

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. PENDAHULUAN

Dalam penelitian ini akan dipelajari pengaruh pemakaian cacahan limbah botol plastik (PET) sebagai bahan tambah (*admixtures*) terhadap beton normal ($f_c' = 25$ MPa) dengan persentase campuran yang berbeda. Dalam penelitian ini hanya akan melakukan pengujian terhadap kuat tarik belah dan kuat geser pada beton. Sebelumnya terlebih dahulu akan dilakukan pengujian terhadap material dasar penyusun beton diantaranya agregat kasar dan halus terhadap mutu dan syarat dengan berdasarkan pada standar yang telah ditetapkan.

Setelah diketahui karakteristik dari agregat kasar dan halus, maka proses dilanjutkan dengan membuat rancang campuran beton normal menurut standar ACI. Proses pembuatan benda uji dilakukan setelah hasil rancangan beton didapatkan. Benda uji yang digunakan adalah berupa double L ukuran 20 x 30 x 7,5 cm untuk pengujian kuat geser sebanyak 21 buah dan benda uji berupa silinder 15 x 30 cm sebanyak 42 buah untuk pengujian kuat tarik belah. Prosedur pembuatan benda uji dan pengujian terhadap agregat kasar dan halus maupun beton yang dihasilkan berdasarkan pada standar ASTM (*American Society For Testing Materials*).

3.2. PENELITIAN TERHADAP BAHAN BAKU

Pada penelitian ini dilakukan pengujian terhadap agregat halus normal yaitu pasir alam dan agregat kasar normal yaitu batu pecah, sedangkan untuk semen dan air maupun bahan tambah tidak dilakukan pengujian. Sifat – sifat semen diambil dari standar pabrik, bahan tambah yang berupa cacahan botol plastik (PET) melihat dari literatur mengenai sifat-sifat fisik & mekanik *polyethylene terephthalate* (PET), sedangkan air yang digunakan telah memenuhi standar air baku. Sebagai standar dalam pemeriksaan dan pengujian ini berdasarkan pada ASTM (*American Society For Testing Materials*).

3.2.1. Bahan Baku Penelitian

a. Semen

- Jenis : Semen type I (PCC)
- Merk : Semen Tiga Roda
- Sumber : PT. INDOCEMENT

b. Agregat Halus

- Jenis : Pasir Alam
- Asal : Cimangkok, Jawa Barat

c. Agregat Kasar

- Jenis : batu pecah (*split*) dari batu kali
- Asal : -

d. Air

- Jenis : Air PAM
- Sumber : Laboratorium Beton FT-UI Depok

e. Bahan Tambah

- Jenis : *Polyethylene Terephtalate* (PET)
- Asal : Cacahan Limbah Botol Plastik (PET)

3.3. PENGUJIAN AGREGAT

Agregat yang digunakan dalam campuran beton normal dalam penelitian ini adalah agregat kasar yang berupa batu pecah dan agregat halus normal yang berupa pasir alam. Maka pengujian agregat dilakukan terhadap kedua jenis agregat tersebut.

3.3.1. Metode Standar Pengujian Agregat

Pengujian yang dilakukan terhadap agregat halus & kasar berdasarkan pada standar ASTM C.33-02A, "*Standard for Concrete Aggregates*". Dimana pada standar ASTM C.33-02A terdapat pengujian agregat halus dan kasar yang biasa dilakukan, diantaranya, yaitu :

- ASTM C.29 Metode standar untuk menentukan berat isi agregat halus dan kasar.

ASTM C.40	Metode standar untuk pemeriksaan kotoran organik dalam agregat halus.
ASTM C.117	Metode standar untuk pemeriksaan bahan yang lolos saringan No.200.
ASTM C.127	Metode standar untuk menentukan specific gravity dan absorpsi agregat kasar.
ASTM C.128	Metode standar untuk menentukan specific gravity dan absorpsi agregat halus
ASTM C.136	Metode standar untuk analisa saringan agregat kasar dan halus.

3.3.2. Jenis Pengujian Agregat

3.3.2.1. Pengujian Berat Isi Agregat Halus dan Agregat Kasar

Jenis pengujian ini berdasarkan pada metode ASTM C.29, yaitu metode standar untuk menentukan berat isi agregat halus dan kasar. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui besarnya berat isi pada agregat halus dan kasar yang akan digunakan pada campuran. Pengujian berat isi dan rongga udara dalam agregat dapat dilakukan dalam dua kondisi, yaitu kondisi padat dan kondisi gembur. Pada penelitian ini hanya dilakukan pengujian pada kondisi padat, yaitu dengan cara ditusuk.

Prosedur pengujian :

1. Isi penakar 1/3 dari volume penuh dan ratakan dengan batang perata.
2. Tusuk lapisan agregat dengan 25 kali tusukan batang penusuk.
3. Isi lagi sampai volume menjadi 2/3 penuh kemudian ratakan dan tusuk sebanyak 25 kali dengan batang penusuk.
4. Isi penakar sampai berlebih dan tusuk lagi.
5. Ratakan permukaan agregat dengan batang perata.
6. Tentukan berat penakar dan isinya (G) dan berat penakar itu sendiri (T).
7. Catat beratnya sampai ketelitian 0.05 kg.

8. Hitung berat isi agregat :
$$M = \frac{(G-T)}{V}$$

Dimana :

M = Berat isi agregat dalam kondisi kering oven, kg/m^3 .

G = Berat agregat dan penakar, kg.

T = Berat penakar, kg.

V = Volume penakar, kg.

9. Hitung kadar rongga udara : Rongga Udara = $\frac{[(s \times w) - M]}{(s \times w)} \times 100\%$

Dimana :

M = Berat isi agregat dalam kondisi kering oven, kg/m^3 .

s = Berat jenis agregat dalam kering oven.

w = Kerapatan air. 998 kg/m^3 .

3.3.2.2. Pemeriksaan Kotoran Organik Dalam Agregat Halus

Jenis pengujian ini berdasarkan pada metode ASTM C.40, yaitu metode standar untuk pemeriksaan kotoran organik dalam agregat halus. Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui adanya kandungan bahan organik dalam pasir alam yang akan digunakan sebagai bahan campuran mortar atau beton. Kotoran organik merupakan bahan-bahan organik yang terdapat di dalam pasir dan dapat menimbulkan efek yang merugikan terhadap mutu mortar beton yang dihasilkan.

Prosedur pengujian :

1. Masukkan benda uji ke dalam botol gelas sampai mencapai garis skala 130 ml
2. Tambahkan larutan (3 % NaOH + 97 % air) dan dikocok sampai volumenya mencapai 200 ml.
3. Tutup botol, dikocok lagi kuat – kuat, kemudian didiamkan selama 24 jam
4. Setelah 24 jam, bandingkan warna cairan yang terlihat dengan warna standar yang menggunakan larutan standar atau *organic plate* No.3
5. Jika warna larutan benda uji lebih gelap dari warna larutan standar, lebih besar dari no.3, maka kemungkinan agregat halus ini mengandung bahan organik yang tidak diizinkan untuk bahan campuran beton.

3.3.2.3. Pemeriksaan Jumlah Bahan Dalam Agregat Yang Lolos Saringan No. 200 (0,075 mm)

Jenis pengujian ini berdasarkan pada metode ASTM C.117, yaitu metode standar untuk pemeriksaan bahan yang lolos saringan No.200. Pemeriksaan ini dilakukan untuk memperoleh besarnya persentase jumlah dalam bahan agregat yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm) dengan cara pencucian. Jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm) merupakan banyaknya bahan yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm) sesudah agregat tersebut dicuci sampai air cucian tersebut menjadi jernih.

Prosedur pengujian :

1. Timbang wadah tanpa benda uji
2. Timbang benda uji dan masukkan ke dalam wadah
3. Masukkan air pencuci yang sudah berisi sejumlah bahan pembersih ke dalam wadah, sehingga benda uji terendam
4. Aduk benda uji dalam wadah sehingga menghasilkan pemisahan yang sempurna antara butir-butir kasar dan bahan halus yang lolos saringan No.200 (0,075 mm). Usahakan bahan halus tersebut menjadi melayang di dalam larutan pencuci sehingga mempermudah dalam pemisahannya.
5. Tuangkan air pencuci dengan segera di atas saringan No. 16 (1,18 mm) yang di bawahnya dipasang saringan No.200 (0,075 mm) pada waktu menuangkan air pencuci harus hati-hati supaya bahan yang kasar tidak ikut tertuang.
6. Ulangi proses pengujian 3,4 dan 5, sehingga tuangan air pencuci terlihat jernih.
7. Kembalikan semua benda uji yang tertahan saringan No. 16 (1,18 mm) dan No. 200 (0,075 mm) ke dalam wadah lalu keringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$, sampai mencapai berat tetap, dan timbang sampai ketelitian maksimum 0,1 % dari berat contoh
8. Hitung persen bahan yang lolos saringan No.200 (0,075 mm) :
 - Berat kering benda uji awal
$$w_3 = w_1 - w_2$$
 - Berat kering benda uji sesudah pencucian

$$w_5 = w_4 - w_2$$

- Bahan lolos saringan No. 200 (0,075 mm)

$$w_6 = \frac{w_3 - w_5}{w_3} \times 100\%$$

Dimana :

w_1 = berat kering benda uji + wadah (gram)

w_2 = berat wadah (gram)

w_3 = berat kering benda uji awal (gram)

w_4 = berat kering benda uji setelah pencucian + wadah (gram)

w_5 = berat kering benda uji sesudah pencucian (gram)

w_6 = % bahan lolos saringan No. 200 (0,075 mm)

3.3.2.4. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Terhadap Agregat Kasar

Jenis pengujian ini berdasarkan pada metode ASTM C.127, yaitu metode standar untuk menentukan specific gravity dan absorpsi agregat kasar. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui besarnya berat jenis dan persentase air yang dapat diserap oleh agregat kasar yang akan digunakan dalam campuran beton.

Prosedur pengujian :

1. Benda uji direndam dalam air pada suhu kamar 25°C selama 24 jam.
2. Setelah 24 jam keluarkan benda uji dari air, lap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang (jenuh permukaan kering), untuk butir yang besar pengeringan harus dilakukan satu persatu.
3. Timbang benda uji dalam keadaan jenuh permukaan kering (B).
4. Letakkan benda uji di dalam keranjang, guncangkan batunya untuk mengeluarkan gelembung udara yang tersekap dan tentukan beratnya di dalam air (C). Ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan pada suhu kamar 25°C.
5. Masukkan benda uji ke dalam oven pada suhu (110 ± 5)°C sampai berat tetap.
6. Dinginkan benda uji pada suhu kamar selama satu jam sampai tiga jam, kemudian ditimbang dengan ketelitian 0.5 gram (A).

7. Perhitungan :

$$\text{- Berat Jenis} = \frac{A}{A - C}$$

$$\text{- Berat Jenis SSD} = \frac{B}{B - C}$$

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

3.3.2.5. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Terhadap Agregat Halus

Jenis pengujian ini berdasarkan pada metode ASTM C.128, yaitu metode standar untuk menentukan specific gravity dan absorpsi agregat halus. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui besarnya berat jenis dan persentase air yang dapat diserap oleh agregat halus yang akan digunakan dalam campuran beton.

Prosedur pengujian :

1. 1000 gram agregat halus yang diperoleh dari alat pemisah contoh atau cara perempat, dikeringkan sampai didapatkan keadaan yang kering merata dari kondisi jenuh air. Agregat halus tersebut disebut kering merata bila telah dapat tercurah.
2. Setelah kondisi tersebut didapat, sebagian dari benda uji dimasukkan pada metal sand cone mold. Benda uji yang telah dimasukkan tadi, dipadatkan dengan tongkat pemadat sampai 25 kali tumbukan. Kondisi yang diinginkan adalah kondisi SSD (*surface dry condition*) yaitu bila cetakan diangkat, maka agregat halus tersebut akan longsor atau runtuh.
3. Sebanyak 500 gram agregat halus yang telah mencapai kondisi SSD, dimasukkan dalam piknometer dan diisi sampai dengan 90% kapasitasnya. Gelembung-gelembung udara dibebaskan dengan cara menggoyang-goyangkan piknometer.
4. Rendam selama 1 hari. Tentukan berat piknometer, benda uji dan air.
5. Pisahkan benda uji dari piknometer dan dikeringkan dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ selama 1 hari.
6. Dinginkan benda uji pada suhu kamar selama satu jam sampai tiga jam, kemudian timbang dengan ketelitian 0.5 gram.

7. Tentukan berat piknometer yang telah berisi air sesuai kapasitas kalibrasi

8. Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{- Berat Jenis} &= \frac{A}{B + A - C} \\ \text{- Berat Jenis SSD} &= \frac{500}{B + 500 - C} \\ \text{- Penyerapan Air} &= \frac{500 - A}{A} \times 100\% \end{aligned}$$

3.3.2.6. Pengujian Analisa Ayakan

Jenis pengujian ini berdasarkan pada metode ASTM C.136, yaitu metode standar untuk analisa saringan agregat kasar dan halus. Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butiran (gradasi) agregat kasar dan halus dengan menggunakan saringan.

Prosedur pengujian :

1. Benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$, sampai berat tetap.
2. Saring benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas. Saringan digoncang dengan tangan atau mesin penggoncang selama 15 menit.
3. Timbang berat agregat kasar yang terdapat pada masing-masing ayakan.
4. Hitung persentase berat benda uji yang tertahan di atas masing-masing saringan terhadap berat total benda uji.

3.4. RENCANA CAMPURAN BETON

Pada penelitian ini, perhitungan campuran beton dengan menggunakan bahan tambah berupa cacahan limbah botol plastik mengacu pada standar ACI. Sebelum melakukan perancangan campuran, data-data yang dibutuhkan harus dicari terlebih dahulu. Jika data-data yang dibutuhkan tidak ada, maka data tersebut dapat diambil dari tabel-tabel yang telah dibuat untuk menyelesaikan metode perancangan cara ACI.

Pada metode ini, input data perancangan meliputi data standar deviasi hasil pengujian yang berlaku untuk pekerjaan yang sejenis dengan karakteristik yang sama. Data yang digunakan untuk merancang campuran beton dalam metode ini, meliputi data tentang kuat tekan rencana, data butir nominal yang akan digunakan, data slump, berat jenis agregat serta karakteristik lingkungan yang diinginkan.

Prosedur pencampuran :

1. Hitung kuat tekan rata-rata beton, berdasarkan kuat tekan rencana dan margin,

$$f'_{cr} = m + f'_c$$

- a. $m = 1.64 * Sd$, standar deviasi diambil berdasarkan data yang lalu, bila tidak ada data, maka dapat diambil dari tabel 3.1 berdasarkan mutu pelaksanaan yang diinginkan.
- b. Kuat tekan rencana (f'_c) ditentukan berdasarkan rencana atau dari hasil uji sebelumnya.

Tabel 3.1. Nilai Standar Deviasi

Volume Pekerjaan	Mutu Pelaksanaan (MPa)		
	Baik Sekali	Baik	Cukup
Kecil (<1000 m ³)	4.5 < sd ≤ 5.5	5.5 < sd ≤ 6.5	6.5 < sd ≤ 8.5
Sedang (1000-3000 m ³)	3.5 < sd ≤ 4.5	4.5 < sd ≤ 5.5	5.5 < sd ≤ 7.5
Besar (>3000 m ³)	2.5 < sd ≤ 3.5	3.5 < sd ≤ 4.5	4.5 < sd ≤ 6.5

Sumber : Tri Mulyono, "Teknologi Beton", 2003

2. Tetapkan nilai slump, dan butir maksimum agregat
 - a. Slump ditentukan. Jika tidak didapat, maka data dapat diambil dari tabel 3.2
 - b. Ukuran maksimum agregat dihitung dari 1/3 tebal plat dan atau 3/4 jarak bersih antar baja tulangan, tendon, bundle bar, atau ducting dan atau 1/5 jarak terkecil bidang bekisting ambil yang terkecil, jika tidak maka dapat diambil dari tabel 3.3

Tabel 3.2. Nilai Slump yang di Syaratkan untuk Berbagai Konstruksi Menurut ACI

Jenis Konstruksi	Slump (mm)	
	Maksimum*	Minimum
Dinding Penahan dan Pondasi	76.2	25.4
Pondasi sederhana, sumuran dan dinding sub struktur	76.2	25.4
Balok dan dinding beton	101.6	25.4
Kolom struktural	101.6	25.4
Perkerasan dan slab	76.2	25.4
Beton massal	50.8	25.4

Sumber : ACI 318-89

*)dapat ditambahkan sebesar 25.4 mm untuk pekerjaan beton yang tidak menggunakan birator, tetapi menggunakan metode konsolidasi.

Tabel 3.3. Ukuran Maksimum Agregat

Dimensi Minimum (mm)	Balok/kolom (mm)	Plat (mm)
62.5	12.5	20
150	40	40
300	40	80
750	80	80

Sumber : ACI 318-89

3. Tetapkan jumlah air yang dibutuhkan berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai slump dari tabel 3.4

Tabel 3.4. Perkiraan Air Campuran dan Persyaratan Kandungan Udara untuk Berbagai Slump dan Ukuran Nominal Agregat Maksimum

Dimensi (mm)	Air (lt/m ³)							
	9.5 mm ^{a)}	12.7 mm ^{a)}	19.1 mm ^{a)}	25.4 mm ^{a)}	38.1 mm ^{a)}	50.8 mm ^{ab)}	76.2 mm ^{bc)}	152.4 mm ^{bc)}
25.4 s/d 50.8	210	201	189	180	165	156	132	114
76.2 s/d 127	231	219	204	195	180	171	147	126
152.4 s/d 177.8	246	231	216	204	189	180	162	-
Mendekati jumlah kandungan Udara dalam beton air-Entrained (%)	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.3	0.2
25.4 s/d 50.8	183	177	168	162	150	144	123	108
76.2 s/d 127	204	195	183	177	165	159	135	120
152.4 s/d 177.8	219	207	195	186	174	168	156	-
Kandungan udara total rata-rata yang disetujui ^{d)} (%)								
Diekspose sedikit	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5 ^{ef)}	1.0 ^{ef)}
Diekspose menengah	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5 ^{ef)}	3.0 ^{ef)}
Sangat ekspose	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5 ^{ef)}	4.0 ^{ef)}

Sumber : ACI 318-89

Keterangan:

- Banyaknya air campuran disini dipakai untuk menghitung faktor air semen untuk suatu campuran percobaan (*trial batch*). Harga-harga ini adalah maksimal butirnya 1.5 in (40 mm), untuk suatu agregat kasar bentuk dan gradasinya cukup baik dan dalam batas yang diterima oleh spesifikasi.
- Nilai slump untuk beton yang mengandung agregat dengan ukuran maksimum 1.5 in (38.1 mm atau 40 mm) ini adalah berdasarkan percobaan-percobaan yang dibuat setelah membuang partikel agregat yang lebih besar dari 38 atau 40 mm
- Banyaknya air campuran disini dipakai untuk menghitung faktor air semen untuk suatu campuran percobaan (*trial batch*). Jika digunakan butiran maksimum agregat 3 in (76.2 mm) atau 6 in (152.4 mm). Harga-harga ini adalah maksimal untuk suatu agregat kasar bentuk dan gradasinya cukup baik dari halus sampai kasar.
- Rekomendasi lainnya tentang kandungan air dan toleransi yang diperlukan untuk kontrol dilapangan tercantum dalam sejumlah dokumen ACI, seperti ACI 201, 345, 318, 301, dan 302. Batas-batas kandungan air dalam beton juga diberikan oleh ASTM C-94 untuk beton ready mix. Persyaratan-persyaratan ini bisa saja tidak sama untuk masing-masing peraturan, sehingga perancangan beton perlu ditinjau lebih lanjut dalam menentukan kandungan air yang memenuhi syarat untuk pekerjaan yang juga memenuhi syarat peraturan.

- e. Untuk beton yang menggunakan agregat yang lebih besar dari 1.5 in (40 mm) dan tertahan di atasnya, prosentase udara yang diharapkan pada 1.5 in, dikurangi material ditabelkan di kolom 38.1. Akan tetapi, dalam perhitungan komposisi awal seharusnya kandungan udara juga ada sebagai suatu persen keseluruhan.
- f. Jika menggunakan agregat besar pada beton dengan FAS besar, gelembung udara yang ada bisa saja tidak mengurangi kekuatan. Dalam banyak hal, persyaratan air campuran akan berkurang jika FAS bertambah, artinya pengaruh reduksi kekuatan akibat air entrained akan berkurang.
- g. Harga-harga ini berdasarkan kriteria 9% udara diperlukan pada fase mortar sangat berbeda dengan yang ditentukan dalam rekomendasi praktis ini, besarnya dapat dihitung dengan mengambil 9% dari volume mortar sesungguhnya.
4. Tetapkan nilai faktor air semen dari tabel 3.5, untuk nilai kuat tekan dalam MPa yang berada diantara nilai yang diberikan, maka dapat dilakukan interpolasi.

Tabel 3.5. Nilai Faktor Air Semen

Kekuatan Tekan 28 hari *(MPa)**	FAS	
	Beton Non Air-entrained	Beton Air-entrained
41.4	0.41	-
34.5	0.48	0.4
27.6	0.57	0.48
20.7	0.68	0.59
13.8	0.62	0.74

Sumber : ACI 318-89

- *) Untuk harga FAS yang konstan, kekuatan tekan beton akan berkurang jika kandungan udara bertambah. Kekuatan ini berdasarkan beton yang kelembabannya dijaga (curing) pada temperatur $23 \pm 1.7^\circ\text{C}$, sesuai dengan ASTM C-31 "membuat dan merawat benda uji tekan dan lentur di lapangan" dengan uji silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm.

5. Hitung semen yang diperlukan dari langkah (3) dan (4), yaitu jumlah air dibagi dengan faktor air semen.
6. Tetapkan volume agregat kasar berdasarkan agregat maksimum dan modulus halus butir (MHB) agregat halus sehingga didapatkan persen agregat kasar (tabel 3.6). Jika nilai modulus halus butirnya berada diantaranya, maka dapat dilakukan interpolasi. Volume agregat kasar = persen agregat kasar dikalikan dengan berat kering agregat kasar.
7. Estimasi berat beton segar berdasarkan tabel 3.7, kemudian hitung agregat halus, yaitu berat beton segar – (berat air + berat semen + berat agregat kasar)
8. Hitung proporsi bahan, semen, air, agregat kasar dan agregat halus, kemudian koreksi berdasarkan nilai daya serap air pada agregat
 - a. Semen didapat dari langkah (5)
 - b. Air didapat dari langkah (3)
 - c. Agregat kasar didapat dari langkah (6)
 - d. Agregat halus didapat dari langkah (7), dikurang langkah [(3) + (5) + (6)]
9. Koreksi proporsi campurannya

Tabel 3.6. Volume Agregat Kasar Per Satuan Volume Beton

Ukuran Agregat Maks (mm)	Volume Agregat kasar kering * per satuan volume untuk berbagai modulus halus butir			
	2.40	2.60	2.80	3.00
9.5	0.50	0.48	0.46	0.44
12.7	0.59	0.57	0.55	0.53
19.1	0.66	0.64	0.62	0.60
25.4	0.71	0.69	0.67	0.65
38.1	0.75	0.73	0.71	0.69
50.8	0.78	0.76	0.74	0.72
76.2	0.82	0.80	0.78	0.76
152.4	0.87	0.85	0.83	0.81

Sumber : ACI 318-89

- *) Volume ini disarankan atas agregat kasar kondisi kering oven (*dry-rodded*) sesuai dengan ASTM C-29, "Satuan Berat Agregat". Volume ini dihasilkan dari hubungan empiris yang menghasilkan beton dengan tingkat kemudahan pengerjaan yang tinggi, cocok untuk beton biasa. Untuk beton yang kurang mudah dikerjakan dalam syarat konstruksi maka nilai ini dapat dinaikan sekitar 40%. Untuk beton yang lebih mudah dikerjakan kandungan agregat kasarnya dapat dikurangi sekitar 10%, apabila nilai slump dan FAS telah dipenuhi.

Tabel 3.7. Estimasi Berat Awal Beton Segar* (kg/m³)

Ukuran Agregat Maks (mm)	Beton Non Air-entrained	Beton Air-entrained
9.5	2,304	2,214
12.7	2,334	2,256
19.1	2,376	2,304
25.4	2,406	2,340
38.1	2,442	2,376
50.8	2,472	2,400
76.2	2,496	2,424
152.4	2,538	2,472

Sumber : ACI 318-89

- *) Harga-harga yang dicantumkan adalah untuk beton dengan semen sedang (Bj 3.14) dan agregat sedang (Bj 2.7). Persyaratan air campuran dengan slump 3-4 in atau 76.2 mm – 12.5 mm, dari tabel 5.5.2, ASTM C.143

3.5. PEMBUATAN BENDA UJI BETON NORMAL

Pada penelitian ini akan dibuat 7 tipe campuran beton normal yang menggunakan bahan tambah dari cacahan limbah botol plastik (PET) dengan persentase yang berbeda-beda. Banyaknya bahan tambah yang digunakan dan benda uji yang dibuat dapat lebih jelas dilihat pada tabel 3.8.

Tabel 3.8. Benda Uji Beton Normal

Kode Benda Uji	Persentase Bahan Tambah PET	Bentuk Benda Uji	Jenis Pengujian	Umur Beton (hari)	Jumlah Benda Uji (buah)
BN ₀₀ – KTR	0 %	Silinder (15 x 30 cm)	Kuat Tarik Belah	7 & 28	3 + 3 = 6
BN ₁₀ – KTR	0.10 %	Silinder (15 x 30 cm)	Kuat Tarik Belah	7 & 28	3 + 3 = 6
BN ₂₀ – KTR	0.20 %	Silinder (15 x 30 cm)	Kuat Tarik Belah	7 & 28	3 + 3 = 6
BN ₃₀ – KTR	0.30 %	Silinder (15 x 30 cm)	Kuat Tarik Belah	7 & 28	3 + 3 = 6
BN ₅₀ – KTR	0.50 %	Silinder (15 x 30 cm)	Kuat Tarik Belah	7 & 28	3 + 3 = 6
BN ₇₀ – KTR	0.70 %	Silinder (15 x 30 cm)	Kuat Tarik Belah	7 & 28	3 + 3 = 6
BN ₁₀₀ – KTR	1.00 %	Silinder (15 x 30 cm)	Kuat Tarik Belah	7 & 28	3 + 3 = 6
BN ₀₀ – KG	0 %	Double L (20 x 30 x 7,5 cm)	Kuat Geser	28	3
BN ₁₀ – KG	0.10 %	Double L (20 x 30 x 7,5 cm)	Kuat Geser	28	3
BN ₂₀ – KG	0.20 %	Double L (20 x 30 x 7,5 cm)	Kuat Geser	28	3
BN ₃₀ – KG	0.30 %	Double L (20 x 30 x 7,5 cm)	Kuat Geser	28	3
BN ₅₀ – KG	0.50 %	Double L (20 x 30 x 7,5 cm)	Kuat Geser	28	3
BN ₇₀ – KG	0.70 %	Double L (20 x 30 x 7,5 cm)	Kuat Geser	28	3
BN ₁₀₀ – KG	1.00 %	Double L (20 x 30 x 7,5 cm)	Kuat Geser	28	3
JUMLAH TOTAL BENDA UJI					63

Prosedur dalam membuat benda uji beton normal, baik dalam membuat benda uji berbentuk double L maupun benda uji yang berbentuk silinder, mengacu kepada standar ASTM. Prosedur tersebut dapat diuraikan menjadi 3 tahapan, yaitu :

1. Pengadukan

1. Bahan baku disiapkan dan ditimbang sesuai proporsi berat yang telah ditentukan.
2. Agregat kasar dan halus bersama dengan bahan tambah yang berupa cacahan limbah botol plastik (PET) dimasukkan seluruhnya ke dalam mesin pengaduk, kemudian nyalakan mesin. Kedua jenis agregat bersama dengan bahan tambah tersebut diaduk hingga merata.
3. Mesin dimatikan, lalu dimasukkan semen dan 2/3 dari bagian air dan mesin dinyalakan kembali.
4. Setelah 2 menit, mesin dimatikan dan material yang berada didasar mesin serta yang belum teraduk, diaduk kembali dengan menggunakan sendok semen.

5. Setelah itu, mesin dijalankan kembali selama 2 menit sambil menuangkan sisa air.
6. Setelah semua material campuran dimasukkan ke dalam mesin, aduklah beton selama 3 menit. Hentikan mesin, tutup mesin dan proses pengadukan telah selesai.

2. Pencetakan Benda Uji

1. Cetakan disiapkan, sebelumnya diberi pelumas terlebih dahulu pada bagian dinding dalam cetakan agar memudahkan pada waktu melepas benda uji dari cetakan.
2. Adukan beton dimasukkan ke cetakan dalam 3 lapisan.
3. Dilakukan pemadatan dengan cara penusukan yang menggunakan tongkat pemadat sebanyak 25 kali untuk tiap lapisan dan digetarkan.
4. Pada lapisan akhir ditambahkan adukan beton sampai melebihi permukaan agar tidak perlu penambahan kembali setelah beton dipadatkan.
5. Kemudian permukaan beton diratakan dan didiamkan pada udara terbuka selama 24 jam hingga beton mengeras, dan menghindari adanya hubungan langsung dengan air.

3. Perawatan (*curing*)

1. Perawatan dilakukan dengan cara merendam benda uji yang telah mengeras dalam bak air selama batas umur beton yang ditentukan untuk dilakukan pengujian.
2. Pada benda uji diberi kode sesuai dengan persentase bahan tambah dan jenis pengujian maupun tanggal. Hal ini dimaksudkan untuk memudahkan identifikasi, sehingga tidak akan menyulitkan pada waktu akan dilakukan pengujian.
3. Suhu air rata-rata pada bak perendaman benda uji tersebut harus berkisar antara 25-27°C.

3.6. PENGUJIAN BETON

Pengujian beton normal yang dilakukan pada penelitian ini, meliputi pengujian terhadap beton segar yang berupa pengujian slump. Sedangkan pengujian terhadap beton yang telah mengeras meliputi pengujian kuat tarik belah dan kuat geser beton normal.

3.6.1. Metode Standar Pengujian Beton

Pengujian terhadap beton normal berdasarkan pada standar ASTM C.330-00, “*Standard Specification for Lightweight for Structural Concrete*”. Dimana pada standar ASTM C.330-00 terdapat beberapa macam pengujian yang biasa dilakukan terhadap beton normal, diantaranya, yaitu :

ASTM C-496	Metode standar untuk test kuat tarik belah dari silinder beton.
ASTM C-143	Metode standar untuk pengukuran slump dari beton semen portland
ASTM C-192	Metode standar untuk pembuatan benda uji dan pemeliharaan

3.6.2. Pengujian Beton Segar

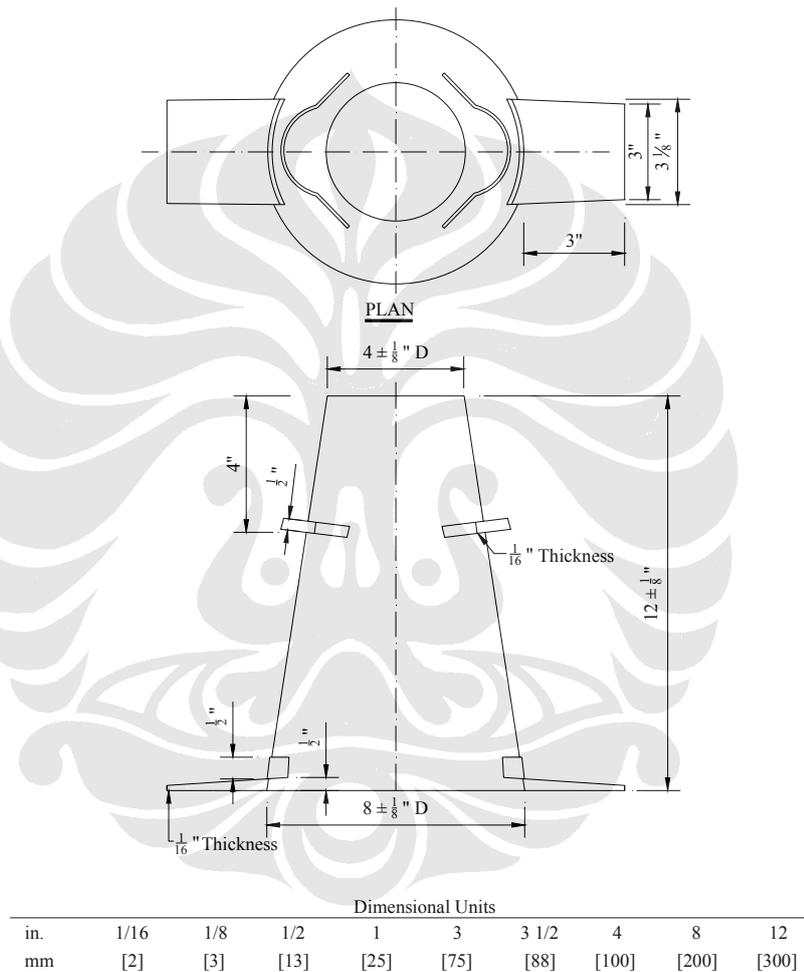
3.6.2.1. Pengujian Slump

Jenis pengujian ini berdasarkan pada metode ASTM C-143, yaitu metode standar untuk pengukuran slump dari beton semen portland. Pengujian ini dimaksudkan untuk mengukur kekentalan adukan beton yang dihasilkan pada setiap proses pengadukan. Kekentalan beton berpengaruh pada kemudahan pengerjaan (*workability*) dari beton. Adukan ini diambil langsung dari mesin pengaduk.

Prosedur pengujian :

1. Sebelumnya alat-alat yang akan digunakan pada pengujian ini, dibasahi permukaannya. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari adanya penyerapan air dari campuran beton.
2. Kerucut Abrams diletakkan di atas bidang alas yang rata sambil ditekan ke bawah pada penyokongnya.

3. Adukan beton dimasukkan ke dalam kerucut dalam 3 lapis yang sama dan setiap lapis ditusuk-tusuk sebanyak 25 kali dengan tongkat baja.
4. Setelah selesai, permukaan atasnya diratakan dan dibiarkan selama 30 detik.
5. Kemudian kerucut ditarik vertikal ke atas dengan hati-hati.
6. Segera setelah penurunan kerucut terhadap tinggi semula diukur.
7. Hasil pengukuran tersebut disebut nilai slump.



Gbr. 3.1. Kerucut Abrams
Sumber : ASTM C-143

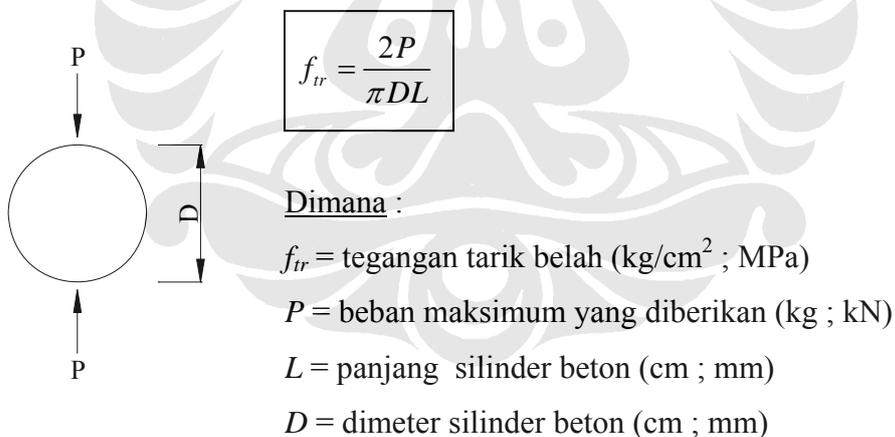
3.6.3. Pengujian Beton Yang Telah Mengeras

Pengujian yang akan dilakukan pada beton yang telah mengeras adalah untuk mengetahui besarnya kekuatan tarik belah dan kuat geser beton untuk masing-masing persentase kadar penambahan PET pada benda uji.

3.6.3.1. Pengujian Kuat Tarik Belah

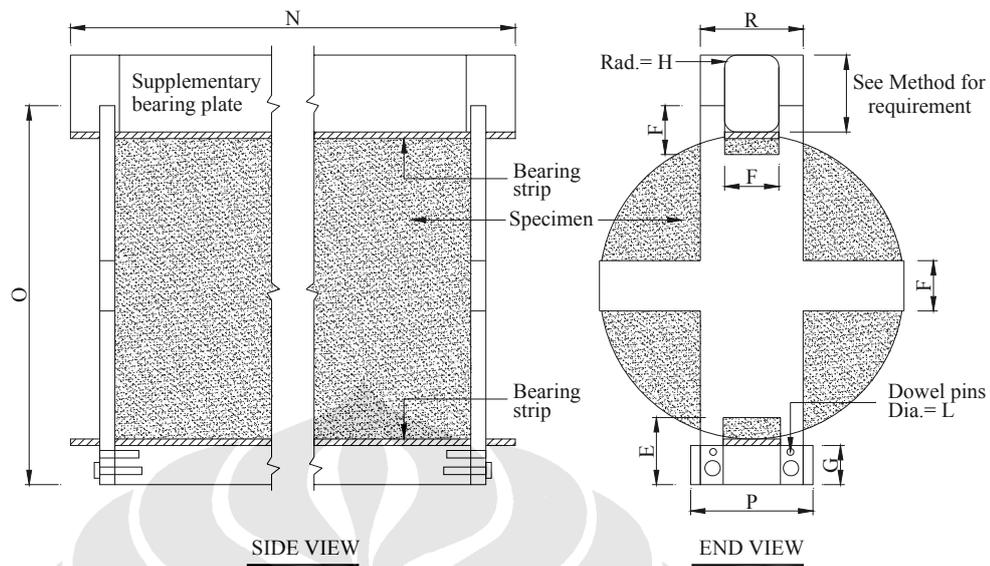
Jenis pengujian ini berdasarkan pada metode ASTM C-496, yaitu metode standar untuk test kuat tarik belah dari silinder beton. Bentuk benda uji yang digunakan pada pengujian ini bentuknya sama dengan benda uji pada pengujian kuat tekan yaitu berupa silinder ukuran 15 x 30 cm. Pada penelitian ini pengujian hanya dilakukan pada umur beton 7 dan 28 hari. Untuk masing-masing tipe percobaan akan digunakan 6 buah benda uji, dimana 3 buah untuk umur beton 7 hari dan 3 buah lagi untuk umur beton 28 hari.

Langkah-langkah pengujiannya sama seperti pengujian pada kuat tekan. Yang membedakannya adalah pada pengujian ini mesin tekan ditambahkan dengan suatu lempengan pelat besi, yang berfungsi agar dapat membagi beban merata pada panjang silinder. Sebatang kayu lapis sepanjang 25 mm dan tebal 3 mm disisipkan diantara silinder dengan muka atas dan bawah landasan mesin tekan. Besarnya beban maksimum dicatat. Besarnya tegangan tarik belah beton dapat dihitung sebagai berikut :


$$f_{tr} = \frac{2P}{\pi DL}$$

Dimana :

f_{tr} = tegangan tarik belah (kg/cm² ; MPa)
 P = beban maksimum yang diberikan (kg ; kN)
 L = panjang silinder beton (cm ; mm)
 D = diameter silinder beton (cm ; mm)



N	O	P	R	E	F	G	H	L
15 in.	7 1/2 in.	2 1/2 in.	2 in.	1 1/4 in.	1 in.	3/4 in.	1/2 in.	1/8 in.
375 mm	190 mm	65 mm	50 mm	32 mm	25 mm	20 mm	13 mm	3 mm

Gbr. 3.2. Detail jig pada benda uji
Sumber : ASTM C-496

3.6.3.2. Pengujian Kuat Geser

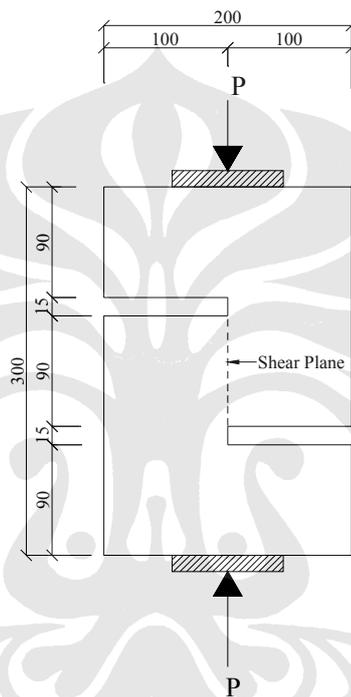
Benda uji yang digunakan adalah berupa double L, yang mana di dalamnya telah diberi tulangan sebagai reinforcement. Tulangan ini dimaksudkan untuk memperkuat sisi benda uji double L yang tidak diharapkan untuk hancur, sehingga kehancuran yang terjadi hanya terletak pada daerah lemah benda uji double L, yaitu pada garis sentris di tengah benda uji. Tulangan yang digunakan yaitu berupa baja \varnothing 8 mm dan sengkangnya menggunakan baja \varnothing 6 mm.

Pada penelitian ini pengujian terhadap kuat geser dilakukan dengan menggunakan alat tekan standar yang biasa digunakan pada pengujian kuat tekan. Pengujian hanya dilakukan pada umur beton 28 hari dan untuk masing-masing tipe percobaan akan digunakan tiga buah benda uji.

Adapun prosedur dalam melakukan pengujian kuat geser, yaitu :

- Benda uji double L yang akan diuji diambil dari tempat perawatan satu hari sebelum pengujian akan dilaksanakan.
- Permukaan atas dan bawah benda uji sebelumnya dibersihkan terlebih dahulu dari kotoran dengan amplas halus.

- Setelah proses pembersihan permukaan benda uji telah selesai, maka dapat dilakukan pengujian. Benda uji berbentuk double L tersebut kemudian diletakkan pada mesin tekan dan berada pada posisi sentris.
- Mesin tekan kemudian dijalankan dengan penambahan beban yang tetap.
- Pembebanan dilakukan sampai benda uji double L menjadi hancur dan dicatat besarnya beban maksimum (P).



Gbr. 3.3. Pembebanan pada benda uji double L