

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. (*Sevilla, dkk., 1993*)

Sevilla, dkk. (1993) menyebutkan bahwa 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.

Validitas internal mengarah pada suatu kondisi bahwa perbedaan yang diamati pada variabel terikat adalah semata-mata hasil langsung dari pemanipulasian variabel bebas, bukan dari variabel-variabel lain. Adapun validitas eksternal menunjukkan pada suatu keadaan dimana hasilnya dapat digeneralisasikan, atau diterapkan pada kelompok atau lingkungan lain di luar daerah eksperimen. (*Gay, 1976*)

4.2 Bahan Penelitian

4.2.1 Semen

Semen sebagai bahan pengikat adukan beton dipilih *portland cement* tipe I dengan merek Semen Gresik (produksi pabrik semen di Gresik, Jawa Timur). Pengamatan dilakukan secara visual terhadap kemasan kantong 50 kg, tertutup rapat, bahan butirannya halus serta tidak terjadi penggumpalan.

4.2.2 Bahan Batuan

a) Pasir

Untuk penelitian ini pasir diambil dari Sungai Boyong, Kaliurang, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Pengambilan langsung dari dasar sungai dan pengamatan yang nampak adalah butirannya kasar dan tidak teratur. Dalam penelitian ini pasir disyaratkan lolos saringan 5 mm. Sehari sebelum dilaksanakan penelitian pasir disiram dengan air dan kemudian ditutup menggunakan karung basah supaya pada saat pasir digunakan dalam keadaan jenuh kering permukaan (*saturated surface dry*).

b) Kerikil

Digunakan jenis kerikil *crushed* (batu pecah/*split*) dari Celereng, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta; memiliki ciri-ciri sudut-sudutnya yang tajam dan permukaannya relatif kasar. Pada proses persiapan kerikil diayak untuk memperoleh ukuran yang diinginkan.

Dalam penelitian ini dipakai diameter 5 – 10 mm sebanyak 30% sedang 70% dipakai kerikil dengan diameter 10 – 20 mm.

Sehari sebelum pengadukan beton dilakukan kerikil dicuci dan ditampung disuatu tempat serta ditutupi dengan karung basah. Hal tersebut dimaksudkan supaya pada saat akan pengadukan, kerikil berada dalam keadaan jenuh kering permukaan (*saturated surface dry*).

4.2.3 Air

Air yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari sumur laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Daerah Istimewa Yogyakarta. Pemeriksaan hanya dilakukan secara visual dari penampakannya yaitu jernih, tidak berbau, serta dapat dimanfaatkan sebagai air minum.

4.2.4 Fiber

Pada pengujian bahan tambah *fiber* diperoleh dari kawat bendrat yang dipotong-potong sepanjang 9 cm. Pemotongan dilakukan secara *manual* (tenaga manusia) dan diusahakan tidak terjadi pembengkokan (*kait*) pada kedua ujung potongan.

Untuk mengetahui berat jenis *fiber* maka digunakan uji laboratorium dengan menggunakan air raksa. Dari hasil pengujian didapatkan berat jenis *fiber* sebesar 4.71993 gr/cm³ dengan diameter 0.98 mm. Dengan demikian aspek rasio *fiber* yang digunakan adalah 91.837.

4.2.5 *Superplasticizer*

Dalam penelitian ini *admixture* yang digunakan adalah *superplasticizer* dengan merek Sikament[®]-NN produksi PT. Sika Nusa Pratama, Jakarta. Pengamatan dilakukan secara visual terhadap tanggal pembuatan tidak lebih dari 1 tahun dan cairan berwarna coklat tua.

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 Kasar

Saringan ini dipakai untuk memperoleh diameter pasir dan kerikil yang diinginkan. Terdiri atas tiga susunan ayakan sehingga didapatkan empat jenis diameter agregat. Dari beberapa diameter agregat tersebut hanya digunakan yang mempunyai ukuran sesuai dengan yang diperlukan.

Adapun ayakan yang dibutuhkan adalah:

- a) Ayakan diameter 5 mm
- b) Ayakan diameter 10 mm
- c) Ayakan diameter 20 mm

4.3.3 Saringan/Ayakan Uji Modulus Halus Butiran

Ayakan ini digunakan untuk menganalisis gradasi butir halus. Ayakan ini terdiri dari serangkaian susunan saringan uji dengan ukuran lubang masing-masing 37.5 mm, 20 mm, 9.6 mm, 4.75 mm, 2.36 mm, 1.18 mm, 0.6 mm, 0.3 mm, dan 0.15 mm.

4.3.4 Mesin *Siever*

Mesin ini digunakan untuk mengayak bahan batuan yang sudah dimasukkan dalam suatu susunan saringan uji. Susunan saringan ini diletakkan di atas mesin *siever* kemudian diklem. Mesin ini akan mengayak secara mekanik dengan lama pengayakan yang dapat diatur.

4.3.5 Timbangan

Timbangan digunakan untuk mengukur berat bahan penyusun beton (semen, pasir, kerikil, dan air), *fiber* serta bahan uji yang berupa silinder dan balok. Dalam penelitian ini digunakan:

- a) Timbangan merk *O'House*, kapasitas 5 kg dengan ketelitian 0.1 gram.
- b) Timbangan merk *Fagani*, kapasitas 150 kg dengan ketelitian 0.1 kg.

4.3.6 Mesin Aduk Beton (*Rotaring Drum Mixer*)

Mesin ini digunakan untuk mengaduk bahan susun beton seperti semen, pasir, kerikil, air, dan bahan tambah *fiber* serta *superplasticizer*. Kecepatan putaran yang dapat diatur dan tertentu sehingga memudahkan bahan susun beton diaduk menjadi campuran yang homogen.

4.3.7 Mesin Uji Tekan dan Tarik Beton

Mesin merk *Control* ini digunakan untuk menguji kuat tekan beton yang berupa benda uji silinder. Cara pengujian kuat tekan dilakukan dengan meletakkan silinder secara vertikal dan kemudian ditekan dari atas, luas bidang tekan adalah luas alas silinder tersebut. Adapun cara pengujian untuk kuat tarik adalah dengan merebahkan benda uji silinder sehingga

bidang kontak ada pada sisi-sisi selimut silinder tersebut. Kapasitas maksimum mesin uji adalah sebesar 2000 kN.

4.3.8 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.

4.3.9 Cetakan Benda Uji

Ada dua macam cetakan yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu:

- a) Cetakan silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi cetakan 30 cm
- b) Cetakan balok dengan ukuran 10 x 10 x 50 (cm)

4.3.10 Kerucut *Abrams*

Untuk mengukur kelecakan adukan beton dalam percobaan *slump (slump test)* digunakan alat yang bernama "Kerucut *Abrams*". Kerucut ini memiliki lubang pada kedua ujungnya dengan bagian bawah berdiameter 20 cm dan bagian atas berdiameter sebesar 10 cm, dengan tinggi 30 cm. Alat ini juga dilengkapi dengan tongkat baja berdiameter 1.6 cm panjang 60 cm serta dibagian ujung tongkat dibulatkan.

4.3.11 Kerucut Konik

Kerucut konik digunakan untuk memeriksa keadaan jenuh kering muka (*saturated surface dry*) pada pasir. Seperti halnya kerucut Abrams, kerucut konik terbuka dikedua ujungnya dengan diameter atas 3.8 cm dan pada bagian bawah berdiameter 8.9 cm, dengan ketinggian kerucut sebesar 7.6 cm. Pasir yang akan diperiksa dimasukkan ke dalam kerucut sambil ditumbuk dengan menggunakan tongkat baja seberat 336 gram.

4.3.12 Mistar dan Kaliper

Mistar dipakai untuk mengukur penurunan beton segar pada pengujian *slump*, sedang kaliper digunakan untuk mengukur diameter *fiber* dan dimensi benda-benda uji.

4.3.13 Stopwatch

Pengukur waktu ini digunakan untuk mengukur lamanya pengadukan beton dan pengangkatan kerucut Abrams pada *slump test*.

4.3.14 Gelas Ukur

Gelas ukur dipakai untuk mengukur volume air yang akan digunakan dalam pembuatan adukan beton maupun pasta semen. Kapasitas gelas ukur yang digunakan adalah 50 cc, 100 cc, dan 250 cc.

4.3.15 Cetok dan Talam Baja

Talam baja digunakan untuk menampung adukan beton dari mesin pengaduk dan sebagai alas pada pengujian *slump*, sedang cetok digunakan untuk memasukkan adukan beton ke dalam cetakan serta untuk menghaluskan permukaan benda uji pada saat masih basah.

4.3.16 Batu Gosok

Digunakan untuk menghaluskan permukaan benda uji bila dipandang perlu. Terutama sekali pada pengujian kuat lentur beton, karena alat ujinya sangat peka terhadap kehalusan permukaan benda uji.

4.3.17 *Strainometer* dan *Dial Gauge*

Untuk mendapatkan data perpindahan pada pengujian kuat tekan beton digunakan alat *Strainometer*. Alat ini akan menunjukkan suatu angka pada setiap tingkat pembebanan. Tujuan pengujian ini untuk memperoleh hubungan tegangan dan regangan sehingga akan diperoleh nilai modulus elastisitas dari beton.

Untuk mengetahui besar lendutan yang terjadi pada balok (pada pengujian kuat lentur beton) dipakai alat *Dial Gauge*. Alat ini dipasang diantara dua titik pembebanan. Secara bertahap, pada tingkat pembebanan tertentu akan terlihat pula besar lendutan yang terjadi dengan tingkat ketelitian benda uji 0.01 mm

4.4 Pelaksanaan Penelitian

Secara garis besar pelaksanaan penelitian ini terdiri atas tahapan yaitu:

4.4.1 Tahapan Persiapan Bahan

Tahap persiapan bahan dimulai dengan pemotongan kawat bendrat sepanjang 9 cm dalam keadaan lurus tidak berkait. Selanjutnya *fiber* diperiksa berat jenis *fiber* untuk mengetahui berat *fiber* yang akan ditambahkan dalam adukan beton untuk tiap percobaannya.

Cara pemeriksaan berat jenis *fiber* dilakukan dengan memasukkan kawat bendrat yang telah dimodifikasi ke dalam mangkok yang berisi air raksa (Hg). Modifikasi kawat bendrat ini dilakukan agar tidak ada udara terperangkap bila dimasukkan ke dalam air raksa. Air raksa harus dalam keadaan rata dengan permukaan mangkok, hal ini dilakukan dengan cara menekankan kaca pada permukaan mangkok. Selanjutnya kawat bendrat ditekan masuk dengan menggunakan kaca sampai air raksa rata dengan permukaan mangkok. Air raksa yang dipindahkan ditimbang beratnya begitu juga dengan kawat bendrat yang dimasukkan ke dalam air raksa tadi. Volume sampel kawat bendrat sama dengan volume air raksa yang dipindahkan sehingga diperoleh hubungan:

$$V_{fb} = V_r = \frac{W_r}{\gamma_r} \dots\dots\dots (4.1)$$

$$\gamma_{fb} = \frac{W_{fb}}{V_{fb}} \dots\dots\dots (4.2)$$

dengan, V_{fb} : volume kawat bendrat (cm^3)

V_r : volume air raksa (cm^3)

W_{fb} : berat kawat bendrat (gr)

W_r : berat air raksa (gr)

γ_{fb} : berat jenis kawat bendrat (gr/cm^3)

γ_r : berat air raksa ($13.6 \text{ gr}/\text{cm}^3$)

Pengujian ini dilakukan untuk memperoleh berat jenis *fiber* rata-rata.

Agregat kasar (kerikil) sebagai bahan penyusun beton disaring dengan ayakan berdiameter 5 – 10 mm dan 10 – 20 mm. Dua kelompok ini kemudian dipisahkan pada tempat yang berbeda. Pencucian dilakukan untuk menghilangkan lumpur yang menempel disekitar kerikil. Agregat kasar yang digunakan diambil dari Celereng dengan diameter butir maksimal 20 mm, gradasi yang diambil adalah tertahan saringan 20 mm, 10 mm, dan 4.75 mm.

Tabel 4.1
Gradasi Butir Kerikil

Saringan	Berat Lolos disyaratkan %	Berat Tertinggal %	Berat Kumulatif %
40	100	100	0
20	95 - 100	100	0
10	25 - 55	45.5	45.5
4.75	0 - 10	52.5	98
2.36		2	100

Agregat halus digunakan pasir yang diambil secara langsung dari Sungai Boyong, Kaliurang dengan gradasi pasir menurut *British standard* termasuk pada daerah II. Untuk memeriksa gradasi agregat halus (pasir) dilakukan dengan mesin *siever* dengan mengacu pada persyaratan gradasi *British Standard*.

Tabel 4.2
Gradasi Butir Pasir

Saringan	Berat Lolos Disyaratkan %	Berat Tertinggal %	Berat Kumulatif %
10	100	0	0
4.75	90 - 100	4.8	4.8
2.36	75 - 100	7.5	12.3
1.18	55 - 90	18.5	30.8
0.6	35 - 59	21	51.8
0.3	12 - 30	28.4	80.2
0.15	0 - 10	17.4	97.6

4.4.2 Tahapan Perhitungan Rencana Campuran Beton (*Mix Design*)

Perencanaan adukan beton dilakukan berdasarkan pedoman yang ada dalam *Buku Ajar Teknologi Beton (Tjokrodimulyo, 1992)* dan berdasarkan kebutuhan pembuatan benda uji ditambah dengan kemungkinan tercecernya bahan adukan beton selama proses pembuatan benda uji. Berat *fiber* yang perlu ditambahkan pada setiap percobaan adalah $W_{fb} = V_f V_c \gamma_{fb}$. Dimana V_f adalah *fibers volume fraction*, yaitu persentase volume *fiber* yang perlu ditambahkan pada setiap satuan volume beton.

Dari hasil perhitungan dengan kuat tekan rencana (f'_c) sebesar 30 MPa dan tingkat pengerjaan sedang didapatkan komposisi campuran beton berupa PC : Pasir : Kerikil : Air = 1 : 1.14 : 1.45 : 0.41, adapun berat bahan susun adukan beton dengan variasi penambahan *fiber* kawat bendrat dan *superplasticizer* tiap m^3 dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4.3
Berat Bahan Susun Adukan Beton tiap m³

No.	Kode Benda Uji	Komposisi Berat tiap m ³						Berat Total kg
		PC	Pasir	Kerikil	Air	KB	SP	
		kg	kg	kg	kg	kg	kg	
1	BN	548.8	623.1	793.1	225	0	0	2190.0
2	BN + KB 1%	548.8	623.1	793.1	225	21.90	0	2211.9
3	BN + KB 2%	548.8	623.1	793.1	225	43.80	0	2233.8
4	BN + KB 3%	548.8	623.1	793.1	225	65.70	0	2255.7
5	BN + KB 1% + SP	548.8	623.1	793.1	225	21.90	5.49	2217.4
6	BN + KB 2% + SP	548.8	623.1	793.1	225	43.80	5.49	2239.3
7	BN + KB 3% + SP	548.8	623.1	793.1	225	65.70	5.49	2261.2

4.4.3 Tahapan Pembuatan Benda Uji

Apabila tahapan persiapan bahan dan *mix design* telah selesai dikerjakan kemudian dilakukan penimbangan terhadap bahan-bahan penyusun beton. Begitu pula dengan berat *fiber*, volume air, dan *superplasticizer* yang akan dipakai. Semua bahan adukan diletakkan di tempat yang terpisah agar tidak tercampur antara satu dengan yang lainnya.

Mesin pengaduk dibasahi dulu dengan air, selanjutnya secara berturut-turut dimasukkan kerikil, pasir, semen, dan air. Dimasukkan pula bahan *fiber* dan *superplasticizer* secara berangsur-angsur agar didapat campuran beton fiber yang merata. Apabila adukan diyakini sudah *homogen*, kemudian dilakukan pengujian *slump* dengan menggunakan kerucut *Abrams*. Batas nilai *slump* yang diizinkan dalam penelitian ini adalah 60 – 180 mm sebagai jaminan homogenitas adukan.

Beton segar yang sudah *homogen* dan sudah memenuhi persyaratan nilai *slump*nya dituangkan dari mesin pengaduk ke talam baja, kemudian dimasukkan ke dalam cetakan kubus, silinder, dan balok yang sebelumnya telah diolesi dengan minyak pelumas (oli) yang dimaksudkan agar mempermudah dalam melepas beton dari cetakannya sehari sesudahnya. Pada saat memasukkan ke dalam cetakan setiap sepertiga bagian dilakukan penumbukan dengan menggunakan tongkat sebanyak 25 kali tumbukan. Bagian tepi ditusuk-tusuk dengan menggunakan cetok agar diperoleh benda uji yang tidak keropos. Kemudian permukaan benda uji dihaluskan dengan menggunakan cetok setelah kurang lebih satu jam, dengan tujuan menghilangkan lapisan selaput bagian atas beton akibat peristiwa *bleeding*.

Penelitian yang dilakukan terdiri dari 4 variasi penambahan *fiber* kawat bendrat yaitu 0%, 1%, 2%, dan 3% terhadap berat adukan beton. Adapun variasi penambahan *superplasticizer* adalah sebesar 0% dan 1% terhadap berat semen. Tiap variasi digunakan 9 buah benda uji yang terdiri 6 buah benda uji silinder diameter 15 cm tinggi 30 cm, dan 3 buah benda uji balok 10 x 10 x 50 (cm). Jumlah keseluruhan benda uji sebanyak 63 buah, untuk lebih rinci dapat dilihat pada tabel di bawah ini:



Tabel 4.4
Variasi Benda uji

No.	Jenis Pengujian	Jenis Benda Uji	Variasi Penambahan		Jumlah Benda Uji		
			KB	SP	Per Variasi	Per Pengujian	Total
1	Kuat Tekan	Silinder	0%	0%	3	21	63
			1%	0%	3		
			2%	0%	3		
			3%	0%	3		
			1%	1%	3		
			2%	1%	3		
			3%	1%	3		
2	Kuat Tarik	Silinder	0%	0%	3	21	63
			1%	0%	3		
			2%	0%	3		
			3%	0%	3		
			1%	1%	3		
			2%	1%	3		
			3%	1%	3		
3	Kuat Lentur	Balok	0%	0%	3	21	63
			1%	0%	3		
			2%	0%	3		
			3%	0%	3		
			1%	1%	3		
			2%	1%	3		
			3%	1%	3		

Setelah 24 jam kemudian cetakan beton dilepas. Beton yang sudah jadi kemudian dibiarkan diudara terbuka selama 28 hari tanpa adanya perawatan terhadap betonnya.

4.4.4 Tahapan Pengujian

Pada tahap pengujian ini benda uji sebelum dilakukan pengujian ditimbang dan diukur dimensinya. Apabila diperlukan pada bagian-bagian tertentu dihaluskan dengan menggunakan *carborondum* (batu gosok) dan semua data menyangkut benda uji dicatat dalam formulir yang telah disediakan. Pengujian dilakukan dalam tiga tahapan yaitu:

1) Pengujian Kuat Tekan

Pada tahapan ini pengujian dilakukan dengan menggunakan benda uji silinder beton. Benda uji ditekan dengan menggunakan mesin uji tekan (*compressed testing machine*) dengan kecepatan 265 kN/menit untuk benda uji silinder. Beban yang memecahkan (F) dibagi dengan luas sisi yang terdesak (A) maka akan diperoleh nilai kuat tekan beton tersebut, sebagaimana disajikan dalam rumus di bawah ini:

$$\sigma_k = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (4.3)$$

dimana, σ_k : kuat tekan beton (kg/cm²)

F : beban maksimum (kg)

A : luas bidang tekan (cm²)

Hasil dari pengujian setiap percobaan dicatat dan dirata-rata sehingga didapat kuat tekan rata-ratanya.

2) Pengujian Kuat Tarik

Untuk pengujian kuat tarik dilakukan dengan menggunakan uji belah silinder (*tensile splitting cylinder test*). Benda uji silinder 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 silinder terbelah oleh karena beban tarik horizontal. Kuat tarik dihitung berdasarkan formula *Method for Determination of Tensile Splitting (British Standard Institution, 1983)* sebagaimana tersaji dalam rumus di bawah ini:

$$\sigma_r = \frac{2 F}{\pi l d} \dots\dots\dots (4.4)$$

- dimana, σ_r : kuat tarik beton (kg/cm^2)
 F : beban maksimum (kg)
 l : tinggi silinder (cm)
 d : diameter silinder (cm)

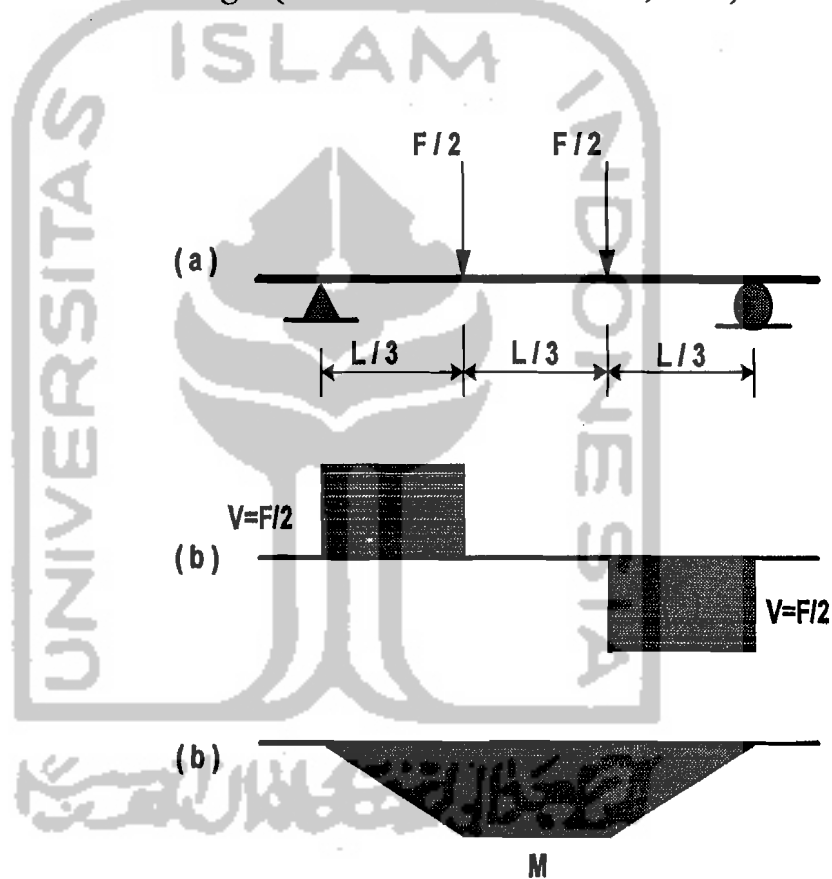
Benda uji silinder yang digunakan mempunyai dimensi tinggi 30 cm dan diameter 15 cm.

3) Pengujian Kuat Lentur

Benda uji yang dipakai adalah sebuah balok yang memiliki dimensi 10 x 10 x 50 (cm). Balok diletakkan di atas dua tumpuan dimana jarak antar tumpuan sepanjang 30 cm. Di antara dua tumpuan

tersebut dikenakan dua beban setempat sehingga seolah-olah balok terbagi menjadi 3 buah bagian yang sama panjang.

Beban dinaikkan dengan kecepatan 2000 N/menit. Beban maksimum yang terjadi digunakan sebagai dasar perhitungan kuat lenturnya. Untuk perhitungannya digunakan formula *Method of Flexture Strength* (British Standard Institution, 1983).



Gambar 4.1

Balok dengan daerah pusat berada dalam keadaan lentur murni

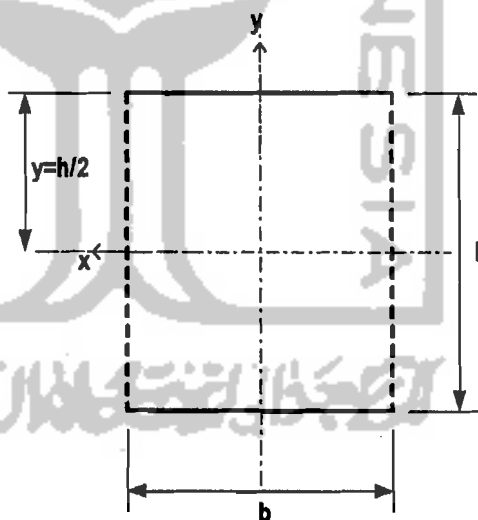
- (a) balok dengan dua buah gaya simetris ($F/2$)
- (b) diagram gaya lintang
- (c) diagram momen

Daerah di antara beban-beban $F/2$ tidak memiliki gaya lintang dan hanya dikenakan suatu momen lentur (M) konstan sebesar:

$$M = \frac{F}{2} \cdot \frac{L}{3} \dots\dots\dots (4.5)$$

karena itu daerah pusat dari balok ini berada dalam keadaan lentur murni. Daerah-daerah yang panjangnya $L/3$ berada dalam keadaan lentur tak merata karena momen M tidaklah konstan dan terdapat gaya-gaya lintang.

Tegangan lentur dalam balok berhubungan dengan momen lentur (M) dan momen inersia (I) dari tampang balok.



Gambar 4.2
Bentuk Penampang Balok

Nilai tegangan lentur dapat dinyatakan dalam rumus:

$$\sigma_u = \frac{M.y}{I} \dots\dots\dots (4.6)$$

$$\text{dimana, } I = \frac{1}{12} b h^3 \dots\dots\dots (4.7)$$

dengan mensubtitusikan persamaan (4.5) dan persamaan (4.7)
pada persamaan (4.6) maka akan didapatkan hasil sebagai berikut:

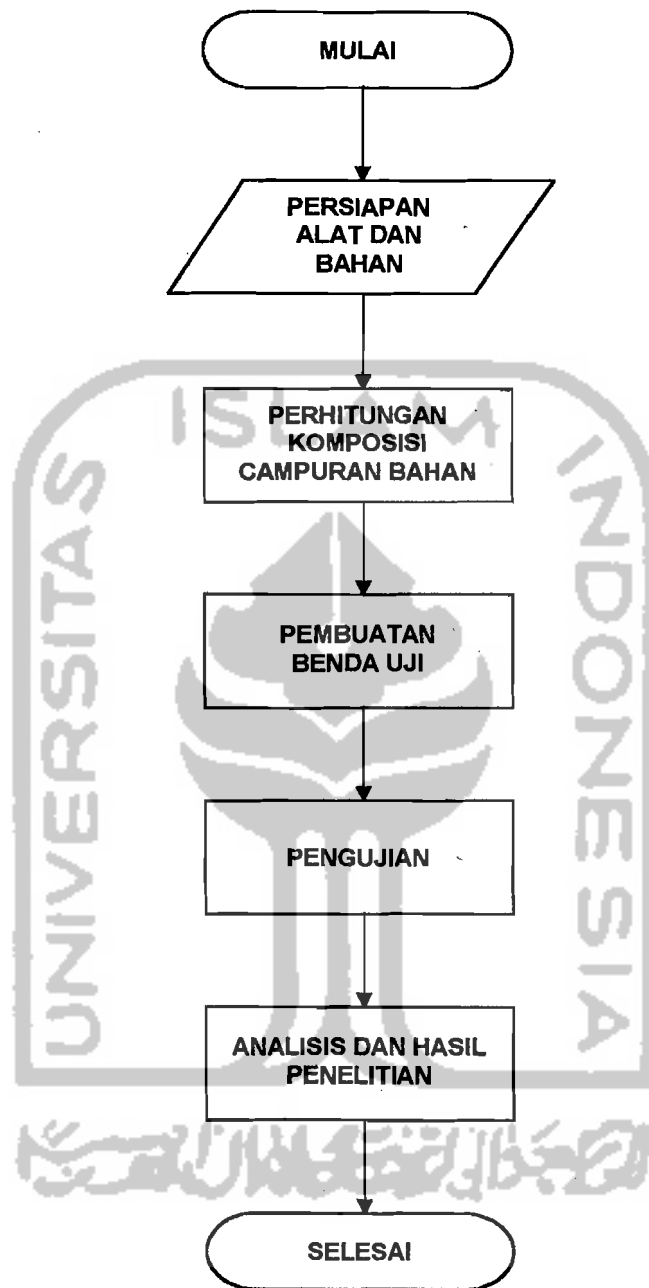
$$\sigma_u = \frac{\left(\frac{F L}{2}\right)\left(\frac{h}{2}\right)}{\frac{1}{12} b h^3} \dots\dots\dots (4.8)$$

$$\sigma_u = \frac{F L}{b h^2} \dots\dots\dots (4.9)$$

- dimana, σ_u : kuat lentur beton (kg/cm²)
 F : beban maksimum (kg)
 l : jarak antara tumpuan (cm)
 b : lebar balok (cm)
 h : tinggi balok (cm)

4.5 Flow Chart Metode Penelitian

Untuk mempermudah penjelasan diatas maka penelitian ini dapat disajikan dalam bentuk bagan alir (*flow chart*) sebagaimana ditunjukkan di bawah ini:



Gambar 4.3
Flow Chart Metode Penelitian

4.6 Keaslian Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menambahkan kawat bendrat sepanjang 9 cm merupakan jenis *steels fiber* ke dalam adukan beton dengan konsentrasi penambahan 0%, 1%, 2%, dan 3% dari berat adukan beton. Untuk mengurangi terjadinya *balling effect* akibat penambahan *fiber* kawat bendrat maka perlu ditambahkan zat *additive* berupa *superplasticizer* yang akan menyebabkan beton menjadi lebih mudah dikerjakan sehingga *fiber dispersion* akan semakin mudah dan lebih merata. Pada penelitian ini jumlah penambahan *superplasticizer* ditetapkan sebesar 0% dan 1% dari berat semen adukan beton.

