

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang dilakukan di laboratorium. Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah beton silinder yang dicampur dengan serat kaleng dengan variasi berat serat 10% terhadap volume beton silinder. Panjang serat kaleng yang digunakan adalah 4 cm. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini antara lain uji kuat tekan, uji kuat tarik belah dan modulus elastisitas benda uji setelah beton berumur 28 hari. Pelaksanaan penelitian terhadap benda uji meliputi dua analisis sebagai berikut :

1. Analisis teori atau studi literatur yakni dengan menggunakan teori yang ada untuk memprediksi sifat mekanik beton silinder berserat sehingga analisis ini nantinya menghasilkan nilai-nilai teoritis berdasarkan tinjauan pustaka.
2. Analisis data eksperimental, dimana dari data teknis pada benda uji beton silinder berserat yang digunakan untuk mendapatkan hasil penelitian yaitu nilai kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Struktur Teknik Sipil Universitas Brawijaya Malang dan dilaksanakan pada semester genap yakni maret sampai april tahun 2018.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian adalah:

1. Peralatan
 - a. Ayakan (*siever*) untuk menganalisis gradasi agregat kasar maupun agregat halus.
 - b. Timbangan digital dengan ketelitian 0,1%
 - c. Wadah baja berbentuk silinder untuk pemeriksaan berat isi agregat.
 - d. Keranjang besi dilengkapi dengan alat penggantung keranjang untuk pengujian *specific gravity* dan penyerapan agregat kasar
 - e. Pengaduk beton (*concrete mixer*) untuk mengaduk bahan-bahan penyusun beton silinder berserat agar dapat membentuk campuran yang homogen.

- f. Piknometer kapasitas 500 gram untuk pengujian *specific gravity* agregat halus.
- g. Cetakan silinder (*bekisiting*) dengan diameter dalam 15 cm dan tinggi 30 cm yang terbuat dari besi untuk mencetak beton yang digunakan sebagai benda uji.
- h. *Slump test apparatus* untuk mengukur nilai slump dari adukan beton. Alat ini terbuat dari besi berbentuk kerucut dengan tinggi 30 cm, diameter atas 10 cm, diameter bawah 20 cm dan dilengkapi dengan alat tumbuk berupa tongkat besi sepanjang 60 cm dengan diameter 16 mm.
- i. Alat uji tekan (*compression machine*) untuk mengukur tekanan yang mampu ditahan benda uji hingga mengalami retak serta mengetahui kuat tarik belah oleh benda uji hingga mengalami retak

2. Bahan

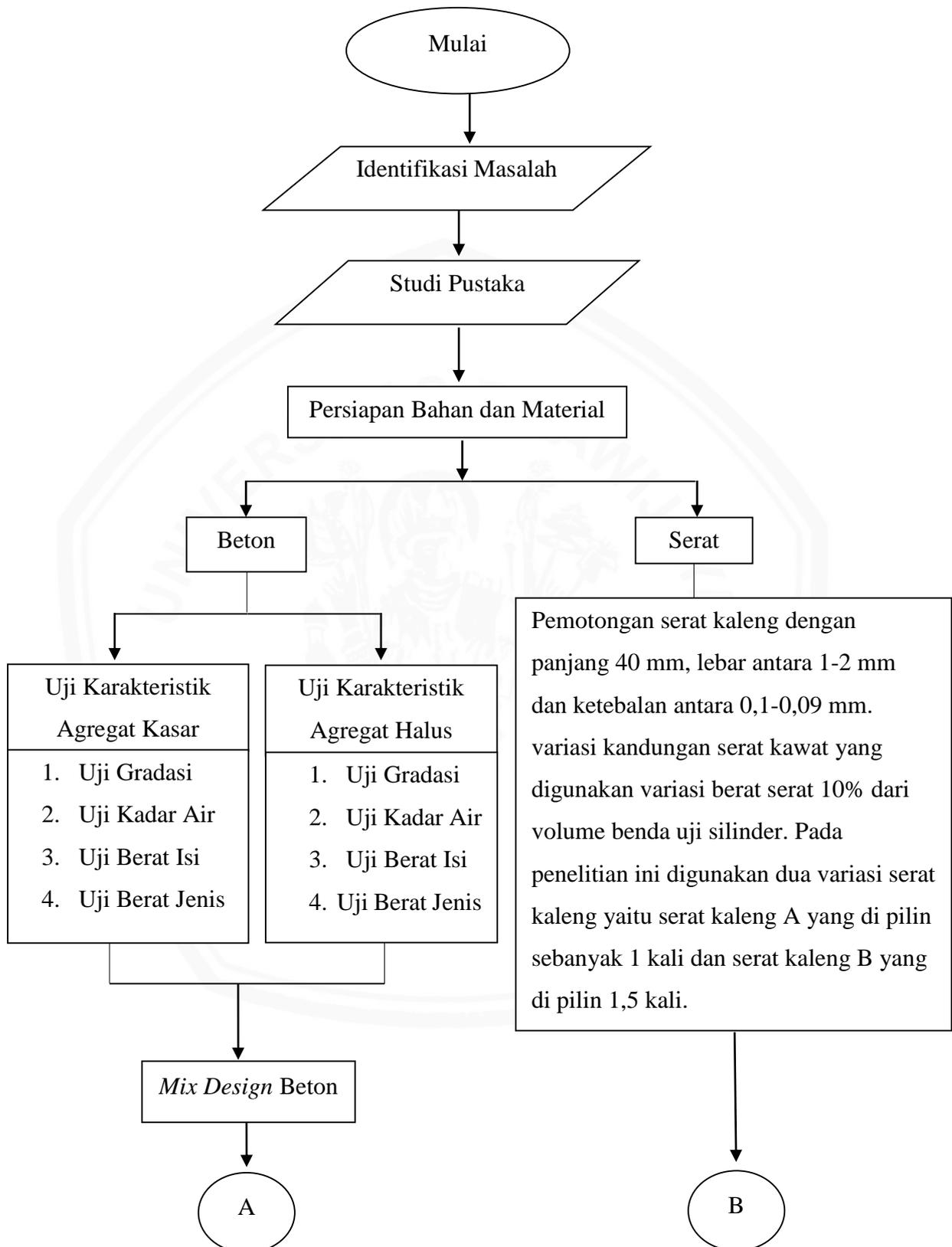
- a. Serat kaleng dengan panjang 40 mm, lebar antara 1-2 mm dan ketebalan antara 0,1-0,09 mm yang terdiri dari dua variasi yaitu variasi A yang di pilin 1 kali dan variasi B yang di pilin 1,5 kali

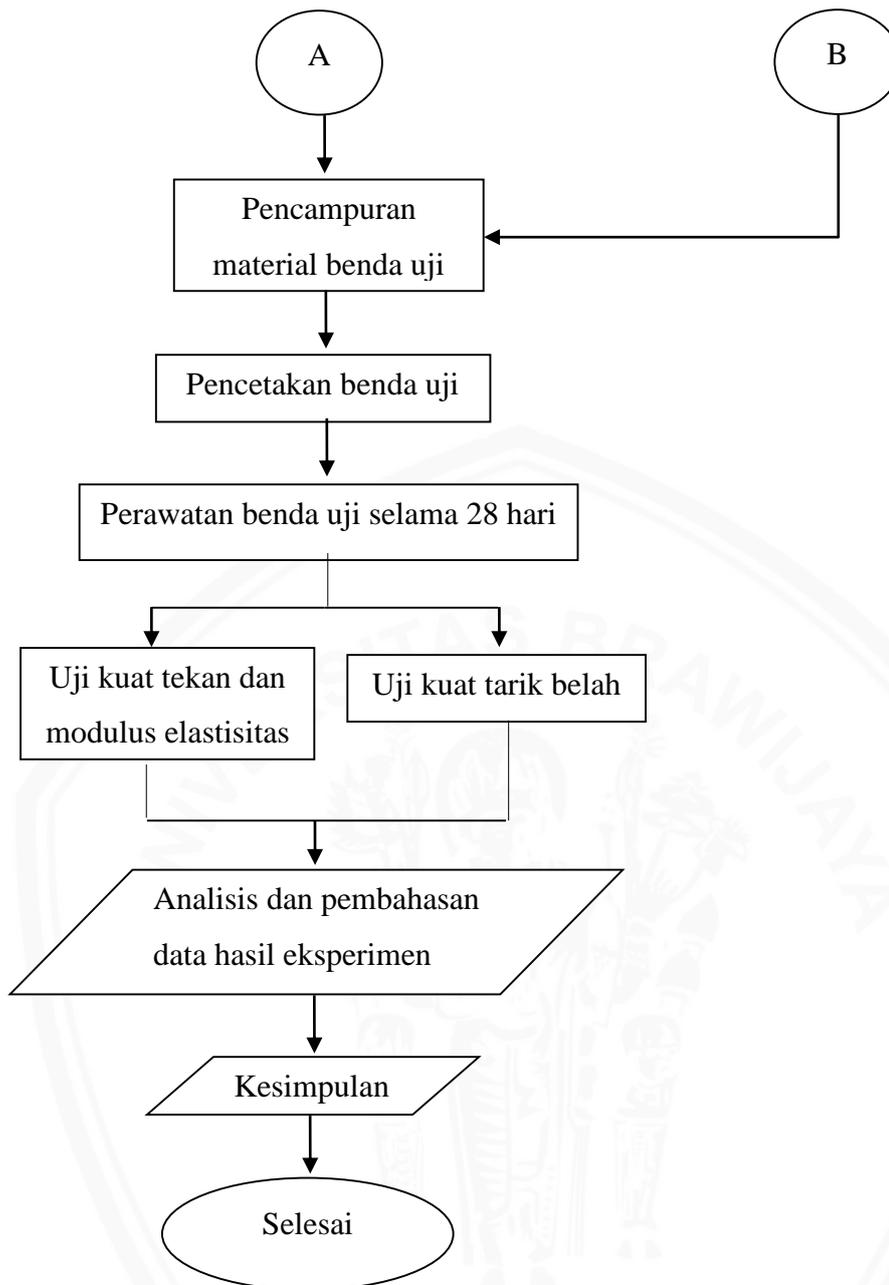


Gambar 3.1 Serat variasi A pilin 1 kali Gambar 3.2 Serat variasi B pilin 1,5 kali

- b. Semen PPC
- c. Agregat halus berupa pasir
- d. Agregat Kasar berupa kerikil
- e. Air

3.4 Diagram Alir Penelitian





3.5 Analisa Material

3.5.1 Pemeriksaan Gradasi Agregat Halus

1. Bahan

Pasir alam yang berasal dari Lumajang dengan besar butiran kurang dari 5 mm dan berat 1000 gr.

2. Peralatan

- a. Timbangan dan neraca dengan ketelitian 0,2 % berat benda uji.
- b. Satu set saringan : 4.8 mm (no. 4); 2.38 mm (no. 8); 1.19 mm (no. 16); 0.59 mm (no. 30); 0.297 mm (no. 50); 0.149 mm (no. 100); 0.075 mm (no. 200)
- c. Talam-talam dan kuas

- d. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu
 - e. Mesin pengguncang saringan
3. Pelaksanaan
- a. Bahan ditimbang seberat 1000 gram kemudian dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 110°C sampai berat tetap.
 - b. Bahan diayak dengan susunan ayakan : 4.8 mm, 2.38 mm, 1.18 mm, 0.59 mm, 0.297 mm, 0.149 mm, dan 0.075 mm, secara manual.
 - c. Bahan yang tertahan pada masing-masing ayakan ditimbang.
 - d. Setelah bahan-bahan yang tertinggal di masing-masing ayakan ditimbang, hasilnya dicatat dalam tabel pemeriksaan agregat halus yang sudah disiapkan. Kemudian dilanjutkan dengan perhitungan presentase jumlah agregat halus yang tertahan, dan presentase agregat halus yang lolos ayakan, digunakan persamaan

$$\% \text{ jumlah agregat} = \frac{\sum \text{ sisa ayakan (gram)}}{\sum \text{ total ayakan (gram)}} \times 100\% \dots\dots\dots(3-1)$$
 Untuk jumlah ayakan total, yaitu jumlah total dikurangi dengan banyaknya agregat halus yang ada di pan.
 - e. Dari hasil perhitungan, selanjutnya ditentukan batas gradasi agregat halus dengan menggunakan grafik daerah gradasi. Data yang dimasukkan dalam grafik meliputi ukuran ayakan sebagai sumbu x dan % yang lolos ayakan sebagai sumbu y.

3.5.2 Pemeriksaan Gradasi Agregat Kasar

- 1. Bahan
 - Batu pecah yang berasal dari Lumajang dengan berat 1000 gr
- 2. Peralatan
 - a. Timbangan Elektrik dengan ketelitian 0.01 kg.
 - b. Satu set ayakan : 38,1 mm (1,5"); 25,4 mm (1"); 19,1 mm (3/4"); 12,7 mm (1/2"); 9,5 mm (3/8") dan 4,8 mm (no 4).
 - c. Talam-talam dan kuas
 - d. Mesin pengguncang saringan
- 3. Pelaksanaan
 - a. Menimbang bahan sebesar 1000 gr
 - b. Bahan diayak dengan susunan 38,1 mm (1,5"); 25,4 mm (1"); 19,1 mm (3/4"); 12,7 mm (1/2"); 9,5 mm (3/8") dan 4,8 mm (no 4) dan Pan.

- c. Bahan yang tertinggal di masing masing nomer ayakan ditimbang.
- d. Setelah bahan-bahan yang tertinggal di masing-masing ayakan ditimbang, hasilnya dicatat dalam tabel pemeriksaan agregat kasar yang sudah disiapkan. Kemudian dilanjutkan dengan perhitungan presentase jumlah agregat kasar yang tertahan, dan presentase agregat kasar yang lolos ayakan, digunakan persamaan

$$\% \text{ jumlah agregat} = \frac{\sum \text{sisia ayakan (gram)}}{\sum \text{total ayakan (gram)}} \times 100\% \dots\dots\dots(3-2)$$

Untuk jumlah ayakan total, yaitu jumlah total dikurangi dengan banyaknya agregat kasar yang ada di pan.

- e. Dari hasil perhitungan, selanjutnya ditentukan batas gradasi agregat kasar dengan menggunakan grafik daerah gradasi. Data yang dimasukkan dalam grafik meliputi ukuran ayakan sebagai sumbu x dan % yang lolos ayakan sebagai sumbu y.

3.5.3 Pemeriksaan Kadar Air Agregat

1. Bahan

Agregat yang diuji hendaknya mempunyai dimensi antara 6,3 mm sampai 152,4 mm.
2. Peralatan
 - a. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gr
 - b. Oven pengatur suhu kapasitas $(100 \pm 5)^{\circ} \text{C}$
 - c. Talam logam anti karat
3. Pelaksanaan
 - a. Talam di timbang dan hasilnya dicatat (W_1)
 - b. Mengambil benda uji (agregat kasar dan halus), kemudian ditaruh di talam.
 - c. Berat agregat dan talam ditimbang kemudian dicatat hasilnya (W_2)
 - d. Hitung berat benda uji $W_3 = W_2 - W_1$
 - e. Keringkan benda uji (bahan + talam) ke dalam oven dengan suhu $100 \pm 5^{\circ} \text{C}$
 - f. Setelah kering timbang benda uji (bahan + talam) = W_4
 - g. Hitung berat benda uji kering $W_5 = W_4 - W_1$
 - h. Hitung kadar air agregat :

$$\text{Kadar Air Agregat} = \frac{W_3 - W_5}{W_5} \times 100\% \dots\dots\dots(3-3)$$

3.5.4 Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus

1. Bahan

Pasir alam yang berasal dari Lumajang

2. Peralatan

- a. Timbangan dengan kapasitas > 1 kg dengan ketelitian 0,1 gr.
- b. Tongkat tumbuk baja panjang ± 600 mm dengan diameter ± 16 mm
- c. Kotak takaran atau ember.

3. Pelaksanaan

- a. Pasir SSD direndam selama 24 jam, permukannya disapu dengan lap lembap
- b. Timbang kotak takar kosong
- c. Timbang kotak takar berisi air penuh
- d. Isi masing-masing kotak takar dengan benda uji dalam 3 lapisan sama, kemudian tiap lapisan ditumbuk sebanyak 25 kali (metode Rodded)
- e. Ratakan muka bahannya dengan tangan atau mistar
- f. Timbang kotak takar dan isi lagi dengan benda uji
- g. Kosongkan kotak takar dan isi lagi dengan benda uji yang dimaksudkan dengan singkup dan tinggi tidak lebih dari 2 inci diatas kotak takar. Cara ini disebut Shovelling
- h. Ratakan muka benda ujinya dengan mistar atau tangan
- i. Timbang kotak takar berisi benda uji

3.5.5 Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar

1. Bahan

Batu pecah yang berasal dari Lumajang

2. Peralatan

- a. Timbangan dengan kapasitas > 1 kg dengan ketelitian 0,1 gr.
- b. Tongkat tumbuk baja panjang ± 600 mm dengan diameter ± 16 mm
- c. Kotak takaran atau ember.

3. Pelaksanaan

- a. Kerikil SSD direndam selama 24 jam, permukannya dikeringkan dengan kain lap lembap
- b. Timbang kotak takar kosong
- c. Timbang kotak takar berisi air penuh
- d. Isi masing-masing kotak takar dengan benda uji dalam 3 lapisan sama, kemudian tiap lapisan ditumbuk sebanyak 25 kali (metode Rodded)

- e. Ratakan muka bahannya dengan tangan atau mistar.
- f. Timbang kotak takar dan isi lagi dengan benda uji
- g. Kosongkan kotak takar dan isi lagi dengan benda uji yang dimaksudkan dengan singku da tinggi tidak lebih dari 2 inci diatas kotak takar. Cara ini disebut Shoveled
- h. Ratakan muka benda ujinya dengan mistar atau tangan
- i. Timbang kotak takar berisi benda uji

3.5.6 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

1. Bahan
 - a. Pasir alam dengan berat tertentu dalam beberapa benda uji
 - b. Pasir lolos saringan No.4 (4,75 mm)
2. Peralatan
 - a. Timbangan dengan kapasitas > 1 kg dengan ketelitian 0,1 gr.
 - b. Piknometer kapasitas 500 ml
 - c. Kerucut terpancung
 - d. Tongkat tumbuk baja panjang ± 600 mm dengan diameter ± 16 mm
 - e. Kotak takaran atau ember.
 - f. Saringan No. 4 (4,475 mm)
 - g. Oven pengatur suhu kapasitas $(100\pm 5)^{\circ}\text{C}$
 - h. Desikator
3. Pelaksanaan
 - a. Mengeringkan benda uji dalam oven pada suhu $(100\pm 5)^{\circ}\text{C}$ hingga berat tetap. Dinginkan pada suhu ruang lalu rendam dalam air selama 24 jam
 - b. Buang air perendam, lalu tebarkan agregat di atas talam, keringkan di udara panas dengan cara membalik-balikkan benda uji. Lakukan pengeringan sampai tercapai keadaan kering permukaan jenuh (SSD)
 - c. Periksa kondisi SSD dengan mengisi benda uji ke dalam kerucut terpancung, padatkan dengan batang penumbuk sebanyak 25 kali lalu angkat kerucut. Keadaan SSD tercapai bila benda uji runtuh tetapi masih dalam keadaan tercetak.
 - d. Setelah kondisi SSD tercapai, masukkan benda uji ke dalam piknometer, masukkan air suling hingga 90% isi piknometer. Putar sambil diguncang sampai tidak terlihat gelembung udara di dalamnya.

- e. Rendam piknometer dalam air dan ukur suhu air untuk penyesuaian hitungan pada suhu standar 25°C
- f. Tambahkan air sampai mencapai tanda batas.
- g. Timbang piknometer berisi air dan benda uji sampai dengan ketelitian 0,1 gr (B_t)
- h. Keluarkan benda uji, keringkan dalam oven dengan suhu $(100\pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap, lalu dinginkan benda uji dalam desikator. Setelah dingin, lalu ditimbang (B_k).
- i. Tentukan berat piknometer berisi air penuh dan ukur suhu air guna penyesuaian dengan suhu standar 25°C (B)

3.5.7 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air pada Agregat Kasar

1. Bahan
 - a. Kerikil/batu pecah dengan berat tertentu untuk masing-masing benda uji
 - b. Kerikil yang tertahan oleh saringan No. 4 (4,75 mm)
2. Peralatan
 - a. Keranjang kawat ukuran 3,35 mm (No.6) atau 2,36 mm (No.8) dengan kapasitas ± 5 kg.
 - b. Tempat air dengan kapasitas dan bentuk yang sesuai untuk pemeriksaan. Tempat ini harus dilengkapi dengan pipa sehingga permukaan air selalu tetap.
 - c. Timbangan dengan kapasitas yang sesuai dengan berat benda uji dengan ketelitian 0,1 gr serta dilengkapi dengan alat penggantung keranjang
 - d. Oven pengatur suhu kapasitas $(100\pm 5)^{\circ}\text{C}$
 - e. Saringan No. 4 (4,75 mm)
3. Pelaksanaan
 - a. Cuci benda uji untuk menghilangkan debu
 - b. Keringkan benda uji di dalam oven pada suhu $(100\pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai beratnya tetap.
 - c. Dinginkan dalam suhu kamar selama 1-3 jam, lalu timbang dengan ketelitian 0.5 gr (B_k).
 - d. Rendam benda uji dengan air pada suhu kamar selama 24 jam.
 - e. Keluarkan benda uji dengan dari air, lap dengan kain penyerap.
 - f. Timbang benda uji kering permukaan jenuh (B_j).
 - g. Letakan benda uji ke dalam keranjang, masukan ke dalam air dan guncangkan batunya untuk mengeluarkan udara dan menentukan beratnya di dalam air (B_a)

3.5.8 Pemeriksaan Berat isi Serat Kaleng

Pemeriksaan berat isi serat kaleng yang dilakukan sebanyak tiga puluh kali untuk mendapatkan hasil yang efektif dengan merata-ratakan hasil dari ketiga puluh percobaan tersebut. Pemeriksaan berat isi dilakukan dengan metode shoveling. Metode ini dipilih karena dirasa jika nantinya serat tersebut digunakan untuk produksi skala besar akan menyulitkan jika dilakukan pemadatan terlebih dahulu saat pengukuran komposisi berat yang akan digunakan kedalam campuran beton.

1. Bahan
 - a. Serat kaleng yang telah dipotong dengan panjang 40 mm, lebar antara 1-2 mm dan ketebalan antara 0,1-0,09 mm
 - b. Air
2. Peralatan
 - a. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gr
 - b. Cawan plastik dengan volume yang bervariasi
 - c. Tongkat pengetuk
 - d. Spidol
3. Pelaksanaan
 - a. Timbang berat cawan plastik dan catat hasilnya.
 - b. Beri tanda pada cawan plastik dengan spidol untuk memperkirakan volume air yang akan dituangkan ke dalam cawan.
 - c. Tuangkan air ke dalam cawan plastik hingga batas yang telah ditentukan.
 - d. Timbang berat cawan plastik + air dan catat hasilnya.
 - e. Buang air yang telah ditimbang
 - f. Masukkan serat kaleng secara bertahap sambil digetarkan agar kawat mengisi seluruh wadah dengan maksimal hingga batas yang telah ditentukan.
 - g. Timbang cawan plastik + kawat dan catat hasilnya.
 - h. Lakukan kembali langkah (a) hingga (g).

3.6 Prosedur Penelitian

3.6.1 Tahap pertama

Tahap pertama adalah tahap persiapan, yaitu pengadaan alat dan bahan yang akan digunakan untuk pemeriksaan karakteristik material untuk pembuatan benda uji. Tahap – tahap yang dimaksud adalah sebagai berikut :

1. Pemeriksaan gradasi agregat kasar dan halus.
2. Pengujian kadar air agregat kasar dan agregat halus.
3. Pengujian berat isi agregat kasar dan agregat halus.
4. Pengujian berat jenis agregat kasar dan agregat halus.
5. Persiapan perencanaan *mix design* dengan kuat tekan rencana 17 MPa
6. Persiapan pemotongan serat kawat dengan panjang kawat 40 mm, lebar antara 1-2 mm dan ketebalan antara 0,1-0,09 mm
7. Pembentukan serat kaleng dengan variasi A yang di pilin 1 kali dan B yang di pilin 1,5 kali
8. Variasi berat serat yang digunakan dalam campuran beton silinder adalah sebesar 10% dari volume benda uji silinder

3.6.2 Tahap kedua

Tahap kedua adalah tahap pembuatan dan perawatan (*curing*) benda uji untuk masing-masing variasi serat kawat yang telah direncanakan. Jumlah benda uji yang dibuat dijelaskan pada tabel di bawah ini :

Tabel 3.1

Jumlah Benda Uji

Jenis Benda Uji	Fraksi serat (%)	Jumlah Benda Uji		
		Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas	Kuat Tarik Belah	Total
Beton serat pilin A	10	3	3	6
Beton serat pilin B	10	3	3	6
Beton serat polos	10	3	3	6
Beton normal	10	3	3	6

Langkah – langkah yang dimaksud pada tahap kedua antara lain :

1. Persiapan bekisting, yaitu dengan mengolesi bagian dalam bekisting menggunakan oli. Tujuannya adalah agar benda uji mudah dilepaskan dari cetakan setelah 24 jam.
2. Penimbangan material benda uji sesuai dengan komposisi berat pada perencanaan *mix design*, yaitu agregat kasar, agregat halus, semen dan air.
3. Penimbangan berat serat kaleng sesuai dengan yang direncanakan, yaitu 10% dari volume beton silinder.
4. Pengecoran atau pencampuran material benda uji yang diperlukan.
5. Melakukan uji *slump* untuk mengetahui kelecakan (*workability*) mortar.
6. Pembentukan benda uji ke dalam cetakan silinder (*bekisting*) dan dibiarkan selama 24 jam. Kemudian setelah 24 jam, *bekisting* dilepas.
7. Perawatan (*curing*) benda uji yang dilakukan selama 7 hari.

3.6.3 Tahap ketiga

Tahap ketiga dari prosedur penelitian adalah tahap pengujian sifat mekanik beton silinder yang berumur 28 hari dan pengolahan data hasil pengujian. Langkah-langkah pengujiannya antara lain:

1. Melapisi permukaan atas benda uji beton silinder menggunakan serbuk belerang yang telah dilelehkan.
2. Uji kuat tekan dan modulus elastisitas yang dilakukan bersamaan pada benda uji yang sama menggunakan *compression machine* untuk mendapatkan nilai modulus elastisitas dan nilai kuat tekan benda uji.
3. Uji kuat tarik belah pada benda uji menggunakan *compression machine* untuk mendapatkan nilai kuat tarik belah.
4. Pengamatan dan pencatatan data hasil pengujian baik uji kuat tekan, modulus elastisitas dan uji kuat tarik belah.
5. Pengolahan dan analisis data dari hasil pengamatan selama pengujian.
6. Penarikan kesimpulan.

3.7 Prosedur Pengujian Sifat Mekanik Beton

3.7.1 Uji *Slump*

Uji slump dilakukan untuk mengetahui kelecakan (*workability*) untuk setiap pengecoran benda uji baik beton normal maupun beton serat dengan variasi tertentu.

Alat – alat yang dibutuhkan dalam pengujian *slump* antara lain :

1. Cetakan dari logam tebal berbentuk kerucut
2. Pelat untuk teempat perletakan cetakan kerucut

3. Tongkat pematik

Sedangkan langkah – langkah pengujiannya adalah sebagai berikut :

1. Basahilah cetakan dan pelat dengan kain basah
2. Letakkan cetakan di atas pelat dengan kokoh dan pastikan permukaannya tidak miring
3. Isilah cetakan hingga penuh dengan mortar dalam tiga lapis. Setiap lapisan kira kira berisi 1/3 isi cetakan dan setiap lapisan ditusuk dengan tongkat pematik sebanyak 25 kali secara merata. Tongkat harus masuk sampai lapisan bagian bawah tiap-tiap lapisan. Pada lapisan pertama, untuk penusukan tiap tepi, tongkat dimiringkan sesuai dengan kemiringan cetakan.
4. Segera setelah selesai pemadatan, ratakan permukaan benda uji dengan tongkat dan semua sisa benda uji yang jatuh di sekitar cetakan disingkirkan. Kemudian cetakan diangkat perlahan – lahan tegak lurus ke atas. Seluruh pengujian mulai dari pengisian sampai cetakan harus dalam jangka waktu 2,5 menit.
5. Cetakan dibalik dan diletakkan disamping benda uji, kemudian slump diukur dengan menentukan perbedaan tinggi cetakan dengan tinggi dari benda uji.

3.7.2 Uji Kuat Tarik Belah

1. Bahan

Benda uji berupa beton silinder yang telah berumur 28 hari

2. Peralatan

- a. *Compression Testing Machine* (Mesin Uji Kuat Tekan)
- b. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gr
- c. Spidol/alat bantu penandaan
- d. Penggaris
- e. Pelat dasar dengan permukaan rata yang terbuat dari besi
- f. Bantalan penekan dari besi dan di bagian bawahnya terdapat lapisan yang terbuat dari *plywood*

3. Pelaksanaan

- a. Timbang benda uji dan catat hasilnya.
- b. Memberi tanda pada sisi atas atau bawah dari benda uji berupa garis diameter pada setiap akhir *specimen* sehingga garis diameter berada pada aksial yang sama.
- c. Memusatkan dan meletakkan pelat dasar tepat di tengah mesin uji kuat tekan sebagai tumpuan perletakan benda uji

- d. Meletakkan benda uji diatas pelat dasar dan pastikan garis yang telah ditandai terletak tepat di tengah pelat dasar. Untuk menahan benda uji agar tidak menggelinding, sementara diberi penahan berupa kerikil kecil pada sisi kiri dan kanan benda uji.
- e. Memasang bantalan penekan, pastikan garis diameter yang telah dibuat pada benda uji terletak segaris dengan bagian tengah dari bantalan penekan. Setelah itu naikkan *compression machine* secara perlahan hingga menyentuh bagian atas bantalan penekan.
- f. Setelah bantalan penekan dipastikan telah menekan benda uji, maka penahan pada sisi kanan dan kiri benda uji dilepaskan.
- g. Lakukan pembebanan secara terus – menerus dengan laju konstan sampai keruntuhan tarik terjadi.
- h. Mencatat beban maksimum yang terjadi saat benda uji mengalami keruntuhan.

3.7.3 Uji Kuat Tekan

1. Bahan
 - a. Benda uji berupa beton silinder yang telah berumur 28 hari
 - b. Bubuk belerang yang sudah dicairkan
2. Peralatan
 - a. *Compression Testing Machine* (Mesin Uji Kuat Tekan)
 - b. Satu set kompor pemanas
 - c. Satu set alat pelapis (*capping*)
 - d. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gr
3. Pelaksanaan
 - a. Timbang benda uji dan catat hasilnya
 - b. Panaskan bubuk belerang dengan suhu sekitar 200 – 800°C hingga mencair kemudian tuangkan ke alat pelapis (*capping*). Lalu letakkan bagian atas benda uji dan pastikan cairan belerang menyebar secara merata. Tunggu sampai belerang mengeras dan kering. Hal ini dilakukan agar saat dilakukan pengujian kuat tekan, permukaan benda uji dipastikan rata dan memberikan hasil yang baik.
 - c. Letakkan benda uji pada mesin tekan secara sentris
 - d. Jalankan mesin tekan dengan penambahan beban yang konstan

- e. Lakukan pembebanan sampai benda uji menjadi hancur dan catatlah beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji.

3.7.4 Uji Modulus Elastisitas

Pengujian Modulus Elastisitas dilakukan bersamaan dengan Uji Kuat Tekan. Sehingga untuk satu benda uji dapat dilakukan dua pengujian sekaligus, yaitu uji kuat tekan dan modulus elastisitas

1. Bahan
Benda uji berupa beton silinder yang telah berumur 28 hari yang sudah di *capping*
2. Peralatan
 - a. *Compression Testing Machine*
 - b. Alat *Extensometer*
 - c. Tripod dan kamera
3. Pelaksanaan
 - a. Timbang benda uji dan catat hasilnya
 - b. Mengatur alat *extensometer* pada benda uji. Pastikan baut dan mur pada *extensometer* dipasang dengan kencang agar tidak lepas saat pengujian.
 - c. Letakkan benda uji yang telah dipasang alat *extensometer* pada *compression testing machine*
 - d. Lepaskan pengekan pada alat *extensometer* kemudian atur *dial extensometer* ke angka nol
 - e. Siapkan kamera di depan *compression testing machine* untuk merekam perubahan yang terjadi pada *dial extensometer* selama pengujian
 - f. Nyalakan *compression testing machine* dan atur agar kenaikannya konstan
 - g. Rekamlah selama proses pengujian berlangsung hingga benda uji hancur
 - h. Setelah benda uji hancur, periksa hasil dokumentasi dan catat *displacement longitudinal* yang terbaca pada *dial extensometer* setiap penambahan beban 10 kN.

3.8 Variabel Penelitian

Apabila variabel B merupakan sebab dari variabel A, maka variabel B adalah variabel terikat dan variabel A adalah variabel bebas. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

a. Variabel bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah jumlah pilin serat kaleng yang dicampur ke dalam adukan beton.

b. Variabel terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas.

3.9 Metode Analisis Data

Pengambilan data dilakukan dengan dua cara yaitu data hasil studi literatur dan data hasil pengujian benda uji berupa beton silinder dengan campuran serat kaleng yang berumur 28 hari. Data hasil studi literatur yaitu data kuat tekan rencana yang dapat diterima beton silinder ($f^c = 17 \text{ MPa}$) yang dihitung secara teoritis yaitu dengan menggunakan perhitungan *mix design*.

Analisis data diperoleh dari hasil pengujian terhadap beton silinder berserat di laboratorium. Dari pengamatan selama pengujian, didapatkan nilai beban maksimum (P_{max}) yang mampu ditahan oleh benda uji pada *compression machine*. Nilai P_{max} tersebut selanjutnya digunakan memperhitungkan nilai kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas. Dari hasil analisis data yang diperoleh tersebut nantinya dapat diketahui serat mana yang memberikan hasil paling optimal.

3.9.1 Analisis Uji Tarik Belah

Pembebanan benda uji tarik belah beton dilakukan dengan cara meletakkan benda uji silinder mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji tekan kemudian diberi beban merata sesuai dengan tinggi silinder (SNI 03-2491-2002). Dari pengujian tersebut akan didapat nilai tekan maksimum. Dari nilai tekan maksimum tersebut dapat diketahui tegangan tarik belah yang terjadi pada masing-masing variasi benda uji dan diperoleh grafik perbandingan kekuatan tarik belah dari masing-masing variasi benda uji dengan rumus :

$$f_t = \frac{2P}{\pi LD} \dots\dots\dots(3-4)$$

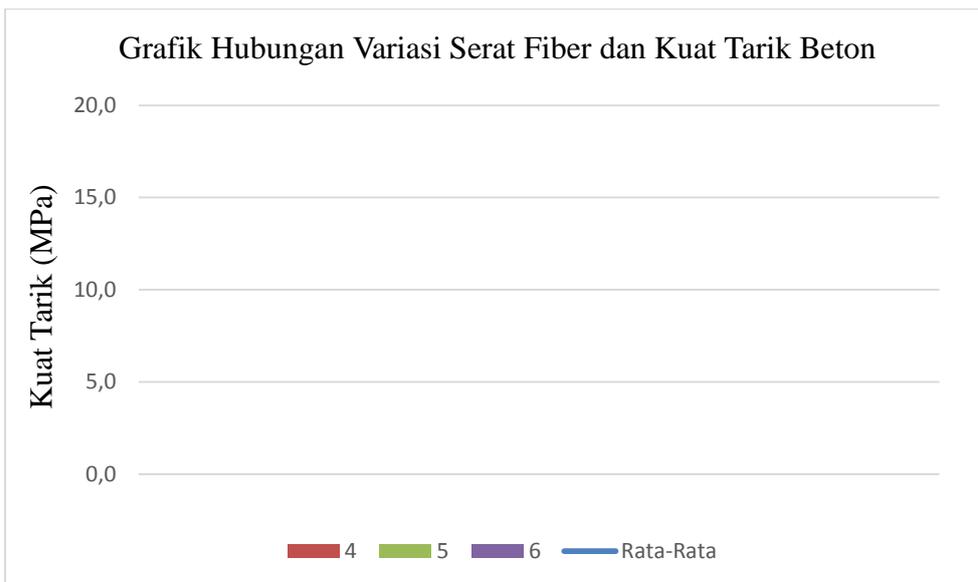
dengan:

f_t = Kuat tarik belah beton (N/mm²)

P = Beban maksimum (N)

L = Tinggi silinder beton (mm)

D = Diameter benda uji silinder (mm)



Gambar 3.3 Grafik rencana analisis kuat tarik belah dari masing-masing variasi benda uji

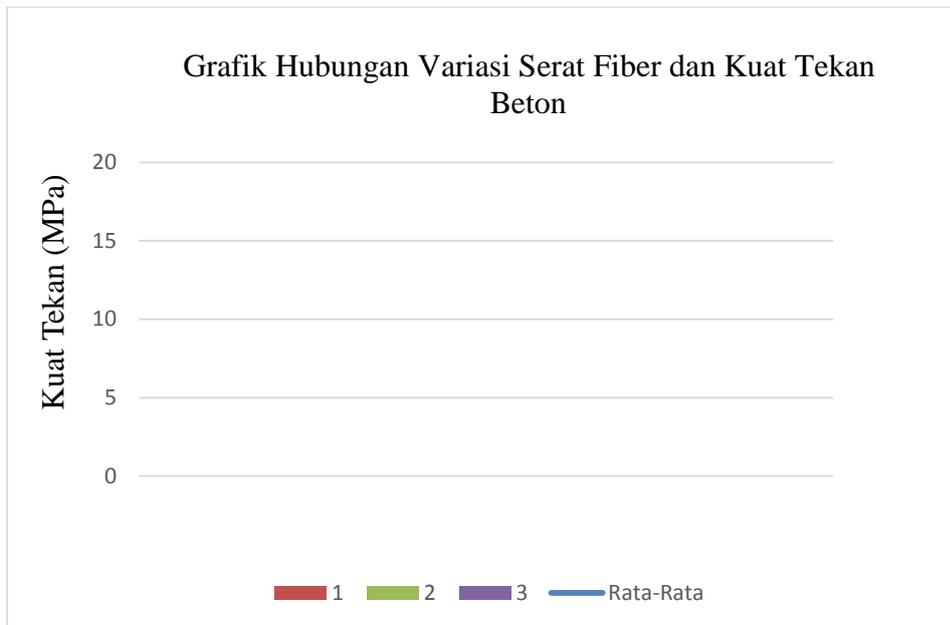
3.9.2 Analisis Uji Kuat Tekan

uji tekan dilakukan dengan compression test dengan mendapatkan nilai gaya tekan maksimum. Kemudian dari nilai gaya tekan tersebut dibagi dengan luas permukaan sehingga mendapatkan nilai tegangan yang terjadi dan dapat diperoleh grafik perbandingan antara kuat tekan dari masing-masing variasi benda uji. Berikut adalah rumus yang digunakan untuk memperoleh nilai kuat tekan dari beton :

$$f'c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(3-5)$$

dengan :

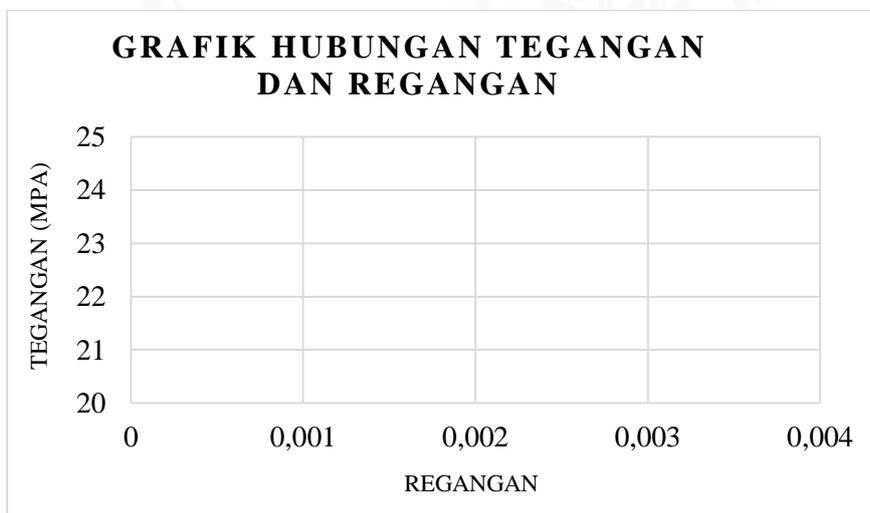
- $f'c$ = Tegangan tekan beton (N/mm²)
- P = Besar gaya yang mampu ditahan silinder (N)
- A = Luas penampang silinder (mm²)



Gambar 3.4 Grafik rencana analisis kuat tekan beton dari masing-masing variasi benda uji

3.9.3 Analisis Modulus Elastisitas

Analisis modulus elastisitas didapat bersamaan dengan uji kuat tekan dengan menambah ekstensometer untuk mencatat regangan yang terjadi. Sehingga dapat diperoleh grafik hubungan tegangan regangan.



Gambar 3.5 Grafik rencana hubungan tegangan dan regangan

Sumber : Rancangan Penelitian

Untuk memperoleh nilai modulus elastisitas ada dua cara yang dapat dilakukan, yaitu berdasarkan analisis kuat tekan beton (f'_c) dan eksperimental dengan menggunakan hasil

pengukuran tegangan (σ) dan regangan (ε) yang nantinya hasil dari kedua analisis tersebut akan dibandingkan. Untuk analisis berdasarkan kuat tekan beton ($f'c$) dapat digunakan rumus yang tertulis pada SK SNI T-15-1991, dan pembagiannya berdasarkan berat isi dari beton. Yang pertama apabila $1500 \leq W_c \leq 2500 \text{ kg/m}^3$ maka :

$$E_c = 0,043 \times W_c^{1,5} \times f'c^{0,5} \dots\dots\dots(3-6)$$

Sedangkan apabila $W_c = \pm 2300 \text{ kg/m}^3$ maka :

$$E_c = 4700 \times f'c^{0,5} \dots\dots\dots(3-7)$$

dimana :

E_c = Modulus Elastisitas (MPa)

W_c = Berat isi beton (kg/m^3)

$f'c$ = kuat tekan beton berumur 28 hari (MPa)

Untuk mencari modulus elastisitas berdasarkan hasil eksperimental yang menggunakan hasil pengukuran tegangan (σ) dan regangan (ε) dapat digunakan analisis dengan modulus elastisitas secan dan modulus elastisitas tangen awal dengan rumus :

Modulus elastisitas tangen awal :

$$E_c = \frac{\sigma_1}{\varepsilon_1} \dots\dots\dots(3-8)$$

dimana :

E_c = Modulus Elastisitas (MPa)

σ_1 = Tegangan awal

ε_1 = Regangan saat nilai tegangan awal diambil

Modulus elastisitas secan :

$$E_c = \frac{0,4 f'c}{\varepsilon} \dots\dots\dots(3-9)$$

dimana :

E_c = Modulus Elastisitas (MPa)

ε = Regangan aksial saat $0,4f'c$ (mm/mm)

$f'c$ = kuat tekan beton umur 28 hari (MPa)

3.10 Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Nilai kuat tekan beton dengan variasi kait B lebih besar daripada variasi kait A . dan dengan penambahan bentuk pilin pada serat fiber nilai kuat tekan beton akan lebih besar daripada serat polos.
2. Nilai kuat tarik belah beton dengan variasi kait B lebih besar daripada variasi kait A . dan dengan penambahan bentuk pilin pada serat fiber nilai kuat tarik belah beton akan lebih besar daripada serat polos.
3. Nilai modulus elastisitas beton dengan variasi kait B lebih besar daripada variasi kait A . dan dengan penambahan bentuk pilin pada serat fiber nilai modulus elastisitas beton akan lebih besar daripada serat polos.

