

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di laboratorium Beton Universitas Siliwangi Kampus 2 Mugarsari, Kota Tasikmalaya.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian

3.2 Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen. Metode eksperimen pada penelitian ini adalah dengan membuat benda uji dengan bentuk balok dengan komposisi pembuatan betonnya menggunakan bahan tambah Abu batu bara (*fly ash*) dengan variasi campuran 0%, campuran 0,4%, campuran 0,8% campuran 1,2% dan campuran 1,6% dengan membandingkan beton normal, pada umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari.

3.3 Rancangan Penelitian

Adapun data yang diperlukan untuk melengkapi kebutuhan penelitian ini, yaitu dengan praktek di Laboratorium dengan melakukan uji kuat lentur beton. Hasil dari pengujian ini dapat memperoleh data yang diperlukan untuk penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Jumlah Sampel Benda Uji

No	Jenis Beton	Umur Beton (Hari)			Jumlah
		7	14	28	
1.	Beton dengan campuran bahan tambah Abu batu bara (<i>fly ash</i>) 0%	3	3	3	9
2.	Beton dengan campuran bahan tambah Abu batu bara (<i>fly ash</i>) 0,4%	3	3	3	9
3.	Beton dengan campuran bahan tambah Abu batu bara (<i>fly ash</i>) 0,8%	3	3	3	9
4.	Beton dengan campuran bahan tambah Abu batu bara (<i>fly ash</i>) 1,2%	3	3	3	9
5.	Beton dengan campuran bahan tambah Abu batu bara (<i>fly ash</i>) 1,6%	3	3	3	9
Total Benda Uji Balok 15 x 15 x 60 cm³					45

3.4 Alat dan Bahan

Dalam pembuatan beton menggunakan alat yang tersedia di laboratorium dan menggunakan bahan yang sudah dipersiapkan agar terlaksananya proses pembuatan beton yang baik.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Saringan
saringan berfungsi untuk menyaring sampel untuk mengetahui modulus halus dan gradasi perbutir pada agregat.
2. Timbangan
Timbangan berfungsi untuk menimbang berat sampel agar sesuai dengan yang dibutuhkan.
3. Sekop
Sekop berfungsi untuk memindahkan bahan beton.
4. *Concrete Mixer*
Berfungsi untuk mengaduk semua bahan supaya tercampur merata.
5. Sendok spesi
Berfungsi untuk mencampur atau memasukkan adonan beton ke dalam cetakan.

6. Cetakan

Cetakan yang digunakan pada penelitian ini berbentuk balok.

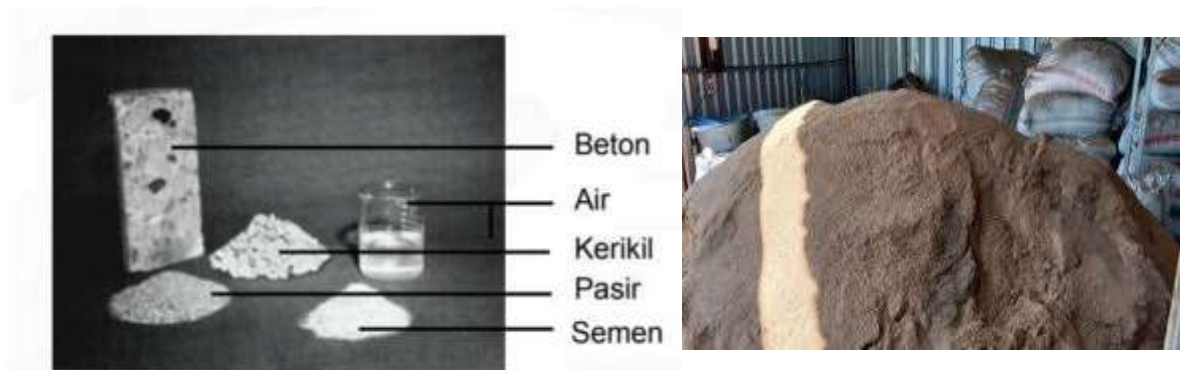
7. Bak Air

Berfungsi untuk merendam benda uji yang sudah dilepas dari cetakan.

8. Mesin Pengujian Beton.

Sebagai alat untuk menguji kekuatan beton keras.

Untuk bahan yang digunakan dalam penelitian ini bisa dilihat pada Gambar 3.2.



Sumber: (Simanjuntak et al., 2021) dan (Saleh & Syukriadinata, 2024)

Gambar 3.2 Material Pembentuk Beton Utama.

1. Semen

Semen berfungsi sebagai bahan pengisi dan pengikat pada campuran beton.

Pada penelitian ini semen yang digunakan adalah semen portland tipe I.

2. Agregat Kasar

Agregat kasar atau batu pecah yang digunakan pada penelitian ini yaitu agregat kasar dengan ukuran maksimum 20 mm.

3. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan adalah pasir cor dan sebelum melakukan pembuatan beton, dilakukan penyaringan untuk menentukan zona pasir.

4. Air

Air yang digunakan yaitu air yang berasal dari Laboratorium.

5. Abu batu bara (*fly ash*)

Abu batu bara (*fly ash*) adalah semen grouting siap pakai yang mempunyai karakteristik tidak menyusut dengan waktu kerja yang sesuai untuk temperatur lokal.

3.5 Analisis Data

3.5.1 Analisis Pengujian Bahan Penyusun Beton

Analisis pengujian bahan penyusun beton bertujuan untuk mengetahui sifat dan karakteristik bahan penyusun beton. Pengujian bahan penyusun beton meliputi analisa saringan, kadar air, berat isi dan rongga udara, kadar lumpur serta keausan agregat.

3.5.2 Analisis Desain Campuran Beton (*Mix design*)

Perencanaan campuran beton dimaksudkan untuk mengetahui komposisi atau proporsi bahannya penyusun beton yang ditentukan melalui sebuah perhitungan (*mix design*). Metode yang digunakan sesuai dengan (SNI 03-2834-2000, 2000) tentang tata cara pembuatan rencana campuran beton normal. Perhitungan dilakukan berdasarkan kekuatan tekan rencana serta *workability*.

Pemilihan agregat juga mempengaruhi sifat pengerjaan beton. Butiran yang besar akan menyebabkan segregasi, sedangkan butiran yang kecil menyebabkan kuat tekan beton yang rendah. Sifat-sifat beton dapat direncanakan berdasarkan sifat material penyusunnya. *Mix design* adalah pemilihan bahan penyusun beserta proporsinya. Proporsi campuran beton harus menghasilkan beton yang memenuhi persyaratan berikut:

1. Kekentalan yang memungkinkan pengerjaan beton (penuangan, pemadatan dan perataan) dengan mudah dapat mengisi acuan dan menutup permukaan secara serba sama (homogen).
2. Keawetan terhadap pengaruh-pengaruh serangan agresif lingkungan (durabilitas).
3. Ketentuan tekan karakteristik atau kekuatan tekan minimum yang dikehendaki (*Compressive strength*).
4. Harga adukan harus ekonomis.

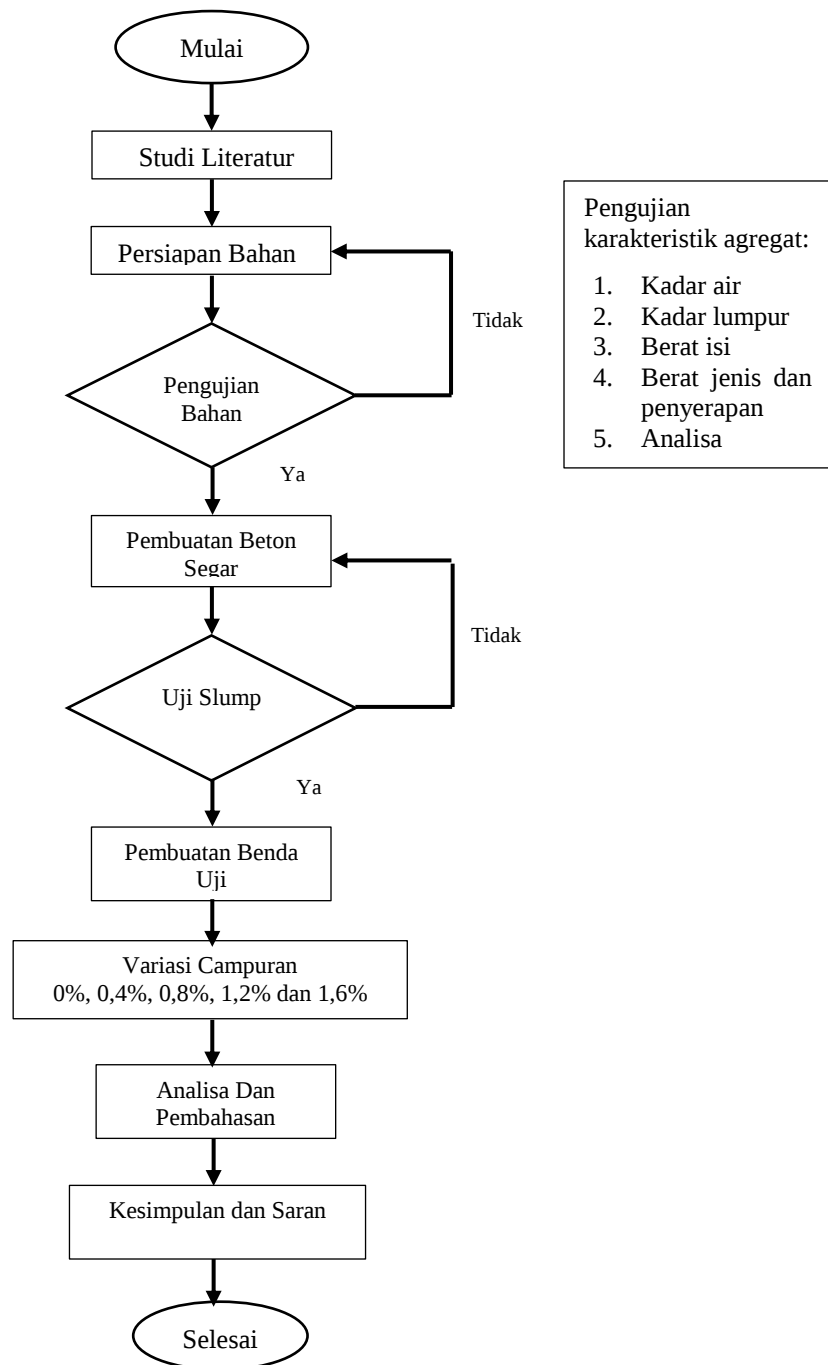
Adapun beberapa metode rancangan campuran beton yang telah dikenal, antara lain:

1. Metode DOE yang dikembangkan oleh (*Department of Environment*) di Inggris.
2. Metode ACI (*American Concrete Institute*).

Metode rancangan campuran DOE di Indonesia dikenal sebagai standar perencanaan oleh Departemen Pekerjaan Umum dan dimuat dalam Standar SNI 03-2834-2000 “Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal”.

3.5.3 Alur Penelitian

Secara garis besar, tahapan penelitian dilaksanakan di laboratorium dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Alur Penelitian

3.6 Pengujian Bahan

Pengujian bahan dilakukan untuk mengetahui apakah agregat kasar dan halus yang digunakan sudah memenuhi spesifikasi untuk pembuatan benda uji. Semen yang digunakan tidak diuji, karena semen tersebut telah dianggap memenuhi spesifikasi sesuai ketentuan.

3.6.1 Pengujian Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar

Analisis saringan agregat untuk penentuan persentase agregat yang lolos dari saringan. Metode ini dimaksudkan sebagai pegangan untuk menentukan gradasi agregat dengan menggunakan saringan.

Cara pelaksanaan pengujian analisis saringan adalah sebagai berikut:

1. Peralatan.
 - a. Timbangan dan neraca.
 - b. Satu set saringan.
 - c. Oven.
 - d. Alat pemisah contoh.
 - e. Mesin pengguncang saringan.
 - f. Talam-talam.
 - g. Kuas, sikat kuning, sendok dan alat lainnya.
2. Benda uji
 - a. Agregat kasar.
 - b. Agregat halus.
3. Cara pengujian
 - a. Benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, berat tetap.
 - b. Saring benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas. Saringan diguncang dengan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit.
4. Perhitungan

Perhitungan persentase benda berat uji yang tertahan di atas masing-masing saringan terhadap berat total benda uji setelah disaring.

3.6.2 Pengujian Kadar Air Agregat

Kadar air agregat adalah perbandingan antara berat air yang dikandung agregat dalam keadaan kering yang dinyatakan dalam persen. Metode ini merupakan pegangan dalam pengujian untuk menemukan kadar air agregat. Tujuannya untuk memperoleh angka persentase kadar air yang dikandung agregat. Berikut langkah pengujian kadar air agregat:

1. Peralatan
 - a. Timbangan.
 - b. Oven.
 - c. Talam-talam.
2. Benda uji
 - a. Agregat halus.
 - b. Agregat kasar.
3. Prosedur pengujian
 - a. Timbang dan catatlah berat talam (W_1).
 - b. Masukkan benda uji ke dalam talam kemudian timbang dan catat beratnya (W_2).
 - c. Hitunglah berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$).
 - d. Keringkan benda uji beserta dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ sampai beratnya tetap. e. Setelah kering timbang dan catat berat benda uji beserta talam (W_4) f. Hitunglah berat benda uji kering ($W_5 = W_4 - W_1$)

3.6.3 Pengujian Berat Isi dan Rongga Udara didalam Agregat

Berat adalah gaya gravitasi yang mendesak agregat. Agregat adalah material granular misalnya pasir, batu pecah dan kerak tungku besi, yang dipakai bersama dengan beton semen hidrolik atau adukan semen. Rongga udara dalam agregat adalah ruang diantara agregat yang tidak diisi partikel padat.

Tahapan pengujian berat isi dan rongga udara dalam agregat adalah sebagai berikut:

1. Peralatan
 - a. Timbangan.

- b. Batang penusuk.
 - c. Alat penakar berbentuk silinder.
 - d. Sekop atau sendok.
2. Benda uji
 - a. Agregat halus.
 - b. Agregat kasar.
3. Cara pengujian
 - a. Kondisi padat
 - 1) Isi penakar sebanyak $\frac{1}{3}$ dari volume penuh lalu ratakan dengan batang perata.
 - 2) Tusuk lapisan agregat sebanyak 25 kali tusukan.
 - 3) Isi lagi penakar sampai $\frac{2}{3}$ dari volume penuh, kemudian ratakan lalu tusuk sebanyak 25 kali tusukan.
 - 4) Isi lagi penakar sampai melebihi kemudian tusuk lagi.
 - 5) Ratakan permukaan menggunakan batang perata.
 - 6) Tentukan berat penakar, catat beratnya.
 - 7) Tentukan berat penakar beserta isinya, catat beratnya.
 - 8) Perhitungan berat isi agregat dengan menggunakan rumus berikut:

$$M = \frac{(G-T)}{V} \text{ atau } M = (G - T) \times F \dots \dots \dots (3.1)$$
 - 9) Menghitung kadar rongga udara menggunakan rumus berikut:

$$M_{SSD} = M \left\{ 1 + \left(\frac{A}{100} \right) \right\} \dots \dots \dots (3.2)$$
 - b. Kondisi gembur
 - 1) Isi penakar dengan agregat sampai berlebih dan hindarkan terjadinya pemisahan dari butir agregat.
 - 2) Ratakan permukaannya menggunakan batang.
 - 3) Tentukan berat penakar, catat beratnya.
 - 4) Tentukan berat penakar dengan isinya, catat beratnya.
 - 5) Hitung berat isi dan kadar rongga udara dalam agregat seperti pada kondisi padat di atas.
4. Perhitungan
 - a. Agregat dalam keadaan kering setelah di oven.

$$M = \frac{(G-T)}{V} \text{ atau } M = (G - T) \times F \dots\dots\dots(3.4)$$

Keterangan:

M = berat isi agregat dalam kondisi kering oven (kg/m³)

G = berat agregat dan penakar (kg)

T = berat penakar (kg)

V = volume penakar (m³)

F = faktor penakar (m³)

- b. Agregat dalam keadaan kering permukaan

$$M_{SSD} = M \left\{ 1 + \left(\frac{A}{100} \right) \right\} \dots\dots\dots(3.5)$$

Keterangan:

M_{SSD} = berat isi agregat dalam kondisi kering permukaan (kg/m³)

M = berat isi dalam kondisi kering oven (kg/m³)

A = absorpsi (%)

3.6.4 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan persentase kadar lumpur dalam agregat halus. Kandungan < 5% merupakan ketentuan dalam peraturan bagi penggunaan agregat halus untuk pembuatan beton.

Cara pengujian kadar lumpur agregat halus adalah sebagai berikut:

1. Peralatan

- a. Gelas ukur.
- b. Alat pengaduk.

2. Benda uji

Sampel pasir secukupnya dengan bahan pelarut air.

3. Tahapan pengujian

- a. Sampel benda uji dimasukan ke dalam gelas ukur.
- b. Tambahkan air pada gelas ukur untuk melarutkan lumpur.
- c. Kocok gelas untuk mencuci pasir dari lumpur.
- d. Simpan gelas pada tempat yang datar, biarkan lumpur mengendap setelah 24 jam.
- e. Tinggi pasir (V₁) dan tinggi lumpur (V₂) diukur.

4. Perhitungan

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{V_2}{V_1 + V_2} \times 100\% \dots \dots \dots (3.6)$$

Keterangan:

V_1 = tinggi pasir (mm)

V_2 = tinggi lumpur (mm)

3.6.5 Uji Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles

Keausan merupakan perbandingan antara berat bahan yang hilang atau tergerus terhadap berat bahan awal. Mesin Abrasi Los Angeles merupakan alat simulasi keausan dengan bentuk dan ukuran tertentu yang terbuat dari pelat baja berputar dengan kecepatan tertentu.

Tujuan dari analisis pengujian ini untuk mengetahui angka keausan tersebut, yang dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus lolos saringan No 12 (1,7 mm) terhadap berat semula, dalam persen.

Cara pengujian keausan agregat dengan mesin abrasi Los Angeles adalah sebagai berikut:

1. Peralatan

a. Mesin abrasi Los Angeles

Mesin abrasi ini terdiri dari silinder baja tertutup pada kedua sisinya dengan diameter dalam 711 mm (28") panjang dalam 508 mm (20"), silinder berlubang untuk memasukkan benda uji, penutup lubang terpasang rapat sehingga permukaan dalam silinder tidak terganggu, di bagian dalam silinder terdapat bilah naja melintang penuh setinggi 89 mm (3,5").

b. Saringan No 12 (1,70 mm) dan saringan-saringan lainnya.

c. Timbangan.

d. Bola-bola baja dengan diameter rata-rata 4,68 cm (1 27/32") dan berat masing-masing antara 390 gram sampai dengan 445 gram.

e. Oven.

f. Alat bantu pan dan kuas.

2. Agregat kasar
3. Tahapan pengujian
 - a. Pengujian ketahanan agregat kasar terhadap keausan dapat dilakukan dengan salah satu cara tujuh cara berikut:
 - 1) Cara A: Gradasi A, bahan lolos 37,5 mm sampai tertahan 9,5 mm. Jumlah bola 12 buah dengan 500 putaran.
 - 2) Cara B: Gradasi B, bahan lolos 19 mm sampai tertahan 9,5 mm. Jumlah bola 11 buah dengan 500 putaran.
 - 3) Cara C: Gradasi C, bahan lolos 9,5 mm sampai tertahan 4,75 mm (No 4). Jumlah bola 8 buah dengan 500 putaran.
 - 4) Cara D: Gradasi D, bahan lolos 6,3 mm sampai tertahan 2,36 mm (No 8). Jumlah bola 6 buah dengan 500 putaran.
 - 5) Cara E: Gradasi E, bahan lolos 75 mm sampai tertahan 37,5 mm. Jumlah bola 12 buah dengan 1000 putaran.
 - 6) Cara F: Gradasi F, bahan lolos 50 mm sampai tertahan 25 mm. Jumlah bola 12 dengan 1000 putaran.
 - 7) Cara G: Gradasi G, bahan lolos 37,5 mm sampai tertahan 19 mm. Jumlah bola 12 buah dengan 1000 putaran.
 - b. Benda uji dan bola baja dimasukkan ke dalam mesin abrasi Los Angeles.
 - c. Putaran mesin dengan kecepatan 30 rpm sampai dengan 33 rpm, jumlah putaran gradasi A, B, C dan D adalah 500 putaran dan untuk gradasi E, F dan G adalah 1000 putaran.
 - d. Setelah selesai pemutaran, keluarkan benda uji dari mesin kemudian saring dengan saringan No 12 (1,70 mm), butiran yang tertahan di atasnya dicuci bersih, selanjutnya dikeringkan dalam oven pada temperatur $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap.
 - e. Jika material contoh uji homogen, pengujian cukup dilakukan dengan 100 putaran, dan setelah selesai pengujian disaring dengan saringan No 12 (1,70 mm) tanpa pencucian. Perbandingan hasil pengujian antara 100 putaran dan 500 putaran agregat tertahan di atas saringan No 12 (1,70 mm) tanpa pencucian tidak boleh lebih besar dari 0,20.

4. Perhitungan

$$\text{Keausan} = \frac{a-b}{a} \times 100\% \dots \dots \dots (3.7)$$

Keterangan:

a = berat benda uji semula (gram)

b = berat benda uji tertahan saringan No 12 (1,70 mm) (gram).

3.7 Kuat Lentur Rata - Rata

Kuat lentur rata-rata di hitung menggunakan rumus berikut:

$$f_r = \frac{3P.a}{b.h^2} \dots \dots \dots (3.8)$$

Keterangan:

f_r : kuat lentur rata-rata (MPa)

P : Beban pada waktu lentur (KN)

a : jarak dari perletakan ke gaya (mm)

b : Lebar penampang balok (mm)

h : Tinggi penampang balok (mm)

3.8 Nilai Slump

Untuk menetapkan nilai *slump* dilakukan dengan memperhatikan pembuatan, pengangkutan, penuangan, pemadatan dan jenis strukturnya. Cara pengangkutan adukan beton dengan aliran pipa yang dipompa dengan tekanan membutuhkan nilai *slump* yang besar, adapun pemadatan adukan dengan alat getar (*triller*) dapat dilakukan dengan nilai *slump* yang agak kecil. Dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Penetapan Nilai *Slump*

Pemakaian Beton	Maksimal	Minimal
Fondasi telapak bertulang, plat fondasi dan dinding	12,5	5,0
Struktur bawah tanah, kaison dan Fondasi telapak tidak bertulang	9,0	2,5
Pelat, kolom, balok dan dinding	15,0	7,5
Pengerasan jalan	7,5	5,0
Pembetonan masal	7,5	2,5

3.9 Pembuatan Beton Segar

Campuran bahan penyusun beton dilakukan untuk memperoleh suatu komposisi yang solid dari bahan penyusun berdasarkan rancangan campuran beton. Sebelum diimplementasikan di lapangan, pencampuran bahan dapat dilakukan di laboratorium. Agar tetap terjaga konsistensi rancangannya, tahapan lebih lanjut dalam pengolahan beton perlu diperhatikan. Cara pengolahan ini akan menentukan kualitas dari beton yang akan dibuat.

Adapun tahapan dalam pelaksanaan meliputi:

3.9.1 Persiapan

Sebelum pelaksanaan penuangan beton, hal yang harus dilakukan adalah membersihkan semua peralatan untuk pengadukan dan pengangkutan beton, membersihkan cetakan benda uji dan melapisi cetakan tersebut dengan minyak mineral untuk memudahkan pembukaan benda uji.

3.9.2 Penakaran (*Batching*)

Proses mengukur proporsi dan material beton sebelum dimuat ke dalam pengaduk (*mixer*). Besarnya proporsi bahan didapat dari perencanaan campuran (*mix design*). Proses penakaran yang akurat adalah dengan menimbanginya.

3.9.3 Pengadukan (*Mixing*)

Setelah didapat komposisi yang direncanakan untuk kuat tekan, proses selanjutnya adalah pengadukan. Komposisinya disesuaikan dengan kapasitas alat aduk. Secara umum pengadukan dilakukan sampai didapatkan suatu sifat yang

plastis dalam campuran beton segar. Pengadukan ini dilakukan sampai warna adukan tampak rata, kelecikan yang cukup (tidak cair tidak padat), dan tampak campurannya homogen. Pemisahan butir-butir tidak boleh terjadi selama proses pengadukan ini. Biasanya yang dimasukkan agregat kasar dulu, semen, lalu agregat halus, air ditambahkan terakhir. Alasannya, waktu hopper dijungkirkan untuk mengeluarkan isinya, bahan yang masuk pertama akan keluar belakangan. Karenanya lebih baik jika agregat kasar dapat mendorong agregat halus dan semen.

Lama pencampuran dapat berkisar dari 30 detik sampai 3 menit. Alat yang digunakan dalam pengadukan pada penelitian ini yaitu drum *mixer* yang mempunyai kombinasi bilah (*blade*) dan bentuk drum yang memungkinkan pertukaran material dari ujung ke ujung sejajar sumbu rotasi maupun gerakan menyebar.

3.9.4 Pengecoran (*Placing*)

Pengecoran merupakan proses menuangkan beton segar dari alat pengangkut ke dalam cetakan, karat yang terdapat pada baja penguat harus dihilangkan, cetakan harus dibersihkan dan ceceran material beton yang telah mengeras akibat pengangkutan sebelumnya harus dibersihkan. Baiknya pengecoran harus menghindari terjadinya pemisahan perubahan bentuk cetakan atau pergeseran baja penguat dalam cetakan, maupun terjadinya hubungan yang jelek antar lapisan pengecoran beton.

Hal yang perlu diperhatikan selama proses pengecoran:

1. Beton yang akan dituangkan harus pada posisi sedekat mungkin dengan acuan untuk mencegah terjadinya segregasi yang disebabkan pemuatan kembali atau dapat mengisi dengan mudah seluruh acuan.
2. Tingkat kecepatan pengecoran beton harus diatur agar beton selalu dalam keadaan plastis dan dapat mengisi dengan mudah ke dalam sela-sela cetakan.
3. Beton yang telah mengeras sebagian atau yang seluruhnya tidak boleh digunakan untuk pengecoran.
4. Beton yang telah dikotori oleh bahan lain tidak boleh dituangkan ke dalam struktur.

5. Adukan beton harus dituang secara menerus agar diperoleh beton yang seragam dan tidak terjadi garis batas.
6. Permukaan cetakan yang berhadapan dengan adukan beton harus diolesi minyak agar beton tidak melekat dengan cetakannya.
7. Selama penuangan dan pemadatan harus dijaga agar posisi cetakan maupun tulangan tidak berubah.

Pengecoran tidak boleh dilakukan pada waktu turun hujan.

3.9.5 Pemadatan (*Compacting*)

Setelah beton segar diaduk, diangkut, dituangkan, beton masih mengandung udara dalam bentuk rongga udara. Pemadatan beton bertujuan untuk menghilangkan rongga udara sebanyak mungkin untuk mencapai kepadatan yang maksimal. Pemadatan juga menjamin suatu pelakatan yang baik antara beton dengan permukaan baja tulangan atau bahan lain yang ikut di cor. Pemadatan dilakukan sebelum terjadinya *initial setting time* pada beton. Pemadatan dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan menggunakan atau menggunakan mesin *vibrator*

3.9.6 Pekerjaan Akhir (*Finishing*)

Finishing dimaksudkan untuk mendapatkan permukaan beton yang rata dan mulus. Pekerjaan ini dilakukan saat beton belum mencapai *final setting time*, karena pada masa ini beton masih dapat dibentuk. Alat yang digunakan biasanya ruskam, jidar dan alat perata lainnya.