

## BAB 3

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini mulai dari pengelolaan dan pembuatan benda uji serta pengujian kuat tekan beton dilakukan di Laboratorium Struktur Teknik Sipil Universitas Siliwangi



Sumber: Google Maps

Gambar 3. 1 Lokasi penelitian

#### 3.2 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini merupakan metode eksperimen. Metode eksperimen pada penelitian ini adalah membuat benda uji dengan bentuk silinder dengan komposisi pembuatan betonnya menggunakan campuran pasir besi sebagai material pengganti agregat halus dengan persentase 25%, 50%, 75%, 100% dengan pembanding beton normal tanpa campuran pasir besi. Pengujian beton dilakukan pada umur 7 hari, 14 hari, 21 dan 28 hari. Beton yang digunakan adalah beton  $f'c = 20$  MPa.

#### 3.3 Teknik Pengumpulan Data

Adapun data-data yang digunakan untuk melengkapi kebutuhan dalam penelitian ini diperoleh dari:

### 1. Literatur

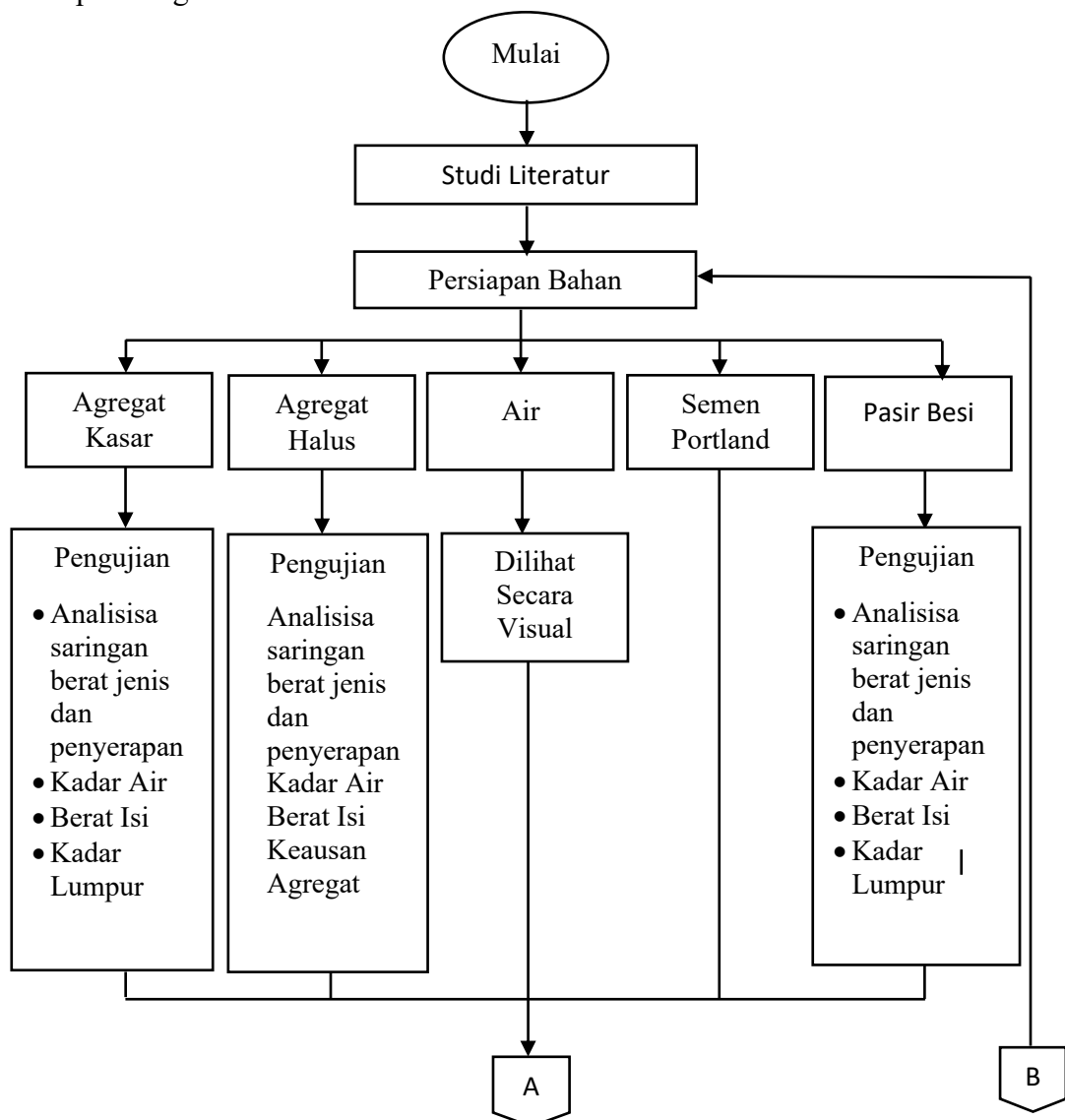
Mencari dan mempelajari buku-buku literatur dan jurnal mengenai teknologi beton dan pengujiannya. Peraturan-peraturan yang berlaku seperti SNI (Standar Nasional Indonesia), ACI (American Concrete Institute), ASTM (American Society for Testing and Material) dan BS (British Standard). Dalam studi literatur, diperoleh teori-teori yang dapat membantu untuk melengkapi laporan ini.

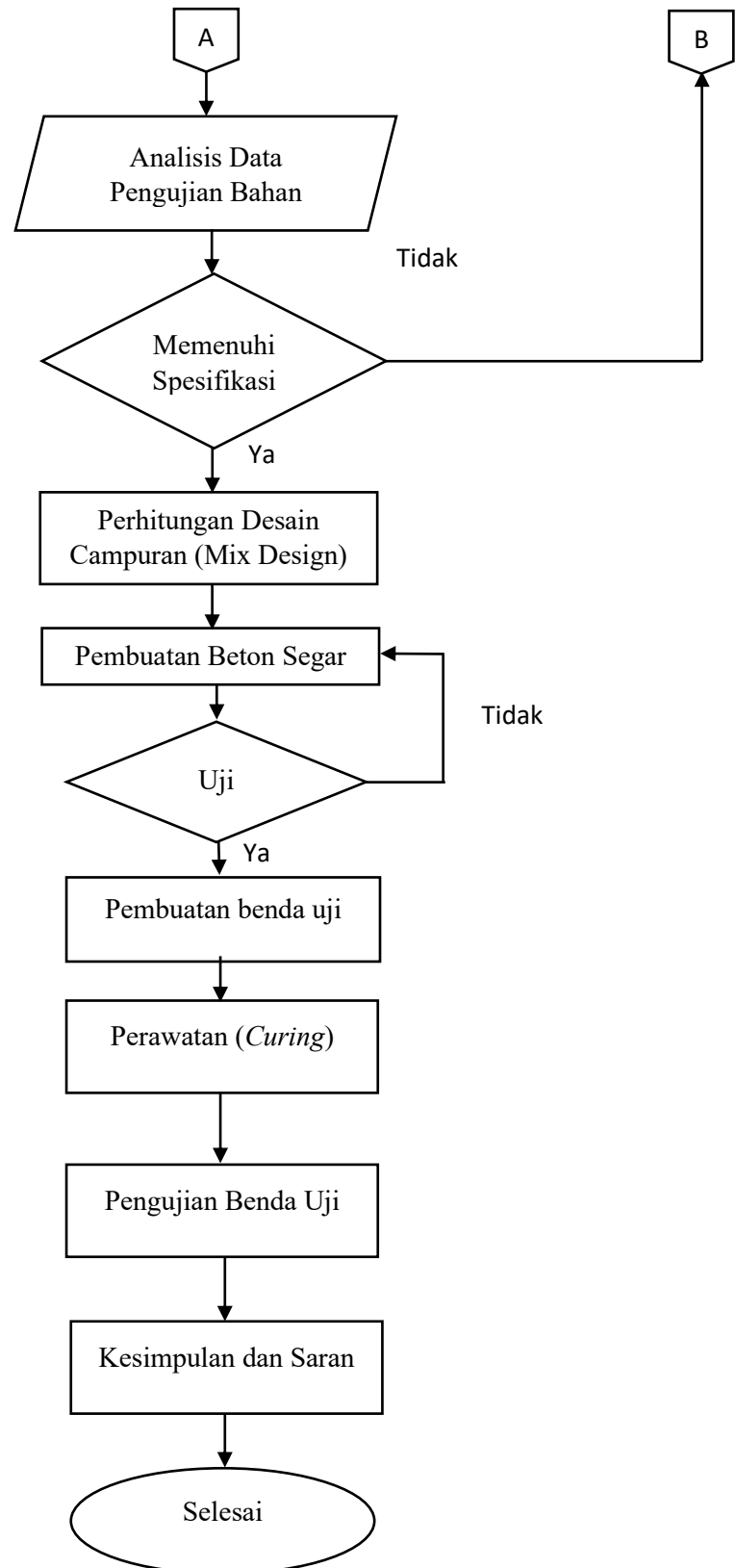
### 2. Praktek di Laboratorium,

Data yang dibutuhkan adalah data hasil dari uji kuat tekan yang diperoleh dari melakukan pengujian di laboratorium.

## 3.4 Alur Penelitian

Secara garis besar penelitian yang dilaksanakan di laboratorium dapat dilihat pada bagan berikut ini:





Gambar 3. 2 Diagram alir penelitian

### **3.5 Persiapan Bahan**

Langkah pertama yang harus dilakukan pada saat melakukan penelitian di laboratorium adalah persiapan bahan atau material penyusun beton.

Berikut adalah bahan atau material yang digunakan dalam penelitian:

1. Semen

Semen merupakan bahan pengisi dan pengikat pada campuran beton. Pada penelitian ini semen yang digunakan yaitu semen portland tipe 1 dengan kemasan 50kg.

2. Agregat Kasar

Agregat Kasar yang digunakan dalam penelitian ini yaitu agregat kasar dengan ukuran kurang dari 20 mm.

3. Agregat Halus

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

4. Air

Air yang digunakan berasal dari

5. Pasir Besi

Pasir besi yang digunakan adalah sebagai material substitusi atau pengganti agregat halus dengan persentase tertentu.

### **3.6 Persiapan Peralatan**

Dalam pembuatan beton ini menggunakan beberapa alat-alat yang tersedia di Laboratorium Struktur Teknik Sipil Universitas Siliwangi serta memakai bahan-bahan yang telah disiapkan sebelumnya agar terlaksananya proses pembuatan beton yang baik.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Saringan

Saringan berfungsi sebagai penyaring sampel agar mengetahui modulus halus dan gradasi per butir pada agregat.

2. Timbangan  
Timbangan berfungsi untuk menimbang berat sampel agar sesuai dengan yang diperlukan.
3. Sekop  
Sekop berfungsi untuk memindahkan bahan-bahan serta mengaduk campuran beton.
4. Sendok Spesi  
Sendok spesi berfungsi untuk mencampur atau memasukkan campuran beton ke dalam cetakan.
5. *Concrete Mixer*  
*Concrete Mixer* berfungsi untuk mencampurkan semua bahan agar tercampur merata.
6. Cetakan  
Cetakan yang digunakan pada penelitian ini berbentuk silinder.
7. Bak Air  
Bak air berfungsi untuk merendam benda uji yang telah dilepas dari cetakan.
8. Mesin Pengujian Beton  
Sebagai alat untuk menguji kekuatan beton.

### **3.7 Pengujian Bahan**

Pengujian bahan dilakukan untuk mengetahui apakah agregat kasar serta agregat halus yang digunakan telah memenuhi spesifikasi untuk pembuatan benda uji, pengujian material dilakukan untuk mendapatkan mix design. Pengujian terhadap pasir besi yang digunakan hanya dilakukan terhadap analisis saringan, pengujian berat jenis dan penyerapan air, kadar air dan berat volume. Pengujian karakteristik agregat yang dilakukan dalam penelitian ini sesuai dengan SNI (Standar Nasional Indonesia).

#### **3.7.1 Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar**

Pengujian saringan agregat bertujuan untuk mengetahui gradasi atau susunan butir pada agregat kasar dan agregat halus dengan menggunakan saringan untuk memperoleh jumlah persentase butiran atau distribusi besaran agregat kasar dan agregat halus.

Berikut langkah-langkah pengujian analisis saringan agregat:

1. Alat
  - a. Timbangan dan neraca
  - b. Satu set saringan; : 76,2 mm (3"); 63,5 mm (2 ½"); 50,8 mm (2"); 37,5 mm (1 ½"); 25,4 mm (1"); 19,1 mm (¾"); 12,5 mm (½"); 9,5 mm (3/8"); No 4 (4,75 mm); No 8 (2,36 mm); No 16 (1,18 mm); No 30 (0,600 mm); No 50 (0,300 mm); No 100 (0,150 mm); No 200 (0,075 mm).
  - c. Oven
  - d. Alat pemisah contoh
  - e. Mesin pengguncang saringan
  - f. Talam-talam
  - g. Kuas, sikat kuningan, sendok, dan alat-alat lainnya.
2. Benda uji
  - a. Agregat halus
  - b. Agregat kasar
3. Prosedur pengujian
 

Urutan proses pengujian ini adalah sebagai berikut:

  - a. Benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ , sampai berat tetap.
  - b. Saring benda uji melalui susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar diletakkan paling atas. Saringan diguncang dengan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit
4. Perhitungan
 

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

### 3.7.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Berat jenis merupakan perbandingan antara berat dari satuan volume dan suatu material terhadap berat jenis air dari volume yang sama. Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan angka berat jenis curah, berat jenis permukaan jenuh, berat jenis semu dan penyerapan air pada agregat halus.

1. Alat
  - a. Timbangan
  - b. Piknometer
  - c. Kerucut terpancang
  - d. Batang penumbuk
  - e. Saringan No. 4 (4,75 mm)
  - f. Oven
  - g. Pengukur suhu
  - h. Talam
  - i. Bejana tempat air
  - j. Pompa hampa udara atau alat pemanas (tungku)
  - k. desikator
2. Benda Uji

Agregat yang lewat saringan No. 4 (4,75 mm)
3. Prosedur Pengujian
  - a. Benda uji dikeringkan dalam oven pada suhu  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ , sampai berat tetap.
  - b. Buang air perendam dengan hati-hati, lalu tebarkan agregat diatas talam, keringkan pada aliran udara yang hangat, dengan cara membalik-balikan benda uji, lakukan pengeringan sampai keadaan jenuh kering permukaan. Lakukan pengeringan sampai tercapai keadaan kering dan permukaan jenuh
  - c. Periksa keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisikan benda uji ke dalam kerucut terpancung, padatkan dengan batang penumbuk sebanyak 25 kali, angkat kerucut terpancung, keadaan kering permukaan tercapai apabila benda uji runtuh tetapi masih dalam keadaan tercetak
  - d. Setelah tercapai keadaan kering permukaan jenuh masukkan 500 gram benda uji ke dalam piknometer, masukkan air suling sampai mencapai 90% isi piknometer, putar sambil diguncang sampai tidak terlihat gelembung udara didalamnya

- e. Piknometer direndam dalam air dan ukur suhu air untuk menyesuaikan perhitungan kepada suhu standar  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$
- f. Tambahkan air sampai mencapai tanda batas
- g. Timbang piknometer berisi air dan benda uji
- h. Kemudian keluarkan benda uji, keringkan dalam oven dengan suhu  $(110 \pm 5)\text{ }^{\circ}\text{C}$ , sampai berat tetap, dinginkan benda uji dalam desikator
- i. Setelah benda uji dingin kemudian timbanglah (Bk)
- j. Tentukan berat piknometer berisi air penuh dan ukur suhu air gunakan penyesuaian dengan suhu  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  (B)

### 3.7.3 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar bertujuan untuk menentukan jenis agregat kasar dalam keadaan SSD.

1. Alat
  - a. Keranjang kawat
  - b. Tempat air
  - c. Timbangan
  - d. Oven
  - e. Alat pemisah contoh
  - f. Saringan No. 4 (4,75 mm)
2. Benda Uji

Agregat yang tertahan pada saringan No. 4 (4,75 mm)
3. Prosedur pengujian
  - a. Benda uji dicuci untuk menghilangkan debu atau bahan-bahan lain yang melekat pada permukaan
  - b. Benda uji dikeringkan dalam oven pada suhu  $(110 \pm 5)\text{ }^{\circ}\text{C}$  sampai berat tetap. Sebagai catatan, apabila penyerapan dan harga berat jenis digunakan dalam pekerjaan beton dimana agregatnya digunakan pada keadaan kadar air aslinya, maka tidak perlu dilakukan pengeringan dengan oven
  - c. Benda uji didinginkan pada suhu kamar selama 1-3 jam, kemudian timbang (Bk)
  - d. Benda uji direndam dalam air pada suhu kamar selama  $24 \pm 4$  jam



- e. Benda uji dikeluarkan dari dalam air, lap dengan kain penyerap sampai selaput pada permukaan hilang, untuk butiran yang besar pengeringan harus dilakukan satu persatu
- f. Timbang benda uji kering permukaan jenuh ( $B_j$ )
- g. Benda uji diletakkan
- h. Di dalam keranjang guncangkan batunya untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan tentukan beratnya di dalam air ( $B_a$ )

#### 3.7.4 Pengujian Kadar Air Agregat

Kadar air agregat merupakan besarnya perbandingan antara berat air yang dikandung agregat dengan agregat dalam keadaan kering, dinyatakan dalam persen. Metode ini bertujuan untuk menghitung banyaknya air yang terkandung di dalam kerikil.

Berikut langkah-langkah pengujian kadar air agregat:

1. Alat
  - a. Timbangan
  - b. Oven
  - c. Talam
2. Benda uji
  - a. Agregat halus
  - b. Agregat kasar
3. Prosedur pengujian
  - a. Timbang dan catat 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 benda uji 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 ( $W_5 = W_4 - W_1$ )

### 3.7.5 Pengujian Berat Isi dan Rongga Udara dalam Agregat

Berat isi adalah berat agregat per satuan isi. Berat adalah gaya gravitasi yang mendesak agregat. Agregat adalah material granular misalnya pasir, batu pecah, dan kerak tungku besi, yang dipakai bersama-sama dengan suatu beton semen hidrolis atau adukan. Rongga udara dalam satuan volume agregat adalah ruang diantara butir-butir agregat yang tidak diisi oleh partikel yang padat. Pemeriksaan berat isi dan rongga udara dalam agregat bertujuan untuk mengetahui berat isi agregat dalam keadaan gembur maupun padat.

Berikut langkah-langkah pengujian berat isi dan rongga udara dalam agregat:

1. Alat
  - a. Timbangan
  - b. Batang penusuk
  - c. Alat penakar berbentuk silinder
  - d. Sekop atau sendok
2. Benda uji
  - a. Agregat halus
  - b. Agregat kasar
3. Prosedur pengujian
  - a. Kondisi padat
    - 1) Isi penakar sepertiga dari volume penuh dan ratakan dengan menggunakan batang Perata
    - 2) Tusuk lapisan agregat dengan 25× tusukan batang penusuk
    - 3) Isi lagi sampai volume menjadi dua per tiga penuh kemudian ratakan dan tusuk sebanyak 25× tusukan
    - 4) Isi penakar sampai berlebih dan tusuk lagi
    - 5) Ratakan permukaan agregat dengan batang perata
    - 6) Tentukan berat penakar dan isinya dan berat penakar itu sendiri
    - 7) Catat beratnya
    - 8) Hitung berat isi agregat
    - 9) Hitung kadar rongga udara
  - b. Kondisi gembur

- 1) Isi penakar dengan agregat memakai sekop atau sendok secara berlebih dan hindarkan terjadinya pemisahan dari butir agregat
- 2) Ratakan permukaan dengan batang Perata
- 3) Tentukan berat penakar dan isinya dan berat penakar sendiri
- 4) Catat beratnya
- 5) Hitung berat isi dan kadar rongga udara dalam agregat seperti langkah diatas

### **3.7.6 Pengujian kadar lumpur agregat halus**

Pemeriksaan kadar lumpur agregat bertujuan untuk mendapatkan kadar lumpur yang terkandung dalam agregat halus. Kadar lumpur maksimal agregat halus adalah <5% yang merupakan ketentuan dalam peraturan bagi penggunaan agregat halus untuk pembuatan beton.

Berikut langkah-langkah pengujian kadar lumpur agregat halus:

1. Alat
  - a. Gelas ukur
  - b. Alat pengaduk
2. Benda uji

Sampel pasir secukupnya dalam kondisi lapangan dengan bahan pelarut air
3. Prosedur pengujian
  - a. Sampel benda uji dimasukkan ke dalam gelas ukur
  - b. Air ditambahkan pada gelas ukur guna melarutkan lumpur
  - c. Gelas dikocok untuk mencuci pasir dari lumpur
  - d. Gelas disimpan pada tempat datar dan biarkan lumpur mengendap setelah 24 jam
  - e. Tinggi pasir ( $V_1$ ) dan tinggi lumpur ( $V_2$ ) diukur

### **3.7.7 Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles**

Keausan adalah perbandingan antara berat bahan yang hilang atau tergerus (akibat benturan bola-bola baja) terhadap berat bahan awal (semula). Bola baja adalah besi bulat dan masif dengan ukuran dan berat tertentu yang digunakan sebagai bahan untuk menggerus agregat pada mesin abrasi. Mesin abrasi Los

Angeles merupakan alat simulasi keausan dengan bentuk dan ukuran tertentu terbuat dari pelat baja berputar dengan kecepatan tertentu.

Pemeriksaan keausan agregat dengan mesin abrasi Los Angeles bertujuan untuk mengetahui kekerasan atau kehancuran agregat yang akan digunakan untuk campuran beton yang dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus lolos saringan No. 12 (1,7 mm) terhadap berat semula dalam persen.

Berikut langkah-langkah pengujian kadar lumpur agregat halus:

1. Alat
  - a. Mesin abrasi Los Angeles

Mesin 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 baja melintang penuh setinggi 89 mm (3,5")
  - b. Saringan No. 12 (1,70) dan saringan-saringan lainnya
  - c. Timbangan
  - d. Bola-bola baja dengan diameter rata-rata 4,68 cm ( $1\frac{27}{32}$ ") dan berat masing-masing antara 390 gram sampai dengan 445 gram
  - e. Oven
  - f. Alat bantu pan dan kuas
2. Benda uji
  - a. Agregat kasar
3. Prosedur pengujian
  - a. Pengujian ketahanan agregat kasar terhadap keausan dapat dilakukan dengan salah satu cara dari 7 (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 buah 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. Putarkan mesin dengan kecepatan 30 sampai 33 putaran per menit, 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  $110 \pm 5$  °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 (1,70mm) tanpa pencucian. Perbandingan hasil pengujian antara 100 putaran dengan 500 putaran agregat tertahan di atas saringan No. 12 (1,70 mm) tanpa pencucian tidak boleh lebih besar dari 0,20

### **3.8 Perencanaan Campuran Beton**

Perencanaan campuran beton dimaksudkan untuk mengetahui komposisi atau proporsi bahan-bahan penyusun beton. Proporsi campuran dari bahan-bahan penyusun ini ditentukan melalui sebuah perhitungan (*mix design*). Metode dalam menentukan proporsi campuran pada penelitian ini digunakan standar sesuai SNI 7656:2012 tentang tata cara pemilihan campuran untuk beton normal berat dan massa.

Perhitungan ini dilakukan dengan berdasarkan kekuatan tekan rencana serta workabilitas yang digunakan. Dua indikator ini sangat kontradiktif, dimana kekuatan beton akan meningkat jika penggunaan air pada pencampuran rendah. Namun demikian, workabilitas yang dicapai juga rendah sehingga sulit dikerjakan.

Sebaliknya, jika workabilitas yang direncanakan tinggi, jumlah air yang digunakan tinggi sementara kuat tekan yang dihasilkan menjadi rendah. 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.

Dalam praktik ada beberapa metode rancangan campuran beton yang telah dikenal, antara lain Metode DOE yang dikembangkan oleh *Department of Environment* di Inggris dan Metode ACI (*American Concrete Institute*). Metode rancangan campuran dengan cara DOE ini 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". Secara garis besar metode tersebut didasarkan pada hubungan empiris, bagan, grafik dan tabel. Berikut adalah prosedur perancangan campuran beton.

### **3.9 Pembuatan Beton Segar**

Pencampuran bahan-bahan penyusun beton dilakukan agar diperoleh suatu komposisi yang solid dari bahan-bahan penyusun berdasarkan rancangan campuran beton. Sebelum diimplementasikan di lapangan, pencampuran bahan-bahan dapat dilakukan di laboratorium. Agar tetap terjaga konsistensi rancangannya, tahapan lebih lanjut dalam pengolahan beton perlu diperhatikan. Komposisi yang baik akan

menghasilkan kuat tekan yang tinggi, tetapi jika pelaksanaannya tidak dikontrol dengan baik, kemungkinan dihasilkannya beton yang tak sesuai dengan rencana akan semakin besar. Cara pengolahan ini akan menentukan kualitas dari beton yang akan dibuat. Adapun tahapan dalam pelaksanaan meliputi :

### **3.9.1 Persiapan**

Sebelum pelaksanaan penuangan beton dilaksanakan, hal-hal yang 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**

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

### **3.9.3 Pengadukan**

Setelah didapatkan komposisi yang direncanakan untuk kuat tekan tertentu, maka proses selanjutnya adalah pencampuran/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 seharusnya tidak boleh terjadi selama proses pengadukan ini.

Umumnya yang dimasukkan cenderung agregat kasar dulu, kemudian semen, lalu agregat halus. Air ditambahkan terakhir. Alasannya, waktu *hopper* dijungkirkan untuk mengeluarkan isinya, bahan yang masuk pertama akan keluar belakangan. Oleh karenanya lebih baik jika agregat kasar dapat mendorong agregat halus dan semen yang ada di depannya. Pada umumnya, pencampuran dimulai dengan memasukkan sedikit air terlebih dahulu sebelum material yang lain dimasukkan. Sisa air ditambahkan setelah semua material masuk.

Metode pengadukan dapat dibedakan menjadi dua yaitu manual dan dengan menggunakan mesin. Pengadukan manual dilakukan dengan tangan, sedangkan pengadukan dengan mesin memanfaatkan bantuan alat aduk seperti molen atau *batching plant*. Pengadukan harus dilakukan cukup lama untuk mendapatkan campuran yang seragam. Waktu pencampuran tergantung jenis pengaduk. 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

Pengecoran beton adalah 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.

Pengecoran yang baik harus dapat menghindari terjadinya pemisahan perubahan bentuk cetakan atau pergeseran baja penguat dalam cetakan, maupun terjadinya hubungan yang jelek antara lapisan-lapisan pengecoran beton. Segera setelah dilakukan pengecoran, beton harus dipadatkan dengan memakai alat pemadat yang dapat digerakkan dengan tangan atau vibrator.

Hal-hal yang perlu diperhatikan selama pengecoran :

1. Beton yang akan dicorakan 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.
3. Beton yang telah mengeras sebagian atau yang seluruhnya tidak boleh dipergunakan untuk pengecoran.
4. Beton yang telah dikotori oleh bahan lain tidak boleh dituangkan ke dalam struktur.
5. Adukan beton harus dituang secara terus-menerus (tidak terputus) agar diperoleh beton yang seragam dan tidak terjadi garis batas.



6. Permukaan cetakan yang berhadapan dengan adukan beton harus diolesi minyak agar beton yang terjadi tidak melekat dengan cetakannya.
7. Selama penuangan dan pemadatan harus dijaga agar posisi cetakan maupun tulangan tidak berubah.
8. Pengecoran tidak boleh dilakukan pada waktu turun hujan.

### **3.9.5 Pemadatan**

Setelah beton segar diaduk, diangkut, dituangkan, beton masih mengandung udara dalam bentuk rongga udara. Pemadatan beton adalah untuk menghilangkan rongga-rongga udara sebanyak mungkin dan untuk mencapai kepadatan yang maksimal. Pemadatan juga menjamin suatu pelekatan yang baik antara beton dengan permukaan baja tulangan atau bahan lain yang ikut di cor. Pemadatan dilakukan dengan sebelum terjadinya *initial setting time* pada beton.

Pemadatan dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu :

1. Pemadatan dengan tangan

Cara pemadatan biasa dengan tangan dapat dilakukan dengan jalan menusuk-nusuk menggunakan alat yang tepat, seperti balok besar dan tongkat baja.

2. Pemadatan dengan mesin getar

Mesin getar dalam (*intern vibro*) kadang-kadang disebut dengan poker (tongkat) atau vibrator (mesin getar) yang dapat dicelupkan ke dalam beton

### **3.9.6 Pekerjaan Akhir (*Finishing*)**

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

### **3.10 Pengujian Beton Segar (*Slump*)**

Campuran beton segar dapat dikatakan mempunyai sifat baik bila memenuhi persyaratan utama campuran yaitu mampu memberikan kemudahan pekerjaan (*workability*), yaitu bila campuran tersebut tetap bertahan seragam ketika berlangsung proses pengangkutan, pengecoran dan pemadatan.

Keleccakan (*workability*) adalah kemudahan suatu campuran beton segar untuk dikerjakan dan dipadatkan. Tidak ada cara yang bisa langsung mengukur suatu kemudahan. Dulu keleccakan diukur secara visual saja, yaitu dengan kategori kaku (*stiff*), lecak (*workable*) dan plastis. Beton segar yang kaku berbentuk seperti tanah yang lembab, dan beton segar yang plastis berbentuk seperti lumpur tebal.

Namun karena keleccakan memegang peran penting dalam kualitas beton, kini keleccakan secara praktis diuji baik di lapangan maupun di laboratorium. Ada dua macam cara pendekatan, yaitu memberi pengaruh tertentu dan mengukur perubahan bentuk pada beton segar yang diakibatkannya atau sebaliknya. Pengaruh tersebut bisa secara statis dan dinamis.

Slump beton adalah besaran kekentalan (*viscosity*) atau plastisitas dan kohesif dari beton segar. Uji slump merupakan pengujian paling sederhana dan yang paling sering digunakan. Karena keleccakan beton segar sering diidentikkan dengan slumpnya. Cara pelaksanaan pengujian slump adalah sebagai berikut :

### **3.10.1 Peralatan**

Peralatan yang digunakan dalam pengujian slump adalah sebagai berikut:

1. Cetakan dari logam tebal minimal 1,2 mm berupa kerucut terpancung ( ) dengan diameter bagian bawah 203 mm, bagian atas 102 mm, dan tinggi 305 mm. Bagian bawah dan atas cetakan terbuka
2. Tongkat pemadat dengan diameter 16 mm, panjang 600 mm, ujung dibulatkan dibuat dari baja yang bersih dan bebas dari karat
3. Pelat logam dengan permukaan yang kokoh, rata dan kedap air
4. Sendok cekung tidak menyerap air
5. Mistar ukur

### **3.10.2 Benda Uji**

Pengambilan benda uji harus dari contoh beton segar yang mewakili campuran beton.

### **3.10.3 Cara Pengujian**

Untuk melaksanakan pengujian slump beton harus diikuti beberapa tahapan sebagai berikut :

1. Basahilah cetakan dan pelat dengan kain basah
2. Letakan cetakan di atas pelat dengan kokoh
3. Isilah cetakan sampai penuh dengan beton segar dalam 3 lapis. Tiap lapis berisi kira-kira  $\frac{1}{3}$  isi cetakan. Setiap lapis ditusuk dengan tongkat pemadat sebanyak 25 tusukan secara merata. Tongkat harus masuk sampai lapisan bagian bawah tiap-tiap lapisan. Pada lapisan pertama, penusukan lapisan tepi tongkat dimiringkan sesuai dengan kemiringan cetakan.
4. Segera setelah selesai penusukan, ratakan permukaan benda uji dengan tongkat dan semua sisa benda uji yang jatuh di sekitar cetakan harus disingkirkan. Kemudian cetakan diangkat perlahan-lahan tegak lurus ke atas. Seluruh pengujian mulai dari pengisian sampai cetakan diangkat harus selesai dalam jangka waktu 2,5 menit.
5. Balikkan cetakan dan letakkan perlahan-lahan di samping benda uji. Ukurlah slump yang terjadi dengan menentukan perbedaan tinggi cetakan dengan tinggi rata-rata benda uji.

#### 3.10.4 Pengukuran Slump

Pengukuran slump harus segera dilakukan dengan cara mengukur tegak lurus antara tepi atas cetakan dengan tinggi rata-rata benda uji. Untuk mendapatkan hasil yang lebih teliti dilakukan dua kali pemeriksaan dengan adukan yang sama dan dilaporkan hasil rata-rata (dalam satuan cm).

#### 3.11 Pembuatan Benda Uji

Dalam penelitian ini proses pencampuran dilakukan dengan *Concrete Mixer* (mesin pengaduk beton) dimana untuk mendapatkan mutu beton yang baik, pelaksanaan di lapangan harus baik dan benar. Berikut adalah jenis beton dan sampel yang dibuat:

Tabel 3. 1 Jenis beton dan jumlah sampel yang dibuat

No	Jenis Beton	Umur Beton				Jumlah
		7 hari	14 hari	21 hari	28 hari	
1.	Beton normal	3	3	3	3	12

No	Jenis Beton	Umur Beton				Jumlah
		7 hari	14 hari	21 hari	28 hari	
2.	Beton dengan substitusi pasir besi 25%	3	3	3	3	12
3.	Beton dengan substitusi pasir besi 50%	3	3	3	3	12
4.	Beton dengan substitusi pasir besi 75%	3	3	3	3	12
5.	Beton dengan substitusi pasir besi 100 %	3	3	3	3	12
Jumlah Benda Uji						60

### 3.12 Perawatan (*Curing*)

Perawatan beton adalah suatu pekerjaan menjaga agar permukaan beton segar selalu lembab. Perawatan ini dilakukan setelah beton mencapai *final setting time*, artinya beton telah mengeras. Perawatan ini dilakukan agar proses hidrasi selanjutnya tidak mengalami gangguan. Jika hal ini terjadi, beton akan mengalami keretakan karena kehilangan air yang begitu cepat. Perawatan dilakukan minimal selama 7 (tujuh) hari dan beton berkekuatan awal tinggi minimal selama 3 (tiga) hari serta harus dipertahankan dalam kondisi lembab, kecuali dilakukan dengan perawatan yang dipercepat.

Perawatan ini tidak hanya dimaksudkan untuk mendapatkan kekuatan tekan beton yang tinggi tapi juga dimaksudkan untuk memperbaiki mutu dari keawetan beton, kekedapan terhadap air, ketahanan terhadap aus, serta stabilitas dari dimensi struktur.

Jumlah air di dalam beton cair sebetulnya sudah lebih dari cukup (sekitar 12 liter per sak semen) untuk menyelesaikan reaksi hidrasi. Namun sebagian air hilang karena menguap sehingga hidrasi selanjutnya terganggu. Karena hidrasi relatif cepat pada hari-hari pertama, perawatan paling penting adalah pada umur mudanya. Kehilangan air yang cepat juga menyebabkan beton menyusut, terjadi tegangan

tarik pada beton yang sedang mengering sehingga dapat menimbulkan retak. Beton yang dirawat selama 7 hari akan lebih kuat sekitar 50% daripada yang tidak dirawat. Jadi perawatan perlu untuk mengisi pori-pori kapiler dengan air, karena hidrasi terjadi di dalamnya.

Perawatan beton ini dapat dilakukan dengan perendaman atau penguapan (*steam*) serta dengan menggunakan membran. Pemilihan cara mana yang digunakan semata-mata mempertimbangkan biaya yang dikeluarkan. Fungsi utama dari perawatan beton adalah untuk menghindarkan beton dari :

1. Kehilangan air semen yang banyak pada saat-saat *setting time* beton.
2. Kehilangan air akibat penguapan pada hari-hari pertama.
3. Perbedaan suhu beton dengan lingkungan yang terlalu besar.

Untuk menghindari penguapan air dari beton yang belum mengeras, tutup benda uji segera setelah pekerjaan akhir, lebih dipilih dengan pelat yang tak menyerap dan tidak reaktif atau lembaran plastik yang kuat, awet dan kedap air. Benda uji dibuka dari cetakan 24 jam  $\pm$  8 jam setelah pencetakan. Kecuali bila ada persyaratan lain, semua benda uji dirawat basah pada temperatur  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  mulai dari waktu pencetakan sampai saat pengujian. Penyimpanan selama 48 jam pertama perawatan harus pada lingkungan bebas getaran. Perawatan benda uji kuat lentur sesuai dengan perawatan benda uji kuat tekan, kecuali selama penyimpanan untuk masa minimum 20 jam segera sebelum pengujian benda uji harus direndam dalam cairan jenuh kapur pada  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Saat terakhir masa perawatan, antara waktu benda uji dipindahkan dari perawatan sampai pengujian diselesaikan, pengeringan benda uji harus dihindarkan.

### **3.13 Pengujian Benda Uji**

Pengujian beton keras dimaksudkan untuk mengevaluasi kesesuaian dengan hasil rancangan. Pengujian beton keras antara lain uji kuat tekan (*compression test*)

#### **3.13.1 Pengujian Kuat Tekan**

Pengujian kuat tekan beton dimaksudkan untuk mengetahui nilai kuat tekan beton melalui benda uji silinder dengan umur pengujian tertentu, dan pengaruhnya terhadap konstruksi nantinya dengan cara mengevaluasi kekuatan tekannya.

Apabila mutu pelaksanaan beton tepat dan benar, maka didapat mutu beton sesuai yang diinginkan.

#### **3.13.1.1 Peralatan**

1. Mesin pengujian
2. Timbangan
3. Satu set alat pelapis

#### **3.13.1.2 Prosedur Pengujian**

1. Benda uji diletakkan tepat ditengah-tengah (sentris)
2. Jalankan mesin pengujian kuat tekan dengan penambahan beban yang konstan antara 2-4 kg/cm<sup>2</sup> per detik
3. Lakukan pembebanan sampai benda uji hancur, kemudian catat beban maksimum yang diterima benda uji selama pembebanan
4. Catat tipe kehancuran dan kondisi visual benda uji beton

#### **3.13.1.3 Perhitungan**

Hitung kuat tekan benda uji dengan membagi beban maksimum yang diterima oleh benda uji selama pengujian dengan luas penampang melintang rata. Nyatakan hasil dengan membulatkan ke 1 (satu) desimal dengan satuan 0,1 MPa.

$$\text{Kuat tekan beton} = \frac{P}{A}$$

Dengan:

P : gaya tekan aksial (N)

A : luas penampang melintang benda uji (mm<sup>2</sup>)