

BAB III

METODOLOGI PENGUJIAN

3.1. LANDASAN TEORI

Pencampuran bahan-bahan penyusun beton dilakukan agar diperoleh suatu komposisi yang solid dari bahan-bahan penyusun berdasarkan rancangan campuran beton. Sebelum diimplementasikan dalam pelaksanaan konstruksi di lapangan, pencampuran bahan-bahan dapat dilakukan di laboratorium. Agar tetap terjaga konsistensi rancangannya, tahapan lebih lanjut dalam pengolahan beton perlu diperhatikan. Komposisi yang baik akan menghasilkan kuat tekan yang tinggi, tetapi jika pelaksanaannya tidak dikontrol dengan baik, kemungkinan dihasilkannya beton yang tak sesuai dengan rencana akan semakin besar. Cara pengolahan ini akan menentukan kualitas dari beton yang akan dibuat. Adapun tahapan dalam pelaksanaan di laboratorium meliputi :

- a. Persiapan.
- b. Perancangan campuran.
- c. Pembuatan benda uji.
- d. Pengujian beton segar.
- e. Perawatan.
- f. Pengeboran beton precast dengan alat core.
- g. Pengujian beton keras.

3.2. TEMPAT PENELITIAN

Kegiatan penelitian ini dilakukan pada dua tempat, yaitu :

1. Laboratorium beton PT. Grace Specialty Chemicals Indonesia, Cikarang Industrial Estate Kav C-32, Bekasi, untuk penelitian slump test, L-box test, *setting time*, dan kuat tekan (*trial mix*).

2. Laboratorium Struktur dan Material Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia, untuk penelitian test kuat lentur, dan kuat geser.

3.3. STANDAR DAN ALAT PENGUJIAN

Penelitian laboratorium yang dilakukan adalah :

1. Pemeriksaan terhadap sifat-sifat dasar material pembentuk beton, yaitu agregat kasar dan halus.
2. Pemeriksaan terhadap sifat-sifat beton pada fase plastis, yaitu :
 - d. Perubahan nilai slump, slump flow dan passing ability.
 - e. Pemeriksaan suhu beton
 - f. Pemeriksaan terhadap pemberian *Water Reducing Admixture*
 - g. Pemeriksaan waktu ikat (*Setting time*)
3. Pemeriksaan terhadap sifat-sifat beton pada fase keras atau padat, yaitu :
 - h. Kekuatan tekan benda uji silinder beton dengan dimensi 15 x 30 cm pada umur 1, 3, 7, 14, dan 28 hari dan benda uji silinder beton dengan dimensi 6,9 x 13,8 cm pada umur 3, 7, 14, dan 28 hari.
 - i. Perkembangan kekuatan tekan.
 - j. Kekuatan lentur dari benda uji balok dimensi 10 x 10 x 50 cm.
 - k. Kekuatan geser dari benda uji silinderbetin dengan dimensi 15 x 30 cm.

3.3.1. Standar Pengujian

Standar yang digunakan dalam pemeriksaan dan pengujian adalah standar ASTM (*American Society for Testing and Materials*) dan standar EFNARC (*The European Federation of Specialist Construction Chemicals and Concrete Systems*). Berikut ini beberapa standar yang dipergunakan dalam pengujian yang tertera pada tabel 3.1 dan tabel 3.2.

PENGUJIAN	ASTM
Test Agregat	
Metode standar untuk menentukan specific gravity dan absorpsi dari agregat kasar.	C 127 – 04
Metode standar untuk menentukan specific gravity dan absorpsi dari agregat halus.	C 128 – 04a
Metode standar untuk analisa saringan agregat halus dan agregat kasar.	C 136 – 04
Metode standar untuk menentukan berat isi dan kadar udara dalam agregat.	C 29/C 29M – 1997(2003)
Metode standar untuk test kotoran organik dalam agregat halus	C 40 – 04
Metode standar untuk test kadar lumpur	C 117 – 04
Material Tambahan Cementitious	
Spesifikasi coal fly ash dan raw yang digunakan dalam beton	C 618 – 03
Bahan Tambah Kimia	
Spesifikasi bahan tambah kimia	C 494/C 494M – 05
Spesifikasi bahan tambah kimia yang digunakan untuk beton mengalir (<i>flowing concrete</i>)	C 1017/C 1017M – 03
Pengerjaan Beton Segar	
Metode standar untuk pengukuran slump dari beton	C 143/C 143M – 05
Metode standar untuk mengukur waktu ikat dari beton dengan perlawanan penetrasi	C 403/C 403M – 05
Pengujian Kekuatan Beton	
Metode standar untuk tes kekuatan tekan pada beton	C 39/C 39M – 04a
Metode standar untuk pengetesan balok lentur dengan cara <i>third point loading</i>	C 78 – 02
Metode standar untuk mendapatkan dan pengetesan <i>drilled cores</i> dan <i>saw beams</i> dalam beton	C 42/C 42M – 04

Tabel 3.1 Standar Pengujian ASTM.

PENGUJIAN	EFNARC
Pengerjaan Beton Segar	
Metode Pengujian Slump Flow	Annex B.1
metode Pengujian L-Box	Annex B.3

Tabel 3.2 Standar Pengujian EFNARC.

3.3.2. Alat Pengujian

Adapun alat-alat yang digunakan selama pengujian yang dilakukan di laboratorium struktur dan material jurusan teknik sipil yaitu seperti yang tertera pada tabel 3.2 dibawah ini.

ALAT	KETERANGAN
Timbangan	- Kapasitas 25 kg, Serial No. 46002 Merk. ELE (Engineering Laboratory Equipment, Limited), Hemel Hempstead, Hertfordshire, England
	- Kapasitas 50 kg, No. 224744 Merk. PT. Laju, P. Siantar, Indonesia.
	- Kapasitas 100 kg, No. A 100 W 93155 Merk. Nagata, U.D Sinar Jaya, Jakarta, Indonesia.
Oven	Kapasitas 70 kg, suhu maksimum 250°C Merk. Heraeus, Jerman Type T 60
Saringan/Ayakan	Standar ASTM Merk. Sieve Endecotts Ltd, Inggris
Penggetar Saringan	Merk. Pascal, Inggris
Piknometer	Merk. Diamond, Cina
Gelas Ukur	Merk. Duran Schott, Inggris
Molen (Mixer)	Kapasitas 35 kg, SGP. Pinjaman PT. Grace Specialty Chemicals Indonesia.
Cetakan Silinder	Diameter 10 cm, tinggi 20 cm. Merk. Master Builder Technology
Core Drill	- Diamond Core Bit 77 mm – 3” - Core Drill DD130 - Bore Tangan TE2

	Merk. HILTI, Liechtenstein, Jerman. PT. Hilti Nusantara, Jakarta.
L-Box	Merk. PT. Grace Specialty Chemicals Indonesia.
Papan Slump Flow	Merk. PT. Grace Specialty Chemicals Indonesia.
Mesin Tes Tekan	Kapasitas 180 ton Merk. Forney Incorporated, USA
Mesin Tes Lentur	Merk. Every Denison, England

Tabel 3.3 Peralatan yang digunakan dalam pengujian.

3.4. PROSEDUR PENGUJIAN MATERIAL

3.4.1. Material yang digunakan

1. Portland Semen
 - a. Jenis : Tipe I (semen curah)
 - b. Merek : Holcim
 - c. Diproduksi Oleh : PT. HOLCIM Tbk.
2. Agregat Halus (Pasir)
 - a. Jenis : Pasir alam
 - b. Asal : Galunggung, Garut
 - c. Sumber : Supplier
3. Agregat Kasar
 - a. Jenis : Split 3-20 mm
 - b. Asal : Eksmaloko, daerah Rumpin, Bogor.
 - c. Sumber : PT. HOLCIM Tbk
4. Material Tambahan Cementitious
 - a. Jenis : Fly Ash kelas C
 - b. Asal : Suralaya
 - c. Sumber : PT. HOLCIM Tbk
 - d. Spesifikasi : ASTM C 618

5. Air

Sumber : Air PAM laboratorium Struktur dan Material Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

6. Admixture

- a. Jenis : *type F (High Range Water Reducer/ Superplasticizers)*
- b. Merek : ADVA 181 Superplasticizers
- c. Diproduksi Oleh : PT. Grace Specialty Chemicals Indonesia
- d. Spesifikasi : ASTM C 494, ASTM C-1017

3.4.2. Pengujian Material

Pengujian material beton dilakukan guna mengetahui perancangan campuran yang akan digunakan. Adapun pengujian yang dilakukan, yaitu pengujian terhadap agregat halus dan agregat kasar yang meliputi pengujian berat jenis (*specific gravity*) dan penyerapannya (*Absorption*), Pengujian analisa ayakan, pengujian berat isi, pengujian kadar lumpur dan kadar organik pada agregat halus.

3.4.2.1. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan

1. Tujuan

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis (*bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry : SSD*), berat jenis semu (*apparent*) dan penyerapan (*absorption*) dari agregat halus dan agregat kasar.

2. Peralatan

Agregat Halus

- a. Timbangan dengan kapasitas 1 (satu) kg atau lebih dengan ketelitian 0,1 gram.
- b. Piknometer dengan kapasitas 500 ml.

- c. Kerucut terpancung (*cone*), diameter bagian atas (40 ± 3) mm yang terbuat dari logam tebal minimum 0,8 mm.
- d. Batang penumbuk yang mempunyai bidang penumbuk rata dengan berat (340 ± 15) gr dan diameter permukaan penumbuk adalah (25 ± 3) mm.
- e. Saringan nomor 4.
- f. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanaskan sampai (110 ± 5)°C.
- g. Pengukur suhu dengan ketelitian pembacaan 0,1°C.
- h. Talam
- i. Bejana tempat air
- j. Pompa hampa udara (*Vacuum pump*) atau tungku.
- k. Air Suling

Agregat Kasar

- a. Keranjang kawat ukuran 3,35 mm atau 2,36 mm (no.6 atau no.8) dengan kapasitas kira-kira 5 (lima) kg.
 - b. Tempat air dengan kapasitas dan bentuk yang sesuai untuk pemeriksaan.
 - c. Timbangan dengan kapasitas 5 (lima) kg dan ketelitian 0,1% dari berat contoh yang ditimbang dan dilengkapi dengan alat penggantung keranjang.
 - d. Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanaskan sampai (110 ± 5)°C
 - e. Alat pemisah contoh.
 - f. Saringan Nomor 4.
3. Benda uji

Agregat Halus

Benda uji adalah agregat yang lewat saringan no.4 yang diperoleh dari alat pemisah contoh sebanyak kira-kira 1000 (seribu) gram.

Agregat Kasar

Benda uji adalah agregat yang tertahan saringan no.4 yang diperoleh dari alat pemisah contoh sebanyak kira-kira 5 (lima) kg.

4. Prosedur Pelaksanaan

Agregat Halus

- a. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap. Dinginkan pada suhu ruang, kemudian rendam dalam air selama (24 ± 4) jam.
- b. Buang air perendam hati-hati, jangan ada butiran yang hilang, tebarkan agregat di atas talam, keringkan di udara panas dengan cara membalik-balikkan benda uji. Lakukan pengeringan sampai tercapai keadaan kering permukaan jenuh.
- c. Periksa keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisikikan benda uji ke dalam kerucut terpancung, padatkan dengan batang penumbuk sebanyak 25 kali, angkat kerucut terpancung. Keadaan kering permukaan jenuh tercapai bila benda uji runtuh akan tetapi masih dalam keadaan tertetak.
- d. Segera setelah tercapai keadaan kering permukaan jenuh, masukkan 500 gram benda uji ke dalam piknometer. Masukkan air suling sampai mencapai 90% isi di dalamnya. Untuk mempercepat proses ini dapat dipergunakan pompa hampa udara, tetapi harus diperhatikan jangan sampai ada air yang ikut terisap. Dapat juga dilakukan dengan merebus piknometer.
- e. Rendam piknometer dalam air dan ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan terhadap suhu standar 25°C .
- f. Tambahkan air sampai tanda batas
- g. Timbang piknometer berisi air dan benda uji sampai ketelitian 0,1 gram (C)
- h. Keluarkan benda uji, keringkan dalam oven dengan suhu $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap, kemudian dinginkan benda uji.
- i. Lakukan penimbangan setelah benda uji dingin (A)
- j. Tentukan berat piknometer berisi air penuh dan ukur suhu air guna penyesuaian dengan suhu standar 25°C (B)

Agregat kasar

- a. Cuci benda uji untuk menghilangkan debu atau bahan-bahan lain yang melekat pada permukaan.

- b. Rendam benda uji dalam air pada suhu kamar selama 24 ± 4 jam.
 - c. Keluarkan benda uji dari air, lap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang (SSD), untuk butiran yang besar pengeringan harus satu persatu.
 - d. Timbang benda uji kering permukaan jenuh (B)
 - e. Letakkan benda uji dalam keranjang, guncangkan batunya untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan tentukan udara yang tersekap serta beratnya di dalam air (C).
 - f. Ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar (25°C)
 - g. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu 105°C sampai berat tetap.
 - h. Dinginkan benda uji pada suhu kamar selama 1-3 jam, kemudian timbang dengan ketelitian 0,5 gram. (A)
5. Perhitungan

Agregat Halus

- a. Berat Jenis (*bulk specific gravity*) $= \frac{A}{(B + 500 - C)}$
- b. Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh $= \frac{500}{(B + 500 - C)}$
(*Saturated Surface Dry*)
- c. Berat Jenis Semu (*Apparent Specific Gravity*) $= \frac{A}{(B + A - C)}$
- d. Penyerapan $= \frac{500 - A}{A} \times 100\%$

Agregat Kasar

- a. Berat Jenis (*bulk specific gravity*) $= \frac{A}{(B - C)}$
- b. Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh $= \frac{B}{(B - C)}$
(*Saturated Surface Dry*)
- c. Berat Jenis Semu (*Apparent Specific Gravity*) $= \frac{A}{(A - C)}$
- d. Penyerapan $= \frac{B - A}{A} \times 100\%$

Dimana :

- A = Berat benda uji kering, oven (gram)
- B = Berat piknometer berisi air (gram)
- C = Berat piknometer berisi benda uji dan air (gram)
- 500 = Berat benda uji, dalam keadaan kering permukaan jenuh (gram)

3.4.2.2. *Pengujian Analisa Ayakan*

1. Tujuan

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dan agregat kasar menggunakan saringan.

2. Peralatan

- a. Timbangan dan neraca dengan ketelitian 0,2% dari berat benda uji.
- b. Satu set saringan agregat halus dengan ukuran-ukuran sebagai berikut :
Ø 9,50 mm (3/8"); Ø 4,75 mm (no. 4); Ø 2,36 mm (no. 8); Ø 1,18 mm (no.16); Ø 0,6 mm; Ø 0,3 mm; Ø 0,3 mm; Ø 0,15 mm (no. 100); pan.
- c. Satu set saringan agregat kasar dengan ukuran-ukuran sebagai berikut :
Ø 38,1 mm (1 ½ "); Ø 25 mm (1"); Ø 19 mm (3/4"); Ø 12,5 mm (1/2"); Ø 9,5 mm (3/8"); Ø 4,75 mm (no.4); Ø 2,36 mm (no.8); pan.
- d. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanaskan sampai (110±5)°C.
- e. Alat pemisah contoh
- f. Alat pengayak (mesin penggetar)
- g. Talam-talam
- h. Kuas, sikat halus, sendok dan alat-alat lainnya.

3. Benda Uji

Benda uji adalah 1000 gram Agregat halus dan 5000 agregat kasar yang diperoleh dari alat pemisah contoh atau cara perempat.

4. Prosedur Pelaksanaan
 - a. Benda uji dikeringkan di dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap.
 - b. Susun ayakan dari diameter terbesar sampai pan.
 - c. Timbang agregat halus. Lalu masukkan kedalam ayakan yang telah disusun sesuai ukuran masing-masing, kemudian ayakan teratas ditutup.
 - d. Ayakan diguncangkan dengan mesin penguncang selama 10 – 15 menit.
 - e. Timbang berat agregat yang terdapat pada masing-masing ayakan.
 - f. Lakukan hal yang sama untuk agregat kasar.

5. Perhitungan

Hitung persentase berat benda uji yang tertahan di atas masing-masing saringan terhadap berat total benda uji.

$$FM = \frac{\sum \% \text{ tertahan kumulatif diatas ayakan } 0,15 \text{ mm.}}{100}$$

3.4.2.3. Pengujian Berat Isi

1. Tujuan

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan berat isi dan kadar udara dalam agregat halus dan agregat kasar.

2. Peralatan

- a. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gr.
- b. Talam
- c. Tongkat perata diameter 15 mm panjang ± 60 cm.
- d. Wadah Baja

3. Benda Uji

Benda uji adalah agregat halus dan agregat kasar.

4. Prosedur Pelaksanaan

- a. Timbang wadah baja dan catat beratnya (W_1)

- b. Isilah wadah baja dengan benda uji dalam tiga lapisan yang sama tebal. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali tusukan secara merata. Pada pemadatan, tongkat harus masuk sampai lapisan bagian bawah setiap lapisan.
- c. Ratakan permukaan benda uji. Timbang dan dicatat berat wadah beserta isinya (W_2).
- d. Isilah wadah baja dengan air samapai penuh. Timbang dan catat berat wadah beserta air (W_3).
- e. Hitung berat benda uji ($W_4 = W_2 - W_1$).
- f. Hitung kapasitas wadah ($V = W_3 - W_1$).

5. Perhitungan

a. Berat isi agregat, $B = \frac{W_4}{V}$ (kg/lt)

b. $Void(\%) = \frac{(A \times W) - B}{A \times W} \times 100\%$

Dimana :

A = berat jenis agregat

B = berat isi agregat (kg/lt)

W = berat isi air = 1 (kg/lt)

V = Kapasitas wadah (lt)

3.4.2.4. Pengujian kadar organik pada agregat

1. Tujuan

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan adanya bahan organik di dalam agregat halus yang akan digunakan untuk campuran beton atau mortar.

2. Peralatan

- a. Botol/gelas tidak berwarna dengan isi ± 350 ml.
- b. Standar warna.

3. Benda Uji

Benda uji adalah agregat halus sebanyak 500 gram dan Larutan NaOH 3%.

4. Prosedur Pelaksanaan
 - a. Benda uji dimasukkan ke dalam botol sampai mencapai 1/3 tinggi botol.
 - b. Tambahkan larutan NaOH 3 % setelah dikocok isinya harus mencapai kira-kira 2/3 botol.
 - c. Tutuplah botol, kocok lagi kuat-kuat dan biarkan selama 24 jam.
 - d. Setelah 24 jam bandingkan warna cairan yang terlihat di atas benda uji dengan warna standard.

5. Perhitungan

Benda uji dinyatakan mengandung zat organik jika setelah 24 jam warnanya lebih tua dari warna standard (coklat tua).

3.4.3. Hasil Pengujian Material

3.4.3.1. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan

Dari pengujian agregat yang telah dilakukan maka hasil untuk uji berat jenis material adalah sebagai berikut.

Agregat Halus	
a. Berat jenis rata-rata	2,45 gr/cm ³
b. Berat jenis kering permukaan jenuh rata-rata	2,46 gr/cm ³
c. Berat Jenis Semu rata-rata	2,47 gr/cm ³
d. Penyerapan	0,3 %
Agregat Kasar	
a. Berat Jenis rata-rata	2,55 gr/cm ³
b. Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh rata-rata	2,63 gr/cm ³
c. Berat Jenis Semu rata-rata	2,77 gr/cm ³
d. Penyerapan rata-rata	3,07 %

Tabel 3.4 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan

3.4.3.2. Pengujian Analisa Ayakan

Dari pengujian yang telah dilakukan, nilai modulus kehalusan untuk agregat halus adalah 3 sedangkan untuk agregat kasar adalah 699,98.

3.4.3.3. Pengujian Berat Isi

Untuk pengujian berat isi diketahui :

Agregat halus

Berat isi agregat adalah 1525 kg/m^3 dan void adalah 37,37 %.

Agregat Kasar

Berat isi agregat adalah 1572 kg/m^3 dan void adalah 38,33 %.

3.4.3.4. Pengujian Kadar Organik

Dari pengujian yang telah dilakukan, warna yang dihasilkan dari uji kadar organik adalah bening, atau termasuk dalam kategori standar warna no 1.



Gambar 3.1 Pengujian kadar organik pasir

3.5. PERANCANGAN CAMPURAN

3.5.1. Penetapan Parameter Campuran

Pada pengujian ini parameter yang digunakan untuk membuat campuran (mix Design) yaitu menggunakan standar ACI 211.1-91. Dimana prosedur perancangan campurannya, sebagai berikut :

1. Menentukan slump dan kebutuhan kekuatan beton.
2. Memilih ukuran maksimum dari agregat.
3. Estimasi air campuran dapat diperoleh dari tabel 3.4 dengan ketentuan *non air-entrained concrete*.

Water, kg/m ³ of concrete for indicated nominal maksimum sizes of aggregate								
Slump, mm	9,5	12,5	19	25	37,5	50	75	150
Non-air-entrained concrete								
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	-
Approximate amount of entrapped air in non-air entrained concrete, percent	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2

Tabel 3.5 Perkiraan air campuran dan syarat kadar udara yang berbeda dari slump dan ukuran maksimum agregat.

- Rasio air semen (w/c) diperoleh dari tabel 3.5 dengan ketentuan awal tanpa/ *non air entrained concrete*.

Compressive Strength at 28 days, MPa*	Water-cement ratio, by mass	
	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

Tabel 3.6 Hubungan antara rasio air semen dan kuat tekan beton.

- Menghitung jumlah material semen.
Berat material semen yang dibutuhkan, diperoleh dengan membagi jumlah air campuran dengan rasio w/c .
- Menentukan jumlah agregat kasar.
Volume agregat kasar diperoleh dari tabel 3.6 dengan diketahui ukuran agregat dan modulus kehalusan agregat halus. Dari nilai volume agregat kasar yang didapat maka untuk menentukan jumlah agregat kasar dengan mengalikan volume agregat kasar dengan berat agregat kasar yang diperoleh dari pengujian berat isi agregat.

Nominal maksimum size of aggregate, mm	Volume of dry-rodded coarse aggregate* per unit volume of concrete for different fineness moduli† of fine aggregate			
	2,40	2,60	2,80	3,00
9,5	0,50	0,48	0,46	0,44
12,5	0,59	0,57	0,55	0,53
19	0,66	0,64	0,62	0,60
25	0,71	0,69	0,67	0,65
37,5	0,75	0,73	0,71	0,69
50	0,78	0,76	0,74	0,72
75	0,82	0,80	0,78	0,76
150	0,87	0,85	0,83	0,81

Tabel 3.7 Volume agregat kasar per unit dari volume beton.

7. Menentukan jumlah agregat halus.

Jumlahkan semua kebutuhan material yang telah diperoleh (air, semen, agregat kasar), kemudian tentukan berat beton segar dari tabel 3.7. Jumlah agregat halus yang dibutuhkan, diperoleh dari pengurangan hasil berat beton segar dikurang jumlah semua kebutuhan yang telah diperoleh.

Nominal maksimum size of aggregate, mm	Estimate of concrete unit mass, kg/m ³	
	Non-air-entrained concrete	Air-entrained concrete
9,5	2280	2200
12,5	2310	2230
19	2345	2275
25	2380	2290
37,5	2410	2350
50	2445	2345
75	2490	2405
150	2530	2435

Tabel 3.8 Perkiraan berat beton segar.

8. Menentukan jumlah Fly Ash

Jumlah fly ash yang dibutuhkan, diperoleh dengan mengalikan persentase kebutuhan fly ash yang akan digunakan dengan jumlah material semen. Untuk rasio air semen (w/c) yang telah diperoleh menjadi rasio air cementitious ($w/(c+p)$), maka jumlah semen yang dibutuhkan menjadi jumlah semen awal dikurang jumlah fly ash.

9. Trial pendahuluan

Untuk setiap percobaan pencampuran yang telah dilakukan pada langkah-langkah sebelumnya, trial pendahuluan harus dilakukan untuk mendapatkan nilai workability dari campuran yang dibuat. Berat dari pasir, agregat kasar, dan air harus disesuaikan dengan kondisi kelembaban dari agregat yang akan digunakan.

10. Mengatur proporsi campuran percobaan.

a. Inisial Slump

Jika inisial slump dari percobaan campuran yang dilakukan tidak dalam range yang diinginkan, air campuran harus diatur. Berat dari material semen di dalam campuran harus diatur untuk mempertahankan $w/c + p$ yang diinginkan. S/A harus diatur untuk mendapatkan hasil yang diinginkan dari beton.

b. Nilai dosis HRWR

Jika HRWR digunakan, nilai dosis yang berbeda harus dicoba untuk mendapatkan efek dari kekuatan dan workability dari campuran beton. Nilai dosis yang lebih tinggi dari yang direkomendasikan oleh perusahaan admixture dapat ditoleransikan tanpa segregasi.

c. Kadar agregat kasar.

Jika campuran percobaan beton telah diatur untuk mendapatkan slump yang diinginkan, agregat kasar ditentukan jika campuran terlalu keras untuk penempatan di lapangan atau persyaratan finishing. Jika dibutuhkan kadar agregat kasar dapat diturunkan dan kadar pasir diatur untuk memastikan hasil yang tepat. Tetapi hal tersebut menambah kebutuhan air dari campuran, meningkatkan kebutuhan kandungan material semen untuk menjaga $w/c + p$ yang ditetapkan. Lebih lanjut penurunan kandungan agregat kasar mungkin menghasilkan modulus elastisitas dari kekerasan beton yang lebih kecil.

d. Memilih proporsi campuran yang optimum.

3.5.2. Perhitungan Campuran

Untuk memulai perhitungan mix design, perlu diketahui data hasil pengujian agregat dan perencanaan slump yang ingin dicapai, serta kekuatan yang direncanakan yaitu sebagai berikut :

1. Nilai berat jenis semen = 3,15
2. Nilai berat jenis agregat halus = 2,45
3. Nilai berat jenis agregat kasar = 2,55
4. Fineness modulus agregat = 3
5. Nilai Berat isi agregat kasar = 1572 kg/m^3 .
6. Slump rencana = 2,5 – 5 cm.
7. Kuat tekan rencana = 400 kg/cm^2
8. Ukuran agregat maksimum yang digunakan = 20 mm

Maka perhitungan perencanaan campuran yang akan digunakan yaitu :

1. Estimasi air campuran yang akan digunakan diperoleh dari tabel 3.4 dengan data nilai slump yang direncanakan dan agregat maksimum yang digunakan, maka didapat jumlah air campuran yang digunakan yaitu $180,83 \text{ kg/m}^3$.
2. Rasio air semen diperoleh dari tabel 3.5 dengan kuat tekan rencana 400 kg/cm^2 , maka nilai w/c yaitu 0,42.
3. Perhitungan jumlah semen yang digunakan = $\frac{180,83}{0,42} = 430,55 \text{ kg/m}^3$.
4. Untuk mengetahui jumlah agregat kasar memerlukan tabel 3.6 untuk mendapatkan volume agregat kasar dengan data agregat maksimum yang digunakan dan modulus kehalusan agregat. Nilai volume agregat kasar yaitu 0,608 dan jumlah agregat kasar yang dibutuhkan = $0,608 \times 1572 = 955,776 \text{ kg/m}^3$.
5. Kebutuhan berat beton segar diperoleh dari tabel 3.7 dengan data ukuran maksimum agregat sehingga diperoleh berat beton segar yaitu $2350,83 \text{ kg/m}^3$.
6. Maka jumlah agregat halus = $2350,83 - (180,83 + 430,55 + 955,77) \text{ kg/m}^3 = 783,68 \text{ kg/m}^3$.

7. Jumlah fly ash yang dibutuhkan sebesar 15% dari berat semen = $\frac{430,55}{0,15} = 64,58 \text{ kg/m}^3$. Maka jumlah semen yang dibutuhkan = $430,55 - 64,58 = 365,97 \text{ kg/m}^3$.
8. Jumlah split 1 (3 – 14 mm) : split 2 (14 – 20 mm) = 60 : 40 = 573,47 : 382,31 kg/m^3 .
9. Untuk persentase bahan tambah (ADVA superplasticizers) yang digunakan yaitu 1% ; 1,2% ; 1,4% dari berat cementitious = $4305,48 \text{ ml/m}^3 : 5166,57 \text{ ml/m}^3 : 6027,67 \text{ ml/m}^3$.

3.6. PROSEDUR PELAKSANAAN PENGUJIAN

3.6.1. Pencampuran dan Pengadukan

Material dipersiapkan sebelum pembuatan benda uji. Keadaan Agregat saat ditimbang diusahakan tetap pada kondisi SSD. Kemudian semen juga ditimbang dengan kepekaan 10 gr. Karena kapasitas pengadukan mesin molding terbatas hingga 30 liter, pengadukan benda uji dibagi maksimum setiap 20 liter yaitu 75% kapasitas peralatan.

Urutan pekerjaan pencampuran dan pengadukan benda uji adalah sebagai berikut :

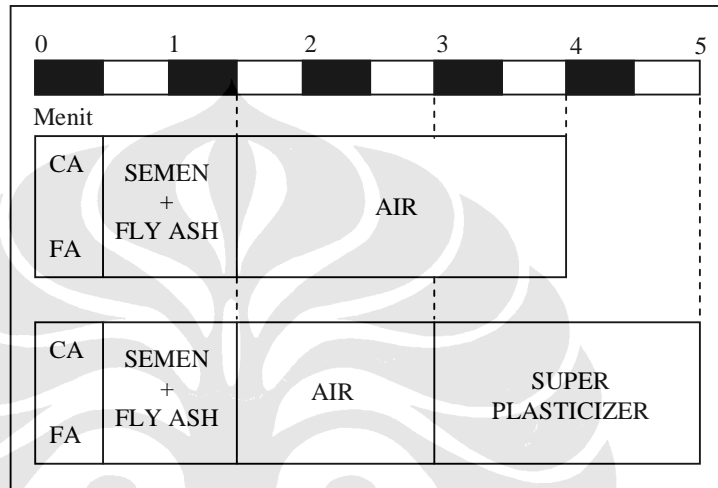
1. Persiapan Material

Agregat dalam kondisi SSD, Agregat kasar (*Split*) disaring terlebih dahulu untuk menghilangkan lumpur dan debu yang ada. Untuk Split 1 (Satu) disaring dengan ayakan no.19 mm dan Split 2 (Dua) disaring ayakan no.19 mm kemudian dipisahkan yang berbentuk pipih (karena tidak bisa digunakan). Sedangkan untuk agregat halus disaring dengan ayakan no 4.

2. Penimbangan Material

Agregat ditimbang dengan timbangan kepekaan 200 gram, semen dan fly ash ditimbang dengan kepekaan 10 gram. Dan untuk admixture diukur dalam volume dengan kepekaan 1 ml.

3. Persiapan Mesin molding, Slump Flow, L-Box, saringan 4 mm (Wet Screening untuk mengambil sampel mortar dalam pengujian waktu ikat), dan alat-alat penunjang lainnya.
4. Pencampuran
Pencampuran mengikuti gambar.

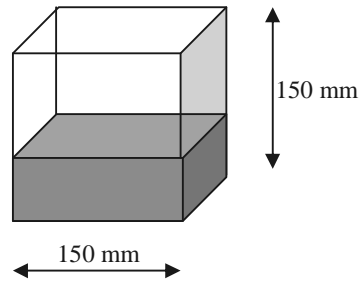


Gambar 3.2 Urutan Pengadukan Beton

3.6.2. Pembuatan Benda Uji

Hasil akhir dari pengadukan beton untuk pengujian pada tahap beton segar dan sebagian lagi untuk beton keras. Berikut ini pekerjaan yang dilakukan setelah pencampuran dan pengadukan, adalah :

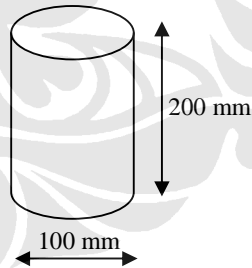
1. Pengujian terhadap *workability*, dimana setelah pekerjaan pencampuran dilakukan, diambil sampel adukan untuk pengujian slump test, slump flow, dan L-Box test yang kemudian dicatat hasil pengukuran data-datanya.
2. *Wet Screening*, dimana setelah pencampuran dilakukan, diambil sampel adukan secukupnya untuk disaring dengan saringan 4 mm sehingga didapatkan mortar. Mortar ini akan diuji waktu ikatnya dan perhitungannya ketika air dicampurkan dengan adukan. Pengujian waktu ikat menggunakan benda uji kubus dengan ukuran $150 \times 150 \text{ mm}^2$ dimana pengisiannya hanya $1/3$ dari tinggi benda uji.



Gambar 3.3 Cetakan kubus $150 \times 150 \text{ mm}^2$

3. Pengecoran pada cetakan (*molding*) silinder.

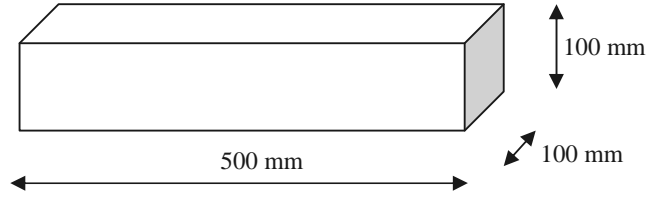
Pengecoran pada cetakan silinder berupa beton normal dan SCC yang berdasarkan standar ASTM. Untuk beton normal dilakukan pemadatan dengan alat tamping rod yang ditumbuk ± 25 kali per lapisan, dimana cetakan diisi dibuat 3 lapisan pemadatan. Sedangkan untuk SCC tidak dilakukan pemadatan karena beton mengalir dengan sendirinya. Jumlah sampel per tipe beton sebanyak 3 buah benda uji tiap umurnya. Cetakan ini berukuran $100 \times 200 \text{ mm}^2$ dan digunakan untuk pengujian kuat tekan dan kuat geser pada beton. Jumlah benda uji yang dihasilkan untuk pengujian kuat tekan sebanyak 60 buah untuk umur 1, 3, 7, 14, dan 28 hari sedangkan untuk pengujian kuat geser sebanyak 36 buah untuk umur 3, 7 dan 28 hari.



Gambar 3.4 Cetakan silinder $100 \times 200 \text{ mm}^2$

4. Pengecoran pada cetakan balok.

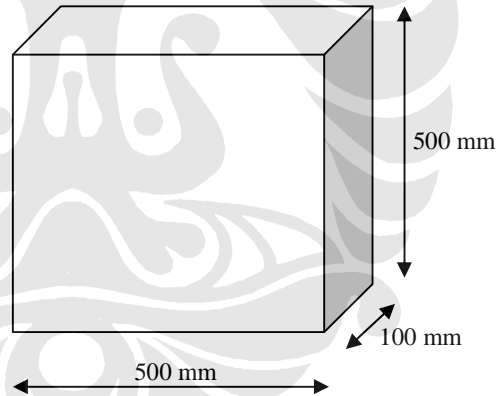
Pengecoran pada cetakan balok sama seperti pengecoran pada cetakan silinder. Cetakan balok mempunyai ukuran $100 \times 100 \times 500 \text{ mm}^3$, dimana hasil pengecoran ini digunakan untuk pengujian kuat lentur. Benda uji yang dipakai pada pengujian ini sebanyak 12 dengan 3 buah pertipenya pada umur 28 hari.



Gambar 3.5 Cetakan balok $100 \times 100 \times 500 \text{ mm}^3$

5. Pengecoran pada cetakan beton precast.

Pengecoran pada cetakan precast berupa beton SCC. Dimana pengecorannya dilakukan 2 kali. Karena kapasitas molen yang tidak mencukupi untuk satu kali pengecoran. Jumlah sampel keseluruhan sebanyak 3 dengan 1 buah pertipenya. Cetakan beton precast ini mempunyai ukuran $150 \times 500 \times 500 \text{ mm}^3$, dimana hasil benda uji precastnya dibor dengan alat core drill untuk pengujian kuat tekan sampel core drill pada umur 3, 7, 14, dan 28 hari.



Gambar 3.6 Cetakan beton precast $100 \times 500 \times 500 \text{ mm}^3$

Setelah pekerjaan pengecoran diselesaikan, cetakan benda uji silinder balok dan precast dibuka esok harinya (± 24 jam). Kemudian di rendam pada bak perawatan untuk benda uji silinder dan balok sedangkan untuk beton precast menggunakan penutup yang basah berupa karung goni. Model perawatan adalah benda uji direndam seluruhnya di bawah air, kira-kira 1 hari sebelum pengujian test tekan/geser/lentur benda uji dikering-udarkan.

3.6.3. Pengujian Beton Segar

Pada dasarnya pengujian beton segar dilakukan untuk melihat konsistensi campuran sebagai dasar untuk kemudahan pekerjaan. Pengujian beton segar yang dilakukan meliputi pengujian slump test, *slump flow*, *passing ability* dengan L-Box, dan waktu ikat (*setting time*). Beberapa standar pengujian beton segar menurut ASTM dapat dilihat di Tabel 3.9. Sedangkan untuk pengujian slump flow dan *passing ability* menggunakan referensi dari EFNARC. Kontrol ini dimaksudkan untuk mendapatkan keseragaman beton yang dihasilkan.

Pengujian	STANDARD
Slump Test	ASTM C 143 – 04
Waktu ikat (<i>Setting Time</i>)	ASTM C 403 – 04
Slump Flow	EFNARC Annex B.1
L-Box	EFNARC Annex B.3

Tabel 3.9. Beberapa standar pengujian beton segar menurut ASTM dan EFNARC.

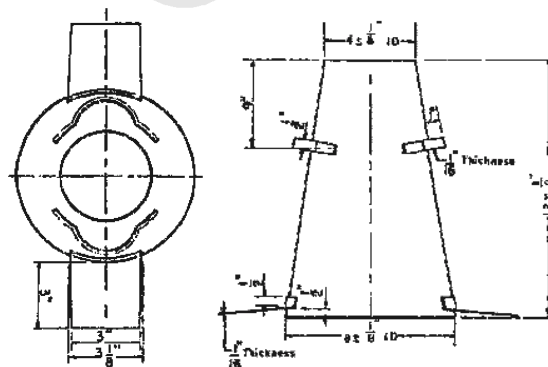
3.6.3.1. Slump test

1. Tujuan

Pengujian slump dilakukan untuk mengetahui tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*) pada beton normal.

2. Peralatan

- Kerucut terpancung (slump Cone) dari logam dengan ukuran tinggi 30 cm, diameter lingkaran bawah 20 cm dan lingkaran atas 10 cm.



Gambar 3.7 Cetakan slump test.

- b. Pelat logam datar.
- c. Penggaris berukuran.
- d. Batang baja silinder yang salah satu ujungnya dibulatkan dengan diameter 16 mm dan panjangnya 60 cm (*tamping rod*).
- e. Sekop kecil dan merata material.

3. Prosedur Pelaksanaan

- a. Basahi "*slump cone*" dan letakan ditempat yang datar, lembab, tidak menyerap/halus permukaan.
- b. Isi "*cone*" dengan tiga lapisan dan setiap lapisan sepertiga volume "*cone*". Injak sambil berdiri pada kupingannya pada saat pengisian.
- c. Padatkan setiap lapisan dengan tusukan sebanyak 25 kali dengan "*slump rod*". Condongkan sedikit "*slump rod*" supaya dapat menjangkau bagian sekeliling dulu lalu dilanjutkan arah memutar kebagian tengah. Dalam pengisian lapisan atas, penuh sampai melebihi permukaan "*cone*" sebelum penusukan dimulai.



Gambar 3.8 Pengujian slump test

- d. Ratakan permukaan sampel dengan memakai "*tamping rod*" sambil diulirkan.
- e. Bersihkan kelebihan sampel beton disekitar "*slump cone*".
- f. Angkat segera cone dengan arah vertikal perlahan-lahan dalam waktu ± 5 detik tanpa diputar.
- g. Ukur slump dari perbedaan tinggi cone dengan permukaan jatuhnya beton yang tertinggi. Catat hasil ukuran slump di dua titik yang berbeda.

h. Ulangi percobaan jika jatuhnya beton miring (shear slump) atau menyebar (collapse) dengan porsi sample yang baru.

4. Perhitungan.

Nilai slump yang didapat dirata-ratakan.

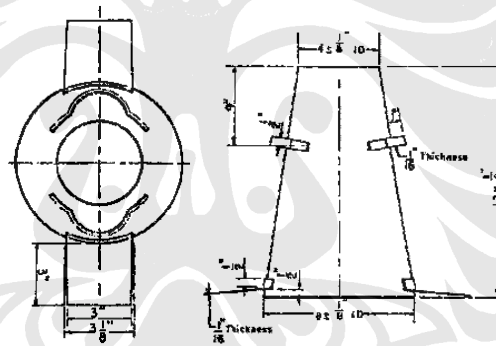
3.6.3.2. Slump Flow

1. Tujuan

Pengujian slump dilakukan untuk mengetahui tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*) pada beton dengan bahan tambah ADVA superplasticizers.

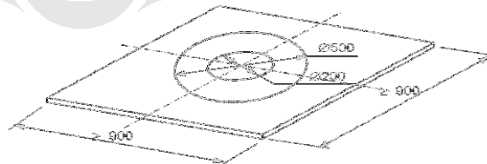
2. Peralatan

a. Kerucut terpancung (slump Cone) dari logam dengan ukuran tinggi 30 cm, diameter lingkaran bawah 20 cm dan lingkaran atas 10 cm.



Gambar 3.9 Cetakan slump test.

b. Papan slump dengan ukuran 90 x 90 cm.



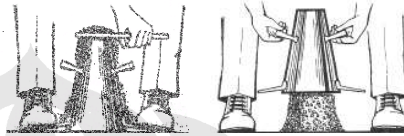
Gambar 3.10 Papan slump

c. Meteran.

d. Sekop kecil dan perata material.

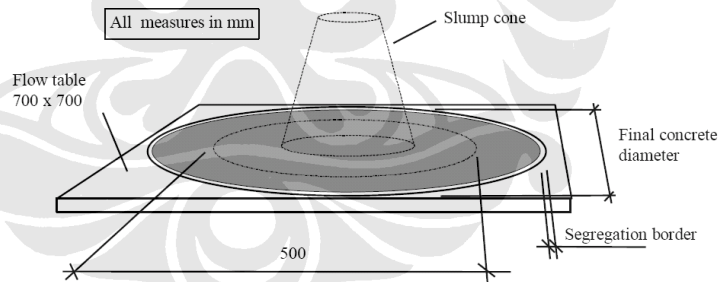
3. Prosedur Pelaksanaan

- a. Basahi “*slump cone*” dan letakan ditempat yang datar, lembab, tidak menyerap/halus permukaan.
- b. Isi “*cone*” dengan adukan beton. Injak sambil berdiri pada kupingannya pada saat pengisian.



Gambar 3.11 Pengujian slump flow

- c. Ratakan permukaan sampel dengan memakai “*tamping rod*” sambil diulirkan.
- d. Bersihkan kelebihan sampel beton disekitar “*slump cone*”.
- e. Angkat segera cone dengan arah vertikal perlahan-lahan dalam waktu ± 5 detik tanpa diputar dan biarkan beton mengalir dengan bebas.



Gambar 3.12 Diameter akhir beton

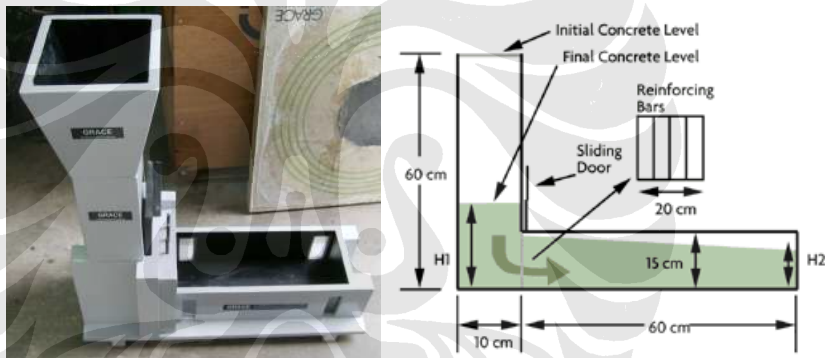
- f. Ukur diameter akhir dari beton yang telah mengalir dari dua arah yang berlawanan. Catat hasil ukuran slump.
- g. Rata-ratakan pengukuran diameter dari dua arah tersebut.

4. Perhitungan.

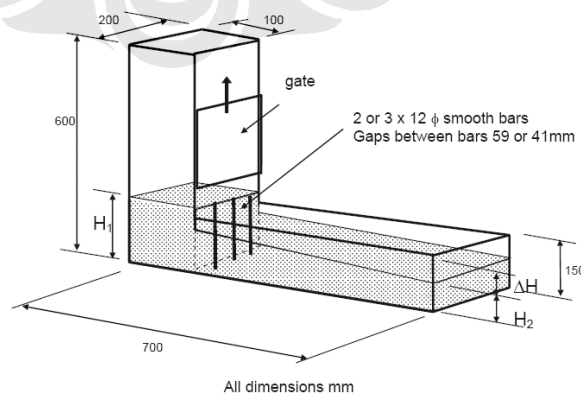
Semakin besar nilai *slump flow*, semakin besar kemampuan beton untuk mengisi dengan sendirinya kedalam perancah. Nilai *flow spread* sedikitnya 650 mm dibutuhkan untuk mendapatkan beton SCC. Toleransi sebesar ± 50 mm diberikan.

3.6.3.3. *L-box Test*

Pengujian L-Box test dilakukan untuk mengetahui kemudahan beton untuk mengalir dalam suatu kotak yang berbentuk L-Box. Di dalam kotak tersebut diberi penyekat berupa tulangan untuk mengetahui kemampuan beton mengalir melalui tulangan tersebut. Hasil akhir pengujian tersebut dapat dilihat dengan mengetahui beda tinggi (*passing ability*) setelah beton mengalir dalam waktu tertentu.



Gambar 3.13 L-Box



Gambar 3.14 Dimensi L-Box

1. Tujuan

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui kemampuan beton untuk mengisi dengan sendirinya kedalam perancah yang diberi penyekat berupa tulangan.

2. Peralatan

- a. L-Box.
- b. Pengaris.
- c. Wadah/Ember untuk memasukkan beton segar kedalam L-Box.

3. Prosedur Pelaksanaan

- a. Basahi L-Box dan letakan ditempat yang datar, lembab, tidak menyerap/halus permukaan.
- b. Isi L-Box dengan beton segar sampai penuh, kemudian angkat dengan segera pintu (*sliding door*) yang menghalangi beton segar untuk mengalir dalam L-box
- c. Ukur tinggi awal (H_1) dan tinggi akhir (H_2) beton yang mengalir.

4. Perhitungan

$$PA (\%) = \frac{H_2}{H_1} \times 100\%$$

Dimana :

PA = Beda tinggi antara tinggi awal dibagi tinggi akhir beton mengalir
(*Pasing Ability*)

H_1 = Tinggi awal beton mengalir (cm)

H_2 = Tinggi akhir beton mengalir (cm)

5. Hasil Pengujian⁶

L-Box mempunyai ketetapan umum, dimana toleransi beda tinggi yang terjadi, $\Delta H = \pm 1$ cm atau seperti pada tabel dibawah ini.

⁶ Standar EFNARC, *The European Guidelines for Self Compacting Concrete*, www.efca.info or www.efnarc.org

Class	Passing Ability (%)
PA1	$\geq 0,80$ with 2 rebars
PA2	$\geq 0,80$ with 3 rebars

Tabel 3.10 Klasifikasi *passing ability*

Dimana :

PA1 = Struktur dengan celah 80 – 100 mm (contoh : perumahan, struktur vertikal)

PA2 = Struktur dengan celah 60 – 80 mm (contoh : struktur teknik sipil)

3.6.3.4. *Setting Time*

Setting time disebut juga waktu ikat awal dalam pengujian beton segar. Waktu ikat yaitu waktu yang diperlukan oleh beton mulai beton dalam keadaan plastis, mudah dibentuk dan dikerjakan sampai beton menjadi tidak plastis. Waktu ikat pada beton normal dan pada beton yang menggunakan bahan tambah jarak atau jangka waktu yang digunakannya berbeda-beda.

1. Tujuan

Tujuan dari pengujian ini adalah saat beton tersebut mulai mengikat sehingga setelah waktu tersebut dilalui, beton tidak boleh diganggu lagi ataupun dirubah kembali kedudukannya.

2. Peralatan

- a. Saringan logam 4,75 mm (no. 4).
- b. Cawan dari logam.
- c. Sendok aduk, sarung tangan karet yang tidak menyerap air.
- d. Penetrometer
- e. Cetakan beton berbentuk kubus 15 x 15 x 15 cm.

3. Prosedur Pelaksanaan

- a. Persiapkan alat dan bahan yang diperlukan. Lumasi cetakan dengan minyak pelumas.

- b. Ambil beton segar dan ayak dengan saringan 4, 75 mm diatas kubus yang telah dipersipkan hingga mencapai ketinggian sekitar 2 cm dibawah batas atas cetakan kubus.
- c. Ketuk-ketuk bagian samping cetakan sehingga tidak ada lagi udara yang terperangkap dan untuk meratakan permukaannya.
- d. Letakkan benda uji diruang lembab sampai mortar cukup keras.
- e. Tekan batang penetromter menggunakan ujung dengan ukuran terbesar sampai mencapai batas tanda yang terdapat dalam batang tersebut.
- f. Ulangi lagi penekanan dengan interval waktu yang semakin dekat.
- g. Ganti ujung mata batang tersebut dengan diameter yang lebih kecil jika penekan terasa sulit.
- h. Penekanan selesai jika tekanan telah mencapai 500 psi untuk waktu ikat awal dan 4000 psi untuk waktu ikat akhir.
- i. Buat kurva atau grafik dari hasil pemeriksaan waktu ikat awal beton.

4. Perhitungan

Angka yang terbaca pada tongkat penetrometer dibagi dengan ukuran ujung penusuk yang digunakan. Ukuran mata penusuk: 1', ½', ¼', 1/10', 1/20'. Perhitungan penetrasi resisten dengan waktu yang dilalui menggunakan persamaan analisa regresi linier.

3.6.4. Pengujian Beton keras

Sifat beton keras dinyatakan dalam kekuatan dan keawetan. Sifat tersebut diperhitungkan setelah beton berumur 28 hari dimana dianggap proses pengembangan kekuatan telah mencapai 100%. Walaupun demikian, proses pengerasan setelah selesai dicetak sampai umur 28 hari harus dirawat secara serius terutama untuk beton mutu tinggi, karena kekuatan dan keawetan beton tergantung dari proses pematangan (*maturity*) tersebut. Pengujian beton keras dilakukan setelah masa perawatan contoh uji yang caranya dapat mengikuti SK.SNI.T-16-1991-03, SK.SNI.M-08-1991-03 memberikan tata cara pengujian untuk kuat lentur dan SK.SNI.M-10-1991-03 memberikan tata cara pengujian

untuk kuat tekan, sedangkan pengujian kuat geser tertuang dalam SK.SNI.M-09-1991-03. Benda uji yang digunakan berupa silinder dengan ukuran sesuai dengan yang disyaratkan. Beberapa standar menurut ASTM yang dapat digunakan untuk pengujian beton keras adalah sebagai berikut :

Pengujian	Standar ASTM
Pembuatan dan Perawatan Benda Uji	
Capping Silinder	C.617
Pembuatan dan perawatan benda uji dilaboratorium	C.192
Pengujian Kuat Tekan	
Silinder	C.39
Kuat Lentur	
Dengan tiga titik	C.78
Core Drill	
Pengujian dengan core drill dalam beton	C.42

Tabel 3.11 Beberapa standar pengujian beton keras menurut ASTM.

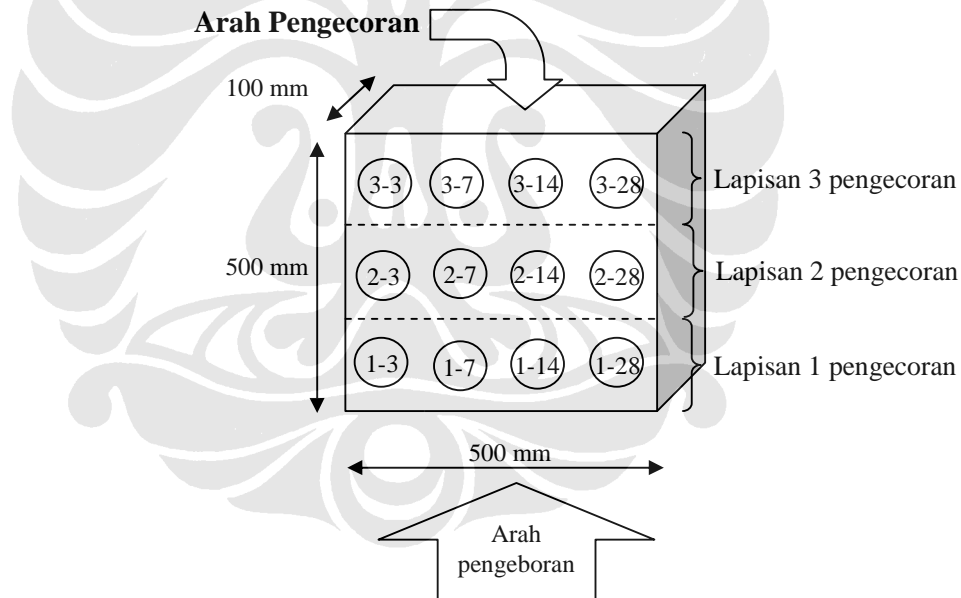
3.4.4.1. Pengeboran dengan Alat *Core Drill*

Core drill merupakan alat untuk mengebor terhadap beton bertulang, beton precast, aspal, tembok dan struktur lainnya. Bertujuan untuk mengetahui kekuatan beton pada beton yang telah mengeras dalam bentuk silinder. Pengeboran dengan alat core drill tidak menyebabkan retak yang menyebar pada beton, karena menggunakan alat *diamond core drilling* yang tidak menyebabkan getaran dan sebagai akibatnya struktur tidak menjadi berbahaya karena dibor.

Pengeboran dilakukan sehari sebelum umur untuk tes tekan dilakukan. Hasil pengeboran beton precast berupa sampel silinder dengan ukuran 6,9 x 13,8 cm². Untuk penamaan silinder pengecoran seperti tabel 3.12, dimana angka 1 (satu) menunjukkan lapisan pengecoran dan angka 3 (tiga) belakang tanda strip menunjukkan umur beton akan di uji kuat tekan. Pada tabel tersebut juga menjelaskan penjelasan kode dan untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 3.15.

<h1>1-3</h1>	
Kode	Penjelasan kode
1-3 1-7 1-14 1-28	Lapisan 1 (satu) umur 3, 7, 14, dan 28 hari
2-3 2-7 2-14 2-28	Lapisan 2 (dua) umur 3, 7, 14, dan 28 hari
3-3 3-7 3-14 3-28	Lapisan 3 (tiga) umur 3, 7, 14, dan 28 hari

Tabel 3.12 Penamaan benda uji silinder hasil pengeboran dengan alat core drill



Gambar 3.15 Pengeboran dengan alat core drill

Sampel precast di bor secara vertikal sesuai urutan umur yang tertera pada gambar 3.15, sedangkan pengeboran dilakukan secara horizontal seperti pada gambar 3.16. Adapun prosedur pelaksanaan *core drill* yaitu sebagai berikut :

- a. Beton precast yang akan diuji sesuai dengan umur perawatan dari curing.

- b. Beton precast yang akan dibor diberi angkur terlebih dahulu, agar posisi bor tidak bergoyang.
- c. Pasang alat *core drill* diatas beton precast yang akan dibor. Pastikan posisi alat bor sudah presisi atau tidak miring.
- d. Pasang selang air untuk pada alat *core drill* dan nyalakan keran air saat akan mulai mengebor.



Gambar 3.16 Aat core drill

- e. Mesin dijalankan dengan memutar tuas untuk pengeboran sesuai ketebalan beton.
- f. Beton yang telah siap di bor siap diuji kekuatannya melalui tahap pemotongan tinggi beton core drill agar mendapatkan tegak lurus dan menghasilkan kekuatan yang maksimum.

3.4.4.2. Uji kuat tekan

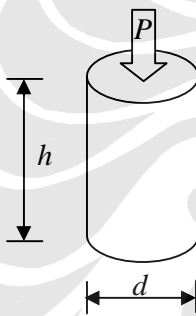
Kuat tekan beton dinyatakan dengan kuat tekan karakteristik yaitu kekuatan Beton yang dirancang harus memenuhi persyaratan kuat tekan rata-rata, yang memenuhi syarat berdasarkan data deviasi standar hasil uji kuat tekan (umur 1, 3, 7, 14 dan 28 hari). Kekuatan tekan merupakan kemampuan beton dalam menerima gaya tekan persatuan luas.

1. Prosedur Pelaksanaan
 - a. Silinder beton yang akan diuji sesuai dengan umur perawatan dari tempat curing.

- b. Permukaan benda uji diratakan dengan mortar belerang. Silinder juga ditimbang beratnya untuk memastikan kebenaran hasil tes berat isi beton.
- c. Silinder beton diletakan pada mesin tekan dengan sisi atas dan bawah harus rata dan benda dalam posisi sentries dengan silinder penekan pada mesin tekan.
- d. Mesin dijalankan dengan penambahan beban yang konstan, berkisar antar 2 sampai 4 kg/cm² tiap detik.
- e. Pembebanan dilakukan sampai silinder beton hancur dan dicatat besarnya beban maksimum.

2. Perhitungan

Besarnya kuat tekan ditentukan dengan rumus sebagai berikut :



$$\sigma_{tk} = \frac{P}{A} = \frac{P}{\frac{1}{4}\pi \times d^2} \text{ kg/cm}^2$$

Dimana : σ_{tk} = tegangan tekan (kg/cm²)

P = gaya tekan (kg)

A = luas penampang (cm²)

d = diameter (cm)

3.4.4.3. Uji kuat lentur

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya kekuatan lentur pada beton yang telah mengeras dengan benda uji berupa balok berukuran 10 cm x 10 cm x 50 cm. Benda uji ini dilakukan tes pada umur 28 hari sebanyak 3 buah untuk masing-masing jenis percobaan. Metode yang digunakan untuk pengujian yaitu thrid point loading, dimana dua beban garis P diberikan tepat pada jarak 1/3 bentang. Besarnya beban garis P yang dicatat pada pengujian ini adalah beban pada saat benda uji patah.

1. Prosedur Pelaksanaan

- a. Tempatkan sampel uji pada posisi simetris terhadap bearing block.

- b. Lakukan pembebanan dimana posisi balok berada tepat ditengah antara dua perletakan (*supports*).
- c. Pembebanan dilakukan secara kontinu. Lakukan sampai sample uji mengalami retak atau runtuh.
- d. Tentukan posisi retak pada sample uji.

2. Perhitungan

Nilai kuat tekan lentur dihitung dari harga momen di posisi retak dibagi dengan momen statis penampang balok dengan rumus sebagai berikut :

a. Keruntuhan pada tengah bentang, $\sigma_{lentur} = \frac{P \times L}{bd^2} \text{ kg/cm}^2$

b. Keruntuhan yang terjadi pada bagian tarik diluar tengah bentang,

$$\sigma_{lentur} = \frac{3P \times a}{bd^2} \text{ kg/cm}^2$$

Dimana : σ_{lentur} = tegangan lentur (kg/cm^2)

P = beban maksimum yang terjadi (kg).

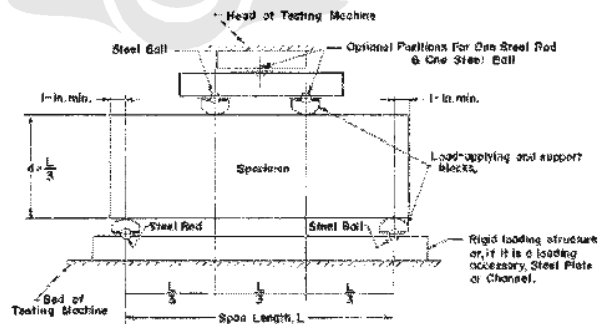
L = panjang bentang (cm)

b = lebar specimen (cm)

d = tinggi specimen (cm)

a = jarak rata-rata dari garis keruntuhan dan titik perletakan

terdekat diukur pada bagian tarik specimen.



Gambar 3.17 Pengujian dengan *third point loading*.

3.4.4.4. Uji kuat geser

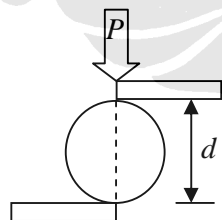
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya kekuatan geser pada beton yang telah mengeras dengan benda uji berupa silinder berdiameter 10 cm dan tinggi 20 cm. Benda uji ini dilakukan tes pada umur 7, 14, dan 28 hari sebanyak 3 buah untuk masing-masing jenis percobaan. Besarnya beban garis P yang dicatat pada pengujian ini adalah beban pada saat benda uji patah.

1. Prosedur Pelaksanaan

- a. Silinder beton yang akan diuji sesuai dengan umur perawatan dari tempat curing. Silinder juga ditimbang beratnya untuk memastikan kebenaran hasil tes berat isi beton.
- b. Atur pelat pada mesin tekan dengan pelat bagian bawah penahan silinder beton dalam posisi tidur. Untuk posisi atas juga dilakukan hal yang sama, dimana posisi atas dan bawah harus rata dan benda dalam posisi sentris dengan silinder penekan pada mesin tekan.
- c. Mesin dijalankan dengan penambahan beban yang konstan, berkisar antar 2 sampai 4 kg/cm² tiap detik.
- d. Pembebanan dilakukan sampai silinder beton terbelah menjadi dua bagian dan dicatat besarnya beban maksimum.

2. Perhitungan

Besarnya kuat tekan ditentukan dengan rumus sebagai berikut :



$$\sigma_{geser} = \frac{P}{L \times d} \text{ kg/cm}^2$$

Dimana : σ_{geser} = tegangan geser (kg/cm²)

P = beban maksimum yang terjadi (kg).

L = panjang bentang (cm)

d = tinggi specimen (cm)

