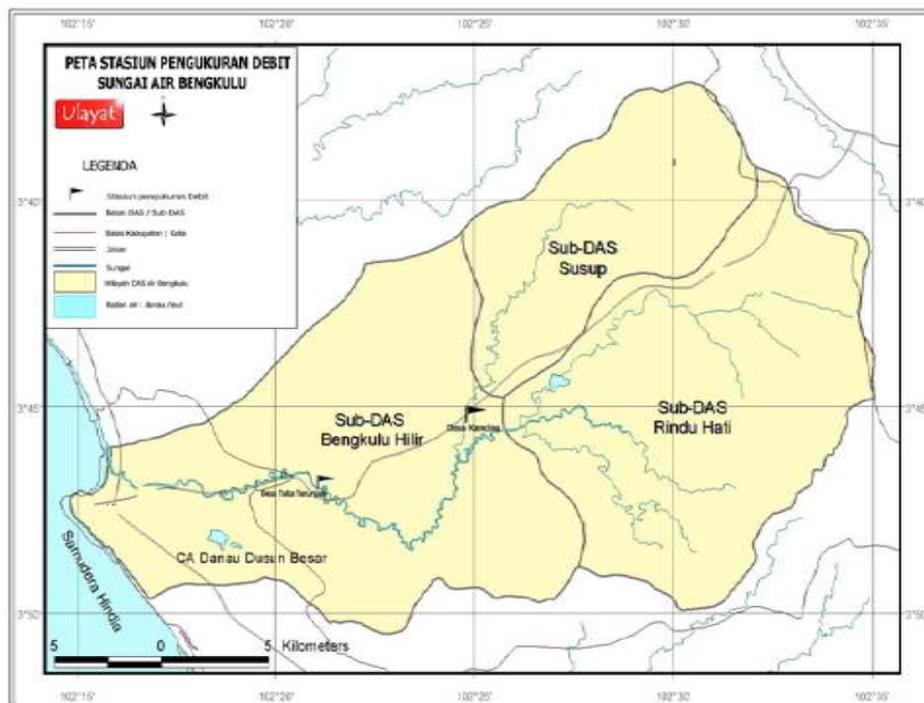
diselesaikan secara numerik serta membutuhkan teknik penyelesaian yang sangat kompleks, sehingga sering menimbulkan persoalan konvergensi dan stabilitas yang tak dapat diperhitungkan. Selain itu, metode ini mensyaratkan adanya informasi distribusi (*distributed information*) dari karakteristik daerah tangkapan air atau daerah aliran sungai (DAS). Dalam banyak kasus DAS di Indonesia, penentuan dan pengukuran informasi ini tidaklah mudah dan data yang tersedia juga tidak lengkap.

Model alternatif yang dapat digunakan untuk peramalan fenomena banjir yang tidak linier pada suatu daerah yang miskin akan informasi distribusi dari karakteristik DAS adalah *Artificial Neural Network (ANN) atau Jaringan Saraf Tiruan (JST)*. Berbagai penelitian tentang penggunaan ANN untuk peramalan banjir di berbagai DAS di negara lain adalah antara lain : Smith dan Eli (1995) menerapkan model ANN dengan algoritma back- propagation untuk memprediksi debit dan waktu puncak pada suatu DAS (daerah aliran sungai). Tokar dan Johnson (1999) membandingkan model ANN dengan regresi dan model konseptual sederhana. Liong, Lim, Paudyal (2000) melakukan peramalan debit banjir suatu sungai dengan pendekatan ANN di Bangladesh. Chau dan Cheng (2002) melakukan prediksi *real-time* dari tahap air dengan Pendekatan ANN menggunakan algoritma back propagation. Joorabchi, et al (2007) melakukan peramalan debit banjir menggunakan ANN di *Fitzroy River*, Australia. Hasilnya memiliki tingkat akurasi yang tinggi. Walaupun ANN memiliki keterbatasan dalam memprediksi dalam pemodelan hujan-aliran namun hasil peramalannya cukup baik (De Vos and Rientes, 2005). Tingkat ketelitian hasil peramalan debit sungai dengan ANN lebih baik jika dibandingkan dengan model stokastik (Fereydooni et al, 2012). Hasil penelitian yang dilakukan oleh Dawson and Wilby (2001) menunjukkan bahwa ANN sangat baik untuk pemodelan hidrologi. Oleh karena penelitian bertujuan untuk peramalan debit banjir menggunakan ANN dengan *algoritma back progatioan* pada DAS Air Bengkulu. Aplikasi dari ANN pada DAS Air Bengkulu didasarkan pada pertimbangan karakteristik iklim yang berbeda dengan penelitian terdahulu.

2. Metode Penelitian

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Air Bengkulu, Desa Tanjung Jaya, Kelurahan Surabaya, Kecamatan Sungai Serut, Kota Bengkulu (Gambar 1).



Gambar 1. Lokasi Penelitian (Sumber : Yuda, 2014)

2.2. Data

Data yang dibutuhkan untuk pemodelan hidrologi Hujan-aliran menggunakan ANN dengan algoritma *Back Propagation* adalah data untuk pelatihan, pengujian, dan untuk prediksi atau peramalan. Data untuk pelatihan adalah data hujan selama 92 hari yaitu mulai dari tanggal 1 November 2013 sampai dengan 31 Januari 2014. Data untuk pengujian adalah data hujan selama 4 hari yaitu pada tanggal 1-4 Februari 2014 dan data untuk *prediksi atau peramalan* adalah data hujan selama 1 (satu) hari pada tanggal 5 Februari 2014. Selain data hujan diatas dibutuhkan data koefisien aliran (c) dan data luas daerah aliran sungai (DAS).

2.3. Penentuan Variabel untuk Estimasi Debit Banjir

Banjir adalah suatu peristiwa hujan yang mengakibatkan terjadi peningkatan debit aliran yang relatif besar sehingga aliran air melimpas diluar alur sungai dan menimbulkan genangan sehingga mengakibatkan gangguan baik terhadap manusia maupun terhadap harta bendanya.

Debit banjir adalah banyaknya aliran air yang terdapat diatas permukaan tanah pada suatu waktu yang disebabkan oleh curah hujan yang terjadi lebih besar dibandingkan dengan kemampuan tanah untuk menyerap air sehingga jumlah air hujan yang masuk ke saluran alam atau buatan melebihi daya tampung atau kapasitas dari saluran tersebut. Berbagai macam model analitik telah dikembangkan oleh para peneliti untuk memperkirakan debit puncak atau debit banjir di berbagai negara. Namun metode yang paling populer dan sering digunakan adalah metode rasional. Adapun bentuk dari persamaan tersebut adalah sebagai berikut :

$$Q = C. I. A \quad (1)$$

Dimana:

Q = Debit/aliran banjir (m³/jam)

I = Intensitas hujan satuan (mm/jam)

A = Luas daerah aliran sungai (m²)

C = Koefisien aliran.

Nilai dari variable koefisien aliran (C) umumnya ditentukan berdasarkan tabel yang telah ada. Akan tetapi untuk hasil yang lebih sesuai dengan kondisi daerah penelitian maka nilai variabel C ditentukan menggunakan SIG (sistem informasi geografis) dengan memperhitungkan jenis tutupan lahan, kelerengan, dan jenis tanah. Nilai C suatu DAS ditentukan menggunakan persamaan berikut:

$$C_{das} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \times A_i}{A_{total}} \quad (2)$$

Dimana :

C_{das} = Nilai koefisien aliran yang mewakili DAS tersebut

C_i = Nilai Koefisien aliran pada setiap sub bagian DAS

A = Luas (m²)

Nilai intensitas hujan dapat diperkirakan menggunakan berbagai metode yang disesuaikan dengan data hujan yang tersedia. Pada lokasi penelitian, data hujan yang tersedia adalah data hujan harian maka persamaan yang digunakan adalah persamaan Mononobe, secara matematis dinyatakan sebagai berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (3)$$

Dimana :

I = Intensitas hujan maksimum dalam satu hari (mm/jam)

T_c = Waktu konsentrasi (jam)

Luas dari DAS dapat ditentukan dengan melakukan deliniasi batas DAS menggunakan SIG. Data yang dibutuhkan untuk melakukan deliniasi tersebut adalah DEM-SRTM (*digital elevation model-shuttle radar tropical measurement*). Hasilnya akan lebih baik jika DEM-SRTM yang ada

dimodifikasi dengan kerapatan kontur tertentu, semakin rapat kontur yang dibuat maka semakin baik hasilnya akan tetapi semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk kompilasi (Gunawan, 2011).

2.4. Estimasi Debit Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan (JST)

Untuk melakukan peramalan debit dengan JST tahapan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Proses Pelatihan Data

Pelatihan data dengan Jaringan Syaraf Tiruan menggunakan Algoritma *Backpropagation* dengan metode pelatihan *Levenberg-Marquardt*. Pada proses ini, data yang dibutuhkan adalah data koefisien aliran, data intensitas hujan, data luas daerah aliran sungai, data target, dan data parameter jaringan. Pada proses ini dilakukan pelatihan data dengan *Backpropagation* menggunakan metode *Levenberg-Marquardt*. Hasil dari pelatihan akan berupa bobot yang nantinya digunakan untuk pengujian dan peramalan data.

2. Proses Pengujian Data

Pengujian dengan menggunakan data target dan bobot hasil dari pelatihan dengan menggunakan Algoritma *Backpropagation* metode pengujian *Levenberg-Marquardt*, Pada proses pengujian ini, *user* akan memasukkan kembali data koefisien aliran, data intensitas hujan, data luas daerah aliran sungai, data target dan data parameter jaringan. Disini akan dilakukan pengujian apakah data yang dihasilkan sama atau mendekati data target (data sesungguhnya) dengan menggunakan bobot hasil pelatihan sebelumnya. Pengujian disini digunakan untuk membuktikan apakah pelatihan data yang kita lakukan sudah benar atau tidak

3. Proses Peramalan Data

Peramalan sistem dengan menggunakan bobot hasil pelatihan, Pada peramalan data ini, *user* kembali menginputkan data koefisien aliran, data intensitas hujan, data luas daerah aliran sungai, dan data parameter jaringan. Hasil dari peramalan ini sendiri akan berbentuk debit banjir (Q) kedepannya

4. Proses Validasi

Validasi yang merupakan hasil perbandingan antara data prediksi dengan data sesungguhnya. Pada proses validasi ini *user* kembali menginputkan data koefisien aliran, data intensitas hujan, data luas daerah aliran sungai, dan data parameter jaringan. Hasil dari data prediksi yang telah dilakukan pada proses prediksi akan dibandingkan dengan data-data yang telah diinputkan pada proses validasi untuk mengetahui seberapa akurat hasil prediksi yang dilakukan. Hasil dari validasi ini disajikan dalam bentuk grafik.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Luas DAS (A)

DAS Air Bengkulu memiliki luas 51.500 ha yang terbagi kedalam 3 Sub-DAS, yaitu Sub-DAS Rindu Hati (19.207 ha), Sub-DAS Susup (9.890 ha), dan Sub-DAS Bengkulu Hilir (22.402 ha).

3.2. Koefisien Aliran

Hasil tumpang susun antara peta tutupan lahan, kelerengan dan jenis tanah menggunakan Arc View 3.0 didapatkan nilai dari koefisien aliran (c) pada berbagai sub-DAS diajikan pada Tabel 1-3 dibawah ini :

Tabel 1. Nilai Koefisien Aliran di sub-DAS Rindu Hati

Jenis Tutupan Lahan	Luas (ha)	Persen (%)	Koefisien
Tubuh Air	32.82	0.171	1
Hutan Primer	475.55	2.476	0.30
Hutan Sekunder	1176.8	6.127	0.30
Pertanian Lahan Kering	16935.07	88.167	0.35
Pemukiman	587.76	3.060	0.40
Total	19208	100	

Sumber : Soemantri, 2014

Tabel 2. Nilai Koefisien Aliran di sub-DAS Susup

Jenis Tutupan Lahan	Luas (ha)	Persen (%)	Koefisien
Semak Belukar	645.99	6.532	0.37
Tanah Terbuka	16.9	0.171	0.30
Hutan Sekunder	842.63	8.520	0.36
Pertanian Lahan Kering	8384.48	84.770	0.41
Total	9890	100	

Sumber : Soemantri, 2014

Tabel 3. Nilai Koefisien Aliran di Sub DAS Bengkulu Hilir

Jenis Tutupan Lahan	Luas (ha)	Persen (%)	Koefisien
Lahan Kering	19041.7	87.48	0.38
Pemukiman	896.08	4.12	0.43
Semak Belukar	448.04	2.06	0.37
Sawah, Hutan Rawa	1120.1	5.15	0.41
Hutan	260	1.19	0.36
Total	22402	100	

Sumber : Soemantri, 2014

3.3. Curah Hujan

Data curah hujan yang digunakan adalah data curah bulanan maksimum tiap tahun dari stasiun penakar hujan. Curah hujan bulanan maksimum selama 10 tahun periode 2004-2013 dapat dilihat pada Tabel 4

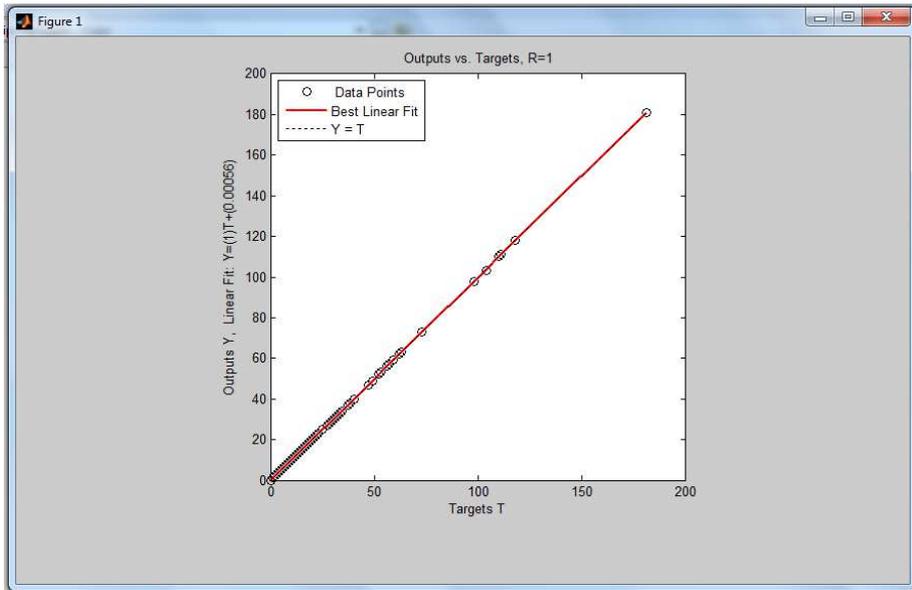
Tabel 4. Curah Hujan Harian Maksimum

Tahun	Curah Hujan
2004	143
2005	151
2006	75
2007	136
2008	154
2009	162
2010	142
2011	118
2012	185
2013	182
Xrata	145

Sumber : Soemantri, 2014

3.4. Peramalan Debit Banjir Dengan JST

Peramalan debit banjir menggunakan JST dengan algoritma *back propogation* dilakukan melalui 4 (empat) tahapan yaitu pelatihan (*training*), pengujian, peramalan debit dan validasi. Pada proses pelatihan atau *training* hasil luaran yang diinginkan adalah kemampuan algoritma JST untuk mengenal data curah hujan dari bulan November 2013 sampai dengan bulan Februari 2014 yang diinputkan dan disimpan dalam bentuk data base curah hujan. Pelatihan menggunakan algoritma *Levenberg-Marquardt* dan hasilnya diperoleh jumlah iterasi sebanyak 76 kali, nilai Epoch dan nilai *Mean Squared Error* (MSE). Grafik luaran dan target dari hasil pelatihan diertagakan pada Gambar 2.



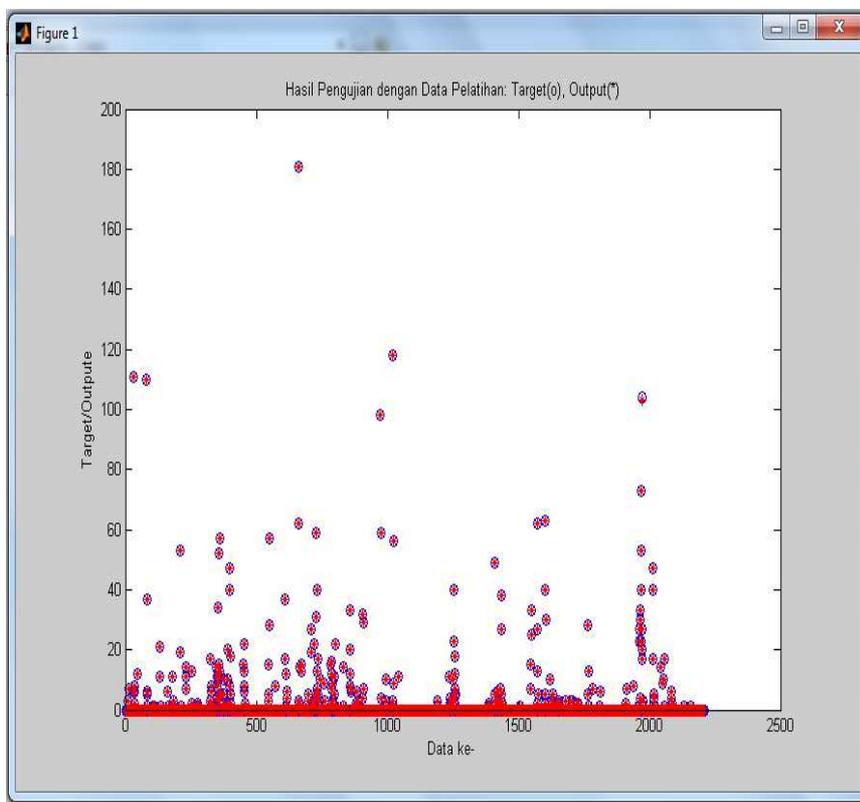
Sumber : Susanti, 2013

Gambar 2. Hasil Pelatihan JST Menggunakan Data Curah Hujan Harian

Grafik hasil pelatihan menunjukkan hasil yang baik dengan persamaan regresi adalah sebagai berikut:

$$Y = 1 T + 0.0006 \dots\dots\dots(4)$$

Dimana Y adalah output dan T adalah target. Dengan demikian model yang dikembangkan bisa mengenali data yang disimpan sebelumnya dengan cukup akurat. Selanjutnya data yang telah dilatih dilakukan pengujian. Tujuan dari pengujian adalah untuk mengetahui sejauh mana kemampuan jaringan yang telah dilatih sebelumnya mengenali pola-pola data yang akan diramal. Hasil dari pengujian disajikan pada Gambar 3.



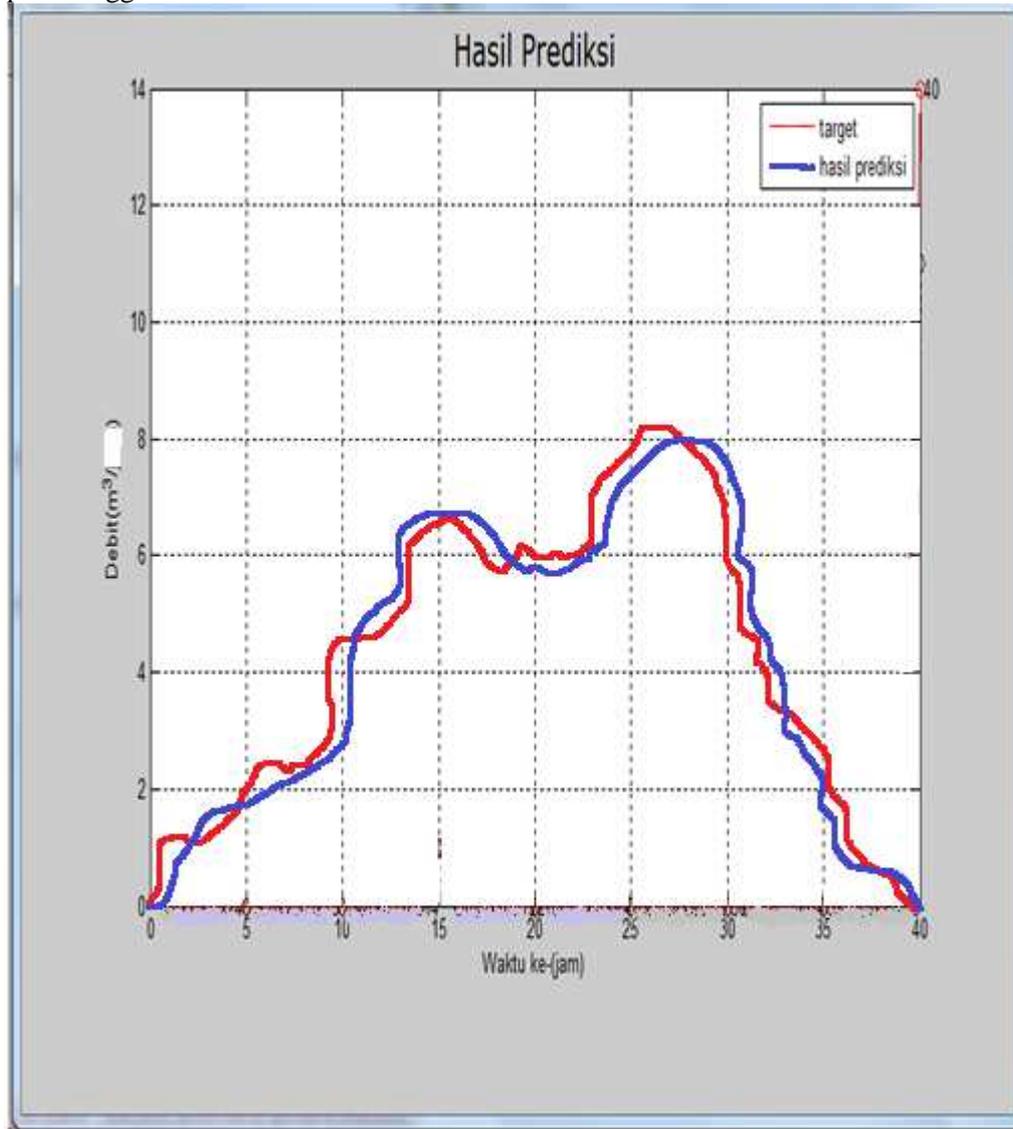
Sumber :Susanti, 2014

Gambar 3. Hasil Pengujian data yang telah dilatih.

Dari gambar dapat dilihat bahwa data target (o) yang berbentuk lingkaran, dan data *output* (*) yang berbentuk bintang berada pada posisi yang berdekatan. Maksudnya adalah JST yang dikembangkan cukup mampu mengenal pola-pola dari data-data yang telah dilatih sebelumnya dan mengenali pola-pola data yang bersifat *outlier*. Persamaan regresi dari hasil pengujian terhadap data yang telah dilatih adalah sebagai berikut :

$$Y = 1T + 4.8e-0.16 \quad (5)$$

Persamaan regresi ini didapat dengan menggunakan fungsi *postreg* pada Matlab. Selanjutnya dilakukan peramalan (forecast) debit banjir. Berikut ini adalah gambar dari grafik peramalan debit banjir pada tanggal 7 Februari 2014.



Gambar 4. Hasil Prediksi Debit Banjir pada Tanggal 7 Februari

Berdasarkan grafik hasil prediksi pada Gambar 4 diatas, garis berwarna merah adalah data target (data sesungguhnya), garis biru menunjukkan data *output* (data hasil prediksi). Perbandingan antara garis *output* dengan target cukup mendekati hasil yang sesungguhnya akan tetapi masih ada sedikit perbedaannya pada titik-titik tertentu. Perbedaan antara target dengan *output* (hasil prediksi) ini disebut dengan *error* dan nilainya dapat dihitung dengan menggunakan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*). Besarnya nilai MAPE dari keluaran model adalah 0,5% artinya tingkat kesalahan yang terjadi sangat kecil.

4. Kesimpulan dan Saran

Peramalan debit banjir untuk suatu daerah aliran sungai yang memiliki kekurangan banyak data dapat dilakukan dengan *Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation (JSTB)*. Hasil dari aplikasi model JSTB pada DAS Air Bengkulu menunjukkan hasil yang cukup baik dengan tingkat korelasi yang tinggi yaitu mendekati 1 (satu) dan tingkat akurasi yang dihasilkan sebesar 97.5% dengan MAPE sebesar 0.5%.

Daftar Pustaka

- Chau, K.W., Cheng, C.T.(2002). *Real-time Prediction of Water Stage with Artificial Neural Network Approach*. Lecture Notes in Artificial Intelligence 2557 (2002) 715-715
- Cheng, C.T., Chau, K.W.(2001). *Fuzzy Iteration Methodology for Reservoir Flood Control Operation*. Journal of the American Water Resources Association 37(5) (2001) 1381-1388
- Dawson, C.W. and Wilby, R.L., (2001). *Hydrological modelling using artificial neural networks*., Progress in Physical Geography 25,1 (2001) pp. 80–108
- de Vos, N. J. and Rientjes, T. H. M. (2005)., *Constraints of artificial neural networks for rainfall-runoff modelling: trade-offs in hydrological state representation and model evaluation*, Hydrology and Earth System Sciences, 9, 111–126, 2005 www.copernicus.org/EGU/hess/hess/9/111/
- Fereydooni, M., Rahnemaei, M., Babazadeh, H., Sedghi, H and Elhami, M. R. 2012. *Comparison of artificial neural networks and stochastic models in river discharge forecasting*, (Case study: Ghara- Aghaj River, Fars Province, Iran) African Journal of Agricultural Research Vol. 7(40), pp. 5446-5458, 23 October, 2012.
- Gunawan, G., (2011)., *Deliniasi DAS Berbasis Sistem Informasi Geografis Dalam Rangka Mendukung Pengelolaan DAS Terpadu*, Jurnal Teknik Sipil-Inersia, No/vol: 3/1
- Joorabchi, A., Zhang, H., and Blumenstein, M., (2007)., *Application of artificial neural networks in flow discharge prediction for the Fitzroy River*, Journal of Coastal Research SI 50 287 - 291 ICS2007 (Proceedings) Australia ISSN 0749.0208
- Liong, S.Y., Lim, W.H., Paudyal, G.N.(2000). *River Stage Forecasting in Bangladesh: Neural Network Approach*. Journal of Computing in Civil Engineering, ASCE 14(1) (2000) 1-8
- Smith, J., Eli, R.N. (1995). *Neural-Network Models of Rainfall-Runoff Process*. Journal of Water Resources Planning and Management, ASCE 121(6) (1995) 499-508
- Soemantri, Y., (2014). *Analisis Kapasitas Sungai dalam Mengendalikan Banjir dengan Integrasi Metode Rasional dengan WinTR (Studi Kasus DAS Air Bengkulu)*, Skripsi, Tidak dipublikasikan.
- Susanti, I ., (2014). *Sistem Peramalan Debit Banjir Dengan Artificial Neural Networks Backpropagation (Studi Kasus: DAS Air Bengkulu)*, Skripsi, Tidak dipublikasikan.
- Tokar, A.S., Johnson, P.A. (1999). *Rainfall-Runoff Modeling using Artificial Neural Networks*. Journal of Hydrologic Engineering, ASCE 4(3) (1999) 232-239

Perilaku Evakuasi Masyarakat di Zona Rawan Tsunami (Studi kasus Kota Padang)

Yollan Randova

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas; randova77@yahoo.com

Purnawan

Staf Pengajar, Jurusan Teknik Sipil Universitas Andalas; purnawan@ft.unand.ac.id

Abstrak

Kota Padang berada pada wilayah yang memiliki potensi akan terkena bencana *Tsunami* jika terjadi gempa besar. Hal ini disebabkan posisi pantai barat Sumatera yang berada pada pertemuan dua lempeng benua yang selalu mengalami pergerakan yang berpotensi menimbulkan gempa yang dapat memicu terjadinya *tsunami*. Pada saat gempa besar tahun 2009, penduduk kota Padang melakukan tindakan evakuasi dengan mengungsi dikarenakan takut gempa yang terjadi menimbulkan *tsunami*. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik perilaku masyarakat di zona rawan *tsunami* yang melakukan evakuasi pada saat terjadi gempa yang berpotensi menimbulkan *tsunami*. Pada penelitian ini dilakukan survey dengan mewawancarai 500 responden yang tinggal di wilayah zona rawan tsunami. Dari penelitian menunjukkan bahwa mayoritas masyarakat melakukan tindakan evakuasi dengan mengungsi ketika terjadi gempa yang berpotensi menyebabkan terjadinya tsunami. Masyarakat sebagian besar melakukan tindakan evakuasi dengan menuju wilayah yang lebih tinggi dengan alasan tidak adanya *shelter* dan sebagian kecil melakukan tindakan evakuasi ke shelter dengan alasan waktu tempuh yang lebih cepat dari pada menuju wilayah yang lebih tinggi. Pada saat melakukan evakuasi sebagian besar masyarakat menggunakan sepeda motor. Jarak rata – rata yang ditempuh masyarakat menuju titik evakuasi sejauh 6.1 km dengan waktu tempuh rata – rata dengan waktu 50 menit, mayoritas masyarakat mengalami kemacetan pada saat mengungsi.

Kata Kunci: perilaku, evakuasi, zona rawan tsunami

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Pulau Sumatera merupakan daerah yang secara geodinamika terletak diatas lempeng benua, lempeng indo Australia dan lempeng pasifik serta keberadaan sesar regional yang ada di wilayah pulau Sumatera, Hal ini membuat pulau Sumatera sering dilanda gempa bumi. Secara umum daerah yang pernah terjadi bencana gempa bumi akan berpeluang akan terjadi kembali. Walaupun waktu tepat pengulangan terjadinya gempa bumi belum bisa diprediksikan secara akurat, dengan keadaan ini maka dibutuhkan kewaspadaan yang tinggi dan persiapan yang baik.

Banyak ahli geologi berasumsi rentang waktu terjadinya kembali bencana gempa bumi rata-rata di atas 100 tahunan. Menurut pemodelan perambatan tsunami di Padang yang pernah terjadi berskala 8,7 dan 8,9 skala Richter pada tahun 1797 dan 1833 akan menimbulkan tinggi gelombang di atas 5 meter. Sedangkan rentang waktu terjadinya gempa bumi terakhir di kota Padang dengan skala di atas 8,9 skala Richter sudah memasuki fase di atas 100 tahunan (Latief, 2005).

Gempa yang terjadi tanggal 30 September 2009, yang berkekuatan 7,6 skala richter berada 57 km dari kota Pariaman merupakan gempa yang sangat kuat. Getaran gempa juga terasa sebagian besar pulau Sumatera hingga Malaysia dan Singapura. Gempa ini membuat sebagian besar rumah, kantor dan sebagian bangunan lainnya hancur, dengan peringatan tsunami yang disampaikan oleh BMKG membuat terjadinya kepanikan pada masyarakat. Masyarakat memilih untuk melakukan evakuasi menuju daerah aman *shelter* atau evakuasi horzintal menu daerah dataran yang lebih tinggi. Masyarakat melakukan evakuasi muali dengan menggunakan kendaraan bermotor da nada yang berjalan kaki. evakuasi yang dilakukan masyarakat dengan kendaraan bermotor menyebabkan

kemacetan parah terjadi pada jalur – jalur menuju daerah aman tersebut. Hal ini membuat masyarakat kehabisan waktu untuk melakukan evakuasi, dimana pada saat peringatan tsunami masyarakat hanya memiliki waktu antara 20-45 menit yang otomatis menyebabkan masyarakat sangat tinggi terhadap potensi terkena bencana tsunami.

Oleh karena itu, bencana alam pada dasarnya merupakan hal yang tidak dapat kita hindari. Hal yang bisa dilakukan adalah meminimalkan dampak yang ditimbulkan oleh bencana alam melalui upaya mitigasi, diantaranya adalah pemberian pemahaman yang baik kepada masyarakat bagaimana bersikap ketika bencana terjadi, penyediaan sistem peringatan dini (*early warning system*) kemudian penataan ruang wilayah/kota yang berbasis pada kerentanan terhadap bencana alam serta pembangun fasilitas evakuasi vertikal berupa bangunan *shelter* dan fasilitas evakuasi horizontal berupa jalur evakuasi. Perilaku masyarakat dalam melakukan tindakan evakuasi merupakan bagian penting dalam sebuah tindakan evakuasi dimana perilaku ini sangat menentukan dalam kelancaran upaya mitigasi. maka harus

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- Mengidentifikasi karakteristik penduduk dalam melakukan evakuasi
- Mengidentifikasi jenis fasilitas yang digunakan dalam melakukan evakuasi

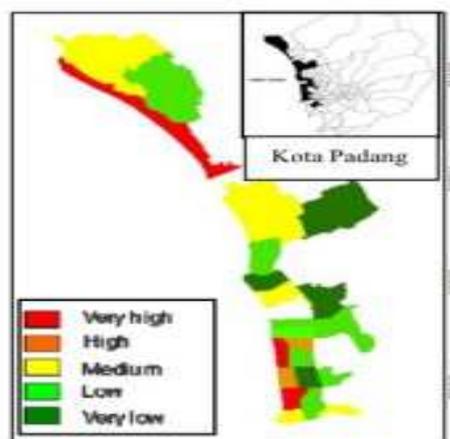
2. Tinjauan Pustaka

2.1. 2.1 Gempa Bumi

Menurut BMKG (2010), gempa bumi adalah peristiwa bergetarnya bumi akibat pelepasan energi di dalam bumi secara tiba-tiba yang ditandai dengan patahnya lapisan batuan pada kerak bumi. Akumulasi energi penyebab terjadinya gempa bumi dihasilkan dari pergerakan lempeng-lempeng tektonik. Energi yang dihasilkan dipancarkan kesegala arah berupa gelombang gempa bumi sehingga efeknya dapat dirasakan sampai ke permukaan bumi.

2.2. Tsunami

Istilah *tsunami* berasal dari bahasa jepang. *Tsu* berarti “pelabuhan” , *nami* berarti “gelombang”. Sehingga arti *Tsunami* adalah gelombang pelabuhan. Nelayan jepang adalah yang mencetuskan pertama kali istilah ini. karena mereka mendapati wilayah pelabuhan rusak akibat diterjang gelombang.



Gambar 2.1 Distribusi tingkat Kerentanan masyarakat Kota Padang
Sumber : Anwar (2008)



Gambar 2.2 : peta bahaya tsunami
 Sumber : DLR (2008)

Dari Gambar 2.1 dan 2.2 dapat dilihat bahwa kota Padang memiliki penyebaran daerah yang memiliki tingkat kerentanan terhadap tsunami, Kota Padang dengan jumlah 833.562 jiwa dan 406,879 jiwa (BPS,2010) berada di daerah zona rentan akan dampak tsunami. Dengan tingginya kerentanan masyarakat yang akan terkena dampak tsunami. Maka diperlukanlah suatu sistem penanggulangan bencana yang sistematis dan terukur. Untuk mengurangi masyarakat yang akan menjadi korban bila tsunami tersebut benar terjadi.

2.3. Bangunan Evakuasi vertikal (Shelter)

Berdasarkan Pedoman Rencana Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Evakuasi dalam Rangka Mitigasi Bencana Tsunami di Kota Padang yang disusun Departemen Pekerjaan Umum (2010), untuk mengurangi korban jiwa dan dampak kerusakan dari gejala alam ini diperlukan sebuah kajian tata ruang sebagai bagian tambahan dari rencana tata ruang wilayah yang sudah ada. Instrumen rencana ini berupa mitigasi bencana yang diwujudkan ke dalam pemetaan rawan bencana, rencana penetapan bangunan penyelamat (*escape building*), rencana jalur penyelamatan/evakuasi (*escape road*), dan rencana lokasi penyelamatan darurat (*shelter*).

2.4. Jalur evakuasi horizontal

Evakuasi vertikal merupakan proses mitigasi bencana yang dilakukan oleh masyarakat dengan melakukan pergerakan dari daerah zona rawan menuju daerah zona aman. Dengan melakukan pergerakan ini diharapkan masyarakat yang berada pada zona rawan dapat terhindar dari kerentanan terkena dampak tsunami.

Pada proses mitigasi yang memilih dengan melakukan evakuasi horizontal tingkat kesiapsiagaan masyarakat merupakan hal yang terpenting. Hal ini dikarenakan jumlah waktu yang tersedia hanya berkisar 15 – 45 menit untuk melakukan penyelamatan diri dari terjangan gelombang tsunami.

Untuk jalur evakuasi horizontal sistem jaringan jalan yang tersedia sesuai dengan Berdasarkan Pedoman Rencana Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Evakuasi dalam Rangka Mitigasi Bencana Tsunami di Kota Padang yang disusun Departemen Pekerjaan Umum (2010), yaitu mengenai rencana jalur penyelamatan/evakuasi (*escape road*), telah ditetapkan pemetaan jalur – jalur yang menjadi jaringan jalan serta dilengkapi dengan lambu petunjuk arah bagi masyarakat untuk melakukan penyelamatan diri dalam rangka mitigasi bencana, sehingga jumlah masyarakat meminimalisir dampak dari bencana tsunami tersebut.

2.5. Teori pergerakan

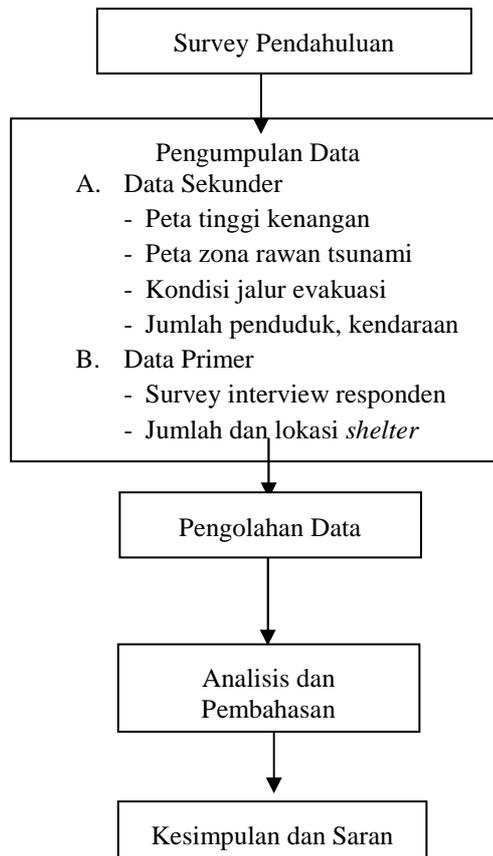
Menurut Tamin (2000), Bangkitan pergerakan adalah tahapan permodelan yang memperkirakan jumlah pergerakan yang berasal dari suatu zona atau tata guna lahan dan jumlah pergerakan yang

tertarik ke suatu tata guna lahan atau zona. Pergerakan lalu lintas merupakan fungsi tata guna lahan yang menghasilkan pergerakan lalu lintas. Bangkitan lalu lintas ini mencakup:

- Lalu lintas yang meninggalkan suatu lokasi
- Lalu lintas yang menuju atau tiba ke suatu lokasi

3. Metodologi Penelitian

Prosedur kegiatan penelitian dilakukan secara bertahap. Tahapan tersebut ditunjukkan pada Gambar 3.1.



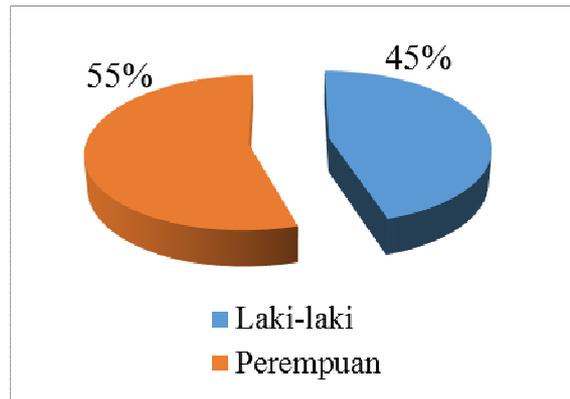
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

4. Analisa dan Pembahasan

4.1. Karakteristik responden

4.1.1. Jenis kelamin responden

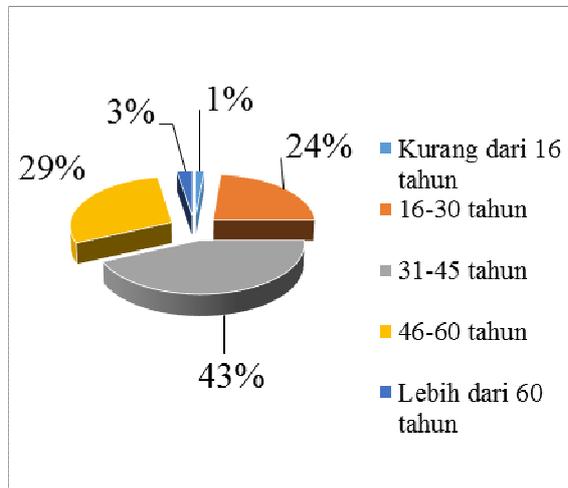
Dari 500 responden hasil survei, responden laki-laki berjumlah 276 orang dengan persentase 45% dan responden perempuan berjumlah 274 orang dengan persentase 55%. Distribusi jenis kelamin dari responden dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Distribusi jenis kelamin responden di zona 1 s/d 5

4.1.2. Usia responden

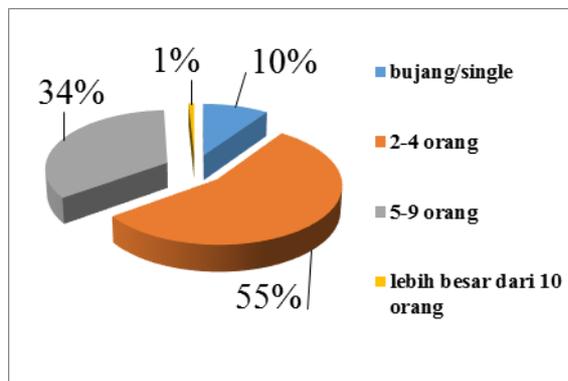
Dominan distribusi usia berada di antara 31-45 tahun dengan persentase 43% yang merupakan usia produktif. Distribusi usia responden ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Distribusi usia responden di zona 1 s/d 5

4.1.3. Jumlah anggota keluarga responden

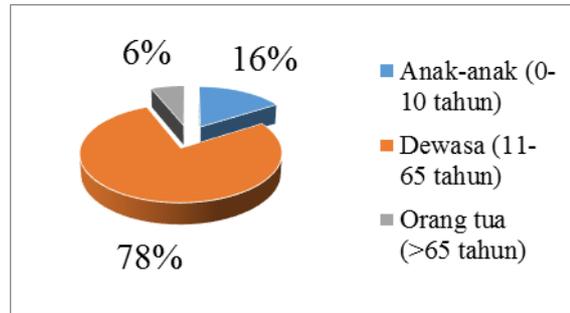
Dari hasil survey menunjukkan bahwa mayoritas jumlah anggota keluarga responden antara 2-4 orang dengan persentase 55%. Distribusi jumlah anggota responden ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Distribusi jumlah anggota keluarga responden di zona 1 s/d 5

4.1.4. Jumlah klasifikasi usia responden

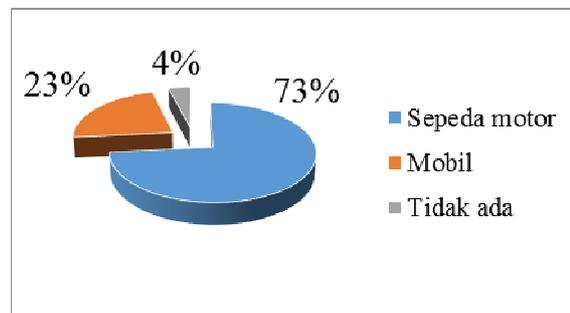
Hasil survei menunjukkan bahwa mayoritas usia responden yang mampu menyelamatkan diri sendiri adalah sebanyak 78 %. Distribusi klasifikasi usia responden ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Distribusi klasifikasi usia di zona 1 s/d 5

4.1.5. Jenis kepemilikan kendaraan responden

Responden mayoritas memiliki kendaraan sepeda motor dengan prosentase sebesar 73 %. Distribusi jenis kepemilikan kendaraan 500 responden ditunjukkan pada Gambar 4.5.

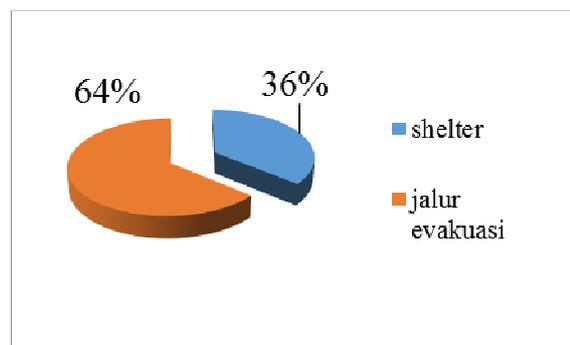


Gambar 4.5 Distribusi jenis kepemilikan kendaraan responden di zona 1 s/d 5

4.2. Persiapan Pencegahan oleh Responden

4.2.1. Pengetahuan lokasi mengungsi

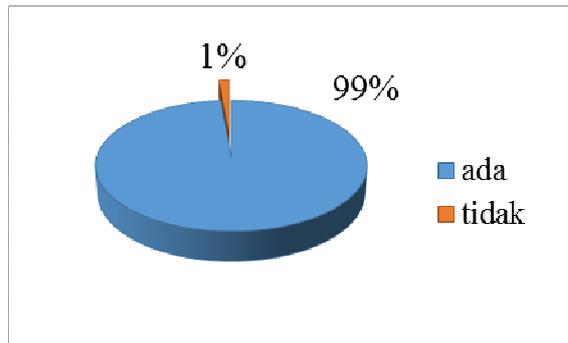
Hasil survei terhadap 500 responden, menunjukkan bahwa 64% responden mengetahui lokasi mengungsi jalur evakuasi, dan shelter 36 %. Distribusi dari pengetahuan lokasi mengungsi ditunjukkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Distribusi Mengetahui lokasi mengungsi di zona 1 s/d 5

4.2.2. Ketersediaan jalan akses

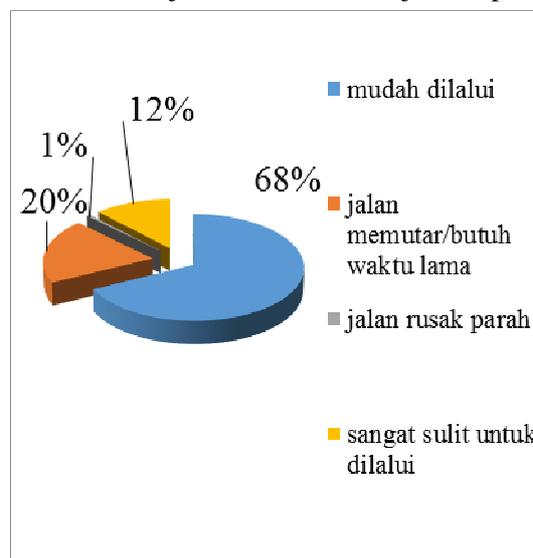
Hasil survey terhadap responden menunjukkan bahwa mayoritas responden menyatakan adanya jalan akses menuju fasilitas evakuasi. Distribusi ketersediaan jalan akses menurut responden ditunjukkan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Distribusi ketersediaan jalan akses responden di zona 1 s/d 5

4.2.3. Kondisi jalan menuju jalur evakuasi dan shelter

Wawancara terhadap responden menunjukkan bahwa kondisi jalan menuju jalur evakuasi dan shelter mudah dilalui. Distribusi kondisi jalur evakuasi ditunjukkan pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Distribusi kondisi jalan menuju jalur evakuasi dan shelter di zona 1 s/d 5

4.2.4. Jarak dari lokasi responden ke tepi pantai

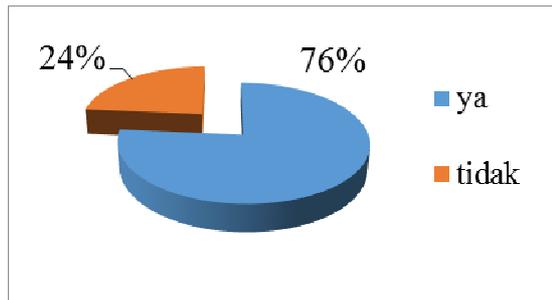
Lokasi tempat tinggal responden di zona rawan tsunami rata-rata terletak pada 0.59 km dari garis pantai, lokasi tersebut dari garis pantai dapat ditempuh rata-rata 9 menit. Data waktu tempuh rata-rata setiap zona ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1: Distribusi Jarak dari lokasi responden ke tepi pantai di zona 1 s/d 5

ZONA	RATA-RATA JARAK DARI TEPI PANTAI	
	JARAK TEMPUH	WAKTU TEMPUH
1	0.726	9.950
2	0.601	9.420
3	0.444	8.200
4	0.550	8.255
5	0.634	8.640
TOTAL	0.591	8.893

4.2.5. Keputusan mengungsi

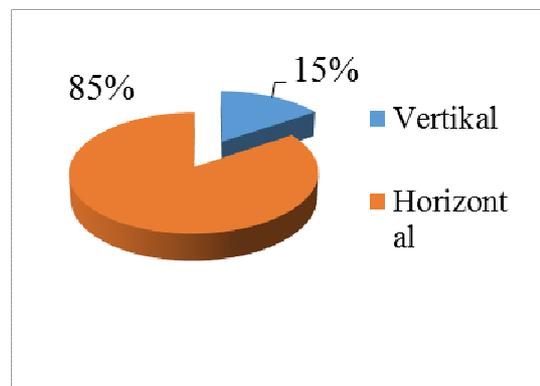
Pada saat terjadi gempa yang berpotensi tsunami, mayoritas responden menetapkan diri untuk melakukan evakuasi. Distribusi dari keputusan tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Distribusi mengungsi responden zona 1 s/d 5

4.2.6. Jenis tindakan mengungsi

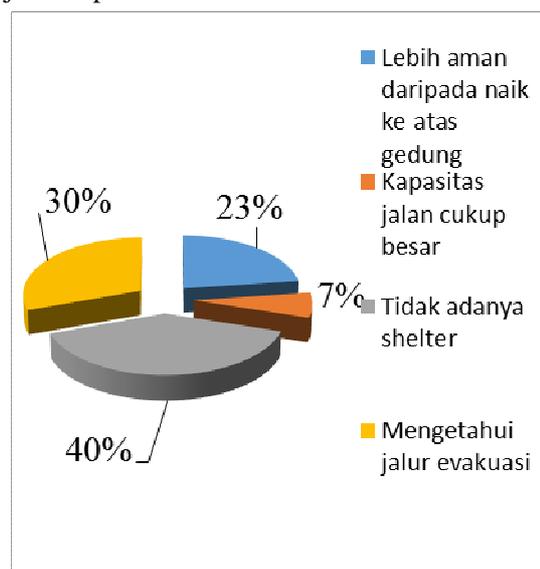
Dari wawancara yang menetapkan akan mengungsi jika terjadi tsunami, mayoritas responden memilih jenis evakuasi horizontal. Pemilihan jenis fasilitas evakuasi ditunjukkan pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10: Distribusi jenis evakuasi responden zona di 1 s/d 5

4.2.7. Alasan pemilihan jalur evakuasi

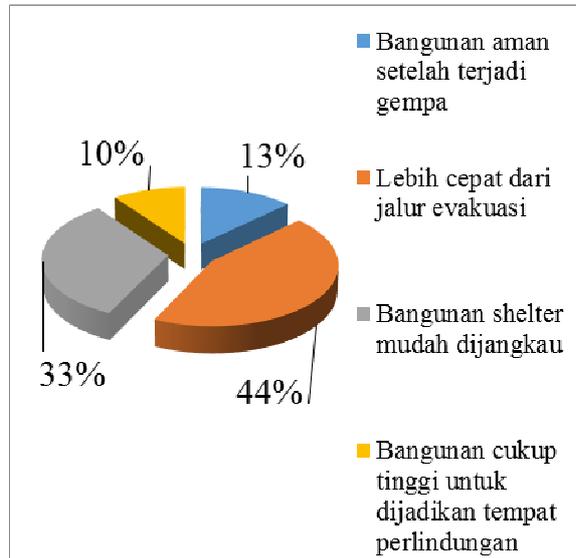
Dari informasi pada saat interview, 40% responden memilih jalur evakuasi dikarenakan tidak adanya shelter, sedang yang memilih shelter dikarenakan merasa lebih aman. Distribusi alasan pemilihan jalur evakuasi njukkan pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11: Distribusi alasan pemilihan jalur evakuasi di zona 1 s/d 5

4.2.8. Alasan pemilihan Shelter

Dari 59 responden hasil survei, mereka memilih bangunan *shelter* dikarenakan lebih cepat dari pada menuju jalur evakuasi. Distribusi alasan pemilihan jalur evakuasi responden ditunjukkan pada Gambar 4.12.

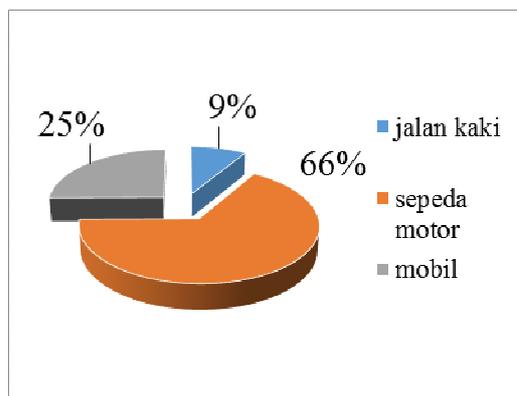


Gambar 4.12: Distribusi alasan pemilihan *shelter* responden di zona 1 s/d 5

4.3. Kesiapan esponden menghadapi bBahaya

4.3.1. Moda yang digunakan untuk mengungsi

Dari 382 responden yang mengungsi, ditunjukkan bahwa mayoritas moda yang digunakan untuk mengungsi adalah sepeda motor (66 %). Distribusi moda yang digunakan untuk evakuasi ditunjukkan pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13: Distribusi moda yang digunakan responden di zona 1 s/d 5

4.3.2. Jarak ke lokasi mengungsi

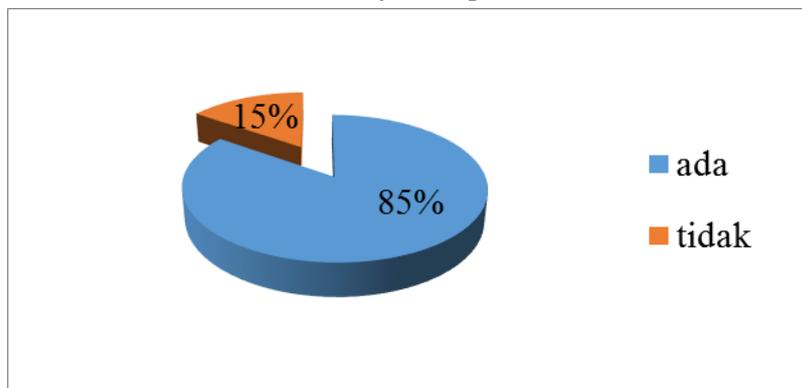
Dari hasil survai pada responden terlihat bahwa jarak dari lokasi tempat tinggal ke lokasi mengungsi responden rata-rata 6.1 km dengan waktu tempuh rata-rata 49 menit, data lokasi responden rata-rata pada setiap zona ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2: Distribusi jarak ke lokasi mengungsi responden di zona 1 s/d 5

ZONA	RATA-RATA WAKTU DAN JARAK TEMPUH	
	JARAK TEMPUH	WAKTU TEMPUH
1	4.883	49.450
2	6.004	22.091
3	5.770	54.756
4	5.735	51.500
5	8.187	71.800
TOTAL	6.115	49.919

4.3.3. Kemacetan saat mengungsi

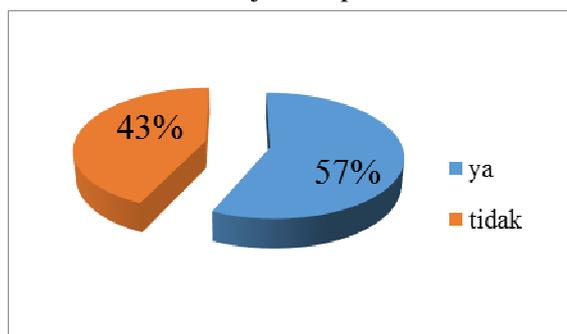
Dari responden yang mengungsi pada saat terjadi gempa yang berpotensi tsunami yang lalu, mayoritas responden yang mengungsi mengalami kemacetan. Distribusi responden yang mengalami kemacetan pada saat melakukan evakuasi ditunjukkan pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14: Distribusi kemacetan yang dialami responden di zona 1 s/d 5

4.3.4. Mengungsi dengan berjalan kaki

Jika disarankan agar responden mengungsi dengan berjalan kaki jika terjadi tsunami agar tidak terjadi kemacetan, mayoritas responden menyatakan persetujuannya. Distribusi responden yang bersedia berjalan kaki dan tidak bersedia ditunjukkan pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15: Distribusi mengungsi dengan berjalan kaki responden di zona 1 s/d 5

4.3.5. Jarak dan waktu tempuh rata-rata kesanggupan mengungsi dengan berjalan kaki

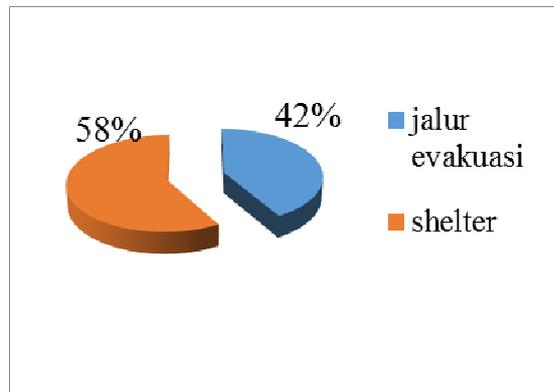
Hasil survai juga menunjukkan bahwa responden rata-rata sanggup berjalan ke lokasi pengungsian rata-rata dengan jarak sebesar 6.1 km, sedang waktu tempuhnya ke lokasi evakuasi sekitar 58.8 menit. Distribusi jarak dan waktu rata-rata kesanggupan responden melakukan evakuasi dengan berjalan kaki ditunjukkan pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18: Distribusi Jarak dan Waktu Rata-rata Kesanggupan mengungsi dengan berjalan kaki.

ZONA	RATA-RATA KESANGGUPAN BERJALAN	
	JARAK TEMPUH	WAKTU TEMPUH
1	4.883	51.450
2	5.967	44.612
3	5.337	61.750
4	5.337	61.750
5	8.317	74.400
TOTAL	5.968	58.792

4.3.6. Jenis kebutuhan dalam mengungsi

Dari hasil survei menunjukkan bahwa mayoritas responden (58%) menetapkan jenis evakuasi shelter sebagai tempat evakuasi. Distribusi jenis kebutuhan evakuasi responden ditunjukkan pada Gambar 4.16.



Gambar 4.16: Distribusi jenis fasilitas evakuasi dalam mengungsi responden di zona 1 s/d 5

5. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

Dari hasil survei terhadap 500 responden, diperoleh jumlah responden perempuan sebanyak 55% dan responden laki-laki sebanyak 45%, usia responden didominasi oleh responden dengan usia antara 31-45 tahun (35%). Sebagian besar responden mempunyai jumlah anggota keluarga 2-4 orang dan jumlah responden yang berusia 11-65 tahun sebesar 78%, responden 73% memiliki sepeda motor.

Semua responden mengetahui adanya fasilitas evakuasi dan lokasi fasilitas tersebut. Dalam melakukan evakuasi, 99% responden memiliki akses untuk menuju lokasi fasilitas evakuasinya. Moda yang digunakan untuk melakukan evakuasi adalah 66% adalah sepeda motor. Jarak tempuh ke lokasi fasilitas evakuasi rata-rata 6.1 km yang ditempuh dalam waktu rata-rata 49 menit. Mayoritas pada saat mengungsi responden 85% mengalami kemacetan. Jenis evakuasi yang dipilih oleh responden 58% adalah shelter.

Daftar Pustaka

Alter, C H. (1976). *Evaluation of Public Transit Service : The Level of Service Concept*. Transportation Research Record 606. Transportation Research Board. National Research Council. Washington, DC.

Anwar. 2012 *Sistem Evakuasi vertikal : Alternatif Pengurangan Resiko Bahaya Tsunami Kota Padang*. <http://gempapadang.wordpress.com/2012/04/11/sistem-evakuasi-vertikal-alternatif-pengurangan-resiko-bahaya-tsunami-kota-padang/> (diakses 26 maret 2014)

Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika. 2010. *Gempa Bumi*. http://www.bmkg.go.id/BMKG_Pusat/Geofisika/gempabumi.bmkg (diakses 26 Maret 2014)

Bakornas, 2004. Pedoman Penyusunan Rencana Penanggulangan Bencana Di Daerah

- Departemen Pekerjaan Umum. 2010. " *Rencana Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Evakuasi Dalam Rangka Mitigasi Bencana Tsunami Di Kota Padang*".
- Delfebriadi. 2010. *Rekayasa Gempa*. Universitas Andalas.
- Forum Studi Teknik Universitas Diponegoro, 2012. Proses terjadinya tsunami, <http://www.fst.undip.ac.id/artikel/tsunami/> diakses (26 maret 2014)
- Ingmanson DE, Wallace WJ. 1973. *Oceanography an Introduction*. Wadsworth Publishing Company, California.
- Latief, H. 2005. *Potensi Tsunami di Sumatera*. Ikatan Ahli Geologi Indonesia dan Himpunan Ahli Geofisika Indonesia-Sumbar. Hotel Bumi Minang. Padang, 1 Februari 2005.
- Pusat pendidikan mitigasi bencana Universitas pendidikan Indonesia, 2010, <http://p2mb.geografi.upi.edu/>. Diakses (27 maret 2014)
- Retno. 2012. *Pemodelan Demand Pengguna Shelter Untuk Penentuan Kapasitas Penampungan Warga Yang Terkena Bencana : Studi Kasus Kota Padang*. Universitas Andalas. Padang.
- Saputra. 2012. *Analisis Aksesibilitas Masyarakat Kota Padang Menuju Bangunan Shelter Saat Terjadi Gempa Dan Tsunami Berdasarkan Waktu Perjalanan : STUDI KASUS KECAMATAN PADANG BARAT*
- Tamin, O,Z. 2010. *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*. Edisi Kedua. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Undang Undang Negara Republik Indonesia No 24 Tahun 2007, *tentang pedoman penyusunan rencana penanggulangan bencana*

Pengembangan Model Manajemen Penyediaan Air Minum Berbasis Masyarakat Nagari

Helny Lalan

Mahasiswa Program Pascasarjana, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas

Akhmad Suraji

Staf Pengajar, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas

Taufika Ophiyandri

Staf Pengajar, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas

Abstrak

Air minum berkualitas salah satu barang publik yang ketersediaannya belum mencukupi target MDG's 2015 terutama di masyarakat adat dan terpencil khususnya di wilayah Sumatera Barat dengan sistem pemerintahan nagari yang unik dibandingkan dengan sistem pemerintahan di daerah lain. Keterlibatan masyarakat dalam setiap tahapan pengadaan air minum sangat menunjang ketercapaian program. Oleh Karen itu, peneliti bertujuan untuk mendapatkan model pengelolaan air minum yang tepat berdasarkan kearifan lokal masyarakat nagari agar dapat diterapkan secara efektif dan efisien. Dengan metode wawancara mendalam dan observasi kepada masyarakat nagari berdasar pada model pengelolaan air minum PAMSIMAS, PAMDes, Re-Kompak, dan kearifan lokal masyarakatnya, kemudian dibentuk rekomendasi model yang selanjutnya dilakukan verifikasi sumber untuk akurasi dan reliabilitas. Hasil pengumpulan data diolah secara deduktif dengan hasil bahwa PAMDes spesifik dengan kelembagaan berbentuk Koperasi, Re-Kompak spesifik dengan pengelompokan masyarakat, KPS spesifik dengan pendanaan swasta, dan PAMSIMAS spesifik pemberdayaan masyarakat dengan kearifan lokal masyarakat nagari yang dipimpin oleh wali nagari, dengan tokoh adat, cadiak pandai, alim ulama dan ninik mamak sebagai pengawas kebijakan. Ninik mamak memangku anak kemandakan pada setiap kaum dalam tanah kaumnya, sehingga penelitian ini menyimpulkan model Pengelolaan air minum dengan kelembagaan dibentuk berupa koperasi (PAMASNag) dengan pemuda dan bundo kanduang sebagai pengurus utama dan tingkat masyarakat dikoordinator oleh ninik mamak. Dan pembiayaan dari bantuan pemerintah, sektor swasta dan swadaya masyarakat dalam bentuk dana perkoperasian.

Kata Kunci : Manajemen, Pengelolaan Air Minum, Kearifan Lokal, Nagari

1. Pendahuluan

Air minum dan penyehatan lingkungan merupakan program pemerintah dalam mencapai target MDG's tahun 2015 yang telah dituangkan dalam RAPJP dan Renstra AMPL kabupaten. Untuk mencapai program tersebut, pemerintah pusat dan daerah telah bekerjasama dalam melaksanakan program PAMSIMAS dan ReKompak. Di sisi lain, pemerintah daerah telah mememberdayakan masyarakatnya dalam mengelola air minum secara mandiri melalui koperasi dalam model PAMDES. Namun model ini masih memiliki tantangan dalam pelaksanaannya di berbagai wilayah Indonesia terutama dalam hal dana, kelembagaan, pelayanan dan manajemen data. Oleh Masqudi (2008) menyatakan, untuk melaksanakan pembangunan air minum pedesaan pada masa yang akan datang menggunakan pola pembangunan berbasis masyarakat. masyarakat yang bersifat dinamis memiliki kearifan local. Untuk daerah Sumatera Barat dimana capaian pembangunan air minum dalam kisaran 41,7%, dan komunitas suku Minagkabau yang kental dengan adatnya yang unik dan berbeda dari masyarakat pada umumnya, memiliki kesulitan tersendiri dalam pelaksanaan pembangunan air minum di masyarakatnya. Sehingga penulis tertarik untuk membentuk model pengelolaan penyediaan air minum khususnya di daerah minagkabau yang berbasis masyarakat kenagarian dengan mengembangkan model-model pengelolaan penyediaan air minum yang telah

dilaksanakan oleh pemerintah dan masyarakat di daerah lain. Pengembangan dilihat dari kesesuaian model dan budaya local masyarakat nagari.

2. Teori

Definisi Air Minum Suripin (2002), yang dimaksud air minum yaitu air yang aman (sehat) dan baik untuk diminum, tidak berwarna, tidak berbau, dengan rasa yang segar. Sedangkan berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan RI No.907/Menkes/Sk/VII/2002, bahwa air minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. Dan menurut Kondoatie (2003), mengatakan bawah air bersih adalah air yang kita pakai sehari-hari untuk keperluan mencuci, mandi, memasak dan dapat diminum setelah dimasak. Sistem penyediaan air minum dimulai dari penyediaan unit air baku, produksi, distribusi, dan pelayanan (Suripin, 2002). Manajemen penyediaan air minum yang telah dilaksanakan di berbagai daerah di Indonesia diantaranya : PAMSIMAS (Penyediaan Air Minum dan Sanitasi Berbasis Masyarakat), Re-KOMPAK (Rehabilitasi dan Rekonstruksi Masyarakat dan Pemukiman berbasis Komunitas) dan PAMDES (Pengelolaan Air Minum Perdesaan). Pengembangan sistem penyediaan air minum adalah memperluas dan meningkatkan sistem fisik (teknik) dan sistem nonfisik (kelembagaan, manajemen, keuangan, peran masyarakat dan hukum) dalam kesatuan yang utuh untuk menyediakan air minum yang memenuhi kualitas standar tertentu bagi masyarakat menuju kepada keadaan yang lebih baik.

Pamsimas adalah kegiatan di bidang air minum dan sanitasi yang ditujukan bagi masyarakat berpenghasilan rendah di pedesaan dan pinggiran perkotaan (peri-urban) dan dilaksanakan melalui pembedayaan masyarakat. Ruang lingkup kegiatan Program /PAMSIMAS mencakup lima komponen proyek yaitu : 1) Pemberdayaan Masyarakat dan Pengembangan Kelembagaan Lokal; 2) Peningkatan Kesehatan dan Perilaku Higienis dan Pelayanan Sanitasi; 3) Penyediaan Sarana Air Minum dan Sanitasi Umum; 4) Insentif untuk Desa / Kelurahan dan Kabupaten / Kota; dan 5) Dukungan Pelaksanaan dan Manajemen Proyek. Dengan tujuannya berupa : 1) Meningkatkan praktik hidup minum dan sehat di masyarakat; 2) Meningkatkan jumlah masyarakat yang memiliki akses air minum dan sani-tasi yang berkelanjutan; 3) Meningkatkan kapasitas masyarakat dan kelembagaan lokal (pemerintah daerah maupun masyarakat) dalam penyelenggaraan layanan air minum dan sanitasi berbasis masyarakat; 4) Meningkatkan efektifitas dan kesinambungan jangka panjang pembangunan sarana dan prasarana air minum dan sanitasi berbasis masyarakat. Sasaran program ini adalah kelompok miskin di pedesaan dan pinggiran kota (peri-urban) yang memiliki prevalensi penyakit terkait air yang tinggi dan belum mendapatkan akses layanan air minum dan sanitasi.

Rekompak merupakan kegiatan rehabilitasi dan rekonstruksi pemukiman penduduk, meliputi perbaikan perumahan, air minum dan sanitasi pasca bencana di wilayah Indonesia. Program dibawah koordinasi Departemen Pekerjaan Umum. Dana yang digunakan adalah dana bantuan pihak swasta di kementerian Pekerjaan Umum, tolak ukur dari program ini adalah memberdayakan masyarakat mulai dari perencanaan awal hingga pemeliharaan. Pemilihan lokasi meliputi beberapa tahap berupa identifikasi urgensitas kebutuhan dan kesulitan warga mendapatkan air minum dengan prioritas penduduk miskin di pedesaan. Pelaksanaannya dengan memberdayakan sumber air baku disekitar lingkungan penduduk, menggunakan teknologi sederhana dan mengelompokkan masyarakat dalam 5-10 kepala keluarga (KK) untuk satu pengelolaan dengan satu pendampingan.

PAMDes adalah program pemberdayaan masyarakat dalam penyediaan air minum perdesaan di daerah jawa. Salah satu contohnya di Karangrejek dengan lembaga pengelola sebuah koperasi bernama PT Tirta Kencana.

Kearifan lokal merupakan warisan leluhur berupa tata nilai dalam kehidupan masyarakat sehari hari baik itu berupa pikiran ataupun tingkah laku. Kearifan lokal Minangkabau, dimana mereka tingkat pemerintahan terendah disebut nagari. Tata nilai dalam hal kelembagaan, keuangan dan pengaturan tanah sangat berpengaruh dalam pola pemberdayaan masyarakat yang dilakukan di Minangkabau. Unsur-unsur kelembagaan tersebut diantaranya tigo tungku sajarangan yaitu ninik mamak sebagai penghulu dan pemimpin tertinggi dalam kaum, cadiak pandai yaitu orang yang cakap dalam ilmu adat dan ilmu pengetahuan sebagai penengah jika terjadi percekcoakan dari segi ilmunya dan alim ulama sebagai penetralisir ketegangan dalam kaum dan nagari. Selanjutnya, Bundo kanduang

sebagai pemegang kuasa penuh dan pewaris turun temurun dalam rumah gadang, , dengan rangkai sebagai tempat penyimpanan, dan bundo kanduang sebagai pengelola. Hal ini mencerminkan adanya peranan perempuan dalam kelembagaan kenagarian terutama dalam mengelola hasil sumber daya alam dan menyimpannya dengan baik untuk kesejahteraan anggota keluarga dalam rumah gadang. Kemudian pemuda sebagai generasi muda dengan semangat mudanya membangun nagari dengan sumber daya manusia melalui pendidikan dan peranan lainnya dalam kelembagaan nagari melalui himpunan pemuda nagari.

Hal lain yang menjadi penghambat utama dalam penyelenggaraan program di Minangkabau adalah masalah tanah ulayat sebagai harta pusako tinggi yang penggunaannya masih membutuhkan cadiak pandai dalam menengahi masalah pemakaiannya secara bersama dengan duduk bersama bermusyawarah mufakat dalam balai Kerapatan Adat Nagari (KAN) (Nasrullah, 1999).

3. Metodologi

3.1. Pemilihan Lokus penelitian

Yang menjadi bahan kajian dalam penelitian ini adalah kearifan local masyarakat nagari, sehingga awal mula pengembangan diambil dari akar budaya nagari Luhak nan tigo. Dari ketiga lokasi tersebut maka, Kabupaten Tanah Datar dengan Kenagarian Simawang dan Balimbiang yang memiliki program PAMSIMAS dengan performa pelaksanaan kegiatan mencapai 63% serta terdapatnya pemakain air secara bersama antar nagari dan lokasi ketinggian . Hal ini menjadi dasar pemilihan lokasi.

3.2. Pengumpulan dan Analisis Data

a. Data Primer

Data primer diambil dari wawancara dan observasi lapangan kepada unsure-unsur kearifan local kenagarian (ninik mamak, cadiak pandai, alim ulama, bundo kanduang, pemuda dan tokoh masyarakat, serta masyarakat) dilanjutkan dengan meninjau hasil pelaksanaan pamsimas di masyarakat serta mengetahui sejauh mana program tersebut menyentuh dan termanfaatkan bagi masyarakat.

b. Data Sekunder

Data sekunder diambil berupa studi kepustakaan dan dokumentasi dari internet dan pihak terkait mengenai model manajemen penyediaan air minum PAMSIMAS, Re-Kompak, dan PAMDES

c. Analisis Data

Analisis data yang dilakukan pada penelitian ini meliputi tiga tahapan yaitu : reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan atau verifikasi data. Berikut penjelesan mengenai ketiga proses tersebut :

- Reduksi data

Proses pemilihan dan pemusatan perhatian pada penyederhanaan model berdasarkan data kesesuaian kelebihan dan kearifan lokal masyarakat nagari.

- Penyajian data

Data disajikan dalam bentuk teks naratif yang dibantu dengan tabel dan bagan yang kesemuanya bertujuan untuk mempertajam peneliti terhadap informan yang diperoleh.

- Kesimpulan dan validasi

Berdasarkan data yang diperoleh di lapangan, maka peneliti selanjutnya menyusun semua hasil reduksi data diikuti penyusunan data dalam bentuk deskripsi secara sistematis. Reduksi dilakukan setelah mendapatkan data wawancara kearifan lokal, kemudian dilakukan perbandingan dalam bentuk tabel *cross check*. Perbandingan ini ditinjau pada model PAMDES, PAMSIMAS dan RE-KOMPAK berdasarkan kelebihan, kekurangan dan kecocokan dengan kearifan lokal masyarakat nagari. Selanjutnya, kesimpulan dilakukan setelah melakukan validasi data.

3.3. Pengembangan Model

Model dikembangkan dengan metode deduktif kualitatif. Point mendasar masing-masing model pengelolaan diuraikan. Selanjutnya dicek dengan hasil identifikasi kearifan lokal masyarakat nagari dengan metode *checklist*. Dari masing-masing hasil *checklist*, maka akan disimpulkan dalam sebuah bentuk rekomendasi model pengelolaan penyediaan air minum untuk masyarakat nagari. Rekomendasi model diuraikan secara deskriptif dan disajikan dalam bentuk bagan sistem, dan hasilnya divalidasi dengan metode triangulasi sumber.

3.4. Validasi Model

Adapun langkah yang harus ditempuh sebagai berikut :

- a. Membuat uraian model dalam bentuk point per tabel.
- b. Membuat bagan sistem
- c. Melakukan *cross check* kepada kelembagaan adat nagari. Dalam bentuk wawancara
- d. Membuat deskripsi kualitatif terhadap hasil *cross check*
- e. Menyimpulkn hasil

4. Pembahasan dan Kesimpulan

4.1. Kearifan Lokal Masyarakat Kenagarian

Dari hasil studi kepustakaan, wawancara dan observasi lapangan, kemudian melakukan reduksi data maka didapatkan kearifan lokal masyarakat kenagarian Balimbing dan Simawang sebagai berikut :

1. Nagari adalah representasi tiga institusi utama yakni agama (disimbolkan oleh mejid), politik (disimbolkan oleh balai adat) dan ekonomi (disimbolkan oleh balai)
2. Pewarisan oleh garis keturunan ibu
3. Penyelesaian konflik oleh ninik mamak dalam balai Kerapatan Adat Nagari/ Lembaga Adat Nagari (KAN/LAN)
4. Rangkaian nagari ikon nagari pengelolaan keuangan dalam bentuk koperasi nagari.
5. Pengelola utama koperasi dipegang oleh *bundo kanduang* dan diawasi oleh *ninik mamak*. Hal ini dipertegas dengan “Padi di dalam Rangkaian bernaung dibawah pengawasan *mamak* atau *tungganai* dalam suatu kaum, sedangkan kekuasaan penuhnya dipegang oleh *bundo kanduang*”.
6. Hibah ataupun pewakafan tanah dilakukan setelah semua anggota kaum bersepakat.
7. *Ninik mamak, cadiak pandai dan alim ulama* menjadi orang kepercayaan bagi masyarakat
8. KAN/LAN organisasi yang tempat berhimpunnya Tiga Tungku Sajarangan dalam membahas masalah dan pembangunan nagari
9. *Ninik mamak, cadiak pandai, alim ulama, bundo kanduang* dan pemuda termasuk ke dalam susunan kelembagaan di nagari Simawang dan Balimbing.
10. Budaya gotong royong dalam melaksanakan suatu kegiatan
11. Dibawah jorong terdapat taratak sebagai pembagian daerah terendah di nagari.

Masyarakat Minangkabau memiliki tradisi yang longgar terhadap budaya dari luar, apakah itu menyangkut nilai dan ideologi. Budaya keterbukaan ini juga didukung oleh budaya masyarakat yang suka merantau dan falsafah dasar Minangkabau “*Alam Takambang Menjadi Guru*”. Sehingga budaya yang telah berkembang dapat berubah seperti yang diperoleh di lokasi berupa :

1. Penjualan tanah ulayat dilakukan karena tuntutan untuk mengembangkan usaha perdagangan dan sekolah anak
2. Terjadinya perubahan tingkat kepercayaan masyarakat nagari kepada *ninik mamak* dan tokoh adat, hal ini dikarenakan banyaknya *ninik mamak* dan tokoh adat yang menyelewengkan haknya sebagai penjaga kaum dan pengambil keputusan tertinggi dalam suku. Dimana mereka mendahulukan kepentingan pribadi tanpa memperhatikan hak ulayat atas harta pusako.
3. Dengan perubahan ini, kepercayaan penuh masyarakat beralih ke golongan *cadiak pandai* dan *alim ulama*. Jika seorang tokoh memiliki dua kategori tersebut, mereka akan sangat disegani oleh masyarakat.

4. Negosiasi dalam hal pembagian pemakaian air minum dengan bantuan cadiak pandai dengan akhlak baik tersebut akan mempermudah masyarakat melepaskan tanah mereka untuk berbagi pakai sesama warga masyarakat

Hasil pengumpulan data kemudian disederhanakan kedalam tabel kelebihan kekurangan masing-masing model, dilanjutkan dengan permasalahan yang ada untuk mendapatkan rekomendasi model pengelolaan penyediaan air minum kenagarian.

4.2. Kondisi Eksisting Model Pengelolaan Air Minum dan Rekomendasi Model

1) Model Re- Kompak

Tabel 1. Kelebihan dan Kekurangan Permodelan Program REKOMPAK

Kelebihan	Dapat dilaksanakan /diperbaiki sesuai kearifan lokal	Kekurangan
1. Adanya pendampingan fasilitator	√	1. Dana terbatas dari bantuan pemerintah dan swasta (dana tanggap bencana) 2. Hanya diperuntukkan bagi daerah-daerah yang sangat membutuhkan dan daerah rawan dengan tujuan untuk rehabilitasi dan rekonstruksi 3. Pengusulan program melalui mekanisme yang panjang 4. Jika melayani lebih dari dua desa harus dipastikan bahwa kedua desa tersebut mendapat program JRF-REKOMPAK
2. Memberdayakan masyarakat	√	
3. Mengelompokkan masyarakat per 5-10 kepala keluarga dalam satu kelompok	√	
4. Ketua kelompok menjadi koordinator pembagian dan penentu tarif	√	
5. Masing-masing kelompok bertanggung jawab dalam pemeliharaan	√	
6. Penentuan tarif hasil kesepakatan melalui musyawarah anggota	√	
7. Pengelola dipusatkan pada TPK (Tim Pengelola Kegiatan)	√	
8. Mudah melakukan pendampingan dan pengontrolan	√	
9. Semakin kecil anggota kelompok konflik sosial juga bisa direduksi	√	
10. Sebelum melaksanakan program kajian mendasar mengenai penyediaan dan pelayanan air minum dikaji dengan baik	√	
11. Dapat meminimalisir resiko kegagalan program	√	
12. Layanan sudah sampai pada sambungan rumah.	√	

Dari Tabel 1. dapat diuraikan bahwa jika disesuaikan dengan kearifan lokal budaya Minangkabau dan dari hasil wawancara dari unsur pemerintahan dan kelembagaan kenagarian, diperoleh bahwa tanah kaum/suku menjadi tempat tinggal anggota satu kaum/ suku dengan kepemilikan tanah oleh kaum/ulayat. Semua kegiatan berproses pada Kerapatan Adat Nagari (KAN) dipimpin oleh *ninik mamak*. *Ninik mamak* berperan dalam mengatur anak kamanakan dalam kaumnya. Dapat dikatakan bahwa pengelompokan masyarakat dengan program Re-Kompak dapat diberlakukan di daerah Minangkabau karena anggota kaum akan patuh kepada *ninik mamak*. Dan *ninik mamak* dapat menjadi pengatur kegiatan dalam kaumnya. Namun, dari hasil survey kearifan lokal di masyarakat Nagari Balimbiang dan Simawang, diperoleh data bahwa telah terjadi perubahan kearifan lokal masyarakat, dimana tingkat kepercayaan kepada *ninik mamak* sudah semakin berkurang. Kepercayaan masyarakat dominan kepada alim ulama dan cadiak pandai, terlebih jika tokoh masyarakat tersebut seorang cadiak pandai dengan keaktifan dan prestasi dalam kegiatan keagamaan. Dengan demikian cadiak pandai dan alim ulama dijadikan sebagai tokoh yang berperan langsung dalam kelembagaan dan *ninik mamak* sebagai pengawas saja dan menjadi penetralisir konflik dalam kaumnya.

2) Model PAMDes

Tabel 2. Kelebihan dan Kekurangan Program PAMDes

Kelebihan	Dapat dilaksanakan /diperbaiki sesuai kearifan lokal	Kekurangan
1. Adanya pendampingan fasilitator	√	1. PAMDes masih mencakup daerah layanan terbatas 2. Kearifan lokal masyarakat Jawa tidak sama dengan masyarakat Minangkabau 3. Cakupan pelayanan hanya pada desa yang melaksanakan program 4. Belum direncanakan untuk menjangkau desa lain 5. Perlu kerjasama dan kejelasan hak dan kewajiban jika akan bekerjasama dengan desa yang lain
2. Memberdayakan masyarakat	√	
3. Memiliki konsep pendekatan top down-bottom up	√	
4. Pengelolaan oleh organisasi masyarakat berupa perkoperasian	√	
5. Pengelolaan dikelola dengan baik		
6. Konflik sosial jarang terjadi	√	
7. Rasa kekeluargaan tinggi		
8. Meningkatkan kemampuan masyarakat	√	
9. Masyarakat pedesaan di daerah Jawa memiliki kebiasaan gotong-royong	√	
10. Dana berasal dari dana bantuan dan swadaya masyarakat	√	
11. Kepedulian dan rasa memiliki masyarakat tinggi	√	
12. Pembagian dan pencatatan dan pemeliharaan baik.	√	
13. Pembangunan relative cepat		
14. Kualitas air cukup baik	√	
15. Mengalir 24 jam		
16. Harga lebih murah	√	
17. Dapat memanfaatkan SDM dan SDA dengan baik	√	
18. Sumber pendapatan bagi desa	√	
19. Memiliki aturan yang jelas	√	
20. Memberikan kesempatan kepada semua masyarakat untuk berpartisipasi	√	
21. Struktur organisasi lengkap dan jelas penugasannya	√	

Dari Tabel 2. dapat dilihat sangat banyak kelebihan dari program PAMDes ini, dimulai dari dioptimalisasinya kapasitas masyarakat untuk dapat berpartisipasi aktif dalam pengelolaan kegiatan dalam keorganisasian sehingga mengurangi pengangguran di desanya. Jika ditinjau dari segi sumber daya manusia dan sumber daya alam, telah diuraikan potensi sumber daya manusia yang bias dibina dengan tingkat pendidikan pemuda yang sudah banyak menempuh pendidikan hingga sekolah menengah atas hingga sarjana. Dan dengan pemberdayaan masyarakat dapat menyerap pemuda/pemudi nagari yang telah selesai menempuh pendidikan untuk kembali mengelola nagarinya.

Budaya gotong royong dan musyawarah mufakat antar anggota masyarakat desa dalam pelaksanaan mulai dari perencanaan hingga pemeliharaan dan pengawasan sangat sesuai dengan kearifan local masyarakat nagari, dimana masyarakat adat nagari sangat menjunjung tinggi asas gotong royong, dimana terdapatnya *tigo tungku sajarangan* yang mengurus adat limbago yang melaksanakan musyawarah mufakat bersama-sama dengan perangkat nagari, alim ulama, cadiak pandai, bundo kanduang, dan pemuda serta masyarakat dibalai Kerapatan Adat Nagari (KAN).

Koperasi yang merupakan suatu lembaga pengelolaan yang baik untuk dikembangkan di masyarakat nagari. Hal ini ditunjang oleh masyarakat nagari yang terbiasa dengan budaya merantau untuk berdagang dan mengadakan *julo-julo* (semacam arisan simpan pinjam namun pengurus mendapat 10 % dari angsuran perbulannya). Dengan kebiasaan ini maka, koperasi dengan sistem berbeda menerapkan sistem *julo-julo* dalam proses peminjaman dana untuk pengadaan penyabungan rumah sangatlah baik karena masyarakat nagari sudah terbiasa. Ditambah lagi dengan

ikon rangkiang nagari yang menjadi ikon tempat menyimpan hasil usaha bersama dalam nagari yang dikelola oleh *bundo kanduang* dan diawasi pelaksanaannya oleh *ninik mamak*.

3) Model PAMSIMAS

Hasil penelusuran penelitian terdahulu, wawancara dan observasi lapangan diperoleh data eksisting model dan permasalahan yang umum pada program PAMSIMAS seperti diuraikan pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Eksisting Model Program PAMSIMAS pada Kenagarian Lokus Penelitian

NO	TINJAUAN	MODEL
1.	Dana	Bantuan pemerintah pusat dan daerah, ditambah dana kontribusi masyarakat dari program Inkind dan Incast
2.	Lembaga yang ikut membantu program	Dinas Kesehatan, Bappeda, PSDA, LKM, Pemerintah tingkat Kecamatan, Cipta Karya dan Pemerintahan Nagari
3.	Perencanaan	<ul style="list-style-type: none"> - Proposal diajukan oleh nagari - Program dilaksanakan per jorong - Nagari sudah memilih dan menentukan jorong yang akan terlayani - Mendapat pendampingan dari fasilitator program dan tenaga ahli tingkat kabupaten membicarakan kriteria kegiatan - Masyarakat membentuk LKM (Lembaga Keswadayaan masyarakat) bertugas mempersiapkan pelaksanaan program - Sosialisasi program kepada masyarakat - Pelatihan LKM
4.	Pelaksanaan	<ul style="list-style-type: none"> - masyarakat dibantu fasilitator dan tenaga ahli (konsultan pelaksana penyediaan air minum) - dilaksanakan di jorong dengan koordinator wali jorong dan laporan kepada wali nagari. - Pembangunan konstruksi dengan teknologi yang sederhana - Dalam pelaksanaan LKM menjadi KKM (Kelompok Keswadayaan Masyarakat) yang nantinya akan menjadi BPSPAM - Pembangunan sarana dengan teknologi gravitasi
5.	Badan pengelola	<ul style="list-style-type: none"> - Badan Pengelola Berupa BPSPAM (Badan Pengelola Sistem Penyediaan Air Minum) - BPSPAM berkedudukan di jorong - BPSPAM di awasi oleh wali jorong, wali nagari, dan Pokja AMPL Kabupaten - Anggota BPSPAM hanya terdiri ketua dan bendahara - Bendahara oleh salah seorang bundo kanduang - Ketua merangkap sebagai tenaga teknikal dan mekanikal - Iuran bulanan Rp 5000/bulan bagi yang mengambil langsung ke kran umum, dan pengambilan air ke rumah warga menggunakan selang dikenakan Rp 10.000/bulan - Pelatihan oleh AMPL kabupaten kepada BPSPAM
6.	Pemeliharaan dan pengelolaan	<ul style="list-style-type: none"> - Pemantauan debit air - Pembagian air melalui kran umum - Pembaruan iuran berdasarkan kesadaran masyarakat, dan dikontrol per 3 bulan oleh ketua BPSPAM - BPSPAM menerima keluhan dari masyarakat - Ketua BPSPAM melakukan pengontrolan di ketika masyarakat ada yang mengeluhkan ketidaklancaran air.
7.	Kesinambungan program	<ul style="list-style-type: none"> - Kelembagaan pengelola berupa BPSPAM - Kebijakan pendukung program belum ada di nagari - Belum ada tindakan keberlanjutan

Tabel 4. Permasalahan program PAMSIMAS pada Kenagarian Lokus Penelitian

No	Aspek	Permasalahan
1	Sosial	<ul style="list-style-type: none"> • Cakupan pelayanan air minum belum merata • Masyarakat belum berpartisipasi aktif • Dalam pembangunan SAB sudah melibatkan LSM dan perguruan tinggi tapi masih kurang • Pembangunan air minum masih ditentukan oleh pemerintah pusat berdasarkan permintaan kebutuhan masyarakat • Perempuan sudah dilibatkan dalam proses perencanaan pelaksanaan hingga pengelolaan namun belum sepenuhnya berperan aktif.
2	Kelembagaan	<ul style="list-style-type: none"> • Kelembagaan masyarakat belum efektif dalam mengelola air minum` • Lemahnya koordinasi dan kelembagaan pengelolaan air
3	Pendanaan	<ul style="list-style-type: none"> • Pendanaan masih berorientasi proyek, bukan program yang berkelanjutan
4	Teknis	<ul style="list-style-type: none"> • Adanya kecemburuan karena opsi teknis yang berbeda • Pelaksanaan proyek air minum tidak memperkirakan pasca pemeliharaan • Jaringan irigasi Batang Ombilin belum diberdayakan • Belum memadainya pengelolaan data dan sistem informasi
5	Lingkungan	<ul style="list-style-type: none"> • Sumber air semakin berkurang, penduduk semakin bertambah dan sumber air tetap • Air baku sudah tercemar pestisida dan pupuk buatan karena ada yang dekat dengan persawahan penduduk • Upaya perlindungan sumber air masih kurang • Tanggung jawab masyarakat terhadap lingkungan air minum masih kurang

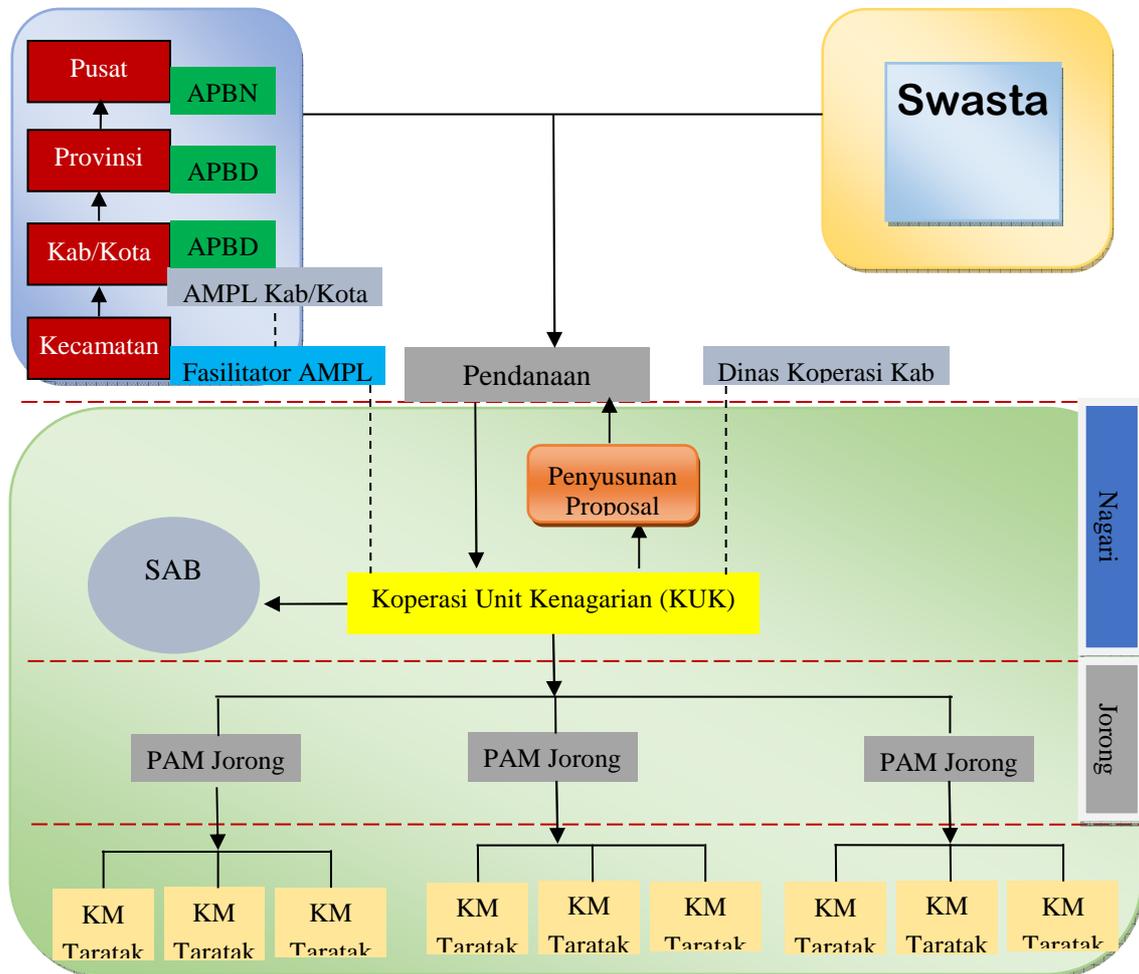
PAMSIMAS adalah program pemberdayaan Kementerian yang berlaku secara nasional, dan pelaksanaannya disesuaikan dengan pedoman umum Pamsimas dengan memperhatikan budaya lokal seperti dalam menetapkan kepengurusan LKM, KKM dan BPSAM melalui musyawarah mufajat antara warga dan tetua adat (ninik mamak, cadiak pandai dan alim ulama), juga melibatkan bundo kanduang dalam kepengurusannya. Namun kelembagaan masih disesuaikan dengan model yang diusulkan oleh program PAMSIMAS. Model dari program PAMSIMAS tersebut disajikan dalam Tabel 3. Pada dasarnya program ini sudah baik, namun masih memiliki banyak tantangan seperti yang diungkapkan dalam buku panduan Pamsimas II yang mengungkapkan evaluasi program Pamsimas I. Tantangan tersebut diuraikan dalam Tabel 4. Dengan permasalahan inilah, dirangkaikan dengan kelebihan dari model pengelolaan PAMDes dan Re-Kompak untuk membuat suatu rekomendasi model baru pengelolaan penyediaan air minum berbasis masyarakat.

4) Rekomendasi Model Pengelolaan Air Minum

Setelah menggabungkan ketiga model tersebut, maka disusunlah sebuah rekomendasi model pengelolaan penyediaan air minum yang disajikan dalam Gambar 1 dan Gambar 2. Dari data sumber daya manusia dan kelembagaan serta kearifan lokal yang terdapat di Nagari, memungkinkan dibentuknya suatu Koperasi Unit Kenagarian dengan anggota koperasi adalah masyarakat Nagari. Karena koperasi perwujudan dari *rangkiang nagari* yang dikelola oleh *bundo kanduang*. Bundo kanduang dipilih karena memiliki sifat teliti, memelihara keluarga, harta pusaka, mengembangkan usaha, dan menyumarakkan nagari. Dengan demikian bundo kanduang bisa dijadikan sebagai pengurus dibagian keuangan dan aset serta administrasi dalam koperasi.

Dengan percontohan seperti di Kenagarian Balimbiang yang telah memiliki koperasi nagari. Koperasi ini dapat dikembangkan dengan memperhatikan bentuk organisasi komplit sesuai model yang telah ada kemudian disesuaikan dengan kearifan lokal masyarakat dimana cadiak pandai dan alim ulama dijadikan sebagai penasehat dan pengawas kegiatan koperasi, bagian teknik dan pencatatan anggota dikerjakan oleh

pemuda/pemudi. Hal ini dilakukan karena tingkat kepercayaan masyarakat lebih tinggi kepada cadiak pandai dan alim ulama sedangkan pemuda masih memiliki potensi dan lihai dalam melakukan pekerjaan teknis dan belajar bersosialisasi dengan masyarakat serta mampu untuk melakukan pekerjaan lapangan.

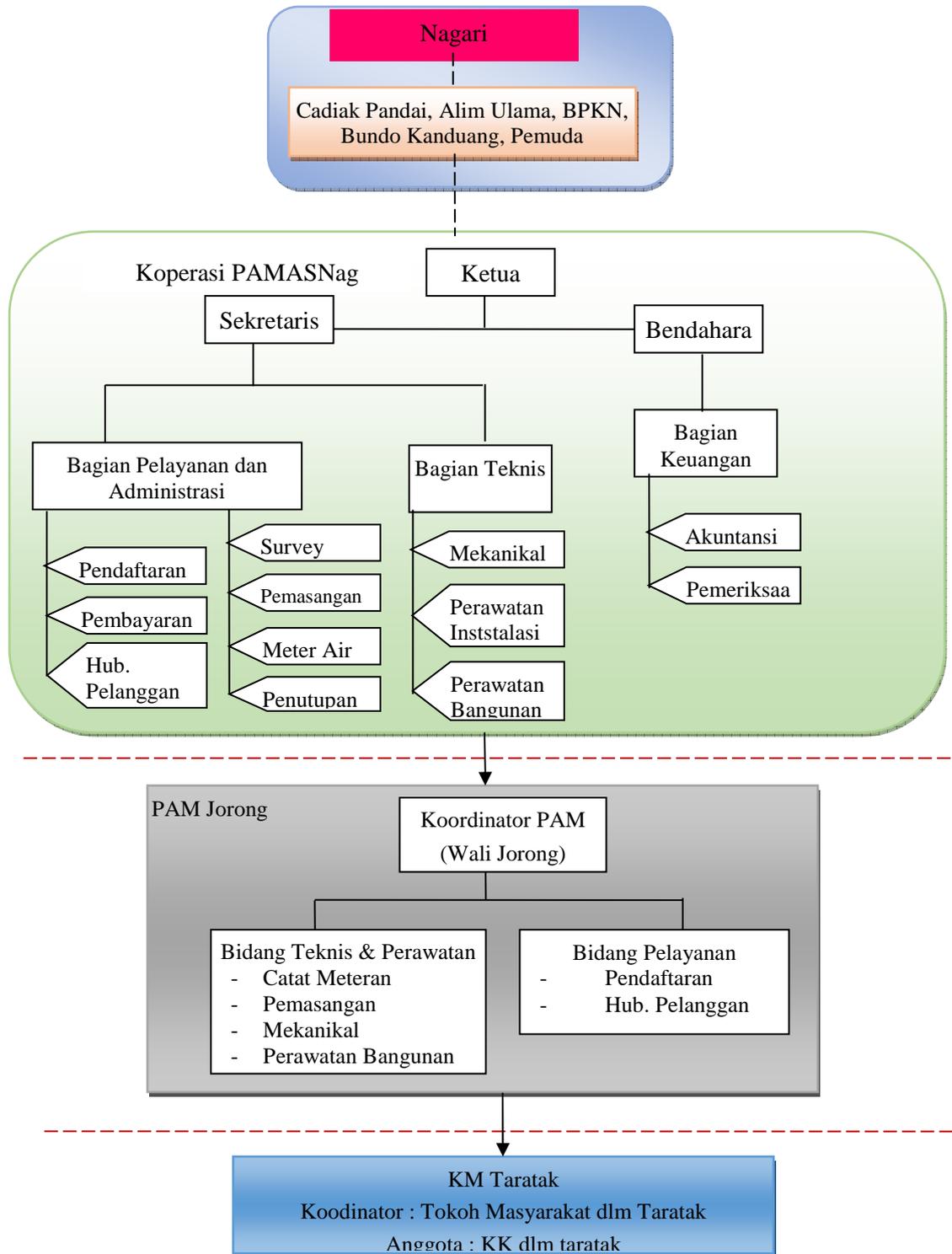


Gambar 1. Rekomendasi Model Pengelolaan Air Minum berbasis Kenagarian

Selanjutnya untuk anggota koperasi disusun oleh anggota masyarakat yang telah mendapatkan pelatihan dari fasilitator dan Pokja AMPL kabupaten serta Dinas Perkoperasian kabupaten.

Dalam kearifan lokal masyarakat minangkabau tanah ulayat apalagi dalam hal harta pusako yang dimiliki oleh kaum, terkadang menimbulkan konflik dalam penggunaannya baik untuk anggota kaumnya apalagi jika digunakan secara bersama. Maka dalam hal ini peran ninik mamak sangat diperlukan. Dalam keorganisasian koperasi yang dibentuk, ninik mamak menjadi tim pengawas. Bukan hanya ninik mamak, cadiak pandai yang mengerti mengenai sosiologi kebudayaan dan menghadapi karakteristik masyarakat yang beragam sangat diperlukan untuk meredakan konflik sehingga permasalahan akibat penempatan lokasi sumber air baku, bangunan resevoir dan jalur distribusi tidak terganggu oleh adanya konflik sosial berupa tanah ulayat ini. Bukan hanya konflik mengenai tanah, soal pembagian air dan penentuan tarif juga terkadang menimbulkan perdebatan. Namun, hal ini dapat diatasi dengan adanya forum musyawarah mufakat bekerjasama dengan KAN/LAN dipimpin oleh ninik mamak untuk menyelesaikan permasalahan tersebut. Apalagi, masyarakat Minangkabau yang terbuka dengan inovasi dan perkembangan teknologi demi kesejahteraan bersama dan kemajuan. Hanya saja, masyarakat nagari dengan sumber penghasilan yang didominasi petani dan peternak serta pedagang, memiliki pendapatan yang tidak terlalu tinggi,

sehingga membutuhkan bantuan dan suntikan dana dalam pelaksanaan program. Bukan hanya itu, kapasitas masyarakat nagari dalam hal pengelolaan keuangan, pengelolaan keorganisasian, teknis lapangan pemeliharaan instalasi jaringan distribusi serta pelaporan harus dibekali. Dengan demikian, program penyediaan air minum dapat berkelanjutan dengan baik dalam suatu nagari.



Gambar 2. Organisasi Pengelola Air Minum dalam Kenagarian

Dalam pengelolaan penyediaan air minum yang berkelanjutan merupakan tujuan pembangunan sektor air minum. Berkelanjutan disini diartikan sebagai upaya dan kegiatan penyediaan air minum

yang dilakukan untuk memberikan manfaat dan pelayanan kepada masyarakat pengguna secara terus menerus.

Menurut Narayan dalam Waspola (2008) disebutkan bahwa Indikator kesinambungan sarana air bersih antara lain kualitas sumber air, pengembangan kapasitas manusia (kepercayaan diri), kemampuan manajemen, kontribusi masyarakat, dan dukungan pemimpin. Faktor pelayanan termasuk dalam kesinambungan sosial. Indikator pelayanan dalam Kepmendagri Nomor 47 Tahun 1999, termasuk dalam aspek operasional dalam bidang kemampuan penanganan pengaduan. Sedangkan menurut Mukherjee dalam Waspola (2008) menyatakan bahwa faktor utama dalam kesinambungan teknis (debit air di sumber, ketepatan dan kecepatan menangani masalah) dan kesinambungan kelembagaan (keahlian dan keterampilan anggota pengelolaan air minum, kepedulian dan partisipasi masyarakat). Dengan uraian ini, maka beberapa aspek yang perlu diperhatikan untuk menuju pembangunan air minum yang berkelanjutan adalah: aspek teknis, aspek pembiayaan, aspek kelembagaan dan aspek lingkungan hidup dan sosial.

1) Aspek Kelembagaan

Menurut Yunasrun, terdapat 5 faktor kunci yang mempengaruhi kelembagaan (BPSPAM) yaitu: (1) faktor dari aspek masukan berupa sumber daya dari dalam dan dukungan pemerintah; (2) faktor dari aspek proses berupa pembinaan anggota dan partisipasi masyarakat; (3) faktor dari aspek keluaran berupa laporan dan penerima manfaat; (4) faktor dari aspek hasil berupa kualitas pelayanan; dan (5) faktor dari aspek dampak manfaat berupa kerjasama dan hubungan dengan pemangku kepentingan.

Berdasarkan uraian ini, maka rekomendasi model dalam aspek kelembagaan harus memperhatikan diantaranya:

1. Pengakuan pemerintah atas kelembagaan pengelola yang dibentuk oleh masyarakat nagari dan sesuai dengan tata cara pembentukan koperasi.
2. Kepengurusan inti koperasi dianggotai oleh pemuda dan bundo kanduangwarga masyarakat dengan tingkat pendidikan tinggi dan telah mendapat pelatihan dari pemerintah sebagai program pemberdayaan.
3. Laporan keuangan jelas dan terbuka serta disiplin pelaporan
4. Memberikan pelayanan yang baik kepada masyarakat berupa pemasangan, pencatatan tagihan, penampungan keluhan, pemerataan pembagian air bersih

Struktur kelembagaan dalam sistem pengelolaan air minum dapat dilihat dari berbagai peranan sosial yang terlibat dalam pengelolaan air minum yang telah ada dalam masyarakat nagari. Komponen utama dalam kelembagaan sistem pengelolaan air minum yaitu masyarakat nagari sebagai pengguna, ninik mamak sebagai wali kaum anak kamanakan, dan Wali nagari. Pemilihan yang menduduki struktur kelembagaan berdasarkan kesepakatan KAN dan ninik mamak setempat.

Wali Nagari merupakan kepala pemerintahan yang sangat berperan dalam menggerakkan masyarakat untuk kegiatan gotong royong, menyelesaikan konflik antar jorong intra nagari dan antar nagari, sebagai negosiator penggunaan air bersama kepada jorong, nagari, kecamatan, kabupaten lain yang berdekatan dengan lokasi pengguna air.

Dalam hal karyawan pengelola kelembagaan, Setyandito (2006) mengungkapkan bahwa pencapaian rasio karyawan yang optimal adalah 4 :1000, dengan peningkatan komposisi dan kapabilitas karyawan serta kejelasan wewenang dan bentuk organisasi pengelola. Dengan rasio ini menguatkan letak koperasi sebagai kelembagaan pengelola di tingkat kenagarian saja.

Dikarenakan Koperasi ini untuk pengelolaan air minum masyarakat nagari, maka koperasi ini penulis namakan PAMASNag (Pengelola Air Minum Masyarakat Nagari) yang berkedudukan di nagari dengan dikepalai oleh seorang ketua koperasi dan dibantu oleh sekretaris yang mengurus administrasi, pelayanan dan system teknis, kemudian bendahara yang mengurus masalah keuangan berupa laporan dan rekapitulasi serta menyiapkan pemeriksaan. Anggota koperasi adalah masyarakat dalam satu kanagarian sebagai *stakeholder* air minum. Hak dan wewenang anggota dituangkan dalam peraturan perkoperasian PAMASNag yang telah disepakati bersama anggota koperasi dan disahkan oleh pemerintah nagari dengan laporan ditembuskan ke dinas Koperasi Usaha Kecil Menengah Kabupaten/Kota.

2) Aspek Pembiayaan

Berdasarkan model pada Gambar 2 aspek pembiayaan dapat dibagi dalam tiga sektor. Sektor pertama dari pemerintah berupa dana APBN dan APBD, sektor kedua dari bantuan pihak swasta dan sektor ketiga dari simpanan pokok dan wajib anggota koperasi. Pembiayaan dari ketiga sektor tersebut merupakan pembiayaan awal sesuai dengan proposal perencanaan pembangunan dan pengelolaan air minum tingkat nagari.

Pembiayaan selanjutnya dapat diatur dalam kebijakan koperasi dan kenagarian. Karena dari segi pemeliharaan hingga rehabilitasi bangunan dan sarana air bersih masih membutuhkan dana yang cukup besar. Kebijakan dapat diatur dalam peraturan perantaraan untuk pengelolaan air bersih, tata kelola keuangan dan jumlah pembayaran iuran masyarakat pengguna dalam koperasi.

Aspek keuangan meliputi : analisis *cost – benefit*, kemampuan dan kemauan untuk membayar; serta struktur tarif. Menurut Setyandito (2006), yang mempengaruhi peningkatan profesionalisme dalam pengelolaan dan pelayanan air minum dengan peningkatan kinerja dari aspek keuangan berupa rasio pendapatan terhadap biaya operasional > 1 yang berarti tarif telah mampu menutupi biaya marjinal dan mulai mengarah kepada *full cost recovery* serta peningkatan efisiensi penagihan.

Struktur penentuan tarif air minum ditentukan berdasarkan kesepakatan bersama dan sesuai dengan model yang telah ada sebelumnya dijadikan sebagai pedoman. Dimana tarif untuk pemasangan baru sebesar Rp 750.000,00 dalam nagari, dan Rp 1.000.000,00 bagi masyarakat diluar lingkungan nagari pemilik koperasi. Biaya administrasi konsumen sebesar Rp 5000,00 dan biaya pemakaian air sesuai dengan yang dicatat pada watermeter pada masing-masing sambungan rumah (Rp. 3000,00/m³).

Dari segi pembiayaan pada model rekomendasi diatur oleh bendahara yang mengurus keuangan. Namun bendahara dan sekretaris tetap harus berkoordinasi karena pelayanan pada bagian administrasi yang melakukan pencatatan untuk selanjutnya dikonversikan kedalam biaya oleh bendahara. Sebagai bendahara memerlukan ketelitian yang tinggi, maka seorang perempuan yang berasal dari bundo kanduang atau pemudi nagari menjadi pilihan terbaik untuk menduduki bagian tersebut.

3) Aspek teknis

Aspek teknis meliputi terdiri dari komponen seperti : kebutuhan air saat ini dan masa datang, pengolahan air bersih, standar teknis, prosedur O&M, dan kualitas air. Aspek teknis harus sangat diperhatikan. Penanganan yang baik akan meningkatkan nilai jual produk. Pemilihan teknologi pengadaan air minum yang tepat merupakan salah satu hal penting agar pendanaan awal dapat dilanjutkan dengan pengelolaan. Penentuan sumber air baku, desain bangunan dan jaringan perpipaan memperhatikan kondisi topografi nagari.

4) Aspek Lingkungan Hidup dan Sosial

Pembangunan yang berwawasan lingkungan adalah upaya yang memadukan lingkungan hidup, termasuk sumber daya air ke dalam proses pembangunan untuk menjamin kemampuan, kesejahteraan dan kualitas hidup generasi masa kini dan generasi masa depan. Pembangunan air minum mulai dari sumber air, pengambilan air baku, pengolahan air minum dilaksanakan dengan mempertimbangkan kaidah dan norma kelestarian lingkungan. Namun aspek sosial tidak bisa dihilangkan dalam pengelolaan lingkungan karena keduanya berhubungan langsung dengan alam dan manusia. Dimana manusia terbiasa tidak memperdulikan alam sehingga mengurangi ketersediaan kapasitas air baku. Sama halnya yang penulis temui di lapangan, dimana sumber air baku berada di pinggir sawah Taratak Payo Jorong Sawah Kareh Kanagarian Balimbiang. Debit telah mengalami penurunan akibat dibukanya kolam pemeliharaan ikan disekitar bangunan penangkap air baku.

Hal yang demikianlah yang menjadi salah satu faktor kegagalan program. Untuk menyelesaikan hal yang demikian peranan pemangku adat dan yang disegani di nagari menjadi sangat penting. Sehingga dalam rekomendasi model pada tingkat jorong dibuat pengelompokan masyarakat taratak. Masyarakat taratak terdiri dari satu kaum dengan masing-masing tetua adat yang disegani. Tokoh itulah yang akan menjadi koordinator kegiatan perkelompok sekaligus yang menjebatani permasalahan tingkat kelompoknya.

Dengan memperhatikan keempat aspek diatas, diharapkan bahwa keberlanjutan program penyediaan air minum dengan rekomendasi model manajemen ini dapat terlaksana dan dapat dikembangkan dengan kapasitas masyarakat dan bantuan tenaga ahli dari perguruan tinggi.

5) Validasi Model

Tabel 4.12. Hasil Rekapitulasi Wawancara Dan Komentar Dari Responden Dalam Validasi Model

No	Responden	Komentar
1.	Perangkat Nagari	<ul style="list-style-type: none"> • Sesuai dengan system pembagian air per taratak, karena sesuai dengan struktur nagari. • Koperasi sudah ada di nagari, tinggal dikembangkan, tetapi sumber daya manusia belum memadai • Sesuai dengan RPJM Nagari dengan memanfaatkan kebijakan pemerintah meningkatkan kuantitas dan kualitas sumber daya manusia dan pengelolaan sumber daya alam dan pengembangan system pengelolaan sumber daya alam yang lestari melalui penglibatan pihak swasta.
2.	Wali Jorong	Mudah melakukan koordinasi dengan pembagian air pertaratak
3.	Ketua BPSPAM	<ul style="list-style-type: none"> - Keluhan masyarakat tentang ketidakpuasan pelayanan langsung kepada ketua kelompok - Dapat meringankan beban BPSPAM sebagai unit pengelola tunggal - Mengurangi kecemburuan masyarakat akan pembagian yang tidak merata - Membagi tugas koordinasi pengelolaan dan pelayanan sehingga masyarakat terlayani dengan baik - Potensi masyarakat dapat dikembangkan - Sumber daya air yang ada dinagari bisa diperuntukkan bagi semua penduduk nagari maupun diluar nagari
4.	Ninik Mamak	<ul style="list-style-type: none"> - Konflik anak kemandakan sangat banyak bukan hanya mengenai air tetapi mengenai tanah - Susah mengurus anak kemandakan yang tidak percaya kepada mamak - Setuju jika hanya dijadikan pengawas - Banyak potensi sumber air minum yang butuh untuk dikelola dengan baik - Koperasi sudah ada, bisa saja dikembangkan - Anak muda yang berpendidikan tinggi masih merantau untuk sekolah
5.	Bundo Kandung	Pada dasarnya setuju, selama air tidak dibayar mahal dan tidak menambah pengeluaran keluarga. Kalau lebih mahal lebih baik menggunakan air yang telah terpasang di rumah masing-masing dengan sanyo tanpa susah meminta air pembagian.
6.	Pemuda	Bersedia membantu dan mendukung program yang baik demi kenyamanan masyarakat. Pemuda dapat berbagai dengan warga.
7.	Masyarakat	<ul style="list-style-type: none"> - Daerah sumber air sedikit mendapatkan air - Pembagian yang tidak merata karena ada kepentingan - Sulit dalam pembayaran iuran/ karena air merupakan milik sendiri (masyarakat yang dekat dengan sumber air) - Jika mendapatkan bantuan dana bersedia untuk membantu dalam melaksanakan program - Masyarakat sangat membutuhkan air minum yang layak dan berkualitas, karena sumber air yang dimanfaatkan masih dari sumur warga, sumur bor, mata air yang punya kaum, terkadang susah berbagi
8.	Tenaga Koperasi Teknis	Dapat meningkatkan gairah perekonomian dan aktivitas koperasi

Sajian data pada Tabel 4.12 dan Tabel 4.13 menerangkan kesesuaian ide yang telah ditangkap oleh peneliti dalam wawancara dan observasi sebelumnya. Namun pada Tabel 4.13. terlihat bahwa masyarakat tidak setuju dengan dasar bahwa dalam pembayaran iuran masih memberatkan bagi mereka, apalagi untuk pengadaan air minum yang bisa mereka peroleh dari sumur tradisional di rumah mereka. Apalagi yang dekat dengan sumber air dan menjadi pemilik atas tanah yang menjadi sumber air tersebut. Mereka berkeberatan untuk membayar iuran. Seperti komentar dari salah seorang warga

“sumber air dari daerah kami, tetapi aliran air ke lokasi kami kadang terhambat, sedangkan di daerah lain yang jauh tidak ada sangkut pautnya dengan sumber air mendapatkan air yang bagus dan lancar. Apalagi pengelola, mana yang menguntungkan itu saja yang dilayani dengan baik”

Ini merupakan salah satu komentar yang menandakan adanya konflik sosial di masyarakat. Konflik sosial seperti ini membutuhkan mediasi dari pihak yang netral seperti cadik pandai dan alim ulama, sehingga masyarakat dapat ikhlas dalam berbagi. seperti diketahui juga bahwa keaktifan kegiatan keagamaan di nagari sangat tinggi sehingga masyarakat dapat dibekali dengan ilmu agama untuk situasi seperti ini.

Namun, di sisi lain, masyarakat yang belum terlayani air minum yang baik dan berkualitas baik mereka sangat setuju apabila dilakukan pengelolaan penyediaan air bersih dengan dana bantuan dan bersedia membayar iuran yang tidak memberatkan mereka. Karena telah sudah lama mereka juga menginginkan terlayani air bersih dengan baik. Dengan hasil ini maka model yang telah disajikan oleh peneliti selanjutnya dapat disimpulkan untuk dapat disosialisasikan dalam masyarakat dalam rangka uji coba.

5. Penutup

Dari hasil penelitian ini dapat diambil suatu kesimpulan suatu rekomendasi model pengelolaan penyediaan air minum berbasis masyarakat nagari dengan sebutan PAMASNag dengan semua keanggotaan melibatkan tigo tungku sajarangan, bundo kanduang, pemuda dan dipayungi oleh ninik mamak. Koordinator berada di pemerintah nagari dengan pantauan dari dinas AMPL kabupaten. Pembiayaan dioptimalkan dari bantuan pihak swasta, dana koperasi dan bantuan pemerintah.

Dengan adanya rekomendasi model ini, dapat dilanjutkan dengan melakukan uji coba di kabuoaten lain diluar Luhak Nan Tigo serta mengembangkan sistem jaringan yang tepat.

Daftar Kepustakaan

Amir MS, 2001. *Adat Minangkabau: Pola dan Tujuan Hidup orang Minang*. Jakarta: PT Mutiara Sumber Widya.

Anonim. 2011. *Makalah Pengelolaan Air minum*. Diakses pada tanggal 4 Mei 2012
<http://kesmas-unsoed.blogspot.com/2011/07/makalah-pengelolaan-air-minum.html>.

Asnan, Gusti, (2007), *Memikir ulang regionalisme: Sumatera Barat tahun 1950-an*, Yayasan Obor Indonesia, ISBN 978-979-461-640-6.

Bappenas. 2012. *Laporan Pencapaian Tujuan Pembangunan Millenium di Indonesia 2011*. Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/Badan Perencana Pembangunan Nasional Republik Indonesia; Jakarta

Bonner, Robert Johnson (1933). *Aspects of Athenian democracy Vol 11*. University of California Press. hlm. 25–86.

Direktorat Jenderal Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum. 2011. *Standar Operasional Tata Cara Perencanaan Teknis Sistem Penyediaan Air Minum Rehabilitasi dan Rekonstruksi Masyarakat dan Pemukiman Berbasis Komunitas*. Kementerian Pekerjaan Umum: Jakarta

Joko,Tri. 2007. *Sistem Penyediaan Air Minum*. Jakarta.

Badan Pusat Statistik Sumatera Barat. 2012. *Sumatera Barat Dalam Angka Tahun 2012*. Pemerintah Sumatera Barat.

- Batuah, A. Dt. & Madjoindo, A. Dt., (1959), *Tambo Minangkabau dan Adatnya*, Jakarta: Balai Pustaka.
- Christ, Margaretha, dan Faturrohman. 2012. [artikel] Evaluasi Program Penyediaan Air Minum dan Sanitasi Berbasis Masyarakat (PAMSIMAS) di Kecamatan Tembalang. Jurusan Administrasi Publik, Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik. Universitas Diponegoro
- Creswell, John W. 1994. *Reseach Design. Qualitative & Quantitative Approache*. USA: SAGE Publikation.
- Gani Rita. 2002. Tungku Tigo Sajarangan: Analisis Model Komunikasi Kelompok dalam Interaksi Pemimpin pemerintahan di Sumatera Barat [thesis], Bandung.
- Haris, Syamsuddin, (2005), *Pemilu Langsung Di Tengah Oligarki Partai: Proses Nominasi Dan Seleksi Calon Legislatif Pemilu 2004*, Gramedia Pustaka Utama, ISBN 978-979-22-1695-0
- Herminingrum Andana Warih, Alia Fajarwati*
- Ichtiarto, A.I. 2006. Pembangunan Pariwisata Berkelanjutan di Kabupaten Tanah datar, provinsi Sumatera Barat Studi Kasus Identitas Regional menurut Masyarakat Pendidikan, Masyarakat Industri dan Masyarakat Tenaga Kerja. [Skripsi]. Departemen Konservasi Sumberdaya Hutan dan Ekowisata. Fakultas Kehutanan. Insitut Pertanian Bogor. Bogor.
- Irwandi. 2010. Pergeseran Hukum Adat dalam Pemanfaatan Tanah Ulayat Kaum di Kecamatan Banu Hampu Kabupaten Agam provinsi Sumatera Barat. [thesis]. Universitas Diponegoro: Semarang.
- Kodoatie, Robert dkk. 2001. *Pengelolaan Sumber Daya Air Dalam Otonomi Daerah*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Kodoatie, Robert. 2003. *Manajemen dan Rekayasa Infrastruktur*. Pustaka Pelajar: Yogyakarta.
- Koentjaraningrat. 1993. *Metode-Metode Penelitian Masyarakat* (Edisi Ketiga). Jakarta: Gramedia Pusataka Utama.
- Laporan kepada Gubernur Jendral, 30 Agustus 1825, *Exhibitum*, 24 Agustus 1826, No. 41. *Verbaal*, 22 Januari 1875, No. 39
- Maadi, dkk. Panduan peningkatan kapasitas pengelolaan data air minum dan penyehatan lingkungan daerah. Waspola facility.
- Masduqi Ali, N. Endah, E.S. Soedjono, dan W. Hadi .2007. *Capaian Pelayanan Air Bersih Perdesaan sesuai Millenium Development Goals-Studi Kasus di Wilayah DAS BRANTAS*. Jurnal Purifikasi, Vol. 8, No. 2, Desember 2007: 115-120
- Masduqi Ali, Noor Endah, Eddy S. Soedjono. *Sistem Penyediaan Air Minum Perdesaan Berbasis Masyarakat: Studi Kasus HIPPAM di DAS Brantas Bagian Hilir*. Seminar Nasional Pascasarjana VIII – ITS, Surabaya 13 Agustus 2008 ISBN No.978-979-96565-4-4
- Masduqi, A. 2010. *Keberlanjutan Sistem Penyediaan Air Bersih Perpipaan di Perdesaan*. Disertasi Doktorat. Surabaya: Institut Teknologi Sepulu November.
- Moelong, L. J. 2004. Metodologi Penelitian Kualitatif. Bandung: PT Remaja Rosdakarya
- Murti, B. 2006. Desain dan Ukuran Sampel untuk Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif di Bidang Kesehatan. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Nasrullah H. Dt Perpatih Nan Tuo. 1999. Tanah Ulayat Menurut Ajaran Adat Minangkabau. Padang: PT Singgalang Press.
- Nasution. 2003. *Metode Research*. Jakarta: PT Bumi Aksara.
- Sajuti, Thalib. 1985. Hubungan Tanah Adat dengan Hukum Agraria di Minangkabau. Bina Aksara: Padang.
- Soepomo. 1981. Bab-bab Tentang Hukum Adat. Jakarta: Padya Paramita.
- Soerojo, Wiguyodipoeno. 1994. Pengantar Azas-Azas Hukum Adat. Jakarta: CV Hakimasa Agung.
- Spradley, J.P.1980. *Participant Observation*. New York: Holt, Rinehart, and Winston.
- Suarman, Dkk. 2000. *Adat Minangkabau dan Salingka Hiduik*. Padang: Duta Utama.
- Suripin, 2002. *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*. Yogyakarta : Andi Offset.
- Sutrisno, T. 1991. *Teknologi Penyediaan Air Bersih*. Jakarta: Rineka Cipta.

- Tim Nasional Percepatan Penanggulangan Kemiskinan (TNP2K). 2011. Indikator kesejahteraan Daerah Provinsi Sumatera Barat. Tim Nasional Percepatan Penanggulangan Kemiskinan (TNP2K): Jakarta *data.tnp2k.go.id/file_data/Data/IKD/13_Sumbar.pdf*
- Warih, H.A. dan Alia Fajarwati. 2013. *Kajian Pengelolaan Air Berbasis Komunitas (Studi Kasus Desa Karangrejek Kabupaten Gunung Kidul*. Jurnal Bumi Indonesia Volume 2 No. 1 Tahun 2013. *lib.geo.ugm.ac.id*
- Waspola, Bappenas & Aus-AI. 2008. *Buku 5, Modul 3, Panduan Fasilitasi Orientasi MPA-Phast*. Jakarta : CPMU
- Yayasan Kemala, (2005), *Tanah masih di langit: penyelesaian masalah penguasaan tanah dan kekayaan alam di Indonesia yang tak kunjung tuntas di era reformasi*, Bandung: Yayasan Kemala, ISBN 978-979-97910-5-4.
- Yayanakhyar. 2008. *Pengawasan Kualitas Air minum Isi Ulang oleh Diknas*. Pekanbaru. Diakses pada tanggal 4 Mei 2012. <http://yayanakhyar.wordpress.com/2008/09/05/pengawasan-kualitas-air-minum-isi-ulang-oleh-dinkes-kota-pekanbaru-tahun-2008/>
- Yunasrun. 2013. *Persepsi Masyarakat tentang Kinerja Badan Pengelola Sarana Penyediaan Air Minum dan Sanitasi Program PAMSIMAS di Kabupaten Padang Pariaman*. [Thesis]. Fakultas Ekonomi Program Magister Perencanaan dan Kebijakan Publik; Jakarta.

Studi Perbandingan Anggaran Biaya Pekerjaan Pemeliharaan Rutin Jalan dengan Tiga Variasi Pemilihan Variabel (Studi Kasus : Pada Satker P2JN II Propinsi Sumatera Barat)

Purnawan

Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas

Hendra Gunawan

Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas

Siska Martha Sari

Mahasiswa Magister Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas

Abstrak

Kementrian Pekerjaan Umum khususnya Direktorat Jendral Bina Marga sebagai pemegang amanat rakyat dalam pelaksanaan penyelenggaraan jalan memiliki tugas untuk mempertahankan kondisi jalan sehingga dapat berfungsi dengan semestinya. Untuk itu diperlukan perencanaan, pembangunan, pengawasan dan pemeliharaan terhadap semua aset tersebut. Ditjen Bina Marga selalu menganggarkan dana untuk pelaksanaan pekerjaan pemeliharaan rutin jalan. Penganggaran pembiayaan ini dilakukan secara global yaitu Rp 50.000.000,- setiap Km jalan yang ditangani untuk semua jenis dan kondisi jalan tanpa mempertimbangkan kerusakan-kerusakan yang terjadi pada masing-masing ruas jalan. Selama ini telah dilakukan beberapa penelitian tentang penentuan anggaran biaya untuk pekerjaan pemeliharaan rutin menggunakan model regresi linier berganda, namun belum ada perbandingan terhadap model tersebut sehingga tidak diketahui apakah model tersebut adalah model terbaik untuk mengestimasi anggaran pekerjaan pemeliharaan rutin jalan. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui faktor – faktor yang mempengaruhi pembiayaan pemeliharaan rutin jalan, menentukan model untuk mengestimasi anggaran biaya pelaksanaan pemeliharaan rutin jalan dengan tiga metode pemilihan variabel, membuat perbandingan beberapa model estimasi anggaran pelaksanaan pemeliharaan rutin jalan, menentukan model terbaik dari metode pemilihan variabel *forward*, *backward* dan *stepwise*. Penelitian ini menggunakan data sekunder dari hasil pengukuran berkala Satker P2JN dan P2JN 2 Propinsi Sumatera Barat berupa data IRI, SDI, LHR, Jumlah kendaraan berat, Persentase Kendaraan Berat dan nilai VCR masing-masing ruas. Pengolahan data menggunakan 3 metode pemilihan variabel *forward*, *backward* dan *stepwise*, data yang digunakan dalam analisis adalah data yang terdistribusi normal dan data tanpa pengujian normalitas. Berdasarkan hasil pengolahan data diketahui model terbaik untuk anggaran pekerjaan pemeliharaan rutin berasal dari perhitungan menggunakan data tanpa pengujian normalitas dengan metode *forward*, *backward* dan *stepwise* yaitu $Y = 14,85 + 0,22 (SDI) + 0,27 (\% HV)$, dengan Y adalah biaya pekerjaan pemeliharaan rutin per Km jalan dalam juta rupiah. Jadi dapat disimpulkan bahwa biaya pekerjaan pemeliharaan rutin ditentukan oleh nilai SDI dan persentase kendaraan Berat.

Kata kunci : Anggaran, Pemeliharaan Rutin, Forward, Backward dan Stepwise

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Perkembangan pembangunan infrastruktur jalan raya saat ini semakin memperlihatkan perkembangan yang cukup pesat. Kemajuan teknologi juga mempengaruhi pelaksanaan pembangunan jalan. Pada awal perkembangannya jalan yang digunakan hanya jenis macadam, namun seiring berjalannya waktu, sekarang pembangunan jalan raya lebih banyak menggunakan perkerasan dengan bahan dasar aspal ataupun beton. Pembangunan ini harus diiringi dengan pemeliharaan dan perbaikan agar umur rencana jalan tercapai dan bisa berfungsi dengan baik

sehingga tujuan utama dari pembangunan infrastruktur jalan tersebut yaitu untuk memperlancar transportasi dan pemerataan pembangunan serta peningkatan perekonomian masyarakat terpenuhi. Pemeliharaan jalan yang memadai mutlak diperlukan untuk mempertahankan kondisi perkerasan yang mampu melayani beban lalu lintas dan lingkungannya dalam batasan repetisi beban sumbu standar, sesuai dengan yang telah direncanakan. Pemeliharaan tersebut berupa pemeliharaan rutin, pemeliharaan berkala, peningkatan maupun rekonstruksi jalan (*Asphalt Institute*, 2003).

Menurut Permen PU Nomor 13/PRT/M/2011 tentang tata cara pemeliharaan dan penilikan jalan, pemeliharaan rutin adalah kegiatan merawat serta memperbaiki kerusakan-kerusakan yang terjadi pada ruas-ruas jalan dengan kondisi pelayanan mantap.

Kementerian Pekerjaan Umum khususnya Direktorat Jendral Bina Marga sebagai pemegang amanat rakyat dalam pelaksanaan penyelenggaraan jalan selalu menganggarkan dana untuk pelaksanaan pekerjaan pemeliharaan rutin jalan pada Propinsi Sumatera Barat semenjak tahun 2011 s.d 2013 adalah Rp. 50.000.000,- untuk setiap kilometer jalan. Hal ini dilakukan karena keterikatan dengan capaian kinerja jalan mantap dan pagu dana masing-masing propinsi. Penganggaran ini kurang efektif dan efisien karena bisa jadi untuk suatu ruas anggaran ini tidak mencukupi dan untuk ruas lain malah berlebihan.

Selama ini telah dilakukan beberapa penelitian tentang penentuan anggaran biaya untuk pekerjaan pemeliharaan rutin menggunakan model regresi linier berganda, namun penelitian tersebut hanya mencari model persamaan menggunakan satu metode dan tidak ada perbandingan terhadap model tersebut sehingga tidak diketahui apakah model tersebut adalah model terbaik untuk mengestimasi anggaran pekerjaan pemeliharaan rutin jalan. Untuk itu maka dilakukanlah penelitian tentang Studi Perbandingan Anggaran Biaya Pekerjaan Pemeliharaan Rutin Jalan Dengan Tiga Variasi Pemilihan Variabel (Studi Kasus : Pada Satker PJN II Propinsi Sumatera Barat).

1.2. Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang pada penjelasan sebelumnya, maka dirumuskan beberapa masalah penelitian ini yaitu:

- Apa faktor-faktor yang mempengaruhi pembiayaan pemeliharaan rutin jalan.
- Apa bentuk model yang dihasilkan oleh tiga metode pemilihan variabel untuk mengestimasi anggaran biaya pelaksanaan pemeliharaan rutin jalan.
- Menentukan perbandingan model estimasi anggaran pelaksanaan pemeliharaan rutin jalan.
- Mencari model terbaik dari tiga metode pemilihan variabel *forward*, *backward* dan *stepwise*.

1.3. Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah membuat suatu model dalam penentuan penganggaran terbaik dan efisien untuk pelaksanaan pekerjaan rutin jalan pada wilayah kerja Satker PJN II Sumatera Barat. Tujuan khusus dari penelitian ini adalah :

- Mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi model untuk mengestimasi anggaran biaya pelaksanaan pemeliharaan rutin jalan dengan tiga metode pemilihan pembiayaan pemeliharaan rutin jalan.
- Menentukan variabel.
- Membuat perbandingan beberapa model estimasi anggaran pelaksanaan pemeliharaan rutin jalan.
- Menentukan model terbaik dari metode pemilihan variabel *forward*, *backward* dan *stepwise*.

1.4. Batasan Masalah

Pembahasan dalam penelitian ini dibatasi sebagai berikut :

- Ruas jalan yang di tinjau untuk penelitian ini adalah wilayah kerja Satker PJN II Propinsi Sumatera Barat (Dharmasraya – Solok – Pesisir Selatan –Bukit Tinggi).
- Data yang digunakan adalah data sekunder yaitu : data LHR, IRI, SDI, jumlah kendaraan berat, persentase kendaraan berat, nilai VCR dan data penggunaan anggaran pekerjaan pemeliharaan rutin dari tahun 2011 – 2013.

- Jenis kendaraan berat yang digunakan adalah semua kendaraan bermotor beroda lebih dari 4, meliputi bus besar, truk 2 sumbu, truk 3 sumbu, trailer dan truk gandeng (Golongan 5b, 6a, 6b, 7a, 7b dan 7c).
- Biaya pekerjaan pemeliharaan rutin yang digunakan adalah dana berdasarkan revisi terakhir RKA-KL tanpa memasukkan pekerjaan pemotongan rumput pada damija.
- Analisa yang digunakan untuk menentukan model adalah analisa regresi linier berganda dengan metode pemilihan variabel menggunakan metode Forward, Backward dan Stepwise.
- Penelitian ini mengacu pada Tata Cara penyusunan program pemeliharaan jalan kota, manual pemeliharaan rutin jalan nasional dan jalan propinsi no. 002/T/BT/1995, UU no. 22 tahun 2009 dan Peraturan Pemerintah Nomor 34 tahun 2006.

1.5. Manfaat

- Diharapkan penelitian ini bermanfaat untuk :
- Digunakan bagi Satker PJN II Propinsi Sumatera Barat dalam perencanaan dan pelaksanaan pekerjaan pemeliharaan rutin jalan.
- Referensi dan masukan dalam pengambilan kebijakan oleh Bina Program pada khususnya dan Kementerian Pekerjaan Umum pada umumnya dalam penetapan anggaran untuk pekerjaan pemeliharaan rutin jalan.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Pengertian Jalan, Klasifikasi serta kewenangannya

2.1.1. Pengertian Jalan

Jalan menurut UU No. 22 Tahun 2009, jalan adalah seluruh bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap yang diperuntukan bagi lalu lintas umum, yang berada dibawah permukaan tanah, di atas permukaan tanah, dibawah permukaan air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan rel dan jalan kabel. Jalan mempunyai peranan untuk mendorong pembangunan semua satuan wilayah pengembangan, dalam usaha mencapai tingkat perkembangan antar daerah. Jalan merupakan satu kesatuan sistem jaringan jalan yang mengikat dan menghubungkan pusat-pusat pertumbuhan dengan wilayah lainnya.

2.1.2. Klasifikasi Jalan

Jalan dibagi menjadi beberapa kategori, disesuaikan dengan kriteria-kriteria yang dibutuhkan. Pemerintah dalam UU No.22 Tahun 2009 telah mengklarifikasikan jalan berdasarkan fungsi dan muatan sumbu terberatnya sebagai berikut :

1. Jalan berdasarkan fungsi, yaitu :
 - a. Jalan Arteri
Merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan utama dengan ciri perjalanan jarak jauh kecepatan rata-rata tinggi dan jumlah jalan masuk dibatasi dengan berdayaguna.
 - b. Jalan Kolektor
Merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.
 - c. Jalan Lokal
Merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan setempat dengan ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.
 - d. Jalan Lingkungan
2. Jalan berdasarkan muatan sumbu terberat, yaitu :
 - a. Jalan Kelas I
Yaitu jalan arteri dan kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 mm, ukuran panjang tidak melebihi 18.000 mm, ukuran paling tinggi 4.200 mm dan muatan sumbu terberat sebesar 10 ton.
 - b. Jalan Kelas II

Yaitu jalan arteri, kolektor, lokal dan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 mm, ukuran panjang tidak melebihi 12.000 mm, ukuran paling tinggi 4.200 mm dan muatan sumbu terberat sebesar 8 ton.

c. Jalan Kelas III

Yaitu jalan arteri, kolektor, lokal dan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.100 mm, ukuran panjang tidak melebihi 9.000 mm, ukuran paling tinggi 3.500 mm dan muatan sumbu terberat sebesar 8 ton.

d. Jalan Kelas Khusus

Yaitu jalan arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar melebihi 2.500 mm, ukuran panjang melebihi 18.000 mm, ukuran paling tinggi 4.200 mm dan muatan sumbu terberat lebih dari 10 ton.

2.2. IRI (International Roughness Index)

Menurut Suwardo (2004) IRI (*International Roughness Index*) adalah ukuran untuk menentukan kerataan permukaan jalan. IRI dikembangkan oleh Bank Dunia pada tahun 1980-an. Satuan yang biasa di rekomendasikan adalah meter per kilometer (m/km). Pengukuran IRI didasarkan pada perbandingan akumulasi pergerakan suspensi kendaraan standar (dalam mm, inci, dll) dengan jarak yang ditempuh oleh kendaraan selama pengukuran berlangsung (dalam m, km, dll). Parameter IRI diperoleh dari suatu pengukuran menggunakan alat roughometer NAASRA, yaitu adalah alat pengukur ketidakrataan permukaan jalan yang dibuat oleh NAASRA (SNI 03-3426-1994). Berdasarkan nilai IRI yang diperoleh maka bisa diklasifikasikan kondisi suatu jalan, seperti terlihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Kondisi Jalan berdasarkan nilai IRI

Kategori	IRI	Surface Type	Legend
1	< 4	Sealed	Very Good
2	4 – 8	Sealed	Good – Fair
3	8 – 12	Sealed	Fair – Poor
4	12 – 16	Sealed	Poor – Bad
5	16 – 20	Sealed	Bad
6	>= 20	Sealed	Very bad
7	Any	Unsealed	Unsealed

Sumber : Sukirman (1999)

2.3. SDI (Surface Distress Index)

SDI (*Surface Distress Index*) adalah sistem penilaian kondisi perkerasan jalan berdasarkan dengan pengamatan visual dan dapat digunakan sebagai acuan dalam usaha pemeliharaan. Dalam pelaksanaan metode SDI di lapangan maka ruas jalan yang akan disurvei harus dibagi ke dalam segmen-segmen, dengan panjang tiap segmen adalah 100 m. Dalam menentukan nilai SDI suatu segmen jalan, harus diketahui faktor – faktor kerusakan yang berpengaruh terhadap nilai SDI tersebut. Adapun faktor kerusakan yang berpengaruh adalah lubang, retak- retak (*cracking*), retak buaya, retak pinggir, retak memanjang, retak melintang, pelepasan butiran, *depression*, *patching*, *polished aggregate* dan *rutting*.

Setelah dilakukan identifikasi kerusakan pada perkerasan tersebut, maka akan diperoleh nilai kondisi perkerasan. Sama halnya dengan nilai IRI, nilai SDI juga bisa dijadikan acuan untuk menentukan kondisi kerusakan perkerasan, seperti terlihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Kondisi Jalan berdasarkan nilai SDI

Kondisi Jalan	SDI
Baik	< 50
Sedang	50 – 100
Rusak Ringan	100 – 150
Rusak Berat	> 150

Sumber : Mulyono (2007)

2.4. VCR (Volume Capacity Ratio)

Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melewati suatu penampang tertentu pada ruas jalan tertentu dalam satuan waktu. Lalu lintas harian rata-rata adalah volume lalu lintas rata-rata dalam satu hari dalam satuan smp/jam.

Kapasitas jalan adalah salah satu aspek yang sangat penting dalam pengendalian arus lalu lintas. Menurut Bina Marga (1997) Kapasitas jalan adalah arus maksimum yang melewati suatu titik pada jalan bebas hambatan yang dapat dipertahankan per satuan jam dalam kondisi yang berlaku, sedangkan kapasitas dasar adalah jumlah kendaraan maksimum yang dapat melintasi suatu penampang pada suatu jalur atau jalan selama 1 (satu) jam, dalam keadaan jalan dan lalu-lintas yang mendekati ideal dapat dicapai. Faktor-faktor yang mempengaruhi kapasitas jalan adalah lebar jalur atau lajur, ada tidaknya pemisah/median jalan, hambatan bahu/kerb jalan, gradien jalan, di daerah perkotaan atau luar kota, ukuran kota. Persamaan untuk menghitung kapasitas jalan untuk daerah luar kota sesuai persamaan (2.1), sedangkan untuk daerah dalam kota menggunakan persamaan (2.2).

$$C = CO \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf} \quad (2.1)$$

$$C = CO \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf} \times FC_{cs} \quad (2.2)$$

Keterangan :

C : Kapasitas (smp/jam)

C_o : Kapasitas dasar (smp/jam)

F_{C_w} : Faktor penyesuaian lebar jalan

F_{C_{sp}} : Faktor penyesuaian pemisah arah (hanya untuk jalan tak terbagi)

F_{C_{sf}} :Faktor penyesuaian hambatan samping dan bahu jalan/kerb

F_{C_{cs}} :Faktor penyesuaian ukuran kota

Rasio volume per kapasitas merupakan perbandingan antara volume yang melintas (smp/jam) dengan kapasitas pada suatu ruas jalan tertentu (smp/jam). Besarnya volume lalu-lintas diperoleh berdasarkan survei yang dilakukan, sedangkan besarnya kapasitas diperoleh dari lingkungan ruas jalan dan survei geometrik yang meliputi potongan melintang, persimpangan, alinyamen horizontal, dan alinyamen vertikal. Adapun tingkat rasio volume per kapasitas dilakukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$VCR = V/C \quad (2.3)$$

Keterangan :

VCR : Rasio volume per kapasitas

V : Volume lalu lintas (smp/jam)

C : Kapasitas ruas jalan (smp/jam)

2.5. Pemeliharaan Jalan

Pemeliharaan Jalan adalah kegiatan penanganan jalan, berupa pencegahan, perawatan, dan perbaikan yang diperlukan untuk mempertahankan kondisi jalan agar tetap berfungsi secara optimal melayani lalu-lintas sehingga umur rencana yang ditetapkan dapat tercapai (Permen PU

No. 13/PRT/M/2011, Tata Cara Pemeliharaan dan Penilikan Jalan). Pemeliharaan jalan harus mendapat prioritas untuk ditangani, agar jalan dapat berfungsi sesuai dengan yang diperhitungkan dan menjaga agar permukaan ruas jalan mendekati kondisi semula. Menurut PP 34 tahun 2006 Tentang Jalan, pemeliharaan jalan itu meliputi pemeliharaan rutin, pemeliharaan berkala, dan rehabilitasi.

1. Pemeliharaan Rutin

Permen PU Nomor 13/PRT/M/2011 tentang tata cara pemeliharaan dan penilikan jalan menjelaskan pemeliharaan rutin adalah kegiatan merawat serta memperbaiki kerusakan-kerusakan yang terjadi pada ruas-ruas jalan dengan kondisi pelayanan mantap. Pemeliharaan rutin jalan adalah pekerjaan yang skalanya cukup kecil dan dikerjakan tersebar diseluruh jaringan jalan secara rutin. Dengan melaksanakan pemeliharaan rutin diharapkan tingkat penurunan nilai kondisi struktural perkerasan akan sesuai dengan kurva kecenderungan yang diperkirakan pada tahap desain.

2. Pemeliharaan berkala

Pemeliharaan berkala jalan merupakan kegiatan penanganan terhadap setiap kerusakan yang diperhitungkan dalam desain agar penurunan kondisi jalan dapat dikembalikan pada kemandapan sesuai dengan rencana (PP No.34 tahun 2006 tentang jalan).

3. Rekonstruksi

Rehabilitasi jalan merupakan kegiatan penanganan terhadap setiap kerusakan yang tidak diperhitungkan dalam desain, yang berakibat menurunnya kondisi kemandapan pada bagian/tempat tertentu dari suatu ruas jalan dengan kondisi rusak ringan, agar penurunan kondisi kemandapan tersebut dapat dikembalikan pada kondisi kemandapan sesuai dengan rencana (PP No.34 tahun 2006 tentang jalan).

Penentuan suatu perkerasan dilaksanakan pemeliharaan rutin, pemeliharaan berkala ataupun pekerjaan rekonstruksi dilihat dari nilai IRI atau SDI. Nilai IRI adalah nilai kerataan permukaan perkerasan atau lebih dikenal dengan nilai fungsional perkerasan sedangkan nilai SDI adalah nilai yang dilihat berdasarkan kondisi perkerasan. Jika nilai kedua kondisi ini dikombinasikan akan diketahui jenis kerusakan, seperti pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9 Kerusakan perkerasan berdasarkan nilai IRI dan SDI

IRI (m/km)	SDI			
	< 50	50 – 100	100 – 150	> 150
< 4	Baik	Sedang	Sedang	Rusak Ringan
4 – 8	Sedang	Sedang	Rusak Ringan	Rusak Ringan
8 – 12	Rusak Ringan	Rusak Ringan	Rusak Berat	Rusak Berat
> 12	Rusak Berat	Rusak Berat	Rusak Berat	Rusak Berat

Sumber : Direktorat Bina Marga (2006)

Setelah diketahui jenis kerusakan yang terjadi maka bisa ditentukan jenis perbaikan yang harus dilakukan dengan ketentuan :

- Pemeliharaan rutin dilakukan untuk perkerasan dalam kondisi baik dan sedang
- Pemeliharaan berkala dilakukan untuk kondisi perkerasan rusak ringan
- Rekonstruksi / peningkatan dilakukan untuk kondisi perkerasan rusak berat.

2.6. Regresi Linier Berganda

Menurut Usman (2006) regresi linier berganda adalah peramalan pengaruh dua variabel prediktor atau lebih terhadap satu variabel kriterium atau untuk membuktikan ada atau tidaknya hubungan fungsional antara dua atau lebih variabel bebas dengan variabel terikat. Senada dengan itu Sugiyono (2007) menjelaskan analisis regresi linier berganda digunakan untuk meramalkan bagaimana keadaan (naik turunnya) variabel dependen (kriterium), bila dua atau lebih variabel independen sebagai faktor prediktor dimanipulasi (dinaik turunkan nilainya). Jadi analisis regresi

linier berganda akan dilakukan bila jumlah variabel independennya minimal dua. Persamaan umum regresi linear berganda adalah :

$$Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_n X_n \quad (2.3)$$

Menurut Boneh dalam Tayeb (2012) metode pemilihan variabel dikelompokkan menjadi 2 kategori yaitu :

- Metode *All possible subset of predictors* dengan beberapa kriteria (R^2 , s^2 Cp Mallow)
- Metode pencarian berurutan, seperti pada metode *forward*, *backward* dan *stepwise*.

2.6.1. Metode Forward

Metode *Forward* adalah metode yang memasukkan variabel bebas secara bertahap berdasarkan korelasi parsial terbesar. Dalam metode ini variabel bebas dimasukkan secara bertahap berdasarkan nilai korelasi tertinggi terhadap variabel terikat. Setelah diperoleh calon variabel yang akan digunakan dalam persamaan, dilakukan analisis data untuk mengetahui apakah variabel tersebut signifikan terhadap model. Signifikan suatu variabel ditentukan jika nilai *p-value* yang diperoleh kecil dari 0,05. Jika setelah dilakukan analisa dan diperoleh nilai *p-value* > 0,05 berarti variabel tersebut tidak bisa dimasukkan kedalam model persamaan. Pada metode *Forward* variabel bebas yang telah dimasukkan kedalam model tidak akan dikeluarkan lagi dan proses penentuan model akan berhenti saat variabel bebas dengan nilai korelasi parsial tertinggi tidak memiliki nilai *p-value* yang signifikan terhadap model.

2.6.2. Metode Stepwise

Metode *Stepwise* memilih variabel bebas berdasarkan korelasi parsial terbesar dengan variabel terikat. Dalam metode ini variabel bebas dimasukkan secara bertahap berdasarkan nilai korelasi tertinggi terhadap variabel terikat. Variabel bebas yang sudah masuk dalam model bisa dikeluarkan lagi jika tidak memiliki korelasi yang cukup kuat dengan model yang sudah ada. Metode ini mirip dengan metode *forward*. Perbedaan antara kedua metode ini adalah pada metode *forward* variabel yang sudah dimasukkan kedalam model persamaan tidak bisa dikeluarkan lagi dari model sedangkan pada metode *stepwise* kemungkinan untuk mengeluarkan kembali persamaan itu selalu ada jika nilai *p-value* besar dari 0,05.

2.6.3. Pemodelan Anggaran Dana Untuk Estimasi Pemeliharaan Jalan

Pemeliharaan jalan adalah hal yang sangat penting dalam siklus pembangunan infrastruktur transportasi, karena dengan adanya pemeliharaan kondisi jalan akan bertahan dan berfungsi dengan baik sampai umur rencana yang telah ditetapkan sehingga biaya tambahan akibat kerusakan dini pada perkerasan jalan dapat dihindari.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya biaya pemeliharaan jalan. Sari (2013) melakukan penelitian tentang Studi Model Pembiayaan Pemeliharaan Rutin Ruas Jalan Arteri Primer Di Kota Makasar. Jalan direncanakan memiliki umur rencana pelayanan tertentu sesuai kebutuhan dan kondisi lalu lintas yang ada, misalnya 10 sampai dengan 20 tahun, dengan harapan bahwa jalan masih tetap dapat melayani lalu lintas dengan tingkat pelayanan pada kondisi yang baik. Pada kenyataannya, jalan akan mengalami penurunan kondisi yang disebabkan karena kerusakan pada jalan. Maka untuk memperlambat laju penurunan kondisi dan mempertahankan kondisi jalan pada tingkat yang layak, perlu dilakukan upaya pemeliharaan jalan dengan baik agar jalan tersebut dapat berfungsi sesuai dengan umur manfaat yang direncanakan.

Penelitian Sari (2013) membahas tentang model pembiayaan pemeliharaan rutin ruas jalan arteri primer. Data yang akan diteliti dan dianalisis dalam penelitian ini berasal dari data sekunder. Penelitian ini melibatkan dua variabel bebas dan satu variabel terikat dengan variabel bebas meliputi: luas jalan (X_1) dan LHR jalan (X_2), sedangkan variabel terikat dalam penelitian ini adalah besar anggaran pemeliharaan rutin jalan tahun 2012 - 2013. Dalam penelitian ini dilakukan analisis data dengan menggunakan analisis regresi linier berganda. Dari hasil analisis ini nanti akan diperoleh model pembiayaan pemeliharaan rutin ruas jalan arteri primer di kota makasar. Model dari Besaran Pembiayaan Pemeliharaan Rutin Berdasarkan Faktor yang Relevan yang dihasilkan dari analisis regresi ini adalah $\hat{Y} = -2434630,836 + 3402,964 X_1 + 304334,914 X_2$.

Namun penelitian ini hanya mempertimbangkan faktor LHR, panjang serta lebar jalan yang ada, tanpa melihat kondisi kerusakan jalan yang terjadi, selain itu data pembiayaan pemeliharaan rutin jalan hanya 2 (dua) tahun sehingga keakuratan model yang diperoleh belum menjawab semua kebutuhan dilapangan.

Senada dengan penelitian Sari (2013), Elka (2012) melakukan penelitian tentang Model Biaya Pemeliharaan Rutin Terhadap Kerusakan Jalan Pada Jalan Arteri Utara-Barat Yogyakarta. Pada studi kasus ini kerusakan jalan yang ditinjau pada jalan Ring Road Utara-Barat yang sudah melebihi umur rencana sebesar enam tahun, dari yang direncanakan awal sepuluh tahun dan sekarang sudah enam belas tahun. Jalan juga mengalami kerusakan retak buaya, *deflection* (penurunan), lubang, dan jarang mengalami *overlay*. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data kondisi jalan yang diperoleh dari dinas Pekerjaan Umum Yogyakarta berupa nilai kerusakan jalan selama 2 tahun yaitu tahun 2009 dan 2010 berupa SDI, IRI dan VC Ratio. Analisis yang digunakan adalah analisa regresi linear berganda. Variabel terikat yang digunakan adalah pembiayaan penanganan pemeliharaan rutin tahun 2009 -2010, sedangkan variabel bebasnya nilai SDI, IRI dan VC Ratio. Sebagai pembanding dilakukan pemodelan pada jalan Ring Road Selatan Yogyakarta yang hasil data-datanya akan digabungkan dengan jalan Ring Road Utara-Barat (model gabungan).

Menurut analisa yang sudah dilakukan oleh Elka (2012) maka diperoleh kesimpulan bahwa : Model untuk Ringroad Utara – Barat adalah $Y = -428.192 + 59.683,348IRI$. Ringroad Selatan $Y = 91.089.614 + 5.751,265 SDI + 401.286 VCR$ dan untuk gabungan (Utara-Barat dan Selatan) $Y = -54199.6 + 4310.990 SDI$.

Jadi, berdasarkan penelitian-penelitian Pramana (2007), Sari (2013), Elka (2012) dan Saleh (2009) dapat diketahui beberapa faktor yang sangat mempengaruhi pemeliharaan jalan, baik itu untuk menentukan skala prioritasnya maupun biaya penanganannya. Faktor kondisi perkerasan berupa kondisi struktural maupun kondisi fungsional cukup menentukan dalam pengambilan kebijakan. Kondisi struktural dinilai dengan menggunakan nilai SDI, kondisi fungsional menggunakan nilai IRI, besarnya beban lalu lintas dilihat dari LHR jalan. Maka ntuk membuat model pembiayaan pemeliharaan rutin jalan dilakukan hipotesa awal bahwa faktor yang mempengaruhinya adalah nilai IRI, SDI dan LHR. Penelitian di atas hanya melakukan pemodelan menggunakan satu model dan tidak dilakukan validasi dan pengujian terhadap model tersebut sehingga tidak dapat diketahui dengan pasti apakah model yang telah diperoleh tersebut adalah model terbaik dalam penentuan estimasi anggaran untuk pekerjaan pemeliharaan.

3. Metodologi Penelitian

3.1. Rencana Kerja

Adapun tahapan program kerja yang akan dilaksanakan pada penelitian ini adalah:

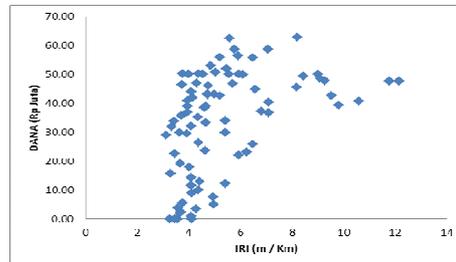
- a. Studi Literatur
- b. Identifikasi Lokasi Penelitian
- c. Pengumpulan data sekunder
- d. Analisa Data
- e. Uji Normalitas
- f. Pemodelan
 - f.1. Metode *Forward*
 - f.2. Metode *Backward*
 - f.3. Metode *Stepwise*
- g. Uji Statistik Model
 - Uji Residual
 - Uji R^2
 - Uji t (Uji koefisien regresi secara parsial)
 - Uji F (Uji koefisien regresi secara bersama-sama)
- h. Membandingkan ketiga model
- i. Menentukan model terbaik
- j. Kesimpulan dan saran

4. Prosedur dan Hasil Kerja

4.1. Data

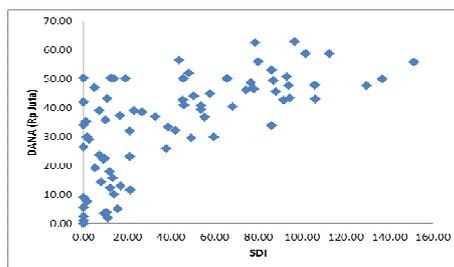
Data penelitian ini berasal dari data sekunder dan pengolahan data sekunder. Pengumpulan data sekunder berupa data IRI, SDI, LHR, jumlah kendaraan berat dan data pendanaan pekerjaan pemeliharaan rutin jalan selama tiga tahun terakhir yaitu tahun 2011 – 2013.

4.2. Hubungan Masing - Masing Variabel



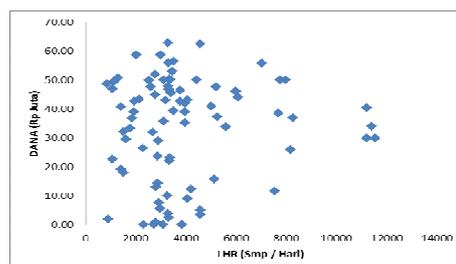
Gambar 4.1 Hubungan Nilai IRI terhadap Pendanaan

Pada Gambar 4.1 terlihat bahwa sebaran data antara nilai IRI dengan pendanaan yang ada, jika diperhatikan terlihat bahwa semakin besar nilai IRI maka dana yang dibutuhkan juga semakin banyak. Terdapat hubungan linier antara kedua variabel dengan nilai korelasi kuat yaitu 0,46. Nilai ini menunjukkan bahwa nilai IRI memberikan pengaruh terhadap besarnya dana yang dibutuhkan untuk pelaksanaan pekerjaan pemeliharaan rutin.



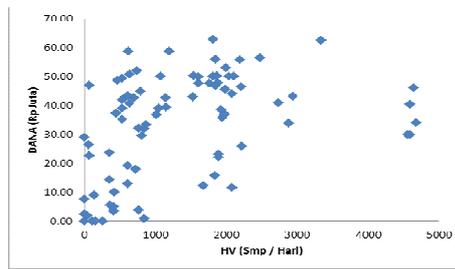
Gambar 4.2 Hubungan Nilai SDI terhadap Pendanaan

Pada Gambar 4.2 diketahui bahwa ada hubungan yang linier antara nilai SDI dengan biaya yang terserap dalam pekerjaan pemeliharaan rutin, dimana semakin besar nilai SDI maka dana yang dibutuhkan juga semakin banyak. Sama halnya dengan nilai IRI, Nilai SDI juga memiliki hubungan linier dengan pendanaan dengan nilai korelasi kuat yaitu 0,68. Nilai ini menunjukkan bahwa nilai SDI berpengaruh kuat terhadap besarnya dana yang dibutuhkan untuk pelaksanaan pekerjaan pemeliharaan rutin. Nilai korelasi antara SDI dan Pendanaan lebih besar dari nilai IRI karena nilai SDI dihitung berdasarkan kondisi struktural perkerasan dilapangan secara menyeluruh. Namun nilai SDI ini terkadang berbeda-beda untuk kondisi perkerasan yang hampir sama karena pengukuran dan perhitungan nilai SDI ini dilakukan oleh individu dan tim yang bersifat subjektif dan berdasarkan pendapat masing-masing tanpa menggunakan alat yang terukur dalam penentuan nilainya.



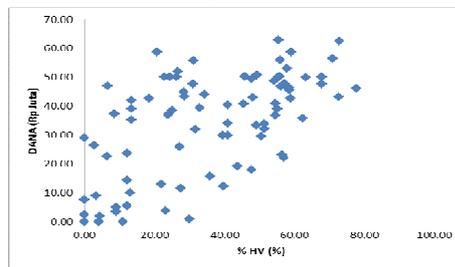
Gambar 4.3 Hubungan LHR terhadap Pendanaan

Gambar 4.3 menunjukkan hubungan antara jumlah LHR terhadap pendanaan pekerjaan pemeliharaan rutin jalan dengan nilai korelasi 0,06, yang berarti pengaruh LHR terhadap pendanaan pekerjaan pemeliharaan rutin jalan kurang signifikan dan saling berhubungan satu sama lainnya.



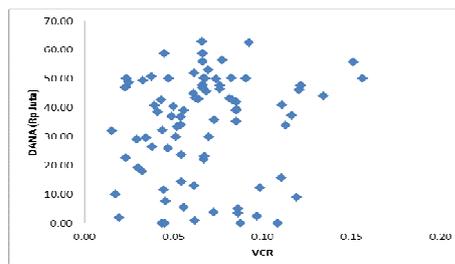
Gambar 4.4 Hubungan HV terhadap Pendanaan

Hubungan antara variabel bebas jumlah kendaraan berat terhadap pendanaan secara linier memiliki hubungan dengan nilai korelasi 0,40 dengan hubungan berbanding lurus antara kedua variabel, dimana semakin besar jumlah kendaraan berat yang melewati suatu ruas jalan maka dana yang dibutuhkan untuk pekerjaan pemeliharaan rutin jalan semakin meningkat.



Gambar 4.5 Hubungan Persentase HV terhadap Pendanaan

Berdasarkan Gambar 4.5 terlihat hubungan linier antara persentase kendaraan berat dengan pendanaan pemeliharaan rutin jalan dengan nilai korelasi 0,61 yang artinya kedua variabel memiliki hubungan korelasi yang kuat. Persentase kendaraan berat ini dihitung berdasarkan jumlah keseluruhan kendaraan berat terhadap jumlah kendaraan total yang melewati masing-masing ruas jalan.



Gambar 4.6 Hubungan VCR terhadap Pendanaan

Nilai Volume Capacity Ratio (VCR) terhadap pendanaan dapat dilihat pada Gambar 4.6. Berdasarkan Gambar diketahui bahwa nilai korelasi kedua variabel secara linier sangat rendah yaitu 0,27. hal ini dapat disimpulkan bahwa tidak ada hubungan yang signifikan antara nilai VCR dan pendanaan pekerjaan pemeliharaan rutin jalan.

4.3. Pemodelan

Untuk membuat model ditentukan variabel terikatnya (Y) adalah pembiayaan pekerjaan pemeliharaan rutin jalan, dengan nilai IRI sebagai X_1 , SDI sebagai X_2 , LHR sebagai X_3 , jumlah kendaraan berat sebagai X_4 , persentase kendaraan berat sebagai X_5 dan nilai VCR sebagai X_6 . Analisa data dilakukan menggunakan analisa regresi linier berganda. Untuk metode pemilihan variabel dalam menentukan model digunakan tiga metode yaitu metode *Stepwise*, *Forward* dan

Backward. Pemilihan ketiga metode ini berdasarkan kondisi data yang antara beberapa variabel bebasnya memiliki korelasi yang cukup kuat atau disebut juga multikolinearitas.

Sebelum melakukan pemodelan harus dilakukan terlebih dahulu uji Normalitas data. Tujuan dari uji normalitas data ini adalah untuk mengetahui apakah data yang akan dianalisis terdistribusi dengan normal dengan syarat yang harus dipenuhi adalah jika nilai signifikan probabilitasnya $> 0,05$. Hasil uji normalitas data dapat dilihat pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 Uji Normalitas Data

No.	Uraian	Simbol	Prob (Sig)	Ket	Kesimpulan
1.	Dana Pemeliharaan Rutin	Y	0,181	$> 0,05$	Normal
2.	IRI	X_1	0,021	$< 0,05$	Tidak Normal
3	SDI	X_2	0,009	$< 0,05$	Tidak Normal
4	LHR	X_3	0,003	$< 0,05$	Tidak Normal
5	HV	X_4	0,067	$> 0,05$	Normal
6	% HV	X_5	0,279	$> 0,05$	Normal
7	VCR	X_6	0,133	$> 0,05$	Normal

Sumber : Pengolahan data SPSS (2014)

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut data yang terdistribusi normal hanya data dana pemeliharaan rutin dan persentase kendaraan berat. Jadi data yang bisa digunakan sebagai calon variabel berdasarkan data yang terdistribusi normal dalam model persamaan adalah jumlah kendaraan berat, persentase kendaraan berat dan nilai VCR sebagai variabel bebas dan dana pemeliharaan rutin jalan sebagai variabel terikatnya. Disebabkan hanya tiga variabel yang bisa digunakan sebagai calon variabel bebas dalam model berdasarkan uji normalitas diatas, maka dalam penelitian ini dilakukan dua cara pemodelan yaitu dengan menggunakan data yang terdistribusi normal dan menggunakan data tanpa pengujian normalitas.

4.3.1. Forward

a. Data Terdistribusi Normal

Prosedur penentuan model menggunakan metode ini adalah sebagai berikut :

- Menentukan nilai signifikan yang digunakan dalam perhitungan yaitu 0,05.
- Melakukan pengujian awal dengan melakukan korelasi antara variabel bebas dengan variabel terikat untuk mengetahui keterikatan masing-masing variabel seperti terlihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Nilai Korelasi Variabel X terhadap Variabel Y

	X_4	X_5	X_6	Y
X_4	1			
X_5	0,61	1		
X_6	0,33	0,26	1	
Y	0,40	0,61	0,27	1

Berdasarkan Tabel 4.5 dapat dilihat bahwa nilai korelasi variabel X_5 dan Y cukup tinggi yaitu 0.61, maka dilanjutkan dengan melakukan pemodelan seperti pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil Analisis pemodelan Y dengan X_5

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	15,92	3,01	5,29	0,00
X_5	0,50	0,07	6,89	0,00

- Berdasarkan hasil perhitungan terlihat bahwa nilai *p-value* dari persamaan model kecil dari 0,05 maka variabel bebas X_5 bisa digunakan dalam model.
- Proses dilanjutkan dengan melakukan korelasi parsial antara variabel bebas yang tersisa dengan variabel terikat. Variabel bebas (X_4) digunakan sebagai calon variabel yang akan dipakai dalam model baru ($Y = a + bX_5 + cX_4$) seperti pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil Analisis pemodelan Y dengan X_5 dan X_4

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	15,76	3,05	5,17	0,00
X_4	0,0007	0,00	0,41	0,69
X_5	0,48	0,09	5,21	0,00

- Berdasarkan hasil perhitungan terlihat bahwa nilai *p-value* dari persamaan model besar dari 0,05 maka variabel bebas X_4 tidak bisa digunakan dalam model. Proses dihentikan sampai disini karena nilai *p-value* tidak memenuhi untuk dijadikan model. Jadi persamaan penentuan biaya pemeliharaan rutin jalan dengan metode *forward* adalah :

$$Y = 15,92 + 0,50 X_5 \tag{4.1}$$

b. Data Tanpa Pengujian Normalitas

- Prosedur penentuan model menggunakan metode ini adalah sebagai berikut :
- Menentukan nilai signifikan yang digunakan dalam perhitungan yaitu 0,05.
- Melakukan pengujian awal dengan melakukan korelasi antara variabel bebas dengan variabel terikat untuk mengetahui keterikatan masing-masing variabel seperti terlihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Nilai Korelasi Semua Variable X terhadap Variabel Y

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	Y
X_1	1,00						
X_2	0,59	1,00					
X_3	-0,07	-0,03	1,00				
X_4	0,14	0,30	0,74	1,00			
X_5	0,40	0,57	-0,02	0,61	1,00		
X_6	0,22	0,34	0,26	0,33	0,26	1,00	
Y	0,46	0,68	0,06	0,40	0,61	0,27	1,00

- Berdasarkan Tabel 4.8 dapat dilihat bahwa nilai korelasi tertinggi variabel bebas X terhadap variabel terikat Y adalah korelasi antara variabel Y dengan X_2 dengan nilai korelasi 0.68. Merujuk dari nilai korelasi tertinggi ini maka variabel X_2 bisa dijadikan calon variabel dalam persamaan yang akan dibuat.
- Variabel bebas (X_2) dengan nilai korelasi tertinggi dengan variabel terikat dimasukkan kedalam model dan dilakukan pemodelan terhadap variabel bebas tersebut ($Y = a + bX_2$). Pemodelan dilakukan menggunakan *software excel* seperti pada Tabel 4.9 di bawah ini :

Tabel 4.9 Hasil Analisis pemodelan

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	20,98	2,10	10,01	0,00
X_2	0,31	0,04	8,34	0,00

- Berdasarkan model yang sudah ada dilakukan uji signifikan terhadap model dengan nilai α yang digunakan 0,05. Jika $p \leq 0,05$ maka variabel bebas tersebut digunakan dalam model. Berdasarkan Tabel 4.9 diketahui bahwa pemodelan menggunakan variabel bebas X_2

menghasilkan nilai *p-value* yang sangat kecil, sehingga bisa disimpulkan bahwa X_2 bisa digunakan sebagai variabel dalam model.

- Proses dilanjutkan dengan melakukan korelasi parsial antara variabel bebas yang tersisa dengan variabel terikat. Variabel bebas (X_5) dengan nilai korelasi tertinggi digunakan sebagai calon variabel yang akan digunakan di dalam model baru ($Y = a + bX_2 + cX_5$) seperti pada Tabel 4.8 dan Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Hasil Analisis pemodelan

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
<i>Intercept</i>	14.85	2.61	5.69	0.00
X_2	0.22	0.04	5.35	0.00
X_5	0.27	0.08	3.55	0.0006

- Berdasarkan model tersebut lakukan uji signifikan terhadap model dengan nilai α yang digunakan 0,05. Nilai *p-value* dari perhitungan pada Tabel 4.11 untuk variabel X_5 sangat kecil, maka dapat disimpulkan bahwa X_5 bisa digunakan sebagai variabel bebas dalam persamaan pemodelan. Proses selanjutnya dari pemilihan variabel dalam model persamaan ini terus dilakukan seperti pada Tabel 4.8 dan Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Hasil Analisis pemodelan

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
<i>Intercept</i>	13,06	4,22	3,10	0,00
X_1	0,46	0,85	0,55	0,59
X_2	0,21	0,05	4,41	0,00
X_5	0,27	0,08	3,46	0,00

- Berdasarkan Tabel 4.11 diatas terlihat bahwa pada saat variabel X_1 dimasukkan kedalam persamaan, nilai *p-value* pada X_1 tersebut besar dari 0,05 yaitu 0.59 sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel X_1 tidak bisa digunakan kedalam persamaan pemodelan. Oleh karena X_1 tidak dimasukkan kedalam model maka proses penentuan model berdasarkan metode pemilihan variabel *Forward* telah selesai dengan model persamaan yang diperoleh adalah sebagai berikut :

$$Y = 14,85 + 0.22 X_2 + 0.27 X_5 \quad (4.2)$$

• Metode Backward

Metode *Backward* adalah kebalikan dari metode *forward*. Dimana proses awal dalam penentuan model dilakukan dengan memasukkan semua variabel bebas ke dalam model persamaan, variabel bebas tersebut dieliminasi satu per satu berdasarkan tingkat signifikannya dengan nilai $p \geq 0,05$. Proses penentuan model akan berhenti saat variabel bebas memiliki nilai *p-value* yang signifikan terhadap model.

Tabel 4.13 Hasil Analisis pemodelan

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
<i>Intercept</i>	12,33	4,02	3,07	0,00
X_5	0,47	0,07	6,34	0,00
X_6	67,21	50,04	1,34	0,18

- Mengeliminasi variabel bebas dengan nilai *p-value* terbesar yaitu variabel X_6

Tabel 4.14 Hasil Analisis pemodelan

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
<i>Intercept</i>	15,92	3,01	5,29	0,00
X_5	0,50	0,07	6,89	0,00

- Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 4.14 diatas nilai *p-value* yang diperoleh variabel bebas X_5 memenuhi nilai signifikan yaitu kecil dari 0,05, sehingga proses penentuan model menggunakan metode *Backward* selesai. Model persamaannya adalah sebagai berikut :

$$Y = 15.92 + 0.50 X_5 \quad (4.3)$$

a. Data Tanpa Pengujian Normalitas

Pada kondisi ini semua variabel bebas yang ada dilakukan pengujian, dimana proses awal dalam penentuan model dilakukan dengan memasukkan semua variabel bebas ke dalam model persamaan, variabel bebas tersebut dieliminasi satu per satu berdasarkan tingkat signifikan yang digunakan. Untuk perhitungan ini digunakan nilai signifikan 0,05, berarti nantinya akan dilakukan eliminasi pada variabel dengan nilai $p \geq 0,05$. Proses penentuan model akan berhenti saat variabel bebas memiliki nilai p yang signifikan terhadap model. Seperti terlihat pada tahap pelaksanaan pemilihan variabel dibawah ini :

- Memasukan semua variabel bebas kedalam model

Tabel 4.20 Hasil Analisis pemodelan

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	8,69	7,25	1,20	0,23
X_1	0,46	0,88	0,52	0,61
X_2	0,21	0,05	4,25	0,00
X_3	0,00	0,00	0,67	0,51
X_4	0,00	0,00	-0,36	0,72
X_5	0,33	0,19	1,76	0,08
X_6	-2,04	47,54	-0,04	0,97

- Mengeliminasi variabel bebas dengan nilai *p-value* terbesar yaitu variabel X_6

Tabel 4.15 Hasil Analisis pemodelan

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	8,63	7,07	1,22	0,23
X_1	0,45	0,88	0,52	0,60
X_2	0,21	0,05	4,35	0,00
X_3	0,00	0,00	0,67	0,50
X_4	0,00	0,00	-0,36	0,72
X_5	0,33	0,18	1,78	0,08

- Mengeliminasi variabel bebas dengan nilai *p-value* terbesar yaitu variabel X_4

Tabel 4.16 Hasil Analisis pemodelan

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	10.47	4.89	2.14	0.04
X_1	0.52	0.85	0.61	0.54
X_2	0.21	0.05	4.39	0.00
X_3	0.00	0.00	1.04	0.30
X_5	0.27	0.08	3.46	0.00

- Mengeliminasi variabel bebas dengan nilai *p-value* terbesar yaitu variabel X_1

Tabel 4.17 Hasil Analisis pemodelan

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	12,57	3,45	3,64	0,00
X_2	0,22	0,04	5,36	0,00
X_3	0,00	0,00	1,01	0,32
X_5	0,27	0,08	3,56	0,00

4.3.2. Backward

b. Data Terdistribusi Normal

Metode *Backward* adalah kebalikan dari metode *Forward*. Dimana proses awal dalam penentuan model dilakukan dengan memasukkan semua variabel bebas ke dalam model persamaan, variabel bebas tersebut dieliminasi satu per satu berdasarkan tingkat signifikan yang digunakan. Untuk perhitungan ini digunakan nilai signifikan 0,05, berarti nantinya akan dilakukan eliminasi pada variabel dengan nilai $p \geq 0,05$. Proses penentuan model akan berhenti saat variabel bebas memiliki nilai *p-value* yang signifikan terhadap model. Proses perhitungan menggunakan metode *Backward* adalah seperti di bawah ini :

- Memasukan semua variabel bebas kedalam model

Tabel 4.12 Hasil Analisis pemodelan

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	12,35	4,05	3,05	0,00
X_4	0,00	0,00	0,10	0,92
X_5	0,47	0,09	5,12	0,00
X_6	65,98	51,72	1,28	0,21

- Mengeliminasi variabel bebas dengan nilai *p-value* terbesar yaitu variabel X_4
- Mengeliminasi variabel bebas dengan nilai *p-value* terbesar yaitu variabel X_3

Tabel 4.18 Hasil Analisis pemodelan

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	14.85	2.61	5.69	0.00
X_2	0.22	0.04	5.35	0.00
X_5	0.27	0.08	3.55	0.00

- Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 4.18 diatas nilai *p-value* yang diperoleh dari masing-masing variabel bebas memenuhi nilai signifikan yaitu kecil dari 0,05. Jadi dapat disimpulkan bahwa variabel bebas X_2 dan X_5 bisa digunakan dalam model persamaan penentuan untuk anggaran pekerjaan pemeliharaan rutin. Model persamaannya adalah sebagai berikut :

$$Y = 14.85 + 0.22 X_2 + 0.27 X_5 \quad (4.4)$$

Pada dasarnya prosedur kerja metode *Stepwise* dengan *Forward* hampir sama, yang membedakan hanya saat pemasukan dan pengeluaran kembali variabel bebas pada metode *Stepwise*. Prosedur penentuan model menggunakan metode ini adalah sebagai berikut :

a. Data Terdistribusi Normal

- Menentukan nilai signifikan yang digunakan dalam perhitungan yaitu 0,05.
- Melakukan pengujian awal dengan melakukan korelasi antara variabel bebas dengan variabel terikat untuk mengetahui keterikatan masing-masing variabel seperti terlihat pada Tabel 4.19.

4.3.3. Stepwise

Tabel 4.19 Nilai Korelasi Variabel X terhadap Variabel Y

	X4	X5	X6	Y
X4	1			
X5	0,61	1		
X6	0,33	0,26	1	
Y	0,40	0,61	0,27	1

Berdasarkan Tabel 4.19 dapat dilihat bahwa nilai korelasi variabel X₅ dan Y cukup tinggi yaitu 0.61, maka dilanjutkan dengan melakukan pemodelan seperti pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20 Hasil Analisis pemodelan Y dengan X₅

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value
Intercept	15,92	3,01	5,29	0,00
X ₅	0,50	0,07	6,89	0,00

- Berdasarkan hasil perhitungan terlihat bahwa nilai *p-value* dari persamaan model kecil dari 0,05 maka variabel bebas X₅ bisa digunakan dalam model.
- Proses dilanjutkan dengan melakukan korelasi parsial antara variabel bebas yang tersisa dengan variabel terikat. Variabel bebas (X₄) digunakan sebagai calon variabel yang akan dipakai dalam model baru ($Y = a + bX_5 + cX_4$) seperti pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21 Hasil Analisis pemodelan Y dengan X₅ dan X₄

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value
Intercept	15.76	3.05	5.17	0.00
X ₄	0.0007	0.00	0.41	0.69
X ₅	0.48	0.09	5.21	0.00

Berdasarkan Tabel 4.21 dapat dilihat bahwa nilai *p-value* X₄ dan Y cukup tinggi yaitu 0.69, maka variabel X₄ Tidak bisa digunakan dalam model, sehingga hasil persamaan yang diperoleh pada metode *stepwise* ini sama dengan persamaan yang dihasilkan oleh metode *forward* dan *backward*, yaitu pada Persamaan (4.1) dan persamaan (4.3).

b. Data Tanpa Pengujian Normalitas

- Menentukan nilai signifikan yang digunakan dalam perhitungan yaitu 0,05.
- Melakukan pengujian awal dengan melakukan korelasi antara variabel bebas dengan variabel terikat untuk mengetahui keterikatan masing-masing variabel seperti terlihat pada Tabel 4.22.

Tabel 4.22 Nilai Korelasi Semua Variable X terhadap Variabel Y

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y
X1	1,00						
X2	0,59	1,00					
X3	-0,07	-0,03	1,00				
X4	0,14	0,30	0,74	1,00			
X5	0,40	0,57	-0,02	0,61	1,00		
X6	0,22	0,34	0,26	0,33	0,26	1,00	
Y	0,46	0,68	0,06	0,40	0,61	0,27	1,00

Berdasarkan Tabel 4.22 dapat dilihat bahwa nilai korelasi tertinggi variabel bebas X terhadap variabel terikat Y adalah korelasi antara variabel Y dengan X₂ dengan nilai korelasi 0.68. Merujuk dari nilai korelasi tertinggi ini maka variabel X₂ bisa dijadikan calon variabel dalam persamaan yang akan dibuat.

- Variabel bebas (X₂) dengan nilai korelasi tertinggi dengan variabel terikat dimasukkan kedalam model dan dilakukan pemodelan terhadap variabel bebas tersebut ($Y = a + bX_2$). Pemodelan dilakukan menggunakan *software excel* seperti pada Tabel 4.23 di bawah ini :

Tabel 4.23 Hasil Analisis pemodelan

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value
Intercept	20,98	2,10	10,01	0,00
X ₂	0,31	0,04	8,34	0,00

- Berdasarkan model yang sudah ada dilakukan uji signifikan terhadap model dengan nilai α yang digunakan 0,05. Jika $p \leq 0,05$ maka variabel bebas tersebut digunakan dalam model. Berdasarkan Tabel 4.23 diketahui bahwa pemodelan menggunakan variabel bebas X₂ menghasilkan nilai *p-value* yang sangat kecil, sehingga bisa disimpulkan bahwa X₂ bisa digunakan sebagai variabel dalam model.
- Proses dilanjutkan dengan melakukan korelasi parsial antara variabel bebas yang tersisa dengan variabel terikat. Variabel bebas (X₅) dengan nilai korelasi tertinggi digunakan sebagai calon variabel yang akan digunakan di dalam model baru ($Y = a + bX_2 + cX_5$) seperti pada Tabel 4.22 dan Tabel 4.24.

Tabel 4.24. Hasil Analisis pemodelan

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value
Intercept	14.85	2.61	5.69	0.00
X ₂	0.22	0.04	5.35	0.00
X ₅	0.27	0.08	3.55	0.0006

Berdasarkan model tersebut lakukan uji signifikan terhadap model dengan nilai α yang digunakan 0,05. Nilai *p-value* dari perhitungan pada Tabel 4.30 untuk variabel X₅ sangat kecil, maka dapat disimpulkan bahwa X₅ bisa digunakan sebagai variabel bebas dalam persamaan pemodelan. Proses selanjutnya dari pemilihan variabel dalam model persamaan ini terus dilakukan seperti pada Tabel 4.22 dan Tabel 4.25.

Tabel 4.25 Hasil Analisis pemodelan

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	13,06	4,22	3,10	0,00
X ₁	0,46	0,85	0,55	0,59
X ₂	0,21	0,05	4,41	0,00
X ₅	0,27	0,08	3,46	0,00

Berdasarkan Tabel 4.25 diatas terlihat bahwa pada saat variabel X₁ dimasukkan kedalam persamaan, nilai *p-value* pada X₁ tersebut besar dari 0,05 yaitu 0.59 sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel X₁ tidak bisa digunakan kedalam persamaan pemodelan. Oleh karena X₁ tidak dimasukkan kedalam model maka proses penentuan model berdasarkan metode pemilihan variabel *Stepwise* telah selesai dengan model persamaan yang diperoleh adalah sebagai berikut :

$$Y = 14,85 + 0.22 X_2 + 0.27 X_5 \quad (4.5)$$

4.4. Uji Statistik Model

4.4.1. Uji t (Uji koefisien regresi secara parsial)

Uji ini dilakukan untuk mengetahui apakah dalam model regresi variabel bebas (X₁, X₂, ..., X_n) secara parsial berpengaruh signifikan terhadap variabel terikat (Y). Langkah-langkah menentukan t Tabel adalah sebagai berikut :

- a. Tabel distribusi t dicari pada $\alpha = 5\% : 2 = 2.5\%$ (uji 2 sisi) dengan derajat kebebasan (df) = n-k-1 (n adalah jumlah data, dan k adalah jumlah variabel bebas).

Kriteria pengujian:

Ho diterima jika $-t_{\text{Tabel}} < t_{\text{stat}} < t_{\text{Tabel}}$

Ho ditolak jika $t_{\text{stat}} < t_{\text{Tabel}}$ atau $t_{\text{stat}} > t_{\text{Tabel}}$

4.4.1. Uji F (Uji koefisien regresi secara bersama-sama)

Uji ini digunakan untuk mengetahui apakah variabel bebas (X₁, X₂, ..., X_n) secara bersama-sama berpengaruh secara signifikan terhadap variabel terikat (Y). Uji F ini dilakukan untuk model dengan variabel bebas (X) berganda. Langkah-langkah menentukan nilai F Tabel sebagai berikut:

- a. Tabel distribusi F dicari pada $\alpha = 5\%$, $df_1 = k$ dan $df_2 = n-k-1$.
 - Ho diterima jika F hitung < F tabel
 - Ho ditolak jika F hitung > F tabel.

4.4.3. Uji Residual

Uji resisual dilakukan dengan menghitung selisih antara nilai penyerapan dana real dengan hasil perhitungan menggunakan hasil model. Hasil residu masing-masing model bisa di lihat pada tabel 4.26.

No	No. Ruas			Data Terdistribusi Normal			Data Tanpa Uji Normalitas		
				$Y' = 15.92 + 0.50 X5$ (Juta)	Residu		$Y' = 14.85 + 0.22 X2 + 0.27 X5$ (Juta)	Residu	
					$e = (Y - Y')$	$(e)^2$		$e = (Y - Y')$	$(e)^2$
1	004	11	K	35.81	-23.54	553.97	28.35	-16.07	258.35
2	005			22.42	-12.37	152.90	21.51	-11.45	131.06
3	005	11	K	33.86	-18.07	326.52	27.52	-11.73	137.62
4	005	12	K	15.92	13.19	173.90	15.41	13.70	187.61
5	006			28.46	10.08	101.70	27.61	10.94	119.59
6	006	11	K	47.13	-11.31	127.94	33.95	1.87	3.50
7	006	12	K	38.85	11.36	129.00	30.04	20.17	406.75
8	007	13	K	22.61	16.51	272.54	20.07	19.05	362.91
9	007	14	K	22.61	12.60	158.78	18.74	16.47	271.37
10	007	15	K	22.61	19.31	372.81	18.47	23.45	549.87
11	008			20.19	17.11	292.88	20.89	16.41	269.44
12	009	13	K	20.43	-16.89	285.24	19.41	-15.87	251.87
13	009	14	K	20.43	-15.40	237.04	20.79	-15.76	248.27
14	010	11	K	17.32	9.18	84.23	15.61	10.88	118.44
15	010	12	K	15.92	-15.92	253.30	14.85	-14.85	220.65
16	010	13	K	15.92	-13.40	179.59	14.85	-12.34	152.28
17	010	14	K	15.92	-8.31	69.09	15.23	-7.63	58.17
18	011			52.28	-9.07	82.30	36.94	6.27	39.28
19	012			43.65	19.16	367.08	51.51	11.29	127.49
20	013			45.20	0.43	0.19	50.42	-4.78	22.89
21	014			44.40	-22.30	497.12	32.28	-10.18	103.60
22	015			44.20	-21.12	445.98	34.86	-11.78	138.85
23	016			44.54	3.27	10.70	54.08	-6.27	39.33
24	028	11	K	31.79	0.20	0.04	28.19	3.81	14.48
25	031			30.16	14.73	216.95	35.53	9.35	87.48
26	031	11	K	31.45	16.19	262.25	44.30	3.35	11.20
27	031	13	K	32.39	6.95	48.28	35.78	3.56	12.65
28	032			39.79	9.64	92.91	47.21	2.22	4.91
29	032	11	K	38.67	2.17	4.72	39.17	1.67	2.80
30	033			49.87	0.13	0.02	47.91	2.09	4.38
31	034			49.81	-2.18	4.77	62.19	-14.57	212.20
32	035			43.05	5.69	32.42	46.71	2.03	4.12
33	042			29.06	20.98	440.33	36.68	13.36	178.54
34	042	11	K	18.10	-16.15	260.79	18.50	-16.55	273.84
35	043			51.42	5.00	24.96	43.84	12.58	158.21
36	043	11	K	36.44	3.91	15.27	41.21	-0.87	0.76
37	044	12	K	36.44	-6.48	42.04	26.33	3.63	13.15
38	045			45.37	-2.63	6.91	51.30	-8.56	73.22
39	005			28.13	21.87	478.34	25.77	24.23	587.19
40	006			27.29	22.71	515.70	24.09	25.91	671.24
41	008			25.16	17.46	304.70	30.00	12.61	158.92
42	009			26.26	32.42	1050.89	43.26	15.42	237.70
43	010			43.94	12.00	143.92	47.91	8.03	64.48
44	011			39.95	3.09	9.58	51.63	-8.58	73.63
45	012			52.34	10.25	105.03	52.17	10.42	108.59

No	No. Ruas			Data Terdistribusi Normal			Data Tanpa Uji Normalitas		
				$Y' = 15.92 + 0.50 X5$ (Juta)	Residu		$Y' = 14.85 + 0.22 X2 + 0.27 X5$ (Juta)	Residu	
					$e = (Y - Y')$	$(e)^2$		$e = (Y - Y')$	$(e)^2$
46	013			44.88	8.05	64.87	49.80	3.14	9.83
47	014			43.84	6.42	41.20	29.93	20.32	413.07
48	015			43.64	6.36	40.49	40.04	9.96	99.20
49	016			43.96	2.82	7.96	47.40	-0.62	0.38
50	031			29.25	22.75	517.42	32.87	19.13	365.93
51	032			40.57	10.23	104.59	49.02	1.77	3.15
52	034			47.58	2.37	5.62	62.64	-12.69	160.95
53	035			30.17	13.20	174.35	43.75	-0.37	0.14
54	043	11	K	36.43	-2.46	6.03	25.93	8.04	64.72
55	045			45.44	13.22	174.86	56.03	2.63	6.91
56	047	11	K	31.55	24.18	584.45	57.21	-1.48	2.20
57	006			27.87	9.11	83.05	28.67	8.32	69.16
58	007			30.92	-30.05	902.95	22.96	-22.08	487.69
59	007	13	K	41.22	-11.74	137.76	39.56	-10.07	101.48
60	007	14	K	37.80	-18.57	345.01	27.84	-8.61	74.11
61	007	15	K	39.81	-21.85	477.47	30.45	-12.49	155.89
62	008			27.52	-23.68	560.76	23.48	-19.63	385.46
63	009			26.88	-13.99	195.78	24.56	-11.68	136.45
64	009	11	K	21.44	-21.44	459.48	17.84	-17.84	318.10
65	009	12	K	22.03	-16.41	269.23	18.15	-12.54	157.15
66	009	13	K	22.01	-7.72	59.57	19.93	-5.63	31.73
67	009	14	K	22.01	1.58	2.51	19.74	3.86	14.89
68	010			45.16	1.30	1.68	48.14	-1.68	2.82
69	010	11	K	17.93	-17.93	321.51	15.94	-15.94	254.17
70	010	12	K	17.98	-17.98	323.14	15.97	-15.97	254.95
71	010	13	K	17.56	-8.63	74.43	15.74	-6.81	46.38
72	012			54.81	-8.68	75.35	52.51	-6.39	40.82
73	031			33.05	10.94	119.72	35.40	8.59	73.86
74	032			41.64	-9.45	89.35	38.15	-5.97	35.58
75	033			43.43	-4.45	19.78	34.93	4.06	16.46
76	034			43.18	-6.37	40.57	42.02	-5.21	27.14
77	035			40.48	-7.07	49.91	36.83	-3.42	11.69
78	040			29.69	-18.18	330.47	27.11	-15.60	243.29
79	040	11	K	29.50	-3.66	13.42	30.71	-4.87	23.73
80	042			41.64	-7.86	61.76	48.04	-14.26	203.22
81	042	11	K	19.19	27.73	768.71	17.77	29.14	849.21
82	042	12	K	19.14	3.55	12.60	18.72	3.97	15.76
83	043			43.22	-2.31	5.32	39.91	1.01	1.02
84	043	11	K	35.70	-5.83	33.94	38.89	-9.02	81.38
Total					0.0	16,793		0.0	12,413

Pada Tabel 4.26 terlihat hasil residu antara hasil pendanaan berdasarkan penyerapan dana real (Y) dan hasil perhitungan pendanaan berdasarkan hasil pemodelan (Y') yang telah dilakukan menggunakan 2 model yang telah dihasilkan menggunakan tiga metode dan dua jenis data (terdistribusi normal dan tanpa pengujian normalitas data). Berdasarkan hasil residu masing-masing persamaan diketahui bahwa nilai rata-rata residu semua model mendekati nol, sedangkan nilai total varian residu model yang dihasilkan oleh model dengan pengujian normalitas data (*Forward*, *Backward* dan *Stepwise*) lebih besar yaitu 16.793 dibandingkan yang dihasilkan oleh data yang tidak dilakukan uji normalitas data di awal pengujian (*Forward*, *Backward* dan *Stepwise*) yaitu 12.413.

Setelah menentukan nilai Residu dan total varian residu dari model yang diperoleh, juga bisa diketahui kenormalan data residu dari suatu model. Beberapa ahli menyatakan uji normalitas

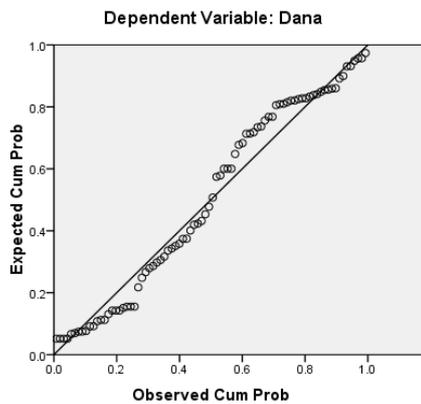
dilakukan pada awal melakukan pemodelan, menggunakan data mentah, sedangkan beberapa penulis yang lain menyatakan uji normalitas dilakukan pada residu data hasil pemodelan seperti yang dijelaskan oleh Ghozali (2001) bahwa uji normalitas bertujuan untuk menguji apakah variabel pengganggu atau residual dalam model regresi memiliki distribusi normal. Jika data terdistribusi normal maka model regresi memenuhi asumsi normalitas. Hasil perhitungan normalitas hasil residu masing-masing model terlihat pada Tabel 4.27.

Tabel 4.27 Uji Normalitas Residual Model

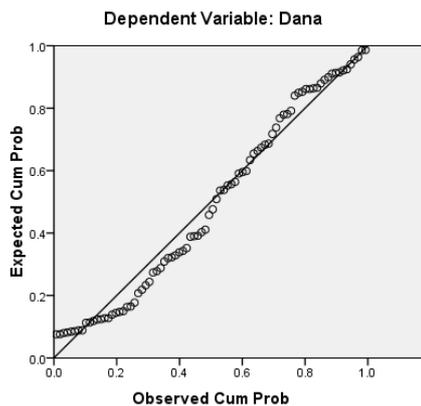
No.	Uraian	Prob (Sig)	Ket	Kesimpulan
1.	Dana Pemeliharaan Rutin	0,181	> 0,05	Normal
2.	Residu Data Normal	0,894	> 0,05	Normal
3	Residu Data Tanpa Uji Normalitas	0,644	> 0,05	Normal

Sumber : Pengolahan Data SPSS (2014)

Hasil pengujian pada Tabel 4.27 dipertegas dengan grafik pada Gambar 4.7, Gambar 4.8 dibawah ini :



Gambar 4.7 Grafik Normalitas Residu Model Data Terdistribusi Normal (*Forward, Backward dan Stepwise*)



Gambar 4.8 Grafik Normalitas Residu Model Data Tanpa Pengujian Normalitas (*Forward, Backward dan Stepwise*)

Jadi berdasarkan hasil hitungan dan grafik normalitas residu data, semua residu model terdistribusi normal. Rangkuman hasil perhitungan uji model yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.28.

Tabel 4.28 Hasil perhitungan Uji t, Uji F, R² dan Akurasi Data

	<i>Coefficients</i>	t Stat	t Tabel	t stat > t Tabel	F hit	F Tabel	F hit > F Tabel
1. Data Terdistribusi Normal (<i>Forward, Backward dan Stepwise</i>)							
<i>Intercept</i>	15.76	5.29	0.67749	terpenuhi	47.51	3.96	terpenuhi
X ₅	0.48	6.89		terpenuhi			
• Y = 15.92 + 0.50 X ₅ (Juta)						R ² = 0.3591	
Total Varian residu = 16.793							
2. Data Tidak Terdistribusi Normal (<i>Forward, Backward dan Stepwise</i>)							
<i>Intercept</i>	14.85	5,69	0.67753	terpenuhi	46.03	3.11	terpenuhi
X ₂	0.22	5,33		terpenuhi			
X ₅	0.27	3,55		terpenuhi			
Y = 14,85 + 0.22 X ₂ + 0.27 X ₅ (Juta)						R ² = 0.5204	
Total Varian residu = 12.906							

Berdasarkan Tabel 4.28 di atas, diketahui bahwa untuk uji t (t stat > t Tabel) maka H₀ ditolak, H_a diterima artinya secara parsial ada pengaruh signifikan antara variabel X terhadap variabel Pendanaan Pekerjaan Pemeliharaan rutin (Y). Untuk uji F (F hitung > F tabel) maka H₀ ditolak, H_a diterima artinya ada pengaruh signifikan antara variabel X secara bersama-sama terhadap variabel Pendanaan Pekerjaan Pemeliharaan rutin (Y), ternyata kedua model persamaan memenuhi untuk kedua uji model tersebut. Sedangkan untuk nilai determinasinya model yang dihasilkan oleh Data tidak terdistribusi normal lebih besar dari metode yang dihasilkan oleh Data terdistribusi normal. yaitu 0.5204 atau 52.04 % variabel bebas pada model tersebut memberikan kontribusi untuk nilai variabel terikat Y dan 48.06 % lainnya dipengaruhi oleh faktor-faktor lainnya. Untuk persamaan yang dihasilkan oleh Data terdistribusi normal memiliki nilai determinasi yaitu 0.3591 atau 35.91 % variabel bebas pada model tersebut memberikan kontribusi untuk nilai variabel terikat Y dan 65.19 % lainnya dipengaruhi oleh faktor-faktor lainnya.

Jika dilihat Tabel nilai residu persamaan model yaitu Tabel 4.26 diketahui bahwa bahwa nilai rata-rata residu semua model mendekati nol, sedangkan nilai total varian residu terkecil adalah model yang dihasilkan oleh Data tidak terdistribusi normal (*Forward, Backward dan Stepwise*) yaitu 12.906, dilanjutkan oleh model yang dihasilkan oleh Data terdistribusi normal (*Forward, Backward dan Stepwise*) sebesar 16.793.

Berdasarkan model analisa regresi penentuan model terbaik adalah dilihat dari nilai uji t dan uji F yang memenuhi, nilai koefisien determinasi yang mendekati satu dan nilai varian residu terkecil dari beberapa model yang diperoleh. Jadi model persamaan terbaik untuk penentuan pendanaan pekerjaan pemeliharaan rutin jalan setiap Km adalah :

$$Y = 14,85 + 0.22 X_2 + 0.27 X_5 \quad (4.6)$$

• Keterangan :

Y = Dana untuk pemeliharaan rutin jalan setiap Km (Juta rupiah)

X₂ = Nilai SDI

X₅ = Persentase Jumlah Kendaraan Berat

Berdasarkan persamaan (4.6) maka dapat disimpulkan bahwa besarnya dana yang dibutuhkan untuk pekerjaan pemeliharaan rutin jalan setiap Km nya dipengaruhi oleh nilai SDI dan Persentase jumlah volume kendaraan berat yang melewati ruas jalan tersebut.

Jika dilihat dari nilai koefisien determinasi (0.5204) dari model yang dihasilkan oleh persamaan (4.6) variabel bebas cukup kuat mempengaruhi nilai variabel terikat dalam model persamaan. Dengan demikian nilai tersebut bisa dijadikan patokan dalam menentukan besarnya kebutuhan dana untuk pelaksanaan pemeliharaan rutin jalan, walaupun ada faktor-faktor lain yang cukup berpengaruh seperti faktor cuaca dan kondisi lingkungan di sekitar lokasi pekerjaan yang cukup menentukan dalam penyerapan dana untuk pelaksanaan pekerjaan pemeliharaan rutin, karena pemeliharaan rutin tidak hanya mencakup perawatan perkerasan tetapi juga pekerjaan perawatan *non structural* seperti pekerjaan pembuangan longsor, pekerjaan pengecatan, penimbunan bahu jalan dan pekerjaan yang menunjang keindahan serta keselamatan bagi pengguna jalan.

4.5. Perbandingan dengan Metode PU

Tabel 4.29 Perbandingan Metode PU dan Hasil Perhitungan Model.

Pada Tabel 4.29 terlihat perbandingan kebutuhan dana masing-masing ruas berdasarkan model terbaik yang telah dipilih dan menggunakan metode PU. Pada perhitungan estimasi biaya pekerjaan pemeliharaan rutin menggunakan model terdapat perhitungan penambahan biaya pemotongan rumput, karena perhitungan model tidak memasukkan pemotongan rumput pada perhitungan penyerapan dana. Pemotongan rumput dilakukan sebanyak enam kali dalam setahun. Berdasarkan tabel 4.29 terlihat estimasi perhitungan menggunakan model lebih efisien digunakan untuk ruas dalam kota maupun ruas luar kota dibandingkan menggunakan metode PU. Terlihat selisih kebutuhan dana yang cukup besar antara kedua metode perhitungan. Pada jalur luar kota terdapat kelebihan dana yang cukup besar saat menggunakan metode PU, sedangkan pada jalur luar kota untuk beberapa ruas yang memiliki luas daerah pemotongan rumput rumija, besar dana yang dibutuhkan melebihi dana yang dianggarkan menggunakan metode PU. Hal ini belum termasuk jika terjadi bencana alam seperti longsor pada ruas tersebut, maka kebutuhan biaya akan semakin besar. Untuk itu dapat terlihat penganggaran kebutuhan dana untuk pekerjaan pemeliharaan rutin jalan menggunakan model lebih baik dibandingkan menggunakan metode PU.

Berdasarkan Tabel 4.29 juga diketahui nilai perhitungan dana pekerjaan pemeliharaan rutin tertinggi adalah pada ruas 012 ditahun 2013 sebesar 79,03 juta rupiah per km. Hal ini disebabkan oleh nilai SDI yang cukup tinggi (74,38) dan kendaraan berat yang melewati ruas ini pun cukup banyak (HV = 4644 smp/hari, %HV = 77,77%), selain itu hampir disepanjang ruas jalan dilakukan pembersihan rumput di daerah rumija. Sedangkan nilai terendah adalah pada ruas jalan 010. 11 K pada tahun 2011 yaitu sebesar 15,61 juta rupiah per km. Hal ini disebabkan ruas jalan ini berada di perkotaan, sehingga tidak memiliki rumput disekitar daerah rumija dan kondisi perkerasan yang cukup baik sehingga hanya perlu dilakukan sedikit perbaikan pada ruas tersebut.

No	No. Ruas			Model Terbaik $Y' = 14.85 + 0.22 X2 + 0.27 X5$ (Juta)	Pemotongan Rumput Rumija / Km			Pembiayaan Total Rutin Model Terbaik (Y'') (Juta)	Metode PU (Y) (Juta)	Residu (Y - Y'') (Juta)
					Harga Pemotongan Rumput Rumija / M2 (Rp)	Luas Pemotongan Rumput pada Rumija (M2)	Volume Pemotongan Rumput pada Rumija Setahun (M2)			
Tahun 2011										
1	006			27.61	530	3,492.89	20,957.35	38.72	50	11.28
2	009	13	K	19.41	530	-	-	19.41	50	30.59
3	009	14	K	20.79	530	-	-	20.79	50	29.21
4	010	11	K	15.61	530	-	-	15.61	50	34.39
5	011			36.94	530	2,234.98	13,409.85	44.05	50	5.95
6	012			51.51	530	4,262.78	25,576.69	65.07	50	(15.07)
7	013			50.42	530	3,974.23	23,845.40	63.06	50	(13.06)
8	016			54.08	530	3,913.74	23,482.47	66.52	50	(16.52)
9	028	11	K	28.19	530	4,262.45	25,574.71	41.74	50	8.26
10	031			35.53	530	2,734.28	16,405.69	44.23	50	5.77
11	032			47.21	530	2,200.65	13,203.90	54.21	50	(4.21)
12	033			47.91	530	2,641.45	15,848.70	56.31	50	(6.31)
13	034			62.19	530	3,079.12	18,474.73	71.98	50	(21.98)
14	035			46.71	530	3,289.07	19,734.40	57.17	50	(7.17)
15	042			36.68	530	3,886.40	23,318.43	49.04	50	0.96
16	042	11	K	18.50	530	-	-	18.50	50	31.50
17	043			43.84	530	4,750.20	28,501.18	58.94	50	(8.94)
18	043	11	K	41.21	530	3,624.44	21,746.63	52.74	50	(2.74)
19	045			51.30	530	2,407.77	14,446.63	58.96	50	(8.96)
Tahun 2012										
20	006			24.09	630	3,522.85	21,137.09	37.41	50	12.59
21	010			47.91	630	3,304.93	19,829.60	60.40	50	(10.40)
22	011			51.63	630	2,042.86	12,257.14	59.35	50	(9.35)
23	012			52.17	630	7,039.89	42,239.32	78.78	50	(28.78)
24	031			32.87	630	2,981.16	17,886.94	44.14	50	5.86
25	032			49.02	630	2,696.59	16,179.52	59.21	50	(9.21)
26	034			62.64	630	3,354.56	20,127.36	75.32	50	(25.32)
27	035			43.75	630	3,463.37	20,780.24	56.84	50	(6.84)
28	043	11	K	25.93	630	4,033.42	24,200.52	41.18	50	8.82
29	047	11	K	57.21	630	-	-	57.21	50	(7.21)
Tahun 2013										
30	006			28.67	761.33	5,399.92	32,399.51	53.34	50	(3.34)
31	009	11	K	17.84	761.33	-	-	17.84	50	32.16
32	009	12	K	18.15	761.33	-	-	18.15	50	31.85
33	009	13	K	19.93	761.33	-	-	19.93	50	30.07
34	009	14	K	19.74	761.33	-	-	19.74	50	30.26
35	010			48.14	761.33	2,769.14	16,614.83	60.79	50	(10.79)
36	010	11	K	15.94	761.33	-	-	15.94	50	34.06
37	010	12	K	15.97	761.33	-	-	15.97	50	34.03
38	010	13	K	15.74	761.33	-	-	15.74	50	34.26
39	012			52.51	761.33	5,803.77	34,822.63	79.03	50	(29.03)
40	031			35.40	761.33	4,154.68	24,928.09	54.37	50	(4.37)
41	032			38.15	761.33	2,718.49	16,310.95	50.57	50	(0.57)
42	042	11	K	17.77	761.33	-	-	17.77	50	32.23
43	042	12	K	18.72	761.33	-	-	18.72	50	31.28
44	043	11	K	38.89	761.33	2,624.65	15,747.92	50.88	50	(0.88)
Total										224.32

Jika dilihat dari masing-masing tahun pada beberapa ruas jalan yang diteliti, dapat diamati perubahan biaya pekerjaan pemeliharaan rutin seperti terlihat pada Tabel 4.30.

Tabel 4.30 Biaya Pemeliharaan Rutin Berdasarkan Model Terbaik Setiap Tahun

No.	No. Ruas	Total Kebutuhan Pembiayaan (Dalam Juta Rupiah)		
		2011	2012	2013
1	006	38,72	37,41	53,34
2	012	65,07	78,78	79,03
3	031	44,23	44,14	54,37
4	032	54,21	59,21	50,57
5	043 11 K	52,74	41,18	50,88

Berdasarkan Tabel 4.30 terlihat bahwa terjadi fluktuasi kebutuhan biaya penanganan pemeliharaan rutin jalan seiring dengan perubahan nilai SDI dan % HV pada masing-masing ruas jalan tersebut. Pada saat nilai SDI berkurang, yang artinya telah dilakukan perbaikan pada ruas jalan tersebut, biaya pemeliharaan rutinnnya berkurang, begitu juga pada saat nilai SDI besar, berarti kondisi jalan cukup buruk, biaya pemeliharaannya pun ikut membengkak. Begitu juga halnya dengan peningkatan persentase kendaraan berat yang terjadi, dimana semakin bertambah kendaraan berat yang ada, maka biaya pemeliharaan rutin jalan juga semakin meningkat. Jika dibandingkan dengan metode PU yang dianggarkan setiap tahunnya selalu sama yaitu 50 juta rupiah, maka sangat tidak sesuai dengan kebutuhan yang ada dilapangan sehingga metode yang selama ini digunakan PU kurang efektif dan efisien.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Model yang dihasilkan oleh masing-masing metode pemilihan variabel bebas adalah sebagai berikut :

- a. Metode *Forward, Backward* dan *Stepwise* (Data Terdistribusi Normal)

$$Y = 15,92 + 0,50 (\% \text{ HV})$$

$$R^2 = 0,3591$$

$$\text{Total varian Residu} = 16.793$$

- b. Metode *Forward, Backward* dan *Stepwise* (Data Tanpa Pengujian Normalitas)

$$Y = 14,85 + 0,22 (\text{SDI}) + 0,27 (\% \text{ HV})$$

$$R^2 = 0,5204$$

$$\text{Total Varian Residu} = 12.413$$

Dengan nilai variabel terikat adalah :

$$Y = \text{Dana yang dibutuhkan untuk pemeliharaan rutin jalan setiap km (Juta rupiah)}$$

1. Model untuk mengestimasi anggaran biaya pelaksanaan pemeliharaan rutin jalan yang terbaik adalah persamaan model yang dihasilkan oleh metode *Forward, Backward* dan *Stepwise* dari Data Tanpa Pengujian Normalitas dengan Uji t dan Uji F yang memenuhi, nilai residu terdistribusi normal dan nilai $R^2 = 0,5204$
2. Faktor-faktor yang mempengaruhi pembiayaan pemeliharaan rutin jalan setiap km nya berdasarkan persamaan terbaik yang diperoleh adalah nilai SDI dan Persentase Jumlah Kendaraan berat.
3. Penggunaan metode PU dalam penganggaran kebutuhan dana pada awal tahun anggaran kurang efektif dan efisien karena tidak mewakili kondisi ruas sehingga terjadi kelebihan dana pada daerah dalam kota dan kekurangan dana pada daerah luar kota.
4. Nilai perhitungan dana pekerjaan pemeliharaan rutin tertinggi 1 adalah pada ruas 012 ditahun 2013 sebesar 79,03 juta rupiah. Hal ini disebabkan oleh nilai SDI yang cukup tinggi (74,38) dan kendaraan berat yang melewati ruas ini pun cukup banyak (HV = 4644

smp/hari, % HV = 77,77 %), selain itu hampir disepanjang ruas jalan dilakukan pembersihan rumput di daerah rumija.

5. Nilai terendah adalah pada ruas jalan 010. 11 K pada tahun 2011 yaitu sebesar 15,61 juta rupiah per km. Hal ini disebabkan ruas jalan ini berada di perkotaan, sehingga tidak memiliki rumput disekitar daerah rumija dan kondisi perkerasan yang cukup baik sehingga hanya perlu dilakukan sedikit perbaikan pada ruas tersebut.

5.2. Saran

1. Sebaiknya faktor cuaca, kondisi tanah dan drainase di lingkungan pekerjaan dimasukkan sebagai variabel bebas untuk penelitian lanjutan agar diperoleh estimasi perkiraan penentuan pemeliharaan rutin yang lebih akurat.
2. Untuk kemudahan perhitungan sebaiknya masing-masing ruas jalan yang akan ditangani sudah memiliki data base pada awal tahun sebelum perhitungan penganggaran untuk pekerjaan pemeliharaan rutin yang lengkap seperti luas daerah pemotongan rumput, panjang saluran dan lain sebagainya.

Daftar Kepustakaan

Asphalt Institute. 2003. Asphalt Overlays for Highway and Streets Rehabilitation, Manual Series No 17 (MS-17), USA.

Elka, V.A. 2012, Model Biaya Pemeliharaan Rutin Terhadap Kerusakan Jalan Pada Jalan Arteri Utara-Barat Yogyakarta, Tesis. Universitas Atmajaya, Yogyakarta.

Fadri, F. 2008, Perbandingan Antara Regresi Stepwise Dengan Regresi New Stepwise Dalam Menganalisa Faktor Produksi Padi Di Kabupaten Pasuruan Tahun 2008, Skripsi. Universitas Negri Malang, Malang.

Ghozali, I. 2001, Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program SPSS, Badan Penerbit Undip, Semarang.

Mulyono, A.T. 2007, Model Monitoring dan Evaluasi Pemberlakuan Standard Mutu Perkerasan Jalan Berbasis Pendekatan Sistemik, Disertasi, Universitas Diponegoro, Semarang.

Pramana, I.N.B. 2007, Analisa Kebutuhan Biaya Pemeliharaan Jalan Berdasarkan Kondisi Jalan (Studi Kasus di Kabupaten Karangasem), Tesis. Institut Sebelas November Surabaya, Surabaya.

Saleh, S.M., dkk. 2009, Pengaruh Muatan Truk Berlebihan Terhadap Biaya Pemeliharaan Jalan, Jurnal Transportasi, Volume 9 Nomor 1.

Sari D.P. 2013, Studi Model Pembiayaan Pemeliharaan Rutin Ruas Jalan Arteri Primer Di Kota Makassar, Tugas Akhir. Universitas Hasanudin, Makassar.

Sarwono, J. 2009, *Statistik Itu Mudah*, Panduan Lengkap Untuk Belajar Komputasi *Statistik* Menggunakan SPSS 16, Penerbit Andi, Yogyakarta.

SNI 03-3426-1994, Tata Cara Survei Permukaan Perkerasan Jalan dengan Alat Ukur Kerataan NAASRA.

Sugiyono. 2007, Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D, CV. Alfabeta, Bandung.

Sukirman, S. 1999, Perkerasan Lentur Jalan Raya, Penerbit Nova, Bandung.

Suwardo dan Sugiharto, 2004, Tingkat Kerataan Jalan Berdasarkan Alat Rolling Straight Edge Untuk Mengestimasi Kondisi Pelayanan Jalan (PSI dan RCI), Symposium VII FSTPT, Universitas Parahyangan, Bandung.

Tayeb, T, 2012, Efektifitas Metode New Stepwise dalam Pemilihan Variabel pada Model Regresi Linier Berganda, Lentera Pendidikan, Volume 15 Nomor 2.

Usman, H. 2006, Pengantar Statistik, Bumi Aksara, Yogyakarta.

Evaluasi Kapasitas Seismik Struktur Bangunan Bertingkat Beton Bertulang Eksisting

Nining Mustika Liza

Mahasiswa, Jurusan Teknik Sipil Universitas Andalas; niningmustika28@gmail.com

Maidiawati

Staf Pengajar, Jurusan Teknik Sipil FTSP, Institut Teknologi Padang

Jafril Tanjung

Staf Pengajar, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas

Abstrak

Makalah ini menjelaskan tentang metode untuk mengevaluasi kapasitas seismik dari struktur bangunan bertingkat beton bertulang. Metode evaluasi mengacu kepada *Standard for Seismic Evaluation of Existing Reinforced Concrete Buildings* yang ditetapkan oleh *The Japan Building Disaster Prevention Association*. Standar ini dipublikasikan oleh Jepang untuk membantu Negara - negara rawan gempa untuk upaya pencegahan kerusakan bangunan akibat gempa bumi. Standar ini memiliki tiga prosedur evaluasi, yaitu prosedur evaluasi level satu, level dua dan level tiga. Dari hasil evaluasi didapatkan nilai Indeks Seismik Dasar (E_0) yaitu sebuah nilai dasar yang menentukan kinerja seismik berdasarkan kekuatan dan daktilitas bangunan tersebut. Nilai Indeks Seismik Dasar (E_0) yang didapatkan akan dibandingkan dengan nilai Indeks Seismik yang dibutuhkan untuk struktur (E_s) sehingga dapat ditentukan keamanan bangunan tersebut apabila terjadi gempa. Prosedur level satu digunakan untuk menentukan apakah bangunan memiliki kemampuan yang cukup dalam menerima beban gempa. Pada level ini, elemen vertikal dibagi menjadi tiga kelompok yaitu kolom, kolom pendek dan dinding. Nilai Indeks Seismik Dasar (E_0) ditentukan berdasarkan pada kekuatan dan daktilitas dari elemen vertikal. Nilai Indeks Seismik yang dibutuhkan untuk struktur (E_s) untuk level ini adalah 0,8. Perhitungan level dua akan dilakukan apabila nilai Indeks Seismik Dasar (E_0) yang didapatkan lebih kecil dari Nilai Indeks Seismik yang dibutuhkan untuk struktur (E_s) tetapi lebih besar dari 0,65. Pada evaluasi level dua, kekuatan elemen bergantung pada kekuatan lentur dan kekuatan geser. Nilai Indeks Seismik yang dibutuhkan untuk struktur (E_s) untuk level ini adalah 0,6. Perhitungan evaluasi level tiga dilakukan apabila bangunan dinilai kurang sempurna dievaluasi menggunakan evaluasi level dua. Aplikasi metode ini adalah untuk mengevaluasi gedung Kantor Bupati Pasaman Sumatra Barat. Dari evaluasi diketahui bahwa gedung tersebut berada pada level dibawah ambang aman.

Kata kunci: kapasitas seismic, indeks seismic, struktur beton bertulang, rekayasa gempa.

1. Pendahuluan

Indonesia termasuk daerah dengan tingkat resiko gempa yang tinggi. Berdasarkan data USGS, dari rentang waktu antara Desember 2004 sampai Oktober 2009 telah terjadi 10 gempa besar berkekuatan lebih dari 5 skala richter yang mengguncang Indonesia dan banyak mengakibatkan kerusakan pada bangunan. Ketahanan bangunan dalam menerima beban gempa dipengaruhi oleh beberapa hal, yaitu penggunaan standar perencanaan rumah aman gempa, pelaksanaan konstruksi dan perencanaan konstruksi.

Dalam mendesain bangunan, perencana harus merencanakan bangunan dengan menggunakan peraturan - peraturan yang berlaku pada saat itu agar bangunan dapat bertahan apabila terjadi gempa. Contohnya menggunakan peraturan tentang gempa yang berlaku pada saat itu. Setiap peraturan gempa memiliki nilai beban gempa yang berbeda, dimana peraturan gempa terbaru memiliki nilai beban gempa yang lebih tinggi daripada peraturan - peraturan sebelumnya. Hal ini menyebabkan bangunan yang didesain dengan peraturan yang lama secara teoritis sudah tidak mampu lagi menahan beban gempa yang terjadi.



Gambar 1 Kerusakan Bangunan Akibat Gempa (Sumber : Wiryanto,2009)

Faktor lain yang sangat mempengaruhi kekuatan bangunan adalah saat pelaksanaan konstruksi. Jika diamati pada saat pelaksanaan konstruksi, seringkali pelaksanaan tidak mengikuti kaidah perencanaan bangunan aman gempa. Misalnya penggunaan sengkang pada kolom. Sengkang pada kolom berfungsi sebagai penahan geser. Saat gempa terjadi, ikatan antar elemen struktur harus diperkuat agar dapat menahan gaya geser. Apabila digunakan sengkang dengan kualitas kurang baik, maka ikatan antar tulangan akan lemah yang mengakibatkan kekuatan kolom bangunan menjadi berkurang dan kurang mampu menahan beban gempa yang terjadi.

Pertanyaan yang paling mendasar adalah “sudah amankah gedung bertingkat dengan konstruksi beton bertulang?”. Untuk mengetahui hal tersebut, dilakukan evaluasi seismik terhadap bangunan. Salah satu metoda evaluasi seismik adalah dengan *Standard for Seismic Evaluation of Existing Reinforced Concrete Buildings* yang ditetapkan oleh *The Japan Building Disaster Prevention Association*. Dengan adanya evaluasi seismik ini diharapkan dapat memberikan gambaran tentang kapasitas seismik bangunan gedung bertingkat.

Dalam tulisan ini, tujuan yang hendak dicapai dalam adalah untuk menentukan kapasitas seismik bangunan gedung bertingkat. Sebagai studi kasus diambil gedung Bupati Pasaman, Sumatera Barat. Sebagai tambahan, pengaruh adanya dinding bata juga ditinjau. Hasil evaluasi ini bermanfaat untuk menentukan aman atau tidaknya struktur bangunan jika terjadi gempa rencana di lokasi bangunan berdiri. Selain itu hasil evaluasi ini juga akan digunakan untuk menyusun standar untuk Indonesia tentang evaluasi seismik struktur bangunan beton bertulang apabila telah memiliki banyak data tentang evaluasi seismik.

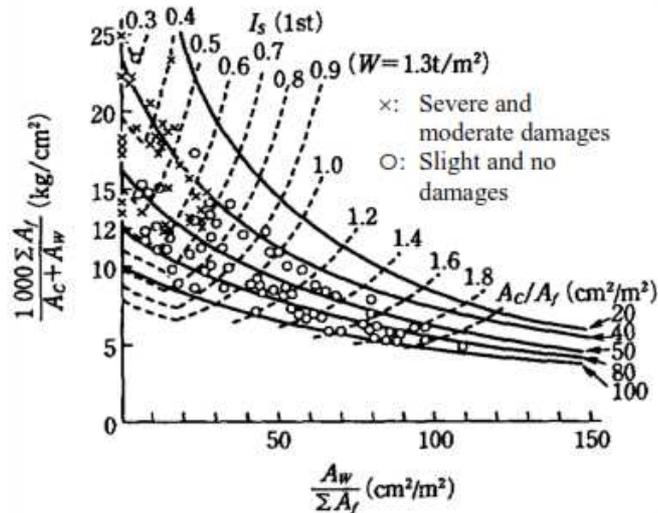
2. Studi Pustaka

Sama halnya dengan Indonesia, Jepang juga merupakan daerah yang memiliki resiko gempa yang tinggi. Gempa yang pernah terjadi dan menyebabkan banyak kerusakan pada bangunan di Jepang diantaranya adalah gempa Fukui tahun 1948 yang berkekuatan 7,3 SR, gempa Niigata tahun 1964 yang berkekuatan 7,6 SR dan gempa Tokachi tahun 1968 yang berkekuatan 8,3 SR. Hal ini membuktikan bahwa metoda desain seismik pada saat itu tidak cukup menjamin keselamatan bangunan terhadap gempa.

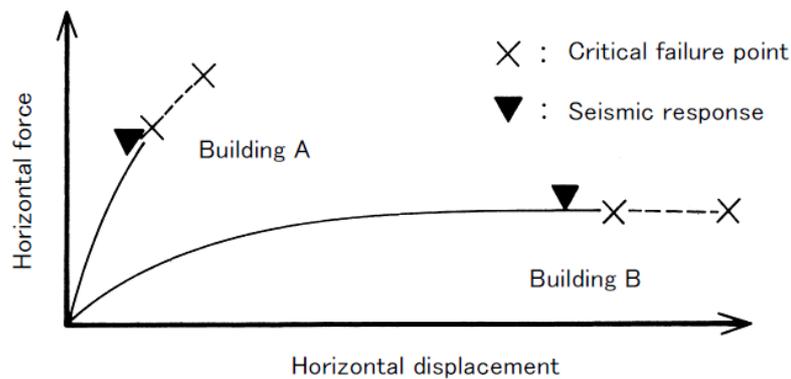
Dalam pencegahan bencana gempa bumi, masalah serius yang dihadapi oleh Negara-negara rawan gempa adalah ketahanan seismik bangunan lama yang dibangun tanpa menggunakan standar tentang seismik dan rekayasa gempa. Berdasarkan hal tersebut, Jepang mempublikasikan Standar evaluasi seismik yaitu *Standard for Seismic Evaluation of Existing Reinforced Concrete Buildings* yang diterbitkan pada tahun 1977 dan mengalami revisi pada tahun 1990 dan 2001. Standar ini dipublikasikan untuk membantu Negara-negara rawan gempa yang serupa dengan Jepang untuk upaya pencegahan kerusakan bangunan akibat gempa bumi.

Standar ini menyatakan bahwa bangunan dinyatakan aman apabila memiliki nilai indeks seismik lebih besar dari 0.8 untuk evaluasi level pertama dan 0.6 untuk evaluasi level kedua. Nilai indeks seismik yang dibutuhkan oleh struktur (E_s) didapatkan dari perbandingan Indeks seismik dan kerusakan bangunan yang disebabkan oleh gempa Tokachi tahun 1968 dan gempa Miyagiken tahun 1978 seperti yang terlihat pada Gambar 2.

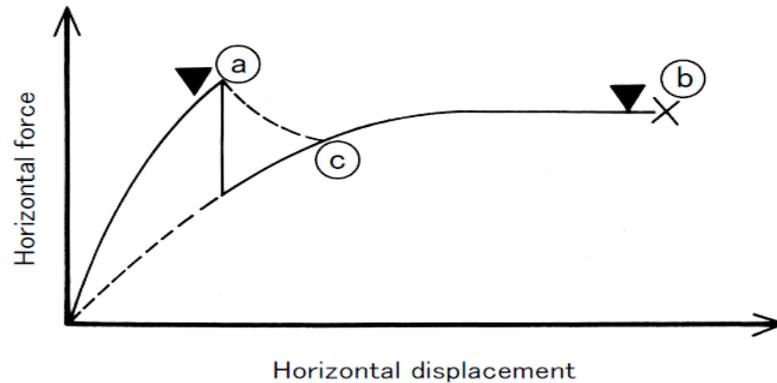
Salah satu cara meningkatkan keamanan struktur bangunan terhadap gempa adalah dengan menambah dinding pada bangunan tersebut. Gambar 3 adalah sebuah diagram yang menjelaskan hubungan antara gaya horizontal dan perpindahan horizontal ketika gaya gempa diterapkan pada bangunan beton bertulang. *Building A* diasumsikan memiliki jumlah dinding yang banyak sehingga menyebabkan bangunan tersebut memiliki kekuatan yang tinggi dan daktilitas yang rendah. *Building B* diasumsikan berupa struktur *frame* kaku dengan sedikit dinding tetapi memiliki daktilitas yang besar. Tanda ▼ adalah respon seismic dari bangunan dan tanda X adalah kegagalan kritis dari bangunan. Ketika bangunan-bangunan tersebut diberi beban gempa, bangunan akan aman sampai pada tanda ▼ dan akan mengalami kerusakan pada tanda X (The Japan Building Disaster Prevention Association, 2001).



Gambar 2 Perbandingan Indeks Seismik dan Kerusakan Bangunan pada gempa Tokachi tahun 1968 dan gempa Miyagiken tahun 1978 (Sumber : The Japan Building Disaster Prevention Association,2001)



Gambar 3 Hubungan antara gaya horizontal dan perpindahan horizontal bangunan beton bertulang (Sumber : The Japan Building Disaster Prevention Association,2001)



Gambar 4 Perilaku gabungan frame kaku dan dinding bangunan
(Sumber : The Japan Building Disaster Prevention Association, 2001)

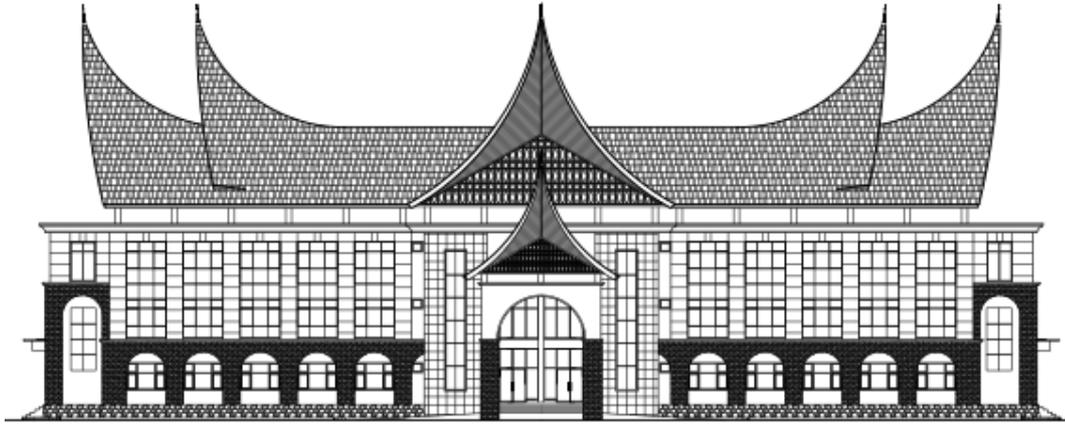
Gambar 4 adalah deskripsi skematis perilaku ketika beban horizontal diterapkan pada bangunan yang memiliki struktur kaku dengan sejumlah dinding. Ketika beban horizontal secara bertahap meningkat, dinding mencapai retak di poin 'a'. Tapi bangunan tidak sepenuhnya retak pada poin tersebut. Walaupun tahanan horizontal struktur mengalami penurunan, sisa kekakuan struktur *frame* mulai menahan beban horizontal sesuai dengan peningkatan deformasi. Tahanan horizontal berlanjut sampai mencapai point 'b' yang merupakan titik kehancuran dari struktur kekakuan *frame* (The Japan Building Disaster Prevention Association, 2001).

Nilai seismik bangunan dinyatakan dengan Indeks Seismik Dasar (E_0) yaitu sebuah nilai dasar yang menentukan kinerja seismik bangunan dengan mengevaluasi kinerja seismik bangunan berdasarkan kekuatan dan daktilitas bangunan tersebut. Nilai Indeks Seismik Dasar (E_0) akan dibandingkan dengan Indeks Seismik yang dibutuhkan untuk struktur (E_s) untuk menyimpulkan apakah bangunan tersebut aman terhadap gempa atau tidak.

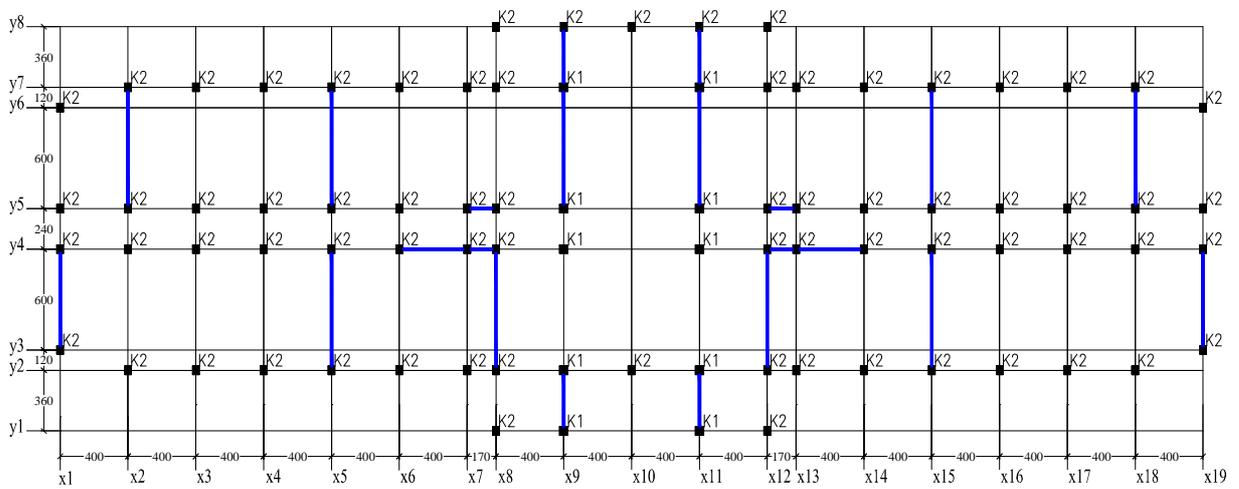
Berdasarkan buku *Standard for Seismic Evaluation of Existing Reinforced Concrete Buildings, 2001* yang dipublikasikan oleh *The Japan Building Disaster Prevention Association*, terdapat tiga tahap atau metoda untuk mengevaluasi nilai indeks seismik suatu bangunan yaitu metoda evaluasi level satu, level dua dan level tiga. Pada level pertama, evaluasi yang dilakukan masih sederhana karena tidak ada tinjauan untuk detail struktur sehingga data-data yang diperoleh dari level ini belum akurat. Oleh karena itu, perlu dilakukan evaluasi dengan level kedua. Pada level kedua, detail-detail struktur ditinjau dan data-data yang diperoleh sudah lebih akurat. Evaluasi pada level ini sudah cukup mewakili kapasitas seismik bangunan, sehingga tidak perlu dilakukan evaluasi dengan menggunakan metoda level ketiga yang evaluasinya sudah lebih detail.

3. Studi Kasus

Gedung yang dievaluasi adalah Gedung Kantor Bupati Pasaman Sumatera Barat. Gedung yang dievaluasi terdiri dari 3 lantai, tetapi pengevaluasian untuk evaluasi level 2 difokuskan pada lantai satu karena pada saat terjadi gempa, gaya geser yang terjadi pada lantai satu lebih besar dibandingkan dengan lantai lainnya. Evaluasi dilakukan dalam 1 arah, yaitu arah y. Lokasi kolom dan dinding dapat terlihat pada Gambar 6.



Gambar 5 Tampak Depan Gedung Bupati Pasaman Sumatra Barat



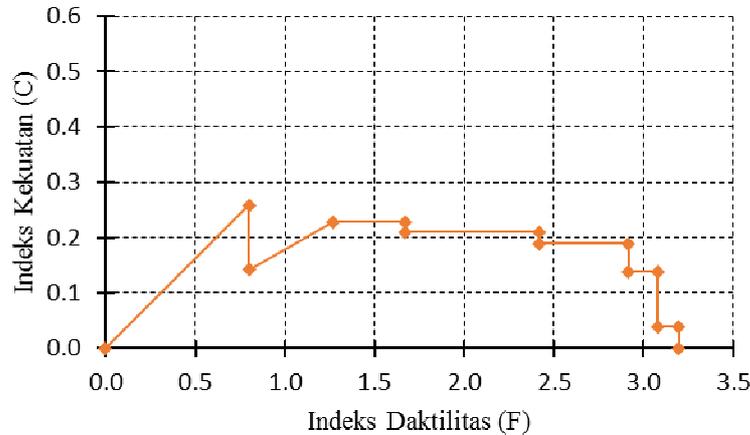
Gambar 6 Denah Kolom dan Dinding pada Lantai 1

Tabel 1 Kolom Gedung

Jenis Kolom		Kolom 1	Kolom 2
Gambar			
Dimensi		50/50	40/50
Tulangan Pokok		16 D 22	16 D 19
Sengkang	L	Ø12 - 10	Ø12 - 10
	L	Ø12 - 15	Ø12 - 15
	L	Ø12 - 10	Ø12 - 10

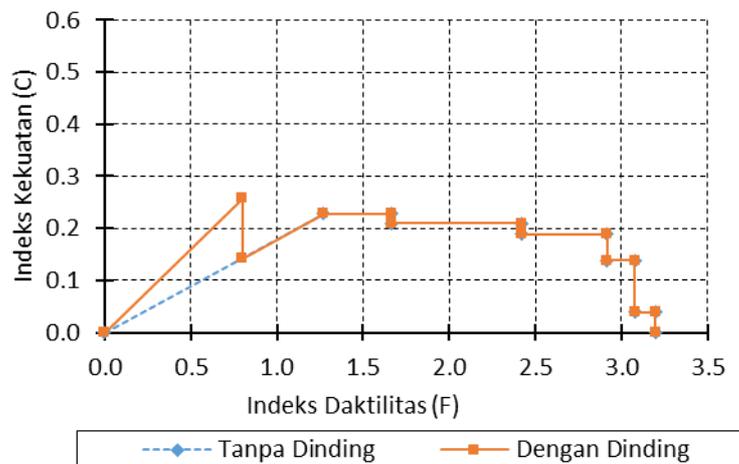
4. Hasil dan Pembahasan

Hasil dari evaluasi indeks kekuatan (C) dan indeks daktilitas (F) disajikan dalam bentuk gambar sebagai berikut :



Gambar 7 Perbandingan Nilai Indeks Daktilitas (F) dengan Indeks Kekuatan (C) Tanpa Dinding

Berdasarkan Gambar 7, terlihat bahwa Indeks Kekuatan pada arah x bernilai 0,258 artinya saat terjadi gempa, kapasitas geser dari bangunan tersebut terhadap berat total bangunannya adalah sebesar 0,258. Dari gambar juga terlihat bahwa bangunan mencapai kekuatan maksimum saat daktilitas bernilai 1.27. Setelah itu terdapat kolom yang mengalami kerusakan dan tidak mampu lagi menahan beban gempa sehingga mengakibatkan indeks kekuatannya berkurang. Bangunan sudah tidak mampu lagi menahan beban gempa pada saat daktilitas bernilai 3,2.



Gambar 8 Perbandingan Nilai Indeks Daktilitas (F) dengan Indeks Kekuatan (C) Dengan dan Tanpa Dinding

Berdasarkan gambar diatas, terlihat bahwa penambahan dinding mampu menambah indeks kekuatan dari bangunan tetapi mengurangi indeks daktilitas. Dari gambar terlihat bahwa saat terjadi gempa, beban gempa akan ditahan oleh dinding dan kolom sampai pada saat daktilitas 0.8. Selanjutnya dinding akan mengalami keruntuhan dan tidak mampu lagi menahan beban gempa. Beban gempa akan ditahan oleh kolom sampai semua kolom tidak mampu lagi menahan beban gempa pada daktilitas sebesar 3.2.

Nilai indeks seismik dasar (E_0) yang didapat dengan menggunakan evaluasi level dua adalah

1. Arah y tanpa dinding : 0.555
2. Arah y dengan dinding : 0.556

Nilai indeks seismik yang dibutuhkan oleh struktur (E_s) berdasarkan perbandingan Indeks seismik dan kerusakan bangunan yang disebabkan oleh gempa Tokachi tahun 1968 dan gempa Miyagiken tahun 1978 seperti yang terlihat pada Gambar 2 adalah sebesar 0,6. Dari evaluasi yang telah dilakukan, nilai indeks seismik struktur yang didapatkan masih lebih kecil dari nilai indeks seismik struktur yang dibutuhkan oleh struktur (E_s). Sehingga menurut *Standard for Seismic Evaluation of Existing Reinforced Concrete Buildings* yang ditetapkan oleh *The Japan Building Disaster Prevention Association*, bangunan kantor bupati Pasaman Provinsi Sumatera Barat tidak aman dalam menerima beban gempa.

5. Kesimpulan

Dari hasil evaluasi seismik bangunan kantor Bupati Pasaman Sumatera Barat dapat disimpulkan bahwa:

1. Nilai Indeks Seismik Dasar (E_0) yang didapatkan adalah :
 - a. Arah y tanpa dinding : 0.555
 - b. Arah y dengan dinding : 0.556
2. Nilai Indeks Seismik Dasar (E_0) yang didapatkan lebih kecil dari Nilai indeks seismik yang dibutuhkan oleh struktur (E_s) sehingga bangunan kantor Bupati Pasaman Provinsi Sumatera Barat dinyatakan tidak aman terhadap gempa
3. Dinding menambah kekuatan bangunan sebesar 13,16%, tetapi mengurangi daktilitas bangunan sebesar 58,75%

Daftar kepustakaan

- Wiryanto. (2009) *foto-foto gempa di Padang*. <http://wiryanto.wordpress.com/2009/10/26/foto-foto-gempa-di-padang/> (diakses 09.11 AM tanggal 13 Juni 2013).
- Shunsuke, O. (2000). Seismic Vulnerability Assessment of Reinforced Concrete Buildings. *Journal Faculty of Engineering, University of Tokyo*, XLVII, 5-28.
- The Japan Building Disaster Prevention Association (2001). *Standard for Seismic Evaluation of Existing Reinforced Concrete Buildings*. Japan.
- Maidiawati., & Sanada, Y.(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., 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.

Studi Parametrik Pergerakan Garis Netral Pada Penampang Balok Beton Bertulang dengan Program *RCCSA*

Rendy Thamrin

Staf Pengajar, Jurusan Teknik Sipil Universitas Andalas, Padang

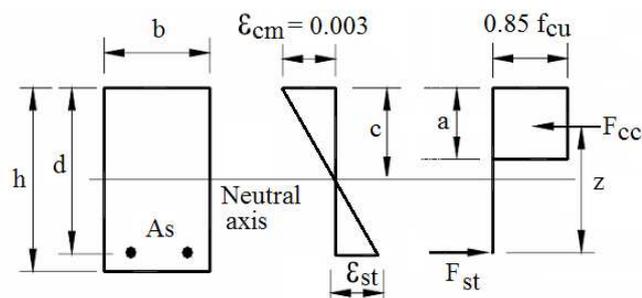
Abstrak

Tulisan ini memaparkan studi parametrik perilaku pergerakan garis netral pada penampang balok beton bertulang. Dua jenis material untuk tulangan, yakni baja dan *Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP)*, digunakan untuk melihat efek perbedaan material tulangan. Sebuah program komputer yang diberi nama *Reinforced Concrete Cross Section Analysis (RCCSA)* telah dibuat dan digunakan pada studi ini untuk mendapatkan pergerakan garis netral dan respon lengkap dari penampang akibat beban lentur. Prosedur yang digunakan pada program ini menggunakan metode diskritisasi penampang dimana penampang beton bertulang dibagi menjadi beberapa lapis elemen. Perilaku garis netral dilihat dengan melakukan variasi terhadap rasio tulangan tarik. Hasil keluaran dari program yang berupa kurva momen-kurvatur, regangan pada serat atas tertekan penampang, dan regangan tarik pada tulangan dianalisis sehingga didapatkan pergerakan garis netral selama pembebanan. Hasil analisis memperlihatkan bahwa kurva pergerakan garis netral selama pembebanan dapat dibagi menjadi empat bagian, terutama pada penampang dengan tulangan baja yang bertulangan kurang. Namun pada kondisi balok dengan tulangan lebih hanya terdapat tiga bagian pada kurva dengan bagian akhir dari kurva mempunyai kemiringan turun sebelum mencapai kondisi ultimit. Pada kondisi ini penampang gagal dalam kondisi tekan yang ditandai oleh kehancuran pada beton didaerah tertekan dan tulangan masih dalam keadaan elastik. Kondisi ini juga dialami oleh penampang dengan tulangan *GFRP* yang bertulangan kurang maupun lebih. Namun putusnya tulangan pada penampang dengan tulangan kurang tidak boleh terjadi sehingga diperlukan perencanaan yang sangat detail apabila digunakan tulangan *GFRP* pada balok.

Kata kunci: kedalaman garis netral, balok beton bertulang, program RCCSA, GFRP, diskritisasi penampang.

1. Pendahuluan

Pada daerah dengan intensitas gempa tinggi, struktur beton bertulang harus mampu menahan deformasi yang besar. Kemampuan untuk menahan deformasi inelastik yang besar sebelum mengalami keruntuhan disebut daktilitas. Hal ini menyebabkan daktilitas menjadi salah satu parameter utama yang harus diperhatikan pada perencanaan komponen lentur dari struktur beton bertulang. Proses perhitungan yang teliti dan mengikuti peraturan perencanaan yang berlaku sangat diperlukan untuk menjamin sebuah struktur agar mempunyai nilai daktilitas yang cukup.

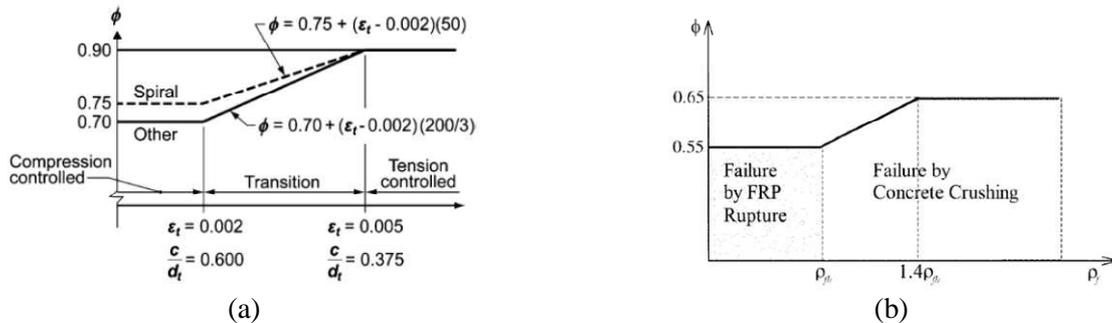


(a) Penampang (b) Distribusi regangan (c) Komponen gaya

Gambar 1. Penampang bertulangan tunggal dengan blok tegangan persegi.

Pada perencanaan lentur penampang balok yang terdapat pada peraturan *BS 8110-1* [3] diberikan batasan untuk tinggi garis netral pada kondisi ultimit yakni sebesar $c \leq 0.5d$ (lihat Gambar 1). Sementara peraturan *Eurocode 2* [4] memberikan batasan sebesar $c \leq 0.45d$. Demikian juga dengan

peraturan *ACI 318M-08* [1] memberikan batasan nilai c/d sebesar 0.375 ($\epsilon_t = 0.005$) untuk terjadinya keruntuhan tarik dan 0.6 ($\epsilon_{tc} = 0.002$) untuk keruntuhan tekan seperti diperlihatkan pada Gambar 2(a). Berbeda halnya dengan ketiga tata cara untuk perhitungan struktur beton bertulangan baja, petunjuk perencanaan untuk struktur beton bertulangan *FRP* [2] menggunakan nilai rasio tulangan seimbang untuk menentukan tipe keruntuhan yang diinginkan seperti diperlihatkan pada Gambar 2(b). Keruntuhan tarik disyaratkan mempunyai nilai rasio tulangan yang lebih kecil dari rasio tulangan seimbang dan lebih besar dari $1.4\rho_b$ untuk perencanaan dengan keruntuhan tekan.



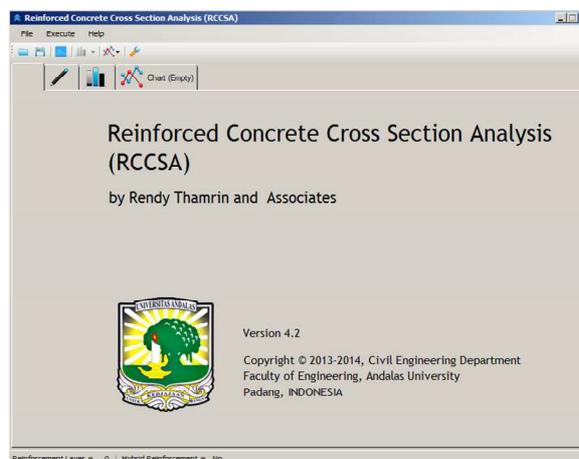
Gambar 2. Faktor reduksi kekuatan dari peraturan dengan tulangan baja [1] dan *FRP* [2].

Studi parametrik ini dilakukan untuk mendapatkan perilaku pergerakan garis netral pada penampang balok dengan tulangan baja dan *GFRP*. Selain itu hubungan antara garis netral dan tinggi efektif terutama pada penampang dengan tulangan *GFRP* juga dibahas.

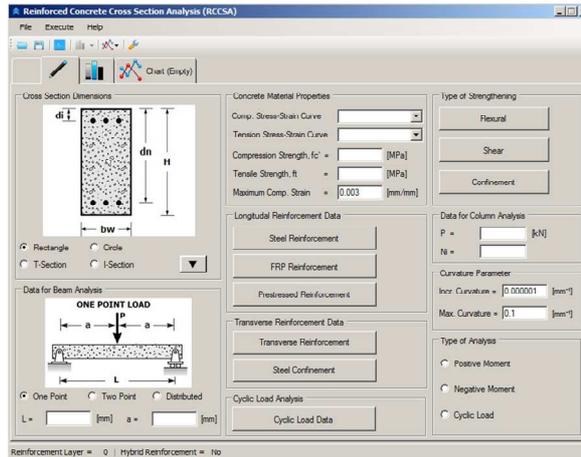
Sebuah program komputer yang diberi nama *Reinforced Concrete Cross Section Analysis (RCCSA)* telah dibuat dan digunakan pada studi ini untuk mendapatkan pergerakan garis netral dan respon lengkap dari penampang akibat beban lentur. Sebagai tambahan, penjalaran retak pada penampang akibat beban lentur yang juga merupakan salah satu hasil keluaran program akan dibahas pada tulisan ini.

2. Program *RCCSA*

Program *RCCSA* merupakan sebuah program komputer berbasis bahasa *FORTRAN* yang dibuat untuk melakukan analisis lentur dari penampang balok atau kolom beton bertulang. Metode yang digunakan pada program adalah metode diskritisasi penampang dimana penampang beton bertulang dibagi menjadi beberapa lapis elemen-elemen kecil searah tinggi penampang [5]. Halaman muka dan input data pada program *RCCSA* dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.

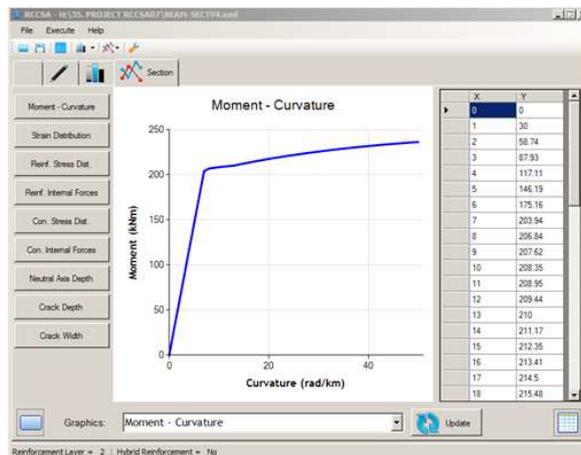


Gambar 3. Halaman muka pada program *RCCSA*.



Gambar 4. Halaman input data pada program *RCCSA*.

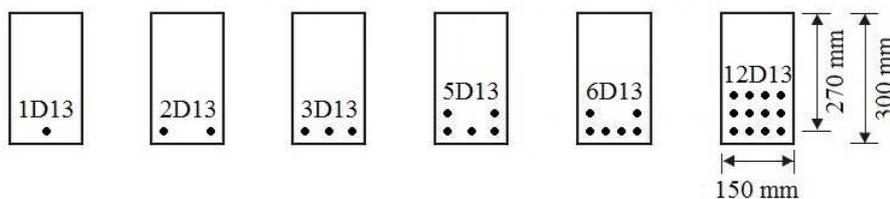
Hasil dari analisis lentur penampang balok dengan program *RCCSA* yang meliputi response lengkap momen-kurvatur, prediksi lendutan pada balok dengan tipe pembebanan tertentu, distribusi regangan, distribusi tegangan dan gaya dalam pada beton dan tulangan, penjarangan garis netral serta lebar retak diperlihatkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil analisis lentur penampang yang didapatkan dari program *RCCSA*.

3. Studi Parametrik

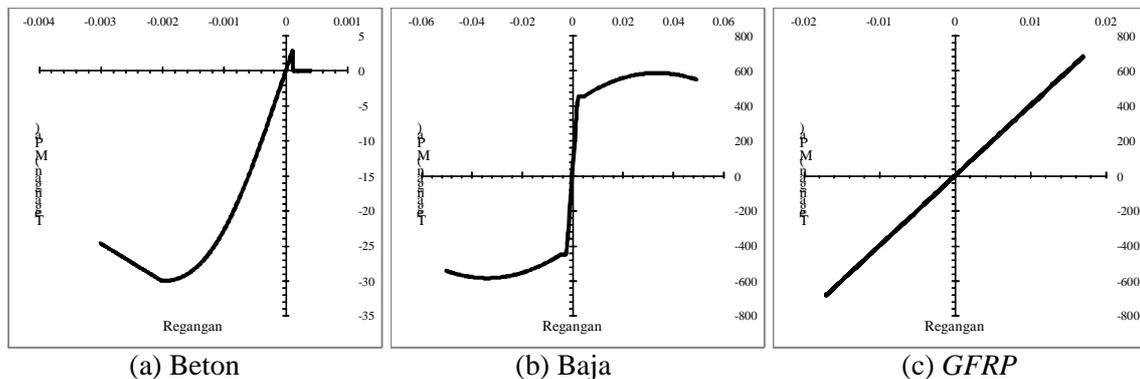
Dua belas penampang balok beton bertulang fiktif dengan variasi rasio tulangan dan jenis material tulangan (baja dan *GFRP*) digunakan untuk keperluan studi parametrik ini (lihat Gambar 6). Data material, penampang balok, dan kapasitas lentur balok yang didapatkan dari program *RCCSA* diperlihatkan pada Tabel I. Kode penampang balok dengan inisial BS ditujukan untuk penampang dengan tulangan baja dan kode BG adalah untuk penampang dengan tulangan *GFRP*. Notasi f_{fu} dan E_f pada Tabel I menyatakan nilai kekuatan tarik dan modulus elastisitas dari material *GFRP*. Hukum konstitutiv untuk material (beton, baja dan *GFRP*) yang digunakan pada analisis dengan program *RCCSA* dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 6. Dimensi penampang balok dan variasi penulangan.

Tabel 1. Data material, penampang balok, dan kapasitas lentur balok.

Balok	f_c' (MPa)	b (mm)	d (mm)	h (mm)	Tulangan Tarik						ρ	Kapasitas Lentur			
					N	d_b (mm)	A_s (mm ²)	ρ (%)	$f_y (f_{fu})$ (Mpa)	$E_s (E_f)$ (Mpa)		b (%)	M_f		
													(kNm)		
BS-1	30	150	270	300	1	13.0	133	0.33	450	200000	2.75	0.1	22.2		
BS-2					2		265	0.66				0.2	37.4		
BS-3					3		398	0.98				0.4	50.1		
BS-4					5		664	1.64				0.6	67.8		
BS-5					6		796	1.97				0.7	77.6		
BS-6					12		1593	3.93				1.4	93.9		
BG-1					1		133	0.33	700			40000	0.453	0.7	23.8
BG-2					2		265	0.66						1.4	39.2
BG-3					3		398	0.98						2.2	46.1
BG-4					5		664	1.64						3.6	52.2
BG-5					6		796	1.97						4.3	56.5
BG-6					12		1593	3.93						8.7	63.0



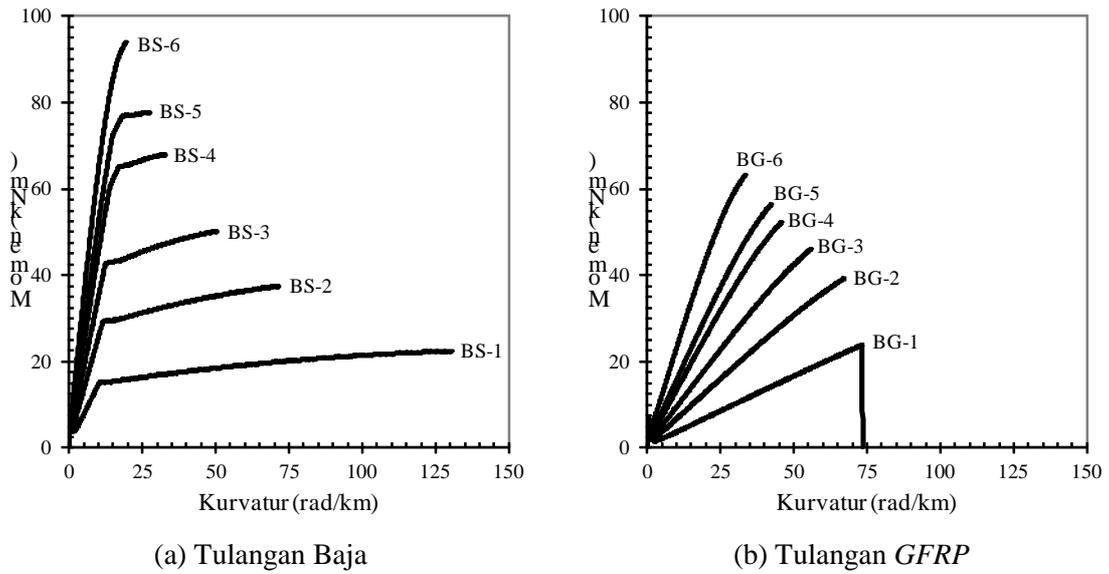
Gambar 7. Hukum konstitutiv untuk material pada analisis dengan program RCCSA.

Pada Tabel I dapat dilihat bahwa rasio tulangan terendah yang digunakan pada penampang adalah 0.33% dan nilai ini bertujuan untuk mewakili kondisi rasio tulangan yang lebih kecil dari rasio tulangan seimbang, ρ_b . Sebaliknya rasio tulangan 3.93% mewakili rasio tulangan yang lebih besar dari ρ_b . Selain itu, rasio pada tulangan *GFRP* dengan nilai 0.66% merupakan angka yang mewakili batasan $1.4\rho_b$ dari peraturan *ACI 440.1R-06* [2].

4. Hasil dan Pembahasan

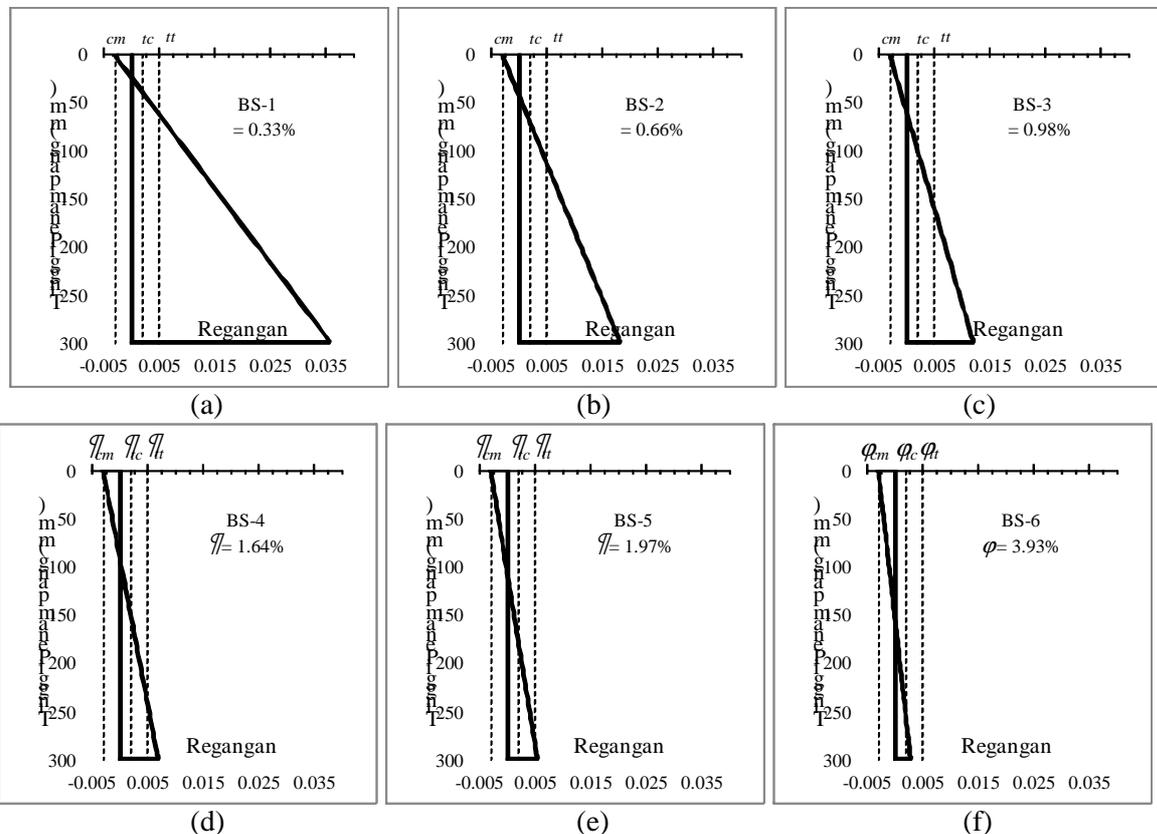
Kurva momen-kurvatur dari hasil analisis penampang dengan program *RCCSA* dapat dilihat pada Gambar 8. Pada Gambar 8(a) dan 8(b), yakni momen-kurvatur dari penampang dengan tulangan baja dan *GFRP*, terlihat bahwa kapasitas dan kekakuan lentur sangat dipengaruhi oleh rasio tulangan, semakin tinggi rasio tulangan semakin besar kapasitas dan kekakuan penampang. Namun Gambar 8 juga memperlihatkan bahwa dengan semakin besar rasio tulangan maka nilai daktilitas penampang menjadi semakin kecil. Selain itu terlihat bahwa daktilitas penampang dengan tulangan baja lebih besar dibanding daktilitas penampang dengan tulangan *GFRP*.

Tulangan pada penampang bertulangan *GFRP*, dengan nilai rasio tulangan paling rendah (BG-1), mengalami putus yang diindikasikan dengan kurva momen-kurvatur yang mendadak jatuh ke titik nol. Hasil ini sesuai dengan kondisi yang dinyatakan pada peraturan *ACI 440.1R-06* [2] yakni apabila rasio tulangan lebih kecil dari rasio tulangan seimbang, ρ_b maka penampang akan mengalami kegagalan tarik dengan putusnya tulangan *FRP* dan regangan beton pada daerah tekan tidak melebihi nilai regangan maksimum $\epsilon_{cm} = 0.003$.

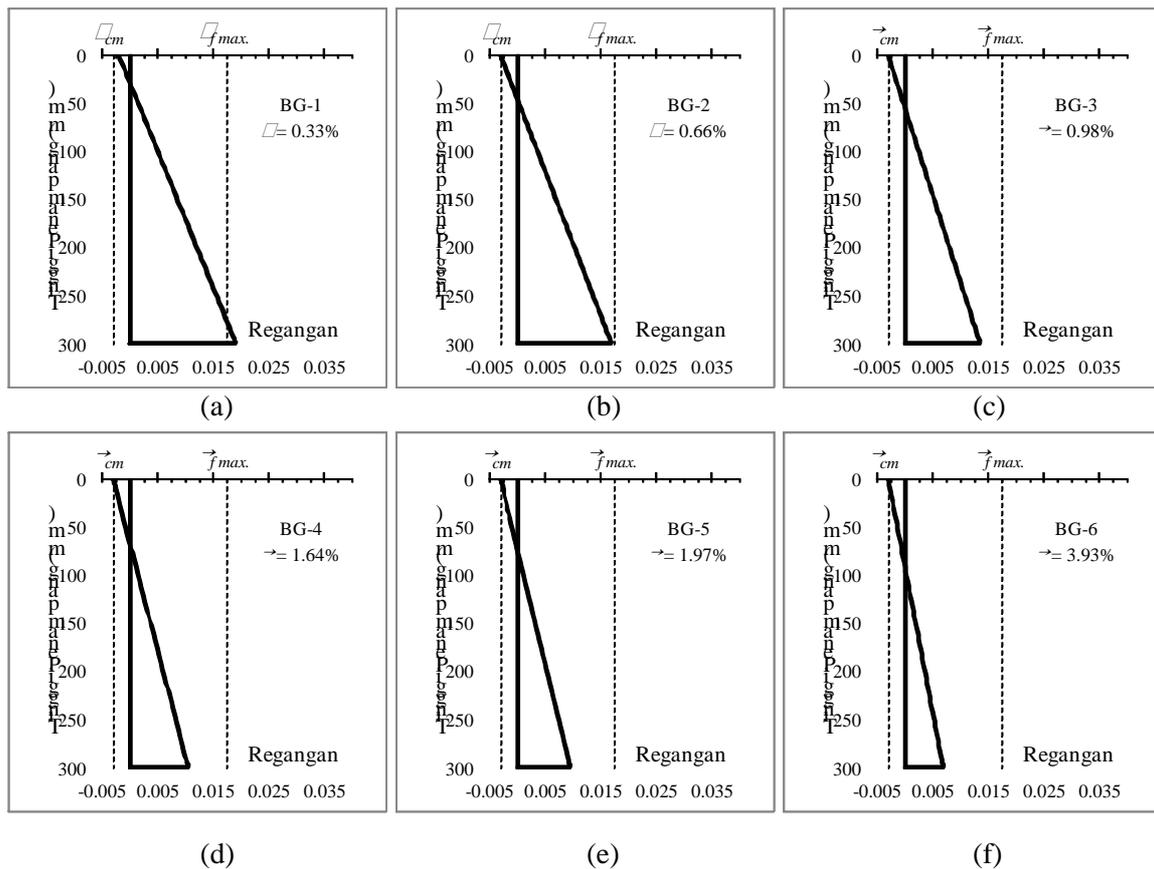


Gambar 8. Kurva momen-kurvature penampang.

Distribusi regangan untuk setiap penampang dapat dilihat pada Gambar 9 dan 10. Pada Gambar 9 dapat dilihat bahwa nilai regangan tarik pada tulangan (untuk penampang BS-1, BS-2, BS-3, BS-4 dan BS-5) telah melebihi $\epsilon_{tt} = 0.005$ dimana ini membuktikan bahwa penampang-penampang tersebut mengalami keruntuhan tarik yakni dengan melelehnya tulangan. Namun regangan tarik pada tulangan untuk penampang BS-6 lebih mendekati nilai $\epsilon_c = 0.002$ dan regangan tekan pada serat teratas penampang telah mencapai nilai regangan tekan maksimum beton $\epsilon_{cm} = 0.003$, sehingga dapat dinyatakan bahwa penampang mengalami keruntuhan tekan. Gambar 9 juga memperlihatkan bahwa semua penampang mencapai nilai regangan maksimum beton ϵ_{cm} .



Gambar 9. Distribusi regangan pada penampang dengan tulangan baja.

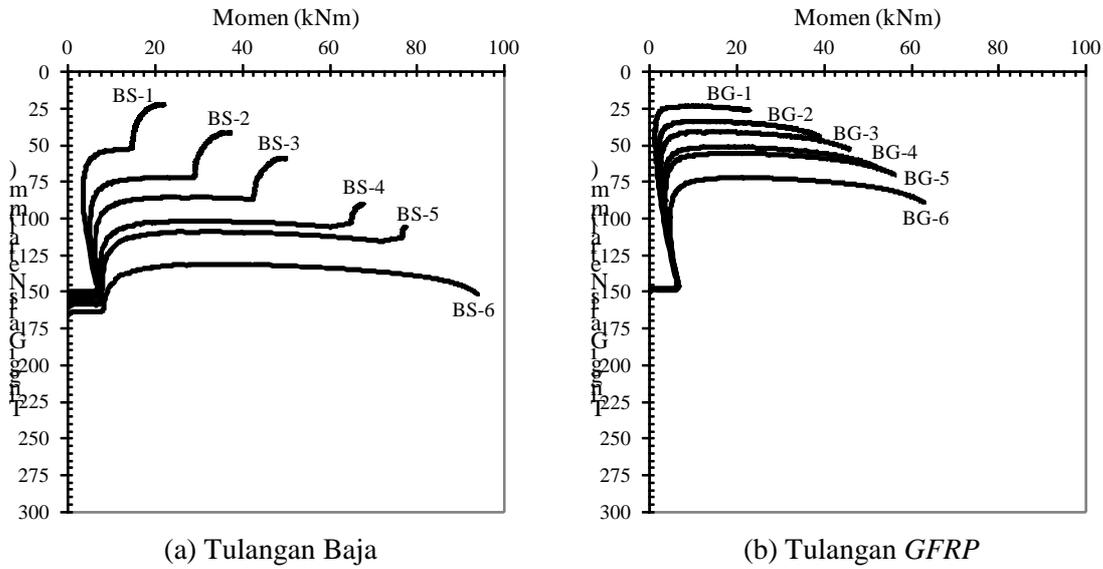
Gambar 10. Distribusi regangan pada penampang dengan tulangan *GFRP*.

Batasan nilai regangan tulangan tarik sebesar $\varepsilon_{tc} = 0.002$ dan $\varepsilon_{tt} = 0.005$ untuk menyatakan tipe keruntuhan penampang hanya dapat dipakai pada penampang dengan tulangan baja. Sebagai gantinya pada penampang dengan tulangan *GFRP* digunakan batasan nilai regangan tarik maksimum $\varepsilon_{f \max}$ sebesar 0.018 sebagaimana telah diplot pada Gambar 10. Dapat dilihat dari Gambar 10 bahwa nilai maksimum regangan tarik untuk tulangan *GFRP* lebih kecil dibanding nilai maksimum regangan tarik pada tulangan baja. Hal ini disebabkan oleh sifat material baja yang lebih daktil dan mempunyai kapasitas regangan (deformasi) yang lebih besar dibandingkan dengan tulangan *GFRP*. Dari semua penampang dengan tulangan *GFRP* hanya penampang BG-1 yang memperlihatkan keruntuhan tarik dimana regangan tarik telah melebihi kapasitas regangan maksimum tulangan, $\varepsilon_{f \max}$, dan regangan beton pada daerah tekan tidak melebihi nilai regangan maksimum $\varepsilon_{cm} = 0.003$. Regangan maksimum pada tulangan untuk penampang dengan tulangan *GFRP* lainnya (BG-2, BG-3, BG-4, BG-5 dan BG-6) tidak ada yang melebihi $\varepsilon_{f \max}$. Kondisi ini sesuai dengan persyaratan pada *ACI 440.1R-06* [2] yakni rasio tulangan yang lebih besar dari $1.4\rho_b$ akan mengalami keluntuhan tekan dengan kondisi tulangan dalam keadaan elastik dan regangan beton pada daerah tekan melebihi nilai regangan maksimum ε_{cm} .

Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa keruntuhan pada penampang beton dengan tulangan *GFRP* sebaiknya direncanakan dengan keruntuhan tekan yakni dengan rasio tulangan yang lebih besar daripada $1.4\rho_b$. Hal ini juga bertujuan untuk menghindari terjadinya keruntuhan mendadak akibat putusanya tulangan tarik. Pengecualian dapat dilakukan apabila digunakan beton dengan mutu tinggi, namun analisis lebih lanjut diperlukan untuk mendapatkan perilaku yang lebih lengkap.

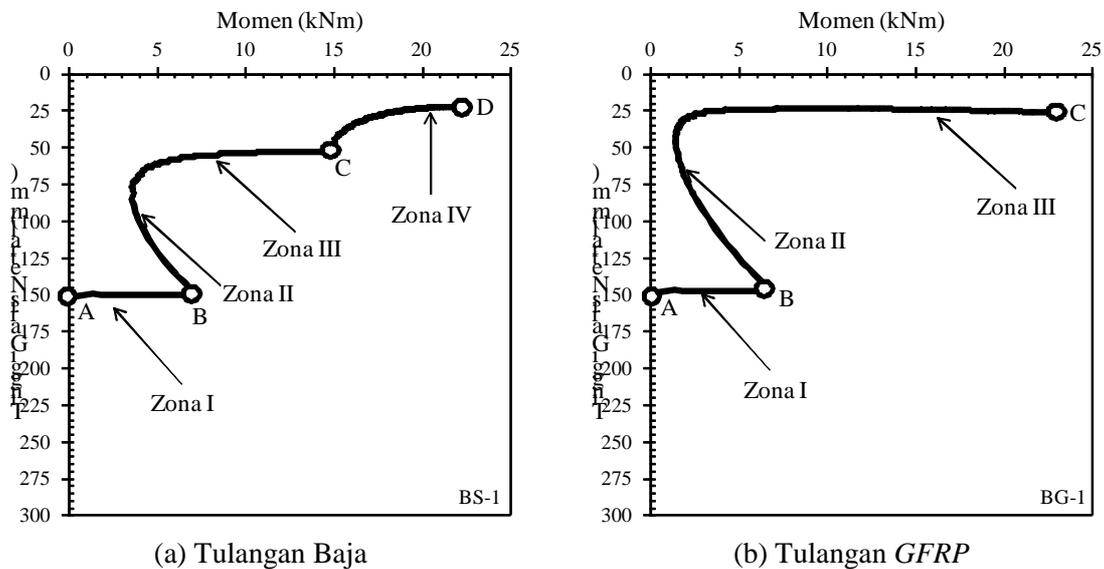
Pergerakan garis netral selama proses pembebanan diperlihatkan pada Gambar 11. Pada gambar ini sumbu horizontal merepresentasikan nilai momen dan sumbu vertikal merepresentasikan nilai tinggi garis netral. Nilai minimum dan maksimum pada sumbu vertikal merepresentasikan posisi permukaan atas dan permukaan bawah sesuai dengan tinggi penampang. Gambar 11 memperlihatkan bahwa garis netral bergerak ke arah permukaan atas penampang. Pergerakan paling jauh diperlihatkan oleh penampang dengan rasio tulangan paling kecil yakni BS-1 dan BG-1.

Sebaliknya pergerakan paling sedikit diperlihatkan oleh penampang dengan rasio tulangan paling besar (BS-6 dan BG-6).



Gambar 11. Kurva pergerakan garis netral pada penampang.

Pergerakan garis netral secara umum dapat dilihat pada Gambar 12. Dengan tujuan memperjelas bagian-bagian serta titik-titik penting pada kurva, hanya penampang BS-1 dan BG-1 saja yang diplot pada gambar ini. Hasil analisis memperlihatkan bahwa pergerakan garis netral dimulai kira-kira dari tengah penampang yakni pada saat penampang belum mengalami pembebanan (Titik A). Pergerakan garis netral tidak menunjukkan perubahan yang berarti sampai pada posisi dimana penampang mengalami retak lentur pertama (Titik B). Setelah terjadi retak lentur, garis netral bergerak secara drastis ke arah permukaan atas penampang sampai pada Titik C. Pada penampang dengan tulangan baja, garis netral selanjutnya bergerak ke Titik D yang merepresentasikan kelelahan dari baja, namun untuk penampang bertulangan baja dengan rasio tulangan lebih besar dari ρ_b kurva tidak memperlihatkan bagian leleh dan kurva berhenti sampai pada Titik C sebagaimana juga diperlihatkan pada semua kurva pergerakan garis netral dari penampang dengan tulangan *GFRP*. Hal ini membuktikan bahwa deformasi inelastik dari tulangan baja sangat mempengaruhi pergerakan garis netral pada penampang.

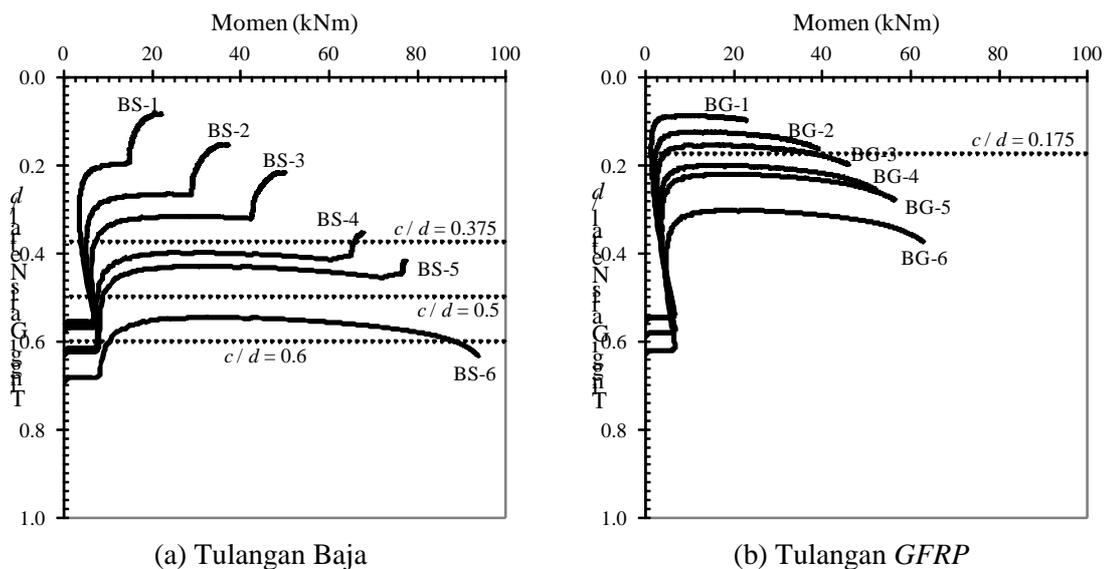


Gambar 12. Kurva pergerakan garis netral pada penampang BS-1 dan BG-1.

Gambar 12 memperlihatkan bahwa kurva pergerakan garis netral selama pembebanan dapat dibagi menjadi empat bagian seperti terlihat pada Gambar 12(a), terutama pada penampang dengan tulangan baja yang bertulangan kurang (*under reinforced*). Namun pada kondisi balok dengan tulangan lebih (*over reinforced*) hanya terdapat tiga bagian pada kurva dengan bagian akhir dari kurva mempunyai kemiringan turun sebelum mencapai kondisi ultimit. Pada kondisi ini penampang gagal dalam kondisi tekan yang ditandai oleh kehancuran pada beton didaerah tertekan dan tulangan masih dalam keadaan elastik. Kondisi ini juga dialami oleh penampang dengan tulangan *GFRP* yang bertulangan kurang maupun lebih.

Gambar 13 memperlihatkan pergerakan garis netral dalam bentuk c/d versus momen. Pada gambar ini sumbu horizontal merepresentasikan nilai momen dan sumbu vertikal merepresentasikan nilai tinggi garis netral yang dinormalisasi dengan nilai tinggi efektif penampang (c/d). Pembatasan nilai rasio c/d dari peraturan *ACI 318M-08* sebesar 0.375 dan 0.6 juga diplot pada Gambar 13(a). Perkiraan secara teoritis rasio c/d dapat dihitung dengan menggunakan perbandingan segitiga dari distribusi regangan pada Gambar 1. Hubungan antara garis netral dan regangan tersebut kemudian dapat diekspresikan seperti tertulis pada Persamaan (1). Dengan mengasumsikan nilai regangan tekan $\epsilon_{cm} = 0.003$ dan regangan tarik tulangan sudah mengalami leleh $\epsilon_{st} = \epsilon_y = 0.002$ maka didapatkan nilai rasio $c/d = 0.6$ dan nilai ini diplot pada Gambar 13(a).

$$\epsilon_{st} = \epsilon_{cm} \frac{(d - c)}{c} \quad (1)$$



Gambar 13. Kurva c/d dan batasan dari peraturan *BS 8110-1* [3] dan *ACI 318M-08* [1].

Pada Gambar 13(a) dapat dilihat bahwa posisi nilai c/d dari penampang BS-1, BS-2, BS-3, BS-4 dan BS-5 berada dibawah nilai $c/d = 0.45$ dan $c/d = 0.5$ yang menjadi batasan tinggi garis netral dari peraturan *Eurocode 2* [4] dan *BS 8110-1* [3]. Sementara nilai c/d dari penampang BS-1, BS-2 dan BS-3 berada dibawah nilai $c/d = 0.375$ yang menjadi batasan keruntuhan tarik dari peraturan *ACI 318M-08* [1]. Hanya penampang BS-6 yang mendekati batasan $c/d = 0.6$ yang merupakan batasan dari peraturan *ACI 318M-08* [1] untuk keruntuhan tekan. Namun secara teoritis nilai $c/d = 0.6$ merupakan posisi garis netral pada kondisi seimbang yaitu tulangan tarik mencapai nilai regangan leleh dan regangan beton pada daerah tekan teratas mencapai nilai 0.003. Dari hasil analisis ini dapat disimpulkan bahwa peraturan mensyaratkan ketinggian garis netral yang cukup aman agar penampang berperilaku daktil. Sebagai tambahan, peraturan *ACI 318M-08* [1] dimana syarat ketinggian garis netralnya paling kecil ($c = 0.735d$) menjadi rekomendasi yang aman digunakan terutama untuk perencanaan pada daerah dengan intensitas gempa tinggi.

Berlawanan dengan perilaku penampang dengan tulangan baja, penampang dengan tulangan *GFRP* memperlihatkan perilaku yang kurang aman untuk penampang dengan rasio tulangan berada dibawah nilai rasio tulangan seimbang ρ_b . Peraturan *ACI 440.1R-06* [2] menyarankan rasio tulangan $1.4\rho_b$ untuk mendapatkan keruntuhan tekan. Gambar 13(b) memperlihatkan perkiraan nilai $c/d = 0.175$ untuk penampang dengan rasio tulangan $1.4\rho_b$. Oleh karena itu dari hasil analisis ini disarankan penggunaan nilai $c > 0.175d$ untuk menjamin penampang berada dalam kondisi keruntuhan tekan.

5. Kesimpulan

Dua belas penampang balok beton bertulang fiktif dengan variasi rasio tulangan dan jenis material tulangan (baja dan *GFRP*) telah digunakan untuk keperluan studi parametrik pada tulisan ini. Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari studi ini adalah:

- Kapasitas dan kekakuan lentur penampang beton bertulang sangat dipengaruhi oleh rasio tulangan, semakin tinggi rasio tulangan semakin besar kapasitas dan kekakuan penampang.
- Kurva pergerakan garis netral selama pembebanan dapat dibagi menjadi empat bagian, terutama pada penampang dengan tulangan baja yang bertulangan kurang (*under reinforced*). Namun pada kondisi balok dengan tulangan lebih (*over reinforced*) hanya terdapat tiga bagian pada kurva dengan bagian akhir dari kurva mempunyai kemiringan turun sebelum mencapai kondisi ultimit. Kondisi ini juga dialami oleh penampang dengan tulangan *GFRP* yang bertulangan kurang maupun lebih.
- Kaidah desain lentur pada peraturan *ACI 318M-08* memberikan nilai daktilitas yang lebih besar dibandingkan dengan peraturan *Eurocode 2* dan *BS 8110-1*. Sehingga peraturan *ACI 318M-08* lebih aman digunakan terutama untuk perencanaan pada daerah dengan intensitas gempa tinggi.
- Penampang beton dengan tulangan *GFRP* sebaiknya direncanakan dengan keruntuhan tekan yakni dengan rasio tulangan yang lebih besar daripada $1.4\rho_b$ atau dengan menggunakan batasan nilai $c > 0.175d$ yakni untuk untuk menjamin penampang terhindar dari keruntuhan mendadak akibat putusya tulangan tarik.

Daftar Kepustakaan

- [1] *ACI 318M-08*, (2008), "*Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary*," American Concrete Institute.
- [2] *ACI 440.1R-06*, (2006), "*Guide for the Design and Construction of Structural Concrete Reinforced with FRP Bars*," American Concrete Institute.
- [3] *BS 8110-1*, (1997), "*Structural use of concrete—Part 1: Code of practice for design and construction*," British Standard Institution, London.
- [4] Mosley, B., Bungey, J., and Hulse, R., (2007). *Reinforced Concrete Design to Eurocode 2*. 6th ed. Palgrave Macmillan.
- [5] Park, R., and Paulay T., (1975), *Reinforced Concrete Structures*, John Wiley, New York.
- [6] Thamrin, R., (2014). "*User manual of Reinforced Concrete Cross Section Analysis (RCCSA)*," Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas.

Studi Implementasi Metoda Importance-Satisfaction Analysis (ISA) pada Penentuan Prioritas Penanganan Pelayanan Kereta Api Padang-Pariaman

Yosritzal

Grup Riset Transportasi, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas; Yosritzal@ft.unand.ac.id

Bayu Martanto Adji

Grup Riset Transportasi, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas; bayu@ft.unand.ac.id

Feri Nofrizal

Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas

Revi Andika

Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas

Abstrak

Importance-Satisfaction Analysis (ISA) merupakan salah satu alat evaluasi dalam menentukan prioritas penanganan atribut pelayanan untuk meningkatkan kepuasan pelanggan. Dalam ISA dikenal adanya metoda kuadran dan metoda kesenjangan (gap). Pada penelitian ini kedua metoda diaplikasikan pada kasus pelayanan kereta api jurusan Padang-Pariaman. Terdapat persamaan hasil diantara kedua metoda dimana atribut ketersediaan free Wi-Fi di atas kereta atau di stasiun merupakan prioritas penanganan pertama pada metoda kesenjangan namun terdapat apriori terjadinya kesalahan dalam penentuan prioritas akibat perbedaan hasil pada kedua metoda. Penelitian ini menyimpulkan bahwa penerapan salah satu metoda dalam penentuan prioritas penanganan belumlah dapat menjamin pemenuhan harapan pelanggan. Disarankan dalam penggunaan ISA, kedua metoda diterapkan dan diinterpretasi secara bersamaan untuk mendapatkan rekomendasi yang lebih optimal.

Kata kunci: Importance-Satisfaction Analysis, analisis kesenjangan, analisis kuadran, kereta api.

1. Pendahuluan

Metoda *Importance Satisfaction Analysis (ISA)* merupakan perluasan dari metoda *Importance-Performance Analysis (IPA)* yang diusulkan oleh Martilla dan James (1977). Metoda ini ditujukan sebagai suatu alat atau instrumen yang dapat digunakan untuk menentukan prioritas penanganan terhadap berbagai isu yang muncul berdasarkan keinginan pelanggan. analisis ini dapat digunakan untuk menentukan derajat kepuasan pelanggan dan tingkat kepentingan suatu intervensi terhadap pelayanan yang sedang berjalan.

Dalam fungsi manajemen, kepastian informasi mengenai faktor atau atribut yang harus diprioritaskan penanganannya merupakan faktor yang sangat penting. Oleh karena itu metoda penentuan prioritas tersebut haruslah secara pasti menghasilkan faktor-faktor yang berpengaruh besar terhadap kepuasan pelanggan.

Dalam metoda ISA terdapat dua metoda yang umum digunakan yakni metoda kuadran dan metoda kesenjangan. Metoda kuadran menitik-beratkan pada posisi atribut dalam kuadran kepentingan dan kepuasan dimana prioritas diberikan pada atribut yang memiliki tingkat kepentingan sangat tinggi namun kepuasan pelanggan sangat rendah. Metoda kesenjangan menitik-beratkan pada selisih antara tingkat kepentingan dan tingkat kepuasan pelanggan terhadap suatu atribut dimana prioritas diberikan kepada faktor yang kesenjanganannya sangat besar. Sayangnya belum ada petunjuk yang jelas dalam penentuan metoda mana yang sebaiknya digunakan dalam penentuan prioritas penanganan pada kondisi tertentu.

Makalah ini mengeksplorasi kedua metoda melalui studi literatur dan selanjutnya mengaplikasikannya pada suatu studi kasus yakni pelayanan kereta api jurusan Padang-Pariaman.

2. Studi Pustaka

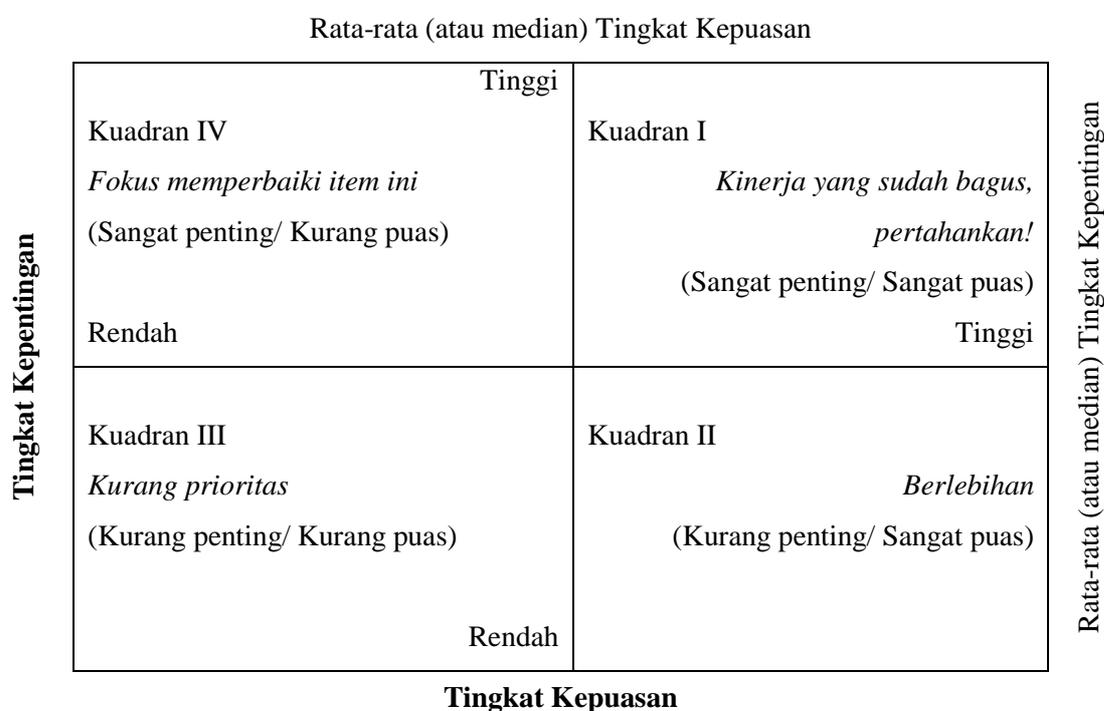
Importance-Satisfaction Analysis (ISA) dan Importance-Performance Analysis (IPA) telah banyak diaplikasikan pada berbagai bidang riset seperti pariwisata (Sorensen and Friedrichs, 2013; Coghlan, 2012), pelayanan bank (Lo et al., 2012), pendidikan (Wang and Tseng, 2011), dan riset dibidang angkutan umum (Freitas, 2013; Yahya and Bell, 2011). Sedangkan untuk riset mengenai prioritas penanganan layanan kereta api dengan ISA pernah dilakukan oleh Chow et al. (2011).

Data yang digunakan dalam analisis ISA adalah data dari survey kepuasan pelanggan. Dalam survey tersebut, attribute-attribut pelayanan disampaikan kepada responden dan responden diminta untuk mengekspresikan tingkat kepentingan attribute tersebut dan tingkat kepuasan responden terhadap layanan atribut tersebut dalam skala Likert (Martilla and James, 1977). Skala Likert adalah skala yang digunakan untuk mengekspresikan opini responden seperti kesetujuan atau ketidaksetujuan terhadap sesuatu hal yang dinyakan dalam beberapa level. Umumnya skala Likert terdiri dari 5 titik skala penilaian dimana titik skala 1 menunjukkan derajat kesetujuan yang paling rendah (atau sama dengan ketidaksetujuan) sedangkan titik skala 5 menunjukkan kesetujuan yang paling tinggi (Likert, 1932).

Ada dua tipe analisis dalam metoda ISA yakni metoda kudran atau dikenal juga dengan metoda rata-rata dan metoda kesenjangan (*gap analysis*). Masing-masingnya dijelaskan pada sub bagian 2.1 dan 2.2.

2.1. Metoda Kuadran

Secara prinsip, metoda kuadran dilakukan dengan cara memplot ukuran pemusatan (misal rata-rata atau median) dari *Tingkat Kepentingan* dan *Tingkat Kepuasan* pada empat kuadran yang dipisahkan oleh garis yang mewakili rata-rata *Tingkat Kepentingan* dan *Tingkat Kepuasan*. Sumbu horizontal merupakan rating untuk *Tingkat Kepuasan* sedangkan sumbu vertikal merupakan rating untuk *Tingkat Kepentingan* seperti diperlihatkan pada Gambar 1.



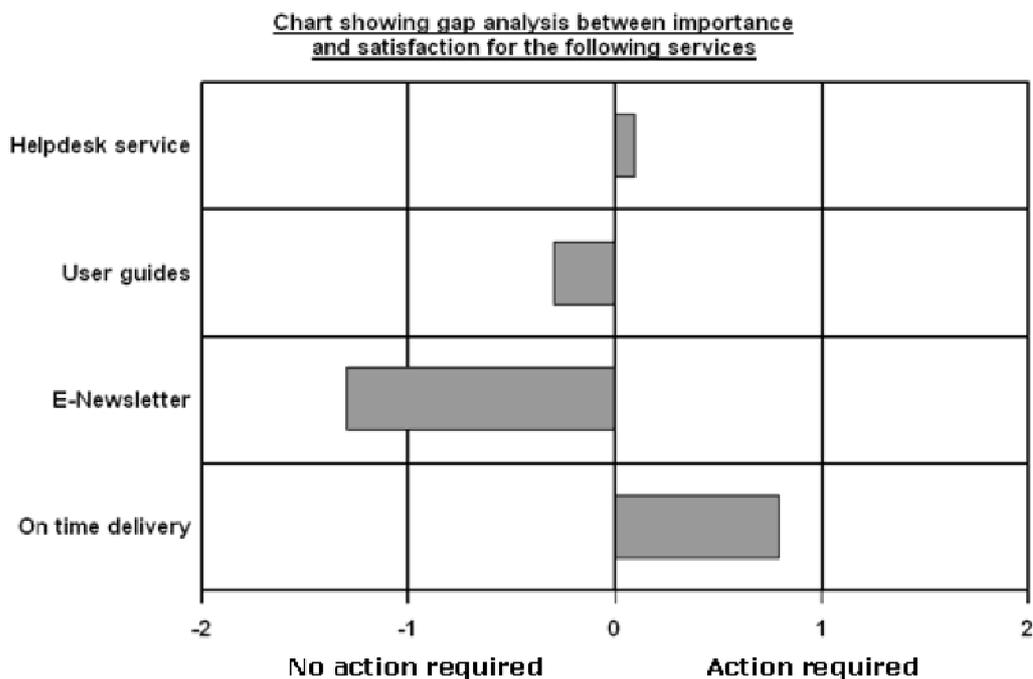
Gambar 1. Importance-Satisfaction Assessment Matric (Graf et al., 1992)

Item pada kuadran pertama merupakan item yang memiliki *Tingkat Kepentingan* tinggi menurut pelanggan namun pelanggan merasa puas dengan kinerja pelayanan item tersebut. Oleh karena itu,

operator diharapkan untuk mempertahankan kinerja yang sudah baik tersebut dan dapat juga dengan melakukan sedikit perbaikan agar tingkat kepuasan semakin baik. Sedangkan item pada kuadran kedua merupakan item dengan tingkat kepentingan rendah namun pelanggan merasa sangat puas dengan kinerja pelayanan item tersebut. Hal ini mungkin terjadi karena operator melakukan investasi besar pada item tersebut padahal item tersebut tidaklah begitu penting. Yahya dan Bell (2011) menemukan bahwa rendahnya tingkat kepentingan item pada kuadran ini mungkin disebabkan karena pelayanan item sudah melebihi harapan dari pelanggan sehingga tidak masuk prioritas yang harus diperbaiki lagi untuk saat ini. Untuk item tersebut, operator dapat mempertahankan atau mengurangi sedikit investasi pada item tersebut. Item pada kuadran ketiga merupakan item yang tingkat kepentingannya rendah walaupun tingkat kepuasannya juga rendah. Item ini termasuk prioritas rendah untuk diperbaiki karena pengaruhnya tidak terlalu besar terhadap kepuasan pelanggan. Item pada kuadran ke-empat merupakan item yang memiliki tingkat kepentingan tinggi dan tingkat kepuasan rendah. Item dalam kuadran ini berpengaruh sangat besar terhadap kepuasan pelanggan secara keseluruhan. Oleh karena itu operator diharapkan memberi perhatian lebih terhadap item pada kuadran ini dan segera melakukan perbaikan agar tingkat kepuasan pelanggan meningkat.

Faktor kunci dalam pembuatan kuadran ini adalah pada penentuan lokasi titik sumbu yang membentuk empat kuadran. Pada umumnya yang digunakan adalah rata-rata dari rata-rata semua atribut seperti pada Sorensson and Friedrichs (2013); Lo et al. (2012) dan Graf et al. (1992). Namun ada juga yang menggunakan titik tengah dari skala Likert yang digunakan (misal 3 untuk data yang tersebar dalam 5 titik skala) atau titik tengah data pengamatan (misal jika data pengamatan tersebar antara 3 dan 5 maka garis sumbu diambil pada titik 4) seperti pada Lewis (2004).

2.2. Metoda Kesenjangan (Gap Analysis)



Gambar 2. Tipikal *bar chart* untuk metoda analisis kesenjangan (Sumber: anonym pada snapsurveys.com)

Pada metoda kesenjangan ini, rata-rata Tingkat Kepentingan tiap item dikurangi dengan rata-rata Tingkat Kepuasan. Jika hasilnya positif berarti tingkat kepuasan lebih rendah dari tingkat kepentingan dan sebaliknya. Semakin besar nilai positifnya menunjukkan semakin besarnya kesenjangan antara harapan dan kenyataan yang dialami oleh responden dan karena itu semakin perlu item tersebut diprioritaskan untuk diperbaiki. Nilai selisih (gap) tadi selanjutnya diplot

kedalam bar chart sehingga dengan mudah dapat dilihat item mana yang perlu prioritas penanganan. Bentuk tipikal metoda ini diperlihatkan pada Gambar 2.

Pada Gambar 2 terlihat bahwa *on time delivery* merupakan factor yang sangat perlu diperbaiki oleh operator karena kesenjangan antara harapan dan kepuasan yang diperoleh pelanggan sangat besar sekali. Sebaliknya item *E-newsletter* sudah sangat memuaskan pelanggan sehingga tidak perlu dilakukan aksi apapun.

3. Metodologi

Penelitian ini merupakan re-analisis dari data penelitian Yosritzal et al. (2015). Pada Yosritzal et al. (2015) data diolah dengan metoda rata-rata ditinjau dari berbagai karakteristik sosio-demografi responden. Pada penelitian ini, data hasil pengolahan dengan metoda rata-rata pada Yosritzal et al. (2015) di re-analisis dengan metoda kesenjangan (*gap analysis*) untuk selanjutnya dibandingkan hasilnya untuk mendapatkan pengertian yang lebih mendalam mengenai kedua metoda tersebut. Modifikasi terhadap metoda kuadran dilakukan dengan menempatkan variabel *Kepentingan* pada sumbu horizontal dan *Kepuasan* pada sumbu vertikal.

4. Data dan Analisis

4.1. Karakteristik Objek Studi

Kereta api Padang – Pariaman merupakan kereta api ekonomi AC yang telah beroperasi sejak November 2011. Ada tiga kereta api yang beroperasi yaitu Kereta Api (KA) Sibinuang, KA Dang Tuanku, dan KA Cindua Mato.

KA Sibinuang merupakan kereta ekonomi AC sedangkan KA Dang Tuanku dan KA Cindua Mato merupakan kereta wisata. Perjalanan kereta api dari Padang – Pariaman rata-rata ditempuh dalam waktu 1 jam 15 menit dengan jarak tempuh 60,6 Km. KA Sibinuang berangkat dari stasiun Simpang Haru Padang setiap hari pada pukul 06.00 WIB dan kembali dari stasiun Pariaman pada pukul 08.50 WIB untuk kemudian berangkat lagi pada pukul 14.00 WIB dan kembali pada pukul 16.20 WIB seperti diperlihatkan pada Tabel 1 dan 2. Tarif sekali perjalanan adalah Rp 2.500,- yang merupakan tarif subsidi untuk meningkatkan penggunaan angkutan umum tersebut. Pada hari Sabtu, Minggu dan hari libur nasional frekuensi keberangkatan kereta ditambah menjadi 4 kali dengan mengoperasikan KA Dang Tuanku dan KA Cindua Mato sebagai kereta wisata. Tarif yang dipatok kepada setiap penumpang adalah Rp 20.000/orang (pulang pergi) pada KA Dang Tuanku dan Rp 20.000/orang untuk sekali keberangkatan pada KA Cindua Mato.

Tabel 1. Jadwal Keberangkatan Kereta Api Sibinuang Padang-Pariaman

Stasiun	Keberangkatan
Simpang Haru – Pariaman	06.00 WIB
Pariaman – Simpang Haru	08.50 WIB
Simpang Haru – Pariaman	14.00 WIB
Pariaman – Simpang Haru	16.00 WIB

Sumber: PT. KAI Drive II Sumatera Barat

Tabel 2. Jadwal Keberangkatan Kereta Api wisata Dang Tuanku Padang-Pariaman

Stasiun	Keberangkatan
Simpang Haru – Pariaman	09.30 WIB
Pariaman – Simpang Haru	16.30 WIB

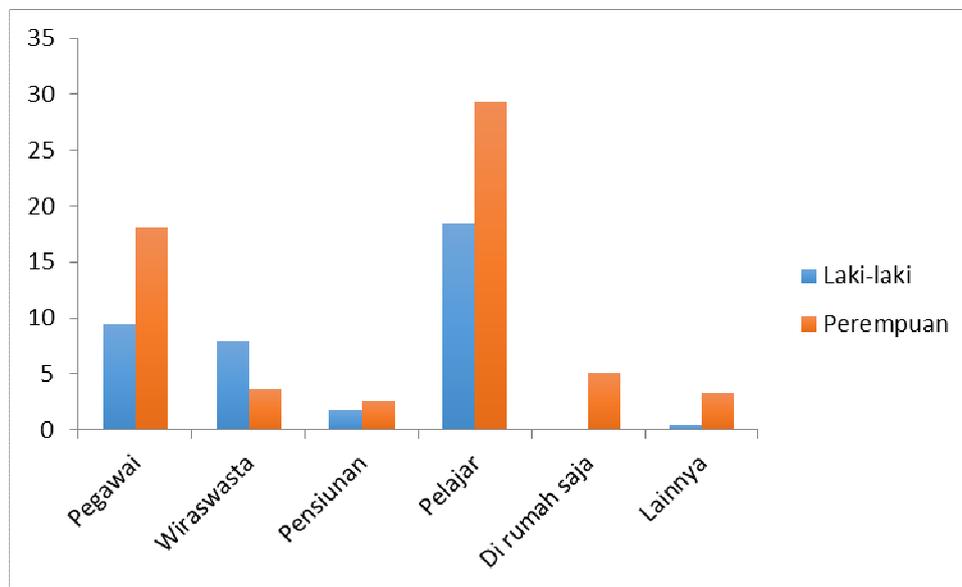
Sumber: PT. KAI Drive II Sumatera Barat

Rute kereta api Padang – Pariaman melewati 5 stasiun yaitu stasiun Simpang Haru, stasiun Tabin, stasiun Simpang Duku, stasiun Lubuk Alung, stasiun Pauh Kamba, stasiun Kuraitaji, dan stasiun Pariaman. Waktu berhenti rata-rata kereta pada setiap stasiun adalah 2 menit.

Kapasitas angkut kereta berbeda-beda namun rata-rata setiap kereta membawa 5 gerbong penumpang dan satu lokomotif. Kapasitas gerbong KA Sibinuang adalah 106 penumpang/gerbong, sedangkan KA Dang Tuanku 64 penumpang/gerbong. Fasilitas yang terdapat di dalam gerbong kereta terdiri dari kursi penumpang, toilet, tempat sampah, tempat barang, colokan listrik, AC, lampu, Speaker musik, dan lain-lain. Sedangkan fasilitas di stasiun seperti tempat duduk penumpang, loket tempat penjualan tiket, kantor operasional, toilet, dan lain-lain.

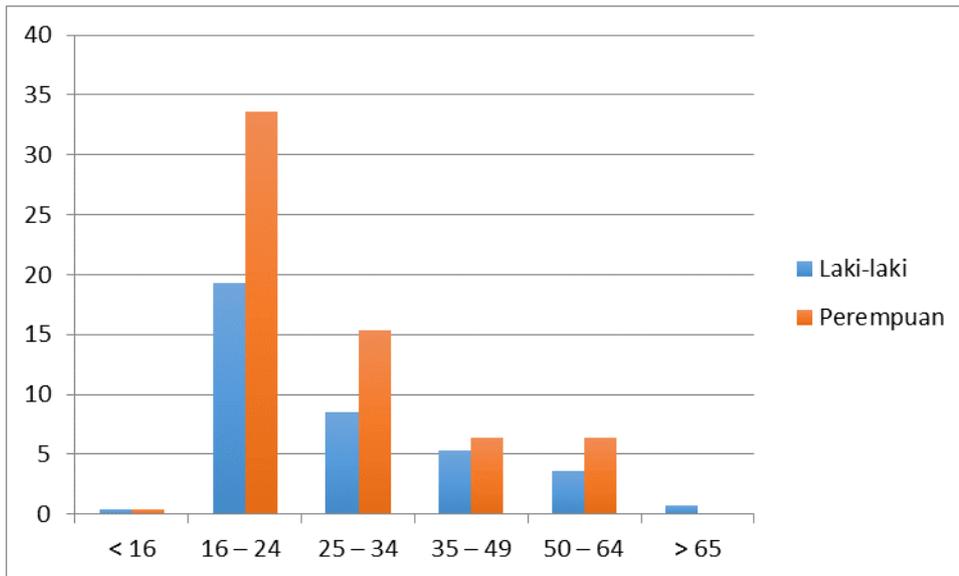
4.2. Karakteristik Responden

Karakteristik responden dalam penelitian ini diperlihatkan pada Gambar 3 sampai dengan Gambar 5. Dari sisi pekerjaan, mayoritas responden adalah pelajar dan pegawai dan berumur sekitar 16-34 tahun. Mayoritas maksud perjalanan adalah komuting dan rekreasi. Karakteristik ini sesuai dengan ekspos media dari PT KAI yang dikutip situs berita seperti dalam Rezkisari (2014) dimana penumpang kereta api Padang-Pariaman didominasi oleh pelajar/ mahasiswa dan pekerja. Stasiun akhir kereta api di Kota Pariaman adalah meruakan salah satu objek wisata terkenal yakni Pantai Gandoria, sehingga wajar bila salah satu maksud perjalanan yang dominan adalah rekreasi.

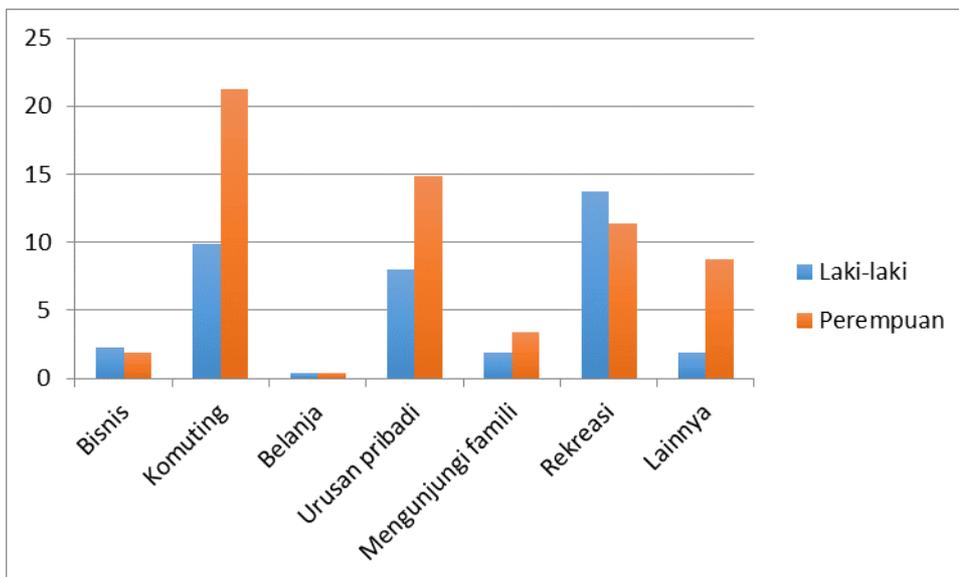


Gambar 3. Distribusi Pekerjaan Responden (dalam persen). (Yosritzal et al., 2015)

Secara umum karakteristik responden ini sama dengan ekspos yang dilakukan oleh PT KAI diberbagai media massa yang menyatakan bahwa umumnya pengguna kereta api Padang-Pariaman adalah mahasiswa dan pegawai yang berusia 16-34 tahun. Gambar 3 juga menunjukkan bahwa jumlah responden perempuan lebih banyak dari responden laki-laki yang juga sesuai dengan kenyataan dilapangan. Namun demikian, belum ditemukan adanya data statistik yang menjelaskan karakteristik pengguna kereta api tersebut dalam dokumen resmi yang bias dipercaya.



Gambar 4. Distribusi Umur Responden (dalam persen). (Yosritzal et al., 2015)



Gambar 5. Distribusi Maksud Perjalanan (dalam persen). (Yosritzal et al., 2015)

4.3. Importance-Satisfaction Data

Data *rating* rata-rata *Importance* (Kepentingan) dan *Satisfaction* (Kepuasan) dari kuisisioner adalah seperti terlihat pada Tabel 4. Secara umum terlihat bahwa hampir semua atribut yang ditawarkan dianggap penting oleh responden dan umumnya responden merasa cukup puas dengan kinerja pelayanan kereta pada atribut-atribut tersebut. Namun demikian untuk lebih memastikan posisi masing-masing attribute, maka dilakukan analisis rata-rata yang akan dibahas pada seksi berikutnya.

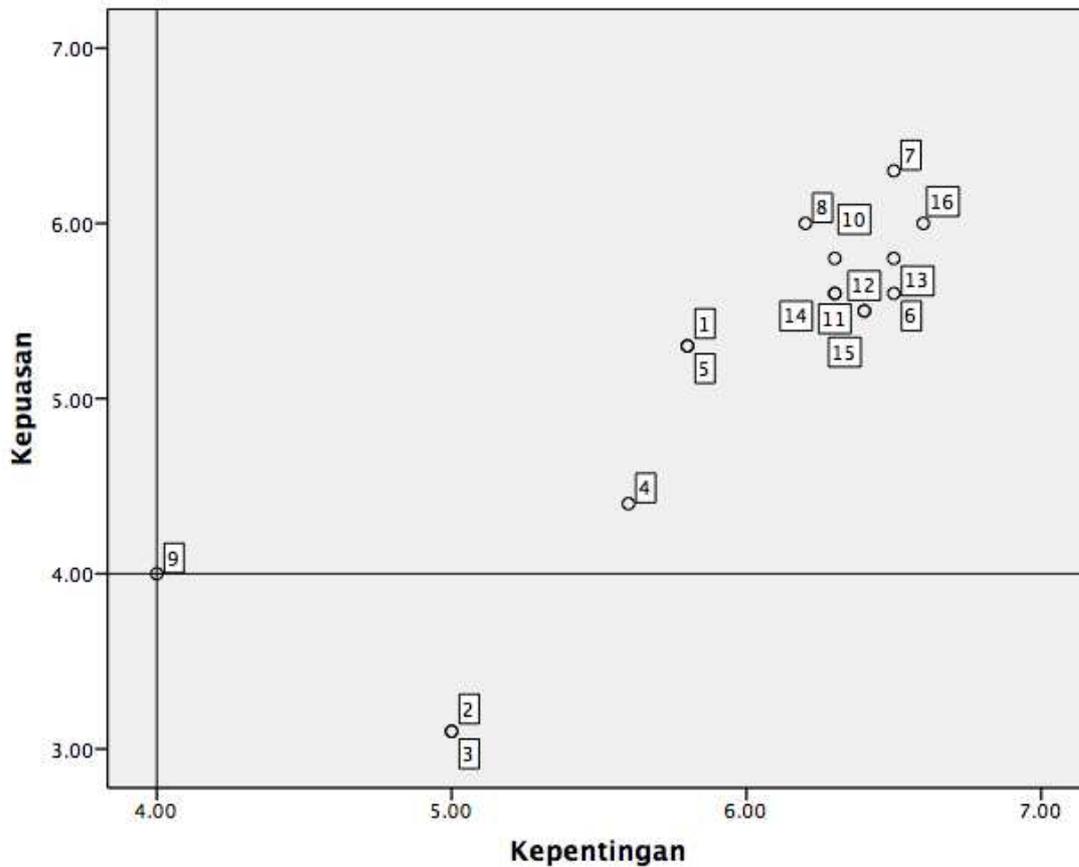
Tabel 4. Rata-rata rating untuk Importance dan Satisfaction

No.	item	All	
		Importance	Satisfaction
1	Ketersediaan informasi keberadaan kereta	5.9	5.3
2	Ketersediaan free Wi-Fi di atas kereta	4.9	2.9
3	Ketersediaan free Wi-Fi di stasiun	4.9	2.9
4	Ferekuensi kereta	5.6	4.4
5	Keamanan menggunakan gadget	5.8	5.2
6	Jaminan mendapatkan kursi	6.5	5.5
7	Harga tiket yang terjangkau	6.5	6.3
8	Ketersediaan colokan listrik dalam kereta	6.2	6.0
9	Ketersediaan penjualan makan	4.0	3.9
10	Ketepatan jadwal	6.4	5.8
11	Kemudahan akses stasiun	6.4	5.5
12	Kenyamanan ruang tunggu	6.4	5.4
13	Kemudahan membooking tiket	6.5	5.8
14	Keluasan ruang duduk	6.3	5.5
15	Cepat sampai ke tujuan	6.4	5.4
16	Kebersihan gerbong	6.6	5.9

Sumber: Yosritzal et al. (2015)

4.3.1 Metoda Kuadran

Analisis dengan metoda kuadran menempatkan hamper semua atribut berada pada kuadran 1 yang menunjukkan bahwa item pada kuadran ini penting namun memuaskan. Terdapat dua item yang tergolong penting namun tidak memuaskan dan satu item yang dinilai netral saja oleh responden. Item yang tergolong penting namun kurang memuaskan adalah item terkait ketersediaan Wi-Fi di atas kereta atau di stasiun. Meskipun item ini tingkat kepentingannya masih belum terlalu tinggi jika dibandingkan dengan item lainnya, namun melihat pada posisi item tersebut di dalam kuadran dapat disimpulkan bahwa item ini harus menjadi prioritas utama untuk ditingkatkan oleh operator agar rata-rata tingkat kepuasan responden menjadi lebih tinggi. Analisis kuadran ISA ini masih dapat dipertajam dengan menggunakan tingkat kepentingan dan kepuasan relative terhadap rata-rata tingkat kepentingan dan tingkat kepuasan, namun dalam makalah ini hal tersebut tidak dilakukan karena kurang sesuai dengan tujuan studi yaitu membandingkan hasil analisis kuadran dan analisis kesenjangan.



Keterangan:

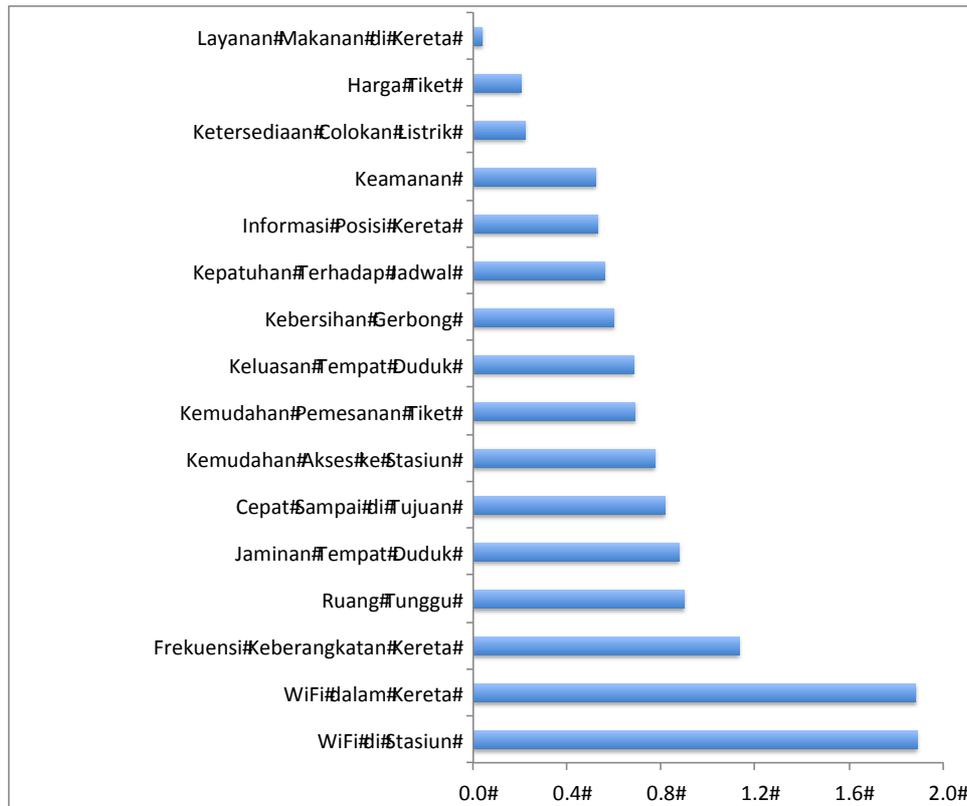
1	Ketersediaan informasi keberadaan kereta	9	Ketersediaan penjualan makan
2	Ketersediaan free Wi-Fi di atas kereta	10	Ketepatan jadwal
3	Ketersediaan free Wi-Fi di stasiun	11	Kemudahan akses stasiun
4	Frekuensi kereta	12	Kenyamanan ruang tunggu
5	Keamanan menggunakan gadget	13	Kemudahan membooking tiket
6	Jaminan mendapatkan kursi	14	Keluasan ruang duduk
7	Harga tiket yang terjangkau	15	Cepat sampai ke tujuan
8	Ketersediaan colokan listrik dalam kereta	16	Kebersihan gerbong

Gambar 6. Analisis kuadran ISA (Sumber: Yosritzal et al., 2015)

4.3.2 Metoda Kesenjangan

Pada bagian ini, dilakukan perhitungan selisih data rata-rata kepentingan dan rata-rata kepuasan. Besarnya selisih nilai kedua variable menunjukkan urutan prioritas penanganan yang harus dilakukan. Jika selisihnya bernilai positif berarti nilai kepuasan masih berada dibawah nilai kepentingan item tersebut dan sebaliknya jika bernilai negative berarti nilai kepuasan lebih besar dari nilai kepentingan item tersebut. Hasil analisis diperlihatkan pada Gambar 7 dimana ternyata semua item bernilai positif yang berarti nilai tingkat kepentingannya lebih besar dari nilai kepuasan pengguna sehingga semua item berpeluang untuk meningkatkan kepuasan pengguna jika diperbaiki. Namun untuk menentukan prioritas yang harus diperbaiki perlu dilihat besaran nilai gap yang terjadi. Pada Gambar 7 terlihat bahwa gap terbesar berada pada item ketersediaan Wi-Fi di atas kereta dan ketersediaan Wi-Fi di stasiun dan disusul oleh kecukupan frekuensi keberangkatan kereta. Item yang paling rendah gapnya adalah ketersediaan penjualan makanan di atas kereta yang

menunjukkan bahwa tingkat kepuasan pengguna sudah mendekati tingkat kepentingan item tersebut.



Gambar 7. Analisis Gap ISA

4.4. Pembahasan

Pada kedua metoda terlihat persamaan hasil dimana ketersediaan Wi-Fi di atas kereta dan di stasiun merupakan hal yang prioritas untuk diperbaiki. Namun demikian, meskipun tidak terlihat dalam analisis ini karena hampir semua nilai item berada pada kuadran yang sama, kedua metoda memiliki perbedaan yang sangat mendasar dimana metoda pertama lebih mempertimbangkan posisi item dalam kuadran kepentingan dan kepuasan sedangkan metoda gap lebih memprioritaskan pada item yang memiliki kesenjangan antara nilai kepentingan dan kepuasan pelanggan. Pada kasus dimana item memiliki nilai kepentingan yang tidak terlalu besar namun memiliki tingkat kepuasan yang sangat rendah sekali, dapat saja keluar sebagai item dengan prioritas tinggi pada metoda gap namun pada metoda kuadran mungkin dia akan berposisi di kuadran 3 dimana item dalam kuadran ini dapat diabaikan (tidak prioritas) pada saat ini. Misal item A bernilai kepuasan 1 dan kepentingan 3,5. Pada metoda kuadran akan berada pada kuadran 3 (tidak prioritas) dan pada metoda gap, item tersebut memiliki nilai kesenjangan positif 2,5. Jika ada item lain (B) dengan nilai kepentingan 5 dan tingkat kepuasannya 3, maka item B ini berada pada kuadran 2 (prioritas) pada metoda kuadran namun memiliki nilai gap 2 yang berada relatif kurang prioritas dibandingkan dengan item A. Oleh karena itu, dalam penggunaan metoda ISA ini, peneliti harus berhati-hati dalam menetapkan urutan prioritas dan disarankan untuk mempedomani kedua metoda baik metoda kuadran maupun metoda kesenjangan agar penanganan yang dilakukan lebih optimal.

5. Kesimpulan dan Saran

Dua metoda ISA telah dibahas dan diaplikasikan pada data pengguna kereta api jurusan Padang-Pariaman. Pada kedua metoda diperoleh hasil yang mendekati sama dimana ketersediaan Wi-Fi diatas kereta dan di stasiun merupakan prioritas utama untuk diperbaiki. Namun demikian, terdapat

dugaan bahwa kedua metoda ini dapat menghasilkan rekomendasi yang berbeda ketika nilai kepuasan dan kepentingan yang diberikan oleh responden berbeda dari data yang diperoleh dalam penelitian ini. Sebagaimana telah diulas dalam bagian 4, penggunaan salah satu metoda dapat mengakibatkan tidak optimalnya penanganan yang dilakukan. Oleh karena itu, disarankan dalam melakukan ISA, sebaiknya kedua metoda dilakukan dan item dengan prioritas utama menurut kedua metoda ini yang dijadikan prioritas utama penanganan.

Daftar kepustakaan

- Chou, J. S., Kuo, T. C. and Ou, N. C. (2011). Deploying effective service strategy in the operations stage of high-speed rail. *Transportation Research E*, 47, pp. 507-519.
- Freitas, A. L. P. (2013). Assessing the quality of intercity road transportation of passengers: an exploratory study in Brazil. *Transportation Research Part A*, 49, pp. 379-392.
- Graf, L. A., Hemmasi, M. and Nielsen, W. (1992). Importance-Satisfaction Analysis: A diagnostic tool for organizational change. *Leadership & Organization Development Journal*, 13(6), pp. 8-12
- Lewis, R. (2004). Importance-performance analysis. *Australasian Journal of Engineering Education*, 02.
- Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of psychology*, 140, p. 55.
- Lo, C. C., Wang, C. H., Chien, P. Y. and Hung, C. W. (2012). An empirical study of commercialization performance on nano products. *Technovation*, 32, pp. 168-178.
- Martilla, J. A. and James, J. C. (1977). Importance-Performance Analysis. *The Journal of Marketing*, 41(1), pp. 77-79.
- Rezkisari, I. (Ed.). (2014, March 13). Yuk, Naik Kereta dari Padang ke Pariaman. Retrieved November 6, 2014, from <http://www.republika.co.id/berita/nasional/daerah/14/03/13/n2dsuc-yuk-naikkereta-dari-padang-ke-pariaman>
- Sorensson, A. and Friedrichs, Y. v. (2013). An importance-performance analysis of sustainable tourism: A comparison between international and national tourists. *Journal of destination marketing and management*, 2, pp. 14-21.
- Wang, R. and Tseng, M. L. (2011). Evaluation of international student satisfaction using fuzzy importance-performance analysis. *Procedia: Social and Behavioural Sciences*, 25, pp. 438-446.
- Yahya, N. and Bell, M. C. (2010). Assessment of service quality and satisfaction from passengers' perspective to inform bus operator decision making. *UTSG 42nd Annual Conference*. University of Plymouth, January 5-7, 2010.
- Anonim (unknown). Gap analysis to interpret importance with satisfaction, diakses pada tanggal 15 October 2015 dari <http://www.snapsurveys.com/support/worksheets/gap-analysis-interpret-importance-satisfaction/>

Evaluasi Keandalan Sarana Penyelamatan Jiwa terhadap Bahaya Kebakaran pada Bangunan Gedung

Dafriansyah Putra

Alumni Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas, dafriansyahputra@yahoo.co.id

Benny Hidayat

Staf Pengajar, Jurusan Teknik Sipil Universitas Andalas, bennyhidayat@ft.unand.ac.id

Bambang Istijono

Staf Pengajar, Jurusan Teknik Sipil Universitas Andalas, bistijono1452@yahoo.co.id

Abstrak

Aktivitas yang terjadi di dalam suatu bangunan gedung jelas tidak akan lepas dari risiko yang sewaktu-waktu akan dapat terjadi. Salah satu potensi bahaya berupa kebakaran. Tidak terkendalinya penyebaran nyala api akan berdampak langsung kepada keselamatan pegawai/pengunjung di dalam bangunan gedung, bahkan kehilangan jiwa dan harta menjadi kemungkinan terburuk yang dapat terjadi. Setiap bangunan gedung, utamanya gedung bertingkat, sedianya harus dilengkapi dengan sarana penyelamatan jiwa sebagai upaya menyelamatkan diri dari bahaya dalam waktu yang cukup dan keamanan yang memadai. Terlebih di dalam era modern, kian berkembangnya penyelenggaraan bangunan gedung, baik dari segi intensitas maupun teknologi, serta-merta meski diiringi dengan ketersediaan kebutuhan sarana dan prasarana yang andal. Oleh sebab itu, penelitian ini perlu dilakukan untuk meneliti keandalan sarana penyelamatan jiwa di dalam bangunan gedung. Adapun bangunan gedung yang menjadi objek penelitian ialah gedung Perpustakaan dan Rektorat Universitas Andalas, Limau Manih, Padang. Variabel yang menjadi fokus penelitian adalah tangga kebakaran, pintu kebakaran dan akses jalan keluar beserta perlengkapannya. Berdasarkan hasil penelitian, tingkat keandalan sarana penyelamatan jiwa terhadap bahaya kebakaran pada bangunan gedung Perpustakaan Universitas Andalas adalah sebesar 58.73% dan pada bangunan gedung Rektorat Universitas Andalas adalah sebesar 65.94%.

Kata kunci: keandalan bangunan gedung, kebakaran, sarana penyelamatan jiwa

1. Latar Belakang

Kebakaran menjadi sebuah ancaman bagi keselamatan manusia, harta benda maupun lingkungan. Seiring dengan aktivitas pembangunan yang semakin pesat, risiko akan terjadinya kebakaran serta merta akan semakin meningkat.

Padang sebagai kota terbesar di pantai barat pulau Sumatera sekaligus menjadi ibu kota dari provinsi Sumatera Barat belakangan semakin gencar dalam pembangunan di pelbagai sektor. Secara langsung maupun tidak langsung, padatnya aktivitas kota akan menimbulkan kerawanan. Bencana kebakaran menjadi salah satu bahaya yang tak termungkiri berpotensi akan terjadi.

Makin tingginya kejadian kebakaran di Kota Padang, Badan Penanggulangan Bencana Daerah dan Pemadam Kebakaran (BPBD PK) membuat status siaga bencana. "Saat ini kebakaran di Kota Padang sudah menjadi-jadi. Dalam satu hari pasti ada saja yang terbakar. Makanya, kami membuat status siaga kebakaran," ujar Kepala BPBD PK Padang, Budi Erwanto. (padangtoday.com 2014)

Kutipan berita di atas menegaskan, hingga medio 2014 tingkat kejadian kebakaran di kota Padang tergolong sangat tinggi. Hal ini diperinci pada data rekapitulasi Tabel 1.1. berikut:

Tabel 1.1. Rekapitulasi Kejadian Kebakaran dan Bencana Lainnya di Kota Padang

NO	BULAN	FREK	OBJEK YANG TERBAKAR							SEBAB KEBAKARAN				KORBAN		KERUGIAN (Rp)	JUMLAH s/d BULAN INI
			BP	BU	BI	KD	HT	KPL	LL	KP	LP	LS	LL	M	LK		
1	JANUARI	30	14	2		4			10	6		14	10			842.000.000	842.000.000
2	FEBRUARI	33	23			1	3		6	3		20	10			489.530.000	1.331.530.000
3	MARET	31	15	1		4	2		9	2		15	14			736.800.000	2.068.330.000
4	APRIL	31	17	4	1	4	2		3	3		17	11	2		4.441.500.000	6.509.830.000
5	MEI	33	14			4			15	2		23	8	3		2.734.500.000	9.244.330.000
JML		158	83	7	1	17	7	0	43	16	0	89	53	5		9.244.330.000	

Keterangan

BP : Bangunan perumahan KPL : Kapal
 BU : Bangunan umum HT : Hutan
 BI : Bangunan industri KD : Kendaraan
 KP : Kompor LS : Listrik
 LP : Lampu Minyak LL : Lain-lain
 LK : Luka-luka M : Meninggal

Meskipun dalam fenomenanya kasus-kasus kebakaran didominasi terjadi pada bangunan perumahan, akan tetapi kejadian serupa bukan tidak mungkin akan terjadi pada bangunan umum lainnya, mengingat setiap bangunan memiliki risiko akan bahaya kebakaran yang sama.

Tercatat, kebakaran di lingkungan kampus pernah terjadi di kota Padang, yaitu pada 17 November 2011. Kebakaran terjadi di kampus Universitas Negeri Padang, tepatnya di gedung Fakultas Ilmu Pendidikan yang berada di kawasan Air Tawar Jalan Hamka. Api melumat ruangan perpustakaan, tata usaha, ruangan dosen dan lokal mahasiswa. Selain mengalami kerugian mencapai Rp. 1 Miliar, amat disayangkan komputer di dalam labor komputer yang menyimpan banyak dokumen bahkan penelitian dosen yang belum sempat didokumentasikan juga ikut terbakar. Beruntung, kejadian terjadi pada malam hari, sekitar pukul 22.30 WIB saat kampus tidak ada aktivitas. Sempat dicemaskan api akan menjalar ke bangunan yang bersebelahan seperti gedung Rektorat dan gedung Laboratorium Ilmu Pendidikan. (harianhaluan.com 2011)

Melihat kepada rentannya bangunan gedung akan bahaya kebakaran, maka ketersediaan sarana penyelamatan jiwa yang andal adalah hal mutlak dalam upaya mencegah terjadinya kecelakaan pada saat melakukan evakuasi ketika terjadi keadaan darurat khususnya kebakaran. Dalam hal ini, setiap bangunan gedung harus menyediakan sarana penyelamatan jiwa berupa pintu kebakaran, tangga kebakaran, akses jalur evakuasi dan perlengkapannya yang dibangun dan difungsikan sebagaimana persyaratan.

Dalam penelitian ini, sebagai objek kajian dipilih dua bangunan gedung yang memiliki fungsi strategis di dalam kawasan kampus Universitas Andalas, Limau Manih. Kedua bangunan gedung tersebut adalah gedung Perpustakaan dan Rektorat Universitas Andalas, Limau Manih, Padang.

2. Tujuan dan Manfaat

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat keandalan sarana penyelamatan jiwa terhadap bahaya kebakaran pada bangunan gedung Perpustakaan dan gedung Rektorat Universitas Andalas melalui serangkaian pemeriksaan dengan berpedoman kepada persyaratan- persyaratan teknis yang berlaku: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.26/PRT/M/2008 tentang Persyaratan Teknis Sistem Proteksi Kebakaran pada Bangunan Gedung dan Lingkungan, SNI 03-1746-2000 tentang Tata Cara Perencanaan Sistem Proteksi Pasif untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran pada Bangunan Rumah dan Gedung, SNI 03-1736-2000 tentang Tata Cara Perencanaan Sistem Proteksi Pasif untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran pada Bangunan Rumah dan Gedung, serta SNI 03-6574-2001 tentang Tata Cara Perancangan Pencahayaan Darurat, Tanda Arah dan Sistem Peringatan Bahaya pada Bangunan Gedung

Sedangkan manfaat yang diperoleh, diharapkan penelitian ini akan menjadi sebuah bahan evaluasi dalam pengelolaan kedua bangunan gedung objek penelitian dalam pemenuhan sarana penyelamatan jiwa sebagai upaya menyelamatkan diri dari bahaya kebakaran dalam waktu yang cukup dan keamanan yang memadai.

3. Tinjauan Pustaka

3.1. Bangunan Gedung

Definisi *bangunan gedung* sebagaimana termaktub di dalam Undang-undang Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2002 adalah wujud fisik hasil pekerjaan konstruksi yang menyatu dengan tempat kedudukannya, sebagian atau seluruhnya berada di atas dan/atau di dalam tanah dan/atau air, yang berfungsi sebagai tempat manusia melakukan kegiatannya, baik untuk hunian atau tempat tinggal, kegiatan keagamaan, kegiatan usaha, kegiatan sosial, kegiatan budaya, maupun kegiatan khusus.

Menjadi ketentuan di dalam Undang-undang Bangunan Gedung No. 28 Tahun 2002 Pasal 7 ayat (1), bahwa setiap bangunan gedung harus memenuhi persyaratan administratif dan persyaratan teknis yang sesuai dengan fungsi bangunan gedung. Adapun persyaratan teknis ini meliputi persyaratan tata bangunan dan persyaratan keandalan bangunan.

Lebih lanjut, di dalam Pasal 16 ayat (1) dijelaskan, persyaratan keandalan bangunan gedung meliputi kepada empat aspek persyaratan: keselamatan, kesehatan, kenyamanan dan kemudahan. Berikut uraiannya:

1. Aspek Keselamatan

Kondisi yang menjamin keselamatan dan pencegahan bencana bagi suatu bangunan beserta isinya (manusia, peralatan dan barang) yang diakibatkan oleh kegagalan atau tidak berfungsinya aspek-aspek arsitektural, struktural dan utilitas gedung. Aspek keselamatan ini meliputi kemampuan untuk mendukung beban muatan, serta kemampuan bangunan gedung dalam mencegah dan menanggulangi bahaya kebakaran dan bahaya petir (Pasal 17 ayat (1)).

2. Aspek Kesehatan

Keadaan bangunan menjamin tercegahnya segala gangguan yang dapat menimbulkan penyakit bagi manusia yang berada dalam bangunan gedung. Aspek ini meliputi sistem penghawaan, pencahayaan, sanitasi dan penggunaan bahan bangunan (Pasal 21).

3. Aspek Kenyamanan

Kondisi yang menyediakan berbagai kemudahan yang diperlukan sesuai dengan fungsi ruangan atau bangunan sehingga pengguna bangunan dapat melakukan kegiatannya dengan baik. Aspek kenyamanan meliputi kenyamanan ruang gerak, hubungan antarruang, kondisi udara dalam ruang, pandangan, serta tingkat getaran dan tingkat kebisingan (Pasal 26 ayat (1)).

4. Aspek Kemudahan

Kemudahan aksesibilitas di dalam bangunan gedung yang meliputi kemudahan hubungan ke, dari dan di dalam bangunan gedung, serta kelengkapan prasarana dan sarana dalam pemanfaatan bangunan (Pasal 27 ayat (1)).

3.2. Kebakaran

Dalam Pedoman Induk Penanggulangan Darurat Kebakaran dan Bencana Alam yang diterbitkan oleh Kementerian Perhubungan, dipaparkan bahwa kebakaran dan bencana alam yang dapat terjadi setiap saat dapat menimbulkan terganggunya kelancaran produktivitas, kerusakan peralatan, lingkungan tempat kerja serta dampak negatif lainnya yang mungkin diderita oleh manusia berupa cedera, cacat bahkan meninggal dunia. Semua ini baik secara langsung maupun tidak langsung akan mengakibatkan kerugian, baik bagi bangunan maupun pengguna.

Bahaya kebakaran utama bagi manusia adalah keracunan akibat terhirupnya asap. Sekitar 75 % kematian manusia pada bangunan yang terbakar diakibatkan oleh asap. Sedang sekitar 25 % kematian disebabkan oleh panas yang ditimbulkan oleh api. Asap akan menyebabkan orang sulit melihat dan mengaburkan pertimbangan tindakan yang ingin dilakukan, menghalangi pandangan untuk mencapai jalan keluar, dan penyebaran asap ini meliputi wilayah yang cukup luas dan jauh

dari sumber api. Hal ini juga dapat menyebabkan timbulnya kepanikan, terutama bagi orang-orang yang kurang memahami dan mengenal seluk beluk dan tata letak ruang dalam bangunan, sehingga bukan tidak mungkin mengakibatkan kecelakaan yang menimbulkan luka yang serius akibat kepanikan yang timbul karena orang berjejal berlari menuju pintu keluar. (Juwana 2005: 113)

3.3. Sarana Penyelamatan Jiwa

Mengacu kepada Permen PU No. 26/PRT/M/2008 Pasal 1 butir (4), dijelaskan bahwa sarana penyelamatan adalah sarana yang dipersiapkan untuk dipergunakan oleh penghuni maupun petugas pemadam kebakaran dalam upaya penyelamatan jiwa manusia maupun harta benda bila terjadi kebakaran pada suatu bangunan gedung dan lingkungan.

3.3.1. Tangga Kebakaran

Tangga kebakaran sebagaimana termaktub di dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 26/PRT/M/2008 Bab I poin 67, didefinisikan sebagai tangga yang direncanakan khusus untuk penyelamatan bila terjadi kebakaran.

3.3.2. Pintu Kebakaran

Dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 26/PRT/M/2008, pintu kebakaran didefinisikan sebagai pintu-pintu yang langsung menuju tangga kebakaran dan hanya dipergunakan apabila terjadi kebakaran.

3.3.3. Akses Jalan Keluar

Pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 26/PRT/M/2008 Bab I poin 28, jalur penyelamatan/evakuasi dimaknai sebagai suatu jalur perjalanan yang menerus (termasuk jalan keluar, koridor/selasar umum dan sejenis) dari setiap bagian bangunan gedung termasuk di dalam unit hunian tunggal ke tempat yang aman.

4. Metodologi Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian deskriptif menggunakan pendekatan kualitatif dengan melakukan pengamatan langsung/observasi dan dokumentasi. Penelitian lebih bersifat menguraikan, memaparkan data-data dan memberikan gambaran aktual secara cermat berdasarkan penemuan fakta-fakta di lapangan. Pengamatan dilakukan pada sarana penyelamatan jiwa yang tersedia di dalam bangunan gedung Perpustakaan dan Rektorat Universitas Andalas dalam upaya meminimalisir terjadinya kecelakaan pada saat melakukan upaya evakuasi ketika terjadi keadaan darurat khususnya kebakaran.

4.1. Studi Literatur

Studi literatur bertujuan untuk mendapatkan referensi yang dapat dijadikan sebagai dasar dalam melakukan penelitian. Selain itu, studi literatur bermanfaat untuk mendapatkan pemahaman terhadap teori yang diperlukan dalam mendukung penelitian. Studi literatur yang diperlukan dalam penelitian ini didapatkan dengan cara mencari informasi serta pengumpulan teori-teori yang berhubungan dengan penelitian berupa: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.26/PRT/M/2008 tentang Persyaratan Teknis Sistem Proteksi Kebakaran pada Bangunan Gedung dan Lingkungan, SNI 03-1746-2000 mengenai Tata Cara Perencanaan dan Pemasangan Sarana Jalan Keluar untuk Penyelamatan terhadap Bahaya Kebakaran pada Bangunan Gedung, SNI 03-1736-2000 tentang Tata Cara Perencanaan Sistem Proteksi Pasif untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran pada Bangunan Rumah dan Gedung, SNI 03-6574-2001 tentang Tata Cara Perancangan Pencahayaan Darurat, Tanda Arah dan Sistem Peringatan Bahaya pada Bangunan Gedung, serta pelbagai referensi yang terkait.

4.2. Penyusunan Daftar Periksa

Daftar periksa disusun dengan mengacu kepada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.26/PRT/M/2008, SNI 03-1746-2000, SNI 03-1736-2000 dan SNI 03-6574-2001. Daftar periksa dibagi atas tiga variabel pemeriksaan:

1. Tangga kebakaran. Pemeriksaan meliputi: bahan, tata letak, fungsi, rel pegangan tangan, penandaan.

2. Pintu kebakaran. Pemeriksaan meliputi: fisik, penempatan, fungsi, dimensi dan penandaan.
3. Akses jalan keluar. Pemeriksaan meliputi: dimensi, perletakan, kapasitas, fungsi, penerangan dan penandaan.

4.3. Aplikasi Daftar Periksa

Penelitian ini menggunakan dua jenis data, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dengan metode observasi. Observasi dilakukan dengan meninjau/mendatangi objek lokasi penelitian untuk mendapatkan kondisi aktual menyangkut sarana penyelamatan jiwa dan perlengkapannya. Dalam melakukan pengamatan, disediakan formulir data yang berisi daftar periksa sehingga memudahkan pemeriksaan. Pengisian dibagi ke dalam dua bentuk jawaban: *memenuhi* atau *tidak memenuhi*.

Pengamatan dilaksanakan secara mandiri dengan mengisi daftar periksa. Penilaian sesuai apa yang terlihat di lapangan. Sedangkan dalam pengujian persyaratan yang menyangkut dengan dimensi sarana penyelamatan jiwa, dilakukan pengukuran secara langsung untuk mendapatkan dimensi di lapangan. Guna memperjelas temuan yang telah diperoleh dari bangunan gedung Perpustakaan dan Rektorat Universitas Andalas, maka pada setiap temuan dilakukan pendokumentasian dengan mengambil foto.

Di samping itu, dibutuhkan pula data pendukung berupa data sekunder. Data sekunder diperoleh secara tidak langsung, tetapi melalui sumber lain. Dalam penelitian ini, data sekunder berupa berita dalam portal berita *on-line* menyangkut kebakaran yang pernah terjadi di kota Padang, serta data kebakaran kota Padang tahun 2014 yang diperoleh dari Dinas Penanggulangan Becana Daerah dan Pemadam Kebakaran (BPBD-PK) Kota Padang.

4.4. Analisa Perbandingan

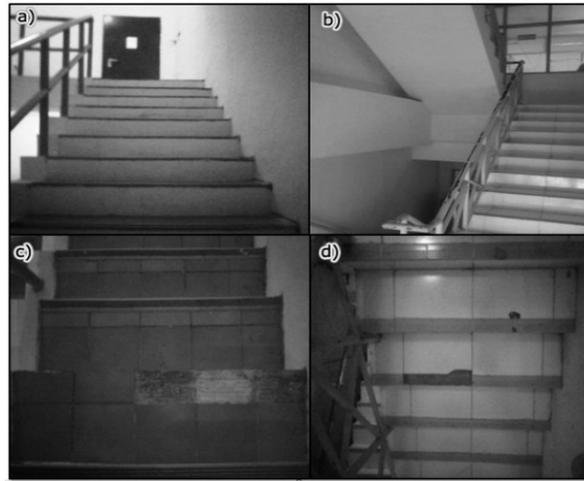
Analisa yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan membandingkan taraf pemenuhan dan pencapaian sarana penyelamatan jiwa antara kedua bangunan gedung yang dijadikan objek penelitian.

5. Evaluasi Keandalan Sarana Penyelamatan Jiwa pada Gedung Perpustakaan dan Gedung Rektorat Universitas Andalas

5.1. Tangga Kebakaran

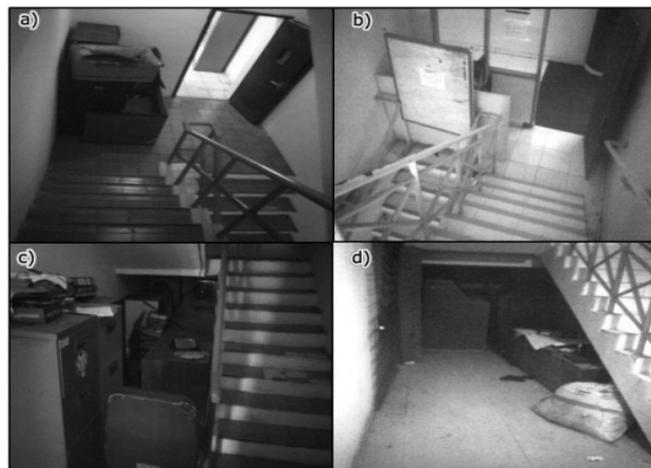
Tangga darurat dan bordes tangga pada gedung Rektorat (gambar 5.1 a) dan Perpustakaan Universitas Andalas (gambar 5.1 b) menggunakan bahan beton. Beton relatif mampu bertahan terhadap api dalam waktu beberapa jam, sehingga dapat memberikan kesempatan evakuasi saat terjadi kebakaran. Pada permukaan, anak tangga menggunakan bahan keramik. Keramik memiliki lapisan glazur yang juga bersifat tahan terhadap suhu tinggi.

Permukaan anak tangga dan bordes terbuat dari bahan padat dan tanpa pori. Pada beberapa bagian ditemukan kerusakan fisik permukaan berupa pecahnya keramik serta lepasnya *step nosing*/anti selip pada ujung tangga. Terlihat pada gambar 5.1 bagian (c) pada gedung Rektorat dan (d) pada gedung Perpustakaan. Kerusakan seperti ini akan berpotensi mengakibatkan terjatuhnya pengguna pada saat evakuasi dalam keadaan darurat.



Gambar 5.1 Tangga Darurat pada Gedung Rektorat dan Perpustakaan Universitas Andalas

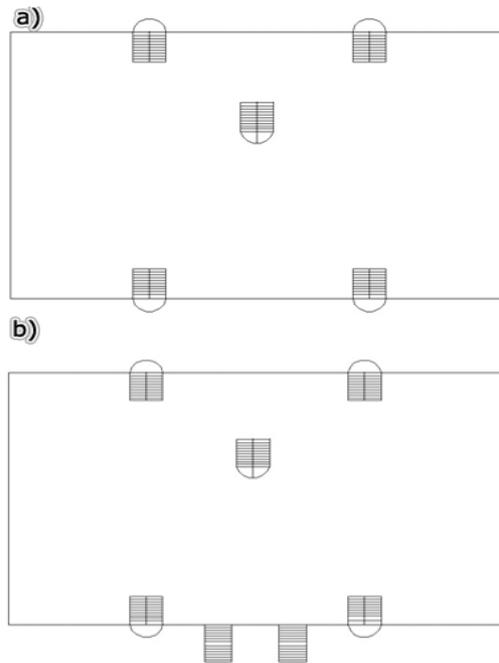
Terjadi penyalahgunaan fungsi dengan menjadikan bordes tangga sebagai gudang penyimpanan barang, pada gedung Rektorat (gambar 5.2 a) dan pada gedung Perpustakaan (gambar 5.2 b) Kondisi ini akan menjadi penghalang bagi pengguna pada saat evakuasi dalam keadaan darurat. Pada lantai dasar, ruang tangga juga mengalami penyimpangan fungsi. Ruang di bawah tangga seharusnya tidak boleh digunakan sebagai tempat apapun. Temuan di gedung perpustakaan, ruang di bawah tangga dijadikan gudang tempat penyimpanan barang (gambar 5.2 d). Bahkan, pada gedung Rektorat ruang bawah tangga dijadikan sebagai tempat unit AC (gambar 5.2 c).



Gambar 5.2 Penyalahgunaan Fungsi Bordes dan Ruang Bawah Tangga

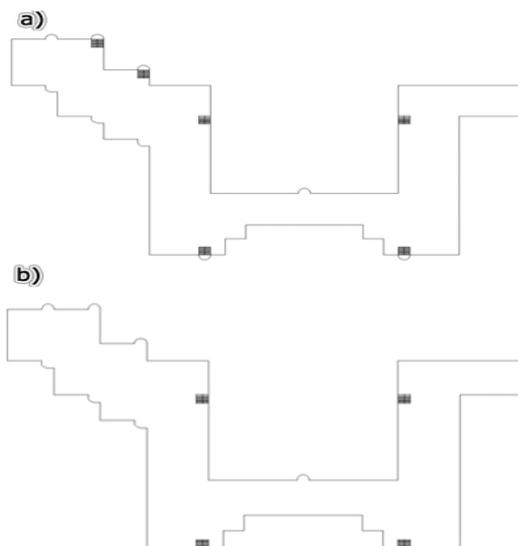
5.2. Akses Jalan Keluar

Sarana jalan keluar pada lantai 1-5 gedung Perpustakaan Universitas Andalas terdiri dari lima akses evakuasi (gambar 5.3 a). Pada arah timur dan barat masing-masing terdapat dua akses evakuasi dalam bentuk tangga darurat, dan satu tangga utama di tengah bangunan. Sedangkan pada lantai dasar, terdapat tujuh akses evakuasi, dimana dua tangga yang menjadi tangga sirkulasi utama untuk masuk dan keluar dari lantai terhubung langsung dengan lantai dasar dan bagian luar bangunan (gambar 5.3 b). Artinya, gedung Perpustakaan telah memenuhi syarat minimum sarana jalan keluar dari setiap lantai dengan batas minimal yaitu empat akses evakuasi. Perletakan telah ditempatkan jauh satu sama lain untuk meminimalkan kemungkinan terblokirnya eksit oleh suatu kebakaran.



Gambar 5.3 Akses Sarana Evakuasi Gedung Perpustakaan

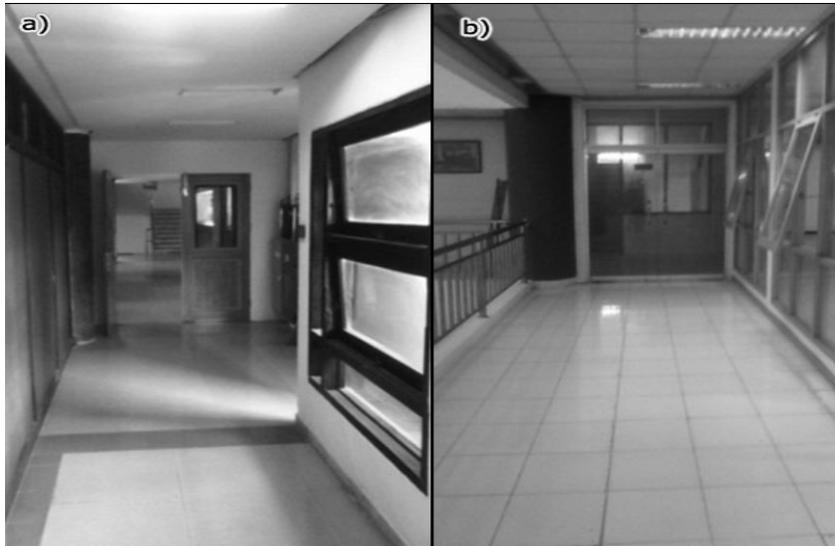
Sedangkan sarana jalan keluar yang tersedia pada gedung Rektorat Universitas Andalas pada lantai dasar dan lantai satu terdiri dari enam akses jalan keluar (gambar 5.4 a). Pada arah utara terdapat empat akses evakuasi dengan dua tangga darurat pada sayap kiri dan kanan. Pada arah selatan terdapat tangga sirkulasi yang digunakan sebagai jalur lalu lintas antar lantai. Artinya, gedung Rektorat telah memenuhi syarat minimum sarana jalan keluar dari setiap lantai dengan batas minimal yaitu empat akses evakuasi. Sedangkan pada lantai dua dan lantai tiga, terdapat empat akses evakuasi, dimana dua tangga berfungsi menjadi tangga darurat dan dua lainnya sebagai tangga sirkulasi. (gambar 5.4 b). Maka pada lantai ini pun gedung Rektorat telah mencapai syarat minimum sarana jalan keluar dari setiap lantai, dengan batas minimal yaitu empat akses evakuasi.



Gambar 5.4 Akses Sarana Evakuasi Gedung Rektorat

Koridor semestinya selalu menyediakan akses menuju tangga darurat tanpa adanya hambatan, salah satunya berupa pintu. Keberadaan pintu akan menghalangi proses evakuasi. Selain itu pintu

sewaktu-waktu juga dapat terkunci dan akan menutup jalur menuju akses jalan keluar. Di dalam gedung Rektorat, terdapat pintu yang menutupi koridor (gambar 5.5 a). Begitu pun pada gedung Perpustakaan, terdapat pintu ganda yang menutupi jalur koridor menuju pintu kebakaran (gambar 5.5 b). Kendati pun tidak dalam keadaan terkunci, keberadaan pintu di dalam koridor akan sangat riskan bila terjadi kondisi darurat di dalam gedung.



Gambar 5.5 Pintu yang Menghalangi Koridor

5.3. Pintu Kebakaran

Pintu kebakaran pada gedung Perpustakaan sangat tidak layak untuk difungsikan. Bahan pintu terbuat dari bahan yang tidak tahan panas, bahkan relatif mudah terbakar. Dalam temuan, pintu kebakaran terbuat dari bahan kayu, sedangkan dua pintu arah timur pada lantai dasar menggunakan bahan kayu dan kaca. Pada bangunan gedung Rektorat terdapat dua pintu kebakaran pada tiap lantai yang langsung menuju tangga darurat. Pintu dengan mudah dapat dikenali karena menggunakan warna yang berbeda dengan pintu lainnya. Seharusnya, di sekitar pintu juga dilengkapi dengan tanda berupa gambar dan tulisan yang mengidentifikasi pintu kebakaran.

Pintu kebakaran pada gedung Rektorat (gambar 5.6 a) terlihat tidak menggunakan alat penutup otomatis. Pintu kebakaran sedianya harus selalu dalam keadaan tertutup atau secara otomatis dapat tertutup dengan menambahkan alat penutup pintu otomatis. Namun, pada pintu tersebut terdapat perintah berupa tulisan: “Pintu Harap Ditutup Kembali” yang tertempel pada pintu untuk selalu menjaga agar kondisi pintu senantiasa dalam keadaan tertutup. Sedangkan pada gedung Perpustakaan (gambar 5.6 b) terjadi penyimpangan pada pintu arah timur. Dari luar, pintu dipasang terali besi dan dikunci dengan gembok. Kondisi ini menunjukkan bahwa jalur evakuasi pada arah timur akan terblokir oleh pintu yang terkunci. Sehingga pada saat situasi darurat, kemungkinan terjebaknya pengguna pada sisi belakang bangunan ini akan besar terjadi.



Gambar 5.6 Pintu Kebakaran pada Gedung Rektorat dan Perpustakaan

6. Analisa Perbandingan

Berdasarkan hasil pengamatan dan penilaian dengan menggunakan perangkat daftar periksa, kemudian dilakukan penghitungan akumulatif terhadap tingkat pemenuhan pada masing-masing variabel yang diamati. Maka berikut diperoleh nilai persentase keandalan:

- a) Tangga kebakaran (33 item penilaian)
 - Perpustakaan → 22 memenuhi/ 11 tidak memenuhi
 - Rektorat → 15 memenuhi/ 18 tidak memenuhi
- b) Akses jalan keluar (21 item penilaian)
 - Perpustakaan → 11 memenuhi/ 10 tidak memenuhi
 - Rektorat → 13 memenuhi/ 8 tidak memenuhi
- c) Pintu kebakaran (21 item penilaian)
 - Perpustakaan → 12 memenuhi/ 9 tidak memenuhi
 - Rektorat → 19 memenuhi/ 2 tidak memenuhi

Secara keseluruhan, dari 75 item penilaian, diperoleh tingkat keandalan sarana penyelamatan jiwa terhadap bahaya kebakaran yang tersedia pada kedua objek penelitian:

- Perpustakaan → 45 memenuhi/ 31 tidak memenuhi
- Rektorat → 47 memenuhi/ 28 tidak memenuhi

Tabel 6.1. Tingkat Keandalan Sarana Penyelamatan Jiwa

Variabel Sarana Penyelamatan Jiwa	Gedung	
	Perpustakaan	Rektorat
Tangga kebakaran	66.67%	45.45%
Akses Jalan Keluar	52.38%	61.90%
Pintu Kebakaran	57.14%	90.48%
	58.73%	65.94%

7. Rekomendasi

Berdasarkan kondisi aktual yang ditemukan di lapangan, selanjutnya diberikan rekomendasi-rekomendasi dalam pemenuhan keandalan sarana penyelamatan jiwa. Sebagaimana ditampilkan

pada Tabel 4.4. untuk gedung Perpustakaan dan Tabel 4.5. terhadap gedung Rektorat Universitas Andalas.

Tabel 7.1. Kondisi Aktual dan Rekomendasi Pemenuhan Sarana Penyelamatan Jiwa pada Bangunan Gedung Rektorat Universitas Andalas

No	Kondisi Aktual	Rekomendasi
Tangga kebakaran		
1	Tangga dan bordes pada lantai lima terlihat diselimuti debu tebal, dinding dipenuhi sarang laba-laba, dan berserakan kotoran pada tepi-tepi tangga yang menimbulkan bau tak sedap.	Melakukan perawatan rutin pada tangga dan bordes. Terutama pada lantai-lantai atas.
2	Tangga diindikasikan digunakan sebagai tempat merokok, karena ditemukan puntung rokok berserakan di sekitar tangga.	Melakukan pengawasan kepada pegawai pengunjung untuk tidak merokok di dalam ruang tangga
3	Tangga menuju lantai dua arah barat sisi belakang bangunan menjadi tempat peletakkan barang.	Mengosongkan bordes dari barang-barang yang tidak terpakai.
4	Ruang di bawah tangga pada lantai dasar sisi belakang bangunan digunakan sebagai gudang.	Mengosongkan ruang di bawah tangga dari benda apapun.
5	Kerusakan pada tangga lantai satu sisi depan bangunan: keramik dan <i>step nosing</i> yang terlepas.	Melakukan perbaikan keramik dan <i>step nosing</i> .
6	Pada lantai dasar rel pegangan tangan pada sisi dinding tidak tersedia.	Memasang rel pegangan tangan sisi dinding pada lantai dasar menuju lantai satu.
7	Rel pegangan tangan terlalu rendah	Memperbaiki posisi ketinggian rel pegangan tangan.
8	Rel pegangan tangan pada lantai terendah tidak berakhir pada jarak satu kedalaman anak tangga melainkan berakhir pada anak tangga terakhir.	Memperbaiki posisi rel pegangan tangan pada lantai terendah agar berakhir pada satu kedalaman anak tangga.
9	Pada bordes tangga, posisi akhir rel pegangan tangan pada sisi dinding terlihat tetap disejajarkan dengan kemiringan tangga.	Memperbaiki posisi rel pegangan tangan agar sejajar dengan lantai.
10	Ruang dalam tangga tidak diberi tanda yang berisi informasi tingkat lantai.	Memberi tanda pada ruang dalam tangga yang berisi informasi tingkat lantai.
Akses Jalan keluar		

11	Pada perbedaan ketinggian lantai pada sarana jalan ke luar yang lebih dari 50 cm, kedalaman anak tangga terlalu sempit, hanya 20 cm.	Kedalaman anak tangga diusahakan lebih dari 30 cm.
12	Pada lantai tiga dan empat terdapat pintu ganda yang menutupi koridor menuju pintu kebakaran.	Tidak memasang pintu pada koridor.
13	Perletakan lift menimbulkan ruang dengan ujung buntu.	Mengubah posisi perletakan lift untuk meniadakan ruang dengan ujung buntu.
14	Eksit pelepasan pada lantai dasar tidak menghadap langsung ke halaman, lapangan atau tempat terbuka.	Merubah posisi eksit pada agar menghadap langsung ke halaman, lapangan atau tempat terbuka.
15	Ruang tertutup untuk eksit pada lantai dasar sisi belakang bangunan dijadikan tempat meletakkan barang.	Tidak meletakkan barang pada ruang eksit.
16	Tanda pengenalan eksit hanya dapat terlihat pada satu sisi saja.	Melakukan penambahan tanda pengenalan eksit agar dapat terlihat dari pelbagai sisi.
17	Dimensi huruf pada tanda eksit terlalu kecil.	Memperbesar dimensi huruf pada tanda eksit.
18	Pada gang, koridor, tangga, maupun jalan lorong menuju tempat aman dan jalan menuju jalan umum, tidak terdapat lampu darurat.	Memasang lampu darurat yang bersifat portable dengan sumber daya baterai.
19	Tidak terdapat tanda "BUKAN EKSIT" pada pintu yang dapat disalahartikan sebagai jalan keluar.	Memasang tanda "BUKAN EKSIT" pada pintu yang dapat disalahartikan sebagai jalan keluar
<i>Pintu Darurat</i>		
20	Pintu terbuat dari bahan yang mudah terbakar.	Mengganti pintu darurat yang terbuat dari bahan tidak mudah terbakar.
21	Pintu tidak dapat menutup sendiri dan tanpa alat penutup otomatis.	Memasang alat penutup otomatis pada pintu.
22	Terdapat kerusakan gagang pintu lantai dua sisi belakang bangunan.	Melakukan perbaikan pada gagang pintu.
23	Salau satu pintu pada lantai dasar sisi belakang bangunan digembok.	Tidak menggembok pintu.
24	Pintu lantai dasar pada arah timur sisi belakang menggunakan anak kunci.	Pintu ganda pada lantai dasar arah timur menggunakan gerendel masing-masing pintu. Agar pelepasan pintu tidak bergantung satu sama lain
25	Pada sepasang pintu lantai dasar arah timur menggunakan dua buah gerendel pada salah satu daun pintu. Sedangkan pintu lainnya tidak menggunakan gerendel. Pelepasan pintu akan bergantung satu sama lain.	Gerendel dipasang pada masing-masing pintu. Agar pelepasan pintu tidak bergantung satu sama lain.
26	Pada satu daun pintu pada lantai dasar arah timur sisi belakang bangunan menggunakan dua buah	Setiap pintu cukup menggunakan satu gerendel. Agar pelepasan pintu tidak

	gerendel yang membutuhkan lebih dari satu cara pelepasan.	lebih dari satu cara pelepasan.
27	Tidak terdapat tanda yang membedakan pintu kebakaran dengan pintu lain.	Memasang tanda pengenal pada pintu darurat.

Tabel 7.2. Kondisi Aktual dan Rekomendasi Pemenuhan Sarana Penyelamatan Jiwa pada Bangunan Gedung Rektorat Universitas Andalas

No	Kondisi Aktual	Rekomendasi
Tangga Darurat		
1	Tangga dan bordes sayap kiri bangunan terlihat tidak terawat. Sampah dan barang-barang menumpuk	Melakukan perawatan rutin pada tangga dan bordes. Terutama pada lantai-lantai atas
2	Tangga diindikasikan digunakan sebagai tempat merokok, karena ditemukan puntung rokok berserakkan di sekitar tangga.	Melakukan pengawasan kepada pegawai dan pengunjung untuk tidak merokok di dalam ruang tangga
3	Tangga lantai satu dan lantai dasar dijadikan menjadi tempat peletakkan barang.	Mengosongkan bordes lantai satu dan lantai dasar arah timur maupun barat dari barang-barang yang menumpuk.
4	Ruang di bawah tangga lantai dasar sayap kanan bangunan menjadi tempat unit AC.	Memindahkan unit AC dari ruang bawah tangga pada lantai dasar arah timur.
5	Ruang di bawah tangga pada lantai dasar arah barat digunakan sebagai gudang.	Mengosongkan ruang di bawah tangga dari benda apapun.
6	Kerusakan pada tangga lantai berupa keramik dan <i>step nosing</i> yang terlepas.	Melakukan perbaikan keramik dan <i>step nosing</i> .
7	Tidak terdapat rel pegangan tangan pada sisi dinding hingga lantai teratas.	Memasang rel pegangan tangan pada sisi dinding, menerus hingga lantai teratas.
8	Ujung rel pegangan tangan menggantung; tidak kembali ke dinding atau lantai.	Mengubah posisi ujung rel pegangan tangan dengan mengembalikannya ke dinding atau lantai.
9	Rel pegangan tangan terlalu tinggi.	Memperbaiki posisi ketinggian rel pegangan tangan yang terlalu tinggi.
10	Diameter rel pegangan tangan terlalu besar.	Mengganti rel pegangan tangan.
11	Tidak terdapat penandaan tingkat lantai di dalam ruang tangga.	Memberi tanda pada ruang dalam tangga yang berisi informasi tingkat lantai.
Akses Jalan keluar		
12	Terdapat pintu ganda yang menutupi koridor menuju pintu kebakaran.	Tidak memasang pintu pada koridor.
13	Eksit pada lantai dasar tidak menghadap	Merubah posisi eksit pada lantai

	langsung ke halaman, lapangan atau tempat terbuka.	dasar agar menghadap langsung ke halaman, lapangan atau tempat terbuka.
15	Pada lantai satu terdapat tumpukan barang di koridor	Tidak meletakkan barang sepanjang koridor.
16	Ruang tertutup untuk eksit pada lantai dasar digunakan untuk tempat meletakkan barang.	Tidak menumpukkan barang pada ruang tertutup untuk eksit.
17	Pada gang, koridor, tangga, maupun jalan lorong menuju tempat aman dan jalan menuju jalan umum, tidak terdapat lampu darurat.	Memasang lampu darurat yang bersifat portable dengan sumber daya baterai.
18	Tidak terdapat tanda "BUKAN EKSIT" pada pintu yang dapat disalahartikan sebagai jalan keluar.	Memasang tanda "BUKAN EKSIT" pada pintu yang dapat disalahartikan sebagai jalan keluar
<i>Pintu Darurat</i>		
20	Pintu tidak dapat menutup sendiri dan tanpa alat penutup otomatis.	Memasang alat penutup otomatis pada pintu
21	Pintu menggunakan jenis pintu dengan anak kunci.	Tidak memasang pintu yang memiliki anak kunci. Sebaiknya pintu menggunakan kunci gerendel.
22	Pada atau dekat lokasi pintu harus dipasang tanda untuk mengenali pintu darurat yang dapat dilihat dengan jelas	Memasang tanda pengenali di dekat pintu.

8. Kesimpulan dan Saran

8.1. Kesimpulan

1. Tingkat keandalan tangga kebakaran pada bangunan gedung Perpustakaan adalah sebesar 66.67 %. Ditinjau dari aspek fisik, dimensi dan perletakkan, tangga kebakaran sudah memenuhi persyaratan. Akan tetapi dari sisi fungsi, perawatan maupun perlengkapan seperti rel pegangan tangan dan penandaan tangga kebakaran masih belum sepenuhnya memenuhi persyaratan.
2. Tingkat keandalan akses jalan keluar pada bangunan gedung Perpustakaan adalah sebesar 52.38 %. Dilihat dari sisi kapasitas, dimensi dan perletakkan, akses jalan keluar sudah memenuhi persyaratan. Akan tetapi perihal fungsi, perletakan, dan perlengkapan menyangkut penandaan dan penerangan, masih belum sepenuhnya memenuhi persyaratan.
3. Tingkat keandalan pintu kebakaran pada bangunan gedung Perpustakaan adalah sebesar 57.14 %. Diamati dari sisi perletakan, dimensi, pintu kebakaran sudah memenuhi persyaratan. Akan tetapi dalam hal fisik, perawatan, fungsi dan perlengkapan, pintu kebakaran masih belum sepenuhnya memenuhi persyaratan.
4. Tingkat keandalan tangga kebakaran pada bangunan gedung Rektorat adalah sebesar 45.45%. Ditinjau dari aspek fisik: bahan, dimensi dan perletakkan, tangga kebakaran sudah memenuhi persyaratan. Akan tetapi dari sisi fungsi, perawatan maupun perlengkapan tangga menyangkut rel pegangan tangan dan penandaan tangga kebakaran masih belum sepenuhnya memenuhi persyaratan.
5. Tingkat keandalan akses jalan keluar pada bangunan gedung Rektorat adalah sebesar 61.90%. Dilihat dari sisi kapasitas, dimensi dan perletakkan, akses jalan keluar sudah

memenuhi persyaratan. Akan tetapi perihal fungsi, perletakan, dan perlengkapan seperti penandaan dan penerangan, masih belum sepenuhnya memenuhi persyaratan.

6. Tingkat keandalan pintu kebakaran pada bangunan gedung Rektorat adalah sebesar 90.48%. Diamati dari sisi perletakan, dimensi, fungsi dan perlengkapan pintu kebakaran sudah memenuhi persyaratan. Hanya pada aspek fisik pintu kebakaran masih belum sepenuhnya memenuhi persyaratan.
7. Secara keseluruhan tingkat keandalan sarana penyelamatan jiwa terhadap bahaya kebakaran pada bangunan gedung Perpustakaan Universitas Andalas adalah sebesar 58.73 % dan pada bangunan gedung Rektorat Universitas Andalas adalah sebesar 65.94 %

8.2. Saran

Kepada pihak pengelola gedung Perpustakaan dan Rektorat Universitas Andalas disarankan untuk memenuhi seluruh persyaratan menyangkut sarana penyelamatan jiwa terhadap bahaya kebakaran serta melakukan perbaikan, pemeriksaan dan pemeliharaan secara berkala terhadap tangga kebakaran, pintu kebakaran dan akses jalan keluar sebagai sarana menyelamatkan diri dari bahaya kebakaran dalam waktu yang cukup dan keamanan yang memadai.

Daftar Kepustakaan

- Departemen Pekerjaan Umum. (2008). *Persyaratan Teknis Sistem Proteksi Kebakaran pada Bangunan Gedung dan Lingkungan*, Indonesia.
- harianhaluan.com. (2011). *Gedung FIP UNP Terbakar*. 18 November 2011.
- Jaya, F. I. (2013). *Studi Proteksi Bangunan terhadap Bahaya Kebakaran*. Universitas Andalas.
- Juwana, J. S. (2005). *Sistem Bangunan Tinggi*. Jakarta: Erlangga.
- Kemenuh. (n.d.). *Pedoman Induk Penanggulangan Darurat Kebakaran dan Bencana Alam*. Jakarta.
- Kreith, F. (1987). *Perpindahan Panas*. In P. Ahmad (Ed.), *Heat Transfer* (3th ed.). Jakarta: Erlangga.
- Lestari, F., & Amaral, Y. (2008). *Audit Sarana Prasarana Pencegahan Penanggulangan dan Tanggap Darurat Kebakaran di Gedung Fakultas X Universitas Indonesia*. *Maraka Teknologi*, 12(1), 55–60.
- Mahmudah, R. (2012). *Evaluasi Keandalan Sistem Proteksi Kebakaran pada Bangunan Gedung (Studi Kasus Gedung Kantor Bupati Indragiri Hilir)*, (November), 1–11.
- Mariska, I. E., & Indrani, H. C. (2010). *Studi Persyaratan Tangga Darurat pada Rumah Toko di Surabaya*. *Dimensi Interior*, 8.
- padangtoday.com. (2014). *Padang Siaga Kebakaran*. 28 Juni 2014. Padang.
- Pamikatsih, R. N. (2010). *Kajian Emergency Exit pada Ramai Mall*. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Poerbo, H. (1999). *Struktur dan Konstruksi Bangunan Tinggi*. Jakarta: Penerbit Djambatan.
- Ramli, S. (2010). *Pedoman Praktis Manajemen Bencana (Disaster Management)*. Jakarta: Dian Rakyat.
- SNI 03-1736-2000. (2000). *Tata Cara Perencanaan Sistem Proteksi Pasif untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran pada Bangunan Rumah dan Gedung*, Indonesia.
- SNI 03-1746-2000. (2000). *Tata Cara Perencanaan dan Pemasangan Sarana Jalan Keluar untuk Penyelamatan terhadap Bahaya Kebakaran pada Bangunan Gedung*, Indonesia.
- SNI 03-6574-2001. (2001). *Tata Cara Perancangan Pencahayaan Darurat, Tanda Arah dan Sistem Peringatan Bahaya pada Bangunan Gedung*, Indonesia.
- Sunarno. (2005). *Mekanikal Elektrikal*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Sunarno. (2006). *Mekanikal Elektrikal (Edisi Lanjutan)*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Sunarno. (2010). *Kajian terhadap Sarana Emergency Exit pada Plasa Ambarukmo Yogyakarta*. Universitas Negeri Yogyakarta.

Pengaruh Faktor Sosial Ekonomi dan Riwayat Kecelakaan terhadap Perilaku Pengemudi Sepeda Motor Indonesia

Leksmono Suryo Putranto

Guru Besar Teknik Sipil Universitas Tarumanagara; lexy_putranto@yahoo.co.id

Rostiana

Rostiana; dutaindah03@yahoo.com

Abstrak

Makalah ini disusun berdasarkan data yang dikumpulkan menggunakan alat ukur perilaku pengemudi sepeda motor Indonesia yang dikembangkan penulis. Alat ukur ini dikembangkan alat ukur berdasarkan *motorcycle rider behaviour questionnaires* (MRBQ) yang telah ada di berbagai negara agar sesuai dengan kondisi sosial, budaya dan ekonomi masyarakat Indonesia. Responden penelitian ini adalah warga Pangkalpinang, Pontianak, Manado dan sekitarnya yang meliputi total 604 responden. Alat ukur perilaku pengemudi sepeda motor Indonesia ini terdiri atas 38 pertanyaan yang dapat dikelompokkan dalam enam kelompok yaitu pelanggaran kecepatan, pelanggaran keselamatan, kesalahan kendali, kesalahan berlalu-lintas, *stunts* dan pelanggaran lalu-lintas. Dalam pengukuran perilaku digunakan skala Likert dari 1 (tidak pernah) hingga 5 (selalu). Secara umum terlihat bahwa responden cenderung pengemudi yang berisiko rendah. Hal itu tercermin pada nilai mean komposit yang tidak satupun lebih dari 3 yang merupakan margin perilaku berisiko rendah dan berisiko tinggi. Terlihat dengan jelas bahwa riwayat kecelakaan secara nyata membedakan nilai mean komposit untuk seluruh kelompok variabel. Hal ini mengindikasikan bahwa kelompok responden yang pernah mengalami kecelakaan dalam satu tahun terakhir ini cenderung lebih berisiko dalam seluruh kelompok variabel. Gender hanya berpengaruh terhadap kelompok variabel pelanggaran kecepatan dan *stunts*. Kelompok umur juga mempengaruhi kelompok variabel pelanggaran kecepatan. Status pernikahan mempengaruhi kelompok variabel kesalahan berlalu-lintas, pelanggaran kecepatan dan *stunts*. Secara mengejutkan ternyata domisili responden berpengaruh pada hampir seluruh kelompok variabel kecuali kesalahan berlalu-lintas. Kelompok responden yang lebih sejahtera yang ditunjukkan dari pengeluaran per bulan yang lebih tinggi (lebih atau sama dengan tiga juta rupiah) cenderung lebih jarang melakukan *stunts* dibandingkan kelompok responden yang memiliki penghasilan lebih rendah (kurang dari tiga juta rupiah).

Kata kunci: sosial ekonomi, kecelakaan, perilaku pengemudi, sepeda motor, Indonesia

1. Pendahuluan

Salah satu butir pilar pertama Rencana Umum Nasional Keselamatan Jalan (RUNK) yaitu manajemen keselamatan jalan mengamanatkan dilaksanakannya riset keselamatan jalan. Di antara riset yang perlu diprioritaskan adalah tentang perilaku pengemudi. Instrumen prediksi perilaku pengemudi (*driver behaviour questionnaire*, DBQ) sudah banyak dikembangkan di berbagai negara. Instrumen perilaku pengemudi sepeda motor (*motorcycle rider behaviour questionnaire*, MRBQ) pun mulai dikembangkan antara lain di Inggris (Elliot et al, 2007) dan Iran (Motevalian et al, 2011) namun belum diteliti seluas DBQ. Mengingat perilaku, termasuk perilaku pengemudi sangat dipengaruhi kondisi sosial, budaya dan ekonomi masyarakatnya, maka instrumen prediksi perilaku pengemudi yang telah dikembangkan di negara lain tidak serta merta sesuai bila dipergunakan di Indonesia.

2. Tujuan

Pada makalah ini akan dikaji pengaruh faktor sosial ekonomi dan riwayat kecelakaan terhadap perilaku pengemudi sepeda motor Indonesia.

3. Batasan masalah

Faktor sosial ekonomi yang dikaji dibatasi pada gender, kelompok usia, pengeluaran per bulan, domisili, asal daerah dan status pernikahan.

Riwayat kecelakaan yang didata hanyalah keterlibatan dalam kecelakaan dalam satu tahun terakhir.

Cakupan wilayah studi adalah kota Pangkal Pinang dan sekitarnya, kota Pontianak dan sekitarnya serta kota Manado dan sekitarnya.

4. Tinjauan Pustaka

Terdapat sejumlah *driver behaviour questionnaire* (DBQ) yang telah dikembangkan di manca negara. Di antaranya adalah Manchester DBQ (Latwon et al, 1997). Responden diminta menjawab dari skala 1 (tidak pernah) hingga 6 (hampir selalu) tentang seberapa sering responden bersikap agresif, melakukan pelanggaran biasa, melakukan kesalahan dan melakukan penyimpangan.

Sebelumnya Furnham dan Saipe (1993) mengembangkan DBQ khusus untuk membedakan kelompok pengemudi yang pernah dan belum pernah dihukum akibat pelanggaran lalu-lintas. Horwood dan Fergusson (2000) dalam penelitian mengenai hubungan antara mengemudi dalam pengaruh minuman beralkohol dengan kecelakaan lalu-lintas di kalangan pengemudi muda (usia 21 tahun) di Selandia Baru memanfaatkan DBQ yang dikembangkan Reason et al (1991) untuk kondisi Inggris dengan penyesuaian terhadap kondisi Selandia Baru. Xie dan Parker (2002) mempertimbangkan budaya Cina saat memodifikasi Manchester DBQ. Hasilnya keakuratan prediksi pelanggaran aturan lalu-lintas meningkat secara nyata. Salah satu contoh faktor budaya yang khas negara Asia adalah kebiasaan mengidentifikasi diri sebagai rekan orang penting untuk menghindari penangkapan petugas polisi lalu-lintas. Faktor budaya juga dipertimbangkan oleh Lajunen et al (2004) saat menggunakan Manchester DBQ untuk penelitian di Belanda dan Finlandia. Sullman et al (2002) menemukan bahwa DBQ untuk pengemudi kendaraan roda empat dapat diterapkan untuk pengemudi truk di Selandia Baru.

Reason et al (1990) mendefinisikan pelanggaran sebagai penyimpangan yang sengaja dilakukan terhadap praktek yang dipercaya dibutuhkan untuk menjamin operasi yang selamat dari suatu sistem yang berpotensi membahayakan. Reason et al (1990) mendefinisikan kesalahan sebagai kegagalan suatu aksi terencana untuk mencapai konsekuensi yang diniatkannya. Kesalahan diklasifikasikan lebih lanjut menjadi *slips* dan *lapses* (penyimpangan yang tidak disadari dari sebuah aksi terhadap niatnya, perilaku yang tidak diniatkan) versus *mistakes* (beralihnya suatu aksi yang direncanakan dari beberapa jalur yang memuaskan menuju tujuan yang diinginkan, yaitu niat untuk berperilaku dengan cara tertentu yang tidak patut). Definisi ini dinyatakan saat DBQ dikembangkan.

Dengan mempertimbangkan perbedaan karakteristik pengemudi sepeda motor dibandingkan pengemudi mobil, pada pengembangan *motorcycle rider behaviour questionnaire* (MRBQ), Elliotts et al (2007) mengekstraksi 43 indikator dalam 5 komponen, yaitu kesalahan berlalu-lintas, pelanggaran kecepatan, *stunts*, kesalahan kendali, perlengkapan keselamatan. Pada MRBQ Iran (Motevalian et al, 2011), empat komponen pertamanya sama dengan MRBQ Inggris, yaitu kesalahan berlalu-lintas, pelanggaran kecepatan, *stunt* dan kesalahan kendali, tapi perlengkapan keselamatan tidak dimasukkan karena penggunaan perlengkapan pelindung pengemudi sepeda motor tidak lazimi di Iran. Sebagai penggantinya di MRBQ Iran ditambahkan 2 komponen lain yaitu pelanggaran keselamatan dan pelanggaran lalu-lintas. *safety violations and traffic violations*. Di MRBQ Australia (Sakashita et al, 2014), terdapat 4 komponen. yaitu, kesalahan (tanpa perbedaan antara kesalahan berlalu-lintas dan kesalahan kendali), pelanggaran kecepatan, *stunts* perlengkapan perlindungan (mirip dengan perlengkapan keselamatan).

Alih-alih mengembangkan MRBQ Tiongkok, Cheng et al (2010) mengembangkan instrumen CMRDV (*Chinese Motorcycle Rider Driving Violation*). Instrumen ini hanya memiliki 2 komponen, yaitu pelanggaran agresif dan pelanggaran biasa.

5. Metode penelitian

Kegiatan pengumpulan dilaksanakan di 3 kota dari 5 kota yang awalnya diusulkan. Mengingat dana yang disetujui tidak sesuai yang diusulkan, maka dilakukan modifikasi sebagaimana dijelaskan pada Tabel 1.

Tabel 1. Modifikasi Jumlah/ Lokasi Kota dan Jumlah Responden

Usulan Penelitian		Pelaksanaan Penelitian	
Kota	Jumlah Responden	Kota	Jumlah Responden
Pontianak	120	Pontianak	203
Manado	120	Manado	200
Medan	120	Pangkal Pinang	201
Surabaya	120		
Ambon	120		
Total	600		604

Terlihat bahwa walaupun jumlah kota dikurangi namun jumlah total responden diupayakan sekurang-kurangnya 600 orang. Akhirnya terkumpul 604 responden. Pontianak (mewakili Kalimantan) dan Manado (mewakili Sulawesi). Kota Pontianak dan Kota Manado dipertahankan karena tersedia mitra peneliti di daerah yang membantu dengan dukungan mahasiswa setempat. Medan (mewakili Pulau Sumatra) ditukar dengan Pangkal Pinang yang memiliki ciri khas perilaku pengemudi sepeda motor (rasio gender yang relatif seimbang serta pengemudi usia muda). Pengetahuan mengenai perilaku pengemudi di Pulau Jawa dapat diwakili oleh dua penelitian awal oleh Tim di Jakarta (Putranto dan Anjaya, 2014) serta (Putranto et al, 2014). Bahkan kuesioner yang digunakan di Pontianak, Pangkal Pinang dan Manado merupakan hasil penyempurnaan dari kuesioner yang digunakan di Jakarta. Di antaranya dengan mengkombinasikan indikator yang *favourable* dan *unfavourable* dalam kuesioner untuk menghindari jawaban responden yang cenderung mengikuti norma yang dianggap baik oleh masyarakat (*social desirability*).

Alat ukur perilaku pengemudi sepeda motor Indonesia ini terdiri atas 38 pertanyaan yang dapat dikelompokkan dalam enam kelompok yaitu pelanggaran kecepatan, pelanggaran keselamatan, kesalahan kendali, kesalahan berlalu-lintas, *stunts* dan pelanggaran lalu-lintas. Dalam pengukuran perilaku digunakan skala Likert dari 1 (tidak pernah) hingga 5 (selalu).

6. Rangkuman data

Rasio gender di Pangkal Pinang antara pengemudi sepeda motor laki-laki dan pengemudi sepeda motor perempuan adalah seimbang (sekitar 1:1). Hal ini tidak terjadi di kota lain yang menjadi sampel yaitu Pontianak (sekitar 2:1) dan Manado (sekitar 3:1). Untuk itu rasio responden di setiap kota disesuaikan dengan rasio gender pengemudi sepeda motor setempat. Pada waktu penelitian pendahuluan dilaksanakan di kampus Universitas Tarumanagara, Jakarta dengan sampel mahasiswa dan mahasiswi, dengan mudah diperoleh perbandingan 2:1. Namun hal berbeda terjadi saat sampel yang diambil adalah karyawan/ dosen laki-laki dan karyawan/ dosen perempuan maka diperoleh perbandingan 10:1. Untuk itu kepada surveyor di 3 kota (Pontianak, Pangkal Pinang dan Manado) dipesankan agar melibatkan responden dari berbagai usia dan kalangan. Akhirnya diperoleh rasio yang mendekati target awal, yaitu masing-masing sekitar 55:45 di Pangkal Pinang, 65:35 di Pontianak dan 73:27 di Manado. Secara keseluruhan gabungan 3 kota, rasio gendernya sekitar 64:36.

Responden di Pangkal Pinang berusia di antara 14 hingga 60 tahun dengan mean 23,1 tahun. Walaupun responden di bawah usia kepemilikan SIM C (17 tahun) hanya 5 orang, namun ini mengindikasikan bahwa ada tekanan sosial untuk menggunakan sepeda motor pada usia sedini mungkin. Responden di Pontianak berusia di antara 18 hingga 55 tahun dengan mean 24,7 tahun. Responden di Manado berusia di antara 16 hingga 67 tahun dengan mean 26,6 tahun. Responden di bawah usia kepemilikan SIM C ada 3 orang. Secara keseluruhan responden di 3 kota memiliki mean 24,8 tahun.

Mengingat mean usia responden yang relatif rendah hanya 18% responden di Pangkal Pinang, 23% responden di Pontianak dan 35% responden di Manado yang berstatus menikah. Secara keseluruhan di 3 kota hanya sekitar 25% responden yang berstatus menikah.

Hanya sekitar 4% responden di Pangkal Pinang berasal dari luar Provinsi Bangka Belitung. Di Pontianak, hanya sekitar 5% responden berasal dari luar Provinsi Kalimantan Barat. Sementara itu sekitar 21% responden di Manado berasal dari luar Provinsi Sulawesi Utara. Secara keseluruhan, di 3 kota sekitar 10% responden berasal dari luar Provinsi masing-masing.

Sekitar 73% responden di Pangkal Pinang, tinggal di luar Pangkal Pinang. Sementara itu hanya 3% responden di Pontianak tinggal di luar Pontianak dan hanya 27% responden di Manado. Hal ini mengindikasikan luas administratif kota Pangkal Pinang yang amat terbatas. Secara keseluruhan di 3 kota, sekitar 34 % responden tinggal di luar ibu kota Provinsi.

Karena mean usia responden yang muda di 3 kota, maka sebagian besar responden berpergeluaran di bawah satu juta rupiah (65%). Perinciannya adalah 69 % di Pangkal Pinang, 73% di Pontianak dan 56% di Manado. Hal ini mungkin menunjukkan pengaruh sosial budaya terhadap kecenderungan pengeluaran bulanan.

Secara keseluruhan di 3 kota, 75% lebih responden belum pernah mengalami kecelakaan setahun terakhir ini. Perinciannya adalah masing-masing 83% di Pangkal Pinang dan Pontianak serta 62% di Manado.

7. Analisis

Analisis statistika yang dilakukan adalah uji selisih mean dengan prosedur yang serupa dengan yang telah dilaporkan oleh Putranto et al (2014). Hasilnya dirangkum pada Tabel 6.2. sampai dengan Tabel 6.7. untuk gabungan 3 kota. Secara umum terlihat bahwa responden cenderung pengemudi yang berisiko rendah. Hal itu tercermin pada nilai mean komposit yang tidak satupun lebih dari 3 yang merupakan margin perilaku berisiko rendah dan berisiko tinggi.

Tabel 6.2. Uji Selisih Nilai Mean Komposit berdasarkan Gender untuk Gabungan Kota

Gender	N	Nilai Mean Komposit					
		Kesalahan Lalu-Lintas	Pelanggaran Kecepatan	<i>Stunts</i>	Kesalahan Kendali	Pelanggaran Keselamatan	Pelanggaran Lalu-Lintas
Laki-Laki	389	1,992	2,000	1,252	2,027	1,877	1,833
Perempuan	215	1,962	1,803	0,081	1,991	1,803	1,658
Selisih Mean		0,030	0,197	0,171	0,036	0,074	0,175
Taraf Nyata		0,483	<0,001	<0,001	0,494	0,112	<0,001
Beda Nyata?		Tidak	Ya	Ya	Tidak	Tidak	Ya

Tabel 6.3. Uji Selisih Nilai Mean Komposit berdasarkan Kelompok Umur untuk Gabungan Kota

Kelompok Umur	N	Nilai Mean Komposit					
		Kesalahan Lalu-Lintas	Pelanggaran Kecepatan	<i>Stunts</i>	Kesalahan Kendali	Pelanggaran Keselamatan	Pelanggaran Lalu-Lintas
<40 tahun	542	1,993	1,956	1,200	2,023	1,857	1,771
≥ 40 tahun	62	1,874	1,702	1,108	1,939	1,798	1,771
Selisih Mean		0,119	0,254	0,092	0,084	0,059	<0,001
Taraf Nyata		0,076	0,003	0,081	0,244	0,444	0,999
Beda Nyata?		Tidak	Ya	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak

Tabel 6.4. Uji Selisih Nilai Mean Komposit berdasarkan Status Pernikahan untuk Gabungan Kota

Status Pernikahan	N	Nilai Mean Komposit					
		Kesalahan Lalu-Lintas	Pelanggaran Kecepatan	<i>Stunts</i>	Kesalahan Kendali	Pelanggaran Keselamatan	Pelanggaran Lalu-Lintas
Tdk Menikah	451	2,010	1,984	1,217	2,024	1,842	1,771
Menikah	153	1,895	1,769	1,113	1,987	1,877	1,770
Selisih Mean		0,125	0,215	0,114	0,037	-0,035	0,001
Taraf Nyata		0,014	<0,001	0,006	0,500	0,517	0,982
Beda Nyata?		Ya	Ya	Ya	Tidak	Tidak	Tidak

Tabel 6.5. Uji Selisih Nilai Mean Komposit berdasarkan Asal Daerah untuk Gabungan Kota

Asal Daerah	N	Nilai Mean Komposit					
		Kesalahan Lalu-Lintas	Pelanggaran Kecepatan	<i>Stunts</i>	Kesalahan Kendali	Pelanggaran Keselamatan	Pelanggaran Lalu-Lintas
Luar Prov.	61	2,000	2,008	1,120	2,075	1,980	1,777
Dalam Prov.	543	1,979	1,921	1,199	2,007	1,836	1,770
Selisih Mean		0,021	1,087	-0,079	0,068	0,144	0,007
Taraf Nyata		0,757	0,315	0,184	0,423	0,061	0,932
Beda Nyata?		Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak

Tabel 6.6. Uji Selisih Nilai Mean Komposit berdasarkan Domisili untuk Gabungan Kota

Domisii	N	Nilai Mean Komposit					
		Kesalahan Lalu-Lintas	Pelanggaran Kecepatan	<i>Stunts</i>	Kesalahan Kendali	Pelanggaran Keselamatan	Pelanggaran Lalu-Lintas
Luar Ibu kota	207	2,003	2,069	1,280	2,132	1,941	1,847
Ibu Kota	397	1,970	1,857	1,144	1,953	1,804	1,804
Selisih Mean		0,033	0,212	0,136	0,179	0,137	0,043
Taraf Nyata		0,431	<0,001	0,003	0,001	0,005	0,022
Beda Nyata?		Tidak	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya

Tabel 6.7. Uji Selisih Nilai Mean Komposit berdasarkan Pengeluaran per Bulan untuk Gabungan Kota

	N	Nilai Mean Komposit					
		Kesalahan Lalu-Lintas	Pelanggaran Kecepatan	<i>Stunts</i>	Kesalahan Kendali	Pelanggaran Keselamatan	Pelanggaran Lalu-Lintas
≥ Rp. 3 Juta	48	2,038	2,030	1,375	2,171	1,973	1,963
< Rp. 3 Juta	556	1,976	1,921	1,175	2,001	1,840	1,754
Selisih Mean		0,062	0,109	0,200	0,170	0,139	0,209
Taraf Nyata		0,417	0,259	0,037	0,072	0,105	0,064
Beda Nyata?		Tidak	Tidak	Ya	Tidak	Tidak	Tidak

Tabel 6.8. Uji Selisih Nilai Mean Komposit berdasarkan Riwayat Kecelakaann untuk Gabungan Kota

Riwayat Kecelakaan	N	Nilai Mean Komposit					
		Kesalahan Lalu-Lintas	Pelanggaran Kecepatan	<i>Stunts</i>	Kesalahan Kendali	Pelanggaran Keselamatan	Pelanggaran Lalu-Lintas
Celaka ≥0	146	2,088	2,205	1,345	2,137	1,968	1,952
Celaka =0	458	1,947	1,842	1,142	1,975	1,814	1,713
Selisih Mean		0,135	0,363	0,203	0,162	0,154	0,239
Taraf Nyata		0,003	<0,001	<0,001	0,007	0,004	<0,001
Beda Nyata?		Ya	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya

Perilaku *stunts* cenderung memiliki nilai mean komposit rendah karena jarang dipraktikkan pengemudi pada umumnya. Bahkan nilai mean kompositnya konsisten <1,400.

Terlihat dengan jelas bahwa riwayat kecelakaan (Tabel 6.8) secara nyata membedakan nilai mean komposit untuk seluruh kelompok variabel. Hal ini mengindikasikan bahwa kelompok responden yang pernah mengalami kecelakaan dalam satu tahun terakhir ini cenderung lebih berisiko dalam seluruh kelompok variabel.

Gender hanya berpengaruh terhadap kelompok variabel pelanggaran kecepatan dan *stunts* (Tabel 6.2.). Hal ini mengindikasikan bahwa perilaku agresif sangat dipengaruhi gender. Laki-laki cenderung lebih kerap melakukan pelanggaran kecepatan dan mempraktekkan *stunts* dibandingkan perempuan.

Kelompok umur juga mempengaruhi kelompok variabel pelanggaran kecepatan (Tabel 6.3.). Responden pada kelompok umur dewasa muda (18-39 tahun) cenderung lebih sering melakukan pelanggaran kecepatan dibandingkan kelompok umur dewasa madaya (40-60 tahun).

Status pernikahan mempengaruhi kelompok variabel kesalahan berlalu-lintas, pelanggaran kecepatan dan *stunts* (Tabel 6.4.). Responden yang belum menikah atau telah mendunda/ menjanda cenderung lebih kerap melakukan perilaku berisiko di tiga kelompok variabel ini dibandingkan responden yang menikah.

Secara mengejutkan ternyata domisili responden berpengaruh pada hampir seluruh keompok variabel kecuali kesalahan berlalu-lintas (Tabel 6.6.). Responden yang berdomisili di luar Ibu Kota Provinsi cenderung lebih kerap melakukan pelanggaran kecepatan, perilaku *stunts*, kesalahan kendali, pelanggaran keselamatan. Faktor pengaruh jarak tempuh dalam melakukan kegiatan menuju Ibu Kota barangkali dapat menjelaskan meskipun responden yang berdomisili di luar Ibu Kota Provinsi tidak serta-merta beraktivitas di pusat kota.

Hasil yang juga di luar dugaan adalah kelompok responden yang lebih sejahtera yang ditunjukkan dari pengeluaran per bulan yang lebih tinggi (lebih atau sama dengan tiga juta rupiah) cenderung lebih sering melakukan *stunts* dibandingkan kelompok responden yang memiliki penghasilan lebih rendah (kurang dari tiga juta rupiah). Hal ini dapat dilihat pada Tabel 6.7.

8. Kesimpulan

Dari pembahasan makalah ini dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Responden pada penelitian ini 172variable jarang mengendari sepeda motor secara berisiko. Hal ini tercermin dari nilai mean komposit yang konsisten dibawah tiga yang merupakan peralihan dari perilaku aman menuju perilaku berisiko.
2. *Stunts* yang jarang dilakukan oleh pengemudi pada umumnya secara konsisten memiliki nilai mean komposit rendah dibawah 1,400.
3. Kelompok responden yang pernah mengalami kecelakaan dalam satu tahun terakhir ini cenderung lebih berisiko dalam seluruh kelompok 172variable.
4. Laki-laki cenderung lebih kerap melakukan pelanggaran kecepatan dan mempraktekkan *stunts* dibandingkan perempuan.
5. Responden pada kelompok umur dewasa muda (18-39 tahun) cenderung lebih sering melakukan pelanggaran kecepatan dibandingkan kelompok umur dewasa madaya (40-60 tahun)..
6. Responden yang belum menikah atau telah mendunda/ menjanda cenderung lebih kerap melakukan perilaku berisiko kesalahan lalu-lintas, pelanggaran kecepatan dan *stunts* dibandingkan responden yang menikah.
7. Asal daerah responden tidak mempengaruhi kekerapan melakukan perilaku berisiko tertentu.
8. Responden yang berdomisili di luar Ibu Kota Provinsi cenderung lebih kerap melakukan pelanggaran kecepatan, perilaku *stunts*, kesalahan kendali, pelanggaran keselamatan.
9. Di luar dugaan kelompok responden yang lebih sejahtera yang ditunjukkan dari pengeluaran per bulan yang lebih tinggi cenderung lebih kerap melakukan *stunts* dibandingkan kelompok responden yang memiliki penghasilan lebih rendah.

Daftar Kepustakaan

Cheng, A.S., Ng, T.C. (2010). Development of a Chinese Motorcycle Rider Driving Violation Questionnaire. *Accident Analysis and Prevention* 42, 1250-1256.

Elliot, M.A., Bughan, C.J., Sexton, B.F. (2007). Errors and violations in relation to motorcyclists' crash risk. *Accident Analysis and Prevention* 39, 491-499.

Furnham, A., Saip, J., (1993). Person. Individ. Diff, Vol. 14, No. 2. Personality Correlates of Convicted Drivers. Great Britain

- Kurniawan, J. (2013) Karakteristik Pengemudi dalam Kaitannya dengan Gangguan Eksternal. Skripsi Sarjana Teknik Sipil Universitas Tarumanagara (tidak diterbitkan).
- Lajunen, T., Parker, D., Summala, H. (2004). Accident Analysis and Prevention 36. The Manchester Driver Behaviour Questionnaire: a cross-cultural study.
- Lawton, R., Parker, D., Stradling, S., Manstead, A. (1997). Journal of Applied Social Psychology. The role of affect in predicting social behaviours : The case of road traffic violations.
- Motevalian, S.A., Asadi-Lari, M., Rahimi, Eftekhar, M. (2011). Validation of Persian Version of Motorcycle Rider Behavior Questionnaires. *55th AAAM Annual Conference Annals of Advances in Automotive Medicine October 3-5, 2011*.
- Putranto, L.S., Setyarini, N.P.S.E., Rostiana, Bunawan, R. (2014). Proceeding of the 16th International Symposium of Inter University Transportation Study Forum. Motorcycle Rider Behaviour of Tarumanagara University Lecturer and Employee. Jember: Universitas Jember, Indonesia.
- Putranto, L.S., Suardika, G.P., Sunggiardi, R., Munandar, A.S., dan Lutfi, I. (2011). Proceeding of the 9th Eastern Asia Society for Transportation Studies (EASTS) Conference. The Performance of Motorcycle Lanes in Jakarta and Sragen. Jeju, South Korea
- Reason, J., Manstead, A., Stradling, S., Baxter, J., Campbell, K. (1990). Errors and violations on the road: a real distinction? *Ergonomics* 33, 1315-1332.
- Reason, J., Manstead, A., Stradling, S., Parker, D., Baxter, J., (1991). Transport Research Laboratory, Crowthorne. The Social and Cognitive Determinants of Aberrant Driving Behaviour, Contractors Report 253.
- Skashita, C. Senserrick, T, Lo, S. Boufous, S. De Rome, L., Ivers, R. (2014). *The Motorcycle Rider Behavior Questionnaire: Psychometric properties and application amongst novice riders in Australia. Transportation Research Part F* 22, 126-139.
- Sullman, M.J.M., Meadows, M.L., Pajo, K.B. (2002). Transportation Research Part F 5. Aberrant driving behaviours amongst New Zealand truck drivers.
- Xie, C.Q., Parker, D. (2002). Transportation Research Part F 5. A social psychological approach to driving violations in two Chinese cities.

Studi Korelasi antara Lendutan Falling Weight Deflectometer dengan Benkelmen Beam

Andi Mulya Rusli

Direktorat Jendral Bina Marga dan Mahasiswa Pasca Sarjana, Universitas Andalas,
andimulyarusli@pu.go.id

Angelalia Roza

²Pengajar, Institut Teknologi Padang, *angelaliaroza@gmail.com*

Purnawan

³Pengajar, Universitas Andalas, *purnawan@ft.unand.ac.id*

Elsa Eka Putri

Pengajar, Universitas Andalas, *elsaeka@ft.unand.ac.id*

Abstrak

Kementerian Pekerjaan Umum mengeluarkan Manual Disain Perkerasan Jalan tahun 2013 (MDP) yang mengacu pada manual perkerasan jalan yang dikeluarkan oleh AUSTRROAD, dimana menghitung tebal perkerasan menggunakan nilai lendutan dari alat Falling Weight Deflectometer (FWD). Karena harganya yang mahal, ketersediaan alat FWD di Indonesia masih terbatas, dan umumnya masih menggunakan alat Benkelman Beam (BB), yang jauh lebih murah dari FWD, untuk mengukur lendutan. Sehingga lendutan yang diukur dengan alat BB harus di konversi menjadi lendutan FWD melalui faktor standarisasi lengkung (CSF). Dalam CSF, Lendutan BB disamakan dengan Lendutan Deflectograph karena di Australia, negara asal AUSTROD, lebih banyak menggunakan Deflectograph dibandingkan BB. Sehingga, perlu dilakukan penelitian tentang korelasi antara nilai lendutan BB dengan nilai lendutan FWD.

Penelitian bertujuan untuk memodelkan korelasi antara nilai lendutan BB dengan nilai Lendutan alat FWD. Penelitian dilakukan dengan menggunakan alat BB dan alat FWD jenis Dynatest 8002. Pengujian dilakukan pada 3 lokasi perkerasan *Asphalt Concrete (AC)* di kota Padang, yaitu: Perkerasan satu lapis Jalan DPR, Perkerasan dua lapis jalan Bandara Internasional Minang Kabau, dan Perkerasan tiga lapis jalan By Pass. Masing-masing lokasi dilakukan 40 titik pengujian, sehingga terdapat 120 data.

Data lendutan BB, tebal aspal dan lendutan FWD di analisa dengan uji statistik dengan lendutan BB (X_1) dan tebal aspal (X_2) terhadap lendutan FWD (Y). Dari analisa, didapat persamaan $Y = 0,7438X_1 + 0,000321X_2 + 0,235$, Y nilai lendutan FWD (mm), X_1 nilai lendutan BB (mm) dan X_2 tebal aspal (mm), dengan koefisien determinasi $r^2 = 0,75$. Hasil penelitian ini diharapkan dapat diaplikasikan terutama untuk menyiasati keterbatasan alat FWD.

Kata kunci: Korelasi, Regresi

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

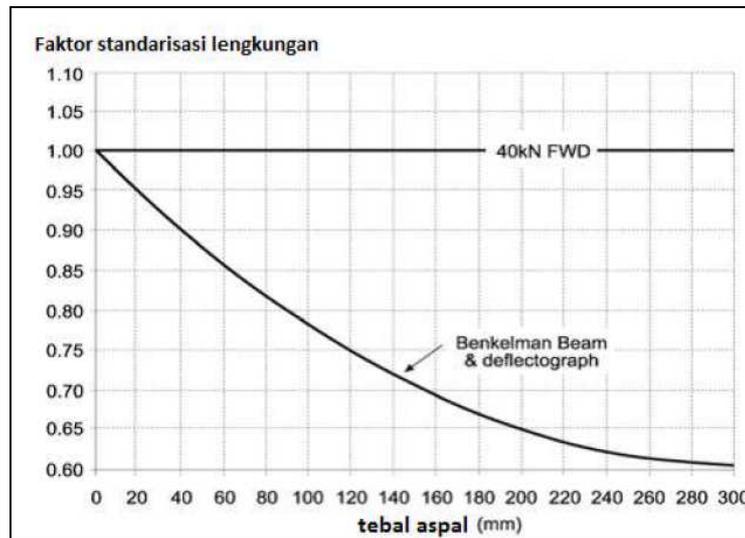
Metoda mengenai perencanaan jalan terus berkembang. Salah satunya adalah Metoda Perencanaan Lapis Tambahan (overlay) pada perkerasan lentur. Perencanaan lapis tambahan memerlukan nilai lendutan sebagai data masukan. Lendutan dari perkerasan jalan mencerminkan kekuatan sisa perkerasan yang ada, yang diukur dengan menggunakan alat *Falling Weight Deflectometer (FWD)* atau dengan menggunakan alat *Benkelman Beam (BB)* (Bina Marga 2005)

Nilai lendutan FWD adalah data masukan yang paling sering digunakan, hal ini disebabkan oleh data FWD dapat digunakan untuk semua jenis struktur dan material perkerasan, dan dapat

digunakan dalam berbagai kondisi iklim (DOH, 2000). Pengukuran lentutan dengan alat BB dilakukan secara manual, sedangkan pengukuran lentutan dengan alat FWD dilakukan secara semi otomatis. Sehingga pengukuran lentutan dengan cepat dan akurat, alat FWD adalah pilihan yang bisa diterima (Widodo dan Adji, 1994).

1.2. Perumusan Masalah

Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum, mengeluarkan Manual Disain Perkerasan Jalan tahun 2013 (MDP 2013) yang sudah mengacu pada metoda Analitik, dimana untuk merencanakan tebal lapis tambahan dengan metoda lentutan, lebih diutamakan dengan menggunakan nilai lentutan dari alat FWD. Metoda ini mengacu pada manual perkerasan jalan yang dikeluarkan oleh AUSROAD pada tahun 2008, sehingga terdapat beberapa parameter perencanaan yang tidak sepenuhnya sesuai untuk tipe perkerasan di Indonesia. Salah satunya adalah faktor standarisasi lengkung (Gambar 1). Dalam MDP 2013, lentutan yang diukur dengan menggunakan BB harus di konversi menjadi Lentutan FWD. sehingga muncul beberapa permasalahan:



Gambar 1 Faktor Standarisasi Lengkung dalam MDP 2013

- Dalam faktor standarisasi lengkung yang terdapat dalam Manual Disain Perkerasan 2013, nilai Lentutan BB disamakan dengan nilai Lentutan Deflectograph. Hal ini disebabkan oleh alat Deflectograph lebih banyak digunakan di Australia, sedangkan di Indonesia masih menggunakan alat BB.
- Harga alat FWD yang mahal, dan jumlahnya masih terbatas di Indonesia.
- Alat BB harganya relatif murah, dan ketersediaannya ada di semua daerah di Indonesia.
- Untuk menjawab permasalahan di atas, perlu dilakukan penelitian untuk mencari korelasi antara nilai lentutan dari alat BB dengan nilai lentutan dari alat FWD.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk memodelkan korelasi antara nilai lentutan dari alat Benkelman Beam (BB) dengan nilai Lentutan dari alat Falling Weight Deflectometer (FWD).

1.4. Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini, diharapkan dapat membantu pihak-pihak terkait dalam menentukan lentutan FWD dari hasil pengujian lentutan BB, yang akan digunakan dalam menghitung tebal perkerasan jalan.

1.5. Batasan Masalah

Mengingat keterbatasan waktu dan biaya, penelitian ini dibatasi pada:

- Penelitian dilakukan pada perkerasan lentur jenis *Asphalt Concrete* (AC).
- Penelitian dilakukan pada 3 titik sampel, yaitu:

- Perkerasan satu lapis, pada Jalan DPR kota Padang,
 - Perkerasan dua lapis, pada jalan Simpang Duku – Bandara Internasional Minang Kabau
 - Perkerasan tiga lapis, pada jalan By Pass Kota Padang
- c. Masing-masing sampel dilakukan pengujian sebanyak 40 titik.
- d. Dalam penelitian ini, faktor suhu permukaan permukaan aspal dapat diabaikan.
- e. Penelitian dilakukan dengan menggunakan alat BB dan alat FWD jenis Dynatest Model 8002 FWD.

2. Tinjauan Pustaka

Pada tahun 2001, Kementerian Transportasi dan Komunikasi, Direktorat Jalan Raya (DOH), Kerajaan Thailand melakukan penelitian mengenai penerapan alat FWD dan pengembangan metoda analisis dalam perencanaan perkerasan di Thailand. DOH melakukan komparasi terhadap hasil pengukuran dengan alat FWD dan alat BB. Perbandingan dilakukan terhadap nilai lentutan balik yang dihasilkan oleh alat BB dilapangan (Rebound Method) dan lentutan dipusat beban pada alat FWD. penelitian dilakukan pada 75 seksi jalan yang tersebar pada 5 region di Negara Thailand. Dari hasil pengujian dilapangan, ditemukan rasio perbandingan Antara lentutan BB dengan FWD berkisar antara 0.15 dan 3.99. dari rasio ini sulit untuk ditemukan hubungannya, sehingga dalam analisisnya, DOH hanya menggunakan lentutan BB dan FWD dengan rasio berkisar 0.3 Dan 1.46.

Dari hasil penelitian yang dilakukan, didapat persamaan untuk memprediksikan lentutan balik BB berdasarkan data lentutan FWD, tebal lapisan aspal (AC), dan tebal lapisan perkerasan (tebal AC + Base + Sub Base), dengan nilai determinasi (R^2) sebesar 0.63. Dari variabel yang digunakan oleh DOH, terdapat variabel bebas yang memiliki korelasi yang kuat, yaitu tebal lapisan aspal (AC), dan tebal lapisan perkerasan (tebal AC + Base + Sub Base). Dimana tebal aspal (AC) di gunakan pada dua variabel tersebut, sehingga memungkinkan terjadinya multikolinearitas.

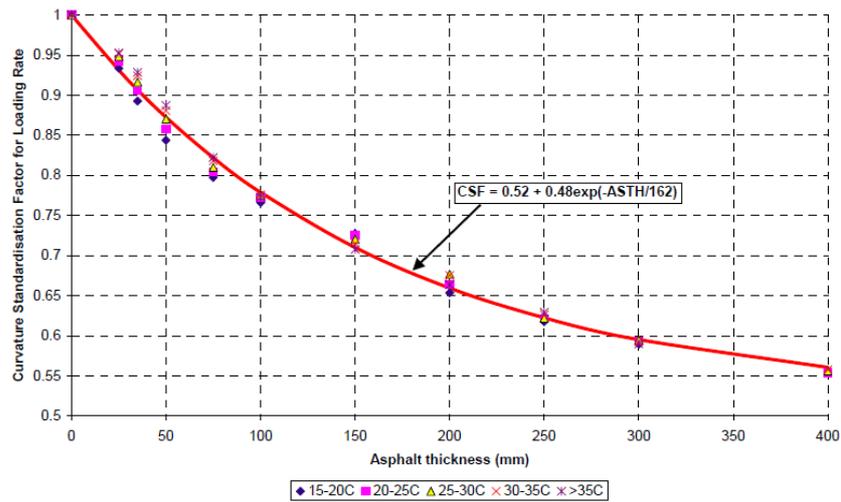
Pada tahun 2008, AUSTROAD mengeluarkan sebuah grafik standarisasi lentutan yang dihasilkan dari alat BB dan Deflectograph menjadi lentutan FWD dengan beban 40 kN. Standarisasi ini bertujuan untuk mempermudah dalam melakukan perencanaan perkerasan lentur dengan pengambilan data lentutan dengan alat BB dan Deflectograph. Dalam penelitiannya, AUSTROAD mencari hubungan Antara lentutan yang dihasilkan oleh alat FWD dengan alat Deflectograph, dimana alat ini sering dipakai di Negara Australia. Dalam menentukan persamaan korelasi lentutan FWD dengan Deflectograph, AUSTROAD mengacu pada hasil penelitian yang dilakukan oleh Jameson, Clyton, dan Tapper pada tahun 2001, yang melakukan penelitian tentang lengkung lentutan alat FWD dan Deflectograph pada enam lokasi di kota Melbourne. penelitian dilakukan menggunakan Deflectohraph dengan beban non standar yaitu sebesar 9,2 Ton, dan di normalisasikan menjadi beban standar sebesar 8,2 Ton dengan asumsi linear antara beban dan lengkung lentutan. Analisa regresi linear digunakan dalam menganalisa hubungan antara lentutan deflectograph yang diukur dalam kecepatan (2km/jam) dengan lentutan FWD dengan suhu berkisar antara 25°C – 30°C. hasil analisisnya dijadikan *Curvature Standardisation Factor* (CSF), seperti pada Gambar 2.

Dari Gambar 2 didapat persamaan CSF antara lentutan Deflectograph dengan lentutan FWD yaitu:

$$CSF = 0,52 + 0.48\exp(-ASTH/162)..... (2.1)$$

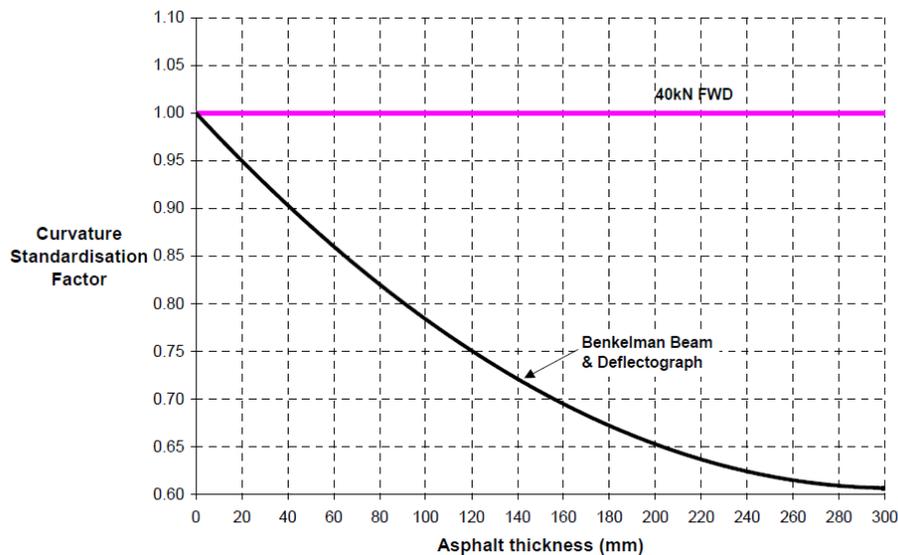
Dimana:

- CSF = faktor penyesuaian lentutan defelctograp ke lentutan FWD sebesar 40 kN
 ASTH = total tebal aspal pada saat pengukuran lentutan (mm).



Gambar 2 Faktor penyesuaian (CSF) antara lendutan Deflectograph dengan Lendutan FWD (AUSTROAD 2008)

Persamaan (2.1) sederhanakan seperti Gambar 3 dibawah.



Gambar 3 Curvatur Standardisation Factor (CSF) berdasarkan hasil pengujian Deflectograph dan FWD (AUSTROADS, 2008)

Gambar 3 merupakan CSF berdasarkan pengujian lendutan Deflectograph dengan FWD, sedangkan pengujian untuk menghitung CSF berdasarkan pengujian Benkelman Beam dengan FWD, tidak dilakukan oleh AUSTROAD. AUSTROAD memutuskan untuk menyamakan antara CSF pada Gambar 3 dengan CSF untuk lendutan Benkelman Beam dengan FWD. “Pending further field correlation work, it was decided to adopt the same CSF values for Benkelman Beam as those for Deflectograph” (AUSTROAD 2008).

Sehingga CSF pengujian Deflectograph dengan FWD (Gambar 3) di jadikan Faktor Standarisasi Lengkung dalam MDP (Gambar 1), dan digunakan di Indonesia.

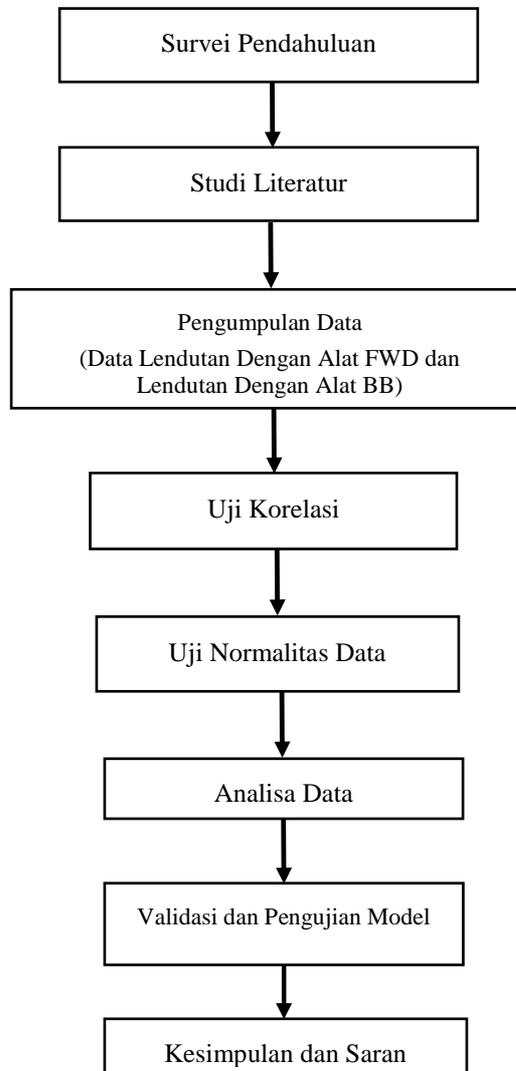
Pada tahun 2012, Jundhare melakukan penelitian mengenai Pengembangan Korelasi antara lendutan BB dengan lendutan FWD pada perkerasan Whitetopping. Penelitian yang dilakukan oleh jundhare lebih difokuskan pada perkerasan whitetopping. Perkerasan Whitetopping adalah jenis perkerasan yang paling banyak ditemukan pada jalan di kota Pune India, dimana perkerasan kaku (semen) dihampar secara langsung pada perkerasan lentur (aspal) dengan tebal 20 cm atau lebih. Perkerasan kaku di rencanakan dan dikerjakan seperti pada pembuatan jalan baru, tanpa menghitung pengaruh kondisi perkerasan aspal eksisting dan pengkikat antara perkerasan eksisting

dengan perkerasan kaku. Dari penelitian didapat hubungan antara lendutan alat BB dengan FWD pada perkerasan Whitetopping.

Di Indonesia, Badan Penelitian dan Pengembangan (BALITBANG) Jalan, Departemen Pekerjaan Umum melakukan kajian tentang Metoda Perhitungan Lapis Tambah Perkerasan Lentur Berdasarkan Hasil Pengukuran FWD pada tahun 1995. Dalam kajiannya, BALITBANG juga melakukan studi mengenai korelasi lendutan BB dan FWD. Pengujian BB dan FWD di empat Propinsi di Pulau Jawa, yaitu 3 lokasi pengujian Propinsi Jawa Barat, 4 lokasi pengujian di Jawa Tengah, 2 lokasi pengujian di Jawa Timur, dan 8 lokasi di D.I Yogyakarta. Hasil korelasi lendutan BB dan FWD didapat berupa persamaan linear dengan satu variabel bebas. Nilai lendutan BB (dBB) hanya dipengaruhi oleh lendutan FWD (dFWD), dengan memberikan Koefisien Determinasi (R^2) sebesar 0.86. Dalam penelitiannya, BALITBANG menyarankan untuk dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menambahkan variabel tebal perkerasan, yang diperkirakan berpengaruh besar terhadap nilai lendutan.

3. Metodologi Penelitian

Bagan alir penelitian seperti pada Gambar 4



Gambar 4 Bagan Alir Penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Pengumpulan Data

Pengukuran lendutan dilakukan di tiga lokasi, yaitu di Jalan DPR (Kota Padang), Jalan By Pass padang, dan jalan Bandara Minang Kabau. Data yang diukur terdiri dari data lendutan alat FWD (Y), lendutan alat BB (X_1), dan tebal aspal (X_2). Sedangkan untuk data tebal perkerasan (X_3) didapat dari penjumlahan data tebal pondasi (data skunder) dengan data X_2 .

4.2. Uji Korelasi Data

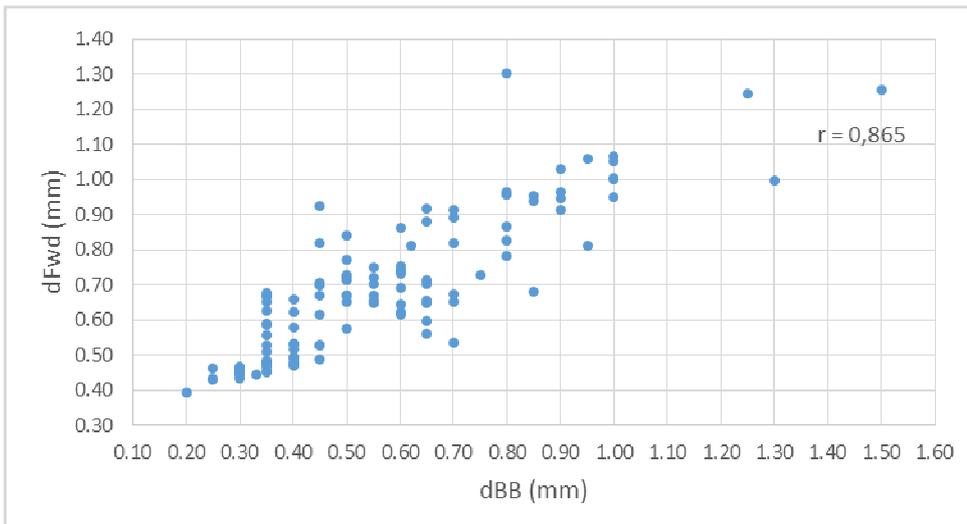
Analisa korelasi dilakukan untuk melihat tingkat hubungan antar variabel, baik antara variabel terikat dengan variabel bebas, maupun antara variabel bebas. Hasil uji korelasi dinyatakan dalam Tabel 1 berikut dengan tingkat kepercayaan (α) sebesar 0.05 dalam uji dua pihak (*2-tailed test*).

Tabel 1 Hasil Uji Korelasi Data

		Y	X1	X2
Y	Pearson Correlation	1		
	Sig. (2-tailed)			
	N	120		
	Tingkat Hubungan			
X1	Pearson Correlation	0,865	1	
	Sig. (2-tailed)	0,000		
	N	120	120	
	Tingkat Hubungan	Sangat Kuat		
X2	Pearson Correlation	-0,206	-0,337	1
	Sig. (2-tailed)	0,024	0,000	
	N	120	120	120
	Tingkat Hubungan	Rendah	Sedang	

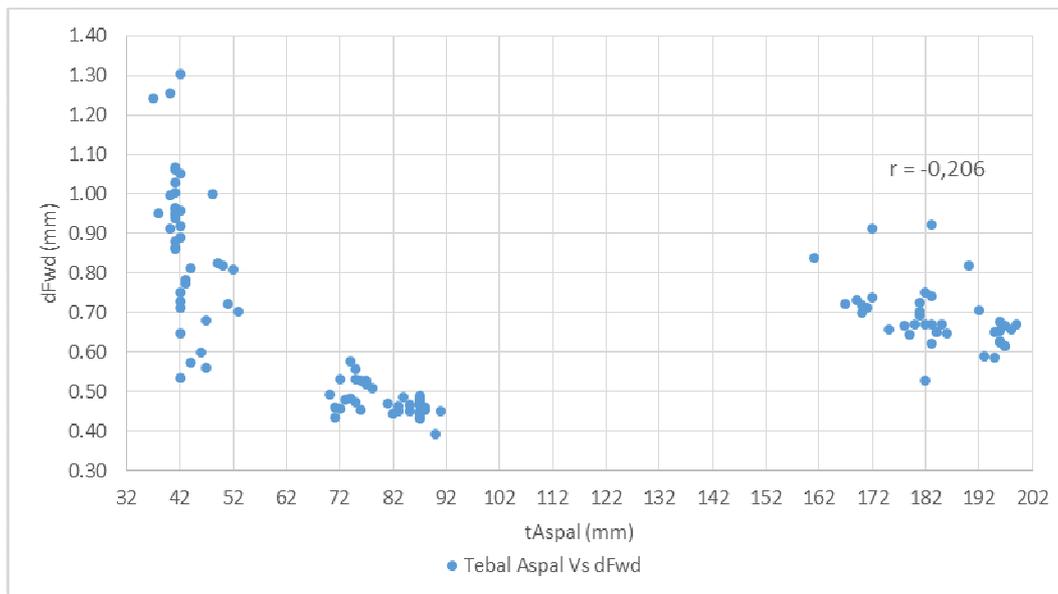
Berdasarkan hasil matrik korelasi di atas, dapat diinterpretasikan sebagai berikut:

- Variabel X_1 memiliki korelasi yang signifikan terhadap variabel Y (sig. 2-tailed P-value < 0,025), dengan tingkat hubungan sangat kuat ($r = 0,865$). grafik hubungan antara X_1 dengan Y seperti pada Gambar 5



Gambar 5 Hubungan Antara dFWD (Y) dengan dBB (X1)

- b) Variabel X_2 memiliki korelasi yang signifikan terhadap variabel Y (sig. 2-tailed P-value < 0,025), dengan tingkat hubungan sedang ($r = -0,206$). Grafik hubungan antara X_2 dengan Y seperti pada Gambar 6



Gambar 6 Hubungan Antara dFWD (Y) dengan Tebal Aspal (X2)

- c) Variabel X_2 memiliki korelasi yang signifikan terhadap variabel X_1 (sig. 2-tailed P-value < 0,025), dengan tingkat hubungan sedang ($r = -0,337$).

4.3. Uji Normalitas Data

Uji Normalitas data menggunakan nilai *Kolmogorov-Smirnov*, berdasarkan perbandingan nilai probabilitas dengan nilai signifikansi ($\alpha = 0,05$). Uji normalitas data dilakukan untuk semua data perlokasi pengujian dan untuk gabungan data semua lokasi pengujian. Data terdistribusi normal jika p-value > 0,05. Uji normalitas untuk data berdasarkan lokasi pengambilan data dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Uji Normalitas data perlokasi pengujian

No.	Uraian	Simbol	P-value	Ket	Kesimpulan
1	dFWD (Jln. DPR)	Y	0,984	> 0,05	Normal
2	dBB (Jln. DPR)	X ₁	0,638	> 0,05	Normal
3	tAspal (Jln. DPR)	X ₂	0,002	< 0,05	Tidak Normal
4	dFWD (Jln. BIM)	Y	0,418	> 0,05	Normal
5	dBB (Jln. BIM)	X ₁	0,143	> 0,05	Normal
6	tAspal (Jln. BIM)	X ₂	0,055	> 0,05	Normal
7	dFWD (Jln. By Pass)	Y	0,260	> 0,05	Normal
8	dBB (Jln. By Pass)	X ₁	0,552	> 0,05	Normal
9	tAspal (Jln. By Pass)	X ₂	0,460	> 0,05	Normal

Dari Tabel 2, dapat dilihat, bahwa semua variabel untuk semua lokasi pengujian terdistribusi normal, kecuali data tebal aspal pada lokasi pengujian pertama

4.4. Analisis Data

Pada bagian analisis ini data lendutan BB (X₁) dan data tebal Aspal (X₂) dijadikan sebagai *explanatory variable / independent variable*. Analisa regresi di aplikasikan untuk mengetahui hubungan antara kedua variabel tersebut dengan FWD sebagai *dependent variable* (Y). Analisa regresi dilakukan terhadap data pada masing-masing lokasi pengujian dan dengan menggunakan data gabungan dari 3 lokasi pengujian. Baik dengan dua variabel bebas, X₁ dan X₂, maupun dengan satu variabel bebas, X₁, terhadap Y. Seperti pada Tabel 2

Tabel 2 Analisa Regresi dengan data masing-masing lokasi dan data gabungan

	Lokasi 1 (Jalan DPR)		Lokasi 2 (Jalan BIM)		Lokasi 3 (Jalan By Pass)		Gabungan	
	1 variabel bebas	2 Variabel Bebas	1 variabel bebas	2 Variabel Bebas	1 variabel bebas	2 Variabel Bebas	1 variabel bebas	2 Variabel Bebas
Multiple R	0,726	0,753	0,707	0,760	0,278	0,480	0,865	0,870
R Square	0,527	0,567	0,500	0,578	0,077	0,230	0,748	0,756
Adjusted R Square	0,515	0,543	0,487	0,555	0,053	0,188	0,746	0,752
Standard Error	0,127	0,123	0,026	0,025	0,077	0,071	0,101	0,100
Observations	40	40	40	40	40	40	120	120

karena memberikan nilai R Square (R²) paling besar, dan nilai Adjusted R Square paling besar dari analisa regresi dengan data yang lain. Selanjutnya analisa dilakukan dengan menggunakan data gabungan. Dari analisa regresi, didapat koefisien regresi seperti pada Tabel 3

Tabel 3 Koefisien Regresi X₁ dan X₂ terhadap Y

Ket		Koefisien	t.	Sig.	Keterangan
Konstanta		0.23509	7.065	.000	Sig. < 0.050
Lendutan BB	X ₁	0.743821	18.504	.000	Sig. < 0.050
Tebal Aspa	X ₂	0.000321	1.978	.049	Sig. < 0.050

Dari tabel diatas, dapat diinterpretasikan sebagai berikut:

- a. Persamaan yang didapat adalah

$$Y = 0.743821X_1 + 0.000321X_2 + 0.23509$$

Dimana:

Y = lendutan FWD (mm)

X1 = Lendutan BB (mm)

X2 = Tebal Aspal (mm)

- b. Pengaruh X1 terhadap Y dapat dilihat dari besarnya nilai koefisien regresi sebesar 0.743821 dengan nilai t hitung 18.504 (sig. 0.00 < 0.05). hal ini menunjukkan X1 berpengaruh secara positif dan signifikan terhadap Y. setiap peningkatan nilai X1 sebesar satu satuan , akan meningkatkan nilai Y sebesar 0.743821
- c. Pengaruh X2 terhadap Y dapat dilihat dari besarnya nilai koefisien regresi sebesar 0.000321 dengan nilai t hitung 1.978 (sig. 0.049 < 0.05). hal ini menunjukkan X2 berpengaruh secara positif dan signifikan terhadap Y. setiap peningkatan nilai X1 sebesar satu satuan , akan meningkatkan nilai Y sebesar 0.000321
- d. Nilai konstanta sebesar 0.23509 menunjukkan bahwa tanpa adanya X1 dan X2, nilai Y telah mencapai 0.23509

Dari hasil pemodelan diatas, dihasilkan nilai koefisien determinasi (R²) sebesar 0.756, artinya variabel X₁ dan X₂ hanya mempengaruhi variabel Y sebesar 75.6%, sedangkan 24.4% ditentukan oleh variabel lain selain variabel X₁ dan X₂.

4.5. Uji Statistik Model

Uji statistik dilakukan terhadap semua variabel dan koefisien yang dihasilkan dalam persamaan model. Ringkasan dari persamaan model, dapat dilihat dari Tabel 4 sedangkan koefisien regresi persamaan model dapat dilihat pada Tabel 5

Tabel 4 Ringkasan model persamaan antara Y dengan X1 dan X2

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
				R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
0,870 ^a	0,756	0,752	0,10031	0,756	181,423	2	117	0,000

Tabel 5 Koefisien Korelasi model persamaan antara Y dengan X1 dan X2

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	P-value
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	0,235	0,033		7,065	0,000
X ₁	0,744	0,040	0,897	18,504	0,000
X ₂	0,000	0,000	0,096	1,978	0,049

- a. Persamaan model memberikan angka F yang signifikan (p-value < 0,05).
- b. Prediktor yang digunakan sebagai variabel bebas memiliki standar deviasi yang besar dari Standar error of estimate, hal ini ditunjukkan dalam Tabel 7.

Tabel 6 Uji Kelayakan Variabel Bebas

Variabel Bebas	Simbol	Standar Deviasi	Standar Error of Estimate	Keterangan Kelayakan
Lendutan BB	X ₁	0,242921	0,10031	Layak
Tebal Aspal	X ₂	60,18766	0,10031	Layak

Pada Tabel 7, nilai Standar Deviasi dari dua variabel bebas lebih besar dari standar error estimate, sehingga dua variabel bebas ini layak digunakan.

- c. Dilakukan pengujian t, untuk melihat tingkat signifikan koefisien regresi. Koefisien regresi dikatakan signifikan jika t hitung > t tabel (nilai Kritis). Nilai t tabel dapat dihitung dengan memperhatikan level of signicance (α) sebesar 5% dan derajat kebebasan (v). Besarnya derajat kebebasan dapat ditentukan dari persamaan dibawah.

$$v = n - (k + 1) \dots\dots\dots (4.1)$$

dimana v = Derajat kebebasan

n = jumlah sampel

k = jumlah variabel bebas

- dengan jumlah sampel sebanyak 120 sampel, dan jumlah variabel bebas sebanyak 2 variabel. Dari table distribusi t didapat nilai t-tabel (nilai kritis) sebesar 1,9810, Uji t selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 7 Uji t pada koefisien regresi

Variabel Bebas	Simbol	t Hitung	t Tabel (Nilai Kritis)	Keterangan
Lendutan BB	X ₁	18,504	1,6601	Signifikan
Tebal Aspal	X ₂	1,978	1,6601	Signifikan

- d. Koefisien determinasi (R²) sebesar 0,756. Nilai ini menggambarkan bahwa variable bebas X1 dan X2 mampu menjelaskan variabel terikat Y sebesar 75,6%. Sisa nya 24,4 % kemungkinan di sebabkan variabel lain.
- e. Koefisien determinasi yang disesuaikan (adjusted R²) sebesar 0,752. Nilai ini sering digunakan sebagai nilai kecocokan model (goodness of fit). Asumsinya jika jumlah variabel bebas ditambah, nilai ini akan naik. Semakin nilai ini mendekati mendekati satu, model persamaan akan semakin akurat.

4.6. Pengujian Model

Persamaan model yang didapat, diaplikasikan kembali pada data pengukuran awal, yakni data yang digunakan untuk mendapatkan model tersebut (120 data). Dihitung deviasi nilai Y terhadap nilai \hat{Y} hitung (nilai Y dari persamaan model) dengan persamaan dibawah:

$$Deviasi = \left(\frac{Y - \hat{Y}}{Y} \times 100 \right)$$

Dimana:

Y = nilai FWD dari pengukuran dilapangan

\hat{Y} = Prediksi nilai FWD dari hitungan persamaan model

Dari 120 data yang digunakan, deviasi antara nilai Y dengan \hat{Y} berkisar antara 0,15% sampai 43,77%, dengan standar deviasi sebesar 13,30%. Hasil pengujian lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran 1

Validasi model, dilakukan dengan melakukan pengujian model dengan data diluar model. Validasi dilakukan dengan menggunakan data sekunder pada ruas Sutan Syahrir Padang. Data Sekunder

didapat dari pengukuran tahun yang berbeda, data lendutan FWD dan tebal aspal di ukur pada tahun 2013, sedangkan data lendutan BB diukur pada tahun 2014. Data yang digunakan dapat dilihat pada Dari Tabel 8

Tabel 8 Pengujian dengan Data diluar Model

No	KM	Dfwd (mm)	Dbb (mm)	tAspal (mm)	\hat{Y}	Deviasi (%)
		Y	X1	X2		
1	5+200	0,699	0,45	90	0,599	14,3
2	5+400	0,889	0,55	91	0,673	24,2
3	5+600	0,634	0,45	91	0,599	5,4
4	5+800	0,637	0,50	87	0,635	0,3
5	6+000	0,689	0,45	91	0,599	13,0
6	6+200	0,490	0,30	87	0,486	0,8
7	6+400	0,677	0,45	82	0,596	11,8
8	6+600	0,528	0,40	85	0,560	6,0
9	6+800	0,579	0,40	85	0,560	3,2
10	7+000	0,687	0,50	91	0,636	7,3
					Σ	79,53
					Standar Deviasi	8,67

Dari data pada Tabel 8, didapat deviasi antara nilai Y dengan \hat{Y} antara 0,38% sampai 24,27%, dengan standar deviasi sebesar 8,67%.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Persamaan model untuk menentukan nilai lendutan FWD dari nilai lendutan BB dan tebal aspal adalah:

$$Y = 0,743821 X1 + 0,000321 X2 + 0,2350$$

Dimana:

- Y = lendutan FWD (mm)
- X₁ = Lendutan BB (mm)
- X₂ = Tebal Aspal (mm)

Dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,756. Model yang dihasilkan memenuhi kelayakan uji statistik, seperti uji t dan uji F, membuktikan variabel lendutan BB dan tebal aspal secara signifikan mempengaruhi nilai lendutan FWD (p -value < 0,05).

Pengujian dan validasi model dilakukan terhadap data di dalam model dan di luar model. Pengujian dengan data pada model (120 data) menunjukkan deviasi nilai FWD hasil pengukuran terhadap nilai FWD hasil pemodelan berkisar antara 0,15% hingga 43,77%, dengan rata rata deviasi sebesar 10,81%. Sedangkan uji validitas dengan data di luar model (10 titik pengujian), menunjukkan nilai perbedaan yang berkisar antara 0,38% sampai 24,27% dengan rata-rata deviasi sebesar 9,94%.

5.2. Saran

- a. Pada penelitian ini, pengambilan data lendutan FWD dengan BB tidak dapat dilakukan secara simultan, sehingga terjadi perbedaan suhu, meskipun tidak terlalu besar. Penelitian selanjutnya disarankan untuk pengambilan data lendutan FWD dan BB secara simultan.

- b. Penelitian yang sama juga dapat dilakukan pada berbagai jenis perkerasan yang ada di lapangan, seperti perkerasan kaku dan perkerasan jenis HRS.

Daftar Kepustakaan

- AUSTROAD (2008) Austroad Technical Report, Technical Basis of The Austroads Design Procedures For Flexible Overlay and Flexible Pavement (AP-T99/2008). Sydney.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Jalan (1995). Metode Perhitungan Lapis Tambah Perkerasan Lentur Berdasarkan Hasil Pengukuran FWD. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional (BSN) (2011) Cara Uji lendutan Perkerasan Lentur Dengan Alat Benkelman Beam (SNI 2416:2011). Jakarta.
- Departemen of Planning Transport and Infrastructure Government of South Australia (2008) Technical Note 27, Deflectograph: To Determine Pavement Strength
- Direktorat Jenderal Bina Marga (2013) Manual Disain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2013. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum (2005) Pedoman Perencanaan Tebal Lapis Tambah Perkerasan Lentur Dengan Metoda Lentutan (Pd T-05-2005 B), Jakarta.
- Dynatest (2008) FWD Owner's Manual version 2.4.2.
- Dynatest (2008) Elmod 6.
- Dynatest (2008) FWD Operating Instructions Version 2.3.4.
- Jundhare, D, R., dkk. (2012) Development Correlation between Benkelman Beam Deflection and Falling Weight Deflectometer for Conventional Whitetopping Overlay (ISSN 2090-4304), Journal of Basic and Applied Scientific Research. www.textroad.com.
- Green. S.B. (1991) How many subjects does it take to do are gression analysis? Multivariate Behav.Res.26:499-510.
- Ministry Of Transport and Communications Of Thailand Kingdom (2001) Technical Report No. 4: Comparison Between Pavement Evaluation Using Falling Weight Deflectometer and The Benkelman Beam. Bangkok.
- Sarwono, J. (2013). 12 Jurus Ampuh SPSS untuk Riset Skripsi. Elexmedia Komputindo Kompas Gramedia. Jakarta.
- Sugiyono, (2014) Statistika Untuk Penelitian. Alfa Beta, Bandung
- Usman, H., dan Akbar, P. S. (2006). Pengantar Statistika Edisi Kedua, Bumi Aksara, Bandung.
- Widodo, R. dan Adji, M. (1994). Studi Perbandingan Cekung lendutan Menggunakan Alat Benkelman Beam dan Alat Falling Weight Deflectometer. Tugas Akhir, ITB, Bandung.

State of The Art Model Penilaian Risiko Bencana Gempa Bumi untuk Ruas Jalan di Indonesia

Mona Foralisa Toyfur

Staf pengajar Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya & kandidat doktor Program Doktor Teknik Sipil Institut Teknologi Bandung; monatoyfur@gmail.com

Abstrak

Mitigasi bencana untuk ruas jalan di Indonesia baru dikembangkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum pada tahun 2011. Secara sistem, manajemen risiko bencana untuk ruas jalan termasuk bangunan pelengkap masih banyak yang harus dilengkapi dan disempurnakan. Penelitian ini melakukan kajian pustaka terhadap penilaian risiko bencana untuk ruas jalan sebagai bagian dari manajemen risiko bencana. Kajian dilakukan terhadap model-model penilaian risiko bencana gempa bumi yang sudah diterapkan oleh beberapa negara seperti Amerika Serikat dan Iran terhadap ruas jalan yang rawan terhadap bencana gempa bumi. Model-model penilaian tersebut akan dianalisis untuk penggunaan model yang tepat digunakan untuk Indonesia.

Kata kunci: model, penilaian risiko bencana, gempa bumi, ruas jalan.

1. Pendahuluan

Jalan merupakan faktor penting dalam pergerakan satu daerah. Dalam UU No 38/2004 peran jalan bagian prasarana transportasi mempunyai peran penting dalam bidang ekonomi, sosial budaya, lingkungan hidup, politik, pertahanan dan keamanan, serta dipergunakan untuk sebesar-besar kemakmuran rakyat. Selain itu, jalan berperan sebagai prasarana distribusi barang dan jasa merupakan urat nadi kehidupan masyarakat, bangsa, dan negara. Untuk dapat menjalankan perannya sebagai prasarana transportasi dan prasarana distribusi barang dan jasa, diperlukan jalan dengan kondisi baik dari kondisi maupun pelayanan.

Jalan yang rusak akibat bencana akan menyebabkan gangguan pergerakan dari masyarakat, bahkan dapat membuat daerah terkena bencana menjadi daerah yang tidak dapat diakses baik untuk pemberian bantuan maupun untuk jalur evakuasi. Bila jalan mengalami kerusakan akibat bencana, maka infrastruktur lain yang berada sepanjang jaringan jalan juga akan mengalami gangguan. Hal ini dapat menyebabkan gangguan total pada system infrastruktur secara keseluruhan. Kerusakan jalan juga akan mengakibatkan keterbatasan akses yang membuat tindakan untuk daerah yang terkena bencana tersebut akan terganggu atau terhambat. Pengelolaan risiko bencana akan dapat mengurangi risiko terjadinya bencana atau mengurangi dampak kerugian atau kerusakan pada jaringan jalan dan jembatan.

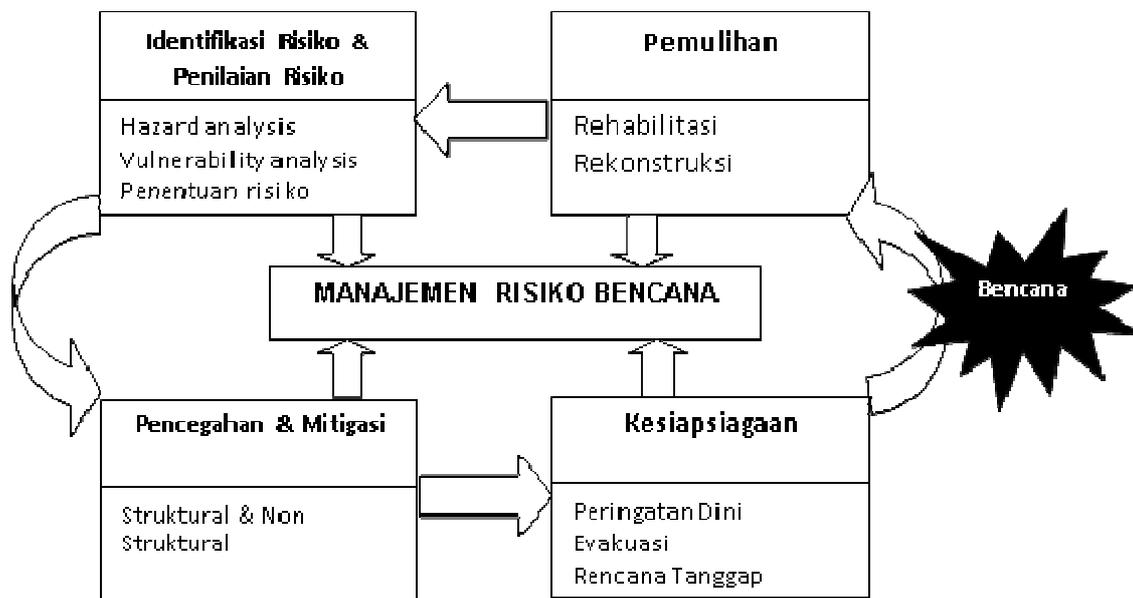
Menurut Kementerian Pekerjaan Umum (2011), banyak infrastruktur rusak karena bencana alam. Kerusakan jalan lintas barat (Jalinbar) Sumatera sepanjang 2.442,40 kilometer, misalnya, lebih banyak disebabkan bencana alam gempa bumi yang sering melanda wilayah itu. Beberapa ruas jalan di Sumatera rusak karena gempa bumi dan banjir bandang.

Pada beberapa negara tetangga pengelolaan risiko terhadap bencana sudah mulai dilakukan dan dikoordinir oleh Pemerintah misalnya di Filipina dan Australia. Sedangkan di Jepang dan Amerika Serikat merupakan negara-negara yang sudah memiliki sistem pengelolaan terhadap bencana secara menyeluruh yang ditangani oleh secara khusus oleh Pemerintah. Indonesia belum memiliki sistem manajemen bencana khusus untuk jalan dan jembatan. Sampai saat ini manajemen bencana pada sektor jalan dan jembatan di Indonesia belum memiliki pengaturan secara khusus. Di lingkungan Direktorat Jenderal Bina Marga, manajemen bencana pada sektor jalan dan jembatan diatur inklusif dalam strategi, kebijakan, dan tujuan penyelenggaraan jalan dalam kerangka pemenuhan Standar Pelayanan Minimum (SPM) jalan yang pelaksanaannya dikelola dan dikoordinasikan secara langsung oleh Balai Pelaksana Jalan Nasional melalui Satuan Kerjanya. Kementerian Pekerjaan Umum (Kementerian PU) telah melakukan kajian analisis risiko terhadap ruas-ruas jalan nasional yang rawan terhadap bencana. Selain itu Kementerian PU sejak tahun 2011 telah mulai menyusun

kajian tentang sistem manajemen bencana dan pedoman tentang tanggap darurat serta analisis risiko bencana alam untuk jalan dan jembatan.

Kajian yang telah dilakukan Pemerintah belum secara menyeluruh membahas tentang faktor-faktor yang berpengaruh secara signifikan pada ruas jalan. Mengingat pentingnya manajemen risiko untuk jalan dan jembatan untuk mengurangi potensi kerusakan dan kerugian yang akan timbul akibat bencana, maka dipandang perlu untuk melakukan penilaian risiko bencana pada jalan dan jembatan. Penilaian risiko bencana merupakan salah satu tahap dalam manajemen risiko bencana. Manajemen risiko bencana adalah pengaturan upaya penanggulangan bencana dengan penekanan pada faktor-faktor yang mengurangi risiko secara terencana, terkoordinasi, terpadu dan menyeluruh pada saat sebelum terjadinya bencana. Secara umum, siklus manajemen risiko bencana menurut *United Nations International Strategy for Disaster Reduction (ISDR)* tahun 2004 diperlihatkan pada Gambar 1.

Untuk dapat melakukan manajemen risiko bencana gempa bumi, tahapan yang harus dilakukan adalah melakukan identifikasi risiko bahaya gempa bumi dan penilaian risiko bahaya gempa bumi. Tahapan ini dilakukan pada tahap preventif sebelum terjadinya bencana. Dengan mengidentifikasi risiko bahaya dan melakukan penilaian risiko diharapkan dapat diambil tindakan yang tepat berkaitan dengan kesiapan dalam menghadapi bencana. Ruas jalan yang mempunyai kesiapan yang baik diharapkan dapat mengurangi kemungkinan terjadinya kerusakan dan/atau mengurangi dampak/kerugian akibat bencana gempabumi. Untuk mempersiapkan ruas jalan terhadap kemungkinan terjadinya kerugian atau kerusakan tersebut diperlukan penilaian risiko kerugian/kerusakan agar pihak Pemerintah mengetahui tingkat risiko bencana gempa bumi yang dihadapi oleh ruas jalan. Dari kajian yang telah dilakukan sebelumnya, ada beberapa faktor yang memengaruhi penilaian risiko bencana gempa bumi. Faktor-faktor hazard, vulnerability serta kapasitas berpengaruh terhadap nilai risiko bencana pada ruas jalan.



Gambar 1. Siklus Manajemen Risiko Bencana & Elemennya
(Sumber : UN/ISDR 2004)

Untuk merepresentasikan secara menyeluruh faktor-faktor yang berpengaruh terhadap penilaian risiko bencana gempa bumi dan bagaimana pengaruh faktor-faktor terhadap nilai risiko maka dibutuhkan model penilaian terhadap risiko bencana gempa bumi. Model penilaian risiko bencana yang telah diterapkan oleh peneliti-peneliti terdahulu perlu dikembangkan untuk menyesuaikan penerapannya pada jalan di Indonesia.

2. Model Penilaian Risiko Bencana Gempa Bumi

Penelitian tentang risiko bencana pada jaringan transportasi telah dimulai secara intensif sejak akhir tahun 1990-an terutama akibat gempa Northridge (1994) dan Kobe (1995). Penilaian risiko gempa bumi membantu pihak perencana fisik kota, pemilik gedung, asuransi, dan regulator untuk mendapatkan informasi yang dibutuhkan. Hal ini membuat berkembangnya pemodelan penilaian risiko gempa bumi dalam bentuk skenario, probabilistik dan studi kerugian potensial sesuai dengan kebutuhan para pihak tersebut di atas (Coburn dan Spence, 2002).

Model penilaian risiko gempa bumi pada jaringan jalan diperlukan untuk merepresentasikan faktor-faktor risiko secara menyeluruh dan menyederhanakan faktor-faktor yang berhubungan dengan risiko. Model penilaian risiko dikembangkan dalam bentuk indeks risiko, estimasi kerugian dan skenario kerusakan. Untuk memilih bentuk model tertentu tergantung permasalahan dan kebutuhan informasi apa yang dibutuhkan. Model penilaian risiko bencana secara garis besar dibagi dalam analisis secara kuantitatif, kualitatif, dan semi kuantitatif. Contoh model analisis kualitatif adalah analisis SWOT dari *element at risk*, analisis deskriptif skenario bencana beserta dampaknya, analisis deskriptif dari faktor-faktor risiko dengan kriteria kualitatif. Analisis kualitatif tidak dibahas lebih lanjut pada penelitian ini.

2.1. Kuantitatif

2.1.1. Model Estimasi Kerugian

Pada pertengahan 1980an, *Federal Emergency Management Agency* (FEMA) Amerika Serikat menyelenggarakan program komprehensif untuk mengestimasi dampak ekonomi dari gempa bumi yang terjadi di California. Karena kebutuhan data kerusakan dan kerugian tidak tersedia dalam literatur, maka FEMA dan *Applied Technology Council* (ATC) sepakat bahwa cara paling baik untuk mengembangkan data yang dibutuhkan adalah pengalaman dan *judgement* dari ahli gempa bumi. Panel para ahli mengestimasi probabilitas kerusakan dalam rentang tertentu. Faktor kerusakan (*damage factor*) adalah rasio biaya perbaikan akibat kerusakan terhadap biaya penggantian struktur.

Luna, dkk (2008) melakukan kajian tentang estimasi kerugian langsung dan tidak langsung dari jembatan pada kawasan metropolitan St. Louis, Missouri. Beberapa skenario gempa digunakan untuk menggambarkan beberapa kondisi kemungkinan kerugian yang diperkirakan akan terjadi bila gempa dengan magnitude tertentu terjadi. Magnitude yang dipilih adalah dengan dampak besar/probabilitas rendah dan dampak kecil/probabilitas lebih tinggi. Selain itu jarak dan kedalaman sumber gempa juga menjadi pertimbangan dipilihnya skenario gempa. Metodologi kajian ini menggunakan bantuan HAZUS-MH (FEMA 2003). Probabilitas kejadian masing-masing skenario gempa yang dipilih akan memberikan kemungkinan kejadian dengan masing-masing damage state. Kerugian langsung dinyatakan sebagai biaya penggantian akibat kerusakan agar kembali pada kondisi semula (kondisi 100%).

2.1.2. Skenario Kerusakan

Nagae, Fujihara, & Asakura (2012) melakukan penelitian yang berkaitan dengan strategi yang dilakukan pada jaringan jalan perkotaan agar jaringan menjadi lebih tahan terhadap bencana gempa. Dua hal penting yang dilakukan adalah bagaimana mengevaluasi keandalan jaringan jalan perkotaan menghadapi bencana gempa bumi dengan magnitude yang besar dan bagaimana melakukan mitigasi terhadap jaringan jalan yang rawan bencana agar terhindar dari kerugian yang besar akibat bencana gempa bumi yang merusak. Aspek penting dari dampak bencana gempabumi adalah adanya ketidakpastian dan adanya kerusakan satu bagian dari jaringan jalan yang akan memengaruhi jaringan jalan lainnya serta pola kerusakan yang tidak dapat diantisipasi sebelumnya.

Model yang digambarkan pada penelitian Nagae, dkk ini memperlihatkan bahwa pada satu jaringan jalan akan meningkat kerentanannya bila ada banyak fasilitas transportasi yang menghubungkan misalnya jembatan, terowongan, viaduct, embankment dan lain-lain. Tahap pengembangan model dilakukan dengan terlebih dahulu menilai jaringan jalan dari berapa banyak fasilitas transportasi yang berada pada jaringan tersebut. Dengan menggunakan beberapa skenario gempabumi dan distribusi intensitas seismik yang terjadi maka dilanjutkan dengan menilai

vulnerability dari jaringan jalan. Penilaian *vulnerability* tadi menghasilkan kemungkinan penutupan jaringan dan pola kerusakan jaringan.

Tahapan selanjutnya adalah mengembangkan strategi yang berhubungan dengan jaringan jalan dengan fasilitas transportasi yang sudah diperkuat dan tidak diperkuat. Tahapan ini juga menghasilkan pola kemungkinan kerusakan pada jaringan jalan berdasarkan jumlah fasilitas transportasi yang sudah diperkuat atau tidak diperkuat. Dengan menggunakan bantuan system informasi geografis, maka didapatkan strategi untuk mengoptimalkan jaringan jalan yang tahan terhadap gempa bumi. Hasil dari penelitian ini adalah berapa banyak *link* pada jaringan jalan yang tidak dihubungkan dan dihubungkan oleh jembatan beserta kondisi jembatan dengan beberapa skenario gempa bumi. Pengujian kasus ini dilakukan pada jaringan jalan kota Kobe.

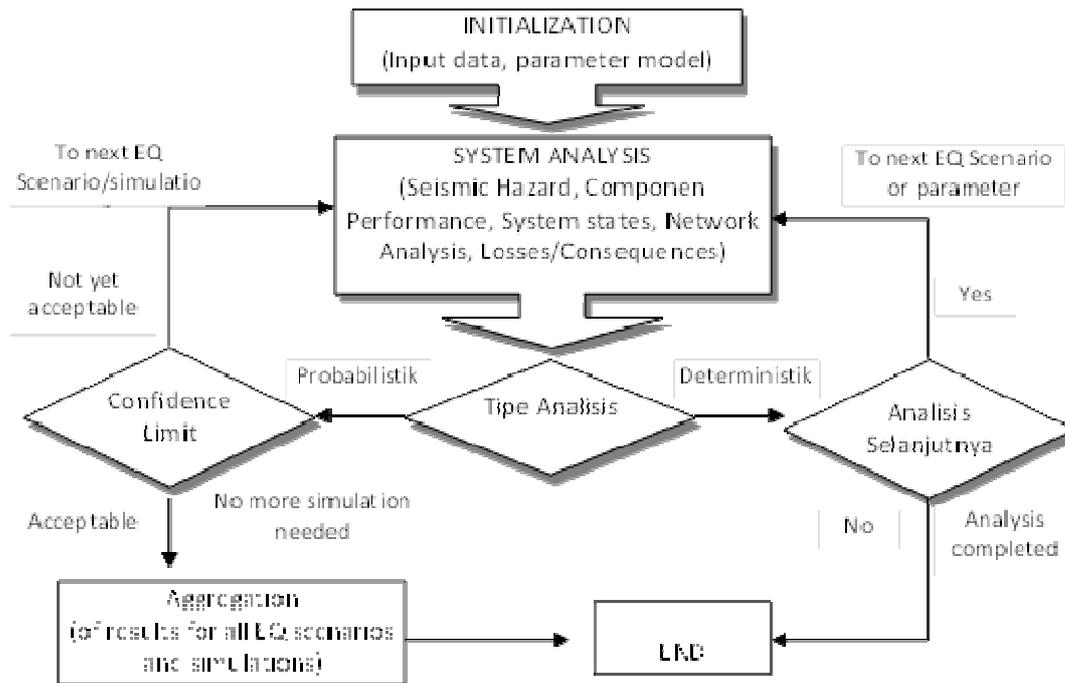
Framework penelitian dapat diterapkan pada beberapa jenis bencana lain misalnya banjir dan angin topan. Data yang penting digunakan dalam menggunakan metodologi pada penelitian ini adalah skenario bencana, distribusi intensitas bencana, lokasi fasilitas transportasi yang rentan (misalnya jembatan, terowongan, *viaduct*, dan lain-lain) yang harus konsisten dengan distribusi intensitas bencana, dan *fragility function* untuk masing-masing fasilitas transportasi dengan dan tanpa pencegahan bencana.

Penggunaan metode ini sulit diterapkan pada jaringan jalan dengan skala besar dan fasilitas dengan jumlah ratusan. Keterbatasan ini disebabkan oleh penggunaan persamaan matematika untuk mendapatkan persamaan optimal mendapatkan nilai optimum untuk strategi perkuatan pada jaringan jalan. Persamaan ini dapat menjadi optimum lokal, tidak optimum untuk seluruh kondisi.

Werner et al (2004, 2008) mengembangkan analisis risiko seismik (seismic risk analysis/ SRA) pada sistem highway. Metodologi yang digunakan dapat diterapkan secara multidisiplinary dan menggunakan beberapa modul sebagai input serta pemodelan untuk skenario gempa bumi, hazard, fragilitas/kerentanan jembatan, dan analisis jaringan transportasi. Werner et al mengembangkan model ini dengan memperbaiki prosedur yang dikembangkan oleh *Federal Highway Administration* (FHWA). Metodologi SRA menggunakan modul sistem, modul hazard, modul ekonomi, dan modul komponen sebagai inputnya (Gambar 2). Metodologi SRA ini dapat diterapkan baik secara probabilistik maupun deterministik.

2.1.3. Probabilistik

Dalziell dan Nicholson (2001) melakukan penyelidikan terhadap potensi bahaya pada Desert Road jalur utama dari Utara ke Selatan di New Zealand. Risiko yang dievaluasi adalah potensi bahaya yang disebabkan oleh salju, erupsi gunung berapi dan lahar, gempa bumi, dan kecelakaan lalu lintas. Penilaian risiko dari setiap potensi bahaya (*hazard*) adalah mengestimasi berapa frekuensi kejadian dan kemungkinan konsekuensi yang diakibatkan oleh kejadian bencana. Konsekuensi tersebut termasuk biaya yang harus dikeluarkan untuk pekerjaan perbaikan akibat kerusakan jalan dan biaya yang dikeluarkan oleh pengguna jalan misalnya adanya penutupan jalan akibat kejadian bencana tersebut. Efek dari penutupan jalan tersebut dinilai menggunakan *traffic assignment model* dengan atau tanpa mempertimbangkan elastisitas *travel demand*.



Gambar 2. Metodologi Analisis Risiko Seismik pada Sistem *Highway*
(Werner, 2008)

2.2. Semi Kuantitatif

Model penilaian risiko dengan analisis semi kuantitatif menggunakan model indeks risiko. Hosseini dan Vayeghan (2008) menggunakan pendekatan risiko dengan *Earthquake Disaster Risk Index* (EDRI) yaitu melakukan penilaian risiko dengan *hazard*, *vulnerability*, *exposure*, *external context* factor dan *emergency response and recovery capability*. Parameter yang digunakan untuk menghitung risiko terdiri dari dua jenis yaitu yang berhubungan dengan bahaya, dan *vulnerability* dari gempa bumi serta yang berhubungan dengan layanan transportasi.

Dengan konsep ini setiap daerah memiliki “Daerah Layanan Jalan” (*road service area*) yang terdiri dari jaringan jalan yang dikelilingi daerah industri, daerah yang terjadi berbagai kegiatan ekonomi. Daerah ini dapat diprioritaskan dengan berbagai parameter termasuk *hazard*, *vulnerability* dan pelayanan transportasi.

Parameter yang digunakan dalam penelitian ini terbagi menjadi dua. Parameter pertama adalah yaitu parameter yang berhubungan dengan yang berhubungan dengan bahaya dan *vulnerability* dari gempa bumi. Parameter yang kedua adalah yang berhubungan dengan pelayanan transportasi.

Parameter utama yang berhubungan dengan bahaya dan *vulnerability* dari gempa bumi adalah panjang jalan, jumlah elemen struktur kunci pada jalan, rata-rata elemen struktur kunci per kilometer jalan, panjang jalan yang berada pada zona bahaya, dan jumlah elemen struktur kunci yang berada pada zona bahaya gempa bumi.

Pada penelitiannya terdahulu Hosseini dan Vayeghan (2006) mengedepankan tentang isu utama yang berkaitan dengan evaluasi risiko gempa bumi pada sistem jalan antar kota untuk pengelola jalan yaitu :

- adanya desain jaringan yang redundant secara sistem sehingga dapat menangani jaringan lain yang terputus. Hal ini dapat berupa kombinasi alat transportasi misalnya jalan dan jalan kereta, dan/atau jalan dan pelabuhan udara atau helipad terutama untuk rute yang berbahaya.
- Ketersediaan standar desain dan pelaksanaan konstruksi yang mempertimbangkan konsep risiko dengan sistem yang baik dan tidak mudah rusak oleh gempa bumi. Risiko-risiko tersebut harus terdiri dari : studi yang menyeluruh pada bagian jalan yaitu badan jalan misalnya perkerasan, embankment, drainase dan komponen struktural misalnya jembatan,

- terowongan, serta evaluasi kemungkinan terjadinya kerugian ekonomi (termasuk konsekuensi akibat kerugian langsung dan tidak langsung, korban jiwa).
- c. Mempersiapkan peta zonasi berdasarkan sesar aktif, bukan berdasarkan batasan politik dan geografi.
- d. Mempersiapkan organisasi non pemerintah secara internasional, dimana anggotanya dapat bergabung untuk melakukan studi dan berkomunikasi dengan anggota lain tanpa batasan.

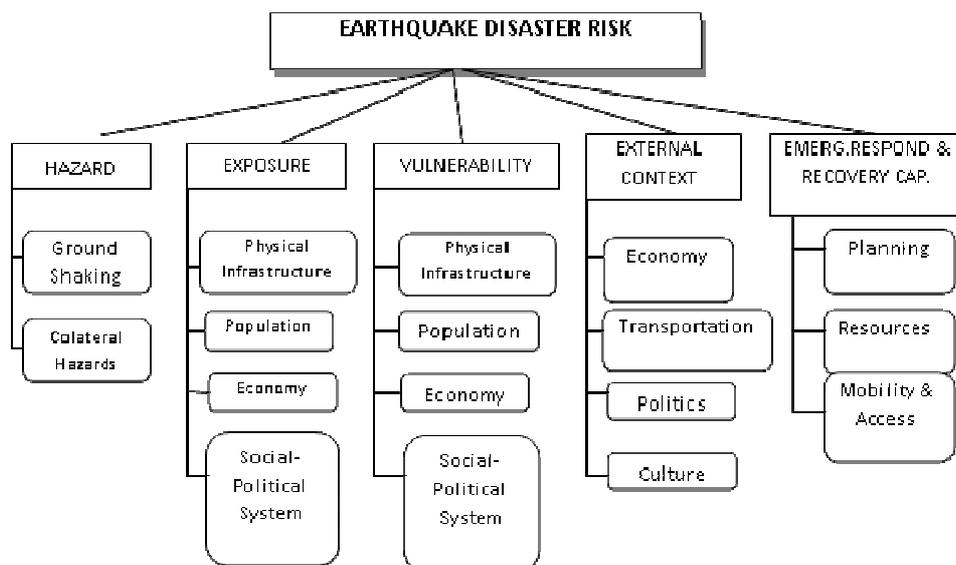
Pendekatan penelitian ini dapat digunakan pada jaringan jalan antar kota di Indonesia yang memiliki karakter sama dengan daerah studi Hosseini & Vayeghan yaitu Iran. Jalan antar kota di Iran memiliki karakter yang sangat berbeda dengan jalan dalam kota dan memperlihatkan batas yang jelas. Pada penelitian ini tidak dijelaskan faktor apa saja yang menjadi pertimbangan dalam faktor kerentanan dan bagaimana faktor bobot diperhitungkan dalam penilaian risiko. Dalam penelitian ini hanya dituliskan parameter-parameter yang menjadi pertimbangan dalam menilai risiko. Bagaimana parameter-parameter tersebut dapat diubah menjadi satu nilai dalam indeks risiko dan bagaimana pembobotan yang dilakukan tidak dijelaskan dalam penelitian ini.

Penelitian Hosseini dan Vayeghan (2008) di atas diadopsi dari Davidson (1997) mengembangkan *Earthquake Disaster Risk Index* (EDRI) yaitu gabungan indeks yang memungkinkan perbandingan langsung dari keseluruhan risiko gempa bumi relatif dari beberapa kota di dunia dan menggambarkan kontribusi relatif dari berbagai faktor terhadap keseluruhan risiko.

Faktor-faktor utama yang diidentifikasi sebagai faktor yang berkontribusi terhadap risiko bencana gempa bumi pada satu kota adalah :

- a. *Hazard* mewakili fenomena geofisik yang mengawali kejadian bencana gempabumi pada satu kota. Faktor ini menggambarkan getaran tanah dan bahaya ikutannya misalnya kebakaran, likuifaksi, longsor dan tsunami.
- b. *Exposure* menggambarkan ukuran kota dan segala sesuatu yang berhubungan dipengaruhi secara fisik oleh hazard, serta jenis dan aktivitas yang berhubungan.
- c. *Vulnerability* menggambarkan seberapa mudah dan seberapa parah sebuah kota dapat terkena dampak pengaruh akibat level tertentu dari gempa.
- d. *External Context* menggambarkan seberapa besar dampak dalam satu kota dan kegiatan di bagian luar kota.
- e. *Emergency response and recovery capability* menggambarkan seberapa efektif dan efisien satu kota dapat mengurangi dampak akibat bencana gempa bumi melalui usaha yang terorganisasi dan formal yang dibuat secara spesifik.

Risiko bencana gempa bumi dikembangkan berdasarkan konsep yang digambarkan pada Gambar 3 :



Gambar . Kerangka kerja Konseptual *Earthquake Disaster Risk* (Sumber : Davidson, 1997)

Cafiso (2010) menggunakan sistem informasi geografis yang menggambarkan indeks kerusakan dan kerugian kemampuan jaringan jalan untuk berfungsi, rute asal-tujuan, factor *indirect exposure*, dan evaluasi risiko dari jaringan. Yang dimaksud dengan *exposure*, adalah jumlah pengguna jalan yang terganggu akibat adanya kejadian gempa bumi. *Direct exposure* digambarkan sebagai jumlah pengguna infrastruktur transportasi. Ukuran *exposure* dapat dilihat dari *expected vehicle density* (jumlah kendaraan dalam setiap panjang jalan). Pada fase tanggap darurat, jaringan jalan bertugas memberi bantuan aksesibilitas terhadap daerah yang terkena bencana agar bantuan dapat cepat diberikan dan efisien. Pada beberapa gempa besar misalnya Kobe (1995) terjadi gangguan terhadap akses jaringan jalan sehingga mengakibatkan tindakan tanggap darurat terhadap daerah yang terkena bencana menjadi terganggu. Akibatnya kerusakan tidak langsung akibat kebakaran setelah gempa sebanding dengan kerusakan langsung akibat gempa. Berdasarkan pertimbangan tersebut maka *indirect exposure* dapat didefinisikan sebagai jumlah orang yang mengalami keterlambatan dalam penanganan pada masa tanggap darurat akibat gangguan pada jaringan jalan.

Kajian yang dilakukan Cafiso ini dapat diterapkan pada *highway*/jembatan dan tidak dilakukan kajian pada jalan biasa.

Framework pada penelitian yang dilakukan Davidson (1997) dapat digunakan sebagai faktor-faktor utama yang memengaruhi risiko bencana gempa bumi. Faktor-faktor tersebut akan dikaji komponen-komponennya dan indikator apa yang menjadi ukurannya.

Faktor *vulnerability* (kerentanan) akan dikembangkan dalam model penilaian risiko pada penelitian ini. *Vulnerability* pada ruas jalan belum dikaji secara mendalam, penelitian-penelitian yang direview pada kajian pustaka lebih mendalami kajian *vulnerability* pada *highway* dan jembatan. Selain itu kondisi kerentanan di Indonesia akan berbeda indikator yang memengaruhi.

Perbandingan keuntungan dan kelemahan masing-masing model dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Keuntungan & Kelemahan Model

Model	Keuntungan	Kelemahan
Skenario (Nillsson, 2008) (Geurreiro & Azevedo, 2004)	Dapat mengetahui kemungkinan kerusakan maupun kerugian pada jaringan jalan dengan skenario gempa yang ditentukan Dapat dilakukan secara probabilistik maupun deterministik	Dibutuhkan data kejadian bencana gempa bumi yang lengkap (sumber gempa, jarak & kedalaman sumber gempa) Dibutuhkan inventarisasi data jalan & jembatan yang sangat detail, serta dalam jumlah besar
Estimasi kerugian (Luna,dkk; 2008) (Werner, 2004)	Dapat mengetahui perkiraan kerugian (langsung dan tak langsung) untuk jaringan jalan	Dibutuhkan data kejadian bencana gempa bumi yang lengkap (sumber gempa, jarak & kedalaman sumber gempa) untuk mendapatkan probabilitas kerusakan untuk masing-masing <i>damage state</i> Dibutuhkan inventarisasi data jalan & jembatan yang sangat detail, serta dalam jumlah besar.
Indeks Risiko Cafiso (2010) Hosseini & Vayeghan (2008)	Data yang dibutuhkan dalam jumlah rendah Dapat digunakan untuk ruas jalan Penggunaannya sederhana	Nilai yang dihasilkan adalah indeks relatif yang tidak memperlihatkan kuantitas secara absolut dan harus dibandingkan dengan nilai pada ruas lainnya

2.3. Pengelolaan Bencana untuk Jalan dan Jembatan pada Beberapa Negara

Filipina : Seperti halnya Indonesia, Filipina juga merupakan salah satu negara yang rawan terhadap bencana alam seperti banjir, gempa bumi, longsor, gunung berapi, dan lainnya yang berakibat pada kerusakan jalan, dan ditutupnya jalan selama beberapa hari. Di Filipina belum ada sistem khusus untuk manajemen bencana jalan dan jembatan, tetapi ada kajian khusus mengenai pengarusutamaan Pengurangan Risiko Bencana (PRB) dalam proses perencanaan pembangunan jalan, yang dilakukan oleh National Disaster Coordinating Council (NDCC) bekerja sama dengan Department of Public Works and Highways (DPWH). Program ini didukung oleh ADPC, UNISDR dan Swedish International Development Cooperation Agency (SIDA).

Pada pelaksanaannya, program ini membentuk suatu Technical Working Group (TWG) yang terdiri dari beberapa institusi pemerintah, lembaga penelitian, universitas dan NGO untuk membahas pengarusutamaan Pengurangan Risiko Bencana (PRB) dalam proses perencanaan pembangunan jalan (Laporan Akhir Penyusunan Manajemen Bencana Alam Bidang Jalan & Jembatan, 2012).

Amerika Serikat : Praktek penerapan Manajemen Bencana Bidang Jalan dan Jembatan di Amerika Serikat ditangani oleh Departemen Transportasi (Departement of Transportation). Di Negara ini, Departemen Transportasi tidak hanya menangani penyelenggaraan infrastruktur transportasi tetapi juga menangani operasionalnya. Sistem Manajemen Bencana Bidang Transportasi mencakup manajemen bencana yang diakibatkan oleh bencana alam maupun oleh manusia/kegagalan teknologi. Manajemen bencana bidang jalan dan jembatan ditangani oleh Federal Highway Administration (FHWA) -Department of Transportation melalui suatu program yang disebut dengan Program Emergency Transportation Operation (ETO) for Disaster.

Penelitian-penelitian yang komprehensif mulai dilakukan oleh FHWA sejak tahun 1992 yang dimulai dengan riset seismic dengan target perkuatan (retrofitting), desain, dan analisis risiko yang menghasilkan beberapa manual dan alat bantu untuk desain dan analisis risiko.

New Zealand : New Zealand telah mengembangkan sistem manajemen risiko bencana alam untuk jaringan jalan. Pihak Road Controlling Authorities (RCA) bertanggung jawab terhadap sistem manajemen ini. Selain pihak RCA, terdapat pihak yang bertanggung jawab terhadap pendanaan pemeliharaan jalan. terdapat 5 level implementasi yang diterapkan untuk keberhasilan manajemen risiko bencana alam ini yaitu : strategi risiko untuk jalan nasional, perencanaan transportasi regional, manajemen jaringan lalu lintas, manajemen tanggap darurat, pengembangan proyek

3. Kesimpulan

Dari beberapa model penilaian risiko gempa bumi pada jalan yang telah dilakukan maka pengembangan model penilaian risiko bencana yang akan dilakukan akan diadopsi dari gabungan model yang dikembangkan oleh Cafiso (2010), Hosseini dan Vayeghan (2008), Nillson (2008), dan Davidson (1997). Faktor-faktor utama yang memengaruhi risiko bencana pada jalan berdasarkan penelitian-penelitian tersebut adalah hazard, vulnerability, exposure, faktor external dan respon tanggap darurat berdasarkan model yang dikembangkan oleh Davidson (1997) dan Hosseini dan Vayeghan (2008).

Model penilaian risiko Hosseini dan Vayeghan (2008) akan diadopsi pada tahap penelitian ini. Parameter yang berhubungan dengan hazard dan kerentanan di "service area" dapat diterapkan pada model. Karakter ruas jalan antar kota di Indonesia sangat memerlukan model yang memasukkan parameter-parameter yang digunakan pada model Hosseini dan Vayeghan. Kerentanan merupakan factor yang sangat penting untuk dikaji, karena pada penelitian dan model yang akan diterapkan pada pengelola jalan di Indonesia belum ada kajian tentang kerentanan pada ruas jalan di Indonesia. Selain itu kerentanan dari model yang sudah diterapkan di negara lain akan berbeda dengan kondisi kerentanan yang ada di Indonesia.

Daftar Kepustakaan

ADPC. (2006) Hazard, Vulnerability and Risk : *Workshop on Earthquake Vulnerability Reduction for Cities and Damage and Loss Estimation for Recovery Planning-Research Centre for Disaster Studies*. Yogyakarta.

- Cafiso, Salvatore (2010). *Assessment of Seismic Risk and Reliability of Road Network*. Diakses dari http://cdn.intechopen.com/pdfs/11745/InTech-Assessment_of_seismic_risk_and_reliability_of_road_network.pdf. tanggal 17 Desember 2012
- Davidson, Rachel A. (1997). *An Urban Earthquake Disaster Risk Index*. The John A. Blume Earthquake Engineering Centre. Report no. 121. Stanford University, California.
- Hosseini Mahmood dan Vayeghan, FY. (2008). A Risk Management Model for Inter-City Road Systems. *The 14th World Conference on Earthquake Engineering*. Beijing, China.
- Haigh, R., & Amaratunga, D. (2010). An integrative review of the built environment discipline's role in the development of society's resilience to disasters. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*, 1(1), 11-24.
- Nillson, E. (2008). *Seismic Risk Assessment of The Transportation Network in Charleston SC*. Thesis. Georgia Institute of Technology.
- Sengara, I Wayan dan Pribadi K.S. (2009). Kajian Risiko untuk Pencegahan dan Mitigasi Bencana Gempa di Indonesia. *Mengelola Risiko Bencana di Negara Maritim Indonesia ; Upaya Mengurangi Risiko Bencana*. Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Shojiro, Kataoka. (2006). *Scenarios Of Earthquake and Tsunami Disaster Including Damage To Road Bridges*. Diunduh dari <https://www.pwri.go.jp/eng/ujnr/tc/g/pdf/22/22-2-3kataoka.pdf>
- Werner, et al. (2008). Analysis of Risk to Southern California Highway System. *The ShakeOut Scenario*, USGS Report 2008-1150. Oakland, CA.

Pemodelan dan Prediksi Tingkat Kebisingan Akibat Lalu Lintas di SD Negeri 10 Aur Duri Kota Padang

Helga Yermadona

Staf pengajar, Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat;
helga.dona@gmail.com

Abstrak

Pertambahan kepemilikan kendaraan bermotor khususnya di kota Padang mengakibatkan banyaknya pergerakan kendaraan yang melewati ruas jalan sehingga meningkatkan kebisingan lalu lintas. Kebisingan lalu lintas yang tinggi dan dalam waktu yang cukup lama akan menimbulkan ketidaknyamanan dan membuat lingkungan sekitar menjadi terganggu, seperti pada kawasan sekolah. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur kebisingan lalu lintas, mendapatkan pemodelan dan memprediksi kebisingan akibat lalu lintas. Jalan Aur Duri dipilih sebagai lokasi studi karena merupakan salah satu jalan di kota Padang yang banyak dilewati kendaraan berat. Pengumpulan data di lapangan yaitu dengan cara survey volume kendaraan bermotor, persentase kendaraan berat, kecepatan kendaraan, dan tingkat kebisingan. Pengukuran kecepatan kendaraan dengan menggunakan alat *speed gun* dan pengukuran kebisingan dengan menggunakan alat *sound level meter*. Pelaksanaan survey dilakukan pada saat sekolah libur, pada hari kerja (jam 06.45 sampai 13.30 WIB). Berdasarkan hasil survey didapatkan data kebisingan akibat lalu lintas pada lokasi studi berkisar antara 77,9 dB(A) – 83,1 dB(A), nilai kebisingan tersebut melebihi batas dari tingkat kebisingan menurut Surat Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup nomor 48 tahun 1996 yaitu 55 dB(A) untuk kawasan sekolah. Analisis pemodelan berdasarkan data tingkat kebisingan (Y) dengan 6 variabel bebas (X) yaitu: volume sepeda motor (X_1), volume kendaraan ringan (X_2), volume angkutan umum (X_3), volume kendaraan berat (X_4), persentase kendaraan berat (X_5), dan kecepatan rata-rata kendaraan (X_6). Bentuk model tingkat kebisingan terbaik di SD Negeri 10 Aur Duri adalah $(Y) = 71,408 + 0,011(X_1) + 0,033(X_2) + 0,122(X_4)$ dengan $R^2 = 0,737$. Dengan menghitung pertumbuhan rata-rata (i) pertahun masing-masing variabel X_1 , X_2 , dan X_4 didapatkan prediksi tingkat kebisingan lalu lintas pada lokasi studi tahun 2018 adalah 84,63 dB(A), sehingga perlu segera dilakukan penanganan kebisingan.

Kata kunci: kebisingan lalu lintas, kendaraan bermotor, kecepatan kendaraan.

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Kebisingan adalah bunyi yang tidak diinginkan dari usaha atau kegiatan dalam tingkat dan waktu tertentu yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan. Pertambahan kepemilikan kendaraan bermotor khususnya di kota Padang mengakibatkan banyaknya pergerakan kendaraan yang melewati ruas jalan sehingga dapat meningkatkan kebisingan lalu lintas. Kebisingan lalu lintas yang tinggi dan dalam waktu yang cukup lama akan menimbulkan ketidaknyamanan dan membuat lingkungan sekitar menjadi terganggu.

Dampak dari kebisingan di lingkungan perumahan terhadap kesehatan masyarakat antara lain gangguan komunikasi, gangguan psikologis, keluhan dan tindakan demonstrasi, sedangkan keluhan somatik, tuli sementara dan tuli permanen merupakan dampak yang dipertimbangkan dari kebisingan di lingkungan kerja/ industri. Sedangkan gangguan kesehatan psikologis berupa gangguan belajar, gangguan istirahat, gangguan sholat, gangguan tidur dan gangguan lainnya (Depkes, 1995)

SD Negeri 10 Aur Duri Kota Padang merupakan salah satu lokasi pendidikan dimana tempat berlangsungnya kegiatan belajar mengajar yang terletak di tepi ruas jalan Aur Duri. Ruas jalan Aur Duri merupakan akses menuju kawasan industri dan salah satu jalan yang banyak dilewati

kendaraan berat, dengan demikian arus lalu lintas akan menimbulkan kebisingan pada lokasi pendidikan tersebut.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengukur kebisingan lalu lintas, mendapatkan pemodelan dan memprediksi kebisingan akibat lalu lintas di SD Negeri 10 Aur Duri Kota Padang.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Kebisingan

Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 48 Tahun 1996, kebisingan adalah bunyi yang tidak diinginkan dari suatu usaha atau kegiatan dalam tingkat dan waktu tertentu yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan, termasuk ternak, satwa, dan sistem alam.

Kriteria-kriteria variabel yang berpengaruh dalam kebisingan lalu lintas menurut Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (2004) yaitu:

1. Kecepatan rata-rata kendaraan.
2. Volume lalu lintas.
3. Persentase kendaraan berat.
4. Geometrik jalan, dengan memperhatikan: lebar jalan atau lebar lajur, panjang segmen, dan superelevasi jalan.
5. Gradien jalan.
6. Jenis permukaan jalan.
7. Efek pemantulan dikelompokkan dalam: lapangan terbuka, 1 meter di depan gedung, dan di kiri kanan sepanjang jalan terdapat dinding menerus.
8. Sudut pandang, dengan memperhatikan homogenitas lingkungan sekitar.

2.2. Ambang Batas Kebisingan

Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup di atas, ambang batas kebisingan adalah batas maksimal tingkat kebisingan yang diizinkan. Batasan nilai tingkat kebisingan untuk beberapa kawasan atau lingkungan tertera pada tabel 1 berikut ini :

Tabel 1. Baku Tingkat Kebisingan

No.	Peruntukan Kawasan	Kebisingan (dBA)
1.	Perumahan dan pemukiman	55
2.	Perdagangan dan jasa	70
3.	Perkantoran dan perdagangan	65
4.	Ruang hijau terbuka	50
5.	Industri	70
6.	Pemerintah dan fasilitas umum	60
7.	Rekreasi	70
8.	Stasiun kereta api	60
9.	Pelabuhan laut	70
10.	Rumah sakit atau sejenisnya	55
11.	Sekolah atau sejenisnya	55
12.	Tempat ibadah atau sejenisnya	55

Sumber: Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 48 Tahun 1996

3. Metode Penelitian

3.1. Survey Pendahuluan

Sebelum melakukan suatu penelitian terlebih dahulu dilakukan studi pendahuluan antara lain :

1. Penentuan lokasi penelitian
Lokasi SDN 10 Aur Duri terletak pada ruas jalan yang mempunyai tipe jalan 2/2 UD dan lebar jalan = 7 meter, tidak ada penghalang kebisingan (pagar sekolah).
2. Penentuan titik pengukuran

- Pengambilan data kebisingan pada kawasan sekolah SDN 10 Aur Duri yang berjarak 4,5 meter dari as jalan.
3. Penentuan waktu survai
- Proses pengumpulan data survai dilakukan pada saat sekolah libur. Pelaksanaan survai penelitian dilakukan pada hari dan jam belajar sekolah, dimulai dari jam 06.45 sampai jam 13.30. Survai dilaksanakan tanggal 26 Juni 2013 di SDN 10 Aur Duri.

3.2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dibagi atas dua data yaitu :

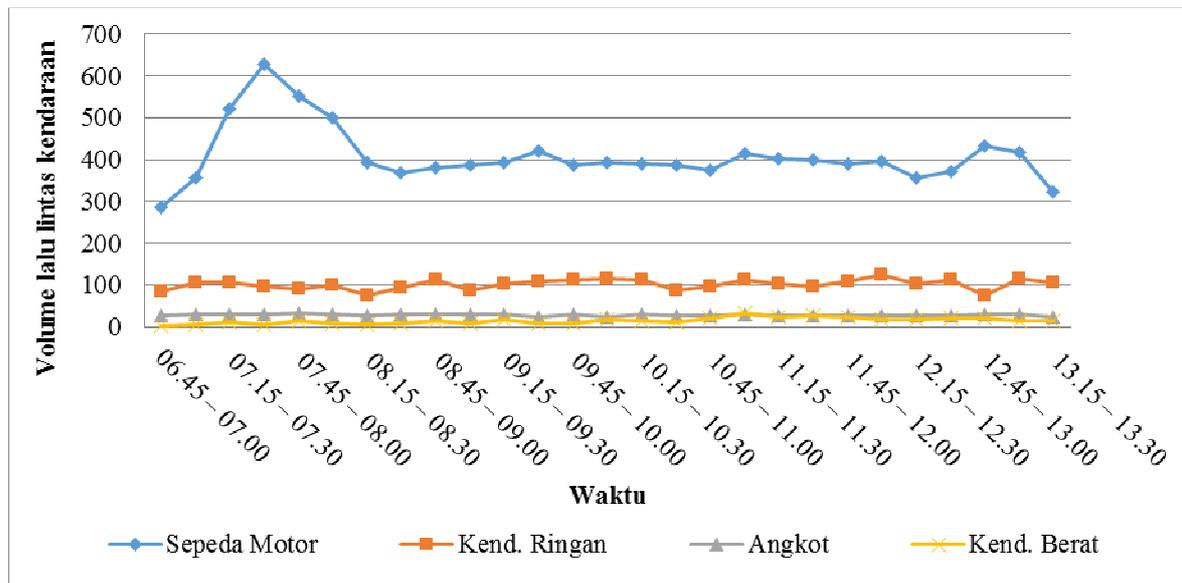
- Data primer merupakan data yang diperoleh langsung di lapangan dari subjek penelitian. Data primer yang dikumpulkan pada penelitian, yaitu :
 - a. Volume lalu lintas.
 - b. Kecepatan rata-rata kendaraan.
 - c. Tingkat Kebisingan.
- Data sekunder adalah data yang tidak diperoleh dari pengukuran langsung di lapangan atau data yang diperoleh dari instansi terkait untuk mendapatkan data yang sudah ada. Data sekunder yang dikumpulkan pada penelitian ini antara lain:
 - a. Peta lokasi dan ruas jalan yang diteliti
 - b. Data jumlah kendaraan di Kota Padang.

4. Hasil dan Pembahasan

Hasil survai dan pembahasan penelitian sebagai berikut:

4.1. Volume Lalu Lintas

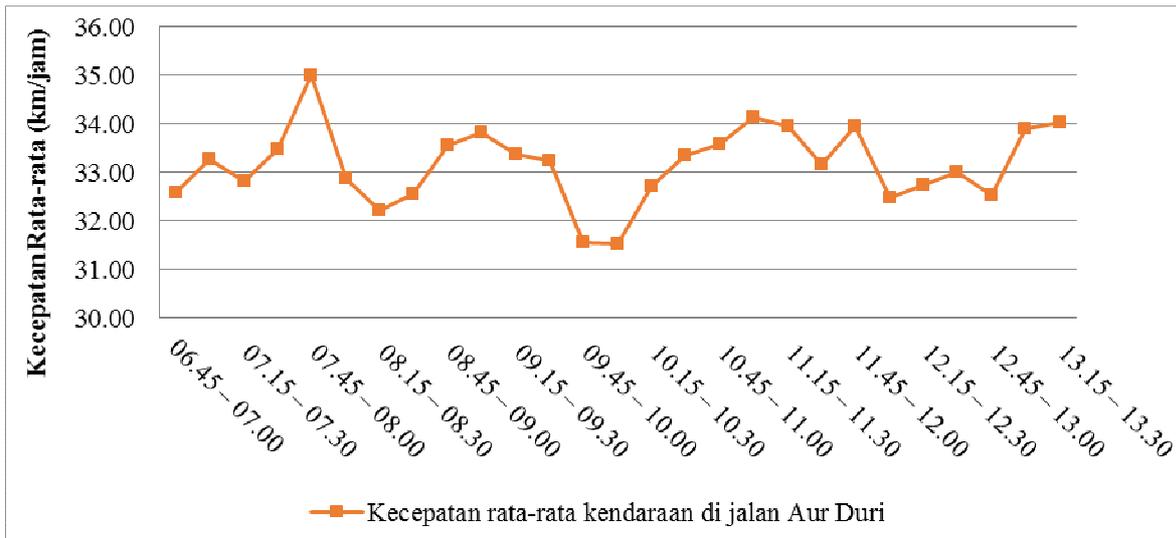
Hasil survai volume lalu lintas rata-rata pada lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 1 berikut ini:



Gambar 1. Hasil survey volume lalu lintas kendaraan pada ruas jalan Aur Duri (SDN 10 Aur Duri)

4.2. Kecepatan Rata-rata Kendaraan

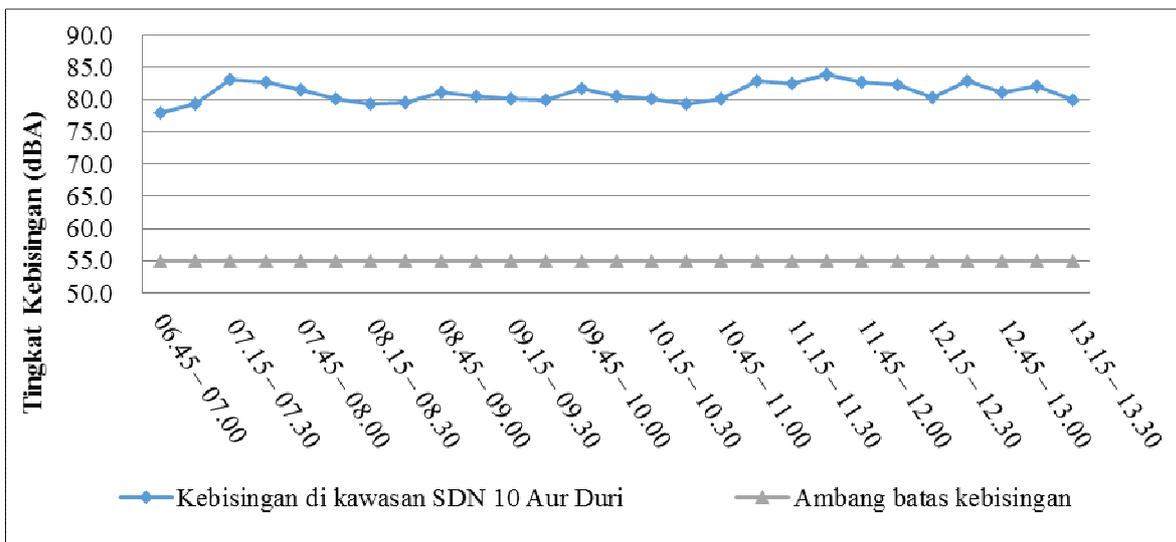
Hasil survai kecepatan rata-rata kendaraan pada lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 2 berikut ini:



Gambar 2. Hasil survey kecepatan rata-rata kendaraan pada ruas jalan Aur Duri (SDN 10 Aur Duri)

4.3. Kebisingan Lalu Lintas

Hasil survai kebisingan lalu lintas rata-rata pada lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 3 berikut ini:



Gambar 3. Hasil survey kebisingan lalu lintas pada ruas jalan Aur Duri (SDN 10 Aur Duri)

Hasil survai pada lokasi penelitian menunjukkan bahwa tingkat kebisingan rata-rata melebihi baku mutu kebisingan untuk kawasan sekolah, yaitu 55 dBA.

4.4. Analisis Statistik

Analisa statistik dilakukan untuk mendapatkan model tingkat kebisingan lalu lintas dengan metode analisis regresi berganda. Data yang dianalisis pada regresi berganda yaitu tingkat kebisingan (Y) dengan 6 variabel bebas (X) yaitu: volume sepeda motor (X_1), volume kendaraan ringan (X_2), volume angkutan umum (X_3), volume kendaraan berat (X_4), persentase kendaraan berat (X_5), dan kecepatan rata-rata kendaraan (X_6).

4.4.1. Tahap Uji Korelasi

Untuk mengetahui variabel X yang berkorelasi kuat dengan variabel Y dan variabel X yang berkorelasi lemah dengan variabel X lainnya. Matriks korelasi hasil analisis dapat dilihat pada tabel 2 berikut ini:

Tabel 2. Analisis uji korelasi

Korelasi	Y	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
Y	1.000						
X_1	0.451	1.000					
X_2	0.416	-0.065	1.000				
X_3	0.196	0.569	-0.131	1.000			
X_4	0.641	-0.083	0.290	-0.154	1.000		
X_5	0.561	-0.213	0.279	-0.253	0.987	1.000	
X_6	0.236	0.231	-0.010	0.130	0.352	0.311	1.000

Dari matrik korelasi di atas dapat dilihat bahwa variabel kebisingan (Y) berkorelasi tinggi (nilai korelasi $> 0,5$) dengan variabel volume kendaraan berat (X_4) dan persentase kendaraan berat (X_5). Antar variabel-variabel X yang memiliki korelasi rendah (nilai korelasi $< 0,5$) dapat digunakan bersama-sama dalam satu persamaan alternatif. Sebaliknya antar variabel-variabel X yang memiliki korelasi tinggi (nilai korelasi $> 0,5$) yaitu variabel ($X_1 - X_3$ dan $X_4 - X_5$) tidak dapat dimasukkan bersama-sama dalam satu persamaan alternatif.

4.4.2. Alternatif Persamaan Model Regresi Linear

Variabel dalam model terpenuhi selama nilai $p\text{-value} < 0.05$, hasil analisis dapat dilihat pada tabel 3 berikut ini:

Tabel 3. Alternatif persamaan model regresi linear

Variabel	Persamaan	$P\text{ value}$	$P\text{ value} \leq 0.05$
X_4	$Y = a + b X_4$	0,0003	Terpenuhi
X_5	$Y = a + b X_5$	0,0023	Terpenuhi
$X_1 - X_2$	$Y = a + b X_1 + c X_2$	0,0092	Terpenuhi
$X_1 - X_4$	$Y = a + b X_1 + c X_4$	0,0002	Terpenuhi
$X_1 - X_5$	$Y = a + b X_1 + c X_5$	0,0000	Terpenuhi
$X_1 - X_6$	$Y = a + b X_1 + c X_6$	0,4593	Tidak terpenuhi
$X_2 - X_3$	$Y = a + b X_2 + c X_3$	0,1690	Tidak terpenuhi
$X_2 - X_4$	$Y = a + b X_2 + c X_4$	0,1182	Tidak terpenuhi
$X_2 - X_5$	$Y = a + b X_2 + c X_5$	0,1029	Tidak terpenuhi
$X_2 - X_6$	$Y = a + b X_2 + c X_6$	0,1926	Tidak terpenuhi
$X_3 - X_4$	$Y = a + b X_3 + c X_4$	0,0498	Terpenuhi
$X_3 - X_5$	$Y = a + b X_3 + c X_5$	0,0318	Terpenuhi
$X_3 - X_6$	$Y = a + b X_3 + c X_6$	0,4018	Tidak terpenuhi
$X_4 - X_6$	$Y = a + b X_4 + c X_6$	0,9471	Tidak terpenuhi
$X_5 - X_6$	$Y = a + b X_5 + c X_6$	0,7048	Tidak terpenuhi
$X_1 - X_2 - X_4$	$Y = a + b X_1 + c X_2 + d X_4$	0,022	Terpenuhi
$X_1 - X_2 - X_5$	$Y = a + b X_1 + c X_2 + d X_5$	0,0185	Terpenuhi
$X_1 - X_2 - X_6$	$Y = a + b X_1 + c X_2 + d X_6$	0,4100	Tidak terpenuhi
$X_1 - X_4 - X_6$	$Y = a + b X_1 + c X_4 + d X_6$	0,2575	Tidak terpenuhi
$X_2 - X_3 - X_4$	$Y = a + b X_2 + c X_3 + d X_4$	0,2188	Tidak terpenuhi
$X_2 - X_3 - X_6$	$Y = a + b X_2 + c X_3 + d X_6$	0,0527	Tidak terpenuhi
$X_2 - X_4 - X_6$	$Y = a + b X_2 + c X_4 + d X_6$	0,7374	Tidak terpenuhi
$X_1 - X_2 - X_4 - X_6$	$Y = a + b X_1 + c X_2 + d X_4 + e X_6$	0,3357	Tidak terpenuhi
$X_1 - X_2 - X_5 - X_6$	$Y = a + b X_1 + c X_2 + d X_5 + e X_6$	0,3700	Tidak terpenuhi
$X_2 - X_3 - X_4 - X_6$	$Y = a + b X_2 + c X_3 + d X_4 + e X_6$	0,8843	Tidak terpenuhi

4.4.3. Uji Model

Beberapa alternatif persamaan model yang memenuhi $p\text{-value} \leq 0.05$ kemudian dicek uji kemasukakalan tanda dan uji statistik (uji t dan uji F). Uji t dinyatakan terpenuhi jika ($t \text{ stat} > t \text{ tabel}$), dan uji F dinyatakan terpenuhi jika ($F \text{ hit} > F \text{ tabel}$). Hasil uji t dan uji F pada model dapat dilihat pada tabel 4 berikut ini:

Tabel 4. Alternatif persamaan model regresi linear

	<i>Coefficients</i>	t Stat	t tabel	t stat > t tabel	F hit	F tabel	F hit > F tabel
<i>Intercept</i>	79,167	159,994	2,086	terpenuhi	-	-	-
X_4	0,130	4,180		terpenuhi			
Persamaan : $Y = 79,167 + 0,130 X_4$ dengan $R^2 = 0,411$							
<i>Intercept</i>	79,388	147,956	2,086	terpenuhi	-	-	-
X_5	62,701	3,386		terpenuhi			
Persamaan : $Y = 79,388 + 62,701 X_5$ dengan $R^2 = 0,314$							
<i>Intercept</i>	71,372	29,117	2,086	terpenuhi	8,11	3,40	Terpenuhi
X_1	0,010	3,040		terpenuhi			
X_2	0,053	2,832		terpenuhi			
Persamaan : $Y = 71,372 + 0,010 X_1 + 0,053 X_2$ dengan $R^2 = 0,403$							
<i>Intercept</i>	74,640	66,687	2,086	terpenuhi	24,08	3,40	Terpenuhi
X_1	0,010	4,299		terpenuhi			
X_3	0,138	5,785		terpenuhi			
Persamaan : $Y = 74,640 + 0,010 X_1 + 0,138 X_3$ dengan $R^2 = 0,667$							
<i>Intercept</i>	73,831	61,354	2,086	terpenuhi	22,86	3,40	Terpenuhi
X_1	0,012	4,879		terpenuhi			
X_5	76,945	5,614		terpenuhi			
Persamaan : $Y = 73,831 + 0,012 X_1 + 76,945 X_5$ dengan $R^2 = 0,656$							
<i>Intercept</i>	74,294	30,911	2,086	Terpenuhi	12,01	3,40	Terpenuhi
X_3	0,170	2,066		tidak terpenuhi			
X_4	0,139	4,709		Terpenuhi			
Persamaan : $Y = 74,294 + 0,170 X_3 + 0,139 X_4$ dengan $R^2 = 0,50$							
<i>Intercept</i>	73,453	27,714	2,086	Terpenuhi	34,82	3,40	Terpenuhi
X_3	0,204	2,280		terpenuhi			
X_5	72,914	4,117		terpenuhi			
Persamaan : $Y = 73,453 + 0,204 X_3 + 72,914 X_5$ dengan $R^2 = 0,436$							
<i>Intercept</i>	71,408	42,919	2,086	terpenuhi	21,43	3,03	Terpenuhi
X_1	0,011	4,828		terpenuhi			
X_2	0,033	2,456		terpenuhi			
X_4	0,122	5,394		terpenuhi			
Persamaan : $Y = 71,408 + 0,011 X_1 + 0,033 X_2 + 0,122 X_4$ dengan $R^2 = 0,737$							
<i>Intercept</i>	70,557	41,791	2,086	terpenuhi	20,83	3,03	Terpenuhi
X_1	0,013	5,416		terpenuhi			
X_2	0,034	2,534		terpenuhi			
X_5	68,079	5,293		terpenuhi			
Persamaan : $Y = 70,557 + 0,013 X_1 + 0,034 X_2 + 68,079 X_5$ dengan $R^2 = 0,731$							

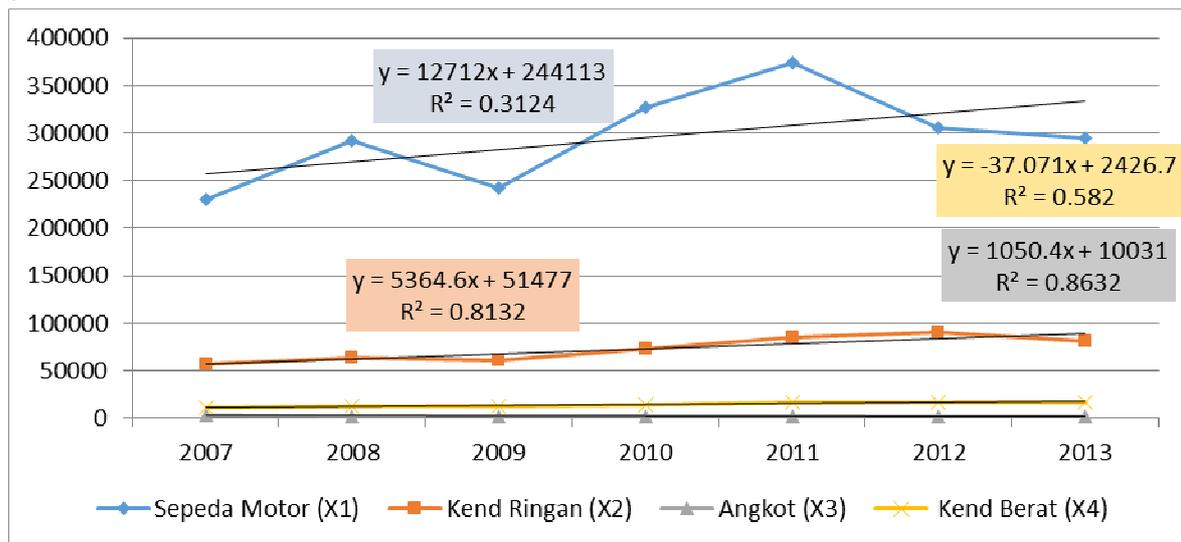
Dari tabel 4 di atas, diketahui bahwa pada model terpilih untuk uji t ($t_{stat} > t_{tabel}$) maka H_0 ditolak, H_a diterima artinya secara parsial ada pengaruh signifikan antara variabel X terhadap variabel tingkat kebisingan (Y). Untuk uji F ($F_{hitung} > F_{tabel}$) maka H_0 ditolak, H_a diterima artinya ada pengaruh signifikan antara variabel X secara bersama-sama terhadap variabel tingkat kebisingan (Y).

4.4.4. Pemilihan Model Terbaik

Berdasarkan analisis statistik, maka model terbaik yang terpilih adalah: $(Y) = 71,408 + 0,011(X_1) + 0,033(X_2) + 0,122(X_4)$ dengan $R^2 = 0,737$ yang paling besar (mendekati 1) dibandingkan model lainnya. Dari persamaan model tersebut dapat disimpulkan bahwa variabel volume sepeda motor (X_1), volume kendaraan berat (X_4) dan volume kendaraan berat (X_2) berpengaruh sebesar 73,7% terhadap tingkat kebisingan di SDN 10 Aur Duri, sedangkan 26,3% lainnya dipengaruhi oleh variabel lain yang tidak disertakan dalam penelitian ini.

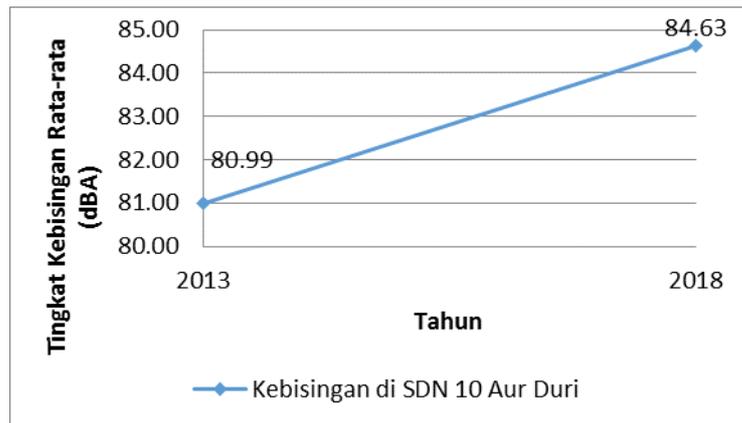
4.5. Prediksi Tingkat Kebisingan (n = 5 tahun)

Prediksi atau peramalan tingkat kebisingan lalu lintas dilakukan berdasarkan prediksi volume kendaraan di masa mendatang. Prediksi volume kendaraan Kota Padang dapat dicari berdasarkan data jumlah kendaraan bermotor dari Badan Pusat Statistik kota Padang (data tahun 2007 – 2013). Berdasarkan data jumlah kendaraan di kota Padang, model *trend* pertumbuhan kendaraan Kota Padang dapat dicari dengan metode analisis *trend* persamaan regresi linear, seperti terlihat pada gambar 4 berikut ini:



Gambar 4. Analisis trend jumlah kendaraan (Y) kota Padang terhadap tahun (X)

Diasumsikan pertumbuhan jumlah kendaraannya mengikuti model trend pertumbuhan kendaraan untuk kota Padang di atas. Selanjutnya dilakukan perhitungan prediksi tingkat kebisingan (n = 5 tahun) pada lokasi penelitian dengan menggunakan persamaan model tingkat kebisingan terbaik hasil analisis regresi linear berganda. Hasil prediksi tingkat kebisingan masa yang akan datang dapat dilihat pada gambar 5 berikut ini:



Gambar 5. Prediksi tingkat kebisingan rata-rata di SDN 10 Aur Duri (n = 5 tahun)

5. Kesimpulan

- Berdasarkan hasil survey didapatkan data kebisingan akibat lalu lintas pada lokasi studi berkisar antara 77,9 dB(A) – 83,1 dB(A), nilai kebisingan tersebut melebihi batas dari tingkat kebisingan menurut Surat Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup nomor 48 tahun 1996 yaitu 55 dB(A) untuk kawasan sekolah.
- Analisis pemodelan berdasarkan data tingkat kebisingan (Y) dengan 6 variabel bebas (X) yaitu: volume sepeda motor (X_1), volume kendaraan ringan (X_2), volume angkutan umum (X_3), volume kendaraan berat (X_4), persentase kendaraan berat (X_5), dan kecepatan rata-rata kendaraan (X_6). Bentuk model tingkat kebisingan terbaik di SD Negeri 10 Aur Duri adalah $(Y) = 71,408 + 0,011(X_1) + 0,033(X_2) + 0,122(X_4)$ dengan $R^2 = 0,737$.
- Prediksi volume kendaraan dilakukan berdasarkan data jumlah kendaraan bermotor di kota Padang tahun 2007 - 2013 dengan metode analisis trend persamaan regresi linear. Model trend untuk sepeda motor $(Y) = -25255872,286 - 12711,857(X)$ dengan $R^2 = 0,312$ untuk kendaraan ringan $(Y) = -10709853,429 + 5364,571(X)$ dengan $R^2 = 0,813$ dan untuk kendaraan berat $(Y) = -2097056,786 + 1050,393(X)$ dengan $R^2 = 0,863$.
- Dengan menghitung pertumbuhan rata-rata (i) pertahun masing-masing variabel X_1 , X_2 , dan X_4 didapatkan prediksi tingkat kebisingan lalu lintas pada lokasi studi tahun 2018 adalah 84,63 dB(A), sehingga perlu segera dilakukan penanganan kebisingan.

Daftar Kepustakaan

- Badan Pusat Statistik. (2014), *Sumatera Barat dalam Angka 2014*, Badan Pusat Statistik, Padang.
- Departemen Kesehatan RI. (1995). *Petunjuk Pelaksanaan Pengawasan Kebisingan*, Jakarta.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. (2004), *Pedoman Prediksi Kebisingan Akibat Lalu Lintas, Pedoman Teknis No. 10-2004-B*, Jakarta.
- Kementrian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. (1996), *Keputusan Menteri Lingkungan Hidup RI No. 48 Tahun 1996 tentang Baku Tingkat Kebisingan*, Jakarta.
- Mulyono, S. (2000), *Peramalan Bisnis dan Ekonometrika*, BPPE, Yogyakarta.
- Sugiyono. (2007), *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*, CV. Alfabeta, Bandung.

Praktek Konstruksi Developer di Kota Padang dalam Mewujudkan Rumah Sederhana (*Non-Engineered House*) Tahan Gempa

Yervi Hesna

Staf pengajar, Jurusan Teknik Sipil Universitas Andalas

Abstrak :

Dari beberapa jenis bangunan dan infrastruktur yang rusak akibat gempa, kerusakan terhadap rumah sederhana (*non-engineered house*) merupakan perhatian yang utama karena sebagian besar berfungsi sebagai tempat tinggal masyarakat banyak. Keruntuhan rumah sederhana tipe kedua ini menjadi penyebab terbesar dalam hal kehilangan nyawa dan benda akibat adanya peristiwa gempa bumi sebagaimana terjadi di Sumatera Barat pada 30 September 2009 yang lalu. Pangsa pasar perumahan developer cukup tinggi mengingat besarnya kebutuhan akan perumahan yang layak, terutama setelah terjadinya gempa 30 September 2009. Namun dalam prakteknya, amat sulit bagi masyarakat calon pembeli untuk memastikan rumah yang dihasilkan oleh developer sudah termasuk kategori rumah yang aman terhadap gempa. Hal ini disebabkan oleh calon pembeli tidak mengikuti langsung proses konstruksi yang dilakukan oleh developer. Tujuan dilakukannya survey terhadap industry konstruksi khususnya pada developer adalah untuk melihat bagaimana kondisi praktek konstruksi terkini developer dalam mewujudkan rumah aman gempa. Dalam penelitian ini akan dikembangkan 3 buah kuisioner yang ditujukan kepada organisasi perusahaan tingkat pusat, organisasi perusahaan tingkat proyek dan kuisioner yang melihat 'gab' yang terjadi dalam pelaksanaan konstruksi perumahan developer.

Secara umum gempa September 2009 belum membawa perubahan berarti dalam praktek bisnis yang dijalani oleh Developer perumahan di Kota Padang. Hal ini terlihat masih minimnya perhatian manajemen tingkat pusat Developer dalam mewujudkan produk rumah yang dihasilkan memenuhi kriteria rumah sederhana tahan gempa. Minimnya perhatian dari manajemen tingkat pusat dapat dijadikan tolok ukur terhadap keseluruhan proses bisnis konstruksi yang Developer jalani. Hal ini terlihat dari tidak banyaknya upaya yang dilakukan oleh manajemen tingkat pusat dalam meningkatkan kapasitas dan kompetensi karyawannya terhadap penguasaan materi rumah aman gempa. Demikian juga terhadap mutu produk yang dihasilkan masih relatif jauh dari standar bangunan tahan gempa

Kata Kunci : *Konstruksi, Developer, Rumah Sederhana Tahan Gempa*

1. Pendahuluan

Padang sebagai ibukota Provinsi Sumatera Barat merupakan salah satu kota dengan tingkat kerawanan yang tinggi terhadap gempa bumi dan tsunami di dunia (National Geographic Magazine, March 2005). Pada gempa 30 September 2009, berdasarkan data dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) terdapat korban meninggal 1.117 orang, hilang 2 orang, 2.902 orang luka-luka dan 249.833 rumah mengalami kerusakan. Dari beberapa jenis bangunan dan infrastruktur, kerusakan terhadap rumah sederhana (*non-engineered house*) merupakan perhatian yang utama karena berfungsi sebagai tempat tinggal masyarakat banyak. Keruntuhan rumah sederhana tipe kedua ini menjadi penyebab terbesar dalam hal kehilangan nyawa dan benda akibat adanya peristiwa gempa bumi sebagaimana terjadi di Sumatera Barat pada 30 September 2009 yang lalu.

Sedangkan untuk tahun 2011 REI Sumbar telah menargetkan membangun perumahan bagi kalangan masyarakat berpenghasilan rendah sebanyak 3.500 unit (www.padang.go.id). Pangsa pasar perumahan dari REI cukup tinggi mengingat besarnya kebutuhan akan perumahan yang layak, terutama setelah terjadinya gempa 30 September 2009 dimana banyak terjadi kerusakan dari rumah masyarakat mulai dari skala kerusakan kecil hingga rusak berat dan rubuh.

Tingginya minat masyarakat terhadap perumahan khususnya perumahan yang dibangun oleh developer, harus dibarengi dengan peningkatan kualitas perumahan yang dihasilkan oleh developer.

Dengan adanya peningkatan kerawanan gempa di kota Padang berdasarkan zonasi gempa 2010 terbaru, menuntut developer untuk menghasilkan rumah yang aman terhadap gempa dengan mengakomodasi beban akibat gempa di konstruksi bangunan rumah yang dihasilkan demi mengurangi resiko korban jiwa dan kerugian material apabila gempa terjadi.

Namun dalam prakteknya, amat sulit bagi masyarakat calon pembeli untuk memastikan rumah yang dihasilkan oleh developer sudah termasuk kategori rumah yang aman terhadap gempa hanya didasarkan atas klaim sepihak dari developer saja. Hal ini disebabkan oleh calon pembeli tidak mengikuti langsung proses konstruksi yang dilakukan oleh developer.

Tujuan dilakukannya survey terhadap industri konstruksi khususnya pada developer adalah untuk melihat kondisi praktek konstruksi terkini developer, terutama dengan adanya gempa besar 30 September 2009 yang lalu dan ditetapkannya peningkatan kerawanan potensi gempa Sumatera Barat zonasi gempa 2010 terbaru, bagaimana pengaruhnya terhadap aktifitas developer di Kota Padang.

Penilaian praktek konstruksi developer dimulai dari tahapan perancangan, tahapan pengadaan material, tahapan pelaksanaan dan pengawasan konstruksi sehingga nantinya bisa dilakukan penilaian terhadap produk yang dihasilkan developer dalam mewujudkan konstruksi rumah sederhana yang tahan gempa.

2. Metodologi Penelitian

Pendekatan studi yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan melakukan survei. Tan, W. (1995) berpendapat survei merupakan metoda yang ampuh untuk mendapatkan data primer terhadap sampel penelitian untuk mendapatkan informasi atau kesimpulan terhadap populasi responden.

Jumlah sampel objek penelitian ditentukan berdasarkan teknik pengambilan sampel *non probability sample* yakni pengambilan dan pemilihan jumlah sampel tidak berdasarkan random. Hal ini didasarkan bahwa penelitian ini hanya ingin melihat gambaran umum dari praktek konstruksi developer dalam mewujudkan rumah sederhana tahan gempa. Cara yang digunakan adalah *purposive sample* yakni berdasarkan pertimbangan peneliti saja dalam menentukan pengambilan sampel (Nasution, 2003). Terdapat 8 developer yang awalnya menjadi sampel penelitian, namun 2 perusahaan menolak menjadi sampel penelitian dan satu perusahaan lainnya belum memulai kegiatan konstruksi perumahan. Sehingga hanya 5 developer yang menjadi sampel akhir dalam penelitian ini.

Berangkat dari tujuan penelitian maka dalam penelitian ini akan dikembangkan 3 buah kuisisioner yang ditujukan kepada organisasi perusahaan tingkat pusat untuk mengetahui bentuk manajemen tingkat perusahaan dalam menjalankan roda bisnisnya untuk menghasilkan produk yang tahan terhadap gempa dan organisasi perusahaan tingkat proyek untuk mengetahui bentuk manajemen tingkat proyek dalam menjalankan kegiatan konstruksi yang berbasis rumah sederhana tahan gempa. Disamping itu kuisisioner yang ketiga merupakan kuisisioner yang berisi panduan yang melihat 'gab' yang terjadi dalam pelaksanaan konstruksi di objek penelitian dalam mewujudkan rumah sederhana tahan gempa.

Skema matrik kebutuhan data kuisisioner yang akan dikembangkan guna mendapatkan tujuan penelitian ini adalah sebagaimana yang diilustrasikan pada gambar 6 berikut :

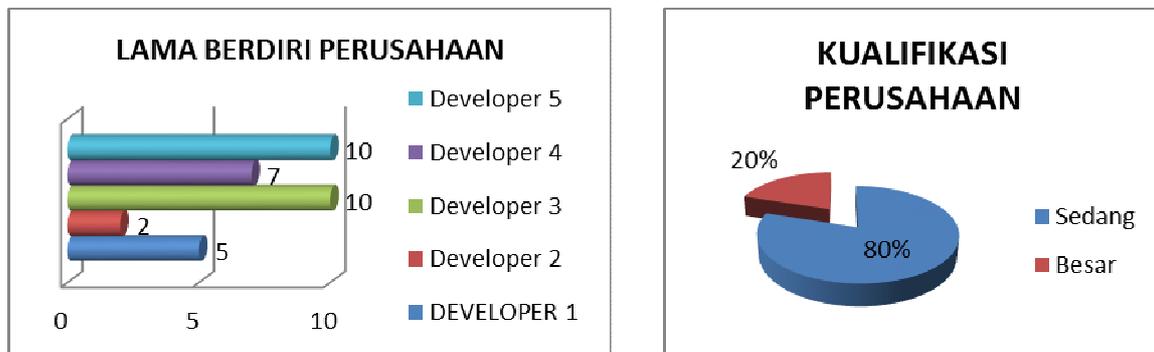
	Tahap Perancangan	Tahap Pengadaan	Tahap Pelaksanaan & Pengawasan
<i>Organisasi Tingkat Perusahaan</i>	1. Mekanisme penentuan lokasi perumahan 2. Mekanisme pembuatan desain 3. Mekanisme pengawasan desain	-	-
	1. Upaya yang dilakukan manajemen perusahaan dalam mendukung rumah tahan gempa 2. Kendala yang dihadapi dalam mewujudkan rumah tahan gempa		

Organisasi Tingkat Proyek	-	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mekanisme pengadaan kontraktor 2. Mekanisme pemeriksaan material 3. Mekanisme pengadaan material 4. Mekanisme perekrutan tenaga kerja 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mekanisme pelaksanaan konstruksi 2. Mekanisme pengawasan konstruksi
Gab Konstruksi Yang Terjadi	-	-	<ol style="list-style-type: none"> 1. Membandingkan antara pelaksanaan konstruksi di lapangan dengan panduan membangun rumah tahan gempa yang dikeluarkan oleh Teddy Boen dan Rekan (2005). 2. Aspek yang dibandingkan adalah disain rumah, material bangunan, serta metode konstruksi. 3. Pelaksanaan konstruksi yang diamati dari tahap pembangunan struktur bawah, struktur atas bangunan.

Gambar 1 Matriks Kebutuhan Data Untuk Developer

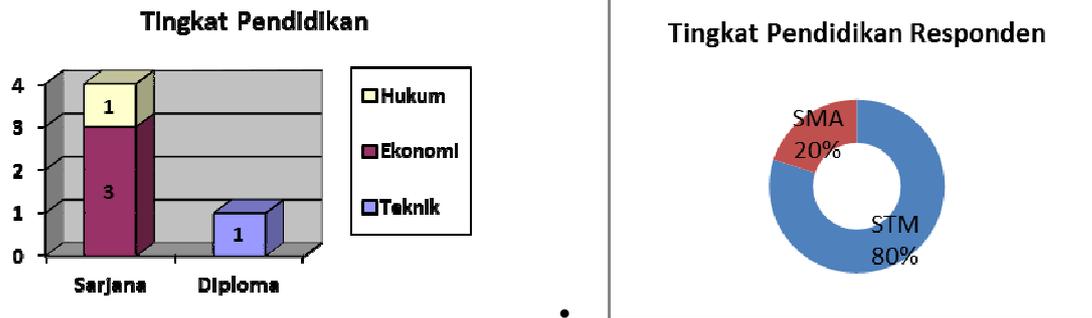
3. Gambaran Umum Sampel Penelitian

Penyebaran kuisisioner ini dilakukan terhadap perusahaan konstruksi Developer yang beroperasi di Kota Padang. Developer yang dijadikan target sampel dalam penelitian ini adalah developer yang sedang membangun (*under construction*) perumahan di Kota Padang. Sehubungan dengan waktu pelaksanaan penelitian yang singkat dan biaya yang relatif kecil maka terdapat 5 perusahaan yang dijadikan target sampel dalam penelitian ini. Kualifikasi serta lama berdiri perusahaan responden dapat dilihat pada gambar berikut :



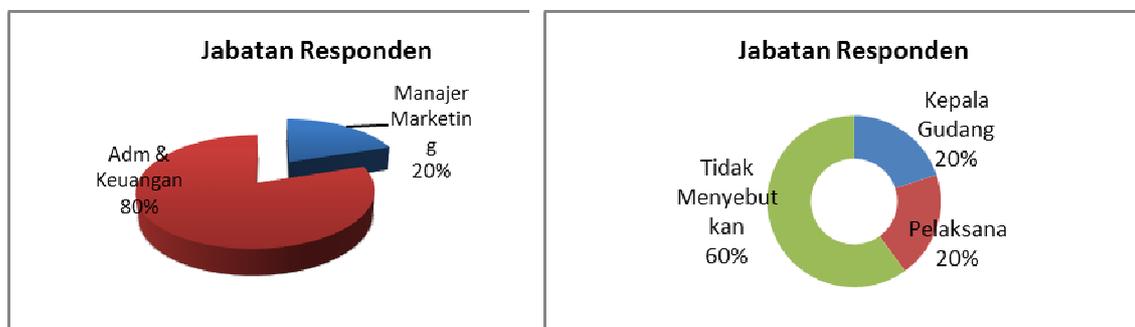
Gambar 2 Lama Berdiri dan Kualifikasi Perusahaan

Tingkat pendidikan dari responden tingkat perusahaan dan tingkat proyek dapat di lihat pada gambar berikut :



Gambar 3 Tingkat Pendidikan Responden Perusahaan dan Responden Proyek

Jabatan responden yang mengisi kuisisioner penelitian dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4 Jabatan Responden Responden Perusahaan dan Responden Proyek

4. Mekanisme Bisnis Konstruksi Developer Kota Padang

Penentuan lokasi perumahan termasuk faktor penting dalam bisnis konstruksi developer, karena lokasi merupakan faktor utama yang menarik konsumen untuk membeli. Dalam menentukan lokasi perumahan 80% dari responden menyatakan mempertimbangkan faktor resiko terhadap lokasi perumahan apakah daerah tersebut rawan atau tidak terhadap bahaya gempa/tsunami. Hanya satu developer yang menyatakan tidak mempertimbangkan kerawanan lokasi dalam penentuan lokasi perumahan.

Dalam pembuatan desain perumahan 80% responden menyatakan bahwa desain dari perumahan baik desain struktur, arsitektur, mekanikal elektrik dirancang sendiri oleh sumber daya manusia developer yang bersangkutan. Hanya 1 developer (20% responden) yang menggunakan jasa konsultan perencana dalam mendesain perumahan yang akan dibangun. Di samping itu dari hasil penyebaran kuisisioner terlihat bahwa keseluruhan responden tidak mempunyai mekanisme pengawasan dalam pembuatan desain perumahannya terlebih lagi pengawasan terhadap desain strukturnya. Biasanya pengawasan terhadap hasil desain baik yang di desain sendiri oleh SDM developer yang bersangkutan maupun oleh konsultan perencana hanya menyangkut penyesuaian desain terhadap faktor biaya, seperti perubahan luas rumah, pemilihan jenis material dan lain sebagainya.

Terdapat dua mekanisme dalam penyelenggaraan konstruksi perumahan dari developer yakni dikerjakan sendiri oleh developer tersebut sebanyak 60% responden dan melalui penunjukan langsung terhadap kontraktor sebanyak 40%.

Perbedaan mekanisme pelaksanaan konstruksi ini akan berimbas kepada mekanisme pengawasan pelaksanaan konstruksi. Pada pelaksanaan konstruksi perumahan dengan menggunakan jasa kontraktor, kantor pusat akan menempatkan pengawas pekerjaan di lapangan. Sedangkan apabila

perumahan dikerjakan sendiri oleh developer tersebut maka bagian teknik di lapangan dari organisasi proyek sekaligus bertindak sebagai kontraktor dan pengawas.

Tiga responden yang mengerjakan sendiri konstruksi perumahan menyatakan bahwa tenaga kerja yang dipunyai perusahaan hanya pada level mandor dan kepala tukang. Sedangkan untuk tukang dan pekerja yang dipergunakan dalam proyek konstruksi perumahan menjadi tanggung jawab baik mandor maupun kepala tukang untuk mencarinya. Demikian juga halnya terhadap responden yang mempegunakan jasa kontraktor dalam pembangunan perumahannya.

Dengan mekanisme seperti ini kompetensi tukang maupun pekerja menjadi tidak seragam dan tidak bisa di kontrol oleh perusahaan karena rekrutmen dilakukan di level mandor atau kepala tukang. Dengan mekanisme pengadaan seperti ini peningkatan kompetensi tukang maupun pekerja terhadap rumah tahan gempa bukanlah merupakan kewajiban perusahaan.

Untuk pengadaan barang/material konstruksi satu responden developer yang menggunakan jasa kontraktor dalam pembangunan perumahannya, menyatakan bahwa pengadaan barang/material ditangani langsung oleh supplier tertentu. Artinya dalam hal ini kontraktor melakukan perjanjian/kontrak dengan supplier tersebut dalam pengadaan barang/material konstruksi. Yang berfungsi sebagai pengawas terhadap material yang datang ke lokasi proyek adalah bagian dari organisasi kontraktor tersebut.

4 responden lainnya menyatakan bahwa pengadaan barang/material dengan cara melakukan pembelian pada toko-toko bangunan yang telah ditentukan atau yang telah mengadakan kerjasama dalam hal pengadaan barang/material tertentu. Artinya dengan mekanisme seperti ini ketersediaan material merupakan bagian tanggung jawab dari organisasi developer yang ada di lokasi pembangunan perumahan.

5. Praktek Konstruksi Yang Dijalani Developer

Praktek konstruksi yang dijalani developer kota Padang dapat disimpulkan sebagai berikut :

Tahap perancangan	Tanpa ada pengontrolan dari pihak luar. Apakah konsumen mendapatkan dokumen proyek?
Tahap pengadaan	Penggunaan tenaga kerja tanpa ada pengontrolan dari pihak perusahaan. Sistem penyimpanan material masih kurang bagus. Material yang digunakan tidak memenuhi persyaratan baku mutunya
Tahap pelaksanaan	Cukup banyak pelaksanaan yang menyimpang. Umumnya di pendetailan tahan gempa. Rata-rata persentase ketercukupan prinsip tahan gempa : $\pm 56\%$ Sampel Perumahan 4 merupakan perumahan terbaik

Menurut Boen (2005) terdapat tiga dasar dalam pembangunan rumah tahan gempa, yakni rumah tersebut harus dibuat dari bahan bangunan bermutu baik, mutu pengerjaan yang baik serta semua komponen bangunan dari struktur bawah hingga struktur atas harus tersambung satu dengan lainnya. Sehingga kalau terjadi guncangan gempa bangunan tersebut bergetar sebagai satu kesatuan.

Rata rata persentase ketercukupan prinsip tahan gempa yang dicapai hanya berkisar 56% dan tiga unsur seperti yang disebutkan oleh Boen (2005) di atas semuanya tak terpenuhi. Kondisi material umumnya adalah penempatan material tidak terlindungi pada bata, kondisi batu kali yang umumnya terdiri dari batu bulat dengan kondisi permukaan batu yang halus dan ukuran yang tidak seragam, adanya agregat halus yang tercampur dengan agregat kasar karena umumnya material ini diambil dari sungai.

Secara mutu pengerjaan juga perlu mendapat perhatian. Beberapa kesalahan yang umum terjadi adalah kualitas siku bowplank, pengerjaan pondasi yang tidak menggunakan bowplank, jarak siar

bata yang renggang, semua perumahan yang menggunakan balok pengikat pada dinding ampig, masih rendahnya kesadaran pemilik developer untuk menggunakan besi minimum yakni besi polos Φ -10mm serta besi sengkang Φ -8mm dalam pekerjaan strukturnya, serta tidak terdapat sampel yang menggunakan syarat campuran beton 1 : 2 : 3 dalam pengerjaannya. Belum lagi minim penggunaan seismic hook dalam detail penjangkaran tulangan, kalau ada pun panjangnya tidak memenuhi persyaratan.

Beberapa kondisi yang dijumpai di lapangan dapat dilihat sebagai berikut :



6. Kontribusi Dari Developer Dalam Mewujudkan Rumah Sederhana Tahan Gempa

Secara umum gempa September 2009 yang mengguncang Sumatera Barat dengan kekuatan 7,6 SR belum membawa perubahan berarti dalam praktek bisnis yang dijalani oleh Developer perumahan di Kota Padang. Hal ini terlihat masih minimnya perhatian manajemen tingkat pusat Developer dalam mewujudkan produk rumah yang dihasilkan memenuhi kriteria rumah sederhana tahan gempa. Minimnya perhatian dari manajemen tingkat pusat dapat dijadikan tolok ukur terhadap keseluruhan proses bisnis konstruksi yang Developer jalani. Hal ini terlihat dari tidak banyaknya upaya yang dilakukan oleh manajemen tingkat pusat dalam meningkatkan kapasitas dan kompetensi karyawannya terhadap penguasaan materi rumah aman gempa. Terbukti dari hasil survey penelitian ini yang memperlihatkan hanya 20 % responden tingkat perusahaan yang pernah mengikuti pelatihan rumah aman gempa.

Demikian juga terhadap mutu produk yang dihasilkan masih relative jauh dari standar bangunan tahan gempa. Padahal sejumlah inisiatif telah dilakukan pemerintah, LSM dan organisasi-organisasi profesi dalam mendiseminasikan rumah sederhana tahan gempa melalui kegiatan pelatihan, penerbitan buku panduan, poster dan penyebaran informasi melalui media massa. Hal ini bisa dikarenakan tenaga kerja yang digunakan bukan merupakan tenaga kerja dari developer yang kemampuannya rata-rata didapatkan dari pengalaman, tidak adanya monitoring dari pemerintah sebagai pemegang regulasi untuk mengeluarkan izin mendirikan bangunan selama proses konstruksi terjadi, serta tidak adanya ketentuan sanksi terhadap praktek bisnis konstruksi yang tidak mengedepankan aspek keamanan .

Kendala yang utama yang dihadapi Developer untuk mewujudkan produk rumah sederhana tahan gempa adalah adanya peningkatan biaya konstruksi demi memenuhi syarat mutu dan ukuran dari

barang/material konstruksi yang sesuai standar. Hal ini cukup mengkhawatirkan mengingat peningkatan biaya konstruksi dapat berimbas kepada peningkatan harga jual produk ke konsumen sehingga berpotensi mengurangi daya tawar perusahaan dalam berkompetensi terhadap usaha sejenis.

7. Rekomendasi Dalam Meningkatkan Kapasitas Developer Dalam Mewujudkan Rumah Sederhana Tahan Gempa

Secara umum beberapa rekomendasi dari penelitian ini untuk meningkatkan kapasitas developer dalam mewujudkan rumah sederhana tahan gempa adalah :

- Peningkatan kapasitas dari semua pihak yang berada pada Developer baik manajemen pusat maupun manajemen proyek dalam hal bagaimana membangun rumah yang sesuai dengan standar rumah tahan gempa melalui kegiatan seperti training maupun penempelan poster cara membangun rumah tahan gempa di lokasi proyek sehingga bias menjadi panduan untuk tenaga kerja.
- Mendorong dilakukannya pemberian sanksi baik dari pemerintah maupun dari induk organisasi profesi bagi developer yang tidak melaksanakan proses konstruksi yang tidak sesuai standar rumah sederhana tahan gempa.
- Bagi Developer yang menggunakan jasa kontraktor dalam pelaksanaan konstruksinya dapat melakukan pengadaan berdasarkan kualifikasi, sertifikasi dan pengalaman kontraktor tersebut dalam pelaksanaan bangunan tahan gempa.
- Terhadap pemerintah daerah diharapkan agar segera membuat Peraturan Daerah yang mewajibkan Developer maupun pelaku industry konstruksi lainnya untuk mengadopsi standar rumah tahan gempa dalam kegiatan bisnisnya.

Daftar Kepustakaan

Boen, T., dan Rekan (2005), *Membangun Rumah Tembokan Tahan Gempa*, Kerjasama WSSI, Universitas Andalas, Pemerintah Provinsi Sumatera Barat dan Kementerian Pekerjaan Umum

Boen, T., (2001), *Earthquake Resistant Design of Non-Engineered Buildings In Indonesia*, Workshop on Development of Earthquake and Tsunami Disaster Mitigation Technologies and Their Integration for the Asia Pacific Region (EQTAP), Kamakura Jepang, http://eqtap.edm.bosai.go.jp/publications/EqTAP_ws/ws_4th/pdf/cdrom/session_2/2_21_boen/paper_2_21.pdf (Akses 15 februari 2011)

Boen, T., Pribadi, K., *Engineering the Non-Engineered House for Better Earthquake Resistant in Indonesia*, Workshop on Disaster Reduction Hyperbase, http://drh.edm.bosai.go.jp/files/6cc5597e09050a9b482d9f257c5f256ec28f6e50/7_PT8_P.pdf (akses 3 Februari 2011)

Dadan Rusmawan, *Konsep Rumah Tahan Gempa*, United Nations Human Settlements Programme Library, <http://www.unhabitat-indonesia.org/files/cli-91.pdf> (Akses Tanggal 18 Februari 2009)

Data Perumahan yang dibangun REI dan Masyarakat di Kota Padang, www.padang.go.id, (akses 17 Februari 2011)

Departemen Pekerjaan Umum, *Guidelines Rumah Tahan Gempa*, <http://www.humanitarianinfo.org/sumatra/reliefrecovery/shelter/docs/doc/Guidelines-RmhTahanGempa.pdf> (Akses Tanggal 18 Februari 2009)

Kependudukan kota Padang, http://id.wikipedia.org/wiki/Kependudukan_kota_Padang, (akses 24 Februari 2011)

Nasution, R (2003), *Teknik Sampling*, Perpustakaan Digital Universitas Sumatera Utara <http://library.usu.ac.id/download/fkm/fkm-rozaini.pdf> (Akses 5 November 2011)

REI Sumbar Bangun 2000 Rumah Sejahtera, www.vibiznews.com, (akses 22 Februari 2011)

Soemardi, B., (2007), *Pelaksanaan Konstruksi Bangunan Tahan Gempa: Pengalaman dari Bencana*, Proceedings Tiga Roda Forum- Perkembangan Terkini Teknologi dan Rekayasa Konstruksi Beton di Indonesia.

http://www.ftsl.itb.ac.id/kk/manajemen_dan_rekayasa_konstruksi/wp-content/uploads/2007/12/25-biemo-w-soemardi-phd-indocement.pdf

Tan, W.(1995) *Research Methods in Real Estate and Construction*, School of Building and Estate Management National University of Singapore, Singapore

Undang-Undang NO. 18 Tahun 1999 tentang Jasa Konstruksi

Zulfikri (2007), Pedoman Praktis Pembangunan Rumah Tahan Gempa, <http://jurnal.um.ac.id/ft/tekjur/2001a.htm> (Akses Tanggal 14 Februari 2009)

***Building Assesment* Kelayakan Struktur Gedung Kantor Cabang BRI Jalan Khatib Sulaiman no. 50 Padang**

Zaidir

Pusat Studi Bencana Universitas Andalas; zaidir@ft.unand.ac.id

Fauzan

Pusat Studi Bencana Universitas Andalas

Abdul Hakam

Pusat Studi Bencana Universitas Andalas

Febrin A Ismail

Pusat Studi Bencana Universitas Andalas

Abstrak

Gempa 30 September 2009 Pariaman telah menyebabkan kerusakan pada banyak bangunan dan gedung di Kota Padang. Salah satu bangunan yang juga mengalami kerusakan cukup parah adalah Gedung Kantor Cabang BRI yang terletak di Jalan Khatib Sulaiman Padang. Makalah ini membahas evaluasi kelayakan struktur (*building assesment*) terhadap gedung kantor tersebut apakah masih dapat digunakan lagi atau tidak. Evaluasi dilakukan terhadap kerusakan non-struktural dan struktural yang terjadi. Analisis kelayakan struktur menggunakan program ETABS versi 9.7.1 dengan properties material diambil dari hasil pengujian eksisting struktur. Peraturan yang digunakan adalah Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung 2002 (SNI 03 – 1726 – 2002) dan Peta Hazard Gempa Indonesia tahun 2010 dengan lokasi kota Padang. Dari hasil kajian diperoleh bahwa bangunan gedung tersebut tidak layak secara struktur dan direkomendasikan untuk tidak digunakan atau dirobohkan.

Kata kunci: Gempa 30 September 2009, building assesment, kerusakan struktural

1. Pendahuluan

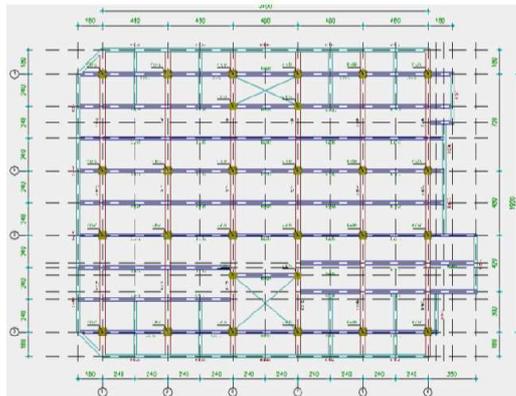
Gedung Kantor Cabang BRI yang terletak di Jalan Khatib Sulaiman Padang merupakan salah satu bangunan yang mengalami kerusakan cukup parah akibat gempa tektonik dengan skala 7,9 SR yang terjadi pada tanggal 30 September 2009 lalu. Gempa tersebut telah mengakibatkan berbagai kerusakan baik sarana maupun prasarana fisik serta korban jiwa pada berbagai daerah di Provinsi Sumatera Barat. Berdasarkan data yang diterbitkan Satkorlak PB Provinsi Sumatera Barat dan BNPB diketahui sektor infrastruktur mengalami kerusakan dan kerugian mencapai Rp.963 miliar. Sektor pendidikan juga mengalami kerusakan akibat gempa. Sebanyak 1.384 bangunan sekolah rusak berat, 1.018 rusak sedang, dan 744 rusak ringan dengan nilai kerusakan sebesar Rp.588,7 miliar (Fauzan, 2012)

Building Aessment gedung Kantor Cabang BRI Khatib Sulaiman ini dimaksudkan untuk melakukan kajian kelayakan struktur terhadap bangunan tersebut, apakah masih layak untuk digunakan atau tidak. Kajian dilakukan terhadap kondisi eksisting bangunan dengan pengambilan data-data yang diperlukan untuk analisis struktur secara langsung. Dimensi dari elemen struktur bangunan seperti kolom, balok dan pelat lantai diperoleh dari *as built drawing* dan data mutu beton dengan menggunakan palu beton (*hammer test*). Dari data-data yang diperoleh kemudian dilakukan analisis kelayakan struktur dengan simulasi komputer menggunakan program ETABS versi 9.7.1. Peraturan yang digunakan adalah Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung 2002 (SNI 03 – 1726 – 2002) dan Peta Hazard Gempa Indonesia tahun 2010 dengan lokasi kota Padang. Daya dukung pondasi sumuran dievaluasi dengan menggunakan data pengujian sondir.

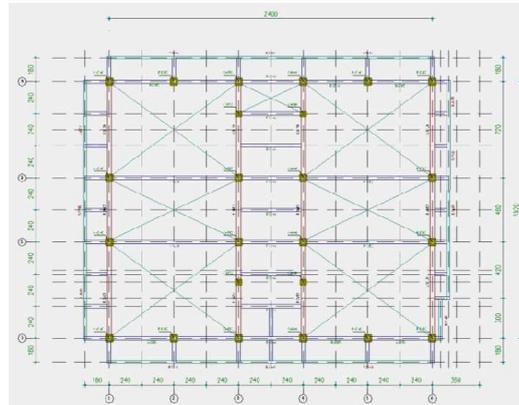
2. Data Umum Bangunan

2.1. Data Bangunan

Bangunan Kantor Cabang BRI ini merupakan portal beton bertulang berbentuk segi empat dengan ukuran 19,20 m x 24,00 m dan terdiri atas tiga lantai. **Gambar 1.** berikut memperlihatkan lay-out posisi kolom dan pembalokan lantai 2, 3 serta lantai dak atap.



(a) Posisi kolom dan pembalokan lantai 2 dan 3



(b) Posisi kolom dan pembalokan lantai dak atap

Gambar 1. Lay-out posisi kolom dan pembalokan lantai 2, 3 dan lantai dak atap

Dimensi kolom dan balok pada masing-masing lantai diperlihatkan pada **Tabel.1** berikut :

Tabel 1. Dimensi kolom dan balok bangunan

Lantai	Dimensi Kolom (cm)	Dimensi Balok yang dipikul (cm)
1	Kolom 40 x 40	Balok 25 x 45
		Balok 35 x 65
	Kolom 30 x 30	Balok 35 x 45
		Balok 25 x 45
2	Kolom 40 x 40	Balok 35 x 65
		Balok 35 x 45
	Kolom 30 x 30	Balok 25 x 45
		Balok 35 x 65
3	Kolom 40 x 40	Balok 25 x 45
		Balok 25 x 50
	Kolom 30 x 30	Balok 30 x 60
		Balok 30 x 60

2.2. Peraturan dan Standar Bangunan

Pembebanan serta analisis struktur yang digunakan mengikuti peraturan dan standar sebagai berikut:

- SNI 03-2847-2002 : Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung
- SNI 03-1729-2002 : Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung
- SNI 03-1726-2002 : Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung
- SNI 03-1727-1989 : Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung

- ACI 318-08 : Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary
- Peta Hazard Gempa Indonesia 2010 sebagai Acuan Dasar Perencanaan dan Perancangan Infrastruktur Tahan Gempa

2.3. Mutu Bahan

Mutu material beton diperoleh secara langsung dengan menggunakan test palu beton (*hammer test*). Dari hasil *hammer test* diperoleh kualitas mutu beton cukup baik. Untuk balok dan pelat diperoleh kualitas beton K-225 ($f_c' = 22,5$ MPa) dan kolom dengan kualitas K-300 ($f_c' = 30$ MPa). Untuk mutu baja tulangan digunakan mutu baja standard, yaitu U-24 ($f_y = 240$ MPa) untuk tulangan polos dan U-39 ($f_y = 390$ MPa) untuk tulangan ulir.

3. Evaluasi Kerusakan Eksisting Bangunan

Berdasarkan hasil pengamatan langsung di lapangan, kerusakan bangunan dapat dibedakan atas kerusakan elemen non-struktural dan elemen struktural. Kerusakan elemen non-struktural merupakan kerusakan yang terjadi pada bagian non-struktural bangunan seperti dinding, plafond, penutup lantai dlsb. Kerusakan structural merupakan kerusakan yang terjadi pada elemen struktur bangunan, seperti kolom, balok, pelat dan pondasi.

3.1. Kerusakan Non Struktural

Kerusakan non-struktural paling dominan ditemukan pada Gedung Kantor BRI (Persero) Khatib Sulaiman ini terjadi pada lantai 1. Kerusakan yang terjadi berupa retak dan runtuhnya pasangan dinding bata, kerusakan plafond, dan lepasnya keramik pada lantai gedung.

3.1.1. Kerusakan Dinding Bata

Kerusakan dinding bata ini terjadi hampir di seluruh bagian gedung di lantai 1. Kerusakan terjadi berupa retak besar hingga robohnya beberapa bagian dinding. Beberapa tipikal kerusakan dinding yang terjadi pada gedung ini dapat dilihat pada **Gambar 2.** berikut :



Gambar 2. Tipikal kerusakan non-struktural yang terjadi pada dinding bata lantai 1

Pada lantai 2 dan 3 kerusakan non-struktural yang terjadi pada dinding hanya berupa retak halus hingga sedang yang terjadi pada beberapa bagian dinding.

3.1.2. Kerusakan Plafond

Kerusakan plafond terjadi di beberapa tempat. Kerusakan yang terjadi yaitu berupa rusaknya rangka plafond yang mengakibatkan plafond terlepas. Gambar 4. memperlihatkan satu lokasi terjadinya kerusakan pada plafond.

3.1.3. Kerusakan Penutup Lantai

Pada beberapa titik lantai bangunan terjadi kerusakan berupa terlepasnya penutup lantai keramik. Kerusakan tersebut terjadi akibat adanya pergerakan elemen struktural seperti balok dan kolom pada saat terjadinya gempa. Gambar 5. memperlihatkan kerusakan yang terjadi pada lantai bangunan.



Gambar 4. Kerusakan yang terjadi pada plafond



Gambar 5. Kerusakan yang terjadi pada lantai

3.2. Kerusakan Struktural

Kerusakan struktural merupakan kerusakan yang terjadi pada elemen kolom, balok dan pelat lantai yang berkaitan dengan kekuatan struktur gedung. Kerusakan struktural gedung dominan terjadi pada lantai 1.



Gambar 6. Kerusakan yang terjadi pada kepala kolom

3.2.1. Kerusakan Struktur Kolom

Kerusakan pada struktur kolom berupa hancurnya beton dan terlepasnya tulangan geser pada bagian atas kolom. Beberapa lokasi dan bentuk kerusakan yang terjadi pada kolom diperlihatkan pada Gambar 6. berikut:

3.2.2. Kerusakan Struktur Tangga

Tangga utama penghubung lantai 1 ke lantai 2 mengalami kerusakan parah seperti diperlihatkan pada Gambar 7. Hal ini disebabkan karena perilaku struktur tangga yang berbeda dengan perilaku struktur secara keseluruhan terutama pada saat terjadi gempa.



Gambar 7. Kerusakan yang terjadi pada struktur tangga

4. Evaluasi Penyebab terjadinya Kerusakan Bangunan

Dari kerusakan non-struktural maupun struktural yang terjadi pada bangunan dapat disimpulkan bahwa bangunan mengalami kerusakan cukup berat, terutama pada lantai 1 bangunan. Dari pengamatan secara langsung (*visual*) dapat diidentifikasi kemungkinan penyebab terjadinya kerusakan pada bangunan sebagai berikut :

a. Sambungan Balok-Kolom tidak Monolit

Sambungan beton antara balok dan kolom tidak menyatu (*monolit*). Kondisi ini terlihat di seluruh kolom lantai 1 yang mengalami kerusakan. Evaluasi secara visual terlihat bahwa beton pada kolom lantai 1 mengalami kerusakan pada daerah sambungan balok-kolom, tetapi beton pada balok tidak mengalami kerusakan. Hal ini disebabkan karena antara batas kolom dengan balok tidak monolit (satu kesatuan) seperti yang diperlihatkan pada Gambar 8.

b. Kait gempa pada tulangan geser/senggang tidak memenuhi standar.

Pada kolom yang mengalami kerusakan terlihat bahwa ikatan tulangan geser atau senggang terlepas. Hal ini terjadi akibat kait gempa pada senggang yang tidak memenuhi standar yang telah ditetapkan seperti yang terlihat pada Gambar 9.

c. Kriteria Kolom Kuat Balok Lemah tidak diterapkan

Dari hasil survey lapangan dan verifikasi *as-built drawing* diperoleh data bahwa ukuran kolom pada struktur lebih kecil dibandingkan ukuran balok yang ditopangnya. Hal inilah yang menjadi salah satu penyebab kerusakan hanya cenderung terjadi pada kolom saja.



Gambar 8. Kerusakan yang terjadi pada struktur kolom yang tidak monolit



Gambar 9. Tulangan senggang tidak memenuhi standar

5. Analisis Kelayakan Struktur

5.1. Pemodelan Struktur dan Pembebanan

Pemodelan struktur dilakukan dalam bentuk 3-dimensi. Spesifikasi teknis struktur untuk analisis struktur adalah sebagai berikut :

Lokasi Bangunan	: Jl. Khatib Sulaiman No. 50 Padang
Wilayah Gempa	: Padang
Jenis tanah	: Tanah lunak
Mutu beton	: Diperoleh dari hammer test, dengan nilai sbb :
	Kolom : K – 300 kg/cm ²
	Balok : K – 225 kg/cm ²
	Pelat : K – 225 kg/cm ²
Mutu Baja Tulangan	: U 24 ($f_y = 240 \text{ MPa}$) untuk tulangan polos
	U 39 ($f_y = 390 \text{ MPa}$) untuk tulangan ulir

Gambar 7. memperlihatkan pemodelan struktur dalam bentuk 3-dimensi. Pembebanan yang diperhitungkan adalah beban mati (DL), beban hidup (LL) sesuai dengan SNI 03-1727-1989 Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung. Untuk beban gempa rencana menggunakan Peta Hazard Gempa Indonesia 2010 seperti diperlihatkan pada **Gambar 8**. Analisis struktur menggunakan program ETABS versi 9.7.1. Kombinasi pembebanan yang diambil adalah sebagai berikut :

1. $U = 1,4 \text{ DL}$
2. $U = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$
3. $U = 1,2 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL} + 1,0 \text{ DNX1} + 0,3 \text{ DNY1}$
4. $U = 1,2 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL} + 1,0 \text{ DNX1} - 0,3 \text{ DNY2}$
5. $U = 1,2 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL} - 1,0 \text{ DNX2} + 0,3 \text{ DNY1}$
6. $U = 1,2 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL} - 1,0 \text{ DNX2} - 0,3 \text{ DNY2}$
7. $U = 1,2 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL} + 0,3 \text{ DNX1} + 1,0 \text{ DNY1}$
8. $U = 1,2 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL} + 0,3 \text{ DNX1} - 1,0 \text{ DNY2}$
9. $U = 1,2 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL} - 0,3 \text{ DNX2} + 1,0 \text{ DNY1}$
10. $U = 1,2 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL} - 0,3 \text{ DNX2} - 1,0 \text{ DNY2}$

dimana :

DL = beban mati

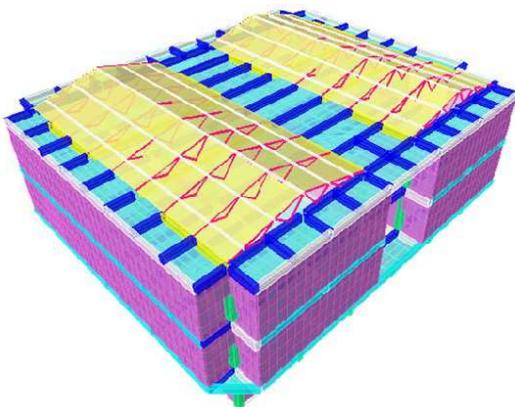
LL = beban hidup

DNX1 = beban gempa dari kanan

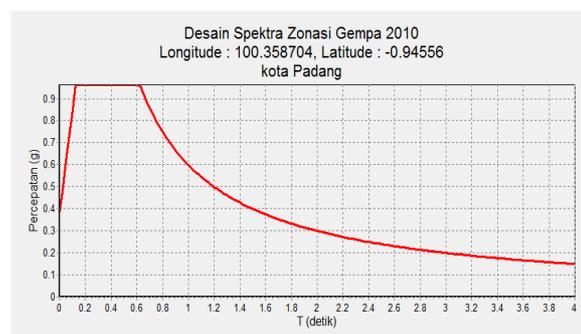
DNX2 = beban gempa dari kiri

DNY1 = beban gempa dari depan

DNY2 = beban gempa dari belakang



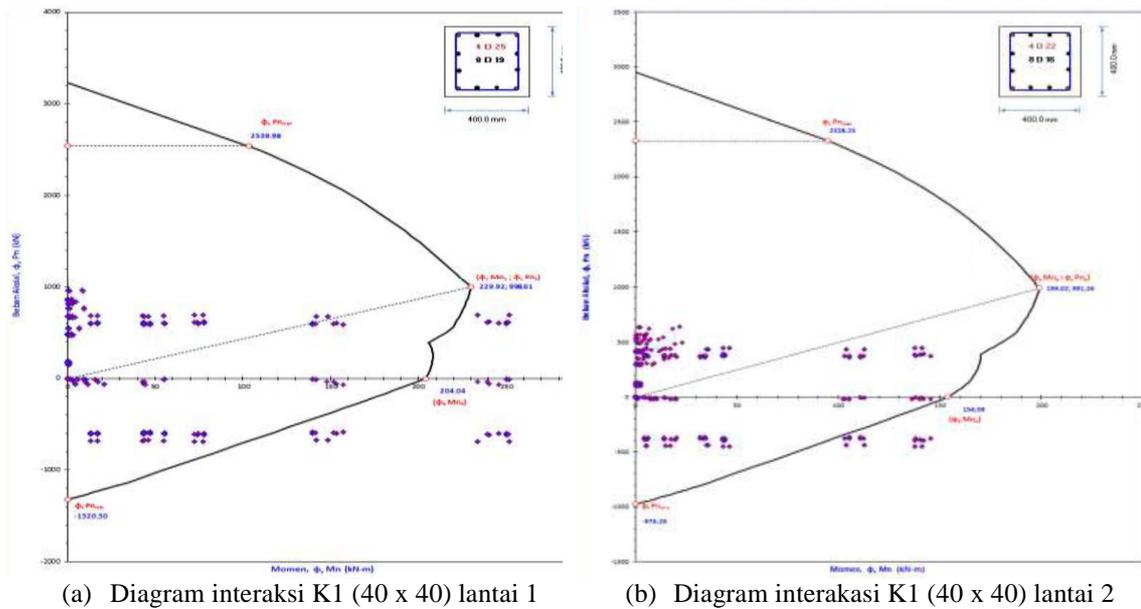
Gambar 7. Pemodelan struktur dalam 3D



Gambar 8. Desain Spektra Zonasi Gempa Kota Padang.

5.2. Analisis Kapasitas Penampang Kolom

Gambar 9. memperlihatkan kurva diagram interaksi gaya aksial dan momen lentur (P-M) dan plotting gaya-gaya aksial dan momen lentur yang diperoleh dari analisis struktur untuk kolom K1 pada lantai 1 dan 2.



Gambar 9. Kurva diagram interaksi P-M untuk kolom K1

Dari Gambar 9 (a) dan 9 (b) terlihat bahwa untuk gaya aksial (P) penampang kolom mampu memikul beban aksial yang bekerja, dimana kapasitas penampang yang ada jauh lebih besar daripada beban aksial yang bekerja. Untuk kapasitas lentur, terlihat bahwa kolom kurang mampu memikul beban lentur yang bekerja. Hal ini terlihat dari adanya sejumlah beban lentur yang berada diluar kurva diagram interaksi, baik pada lantai 1 maupun lantai 2. Tabel 2. memperlihatkan kondisi kapasitas lentur dan geser terpasang pada semua kolom yang bekerja pada semua lantai. Dari tabel tersebut terlihat bahwa kapasitas lentur kolom pada lantai 1 dan 2 tidak mencukupi, sedangkan untuk kapasitas geser masih mencukupi.

Tabel 2. Kondisi kapasitas lentur dan geser dari semua kolom pada lantai 1, 2 dan 3.

Lantai	Kolom	Dimensi (cm)	Kapasitas Lentur	Kapasitas Geser		
				Terpasang	Perlu	Ket.
1	K1	40 x 40	Tidak Cukup	165,66 kN	120,30 kN	Cukup
	K2	40 x 40	Tidak Cukup	165,66 kN	121,74 kN	Cukup
	K3	40 x 40	Tidak Cukup	165,66 kN	125,31 kN	Cukup
	K4	40 x 40	Tidak Cukup	165,66 kN	130,63 kN	Cukup
	K5	40 x 40	Tidak Cukup	165,66 kN	107,01 kN	Cukup
	K6	30 x 30	Tidak Cukup	102,88 kN	51,73 kN	Cukup
2	K1	40 x 40	Tidak Cukup	165,66 kN	83,23 kN	Cukup
	K2	40 x 40	Tidak Cukup	165,66 kN	92,27 kN	Cukup
	K3	40 x 40	Tidak Cukup	165,66 kN	93,06 kN	Cukup
	K4	40 x 40	Tidak Cukup	165,66 kN	94,52 kN	Cukup
	K5	40 x 40	Tidak Cukup	165,66 kN	73,50 kN	Cukup
	K6	30 x 30	Tidak Cukup	102,88 kN	42,68 kN	Cukup
3	K1	40 x 40	Cukup	165,66 kN	42,72 kN	Cukup
	K3	40 x 40	Cukup	165,66 kN	45,57 kN	Cukup
	K4	40 x 40	Cukup	165,66 kN	54,09 kN	Cukup
	K5	40 x 40	Cukup	165,66 kN	36,27 kN	Cukup
	K6	30 x 30	Cukup	102,88 kN	21,65 kN	Cukup

5.3. Analisis Kapasitas Penampang Balok

Kapasitas terpasang tulangan balok terhadap momen lentur dan gaya geser diberikan pada **Tabel 3.** berikut :

Tabel 3. Kapasitas penulangan balok terhadap momen lentur dan gaya geser

NO	BALOK	Kapasitas Tulangan		Kapasitas Max	Gaya Dalam	Status
				$\phi M_n - / \phi V_n$	$M_u - / V_u$	
1	(25/45) L = 4,8 m	Lentur	Tumpuan Atas	168,30 kN.m	162,58 kN.m	... OK !!
			Tumpuan Bawah	87,34 kN.m	117,29 kN.m	... NOT OK !!
			Lapangan Atas	87,34 kN.m	116,56 kN.m	... NOT OK !!
			Lapangan Bawah	168,30 kN.m	152,69 kN.m	... OK !!
		Geser	Tumpuan	169,49 kN	117,23 kN	... OK !!
			Lapangan	131,79 kN	99,15 kN	... OK !!
2	(35/65) L = 7,2 m	Lentur	Tumpuan Atas	330,80 kN.m	453,48 kN.m	... NOT OK !!
			Tumpuan Bawah	201,74 kN.m	274,91 kN.m	... NOT OK !!
			Lapangan Atas	330,80 kN.m	268,22 kN.m	... OK !!
			Lapangan Bawah	201,74 kN.m	128,39 kN.m	... OK !!
		Geser	Tumpuan	288,08 kN	274,67 kN	... OK !!
			Lapangan	231,53 kN	233,17 kN	... NOT OK !!

Dari tabel tersebut diatas, diperoleh hasil beberapa penampang balok baik kapasitas lentur maupun kapasitas gesernya tidak mencukupi, terutama balok 35/65 dengan bentang L = 7,2 m.

5.4. Analisis Daya Dukung Pondasi Sumuran

Analisis daya dukung pondasi sumuran dilakukan dengan membandingkan daya dukung ijin pondasi eksisting dengan beban aksial total yang bekerja, tanpa gempa maupun dengan gempa pada setiap kolom bangunan. Daya dukung ijin pondasi (Q_a) dihitung dengan rumus Meyerhof (1956) dengan menggunakan hasil pengujian sondir sebagai berikut :

$$Q_a = 0,025 q_c \cdot A_p \text{ (kN)} ; q_c \text{ dalam kPa} \dots\dots\dots(1)$$

$$A_p = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 ; \text{ (dalam m}^2\text{)} \dots\dots\dots(2)$$

dimana : q_c = nilai konus hasil pengujian sondir (= 15.000 kPa)

A_p = luas penampang pondasi sumuran

D = diameter pondasi sumuran (= 1,50 m)

Tabel 4. memperlihatkan besarnya beban aksial yang bekerja pada setiap titik pondasi, tanpa gempa maupun dengan gempa dibandingkan dengan daya dukung pondasi eksisting.

Tabel 4. Daya dukung pondasi sumuran terhadap beban gempa dan tanpa beban gempa

Titik	Beban Aksial Kolom				Total tanpa gempa (ton)	Total dengan gempa (ton)	Daya Dukung ijin (ton)	Keterangan	
	DL	LL	Eqx	Eqy				Tanpa Gempa	Dengan Gempa
	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)					
1	66.49	8.37	2.54	23.95	74.8	98.8	66.27	NOT OKE !!	NOT OKE !!
2	64.30	8.55	1.10	24.95	72.8	97.8	66.27	NOT OKE !!	NOT OKE !!
3	82.66	14.74	3.17	16.63	97.4	114.0	66.27	NOT OKE !!	NOT OKE !!
4	71.60	10.06	24.94	17.37	81.6	106.6	66.27	NOT OKE !!	NOT OKE !!
5	53.73	17.88	2.68	6.43	71.6	84.3	66.27	NOT OKE !!	NOT OKE !!
6	57.49	15.52	2.35	6.63	73.0	85.7	66.27	NOT OKE !!	NOT OKE !!
9	63.26	19.32	2.90	1.54	82.5	95.3	66.27	NOT OKE !!	NOT OKE !!
10	59.56	16.82	2.99	1.77	76.3	89.2	66.27	NOT OKE !!	NOT OKE !!
13	51.33	8.07	4.52	21.34	59.4	80.7	66.27	OKE !!	NOT OKE !!
14	40.90	7.98	4.97	22.27	48.8	71.1	66.27	OKE !!	NOT OKE !!
15	83.64	12.32	25.37	17.15	95.9	121.3	66.27	NOT OKE !!	NOT OKE !!
16	96.54	14.66	3.90	15.58	111.2	126.8	66.27	NOT OKE !!	NOT OKE !!

17	69.28	6.69	2.51	37.90	75.9	113.8	66.27	NOT OKE !!	NOT OKE !!
18	58.31	6.72	1.67	39.03	65.0	104.0	66.27	OKE !!	NOT OKE !!
19	73.98	14.70	3.81	16.80	88.6	105.4	66.27	NOT OKE !!	NOT OKE !!
20	83.99	11.56	24.61	16.97	95.5	120.1	66.27	NOT OKE !!	NOT OKE !!
27	92.00	16.40	22.60	1.78	108.4	131.0	66.27	NOT OKE !!	NOT OKE !!
31	91.52	16.49	22.49	2.25	108.0	130.5	66.27	NOT OKE !!	NOT OKE !!
37	83.00	12.23	24.93	16.82	95.2	120.1	66.27	NOT OKE !!	NOT OKE !!
38	75.18	14.77	22.13	2.03	89.9	112.1	66.27	NOT OKE !!	NOT OKE !!
39	70.58	15.26	22.45	2.20	85.8	108.3	66.27	NOT OKE !!	NOT OKE !!
84	84.66	14.83	4.36	15.30	99.5	114.8	66.27	NOT OKE !!	NOT OKE !!
91	66.34	14.74	3.69	1.30	81.0	95.5	66.27	NOT OKE !!	NOT OKE !!
92	59.45	14.47	3.12	1.54	73.9	88.3	66.27	NOT OKE !!	NOT OKE !!
93	67.17	14.71	4.22	1.23	81.8	96.7	66.27	NOT OKE !!	NOT OKE !!
94	48.10	14.73	4.02	1.25	62.8	77.5	66.27	OKE !!	NOT OKE !!
95	37.87	6.49	6.93	2.49	44.3	51.3	66.27	OKE !!	OKE !!
96	37.34	6.25	6.44	3.09	43.6	50.0	66.27	OKE !!	OKE !!
Max	96.54	19.32	25.376	39.036	111.21	131.01	66.27	NOT OKE !!	NOT OKE !!

Dari tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa pondasi sumuran eksisting tidak mampu memikul beban rencana yang bekerja.

6. Kesimpulan dan Rekomendasi

6.1. Kesimpulan

Dari hasil *building assesment* Kantor BRI Cabang Padang Jl. Khatib Sulaiman no. 50 Padang, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Kerusakan non struktural yang terjadi antara lain adalah kerusakan dinding, plafond, dan lepasnya keramik lantai pada beberapa lokasi.
2. Kerusakan struktural terjadi pada lantai 1, yaitu dengan kondisi rusak berat pada struktur kolom dan struktur tangga.
3. Dalam pelaksanaan pekerjaan struktur bangunan ditemukan banyak kesalahan pelaksanaan yang terjadi di lapangan yaitu sambungan balok kolom tidak monolit, kait tulangan geser tidak memenuhi standar yang ada.
4. Hasil pengujian mutu beton dengan *hammer test* diperoleh mutu beton masih berada pada standar mutu beton untuk struktur gedung, yaitu di atas K-225 kg/cm².
5. Hasil analisa struktur kolom lantai 1 dan lantai 2 mempunyai kapasitas lentur yang tidak mencukupi.
6. Daya dukung pondasi sumuran eksisting tidak mampu memikul beban aksial yang bekerja.
7. Berdasarkan poin-poin diatas, disimpulkan bahwa gedung Kantor Cabang BRI Jalan Khatib Sulaiman no. 50 Padang tersebut telah mengalami kegagalan struktur.

6.2. Rekomendasi

Berdasarkan kesimpulan diatas, direkomendasikan gedung Kantor Cabang BRI Jalan Kahtib Sulaiman no. 50 Padang tidak digunakan dan diusulkan untuk dirobohkan.

Penghargaan

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Yayasan Dana Pensiun BRI Jakarta atas kepercayaannya kepada Tim Bulding Assesment Pusat Studi Bencana Universitas Andalas untuk melakukan *building assesment* gedung Kantor Cabang BRI Jalan Khatib Sulaiman no. 50 Padang.

Daftar Kepustakaan

Boen,T.,& Rekan (2010) “*Cara Memperbaiki Bangunan Sederhana yang Rusak akibat Gempa Bumi*” Cetakan Kedua.

Fauzan, Zaidir and Laura M. P (2010), “*Analisa kegagalan Struktur dan Perkuatan (Retrofitting) Kolom Gedung B SMA N 10 Padang yang rusak akibat Gempa 30 September 2009*”, Jurnal Teknik ISSN : 0854-8471No. 34 vol 1.

Febrin Anas Ismail, Abdul Hakam and Fauzan, (2011) "*Kerusakan Bangunan Hotel Bumi Minang Akibat Gempa 30 September 2009*" Jurnal Teknik Sipil ITB, ISSN 0853-2982, Vol 10 no. 2 pp 119-125.

Fauzan (2012), *Analisis Metode Pelaksanaan Retrofitting pada Bangunan Sederhana* (Studi Kasus: SD Negeri 43 Rawang Timur, Padang), Jurnal Teknik Sipil Vol. 8 No. 1, ISSN : 1838-2133.

Boen, T., & Rekan (2012) "*Perbaikan dan Perkuatan Bangunan Tembokan Sederhana*" oleh yang dipublikasikan oleh JICA.

Zaidir, Maizul N and Laura M.P, (2012), "*Evaluasi kelayakan bangunan bertingkat pasca gempa 30 September 2009 Sumatera Barat*", Jurnal Rekayasa Sipil, Vol. 8 No. 1, pp.61-73.

Hambatan Pembangunan Infrastruktur Akibat Pembebasan Lahan: Kasus Pekerjaan Pengendalian Banjir Kawasan Air Pacah Kota Padang

Bambang Istijono

*Staf pengajar, Jurusan Teknik Sipil Universitas Andalas; bistijono@ft.unand.ac.id
bistijono1452@yahoo.co.id*

Abstrak

Pembangunan akan memberikan nilai positif terhadap masyarakat dan lingkungannya, termasuk pembangunan bidang sumber daya air, bila pembangunan tersebut dapat diselesaikan tepat waktu, tepat mutu dan tetap biaya. Salah satu syarat waktu tidak tercapai, bisa karena lahan untuk tapak bangunan yang belum dapat dibebaskan maka manfaat pembangunan akan tertunda. Peraturan Presiden No. 71 tahun 2012 tentang Penyelenggaraan pengadaan tanah dalam pembangunan untuk kepentingan umum belum sepenuhnya dapat menyelesaikan permasalahan pembebasan lahan pada infrastruktur yang memerlukan lahan yang luas.

Pemerintah sebagai penanggung jawab dan penyelenggara pembangunan wajib mempersiapkan lahan yang akan terkena tapak bangunan dan selanjutnya menyerahkan lahannya kepada penyedia jasa/kontraktor segera setelah kontrak kerja ditanda tangani masing-masing pihak. Kenyataan di lapangan pada beberapa pekerjaan, pembebasan lahan sebagai kendala dilapangan sehingga kontraktor tidak dapat melaksanakan pekerjaan sesuai skope/jenis pekerjaan yang tertuang dalam kontrak pekerjaan, seperti pada pekerjaan pengendalian banjir di kawasan Air Pacah kota Padang yang direncanakan dapat mengendalikan genangan air pada kawasan perkantoran, permukiman dan prasarana umum lainnya pada akhir tahun 2014.

Artikel ini adalah hasil telaah pustaka bersumber dari literatur ilmiah, peraturan-peraturan pemerintah dan penelitian lapangan terhadap pelaksanaan pekerjaan pengendalian banjir Batang Maransi dan Batang Luruih di Kawasan Air Pacah Kota Padang, yaitu pekerjaan penggalian tanah di sungai, pembuatan tanggul dan perkuatan tebing pada bagian kiri/kanan sungai.

Secara umum hasil pekerjaan sesuai tahapannya belum dapat dilaksanakan, karena kendala pembebasan lahan sehingga manfaat proyek menjadi tertunda.

Kata kunci : pemerintah, pembangunan, pengendalian banjir, lahan

1. Pendahuluan

Banjir yang menggenangi kawasan perkantoran, permukiman dan sarana umum dapat terjadi selama atau setelah terjadi hujan. Air hujan yang masuk ke dalam sungai, apabila melebihi daya tampung sungai, maka air akan meluap dan mengalir ke tempat-tempat yang rendah. Aktivitas manusia sering menjadi penyebab banjir seperti mendirikan bangunan pada sempadan sungai, membangun perkantoran dan perumahan di daerah resapan air, melakukan penebangan hutan secara liar, membuang sampah ke sungai.

Selama ini usaha pengendalian banjir sudah banyak dilakukan oleh Pemerintah, namun kejadian banjir masih ada dan disebagian lokasi meningkat dari waktu ke waktu. Fenomena ini diketahui oleh banyak pihak, karena kejadian banjir memang sangat kompleks, baik itu proses di lahan/penataan ruang pada daerah aliran sungainya maupun pada sumber air sungainya. Oleh karenanya pengendalian banjir tidak dapat dipisahkan dengan pengelolaan daerah aliran sungai (DAS), pengelolaan sumber daya air (SDA) dan penataan ruang secara keseluruhan yang merupakan kegiatan terpadu. Saat ini pengelolaan lahan/penataan ruang dan pengelolaan SDA yang menyangkut pendayagunaan, konservasi serta pengendalian daya rusak masih belum optimal yang dimungkinkan adanya perbedaan persepsi oleh masing-masing sektor.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi dampak bencana banjir adalah penataan ruang kawasan dan melaksanakan bangunan/saluran pengendali banjir. Sebagai contoh terlihat

dampaknya terhadap pembangunan kawasan baru di Kecamatan Koto Tengah bagian utara kota Padang yang sebelumnya merupakan daerah resapan air dan pertanian sawah, setelah gempa besar di Sumatera Barat tanggal 30 September 2009 telah berubah menjadi kawasan perumahan dan perkantoran.

Tulisan ini dimaksudkan untuk membangkitkan kesungguhan dalam memahami produk aturan pengadaan tanah untuk kepentingan umum, rencana tata ruang kawasan untuk masyarakat dan aparat pemerintah. Rencana kawasan yang baik tentunya apabila dapat menggambarkan kemungkinan yang akan terjadi pada kurun waktu tertentu, dipedomani dalam pembangunan daerah dan memperhatikan kondisi lingkungan, utamanya pengendalian daya rusak air yang memerlukan lahan untuk pembangunannya. Sehingga siapapun yang berkepentingan dalam pemanfaatan ruang akan dapat gambaran dalam melaksanakan kegiatan terkait dengan memanfaatkan ruang, termasuk dimana dan apa yang boleh serta apa yang tidak diijinkan.

2. Metodologi

Pelaksanaan penelitian ini didasari oleh peraturan perundang-undangan penyediaan lahan pembangunan untuk kepentingan umum, pemindahan kawasan pusat pemerintahan kota Padang, melakukan wawancara dengan pemangku kepentingan dan masyarakat terkait dengan permasalahan resiko bencana banjir. Untuk itu, dianalisa kasus pembangunan kawasan di sekitar Batang Luruhih dan Batang Maransi di Kecamatan Koto Tengah, bagian utara Kota Padang.

3. Tinjauan Pustaka

3.1. Pendekatan Persamaan Proses Terjadinya Banjir

Secara umum aliran air permukaan (surface run-off) sama dengan jumlah volume air hujan dikurangkan keseluruhan cegatan air (interception), resapan air (infiltration), tampungan air (storage), penguapan air (evaporation) dan penguapan tanaman (transpiration).

Saat berlangsungnya hujan, maka penyinaran matahari kurang dan kelembaban udara tinggi, sehingga penguapan air dan penguapan dari tanaman kecil pengaruhnya, kalau diabaikan maka persamaan dapat disederhanakan menjadi :

$$AP = VH - (C + R + T)$$

Dimana :

AP = aliran air permukaan

VH = volume air hujan

C = cegatan air

R = resapan air

T = tampungan air

Nilai AP akan besar jika nilai C,R dan T kecil, dan sebaliknya nilai AP akan kecil bilamana nilai C,R dan T besar. Semakin besar aliran air permukaan maka semakin besar juga potensi banjir yang akan terjadi, dan jika AP melampaui kapasitas tampung sungainya maka terjadi banjir.

Saat kondisi daerah aliran sungai masih baik, tutupan lahan hutan masih baik maka nilai cegatan air dan resapan air besar. Sehingga pada waktu hujan, debit aliran permukaan kecil dan aliran air sungai kemungkinan tidak melimpas, dan pada saat musim kemarau air hujan yang awalnya dicegat oleh perakaran pohon akan meresap kedalam tanah menjadi aliran air tanah yang secara lambat mengalir ke sungai.

3.2. Pembangunan dan Banjir

Banjir yang melanda Kawasan Air Pacah Kota Padang pada Jumat 26 Agustus 2011 dan Selasa 26 Agustus 2014 yang menggenangi perkantoran dan permukiman sebagai akibat meluapnya Batang Luruhih dan Batang Balimbing, seakan menyadarkan kepada kita tentang pentingnya pengelolaan sumber daya air dan penataan ruang kawasan secara komprehensif dan berwawasan lingkungan. Banjir merupakan fenomena alam berupa meluapnya air di sungai melebihi kapasitas palungnya, selanjutnya menggenangi bagian lahan yang lebih rendah yang dapat berupa permukiman, perkantoran maupun lahan pertanian.

Tingginya luapan air dapat terjadi karena tingginya curah hujan di bagian hulu DAS menyebabkan aliran sungai tidak tertampung pada palungnya, tertahannya aliran sungai dengan adanya penyempitan palung sungai akibat pemanfaatan sempadan sungai yang tidak tepat, adanya pendangkalan dasar sungainya, tertahannya aliran sungai karena laut pasang di muaranya, atau karena bagian tanah tidak mampu dengan cepat menyalurkan melalui system drainase yang ada.

a. Upaya represif bersifat fisik/ struktur.

Yang telah dilakukan oleh Pemerintah pada dasarnya meliputi 3 kegiatan, yaitu :

- 1) Merendahkan elevasi muka air di sungai, antara lain dengan perbaikan alur sungai, pembuatan kanal banjir atau sudetan.
- 2) Mencegah meluapnya air sungai dengan intensitas tertentu (periode ulang 5 sampai dengan 25 tahun), antara lain dengan pembangunan tanggul sungai.
- 3) Memperkecil debit banjir di sungai, antara lain dengan membuat waduk air di hulu, penggunaan lahan yang rendah untuk retensi air.

Selain itu aktivitas manusia yang tidak langsung dan langsung merusak lingkungan seperti penebangan hutan, melakukan usaha pertanian yang tidak memperhatikan aspek konservasi tanah dan air, melakukan pembuangan sampah di palung sungai sehingga menyebabkan sedimentasi, memanfaatkan sempadan sungai untuk kegiatan yang mengganggu aliran banjir.

b. Upaya preventif bersifat non-struktur.

Diantaranya meliputi :

- 1) Melaksanakan konservasi tanah dan air di DAS bagian hulu dalam kaitannya dengan pengendalian erosi lahan.
- 2) Pengelolaan lahan DAS dengan penataan ruang untuk memperkecil limpasan air permukaan.
- 3) Pengaturan penggunaan lahan di kawasan banjir.
- 4) Penetapan sempadan sungai dan penggunaan lahan di kawasan sungai.
- 5) Penerapan building codes pada kawasan banjir, antara lain dengan rekomendasi persyaratan konstruksi.
- 6) Kesiapan siaga bila kemungkinan akan terjadi banjir.

Dalam kenyataannya upaya preventif belum berjalan efektif sesuai harapan, utamanya dengan rendahnya partisipasi masyarakat dalam mematuhi hukum, cepat melupakan kejadian banjir sebelumnya dan kebersamaan dalam pengelolaan sungai.

3.3. Pendekatan Pembebasan Lahan yang Terkena Tapak Pembangunan [9-10].

Penyediaan tanah untuk kepentingan umum diatur dalam peraturan perundang-undangan yang substansinya didasarkan asas hukum, sebagai berikut :

- a. Asas Kemanusiaan, pengadaan tanah harus memberikan perlindungan serta penghormatan terhadap hak asasi manusia, harkat dan martabat setiap warga negara dan penduduk Indonesia secara proposional.
- b. Asas Keadilan, memberikan jaminan penggantian yang layak kepada pihak yang berhak dalam proses pengadaan tanah sehingga mendapatkan kesempatan untuk dapat melangsungkan kehidupan yang lebih baik.
- c. Asas Kemanfaatan, hasil pengadaan tanah mampu memberikan manfaat secara luas bagi kepentingan masyarakat, bangsa dan negara.
- d. Asas Kepastian, memberikan kepastian hukum tersedianya tanah dalam proses pengadaan tanah untuk pembangunan dan memberikan jaminan kepada pihak yang berhak untuk mendapatkan ganti kerugian yang layak.
- e. Asas Keterbukaan, pengadaan tanah untuk pembangunan dilaksanakan dengan memberikan akses kepada masyarakat untuk mendapatkan informasi yang berkaitan dengan pengadaan tanah.
- f. Asas Kesepakatan, proses pengadaan tanah dilakukan dengan musyawarah para pihak tanpa

- unsur paksaan untuk mendapatkan kesepakatan bersama.
- g. Asas Keikutsertaan, dukungan dalam penyelenggaraan pengadaan tanah melalui partisipasi masyarakat, baik secara langsung, sejak perencanaan sampai dengan kegiatan pembangunan.
 - h. Asas Kesejahteraan, pengadaan tanah untuk pembangunan dapat memberikan nilai tambah bagi kelangsungan kehidupan pihak yang berhak dan masyarakat secara luas.
 - i. Asas Keberlanjutan, kegiatan pembangunan dapat berlangsung secara terus menerus, berkesinambungan untuk mencapai tujuan yang diharapkan.
 - j. Asas Keselarasan, pembangunan tanah untuk pembangunan dapat seimbang dan sejalan dengan kepentingan masyarakat dan negara.

4. Pembahasan

4.1. Deskripsi Lokasi Studi

Kota Padang merupakan salah satu kota besar di Sumatera dengan jumlah penduduk pada tahun 2012 sejumlah 844.316 jiwa. Wilayah kota merupakan daerah yang relative datar di ketinggian +2.00 sampai dengan +15.00 dari permukaan laut.

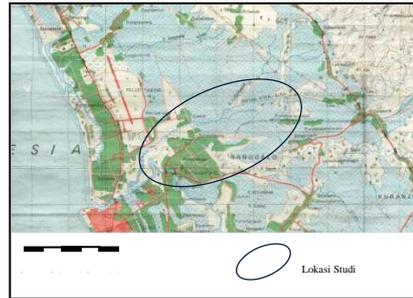
Secara historis, penduduk kota Padang pertama kali bermukim pada abad ke-15 di bantaran muara Batang Arau. Lambat laun, bantaran sungai Batang Arau semakin padat dan pengembangan pemukiman berkembang ke wilayah Pondok, Belanti (Jalan Sudirman). Kedatangan VOC-Belanda pada tahun 1667 mulai membangun gedung-gedung di kawasan Batang Arau, menjadikan kota Padang sebagai sentra perdagangan di wilayah pantai barat Sumatera dan mewariskan tata ruang/tata kota yang berlandaskan lingkungan dan karakteristik alam. Pemerintah Belanda membangun Banda Bakali (kanal banjir) pada tahun 1921 untuk mengatasi banjir di wilayah kota lama dengan membagi aliran banjir Batang Arau di Lubuk Begalung. Kanal banjir dan sungai besar yang melintasi kota Padang ini yang kemudian di tingkatkan kapasitas sungainya pada tahun 1999 seperti sekarang ini.

Saat ini, salah satu kawasan yang masih sering dilanda banjir adalah kawasan Maransi dan Air Pacah di Kecamatan Koto Tengah dengan jumlah penduduk kecamatan 165.633 jiwa. Menurut catatan genangan banjir di kawasan Air Pacah sepanjang tahun 2011-2013 setidaknya terjadi pada Jumat 26 Agustus 2011, Sabtu 5 Nopember 2011, Minggu 13 Nopember 2011, Kamis 1 Maret 2012, Rabu 30 Mei 2012, Jumat 19 Oktober 2012, Senin 31 Desember 2012, Kamis 9 Mei 2013, Rabu 4 September 2013, Sabtu 17 Nopember 2013, Selasa 3 Desember 2013 dan Senin 30 Desember 2013.

Di kedua kawasan ini mengalir dua sungai, Batang Maransi dan Batang Luruhih. Kedua sungai merupakan orde ketiga (anak sungai) Batang Balimbing, dan Batang Balimbing merupakan orde ke dua (anak sungai) Batang Kuranji. Batang Kuranji dan Batang Balimbing telah dilakukan peningkatan dengan pelebaran dan perkuatan tebing sungainya oleh Pemerintah pada tahun 1997 sehingga mempengaruhi perencanaan dan pelaksanaan perbaikan Batang Maransi dan Batang Luruhih yang sedang dilaksanakan oleh Pemerintah Provinsi Sumatera Barat.

4.2. Permasalahan Banjir

Pada kawasan Maransi dan Air Pacah bila hujan dengan intensitas yang tinggi dan waktu yang lama terjadi banjir dengan ketinggian mencapai 0,5-1,00 m dan lama genangan bisa sampai 24 jam di Kampung Rimbo Cumateh dan areal perkantoran di Air Pacah. Meluapnya Batang Maransi dan Batang Luruhih yang menyebabkan kawasan tersebut tergenang banjir selain itu perubahan tata ruang kawasan yang semula merupakan daerah pertanian dan sekarang ini berkembang menjadi permukiman, bahkan pada pasca bencana gempa 30 September 2009 kawasan ini menjadi pusat pemerintahan kota Padang (peta 1 dan gambar 1).



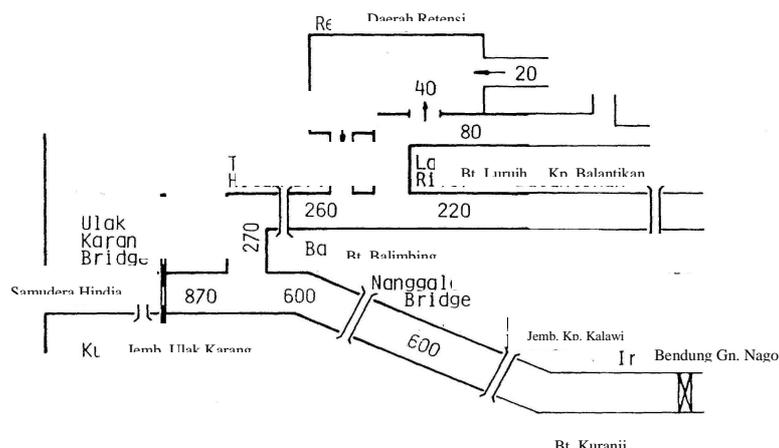
Peta 1. Sebagian Kota Padang Gambar 1. Kawasan yang Tergenang

Kegiatan perencanaan pengendalian banjir yang mempengaruhi keputusan perencanaan pengendalian banjir Batang Maransi dan Batang Luruhih, antara lain [1] Study report on Padang Area Flood Control Project, December 1983 ; [2] Completion Report for Padang Area Flood Control Project (II), Project Loan No. IP-451 ; [3] Master Plan Pusat Pemerintahan Kota Padang, Bappeda Kota Padang, 2010 ; [4] Hasil Kajian Rencana Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Evakuasi dalam rangka Mitigasi Bencana Tsunami Kota Padang oleh Ditjen Penataan Ruang, Kementerian Pekerjaan Umum, 2008 ; [5] Peraturan Daerah Kota Padang tahun 2012 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Padang 2010-2030 ; [6] Peraturan Pemerintah No. 26 tahun 2011 tentang Pindahan Pusat Pemerintahan Kota Padang dari wilayah Kecamatan Padang Barat ke wilayah Kecamatan Koto Tengah kota Padang.

4.3. Perencanaan Pengelolaan Banjir

Seperti diketahui bersama bahwa pekerjaan pengendalian banjir di kota Padang dilaksanakan sejak 1990 sampai sekarang. Kegiatan peningkatan kapasitas sungai yang telah dilaksanakan di Batang Kuranji (sungai orde satu) sepanjang 4.340 m untuk dapat menampung debit sungai 870 m³/detik dan di Batang Balimbing (sungai orde dua) sepanjang 6.660 m untuk dapat menampung debit sungai 270 m³/detik.

Dengan memperhitungkan debit banjir Batang Luruhih pada periode ulang 10 tahunan sebesar 40 m³/detik, Batang Maransi 10 m³/detik dan adanya daerah retensi banjir Laras (daerah pertanian milik masyarakat) seluas 1,50 km² dengan harapan dapat mampu menampung volume air 1,00 juta m³ (gambar 2).

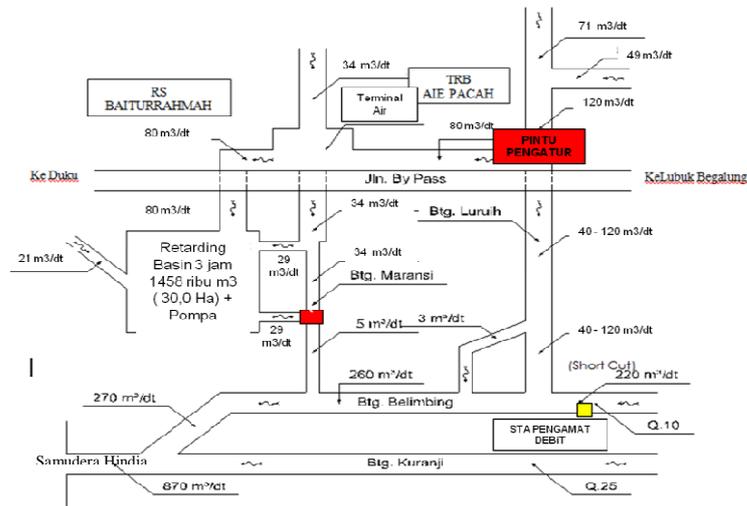


Gambar 2. Skematik Distribusi Banjir

Pasca gempa 30 September 2009, sesuai Peraturan Pemerintah No. 26 tahun 2011 kawasan Air Pacah direncanakan sebagai pusat pemerintahan kota Padang, oleh karena itu diharapkan kawasan Air Pacah dapat menjadi kawasan yang bebas banjir. Dengan konsekuensi Pemerintah harus

melaksanakan peningkatan kemampuan Batang Luruhi dan Batang Maransi sehingga akan mampu menampung debit banjir periode ulang 25 tahunan yaitu masing-masing 120 m³/detik dan 34m/detik [7].

Dengan berubahnya kawasan Air Pacah menjadi pusat pemerintahan kota Padang maka secara teknis pengendalian banjir Batang Maransi dan Batang Luruhi diharapkan dapat mengelola saat debit puncak, palung sungainya dapat sebagai tampungan air dan lingkungan sungai menjadi baik, dengan skematik aliran debit puncak seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Skematik Distribusi Banjir Bt. Luruhi dan Bt. Maransi

Penetapan desain pengelolaan Batang Luruhi dan Batang Maransi yang akan menggunakan tanah masyarakat disepanjang sungai dan pembebasan lahan 30 hektar (lokasi retensi banjir) dilakukan dengan pertemuan konsultasi dan peninjauan ke lokasi antara Pemerintah Propinsi dan Pemerintah Kota Padang, antara lain Bappeda, Dinas PU Kota, Kantor Pertanahan, Dinas Tata Ruang dan Perijinan, Bagian Pemerintahan Kota.

4.4. Pelaksanaan Pekerjaan Konstruksi.

- a. Pekerjaan konstruksi pengendalian banjir Batang Luruhi dan Batang Maransi ini dilaksanakan sesuai Kontrak tahun jamak (harga satuan) antara Kuasa Pengguna Anggaran Dinas Pengelolaan Sumber Daya Air Provinsi Sumatera Barat dengan Kontraktor PT. Waskita Karya tanggal 7 Desember 2012 nomor : 04.07/JMK-PBPP/APBDP-PSDA/XAA/2012 dengan waktu pelaksanaan 700 hari, mulai tanggal 7 Desember 2012 sampai dengan tanggal 6 November 2014, dengan kegiatan yang akan dilaksanakan peningkatan kapasitas sungai sepanjang 2.200 meter dan bangunan pelengkapannya.
- b. Untuk pekerjaan konstruksi peningkatan sungai Batang Luruhi dan Batang Maransi dari muaranya sampai dengan jalan Padang Bypass diperlukan pembebasan tanah dan tanaman masyarakat sepanjang 2.200 meter dan lebar 60 meter yang menjadi tanggung jawab Pemerintah Kota Padang [8].
 - 1) Sampai dengan September 2014 (kemajuan konstruksi 60 persen), lahan yang dapat dibebaskan hanya sepanjang 640 meter dari 2.200 meter yang rencana dibebaskan, disebabkan antara lain adanya kepemilikan lahan yang berpindah hak, sengketa lahan diantara pemilik tanah, ketidaksepakatan harga yang menyebabkan terkatung-katungnya proyek dan berakibat in efisiensi.
 - 2) Sehingga kontrak dilakukan perubahan dengan melaksanakan peningkatan sungai sepanjang tanah yang bebas dilengkapi dengan perkuatan tebing dari beton. Akibatnya pekerjaan konstruksi peningkatan Batang Luruhi dan Batang Maransi tidak dapat

diselesaikan sesuai waktu kontrak dan memungkinkan kawasan Air Pacah tidak bebas banjir.

- b. Oleh karenanya agar pekerjaan konstruksi pelebaran sungai sepanjang 1.660 (=2.200-640) meter dapat mencapai jalan Padang Bypass, Pemerintah Kota melalui tim pembebasan tanah [10] sebaiknya terus berusaha :
 - 1) Melakukan sosialisasi kepada masyarakat, swasta dan pemerintahan tentang rencana pengelolaan Batang Luruhih dan Maransi melalui media cetak, elektronik dan papan pengumuman.
 - 2) Membuat rencana kerja pembebasan tanah dan tanaman bersama Dinas PSDA dan Pemerintahan Kota Padang sampai dengan akhir Desember 2014.
 - 3) Melakukan inventarisasi pemilik lahan (oleh Kantor Pertanahan Kota Padang) yang akan terkena tapak pelebaran sungai
 - 4) Melakukan pemanggilan kepada pemilik lahan yang terkena tapak pelebaran sungai melalui surat dan media dan/atau mendatangi pemilik lahan.
 - 5) Tim pembebasan tanah melaksanakan musyawarah dengan pemilik lahan untuk mencapai kesepakatan, dasar Nilai Jual Obyek Pajak dan batasan nilai appraisal independen.
 - 6) Melaksanakan pembayaran kepada pemilik lahan, bilamana pemilik tidak hadir maka sesuai peraturan perundang-undangan dana penggantian tanah dan tanaman dititipkan di Kantor Pengadilan Negeri Padang.

5. Kesimpulan dan Saran

Tertundanya manfaat pekerjaan pengendalian banjir Batang Maransi dan Batang Luruhih karena keterlambatan pembebasan lahan. Masalah pengadaan tanah bagi pembangunan untuk kepentingan umum antara lain disebabkan :

- a. Kurang adanya pendekatan yang baik dari pelaksana dengan masyarakat berakibat dukungan terhadap pengadaan tanah untuk kepentingan umum tidak optimal.
- b. Terhambatnya perolehan tanah dan pembangunan fisik yang disebabkan kepemilikan lahan yang berpindah hak, sengketa lahan diantara pemilik tanah, ketidaksepakatan harga, menyebabkan terkatung-katungnya proyek dan berakibat in efisiensi.
- c. Keberhasilan pelaksanaan pengadaan tanah terutama ditentukan koordinasi yang baik para pelaksana, dukungan/ peran serta masyarakat, serta pelaksanaan musyawarah yang berkualitas dan efektif.
- d. Terhadap permasalahan yang dihadapi diselesaikan dengan semangat kebersamaan untuk mencari solusi oleh para pelaksana berkoordinasi dengan Instansi berwenang.

Daftar Pustaka

- [1] Study report on Padang Area Flood Control Project, December 1983 ;
- [2] Completion Report for Padang Area Flood Control Project (II), Project Loan No. IP- 451 ;
- [3] Master Plan Pusat Pemerintahan Kota Padang, Bappeda Kota Padang, 2010 ;
- [4] Hasil Kajian Rencana Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Evakuasi dalam rangka Mitigasi Bencana Tsunami Kota Padang oleh Ditjen Penataan Ruang, Kementerian Pekerjaan Umum, 2008 ;
- [5] Peraturan Daerah Kota Padang tahun 2012 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Padang 2010-2030 ;
- [6] Peraturan Pemerintah No. 26 tahun 2011 tentang Pindahan Pusat Pemerintahan Kota Padang dari wilayah Kecamatan Padang Barat ke wilayah Kecamatan Koto Tengah kota Padang.
- [7] DED Batang Luruhih dan Batang Maransi, 2011, Dinas PSDA Provinsi Sumatera Barat

- [8] Normalisasi Batang Luruih dan Batang Latuang, Wakil Walikota Padang No. 611/4.79/DPU/2011 tanggal 14 Oktober 20
- [9] Undang-undang No. 2 tahun 2012 tentang Pengadaan tanah bagi pembangunan untuk kepentingan umum.
- [10] Peraturan Presiden No. 71 tahun 2012 tentang Penyelenggaraan pengadaan tanah dalam pembangunan untuk kepentingan umum, yang telah diganti dengan Peraturan Presiden No. 99 tahun 2014.