BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

Metode penelitian pada dasarnya merupakan cara ilmiah untuk mendapatkan data dengan tujuan tertentu. Cara ilmiah yang dimaksud adalah kegiatan penelitian yang didasarkan pada ciri-ciri keilmuan yaitu rasional, empiris dan sistematis.

Metode penelitian yang digunakan pada tugas akhir ini adalah metode eksperimen. Metode eksperimen merupakan metode percobaan yang digunakan dalam mempelajari pengaruh suatu variabel terhadap variabel lain dalam kondisi yang diciptakan, seperti yang dikemukakan Fathoni (2011:99).

Pada penelitian ini, eksperimen dilakukan dengan membandingkan beton dengan f'c = 25 Mpa sebagai kontrol dengan beton eksperimen. Kedua kelompok beton tersebut akan mengalami beberapa pengujian yaitu uji kuat tekan, uji densitas dan uji porositas. Dari hasil pengamatan pengujian tersebut diharapkan dapat diketahui pengaruh perlakuan yang diberikan pada kelompok eksperimen. Melalui penelitian eksperimen tersebut diharapkan diperoleh pengaruh yang terjadi pada beton yang diberi tambahan pengisi berupa limbah marmer.

3.2. Variabel dan Paradigma Penelitian

3.2.1 Variabel Penelitian

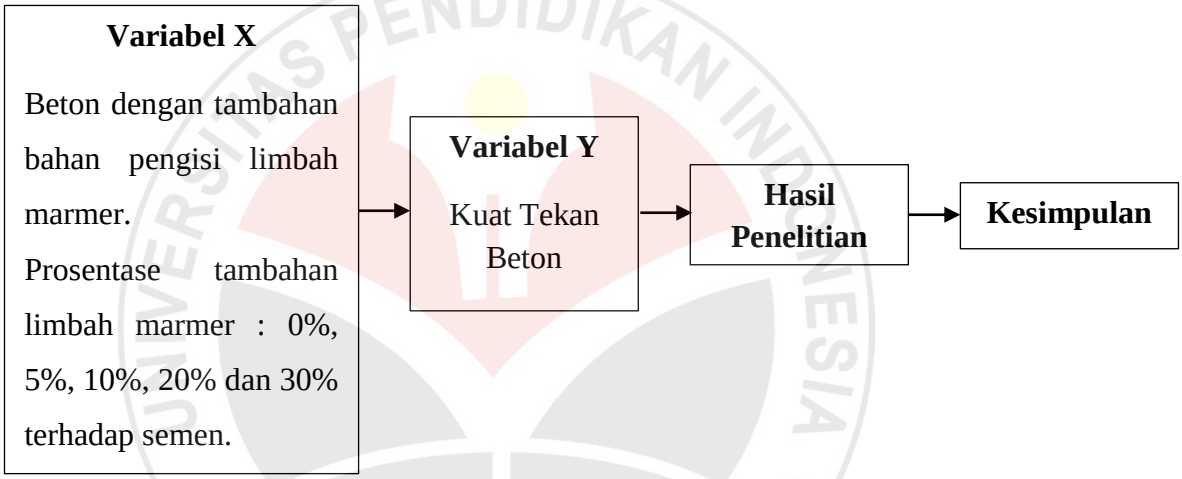
Variabel penelitian merupakan atribut dari sekelompok obyek yang mempunya variasi antara satu obyek dengan obyek lainnya, sebagaimana dikemukakan oleh Sugiyono (2002:2). Variabel penelitian dalam penelitian ini terdiri dari dua macam. Variabel yang pertama merupakan variabel bebas (*independent variable*) yang diberi notasi X dan variabel yang kedua merupakan variabel terikat (*dependent variable*) yang diberi notasi Y.

Variabel bebas (X) menentukan perubahan pada variabel terikat (Y), tetapi terlepas dari pengaruh variabel terikat. Sementara variabel

terikat (Y) merupakan variabel yang dipengaruhi variabel bebas (X). Pada penelitian ini ditentukan bahwa variabel bebasnya (X) adalah beton yang diberi tambahan pengisi limbah marmer dan variabel terikatnya (Y) kuat tekan beton.

3.2.2 Paradigma Penelitian

Paradigma penelitian dapat diartikan sebagai pandangan atau pola pikir yang mencerminkan hubungan antar variabel penelitian yang perlu dijawab melalui penelitian. Paradigma pada penelitian ini dapat dilihat pada diagram berikut ini :



Gambar 3.1 Paradigma Penelitian

3.3. Alur Penelitian

Alur penelitian merupakan tahapan-tahapan atau langkah-langkah yang dilakukan dalam pelaksanaan penelitian. Langkah-langkah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

Gambar 3.2. Alur Penelitian

3.4. Data dan Sumber Data

Pada penelitian ini, data maupun sumber data diperoleh dari hasil penelitian dan pengamatan dari pengujian bahan yang dilaksanakan di Laboratorium Struktur dan Bahan Jurusan Pendidikan Teknik Sipil Universitas Pendidikan Indonesia, Jl. Dr. Setiabudhi 207 Bandung 40154.

3.5. Penentuan Sampel

Sampel adalah sebagian dari jumlah dan karakteristik dari populasi. Dalam penentuan sampel, Arikunto membedakan berdasarkan banyaknya subyek penelitian, yaitu untuk subyek yang kurang dari 100 maka lebih baik diambil semua sehingga penelitiannya merupakan penelitian populasi. Sebaliknya apabila jumlah subyeknya besar atau lebih dari 100, maka dapat diambil antara 10-15% atau 20-25% atau lebih, tergantung dari waktu, dana, dan tenaga, sempit luasnya wilayah pengamatan, serta resio yang ditanggung peneliti. Pada penelitian ini sampel ditentukan sebanyak 3 buah untuk masing-masing kelompok. Jumlah total sampel yang dibutuhkan ditampilkan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Jumlah Sampel Benda Uji

Kelompok	Jumlah Benda Uji		**Jumlah Total**
	Uji Kuat Tekan	Uji Porositas dan Uji Densitas	
Beton Kontrol	9	9	**18**
Beton Eksperimen :			
5% limbah	9	9	**18**
10% limbah	9	9	**18**
20% limbah	9	9	**18**
30% limbah	9	9	**18**
Jumlah	**45**	**45**	**90**

3.6. Tahapan Pengujian Material

Berikut ini adalah langkah-langkah dalam pengujian material penyusun beton :

3.6.1 Tahapan Pengujian Kadar Air Agregat

a. Bahan :

1. Pasir beton Galunggung
2. Kerikil atau split
3. Limbah marmer halus dari Padalarang, Kab. Bandung Barat

b. Peralatan :

1. Timbangan dengan ketelitian 0,1% dari berat material
2. Oven dengan pengatur suhu sampai (110±5)°C
3. Sekop
4. Talam tahan panas (wadah)

c. Tahapan :

1. Timbang dan catat berat talam
2. Masukkan bahan uji kedalam talam tahan panas, lalu timbang
3. Hitung berat bahan uji
4. Keringkan bahan uji dalam talam dengan cara dioven
5. Setelah kering, timbang kembali bahan uji
6. Hitung berat bahan uji yang telah kering

Gambar 3.3 Pelaksanaan Uji Kadar Air

3.6.2 Tahapan Pengujian Berat Satuan atau Berat Volume Agregat

a. Bahan :

1. Pasir beton galunggung
2. Kerikil atau split
3. Limbah marmer halus dari Padalarang, Kab. Bandung Barat

b. Peralatan :

1. Timbangan dengan ketelitian 0,1% dari berat material
2. Talam tahan panas (wadah) dengan kapasitas cukup besar

3. Batang penusuk baja berdiameter 16 mm, panjang 60 cm, dengan ujung bulat setengah bola
4. Mistar perata
5. Sekop
6. Wadah silinder baja dilengkapi alat pemegang

c. Tahapan :

1. Timbang dan catat berat wadah
2. Isi wadah dengan bahan uji dalam tiga lapis sama tebal. Padatkan setiap lapisan dengan batang penusuk sebanyak 25 kali dengan merata. Pemadatan pada lapisan kedua dan ketiga tidak boleh sampai pada lapisan sebelumnya.
3. Setelah pemadatan, ratakan permukaan bahan uji dengan mistar perata
4. Timbang dan catat berat wadah berisi bahan uji
5. Hitung berat bahan uji

Gambar 3.4 Pengujian Berat Volume

3.6.3 Tahapan Pengujian Analisis Gradasi Agregat

a. Bahan :

1. Pasir beton galunggung
2. Kerikil atau split
3. Limbah marmer halus dari Padalarang, Kab. Bandung Barat

b. Peralatan :

1. Timbangan dengan ketelitian 0,1% dari berat material
2. Seperangkat saringan dengan ukuran lubang yang telah ditentukan
3. Oven dengan pengatur suhu sampai (110±5)°C
4. Talam dan sekop

5. Kuas dan sikat kawat untuk membersihkan ayakan

c. Tahapan :

1. Keringkan bahan uji menggunakan oven hingga mencapai berat konstan
2. Tuangkan bahan uji yang telah dioven tersebut ke dalam saringan yang telah disusun dari yang berlubang besar pada bagian atas hingga yang berlubang terkecil di bagian bawah
3. Getarkan perangkat saringan selama 15 menit
4. Pindahkan bahan uji yang tertahan pada saringan ke talam agar tidak hilang
5. Timbang bahan uji yang tertahan pada saringan dan catat beratnya

Gambar 3.5 Pengujian Analisis Gradasi

3.6.4 Tahapan Pengujian Butir-Butir Yg Lolos Ayakan 200

a. Bahan :

1. Pasir beton galunggung

b. Peralatan :

1. Ayakan nomor 16 dan 200
2. Wadah pencuci dengan kapasitas cukup besar, sehingga pada saat diguncang-guncang bahan uji dan air pencuci tidak tumpah
3. Oven dengan pengatur suhu sampai (110±5)°C
4. Timbangan dengan ketelitian 0,1% dari berat material
5. Talam dengan kapasitas cukup besar
6. Sekop

c. Tahapan :

1. Tuangkan bahan uji kedalam talam, lalu keringkan dengan oven
2. Timbang berat bahan uji yang telah kering

3. Tuangkan bahan uji kedalam wadah pencuci, lalu berilah air hingga bahan terendam
4. Guncang-guncangkan wadah, lalu tuangkan air pencuci kedalam susunan hingga bahan terendam.
5. Masukan air pencuci baru, ulangi tahapan ke-4 sampai air cucian menjadi jernih
6. Masukkan kembali bahan yang tertahan pada ayakan nomor 200 kedalam wadah, lalu bahan tersebut dioven hingga mencapai berat tetap
7. Setelah itu timbang bahan uji yang telah dioven

Gambar 3.6 Pengujian Butir-butir yang Lolos Saringan No.200

3.6.5 Analisis Specific-Gravity dan Penyerapan

1. Agregat Halus

a. Bahan :

1. Agregat halus (pasir)

b. Peralatan :

1. Timbangan dengan ketelitian 0,5 gram dengan kapasitas minimum 1 kg.
2. Piknometer kapasitas 500 gram.
3. Cetakan kerucut kecil dan tongkat pemadat.

c. Tahapan :

1. Keringkan benda uji hingga mencapai kondisi kering dimana agregat tercurah dengan baik.
2. Benda uji yang sudah mencapai kondisi pada poin 1 dimasukkan sebagian kedalam cetakan kerucut. Padatkan dengan menggunakan tongkat pemadat dengan cara ditumbuk

sebanyak 25 kali. Contoh benda uji mencapai kondisi SSD bila butiran pasir runtuh saat cetakan kerucut diangkat.

3. Masukkan 500 gram benda uji kedalam piknometer. Isilah piknometer dengan air hingga 90% penuh. Goyang-goyangkan piknometer untuk melepaskan gelembung-gelembung udara yang terperangkap. Kemudian rendamlah piknometer didalam air dengan suhu (73,4 ± 3)° f selama 24 jam. Timbang piknometer yang berisi agregat halus dan air.
4. Keluarkan benda uji dari piknometer dan keringkan pada suhu (213 – 230)° f selama 24 jam.
5. Timbang piknometer berisi air sesuai dengan kapasitas kalibrasi pada temperatur (73,4 ± 3)° f dengan ketelitian 0,1 gram.

Gambar 3.7 Uji Spesific-Gravity Agregat Halus dan Limbah Marmer

2. Agregat Kasar

a. Bahan :

1. Kerikil atau split

b. Peralatan :

1. Timbangan dengan ketelitian 0,5 gram dengan kapasitas 5 kg.
2. Keranjang besi diameter 203,2 mm (8”) dan tinggi 63,5 mm (2,5”).

3. Penggantung keranjang
4. Oven.
5. Handuk.

c. Tahapan :

1. Rendam benda uji selama 24 jam.
2. Kering mukakan benda uji (kondisi SSD) dengan cara dilap handuk.
3. Timbang benda uji, berat benda uji SSD = A.
4. Masukkan benda uji kedalam keranjang dan rendam didalam air. Temperatur air dijaga pada suhu (73,4 ± 3)° f lalu timbang, goyang-goyangkan keranjang didalam air untuk melepaskan udara yang terperangkap lalu hitung berat benda uji kondisi jenuh = B.
5. Keringkan benda uji pada temperatur (212 – 130)° f. Setelah didinginkan timbang benda uji, berat contoh kondisi kering = C.

Gambar 3.8 Pengujian Spesific-Gravity Agregat Kasar

3.7. Tahapan Perancangan Campuran Beton

3.7.1 Perancangan Beton f'c 25 Mpa

Beton yang bertindak sebagai kelompok kontrol ditentukan memiliki kekuatan tekan (f'c) sebesar 25 Mpa. Perancangan beton f'c 25 Mpa mengunakan metode *American Concrete Institute* (ACI). Langkah-langkah perancangan beton metode ACI adalah sebagai berikut :

1. Hitung kuat tekan rata-rata beton, berdasarkan kuat tekan dan margin
   f'cr = m+f'c

a. Nilai margin dihitung dengan rumus m = 1,64xSd

b. Standar deviasi (Sd) diambil dari tabel 3.2 berdasarkan mutu pelaksanaan yang diinginkan.

Tabel 3.2 Nilai Standar Deviasi Menurut ACI

Volume pekerjaan	Mutu Pelaksanaan (Mpa)		
	Baik Sekali	Baik	Cukup
Kecil (<1000m^3)	4,5<sd≤5,5	5,5<sd≤6,5	6,5<sd≤8,5
Sedang (1000-3000m^3)	3,5<sd≤4,5	4,5<sd≤5,5	5,5<sd≤6,5
Besar (>3000m^3)	2,5<sd≤3,5	3,5<sd≤4,5	4,5<sd≤5,5

Sumber : Tri Mulyono (2005:161)

c. Kuat tekan rencana (f'c) ditentukan berdasarkan rencana atau dari hasil uji yang lalu.

2. Tetapkan nilai slump

a. Nilai slump ditentukan atau dapat mengambil data dari tabel 3.3.

Tabel 3.3 Slump yang Disyaratkan 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 : Tri Mulyono (2005:161)

b. Ukuran maksimum agregat dihitung dari 1/3 tebal plate dan atau ¾ jarak bersih antar baja tulangan, tendon, *bundle bar*, atau *ducting* dan atau 1/5 jarak terkecil bidang bekisting ambil yang terkecil atau dapat diambil dari data pada tabel 3.4.

Tabel 3.4 Ukuran Maksimum Agregat Menurut ACI

Dimensi Minimum, mm	Balok/Kolom	Plat
62,5	12,4 mm	20 mm
150	40 mm	40 mm
300	40 mm	80 mm
750	80 mm	80 mm

Sumber : Tri Mulyono (2005:162)

3. Tetapkan jumlah air yang dibutuhkan berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai slump, dapat dilihat pada tabel 3.5.

Tabel 3.5 Perkiraan Air Campuran dan Persyaratan Kandungan Udara untuk Berbagai Slump dan Ukuran Nominal Agregat Maksimum, ACI

Slump (mm)	Air (lt/m3)							
	9,5 mm	12,7 mm	19,1 mm	25,4 mm	38,1 mm	50,8 mm	76,2 mm	152,4 mm
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 (%)								
Diekspose sedikit	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0
Diekspose menengah	6,0	5,5	5,0	4,5	4,5	4,0	3,5	3,0
Sangat diekspose	7,5	7,0	6,0	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0

Sumber : Tri Mulyono (2005:162)

4. Tetapkan nilai faktor air semen (FAS) berdasarkan tabel 3.6

Tabel 3.6 Nilai Faktor Air Semen Menurut ACI

Kekuatan Tekan 28 hari (Mpa)	FAS	
	Beton Air-entrained	Beton Non 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 : Tri Mulyono (2005:163)

a. Apabila nilai kuat tekan berada diantara nilai yang diberikan maka dilakukan interpolasi.

5. Hitung jumlah semen yang dibutuhkan dengan cara jumlah air dibagi FAS.
6. Tetapkan volume agregat kasar berdasarkan agregat maksimum dan modulus halus butir (MHB) agregat halusnya sehingga didapat persen agregat kasar, data ditampilkan pada tabel 3.7.

Tabel 3.7 Volume Agregat Kasar Per Satuan Volume Beton, Metode ACI

Ukuran Agregat maksimum (mm)	Volume agregat kasar kering persatuan 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	0,0	0,78	0,76
152,4	0,87	0,85	0,83	0,81

Sumber : Tri Mulyono (2005:164)

a. Apabila nilai modulus halus butirnya berada diantaranya,maka dilakukan interpolasi.

b. Volume agregat kasar = persen agregat kasar x berat kering agregat kasar

7. Estimasikan berat beton segar berdasarkan tabel 3.8.

Tabel 3.8 Estimasi Berat Awal Beton Segar (kg/m^3), Metode ACI

Ukuran agregat maksimum (mm)	Beton air-entrained	Beton non 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 : Tri Mulyono (2005:165)

a. Hitunglah agregat halus dengan cara 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 – langkah (3+5+6)

3.7.2 Tahapan Pembuatan Benda Uji

3.7.2.1 Tahapan Penimbangan Material

Timbangan yang digunakan dalam pembuatan benda uji adalah timbangan digital. Penggunaan timbangan digital dapat meminimalisasi kesalahan dan mengefektifkan waktu. Angka yang ditunjukkan pada timbangan digital mendekati akurat dalam penakaran material.

Gambar 3.9 Penimbangan Material

3.7.2.2 Tahapan Pengadukan Beton Segar

Alat yang digunakan pada pengadukan campuran beton selama penelitian adalah mesin pengaduk. Langkah-langkah dalam proses pengadukan menggunakan mesin adalah sebagai berikut :

a. Siapkan material yang direncanakan pada wadah yang terpisah
b. Siapkan wadah yang dapat menampung adukan beton segar
c. Masukkan agregat kasar dan agregat halus ke dalam pengaduk
d. Masukkan semen pada campuran agregat lakukan proses pengadukkan hingga diperoleh adukan kering agregat dan semen yang merata.
e. Tuangkan 1/3 jumlah air kedalam adukan kering sampai terlihat konsistensi adukan yang merata
f. Tuangkan lagi 1/3 jumlah air kedalam pengaduk hingga diperoleh adukan yang konsisten.

Gambar 3.10 Pengadukan Beton Segar

3.7.2.3 Tahapan Tes Slump Beton dengan Kerucut Abram

a. Bahan :

1. Adukan beton

b. Peralatan :

1. Kerucut terpancung dengan diameter dasar 203 mm, diameter 102 mm dan tinggi 305 mm.
2. Batang penusuk berdiameter 16 mm, panjang 600 mm dan memiliki ujung berbentuk setengah bola berdiameter 16 mm.
3. Penggaris
4. Pelat dasar baja berukuran 500 mm x 500 mm

c. Tahapan :

1. Basahi kerucut terpancung dan letakkan diatas pelat baja.
2. Segera tuangkan adukan beton ke dalam kerucut sebanyak tiga lapis, tebal tiap lapisan sebanyak 1/3 dari volume kerucut.
3. Padatkan tiap lapisan sebanyak 25 kali tusukan menggunakan batang penusuk. Penusukan pada lapisan tidak boleh menembus lapisan di bawahnya.
4. Setelah kerucut terisi penuh, ratakan permukaannya menggunakan batang penusuk.
5. Lepaskan segera kerucut dari beton dengan mengangkatnya ke arah vertikal secara hati-hati.
6. Angkat cetakan dengan jarak 300 mm dalam waktu 5 ± 2 detik tanpa gerakan horisontal.

7. Waktu pelaksanaan dari saat pengisian sampai pelepasan kerucut tidak boleh lebih dari 2,5 menit.
8. Letakkan kerucut disamping adukan beton.
9. Setelah terjadi penurunan pada beton, segera ukur penurunan yang terjadi dengan cara meletakkan batang penusuk di atas kerucut secara horisontal.
10. Apabila terjadi keruntuhan atau keruntuhan geser beton pada satu sisi atau sebagian massa beton, abaikan pengujian lalu buat pengujian baru dengan porsi lain dari contoh.

Gambar 3.11 Tes Slump Beton

3.7.2.4 Tahapan Pemeriksaan Berat Isi Beton Segar

a. Bahan :

1. Adukan beton

b. Peralatan :

1. Timbangan dengan ketelitian 0,3% dari berat contoh
2. Batang penusuk berdiameter 16 mm, panjang 600 mm dan memiliki ujung berbentuk setengah bola berdiameter 16 mm.
3. Alat perata
4. Takaran dengan kapasitas penggunaan :

Kapasitas (liter)	Ukuran maksimum agregat (mm)
6	25,00
10	37,50
14	50,00
24	75,00

c. Tahapan :

1. Timbang dan catat berat takaran
2. Isilah takaran dengan benda uji dalam tiga lapis
3. Tiap lapis dipadatkan dengan 25 kali tumbukkan. Pemadatan pertama, batang penusuk tidak boleh mengenai dasar takaran. Pemadatan kedua dan ketiga tusukkan tongkat kira-kira sampai 2,5 cm dibawah lapisan sebelumnya.
4. Ketuklah sisi takaran perlahan sampai tidak ada gelembung-gelembung udara pada permukaan dan rongga bekas tusukan tertutup.

Gambar 3.12 Pemeriksaan Berat Jenis Beton Segar

3.7.2.5 Tahapan Penuangan dan Pemadatan Beton Segar

Setelah dilakukan slump tes, segera tuangkan beton segar dari mesin pengaduk ke wadah penampung lalu tuangkan ke silinder-silinder benda uji. Penuangan beton harus disegerakan untuk menghindari beton mengeras dengan cepat sehingga dapat mengganggu proses pemadatan. Proses pemadatan beton dapat dilakukan dengan cara manual dengan tangan maupun menggunakan mesin getar. Langkah-langkah pemadatan cara manual dengan tangan adalah sebagai berikut :

a. Tuangkan adukan beton kedalam silinder sebanyak tiga lapis, tebal tiap lapisan sebanyak 1/3 volume silinder.
b. Padatkan tiap lapisan dengan ditusuk-tusuk sebanyak 25 kali menggunakan batang penusuk seperti pada slump tes. Penusukkan pada lapisan berikutnya tidak boleh menembus lapisan sebelumnya.

c. Setelah tiap lapisan ditusuk, bagian luar silinder diketok menggunakan tongkat karet sebanyak 10 sampai 15 kali secara pelan-pelan untuk merapatkan lubang akibat tumbukan dan untuk mengeluarkan udara yang terperangkap.
d. Setelah silinder terisi penuh, ratakan permukaannya dan bersihkan silinder.

Pemadatan menggunakan mesin dilakukan menggunakan alat getar atau vibrator. Pemadatan dapat dilakukan secara internal dan eksternal. Pemadatan secara internal merupakan penggetaran dari dalam terhadap adukan. Langkah-langkah pemadatan internal seperti dikemukakan Nugraha dan Antoni (2007:142) adalah sebagai berikut :

a. Masukkan kepala vibrator kedalam adukan secara vertikal dengan jarak pemasukan yang seragam.
b. Biarkan kepala vibrator turun sendiri selama 5 sampai 15 detik hingga masuk sedikitnya 15 mm ke lapisan dibawahnya.
c. Penggetaran berhenti apabila agregat telah terbenam, permukaan lapisan rata, timbulnya lapisan tipis pasta yang mengkilat atau tampak keluarnya gelembung udara dan terkadang bila suaranya mulai konstan.
d. Sementara itu penggetaran menggunakan vibrator eksternal dapat menggunakan meja penggetar. Berikut ini adalah langkah-langkahnya :
e. Letakkan silinder benda uji pada meja penggetar.
f. Nyalakan meja penggetar. Besar getaran tidak boleh terlalu kencang.
g. Penggetaran berhenti apabila telah tampak keluarnya gelembung udara.

Gambar 3.13 Penuangan dan Pemadatan Beton Segar

3.7.2.6 Tahapan Perawatan Benda Uji

Perawatan benda uji dilakukan untuk menghindari penguapan air pada benda uji. Benda uji harus ditutup menggunakan pelat yang kuat, tidak reaktif terhadap benda uji dan tidak menyerap air. Pencegahan penguapan air dapat dilakukan dengan menutupi benda uji menggunakan goni yang basah namun harus diingat bahwa goni harus dijaga agar tetap basah. Meskipun demikian, permukaan luar cetakan harus terlindungi dari kontak dengan goni basah atau sumber air lain selama 24 jam setelah silinder dicetak karena air dapat menyebabkan cetakan mengembang dan merusakkan benda uji pada umur awal.

Gambar 3.14 Perawatan Benda Uji

3.7.2.7 Tahapan Pengujian Beton Keras

1. Pengujian Kuat Tekan Beton

a. Bahan :

1. Benda uji yang telah keras

b. Peralatan :

1. Timbangan dengan ketelitian 0,1% dari berat benda uji

2. UTM (*Universal Testing Machine*) sebagai alat penguji kuat tekan

c. Tahapan :

1. Timbang benda uji terlebih dahulu lalu catat.
2. Selanjutnya letakkan benda uji pada mesin tekan secara setris.
3. Nyalakan mesin tekan. Tekanan harus dinaikkan berangsur-angsur dengan kecepatan berkisar antara 6 s.d. 4 kg/cm^2 perdetik.
4. Lakukan pembebanan sampai benda uji menjadi hancur dan catatlah beban maksimum hancur yang terjadi selama pemeriksaan benda uji.
5. Lakukan langkah 1 sampai 4 sesuai dengan jumlah benda uji.

Gambar 3.15 Pengujian kuat tekan

2. Pengujian Densitas Beton

a. Bahan :

1. Benda uji yang telah mengeras
2. Kertas koran
3. Kawat

b. Peralatan :

1. Timbangan dengan ketelitian 0,1% dari berat benda uji
2. Oven
3. Wadah

c. Tahapan

1. Keringkan benda uji menggunakan oven dengan suhu 100° C selama 1 jam.
2. Timbang benda uji di udara dan catat, angka tersebut merupakan massa kering (Ms).
3. Rendam benda uji selama 1 jam lalu keringkan dengan kertas koran. Selanjutnya timbanglah benda uji di udara dan catat, angka tersebut merupakan massa basah (Mb).
4. Gantung benda uji menggunakan kawat, posisinya harus tepat ditengah dan tidak menyentuh alas wadah berisi air. Massa benda uji berikut penggantung adalah Mg.
5. Lepaskan benda uji dari penggantung, timbang tali penggantung dan catat massanya (Mk)

Gambar 3.16 Pengujian Densitas

3. Pengujian Porositas Beton

a. Bahan :

1. Benda uji yang telah mengeras

b. Peralatan :

1. Timbangan dengan ketelitian 0,1% dari berat benda uji
2. Oven

c. Tahapan :

1. Angkat benda uji berumur 28 hari dari bak perendaman.
2. Tiriskan dan bersihkan benda uji hingga mencapai kondisi jenuh kering muka.
3. Timbanglah benda uji yang telah mencapai kondisi jenuh kering muka.

4. Keringkan benda uji dengan dioven dengan suhu 105° C selama 24 jam.
5. Setelah benda uji dioven selama 24 jam, selanjutnya benda uji ditimbang kembali.

Gambar 3.17 Pengujian Porositas

3.8. Tahapan Analisis Hasil Penelitian

Tahapan analisis dapat dilakukan setelah pengolahan data. Data yang dimaksud adalah data yang diperoleh dari tahap awal persiapan benda uji hingga pengujian benda uji. Tahapan ini akan dibahas lebih lanjut pada bab IV.

3.9. Tahapan Kesimpulan Hasil Penelitian

Tahap kesimpulan hasil penelitian merupakan simpulan akhir dari rangkaian proses pelaksanaan penelitian. Tahap ini akan dibahas lebih lanjut pada bab V.