

DIKTAT

PENUNTUN PRAKTIKUM
TEKNOLOGI BAHAN KONSTRUKSI
TSI 6112



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG
2024

LABORATORIUM
MATERIAL DAN STRUKTUR

**KELUARGA BESAR LABORATORIUM
MATERIAL & STRUKTUR
FAKULTAS TEKNIK-UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG**

1. (Alm)Prof. Dr. Eng.Ir Zaidir, MS
2. Prof. Dr. Eng.Ir Febrin Anas Ismail, M.T.
3. Prof. Ir Abdul Hakam, M.T., Ph. D
4. Prof. Ir Jafril Tanjung, M.T., Dr.Eng
5. Ir. M. Hanafiah
6. Prof. Dr. Eng. Rendy Thamrin, S.T., M.T.
7. Dr Ruddy Kurniawan, S.T., M.T.
8. Zamrides, S.T.
9. Epri Yandes, S.T.
10. M. Syukri, S.T.
11. Dr. Eng. Ir Ridwan, M.T.
12. Zulhamri Piliang, S.T.
13. Muhardi, S.T.
14. Prof. Dr. Eng Fauzan, S.T.,M.Sc.Eng
15. Oscar Fithrah Nur, S.T., M.T.
16. Jati Sunaryati, S.T., M.T., Ph.D
17. Riza Aryanti, S.T., M.T.
18. Sabril Haris H.G., S.T., M.T.,Ph.D
19. Masrilayanti, S.T.,M.Sc.,Ph.D
20. Fuadria Donald, S.T.
21. Ferry Afrian, S.T.
22. Ferry Emeriza, S.T.
23. Alex Kurniawandi, S.T.
24. Festerriyadi, S.T.
25. Bambang Charlie, S.T.
26. Misrayanti, S.T.
27. Rahmat Hidayat, S.T.
28. Andi Opsani, S.T.
29. Irwandy, S.T.
30. Irna Ramayanti Koto, S.T.
31. Melky Syamtiana, S.T.
32. Jhon Hendra, M.T.
33. Rendra Maiza Yoescha, S.T.
34. Nafrimar Nazir, S.T.
35. Arswendy, S.T.
36. Dekiyandra Karani, S.T.
37. Ilham Syahrial , S.T.
38. Rinny Rahman, S.T.
39. Riza Anggaraini, S.T.
40. Yuli Rahman, S.T.
41. Amril Rasyid, S.T.

42. Ismanur Afni, S.T.
43. Elsa Putra Friandi, S.T.
44. Irwin Permana, S.T.
45. Rini Oktavianti, S.T.
46. Agusril, S.T.
47. Munadi Ahmadi, S.T.
48. Hefrizal, S.T.
49. Eko Hadi Saputra, S.T.
50. Nidiasari, S.T., M.T.
51. Weswi Maidani, S.T.
52. Rio Yulanda, S.T.
53. Rifky Netriyadi, S.T.
54. Syahrinal Effendi, S.T.
55. Elan Adrayazi, S.T.
56. Yuli Handri, S.T.
57. Pebrianti, S.T.
58. Shanti Wahyuni M., S.T.
59. Suryanto, S.T.
60. Hasan Sholihin, S.T.
61. Indrayadi, S.T.
62. Rina Mustika Raya, S.T.
63. Fadilla Mahzura, M.T.
64. Oca Dwiwana, S.T.
65. Akhirul Abrar, S.T.
66. Arifal Isro, S.T.
67. Orima Dirano, S.T.
68. Oki Aquino, S.T.
69. Indah Pratiwi Nurendari, S.T.
70. Andiko Irhash Putra, S.T.
71. Edwardo, S.T.
72. Merry Dofana Putri, S.T.
73. Firnanda Putra, S.T.
74. Angga Raras Putra, S.T.
75. Shaelly Anjastiana, S.T.
76. Sazly Said Permana, S.T.
77. Andri Pratama, S.T.
78. Dwi Putri Nengsi, S.T.
79. Indri Miswar, S.T.
80. Nofriadi Napitupulu, S.T.
81. Ray Fraja Nofandro, S.T.
82. Rustana MYH, S.T.
83. Evil Rahmadani, S.T.
84. Fadli Kurnia, S.T.
85. Gito Barnado, M.T.
86. Seprian Fajri, S.T.
87. Verdy Dekker, S.T.

The logo consists of the letters 'LMS' in a bold, sans-serif font. The letters are filled with a horizontal line pattern. The 'L' and 'M' are a reddish-pink color, while the 'S' is a darker purple. The logo is centered within a large, light blue triangle that has a white building silhouette at its base.

LMS *Journal of Material and Struktur*

88. Aulia Kharisma Putra, S.T.
89. Dian Putri Imani Sirait, S.T.
90. Hendra, S.T.
91. Rahmadona, S.T.
92. Yopi Saputra, S.T.
93. Yudhiansyah Ramadhan, S.T.
94. Andini, S.T.
95. Andy Azhari Ritonga, S.T.
96. Fitri Kusuma Wardani, S.T.
97. Harry Andhika Fitra, S.T.
98. Hendri Eka Putra, S.T.
99. Muhammad Ridha, S.T.
100. Nugrafindo Yanto, M.T.
101. Rudy Ilmesa, S.T.
102. Hafiz Maulana, M.T.
103. Ilham Hidayat, S.T.
104. Novi Eka Fitriani, S.T.
105. Rinaldo Alexander, S.T.
106. Tiffany Ulfah, S.T.
107. Anita Lesya, S.T.
108. Bayu Sugara, S.T.
109. KriS.T.inus, S.T.
110. Putri Utami Resmana, S.T.
111. Rahmat Ramli, S.T.
112. Zev Al Jauhari, M.T.
113. Annisa Prita Melinda, M.T.
114. Fikri Ramadhanu, S.T.
115. Frisky Aristio Marta, S.T.
116. Jefry Vrantio, M.T.
117. Mia Rosahana Betta, M.T.
118. Rizkhan Randa Fajri, S.T.
119. Shafira Rahmadilla, M.Eng
120. Teddy Pratama R, S.T.
121. Yoga Saputra, S.T.
122. Haly Hanafi, S.T.
123. Muhammad Risnan, S.T.
124. Sonia Fikra, S.T.
125. Syahru Ramadhan, S.T.
126. Utari Intan Suri, S.T.
127. Zekrona Fellikson, S.T.
128. Amirah Zakiyyah, S.T.
129. Dina Yarmawati, S.T.
130. Eko Setia Budi, S.T.
131. M. Farhan Nuary H., S.T.
132. M. Zulham Efendi, S.T.
133. Ravinda Mashelvia, S.T.

LMS



Journal of Material and Struktur

134. Ray Adam Yunus, S.T.
135. Satria Mudana, S.T.
136. Zulprima Jaya Putra, S.T.
137. Ade Prayoga Nasution, M.T.
138. Agung Perdana Pulungan, S.T.
139. Aimuthia Citra Utami, M.T.
140. Arief Deka Nusa, S.T.
141. Fajri Yogi, S.T.
142. Muhammad Wendri, S.T.
143. Muharman Ladio, S.T.
144. Putri Basenda Br Tarigan, S.T., MCM
145. Zairah Nabilla Sidiq, M.T.
146. Andrean Supadirianto Jambaks, S.T.
147. Edelwis Ramadhanti, S.T.
148. Fisko Syafrinando, S.T.
149. Putri Jayanti, S.T.
150. Reza Fahlevi, S.T.
151. Suhedri, S.T.
152. Wahiddil Iqbal, S.T.
153. Aisya Wahyuni, M.T.
154. Ghufran Rawvil, S.T.
155. Izza Pernama, S.T.
156. M. Riski Audri Rahman, S.T.
157. March Yandri, S.T.
158. Mukhdil Khairi Idris, S.T.
159. Suci Utari, S.T.
160. Syukra Hamda, S.T.
161. Vellya Lestari, S.T.
162. Vicri Ihsan Dinata, S.T.
163. Aufa Agsadilla Zaimi, S.T.
164. Febi Putri Yastari, M.T.
165. Genta Septiawan, S.T.
166. Haekal M Razi, S.T.
167. Ikhwan Said, S.T.
168. Keny Azzukhruf Syahda Kiyana, S.T.
169. Muhammad Handika, S.T.
170. Ravie Mahendra, S.T.
171. Syalsya Bila Eka Sovia, S.T.
172. Vandi Dermawan Daulay, S.T.
173. Abieza Febrizio Apridika, S.T.
174. Afifah Ghoetti Ananda, M.T.
175. Arif Pratama, S.T.
176. Audy Violina Mulya Agusti, S.T.
177. Farikha Rahmatasya, S.T.
178. Geby Aryo Agista, S.T.
179. Julistiana Kamal, S.T.

180. Lala Syaifa, M.T.
181. Rayhan Yoga Fadhilah, S.T.
182. Rifo Fiqrul, S.T.
183. Rozi Adifa, S.T.
184. Waode Ulya Nabila, M.T.
185. Abdul Rahim, S.T.
186. Adhitya Dharma Wijaya, S.T.
187. Dinda Indah Putriwani, S.T.
188. Haafizhoh Putri Evir, S.T.
189. Kekem Habibillah, S.T.
190. Mutia Chairun Nisa, S.T.
191. Nabila Azzahra, S.T.
192. Phandu Rizaldi, S.T.
193. Rajjo Kevin Alvino, S.T.
194. Rizki Al Fattah Fadini, S.T.
195. Salma Amira, S.T.
196. Ade Rahman Hidayatullah
197. Dinah Nashwa
198. Dinda Syahwitri Azzura Tanjung
199. Evan Dony Ajie Setiawan Sitorus
200. Fitri Rahmadani
201. Hanifah Puspita Hendri
202. Hilbram Thariq Alkhairi
203. Jasmine Jannah
204. Jihan Camelia Aiko
205. Satria Pratama Eka Putra
206. Septio Sastrawardana
207. Aliyyah Putri Zahiroh
208. Fatimah
209. Kayla
210. Mochamad Iqbal
211. Muhammad Al Hafiz Siddiq
212. Muhammad Ridwan Saputra
213. Natasya Delenty
214. Rahma Aliyya Sajidah
215. Taufik Alhakim Iskandar
216. Thing Mayragusra
217. Yudha Setiawan

LMS



Material dan Struktur

KATA PENGANTAR

Diktat penuntun Praktikum Teknologi Bahan Konstruksi di Laboratorium Material dan Struktur, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas ini disusun sebagai pedoman bagi mahasiswa yang akan melaksanakan praktikum dan bereksperimen yang bertujuan mengetahui sifat mekanis bahan struktur secara elemen maupun sebagai sistem struktur.

Isi pedoman penuntun praktikum ini meliputi uraian petunjuk pelaksanaan, perencanaan, contoh perhitungan perencanaan campuran beton, dan analisis mutu beton serta penyelidikan mutu baja tulangan.

Dengan adanya diktat penuntun praktikum ini diharapkan praktikan dapat melaksanakan praktikum secara benar dan sistematis.



TATA TERTIB PRAKTIKUM TBK

1. Syarat-syarat praktikum yang tidak lengkap, dilengkapi paling lambat pada hari responsi khusus.
2. Peraturan Praktikum TBK
 - a. Peraturan Praktikum
 - Responsi Khusus dengan asisten masing-masing kelompok dilakukan minimal sehari sebelum praktikum dilaksanakan.
 - Membuat Laporan Awal atau Tugas sebelum praktikum.
 - Praktikum dilaksanakan selama tiga hari, kehadiran praktikan selama praktikum mempengaruhi nilai akhir.
 - Praktikum dimulai pukul 07.30 WIB.
 - Terlambat kurang dari 15 menit nilai responsi nol.
 - Terlambat lebih dari 15 menit dianggap tidak hadir jika alasan tidak logis.
 - Praktikan diharuskan memakai kemeja, sepatu dan jas laboratorium sebelum memasuki laboratorium. Dilarang menggunakan jas laboratorium jurusan lain.
 - Rambut Rapi.
 - Praktikan dilarang meninggalkan Laboratorium selama praktikum berlangsung kecuali atas izin asisten.
 - Selama praktikum dilarang menggunakan *handphone*.
 - Selama praktikum dilarang makan, minum, dan merokok.
 - Kebersihan ruangan selama praktikum menjadi tanggung jawab praktikan. Ruangan yang ditinggalkan setelah praktikum harus dalam keadaan bersih.
 - Kerusakan alat akibat kelalaian praktikan menjadi tanggung jawab praktikan.
 - b. Peraturan Laporan
 - Waktu pengerjaan laporan selama 3 hari setelah praktikum selesai.
 - Laporan kelompok dan laporan pribadi dibuat sesuai dengan format laporan yang telah ada.
 - Perhitungan pada data form diketik.
3. Asistensi
 - Setiap asistensi berpakaian rapi dan sopan.
 - Asistensi dilakukan pada jam kerja Pukul 08.30 - 17.30 WIB, lewat dari jam kerja, asistensi tidak dilayani.
 - Asistensi laporan dilakukan pada hari uji tekan ke-3 dan ke-7 dan semua anggota kelompok diwajibkan hadir.
 - ACC laporan dilakukan pada hari ke-9 setelah selesai melaksanakan praktikum atau 2 hari setelah hari uji tekan ke-7.
 - Pengumpulan laporan dilakukan sesuai jadwal.
 - Tes tekan dilakukan pada hari ke-3,7 dan 28.
 - Jadwal ujian tulis akan ditentukan berikutnya.

4. Penilaian

Penilaian terdiri dari :

- Praktikum : 30%
- Laporan : 30%
- Ujian Tulis : 40%



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	
TATA TERTIB PRAKTIKUM	
DAFTAR ISI	
DAFTAR TABEL	
DAFTAR GAMBAR	
PENDAHULUAN	1
PERENCANAAN BETON	10
PROSEDUR PERENCANAAN.....	14
CONTOH PERENCANAAN KOMPOSISI CAMPURAN BETON.....	15
PEMERIKSAAN MUTU BETON DAN MUTU PELAKSANAAN.....	17
PANDUAN PRAKTIKUM TEKNOLOGI BAHAN KONSTRUKSI.....	20
JENIS-JENIS CACAT BETON	22
PELAKSANAAN PRAKTIKUM	24
BAGIAN A	
1. Pemeriksaan Berat Jenis Semen	24
2. Pemeriksaan Konsistensi Normal Semen Hidrolis	25
3. Penentuan Waktu Pengikatan dari Semen Hidrolis	27
4. Pemeriksaan Berat Volume Agregat.....	28
5. Analisis Saringan Agregat Kasar dan Halus.....	30
6. Pemeriksaan Kadar Lumpur pada Agregat Halus dengan Metode Pencucian.....	35
7. Pemeriksaan Kadar Lumpur pada Agregat Halus dengan Metode Pengendapan.....	36
8. Pemeriksaan Kadar Lumpur pada Agregat Kasar.....	38
9. Pemeriksaan Zat Organik pada Agregat Halus	38
10. Pemeriksaan Kadar Air Agregat	39
11. Analisis <i>Specific Gravity</i> & Penyerapan Agregat Kasar	41
12. Analisis <i>Specific Gravity</i> & Penyerapan Agregat Halus	43
13. Pemeriksaan Keausan Agregat dengan Mesin <i>Los Angeles</i>	44
BAGIAN B	
Perencanaan Campuran Beton.....	48
BAGIAN C	
1. Pelaksanaan Campuran.....	49
2. Percobaan <i>Slump</i> Beton	49
3. Pemeriksaan Berat Volume Beton.....	51
4. Pembuatan dan Persiapan Benda Uji	52
BAGIAN D	
Pemeriksaan Kekuatan Tekan Beton	54

BAGIAN E
Analisis Kekuatan Tekan Beton Karakteristik (f_c')..... 55

BAGIAN F
Uji Tarik 57

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

- Tabel 1 : Komposisi unsur pembentuk beton.
- Tabel 2 : Hubungan antara *W/C ratio* dengan kuat tekan beton.
- Tabel 3 : Ukuran *slump* yang dianjurkan bagi berbagai jenis konstruksi.
- Tabel 4 : Jumlah air yang diperlukan untuk setiap m³ beton dan udara yang terperangkap untuk berbagai *slump* dan ukuran maksimum agregat.
- Tabel 5 : Persentase volume agregat kasar/satuan volume beton.
- Tabel 6 : Mutu pelaksanaan pekerjaan.
- Tabel 7 : Kuat tekan.
- Tabel 8 : Ukuran agregat.
- Tabel 9 : Perangkat saringan agregat kasar.
- Tabel 10: Perangkat saringan agregat halus.
- Tabel 11: Jumlah berat agregat minimum untuk agregat kasar.
- Tabel 12: Persen lolos agregat halus pada tiap-tiap saringan.
- Tabel 13: Berat sampel minimum.
- Tabel 14: Berat minimum pengujian *Spesific Gravity* dan Absorpsi.
- Tabel 15: Berat sampel agregat kasar dengan ukuran maksimum 37,5 mm.
- Tabel 16: Berat sampel agregat kasar dengan ukuran minimum 19 mm.
- Tabel 17: Susunan butiran contoh uji, jumlah bola baja yang dipakai dan jumlah putaran mesin untuk setiap pengujian.
- Tabel 18: Takaran agregat maksimum dengan kapasitas literan.
- Tabel 19: Faktor Koreksi Rasio Panjang (L) dengan diameter (D) Benda uji (ASTM-2003).
- Tabel 20: Faktor Koreksi Hari/*Day Correction Factor (dcf)*.

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 1 : Reaksi hidrasi *Portland Cement*
- Gambar 2 : Adukan beton kekurangan agregat halus. Terdapat rongga-rongga pada adukan (*honey combing*), karena tidak cukupnya pasta dan pasir mengisi rongga tersebut.
- Gambar 3 : Cacat beton rangkak, yaitu penyusutan yang terjadi pada beton akibat pembebanan yang berlebihan.
- Gambar 4 : Cacat beton *shrinkage*, yaitu penyusutan yang terjadi pada beton akibat penguapan air yang berlebihan.
- Gambar 5 : Cacat beton *bleeding*, yaitu penguapan yang terjadi pada beton segar akibat penusukan yang berlebihan.
- Gambar 6 : Cacat beton *spalling*, yaitu pengelupasan pada selimut beton akibat korosi pada tulangan.
- Gambar 7 : Campuran beton yang mengalami segregasi, yaitu pemisahan agregat kasar dengan agregat halus.
- Gambar 8 : *Apparatus* pemeriksaan berat volume agregat.
- Gambar 9 : *Apparatus* untuk analisis saringan agregat kasar dan halus.
- Gambar 10 : Kurva pembatas bagi gradasi yang digunakan dalam metode perencanaan beton.
- Gambar 11 : *Apparatus* pemeriksaan bahan lolos saringan #200.
- Gambar 12 : *Apparatus* pemeriksaan kadar lumpur dalam agregat halus.
- Gambar 13 : *Apparatus* pemeriksaan kadar organik dalam agregat halus.
- Gambar 14 : *Apparatus* analisis *specific gravity* dan penyerapan agregat kasar.
- Gambar 15 : *Apparatus* analisis *specific gravity* dan penyerapan agregat halus.
- Gambar 16 : *Los Angeles Machine Test*.
- Gambar 17 : *Apparatus* percobaan *slump* beton.
- Gambar 18 : *Apparatus* pemeriksaan berat isi beton basah.
- Gambar 19 : *Water Bath*.
- Gambar 20 : *Universal Testing Machine*.
- Gambar 21 : Proses Uji Tarik.
- Gambar 22 : Grafik Uji Tarik.
- Gambar 23 : Menunjukkan salah satu Standar ukuran spesimen menurut ASTM A370-77.

PENDAHULUAN

Jenis pekerjaan laboratorium untuk praktikum beton adalah:

1. Penentuan sifat-sifat bahan pembentuk beton:
 - a. Semen
 - b. Agregat halus (pasir) dan agregat kasar (kerikil)
 - c. Air

Bahan-bahan yang digunakan dalam perencanaan harus mengikuti persyaratan sebagai berikut:

- Bila pada pekerjaan konstruksi yang berbeda akan digunakan bahan yang berbeda, maka setiap proporsi campuran yang akan digunakan harus direncanakan secara terpisah.
- Bahan untuk campuran harus mewakili bahan yang akan digunakan dalam pekerjaan yang diusulkan.

2. Perencanaan campuran beton:
 - a. Penentuan komposisi bahan berdasarkan kekuatan beton rencana
 - b. Pemeriksaan kualitas adukan beton

Dalam perencanaan campuran beton harus dipenuhi persyaratan sebagai berikut:

- Perhitungan perencanaan campuran beton harus didasarkan pada data sifat-sifat bahan yang akan dipergunakan dalam produksi beton
- Susunan campuran beton yang diperoleh dari perencanaan ini harus dibuktikan melalui campuran coba yang menunjukkan bahwa proporsi tersebut dapat memenuhi kekuatan beton yang disyaratkan.

3. Pemeriksaan kekuatan benda uji beton:
 - a. Penentuan tegangan hancur
 - b. Penentuan standar deviasi
 - c. Perhitungan kekuatan tekan beton karakteristik

Beton merupakan suatu campuran antara semen, air, agregat halus, dan agregat kasar dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang mengeras. Campuran bahan-bahan yang membentuk beton harus ditetapkan sedemikian rupa sehingga menghasilkan beton segar yang mudah dikerjakan, memenuhi kuat tekan rencana, dan ekonomis. Beberapa istilah yang harus dipahami, yaitu:

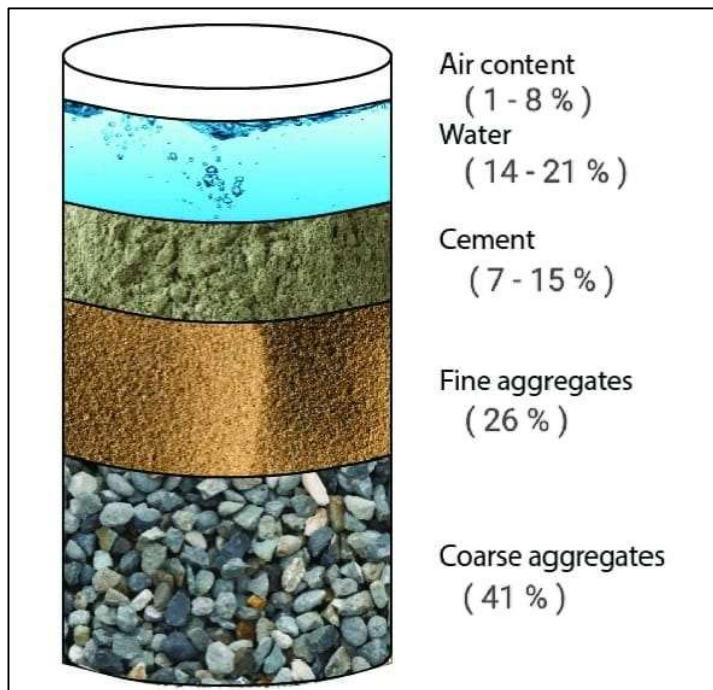
1. **Beton** adalah campuran antara semen Portland atau semen hidrolis yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambah lainnya dan membentuk massa yang padat .

2. **Beton normal** adalah beton yang mempunyai berat isi (1800-2200) kg/m³ menggunakan agregat alami yang pecah.

Secara umum proporsi komposisi unsur pembentuk beton adalah:

Tabel 1 : Komposisi unsur pembentuk beton.

Komposisi Unsur Pembentuk Beton	Persentase
Agregat kasar + agregat halus	60-70%
Air	14-21%
Semen	7-15%
Udara	1-8%



UNSUR-UNSUR BAHAN CAMPURAN BETON

A. SEMEN

Semen ditemukan oleh Joseph Aspdin pada tahun 1824. Semen adalah bahan yang bertindak sebagai pengikat untuk agregat. Jika dicampur dengan air, semen akan berubah menjadi *pasta*. Semen Portland adalah perekat hidrolis yang dihasilkan dari penggilingan terak atau klinker, dimana kandungan utamanya adalah kalsium silikat yang bersifat hidrolis serta dicampur dengan bahan tambahan yang membentuk kristal senyawa kalsium sulfat. Reaksi kimia antara semen dengan air akan menghasilkan panas dan sifat perkerasan pada pasta semen. Pada zaman sekarang telah ditemukan berbagai jenis semen dengan karakteristik yang berbeda.

JENIS-JENIS SEMEN

1. Semen tipe I (*Ordinary Portland Cement*)

Memenuhi:

- SNI 15-2049-2004
- ASTM C 150-07
- BS 12-1996
- JIS R5210-1981

Semen ini digunakan untuk keperluan konstruksi umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus yaitu:

- Tidak memerlukan ketahanan sulfat
- Tidak memerlukan persyaratan panas hidrasi
- Tidak memerlukan kekuatan awal yang tinggi

Contoh aplikasi penggunaan semen tipe I yaitu pada gedung bertingkat, jalan raya, jembatan, rumah pemukiman.

2. Semen tipe II (*Moderate Sulphate Resistance*)

Memenuhi:

- SNI 15-2049-2004
- ASTM C 150-07

Semen ini digunakan untuk keperluan konstruksi yang memerlukan persyaratan:

- Tahan terhadap sulfat sedang yaitu terhadap air tanah yang mengandung sulfat antara 0,08-0,17% atau yang dinyatakan mengandung $SO_3 + 125$ ppm.
- Tahan terhadap panas hidrasi sedang.

Contoh aplikasi penggunaan pada dermaga, bendungan, bangunan di tanah berawa, bergambut dan tepi memerlukan kekuatan awal yang tinggi pada pantai, *soil cement*.

3. Semen tipe III (*High Early Strength Cement*)

Memenuhi:

- SNI 15-2049-2004
- ASTM C 150-07

Semen ini digunakan untuk keperluan konstruksi yang memerlukan kekuatan awal yang tinggi pada fase permulaan setelah pengikatan terjadi.

Contoh aplikasi penggunaan pada pembuatan jalan beton, landasan lapangan udara, bangunan tingkat tinggi, bangunan dalam air yang memerlukan ketahanan terhadap sulfat.

4. Semen tipe IV (*Low Heat of Hydration*)

Semen ini adalah semen dengan hidrasi panas rendah, dimana kenaikan temperatur dari panas yang dihasilkan selama periode pengerasan diusahakan seminimal mungkin sehingga tidak terjadi pengembangan volume beton yang bisa menimbulkan *cracking* (retak). Pengembangan kuat tekan dari semen ini juga sangat lambat dibandingkan dengan semen tipe I. Contoh aplikasi penggunaan pada struktur-struktur dam/bendungan dan bangunan-bangunan masif.

5. Semen tipe V (*High Sulphate Resistance*)

Memenuhi:

- SNI 15-2049-2004
- ASTM C 150-07

Semen ini cocok dipakai untuk konstruksi bangunan yang memerlukan persyaratan:

- Tahan terhadap sulfat tinggi.
- Air tanah mengandung sulfat 0,17-0,16% (mengandung SO_3 125-250 ppm).

Contoh aplikasi penggunaan pada pelabuhan, konstruksi dalam air, jembatan, bendungan, terowongan, dan dermaga.

6. Semen putih

Semen ini digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan arsitektur serta keindahan dari struktur tersebut.

7. Semen PCC (*Portland Composite Cement*)

Semen PCC cocok untuk bahan pengikat dan direkomendasikan untuk penggunaan keperluan konstruksi umum dan bahan bangunan, berdasarkan SNI 15 – 7064 – 2004.

Sifat-sifat yang dimiliki semen PCC:

- Mempunyai panas hidrasi rendah sampai sedang
- Tahan terhadap serangan sulfat
- Kekuatan tekan awal kurang, namun kekuatan akhir lebih tinggi.

Kegunaan:

- Digunakan untuk konstruksi umum untuk semua mutu beton
- Struktur bangunan bertingkat
- Struktur jembatan
- Struktur jalan beton
- Bahan bangunan
- Beton pratekan dan pracetak, pasangan bata, plesteran dan acian, panel beton, *paving block*, *hollow brick*, batako, genteng, polongan, ubin dll.

Keunggulan:

- Lebih mudah dikerjakan
- Suhu beton lebih rendah sehingga tidak mudah retak
- Lebih tahan terhadap sulphat
- Lebih kedap air
- Permukaan acian lebih halus.

8. Semen untuk sumur minyak (*Oil Well Cement*)

Memenuhi:

- SNI 15-3044-1992
- API Spec. 10A-2002

Semen ini khusus dipakai untuk pembuatan sumur minyak bumi dan gas alam dengan konstruksi sumur minyak di bawah permukaan laut dan bumi (lepas pantai). OWC yang diproduksi adalah Class G-HSR disebut juga sebagai “BASIC OWC” karena dengan menambahkan *additive* dapat digunakan untuk berbagai tingkat kedalaman dan temperatur.

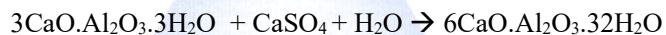
Selain jenis semen yang disebutkan di atas terdapat juga jenis semen yang lebih khusus, seperti:

1. Semen kedap air (*Waterproof Portland Cement*)
2. Semen plastik (*Plastic Cement*)
3. Semen ekspansif (*Expansif Cement*)
4. *Regulated Set Cement*.

Hidrasi, Pengikatan dan Pengerasan Pasta Semen (*Hydration, Setting and Hardening*)

Semen bila dicampur dengan air akan membentuk pasta bersifat plastis yang disebut reaksi hidrasi. Reaksi hidrasi dipengaruhi oleh kehalusan semen, jumlah air, dan suhu. Setelah pencampuran, untuk beberapa lama sifat pasta semen masih belum berubah yang sering dikenal dengan tahap tidur. Pada tahap selanjutnya pasta mulai mengeras ke suatu tingkatan yang walaupun masih lunak tetapi sudah tidak bisa mengalir lagi yang disebut tahap pengikatan awal (*initial setting*). Selanjutnya pasta semen akan berlanjut mengeras sampai pada keadaan bentuk solid yang kaku yang disebut tahap pengikatan akhir (*final setting*). Kondisi yang solid dan kaku ini disebut pasta semen yang sudah mengeras (*hardened cement paste*). Pasta semen yang sudah mengeras akan terus mengeras dan mencapai kekuatannya.

C₃A akan bereaksi menghasilkan 3CaO.Al₂O₃.3H₂O senyawa ini membentuk gel yang cepat kaku sehingga akan mengontrol sifat *setting time*. Selanjutnya senyawa ini akan bereaksi dengan gypsum yang segera membentuk *ettringite* (6CaO.Al₂O₃.32H₂O, atau disingkat C₆AS₃H₃₂), dengan proses kimia sebagai berikut:



Ettringite akan membungkus permukaan senyawa tersebut. Sehingga reaksi hidrasinya akan dihalangi, dan proses *setting* akan dicegah. Namun demikian lapisan *ettringite* pembungkus tersebut karena suatu fenomena osmosis akan pecah dan reaksi C₃A akan terjadi lagi tetapi segera pula akan terbentuk *ettringite* baru yang akan membungkus gel 3CaO.Al₂O₃.3H₂O. Proses ini akhirnya menghasilkan *setting time*. Makin banyak *ettringite* yang terbentuk *setting time* akan makin panjang oleh karena itu gypsum dikenal sebagai retarder. C₃S dan C₂S akan menghasilkan kalsium silikat hidrat (3CaO.2SiO₃.3H₂O) yang disebut gel CSH. Gel CSH merupakan unsur utama pada senyawa (dengan demikian juga merupakan sumber utama kekuatan beton). Gel tersebut berfungsi melakukan substitusi ruang di dalam butiran-butiran semen dan mengisi ruang-ruang di antara butiran semen serta menjembatani di antara mereka, yang pada akhirnya menyebabkan pengerasan dan kekuatan pasta semen. Proses pengerasan pasta semen ini masih akan berlanjut dalam waktu yang cukup lama dimana dalam proses selanjutnya, gel-gel CSH perlahan-lahan akan mengisi pori-pori kapiler sehingga porositas pasta akan makin berkurang dan kekuatannya akan makin bertambah. Kekuatan pasta semen ditentukan oleh berbagai faktor yaitu jumlah gel pelekat per satuan volume pasta semen, daya lekatnya dan kekuatan partikel itu sendiri. Jumlah gel pelekat per satuan volume pasta semen yang tergantung pada konsentrasi produk hidrasi semen dan ukuran dari partikel gel CSH dimana konsentrasi produk hidrasi tergantung pada tingkat kebersihan hidrasi, porositas dari pasta semen.

Produk utama dari reaksi semen dengan ini antara lain:

1. C_3S (Tri kalsium Silikat)
2. C_2S (Di kalsium Silikat)
3. C_3A (Tri kalsium Aluminat)
4. C_4AF (Tetra kalsium Alumino Ferrit)

Tri kalsium silikat (C_3S) atau $3CaO.SiO_2$

- C_3S mempunyai sifat yang hampir sama dengan sifat semen, yaitu apabila ditambahkan air akan menjadi kaku dan di dalam beberapa jam saja pasta akan mengeras.
- Bila bercampur dengan air akan menghasilkan panas hidrasi yang cukup tinggi.
- Senyawa ini berpengaruh besar terhadap pengerasan semen, terutama sebelum 14 hari sehingga mempengaruhi kekuatan awal beton.
- Kandungan C_3S pada PC bervariasi antara 35%-55% dan rata-rata 45%.

Di kalsium silikat (C_2S) atau $2CaO.SiO_2$

- Pada penambahan air senyawa terjadi reaksi, menyebabkan pasta mengeras dan menimbulkan sedikit panas yaitu 250 joule/gram. Pasta yang mengeras, perkembangan kekuatannya stabil dan lambat pada beberapa minggu kemudian mencapai kekuatan tekan akhir hampir sama dengan C_3S .
- Pengaruh C_2S terhadap perkerasan semen setelah berumur lebih dari 7 hari dan memberikan kekuatan akhir pada beton.
- Kandungan C_2S pada PC bervariasi antara 15%-35% dan rata-rata 25%.

Tri kalsium silikat alumina (C_3A) atau $3CaO.Ai_2O_3$

- Dengan air bereaksi menimbulkan panas hidrasi yang tinggi yaitu 850 joule/gram.
- Perkembangan kekuatan terjadi pada satu sampai dua hari, tetapi sangat rendah.
- Berpengaruh pada pengerasan awal dan pengerasan berikutnya yang panjang.
- Kandungan C_3A pada PC bervariasi antara 7%-15%

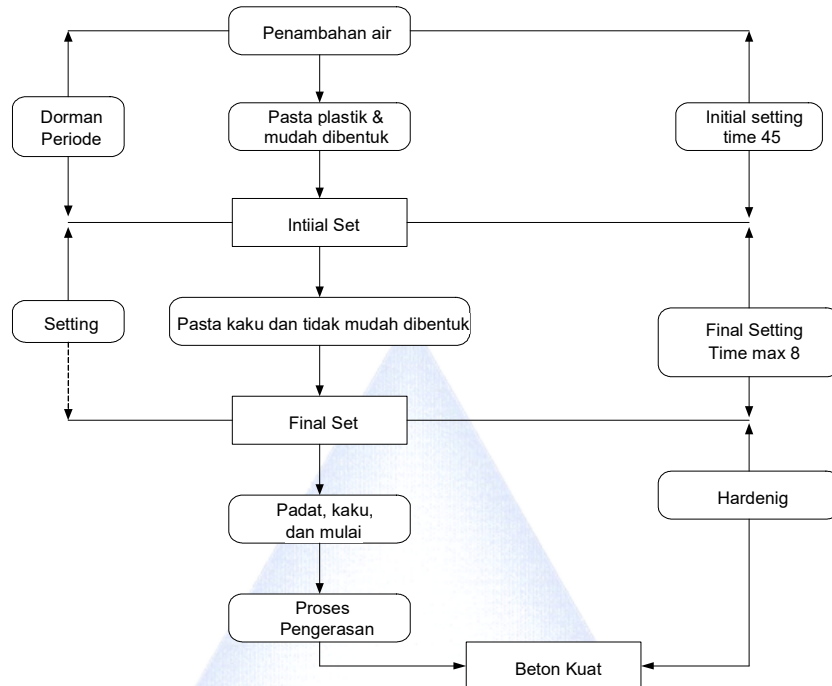
Tetra kalsium alumino ferrit (C_4AF) atau $4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$

- Bereaksi cepat dengan air, dan pasta terbentuk dalam beberapa menit.
- Menimbulkan panas hidrasi 420 joule/gram.
- Warna abu-abu pada semen dipengaruhi oleh senyawa ini.
- Kandungan C_4AF pada PC bervariasi antara 5%-10%.

Semen dapat mengikat air sekitar 40% dari beratnya, sedangkan air yang berlebih akan tetap tinggal dalam pori-pori. Bila spesi beton ditambah ekstra air, maka sebenarnya

pori-porinya yang akan bertambah banyak. Akibatnya beton berpori dan kekuatan serta masa pakainya akan berkurang.

Reaksi hidrasi *portland cement* tersebut dapat ditunjukkan oleh gambar berikut ini:



Gambar 1 : Reaksi hidrasi *Portland Cement*

B. AGREGAT

Agregat terbagi atas agregat halus dan kasar. Agregat halus pada umumnya terdiri dari pasir atau partikel yang lewat saringan #4 atau 5 mm, sedangkan agregat kasar tidak lewat saringan tersebut. Ukuran maksimum agregat kasar dalam struktur beton diatur dalam peraturan untuk kepentingan berbagai komponen. Namun, pada dasarnya bertujuan agar agregat dapat masuk atau lewat diantara sela-sela tulangan atau acuan.

Umumnya penggunaan bahan agregat dalam adukan beton mencapai jumlah lebih kurang 60%-70% dari seluruh volume massa padat beton. Untuk membentuk massa padat diperlukan susunan gradasi butiran agregat yang baik. Selain bahan agregat harus mempunyai cukup kekerasan, sifat kekal, tidak bersifat reaktif terhadap alkali dan tidak mengandung bagian-bagian kecil ($< 70\mu$) atau lumpur.

Agregat yang umum dipakai adalah pasir, kerikil, dan batu-batu pecah.

Pemilihan agregat tergantung dari:

1. Syarat-syarat yang ditentukan beton
2. Persediaan lokasi pembuatan beton
3. Perbandingan yang telah ditentukan antara biaya dan mutu
4. Agregat tersebut harus bersih
5. Keras dan bebas dari penyerapan kimia

6. Tidak bercampur dengan tanah liat/lumpur
7. Distribusi/gradasi ukuran agregat memenuhi ketentuan yang berlaku.

Pengambilan contoh uji dilakukan dengan *quartening*. *Quartening* adalah pengambilan contoh uji yang akan ditentukan susunan distribusi ukuran butirannya harus diambil dari 5 lokasi terpisah dari timbunan agregat tersebut yang mewakili keseluruhan timbunan, dan contoh uji tadi dicampur hati-hati hingga merata. Dari jumlah kelima contoh uji tersebut kemudian diambil sejumlah contoh yang diperlukan untuk pengujian susunan butir dan pemisahan contoh dapat dilakukan dengan menggunakan alat pemisah (*splite apparatus*) atau secara manual. Pemisahan secara manual dilakukan dengan membuat tumpukan yang beralas bundar dan berbentuk gunung, lalu dibagi menjadi empat bagian dan dari keempat bagian tersebut lalu diambil dua bagian yang berhadapan dalam arah diagonal, kemudian disatukan lagi dan dicampur hingga merata. Tindakan ini dilakukan beberapa kali hingga diperoleh jumlah yang diperlukan. Jumlah berat benda uji yang diperlukan antara 0,5 hingga 1,0 kg dan setiap proses pengayakan paling banyak diperlukan 0,5 kg.

C. AIR UNTUK ADUKAN BETON

Karena pengerasan beton berdasarkan reaksi antara semen dan air, maka sangat diperlukan pemeriksaan apakah air yang akan digunakan memenuhi syarat-syarat tertentu. Air yang digunakan sebagai bahan pencampur pada pekerjaan beton ialah air yang tidak mengandung zat yang dapat menghalangi proses pengikatan antara semen dan agregat. Air yang dapat diminum dapat digunakan untuk air adukan beton. Misalkan air untuk perawatan selanjutnya keasaman (pH) >6, juga tidak boleh terlalu sedikit mengandung kapur.

Nilai perbandingan berat air dan semen untuk suatu adukan beton dinamakan *Water Cement Ratio* (WC ratio atau W/C). Agar terjadi proses hidrasi yang sempurna dalam adukan beton, pada umumnya dipakai nilai *Water Cement Ratio* 0,40-0,60 tergantung mutu beton yang hendak dicapai. Semakin tinggi mutu beton yang akan dicapai umumnya menggunakan nilai *Water Cement Ratio* semakin rendah, sedangkan untuk menambah daya *workability* (sifat mudah dikerjakan) diperlukan nilai *Water Cement Ratio* yang lebih tinggi.

PERENCANAAN BETON

Seperti telah diuraikan, beton merupakan adukan atau campuran antara semen, agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil) dan air. Proporsi dari unsur pembentuk beton ini harus ditentukan sedemikian rupa sehingga terpenuhi syarat-syarat:

1. Kenyamanan tertentu yang memudahkan adukan ditempatkan pada bekisting (*workability*) dan kehalusan muka (*finishability*) beton basah, yang ditentukan dari:
 - a) Volume pasta adukan
 - b) Keenceran pasta adukan
 - c) Perbandingan campuran agregat kasar dan halus
 - d) Kekuatan rencana dan ketahanan (*durability*) pada kondisi beton setelah mengeras
2. Ekonomis dan optimum dalam pemakaian semen.

Untuk tujuan menentukan proporsi bahan-bahan pembentuk beton, dikembangkan berbagai metoda secara empiris berdasarkan hasil-hasil percobaan adukan beton yang pernah dibuat. Oleh karena sifat rumusan dan tabel bagi penentuan proporsi unsur-unsur adukan adalah empiris, maka dalam pembuatan beton bagi tingkat kekuatan tertentu selalu harus dibuat rencana yang disebut adukan uji coba atau *trial mix*.

Metode yang diuraikan bagi penentuan proporsi unsur pembuat beton dalam buku pedoman ini berdasarkan cara yang dikembangkan oleh *American Concrete Institute* (ACI 211.91) tentang beton normal, maka cara ini merupakan salah satu alternatif bagi metoda perencanaan proporsi campuran beton.

Sebelum digunakannya tabel-tabel atau grafik untuk menentukan pembuatan *trial mix* beton, beberapa syarat harus dipenuhi terlebih dahulu, yaitu:

1. Gradasi atau distribusi ukuran agregat harus berada dalam batas-batas yang ditetapkan seperti grafik 1, yaitu:

Gradasi agregat halus yang digunakan mempunyai gradasi butir yang berada diantara dua kurva pembatas seperti tergambar pada grafik. Jika pada kondisi lapangan ternyata gradasi tidak memenuhi syarat seperti yang ditetapkan maka perlu dilakukan koreksi dengan melakukan analisis kombinasi agregat dari beberapa kelompok agregat:

- Agregat kasar berdasarkan besarnya diameter maksimum yang digunakan terdapat 4 kelompok kurva pembatas:
 - a. Ukuran agregat kasar no.2 merupakan kelompok agregat dengan ukuran maksimum 7,6 cm (3 inch)
 - b. Ukuran agregat kasar no. 467 merupakan kelompok agregat kasar dengan butiran maksimum 5 cm (2 inch)

- c. Ukuran agregat kasar no.67 merupakan kelompok agregat kasar dengan butiran maksimum 2,5 cm (1 inch)
- d. Ukuran no.0,8 dengan butiran maksimum 1 cm (0,5 inch) yang disebut beton gradasi jagung bagi pekerja perbaikan atau *grouting*.

2. Telah ditetapkan terlebih dahulu:

- a. Ukuran terbesar agregat kasar yang akan digunakan
- b. *Specific gravity* dari agregat kasar
- c. *Specific gravity* dari agregat halus
- d. *Dry Rodded Unit Weight* (berat satuan agregat kering)
- e. *Fine modulus* (modulus kehalusan agregat halus)

Butir-butir 2b, 2c, 2d, dan 2e ditentukan dari hasil penelitian dari laboratorium yang merupakan pekerjaan praktikum.

Perencanaan campuran beton dilakukan berdasarkan rumusan, tabel atau grafik menurut ketentuan yang ada pada ACI ini adalah:

1. **W/C ratio (faktor air semen)** merupakan perbandingan berat air dengan berat semen. Tabel 2 berikut ini mencantumkan nilai W/C ratio maksimum yang diizinkan dalam berbagai variasi kekuatan.

Tabel 2 : Hubungan antara W/C ratio dengan kuat tekan beton.

Kuat Beton Umur 28 hari, Mpa	Water-cement ratio	
	Non-Air-Entrained Concrete	Air-entrained Concrete
40	0,42	-
35	0,47	0,39
30	0,54	0,45
25	0,61	0,52
20	0,69	0,60
15	0,79	0,70

Sumber: Tabel A1.5.3.4(a) *Relationships between water-cement and compressive strength of concrete* (SI).
 Nilai Tabel 2 berdasarkan ukuran terbesar agregat kasar dengan diameter antara 19-25 mm.

2. **SLUMP** adalah ukuran kekenyalan adukan beton.

Slump didapat dari perbedaan tinggi dari adukan dalam satu cetakan berbentuk kerucut terpancung dengan tinggi adukan setelah cetakan diambil. Hubungan satu sama lain antara parameter-parameter bahan bagi penentuan komposisi bahan beton basah, dinyatakan dalam tabel–tabel ataupun dalam grafik sebagai berikut:

Tabel 3 : Ukuran *slump* yang dianjurkan bagi berbagai jenis konstruksi.

Jenis konstruksi	<i>Slump</i> , mm	
	Maks.	Min
Dinding pelat pondasi dan pondasi telapak bertulang	75	25
Pelat telapak, <i>caisson</i> dan dinding bawah tanah	75	25
Pelat dan balok bertulang	100	25
Kolom bangunan	100	25
Perkerasan dan Slab	75	25
Pembetonan massal	75	25

Sumber: Tabel A1.5.3.1 ACI *Manual of Concrete Practice* 1995

Catatan: Nilai pada tabel 3 ini berlaku untuk pemadatan menggunakan alat penggetar. Untuk cara pemadatan yang lain, nilai-nilai *slump* dapat dinaikkan sebesar 2,5 cm.

3. **Ukuran maksimum diameter agregat kasar** yang digunakan sesuai dengan ketentuan dalam memudahkan pelaksanaan pengecoran dan syarat monolit beton adalah:

Ukuran maksimum agregat yang digunakan harus memenuhi ketentuan:

- 1/5 lebih atau sama dari ukuran terkecil dimensi struktur
- 1/3 lebih kecil atau sama dari tebal plat lantai
- 3/4 lebih kecil atau sama dari jarak bersih tulangan, berkas tulangan atau berkas kabel pratekan.

Dalam perencanaan adukan, berat air rencana dalam persentase adanya udara yang terperangkap, ditetapkan berdasarkan besarnya *slump* rencana dan ukuran maksimum agregat kasar yang digunakan. Tabel 3 berikut ini merupakan petunjuk dalam menentukan jumlah air perlu bagi setiap m³ beton berdasarkan nilai *slump* rencana.

Tabel 4 : Jumlah air yang diperlukan untuk setiap m³ beton dan udara yang terperangkap untuk berbagai *slump* dan ukuran maksimum agregat.

<i>Slump</i> , mm	Berat air (kg/m ³) beton untuk ukuran agregat Berbeda							
	9,5	12,5	19	25	37,5	50	75	150
<i>Non air-entrained concrete</i>								
25 to 50	207	199	190	179	166	154	130	113
75 to 100	228	216	205	193	181	169	145	124
150 to 175	243	228	216	202	190	178	160	-
Persentase udara yang ada dalam unit beton (%)	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2

Sumber: Tabel A1. 5.3.3 ACI *Manual of Concrete Practice* 1995

4. Untuk mendapatkan volume agregat kasar untuk setiap unit volume beton, digunakan nilai-nilai yang tercantum dalam tabel 4, dengan menetapkan terlebih dahulu ukuran agregat kasar dan nilai modulus kehalusan (*Fine Modulus*) agregat halus.

Tabel 5 : Persentase volume agregat kasar/satuan volume beton.

Ukuran Maksimum Agregat kasar (mm)	Volume agregat kasar dibandingkan dengan satuan volume beton untuk modulus kehalusan agregat halus tertentu								
	1,4	1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,6	2,8	3
9,5	0,6	0,58	0,56	0,54	0,52	0,5	0,48	0,46	0,44
12,5	0,69	0,67	0,65	0,63	0,61	0,59	0,57	0,55	0,53
19	0,76	0,74	0,72	0,7	0,68	0,66	0,64	0,62	0,6
25	0,81	0,79	0,77	0,75	0,73	0,71	0,69	0,67	0,65
37,5	0,85	0,83	0,81	0,79	0,77	0,75	0,73	0,71	0,69
50	0,88	0,86	0,84	0,82	0,8	0,78	0,76	0,74	0,72
75	0,92	0,9	0,88	0,86	0,84	0,82	0,8	0,78	0,76
150	0,97	0,95	0,93	0,91	0,89	0,87	0,85	0,83	0,81

Sumber: Tabel A1. 5.3.6 ACI *Manual of Concrete Practice* 1995

Catatan: Volume dalam tabel 4 berdasarkan kondisi agregat kering `muka atau *dry-rodded* seperti yang diterangkan dalam ASTM C 29. Nilai dalam tabel dipilih dari hubungan empiris untuk bisa mendapatkan beton dengan tingkat kekenyalan umum. Untuk beton yang kurang kenyal bagi pekerjaan jalan, harga dalam tabel dapat dinaikan sebanyak 10%. Untuk yang lebih kenyal, seperti beton yang ditempatkan melalui sistem pompa nilai pada tabel dikurangi sampai 10% .

LMS
Laboratorium Material dan Struktur

PROSEDUR PERENCANAAN

Prosedur perencanaan adukan beton terdiri dari beberapa tahapan pekerjaan:

1. Menetapkan konsistensi beton dengan *slump* berdasarkan Tabel 3.
2. Menetapkan ukuran maksimum agregat kasar yang dipakai, sesuai dengan jenis konstruksi dari Tabel 3.
3. Berdasarkan nilai *slump* dan ukuran agregat rencana, gunakan tabel 4 untuk memperoleh jumlah air untuk setiap m³ beton dan persentase udara yang terperangkap.
4. Untuk menentukan nilai W/C ratio gunakan Tabel 2 yang menggambarkan hubungan antara W/C ratio dengan kekuatan tekan beton.
5. Jumlah semen dihitung dengan membagi besaran jumlah air yang diperoleh pada langkah 3 dengan W/C ratio:

$$\text{Jumlah semen} = \text{Jumlah air} / (\text{W/C})$$

6. Dengan besaran diameter maksimum agregat kasar dan nilai modulus kehalusan agregat halus rencana, berdasarkan tabel 5 ditetapkan persentase volume agregat kasar /m³ beton. Berat total agregat yang digunakan diperoleh dari perkalian persentase volume dengan satuan berat agregat (berat volume agregat).
7. Volume agregat halus dihitung dari selisih volume total beton dengan (volume semen + volume agregat kasar + volume air dan udara terperangkap). Dengan nilai *specific gravity* yang diketahui, dihitung berat rencana agregat halus.
8. Jumlah unsur adukan untuk jumlah kubik beton tertentu dihitung atas dasar jumlah perlu pengecoran.
9. Untuk kondisi lapangan, modifikasi W/C ratio disesuaikan dengan sifat bahan. Jika G merupakan berat bahan rencana yang diperoleh dari tabel-tabel, M adalah kelembapan bahan di lapangan dan A adalah kemampuan absorpsi di lapangan (M dan A dalam persentase), maka:
 1. Tambahan air yang diperlukan = $G(A-M)/(1-M)$
 2. Tambahan agregat yang diperlukan = $G(M-A)/(1-M)$

CONTOH PERENCANAAN KOMPOSISI CAMPURAN BETON

Sebagai contoh perencanaan proporsi unsur beton (semen, pasir, agregat kasar, dan jumlah adukan) bagi elemen struktur balok atau kolom, ditetapkan kekuatan rencana pada umur 28 hari adalah 25 Mpa atau 250 kg/cm², selanjutnya perhitungan akan digunakan dalam satuan SI.

Untuk perencanaan ditetapkan:

- Berdasarkan jenis konstruksi, ditetapkan nilai *slump* rencana antara 75 mm-100 mm (lihat Tabel 4).
- Jarak tulangan dan ukuran penampang balok hanya memungkinkan penggunaan agregat maksimum adalah 2 cm. Dari hasil pemeriksaan laboratorium pada kondisi kering muka, diperoleh:

Sifat agregat kasar:

1. *Specific gravity* = 2,68
2. Berat volume = 1600 kg/m³

Sifat agregat halus:

1. *Specific gravity* = 2,64
2. Modulus kehalusan = 2,8

- Dari tabel 4 dengan ketentuan di atas diperoleh berat air campuran beton dan persentase udara terperangkap sbb:

Jumlah air = 203 kg/m³ beton

Persentase udara terperangkap = 1,92%

- Berdasarkan hubungan antara W/C ratio dengan kekuatan tekan beton sehingga W/C ratio untuk ketentuan tekan beton rencana 25 Mpa adalah 0,491 (lihat tabel 2).
- Dari hasil langkah 3 dan 4, dihitung berat semen perlu untuk unit m³ beton.

$$\text{Berat semen} = (203/0,491) = 413,44196$$

- Dari tabel 5 dengan ketentuan:

Ukuran maksimum agregat kasar 2 cm. Angka modulus kehalusan agregat halus adalah 2,8 sehingga diperoleh nilai volume agregat kasar 0,628. Dengan demikian berat agregat kasar perlu yang mempunyai berat volume 1600 kg/m³ adalah 0,628 x 1600 = 1004,8 kg/m³ beton.

- Penentuan proporsi unsur beton bagi adukan beton untuk setiap tahapan perhitungan yang telah dilakukan adalah (*specific gravity cement* = 3,15 sebagai berikut:

1. Volume semen	$= 413,44196 / (3,15 \times 1000)$	$= 0,1313$	m ³
2. Volume air	$= 203 / 1000$	$= 0,203$	m ³
3. Volume ag. kasar	$= 1004,8 / (2,68 \times 1000)$	$= 0,37492$	m ³
4. Volume udara	$= 1\%$	$= 0,01$	m ³

$$5. \text{ Volume ag. halus} = 0,28059 \text{ m}^3$$

- Perhitungan berat bahan bagi setiap m^3 beton adalah:
 1. Semen : 413,44196 kg
 2. Air : 20 kg
 3. Agregat halus : 740,7576 kg
 4. Agregat kasar : 1004,8 kg
- Proporsi unsur beton pada kondisi lapangan dapat ditentukan dengan memperhitungkan kadar kelembapan dan penyerapan (absorpsi) agregat. Bila (G) = 1004,8 kg, dan kadar absorpsi agregat kasar (A) = 1,5% dan persentase kadar lembab agregat kasar (M) = 1%, maka perlu penambahan air sebanyak $[G(A-M)/(1-M)] = 5,0747$ kg. Untuk setiap m^3 beton, sehingga berat air menjadi 208,0773 kg dan menggunakan berat total agregat kasar $[G+G(M-A)/(1-M)] = 986,98990$ kg. Perlu dicatat bahwa bila nilai M melebihi nilai A, maka hasil penambahan air bernilai negatif dengan pengertian adanya penggunaan jumlah air yang kurang dibandingkan dengan kondisi kering muka dan penambahan berat agregat kasar.
- Dalam pelaksanaan lapangan atau pembuatan *trial mix*, kubikasi adukan beton tergantung pada kapasitas pengaduk atau molen. Umumnya kapasitas molen ukuran sedang adalah $0,03 \text{ m}^3$, sehingga berat setiap unsur adukan beton:
 1. Semen = 12,403 kg
 2. Air = 6,09 kg
 3. Agregat halus = 22,222728 kg
 4. Agregat kasar = 30,159 kg

PEMERIKSAAN MUTU BETON DAN MUTU PELAKSANAAN

Selama masa pelaksanaan pekerjaan beton, mutu beton dan kualitas pekerjaan harus diperiksa secara berkesinambungan dari hasil-hasil pemeriksaan benda uji. Untuk setiap m³ beton harus dibuat suatu benda uji pada permulaan pelaksanaan konstruksi. Setelah terkumpul 20 benda uji, maka pada umur 28 hari dilakukan pemeriksaan kekuatan tekan beton.

Mutu pelaksanaan diukur dari Standar deviasi. Rumusan untuk mendapatkan nilai tersebut adalah:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (fb' - fcr')^2}{N-1}}$$

Dimana:

S : Standar deviasi

fc : Kekuatan tekan beton dari masing-masing benda uji

fb' : Kekuatan tekan beton umur 28 hari

fcr' : Kekuatan tekan beton rata-rata, menurut rumus:

$$fcr' = \frac{\sum_{i=1}^N fb'}{N}$$

N = Jumlah seluruh hasil pemeriksaan yang harus diambil minimum 20 buah

Berbagai mutu pelaksanaan pada berbagai isi pekerjaan tercantum dalam tabel 5

Tabel 6 : Mutu pelaksanaan pekerjaan.

Isi pekerjaan		Standar deviasi		S (Kg/cm ²)
Sebutan	Jumlah beton	Baik sekali	Baik	Dapat diterima
Kecil	< 1000	45 < s < 65	55 < s < 65	65 < s < 85
Sedang	1000 – 3000	35 < s < 45	45 < s < 55	55 < s < 75
Besar	> 3000	25 < s < 45	35 < s < 45	45 < s < 65

Hubungan antara tegangan beton karakteristik dengan kekuatan tekan beton dinyatakan oleh rumus:

$$fc' = fcr' - 1,64s$$

Untuk mendapat kekuatan tekan rencana beton dengan menetapkan lebih dahulu kekuatan rencana rata-rata dengan mengasumsikan nilai Standar deviasi (s) pada tabel 5 kemudian nilai asumsi tersebut dimasukkan ke dalam rumus:

$$f_{cr}' = f_c' + 1,64 s$$

Menurut SK SNI 03-2847-2002 tanggal 16 Desember 2002:

Bila fasilitas produksi beton tidak mempunyai catatan hasil uji lapangan untuk perhitungan Standar deviasi yang memenuhi ketentuan pada 7.3(1(1)) yaitu atau 7.3(1(2)):

1. Standar Deviasi

1. Nilai Standar deviasi dapat diperoleh jika fasilitas produksi beton mempunyai catatan hasil uji. Data hasil uji yang akan dijadikan sebagai data acuan untuk perhitungan Standar deviasi harus:

- a. Mewakili jenis material, prosedur pengendalian mutu dan kondisi yang serupa dengan yang diharapkan, dan perubahan-perubahan pada material ataupun proporsi campuran dalam data pengujian tidak perlu dibuat lebih ketat dari yang digunakan pada pekerjaan yang dilakukan.
- b. Mewakili beton yang diperlukan untuk memenuhi kekuatan yang disyaratkan atau memenuhi kuat tekan f_c' pada kisaran 7 MPA dari yang ditentukan untuk pekerjaan yang dilakukan.
- c. Terdiri dari sekurang-kurangnya 20 contoh pengujian berurutan atau dua kelompok pengujian berurutan yang jumlahnya sekurang-kurangnya 30 contoh pengujian seperti yang ditetapkan pada 7.6(2(4)) yaitu: "Suatu uji kuat tekan harus merupakan nilai kuat tekan rata-rata dari dua contoh uji silinder yang berasal dari adukan beton yang sama dan diuji pada umur beton 28 hari atau pada umur uji yang ditetapkan untuk penentuan f_c' ". Kecuali sebagaimana yang telah ditentukan pada 7.3(1(2)).

2. Jika fasilitas produksi beton tidak mempunyai catatan hasil uji yang memenuhi 7.3(1(1)), tetapi mempunyai catatan uji dari pengujian sebanyak 15 contoh sampai 29 contoh secara berurutan, maka Standar deviasi ditentukan sebagai hasil perkalian antara nilai Standar deviasi yang dihitung dan faktor modifikasi pada Tabel 4. Agar dapat diterima maka catatan pengujian yang digunakan harus memenuhi persyaratan (a) dan (b) dari 7.3(1(1)), dan hanya mewakili catatan tunggal dari pengujian-pengujian yang berurutan dalam periode waktu tidak kurang dari 45 hari kalender. Maka kuat rata-rata perlu f_{cr}' harus ditetapkan berdasarkan Tabel 5 dan pencatatan data kuat rata-rata harus sesuai dengan persyaratan pada 7.3(3) (hal 24-25 dalam SK SNI 03-2847-2002).

3. Pencatatan data kuat rata-rata

Catatan proporsi campuran beton yang diusulkan untuk menghasilkan kuat tekan beton rata-rata yang sama atau lebih besar daripada kuat tekan rata-rata perlu (lihat 7.3(2)) harus terdiri dari satu catatan hasil uji lapangan, beberapa catatan hasil uji kuat tekan, hasil uji campuran percobaan.

Tabel 7 : Kuat tekan.

Persyaratan kuat tekan, f_c' Mpa	Kuat tekan rata-rata perlu, f_c' Mpa
Kurang dari 21	$f_c' + 7,0$
21 sampai dengan 35	$f_c' + 8,3$
Lebih dari 35	$1,1 f_c' + 5,0$



LMS
Laboratorium Material dan Struktur

PANDUAN PRAKTIKUM TEKNOLOGI BAHAN KONSTRUKSI

Prosedur praktikum beton secara skematik dapat digambarkan sebagai berikut:

BAGIAN A

PRAKTIKUM PENENTUAN PARAMETER UNSUR PEMBENTUK ADUKAN
<p>SEMEN</p> <p>Berat jenis (umumnya berkisar 3,15) Konsistensi normal Waktu pengikatan</p> <p>AGREGAT</p> <p>Berat isi Analisis Gradasi Kajian bahan lewat saringan #200 Kajian bahan organik Pemeriksaan kadar lumpur agregat Kadar air <i>Spesific Gravity</i> dan absorpsi Pemeriksaan keausan agregat</p>

BAGIAN B

<p>PERENCANAAN CAMPURAN BETON</p>
--

BAGIAN C

PELAKSANAAN CAMPURAN BETON
<ol style="list-style-type: none"> 1. Pembuatan benda uji silinder dan kubus 2. Pengukuran <i>slump</i> 3. Pemeriksaan berat isi beton 4. Pembuatan dan persiapan benda uji. 5. Pemeriksaan kekuatan tekan beton.

BAGIAN D

PEMERIKSAAN KEKUATAN TEKAN BETON
<p>Untuk:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 3 hari 2. 7 hari 3. 14 hari 4. 21 hari 5. 28 hari

BAGIAN E

ANALISIS KEKUATAN TEKAN BETON
KARAKTERISTIK (f_c')

BAGIAN F

UJI TARIK



JENIS-JENIS CACAT PADA BETON



Gambar 2: Adukan beton kekurangan agregat halus. Terdapat rongga-rongga pada adukan (*honey combing*), karena tidak cukupnya pasta dan pasir mengisi rongga tersebut.



Gambar 3: Cacat beton rangkak, yaitu penyusutan yang terjadi pada beton akibat pembebanan yang berlebihan.



Gambar 4: Cacat beton *shrinkage*, yaitu penyusutan yang terjadi pada beton akibat penguapan air yang berlebihan.



Gambar 5: Cacat beton *bleeding*, yaitu penguapan yang terjadi pada beton segar akibat penusukan yang berlebihan.



Gambar 6: Cacat beton *spalling*, yaitu pengelupasan pada selimut beton akibat korosi pada tulangan.



Gambar 7: Campuran beton yang mengalami segregasi, yaitu pemisahan agregat kasar dengan agregat halus.

PELAKSANAAN PRAKTIKUM**BAGIAN A
SEMEN****1. PEMERIKSAAN BERAT JENIS SEMEN****TUJUAN PRAKTIKUM**

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis semen. Berat jenis semen adalah perbandingan antara berat volume kering semen pada suhu kamar dengan berat volume air suling pada suhu 4 °C, yang volumenya sama dengan volume semen.

PERALATAN

1. Botol *Le Chatelier*
2. Kerosin bebas air atau naptha dengan berat jenis 62 API (*American Proteleum Institute*)

BAHAN

Contoh semen ditimbang seberat 64 gram.

PROSEDUR PRAKTIKUM

1. Botol *Le Chatelier* diisi dengan kerosin atau naptha sampai antara skala 0 dan keringkan bagian dalam botol di atas permukaan cairan;
2. Masukkan botol ke dalam bak air sebagai usaha untuk menjaga suhu yang konstan menghindari variasi suhu botol yang lebih besar dari 0,2 °C;
3. Setelah suhu air sama dengan suhu cairan dalam botol, baca skala pada botol (V_1);
4. Masukkan contoh semen sedikit ke dalam botol. Jangan sampai ada semen yang menempel pada dinding botol di atas cairan;
5. Setelah benda uji dimasukkan, putar botol dengan posisi miring secara perlahan-lahan sampai gelembung udara tidak timbul lagi pada permukaan cairan;
6. Ulangi pekerjaan No.1. Setelah suhu air sama dengan suhu cairan dalam botol, baca skala pada botol (V_2).

PERHITUNGAN

$$\text{Berat jenis} = \frac{\text{Berat Semen}}{(V_2 - V_1)} \times d$$

Dimana:

V_1 = Pembacaan pertama dalam skala botol

V_2 = Pembacaan kedua dalam skala botol

$(V_2 - V_1)$ = Isi cairan yang dipindahkan

d = Berat isi air pada suhu 4 °C ($1\text{g}/\text{cm}^3$)

LAPORAN

Buatlah laporan prosedur untuk mendapatkan nilai berat jenis sampai dua angka di belakang koma, sesuai dengan formulir.

CATATAN

Berat jenis semen (semen portland) sekitar $3,15\text{ g}/\text{cm}^3$, lakukan percobaan sebanyak dua kali. Selisih yang diizinkan 0,01.

2. PEMERIKSAAN KONSISTENSI NORMAL SEMEN HIDROLIS

TUJUAN PERCOBAAN

Menentukan konsistensi normal dari semen hidrolis untuk penentuan waktu pengikatan semen.

PERALATAN

1. Mesin aduk (*mixer*) dengan daun-daun pengaduk dari baja tahan karat serta mangkuk yang dapat dilepas
2. Alat vicat
3. Timbangan dengan tingkat ketelitian 1,0 gram
4. Alat pengorek (*scraper*) dibuat dari karet yang agak kaku
5. Gelas ukur dengan kapasitas 150 atau 200 ml
6. Sendok perata (*trowel*)
7. Sarung tangan karet

BAHAN

1. Semen berat 500 gram
2. Air bersih (dengan temperatur kamar)

PROSEDUR PRAKTIKUM

A. PERSIAPAN PASTA

1. Pasang daun pengaduk dan mangkok yang kering pada mesin pengaduk (*mixer*);
2. Masukkan bahan-bahan ke dalam mangkok dengan prosedur sebagai berikut :
 - Tuangkan air lebih kurang 125-155 cc;
 - Masukkan 500 gram semen ke dalam air dan biarkan selama 30 detik agar terjadi peresapan/campuran.
3. Jalankan mesin pengaduk dengan kecepatan rendah (140 ± 5) putaran per menit selama 30 detik;
4. Hentikan mesin pengaduk selama 15 detik. Selama waktu itu kumpulkan pasta yang menempel pada dinding mangkok;
5. Jalankan mesin pengaduk dengan adukan kecepatan sedang (285 ± 10) putaran per menit selama 1 menit.

B. PENCETAKAN BENDA UJI

1. Segera bentuk pasta menjadi bola dengan kedua tangan (gunakan sarung tangan). Lemparkan dari satu tangan ke tangan yang lain secara horizontal dengan jarak 15 cm sebanyak 6 kali;
2. Tekankan pasta ke dalam cincin konis (G) pada alat vicat dengan satu tangan;
3. Kelebihan pasta pada besar diratakan dengan jalan meletakkan cincin lubang yang besar pada pelat kaca, lalu potong kelebihan pada lubang cincin yang kecil dengan sekali gerakan, kemudian licinkan kelebihan pasta pada lubang. Selama mengerjakan pemotongan dan penghalusan, hindarkan tekanan pada pasta.

C. PENENTUAN KONSISTENSI

1. Pusatkan cincin berisi pasta tepat di bawah batang B. Tempelkan ujung jarum C pada permukaan pasta dan kunci dengan E.
2. Tempelkan indikator F pada angka nol;
3. Lepaskan batang B dan jarum ke dalam pasta;
4. Konsistensi normal tercapai bila batang B dan jarum C menembus batas (10 ± 1) mm di bawah permukaan dalam waktu 30 detik setelah dilepaskan;
5. Kerjakan percobaan di atas dengan kadar air pada pasta yang berbeda-beda sehingga konsistensi normal tercapai.

LAPORAN

Membuat grafik penurunan terhadap kadar air semen (dalam persentase) pada pasta semen.

3. PENENTUAN WAKTU PENGIKATAN DARI SEMEN HIDROLIS

TUJUAN PERCOBAAN

Menentukan waktu pengikatan permulaan semen hidrolis (dalam keadaan konsistensi normal) dengan vicat dan alat *gillmore*. Waktu pengikatan permulaan adalah jangka waktu dimulainya pengukuran pasta pada konsistensi normal sampai pasta kehilangan sebagaimana sifat plastis.

PERALATAN

1. Mesin aduk (*mixer*) dengan daun-daun pengaduk dari baja tahan karat serta mangkok yang dapat dilepas
2. Alat vicat
3. Alat *gillmore* dengan jarum tekanan rendah (diameter 1/12 inchi, berat ¼ lb) dan jarum tekanan tinggi (diameter 1/24 inchi, berat 1 lb)
4. Timbangan dengan derajat kepekaan 1,0 gram
5. Alat pengorek dari karet yang agak kaku
6. Gelas ukur dengan kapasitas 150 atau 200 ml
7. Kondisi ruangan dijaga lembab dengan kelembapan relatif minimum 90%

BAHAN

1. Semen portland
2. Air bersih (dengan temperatur kamar)

PROSEDUR PRAKTIKUM DENGAN ALAT VICAT

- Persiapan pasta;
- Pencetakan benda uji, dilakukan sesuai dengan ketentuan praktikum penentuan konsistensi normal semen;
- Penentuan waktu pengikatan.

Laboratorium Material dan Struktur

LAPORAN

Laporan praktikum berupa uraian pelaksanaan percobaan serta pembuatan:

1. Grafik antara penurunan terhadap waktu
2. Waktu ikatan permulaan dan waktu pengikatan akhir dari prosedur praktikum dengan alat vicat dengan *gillmore*.

AGREGAT

4. PEMERIKSAAN BERAT VOLUME AGREGAT

TUJUAN PERCOBAAN

Untuk menentukan berat isi agregat halus, kasar atau campuran. Berat volume agregat didefinisikan sebagai perbandingan antara berat material kering dengan volumenya.

PERALATAN

1. Timbangan
2. Batang besi penusuk/pemadat panjang 60 cm
3. Wadah (kontainer/literan) pengukur volume
4. Mistar perata
5. Sendok/sekop
6. Wadah baja yang cukup kaku berbentuk silinder dengan alat pemegang berkapasitas sebagai berikut:

Tabel 8 : Ukuran agregat.

Kapasitas (liter)	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Tebal wadah minimum (mm)		Ukuran maksimum agregat (mm)
			dasar	sisi	
2,832	152,4±2,5	154,9±2,5	5,08	2,54	12,70
9,435	203,2±2,5	292,1±2,5	5,08	2,54	25,40
14,158	254,0±2,5	279,4±2,5	5,08	3,00	38,10
28,136	355,6±2,5	284,4±2,5	5,08	3,00	101,60

BAHAN

1. Agregat halus (pasir)
2. Batu Pecah Ø10-20 mm
3. Batu Pecah Ø20-30 mm

PROSEDUR PRAKTIKUM

Masukkan agregat ke dalam talam yang memiliki kapasitas wadah sekurang-kurangnya 2,826 liter dan berat 3,776 kg. Keringkan dengan oven pada suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ sampai agregat mencapai berat tetap untuk digunakan sebagai benda uji.

A. Berat isi lepas

1. Agregat yang akan diujikan diaduk sampai rata atau di-*quartening* agar dapat mewakili semua sampel, kondisi agregat kering oven suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$;
2. Kalibrasikan wadah;
3. Masukkan agregat ke dalam wadah dengan hati-hati agar tidak terjadi pemisahan butiran, dari ketinggian maksimum 5 cm di atas container dengan menggunakan sendok/sekop sampai penuh;

4. Ratakan permukaan sampel yang ada dalam wadah dengan mistar perata;
5. Timbang wadah yang telah diisi sampel = (W) g, ketelitian 0,1% berat;
6. Hitung berat isi gembur. Catat pada data form berat isi lepas.

B. Berat isi padat

1. Agregat yang akan diujikan diaduk sampai rata atau di-*quartening* agar dapat mewakili semua sampel, kondisi kering oven suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$;
2. Kalibrasikan wadah;
3. Masukkan agregat ke dalam wadah dengan hati-hati isi 1/3 bagian, tusuk dengan batang besi sebanyak 25 kali. Ulangi untuk lapisan kedua atau 2/3 bagian;
4. Untuk lapisan terakhir, masukkan agregat hingga melebihi permukaan atas wadah, lalu lakukan penusukan sebanyak 25 kali lagi;
5. Ratakan permukaan agregat dengan mistar perata. Untuk agregat besar, ambil kelebihan agregat dengan tangan dan atur sedemikian rupa sehingga volume agregat yang berada di atas kontainer sama dengan volume rongga di permukaan;
6. Timbang wadah yang telah diisi sampel padat = (W) g;
7. Hitung berat isi.

PERHITUNGAN

$$\text{Berat isi agregat} = W/V \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

LAPORAN

Laporan hasil pemeriksaan berat isi agregat dalam data form.



Gambar 8: Apparatus pemeriksaan berat volume agregat.

5. ANALISIS SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

TUJUAN PERCOBAAN

Untuk menentukan gradasi agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan analisis saringan.

PERALATAN

1. Alat spliter
2. Sendok/sekop
3. Oven dengan suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$
4. Sikat kawat dan kuas
5. *Sieve shaker* (mesin pengayak)
6. Timbangan, dengan ketelitian 0,1 g (agregat halus) atau ketelitian 0,5 g (agregat kasar atau campuran).
7. Saringan
8. Cawan/pan dan cover

BAHAN

1. Agregat Halus (pasir)
2. Batu Pecah $\varnothing 10\text{-}20$ mm
3. Batu Pecah $\varnothing 20\text{-}30$ mm

Tabel 9 : Perangkat saringan agregat kasar.

Nomor Saringan	Persen Lolos		Keterangan
	Batas Bawah	Batas Atas	
1,5 in (37,5 mm)		100	Perangkat saringan untuk agregat kasar ukuran 57 (diameter agregat antara 25 mm – 4,75mm)
1 in (25 mm)	95	100	
0,5 in (12,5 mm)	25	60	
No.4	0	10	
No.8	0	5	
1 in (25 mm)		100	Perangkat saringan untuk agregat kasar ukuran 6 (diameter agregat antara 19 mm – 9,5 mm)
0,75 in (19 mm)	90	100	
0,5 in (12,5 mm)	20	55	
3/8 in (9,5 mm)	0	15	
No.4 (4,75 mm)	0	5	
1 in (25 mm)		100	Perangkat saringan untuk agregat kasar ukuran 67 (diameter agregat antara 19 mm – 4,75 mm)
0,75 in (19 mm)	90	100	
3/8 in (9,5 mm)	20	55	
No. 4 (4,75 mm)	0	10	
No. 8 (2,36 mm)	0	5	

Tabel 10 : Perangkat saringan agregat halus.

Nomor Saringan	Persen Lolos		Keterangan
	Batas bawah	Batas Atas	
3/8 in (9,5 mm)		100	Perangkat saringan untuk agregat halus. Berat minimum contoh : 500 gram
No. 4	95	100	
No. 8	80	100	
No. 16	50	85	
No. 30	25	60	
No. 50	5	30	
No. 100	0	10	

Sumber: ASTM C 33-02a

PROSEDUR PRAKTIKUM

1. Agregat yang akan diuji diaduk sampai rata atau di-*quartening* agar dapat mewakili semua sampel, kemudian keringkan pada suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$;
2. Untuk agregat halus sampel minimal 500 g, untuk agregat kasar berat sampel sesuai dengan tabel di bawah ini:

Tabel 11 : Jumlah berat agregat minimum untuk agregat kasar.

Ukuran maksimum agregat (mm)	Jumlah sampel uji minimal (kg)
9,5	1
12,5	2
19	5
25	10
37,5	15
50	20
63	35
75	60
90	100

3. Susun saringan (*sieve*) sesuai metoda uji yang digunakan dengan urutan dari ukuran saringan terbesar bagian atas dan saringan terkecil di bagian bawah dan ditampung dengan pan, kemudian diletakkan pada *sieve shaker*;
4. Masukkan agregat yang akan diperiksa ke dalam susunan saringan dengan hati-hati, kemudian tutup dengan rapat, selanjutnya pasang penjepitnya;
5. Hidupkan *sieve shaker* selama 10 menit, kemudian diamkan kira-kira 5 menit sehingga debu-debu mengendap;

6. Buka saringan tersebut dengan hati-hati (jangan sampai terbang) kemudian keluarkan masing-masing sampel yang tertahan di atas susunan saringan dan tampung dengan talam atau cawan (untuk agregat halus perlu dikuas atau disikat dengan hati-hati, jangan dipaksakan untuk menghindari supaya saringan tidak robek);
7. Timbang berat sampel tertahan pada masing-masing susunan saringan (dimulai dengan saringan teratas = A g) dengan ketelitian 1 g. Catat pada data form yang telah disediakan.

PERHITUNGAN

- a) Persentase berat tertahan (%)

$$\% \text{ Berat Tertahan} = \frac{(A) \text{ gram}}{\text{berat total}} \times 100\%$$

- b) Persentase Kumulatif (%)

$$\% \text{ Kumulatif (K)} = (B) \% + (C) \% \dots$$

$$\text{Dimana: (B) \%} = \% \text{ saringan di atasnya}$$

$$(C) \% = \% \text{ saringan selanjutnya}$$

- c) Persentase lolos (% *passing*)

$$\% \text{ passing} = 100 \% - (K) \% \text{ kumulatif}$$

- d) Hitung angka kehalusan (FM)

Agregat Kasar :

$$FM = \frac{\Sigma \% \text{Kumulatif Tertahan}}{100} + 4$$

Agregat Halus :

$$FM = \frac{\Sigma \% \text{Kumulatif Tertahan}}{100}$$

LAPORAN

Tentukan data analisis saringan (% lolos saringan/ % *passing*) dengan spesifikasi agregat yang digunakan:

- a. Agregat halus menurut ASTM C - 33 pada Tabel 12
- b. Agregat kasar menurut ASTM C - 33 pada Tabel 2.

Tabel 12 : Persen lolos agregat halus pada tiap-tiap saringan.

Spesifikasi Saringan E11	Persen Lolos
9,5 mm (3/8 in)	100
4,75 mm (#4)	95 – 100
2,36 mm (#8)	80 – 100
1,18 mm (#16)	50 – 85
600 μm (#30)	25 – 60
300 μm (#50)	5 – 30
150 μm (#100)	0 – 10

Syarat agregat halus:

Yang disebut pasir adalah agregat ukuran $< 9,52 \text{ mm} - 0,15 \text{ mm}$

- Sisa di atas saringan $> 4,75 \text{ mm}$ harus minimal 2 % berat.
- Sisa di atas saringan $1,00 \text{ mm}$ harus minimal 10 % berat.
- Sisa di atas saringan $0,25 \text{ mm}$ 80 % - 95 % berat.

Syarat agregat kasar (batu pecah):

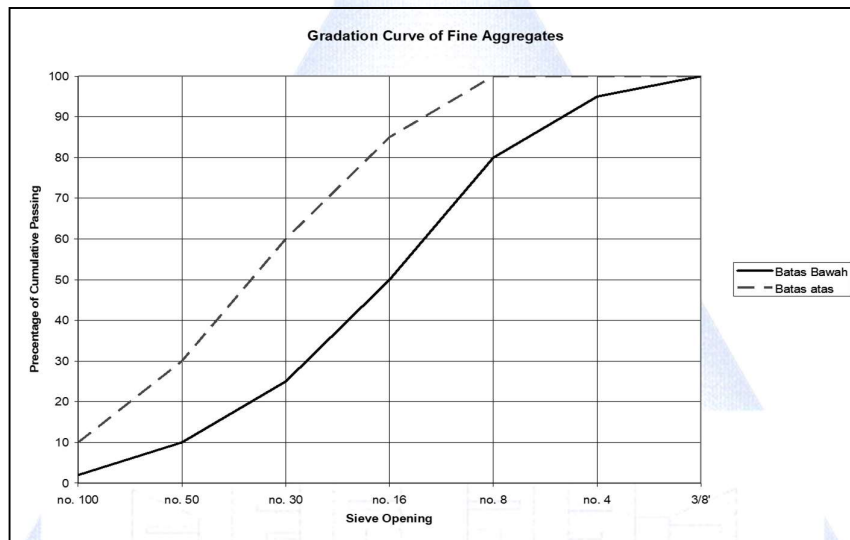
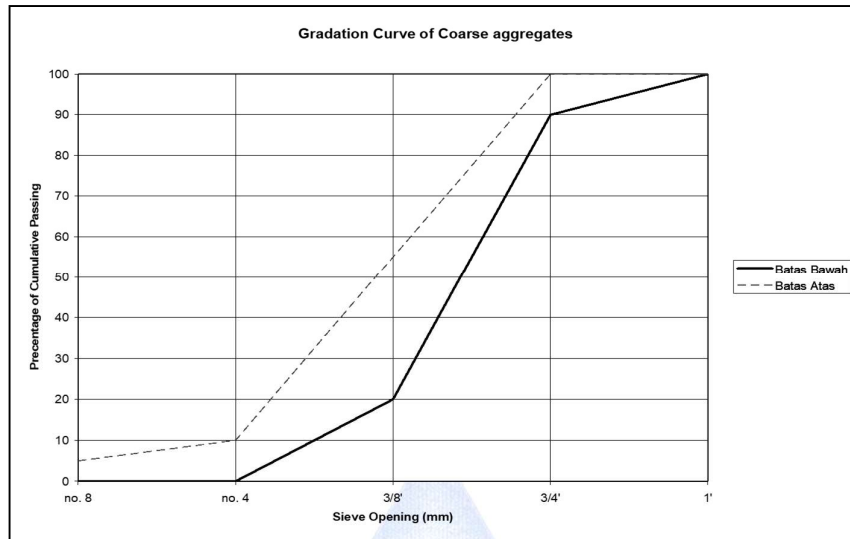
Yang disebut agregat kasar adalah agregat ukuran $< 90 - 4,75 \text{ mm}$.

Angka kehalusan (*Fine Modulus*/FM) yang disyaratkan:

- Agregat halus (pasir) = 1,50–3,10
- Agregat kasar (batu pecah) = 6,00–7,10



Gambar 9: Apparatus untuk analisis saringan agregat kasar dan halus.



Gambar 10: Kurva pembatas bagi gradasi yang digunakan dalam metode perencanaan beton.

Laboratorium Material dan Struktur

6. PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR PADA AGREGAT HALUS DENGAN METODE PENCUCIAN

TUJUAN PERCOBAAN

Menentukan jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan #200 dengan cara pencucian.

PERALATAN

1. Saringan #200
2. Labu semprot
3. Wadah pengering
4. Kontainer
5. Oven dengan suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$
6. Batang pengaduk
7. Timbangan dengan ketelitian 0,1 g

BAHAN

Berat minimum sampel agregat tergantung pada ukuran maksimum dengan batasan sebagai berikut:

Ukuran 4,75 mm (#4) atau lebih kecil sama dengan 500 g.

PROSEDUR PRAKTIKUM

1. Keringkan sampel dalam oven pada suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ sampai berat konstan dan timbang berat sampel kering dalam wadah (kontainer) yang telah dikalibrasi sebanyak 500 gr kemudian catat beratnya = (W_1) g;
2. Letakkan sampel uji ke dalam kontainer dan tambahkan air suling (tidak boleh ditambahkan bahan pencuci/*detergen* atau bahan pemisah lainnya);
3. Aduklah sampel didalam kontainer tersebut dengan batang pengaduk yang kira-kira dapat melepas partikel-partikel yang lebih halus secara sempurna;
4. Tuangkan sampel dengan segera secara hati-hati ke saringan #200, cuci dengan air berulang-ulang kali sehingga air cucian menjadi jernih.
5. Bersihkan bagian sampel yang tertinggal pada saringan #200 dengan bantuan labu semprot, kemudian tuangkan ke dalam wadah (kontainer);
6. Keringkan sampel di dalam oven pada suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ sampai berat konstan dan timbang berat sampel kering tersebut pada wadah yang telah di kalibrasi = (W_2) g.

PERHITUNGAN

$$\text{Jumlah bahan lewat saringan \#200} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\%$$

Dimana:

W_1 = berat sampel kering semula (g)

W_2 = berat sampel kering tertahan saringan #200

LAPORAN

Analisis jumlah bahan yang lewat saringan #200 dalam persen. Jika persentase bahan yang lewat >5%, berarti bahan mempunyai kandungan lumpur yang tinggi.

CATATAN

Pada waktu menuang air cucian, usahakan bahan yang kasar tidak ikut tertuang.



Gambar 11: *Apparatus* pemeriksaan bahan lolos saringan #200.

7. PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR PADA AGREGAT HALUS DENGAN METODE PENGENDAPAN

TUJUAN PERCOBAAN

Menentukan persentase lumpur dalam agregat halus. Kandungan lumpur <5%, merupakan ketentuan dalam peraturan bagi penggunaan agregat untuk pembuatan beton.

Laboratorium Material dan Struktur

PERALATAN

1. Gelas ukur
2. Alat pengaduk

BAHAN

Contoh pasir secukupnya dalam kondisi lapangan dengan bahan pelarut air biasa.

PROSEDUR PRAKTIKUM

1. Masukkan benda uji ke dalam gelas ukur;
2. Tambahkan air ke dalam gelas ukur guna melarutkan lumpur;

3. Putar alat ukur dimana alas gelas bertumpu pada salah satu tangan selama beberapa waktu. Hal ini bertujuan untuk mengeluarkan gelembung udara dan memisahkan lumpur dari pasir;
4. Letakkan gelas pada tempat yang datar dan biarkan lumpur mengendap selama 24 jam;
5. Ukur tinggi pasir (t_1) dan tinggi lumpur (t_2).

PERHITUNGAN

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{V_2}{V_1 + V_2} \times 100\%$$

LAPORAN

Lakukan perbandingan hasil pemeriksaan kadar lumpur dengan peraturan, dan berikan kesimpulan dari perbandingan tersebut.

CATATAN

Pemeriksaan kadar lumpur ini merupakan cara lain untuk melakukan pemeriksaan kadar lumpur dengan penyaringan bahan lewat saringan #200 *safety* #16.



Gambar 12: *Apparatus* pemeriksaan kadar lumpur dalam agregat halus.

8. PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR PADA AGREGAT KASAR

TUJUAN PERCOBAAN

Menentukan persentase kadar lumpur dalam agregat kasar. Kandungan lumpur <1%, merupakan ketentuan dalam peraturan bagi penggunaan agregat untuk pembuatan beton.

PERALATAN

Timbangan

BAHAN

Contoh agregat kasar secukupnya dalam kondisi lapangan dengan bahan pelarut air biasa.

PROSEDUR PRAKTIKUM

1. Keringkan sampel dalam oven pada suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ sampai berat konstan dan timbang berat sampel dalam keadaan kering (W_1)
2. Letakkan sampel uji ke dalam kontainer dan tambahkan air suling serta cuci agregat guna melarutkan lumpur (tidak boleh ditambahkan bahan pencuci/*detergen* atau bahan pemisah lainnya);
3. Tuangkan sample ke dalam container lalu keringkan sampel di dalam oven pada suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ sampai berat konstan dan timbang berat sampel kering tersebut pada wadah yang telah di kalibrasi = (W_2) g.

PERHITUNGAN

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\%$$

LAPORAN

Lakukan perbandingan hasil pemeriksaan kadar lumpur dengan peraturan, dan berikan kesimpulan dari perbandingan tersebut.

9. PEMERIKSAAN ZAT ORGANIK PADA AGREGAT HALUS

TUJUAN PERCOBAAN

Menentukan kandungan bahan organik dalam agregat halus berdasarkan standar warna *Hellige Tester* (ASTM C – 40). Kandungan bahan organik yang berlebihan pada unsur bahan beton dapat mempengaruhi kualitas beton.

PERALATAN

1. Botol gelas tembus pandang dengan tutup karet atau gabus atau bahan penutup lainnya yang tidak bereaksi terhadap NaOH. Volume gelas = 350 ml.
2. Standar warna (*organic plate*).
3. Larutan NaOH (3%).

BAHAN

Contoh pasir dengan volume 130 ml / 4,5 Ons (1/3 volume botol).

PROSEDUR PRAKTIKUM

1. Contoh benda uji dimasukkan ke dalam botol;
2. Tambahkan senyawa NaOH (3%). Setelah dikocok, total volume menjadi kira-kira $\frac{3}{4}$ volume botol;
3. Botol ditutup erat-erat dengan penutup dan botol dikocok kembali lalu diamkan selama 24 jam;
4. Setelah 24 jam, bandingkan warna cairan yang terlihat dengan warna standar No. 3 (apakah lebih tua atau lebih muda).

LAPORAN

Analisis kandungan organik berdasarkan observasi warna contoh terhadap warna standar No. 3.



Gambar 13: *Apparatus* pemeriksaan kadar organik dalam agregat halus.

10. PEMERIKSAAN KADAR AIR AGREGAT

TUJUAN PRAKTIKUM

Menentukan kadar air agregat dengan cara pengeringan. Nilai kadar air ini digunakan sebagai koreksi takaran air untuk adukan beton yang disesuaikan dengan kondisi agregat di lapangan.

PERALATAN

1. Wadah yang kedap air
2. Timbangan, ketelitian 0,1% berat sampel
3. Oven, suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$
4. Sendok/sekop

PROSEDUR PRAKTIKUM

1. Agregat yang akan ditentukan diaduk sampai rata atau agar dapat mewakili semua sampel;
2. Kalibrasikan wadah kosong yang akan dipakai dan beri nomor atau kode wadah, kemudian ambil sampel yang akan ditentukan dan masukkan sampel sebanyak minimum sesuai dengan tabel. Catat beratnya (W_1) g;
3. Keringkan sampel tersebut pada oven suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ sampai didapatkan berat tetap (biarkan sebentar sebelum ditimbang), sampel ditimbang pada wadah yang telah di kalibrasi dan catat berat sampel (W_2);

Tabel 13 : Berat sampel minimum.

Ukuran maksimum agregat (mm)	Berat sampel agregat minimum (kg)
4,75	0,5
9,5	1,5
12,5	2
19	3
25	4
37,5	6
50	8
63	10
75	13
90	16
100	25
150	50

PERHITUNGAN

$$\text{Kadar air sampel (\%)} = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\%$$

Dimana:

 (W_1) = berat sampel semula (g) (W_2) = berat sampel kering (g)

CATATAN

Kecermatan perhitungan persentase dua desimal.

11. ANALISIS *SPECIFIC GRAVITY* DAN PENYERAPAN AGREGAT KASAR

TUJUAN

Menentukan “*Bulk dan Apparent*” *specific gravity* dan penyerapan (*absorption*) dari agregat kasar menurut prosedur ASTM C 127-88. Nilai ini diperlukan untuk menentukan besarnya komposisi volume agregat dalam adukan beton.

PERALATAN

1. Timbangan dengan ketelitian 0,5 gram yang mempunyai kapasitas 5 kg.
2. Keranjang besi diameter 203,2 mm (8,0”) dan tinggi 63,5 mm (2,5”)
3. Alat penggantung keranjang.
4. Oven
5. Handuk

BAHAN

Berat contoh agregat disiapkan sebanyak 11 liter dalam keadaan kering muka (*SSD = Surface Saturated Dry*). Contoh diperoleh dari bahan yang didapatkan melalui alat pemisah atau cara perempatan. Butiran agregat lolos saringan #4 tidak dapat digunakan sebagai benda uji.

Tabel 14: Berat minimum pengujian *Spesific Gravity* dan Absorpsi.

Ukuran Maksimum Agregat Kasar		Berat Minimum Sampel
(mm)	(in)	(kg)
12,5	½	2,0
19,0	¾	3,0
25,0	1	4,0
37,5	1,5	5,0
50,0	2	8,0
63,0	2,5	12,0
75,0	3	18,0
90,0	3,5	25,0
100,0	4	40,0
125,0	5	75,0

Sumber: ASTM C 127-01

PROSEDUR KERJA

1. Benda uji direndam selama 24 jam;
2. Contoh sampel dimasukkan ke dalam keranjang berisi air. Temperatur air dijaga $(73,4 \pm 3) ^\circ\text{F}$ dan kemudian ditimbang. Setelah keranjang digoyang-goyangkan di dalam air untuk melepaskan udara yang terperangkap;
3. Ambil benda uji sesuai dengan ukuran maksimumnya.
4. Benda uji dikeringkan permukaannya (SSD) dengan menggulungkan handuk pada butiran agregat;
5. Timbang berat sampel dalam kondisi SSD (A);
6. Contoh sampel dimasukkan kembali ke dalam keranjang berisi air. Temperatur air dijaga $(73,4 \pm 3) ^\circ\text{F}$ dan kemudian ditimbang.
7. Hitung berat contoh kondisi jenuh (B);
8. Keringkan sampel dalam oven $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ selama 24 jam. Setelah itu didinginkan, kemudian sampel ditimbang dan hitung berat contoh dalam kondisi kering (C).

PERHITUNGAN

<i>Apparent Specific Gravity</i>	$= \frac{C}{C - B}$
<i>Bulk Spesific Gravity</i> Kondisi kering	$= \frac{C}{(A - B)}$
<i>Bulk Spesific Gravity</i> kondisi SSD	$= \frac{A}{(A - B)}$
Persentase (%) penyerapan (<i>absorption</i>)	$= \frac{A - C}{C} \times 100 \%$

LAPORAN

Melakukan analisis hasil pengamatan bagi penentuan nilai *specific gravity* dan persentase *absorption* bahan dalam berbagai kondisi.



Gambar 14 : *Apparatus* analisis *specific gravity* dan penyerapan agregat kasar.

12. ANALISIS *SPECIFIC GRAVITY* DAN PENYERAPAN AGREGAT HALUS

TUJUAN PERCOBAAN

Menentukan *bulk* dan *apparent specific gravity* serta penyerapan (*absorption*) dari agregat halus menurut prosedur ASTM C-128. Nilai ini diperlukan untuk menetapkan besarnya komposisi volume agregat dalam adukan beton.

PERALATAN

1. Timbangan dengan ketelitian 0,5 gram yang berkapasitas minimum 1 kg
2. Piknometer dengan kapasitas 500 gram
3. Cetakan kerucut pasir
4. Tongkat pemadat dari logam untuk cetakan kerucut pasir

BAHAN

Berat contoh agregat halus disiapkan sebanyak 1000 gram. Contoh diperoleh dari bahan yang diproses melalui alat pemisah atau dengan cara perempatan.

PROSEDUR PRAKTIKUM

1. Agregat halus dijenuhkan dengan cara direndam di dalam air.
2. Sebagian dari sampel yang telah direndam, kemudian dikeringkan di udara dan dimasukkan pada *Metal Sand Cone*. Benda uji tersebut dipadatkan dengan tongkat pemadat (*temper*) dengan jumlah tumbukan 25 kali. Kondisi SSD contoh diperoleh jika butiran-butiran pasir longsor/runtuh ketika cetakan diangkat;
3. Contoh benda seberat 500 gram dikeringkan di dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$. Langkah ini harus diselesaikan dalam 24 jam;
4. Contoh agregat halus dimasukkan ke dalam piknometer dengan air sampai 90% penuh. Bebaskan gelembung-gelembung udara dengan cara menggoyang-goyangkan piknometer. Rendam piknometer dengan suhu air $(73 \pm 3)^{\circ}\text{F}$ selama 24 jam. Timbang berat piknometer yang berisi contoh beserta air;
5. Timbang berat piknometer yang berisi air sesuai dengan kapasitas kalibrasi pada temperatur $(73 \pm 3)^{\circ}\text{F}$ dengan ketelitian 0,1 gram.

PERHITUNGAN

$$\textit{Apparent Specific Gravity} = E / (E + D - C)$$

$$\textit{Bulk Specific Gravity} \text{ kondisi kering} = E / (B + D - C)$$

$$\textit{Bulk Specific Gravity} \text{ kondisi SSD} = B / (B + D - C)$$

$$\text{Persentase penyerapan (\% absorpsi)} = [(B - E) / E] \times 100\%$$

Dimana:

- A = berat piknometer
- B = berat contoh kondisi SSD
- C = berat piknometer + contoh + air
- D = berat piknometer + air
- E = berat contoh kering

LAPORAN

Melakukan analisis hasil pengamatan bagi penentuan nilai *specific gravity* dan persentase absorpsi bahan dalam berbagai kondisi



Gambar 15: *Apparatus* analisis *specific gravity* dan penyerapan agregat halus.

13. PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT DENGAN MESIN LOS ANGELES

TUJUAN

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan menggunakan Mesin *Los Angeles*. Keausan adalah perbandingan antara berat bahan aus lewat saringan #12 terhadap berat semula yang dinyatakan dalam persen.

PERALATAN

1. Mesin *Mill Los Angeles*
2. Talam penampung/pan
3. Bola baja (*grinding ball*)
4. Oven
5. Timbangan
6. *Stopwatch*
7. Saringan #12 (1,7 mm)

PROSEDUR PERCOBAAN

1. Siapkan agregat kasar dengan ukuran butir sesuai dengan tabel ASTM C 131 untuk agregat kasar dengan ukuran maksimum 37,5 mm (tabel 1) dan tabel ASTM C 535 untuk agregat kasar dengan ukuran minimum 19 mm (tabel 2), perkirakan beratnya lebih dari jumlah sampel yang ditentukan;

Tabel 15 : Berat sampel agregat kasar dengan ukuran maksimum 37,5 mm.

Ukuran saringan		Berat agregat (g) sesuai dengan <i>grading</i> :			
Lolos	Tertahan	A	B	C	D
37,5 mm	25,0 mm	1250±25	-	-	-
25,0 mm	19,0 mm	1250±25	-	-	-
19,0 mm	12,5 mm	1250±10	2500±10	-	-
12,5 mm	9,5 mm	1250±10	2500± 10	-	-
9,5 mm	6,3 mm	-	-	2500±10	-
6,3 mm	4,75 mm	-	-	2500 ± 10	-
4,75 mm	2,36 mm	-	-	-	5000 ± 10
Total agregat		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10
Jumlah bola baja		12	11	8	6

Tabel 16 : Berat sampel agregat kasar dengan ukuran minimum 19 mm.

Ukuran saringan		Berat agregat (g) sesuai dengan <i>grading</i> :		
Lolos	Tertahan	1	2	3
75,0 mm	63,0 mm	2500 ± 50	-	-
63,0 mm	50,0 mm	2500 ± 50	-	-
50,0 mm	37,5 mm	5000 ± 50	5000 ± 50	-
37,5 mm	25,0 mm	-	5000 ± 25	5000 ± 25
25,0 mm	19,0 mm	-	-	5000 ± 25
Total agregat		10000 ± 100	10000 ± 75	10000 ± 50
Jumlah bola baja		12	12	12

- Cuci material tersebut sesuai dengan fraksi tabel ASTM di atas, kemudian keringkan dalam oven pada suhu 110 ± 5 °C sampai keadaan konstan;
- Timbang material awal (A) atau sesuai dengan fraksi tabel agregat tersebut, lalu masukkan ke dalam Mesin *Los Angeles* dengan membuka tutup *Los Angeles* secara hati-hati;
- Masukkan bola baja/*grading ball* sesuai dengan *grading* material dalam tabel di atas, kemudian tutup kembali *Mill Los Angeles* dengan mengunci erat murnya;
- Buka tutup *counter* lalu atur angka mulai dari nol atau catat angka penunjukan *counter* menjadi 500 putaran (untuk agregat kasar dengan ukuran maksimum 37,5 mm) atau 1000 putaran (untuk agregat kasar dengan ukuran minimum 19 mm);
- Tekan tombol *on* (lampu hijau) sehingga mesin akan langsung berputar dan tekan *stopwatch* sesuai dengan jumlah putaran yang terbaca di *counter* maka alat akan berhenti secara otomatis;
- Letakkan talem penampung di bawah *Los Angeles*;
- Saring agregat tersebut dengan saringan #12 (1,7 mm) lalu agregat yang tertahan dicuci sampai bersih;

9. Keringkan dalam oven pada suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ sampai berat konstan;
10. Timbang berat agregat kering (B) g.



Gambar 16: Los Angeles Machine Test.

Tabel 17: Susunan butiran contoh uji, jumlah bola baja yang dipakai dan jumlah putaran mesin untuk setiap pengujian.

UKURAN SARINGAN		BERAT DAN GRADASI BENDA UJI (GRAM)						
Lewat (mm)	Tertahan (mm)	A	B	C	D	E	F	G
76,2	63,5					2500		
63,5	50,8					2500		
50,8	38,1					5000	5000	
38,1	25,4	1250					5000	5000
25,4	19,05	1250						5000
19,05	12,7	1250	2500					
12,7	9,51	1250	2500					
9,51	6,35			2500				
6,35	4,75			2500				
4,75	2,36				5000			
Jumlah Bola		12	11	8	6	12	12	12
Berat Bola		5000	4584	3330	2500	5000	5000	5000
		± 25	± 25	± 25	± 25	± 25	± 25	± 25
Jumlah Putaran		500	500	500	500	1000	1000	1000

PERHITUNGAN

$$\text{Keausan} = \frac{A - B}{A} \times 100\%$$

Dimana: A = Berat benda uji semula (gram)

B = Berat benda uji tertahan saringan #12 (gram)

CATATAN:

Berdasarkan ASTM keausan maksimum agregat adalah 45%.



BAGIAN B

PERENCANAAN CAMPURAN BETON

TUJUAN PERCOBAAN

Menentukan komposisi komponen atau unsur beton basah dengan ketentuan kekuatan tekan karakteristik dan *slump* rencana.

PERALATAN

1. Timbangan
2. Peralatan untuk membuat adukan:
 - a. Wadah
 - b. Sendok semen
 - c. Peralatan pengukur *slump*
 - d. Peralatan pengukur berat volume.

BAHAN

Unsur beton:

- a. Air
- b. Semen
- c. Agregat halus
- d. Agregat kasar

Semua unsur di atas harus telah memenuhi syarat-syarat

PROSEDUR PRAKTIKUM

Terlampir

Laboratorium Material dan Struktur

BAGIAN C

1. PELAKSANAAN CAMPURAN

Setelah ditetapkan unsur-unsur campuran, prosedur praktikum untuk pelaksanaan campuran beton adalah sebagai berikut:

- a. Persiapkan bahan campuran sesuai dengan rencana berat pada wadah yang terpisahkan;
- b. Persiapkan wadah yang cukup untuk menampung volume beton basah rencana;
- c. Masukkan agregat kasar dan halus ke dalam wadah;
- d. Dengan menggunakan alat pengaduk/molen, lakukan pencampuran agregat;
- e. Tambahkan semen pada agregat campuran dan ulangi proses pencampuran, sehingga diperoleh adukan kering agregat dan semen yang merata;
- f. Tuangkan air $\frac{1}{3}$ jumlah total ke dalam wadah dan lakukan pencampuran sampai terlihat konsistensi adukan yang merata;
- g. Tambahkan lagi air $\frac{1}{3}$ jumlah total ke dalam wadah dan ulangi proses untuk mendapatkan konsistensi adukan;
- h. Lakukan pemeriksaan *slump*;
- i. Apabila nilai *slump* sudah mencapai nilai rencana, lakukan pembuatan benda uji kubus dan silinder. Jika belum tercapai *slump* yang diinginkan, tambahkan sisa air dan lakukan pengadukan kembali;
- j. Lakukan perhitungan berat jenis beton;
- k. Buatlah benda uji kubus dan silinder sesuai petunjuk. Jumlah benda uji ditetapkan berdasarkan volume adukan;
- l. Lakukan pencatatan hal-hal yang menyimpang dari perencanaan, terutama pemakaian jumlah air dan nilai *slump*.

2. PERCOBAAN *SLUMP* BETON

TUJUAN PERCOBAAN

Penentuan ukuran derajat kemudahan pengecoran adukan beton basah.

PERALATAN

1. Cetakan berupa kerucut terpancung dengan diameter bagian bawah 20 cm, diameter bagian atas 10 cm dan tingi 30 cm. Bagian atas dan bawah cetakan terbuka.
2. Tongkat pemadat dengan diameter 16 mm, panjang 60 cm. Ujungnya dibulatkan dan sebaiknya bahan tongkat terbuat dari baja tahan karat.

3. Alat logam dengan permukaan rata dan kedap air
4. Sendok cekung

BAHAN

Contoh beton segar sesuai dengan cetakan.

PROSEDUR PRAKTIKUM

- a. Lembabkan *slump cone* dan letakkan di tempat yang keras dan datar serta tidak menyerap air. Tahan pijakan yang ada di kedua sisi *slump cone* dengan kaki,
- b. Lalu isi *slump cone* tersebut dalam tiga lapisan, tiap lapisan dilakukan penusukan sebanyak 25 kali. Lalu, lakukan penambahan beton segar setelah penusukan lapisan terakhir dan datarkan dengan *tamping rod*,
- c. Bersihkan beton segar yang terdapat di sekitar *slump cone*,
- d. Angkat perlahan *slump cone* secara vertical (sekitar 12") ke atas
- e. Lalu ukur tinggi *slump* dari beton segar dengan mistar, lakukan pada tiga titik yang berbeda

PERHITUNGAN

$$\text{Nilai Slump} = \text{tinggi cetakan} - \text{tinggi cetakan rata-rata benda uji}$$

LAPORAN

Laporkan hasil pengukuran *slump* dalam satuan cm.

CATATAN

Untuk mendapatkan hasil yang lebih teliti, lakukan 2 kali pemeriksaan untuk adukan yang sama, yang kemudian nilai *slump* yang diukur adalah hasil rata-rata pengamatan.



Gambar 17: Apparatus percobaan *slump* beton.

3. PEMERIKSAAN BERAT VOLUME BETON

TUJUAN PERCOBAAN

Menentukan berat isi beton. Berat isi beton adalah berat beton per satuan isi.

PERALATAN

1. Timbangan dengan ketelitian 0,3% dari berat contoh
2. Tongkat pemadatan dengan diameter 16 mm, panjang 60 cm. Ujung dibulatkan dan sebaiknya terbuat dari baja tahan karat.
3. Alat perata
4. Takaran dengan kapasitas dan penggunaan

Tabel 18: Takaran agregat maksimum dengan kapasitas literan.

Kapasitas (liter)	Ukuran Maksimum Agregat (mm)
6	25,00
10	37,50
14	50,00
28	75,00

BAHAN

Contoh beton segar sesuai dengan kapasitas takaran.

PROSEDUR PRAKTIKUM

1. Timbang dan catat berat benda uji (W);
2. Hitung volume benda uji = volume isi cetakan (V);
3. Hitung berat isi benda uji (D).

PERHITUNGAN

$$\text{Berat isi beton : } D = \frac{W_2 - W_1}{V}$$

Dimana:

W_1 = berat takaran

W_2 = berat takaran + beton

V = isi takaran (liter)

LAPORAN

Laporan harus mencantumkan berat isi beton dalam satuan kg/m^3

CATATAN

1. Untuk takaran 28 liter dilakukan penusukan 50 kali secara merata pada tiap-tiap permukaan lapisan.
2. Kadar udara dari beton tidak ditentukan.



Gambar 18: Apparatus pemeriksaan berat isi beton basah.

4. PEMBUATAN DAN PERSIAPAN BENDA UJI

TUJUAN PERCOBAAN

Membuat benda uji untuk pemeriksaan kekuatan beton.

PERALATAN

1. Cetakan silinder, diameter 15 cm dan tinggi 30 cm
2. Tongkat pemadat diameter 16 mm, panjang 60 cm dengan ujung dibulatkan. Sebaliknya dibuat dari baja tahan karat.
3. Bak pengaduk beton kedap air atau mesin pengaduk
4. Timbangan dengan ketelitian 0,35 dari berat contoh
5. Mesin tekan yang kapasitas sesuai dengan kebutuhan
6. Satu set alat pelapis (*capping*)
7. Peralatan tambahan: ember, sekop, sendok perata dan talam

PROSEDUR PERCOBAAN

1. Benda-benda uji (silinder atau kubus) harus dibuat dengan cetakan yang sesuai dengan bentuk benda uji. Cetakan dioles sebelumnya dengan oli agar nantinya benda uji beton mudah dilepaskan dari cetakan;
2. Adukan beton diambil langsung dari wadah adukan beton dengan menggunakan ember atau alat lainnya yang tidak menyerap air. Bila dirasa perlu bagi konsistensi adukan, lakukan pengadukan ulang sebelum campuran dimasukkan ke dalam cetakan;
3. Isilah cetakan dengan beton segar hingga penuh;
4. Setelah selesai melakukan pemadatan, ketuklah sisi cetakan perlahan-lahan sampai rongga bekas tusukan tertutup. Ratakan permukaan beton dan tutuplah segera dengan bahan yang kedap air dan tahan karat. Kemudian biarkan beton dalam cetakan selama 24 jam dan tempatkan di tempat yang bebas getaran;
5. Setelah 24 jam bukalah cetakan dan keluarkan benda uji;
6. Rendamlah benda uji dalam bak perendam berisi air (*waterbath*) yang telah memenuhi persyaratan untuk perawatan (*curing*) selama waktu yang dikehendaki.

PROSEDUR PELAKSANAAN

1. Ambillah benda uji yang mau ditentukan kekuatan tekannya dari bak perendam. Kemudian bersihkan kotoran yang menempel dengan kain lembab;
2. Tentukan benda dan ukuran benda uji.

CATATAN

1. Adukan beton dalam 2 lapis, tiap-tiap lapis dipadatkan dengan 29 kali untuk benda uji berbentuk kubus ukuran 20 x 20 x 20 cm, cetakan diisi dengan tusukan.
2. Untuk benda uji yang berbentuk kubus ukuran sisi 15 x 15 x 15 cm, cetakan diisi dengan adukan 2 lapis. Tiap lapis dipadatkan dengan 32 kali tusukan. Tongkat pemadat yang digunakan mempunyai diameter 10 mm dan panjang 30 cm.
3. Benda uji berbentuk kubus tidak perlu dilapisi.
4. Pemeriksaan kekuatan tekan hancur beton biasanya pada umur 3, 7, 21, dan 28 hari.
5. Jumlah minimum benda uji: 2 buah benda uji untuk setiap pemeriksian.



Gambar 19: *Water Bath.*

BAGIAN D**PEMERIKSAAN KEKUATAN TEKAN BETON****TUJUAN PERCOBAAN**

Menentukan kekuatan tekan beton berbentuk silinder yang dibuat dan dirawat di laboratorium. Kekuatan tekan adalah perbandingan antara beban terhadap luas penampang beton.

PERALATAN

Mesin penguji

PROSEDUR PELAKSANAAN

1. Ambil benda uji dari tempat perawatan;
2. Letakkan benda uji pada mesin tekan secara sentris;
3. Jalankan mesin tekan. Tekanan harus dinaikkan berangsur-angsur dengan kecepatan berkisar antara 6 s/d 14 kg/cm²;
4. Lakukan pembebanan sampai benda uji menjadi hancur dan catatlah beban maksimum hancur yang terjadi selama pemeriksaan benda uji;
5. Lakukan proses 1 s/d 4 sesuai jumlah benda uji yang akan ditetapkan kekuatan tekan karakteristiknya.

Tabel 19: Faktor koreksi rasio panjang (L) dengan diameter (D) benda uji (ASTM 2003)

L/D	Faktor Koreksi Kekuatan
2,00	1,00
1,75	0,98
1,50	0,96
1,25	0,93
1,00	0,87

PERHITUNGAN

Kuat Tekan Beton (f_c) = P/A (N / mm², Mpa)

P : Beban Maksimum (N)

A : Luas Penampang benda uji (mm²)



Gambar 20: Universal Testing Machine.

BAGIAN E**ANALISIS KEKUATAN TEKAN BETON KARAKTERISTIK (f_c')**

Dari analisis pengumpulan data kekuatan tekan beton, dilakukan penentuan tegangan tekan karakteristik beton. Tegangan tekan beton karakteristik ini diperoleh dengan menggunakan rumusan sebagai berikut:

1. Menetapkan nilai standar deviasi benda uji:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (fb' - fcr')^2}{N - 1}}$$

Dimana:

s : Standar deviasi

f_c : Kekuatan tekan beton yang dari masing benda uji.

fb' : Kekuatan tekan beton umur 28 hari.

fcr' : Kekuatan tekan beton rata-rata, menurut rumus :

$$f_c = P/A$$

$$fb' = f_c / dcf$$

$$fcr' = \frac{\sum_{i=1}^N fb'}{N}$$

N = Jumlah keseluruhan nilai hasil pemeriksaan yang harus diambil minimum 20 buah.

Tabel 20: Faktor Koreksi Hari/Day Correction Factor (dcf)

Umur	Faktor Koreksi
3	0,46
7	0,70
14	0,88
21	0,96
28	1

2. Menghitung nilai kekuatan tekan beton karakteristik dengan 5% kemungkinan adanya kekuatan yang tidak memenuhi dengan syarat :

$$f_c' = f_{cr}' - 1,64s$$

Dimana f_c' adalah kuat tekan beton karakteristik.

3. Nilai kekuatan tekan beton karakteristik yang diperoleh pada langkah 2 dibandingkan dengan nilai rencana. Disebut benda uji memenuhi persyaratan mutu kekuatan, bila nilai yang didapat lebih besar dari nilai rencana. Benda uji tidak memenuhi syarat apabila mutu kekuatan beton tersebut kurang dari nilai rencana. Untuk hal itu perlu dilakukan koreksi pada perencanaan.

HASIL PERCOBAAN

Umumnya pemeriksaan beton ditetapkan untuk beton pada umur 3, 7, 14, 21, dan 28 hari.

LAPORAN

Buatlah analisis perhitungan kekuatan tekan karakteristik beton sesungguhnya dan bandingkan dengan kuat beton rencana. Beri ulasan dalam perbandingan tersebut.



LMS
Laboratorium Material dan Struktur

BAGIAN F**UJI TARIK**

TUJUAN PENGUJIAN

1. Mendapatkan kurva uji tarik dari spesimen.
2. Menentukan beberapa sifat mekanik spesimen pada pengujian tarik.
3. Mengamati fenomena-fenomena fisik yang terjadi selama penarikan.

DASAR TEORI

Pengujian mekanik adalah pengujian untuk melihat pengaruh atau respon material terhadap pembebanan. Pembebanan pada material dapat berupa beban tarik, tekan, bending, torsi atau kombinasinya. Pembebanan itu sendiri dapat berupa beban statik atau beban dinamik. Beban yang berubah menurut fungsi waktu disebut sebagai beban dinamik, sedangkan yang tidak berubah menurut fungsi waktu disebut dengan beban statik.

Salah satu pengujian mekanik yang cukup penting adalah pengujian tarik. Pengujian tarik suatu benda uji (spesimen) akan menghasilkan suatu kurva (diagram) tarik yaitu kurva antara beban tarik (P) terhadap perubahan panjang (ΔL). Kurva tersebut kemudian diubah menjadi diagram tegangan-regangan sebenarnya (σ - ϵ) dan diagram tegangan-regangan sebenarnya (σ_t - ϵ).

Gambar secara skematik pengujian tarik adalah seperti gambar I.1. Spesimen bertambah panjang karena gerakan turun dari *crosshead* (kepala cekam bawah). Besarnya pembebanan diukur dengan dinamometer yang dapat dibaca di samping mesin. Sementara perpanjangan diukur melalui besarnya perpindahan *crosshead* bawah dan tercatat pada kertas grafik. Gambar I.2 ditunjukkan secara tipikal kurva tegangan regangan. Kekuatan tarik ditunjukkan oleh titik M sedangkan putus pada titik F. Informasi tentang beberapa sifat mekanik dari material akan diperoleh dari pengujian tarik, seperti:

- Kekuatan tarik/*tensile strength* (σ_{utm})
- Keuletan/*ductility* (ϵ)
- Tegangan luluh/*yield stress* (σ_{yp})

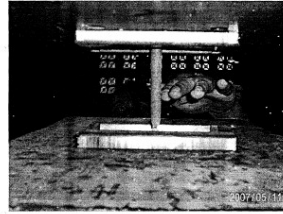


Foto. 1 Sampel Besi Polos Dia : 10 setelah putus

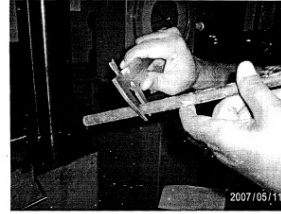


Foto. 3 Pengukuran diameter sample



Foto. 2 Pembacaan Beban saat Pengujian

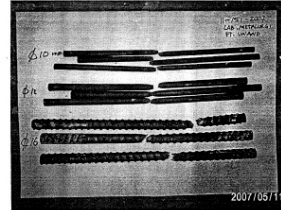
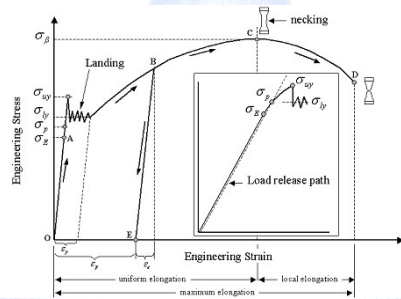


Foto. 4 Semua sample setelah diuji tarik

Gambar 21: Proses Uji Tarik.



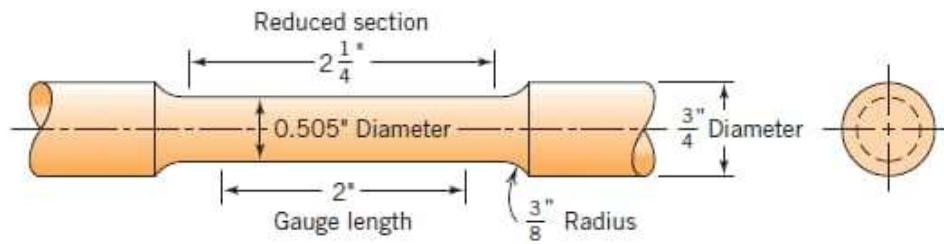
Gambar 22: Grafik Uji Tarik.

- Modulus elastisitas/Modulus of elasticity (E)
- Tegangan putus/fracture stress (σ_f)

Selain itu, dari pengujian tarik ini akan dapat diamati beberapa fenomena yang terjadi selama deformasi, antara lain:

- Elastisitas
- Plastisitas
- Fenomena luluh
- Bidang patah
- Pengecilan penampang setempat (*necking*).

Untuk keseragaman pengukuran serta hasilnya dapat dipakai secara umum maka spesimen uji tarik dibuat dengan ukuran standar. Ada banyak standar yang dapat digunakan seperti ASTM, JIS, DIN dan sebagainya tergantung dari industri dan institusi yang menggunakannya.



Gambar 23: Menunjukkan salah satu standar ukuran spesimen menurut ASTM A 370-77.

PROSEDUR PERCOBAAN

1. Bentuk batang uji menurut standar;
2. Ukur kekerasan dari spesimen;
3. Ukur panjang uji dan diameter spesimen (tebal dan lebar untuk spesimen berbentuk pelat);
4. Perkirakan beban tertinggi yang dapat diberikan sebagai tahanan atau reaksi dari bahan terhadap beban luar (berikan faktor keamanan untuk hal ini, besarnya ditentukan oleh asisten);
5. Siapkan mesin uji tarik yang akan digunakan :
 - Pastikan beban terpasang dengan baik
 - Pastikan kertas grafik terpasang dengan baik
 - Pastikan mesin bisa bekerja dengan baik
6. Hidupkan pompa;
7. Berikan beban awal pada mesin uji tarik;
8. Pasang spesimen pada lengan pengecam;
9. Jalankan mesin uji tarik (berikan beban dengan cara membuka katup beban);
10. Amati fenomena fisik yang terjadi selama penarikan;
11. Catat beban maksimum dan beban waktu spesimen patah;
12. Setelah percobaan, matikan pompa dan tutup katup beban. Untuk menyeimbangkan mesin, buka katup tanpa beban;
13. Ukur diameter (tebal dan lebar untuk spesimen berbentuk pelat) pada bagian yang putus dan ukur panjang uji setelah putus;
14. Ukur kekerasan pada bagian yang mengalami pengecilan diameter seragam.

DATA PENGUJIAN TARIK

- Jenis mesin tarik =
- Beban pada skala penuh = (Kgf)
- Kekerasan spesimen = (BHN)
- Panjang uji awal (L_0) = (mm)
- Diameter awal (D_0) = (mm)
- Tebal awal* (T_0) = (mm)
- Lebar awal* (l_0) = (mm)
- Beban maksimum = (Kgf)
- Diameter patahan = (mm)
- Tebal patahan* (T_i) = (mm)
- Lebar patahan* (l_i) = (mm)
- Panjang uji setelah patah = (mm)

No.	D_i (ti) mm	ΔL_i mm	A_i mm	P_i Kgt	$\sigma = \frac{P_i}{A_0}$ Kgf/mm ²	$\epsilon = \frac{L_i}{L_0}$ %	$\sigma = \frac{P_i}{A_i}$ Kgf/mm ²	$\epsilon = \ln(A_0/A_i)$ %

Laboratorium Material dan Struktur

LAMPIRAN

STANDAR MATERIAL

No	Type of Test	Material Type	
		Split (Ag. Kasar)	Sand (Ag. Halus)
1	Mud Content (%)	ASTM C 142 : < 1%	ASTM C 142 : <5%
2	Water Content (%)	ASTM C 566 – 97- 2004	ASTM C 566 – 97- 2004
3	Volumetric Weight (Kg/m ³)	ASTM C29 / C29M – 07	ASTM C29 / C29M – 07
4	Spesific Gravity	ASTM C 127-88	ASTM C 128-93
		SG : 2,5 – 2,7	SG : 2,4-2,8
5	Absorption (%)	Absorption : 0,2% - 4%	
6	Fine Modulus	ASTM C – 33	ASTM C - 33
		FM : 6,00 – 7,10	FM : 1,50 – 3,10
7	Abration (%)	ASTM C 131 (max 37,5 mm)	Untested
		ASTM C 535 (min 19 mm)	
		Max abration : <45%	
8	Organic Content	Untested	ASTM C – 40
			Color standard : no 3
			With Hellige tester

