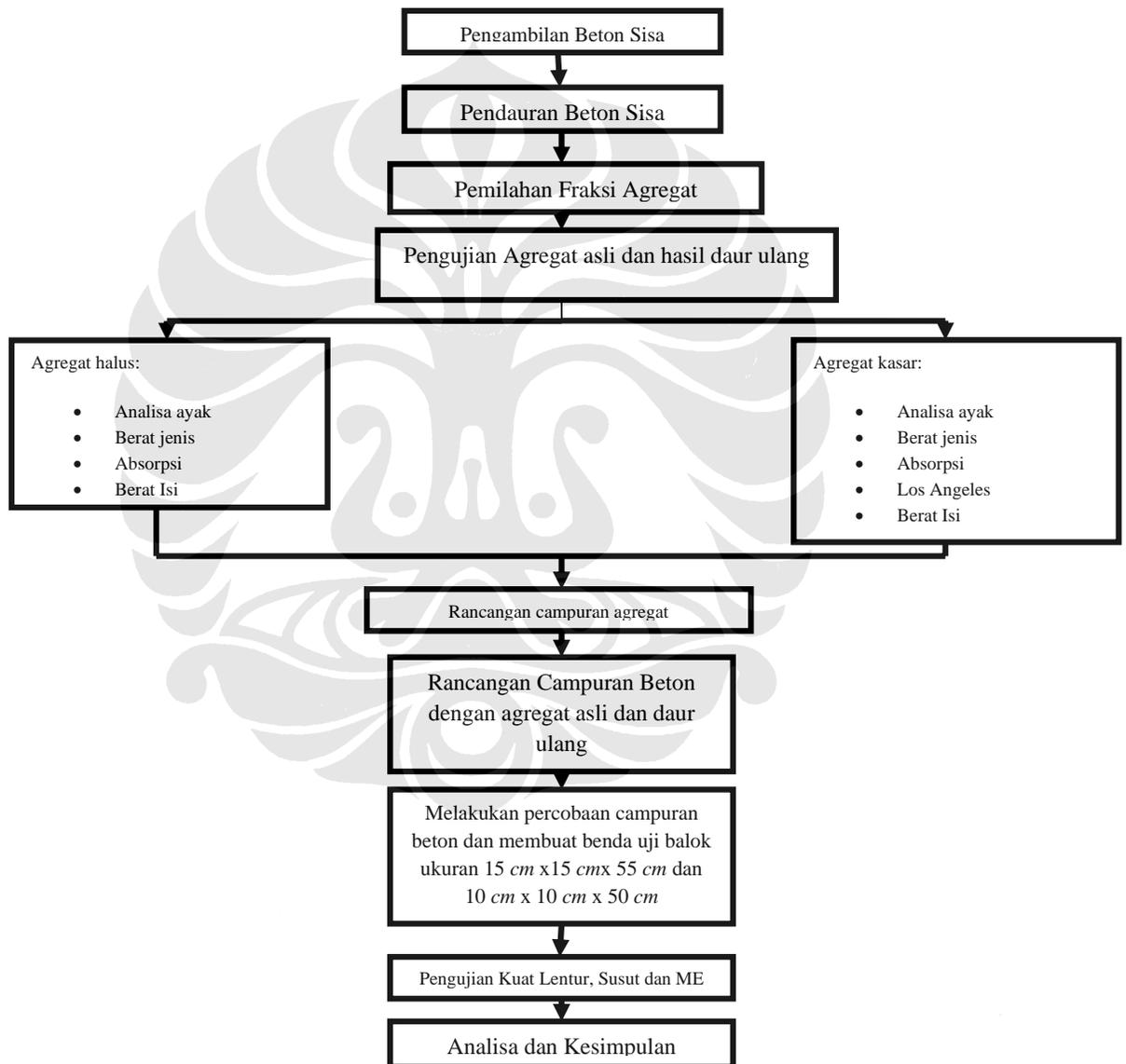


BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian dilakukan secara eksperimental di laboratorium dan langkah kerja dapat dilihat pada bagan berikut:



Gambar III.1 Prosedur Penelitian

3.1 PENGAMBILAN BETON SISA

Pada langkah ini akan dilakukan pengambilan beton sisa dari PT Pioner Beton yang sudah tidak terpakai lagi.

3.2 PEMILAHAN FRAKSI AGREGAT

Dalam proses pemilahan ini akan dilakukan pembagian material menjadi 2 (dua) fraksi yaitu:

- Agregat halus
- Agregat kasar

Adapun pembagian fraksi akan dilakukan dengan pengayakan melalui saringan. Menurut ASTM C 125 - 92, agregat kasar adalah porsi dari agregat yang tertahan (9,5 mm) dan pada saringan 4,75 mm (saringan No.4 standar ASTM), sedangkan agregat halus adalah agregat yang lewat ayakan 3/8 in (9,5 mm) dan hampir seluruhnya melewati saringan 4,75 mm (saringan No.4 standar ASTM) dan tertahan pada ayakan 75- μ m (No.200).

3.3 PENGUJIAN AGREGAT

3.3.1 Pengujian Agregat Halus

3.3.1.1 Analisa Ayak

Pengujian ini berdasarkan standar ASTM C 136 – 95a

a. Tujuan:

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dengan menggunakan saringan.

b. Peralatan:

- Timbangan dan neraca dengan ketelitian 0.2 % dari berat benda uji.
- Satu set saringan : 76.2 mm (3"); 63.5 mm (2½"); 50.8 mm (2"); 37.5 mm (1½"); 25 mm (1"); 19.1 mm (¾"); 12.5 mm (½"); 9.5 mm (¼"); No.4; No.8; No.16; No.30; No.50; No.100; No.200 (standar ASTM).
- Oven yang dilengkapi dengan pengukur suhu untuk memanasi sampai (110±5)°C.
- Alat pemisah contoh (*sample splitter*).
- Mesin penggetar saringan.

- Talam-talam.
 - Kuas, sikat kuningan, sendok, dan alat-alat lainnya.
- c. Bahan:
- Benda uji diperoleh dari alat pemisah contoh atau cara perempat.
 - Ukuran maksimum No.4 berat minimum 500 *gram*.
 - Ukuran maksimum No.8 berat minimum 100 *gram*
- d. Prosedur
- Sediakan benda uji sebanyak 500 *gram*.
 - Benda uji dikeringkan di dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ sampai berat tetap.
 - Menyaring benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran No.8, 16, 30, 50, 100, 200, pan. Kemudian saringan diguncang dengan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit.
 - Timbang berat agregat halus pada masing-masing saringan
- e. Perhitungan:
- Menghitung persentase gerak benda uji yang tertahan di atas masing-masing saringan terhadap berat total benda uji.

3.3.1.2 Pengujian Berat Jenis dan Absorpsi Agregat Halus

Pengujian ini dilakukan berdasarkan standar ASTM C 128 - 93.

- a. Tujuan:
- Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan *bulk* dan *apparent specific gravity* dan absorpsi dari agregat halus menurut ASTM C 128 guna menentukan agregat dalam beton.
- b. Peralatan:
1. Neraca timbangan dengan kepekaan 0,1 *gram* dan kapasitas minimum 1 *kg*.
 2. Piknometer kapasitas 500 *gram*.
 3. Cetakan kerucut pasir.
 4. Tongkat pemadat dari logam untuk cetakan kerucut pasir.

c. Bahan:

Seribu *gram* agregat halus, diperoleh dari alat pemisah contoh atau cara perempat.

d. Prosedur:

1. Agregat halus dibuat jenuh air dengan cara merendam selama 1 hari, kemudian dikeringkan sampai merata (Free Flowing Condition).
2. Sebagian benda uji dimasukkan pada *metal sand cone mold*. Benda uji kemudian dipadatkan dengan tongkat pemadat sampai 25 kali tumbukan. Kondisi SSD (*Surface Dry Condition*) diperoleh jika cetakan diangkat, agregat halus runtuh/longsor.
3. Agregat halus dalam keadaan SSD sebanyak 500 *gram* dimasukkan ke dalam piknometer dan diisikan air sampai 90 % kapasitas. Gelembung-gelembung udara dihilangkan dengan cara mengoyang-goyangkan piknometer. Rendam dalam air dengan temperatur air 73.4 ± 30 °F selama paling sedikit 1 hari. Tentukan berat piknometer benda uji dan air.
4. Pisahkan benda uji dari piknometer dan dikeringkan pada temperatur $212 - 230$ °F selama 1 hari.
5. Tentukan berat piknometer berisi air sesuai kapasitas kalibrasi pada temperatur 73.4 ± 30 °F dengan ketelitian 0.1 *gram*.

e. Perhitungan:

• Bulk Specific Gravity (SSD) : $\frac{500}{B + 500 - C}$ (3.1)

• Apparent Specific Gravity : $\frac{A}{B + A - C}$ (3.2)

• Prosentasi Absorpsi : $\frac{500 - A}{A} \times 100\%$ (3.3)

Keterangan:

A = Berat (*gram*) dari benda uji *oven dry*

B = Berat (*gram*) dari piknometer berisi air

C = Berat (*gram*) dari piknometer dengan benda uji dan air sesuai kapasitas kalibrasi

3.3.1.3 Pemeriksaan Berat Isi Agregat

Pengujian ini berdasarkan ASTM C 29/29M - 97.

a. Tujuan Percobaan

Pemeriksaan ini dimaksud untuk menentukan berat isi agregat halus.

Berat isi adalah perbandingan berat dengan isi.

b. Peralatan

1. Timbangan dengan ketelitian 0.1 % berat contoh
2. Talam kapasitas cukup besar untuk mengeringkan contoh agregat
3. Tongkat pemadat diameter 15 mm, panjang 60 cm dengan ujung bulat sebaiknya terbuat dari baja tahan karat
4. Mistar perata (*straight edge*)
5. Wadah baja yang cukup kaku berbentuk silinder dengan alat pemegang, berkapasitas sebagai berikut :

Tabel III.1 Daftar Peralatan Percobaan Berat Isi Agregat Kasar

Kapasitas (liter)	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Tebal Wadah Minimum (mm)		Ukuran Butir Maksimum (mm)
			Dasar	Sisi	
2.832	152.4 ± 2.5	154,9 ± 2.5	5.08	2.54	12.7
9.435	203.2 ± 2.5	292,1 ± 2.5	5.08	2.54	25.4
14.158	254.0 ± 2.5	279,4 ± 2.5	5.08	3.00	38.1
28.316	355.6 ± 2.5	284,4 ± 2.5	5.08	3.00	101.8

c. Benda Uji

- d. Masukkan contoh agregat ke dalam talam sekurang-kurangnya sebanyak kapasitas wadah sesuai tabel III.1, keringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}$ C sampai berat tetap.

e. Prosedur

- ✓ Berat isi lepas
 - Timbang dan catat berat wadah (w_1).
 - Masukkan benda uji dengan hati-hati agar tidak terjadi pemisahan butir-butir dari ketinggian maksimum 5 cm di atas wadah dengan menggunakan sendok atau sekop sampai penuh.
 - Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata.
 - Timbang dan catatlah berat wadah beserta benda uji (w_2).
 - Hitunglah berat benda uji ($w_3 = w_2 - w_1$).

- ✓ Berat isi padat agregat ukuran butir maksimum 36.1 mm (1½") dengan cara penusukkan
 - Timbanglah dan catat berat wadah (w_1).
 - Isilah wadah dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali tusukan secara merata. Pada pemadatan tongkat harus tepat masuk sampai lapisan bagian bawah tiap-tiap lapisan.
 - Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata.
 - Timbang dan catatlah berat wadah beserta benda uji (w_2).
 - Hitunglah berat benda uji ($w_3 = w_2 - w_1$).
- ✓ Berat isi pada agregat ukuran butir antara 38.1 mm (1½") sampai 101.8 mm (4") dengan cara penggoyangan
 - Timbanglah dan catat berat wadah (w_1).
 - Isilah wadah dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal.
 - Padatkan setiap lapisan dengan cara menggoyang-goyangkan wadah seperti berikut:
 - Letakkan wadah di atas tempat yang kokoh dan datar, angkatlah salah satu sisinya kira-kira setinggi 5 cm kemudian lepaskan.
 - Ulangi hal ini pada sisi yang berlawanan. Padatkan lapisan sebanyak 25 kali untuk setiap sisi.
 - Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata.
 - Timbang dan catatlah berat wadah beserta benda uji (w_2).
 - Hitunglah berat benda uji ($w_3 = w_2 - w_1$).

f. Perhitungan

$$\text{Berat Isi Agregat} = \frac{W_3}{V} \text{ kg / dm}^3 \dots\dots\dots(3.4)$$

3.3.1.4 Pemeriksaan Bahan Lewat Saringan No. 200

Pemeriksaan Bahan Lewat Saringan No. 200 sesuai dengan standar ASTM C 117 - 04.

a. Tujuan Percobaan :

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan jumlah bahan yang terdapat dalam agregat lewat saringan No.200 dengan cara pencucian.

b. Peralatan

1. Saringan No.16 dan No.200.
2. Wadah pencucian benda uji berkapasitas cukup besar sehingga pada waktu diguncang-guncang, benda uji dan atau air pencuci tidak tumpah.
3. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $[110\pm 5]^{\circ}\text{C}$.
4. Timbangan dengan ketelitian 0.1 % berat contoh.
5. Talam berkapasitas cukup besar untuk mengeringkan contoh agregat.

c. Bahan

- ✓ Berat contoh agregat kering minimum tergantung pada ukuran agregat maksimum sesuai tabel dibawah ini :

Tabel III.2 Ukuran Agregat Kering Minimum

Ukuran Agregat Maksimum		Berat Contoh Agregat Kering Minimum
<i>mm</i>	<i>inci</i>	<i>Gram</i>
2,36	No. 8	100
1,18	No. 4	500
9,5	$\frac{1}{4}$	2000
19,1	$\frac{3}{4}$	2500
38,1	$1\frac{1}{2}$	5000

d. Persiapan benda uji

- ✓ Masukkan contoh agregat lebih kurang 25 kali berat benda uji ke dalam talam, keringkan dalam oven dengan suhu $[110 \pm 5]^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap.
- ✓ Siapkan benda uji dengan berat $[w_1]$ sesuai dengan tabel III.2.

e. Prosedur

1. Masukkan benda uji ke dalam wadah, dan diberi air pencuci secukupnya sehingga benda uji terendam.
2. Guncang-guncangkan wadah dan tuangkan air cucian ke dalam susunan saringan No.16 dan No.200. Pada waktu menuangkan air cucian, usahakan agar bahan-bahan yang kasar tidak ikut tertuang.

3. Masukkan air pencuci baru, dan ulanglah pekerjaan No.2 sampai air cucian menjadi bersih.
 4. Semua bahan yang tertahan No.16 dan No.200 kembalikan ke dalam wadah; kemudian masukkan seluruh bahan tersebut ke dalam talam yang telah diketahui beratnya [w_2] dan keringkan dalam oven dengan suhu [110 ± 5]°C sampai berat tetap.
 5. Setelah kering timbang dan catatlah beratnya [w_3].
 6. Hitunglah berat bahan kering tersebut [$w_4 = w_3 - w_2$].
- f. Perhitungan

$$\text{Jumlah bahan lewat saringan No.200} = \frac{w_1 - w_4}{w_1} \times 100\% \dots\dots\dots(3.5)$$

3.3.2 Pengujian Agregat Kasar

3.3.2.1 Analisa Ayak

Pengujian ini dilakukan berdasarkan standar ASTM C 136 – 95a.

- a. Tujuan:
Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat kasar dengan menggunakan saringan.
- b. Peralatan:
 - Timbangan dan neraca dengan ketelitian 0.2 % dari berat benda uji.
 - Satu set saringan : 76.2 mm (3"); 63.5 mm (2½"); 50.8 mm (2"); 37.5 mm (1½"); 25 mm (1"); 19.1 mm (¾"); 12.5 mm (½"); 9.5 mm (¼"); No.4; No.8; No.16; No.30; No.50; No.100; No.200 (standar ASTM).
 - Oven yang dilengkapi dengan pengukur suhu untuk memanasi sampai (110±5)°C.
 - Alat pemisah contoh (*sample splitter*).
 - Mesin penggetar saringan.
 - Talam-talam.
 - Kuas, sikat kuning, sendok, dan alat-alat lainnya.
- c. Bahan:
Benda uji diperoleh dari alat pemisah.
- d. Prosedur

- Sediakan benda uji sebanyak 2.5 kg.
- Benda uji dikeringkan di dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap.
- Menyaring benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran 1, $\frac{3}{4}$, $\frac{3}{8}$, $\frac{1}{2}$, 4, 8, dan pan. Kemudian saringan diguncang dengan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit.
- Timbang berat agregat halus pada masing-masing saringan

e. Perhitungan:

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

3.3.2.2 Pemeriksaan Berat Jenis dan Absorpsi Agregat Kasar

Pengujian ini dilakukan berdasarkan standar ASTM C 127 - 88.

a. Tujuan:

Menentukan *bulk* dan *apparent specific gravity* dan absorpsi dari agregat kasar menurut ASTM C 127 guna menentukan volume agregat dalam beton.

b. Peralatan:

- Timbangan dengan ketelitian 0.5 gram, kapasitas minimum 5 kg.
- Panjang besi 8 in dan tinggi 2.5 in.
- Alat penggantung keranjang
- Oven
- Handuk

c. Bahan:

11 liter agregat [SSD] diperoleh dari alat pemisah contoh atau alat perempatan. Bahan benda uji lewat saringan No.4 dibuang.

d. Prosedur:

- Benda uji direndam 24 jam.
- Benda uji digulung dengan handuk, sehingga air permukaannya habis, tetapi harus masih tampak lembab (kondisi SSD). Timbang.
- Benda uji dimasukkan ke keranjang dan direndam kembali dalam air. Temperatur air $73,4 \pm 3^{\circ}\text{F}$ dan ditimbang sebelum *container* diisi

benda uji, digoyang-goyang dalam air untuk melepaskan udara yang terperangkap.

- Benda uji dikeringkan pada temperatur 212 – 230⁰F. Didinginkan dan ditimbang.

e. Perhitungan:

- *Bulk Specific Gravity (SSD)* : $\frac{B}{B - C}$ (3.6)

- *Apparent Specific Gravity* : $\frac{A}{A - C}$ (3.7)

- *Persentase Absorpsi* : $\frac{B - A}{A} \times 100\%$ (3.8)

Keterangan:

A = Berat (*gram*) dari benda uji *oven-dry* di udara.

B = Berat (*gram*) dari benda uji pada kondisi SSD.

C = Berat (*gram*) dari benda uji pada kondisi jenuh.

3.3.2.3 Pemeriksaan Abrasi dengan Menggunakan Mesin Los Angeles

Pemeriksaan ini dilakukan berdasarkan standar ASTM C 131 - 89.

a. Tujuan:

Pemeriksaan ini dimaksudkan ini untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan mempergunakan mesin Los Angeles. Keausan agregat tersebut dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus lewat saringan No. 12 terhadap berat semula, dalam persen.

b. Peralatan

- Saringan $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{8}$.
- Mesin Los Angeles; mesin terdiri dari silinder baja tertutup pada kedua sisinya dengan diameter 71 *cm* (26") panjang dalam 50 *cm* (20"). Silinder tertumpu pada dua poros pendek yang tak menerus dan berputar pada poros mendatar. Silinder berlubang untuk memasukkan benda uji. Penutup lubang terpasang rapat sehingga permukaan dalam silinder tidak terganggu. Dibagian dalam silinder terdapat bilah baja melintang penuh setinggi 8.9 *cm* (3.56").

- Saringan No. 12 dan saringan-saringan lainnya seperti tercantum dalam No.1.
- Timbangan dengan ketelitian 5 gram.
- Bola-bola baja dengan diameter rata-rata 4.68 cm dan berat masing-masing antara 390 gram sampai 445 gram.
- Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

c. Bahan:

- Berat dengan gradasi benda uji sesuai tabel III.1.
- Bersihkan benda uji dan keringkan dalam oven pada suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ sampai berat tetap.

d. Prosedur

- Keringkan aggeragat kasar dalam oven $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ selama 1 hari
- Saring benda uji dalam saringan $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{8}$
- Benda uji dan bola-bola baja dimasukkan ke dalam mesin Los Angeles.
- Putar mesin dengan kecepatan 30 sampai 33 rpm, 500 putaran untuk gradasi A dan B selam 15 menit.
- Tunggu 5 menit agar agregat yang menempel pada dinding mesin berkumpul di bawah.
- Setelah selesai pemutaran, keluarkan benda uji dari mesin kemudian saring dengan saringan No.12. Butiran yang tertahan dicuci bersih, selanjutnya dikeringkan dalam oven suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ sampai berat tetap.

e. Perhitungan:

$$\text{Keausan} = \frac{A - B}{B} \times 100\% \dots\dots\dots(3.9)$$

Keterangan:

A = Berat benda uji semula (gram)

B = Berat benda uji tertahan saringan No. 12 (gram)

3.3.2.4 Pemeriksaan Berat Isi Agregat

Pengujian ini berdasarkan ASTM C 29/29M - 97.

a. Tujuan Percobaan

Pemeriksaan ini dimaksud untuk menentukan berat isi agregat kasar.

Berat isi adalah perbandingan berat dengan isi.

b. Peralatan

1. Timbangan dengan ketelitian 0.1 % berat contoh
2. Talam kapasitas cukup besar untuk mengeringkan contoh agregat
3. Tongkat pemadat diameter 15 mm, panjang 60 cm dengan ujung bulat sebaiknya terbuat dari baja tahan karat
4. Mistar perata (*straight edge*)
5. Wadah baja yang cukup kaku berbentuk silinder dengan alat pemegang.

c. Benda Uji

Masukkan contoh agregat ke dalam talam sekurang-kurangnya sebanyak kapasitas wadah sesuai tabel III.1; keringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap.

d. Prosedur

- ✓ Berat isi lepas
 - Timbang dan catat berat wadah (w_1)
 - Masukkan benda uji dengan hati-hati agar tidak terjadi pemisahan butir-butir dari ketinggian maksimum 5 cm di atas wadah dengan menggunakan sendok atau sekop sampai penuh
 - Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata
 - Timbang dan catatlah berat wadah beserta benda uji (w_2)
 - Hitunglah berat benda uji ($w_3 = w_2 - w_1$)
- ✓ Berat isi padat agregat ukuran butir maksimum 36.1 mm (1½") dengan cara penusukkan
 - Timbanglah dan catat berat wadah (w_1)
 - Isilah wadah dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali

tusukan secara merata. Pada pemadatan tongkat harus tepat masuk sampai lapisan bagian bawah tiap-tiap lapisan.

- Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata
 - Timbang dan catatlah berat wadah beserta benda uji (w_2)
 - Hitunglah berat benda uji ($w_3 = w_2 - w_1$)
- ✓ Berat isi pada agregat ukuran butir antara 38,1 mm (1½") sampai 101,8 mm (4") dengan cara penggoyangan
- Timbanglah dan catat berat wadah (w_1)
 - Isilah wadah dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal
 - Padatkan setiap lapisan dengan cara menggoyang-goyangkan wadah seperti berikut:
 - Letakkan wadah di atas tempat yang kokoh dan datar, angkatlah salah satu sisinya kira-kira setinggi 5 cm kemudian lepaskan
 - Ulangi hal ini pada sisi yang berlawanan. Padatkan lapisan sebanyak 25 kali untuk setiap sisi
 - Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata
 - Timbang dan catatlah berat wadah beserta benda uji (w_2)
 - Hitunglah berat benda uji ($w_3 = w_2 - w_1$).

3.4 PERCOBAAN CAMPURAN BETON

3.4.1 Perbandingan Campuran Beton

- ✓ Konsep Perhitungan Campuran Beton

Perbandingan campuran bahan-bahan beton harus dipilih untuk mendapatkan beton yang paling ekonomis, sehingga dengan menggunakan bahan-bahan yang tersedia akan menghasilkan beton yang mempunyai *workability*, *durability*, dan *strength* seperti yang diinginkan. Tes-tes laboratorium adalah dimaksudkan untuk menentukan hubungan antara komponen-komponen material beton seperti agregat, semen, air, dan *admixture* sehingga didapatkan kombinasi yang optimum, akan tetapi perbandingan yang terakhir harus ditentukan dengan cara coba-coba dan disesuaikan dengan keadaan di lapangan.

✓ Metode Perhitungan Campuran Beton

Perbandingan campuran beton pada prinsipnya harus dicari dengan cara coba-coba. Tes-tes terhadap campuran beton sebelum pengecoran beton dilaksanakan tidak boleh dilakukan dengan menggunakan material-material yang betul-betul diambil dari material yang akan digunakan. Dan setelah didapatkan perbandingan campuran yang dianggap cocok kemudian harus diselidiki dan disesuaikan dengan menggunakan *batching plant* yang sesungguhnya akan digunakan di lapangan.

3.4.2 Prosedur Perhitungan Campuran

Prosedur perhitungan campuran beton pada prinsipnya dilakukan dengan cara coba-coba, dan pada garis besarnya adalah sebagai berikut:

1. Tes terhadap material beton, untuk memeriksa apakah material tersebut memenuhi syarat spesifikasi atau tidak.
2. Menentukan ukuran butiran maksimum agregat kasar, *slump*, dan kandungan udara yang disesuaikan dengan kebutuhan konstruksi dan pelaksanaan pekerjaan.
3. Menentukan *water-cement ratio* yang memenuhi *strength* dan *durability* yang diperlukan.
4. Menentukan perbandingan campuran dengan cara coba-coba di dalam *batch*, dengan jumlah air adukan dan presentase pasir terhadap agregat yang untuk sementara ditentukan.
5. Penyesuaian jumlah air adukan dan *admixture* untuk mendapatkan *slump* dan kandungan udara yang diperlukan.

3.4.3 Menentukan Ukuran Butir Maksimum Agregat Kasar

Ukuran butiran maksimum agregat kasar tidak boleh menyimpang dari ketentuan spesifikasi yang telah ditetapkan. Selama dalam batas-batas harga dan spesifikasi kemungkinan penggunaan agregat yang lebih besar adalah dibenarkan, akan tetapi hal ini akan menyebabkan berkurangnya air dan semen. Ukuran

agregat maksimum yang akan digunakan untuk campuran beton untuk suatu konstruksi tertentu dapat ditentukan dengan menggunakan tabel III.3.

Tabel III.3 Ukuran Agregat Maksimum Yang Dianjurkan Dalam Berbagai Macam-Macam Tipe Konstruksi³

Dimensi Bagian Konstruksi [cm]	Ukuran agregat maksimum [mm] untuk:		
	Dinding balok; kolom bertulang	Slab dengan penulangan maksimum	Slab dengan Penulangan minimum
12,5	-	20-40	20-40
15-30	20-40	40	40-80
30-75	40-80	80	80-150
75	40-80	80	150

3.4.4 Menentukan *Slump*

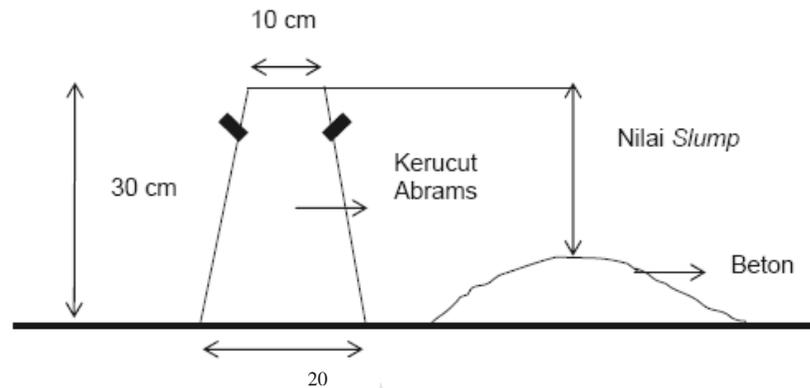
Slump suatu beton adalah lebih baik ditentukan serendah-rendahnya tetapi masih dapat dikerjakan dengan baik. Semakin rendah *slump* akan semakin sedikit jumlah air yang diperlukan, ini berarti akan semakin tinggi *strength* beton yang dihasilkan. Untuk menentukan *slump* suatu beton yang akan digunakan untuk bermacam-macam konstruksi dapat ditentukan dengan tabel III.4.

Tabel III.4 Ukuran *Slump* Maksimum Yang Dianjurkan Dalam Berbagai Macam Tipe Konstruksi⁴

Jenis konstruksi	<i>Slump</i> maksimum [cm]
1. heavy mass concrete	5
2. canal lining dengan tabel >8cm	8
3. slap dan tunnel invert	5
4. walls, pier, parapet, dan curb	5
5. side walls, tunnel lining	10
6. konstruksi lainnya	8

³ US Bureau of Reclamation. "Concrete Manual". 8th edition. 1975

⁴ US Bureau of Reclamation. "Concrete Manual". 8th edition. 1975



Gambar III.2 Sketsa *slump* tes

3.4.5 Menentukan Jumlah Air Adukan, Kandungan Udara dan Persentase Pasir Terhadap Agregat

1. Banyaknya kandungan udara di dalam beton yang menggunakan *air-entraining admixture* umumnya berkisar antara 3% – 6% dari volume beton tergantung kepada ukuran agregat maksimum yang digunakan.
2. Untuk mendapatkan *strength* yang terbesar, *durability*, dan sifat-sifat lainnya yang dikehendaki dengan baik, beton harus dibuat menggunakan jumlah air adukan yang terkecil tetapi masih dapat dikerjakan dengan baik. Jumlah air adukan (per meter kubik beton) yang diperlukan untuk membuat campuran beton dengan kekentalan yang dikehendaki dipengaruhi oleh ukuran agregat maksimum, bentuk partikel, dan gradasi dari agregat dan jumlah tambahan kandungan udara.
3. Harga-harga dari jumlah agregat kasar, jumlah air adukan, dan presentase pasir terhadap agregat yang diperlukan per meter kubik beton untuk bermacam-macam ukuran maksimum agregat kasar dapat menggunakan sebuah tabel.

3.4.6 Menentukan *Water-Cement Ratio*

Kualitas beton dapat diukur dari *workabilty*, *durability*, dan *strength* beton tersebut. Kualitas beton sebanding dengan jumlah semen yang digunakan dalam campuran beton. Untuk mendapatkan kualitas beton yang diinginkan, jumlah semen yang diperlukan dapat dihitung dari *water-cement ratio* dan jumlah air

adukan yang telah ditentukan. *Water-cement ratio* ini harus ditentukan dengan memperhitungkan *strength* dan *durability* beton yang diperlukan. Dalam memilih *water-cement ratio* berdasarkan kepada *compressive strength*, maka hubungan antara *water-cement ratio* dengan *compressive strength* (dalam umur 28 hari) pada prinsipnya harus ditentukan dengan tes-tes laboratorium.

Tabel III.5 Perbandingan Material Yang Digunakan Dalam Berbagai *Design Mix*

Size of Agregate [mm]	Uint Coarse agregate Content by Volume [%]	Concrete without AE ad.			
		Entrapped Air [%]	Sand Percent S/A [%]	Water content W [kg]	Air Content [%]
15	53	2.5	49	190	7.0
20	61	2.0	45	185	6.0
25	66	1.5	41	175	5.0
40	72	1.2	36	165	4.5
50	75	1.0	33	155	4.0
80	81	0.5	31	140	3.5

Catatan: *harga-harga diatas berlaku untuk beton yang menggunakan pasir alam dengan FM = 2.8, dan *slump* beton dalam *mixer* 8cm.

* penyesuaian harga-harga di atas untuk kondisi yang lain dengan menggunakan tabel III.4.

Tabel III.6 Penyesuaian Harga Perbandingan Material

	Change in material or proportion	Correction on s/a and w	
		Sand percent s/a [%]	Water content W [kg]
1	Each 0.1 increase or decrease in FM of sand	± 0.5	No correction
2	Each 1 cm increase or decrease in slump	No correction	±1.2 %
3	Each 1 % increase or decrease in air content	±0.5 ~ 1	± 3 %
4	Using crused coarse agregate	±3 ~ 5	±9 ~ 15
5	Using crused coarse sand	±2 ~ 3	±6 ~ 9
6	Each 0.05 increase or decrease in water-cement ratio	± 4	No correction
7	Each 1 % increase or decrease in S/A	No correction	± 1.5

Tabel III.7 Harga-harga *Compressive Strength* Minimum Rata-Rata Dari Beton Untuk Berbagai-bagai Harga *Water-Cement Ratio*

<i>Water-cement ratio</i> [W/C]	<i>Compressive strength</i> pada umur 28 hari [kg/cm ²]	
	Beton dengan A.E saja	Beton dengan A.E+W.R.A
0.40	400	450
0.45	340	390
0.50	290	340
0.55	250	290
0.60	220	250
0.65	180	220
0.70	150	190

3.4.7 *Target Strength*

Target strength adalah suatu kekuatan beton yang harus dicapai oleh beton (biasanya dalam umur 28 hari) yang digunakan sebagai dasar perhitungan dalam menentukan perbandingan campuran beton. *Target strength* ini pada umumnya ditentukan dengan memperhatikan faktor-faktor sebagai berikut:

- ✓ *Standard Design Strength*
- ✓ Macam-macam kualitas beton yang mungkin dihasilkan di lapangan.
- ✓ Kepentingan/kegunaan dari pada struktur.

Compressive strength beton yang telah dipasang dalam konstruksi harus mempunyai koefisien variasi yang tidak boleh lebih dari 15%. Koefisien variasi adalah koefisien yang menentukan variasi *compressive strength* beton yang dihasilkan oleh beberapa silinder tes beton yang mempunyai perbandingan campuran yang sama. Besarnya koefisien variasi ini berkisar antara 5% - 25%, dan ini sangat tergantung pada:

- ✓ Keadaan cuaca pada waktu produksi, sifat-sifat fisik agregat dan semen.
- ✓ Perubahan dari pada sifat-sifat fisik agregat dan semen.
- ✓ Perubahan dari pada gradasi agregat.
- ✓ Ketelitian dan keterampilan pada pekerja pada waktu pencampuran dan pengecoran. Semakin tinggi ketelitian dan keterampilan maka akan semakin kecil koefisien variasi yang dapat ditentukan.

Hubungan antara *target strength* dan *standard design strength* ditentukan

dengan rumus berikut:
$$\sigma_{ts} = \frac{\sigma_{ds}}{1 - t.V} \dots\dots\dots(3.10)$$

Keterangan: σ_{ts} = Target strength
 σ_{ds} = Standard design strength
 t = Konstanta
 V = Coefficient of variation

Harga dari $(1/(1 - t \cdot V))$ dinamakan “*increment coefficient*” [t]. Harga t ditentukan oleh banyaknya silinder tes beton yang mempunyai perbandingan campuran yang sama akan mencapai *compressive strength* di atas *standard design strength*. Biasanya 75% atau lebih silinder tes akan mencapai *compressive strength* di atas *standard design strength*. Lihat tabel III.8.

Tabel III.8 Target Strength

Persentase target strength yang lebih besar dari design strength	t
75 %	0.703
80 %	0.883
85 %	1.100

3.4.8 Penentuan Perbandingan Campuran Sebenarnya

Penentuan perbandingan campuran sebenarnya harus ditentukan dengan melakukan tes-tes campuran di *batching plant* dengan cara coba-coba, sehingga diperoleh perbandingan campuran beton yang mempunyai sifat-sifat sesuai dengan *compressive strength* dan *workability* yang diinginkan.

Penyesuaian perbandingan campuran ini harus memperhatikan faktor-faktor berikut:

- Gradasi dari agregat halus (pasir)
- *Surface moisture content* dari agregat halus
- *Slump* dan kandungan udara yang diperlukan

3.5 PEMBUATAN BENDA UJI

Pada tahap ini secara umum harus mengikuti ketentuan sesuai ASTM C 31, C 42, C 192 dan C 1018. Untuk benda uji yang mempunyai kedalaman lebih kecil atau sama dengan 3” (75 mm) dilakukan pembuatan dengan satu lapis, sedangkan untuk benda uji dengan kedalaman lebih dari 3” (75 mm) pembuatan benda uji dilakukan dalam dua lapis.

Pada pembuatan benda uji ini akan dibuat (ACI 544.2R - 89 / minimal 3 buah benda uji untuk setiap pengujian) :

- Benda Uji Balok 15 cm x 15 cm x 55 cm, untuk uji kuat lentur
- Benda Uji Balok 10 cm x 10 cm x 50 cm, untuk uji perubahan panjang (susut)

3.6 PERAWATAN BENDA UJI

Sesudah pelaksanaan pembuatan benda uji, maka dilakukan perawatan benda uji dengan ketentuan ASTM C 31- 91. Pembongkaran benda uji dilakukan dalam waktu ± 24 jam sesudah pembuatan yang selanjutnya dilakukan perendaman di dalam air rendaman. Adapun kondisi perendaman harus seluruh bagian dari benda uji terendam dengan baik.

Pada penelitian ini langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Pembongkaran benda uji dilakukan ± 24 jam setelah pembuatan.
2. Perendaman di dalam bak rendaman Laboratorium Beton Departemen Sipil FTUI dilakukan segera setelah pembongkaran. Untuk pengujian kuat lentur, benda uji direndam selama 28 hari.
3. Benda uji diangkat dari bak perendaman sehari sebelum hari pengujian.

3.7 PENGUJIAN KUAT LENTUR BENDA UJI

Pengujian ini dilakukan sesuai dengan ASTM C 78 - 94 dengan metode *Third-Point Loading*. Sedangkan umur pengujian adalah 28 hari. Adapun tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui *modulus of rupture*, yaitu kuat lentur maksimum yang diderita oleh serat bawah balok pada beton yang mengeras dengan umur 28 hari. Benda uji balok beton ukuran 15 cm x 15 cm x 55 cm.

Peralatan:

- Mesin Uji Lentur (*Flexural Strength Testing Machine*) Beton Kapasitas 100 kN Laboratorium Beton Universitas Indonesia
- *Beam mold* 15 cm x 15 cm x 55 cm

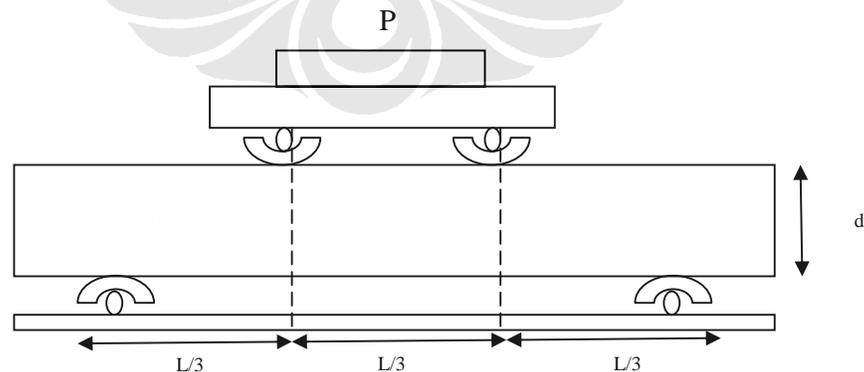
Langkah Kerja:

1. Benda uji balok yang sudah mengalami proses perawatan dan pengeringan disiapkan, diukur dimensinya (juga untuk mengetahui balok tersebut memenuhi persyaratan keseragaman sampel).
2. Tentukan panjang bentang yaitu tiga kali tinggi balok pada posisi simetris memanjang dan mengatur posisi roda baja bagian bawah untuk meletakkan benda uji.
3. Balok diletakkan di kedua perletakan mesin uji lentur secara simetris dan diberi beban garis sejarak $1/3$ bagian dari perletakan secara simetris.
4. Hidupkan mesin dan berikan beban secara tetap dan berkesinambungan tanpa ada beban kejut sampai keruntuhan terjadi.
5. Besar beban maksimum yang terjadi catat untuk perhitungan.

Pada test kuat lentur ini digunakan empat variabel yaitu sebagai berikut :

Tabel III.9 Kombinasi Bahan Pembentuk Beton untuk Kuat Lentur

Sample	Keterangan	Agregat Kasar Alam (%)	Agregat Kasar Daur Ulang (%)	Agregat Halus Alam (%)	Agregat Halus Daur Ulang (%)	Uji Kuat Lentur
A	A. Percobaan Campuran Beton (0% AKDU, 0% AHDU)	100	0	100	0	√
B	B. Percobaan Campuran Beton (0% AKDU, 25% AHDU)	100	0	75	25	√
C	C. Percobaan Campuran Beton (25% AKDU, 0% AHDU)	75	25	100	0	√
D	D. Percobaan Campuran Beton (25% AKDU, 25% AHDU)	75	25	75	25	√



Gambar III.3 Pengujian kuat lentur pada balok uji dengan metode pembebanan pada $1/3$ bentang balok

Perhitungan nilai *modulus of rupture* tergantung dari lokasi patahan yang terjadi pada balok, yaitu:

- Bila patahan terjadi pada 1/3 bagian tengah bentang dari balok, tidak lebih dari 5% panjang bentang balok, maka perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$R = \frac{Pl}{bd^2} \dots\dots\dots(3.11)$$

Dimana :

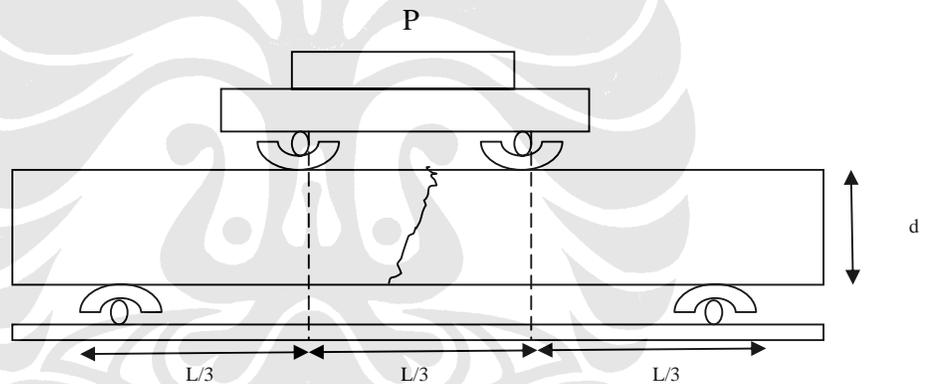
R = Modulus Runtuh, *psi* atau *Mpa*

P = Maksimum Beban, *lbf* atau *N*

l = Panjang bentang, *in* atau *mm*

b = Rata-rata lebar benda uji, *in* atau *mm*

d = Rata-rata ketinggian benda uji, *in* atau *mm*



Gambar III.4 Keruntuhan lentur terjadi pada tengah bentang

- Bila patahan terjadi pada 1/3 bagian tepi bentang, maka perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$R = \frac{3Pl}{bd^2} \dots\dots\dots(3.12)$$

Dimana :

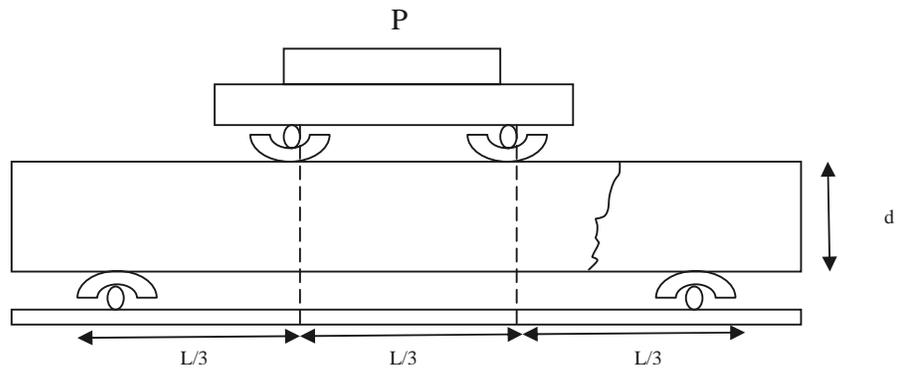
R = Modulus Runtuh, *psi* atau *MPa*

P = Maksimum Beban, *lbf* atau *N*

l = Panjang bentang, *in* atau *mm*

b = Rata-rata lebar benda uji, *in* atau *mm*

d = Rata-rata ketinggian benda uji, *in* atau *mm*



Gambar III.5 Keruntuhan lentur terjadi pada tepi bentang

- Bila patahan terjadi pada 1/3 bagian tepi bentang balok dengan jarak lebih dari 5 % panjang bentang, hasil ini harus dianulir.

3.8 PENGUJIAN PERUBAHAN PANJANG (SUSUT)

Pengujian ini dilakukan sesuai dengan ASTM C 490 - 04. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui perubahan panjang, peningkatan atau pengurangan dalam dimensi linear benda uji, diukur sepanjang sumbu longitudinal, tanpa adanya pembebanan. Pengujian dilakukan selama 56 hari. Benda uji balok beton berukuran 10 cm x 10 cm x 50 cm.

Peralatan:

- Alat ukur susut.
- *Length comparator*, berukuran 58 cm
- *Dial gage*, ketelitian 0.01 mm
- Alat pengukur kelembaban dan suhu
- *Beam mold* 10 cm x 10 cm x 50 cm

Langkah Kerja:

1. Benda uji balok yang sudah mengalami proses perawatan disiapkan berukuran 10 cm x 10 cm x 50 cm, diukur dimensinya (juga untuk mengetahui balok tersebut memenuhi persyaratan keseragaman sampel).
2. Tempatkan balok uji pada ruang yang dijaga kelembaban dan suhunya.
3. Ukur *reference bar* terlebih dahulu pada alat pembacaan *comparator* sebelum mengukur benda uji. Baca *dial gage*.

4. Ukur benda uji dengan letak yang sama dengan comparator pada alat uji. Baca *dial gage* dan catat suhu dan kelembabannya.
5. Setelah pembacaan, bersihkan pelat pada alat ukur, untuk membersihkannya dari air dan pasir.
6. Letakan benda uji pada tempatnya dengan dilapisi kain yang telah dibasahi untuk menjaga kelembabannya.
7. Pembacaan dilakukan pada umur awal dengan *comparator*, kemudian diukur setiap harinya sampai benda uji berumur 56 hari.

Pada test susut ini digunakan empat variabel yaitu sebagai berikut :

Tabel III.10 Kombinasi Bahan Pembentuk Beton Untuk Perubahan Panjang (Susut)

Sample	Keterangan	Agregat Kasar Alam (%)	Agregat Kasar Daur Ulang (%)	Agregat Halus Alam (%)	Agregat Halus Daur Ulang (%)	Uji Susut
A	B. Percobaan Campuran Beton (0% AKDU, 0% AHDU)	100	0	100	0	√
B	B. Percobaan Campuran Beton (0% AKDU, 25% AHDU)	100	0	75	25	√
C	C. Percobaan Campuran Beton (25% AKDU, 0% AHDU)	75	25	100	0	√
D	D. Percobaan Campuran Beton (25% AKDU, 25% AHDU)	75	25	75	25	√

Perhitungan perubahan panjang (Susut)

$$L = \frac{(L_x - L_i)}{G} \times 100 \dots\dots\dots(3.13)$$

Dimana :

- L = Perubahan panjang pada umur x, %
- L_x = Pembacaan *comparator* pada benda uji pada umur x dikurangi pembacaan *comparator* pada *reference bar* pada umur x, mm
- L_i = Pembacaan *comparator* awal dikurangi pembacaan *comparator* pada *reference bar* pada waktu yang sama, mm.
- G = *Nominal gage length*, 50 mm.

3.9 PENGUJIAN MODULUS ELASTISITAS DAN *POISSON RATIO*

Pengujian ini dilakukan berdasarkan standar ASTM C 469 - 83. Tujuan percobaan ini untuk menentukan modulus elastisitas beton. Benda uji yang dipakai berbentuk silinder dengan dimensi 15 cm x 15 cm x 30 cm.

Prosedur pengujian :

- ✓ Benda uji berbentuk silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm terlebih dahulu ditimbang dan diukur panjangnya (L) dan diameternya (D).
- ✓ Pasang alat *compressometer* pada benda uji, dan lengkapi dengan dial untuk mengukur perubahan panjang dalam arah lateral dan longitudinal.
- ✓ Beri beban dan catat beban pada saat dial menunjukkan perpendekan $\Delta_1 = 0.00005$, kemudian catat hasil pembacaan dial gage selanjutnya baik arah longitudinal maupun lateral, lanjutkan pembebanan sampai mencapai 40% beban maksimum dan catat perpendekan yang terjadi Δ_2 .

$$\text{Modulus elastisitas: } \frac{S_2 - S_1}{\varepsilon_2 - 0.00005} \text{ Kg / cm}^2 \dots\dots\dots(3.14)$$

Dimana :

- S_2 = tegangan pada saat 40 % beban maksimum
- S_1 = tegangan pada saat $\Delta_1 = 0.00005$
- ε_2 = regangan pada saat Δ_2

Banyaknya benda uji minimum 3 buah, diuji pada umur 28 hari. Pembebanan diberikan sampai 40 % dari beban maksimum karena retak antara agregat masih kecil. Dari hasil pengujian dibuat kurva tegangan-regangan.

$$\text{Poisson Ration (v) : } \frac{\varepsilon_{t2} - \varepsilon_{t1}}{\varepsilon_2 - 0.00005} \dots\dots\dots(3.15)$$

Dimana :

- v = *Poisson Ratio*
- ε_{t2} = regangan akibat tegangan S_2
- ε_{t1} = regangan akibat tegangan S_1