

**TUGAS AKHIR**

**PENGARUH SAMBUNGAN COR TERHADAP  
PERILAKU GESER ELEMEN STRUKTUR  
BALOK TAMPANG PERSEGI**



**Disusun Oleh :**

**Nama : MIFTAHUL HUDA**

**No. Mhs. : 8710 134**

**Nirm : 875014330121**

**Nama : MUHAMAD NURCHOLIS**

**No. Mhs. : 91 310 132**

**Nirm : 910051013114120127**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**1996**

**TUGAS AKHIR**

**PENGARUH SAMBUNGAN COR TERHADAP  
PERILAKU GESER ELEMEN STRUKTUR  
BALOK TAMPANG PERSEGI**

**Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia  
untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh  
derajat Sarjana Teknik Sipil**

**Disusun Oleh :**

**Nama : MIFTAHUL HUDA**

**No. Mhs. : 8710 134**

**Nirm : 875014330121**

**Nama : MUHAMAD NURCHOLIS**

**No. Mhs. : 91 310 132**

**Nirm : 910051013114120127**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
1996**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**TUGAS AKHIR**

**PENGARUH SAMBUNGAN COR TERHADAP  
PERILAKU GESER ELEMEN STRUKTUR BALOK  
TAMPANG PERSEGI**

Disusun oleh:

**Nama : Miftahul Huda**  
**No. Mhs. : 87310134**  
**NIRM : 875014330121**

**Nama : Muhamad Nurcholis**  
**No. Mhs : 91310132**  
**NIRM : 910051013114120127**

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

**Ir. M. Teguh, MSCE**

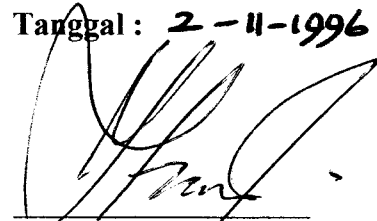
**Dosen Pembimbing I**

**Ir. Ilman Noor, MSCE**

**Dosen Pembimbing II**



Tanggal : 2-11-1996



Tanggal : 3-10-96

## PRAKATA

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Syukur Alhamdulillah ( segala puji hanya bagi Allah SWT semata ), karena atas segenap berkah dan hidayah-Nya, tugas akhir ini dapat diselesaikan.

Tugas Akhir merupakan kewajiban yang harus ditempuh untuk memenuhi syarat dalam menyelesaikan jenjang studi strata-I, sesuai dengan kurikulum Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam melaksanakan dan menyelesaikan Tugas Akhir ini, banyak sekali masalah yang ditemui untuk dipelajari dan dikaji. Tugas Akhir ini diharapkan dapat meningkatkan khasanah ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya bidang studi Teknik Sipil Struktur dan diharapkan dapat diterapkan di lapangan.

Topik yang diambil dalam penelitian ini adalah **Pengaruh Sambungan Cor Terhadap Perilaku Geser Elemen Struktur Balok Tampang Persegi**. Berdasarkan surat nomor 918/C.08.03/JTS/V/96 tertanggal 22 Mei 1996 tentang bimbingan tugas akhir, maka telah dapat dilaksanakan Tugas Akhir ini.

Selama melaksanakan penelitian hingga tersusunnya Tugas Akhir ini, bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak merupakan sumbangan yang besar

yang ikut mendukung selesainya penelitian ini. Penghargaan dan terima kasih sebesar - besarnya atas bimbingan, pengarahan serta bantuan hingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan, kepada:

1. Bapak dan Ibu penulis atas kasih sayang dan bantuan materiil, immateriil yang telah diberikan selama ini.
2. Bapak Ir.Susastrawan,MS, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
3. Bapak Ir.Bambang Sulistiono,MSCE, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
4. Bapak Ir.M.Teguh, MSCE, selaku Dosen Pembimbing I,
5. Bapak Ir. Ilman Noor,MSCE, selaku Dosen Pembimbing II,
6. Segenap pengelola dan karyawan laboratorium BKT-FTSP, Universitas Islam Indonesia, yang senantiasa mendampingi selama dalam pelaksanaan penelitian,
7. Rekan-rekan civitas akademi TSK-FTSP UII, yang telah membantu tersusunnya laporan ini yang tak dapat disebutkan satu persatu.

Semoga dapat menjadikannya sebagai amal ibadah kehadirat Allah SWT, amien.

Akhir kata, laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna dan masih banyak kekurangannya, oleh sebab itu saran dan koreksi yang membangun akan menjadikan Tugas Akhir ini lebih baik lagi.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 5 Oktober 1996

Penulis

Miftahul Huda

Muhamad Nurcholis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
PRAKATA .....	i
DAFTAR ISI .....	IV
<i>* Daftar gambar</i> DAFTAR GAMBAR .....	V
DAFTAR TABEL .....	VI
DAFTAR LAMPIRAN.....	VII
ABSTRAKSI .....	VIII
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Tujuan dan Batasan Penelitian.....	4
1.3 Metode Penelitian.....	6
1.4 Hipotesis.....	8
1.5 Perencanaan Benda Uji.....	9
1.6 Perencanaan Campuran Beton.....	16
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Konsep Dasar Struktur Beton Bertulang.....	19
2.1 Material Pembentuk Beton.....	20

2.2.1 Semen Portland.....	20
2.2.2 Agregat.....	23
2.2.3 Air.....	24
2.3 Perilaku Geser Pada Pembebanan.....	25
2.4 Analisa Tegangan Geser Pada Balok Persegi...	26
2.5 Perencanaan Tulangan Geser.....	29

### **BAB III PELAKSANAAN PENELITIAN**

3.1 Perencanaan Campuran Beton.....	32
3.2 Pelaksanaan Penelitian.....	32
3.2.1 Persiapan Bahan dan Alat.....	32
3.2.2 Proses Pembuatan dan Rawatan Beton...	34
3.3 Pengujian Balok Uji.....	36
3.3.1 Pengujian Geser.....	36
3.3.2 Pengujian Kuat Desak Beton.....	37

### **BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

4.1 Kuat Tarik Baja Tulangan.....	38
4.2 Kuat Desak Beton.....	39
4.3 Hasil Penelitian.....	41
4.4 Pembahasan.....	77
4.4.1 Perilaku Geser Balok Beton Tanpa Sengkang.....	79



4.4.2 Perilaku Geser Balok Beton Dengan Tulangan Sebelah	
Pakai Sengkang.....	80
4.4.3 Perilaku Geser Balok Beton Dengan Tulangan Rangkap	
Pakai Sengkang.....	80

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan.....	85
5.2 Saran.....	86

DAFTAR PUSTAKA.....	88
---------------------	----

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

No	Nama Gambar	HAL
1.1	Skema Balok Beton	10
1.2	Dimensi Balok Beton	11
2.1	Diagram Gaya Lintang dan Momen	26
2.2	Distribusi Tegangan Geser	27
2.3	Retakan, Busur Tekan dan Ikatan Tarik	28
4.1	Penulangan Sampel Balok A	43
4.2	Pola Retak Sampel A	45
4.3	Penulangan Sampel Balok B	48
4.4	Pola Retak Sampel B	50
4.5	Penulangan Sampel Balok C	53
4.6	Pola Retak Sampel C	55
4.7	Penulangan Sampel Balok D	58
4.8	Pola Retak Sampel D	60
4.9	Penulangan Sampel Balok E	63
4.10	Pola Retak Sampel E	65
4.11	Penulangan Sampel Balok F	68
4.12	Pola Retak Sampel F	70
4.13	Penulangan Sampel Balok G	73
4.14	Pola Retak Sampel G	75

## DAFTAR TABEL

No	Nama Tabel	Hal
3.1	Material yang dipakai	33
3.2	Peralatan yang digunakan dalam penelitian	31
4.1	Pengujian kuat tarik baja tulangan $\varnothing$ 12 mm polos	38
4.2	Hasil pengujian kuat desak beton	39
4.3	Data hasil pengujian sampel A	42
4.4	Data hasil pengujian sampel B	47
4.5	Data hasil pengujian sampel C	52
4.6	Data hasil pengujian sampel D	57
4.7	Data hasil pengujian sampel E	62
4.8	Data hasil pengujian sampel F	67
4.9	Data hasil pengujian sampel G	72

## DAFTAR LAMPIRAN

No.	Nama Lampiran	Hal
1.	Pengujian kuat tarik baja $\varnothing$ 12 polos pasca retak.	
2.	Daftar simbol atau parameter yang digunakan pada penelitian ini.	

## ABSTRAKSI

Beberapa persoalan keruntuhan struktur beton baik bertulang biasa maupun prategang di antaranya adalah diakibatkan oleh gaya geser ( "shear failure" ). Perilaku geser pada balok baik yang disebabkan oleh gaya geser maupun lentur atau kombinasi geser dan lentur mengakibatkan kerusakan elemen struktur yang bersangkutan secara langsung dan berpengaruh terhadap struktur lainnya. Persoalan teknis yang sering timbul di lapangan dalam pelaksanaan pembuatan beton struktur adalah masalah penghentian pengecoran yang letaknya kurang tepat sehingga pengaruh geser masih dominan.

Sering kali pelaksanaan pengecoran tidak dapat dilakukan sekaligus sebab beberapa faktor, diantaranya : volume rencana pekerjaan, tingkat kesulitan pekerjaan sehingga pekerjaan pengecoran harus dilakukan dengan jeda (sambungan). Penghentian pengecoran untuk selanjutnya dapat menjadi persoalan teknis bila pola penghentiannya tidak mengacu pada persyaratan yang ada, sehingga berpengaruh terhadap pola retak dan tingkat kerusakan yang diakibatkan oleh perilaku geser pada mekanisme keruntuhan balok struktur.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Untuk merencanakan struktur suatu bangunan baik berupa gedung, jalan, jembatan, bendungan dan lain-lain, diperlukan struktur yang handal dan memadai. Tidak hanya dari segi kekuatan dan keamanan saja, tetapi juga kenyamanan dan yang tidak kalah pentingnya adalah ekonomis. Oleh karena itu pemilihan jenis bahan konstruksi yang dipakai sangat penting.

Beton adalah pilihan bahan yang sangat tepat sebagai alternatif untuk digunakan sebagai sistem konstruksi bangunan. Selain itu beton sangat fleksibel dan dapat dibentuk sesuai dengan bentuk struktur atau konstruksi yang diinginkan, beton juga memiliki sifat khusus yang merupakan keunggulannya, yaitu kemampuan yang besar dalam menahan desak disamping bahan konstruksi lainnya. Tetapi disisi lain beton sangat lemah menahan tarik. Kemampuan tarik hanya 7 - 10 % dari kekuatan desaknya. Oleh karena itu, beton dikombinasikan dengan bahan lain, yaitu baja sebagai tulangnya untuk menahan tarik dan geser, sehingga diperoleh bahan konstruksi yang cukup ideal karena dapat menahan tekan, tarik dan geser, sehingga merupakan bahan konstruksi utama yang banyak dipilih.

Balok beton bertulang merupakan material yang tidak homogen, sehingga kombinasi antara kegagalan lentur, tarik diagonal dan kegagalan tekan geser bisa saja terjadi. Untuk memperlambat kegagalan balok (membatasi proses retakan) dan menahan batang baja lentur agar tetap pada tempatnya, maka diperlukan adanya penulangan geser yang memadai. Sehingga keruntuhan yang bersifat getas dapat dihindari, karena sifat keruntuhan yang getas tidak memberikan adanya peringatan lebih dahulu.

Dalam perencanaan konstruksi beton, diperlukan beberapa variabel tertentu. Hal ini untuk mengendalikan kemungkinan terjadinya keruntuhan konstruksi yang dapat membahayakan. Struktur beton direncanakan untuk mampu memikul beban yang lebih besar dari beban sesungguhnya yang akan bekerja pada struktur tersebut. Hal ini dimaksudkan untuk mengatasi kemungkinan adanya beban-beban yang tak terduga yang akan menyebabkan beban yang bekerja menjadi besar. Disamping itu untuk mengatasi kemungkinan terjadinya penyimpangan kekuatan akibat material penyusunnya atau pengerjaan yang kurang baik.

Apabila diperhatikan pada setiap pelaksanaan suatu proyek pembangunan gedung bertingkat dengan memakai beton bertulang selalu dijumpai persoalan teknis yang biasanya menuntut penyelesaian segera, kontrol kualitas beton, pengawasan pelaksanaan pekerjaan penulangan dan

pengecoran, ketidaksesuaian antara desain dengan kondisi riil/nyata di lapangan dan sambungan pengecoran.

Dari persoalan teknis tersebut di atas terdapat satu masalah yang sudah biasa dilakukan dengan memberhentikan pengecoran terletak pada  $1/4$  bentangan balok pada praktik balok menerus yang terletak pada titik peralihan antara daerah lapangan dan tumpuan.

Salah satu pekerjaan beton yang mempengaruhi terhadap mutu dan kekuatannya adalah saat pengecoran. Tahapan terpenting dalam pengecoran adalah meletakkan pemberhentian yang tepat.

Beberapa pendapat bahwa sambungan pengecoran atau pemberhentian pengecoran dihentikan pada jarak  $1/4$  bentangan balok karena pada titik itu dianggap sebagai titik peralihan dari momen positif lapangan ke momen negatif tumpuan, sehingga nilai momen tersebut kecil atau sama dengan nol. Ini berarti pada daerah sambungan pengecoran tersebut diperbolehkan terjadi geser yang cukup besar. Namun berapa besar pengaruh geser yang terjadi masih perlu diuji dalam suatu penelitian.

Pada pelaksanaan dilapangan sering penyambungan pengecoran kurang diperhatikan padahal gaya lintang yang bekerja masih besar dan sambungan pengecoran belum tentu bekerja secara monolit seperti yang diharapkan. Sedangkan bahaya akibat geser hanya sebagian kecil dijalankan beton yang



tidak monolit, dalam hal ini tahanan geser beton ( $V_c$ ) yang bekerja pada beton kecil sehingga sebagian besar geser yang terjadi ditahan oleh tulangan geser.

Penyimpangan kekuatan akibat cara pengerjaan, lebih khusus lagi adanya penghentian pengecoran inilah yang mendasari pemikiran adanya penelitian ini. Seperti diketahui, penghentian pengecoran pada daerah geser yang relatif besar sering terjadi di lapangan. Berapa besar pengaruhnya terhadap kekuatan balok adalah latar belakang tujuan penelitian ini.

Berdasarkan pemikiran di atas akan dicoba peninjauan dan penelitian terhadap berbagai hal yang biasanya terjadi di lapangan menyangkut segi kekuatan tekan dan geser dari sebuah balok tampang persegi. Tinjauan penelitian akan difokuskan pada sambungan pengecoran pada balok tersebut dengan variasi penghentian pengecoran.

## **1.2 Tujuan dan Batasan Penelitian**

Tujuan penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui seberapa besar letak sambungan pengecoran berpengaruh terhadap kekuatan geser nominal balok beton bertulang dan perilaku akibat geser terhadap pola retak geser sampai keruntuhan (bila terjadi), akibat beban terpusat ( $p$ ).

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. benda uji merupakan balok berbentuk empat persegi panjang, dimensi dan jumlah tulangan yang digunakan diperhitungkan menggunakan SKSNI T-15-1991-03,
2. mutu beton yang digunakan minimum mempunyai kuat tekan  $f_c' = 17,5$  MPa untuk semua sampel,
3. agregat halus yang digunakan diambil dari sungai krasak,
4. agregat kasar digunakan batu pecah dengan ukuran agregat maksimum 20 mm,
5. semen yang digunakan tipe I merk Nusantara,
6. mutu baja rencana  $F_y = 320$  Mpa. nilai yang pasti sesuai dari hasil uji tarik,
7. jumlah sampel masing-masing minimal 3 buah,
8. sampel dirancang menggunakan tulangan sebelah dan rangkap, tulangan pokok yang digunakan yaitu polos berdiameter 12 mm sedangkan sengkangnya menggunakan polos berdiameter 6 mm,
9. uji desak beton digunakan kubus ukuran  $15 \times 15 \times 15$  cm<sup>3</sup>,
10. ukuran benda uji disesuaikan dengan kapasitas alat uji laboratorium dengan panjang benda uji 140 cm per sampel,
11. perbandingan campuran beton sesuai mutu beton ("mix design"),
12. nilai slump pada adukan beton ditetapkan 7,5-15 untuk setiap sampel adukan beton.

pengujian dilakukan di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia.

### **1.3 Metode Penelitian**

Metode penelitian ini merupakan rencana pelaksanaan, alat dan bahan yang digunakan serta prosedur pelaksanaan dan hasil yang diharapkan.

#### **a. Rencana Pelaksanaan**

Pelaksanaan penelitian di laboratorium diusahakan sesuai jadwal yang ditetapkan, dengan menyediakan segala sarana dan prasarana yang menunjang, seperti penyediaan bahan pembuatan cetakan sampel dan "mix design".

#### **b. Alat dan bahan**

Pada penelitian ini alat-alat yang digunakan antara lain :

1. timbangan,
2. cetakan kubus ukuran  $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}^3$ ,
3. set alat uji slump,
4. mesin pengaduk beton ("concrete mixer"),
5. mesin uji desak beton,
6. mesin uji lentur,
7. peralatan tambahan, ember, sekop, tongkat, pemadat dan lain-lain.

Sedangkan bahan yang digunakan antara lain :

1. semen portland tipe I merk Nusantara,

2. agregat halus berasal dari sungai krasak,
3. agregat kasar ( batu belah ) didapat dari PT. Perwita Karya, Piyungan,
4. tulangan pokok berdiameter 12 mm dan sengkang digunakan diameter 6 mm,
5. air yang digunakan untuk campuran beton dari laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia.

c. Prosedur Pelaksanaan

Prosedur pelaksanaan penelitian diuraikan secara singkat sebagai berikut ini.

1. perencanaan campuran beton untuk adukan, menggunakan perbandingan berat sesuai rencana "mix design", beton diaduk dengan menggunakan mesin pengaduk yang tersedia di laboratorium,
2. pengecoran dilaksanakan apabila adukan beton telah memenuhi nilai "slump" dengan cara beton ditumpahkan pada bak penampungan adukan, kemudian adukan ditampung dengan ember ke tempat cetakan, setelah itu adukan ditumpahkan kedalam cetakan,
3. pemadatan beton dilaksanakan menggunakan tongkat penumbuk sampai padat serta sisi cetakan diketuk-ketuk dengan menggunakan palu,
4. rawatan benda uji dengan membasahi benda uji sampai umur 14-28 hari,
5. materi pengujian di laboratorium meliputi pengujian kuat desak beton dan pengaruh penyambungan pengecoran terhadap geser lentur,

6. hasil penelitian dicatat untuk kemudian diolah menjadi data, gambar dan grafik.

Metode pembuatan sampel yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. cor dihentikan pada  $3/4L$  pakai tulangan rangkap dengan tulangan geser, ( sampel A ),
2. cor dihentikan pada  $1/2L$  pakai tulangan rangkap dengan tulangan geser, ( sampel B ),
3. cor dihentikan pada  $3/4L$  pakai tulangan sebelah dengan tulangan geser, ( sampel C ),
4. cor dihentikan pada  $1/2L$  pakai tulangan sebelah dengan tulangan geser, ( sampel D ),
5. cor dihentikan pada  $3/4L$  dengan tulangan sebelah, ( sampel E ),
6. cor dihentikan pada  $1/2L$  dengan tulangan sebelah, ( sampel F ),
7. cor dihentikan pada  $1/4L$  pakai tulangan rangkap dengan tulangan geser, ( sampel G ).

#### **1.4 Hipotesis**

Kekuatan balok struktur dalam menahan geser pada sambungan cor tidak banyak berbeda dengan balok tanpa sambungan. Pada monolitas agregat yang baik akan dicapai monolitas pada sambungan dengan baik pula, dalam hal ini beton dapat menjalankan kemampuan penuhnya menahan geser ( $V_c$ ).

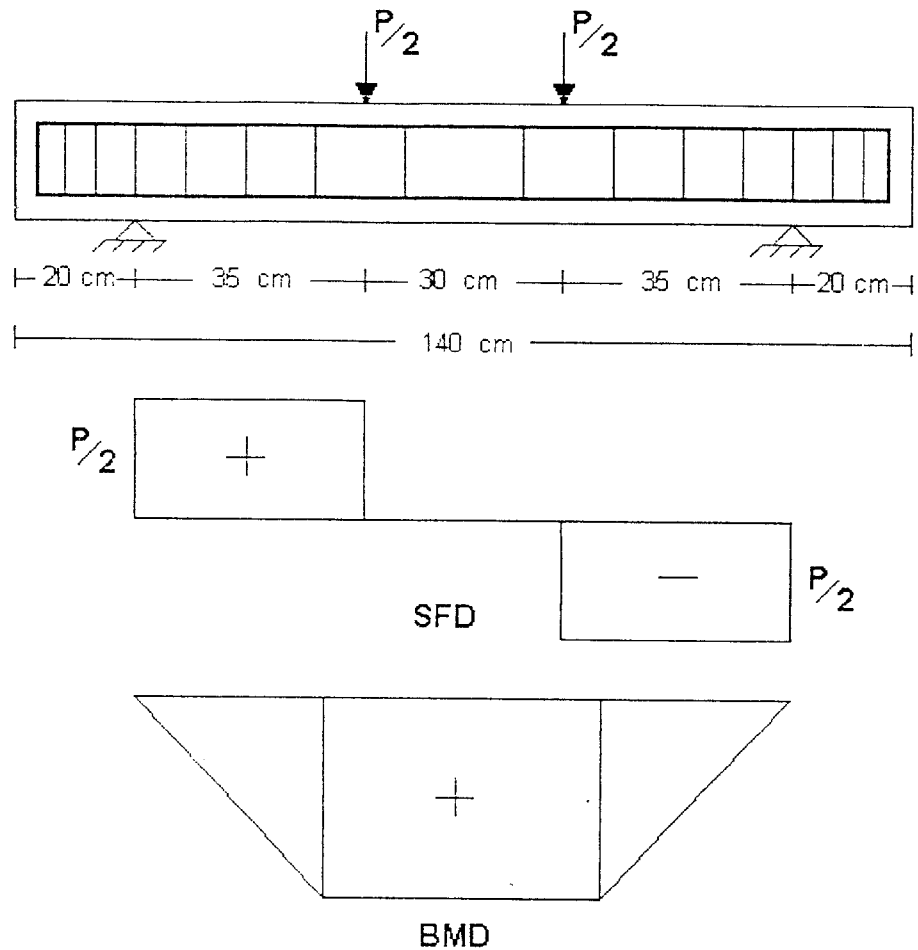
Balok struktur yang menggunakan penulangan geser pola perilakunya terhadap geser tidak terlalu membahayakan karena sebagian dari geser itu ditanggung oleh penulangan geser.

### **1.5 Perencanaan Benda Uji**

Secara umum ukuran balok dapat diperkirakan dengan mengambil  $h = L/10$  (untuk kedua ujung ditumpu bebas) dan untuk lebar sangat tergantung dari besarnya gaya lintang, biasanya diambil  $b = 1/2.h$  sampai  $b = 2/3.h$ .

Sedangkan pada percobaan ini bentangan balok yang digunakan sangat pendek yaitu 1,4 meter, sehingga kegagalan geser sangat menentukan. Benda uji direncanakan supaya mempunyai kemampuan geser lebih rendah dari kemampuan lenturnya karena terbatasnya kemampuan alat yang ada, maka beban rencana tidak boleh lebih dari  $P = 15$  ton.

Skema dari balok tersebut dapat dilihat seperti berikut ini.



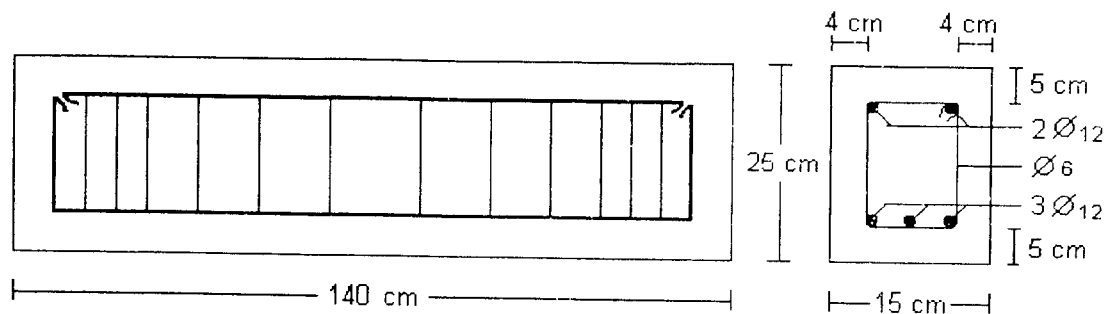
Gambar 1.1 Skema balok beton

Dari kondisi diatas, dihitung dengan kapasitas nominal mesin maksimum.

$$M_n \text{ max} = 7,5 \times 0,35 \times 9,81 = 25,7513 \text{ kNm}$$

$$V_n \text{ Max} = 7,5 \times 9,81 = 73,573 \text{ kN}$$

Dimensi balok dipakai 150/250



**Gambar 1.2 Dimensi balok beton**

$$d \text{ aktual} = h - P_b - D_s - 1/2 D_p$$

$$= 250 - 50 - 6 - 1/2 \times 12 = 188 \text{ mm}$$

Penulangan benda uji adalah sebagai berikut :

Baja digunakan mutu 32 atau  $F_y = 320 \text{ MPa}$ , untuk tulangan pokok

Kuat desak beton  $f_c' = 17,5 \text{ MPa}$

Kondisiimbang

$$f_c' < 30 \text{ MPa} \rightarrow \beta = 0,85$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta}{F_y} \cdot \frac{600}{600 + F_y}$$

$$= \frac{0,85 \cdot 17,5 \cdot 0,85}{320} \cdot \frac{600}{600 + 320} = 0,0258$$

Batasan SKSNI T - 15 - 1991 - 03 untuk nilai rasio tulangan adalah sebagai berikut ini.



$$f_{\min} = \frac{1,4}{F_y} = \frac{1,4}{320} = 0,004375$$

$$f_{\max} = 0,75 \cdot f_b = 0,75 \cdot 0,0258 = 0,01935$$

Tulangan pokok yang digunakan  $\phi$  12 mm

$$A_{dp} = 1/4 \cdot \pi \cdot 12^2 = 113,0973 \text{ mm}^2$$

Supaya jarak antar tulangan terpenuhi, maka :

$$X = \frac{b_w - 2P_b - 2D_s - N \cdot D_p}{(N - 1)} \geq 25$$

$$= b_w - 2P_b - 2D_s - N \cdot D_p \geq 25N - 25$$

$$= b_w - 2P_b - 2D_s + 25 \geq (25 + D_p)N$$

$$N < \frac{b_w - 2P_b - 2D_s + 25}{(25 + D_p)}$$

$$N < \frac{150 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 6 + 25}{(25 + 12)} = 2,2432 \approx 2 \text{ batang}$$

Untuk jarak minimal antar tulangan terpenuhi maksimal tulangan dalam tiap lapis dua batang. Jika hanya dipasang satu lapis tulangan adalah sebagai berikut ini.

$$f = \frac{2 \cdot A_{dp}}{b \cdot d} = \frac{2 \cdot 113,0973}{150 \cdot 188} = 0,0080 > f_{\min}$$

Jadi satu lapis tulangan diperbolehkan untuk digunakan pada penulangan benda uji. Sedangkan untuk jarak minimal antar tulangan tidak terpenuhi, dapat digunakan tiga batang tulangan.

Nilai rasio dalam satu lapis tulangan adalah sebagai berikut ini.

$$\rho = \frac{3 \cdot A_{dp}}{b \cdot d} = \frac{3 \cdot 113,0973}{150 \cdot 188} = 0.0120 > \rho_{\min}$$

Jarak antar tulangan jika dipasang tiga tulangan dalam satu lapis adalah:

$$X = \frac{b_w - 2P_b - 2D_s - N \cdot D_p}{(N - 1)} \geq 25 \text{ mm}$$

$$X = \frac{150 - 80 - 12 - 36}{(3 - 1)} = 11 \text{ cm} < 25 \text{ cm}$$

Untuk menghindari kegagalan lentur pada saat pengujian, maka kapasitas lentur harus lebih besar dari pada kapasitas geser tampang balok. Karena itu perlu dihitung kapasitas geser dan kapasitas lentur balok sebagai pembandingan agar memenuhi persyaratan pengujian (kegagalan geser).

a. Kapasitas Geser ( $V_c$ )

$$f_c' = 17,5 \text{ MPa}$$

$$b = 150 \text{ mm}$$

$$d = 188 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= 1/6 \cdot (\sqrt{f_c'}) \cdot b \cdot d \\
 &= 1/6 \cdot (\sqrt{17,5}) \cdot 150 \cdot 188 \\
 &= 19961,51 \text{ N} = 1,9961 \text{ T}
 \end{aligned}$$

b. Kapasitas Lentur

$$f_c' = 17,5 \text{ MPa}$$

$$F_y = 320 \text{ MPa}$$

$$\beta = 0,85$$

$$A_s = 2 \cdot 1/4 \cdot \pi \cdot 12^2 = 226,08 \text{ mm}^2$$

$$\text{Rasio tulangan: } \rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{226,08}{150 \cdot 188} = 0,00801$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{320} = 0,004375$$

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} = \frac{0,85 \cdot 17,5 \cdot 0,85}{320} \cdot \frac{600}{600 + 320} \\
 &= 0,0258
 \end{aligned}$$

$$\text{Syarat: } \rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0258 = 0,01934$$

$$\rho = 0,00801 < \rho_{\max} \quad (\text{OK}).$$

Pada keadaan balanced,  $C = T$

$$0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a = f_y \cdot A_s$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{226,08 \cdot 320}{0,85 \cdot 17,5 \cdot 150} = 32,4237 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas tampang: } M_n &= T \cdot Z = A_s \cdot f_y (d - a/2) \\ &= 226,08 \cdot 320 (188 - 32,4237/2) \cdot 10^{-3} \\ &= 11255,26 \text{ Nm} \\ &= 11,2553 \text{ kNm.} \end{aligned}$$

Balok lentur  $\phi = 0,8$

$$M_u = \phi \cdot M_n = 0,8 \cdot 11,2553 = 9,0042 \text{ kNm}$$

$$M_u = 1/2 P_u \cdot a + 1/8 W_u \cdot L^2$$

$$W_u = 1,2 \text{ WD} + 1,6 \text{ WL}$$

$$\text{WD (berat sendiri balok)} = 150 \cdot 250 \cdot 10^{-6} \cdot 24 = 0,9 \text{ kN/m}$$

$$W_u = 1,2 \cdot 0,9 + 1,6 \cdot 0 = 1,08 \text{ kNm}$$

$$M_u = 1/8 \cdot 1,08 \cdot 1^2 + 1/2 \cdot P_u \cdot 0,5$$

$$9,0042 = 0,135 + 1/2 \cdot P_u \cdot 0,5$$

$$P_u = 35,4768 \text{ kN.}$$

$$= 3,54768 \text{ T. (lentur)}$$

Berdasarkan hitungan kapasitas lentur lebih besar dari pada kapasitas geser.

- Perhitungan Tulangan Geser ( Sengkang )

Mutu baja U 32

Diameter ( D ) = 6 mm

$$V_c = 1/6 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot 150 \cdot 188 = 1/6 \cdot \sqrt{17,5} \cdot 150 \cdot 188 = 19961,51 \text{ N}$$

$$= 19,962 \text{ kN}$$

$$V_s = V_n - V_c = 73,575 - 19,962 = 53,613 \text{ kN}$$

$$A_v = 2/4 \cdot \pi \cdot D^2 = 2/4 \cdot \pi \cdot 6^2 = 56,5200 \text{ mm}^2$$

$$S_{\text{perlu}} = \frac{A_v \cdot F_y \cdot d}{V_s} = \frac{56,52 \cdot 320 \cdot 188}{53,613} = 63,422 \text{ mm}$$

Digunakan sengkang  $\phi 6 - 100$

Diambil jarak 100 mm dimaksudkan agar balok tidak terlalu kuat menahan geser. Implikasinya adalah daya mesin akan lebih besar sementara pada tumpuan dibatasi hanya untuk lendutan 1 cm guna pemeliharaan alat.

## 1.6 Perencanaan Campuran Beton

Perencanaan campuran beton dalam penelitian ini menggunakan cara DOE ( "Department of Environment" ), dimana cara ini dipakai sebagai standart perencanaan oleh Departemen Pekerjaan Umum RI. Langkah-langkah pokok cara DOE / Departemen Pekerjaan Umum yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. penetapan kuat tekan beton yang disyaratkan (  $F_c'$  ) pada umur tertentu,
2. penetapan nilai deviasi standart (  $s$  ),
3. penghitungan nilai tambah ( "margin" ),
4. menetapkan kuat tekan rata-rata yang direncanakan,

No.	Uraian
	→ dipakai faktor air yang rendah
10	Nilai slump
11	Ukuran maksimum agregat kasar
12	Kebutuhan air
13	Kebutuhan semen portland
14	Kebutuhan semen portland minir
	→ dipakai kebutuhan semen portland
15	Penyesuaian jumlah air atau faktor air
16	Gradasi daerah agregat halus
17	Persen berat agregat halus terhadap agregat kasar
18	Berat jenis agregat campuran
19	Berat jenis beton
20	Kebutuhan agregat
21	Kebutuhan agregat halus
22	Kebutuhan agregat kasar

Tabel 1.1 " Mix design

Kesimpulan :

Volume	berat total	air	semen
1 m <sup>3</sup>	2300 Kg	170 Ltr	340 Kg

5. penetapan jenis semen portland.
6. penetapan jenis agregat,
7. menetapkan faktor air semen,
8. penetapan air semen maksimum,
9. penetapan nilai slump,
10. penetapan besar butir agregat maksimum,
11. menetapkan jumlah air yang diperlukan per meter kubik beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat, jenis agregat, dan slump yang diinginkan,
12. hitung berat semen yang diperlukan,
13. dihitung kebutuhan semen minimum.

Dari perhitungan prosedur cara " DOE " di atas hasilnya di tabelkan di bawah ini.

**Tabel 1.1 " Mix design "**

No.	Uraian	Keterangan
1	Kuat tekan yang disyaratkan pada umur 28 hari	17,5 MPa
2	Deviasi standar (s)	4,2 MPa
3	Nilai tambah (m)	7,5 MPa
4	Kuat tekan rata-rata yang direncanakan	25 MPa
5	Jenis semen ( biasa/cepat mengeras )	biasa
6	Jenis Agregat kasar	batu pecah
7	Jenis Agregat halus	alami
8	Faktor air semen	0,5
9	Faktor air semen maksimum	0,6

No.	Uraian	Keterangan
	→ dipakai faktor air yang rendah	0,5
10	Nilai slump	15-7,5
11	Ukuran maksimum agregat kasar	20 mm
12	Kebuthan air	170 liter
13	Kebutuhan semen portland	340 kg
14	Kebutuhan semen portland minimum	275 kg
	→ dipakai kebutuhan semen portland	340 kg
15	Penyesuaian jumlah air atau fas	170 liter
16	Gradasi daerah agregat halus	1 ( satu )
17	Persen berat agregat halus terhadap campuran	45 %
18	Berat jenis agregat campuran	2700 kg/m <sup>3</sup>
19	Berat jenis beton	2300 kg/m <sup>3</sup>
20	Kebutuhan agregat	1790 kg/m <sup>3</sup>
21	Kebutuhan agregat halus	805,5 kg/m <sup>3</sup>
22	Kebutuhan agregat kasar	984,5 kg/m <sup>3</sup>

Tabel 1.1 " Mix design " ( lanjutan )

Kesimpulan :

Volume	berat total	air	semen	Ag. halus	Ag. kasar
1 m <sup>3</sup>	2300 Kg	170 Ltr	340 Kg	805,5 Kg	984,5 Kg



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Konsep Dasar Struktur Beton Bertulang**

Beton sederhana dibentuk oleh pengerasan campuran semen, air, agregat halus, agregat kasar ( batu pecah atau kerikil ), kadang-kadang diberi campuran tambahan lainnya. Campuran yang masih plastis ini dicor kedalam acuan dan dirawat untuk mempercepat reaksi hidrasi campuran semen dengan air yang menyebabkan pengerasan beton. Bahan yang terbentuk ini mempunyai kuat tekan yang tinggi dan ketahanan tarik yang rendah, kekuatan tarik beton diperkirakan 0.1 kali dari kekuatan tekannya. Oleh karena itu penguatan tarik dan geser harus diberikan pada daerah tarik dari penampang balok, hal ini dilakukan agar beton dapat digunakan untuk komponen struktur yang terdapat gaya tarik dan tekan secara bersamaan.

Komponen beton dan tulangan harus disusun komposisinya agar dapat dimanfaatkan secara optimal dan bekerja bersama-sama secara komposit, hal ini dimungkinkan karena beton dapat dengan mudah dibentuk. Jika unsur pembentuk beton dirancang dengan baik maka menjadi bahan yang kuat, tahan lama dan apabila dikombinasikan dengan baja tulangan akan menjadi elemen yang utama pada suatu sistem struktur

## 2.2 Material Pembentuk Beton

Untuk memahami dan mempelajari seluruh perilaku elemen gabungan diperlukan pengetahuan karakteristik masing-masing komponen beton. Beton dihasilkan dari interaksi mekanis dan kimia sejumlah material pembentuknya.

### 2.2.1 Semen Portland

Semen adalah bahan hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang 70%-80% terdiri dari Trikalsium Silikat ( $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ) dan Dikalsium Silikat ( $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ) yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahan. Semen jika diaduk air akan terbentuk adukan pasta semen, sedangkan jika diaduk dengan air kemudian ditambah pasir menjadi mortar semen dan jika ditambah lagi dengan kerikil disebut dengan beton.

1. Secara ringkas proses pembuatan semen portland adalah sebagai berikut ini.  
Bahan baku yang berupa campuran  $\text{CaO}$  (batu kapur),  $\text{SiO}_2$  (silika, dari lempung) dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (alumina, dari lempung) digiling bersama beberapa tambahan lainnya, baik dalam bentuk kering maupun basah. Bentuk basah ini disebut "slurry".
2. Pada proses kering, bahan-bahan tersebut dikeringkan, digiling dan dicampur sebelum dilakukan pembakaran. Sedangkan pada proses basah, bahan-bahan digiling dan dicampur air ( "slurry" ) sebelum pembakaran.

3. Campuran ini kemudian dibakar dalam tanur-putar-datar (panjang 50-60 m diameter 1,7-4 m) pada suhu 2700°F, sehingga diperoleh butiran yang dinamakan klingker keras yang berdiameter 1/16 - 2 inchi. Sebagai bahan bakar digunakan arang batu, minyak atau gas.
4. Klingker ini didinginkan dan kemudian digiling sampai berbentuk serbuk sambil dicampurkan gips tak terbakar ( $\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ ) 2 %. Penambahan gips ini berfungsi untuk mengontrol waktu pengerasan semen ( mengatur ikatan awal semen ).

Kekuatan semen merupakan hasil dari proses hidrasi. Proses kimia ini berupa rekristalisasi dalam bentuk "inter-locking crystals", sehingga membentuk gel semen (pasta) yang akan mempunyai kekuatan tekan tinggi apabila mengeras. Kekuatan awal semen portland semakin tinggi apabila semakin banyak prosentasi  $\text{C}_3\text{S}$  ( $= 3\text{CaOSiO}_2$ ).

Jika rawatan terus kelembaban berlangsung, kekuatan akhirnya meningkat dan akan lebih besar apabila prosentase  $\text{C}_2\text{S}$  ( $= 2\text{CaOSiO}_2$ ) semakin besar.  $\text{C}_3\text{A}$  ( $= 3\text{CaOAl}_2\text{O}_3$ ) mempunyai kontribusi terhadap kekuatan selama beberapa hari sesudah pengecoran beton, karena bahan ini yang mengalami hidrasi lebih dulu.

Di Indonesia seperti juga di Amerika, semen portland ( "Portland Cement" ) dibedakan menjadi lima tipe berikut ini.

1. Tipe I, "Normal Portland Cement" Semen jenis ini untuk penggunaan biasa yang tidak memerlukan sifat-sifat khusus misal gedung , jembatan, reservoir, saluran dan lain-lain.
2. Tipe II, "Modified Portland Cement". Panas hidrasinya lebih rendah dan keluarnya panas akan lebih lambat dari pada tipe I. Ketahanan terhadap sulfat baik. Jenis ini digunakan untuk bangunan tebal-tebal seperti "pier", pilar, perletakan "retaining wall", dan lain-lain. Rendahnya panas hidrasi dapat mengurangi retak-retak pengerasan.
3. Tipe III, "High Early Strength Portland Cement". Semen ini akan memperoleh kekuatan yang besar dalam waktu singkat sehingga dapat digunakan untuk pembuatan atau perbaikan bangunan-bangunan beton, yang perlu segera digunakan atau acuannya segera dilepas.
4. Tipe IV, "Low Heat Portland Cement". Semen ini merupakan jenis khusus untuk penggunaan yang memerlukan panas hidrasi serendah-rendahnya. Jenis ini digunakan untuk beton massa seperti bendungan.
5. Tipe V, "Sulfat Resisting Portland Cement". Tipe ini adalah jenis khusus yang dimaksudkan untuk penggunaan pada bangunan-bangunan yang terkena sulfat pekat seperti tanah atau air yang tinggi kadar alkali. Pengerasannya berjalan lebih lambat dari pada semen portland biasa.

Fungsi semen itu sendiri adalah untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak atau padat. Selain itu berfungsi juga

untuk mengisi rongga-rongga diantara butiran agregat. Walaupun semen hanya mengisi kira-kira 10% saja dari volume beton, karena merupakan bahan yang aktif, maka perlu dikontrol secara ilmiah.

### **2.2.2 Agregat**

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat ini kira-kira menempati sebanyak 70% volume beton.

Walaupun hanya dipakai sebagai bahan pengisi, agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat betonnya, sehingga pemilihan agregat merupakan bagian penting dalam pembuatan beton.

Dalam praktik agregat secara umum digolongkan menjadi dua jenis, yaitu agregat kasar dan agregat halus.

#### **1. Agregat kasar (kerikil, batu pecah)**

Ukuran agregat kasar adalah 5 mm sampai 40 mm. Sifat agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton dan meningkatkan ketahanan terhadap cuaca serta efek-efek perusak lainnya. Agregat kasar ini harus bersih dari zat-zat organik dan mempunyai sifat ikatan yang baik dengan semen, harus merupakan butiran yang keras dan tidak berpori, sedangkan kandungan lumpur maksimum yang diperbolehkan adalah 1 %.

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

Hal yang penting dalam pemilihan air antara lain kejernihannya dan air tidak mengandung bahan-bahan perusak (fosfat, asam alkali, minyak, bahan-bahan organis atau garam).

Secara umum air yang dapat dipakai untuk bahan pencampur beton ialah air yang apabila dipakai akan menghasilkan dengan kekuatan lebih dari 90% kekuatan beton yang memakai air suling (PBI 1971).

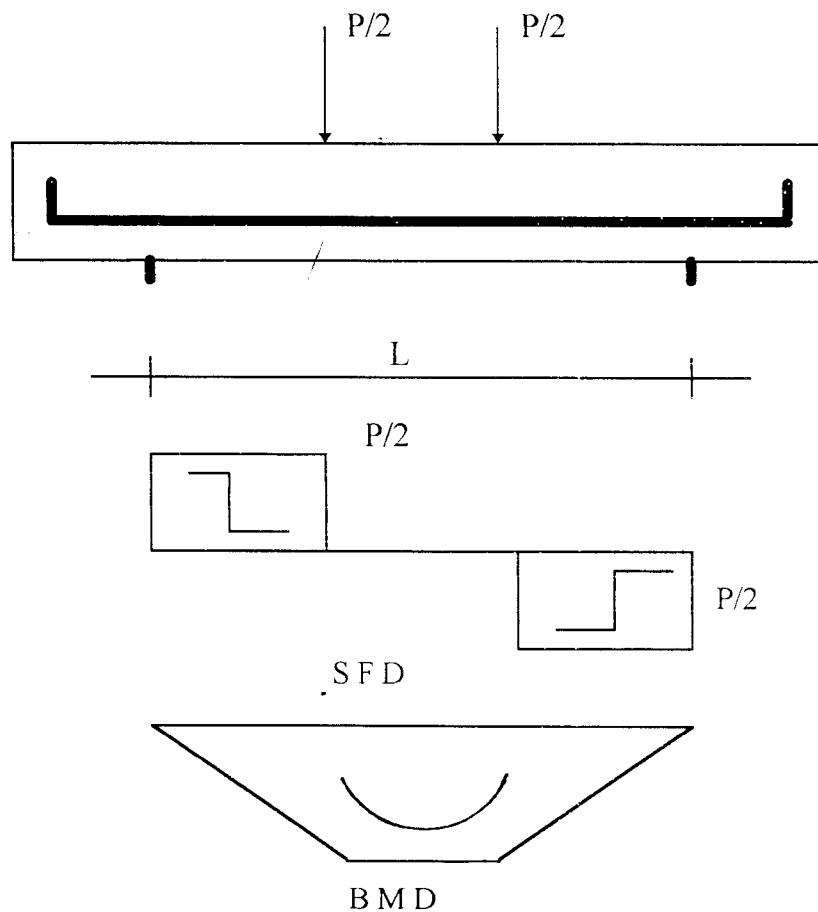
### **2.3 Perilaku Geser Pada Pembebanan**

Balok beton murni tanpa tulangan sangat kecil ketahanannya terhadap gaya geser dan lentur, dibandingkan kekuatan tekannya. Sebagai akibatnya, balok tersebut mengalami kegagalan pada sisi tariknya pada beban yang rendah, jauh sebelum kekuatan beton pada sisi tekan dapat dimanfaatkan sepenuhnya.

Pada balok bertulang, geser yang disebabkan oleh gaya lintang terutama sekali dipikul oleh penulangan longitudinal selain oleh tulangan geser, sedangkan beton biasanya hanya dapat menahan tekan yang terjadi. Aksi komposit dari kedua material itu hanya dapat berfungsi dengan baik apabila bisa dicegah bila terjadi slip atau tergelincir beton dan tulangan. Tegangan geser ( $v$ ) balok yang terjadi, dipengaruhi oleh besarnya gaya lintang, momen statis terhadap garis netral, lebar balok dan momen inersia tampang.

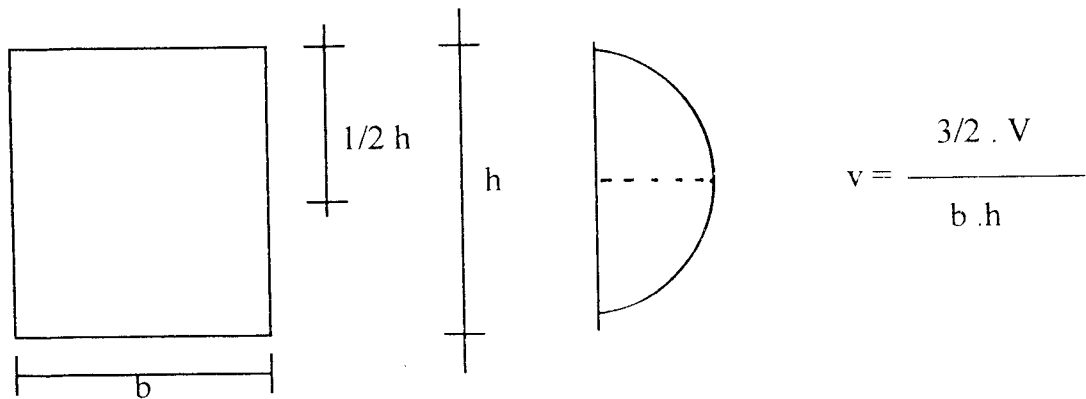
## 2.4 Analisa Tegangan Geser Pada Balok Persegi

perencanaan beton bertulang terhadap gaya lintang ternyata sesuai dengan lentur murni juga karena yang menentukan adalah perilaku struktur dalam stadium keruntuhan. Karena beban ini dapat digambarkan gaya lintang dan simbol atau menyatakan arah pergeseran yang cenderung terjadi dalam balok.



**Gambar 2.1 Diagram gaya lintang dan momen**

Selain itu distribusi geser dapat digambarkan sebagai bentuk parabolis pada penampang homogen. Seperti terlihat pada gambar di bawah ini.



**Gambar 2.2 Distribusi tegangan geser**

Andaikan beban balok sendiri diabaikan maka kedua tepi balok diantara perletakan dan beban terpusat terdapat besar gaya lintang yang besarnya konstan. Sedangkan besar gaya lintang di bagian tengah balok sama dengan nol. Momen lentur di antara dua beban terpusat sama dengan  $M = F.a$ .

Secara umum besarnya tegangan geser ( $v$ ) yang berlaku adalah

$$v = \frac{V \cdot S}{b \cdot I}$$

dengan

$V$  = gaya lintang,

$S$  = momen statis dari bagian yang tergeser terhadap garis netral,

$b$  = lebar balok,

$I$  = momen inersia tampang.

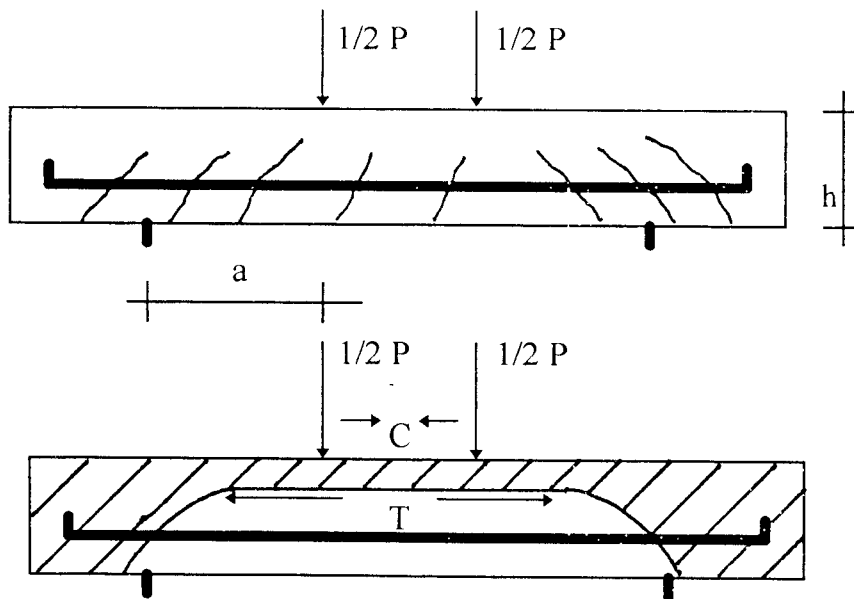


Untuk penampang persegi nilai maksimal tegangan geser

$$v_{\text{maks}} = \frac{V \cdot S}{b \cdot I} = \frac{V \cdot 1/2 \cdot b \cdot h \cdot 1/4h}{b \cdot 1/12 \cdot b \cdot h^3} = \frac{3 \cdot V}{2 \cdot b \cdot h}$$

Bila beban P ditingkatkan, maka pada daerah tarik akan terjadi retakan dan perilaku material pun tidak homogen lagi. Dalam balok berbentuk busur tekan dengan ikatan tarik.

Secara garis besar retakan, busur tekan dan ikatan tarik dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



**Gambar 2.3 Retakan, busur tekan dan ikatan tarik**

Berdasarkan SKSNI T15-1991-03 Bab 3.4 pasal 3.4.1.1 menetapkan bahwa gaya lintang yang bekerja pada penampang yang ditinjau harus direncanakan sehingga

$$V_u \leq \phi V_n$$

dengan  $V_u$  adalah gaya lintang pada penampang yang ditinjau. Dengan memperhatikan faktor-faktor beban maka didapat :

$$V_u = 1.2 V_d + 1,6 V_l$$

dengan,

$V_d$  = gaya lintang pada penampang yang ditinjau akibat beban mati,

$V_l$  = gaya lintang pada penampang yang ditinjau akibat beban hidup.

$V_n$  adalah kekuatan geser nominal yang dihitung sebagai berikut:

$$V_n = V_c + V_s$$

dengan,

$V_c$  = kekuatan geser nominal sumbangan beton,

$V_s$  = kekuatan geser nominal sumbangan tulangan geser,

$\phi$  = faktor reduksi

## 2.5 Perencanaan Penulangan Geser

Dasar pemikiran perencanaan penulangan geser atau penulangan geser badan balok adalah usaha menyediakan sejumlah tulangan baja untuk menahan gaya tarik arah tegak lurus terhadap retak tarik diagonal sedemikian rupa sehingga mampu mencegah bukaan retak lebih lanjut. Berdasarkan atas pemikiran tersebut dan juga memperhatikan pola retak, penulangan geser dapat dilakukan dalam beberapa cara seperti :

1. sengkang vertikal,

2. sengkang miring atau diagonal,
3. batang tulangan miring diagonal yang dapat dilakukan dengan cara membengkok batang tulangan pokok balok di tempat-tempat yang diperlukan.

Perencanaan geser untuk komponen-komponen struktur terlentur didasarkan pada anggapan bahwa beton menahan sebagian dari gaya geser, sedangkan kelebihan atau kekuatan geser di atas kemampuan beton untuk menahannya dilimpahkan kepada tulangan baja geser.

Apabila gaya geser yang bekerja ( $V_u$ ) lebih besar dari kapasitas geser beton ( $\phi V_c$ ) maka diperlukan penulangan geser untuk memperkuatnya. Apabila gaya geser yang bekerja di seberang tempat sepanjang bentang lebih besar dari  $1/2\phi V_c$ , peraturan mengharuskan memasang paling tidak tulangan geser minimum yang disyaratkan. Pada SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.4.1 dinyatakan bahwa dasar perencanaan tulangan geser adalah :

$$V_u \leq \phi V_n$$

dengan  $V_n = V_c + V_s$

sehingga  $V_u \leq \phi V_c + \phi V_s$

dengan  $V_u$ ,  $\phi$ ,  $V_c$ , sudah ditentukan,  $V_n$  adalah kuat geser ideal atau nominal dan  $V_s$  adalah kuat geser nominal yang dapat disediakan oleh tulangan geser.

## **BAB III**

### **PELAKSANAAN PENELITIAN**

#### **3.1 Perencanaan Campuran Beton**

Perencanaan beton pada benda uji didasarkan pada "mix design", yaitu menggunakan perbandingan berat. Sedangkan besar perbandingan berat adukan adalah 2,85 kerikil : 2,35 pasir : 1 semen dengan alat ukur yang dipakai adalah timbangan. Berat masing-masing komponen untuk satu satuan volume adukan adalah kerikil 57 kg; pasir 47 kg; semen 20 kg.

#### **3.2 Pelaksanaan Penelitian**

Perbandingan campuran adukan beton yang digunakan berdasarkan perhitungan diatas, dalam pelaksanaan di laboratorium kekuatan rencana beton diupayakan mendekati seperti yang direncanakan, oleh karena itu perlu diperhatikan prosedur pelaksanaan perencanaan beton.

##### **3.2.1 Persiapan Bahan dan Alat**

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah pasir halus, batu pecah (split) ukuran 1-2, semen, tulangan pokok 12 mm, tulangan geser 6 mm dan air. Tahap persiapan yang paling awal adalah pengadaan bahan-bahan tersebut.

Tabel 3.1 Material yang dipakai

No.	Bahan	Asal
1	Pasir	Sungai Krasak
2	Koral	Sungai Krasak
3	Split	P.T. Perwita Karya
4	Semen	Type I, Nusantara
5	Baja Tulangan	P.T. Krakatau Steel

Tabel 3.2 Peralatan yang digunakan dalam penelitian

No.	Alat	Fungsi
1	Mesin Pengaduk Beton	Penyampur/Pengaduk Beton
2	Mesin Uji Desak	Pengujian Desak Kubus Beton
3	Mesin Uji Lentur	Pengujian Lentur Balok Beton
4	Ekstenometer	Alat Pengukur Defleksi
5	Gelas Ukur	Menakar Air
6	Timbangan	Menimbang Sampel
7	Mistar dan Kaliper	Mengukur Bahan-bahan Uji
8	Bak Penampung	Menampung Beton Segar
9	Kerucut Abrams.	Mengukur Nilai Slump
10	Timba	Menakar Bahan Adukan
11	Cetakan	Acuan Bentuk Sampel
12	Alat Penumbuk	Pemadatan Pengecoran

### 3.2.2 Proses Pembuatan dan Rawatan Beton

Tahap pembuatan sampel beton dan rawatannya memerlukan ketelitian yang lebih untuk mendapatkan hasil sesuai rencana. Urutan pekerjaan tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut ini.

1. Bahan disiapkan serta rencana campuran beton telah dibuat, maka langkah selanjutnya adalah dilakukan penakaran bahan-bahan untuk memperoleh proporsi yang telah ditentukan atau sesuai dengan "mix design". Terlebih dahulu koral dan split yang akan dipakai, dicuci dari semua kotoran dan debu. Pencucian ini juga dimaksudkan agar diperoleh agregat dalam keadaan jenuh air kering permukaan ( "saturated surface dry" ).
2. Air dimasukkan sesuai takaran kebutuhan dengan semen dan diadakan pencampuran terlebih dahulu, kemudian dicampur agregat kasar dan halus. Mesin pengaduk beton diputar sampai campuran benar-benar homogen.
3. Untuk mengetahui kelecakan adukan beton, maka dilakukan pengukuran "slump" dengan menggunakan kerucut abrams berdiameter atas 10 cm, diameter bawah 20 cm, tinggi 30 cm dan dilengkapi tongkat penumbuk dari baja berdiameter 16 mm. Pelaksanaan pengukuran "slump" dilakukan dengan cara kerucut ditekan pada penyokongnya dan diisi adukan beton. Dibuat tiga lapis adukan dan setiap lapis ditumbuk - tumbuk sebanyak 25 kali, bagian atas kerucut adukan beton diratakan dan di diamkan selama 0,5 menit. Kerucut abrams diangkat perlahan-lahan tegak lurus dan

diletakkan disamping adukan beton yang runtuh kemudian diukur antara puncak kerucut dengan puncak keruntuhan ( penurunan ) adukan, selisih tersebut dinamakan nilai "slump".

4. Memasukkan adukan yang telah dibuat ke dalam bekesting atau cetakan beton yang telah diolesi pelumas dan diberi tulangan dengan adukan berlapis-lapis dan tiap lapis ditumbuk dengan tongkat penumbuk sampai padat. Setelah selesai pemadatan sisi cetakan diketuk-ketuk/digetarkan menggunakan palu kayu, sehingga terjadi pemadatan yang sempurna dan gelembung udara yang terperangkap akan keluar. Pada permukaan adukan dalam cetakan ditekan dan diratakan dengan memakai sendok beton. Adukan yang telah dicetak didiamkan dan diletakkan di tempat yang terlindung dari hujan maupun sinar matahari. Adukan dalam satu mesin pengaduk harus diambil dan dibuat sampel pada cetakan kubus untuk mengetahui kuat desak beton tersebut.
5. Cetakan dibuka setelah pengerasan berlangsung, yaitu setelah 2 minggu ( PBI 71 ), kemudian rawatan beton dilakukan selama belum dilakukan pengujian.
6. Rawatan beton yang dilakukan adalah menutupi sampel yang baru dibuat dengan karung goni basah dan menjaga kelembabannya dengan cara membasahi atau menyirami terus menerus goni tersebut, untuk mencegah

proses pengeringan permukaan beton yang dapat mengakibatkan retak permukaan. Rawatan dilakukan paling sedikit selama dua minggu

### **3.3 Pengujian Balok Uji**

Pengujian benda uji dilakukan pada beton berumur 28 hari, dengan sebelumnya dicat lebih dahulu untuk memudahkan pada waktu pengamatan retak. Pengujian geser beton dilakukan di laboratorium dengan alat uji yang telah tersedia.

#### **3.3.1 Pengujian Geser**

Pelaksanaan pengujian balok beton dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Sebelum dilaksanakan pengujian, benda uji ditimbang dan diberi tanda sebagai titik perletakan serta titik pembebanan pada benda uji. Kemudian diletakkan pada tumpuan sesuai dengan tanda yang telah diberikan serta letak bebannya. Di bawah benda uji dipasang alat untuk mengukur lendutan ( "ekstenometer" ) yang terjadi pada waktu pelaksanaan pengujian geser.
2. Mesin uji dihidupkan untuk dilakukan pembebanan secara perlahan-lahan, konstan dan dinaikkan secara berangsur-angsur sehingga pada batas kekuatan tertentu sampai dengan benda uji mengalami patah atau retak.
3. Hasil retak ditandai dan ditulis pada saat pengujian sedang berlangsung pada balok yang mengalami retak tersebut dan dilakukan pengamatan perilaku geser dari pola retak yang terjadi. Lendutan dicatat dengan



memakai interval beban sebesar 250 kg sampai kekuatan maksimal. Kemudian hasil pengujian dicatat sesuai dengan jarum penunjuk pembebanan pada mesin uji tersebut.

### **3.3.2 Pengujian Kuat Desak Beton**

Benda uji dicetak dengan cetakan kubus, yang berukuran 150 mm x 150 mm x 150 mm. Cetakan ini terbuat dari baja dengan mengingat kekakuannya pada saat pemadatan beton. Sebelum cetakan dirakit, permukaan cetakan harus diberi oli atau minyak dengan maksud untuk mencegah terjadinya lekatan antara beton dengan cetakan.

Langkah pengujian kuat desak kubus beton adalah sebagai berikut ini.

1. benda uji ditempatkan dalam posisi tegak lurus dengan bidang rata pada mesin uji kuat desak beton,
2. mesin uji desak dihidupkan, pembebanan akan diberikan secara berangsur-angsur, sehingga benda uji tersebut hancur pada beban maksimum. Kemudian mesin dimatikan, besar beban dicatat sesuai jarum penunjuk pembebanan.

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Penelitian dilakukan dengan menggunakan benda uji balok persegi panjang serta dilakukan pengujian terhadap kuat tarik baja dan kuat desak beton untuk mengetahui kuat desak beton karakteristik yang telah dicapai dalam percobaan ini. Hasil penelitian adalah sebagai berikut ini.

#### 4.1 Kuat Tarik Baja Tulangan

Pengambilan benda uji dilakukan dengan memotong baja tulangan sepanjang 50 cm, dari tiap-tiap baja tulangan yang dipakai. Satu macam tulangan digunakan untuk tiga sampel. Hasil dari kuat tarik baja tulangan dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

**Tabel 4.1 Kuat tarik baja tulangan diameter 12 mm polos**

Sampel	A (10 <sup>-2</sup> cm)	P leleh (Kg)	P max (Kg)	P putus (Kg)	$\sigma l = P/A$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma l$ Rata <sup>2</sup> (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	88,203	2950	4620	3600	3344,557	3252,552
2	89,0365	2630	3920	3210	2953,844	
3	89,0365	3080	4780	4170	3459,255	

Keterangan:

A = luas baja tulangan,

P luluh = beban saat terjadi luluh,

P max = beban maximum baja tulangan,

$\sigma l$  = tegangan luluh baja.

$$\sigma l_r = \frac{\sigma l_1 + \sigma l_2 + \sigma l_3}{3} = \frac{3344,557 + 2953,844 + 3459,255}{3} = 3252,552 \text{ kg/cm}^2$$

#### 4.2 Kuat Desak Beton

Setiap pengadukan campuran beton diambil satu sampai dua sampel kubus beton. Pengujian dilakukan setelah benda uji berumur 28 hari. Dari hasil pengujian kuat desak kubus beton umur 28 hari diperoleh tegangan desak beton seperti tabel berikut ini.

Tabel 4.2 Hasil pengujian kuat desak beton

No. Sampel	Nilai Slump ( cm )	Berat ( Kg )	P ( KN )	$\sigma k$ ( Kg/cm <sup>2</sup> )
1	14,8	8	570	250,1646
2	15,0	8	570	250,0
3	14,5	8	640	278,6558
4	14,5	8,3	570	248,1779
5	14,5	8,2	570	245,902
6	15,5	8,1	550	241,217
7	14,25	8	585	255,243

8	15,5	8,1	590	255,367
9	14,5	8	550	242,018
10	15,7	8	520	225,826
11	14,25	8,3	550	238,077
12	15,75	7,9	640	277,925
13	14,75	7,9	580	247,768
14	15	7,9	525	228,738
15	15,5	8	440	191,7044
16	15,5	8,3	640	277,928
17	14,0	8	515	226,633
18	14,0	8,2	680	295,293
19	14,8	8,1	540	235,274
20	14,5	7,9	465	201,273
21	14,75	8,2	660	281,945
22	15,5	8	600	261,415

Tabel 4.2 Hasil pengujian kuat desak beton (lanjutan)

Hasil perhitungan kuat beton karakteristik menurut PBI - 1971 adalah sebagai berikut ini.

$$\sigma'_{bm} = \frac{\sum_{i=1}^n x \sigma' b}{N} = \frac{5654,5434}{22} = 257,0247$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\sigma' b - \sigma'_{bm})^2}{N - 1}} = \sqrt{\frac{13433,7199}{22 - 1}} = 25,2923$$

$$\sigma_{bk} = \sigma'_{bm} - (1,64 \times s)$$

$$\sigma_{bk} = 257,0247 - (1,64 \times 25,2923)$$

$$\sigma_{bk} = 215,545 \text{ (kubus)}$$

$$f'_c = 0,83 \times 215,545$$

$$= 17,890 \text{ MPa (memenuhi syarat)}$$

### 4.3 Hasil Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan benda uji balok persegi, sesuai prosedur yang berlaku. Diharapkan benda uji tersebut dapat mewakili sifat karakteristik beton yang diteliti dalam percobaan ini. Hasil penelitian geser dari masing-masing sampel balok dikelompokkan dalam bentuk tabel yang menunjukkan nilai defleksi pada setiap interval pembebanan. Dari setiap grafik selanjutnya dapat diplotkan dalam suatu grafik hubungan antara beban dan defleksi. Pola retak yang terjadi pada setiap sampel dapat dilihat pada gambar berikutnya.

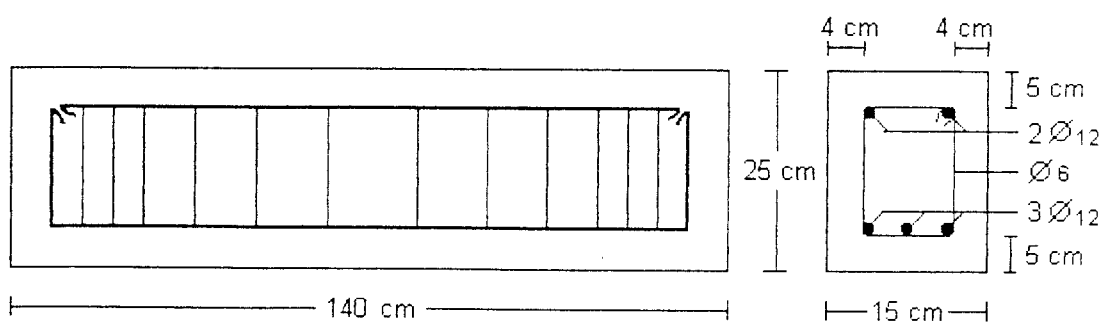
Tabel 4.3 Data hasil pengujian sampel A

(cor dihentikan pada 3/4 L, pakai tulangan rangkap dan tulangan geser)

No.	Sampel A1			Sampel A2			Sampel A3		
	P (Kg)	W (Kg)	$\Delta \cdot 10^{-2}$ (mm)	P (Kg)	W (Kg)	$\Delta \cdot 10^{-2}$ (mm)	P (Kg)	W (Kg)	$\Delta \cdot 10^{-2}$ (mm)
1	250	132,5	50	250	131	41	250	133,5	13
2	500		72	500		60	500		30
3	750		89	750		81	750		41
4	1000		105	1000		95	1000		55
5	1250		124	1250		115	1250		70
6	1500		151	1500		131	1500		91
7	1750		179	1750		150	1750		99
8	2000		193	2000		161	2000		103
9	2250		208	2250		180	2250		121
10	2500		220	2500		198	2500		132
11	2750		233	2750		218	2750		145
12	3000		245	3000		241	3000		167
13	3250		269	3250		260	3250		182
14	3500		287	3500		284	3500		200
15	3750		303	3750		304	3750		225
16	4000		321	4000		329	4000		245
17	4250		338	4250		350	4250		260
18	4500		358	4500		383	4500		285
19	4750		391	4750		410	4750		310
20	5000		411	5000		430	5000		325
21	5250		439	5250		455	5250		350
22	5500		455	5500		475	5500		367
23	5750		462	5750		510	5750		390

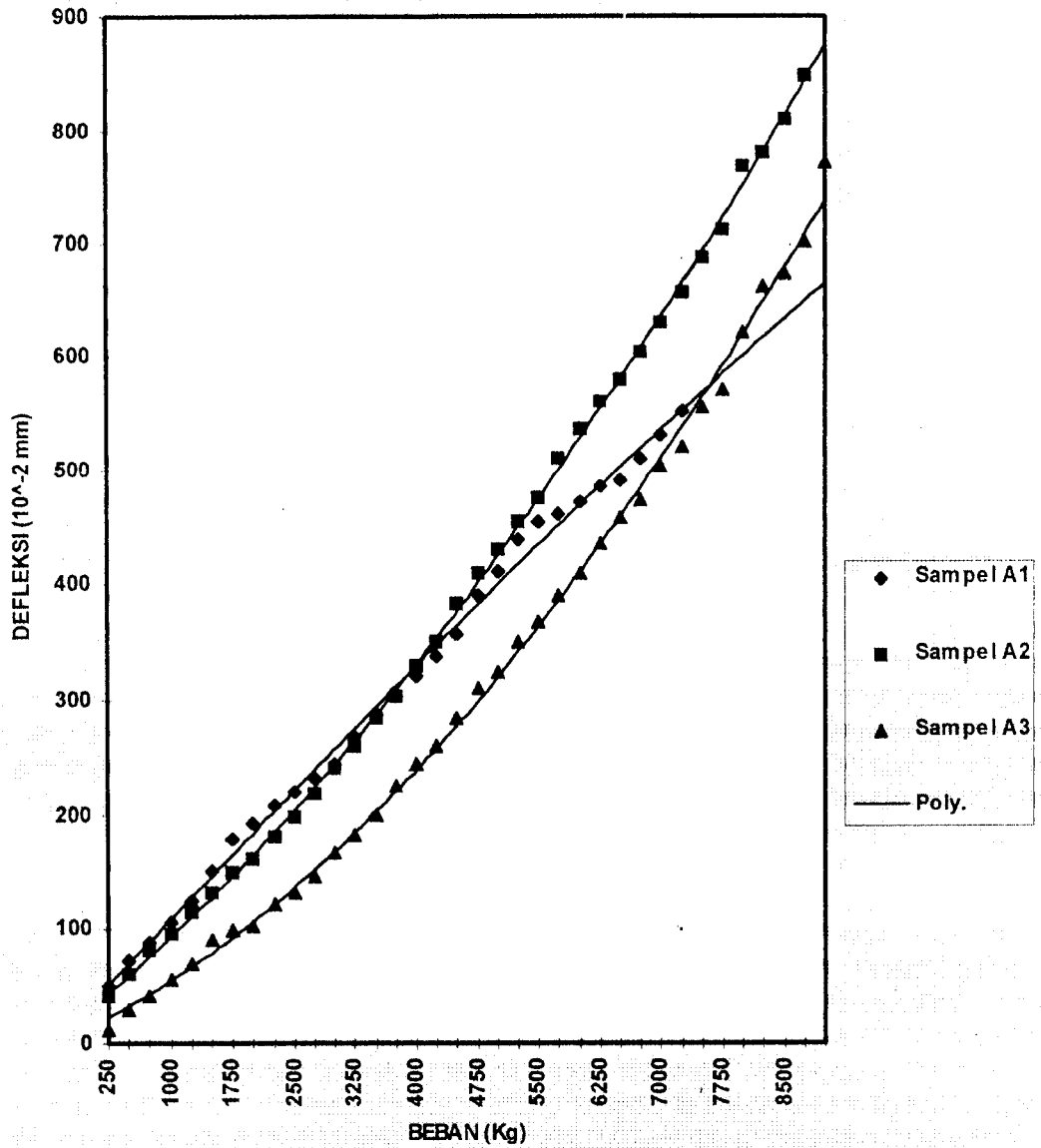
24	6000		471	6000		535	6000		410
25	6250		485	6250		560	6250		435
26	6500		491	6500		580	6500		458
27	6750		510	6750		603	6750		473
28	7000		530	7000		629	7000		503
29	7250		552	7250		655	7250		521
30	7500			7500		688	7500		555
31	7750			7750		713	7750		571
32	8000			8000		769	8000		620
33	8250			8250		781	8250		660
34	8500			8500		810	8500		673
35	8750			8750		848	8750		703
36	9000			9000			9000		772
Retak awal = 4250		Retak awal = 4400		Retak awal = 3750					
Beban max = 10250		Beban max = 10400		Beban max = 11800					

**Tabel 4.3 Data hasil pengujian sampel A (lanjutan)**

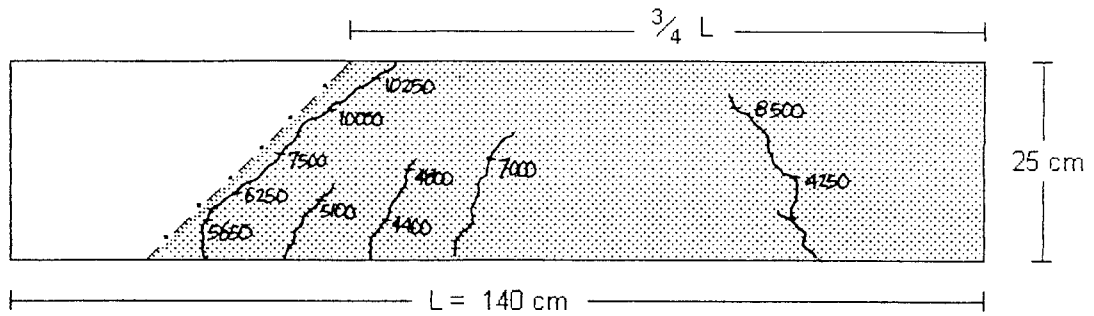


**Gambar 4.1 Penulangan sampel balok A**

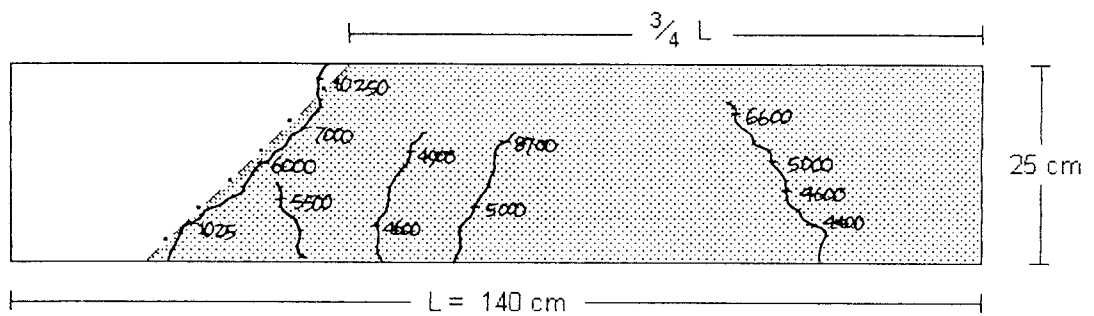
### GRAFIK SAMPEL A



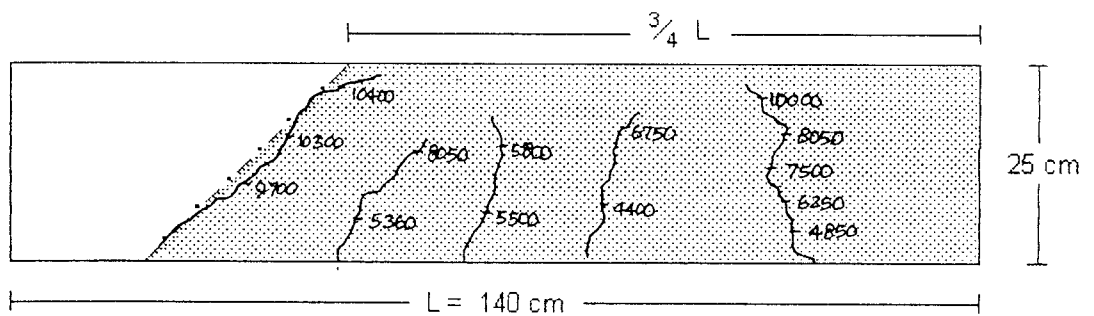




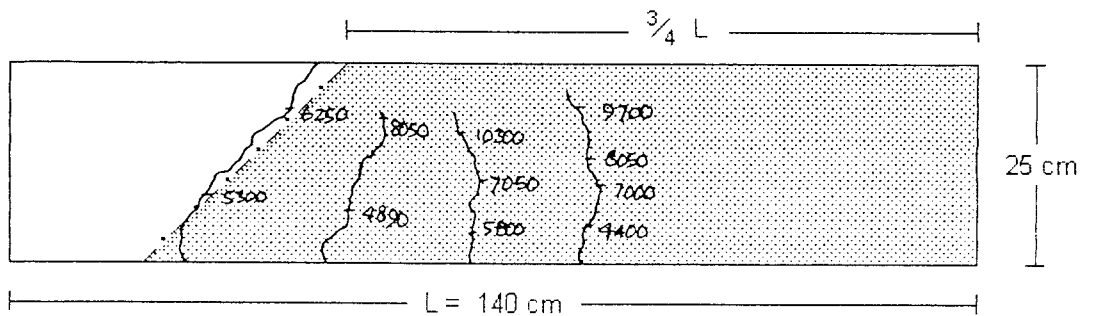
Sampel balok beton A1, sisi muka



Sampel balok beton A1, sisi belakang

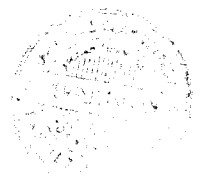


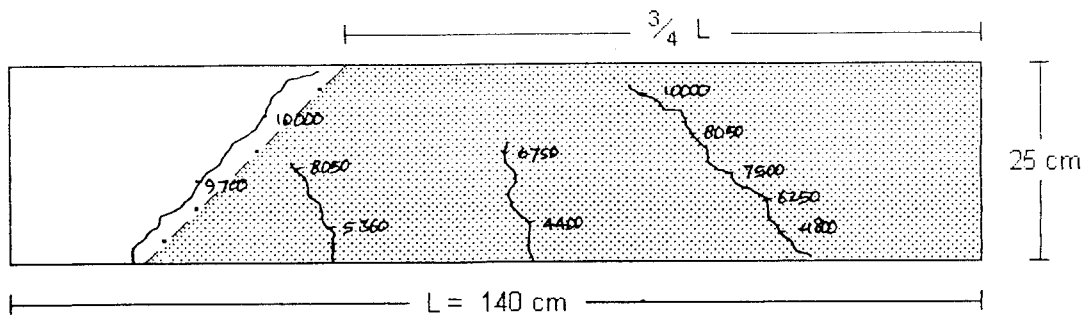
Sampel balok beton A2, sisi muka



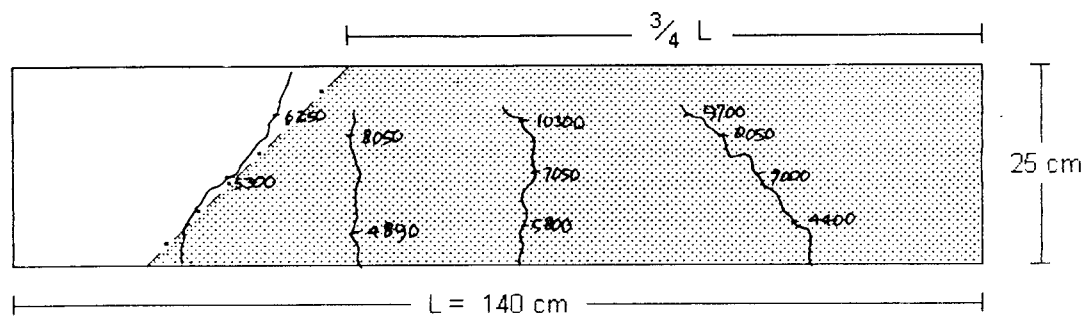
Sampel balok beton A2, sisi belakang

Gambar 4.2 Pola retak sampel A







**Sampel balok beton A3, sisi muka**



**Sampel balok beton A3, sisi belakang**

Dengan,

 = pengecoran hari pertama, dihentikan pada  $3/4 L$ ,

 = pengecoran hari kedua, sisa pengecoran bentang  $L$ .

**Gambar 4.2 Pola retak sampel A (lanjutan)**

(Cor dihentikan pada  $3/4 L$ , pakai tulangan rangkap dan tulangan geser)

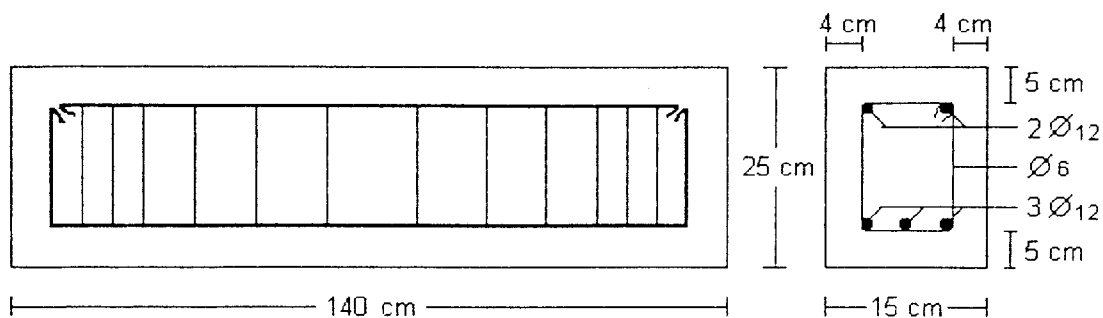
Tabel 4.4 Data hasil pengujian sampel B

(cor dihentikan pada 1/2 L, pakai tulangan rangkap dan tulangan geser)

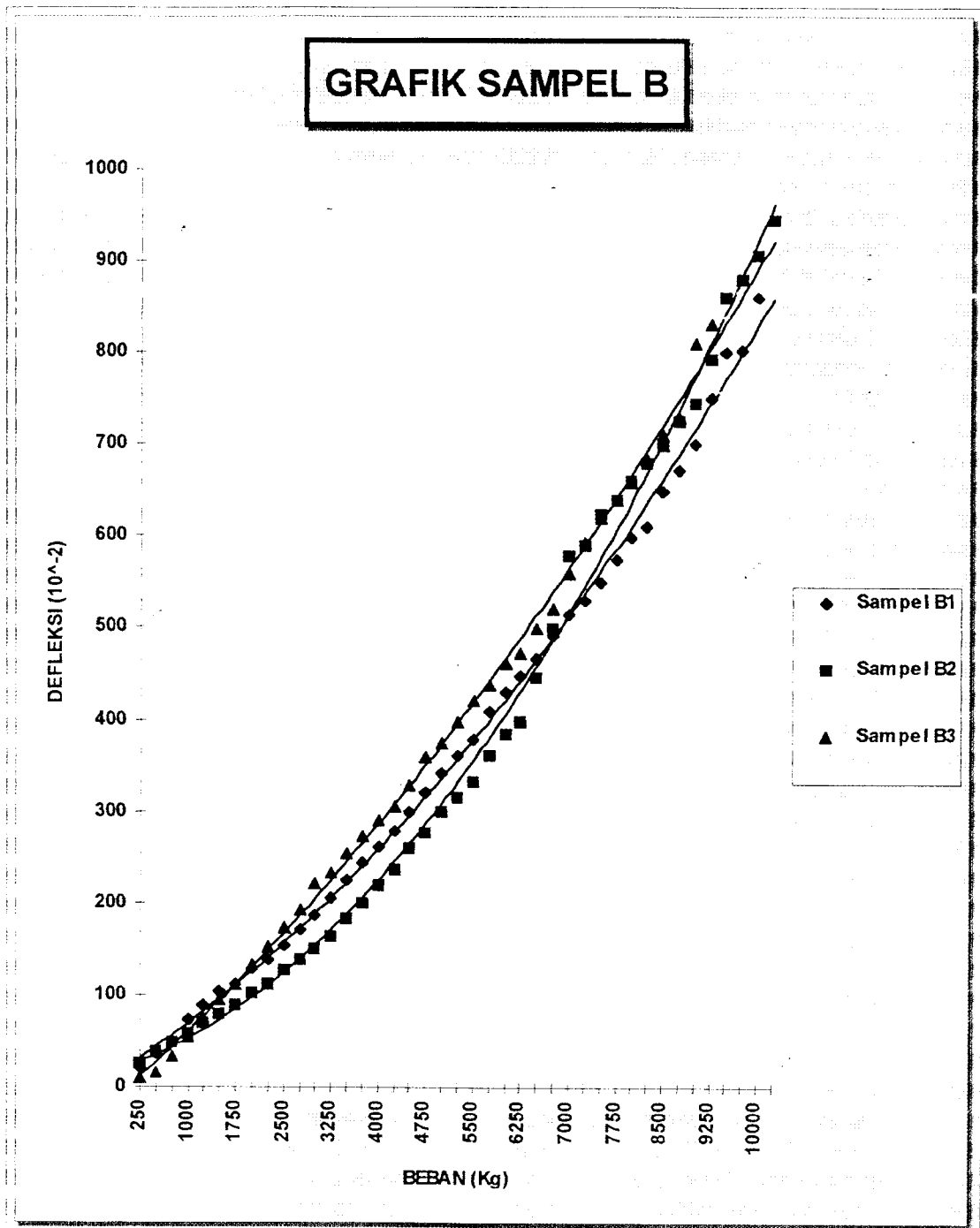
No.	Sampel B1			Sampel B2			Sampel B3		
	P (Kg)	W (Kg)	$\Delta \cdot 10^{-2}$ (mm)	P (Kg)	W (Kg)	$\Delta \cdot 10^{-2}$ (mm)	P (Kg)	W (Kg)	$\Delta \cdot 10^{-2}$ (Kg)
1	250	133,3	22	250	133,2	24	250	132	9
2	500		36	500		39	500		15
3	750		48	750		48	750		33
4	1000		73	1000		57	1000		54
5	1250		89	1250		69	1250		75
6	1500		103	1500		79	1500		95
7	1750		111	1750		89	1750		112
8	2000		128	2000		102	2000		132
9	2250		139	2250		112	2250		152
10	2500		153	2500		126	2500		173
11	2750		171	2750		138	2750		192
12	3000		187	3000		150	3000		215
13	3250		206	3250		164	3250		233
14	3500		225	3500		183	3500		254
15	3750		243	3750		200	3750		273
16	4000		261	4000		219	4000		290
17	4250		279	4250		236	4250		306
18	4500		300	4500		260	4500		329
19	4750		321	4750		277	4750		359
20	5000		341	5000		300	5000		375
21	5250		360	5250		315	5250		398
22	5500		378	5500		333	5500		421
23	5750		409	5750		360	5750		438

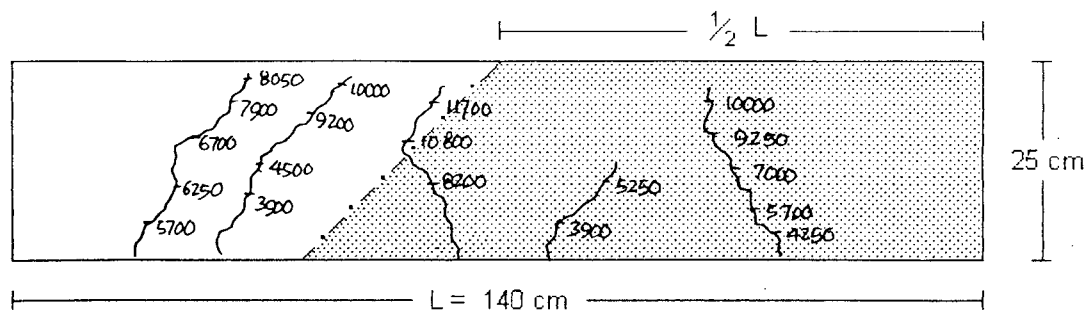
24	6000		429	6000		383	6000		460
25	6250		447	6250		398	6250		472
26	6500		467	6500		445	6500		500
27	6750		491	6750		500	6750		520
28	7000		515	7000		577	7000		558
29	7250		530	7250		589	7250		593
30	7500		549	7500		623	7500		620
31	7750		573	7750		640	7750		640
32	8000		598	8000		660	8000		659
33	8250		611	8250		680	8250		683
34	8500		648	8500		698	8500		710
35	8750		671	8750		726	8750		730
36	9000		700	9000		744	9000		810
37	9250		750	9250		793	9250		832
38	9500		800	9500		860	9500		
39	9750		803	9750		880	9750		
40	10000		860	10000		905	10000		
41	10250					945			
Retak awal = 4050			Retak awal = 3900			Retak awal = 4700			
Beban max = 11900			Beban max = 13000			Beban max = 12650			

Tabel 4.4 Data hasil pengujian sampel B (lanjutan)

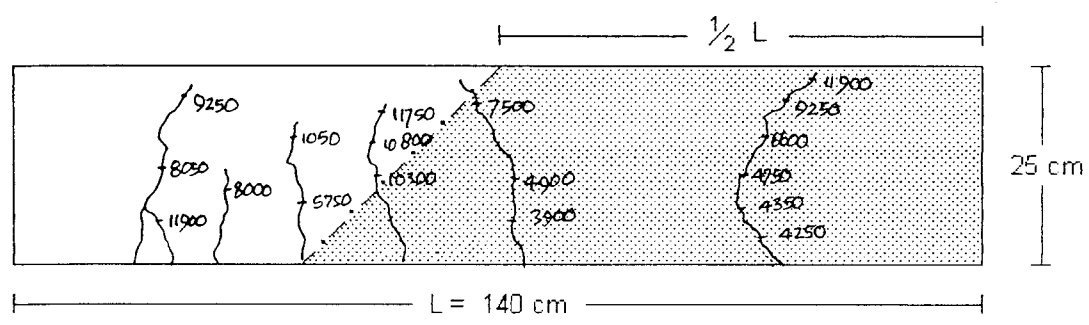


Gambar 4.3 Penulangan sampel balok B

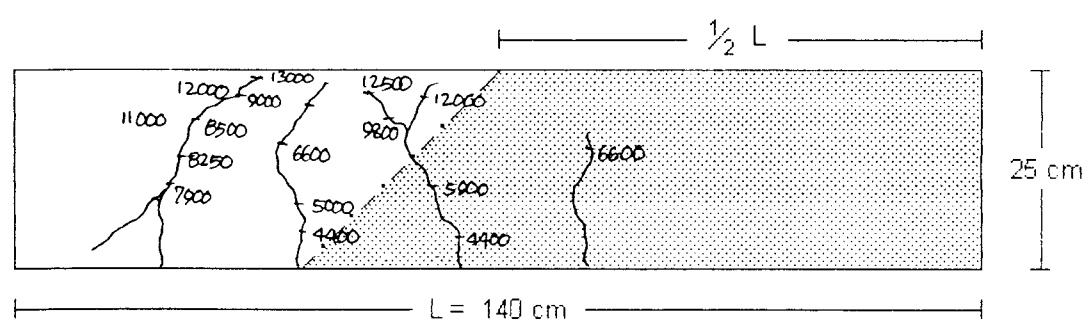




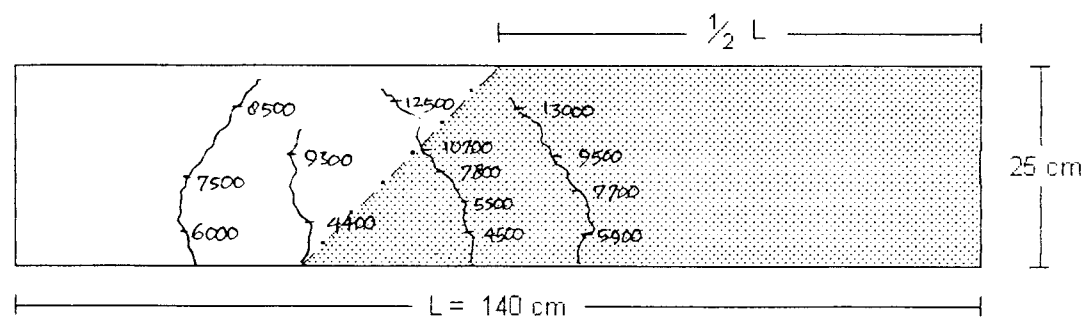
Sampel balok beton B1, sisi muka



Sampel balok beton B1, sisi belakang

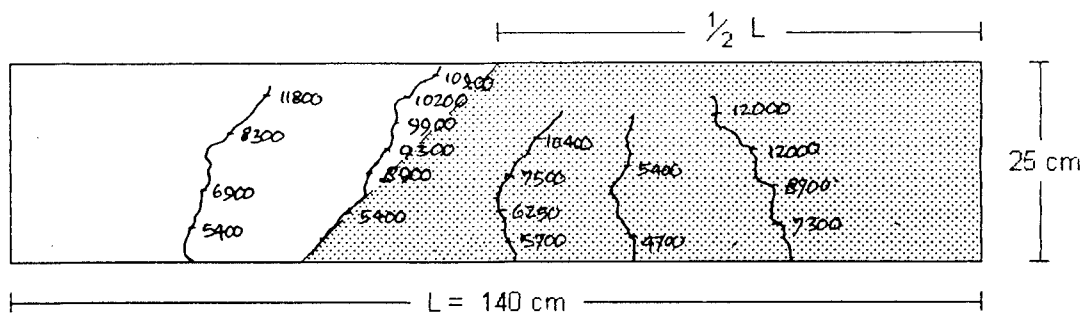


Sampel balok beton B2, sisi muka

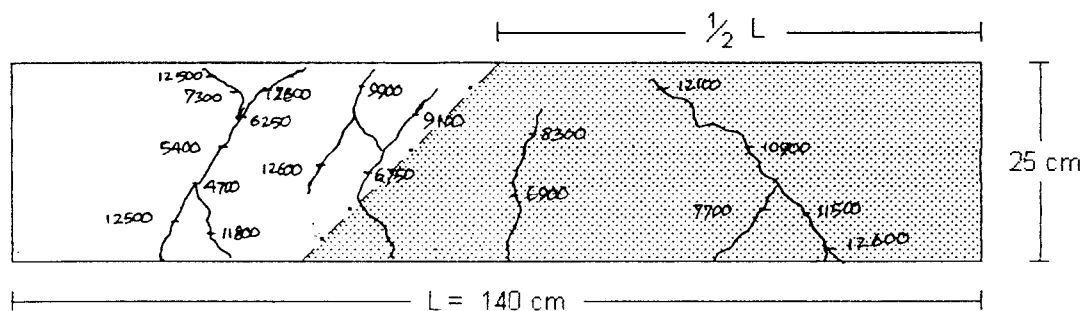


Sampel balok beton B2, sisi belakang

Gambar 4.4 Pola retak sampel B





**Sampel balok beton B3, sisi muka**



**Sampel balok beton B3, sisi belakang**

dengan,

 = pengecoran hari pertama, dihentikan pada  $1/2 L$ ,

 = pengecoran hari kedua, sisa pengecoran bentang L.

**Gambar 4.4 Pola retak sampel B ( lanjutan )**

(cor dihentikan pada  $1/2 L$ , pakai tulangan rangkap dan tulangan geser)

**Tabel 4.5 Data hasil pengujian sampel C**

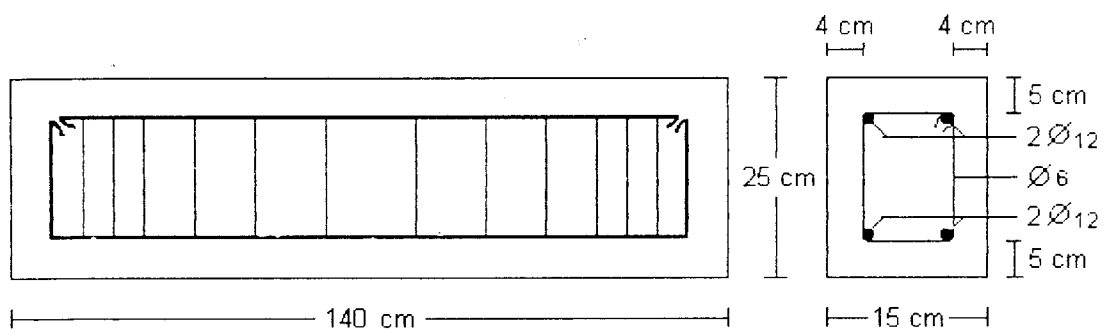
(cor dihentikan pada 3/4 L, pakai tulangan sebelah dan tulangan geser)

No.	Sampel C1			Sampel C2			Sampel C3		
	P (Kg)	W (Kg)	$\Delta$ .10-2 (mm)	P (Kg)	W (Kg)	$\Delta$ .10-2 (mm)	P (Kg)	W (Kg)	$\Delta$ .10-2 (mm)
1	250	129,2	15	250	127,5	30	250	129,3	19
2	500		31	500		42	500		31
3	750		44	750		52	750		41
4	1000		59	1000		62	1000		54
5	1250		77	1250		75	1250		69
6	1500		92	1500		88	1500		81
7	1750		105	1750		100	1750		95
8	2000		119	2000		110	2000		125
9	2250		135	2250		130	2250		140
10	2500		153	2500		144	2500		149
11	2750		170	2750		172	2750		155
12	3000		192	3000		194	3000		178
13	3250		225	3250		211	3250		200
14	3500		243	3500		238	3500		221
15	3750		265	3750		260	3750		242
16	4000		292	4000		300	4000		263
17	4250		315	4250		315	4250		282
18	4500		353	4500		343	4500		330
19	4750		381	4750		368	4750		350
20	5000		390	5000		400	5000		370
21	5250		433	5250		419	5250		395
22	5500		479	5500		445	5500		415
23	5750		490	5750		492	5750		445

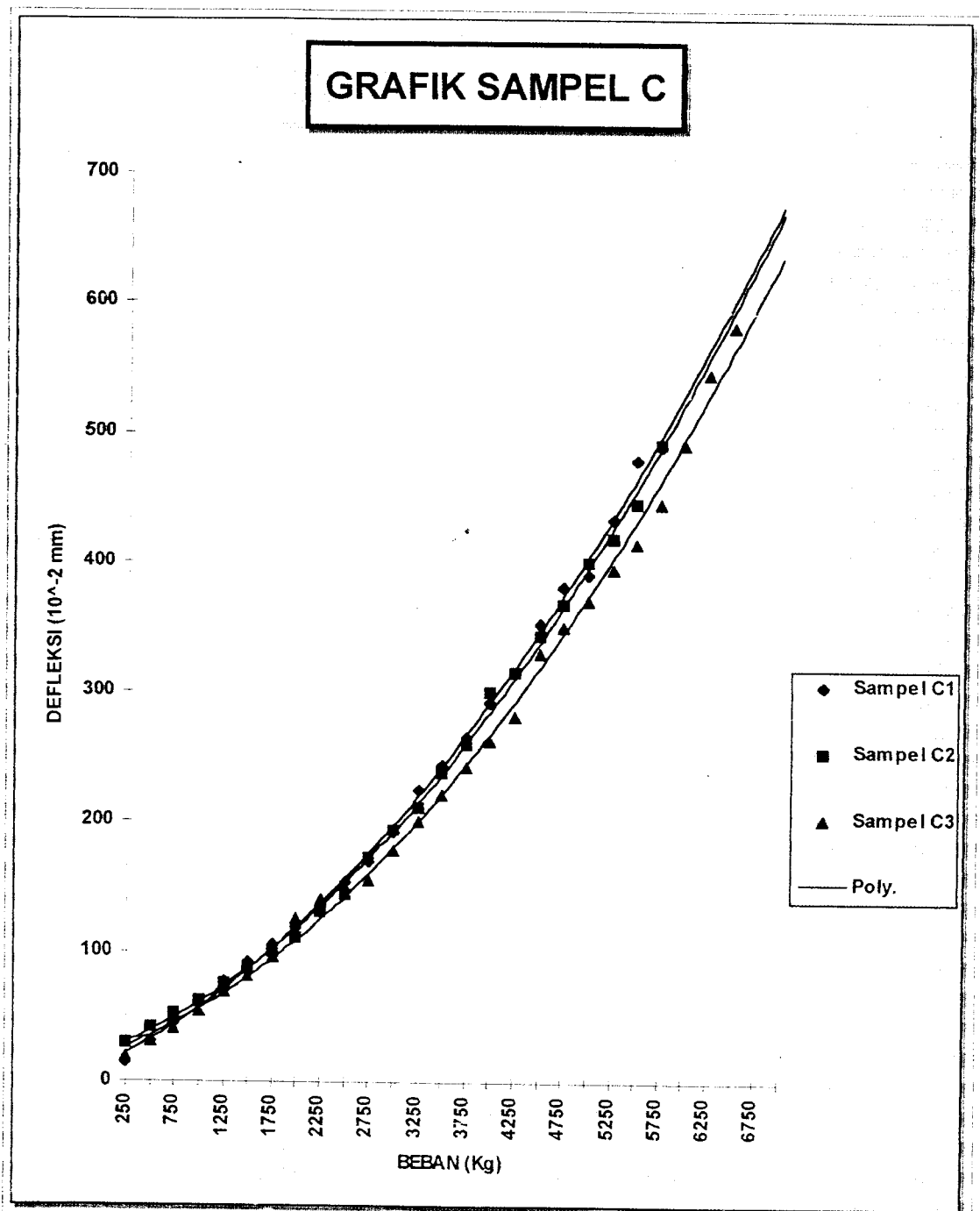


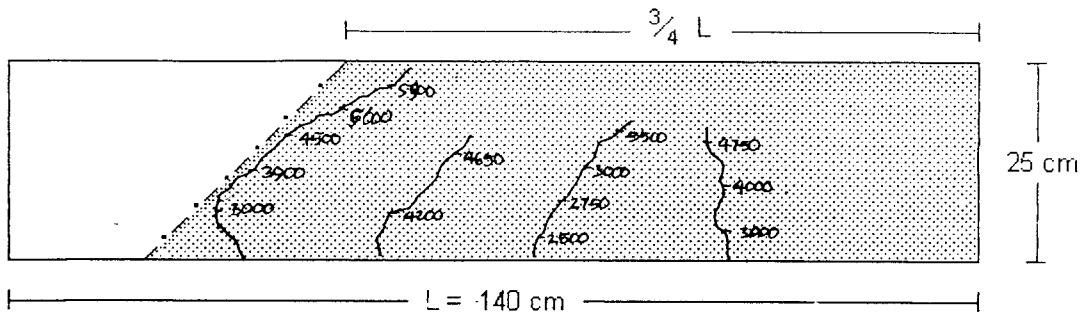
24	6000			6000			6000		492
25	6250			6250			6250		545
26	6500			6500			6500		582
27	6750			6750			6750		
28	7000			7000			7000		
	Retak awal = 3000			Retak awal = 2500			Retak awal = 3000		
	Beban max = 8050			Beban max = 6900			Beban max = 7750		

**Tabel 4.5 Data hasil pengujian sampel C (lanjutan)**

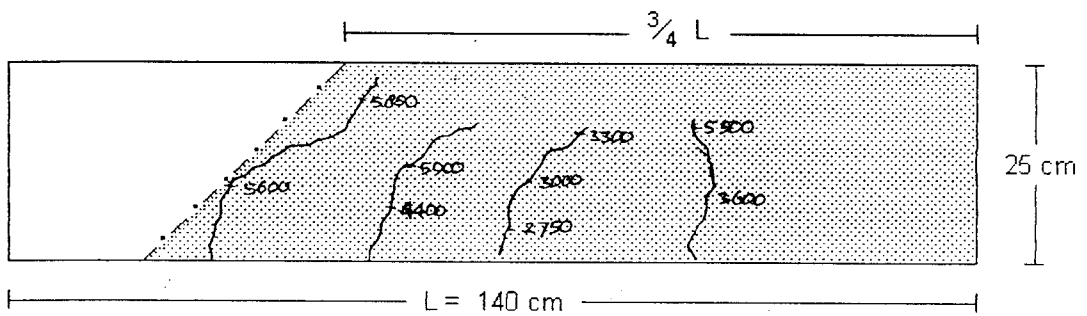


**Gambar 4.5 Penulangan sampel balok C**

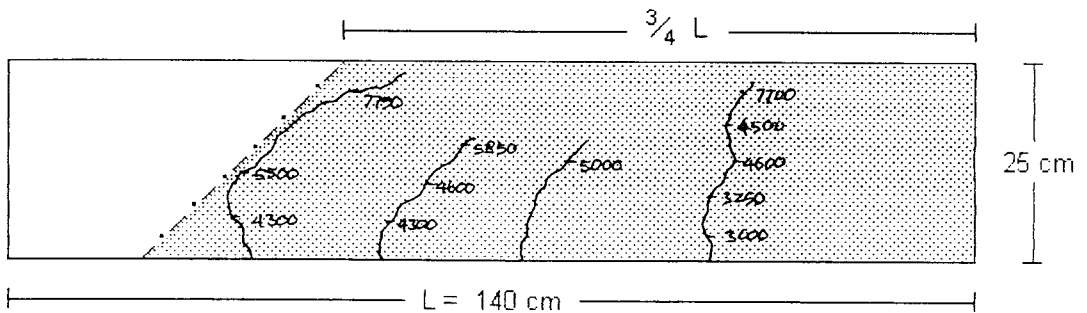




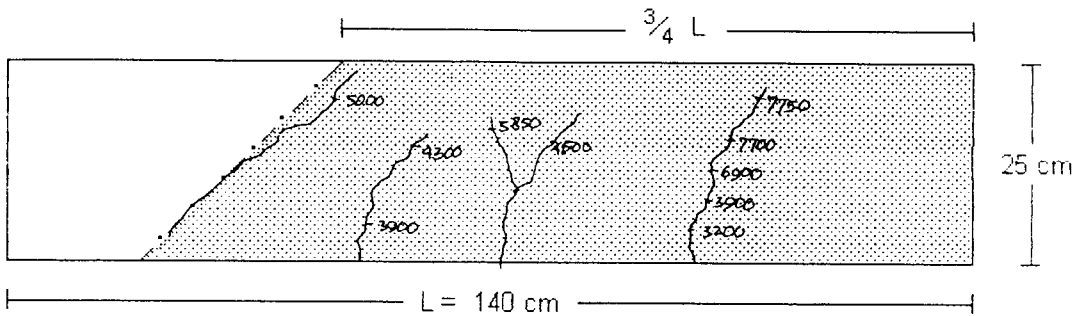
Sampel balok beton C1, sisi muka



Sampel balok beton C1, sisi belakang

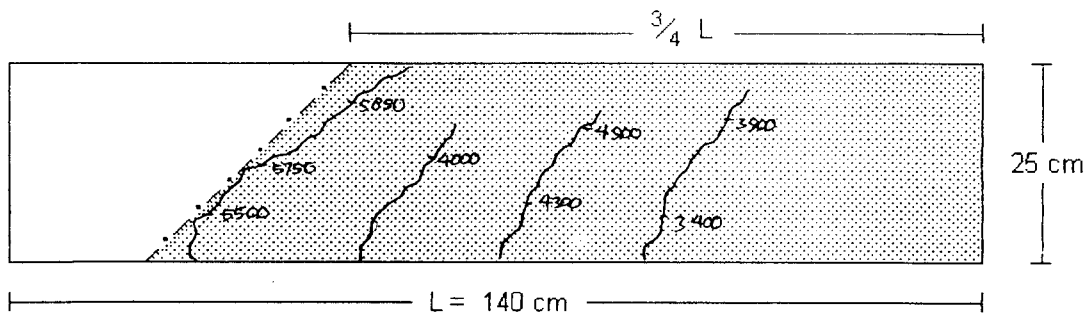


Sampel balok beton C2, sisi muka

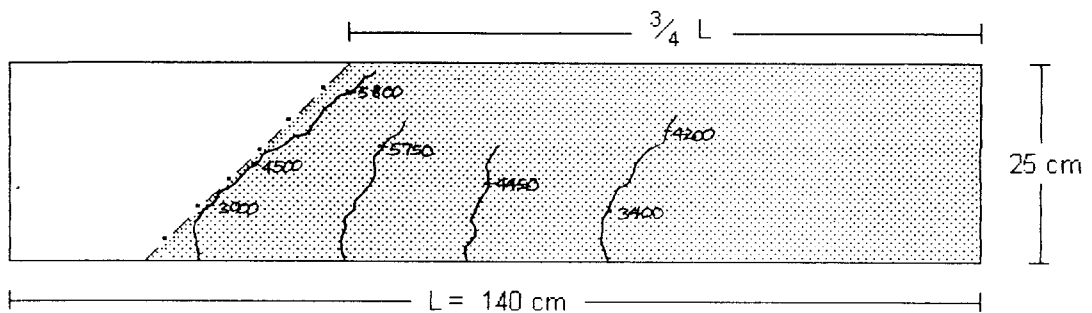


Sampel balok beton C2, sisi belakang

Gambar 4.6 Pola retak sampel C





**Sampel balok beton C3, sisi muka**



**Sampel balok beton C3, sisi belakang**

Dengan,

 = pengecoran hari pertama, dihentikan pada  $\frac{3}{4} L$ ,

 = pengecoran hari kedua, sisa pengecoran bentang L.

**Gambar 4.6 Pola retak sampel C ( lanjutan )**

(Cor dihentikan pada  $\frac{3}{4} L$ , pakai tulangan sebelah dan tulangan geser)

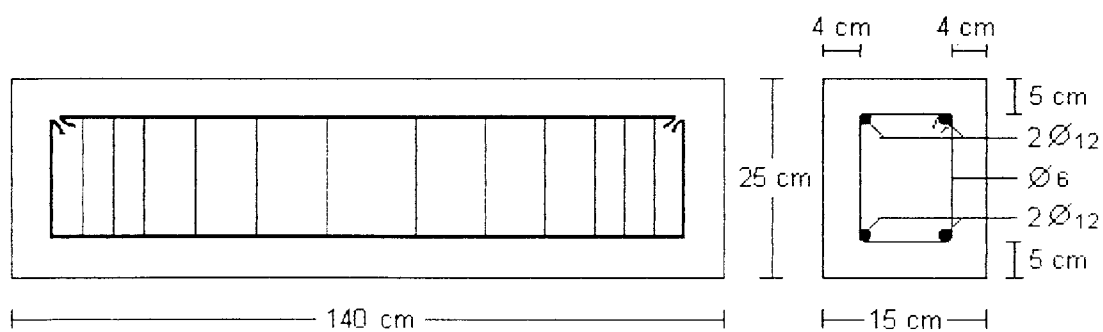
**Tabel 4.6 Data hasil pengujian sampel D**

(cor dihentikan pada 1/2 L, pakai tulangan sebelah dan tulangan geser)

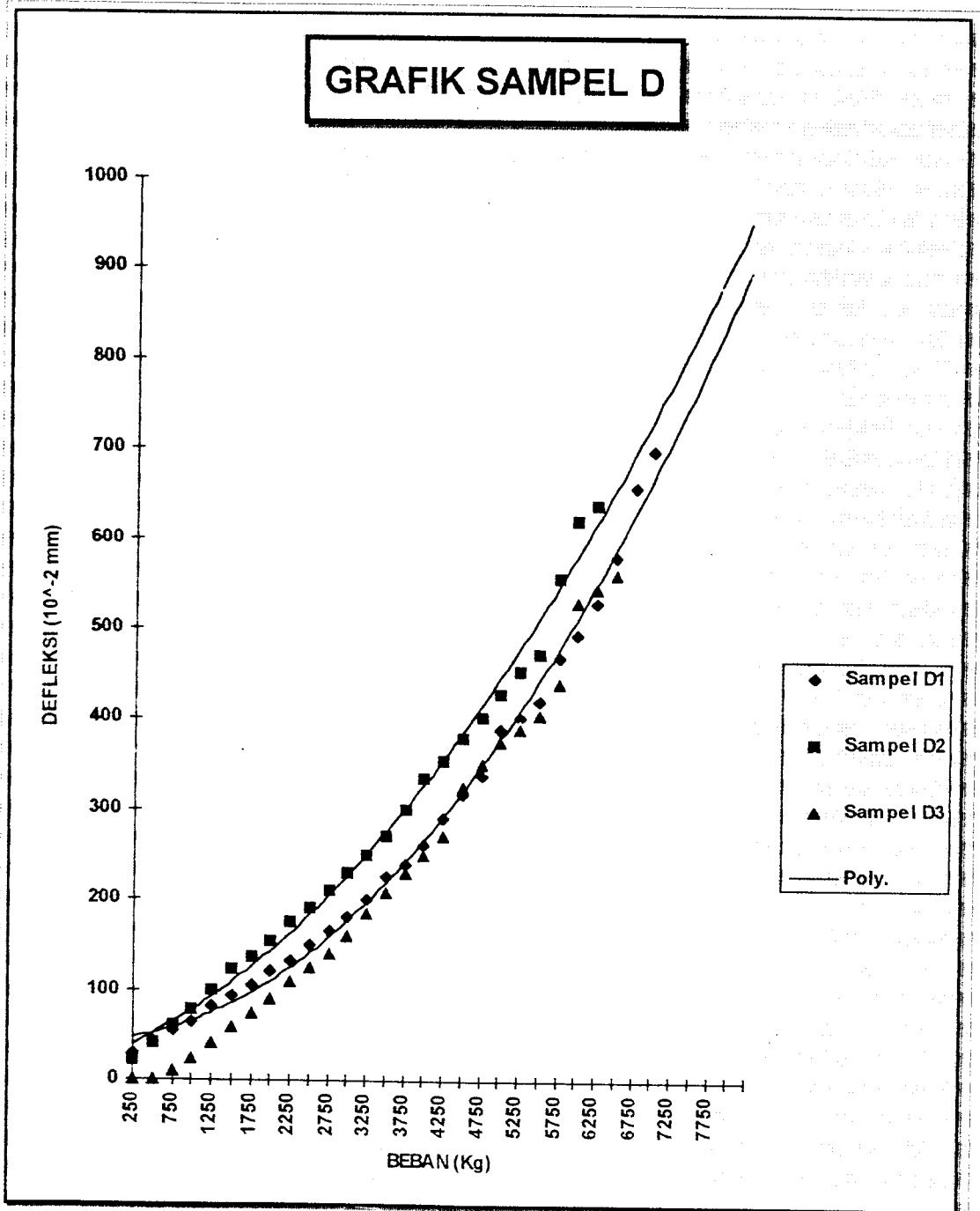
No.	Sampel D1			Sampel D2			Sampel D3		
	P (Kg)	W (Kg)	$\Delta.10-2$ (mm)	P (Kg)	W (Kg)	$\Delta.10-2$ (mm)	P (Kg)	W (Kg)	$\Delta.10-2$ (mm)
1	250	130,1	30	250	130,3	22	250	129,4	0
2	500		43	500		40	500		0
3	750		54	750		60	750		9
4	1000		64	1000		78	1000		23
5	1250		81	1250		100	1250		41
6	1500		93	1500		122	1500		58
7	1750		106	1750		137	1750		73
8	2000		120	2000		153	2000		90
9	2250		132	2250		175	2250		109
10	2500		150	2500		190	2500		125
11	2750		165	2750		210	2750		141
12	3000		180	3000		230	3000		159
13	3250		200	3250		249	3250		184
14	3500		225	3500		271	3500		209
15	3750		240	3750		300	3750		230
16	4000		260	4000		335	4000		250
17	4250		290	4250		354	4250		271
18	4500		317	4500		380	4500		325
19	4750		338	4750		403	4750		350
20	5000		389	5000		428	5000		375
21	5250		403	5250		453	5250		390
22	5500		420	5500		473	5500		402
23	5750		468	5750		557	5750		440
24	6000		495	6000		620	6000		530

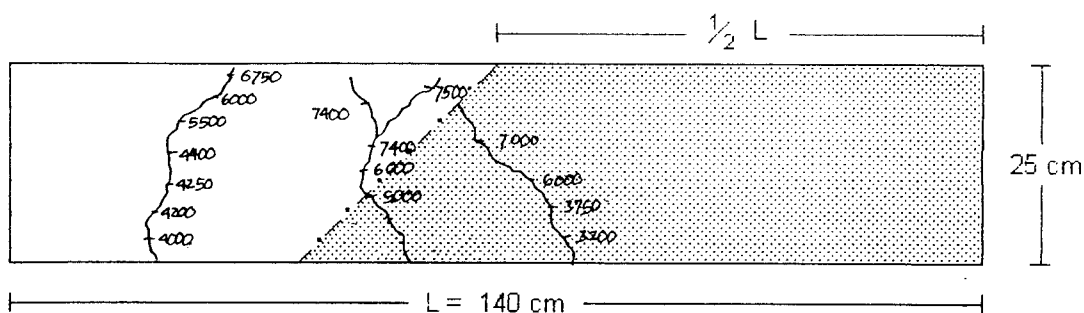
25	6250		529	6250		638	6250		545
26	6500		579	6500			6500		560
27	6750		658	6750			6750		
28	7000		698	7000			7000		
29	7250			7250			7250		
30	7500			7500			7500		
31	7750			7750			7750		
32	8000			8000			8000		
	Retak awal = 3250			Retak awal = 3100			Retak awal = 3200		
	Beban max = 8500			Beban max = 7950			Beban max = 8050		

**Tabel 4.6 Data hasil pengujian sampel D (lanjutan)**

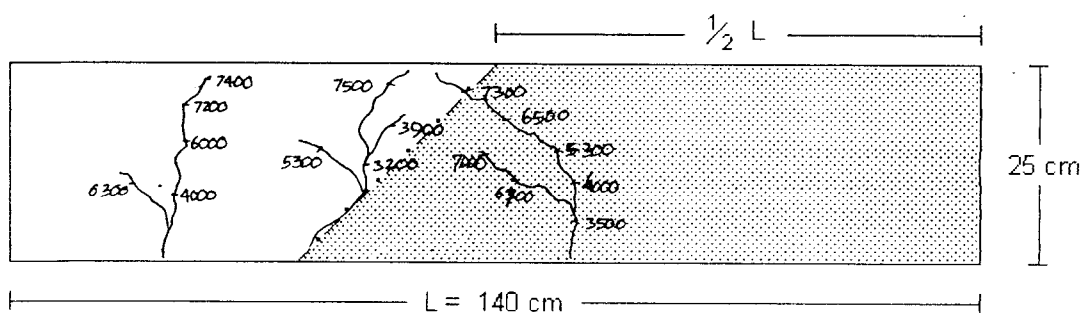


**Gambar 4.7 Penulangan sampel balok D**

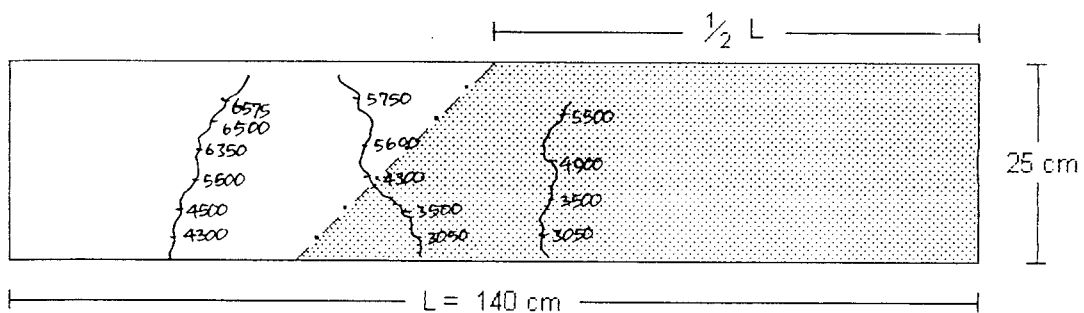




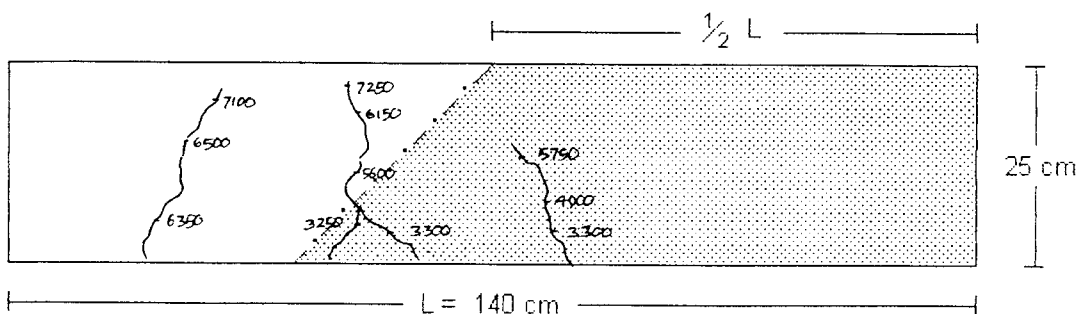
**Sampel balok beton D1, sisi muka**



**Sampel balok beton D1, sisi belakang**



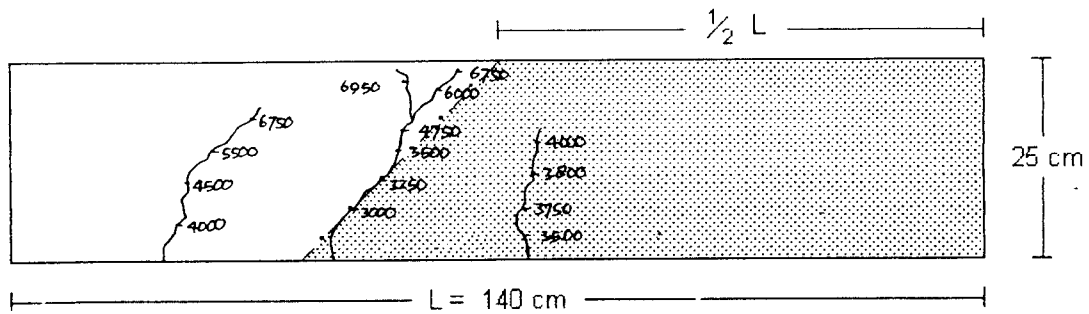
**Sampel balok beton D2, sisi muka**



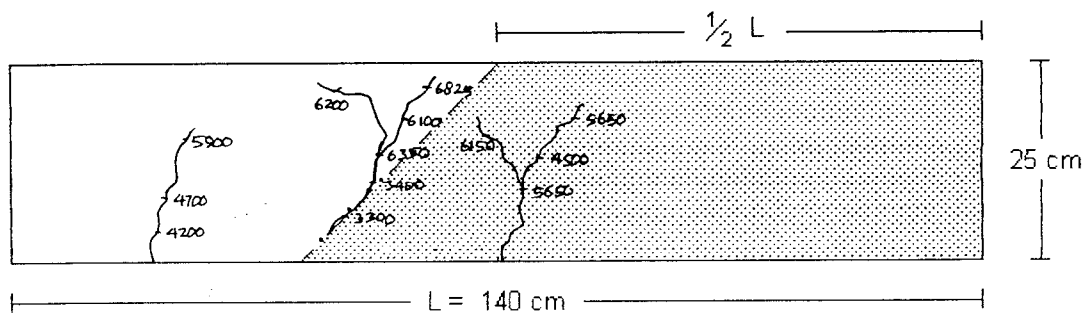
**Sampel balok beton D2, sisi belakang**

**Gambar 4.8 Pola retak sampel D**







**Sampel balok beton D3, sisi muka**



**Sampel balok beton D3, sisi belakang**

dengan,

 = pengecoran hari pertama, dihentikan pada  $1/2 L$ ,

 = pengecoran hari kedua, sisa pengecoran bentang  $L$ .

**Gambar 4.4 Pola retak sampel D (lanjutan)**

(cor dihentikan pada  $1/2 L$ , pakai tulangan sebelah dan tulangan geser)

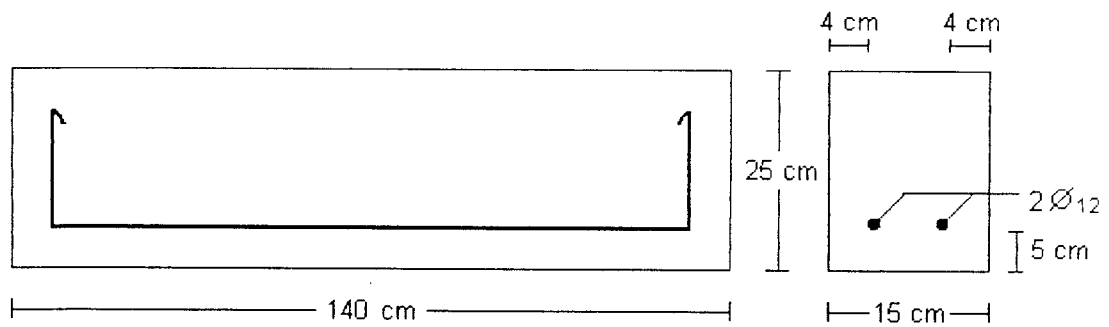
**Tabel 4.7 Data hasil pengujian sampel E**

(cor dihentikan pada 3/4 L, pakai tulangan sebelah tanpa tulangan geser)

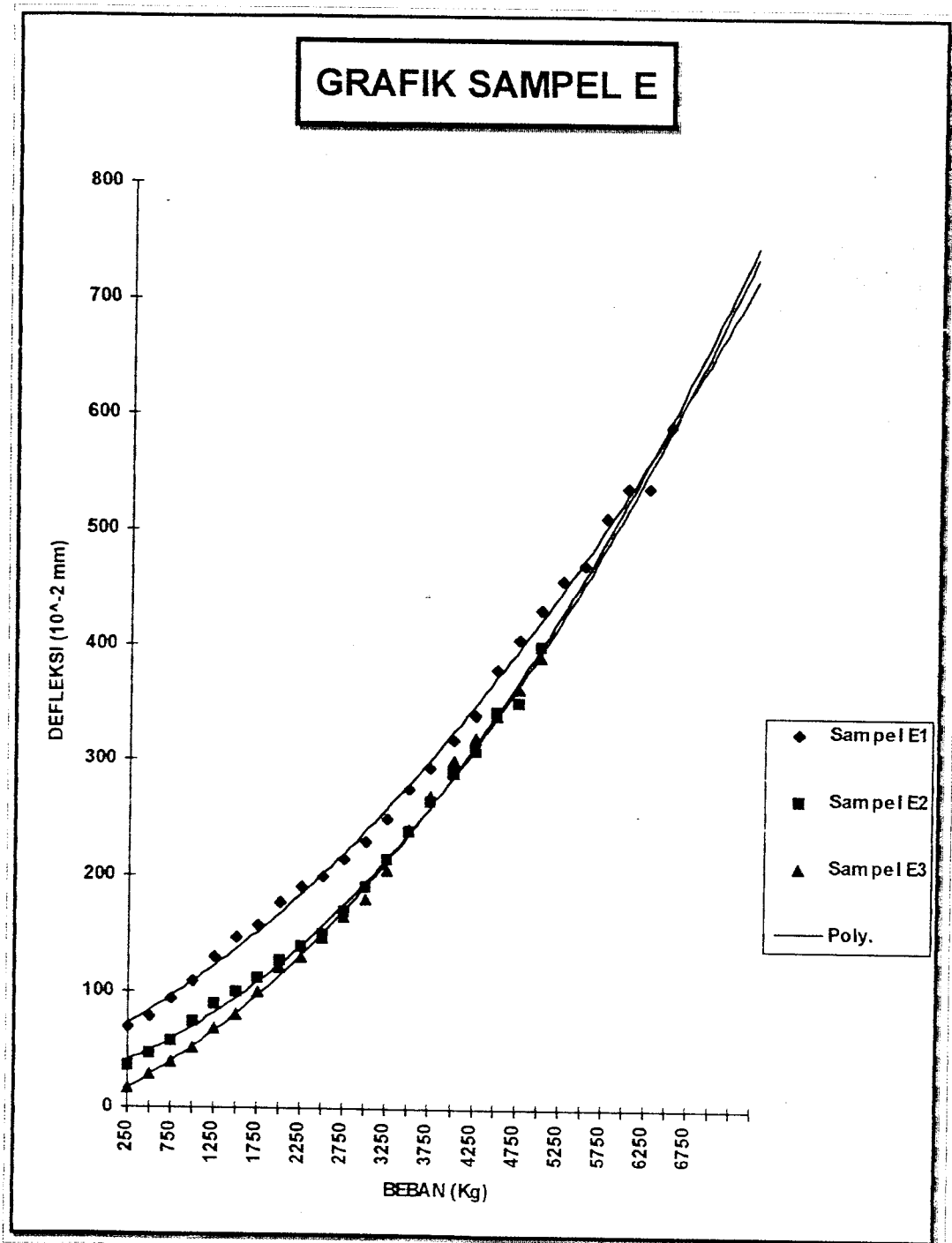
No.	Sampel E1			Sampel E2			Sampel E3		
	P (Kg)	W (Kg)	Δ.10-2 (mm)	P (Kg)	W (Kg)	Δ.10-2 (mm)	P (Kg)	W (Kg)	Δ.10-2 (mm)
1	250	129	70	250	128,7	37	250	130	17
2	500		79	500		47	500		29
3	750		94	750		58	750		40
4	1000		109	1000		74	1000		52
5	1250		130	1250		89	1250		68
6	1500		148	1500		100	1500		81
7	1750		158	1750		112	1750		100
8	2000		178	2000		127	2000		121
9	2250		192	2250		140	2250		130
10	2500		200	2500		151	2500		147
11	2750		215	2750		170	2750		165
12	3000		231	3000		191	3000		180
13	3250		251	3250		215	3250		207
14	3500		277	3500		240	3500		242
15	3750		295	3750		265	3750		270
16	4000		319	4000		290	4000		300
17	4250		340	4250		310	4250		320
18	4500		380	4500		343	4500		340
19	4750		405	4750		399	4750		363
20	5000		431	5000		350	5000		390
21	5250		457	5250			5250		
22	5500		470	5500			5500		
23	5750		511	5750			5750		
24	6000		537	6000			6000		

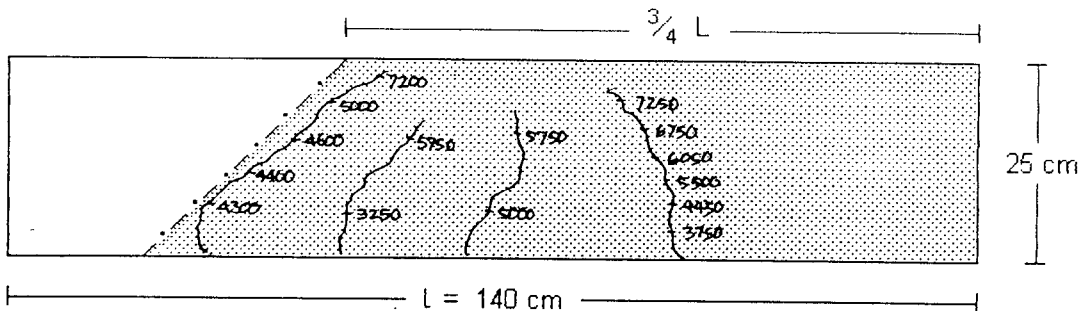
25	6250		538	6250			6250		
26	6500		590	6500			6500		
27	6750			6750			6750		
28	7000			7000			7000		
	Retak awal = 3250			Retak awal = 2800			Retak awal = 2600		
	Beban max = 7700			Beban max = 5050			Beban max = 5050		

**Tabel 4.7 Data hasil pengujian sampel E (lanjutan)**

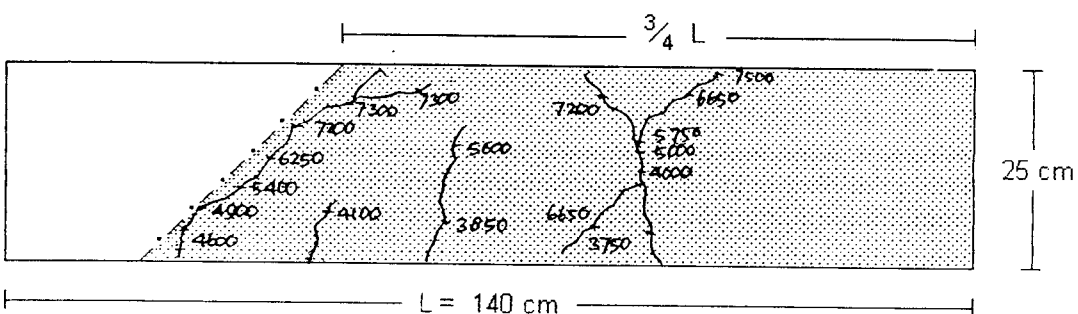


**Gambar 4.9 Penulangan sampel balok E**

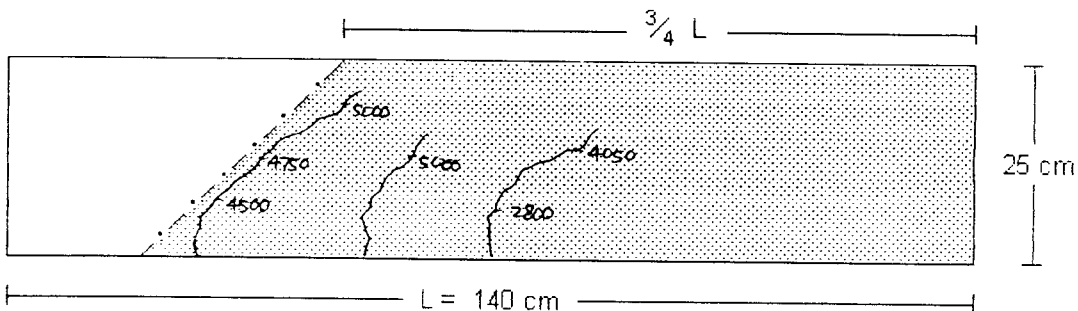




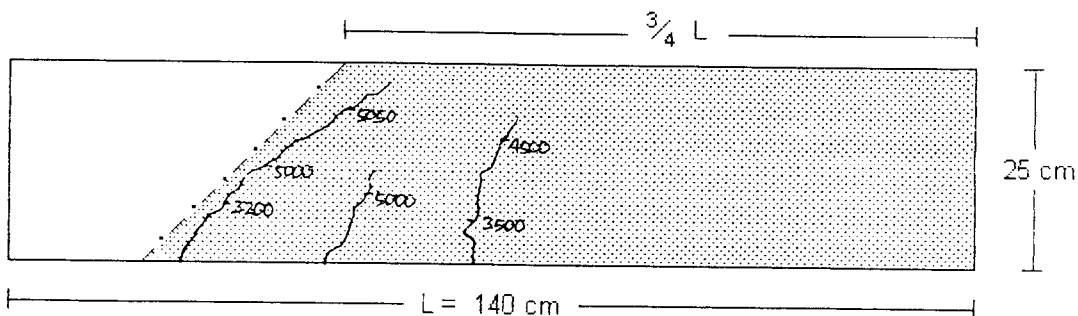
Sampel balok beton E1, sisi muka



Sampel balok beton E1, sisi belakang

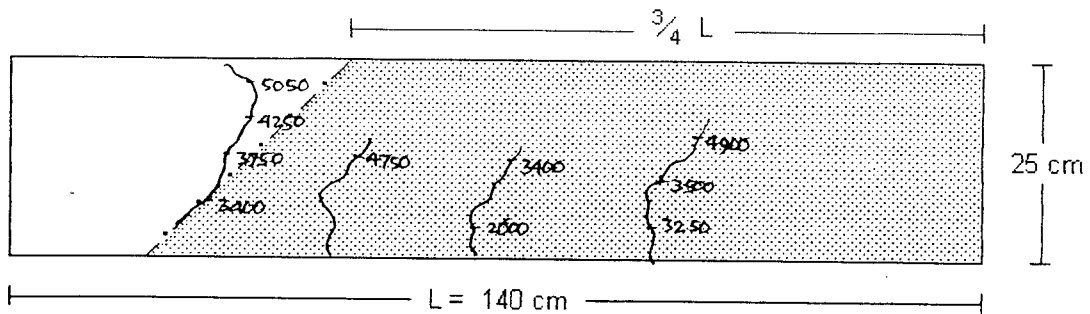


Sampel balok beton E2, sisi muka

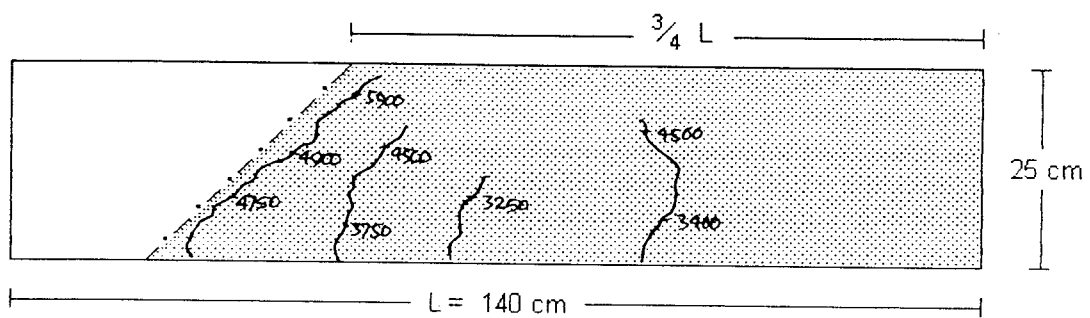


Sampel balok beton E2, sisi belakang

Gambar 4.10 Pola retak sampel E





**Sampel balok beton E3, sisi muka**



**Sampel balok beton E3, sisi belakang**

Dengan,

 = pengecoran hari pertama, dihentikan pada  $3/4 L$ ,

 = pengecoran hari kedua, sisa pengecoran bentang  $L$ .

**Gambar 4.10 Pola retak sampel E ( lanjutan )**

(Cor dihentikan pada  $3/4 L$ , pakai tulangan sebelah tanpa tulangan geser)

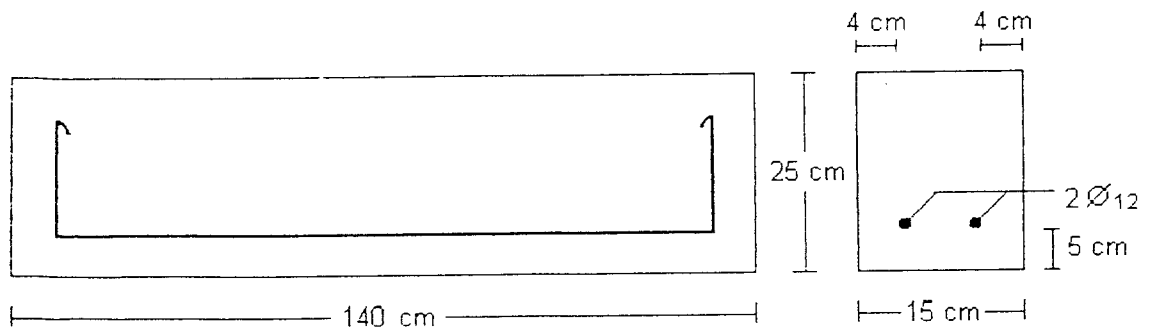
Tabel 4.8 Data hasil pengujian sampel F

(cor dihentikan pada 1/2 L, pakai tulangan sebelah tanpa tulangan geser)

No.	Sampel F1			Sampel F2			Sampel F3		
	P (Kg)	W (Kg)	$\Delta.10-2$ (mm)	P (Kg)	W (Kg)	$\Delta.10-2$ (mm)	P (Kg)	W (Kg)	$\Delta.10-2$ (mm)
1	250	128	30	250	129	41	250	130,6	0
2	500		45	500		57	500		5
3	750		57	750		71	750		20
4	1000		69	1000		82	1000		31
5	1250		85	1250		100	1250		51
6	1500		99	1500		111	1500		65
7	1750		110	1750		128	1750		77
8	2000		123	2000		140	2000		90
9	2250		139	2250		155	2250		103
10	2500		165	2500		171	2500		134
11	2750		174	2750		190	2750		154
12	3000		199	3000		207	3000		172
13	3250		219	3250		223	3250		190
14	3500		235	3500		245	3500		230
15	3750		253	3750		271	3750		250
16	4000		272	4000		288	4000		268
17	4250		299	4250		315	4250		285
18	4500		332	4500		342	4500		323
19	4750		353	4750		368	4750		345
20	5000		379	5000		393	5000		372
21	5250		400	5250		412	5250		400
22	5500		424	5500		439	5500		421
23	5750		461	5750		480	5750		462
24	6000		520	6000		519	6000		498

25	6250		530	6250		550	6250		540
26	6500		558	6500		602	6500		590
27	6750		640	6750		657	6750		685
28	7000			7000		700	7000		
29	7250			7250		730	7250		
30	7500			7500			7500		
31	7750			7750			7750		
32	8000			8000			8000		
	Retak awal = 2900			Retak awal = 2500			Retak awal = 2800		
	Beban max = 8000			Beban max = 8200			Beban max = 7650		

Tabel 4.8 Data hasil pengujian sampel F (lanjutan)

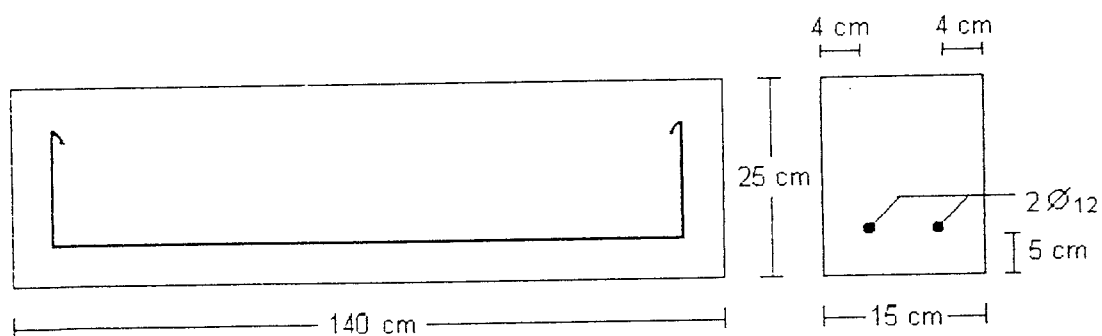


Gambar 4.11 Penulangan sampel balok F

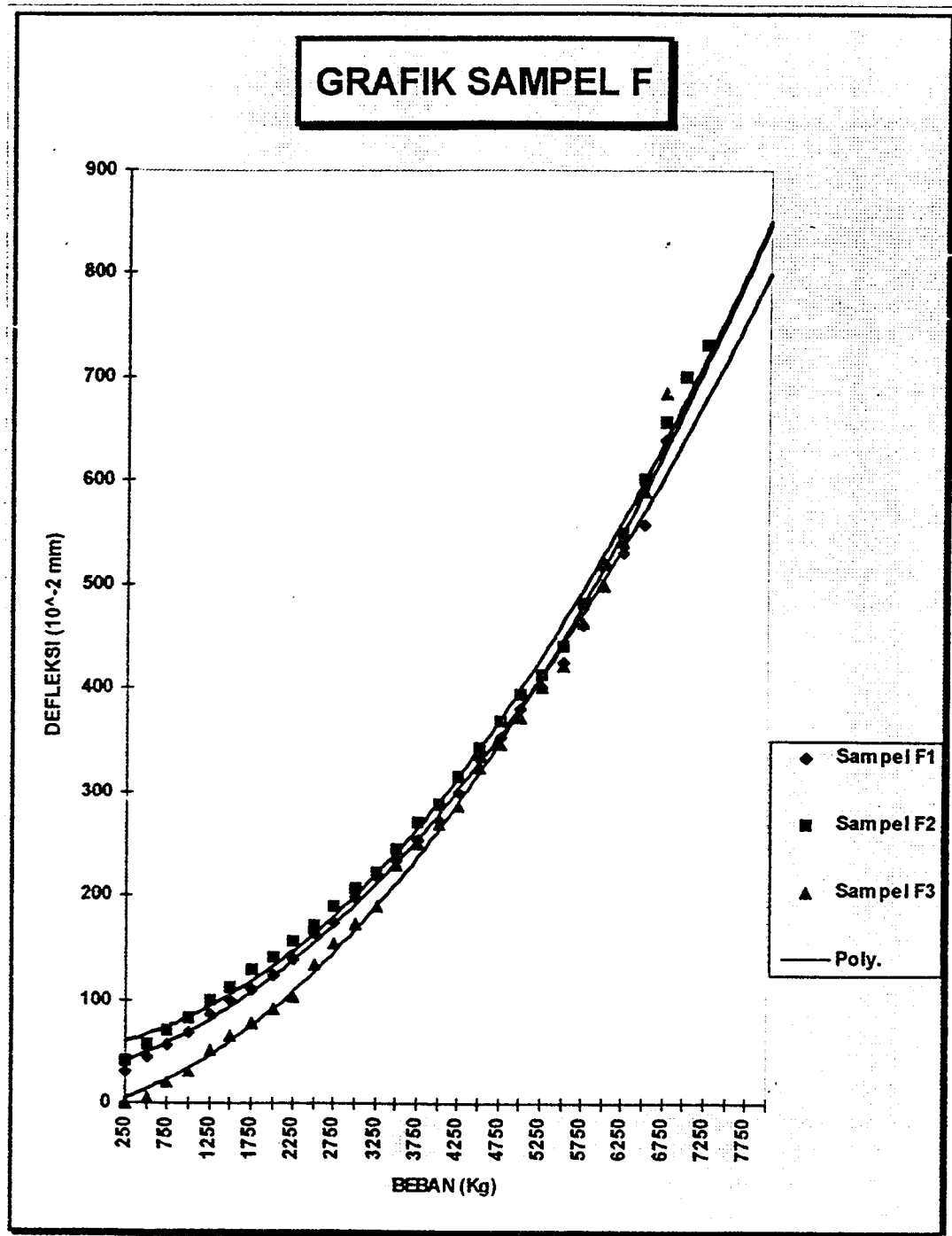


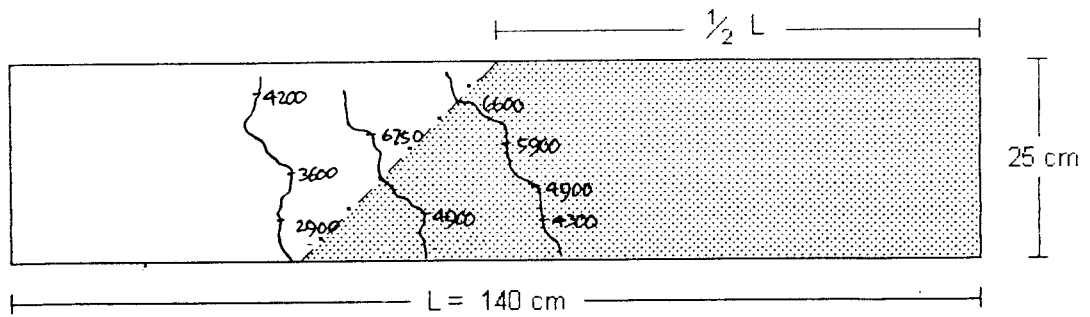
25	6250		530	6250		550	6250		540
26	6500		558	6500		602	6500		590
27	6750		640	6750		657	6750		685
28	7000			7000		700	7000		
29	7250			7250		730	7250		
30	7500			7500			7500		
31	7750			7750			7750		
32	8000			8000			8000		
	Retak awal = 2900			Retak awal = 2500			Retak awal = 2800		
	Beban max = 8000			Beban max = 8200			Beban max = 7650		

Tabel 4.8 Data hasil pengujian sampel F (lanjutan)

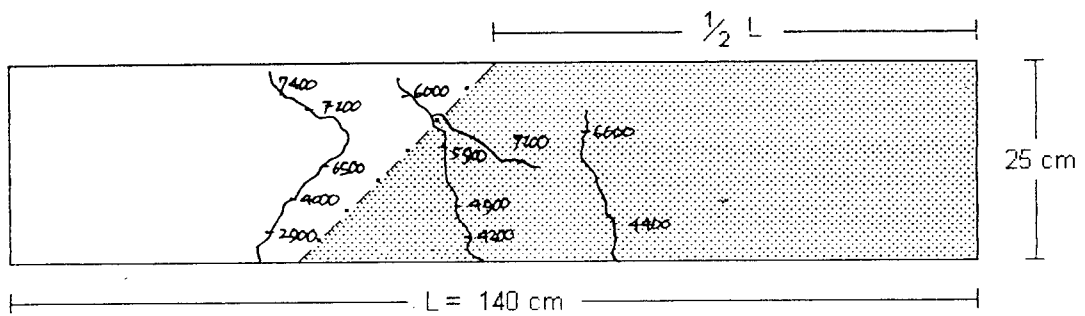


Gambar 4.11 Penulangan sampel balok F

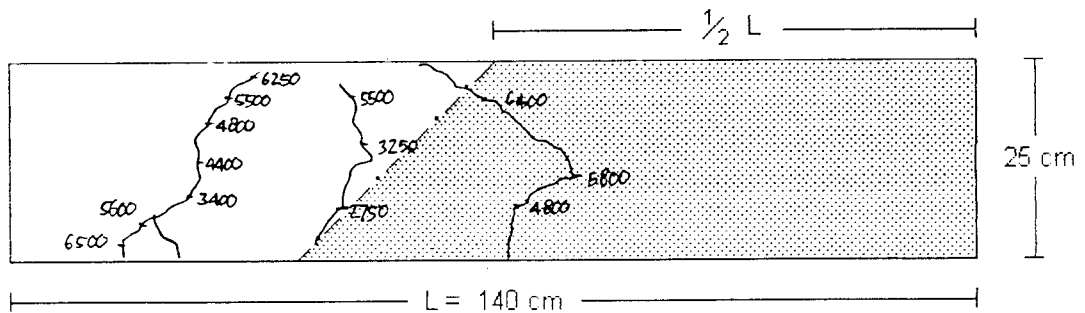




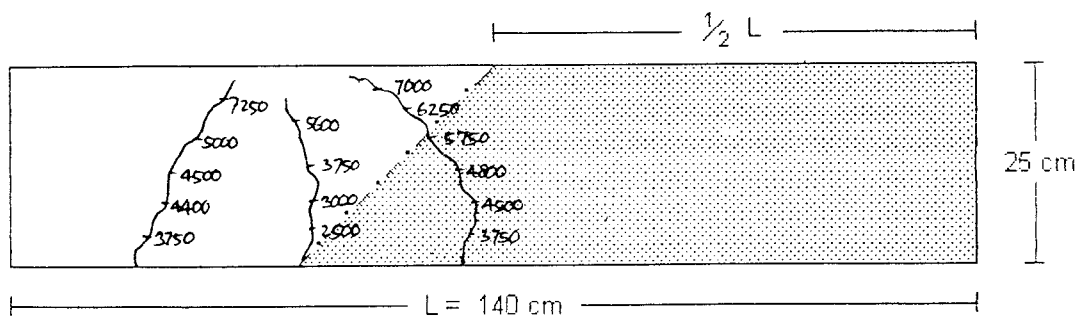
**Sampel balok beton F1, sisi muka**



**Sampel balok beton F1, sisi belakang**

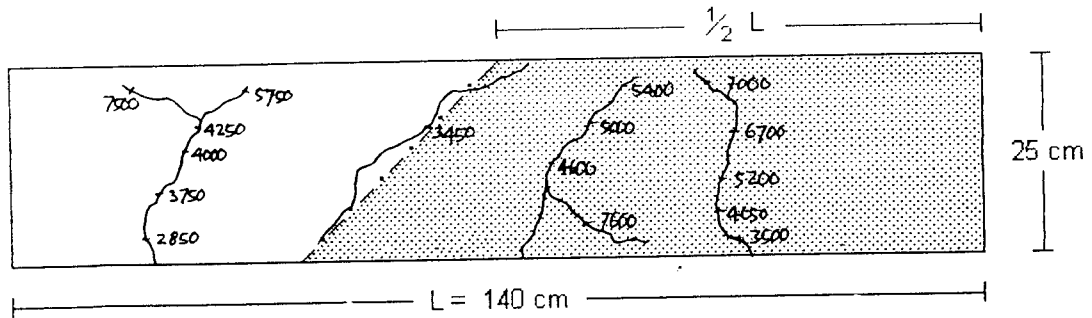


**Sampel balok beton F2, sisi muka**

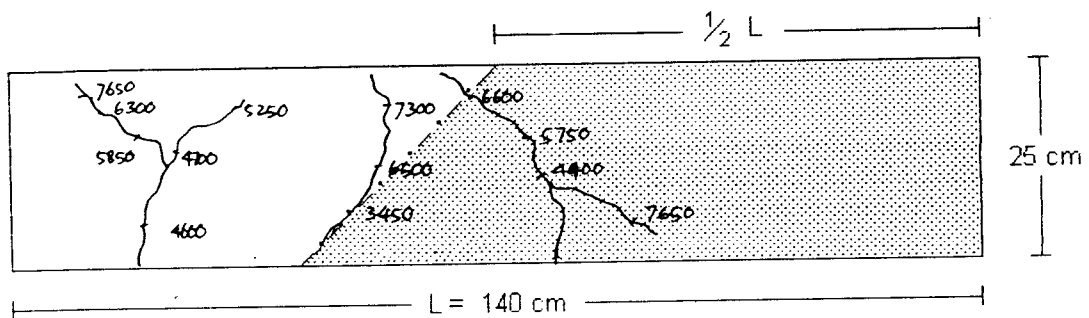


**Sampel balok beton F2, sisi belakang**

**Gambar 4.12 Pola retak sampel F**





**Sampel balok beton F3, sisi muka**



**Sampel balok beton F3, sisi belakang**

dengan,

 = pengecoran hari pertama, dihentikan pada  $1/2 L$ ,

 = pengecoran hari kedua, sisa pengecoran bentang  $L$ .

**Gambar 4.12 Pola retak sampel F (lanjutan)**

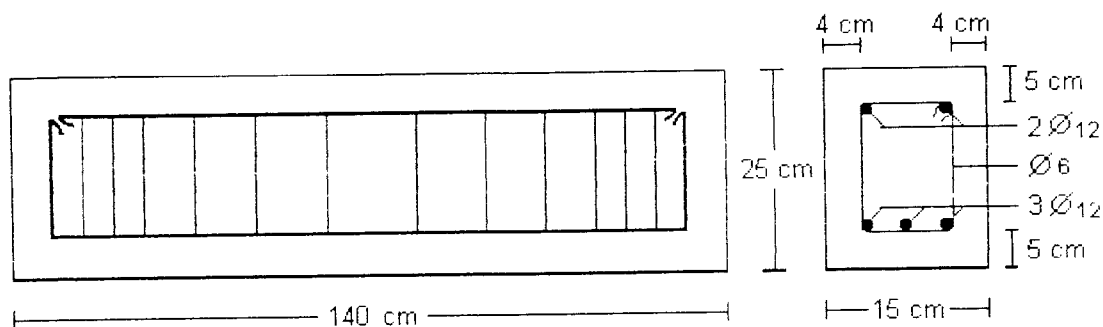
(cor dihentikan pada  $1/2 L$ , pakai tulangan sebelah dan tulangan geser)

**Tabel 4.9 Data hasil pengujian sampel G**  
( cor dihentikan pada 1/4 L, pakai tulangan rangkap dengan sengkang)

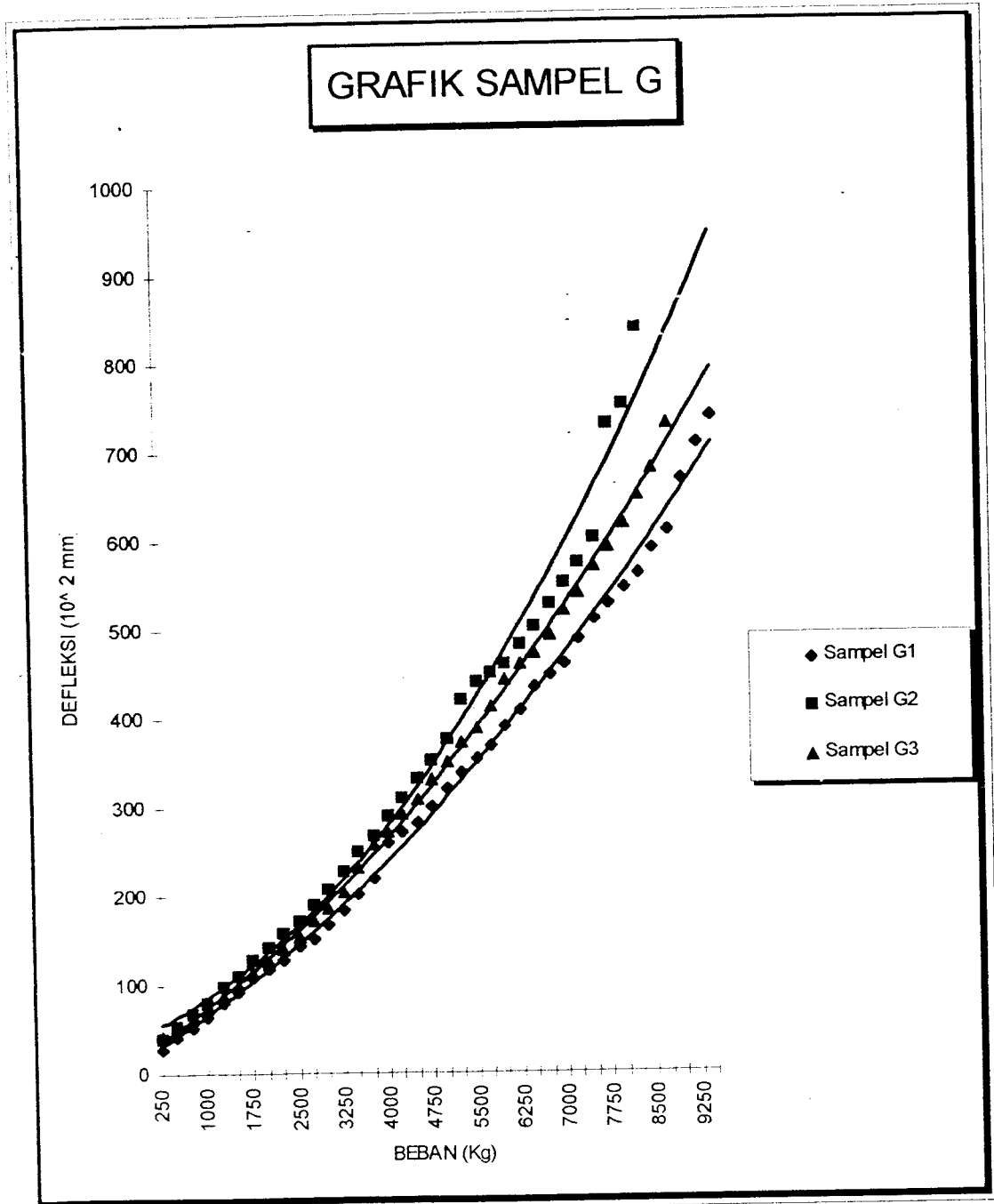
No. .	Sampel G1			Sampel G2			Sampel G3		
	P (Kg)	W (Kg)	$\Delta.10^{-2}$ (mm)	P (Kg)	W (Kg)	$\Delta.10^{-2}$ (mm)	P (Kg)	W (Kg)	$\Delta.10^{-2}$ (mm)
1	250	133	29		131,5	41		134,2	43
2	500		42			54			53
3	750		53			68			62
4	1000		65			80			74
5	1250		80			99			88
6	1500		93			111			100
7	1750		108			128			115
8	2000		118			143			127
9	2250		129			158			140
10	2500		145			173			155
11	2750		153			190			172
12	3000		168			208			187
13	3250		184			229			205
14	3500		203			250			232
15	3750		220			268			259
16	4000		260			290			273
17	4250		273			310			293
18	4500		283			332			309
19	4750		300			353			330
20	5000		320			377			350
21	5250		339			420			372
22	5500		354			440			388

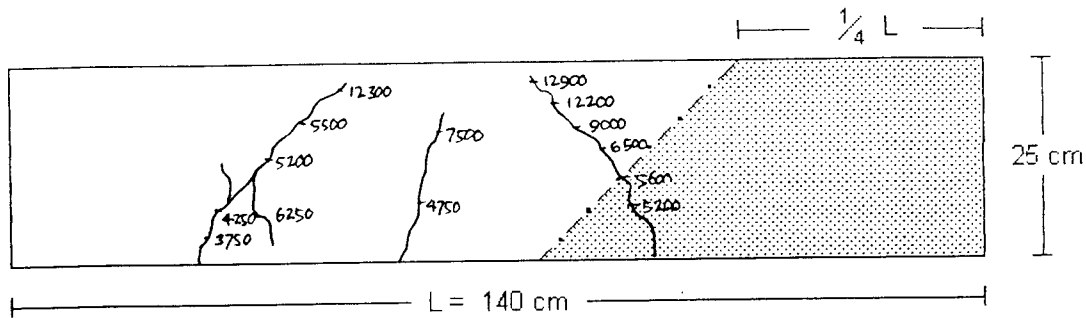
23	5750		368			450			412
24	6000		391			461			443
25	6250		409			482			460
26	6500		435			503			473
27	6750		448			528			492
28	7000		461			553			520
29	7250		489			575			540
30	7500		510			603			570
31	7750		528			730			592
32	8000		546			753			618
33	8250		563			839			650
34	8500		591						680
35	8750		611						730
36	9000		668						
37	9250		709						
38	9500		739						
Retak awal = 3750		Retak awal = 3300		Retak awal = 3500					
Beban max = 12900		Beban max = 11750		Beban max = 12400					

Tabel 4.9 Data hasil pengujian sampel G (lanjutan)

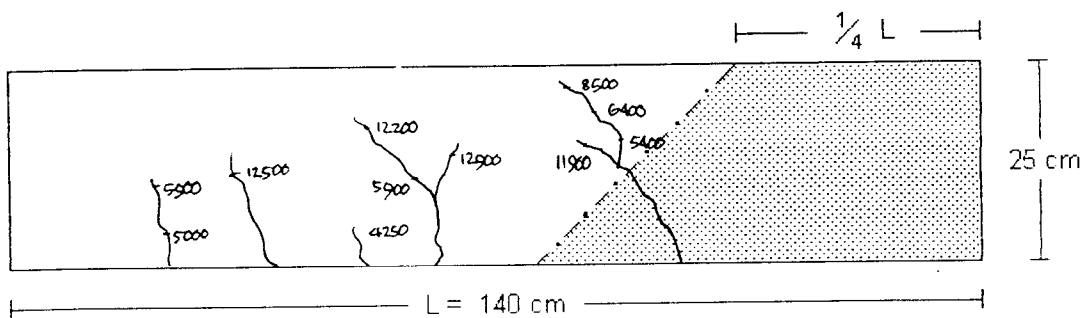


Gambar 4.13 Penulangan sampel balok G

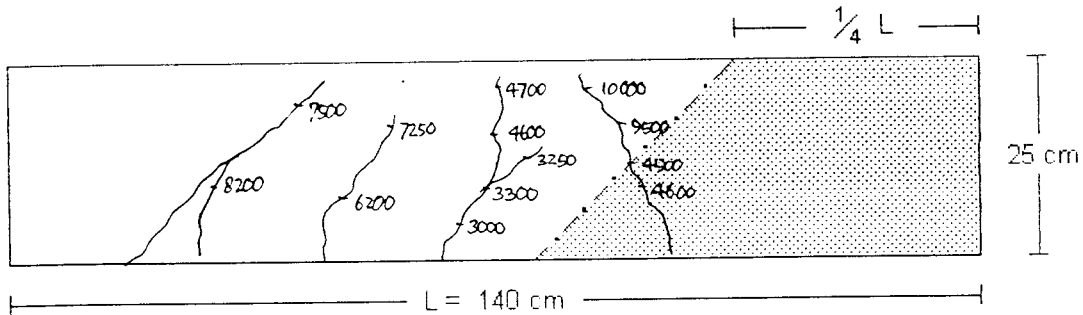




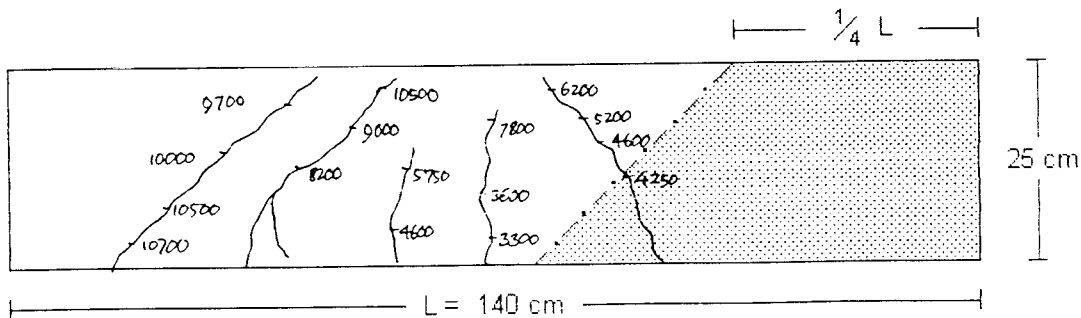
Sampel balok beton G1, sisi muka



Sampel balok beton G1, sisi belakang



Sampel balok beton G2, sisi muka



Sampel balok beton G2, sisi belakang

Gambar 4.14 Pola retak sampel G



#### 4.4 Pembahasan

Pembahasan didasarkan pada hasil yang didapat dari percobaan. Data dari hasil ini dapat diamati dan diteliti pengaruh penyambungan pengecoran dan variasi penulangan dalam menahan gaya geser serta perilaku geser yang terjadi pada benda uji, sebagai permulaan diberikan sedikit pembahasan sampel - sampel kubus.

Kekuatan desak beton rencana bergantung pada jenis campuran, sifat - sifat agregat serta lama dan kualitas rawatannya. Kekuatan desak beton ditentukan dengan uji kubus ukuran ( 15x15x15 ) cm yang dirawat pada kondisi standar laboratorium dan dilakukan pengujian pada umur beton 28 hari dengan mengalikan faktor koreksi sebesar 0.83 untuk mendapatkan nilai kuat desak karakteristik (  $f_c'$  ).

Nilai "slump" yang ditetapkan dalam penelitian ini antara 7.5 - 15 cm pada masing - masing benda uji/sampel. Variasi nilai "slump" dimaksudkan untuk mencapai mutu beton yang sesuai dengan atau lebih tinggi dari mutu beton yang direncanakan.

Karena keterbatasan kapasitas mesin pengaduk beton, maka dalam pelaksanaan pembuatan campuran beton untuk tiap mata sampel dilakukan berulang. Akan tetapi setiap campuran adukan itu diusahakan untuk memperoleh nilai slump rencana agar tercapai mutu beton yang seseragam mungkin.

Sebagai pembandingan pada sambungan pengecoran beton, maka dilakukan variasi penghentian cor, yaitu pada  $1/2 L$ ,  $1/4 L$  dan  $3/4 L$ . Pada penghentian  $1/4 L$  terdapat titik peralihan momen tumpuan ke momen lapangan menjadi titik tinjauan pada penelitian ini, namun pada penghentian  $3/4 L$  juga terdapat titik peralihan momen lapangan ke momen tumpuan menjadi pembandingan langsung terhadap perilaku geser pada penghentian  $1/4 L$ .

Pada beberapa sampel terlihat ketidakseragaman kekuatan benda uji dalam menahan gaya geser meskipun tulangan yang dipakai sama, hal ini bisa terjadi dikarenakan monolitas ( kesatuan antar agregat ) pada sambungan tidak berfungsi secara baik atau terjadi keropos pada sambungan yang dikarenakan pemadatan adukan beton cor pada acuan kurang sempurna karena "human error" . Pengaruh langsung hal tersebut yaitu pada kapasitas geser beton (  $V_c$  ). Pada sampel yang mengalami keropos mengakibatkan retak yang paling besar pada daerah sambungan tersebut, selain itu pola retak yang terjadi cenderung menuju ke arah beban sampai pada kehancuran beton daerah desak pada sisi atas benda uji.

Pada pengujian juga terlihat, bahwa beton bertulang telah mengalami retak pertama ( retak-retak rambut ) karena lentur sampai retak melebar pada sambungan masih mempunyai kemampuan dalam menahan beban geser karena gaya geser sisa yang terjadi ditahan oleh tulangan, karena itu pada batas beban yang maksimum balok beton tidak mengalami keruntuhan secara tiba-tiba. Pada

beberapa sampel terdapat pola retak yang menunjukkan retak disebabkan oleh gaya geser, yaitu retak yang menjalar dari tumpuan berarah diagonal menuju daerah tertekan balok, hal ini sesuai rencana dari penelitian.

#### **4.4.1 Perilaku geser balok beton tanpa sengkang**

Pada penghentian 1/2 L tanpa sengkang dari ke tiga sampel benda uji, retakan pertama timbul pada beban 2500 kg, yaitu berupa retak-retak rambut yang disebabkan lentur dan menjalar ke tengah bentangan. Pada beberapa sampel terdapat retak diagonal berarah mendekati  $90^\circ$  ( tegak lurus ) terhadap sambungan cor, hal ini dapat dilihat pada pola sampel F ( gambar 4.12 ) selanjutnya retak berarah mendekati daerah sisi tertekan balok pada penambahan beban lebih lanjut. Adapun beban ekstrem visual yang teramati, yaitu pada beban 7500 kg pada kondisi lendutan maksimum yang diijinkan laboratorium. Sampel-sampel itu memenuhi kegagalan tekan geser beton, karena terlihat adanya retak-retak rambut dan membesar berarah diagonal mendekati sudut  $45^\circ$  dan berarah tegak lurus sambungan sampai pada daerah tertekan balok, dengan bentangan geser balok (a) memenuhi jarak  $d < 35 \leq 3d$  dan d adalah tinggi balok.

Sedangkan pada penghentian 3/4 L tanpa sengkang terlihat pada pola sampel E ( gambar 4.10 ) menunjukkan pola retak yang berimpit sekitar sambungan selain timbulnya retak-retak karena lentur, sehingga untuk

mencegah kegagalan tekan geser pada sampel tanpa sengkang diperlukan adanya penulangan vertikal badan berupa sengkang.

#### **4.4.2 Perilaku geser balok beton dengan tulangan sebelah pakai sengkang**

Pada penghentian  $3/4 L$  terjadi retakan pertama berupa retak rambut, yaitu retak yang disebabkan lentur berawal pada beban 2500 kg retakan lanjutan berarah diagonal berimpit dengan sambungan dan menjalar mendekati arah beban sampai daerah sisi tertekan pada balok, hal ini terlihat pada pola sampel C ( gambar 4.6 ). Adapun beban ekstrem yang teramati, yaitu beban 8050 kg pada kondisi lendutan maksimum yang diijinkan laboratorium.

Pada penghentian  $1/2 L$  terjadi retakan pertama, yaitu berupa retak - retak rambut yang disebabkan lentur berawal pada beban 3100 kg, retakan lanjutan yaitu berupa retakan menjalar tegak lurus sambungan mendekati  $90^\circ$  sampai pada daerah sisi tertekan balok, hal ini terlihat pada pola sampel D ( gambar 4.8 ). Mengenai beban ekstrem yang teramati, yaitu terdapat pada beban 8500 kg pada kondisi lendutan maksimum yang diijinkan laboratorium guna pemeliharaan alat.

#### **4.4.3 Perilaku geser balok beton dengan tulang rangkap pakai sengkang**

Pada penghentian  $3/4 L$  retakan pertama, yaitu berupa retak-retak rambut yang disebabkan lentur berawal pada beban 4250 kg, retakan lanjutan berarah diagonal yang berimpit searah sambungan dimana beban  $1/2 P$

berimpit dengan sisi atas sambungan sehingga pada sampel tidak monolit retakan menjalar hingga mendekati ke arah titik beban. Pada penambahan beban lebih lanjut retak menjalar sampai daerah sisi tertekan balok, hal ini terlihat pada pola sampel A ( gambar 4.2 ) sedangkan beban ekstrem yang teramati adalah sebesar 11800 kg pada kondisi lendutan maksimum yang diijinkan laboratorium.

Pada penghentian  $1/2 L$  terjadi retakan pertama, yaitu berupa retak-retak rambut yang disebabkan lentur berawal pada beban 3900 kg, retak lanjutan pada tengah bentang dimana retak menjalar berarah tegak lurus sambungan mendekati  $90^\circ$  sampai daerah sisi tertekan balok pada penambahan beban lebih lanjut, hal ini terlihat pada pola sampel B ( gambar 4.4 ) adapun beban ekstrem yang teramati sebesar 13000 kg pada kondisi lendutan maksimum yang diijinkan laboratorium.

Pada penghentian  $1/4 L$  bentangan balok ketiga sampel balok uji terjadi retakan pertama, yaitu berupa retak rambut disebabkan oleh lentur berawal pada beban 3750 kg yang diikuti retakan berarah tegak lurus bidang sambungan cor terlihat pada sampel G. Terlihat pola retak-retak akibat geser berarah diagonal miring terhadap tumpuan dan retak menjalar mencapai sisi ekstrim daerah tertekan balok, terlihat pada sampel G2 dan dicapai beban ekstrim pada beban 12900 kg kondisi lendutan maksimum yang diijinkan laboratorium.

Dari semua sampel balok dengan variasi penulangan ( penulangan tunggal sampel - sampel E dan F , penulangan rangkap dan sebelah menggunakan sengkang, sampel - sampel A, B, C, D, G ) berikut variasi sambungan pengecoran balok pada  $1/4 L$ ,  $3/4 L$  dan  $1/2 L$ . Pola dari kelakuan retak pada balok beton yang dibebani oleh beban P, yaitu berupa timbulnya retakan potensial pada seluruh sampei balok beton berupa retak lentur yang bekerja tegak lurus terhadap penulangan tarik. Retak pertama yang terbentuk akibat lentur cenderung membentuk segmen balok antar retak yang kemudian arah retakan berubah miring lebih lanjut karena beton tidak sanggup lagi mendistribusikan beban per segmen tersebut terhadap mekanisme tahanan geser balok beton saat terjadi peningkatan / penambahan intensitas beban. Pada kondisi dimana bertambahnya intensitas beban yang bekerja pada balok, secara linier akan terjadi peningkatan tegangan lentur dan tegangan geser atau kombinasi keduanya dan pada titik masih dalam daerah tarik tampang balok segera setelah terbentuknya retak lentur akan diikuti retak miring pada balok beton sebagai petunjuk adanya suatu mekanisme keruntuhan tarik diagonal, hal ini dapat dilihat pada sampel - sampel G.

Kemampuan balok beton dalam memikul pertambahan intensitas beban setelah terbentuknya retak miring tergantung dari dapat tidaknya sebagian dari geser itu dapat dipikul balok beton yang tidak retak, yaitu sebagai perlawanan geser juga kemampuan gaya saling ikat antar agregat beton dan kemampuan

aksi pasak beton terhadap penulangan ( saling kunci ) longitudinal akibat gaya transversal / gaya tarikan penulangan tarik.

Pada keseluruhan sampel balok ( sampel A, B, C, D, E, F, G ) yang telah dilakukan pengujian pembebanan langsung berupa beban titik P dengan selimut beton rencana tebal 4 cm mampu menahan gaya desak keluar pada ujung balok yang diakibatkan adanya mekanisme lenturan oleh balok beton bertulang, sedangkan untuk mengetahui efektifitas lekatan beton terhadap baja tulangan terpasang, maka dilakukan pengujian tarik kembali baja tulangan pada sampel B mewakili sampel yang dijumpai retakan akibat geser, dari hasil pengujian tarik tersebut diperoleh nilai pengurangan kapasitas tarik maksimum tulangan baja terhadap nilai kapasitas tarik semula ( periksa tabel 4.1 ), yaitu pengujian tarik baja pasca retak balok beton bertulang akibat pembebanan P.

Pada penulangan rangkap dengan menggunakan sengkang menunjukkan suatu peningkatan nilai kapasitas geser balok ( tahanan geser ). Pada penghentian  $1/2 L$  bentang balok memberikan angka tahanan geser yang paling maksimum hal ini sesuai dengan kaidah mekanika pada diagram gaya lintang balok "simple beam", yaitu gaya geser berkurang secara linier dari tumpuan ke arah tengah bentang.

Pola retak yang dijumpai pada penghentian  $1/2 L$  bentangan balok memiliki kesamaan pola retak pada penghentian  $1/4 L$  bentangan balok terutama dalam hal ini adalah retak berarah memotong tegak lurus bidang

sambungan pengecoran, sedangkan pola retak pada penghentian  $3/4 L$  bentangan balok retakan lebih terkonsentrasi menjalar searah sambungan pengecoran sejalan dengan meningkatnya tegangan baik oleh lentur maupun geser. Perilaku geser pada sambungan pengecoran menunjukkan suatu hal yang berhubungan antara penghentian dan pengaruhnya terhadap kapasitas geser pada balok beton bertulang sesuai dengan hasil penelitian ini.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

an

elitian diperoleh data dari masing-masing sampel balok, dari data

kesimpulan mengenai perilaku geser baik itu penghentian

da  $1/2 L$ ,  $3/4L$  dan  $1/4L$  termasuk variasi penulangannya.

s pembuatan beton didapati nilai "slump" yang berbeda, hal ini

karena kurang seragamnya pengadukan. Indikator

agamanya adukan beton adalah nilai deviasi standar (S), semakin

deviasi standar makin seragam adukannya.

dengan sambungan cor yang monolit memiliki kekuatan

ser ( $V_c$ ) layaknya seperti beton tanpa sambungan.

ton yang baik akan mampu mengatasi gagalnya lekatan antara

engan betonnya pada saat tegangan tarik terus bertambah

ilangan bajanya mendesak keluar dan menyebabkan selimut

etak yang timbul pada balok, menunjukkan gagal geser terjadi di

langkan retak lentur terjadi pada tengah bentangan.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari penelitian diperoleh data dari masing-masing sampel balok, dari data dapat diambil kesimpulan mengenai perilaku geser baik itu penghentian pengecoran pada  $1/2 L$ ,  $3/4L$  dan  $1/4L$  termasuk variasi penulangannya.

1. Pada proses pembuatan beton didapati nilai "slump" yang berbeda, hal ini terjadi karena kurang seragamnya pengadukan. Indikator ketidakseragamannya adukan beton adalah nilai deviasi standar (S), semakin kecil nilai deviasi standar makin seragam adukannya.
2. Pada beton dengan sambungan cor yang monolit memiliki kekuatan menahan geser ( $V_c$ ) layaknya seperti beton tanpa sambungan.
3. Penutup beton yang baik akan mampu mengatasi gagalnya lekatan antara tulangan dengan betonnya pada saat tegangan tarik terus bertambah sehingga tulangan bajanya mendesak keluar dan menyebabkan selimut beton pecah.
4. Dari pola retak yang timbul pada balok, menunjukkan gagal geser terjadi di tumpuan sedangkan retak lentur terjadi pada tengah bentangan.

5. Melihat pola retak geser, maka penghentian pencoran antara  $1/4 L$  sampai dengan  $1/2 L$ , yang paling baik penghentian pencoran disarankan pada daerah momen maksimum atau gaya geser nol yaitu ditengah bentangan.
6. Perilaku geser pada tiap-tiap variasi penulangan ( tulangan sebelah, tulangan rangkap, tulangan geser, tanpa tulangan geser ) menunjukkan pola yang berbeda-beda dan dari variasi penulangan tersebut yang paling besar menahan gaya geser yaitu tulangan rangkap dengan sengkang.
7. Kegagalan geser terjadi di daerah tampang kritis balok yang berjarak  $d$  dari tumpuan ( di sekitar tumpuan ), dengan demikian penulangan beton dapat dikurangi sampai daerah yang membutuhkan sengkang minimal.

## 5.2 Saran-saran

Untuk meningkatkan hasil suatu penelitian dan penerapan di lapangan sekiranya disarankan sebagai berikut.

1. Guna penelitian sampel balok selanjutnya, perlu diperhatikan tahap pekerjaan pemadatan beton cor ke acuannya terutama pemadatan pada sisi ujung terluar balok guna menjamin tulangan tetap ditempatnya.
2. Sampel yang berupa balok perlu diperhatikan rata dasar acuan balok saat pelaksanaan pencoran dan kecermatan penempatan beban dan pengamatan retakan yang terjadi.

3. Tidak dianjurkan untuk penghentian pencoran pada  $3/4$  L, apabila pencoran  $3/4$  L terpaksa dilakukan maka harus ditambahkan perkuatan berupa "Shear Conector" yang jumlahnya dihitung sesuai kebutuhan.
4. Perlu dipikirkan dan ditindak-lanjuti pengadaan / tambahan peralatan guna pengujian geser murni balok pada laboratorium teknologi bahan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia untuk mengembangkan kajian studi geser selanjutnya.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Istimawan Dipohusodo, 1994, Struktur Beton Bertulang, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
2. Kardiyono Tjokrodimulya, ME. Ir, 1992, Teknologi Beton, Jurusan Teknik Sipil, UGM, Yogyakarta.
3. Kia Wang, Chu, 1986, Desain Beton Bertulang, Jilid I, Edisi Keempat, Erlangga, Jakarta.
4. Nilson, Arthur H, 1991, Disign of concrete Structures, Edisi ketujuh, New York.
5. Nawy, Edward G, 1990, Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar, PT. Eresco, Bandung.
6. \_\_\_\_\_, 1991, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, SK SNI - T - 15 1991 - 03, DPU, LPMB, Bandung.
7. Ferguson Phil. M, 1986, Dasar-Dasar Beton Bertulang, Edisi keempat, Erlangga Jakarta.
8. Sagel, R., Kole, P., Gideon Kusuma, Ir., 1993, Pedoman Pengerjaan Beton, Erlangga, Jakarta.

# LAMPIRAN

## Kuat tarik baja tulangan diameter 12 mm polos pasca retak

Sampel	A (10 <sup>-2</sup> cm)	P leleh (Kg)	P max (Kg)	P putus (Kg)	$\sigma l = P/A$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma l \text{ Rata}^2$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	88,203	2820	4150	3240	3197,170	3106,083
2	89,0365	2550	3520	2750	2863,99	
3	89,0365	2900	4390	3640	3257,09	

Keterangan:

A = luas baja tulangan,

P luluh = beban saat terjadi luluh,

P max = beban maximum baja tulangan,

 $\sigma l$  = tegangan luluh baja.

$$\sigma l_r = \frac{\sigma l_1 + \sigma l_2 + \sigma l_3}{3} = \frac{3197,170 + 2863,99 + 3257,09}{3} = 3106,083 \text{ kg/cm}^2$$

Daftar simbol atau parameter yang digunakan pada penelitian ini

$v$  = Tegangan geser (kN),

$V$  = Gaya lintang (kN),

$S$  = Momen statis ( $\text{cm}^3$ ),

$I$  = Momen inersia ( $\text{cm}^4$ ),

$V_u$  = Gaya geser (luar) yang bekerja (kN),

$V_n$  = Gaya geser nominal sumbangan beton dan tulangan (kN),

$V_c$  = Gaya geser sumbangan beton (kN),

$V_s$  = Gaya geser sumbangan tulangan (kN),

$A_v$  = Luas penampang tulangan geser ( $\text{mm}^2$ ),

$f_y$  = Kuat luluh tulangan geser (Mpa),

$f_c'$  = Kuat tekan beton (Mpa),

$d$  = Tinggi efektif balok (mm),

$A$  = Luas baja tulangan ( $\text{mm}^2$ ),

$P$  luluh = Beban saat terjadi luluh (kg),

$P$  max = Beban maximum baja tulangan (kg),

$\sigma_l$  = Tegangan luluh baja ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ).





UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
1	HESTAHUL HUDA	17310134		KONSTRUKSI
2	HUSYRULLIS	17310135		KONSTRUKSI

Dosen Pembimbing I  
Dosen Pembimbing II  
1  
2

: DR. H. HUSYRULLIS, S.T., M.Eng.  
: DR. H. HUSYRULLIS, S.T., M.Eng.  
:



Yogyakarta, 13 Mei 2016

Dekan,



*[Handwritten signature]*

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

YOGYAKARTA

CATATAN - KONSULTASI

No.	Tanggal	Konsultasi ke:	KETERANGAN	Paraf
	5/6 96	1.	Perbaiki proposal	<i>[Signature]</i>
	7/6 96	2		<i>[Signature]</i>
	17/6-96	3	perbaiki mix design	<i>[Signature]</i>
	<del>22/6</del> 22/6-96	4	AOE mix design (1,1 x 1,64 x 4,2)	<i>[Signature]</i>
	10/9 96	5	lanjutan penelitian	<i>[Signature]</i>
	19/9-96	6	- Laporan yang sudah AOE, - Laporan dilengkapi dg hasil penelitian tambahan	<i>[Signature]</i>
	23/9 96	7	Perbaiki Abstrak Tambahkan subbab 2.5 Perilaku taser dan 3.5 Pengujian geser	<i>[Signature]</i>
	11/9 96	8	Skrapkan metode uji pendataran	<i>[Signature]</i>