

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Umum

Metode penelitian pada dasarnya mengikuti langkah-langkah yaitu: identifikasi, penyeleksian, pendefinisian masalah, penyusunan hipotesis, penyeleksian subyek-subyek dan alat ukur, pemilihan rancangan yang akan digunakan, pelaksanaan prosedur, penganalisaan data, dan penyusunan kesimpulan. Suatu eksperimen disebut valid bila hasil yang diperoleh semata-mata disebabkan oleh pemanipulasian variabel bebas, dan memperoleh hasil yang sama bila dilakukan di luar situasi eksperimen. (Sevilla,dkk,1993)

4.2 Bahan Penelitian

4.2.1 Semen

Dalam penelitian ini semen yang digunakan adalah *portland cement* tipe I dengan merk Semen Gresik kemasan 50 Kg. Pengamatan dilakukan secara visual terhadap kemasan kantong tertutup rapat, bahan butirannya halus serta tidak terjadi penggumpalan.



4.2.2 Agregat

Pada penelitian ini agregat yang digunakan adalah agregat halus (pasir) yang berasal dari Kali Krasak, Tempel, Sleman, Yogyakarta.

Adapun proporsi agregat terdiri atas :

1. Agregat Halus adalah pasir dengan ukuran butir $\leq 2,40$ mm, dan
2. Agregat Kasar adalah pasir dengan ukuran butir $> 2,40$ dan $\leq 4,80$ mm.

4.2.3 Air

Air yang digunakan diambil dari laboratorium bahan konstruksi Teknik Jurusan Teknik sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Pemeriksaan hanya dilakukan secara visual dari penampakannya yaitu jernih, tidak berbau, serta dapat digunakan sebagai air minum.

4.2.4 Serat

Serat yang digunakan adalah serat kawat bendrat dengan diameter $\pm 1,00$ mm dan panjang $\pm 3, 4, 5, 6$ cm diupayakan berbentuk lurus.

4.3 Peralatan penelitian

4.3.1 Alat pemotong

Alat pemotong digunakan untuk membuat batangan kawat bendrat menjadi potongan-potongan sesuai dengan ukuran yang kita kehendaki.

4.3.2 Saringan/Ayakan Agregat Halus dan Agregat Kasar

Saringan ini dipakai untuk memperoleh diameter agregat yang diinginkan. Saringan/ayakan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari :

1. Saringan/ayakan diameter 4,80 mm, dan
2. Saringan/ayakan diameter 2,40 m.

4.3.3 Timbangan dan Ember

Timbangan digunakan untuk menimbang bahan-bahan yang akan digunakan, sedangkan ember digunakan sebagai tempat bahan-bahan yang akan ditimbang.

4.3.4 Mistar dan Kaliper

Mistar dan kaliper digunakan untuk mengukur dimensi benda uji yang akan diteliti dan untuk mengukur pada pengujian nilai *slump*.

4.3.5 Mesin Pengaduk

Mesin pengaduk (mixer) digunakan untuk mengaduk bahan campuran beton, sehingga dapat diperoleh campuran beton yang homogen.

4.3.6 Cetok dan Talam baja

Cetok digunakan untuk memasukkan adukan beton ke dalam cetakan, sedangkan talam baja digunakan untuk menampung sementara adukan beton yang dikeluarkan dari mesin pengaduk.

4.3.7 Kerucut Abrams dan Baja Penumbuk

Kerucut Abrams digunakan untuk mengukur tingkat kelecakan atau *slump* dari adukan beton. Kerucut abrams mempunyai dimensi bagian atas diameter 10 cm, diameter bawah 20 cm, dan tinggi 30 cm. Sedangkan baja Penumbuk digunakan untuk menumbuk adukan yang telah dimasukkan kedalam cetakan.

4.3.8 Mesin Uji Tekan dan Tarik Beton

Mesin dengan merek *Control* ini digunakan untuk menguji kuat tekan yang berupa benda uji selinder. Cara pengujian kuat tekan dilakukan dengan meletakkan selinder secara vertikal dan kemudian ditekan dari atas, luas bidang tekan adalah luas alas selinder tersebut. Adapun cara pengujian untuk kuat tarik adalah dengan merebahkan benda uji selinder sehingga bidang kontak ada pada sisi-sisi selimut selinder tersebut. Kapasitas maksimum mesin uji adalah sebesar 2000 kN.

4.3.9 Mesin Uji Lentur Beton

Mesin dengan merek *Shimidzu* ini merupakan rangkaian dari mesin uji tekan beton, namun alat ini secara khusus telah dilengkapi dengan beban titik (dalam penelitian ini digunakan dua buah beban titik) dan dua tumpuan. Benda uji balok beton diletakkan pada titik tumpu dengan jarak 30 cm kemudian dikenakan beban dari atas membagi tepat menjadi 3 bagian sepanjang bidang tumpu sehingga pada bidang antara dua titik beban merupakan daerah momen maksimum.

4.4 Pelaksanaan Penelitian

Secara garis besar pelaksanaan penelitian ini terdiri atas tahapan sebagai berikut :

4.4.1 Tahapan Persiapan bahan

Pada penelitian ini persiapan bahan dimulai dengan pemilihan agregat yang akan dipakai. Agregat yang dipakai adalah yang lolos saringan 4,80 mm. Pemilihan agregat dilakukan dengan cara memisahkan pasir yang lolos saringan 2,40 mm dan tertahan saringan 2,40 mm. Kemudian dilanjutkan pemeriksaan terhadap agregat yang meliputi:

1. Pemeriksaan Kadar Lumpur.

Sampel agregat yang akan di uji diambil seberat 500 gr, lalu dibersihkan dengan air, dengan menggunakan

saringan no.200 sampai air di wadah kelihatan bening. Kemudian sampel agregat dimasukkan ke dalam oven dan didiamkan selama 24 jam. Setelah itu ditimbang berat agregat yang telah dioven.

Dari hasil pemeriksaan diperoleh kandungan lumpur :

- untuk pasir halus (pasir) = 4,8 %
- untuk pasir kasar (kerikil) = 0,84 %

Berarti agregat yang akan digunakan sudah memenuhi syarat agregat untuk pekerjaan beton baik menurut PBI-1971. Untuk itu agregat yang dipakai dalam penelitian ini tidak perlu dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan.

2. Analisa Saringan dan Modulus Kehalusan.

Analisa saringan bertujuan untuk mengetahui distribusi butir (gradasi) halus dengan menggunakan saringan yang tersedia. Gradasi dan Modulus Kehalusan dipergunakan untuk menentukan komposisi material pembentuk beton.

Dari hasil analisa saringan diperoleh Modulus Kehalusan

Butir $M_f = 2,31$

3. Penentuan *Spesific Gravity* (berat jenis)

Berat jenis digunakan untuk menentukan volume yang diisi oleh agregat. Berat jenis dari agregat pada akhirnya akan menentukan berat jenis dari beton sehingga secara langsung menentukan banyaknya campuran agregat dalam

campuran beton. Berat jenis agregat mempunyai hubungan dengan daya serap air dalam agregat, bila semakin tinggi nilai berat jenis agregat maka semakin kecil daya serap air dalam agregat tersebut.

Dari hasil pemeriksaan diperoleh berat jenis jenuh kering muka pasir atau SSD untuk pasir halus adalah $2,35 \text{ gr/cm}^3$ dan $2,4 \text{ gr/cm}^3$ untuk pasir kasar.

Tahapan selanjutnya dalam penelitian ini adalah pemotongan kawat bendrat dengan ukuran diameter $\pm 1,0 \text{ mm}$ sepanjang $\pm 3, 4, 5, 6 \text{ cm}$ berbentuk lurus, sebanyak 1,5% dari berat beton.

4.4.2 Pembuatan dan Perawatan Benda Uji

Adapun langkah-langkah pembuatan beton atau proses pengadukan beton (*mix design*) dan perawatan beton dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Masukkan agregat kasar dan agregat halus, dalam penelitian ini agregat kasar adalah pasir kasar dengan ukuran agregat $> 2,40 \text{ mm}$ dan $< 4,80 \text{ mm}$, Sedangkan agregat halus yang digunakan adalah pasir halus dengan ukuran agregat $\leq 2,40 \text{ mm}$, kemudian molen di jalankan,
2. Masukkan semen, kemudian molen di jalankan

3. Setelah agregat dan semen telah terlihat bercampur (*homogen*), Setelah semen, agregat, dan serat benar-benar bercampur (*homogen*), masukan air dan molen di jalankan, kemudian masukkan serat kawat bendrat dengan tangan secara perlahan-lahan dan hati-hati agar tidak terjadi penggumpalan atau (*balling effect*), kemudian molen di jalankan,
4. Setelah semua bahan penyusun beton telah terlihat bercampur (*homogen*), adukan di uji nilai *slump*. Dalam penelitian ini nilai slump yang di ambil sebesar 10 cm, namun pada hasil pengujian nilai *slump* yang di peroleh sebesar 4 cm.
Jadi pada penelitian ini, berat air yang dibutuhkan dalam 1m^3 yang semula seberat 250 kg.
5. Kemudian adukan beton siap dimasukan ke dalam cetakan silinder dan balok dengan cara di tusuk-tusuk dan silinder/balok dipukul dengan palu karet, agar beton benar-benar padat dan tidak terjadi keropos pada beton,
6. Setelah 24 jam dalam cetakan, silinder dan balok beton dikeluarkan dari dalam cetakan untuk kemudian direndam selama 28 hari. Setelah direndam selama 28 hari, beton dikeluarkan dari tempat perendaman dan dibiarkan di tempat terbuka selama 24 jam sebelum diuji.

Pembuatan benda uji terdiri atas 5 variasi, dengan menggunakan panjang serat kawat bendrat yaitu 3; 4; 5; dan 6 cm dan tanpa menambahkan serat kawat bendrat, dengan komposisi penambahan serat kawat bendrat sebesar 1,5 % dari berat beton. Tiap variasi digunakan 11 buah benda uji yang terdiri atas:

1. 5 buah benda uji tekan dengan selinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm,
2. 3 buah benda uji tarik dengan selinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, dan
3. 3 buah benda uji lentur dengan balok 10 x 10 x 40 (cm)

4.4.3 Pelaksanaan Pengujian

Pada tahap pengujian ini benda uji sebelum dilakukan pengujian ditimbang dan diukur dimensinya, kemudian semua data yang menyangkut benda uji dicatat dalam formulir yang telah disediakan. Pengujian dilakukan dalam tiga tahapan yaitu:

1. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian dilakukan dengan menggunakan benda uji selinder beton. Benda uji ditekan dengan menggunakan mesin uji tekan (*compressed testing machine*) dengan kecepatan 265 kN/menit untuk benda uji selinder.

2. Pengujian Kuat Tarik

Untuk pengujian kuat tarik dilakukan dengan menggunakan uji belah selinder (*tensile splitting cylinder test*). Benda uji selinder diletakkan pada alat uji dalam posisi rebah. Beban vertikal diberikan sepanjang selimut selinder berangsur-angsur dinaikkan pembebanannya dengan kecepatan 265 kN/menit hingga dicapai nilai maksimum dan selinder terbelah oleh karena beban tarik horizontal.

3. Pengujian Kuat Lentur

Benda uji yang dipakai adalah sebuah balok yang memiliki dimensi 10x10x40 (cm). Balok diletakkan diatas dua tumpuan dimana jarak antar tumpuan sepanjang 30 cm. Diantara dua tumpuan tersebut dikenakan dua beban setempat sehingga seolah-olah balok terbagi menjadi 3 bagian yang sama panjang. Beban dinaikkan dengan kecepatan 2000 N/menit. Beban maksimum yang terjadi digunakan sebagai dasar perhitungan kuat lenturnya.

4.4.4 Perencanaan Campuran Beton

Perencanaan campuran adukan beton dalam penelitian ini menggunakan metoda *Dreux*.

Urutan perhitungan campuran beton adalah sebagai berikut :

1. Menghitung perbandingan berat semen dengan air.

2. Pengujian Kuat Tarik

Untuk pengujian kuat tarik dilakukan dengan menggunakan uji belah selinder (*tensile splitting cylinder test*). Benda uji selinder diletakkan pada alat uji dalam posisi rebah. Beban vertikal diberikan sepanjang selimut selinder berangsur-angsur dinaikan pembebanannya dengan kecepatan 265 kN/menit hingga dicapai nilai maksimum dan selinder terbelah oleh karena beban tarik horizontal.

3. Pengujian Kuat Lentur

Benda uji yang dipakai adalah sebuah balok yang memiliki dimensi 10x10x40 (cm). Balok diletakkan diatas dua tumpuan dimana jarak antar tumpuan sepanjang 30 cm. Diantara dua tumpuan tersebut dikenakan dua beban setempat sehingga seolah-olah balok terbagi menjadi 3 bagian yang sama panjang. Beban dinaikkan dengan kecepatan 2000 N/menit. Beban maksimum yang terjadi digunakan sebagai dasar perhitungan kuat lenturnya.

4.4.4 Perencanaan Campuran Beton

Perencanaan campuran adukan beton dalam penelitian ini menggunakan metoda *Dreux*.

Urutan perhitungan campuran beton adalah sebagai berikut :

1. Menghitung perbandingan berat semen dengan air.

Berdasarkan kuat tekan rata-rata pada umur 28 hari .

$$\sigma_{28} = G \cdot \sigma_c [C/E - 0,5]$$

dimana :

σ_{28} = kuat tekan rata-rata pada umur 28 hari, didasarkan
benda uji silinder 15 cm x 30 cm

σ_c = kekuatan tekan semen

G = faktor granular

C = berat semen per- m^3

E = berat air per- m^3

Dalam penelitian ini, perencanaan campuran mikro beton
didasarkan pada :

- $\sigma_{28} = 250 \text{ kg/cm}^2$ (silinder)

- $\sigma_c = 500 \text{ kg/cm}^2$

Faktor granular diklasifikasikan menurut kualitas butiran dan
diameter maksimum butiran, seperti ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Pada penelitian ini diambil nilai faktor granular (G) = 0,45 yaitu
dengan memperhatikan kualitas butiran normal dan ukuran
agregat maksimum ($D < 16 \text{ mm}$).

Tabel 4.1 Faktor Granular Butiran

Kualitas butiran	Ukuran Agregat D (mm)		
	Halus	Sedang	Kasar
	D < 16	25 < D < 40	D > 63
Baik sekali	0,55	0,60	0,65
Normal	0,45	0,50	0,55
Dapat dipakai	0,35	0,40	0,45

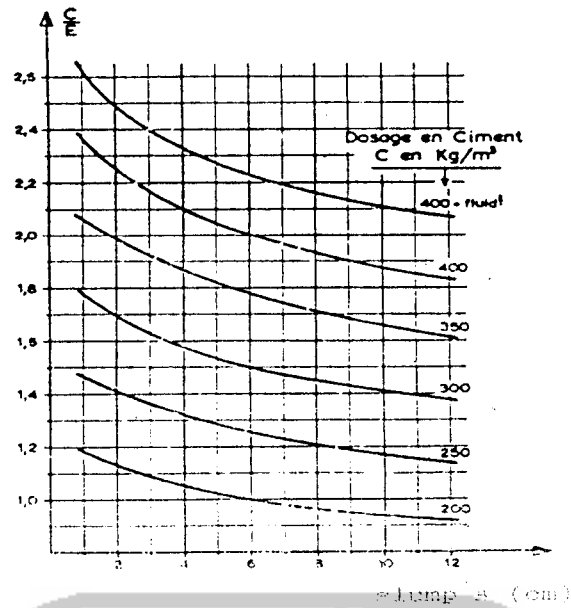
Sehingga diperoleh hubungan antara semen dan air dengan menggunakan rumus :

$$\sigma_{28} = G \cdot \sigma_c [C/E - 0,5]$$

$$250 = 0,45 \cdot 500 [C/E - 0,5]$$

$$C/E = 1,61$$

Menentukan berat semen dari grafik Nilai *Slump* dan C/E. Pada penelitian ini dipakai nilai slump = 10 cm



Gambar 4.1 : Kurva hubungan antara perbandingan jumlah semen dengan air (C/E) dan nilai Slump (A)

Dari gambar 1, didapat jumlah semen per- m^3 beton pasir :

$$C = 350 \text{ kg}$$

Menghitung berat air

$$\text{Berat air (E)} = \text{Berat semen} / (C/E)$$

Sehingga kebutuhan air per- m^3 beton pasir :

$$E = 350/1,61 = 217,39 \text{ liter}$$

Berat air tersebut harus dikoreksi, besar koreksi harus disesuaikan dengan diameter maksimum agregat yang digunakan. Hubungan koreksi air dan diameter yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Koreksi Kadar Air

D (mm)	5	10	16	25	40	63	100
Koreksi (%)	+15	+9	+4	0	-4	-8	-12

karena ukuran maksimum agregat yang digunakan $4,80 \text{ mm} \approx 5 \text{ mm}$,
maka jumlah air dikoreksi dengan ditambah 15%, sehingga menjadi :

$$\begin{aligned} E \text{ (terkoreksi)} &= 217,39 + (15\% \cdot 211,18) \\ &= 249,99 \text{ liter} \approx 250 \text{ liter} \end{aligned}$$

Setelah jumlah air dikoreksi sesuai dengan maksimum agregat yang
dipakai, secara otomatis jumlah semen yang dibutuhkan dalam
campuran beton berubah menjadi :

$$\begin{aligned} C \text{ (terkoreksi)} &= E \text{ (terkoreksi)} \cdot 1,61 \\ &= 250 \cdot 1,61 \\ &= 402,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

atau, $C \text{ (terkoreksi)} = 350 + (15\% \cdot 340)$
 $C \text{ (terkoreksi)} = 402,5 \text{ kg}$

- Menentukan perbandingan antara butiran halus (pasir) dan butiran kasar (kerikil atau batu pecah).

Secara umum bentuk kurva distribusi butiran agregat (kurva gradasi) berupa garis cembung, sedang campuran agregat untuk beton, yang merupakan gabungan antara agregat kasar dan agregat halus haruslah berupa garis cekung. Karena itu terlebih dahulu harus dicari kurva patokan (" reference curve"), yang sedapat mungkin harus didekati oleh granulometri gabungan antara kedua agregat. Kurva patokan berupa kurva bilinear dengan titik patah A (x , y)

Agregat halus (pasir) yang digunakan untuk campuran beton pasir dalam penelitian ini, dikelompokkan dua fraksi, yaitu :

- pasir halus : ukuran butir 0 – 2,40 mm
- pasir kasar : ukuran butir 2,40 – 4,80 mm

Sedang komposisi pasir halus dan pasir kasar ditentukan berdasarkan koordinat titik patah A (x ; y) dari kurva patokan.

Absis dan koordinat titik patah menurut Dreux ditentukan seperti berikut.

- Absis x berdasarkan ukuran maksimum butiran (D mm)
 - jika $D \leq 25$ mm, maka $x = D / 2$ (4.2)
 - jika $D > 25$ mm, maka $x = (D - 5) / 2$ (4.3)
- Ordinat y dipengaruhi oleh ukuran maksimum agregat (D), jumlah semen per- m^3 beton, jenis agregat dan cara pemadatannya (K), dan Modulus kehalusan butir agregat halus (Ks), seperti ketentuan dibawah ini :

$$y = 50 - \sqrt{D + K + Ks}$$

Harga-harga K, Ks, Kp dapat dilihat pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 Harga-harga K, Ks, Kp

Pemadatan		Lemah		Normal		Kuat	
Jenis agregat		alam	Pecah	alam	pecah	alam	pecah
Dosis Semen kg/m ³ beton	400+fluid	-2	0	-4	-2	-6	-4
	400	0	+2	-2	0	-4	-2
	350	+2	+4	0	+2	-2	0
	300	+4	+6	+2	+4	0	+2
	250	+6	+8	+4	+6	+2	+4
	200	+8	+10	+6	+8	+4	+6
Koreksi Ks : jika $M_f \neq 2,50 \rightarrow K_s = 6 M_f - 15$							
Koreksi Kp : untuk beton yang dipompa $\rightarrow K_p = +5 @ +10$							

$$y = 50 - \sqrt{D + K + K_s}$$

Maka : - Absis : $x = 4,80 / 2 = 2,4$

- ordinat : $y = 50 - \sqrt{D + K + K_s} ; K = 0$

$$M_f = 2,31$$

$$K_s = 6(2,31) - 15 = -1,14$$

$$y = 50 - \sqrt{4,80 - 2 - 1,14}$$

$$= 44,66 \approx 45$$

- koordinat titik patah : A (2,4 ; 45)

diperoleh komposisi :

- pasir halus (0 – 2,4 mm) : 45%

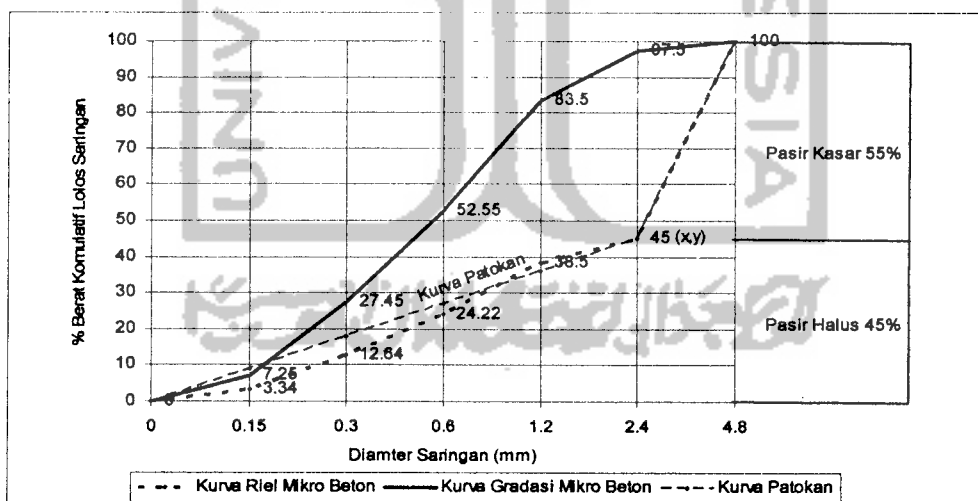
- pasir kasar (2,4 – 4,80 mm) : 55%

Dengan menggunakan hasil analisa saringan (kurva gradasi) seperti pada

Tabel 4.4, dapat digambarkan kurva riel

Tabel 4.4 Distribusi Butiran Agregat untuk Beton Pasir

Pasir	Lubang Saringan (mm)	Tertahan			% Lolos Pasir halus	% Lolos Pasir Gab.	% Kumulatif Lolos Pasir Gab
		Berat (gram)	% pasir	%pasir halus			
Halus 45%	Wadah	145	7,43	7,43			
	0,15	404	20,71	20,71	7,43	3,34	3,34
	0,30	502	25,74	25,74	20,71	9,3	12,64
	0,60	619	31,74	31,74	25,74	11,58	24,22
	1,20	280	14,35	14,35	31,74	14,28	38,5
	2,40				14,35	6,5	45
	Jumlah Pasir halus	1950		100,00			
Kasar 55%	2.4	50	2.5	2.5			
	4,80					55,00	100,00
Jumlah		2000	100,00			100,00	



Gambar 4.2 Kurva Riel, Kurva Gradasi, Kurva Patokan Beton Pasir

Tabel 4.5 Klasifikasi Plastisitas Beton

Plastisitas Beton	Slump	Pemadatan
Sangat Kental	0 – 20	Penggetaran sangat kuat
Kental	30 – 50	Penggetaran yang baik
Plastis	60 – 90	Penggetaran normal
Lembek	100 – 120	Tusukan
Encer	≥ 140	Tusukan lemah

Tabel 4.6 Koefisien Kekompakan Beton (γ)

Kekentalan beton	Cara pemadatan	Koefisien Kekompakan (γ)						
		D=5	D=10	D=16	D=25	D=40	D=63	D=100
Lembek	Tusukan	0,750	0,780	0,795	0,805	0,810	0,815	0,820
	P. lemah	0,755	0,785	0,800	0,810	0,815	0,820	0,825
	P. normal	0,760	0,790	0,805	0,815	0,820	0,825	0,830
Plastis	Tusukan	0,760	0,790	0,805	0,815	0,820	0,825	0,830
	P. lemah	0,765	0,795	0,810	0,820	0,825	0,830	0,835
	P. normal	0,770	0,800	0,815	0,825	0,830	0,835	0,840
	P. kuat	0,775	0,805	0,820	0,830	0,835	0,840	0,845
Kental	P. lemah	0,775	0,805	0,820	0,830	0,835	0,840	0,845
	P. normal	0,780	0,810	0,825	0,835	0,840	0,845	0,850
	P. kuat	0,785	0,815	0,830	0,840	0,845	0,850	0,855

- Harga-harga γ diatas berlaku untuk butiran alam, jika tidak harga γ dikoreksi:
 - 0,01 untuk pasir alam + batu pecah
 - 0,03 untuk butiran dari batu pecah
- Untuk butiran ringan, harga γ dikurangi dengan 0,03
- Untuk $C \neq 350 \text{ kg/m}^3$, harga γ dikoreksi dengan :
 $(C - 350) / 5000$

Dari uraian diatas, telah diketahui jumlah semen dan air untuk setiap m^3 beton pasir, sedang untuk agregat baru diperoleh persentase untuk setiap fraksi. Jumlah agregat ditentukan berdasarkan koefisien kekompakan (γ), yaitu

Jumlah agregat ditentukan berdasarkan koefisien kekompakan (γ), yaitu koefisien yang menyatakan volume absolut beton yang terisi material padat (semen dan agregat), pada Tabel 4.5

Koefisien kekompakan tergantung plastisitas beton, pada Tabel 4.6, cara pemadatan dan ukuran maksimum agregat,

Pada penelitian ini dipilih:

Beton Plastis
 Pemadatan normal
 $D = 4,80 \text{ mm} \approx 5 \text{ mm}$

Koefisien kekompakan $\gamma = 0,770$

$$\begin{aligned} \text{Volume Absolut} &= 1000 \cdot \gamma \\ &= 1000 \cdot 0,770 \\ &= 770 \text{ liter/m}^3 \text{ beton} \end{aligned}$$

$$\text{Volume Absolut Semen} = \frac{402,5}{3,1} = 129,83 \text{ liter}$$

$$\text{Volume Absolut Pasir} = 770 - 129,83 = 640,17 = 650,17 \text{ liter}$$

$$\text{Volume Absolut Pasir Halus} = 45\% \cdot 640,17 = 288,07 \approx 288 \text{ liter}$$

$$\text{Volume Absolut Pasir Kasar} = 55\% \cdot 640,17 = 352,09 \approx 352 \text{ liter}$$

Sehingga diperoleh komposisi campuran untuk 1 m³ beton pasir :

Berat Semen = 402,5 kg

Berat Air = 250 kg

Berat Pasir Halus = 288 . 2,4 = 691,2. kg

Berat Pasir Kasar = 352 . 2,4 = 844,8 kg

Berat beton = 2188,5 = 2189 kg

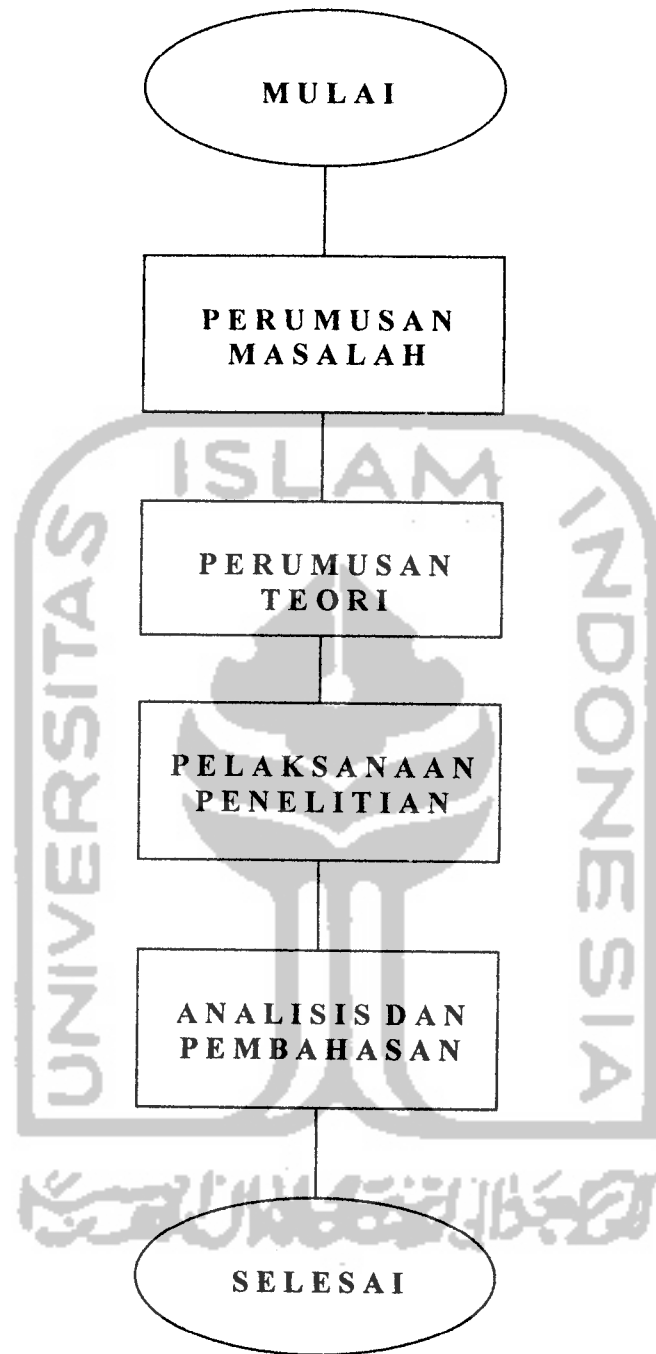
Kebutuhan Serat

Kebutuhan komposisi serat dari berat beton tiap 1 m³ dapat dilihat pada

Tabel 4.7,

Tabel 4.7 Komposisi serat dari berat beton tiap 1 m³

NO	Persentase serat (%)	Berat serat (kg)
1	1,5	32,83



Gambar 4.3 FLOW CHART PENELITIAN