

BAB IV METODOLOGI PENELITIAN

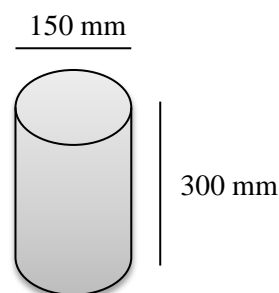
4.1 Umum

Metodologi penelitian merupakan langkah-langkah penelitian atas suatu masalah, kasus, gejala atau fenomena tertentu dengan jalan ilmiah untuk menghasilkan jawaban rasional. Penelitian dilakukan secara eksperimental. Lokasi penelitian di Laboraturium Bahan Kontruksi Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Objek penelitian adalah balok beton bertulang normal dan balok beton bertulang yang diperkuat dengan pelat baja. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan sifat antara balok beton konvensional dan balok beton yang diperkuat dengan pelat baja. Prosedur standar pemeriksaan dan pengujian mengacu pada Panduan Praktikum Bahan Konstruksi Teknik Laboraturium Bahan Konstruksi Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, (2012).

4.2 Persiapan Penelitian

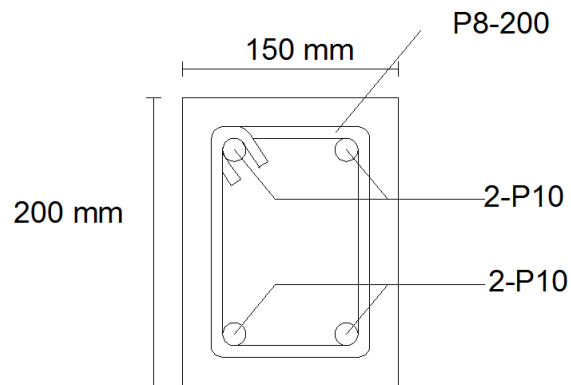
4.2.1 Desain Benda Uji dan Variabel Penelitian

Benda uji dibuat dalam mutu beton yang seragam yaitu $f'c = 20$ MPa dan perbandingan campuran beton yang digunakan didapat dari perhitungan mix desain. Benda uji terdiri dari benda uji terhadap kuat tekan beton berupa silinder dan benda uji kuat lentur balok. Silinder untuk kuat tekan beton dengan dimensi seperti pada Gambar 4.1 berikut:



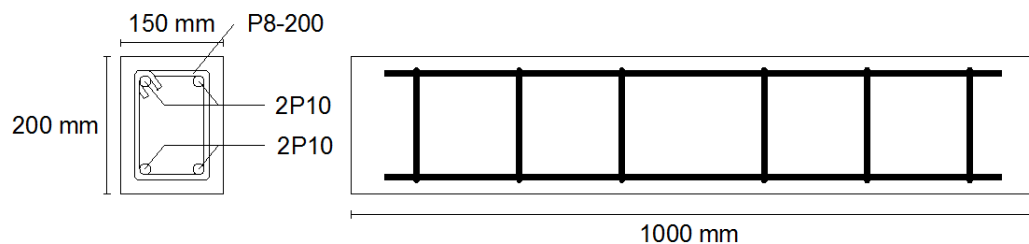
Gambar 4.1 Benda Uji Silinder

Dimensi pada benda uji balok beton bertulang direncanakan dengan dimensi balok pendek dan tinggi yaitu h balok 200 mm, b balok 150 mm dan panjang balok 1000 mm. Hal ini dilakukan agar benda uji mengalami runtuh lentur pada saat pengujian dilakukan.



Gambar 4.2 Dimensi Balok Uji

Selain dimensi benda uji balok, penggunaan tulangan lentur juga didesain sedemikian rupa agar mendukung terjadinya runtuh lentur. Tulangan sengkang yang digunakan menggunakan besi $\varnothing 8$ dengan jarak yang renggang yaitu 160 mm.



Gambar 4.3 Penampang Memanjang Balok Uji

Semua balok kecuali balok kontrol diperkuat dengan pelat baja jenis striplat yang arah seratnya tegak lurus terhadap sumbu longitudinal balok. Metode perkuatan yang diteliti adalah metode perkuatan lentur. Batang pelat baja yang digunakan lebar 50 mm dengan tebal pelat 12 mm. Desain ini digunakan pada ketiga balok uji. Kemudian hasil dari ketiga sampel tersebut diambil perbandingan

dengan sampel balok kontrol sehingga data yang diperoleh lebih akurat. Penamaan dan parameter balok uji dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut:

Tabel 4.1. Penamaan dan Parameter Balok Uji

| No | Kode Balok | Jumlah pelat stip | Lebar (mm) | Tebal (mm) |
|----|----------------------|-------------------|------------|------------|
| 1. | BK 1 - Balok Kontrol | - | - | - |
| 2. | BP 1 – Balok Pelat | 3 | 50 | 12 |
| 3. | BP 2 – Balok Pelat | 3 | 50 | 12 |
| 4. | BP 3 – Balok Pelat | 3 | 50 | 12 |

4.2.2 Bahan Penyusun Benda Uji

Benda uji yang akan diteliti pada penelitian ini memerlukan beberapa jenis bahan dalam pembuatannya. Bahan – bahan yang diperlukan diantaranya adalah:

1. Semen. Benda uji yang akan dibuat dalam penelitian ini menggunakan *Portland Cement* (PC) dengan merk Semen Gresik
2. Air. Air yang akan digunakan pada pembuatan benda uji pada penelitian ini menggunakan air yang berasal dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik.
3. Agregat Kasar. Untuk pembuatan benda uji pada penelitian ini akan menggunakan agregat yang berasal dari daerah Merapi.
4. Agregat Halus. Untuk pembuatan benda uji pada penelitian ini akan menggunakan pasir yang berasal dari daerah Merapi yang tidak dicuci dan ditumbuk halus. Pasir yang digunakan adalah pasir yang lolos saringan 5 mm.
5. Baja Tulangan. Tulangan longitudinal yang akan dipakai pada penelitian ini merupakan jenis tulangan polos dengan diameter tulangan pokok 10 mm dan tulangan sengkang 8 mm.
6. Pelat Baja. Pelat baja yang digunakan pada penelitian ini adalah lembaran berbentuk stripelat Baja. Bahan ini digunakan karena pemasangan mudah. Material pelat baja banyak ditemukan di toko baja.
7. Lem Perekat. Untuk merekatkan serat karbon ke balok beton, akan digunakan epoxy adhesive khusus komposit pelat baja. Bahan perekat ini menggunakan merek dagang Sikadur®-31 CF Normal dengan spesifikasi terlampir pada Lampiran L-1.

4.2.3 Peralatan Penelitian

Peralatan yang akan digunakan untuk pembuatan benda uji dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Ember dan Cetok. Ember digunakan sebagai wadah untuk menempatkan pasir dan semen untuk kemudian ditimbang sebelum pencampuran. Cetok digunakan sebagai alat untuk mengambil, mengaduk dan meratakan dalam proses pembuatan benda uji pada penelitian ini.
2. Roll dan Kuas. Roll dan kuas digunakan untuk melapisi balok beton dengan resin dan mempenetrasi bahan serat karbon.
3. Timbangan. Timbangan digunakan sebagai alat ukur berat semen, agregat serta untuk mengukur berat bersih benda uji yang telah dicetak.
4. Saringan. Saringan dengan ukuran 5 mm dan 2 mm, berfungsi untuk menyaring agregat halus dari gumpalan- gumpalan agar mendapatkan ukuran yang diinginkan.
5. Gelas Ukur. Gelas ukur yang digunakan pada penelitian ini memiliki ukuran 1 liter sebagai alat pengukur takaran air yang dibutuhkan pada campuran material benda uji.
6. Mesin Pengaduk Beton (*Mollen*). Mesin pengaduk digunakan sebagai alat pengaduk campuran seluruh bahan bahan pembuatan benda uji sebelum dimasukkan kedalam cetakan.
7. Cetakan Balok Beton (*Bekisting*). Cetakan balok beton terbuat dari papan kayu untuk mencetak benda uji berupa balok beton bertulang.
8. Blok Tumpuan. Dua buah blok tumpuan, satu buah blok beban (untuk pengujian dengan sistem satu beban), atau satu buah blok beban dengan dua titik beban yang berjarak tertentu (untuk pengujian dengan sistem dua beban) untuk menyalurkan beban terpusat dari mesin uji tekan. Dimana baik blok beban maupun blok tumpuan yang menempel pada benda uji harus merupakan setengah silinder yang sumbunya berimpit dengan sumbu batang putar blok tumpuan sendi atai blok beban, atau berimpit dengan sumbu putar bola blok tumpuan rol, dan dapat berputar minimal 45°. Ketidakrataan permukaan blok maksimal 0,05 mm.

9. Mesin uji tarik Baja. Mesin pengujian tarik baja berfungsi untuk mengetahui gaya atau tegangan tarik kepada material dengan maksud untuk mengetahui atau mendeteksi kekuatan dari suatu material. Mesin uji tarik yang digunakan adalah UTM Shimatsu dengan kapasitas 3000 kN.
10. Mesin uji tekan. Mesin pengujian tekan dilengkapi hidrolis yang dapat memberikan beban dengan kecepatan kontinu dalam satu kali gerakan, tanpa memberikan efek kejutan dan mempunyai ketelitian pembacaan beban maksimum 0,5 kN.

4.3 Pelaksanaan Penelitian

4.3.1 Pengujian Bahan

Pemeriksaan karakteristik agregat halus dan kasar masing - masing terdiri dari 3 macam pemeriksaan yang perlu dilakukan sebelum melakukan pembuatan benda uji karena bertujuan untuk mengetahui kondisi agregat secara fisik. Adapun pemeriksaan tersebut meliputi pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus, pengujian analisa saringan agregat halus dan pengujian berat volume padat atau gembur agregat halus.

1. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

a. Deskripsi

Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat halus bertujuan sebagai pegangan dalam pengujian untuk menentukan berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh (SSD), berat jenis semu, dan angka penyerapan air dalam agregat halus (Teknologi Bahan Konstruksi, 2012).

b. Pelaksanaan

1) Peralatan Pengujian

- a) Timbangan kapasitas 2500 gr atau lebih dengan ketelitian 0,1 gr
- b) Piknometer kapasitas 500 ml
- c) Kerucut terpancung, diameter atas (40 ± 3) mm, diameter bawah (90 ± 3) mm dan tinggi (75 ± 3) mm, terbuat dari logam dengan tebal minimum 0,80 mm

- d) Batang penumbuk yang mempunyai bidang penumbuk rata, berat (340 ± 15) gram dan diameter permukaan penumbuk (25 ± 3) mm
 - e) Saringan No.4 (4,75 mm)
 - f) Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi benda uji sampai suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$
 - g) Pengukur suhu dengan ketelitian pembacaan 1°C
 - h) Talam
 - i) Bejana tempat air
 - j) Desikator
- 2) Benda Uji
- Benda uji adalah agregat yang lolos pada saringan no 4 dan digunakan sebanyak 1000 gram
- 3) Tata Cara Pengujian
- a) Mengeringkan benda uji didalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap. Dinginkan pada suhu ruang, kemudian rendam dalam air pada suhu ruang selama 24 jam
 - b) Membuang air perendaman dengan hati-hati jangan ada butiran yang terbang, tebarkan agregat kedalam talam, keringkan diudara panas dengan cara membalik-balikkan benda uji, sampai keadaan kering permukaan jenuh (SSD)
 - c) Memeriksa keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisikan benda uji kedalam kerucut terpancung, padatkan dengan batang penumbuk sebanyak 25 kali dan ratakan permukaannya, keadaan kering permukaan jenuh tercapai bila kerucut terpancung diangkat, benda uji runtuh akan tetapi masih dalam keadaan tercetak
 - d) Apabila telah tercapai keadaan kering permukaan jenuh segera memasukkan benda uji sebanyak 500 gram ke dalam piknometer, lalu masukkan air suling sebanyak 90 % isi

piknometer, putar piknometer sambil di guncangkan sampai tidak terlihat gelembung udara didalamnya.

- e) Merendam piknometer dalam air dan ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan terhadap suhu air standar 25°C.
- f) Menambahkan air sampai mencapai tanda batas
- g) Menimbang piknometer yang berisi benda uji dan air sampai ketelitian 0,1 gr (Bt)
- h) Mengeluarkan benda uji dari piknometer, kemudian keringkan dalam oven dengan suhu (110±5)°C sampai berat tetap, lalu dinginkan benda uji dalam desikator
- i) Setelah benda uji dingin lalu ditimbang (Bk)
- j) Menimbang berat piknometer penuh berisi air (B) dan ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan terhadap suhu air standar 25°C.

c. Perhitungan

Berat jenis pasir dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Berat jenis pasir} = \frac{B_2}{B_3 + B_0 - B_1}$$

dengan:

B_0 = Berat pada kondisi jenuh kering muka

B_1 = Berat piknometer berisi agregat dan air

B_2 = Berat agregat setelah kering oven

B_3 = Berat piknometer berisi air

d. Hasil Pengujian

Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat halus dapat dilihat pada table 4.2 berikut:

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

| | Contoh 1 | Contoh 2 | Rata-rata | Satuan |
|-------------------------------|----------|----------|-----------|--------------------|
| Berat Jenis Curah | 2.7852 | 2.8410 | 2.8131 | gr/cm ³ |
| Berat Jenis Jenuh Kering Muka | 2.8409 | 2.8902 | 2.8655 | gr/cm ³ |
| Berat Jenis Semu | 2.9495 | 2.9878 | 2.9687 | gr/cm ³ |
| Penyerapan Air | 1.9992 | 1.7294 | 1.8643 | % |

2. Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus (Lolos Saringan No.50)

a. Deskripsi

Pemeriksaan ini bermaksud sebagai acuan dalam pengujian untuk menentukan persentase ukuran agregat yang akan digunakan dalam pembuatan balok beton.

b. Pelaksanaan

1) Peralatan Pengujian

- a) Timbangan kapasitas 2500 gr atau lebih dengan ketelitian 0,1 gr
- b) Saringan 0,30 mm (No 50)
- c) Tempat air untuk pencucian (kran) atau saluran air mengalir
- d) Cawan, sendok
- e) Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi benda uji sampai suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$
- f) Kain lap

2) Benda Uji

Benda uji adalah Agregat kering tungku yang lolos saringan No 4 (4,475) dengan ukuran benda uji:

- a) Maksimum 2,35 mm, berat contoh minimum = 100 gram.
- b) Maksimum 4,74 mm, berat contoh minimum = 500 gram.

3) Tata Cara Pengujian

- a) Mengeringkan benda uji dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap dan timbang dengan ketelitian 0,1 gram.

- b) Meletakkan benda uji dalam saringan dan alirkan air di atasnya.
- c) Menggerakkan benda uji dalam saringan dengan aliran air yang cukup deras, secukupnya sehingga yang halus menembus saringan No 50 dan bagian yang kasar tertinggal di atasnya.
- d) Mengeringkan benda uji dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ} \text{C}$ sampai berat tetap dan timbang dengan ketelitian 0,1 gram.

c. Perhitungan

Persentase pasir yang lolos saringan no. 50 dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Persentase pasir lolos saringan no. 50} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\%$$

dengan:

W_1 = Berat pasir total

W_2 = Berat pasir yang tidak lolos saringan

d. Hasil Pengujian

Pasir ini termasuk dalam gradasi no. 2 yaitu jenis gradasi pasir sedang. Kemudian didapatkan MHB sebesar 1.9779.

3. Pengujian Berat Volume Padat atau Gembur agregat Halus

a. Deskripsi

Pemeriksaan ini bermaksud sebagai acuan dalam pengujian untuk menentukan berat volume padat/gembur agregat halus. Berat volume padat adalah nilai indeks dari massa agregat per-satuan volume dalam kondisi padat. Berat volume gembur adalah nilai indeks dari massa agregat persatuan volume dalam kondisi tidak padat/gembur.

b. Pelaksanaan

1) Peralatan Pengujian

- a) Timbangan kapasitas 2500 gr atau lebih dengan ketelitian 0,1 gr.
- b) Silinder kapasitas 5 liter
- c) Alat penumbuk dengan diameter 16 mm dan panjang 600 mm

- d) Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi benda uji sampai suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$
 - e) Talam dan sekop
- 2) Benda Uji
Benda uji adalah Agregat halus /pasir yang telah dikeringkan.
- 3) Tata Cara Pengujian
- a) Mengeringkan benda uji dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ sampai berat tetap.
 - b) Mengeluarkan benda uji dari oven lantas dinginkan pada suhu kamar selama 1-3 jam, kemudian timbang dengan ketelitian 0,5 gram.
 - c) Meletakkan silinder ukur pada tempat yang datar untuk pengujian berat volume padat masukkan benda uji masukkan benda uji per 1/3 bagian dan tipa bagian di tumbuk 25 kali merata, lalu diratakan, dikerjakan sampai volume penuh. Sedang untuk pengujian berat volume gembur benda uji dimasukkan dalam silinder ukur sampai penuh (tanpa pemadatan lalu diratakan.
 - d) Menimbang berat silinder benda uji dan mencatat berapa beratnya.
 - e) Menghitung volume silinder.

c. Perhitungan

Pemeriksaan ini dilakukan masing masing yaitu yaitu pemeriksaan berat volume gembur tanpa adanya pemadatan pada pasir dan pemeriksaan berat volume padat dengan adanya pemadatan pada pasir. Untuk masing masing pemeriksaan dapat dihitung dengan menggunakan rumus yang sama. Adapun rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\text{Berat volume pasir} = \frac{W_2 - W_1}{V}$$

dengan:

W_1 = Berat silinder

W_2 = Berat silinder berisi pasir

V = Volume silinder

d. Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitunga berat isi padat agregat halus sebesar $1,5369 \text{ gram/cm}^3$ dan berat isi gembur agregat halus sebesar $1,2616 \text{ gram/cm}^3$.

4. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

a. Deskripsi

Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar dimaksudkan sebagai pegangan dalam pengujian untuk menentukan berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh (SSD), berat jenis semu dan angka penyerapan air dalam agregat halus/pasir (Teknologi Bahan Konstruksi, 2012).

b. Pelaksanaan

1) Peralatan Pengujian

- a) Timbangan kapasitas 20000 gram atau lebih, dengan ketelitian 0,1 gram dan dilengkapi dengan alat penggantung keranjang
- b) Keranjang kawat ukuran 3,35 mm (No.6) atau 2,36 mm (No. 8) dengan kapasitas ± 5000 gram
- c) Tempat air dengan kapasitas dan bentuk yang sesuai untuk pemeriksaan, tempat ini harus dilengkapi dengan pipa sehingga permukaan air tetap
- d) Alat pemisah contoh
- e) Saringan No. 4 (4,75 mm)
- f) Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi benda uji sampai suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$.
- g) Pengukur suhu dengan ketelitian pembacaan 1°C .
- h) Kain lap, sekop kecil, dan lain-lain

2) Benda Uji

Benda uji adalah agregat yang tertahan Saringan No. 4 (4,75 mm), diperoleh dari alat pemisah contoh atau cara perempat (quartering) sebanyak 5000 gram

3) Tata Cara Pengujian

- a) Mencuci benda uji untuk menghilangkan debu atau bahan-bahan lain yang melekat pada permukaan
- b) Mengeringkan benda uji dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap. Sebagai catatan, bila penyerapan dan harga berat jenis digunakan dalam pekerjaan beton, dimana agregat yang digunakan pada kadar air aslinya, maka tidak perlu dikeringkan dalam oven
- c) Mengeluarkan benda uji, lalu dinginkan pada suhu kamar selama 1-3 jam, kemudian timbang dengan ketelitian 0,5 gram (Bk)
- d) Merendam benda uji dalam air pada suhu kamar selama (24 ± 4) jam
- e) Mengeluarkan benda uji dari air, lap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang, untuk butiran yang besar harus satu persatu
- f) Menimbang benda uji kering permukaan jenuh (Bj)
- g) Meletakkan benda uji dalam keranjang, goncangkan batunya untuk mengeluarkan udara yang terperangkap dan tentukan beratnya didalam air (Ba), dan ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan untuk suhu standar 25°C
- h) Banyak jenis bahan campuran yang mempunyai bagian butir-butir yang berat dan ringan. Bahan semacam ini memberikan harga-harga berat jenis yang tidak tetap walaupun pemeriksaan dilakukan dengan teliti. Dalam hal ini beberapa pemeriksaan ulang diperlukan untuk mendapatkan harga rata-rata yang memuaskan.

c. Perhitungan

Berat Jenis Curah (*Bulk Specific Gravity*)

$$= \frac{Bk}{Bj - Ba}$$

Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan (SSD)

$$= \frac{Bj}{Bj - Ba}$$

Berat Jenis Semu (*Apparent Specific Gravity*)

$$= \frac{Bk}{Bk - Ba}$$

$$\text{Penyerapan } \%100 = \frac{Bj}{Bj - Ba}$$

dengan:

Bk = Berat benda uji kering oven (gram)

Bj = Berat benda uji kering permukaan jenuh (gram)

Ba = Berat benda uji kering permukaan jenuh didalam air (gram)

d. Hasil Pengujian

Berdasarkan pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar diperoleh hasil seperti pada table 4.3 berikut:

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

| | Contoh 1 | Contoh 2 | Rata-rata | Satuan |
|-------------------------------|----------|----------|-----------|--------------------|
| Berat Jenis Curah | 3.5143 | 4.1217 | 3.8180 | gr/cm ³ |
| Berat Jenis Jenuh Kering Muka | 3.5714 | 4.1667 | 3.8690 | gr/cm ³ |
| Berat Jenis Semu | 3.7273 | 4.3159 | 4.0216 | gr/cm ³ |
| Penyerapan Air | 1.6260 | 1.0918 | 1.3589 | % |

5. Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar

a. Deskripsi

Metode ini dimaksudkan sebagai pegangan dalam pengujian untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat kasar dengan saringan. Sedangkan tujuan pengujian ini adalah agar mahasiswa dapat memahami tentang cara pengujian serta klasifikasi agregat kasar berdasarkan butirannya.

b. Pelaksanaan

1) Peralatan Pengujian

- a) Timbangan kapasitas 20000 gram atau lebih dengan ketelitian 0,2 % dari berat contoh
- b) Satu set saringan : 75 mm (3"), 63,5 mm (2½"), 50,8 mm (2"), 38,1 mm (1½"), 19 mm (¾"), 9,5 mm (3/8"), 4,75 mm (No. 4), 2,36 mm (No. 8), 1,18 mm (No. 16), 0,600 mm (No. 30), 0,300 mm (No. 50), 0,150 mm (No. 100), pan dan tutup saringan.
- c) Alat pemisah contoh
- d) Mesin pengguncang/penggetar saringan
- e) Oven yang dilengkapi pengatur suhu untuk memanasi benda uji sampai suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$
- f) Talam, sikat kawat kuningan halus, kuas, dan lain-lain

2) Benda Uji

Benda uji adalah agregat kasar/kerikil/split dan sejenisnya yang butirannya kasar. Benda uji disiapkan berdasarkan standar yang berlaku.

3) Tata Cara Pengujian

- a) Mengeringkan benda uji dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap. Sebaiknya untuk mendapatkan hasil dengan ketelitian tinggi, dilakukan minimal 2 kali pengujian
- b) Mengeluarkan benda uji, lalu dinginkan pada suhu kamar selama 1-3 jam, kemudian timbang dengan ketelitian 0,5 gram
- c) Menyusun saring dari yang lubangnya paling besar dari atas kebawah (jangan terbalik), masukkan benda uji dan langsung di ayak. Bila tidak tersedia saringan dan mesin pengguncang

dengan kapasitas besar, maka pengayakan dilakukan dengan cara manual

- d) Mengeluarkan benda uji dari masing-masing saringan dan letakkan masing-masing pada talam (jangan sampai ada yang tercecer)
- e) Menimbang dan catat berat benda uji yang tertahan di masing-masing saringan. Dalam pembersihan saringan, gunakan sikat kawat untuk saringan dengan lubang besar, dan kuas untuk lubang yang halus.

c. Perhitungan

Persentase pasir yang lolos saringan no. 50 dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Persentase pasir lolos saringan no. 50} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\%$$

dengan:

W_1 = Berat pasir total

W_2 = Berat pasir yang tidak lolos saringan

Menurut standar pembuatan bata beton pejal persentase lolos saringan no. 50 yaitu minimal harus lebih besar dari 95 %.

d. Hasil Pengujian

Kerikil ini termasuk dalam gradasi no.1 yaitu jenis gradasi kerikil kasar. Kemudian didapatkan MHB sebesar 7.8279

6. Pengujian Berat Volume Padat/Gembur Agregat Kasar

a. Deskripsi

Metode ini dimaksudkan sebagai acuan dalam pengujian untuk menentukan berat volume padat/gembur agregat kasar. Sedangkan tujuan pengujian ini adalah agar mahasiswa dapat memahami tentang cara pengujian serta klasifikasi agregat kasar berdasarkan berat volume.

b. Pelaksanaan

1) Peralatan Pengujian

- a) Timbangan kapasistas 20000 gram atau lebih dengan ketelitian 0,1 % dari berat contoh
 - b) Silinder/tabung kapasistas 10 liter
 - c) Alat penumbuk dengan diameter 16 mm dan panjang 600 mm
 - d) Oven yang dilengkapi pengatur suhu untuk memanasi benda uji sampai suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$
 - e) Talam dan sekop
- 2) Benda Uji
- Benda uji adalah agregat kasar/kerikil/split dan sejenisnya yang telah dikeringkan.
- 3) Tata Cara Pengujian
- a) Mengeringkan benda uji dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap
 - b) Mengeluarkan benda uji dari oven lantas dinginkan pada suhu kamar selama 1-3 jam, kemudian timbang dengan ketelitian 0,5 gram
 - c) Meletakkan silinder ukur pada tempat yang datar. Untuk pengujian berat volume padat, masukkan benda uji per 1/3 bagian dan tiap bagian di tumbuk 25 kali merata, lalu diratakan, dikerjakan sampai volume penuh. Sedang untuk pengujian berat volume gembur, benda uji dimasukkan dalam silinder sampai penuh (tanpa pemadatan) lalu diratakan.
 - d) Menimbang berat silinder berisi benda uji dan dicatat beratnya
 - e) Menghitung volume silinder

c. Perhitungan

Pemeriksaan ini dilakukan masing masing yaitu yaitu pemeriksaan berat volume gembur tanpa adanya pemadatan pada pasir dan pemeriksaan berat volume padat dengan adanya pemadatan pada pasir. Untuk masing masing pemeriksaan dapat dihitung dengan menggunakan rumus yang sama. Adapun rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\text{Berat volume pasir} = \frac{W_2 - W_1}{V}$$

dengan:

W_1 = Berat silinder

W_2 = Berat silinder berisi pasir

V = Volume silinder

d. Hasil Pengujian

Hasil pengujian berat isi padat agregat kasar sebesar 1,3262 $gram/cm^3$ dan berat isi gembur agregat kasar sebesar 1,2648 $gram/cm^3$

4.3.2 Metode Pembuatan Benda Uji

Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah balok beton bertulang yang memiliki ukuran cetakan 20 cm x 15 cm x 100 cm dan silinder untuk pengujian mutu beton. Volume balok beton berserat dapat dihitung sebagai berikut:

1. Volume cetakan beton bertulang

$$\begin{aligned} \text{a. Vol. Balok} &= P \times L \times T \\ &= (1,0 \times 0,15 \times 0,2) \text{ m} \\ &= 0,03 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. Vol. Silinder} &= \frac{1}{4} \pi d^2 t \\ &= 0,25 \times \pi \times 0,15^2 \times 0,3 \\ &= 0,0053 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

2. Volume total seluruh sampel beton

$$\begin{aligned} \text{Volume total} &= 4 \times V_{\text{balok}} + 4 \times V_{\text{silinder}} \\ &= 4 \times 0,03 + 4 \times 0,0053 \\ &= 0,1412 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Pembuatan benda uji akan dibuat di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia. Metode pembuatan benda uji adalah sebagai berikut:

1. Membuat bekisting berbentuk persegi panjang tanpa tutup. Bekisting akan digunakan sebagai cetakan campuran beton.

2. Merangkai tulangan yang akan digunakan pada balok beton bertulang sesuai desain yang telah ditentukan. Kemudian menempatkan tulangan pada bekisting sesuai posisi yang telah didesain sebelumnya.
3. Menentukan perhitungan mix desain berdasarkan standar SNI 03-2834-2000. Langkah ini menentukan jumlah material yang diperlukan untuk campuran beton.
4. Berikutnya yang dilakukan adalah dengan melakukan perhitungan dan penimbangan bahan susun balok beton yaitu semen, agregat halus, agregat kasar dan air.
5. Kemudian agregat kasar dan halus yang telah dikumpulkan digelar dan dianginkan.
6. Semen, agregat kasar, dan agregat halus yang telah siap dipakai disiapkan ke masing-masing ember agar siap dicampurkan ke mixer. Masukkan semua bahan campuran agregat ke dalam mixer kemudian nyalakan mixer.
7. Saat mixer mulai mengaduk, masukkan air secara perlahan-lahan dan merata menggunakan gayung. Tunggu 5 menit atau sampai tercampur merata campurannya.
8. Buka lubang pengeluaran hasil adukan.
9. Kemudian sebagian adukan campuran diangkat menggunakan sekop dan dituangkan kedalam pan untuk diuji slump.
10. Setelah pengujian slump memenuhi kriteria, seluruh campuran beton dituang ke dalam bekisting yang telah disiapkan. Tuang campuran sedikit demi sedikit untuk memampatkan beton di dalam bekisting dan untuk menghindari adanya rongga udara.
11. Sebagian campuran beton dituang ke dalam cetakan silinder untuk pengujian kuat tekan beton. Penuangan dilakukan berurutan setelah dituang ke dalam bekisting balok kemudian sisanya dituang ke cetakan silinder. Jumlah silinder total sama dengan jumlah benda uji.
12. Setelah semua campuran dimasukkan ke dalam bekisting kemudian dimampatkan dengan linggis dan dipukul – pukul sisinya menggunakan palu karet.

13. Setelah itu memindahkan balok beton yang telah dicetak ketempat yang aman agar tidak mengganggu proses pekerjaan pembuatan dan pencetakan benda uji variasi berikutnya.
14. Kemudian menjemur benda uji balok beton selama 1 hari dan tunggu hingga balok beton mengeras dengan sempurna pada umur 28 hari, balok beton siap diuji desak.
15. Untuk balok beton dengan perkuatan pelat baja stripplat akan dipasang pada umur beton 2 minggu setelah dilakukan pengujian. Pemasangan stripplat dilakukan dengan menggunakan langkah - langkah khusus seperti berikut:
 - a. Membersihkan dan menghaluskan permukaan beton yang akan dipasang serat karbon agar tidak ada kotoran yang menempel dan mengganggu proses pemasangan platsrip. Dalam penelitian ini yang akan dipasang serat platstip bagian penampang bawah balok.
 - b. Membuat campuran primer dengan mencampur bahan resin dua komponen sesuai komposisi pabrik. Bahan dicampur dan diaduk sampai homogen dengan paddle mixer selama 3 menit.
 - c. Melapisi permukaan balok dengan material primer epoxy adhesive Sikadur[®]-CF Normal menggunakan cetok secara merata pada bentang yang diinginkan rata-rata 0,4 kg/ m².
 - d. Setelah lapisan primer setengah kering (*tacky*) kurang lebih 5 - 10 menit, segera ditempelkan pelat baja stripplat sesuai arah perkuatan. Agar melekat sempurna, permukaan pelat baja dibuat kasar dan dipres dengan kawat.
16. Benda uji yang telah diperkuat kemudian disimpan dalam waktu kurang lebih satu minggu untuk mendapatkan daya rekat pelat baja dengan balok beton bertulang yang optimal.
17. Setelah semua benda uji siap kemudian diletakkan pada alat uji hidrolis untuk diuji tekan.
18. Hasi uji tekan masing- masing variasi dicatat, kemudian diolah sehingga menghasilkan besar kuat lentur untuk masing-masing variasi benda uji.
19. Melakukan analisis data.

4.3.3 Perawatan Benda Uji

Setelah Benda uji berupa balok beton bertulang mengeras dan dibuka dari cetaknya perlu dilakukan perawatan beton pada benda uji. Perawatan balok beton dilakukan agar mutu beton tidak berubah atau berkurang dan mencegah pengerasan beton secara mendadak akibat suhu panas matahari. Pengerasan beton secara mendadak dapat menimbulkan retak-retak pada permukaan beton. Hal ini dapat terjadi karena beton belum mengikat secara sempurna. Selain itu kelembaban pada permukaan benda uji juga dapat menambah ketahanan beton terhadap cuaca dan lebih cepat terhadap air.

Perawatan pada bata beton ringan berserat biasanya dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Menempatkan balok beton bertulang segar di dalam ruangan yang lembab.
2. Menempatkan balok beton bertulang segar didalam genangan air
3. Menyelimuti seluruh permukaan balok beton bertulang dengan karung goni basah.

Untuk perawatan balok beton bertulang yang telah diperkuat dengan serat karbon, dilakukan agar lapisan serat karbon dapat menempel dengan sempurna pada permukaan beton. Oleh karena itu, balok beton yang diperkuat dilindungi dari sinar matahari secara langsung karena mengakibatkan lapisan coating lebih lama mengeras dan kehilangan daya lekatnya.

4.4 Metode Pengujian dan Analisis Data

4.4.1 Pengujian Lentur Balok Beton Bertulang

1. Deskripsi

Kuat lentur beton adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji yang diberikan padanya, sampai benda uji patah.

2. Pelaksanaan

- a. Peralatan Pengujian

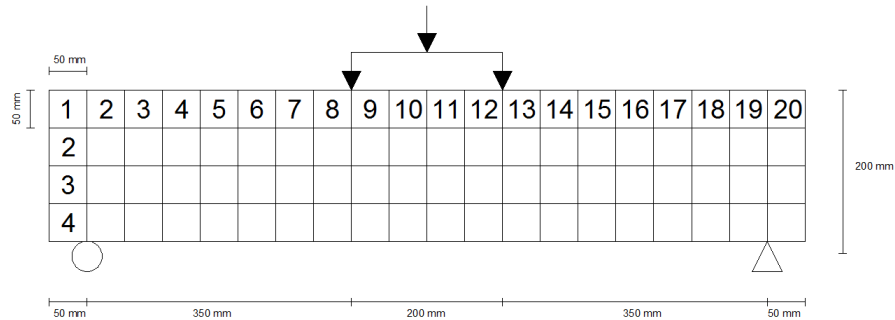
- 1) Mesin uji tekan yang dapat memberikan beban dengan kecepatan kontinu dalam satu kali gerakan, tanpa memberikan efek kejutan dan mempunyai ketelitian pembacaan beban maksimum 0,5 kN.
- 2) Dua buah blok tumpuan, satu buah blok beban (untuk pengujian dengan sistem satu beban), atau satu buah blok beban dengan dua titik beban yang berjarak tertentu (untuk pengujian dengan sistem dua beban) untuk menyalurkan beban terpusat dari mesin uji tekan. Dimana baik blok beban maupun blok tumpuan yang menempel pada benda uji harus merupakan setengah silinder yang sumbunya berimpit dengan sumbu batang putar blok tumpuan sendi atau blok beban, atau berimpit dengan sumbu putar bola blok tumpuan rol, dan dapat berputar minimal 45°. Ketidakteraturan permukaan blok maksimal 0,05 mm.
- 3) Alat ukur panjang dengan panjang 1000 mm dan ketelitian 1 mm, dan jangka sorong.
- 4) Timbangan dengan kapasitas 35 kg dan ketelitian 10 gram.
- 5) Gerinda
- 6) Peralatan kaping.

b. Benda Uji

Benda uji adalah balok beton berulang yang memiliki ukuran 15 cm x 20 cm x 100 cm yang dibuat dan dimatangkan (*curing*) di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT), Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia dan umur benda uji 28 hari.

c. Tata Cara Pengujian

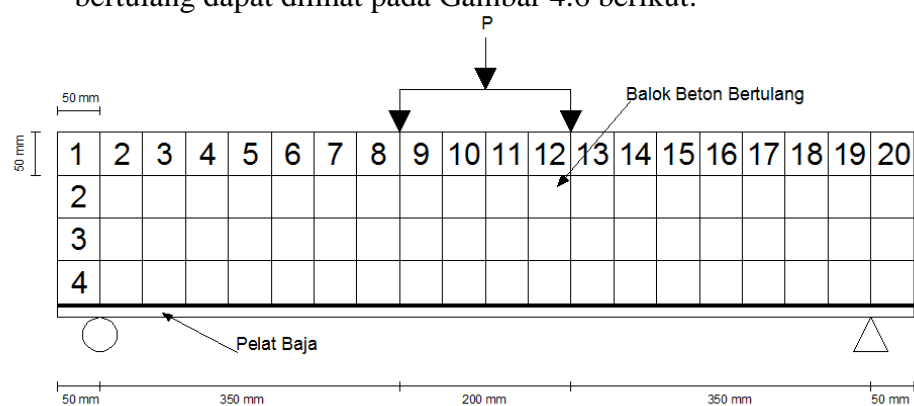
- 1) Pengujian balok beton bertulang (Balok Kontrol).
 - (1) Mengukur dan mencatat dimensi penampang benda uji dengan jangka sorong, minimal di tiga tempat. Kemudian mengukur dan mencatat panjang benda uji pada keempat rusuknya.
 - (2) Menimbang dan mencatat berat benda uji.
 - (3) Membuat garis-garis grid dengan ukuran 50 mm x 50 mm pada balok untuk menandai titik tumpuan dan pembacaan arah keretakan pada balok seperti pada Gambar 4.4



Gambar 4.4 Pembuatan Grid

- (4) Meletakkan blok tumpuan dengan jarak antara kedua blok tumpuan tertentu sesuai dengan panjang benda uji.
 - (5) Menempatkan benda uji yang sudah ditimbang, diukur, dan diberi tanda diatas dua blok tumpuan/perletakan, sedemikian sehingga letak benda uji tepat pada pusat tumpuan, dengan kedudukan sisi benda uji pada waktu pengecoran berada dibagian samping.
 - (6) Meletakkan blok beban pada titik pembebanan pada benda uji, sesuai dengan jumlah beban.
 - (7) Menjalankan mesin tekan, atur titik beban uji dari mesin tekan sehingga tepat ditengah-tengah blok beban. Pembebanan harus diatur sedikian sehingga tidak menimbulkan beban kejut.
 - (8) Setelah benda uji patah, hentikan pembebanan dan catat beban maksimum yang menyebabkan benda uji patah.
- 2) Pengujian balok beton bertulang dengan penambahan pelat baja
- (1) Mengukur dan mencatat dimensi penampang benda uji dengan jangka sorong, minimal di tiga tempat. Kemudian mengukur dan mencatat panjang benda uji pada keempat rusuknya.
 - (2) Menimbang dan mencatat berat benda uji.
 - (3) Membuat garis-garis grid dengan ukuran 50 mm x 50 mm pada balok untuk menandai titik tumpuan dan pembacaan arah keretakan pada balok seperti pada Gambar 4.4

- (4) Meletakkan blok tumpuan dengan jarak antara kedua blok tumpuan tertentu sesuai dengan panjang benda uji.
- (5) Menempatkan benda uji yang sudah ditimbang, diukur, dan diberi tanda diatas dua blok tumpuan/perletakan, sedemikian sehingga letak benda uji tepat pada pusat tumpuan, dengan kedudukan sisi benda uji pada waktu pengecoran berada dibagian samping.
- (6) Meletakkan blok beban pada titik pembebanan pada benda uji, sesuai dengan jumlah beban.
- (7) Menjalankan mesin tekan, atur titik beban uji dari mesin tekan sehingga tepat ditengah-tengah blok beban. Pembebanan harus diatur sedemikian sehingga tidak menimbulkan beban kejut.
- (8) Kecepatan pembebanan harus kontinu. Pada pembebanan sampai $\pm 70\%$ dari beban maksimum yang didapat pada pengujian balok pertama, kecepatan pembebanan boleh lebih cepat dari 6 kN per-menit. Setelah itu sampai terjadi keruntuhan balok uji, kecepatan pembebanan harus diatur antara 4,3 kN s.d 6 kN per-menit.
- (9) Setelah benda diuji 70% dari beban maksimum kemudian diperbaiki menggunakan pelat baja “*stripplat*” dengan metode pemasangan menggunakan lem perekat Sikadur-31 CF Normal metode perkuatan dan tebal lem perekat dengan balok beton bertulang dapat dilihat pada Gambar 4.6 berikut:



Gambar 4.5. Metode Perkuatan Menggunakan *Stripplat*

- (10) Meletakkan blok tumpuan dengan jarak antara kedua blok tumpuan tertentu sesuai dengan panjang benda uji.
- (11) Menempatkan benda uji yang sudah ditimbang, diukur, dan diberi tanda diatas dua blok tumpuan/perletakan, sedemikian sehingga letak benda uji tepat pada pusat tumpuan, dengan kedudukan sisi benda uji pada waktu pengecoran berada dibagian samping.
- (12) Meletakkan blok beban pada titik pembebanan pada benda uji, sesuai dengan jumlah beban.
- (13) Menjalankan mesin tekan, atur titik beban uji dari mesin tekan sehingga tepat ditengah-tengah blok beban. Pembebanan harus diatur sedikian sehingga tidak menimbulkan beban kejut.
- (14) Setelah benda uji patah, hentikan pembebanan dan catat beban maksimum yang menyebabkan benda uji patah.

4.4.2 Analisis Rencana Anggaran Biaya Perkuatan

Berikut adalah metode dalam penetapan harga per meter persegi untuk perkuatan balok beton menurut metode penelitian yang dilakukan:

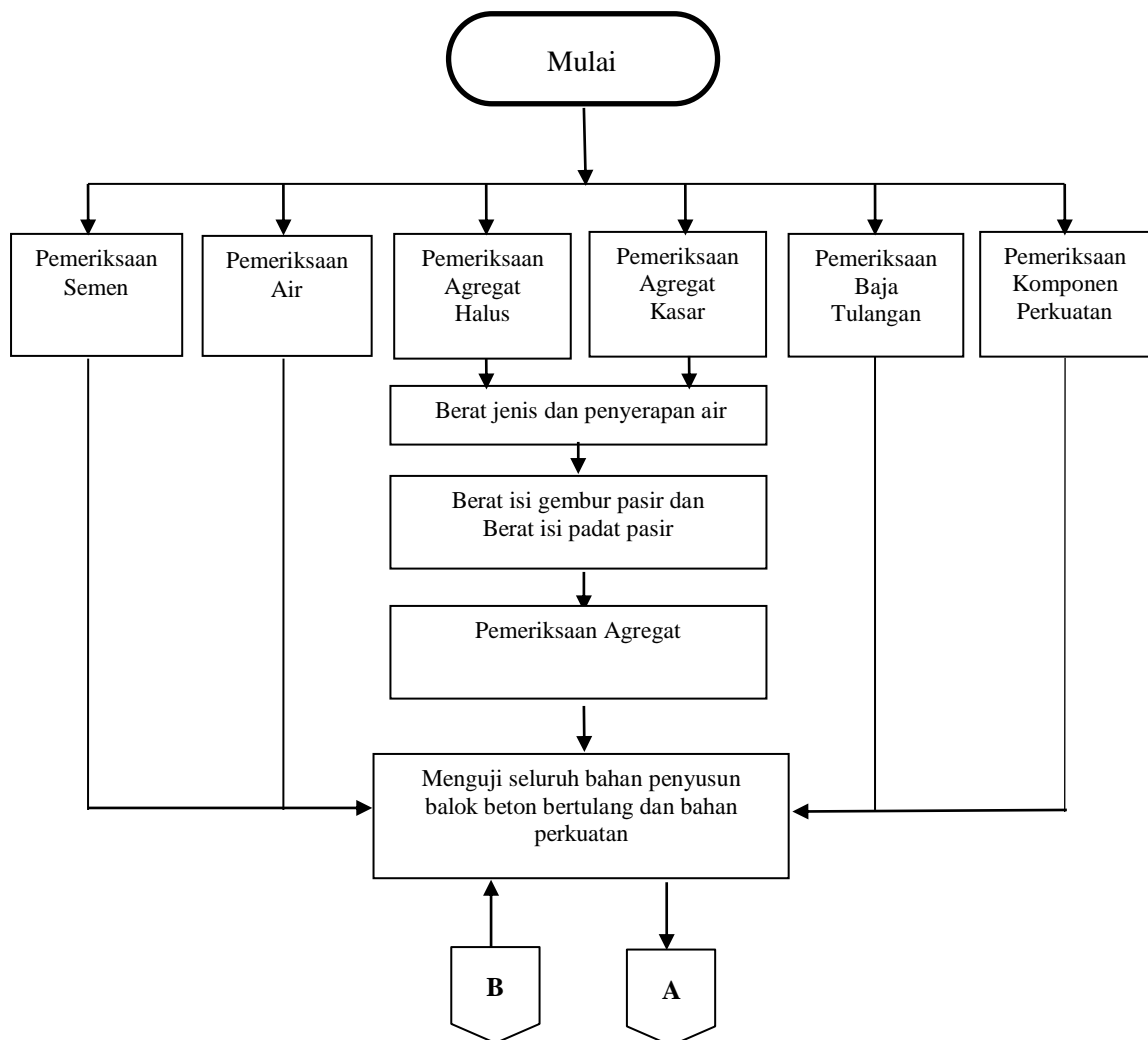
1. Mencatat harga pembelian material balok beton dan material perkuatan berupa pelat stripplat dan lem perekat.
2. Menakar material sesuai dengan kebutuhan sampel dan perkuatan pada luas penampang balok.
3. Menghitung harga satuan masing- masing komponen sampel dan material perkuatan pada balok.
4. Mengitung harga pelaksanaan meliputi, tenaga kerja, alat, dan lain-lain.
5. Mencatat harga satuan pelaksanaan per meter persegi.
6. Mencatat harga komponen penyusun perkuatan per meter persegi.

4.5 Tahap Kesimpulan Penelitian

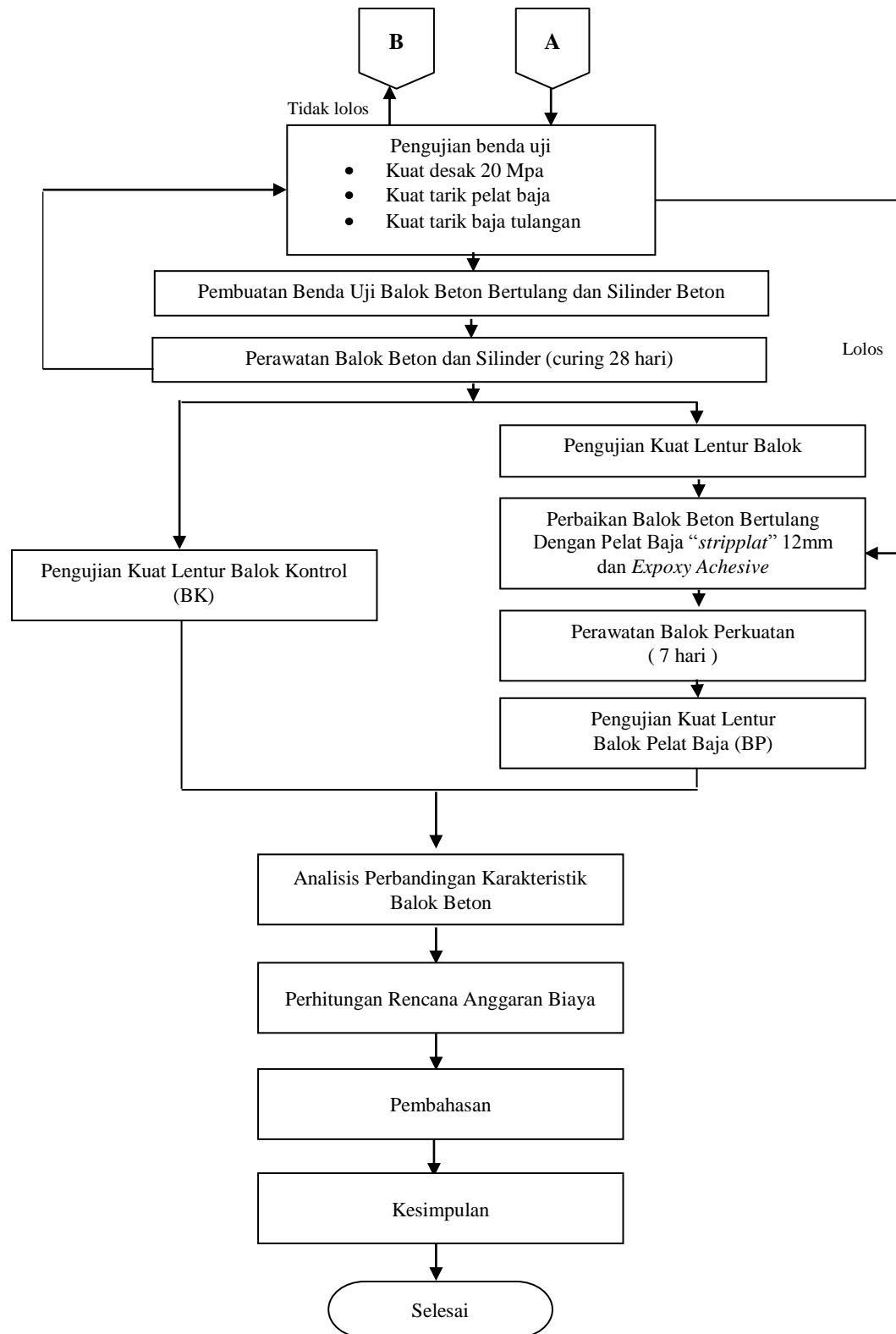
Pada tahap ini untuk menyusun kesimpulan yang berhubungan dengan tujuan penelitian diperoleh berdasarkan analisis data dan pembahasan pada tahap selanjutnya.

4.6 Prosedur Penelitian

Suatu penelitian ilmiah haruslah dilaksanakan dalam sistematika yang jelas dan teratur, sehingga dapat diperoleh hasil yang sesuai dengan tujuan yang dicapai serta dapat dipertanggungjawabkan. Dari uraian diatas dapat dibuat bagan alir (*flowchart*). Bagan alir (*flowchart*) pelaksanaan penelitian perkuatan balok beton bertulang menggunakan *Stripplatt* dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Bagan Alur Penelitian



Gambar Lanjutan 4.6 Bagan Alur Penelitian