

## **BAB IV**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **4.1 Umum**

Metode penelitian adalah suatu rangkaian pelaksanaan penelitian dalam rangka mencari jawaban atas suatu permasalahan. Penelitian dapat berjalan dengan sistematis dan lancar serta mencapai tujuan yang diinginkan tidak terlepas dari metode penelitian yang disesuaikan dengan prosedur, alat dan jenis penelitian.

#### **4.2 Bahan Penelitian**

Untuk kelancaran penelitian diperlukan beberapa bahan yang digunakan untuk mencapai maksud dan tujuan penelitian. Adapun bahan dan alat yang digunakan adalah sebagai berikut :

##### **4.2.1. Semen Portland jenis I**

Semen yang digunakan sebagai bahan pengikat adukan beton adalah semen jenis I dengan merk Holcim kemasan 50 kg. Pengamatan secara visual terhadap kemasan tertutup rapat, bahan butiran halus serta tidak terjadi penggumpalan.

##### **4.2.2. Agregat**

###### **1. Agregat halus (pasir)**

Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini diambil dari kali Boyong Merapi, Kaliurang. Agregat halus yaitu pasir yang lolos pada saringan 5 mm. Sebelum dipakai sebagai benda uji, pasir diuji untuk mengetahui kelayakan dan data teknis meliputi kandungan lumpur, gradasi pasir dan berat jenis.

###### **2. Agregat kasar (kerikil)**

Agregat kasar yang digunakan berasal dari Clereng Kulonprogo, Jogjakarta. Kerikil memiliki diameter antara 5 mm sampai dengan 20 mm. Pemilihan

agregat berdasarkan kekuatan dan keuletan agregat yang tergantung dari bahan pembentuk betuannya.

#### 4.2.3. Air

Penelitian ini menggunakan air dari laboratorium bahan konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

#### 4.2.4. Baja Tulangan

Pada penelitian ini digunakan baja tulangan ulir (*deformed*) D10, D13, D16 yang dibeli dipasaran. Tulangan polos dengan diameter 12 mm sebagai perbandingan dalam penelitian ini.

#### 4.2.5. Zat Epoxy

Dalam penelitian ini menggunakan zat *Epoxy* dengan jenis Sikadur<sup>®</sup> 31 CF yang diperoleh dari PT. Sika Indonesia. Kuat lekat (*bond strength*) epoxy ini mencapai 15 N/mm<sup>2</sup> pengeringan selama 3 hari dalam suhu kamar.

### 4.3 Peralatan Penelitian

Beberapa alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi alat untuk mempersiapkan material dan benda uji untuk pengujian. Peralatan yang dipakai tersebut berada di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP UII.

#### 4.3.1. Saringan/ayakan

Dalam penelitian ini menggunakan dua saringan, yaitu saringan yang digunakan untuk memperoleh kerikil (agregat kasar) dengan diameter ukuran maksimum 20 mm, dan saringan yang digunakan untuk memperoleh pasir (agregat halus) dengan diameter maksimum 5 mm.

#### 4.3.2. Timbangan

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

1. Timbangan merek Fagani, kapasitas 150 kg.
2. Timbangan merek Ohaus, kapasitas 5 kg dan 20 kg.

#### 4.3.3. Mesin siever

Mesin yang digunakan untuk menggetarkan susunan ayakan yang dipasang berurutan sesuai ukuran diameter untuk mendapatkan variasi butiran modulus halus pasir.

#### 4.3.4. Gelas ukur

Gelas ukur digunakan untuk mengukur volume air yang dibutuhkan untuk membuat adukan beton. Kapasitas gelas ukur yang digunakan adalah 1000 cc, 250 cc, 50 cc.

#### 4.3.5. Mesin aduk beton (*rotating drum mixer*)

Mesin ini digunakan untuk mengaduk bahan penyusun beton seperti semen, kerikil, pasir dan air agar menjadi homogen.

#### 4.3.6. Cetok dan Talam Baja

Cetok digunakan untuk memasukkan campuran beton ke dalam cetakan, sedangkan talam digunakan sebagai penampung campuran yang dikeluarkan dari mesin pengaduk.

#### 4.3.7. Sekop

Sekop yang digunakan adalah sekop besar dan sekop kecil yang berfungsi untuk memasukkan adukan beton ke dalam mixer dan juga untuk memasukkan adukan beton ke dalam cetakan silinder.

#### 4.3.8. Cetakan Benda Uji

Cetakan yang digunakan dalam penelitian ini adalah cetakan silinder, ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300mm, cetakan silinder terbuat dari bahan logam yang sisi-sisinya dapat dilepas satu sama lain dengan cara melepas baut-bautnya.

#### 4.3.9. Mistar dan Kaliper

Alat ini digunakan untuk mengukur dimensi benda uji yang akan diteliti dan untuk mengukur tinggi nilai *slump*.

#### 4.3.10. Kerucut Abrams

Pengukuran kelecakan adukan beton dalam percobaan *slump* digunakan kerucut abrams. Kerucut yang berlubang pada kedua ujungnya mempunyai diameter bawah 20 cm, diameter atas 10 cm, serta tinggi 30 cm. Alat ini juga dilengkapi dengan tongkat baja berdiameter 1.6 cm, panjang 60 cm serta bagian ujung tongkat dibulatkan sebagai alat penumbuk.

#### 4.3.11. Mesin Uji Desak Beton (*Compressing Testing Machine*)

Mesin uji desak merk ADR 3000 dengan kapasitas 2000 KN, digunakan untuk menguji kuat desak beton.

#### 4.3.12. Bor Beton

Bor beton di gunakan untuk melubangi bagian tengah silinder beton untuk dimasukkan tulangan ulir dan penambahan zat perekat *Epoxy*.

#### 4.3.13. *Air Compressor*

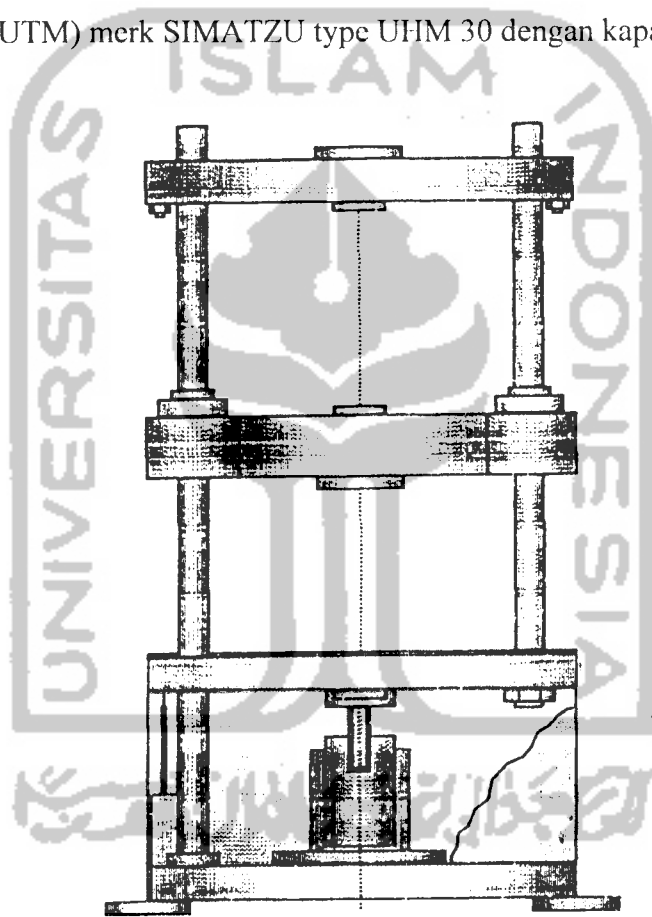
Air Compressor digunakan untuk membersihkan permukaan beton dan baja tulangan dari kotoran-kotoran yang menempel sebelum dilakukan pengeleman baja tulangan pada silinder beton.

#### 4.3.14. Corong

Untuk memasukkan zat perekat *epoxy* kedalam lubang silinder maka di gunakan corong untuk memudahkan dalam pemasukannya.

#### 4.3.15. Mesin Uji Tarik

Mesin uji kuat tarik digunakan untuk mengetahui beban leleh dan beban maksimum baja tulangan. Selain itu mesin ini juga digunakan dalam pengujian *pull-out*. Dalam penelitian ini digunakan *Universal Testing Machine* (UTM) merk SIMATZU type UHM 30 dengan kapasitas 30 ton.



**Gambar 4.1** Universal Testing Machine Shimatzu UHM 30

#### 4.3.16. Dial Gauge

Alat yang digunakan untuk mengetahui besarnya gaya dan regangan yang terjadi pada saat *pull-out test*. Tingkat ketelitian alat ini yang dapat terbaca adalah 0,01 mm.

#### 4.3.17. Alat Bantu Lainnya

Alat bantu lainnya seperti ember, alat pemotong baja dan bak air untuk merendam (merawat) benda uji selama perawatan.

### 4.4 Benda Uji

Benda uji yang digunakan pada penelitian ini adalah beton silinder dengan kuat desak rencana 25 MPa. Variasi penanaman baja tulangan ulir diameter 10 mm, 13 mm, 16 mm sedalam 100 mm, 150 mm dan 200 mm. Sedangkan untuk baja tulangan polos diameter 12 mm dengan penanaman 200 mm. Perawatan sampel dengan cara direndam dalam air selama 27 hari, dan 1 hari di angin-anginkan. Sampel terdiri dari dua kelompok yaitu untuk pengujian dengan kuat desak dan pengujian untuk kuat lekat yaitu dengan *bond pull-out test*.

- a. Benda uji Silinder beton yang berdiameter 150 mm dan tinggi 300 mm dibuat sebanyak 3 buah dan digunakan untuk menguji kuat tekan beton.
- b. Silinder beton dengan diameter 150 mm tinggi 300 mm di lubangi dan ditanam baja tulangan ulir (*deformed*) ditengahnya D10, D13, D16 penambahan zat perekat *Epoxy* dengan variasi panjang penyaluran 100 mm, 150 mm, 200 mm. Benda uji tersebut dibuat sebanyak 3 buah untuk masing-masing diameter dan panjang penyaluran. Selanjutnya dilakukan pengujian kuat lekat (*bond strength*). Sebagai perbandingan, maka digunakan tulangan polos dengan diameter 12 mm dengan penanaman 200 mm dan dilakukan juga pengujian kuat lekatnya.

## 4.5 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta. Adapun tahapan – tahapan dari penelitian ini adalah :

### 4.5.1 Tahapan persiapan bahan

Persiapan bahan dimulai dengan pemilihan agregat yang akan dipakai, kemudian agregat tersebut dipisahkan berdasarkan ukuran butiran yang direncanakan.

### 4.5.2 Pengujian Agregat Halus

#### 1. Pengujian Kadar Lumpur

Kadar Lumpur agregat halus tidak boleh lebih dari 5% dari berat keringnya. Pengujian kadar Lumpur dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- a. Pasir dikeringkan dalam oven.
- b. Pasir kering oven ditimbang sebesar  $W_1$ .
- c. Memasukkan pasir tersebut ke dalam tabung gelas ukur.
- d. Melakukan proses pencucian dengan cara sebagai berikut :
  1. Menuangkan air ke dalam tabung berisi pasir setinggi  $\pm 12$  cm diatas permukaan pasir.
  2. Menutup tabung rapat-rapat
  3. Mengocok tabung sebanyak 20 kali
  4. Membuang airnya dengan hati-hati tanpa ada pasir yang ikut terbuan.
  5. Mengulangi percobaan ini beberapa kali sampai airnya jernih.
- e. Menuang pasir kedalam wadah, jika masih terdapat air dibuang dengan menggunakan pipet.

- f. Mengeringkan pasir dalam cawan tersebut dalam oven dengan suhu  $110^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam.
- g. Mendinginkannya setelah 24 jam hingga mencapai suhu ruang.
- h. Menimbang pasir yang sudah dikeringkan dalam oven. (berat pasir =  $W_2$  gram)
- i. Kandungan Lumpur dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:  $\frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\%$

## 2. Pengujian Berat Jenis (*specific gravity*)

- a. Ambil pasir dalam kondisi jenuh permukaan (SSD) sebanyak 500 gram.
- b. Memasukkan pasir tersebut kedalam *piknometer* kemudian ditambahkan air hingga 90 % volume *piknometer*.
- c. Memutar mutar *piknometer* sehingga gelembung udara pada pasir telah keluar semua.
- d. Menimbang *piknometer* yang berisi pasir dan air tersebut. (kode Bt)
- e. Mengeluarkan pasir dari *piknometer* dan memasukkan ke cawan dengan membuang air terlebih dahulu. Jika dalam cawan masih ada air keluarkan dengan menggunakan pipet.
- f. Memasukkan pasir dalam cawan ke dalam oven dengan suhu  $110^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam.
- g. Mengisi *piknometer* yang kosong dan bersih dengan air sampai penuh dan menimbangnya (kode B)
- h. Menimbang pasir yang telah dimasukkan ke dalam oven (kode Bk)
- i. Berat jenis jenuh kering muka =  $\frac{500}{B + 500 - Bt}$  ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )
- j. Berat jenis curah =  $\frac{Bk}{B + 500 - Bt}$  ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )
- k. Penyerapan air =  $\frac{500 - Bk}{Bk} \times 100\%$  (%)



### 3. Pengujian Gradasi

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui susunan diameter butiran pasir dan prosentase modulus kehalusan butir yaitu menunjukkan tinggi rendahnya tingkat kehalusan butir dalam suatu agregat.

Pengujian gradasi dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- a. Menyiapkan pasir kering oven dalam suhu 110 °C
- b. Mengambil dan menimbang pasir sebanyak 2000 gr
- c. Mengambil dan menyusun saringan dengan susunan diameter dari bawah ke atas: pan; 0,15 mm; 0,30 mm; 0,60 mm; 1,2 mm; 2,4 mm; 4,8 mm; 10,00 mm; 20,00 mm; 40,00 mm.
- d. Meletakkan saringan pada mesin penggetar atau vibrator
- e. Memasukkan pasir pada ayakan paling atas kemudian menghidupkan vibrator selama  $\pm 15$  menit.
- f. Menuangkan sisa butiran yang tertahan pada masing-masing ayakan diatas cawan dan menimbanginya satu persatu.
- g. Mencatat dan menimbang hasil setiap ayakan.
- h. Perhitungan modulus halus butir (mhb) dengan menggunakan rumus di bawah ini:

$$MHIB = \% \text{ berat tertinggal kumulatif} / 100$$

#### 4.5.3 Pengujian Agregat Kasar

##### 1. Pengujian Berat Jenis (*specific gravity*)

Pengujian berat jenis (*specific gravity*) dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- a. Mengambil kerikil (sampel) kemudian dicuci untuk menghilangkan kotoran.

- b. Membuat kerikil tersebut sehingga dalam kondisi jenuh kering permukaan. (kode Bj)
- c. Mengambil kerikil yang telah jenuh kering muka sebanyak 5000 gr.
- d. Memasukkan kerikil ke dalam kontainer dan direndam selama 24 jam
- e. Setelah 24 jam, menimbang kontainer dan kerikil dalam keadaan terendam dalam air. (kode Ba)
- f. Menuangkan kerikil kedalam cawan dan memasukkannya ke dalam oven dengan suhu  $110^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam.
- g. Menimbang kerikil yang telah di oven. (kode Bk)
- h. Berat jenis jenuh kering muka =  $\frac{Bj}{Bj - Ba}$  ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )
- i. Berat jenis curah =  $\frac{Bk}{Bj - Ba}$  ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )
- j. Penyerapan =  $\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$  (%)

## 2. Pengujian Gradasi

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui susunan variasi diameter agregat kasar dan modulus kekasarnya dan membuat grafik hubungan antar diameter ayakan dengan keadaan kumulatif butiran yang lolos.

Pengujian gradasi agregat kasar dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- a. Menyiapkan kerikil yang telah dioven selama 24 jam dengan suhu  $110^{\circ}\text{C}$  seberat 3000 gr.
- b. Menyiapkan satu set ayakan dan menyusun berurutan mulai dari diameter bawah ke atas : pan; 0,15 mm; 0,30 mm; 0,60 mm; 1,2 mm; 2,4 mm; 4,8 mm; 10,00 mm; 20,00 mm; 40,00 mm.
- c. Menuangkan kerikil ke dalam ayakan paling atas dan menutup rapat-rapat susunan ayakan tersebut dan diletakkan di mesin getar.

- d. Menghidupkan mesin getar selama  $\pm 15$  menit.
- e. Menimbang dan mencatat berat agregat kasar yang tertinggal diatas masing-masing ayakan.
- f. Perhitungan modulus halus butir (mhb) dengan menggunakan rumus di bawah ini:

$$\text{MHB} = \% \text{ berat tertinggal komulatif} / 100$$

### 3. Pengujian Kadar Lumpur

Kadar Lumpur agregat kasar tidak boleh lebih dari 1% dari berat keringnya. Pengujian kadar Lumpur dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- a. Krikil dikeringkan dalam oven.
- b. Krikil kering oven ditimbang seberat  $W_1$ .
- c. Mencuci krikil tersebut didalam saringan 200.
- d. Menuang krikil kedalam wadah, jika masih terdapat air dibuang dengan menggunakan pipet.
- e. Mengeringkan krikil dalam cawan tersebut dalam oven dengan suhu  $110^\circ\text{C}$  selama 24 jam.
- f. Mendingkannya setelah 24 jam hingga mencapai suhu ruang.
- g. Menimbang krikil yang sudah dikeringkan dalam oven. (berat krikil =  $W_2$  gram)
- h. Kandungan Lumpur dapat dihitung dengan menggunakan rumus

berikut:  $\frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\%$

#### 4.5.4 Tahap Pengujian Baja Tulangan

Pengujian baja tulangan digunakan untuk mengetahui tegangan leleh, tegangan maksimum, baja tulangan sehingga nilai kuat tarik baja dan mutu bajanya dapat diketahui.

Pelaksanaan pengujian baja adalah sebagai berikut :

- a. Menghitung diameter baja tulangan dan luas tampangnya (A)
- b. Meletakkan pada alat uji tarik lalu memberikan beban (P)
- c. Mencatat beban saat baja terjadi leleh, beban maksimum baja dan beban saat baja mengalami putus.

Untuk mendapatkan nilai tegangan leleh baja, dilakukan pengujian tarik baja dengan alat UTM (*Universal Testing Machine*) dan dihitung dengan persamaan:

$$\sigma_{leleh} = \frac{P_{leleh}}{A} \dots\dots\dots(4.1)$$

$$\sigma_{maks} = \frac{P_{maks}}{A} \dots\dots\dots(4.2)$$

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \dots\dots\dots(4.3)$$

Dengan :  $\sigma_{leleh}$  = Tegangan leleh baja.

$\sigma_{maks}$  = Tegangan maksimum baja.

$P_{leleh}$  = Gaya tarik leleh baja.

$P_{maks}$  = Gaya tarik leleh baja maksimum.

A = Luas penampang.

E = Modulus elastis.

$\varepsilon$  = Regangan baja.

#### 4.6 Perancangan Adukan Beton

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode " *The British Mix Design Method* " atau lebih dikenal di Indonesia dengan metode *DOE (Department Of Environment)*. Langkah-langkahnya sebagai berikut:

1. Menetapkan kuat tekan beton yang disyaratkan pada 28 hari ( $f_c'$ )

Kuat tekan beton ditetapkan sesuai dengan persyaratan perencanaan strukturnya dan kondisi setempat di lapangan. Kuat tekan beton yang

disyaratkan adalah kuat tekan beton dengan kemungkinan lebih rendah hanya 5% saja dari nilai tersebut.

## 2 Menetapkan nilai deviasi standar ( Sd )

Standar deviasi ditetapkan berdasarkan tingkat mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran betonnya, makin baik mutu pelaksanaan makin kecil nilainya.

- a. Jika pelaksana tidak mempunyai data pengalaman atau mempunyai pengalaman kurang dari 15 buah benda uji, maka nilai deviasi standar diambil dari tingkat pengendalian mutu pekerjaan seperti tabel 4.1 :

**Tabel 4.1** Tingkat pengendalian pekerjaan

Tingkat pengendalian mutu pekerjaan	Deviasi standar (Sd)
Memuaskan	2,8
Sangat baik	3,5
Baik	4,2
Cukup	5,6
Jelek	7,0
Tanpa kendali	8,4

- b. Jika pelaksana mempunyai data pengalaman pembuatan beton serupa minimal 30 buah silinder yang diuji kuat tekan rata-ratanya pada umur 28 hari, maka jumlah data dikoreksi terhadap nilai deviasi standar dengan suatu faktor pengali pada tabel 4.2 :

**Tabel 4.2** Faktor Pengali deviasi standar

Jumlah data	30	25	20	15	<15
Faktor pengali	1,0	1,03	1,08	1,16	Tidak boleh

- 3 Menghitung nilai tambah margin (M)

$$M = k \cdot Sd \dots \dots \dots (4.4)$$

Keterangan : M = nilai tambah

K = 1,64

Sd = standar deviasi

Rumus di atas berlaku jika pelaksana mempunyai data pengalaman pembuatan beton yang diuji kuat tekannya pada umur 28 hari. Jika tidak mempunyai data pengalaman pembuatan beton atau mempunyai pengalaman kurang dari 15 benda uji, nilai M langsung diambil 12 MPa.

- 4 Menetapkan kuat tekan rata-rata yang direncanakan.

Rumusnya :

$$f'_{cr} = f'_c + M \dots \dots \dots (4.5)$$

Keterangan :  $f'_{cr}$  = kuat tekan rata-rata

$f'_c$  = kuat tekan yang disyaratkan

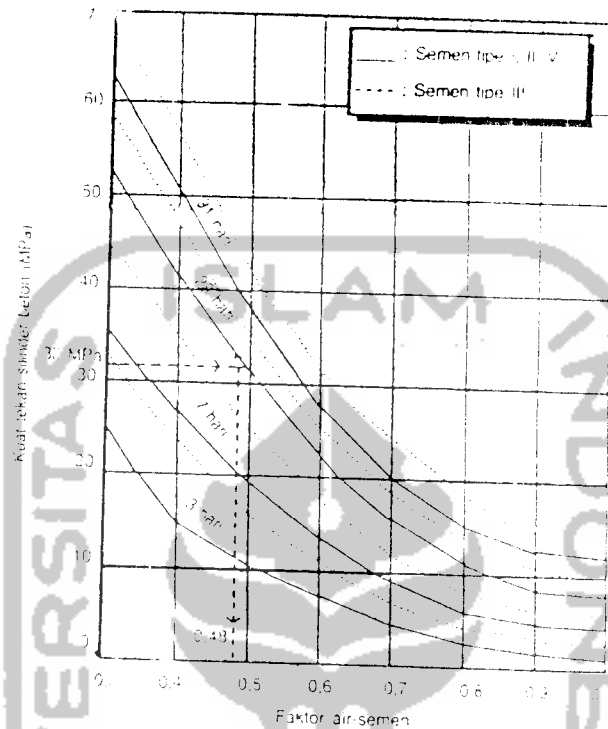
M = nilai tambah

- 5 Menetapkan jenis semen  
 6 Menetapkan jenis agregat (pasir dan kerikil)  
 7 Menetapkan faktor air semen

Cara menetapkan faktor air semen diperoleh dari nilai terendah ketiga cara, yaitu :



a) Cara Pertama :



Gambar 4.2 Grafik faktor air semen

Misal, kuat tekan selinder ( $f'_{cr} = 32$  MPa) pada saat umur beton 28 hari. Jenis semen tipe I atau garis utuh. Caranya tarik garis lurus dan memotong 28 hari didapatkan faktor air semen (Gambar 4.2)

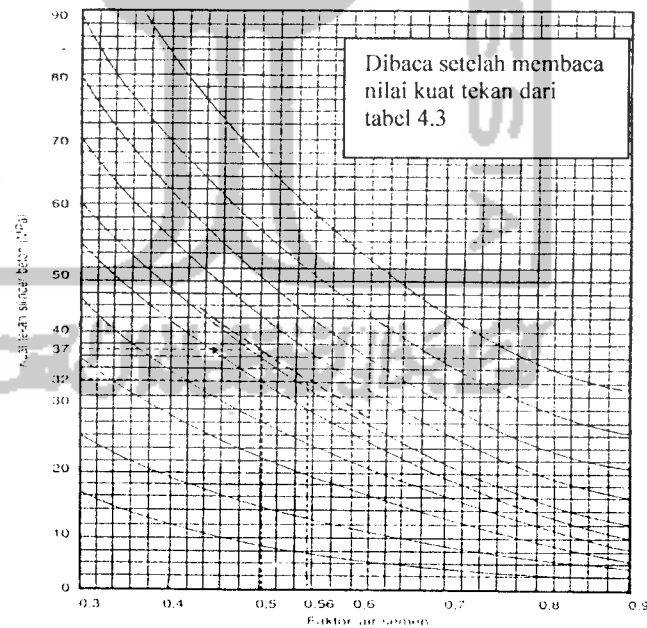
b) Cara Kedua

Diketahui jenis semen I, jenis agregat kasar, batu pecah. Kuat tekan rata-ratanya pada umur 28 hari, maka gunakan tabel 4.3

**Tabel 4.3** Nilai kuat tekan beton

Jenis semen	Jenis agregat kasar (kerikil)	Umur Beton			
		3	7	28	91
I, II, III	Alami	17	23	33	40
	Batu pecah	19	27	37	45
IV	Alami	21	28	38	44
	Batu pecah	25	33	44	48

Dari tabel di atas diperoleh nilai kuat tekan = 37 MPa, yaitu jenis semen I, kerikil batu pecah dan umur beton 28 hari. Kemudian, dengan faktor air semen 0,5 dan  $f'_{cr} = 37$  MPa, digunakan grafik penentuan faktor air semen dibawah ini. Caranya, tarik garis ke kanan mendatar 37, tarik garis ke atas 0,5 dan berpotongan pada titik A. Buat garis putus-putus dimulai dari titik A ke atas dan ke bawah melengkung seperti garis yang di atas dan di bawahnya.

**Gambar 4.3** Grafik mencari faktor air semen



c) Cara Ketiga :

Dengan melihat persyaratan untuk berbagai pembeconan dan lingkungan khusus, beton yang berhubungan dengan air tanah mengandung sulfat dan untuk beton bertulang terendam air. Dengan cara ini diperoleh :

1. Untuk pembeconan di dalam ruang bangunan dan keadaan keiling non korosif = 0,60.
2. Untuk beton yang berhubungan dengan air tanah, dengan jenis semen tipe I tanpa pozzolan untuk tanah mengandung  $SO_3$  antara 0,3 - 1,2 maka *fas* yang diperoleh = 0,50.
3. Untuk beton bertulang dalam air tawar dan tipe semen I yaitu faktor air semennya = 0,50.

Dari ketiga cara di atas ambil nilai yang terendah.

8. Menetapkan faktor air semen minimum

Cara ini didapat dari ketiga cara di atas ambil nilai faktor air semen yang terkecil.

9. Menetapkan nilai *slump*

Nilai *slump* didapat sesuai dari pemakaian beton, hal ini dapat diketahui dari tabel 4.4 :

**Tabel 4.4** Penetapan Nilai Slump (cm)

Pemakaian Beton	Maks	Min
Dinding, pelat pondasi dan pondasi telapak bertulang	12,5	5,0
Pondasi telapak tidak bertulang koison, struktur dibawah tanah	9,0	2,5
Pelat, balok, kolom dan dinding	15,0	7,5
Pengerasan jalan	7,5	5,0
Pembeconan masal	7,5	2,5

10. Menetapkan ukuran besar butir agregat maksimum (kerikil).

11. Menetapkan jumlah kebutuhan air

Untuk menetapkan kebutuhan air per meter kubik beton digunakan tabel 4.5 :

**Tabel 4.5** Kebutuhan air per meter kubik beton (liter)

Besarnya ukuran maks kerikil (mm)	Jenis Batuan	Slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-180
10	Alami	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Alami	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Alami	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Dalam tabel di atas, bila agregat halus dan agregat kasar yang dipakai memiliki jenis yang berbeda (alami dan pecahan), maka jumlah air yang diperkirakan diperbaiki dengan rumus :

$$A = 0,67 A_h + 0,33 A_k \dots \dots \dots (4.6)$$

Dengan : A = jumlah air yang dibutuhkan, liter/m<sup>3</sup>

A<sub>h</sub> = jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat halus

A<sub>k</sub> = jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat kasarnya

12. Menetapkan kebutuhan semen

$$\text{Berat semen per meter kubik} = \frac{\text{Jumlah air yang dibutuhkan}}{\text{Faktor air semen maksimum}}$$

13. Menetapkan kebutuhan semen minimum

Kebutuhan semen minimum ditetapkan berdasar tabel 4.6 :

**Tabel 4.6** Kebutuhan semen minimum

Berhubungan dengan	Tipe semen	Kandungan semen min.	
		Ukuran maks agregat (mm)	
		40	20
Air tawar	Semua tipe I-V	280	300
Air payau	Tipe + <i>pozzolan</i> (15 - 40%) / S.P <i>pozzolan</i>	340	380
	Tipe II atau V	290	330
Air laut	Tipe II atau V	330	370

14. Menetapkan kebutuhan semen yang sesuai

Untuk menetapkan kebutuhan semen, lihat langkah 1 (kebutuhan semen dan kebutuhan semen minimumnya), maka yang dipakai harga terbesar diantara keduanya.

15. Penyesuaian jumlah air atau faktor air semen

Jika jumlah semen pada langkah 12 dan 13 berubah, maka faktor air semen berubah yang ditetapkan dengan :

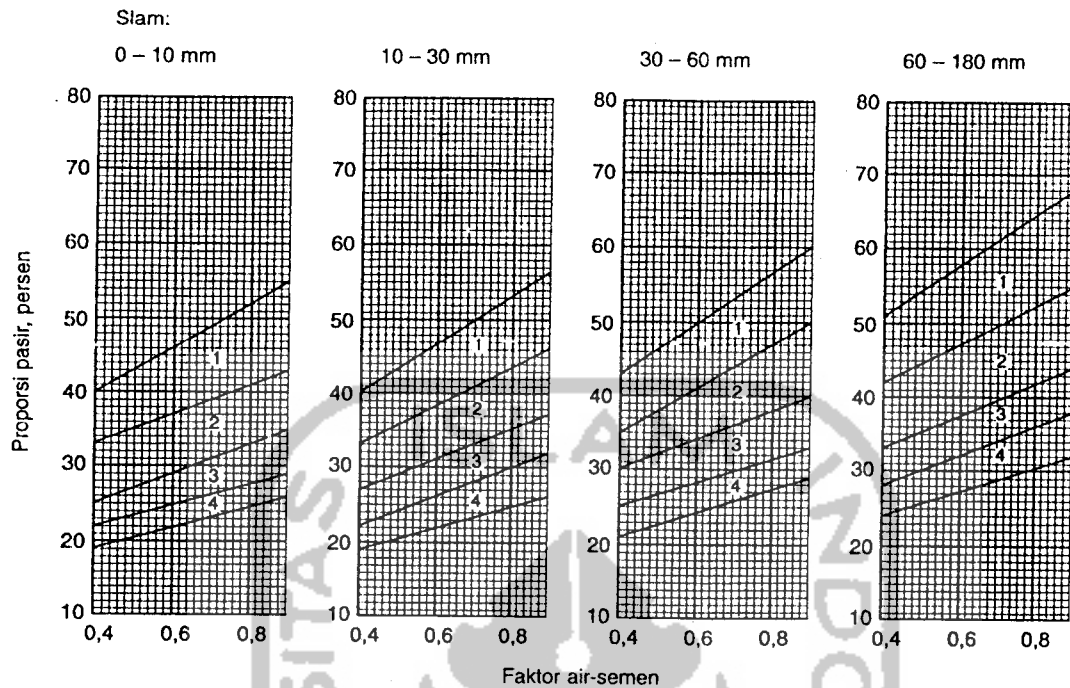
- a) Jika akan menurunkan faktor air semen, maka faktor air semen dihitung lagi dengan cara jumlah air dibagi jumlah semen minimum.
- b) Jika akan menaikkan jumlah air lakukan dengan cara jumlah semen minimum dikalikan faktor air semen.

16. Menentukan golongan pasir

Golongan pasir ditentukan dengan cara menghitung hasil ayakan hingga dapat ditemukan golongannya.

17. Menentukan perbandingan pasir dan kerikil.

Untuk menentukan perbandingan antara pasir dan kerikil dapat dicari dengan bantuan gambar 4.4 dibawah ini. Dengan melihat nilai slump yang direncanakan, ukuran butir maksimum, zona pasir, dan faktor air semen :



**Gambar 4.4** Grafik persentase agregat halus terhadap agregat keseluruhan untuk ukuran butir maksimal 20 mm

18. Menentukan berat jenis campuran pasir dan kerikil

- Jika tidak ada data, maka agregat alami (pasir) diambil 2,7 dan untuk kerikil (pecahan) diambil 2,7.
- Jika mempunyai data, dihitung dengan rumus :

$$B_j \text{ campuran} = ( P/100 ) \times B_j \text{ pasir} + ( K/100 ) \times B_j \text{ kerikil} \dots (4.7)$$

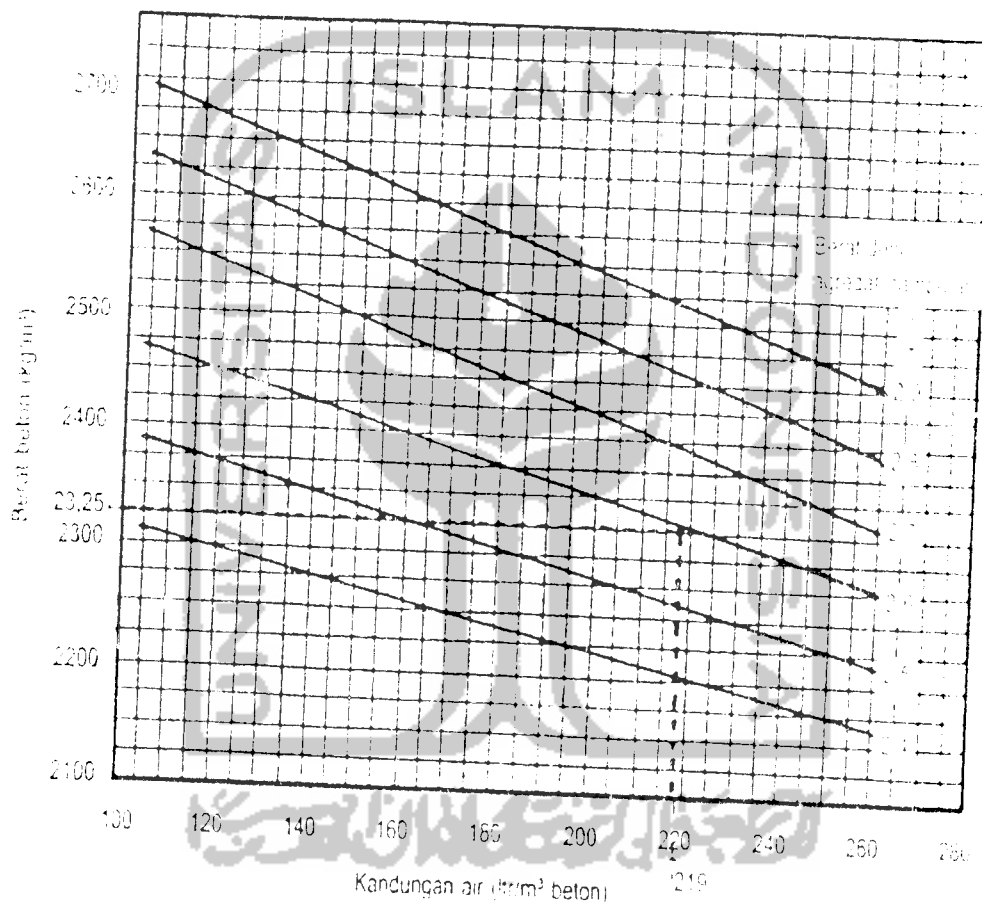
Diketahui :  $B_j$  campuran = berat jenis campuran

$P$  = persentase pasir terhadap agregat campuran

$K$  = persentase kerikil terhadap agregat campuran

### 19. Menentukan berat beton

Untuk menentukan berat beton digunakan data berat jenis campuran dan kebutuhan air tiap meter kubik, setelah ada data, kemudian dimasukkan kedalam gambar 4.5 :



**Gambar 4.5** Grafik hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran, dan berat beton

Misalnya, jika berat jenis campuran 2,6

Kebutuhan air tiap meter kubik = 219

Caranya, tentukan angka 219 dan tarik garis keatas memotong garis berat jenis 2,6 dan tarik garis ke kiri, dan temukan berat jenis betonnya 2325 kg/m<sup>3</sup>.

20. Menentukan kebutuhan pasir dan kerikil

Berat pasir + berat kerikil = berat beton – kebutuhan air – kebutuhan semen.

21. Menentukan kebutuhan pasir

Kebutuhan pasir = kebutuhan pasir dan kerikil x persentase berat pasir.

22. Menentukan kebutuhan kerikil

Kebutuhan kerikil = kebutuhan pasir dan kerikil – kebutuhan pasir.

#### 4.7 Pembuatan Benda Uji

Langkah-langkah yang ditempuh dalam pembuatan benda uji adalah sebagai berikut:

1. Membuat campuran beton dengan kuat desak rencana 25 MPa.
2. Campuran dimasukkan ke dalam alat aduk dan diaduk sampai merata
3. Untuk mengetahui kuat tekan beton dibuat benda uji silinder dengan diameter 150 mm, tinggi 300 mm masing-masing sebanyak 3 buah untuk beton normal
4. Untuk keperluan penelitian kuat lekat dibuat benda uji silinder beton dengan diameter 150 mm, tinggi 300 mm, dibagian tengah ditanam baja tulangan dengan cara melubangi beton silinder setelah beton berumur 28 hari pada kedalaman tertentu.
5. Baja tulangan yang ditanam di dalam benda uji silinder beton yaitu baja tulangan ulir, dengan perincian sebagai berikut:
  - a. Diameter 10 mm ditanam pada silinder beton sedalam 100 mm, 150 mm, dan 200 mm masing-masing sebanyak 3 buah.
  - b. Diameter 13 mm ditanam pada silinder beton sedalam 100 mm, 150 mm, dan 200 mm masing-masing sebanyak 3 buah.
  - c. Diameter 16 mm ditanam pada silinder beton sedalam 100 mm, 150 mm, dan 200 mm masing-masing sebanyak 3 buah
6. Baja tulangan polos dengan diameter 12 mm digunakan sebagai perbandingan dengan penanaman 200 mm sebanyak 3 buah.

7. Silinder beton tersebut disimpan mengikuti standar perawatan beton (*Curing*) yang ada yaitu dengan merendam benda uji di dalam bak berisi air selama 27 hari dalam air. Kemudian benda uji diangin-anginkan sampai benda uji berumur 28 hari.
8. Setelah berumur 28 hari silinder beton di lubangi tengahnya pada arah memanjang silinder beton, sedangkan untuk kuat tekan beton dapat dilakukan pada beton berumur 28 hari.
9. Memasukkan baja tulangan kedalam lubang kemudian di beri zat *epoxy* Sikadur<sup>®</sup> 31 CF Normal.
10. Pengujian kuat lekat (*pull out*) dilakukan setelah 3 hari pemberian zat *epoxy* Sikadur<sup>®</sup> 31 CF Normal menggunakan *Universal Testing Machine*.

Agar lebih jelas, banyaknya sampel yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 4.7 :

**Tabel 4.7** Pengelompokan benda uji

Variasi diameter baja tulangan	Variasi panjang penyaluran	Jumlah sampel
D10 mm	100 mm	3
	150 mm	3
	200 mm	3
D13 mm	100 mm	3
	150 mm	3
	200 mm	3
D16 mm	100 mm	3
	150 mm	3
	200 mm	3
P12 mm	200 mm	3
sampel kuat desak		3
Jumlah sampel		33

#### 4.8 Perawatan Benda Uji (*Curing*)

Setelah 24 jam cetakan silinder beton dibuka, agar semen terhidrasi sempurna kemudian dilakukan perawatan terhadap benda uji beton. Perawatan benda uji meliputi berbagai cara, antara lain:

- a. Beton dibasahi terus menerus dengan air.
- b. Beton direndam dalam air dengan suhu  $23^{\circ}\text{C} - 28^{\circ}\text{C}$ .
- c. Beton diselimuti dengan karung goni basah, plastic film atau kertas perawatan tahan air.

Pada penelitian ini perawatan beton adalah dengan merendam beton dalam air sampai menjelang waktu pengujian. Satu hari sebelum dilakukan pengujian, benda uji diangkat dan diangin-anginkan sehingga didapat benda uji dalam keadaan kering.

Kekuatan beton akan bertambah selama terdapat cukup air yang bisa menjamin berlangsungnya hidrasi semen secara baik.

#### 4.9 Pengujian Kuat Tekan

Dilakukan terhadap benda uji silinder beton. Benda uji ditekan dengan mesin uji desak (*Compressing Testing Machine*) setelah benda uji berumur 28. Beban yang memecahkan ( $P$ ) dibagi dengan luas sisi terdesak ( $A$ ) diperoleh kuat desak beton tersebut.

Langkah-langkah dalam pengujian ini adalah :

- 1) Benda uji diletakkan untuk pada alas pembebanan mesin uji kuat desak beton.
- 2) Mesin uji desak dihidupkan, pembebanan diberikan berangsur-angsur, sehingga benda uji tersebut hancur pada beban maksimal.

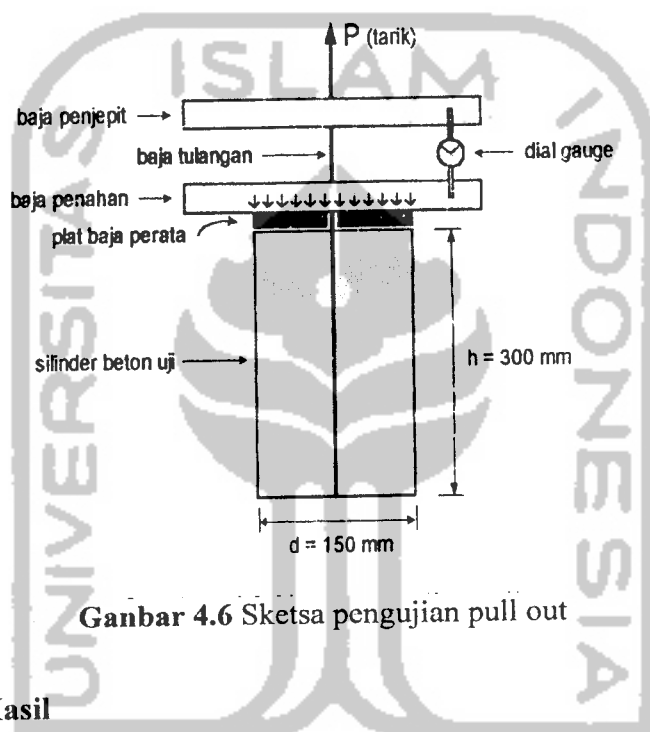
#### 4.10 Pengujian Kuat Lekat

Pengujian kuat lekat dilakukan dengan cara mencabut tulangan baja yang tertanam pada silinder beton menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM).

Langkah-langkah pengujian ini adalah sebagai berikut :



- a) Beton silinder diletakkan pada alas uji tarik.
- b) Tulangan baja yang menjulur diklem kemudian pembebanan segera diberikan.
- c) Diantara dua penjepit diletakkan *dial gauge* untuk mengetahui sesaran yang terjadi. Panjang tulangan diantara dua penjepit diukur.
- d) Beban tarik dijalankan.
- e) Membaca dan mencatat nilai beban tarik (P) dan panjang pelolosan.



Gambar 4.6 Sketsa pengujian pull out

#### 4.11 Analisis Hasil

##### 4.11.1 Silinder Beton

Pengujian kuat tekan akan diperoleh hasil berupa nilai kuat tekan maksimum beton tersebut ( $f'_c$ ). Kuat tekan beton digunakan untuk menentukan apakah beton dapat digunakan sebagai bahan struktural atau tidak.

$$f'_c = \frac{P_{maks}}{A_b} \dots\dots\dots(4.8)$$

Dengan :  $A_b$  = Luas penampang silinder beton.  
 $f'_c$  = Kuat desak beton.  
 $P_{maks}$  = Beban maksimum silinder beton.

#### 4.11.2 Baja Tulangan

Pengujian baja tulangan untuk mengetahui tegangan leleh, tegangan tarik maksimum, dan juga untuk menghitung perpanjangan baja yang terjadi.

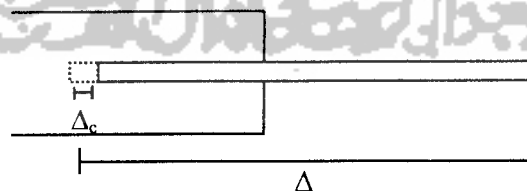
Perpanjangan baja dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\Delta_s = \frac{P.l_0}{A.E} \dots\dots\dots(4.9)$$

Dengan :

$\Delta_s$  = Perpanjangan baja.  
 $P$  = Beban.  
 $l_0$  = Jarak penjepitan.  
 $A$  = Luas penampang baja.  
 $E$  = Modulus elastis.

Perpanjangan baja tulangan diperlukan untuk menghitung sesar yang terjadi pada beton, karena perpanjangan yang tercatat pada saat pengujian *pull out* adalah pertambahan panjang pada baja di tambah dengan sesar baja tulangan dengan beton, sehingga sesar yang terjadi pada beton dapat dihitung yaitu perpanjangan total dikurangi perpanjangan baja.



**Gambar 4.7** Sesar antara baja tulangan dan beton

Rumus untuk menghitung sesar beton adalah :

$$\Delta_c = \Delta - \Delta_s \dots\dots\dots(4.10)$$

- Dengan :
- $\Delta_c$  = Sesar beton.
  - $\Delta$  = Perpanjangan total baja dan beton.
  - $\Delta_s$  = Perpanjangan baja.

**4.11.3 Pull out test**

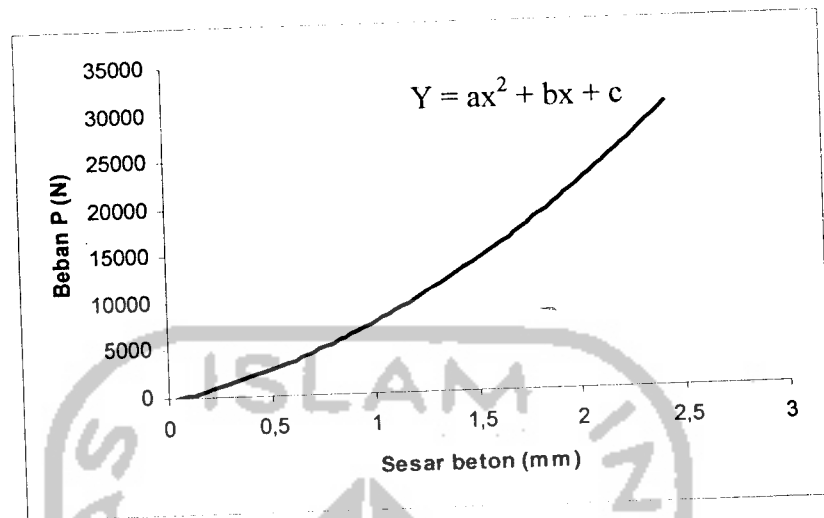
Pengujian pull out test ini di lakukan untuk mengetahui kuat lekat baja tulangan dengan beton. Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

1. Melakukan pengujian pembebanan sampai pembebanan maksimal.

**Tabel 4.10** Perhitungan sesar beton.

Pembebanan (P)	Dial $\Delta$	Perpanjangan baja $\Delta_s = \frac{Pxlo}{Ax E}$	Sesar beton $\Delta_c = \Delta - \Delta_s$
$P_1$	$\Delta_1$	$\Delta_{s1}$	Sesar 1
$P_2$	$\Delta_2$	$\Delta_{s2}$	Sesar 2
$P_3$	$\Delta_3$	$\Delta_{s3}$	Sesar 3
⋮	⋮	⋮	⋮
$P_{maks}$	$\Delta_{maks}$	$\Delta_{smaks}$	Sesar <sub>maks</sub>

2. Dari hasil pembebanan dapat dibuat grafik antara pembebanan dengan sesar beton.



**Gambar 4.8** Kurva antara pembebanan dan sesar beton.

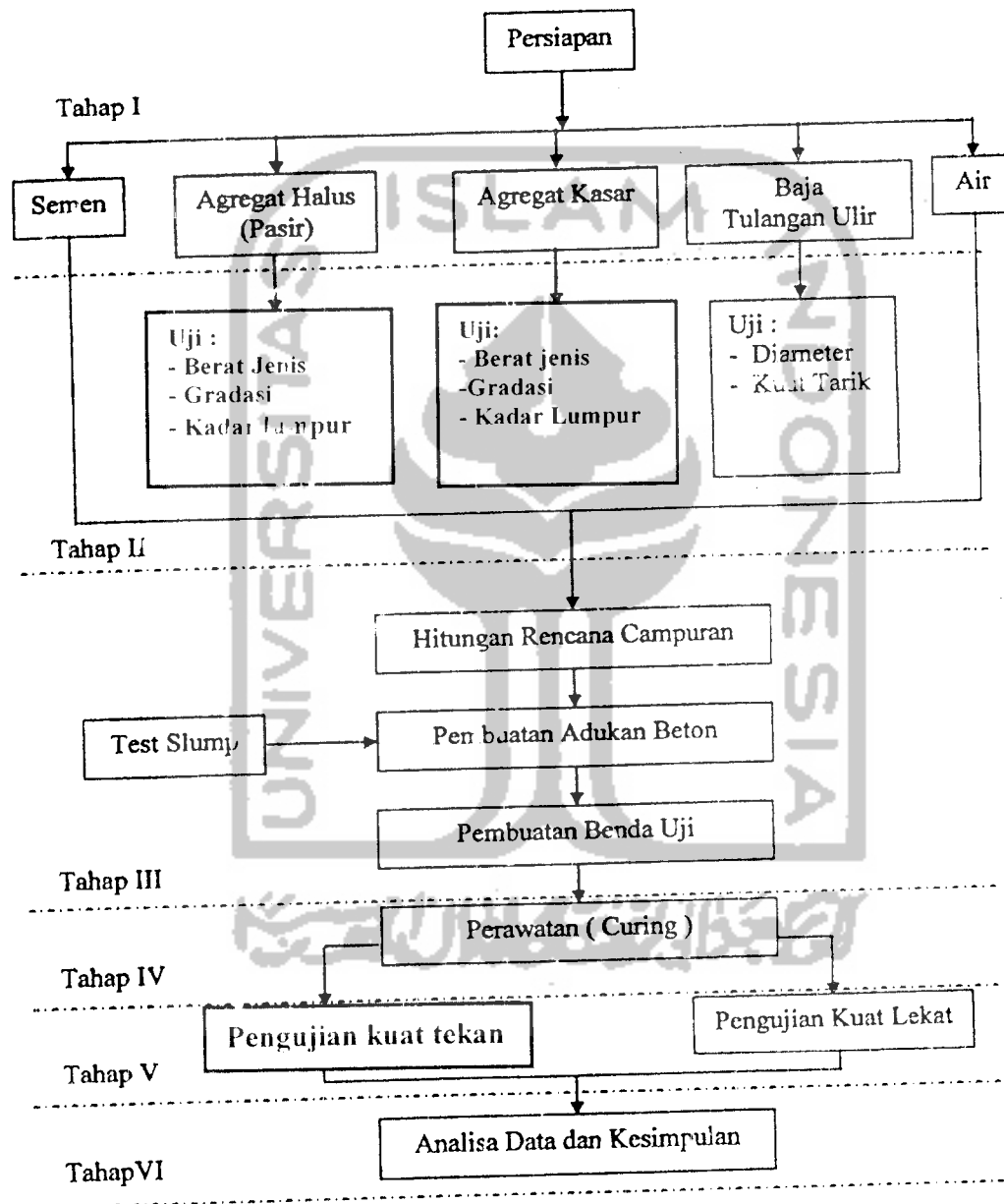
3. Dalam grafik didapat regresi, dengan memanfaatkan fasilitas *add trendline* pada *microsoft excel* sehingga beban yang menyebabkan sesar beton sebesar 0,25 mm dapat diketahui dengan cara memasukkan nilai  $x = 0,25$  pada persamaan regresi.
4. Nilai beban saat sesar beton 0,25 mm, beban saat baja luluh, dan beban maksimum digunakan untuk menghitung nilai tegangan lekat permukaan antara beton dan baja.

$$f_b = \frac{\Delta T}{\pi \cdot d_b \cdot a} \dots \dots \dots (4.11)$$

5. Nilai tegangan lekat permukaan digunakan untuk menghitung kuat lekat antara baja tulangan ulir dan beton.

$$v_c = \frac{a}{c} f_b \dots \dots \dots (4.12)$$

Skema bagan alir tahap-tahap penelitian :



Gambar 4.9 Diagram Alir Tahap Penelitian