TUGAS AKHIR

PENGUJIAN GESER PADA BALOK TINGGI DENGAN VARIASI BENTANG GESER

Disusun Oleh :

HERY SUSANTA

No. Mhs. : 93 310 025
NIRM : 930051013114120025

MUHAMMAD AGUS MUNADI

No. Mhs. : 93 310 105
NIRM : 930051013114120102

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

2000

TUGAS AKHIR

PENGUJIAN GESER PADA BALOK TINGGI DENGAN VARIASI BENTANG GESER

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

Disusun oleh :

HERY SUSANTA
No. Mhs : 93 310 025
NIRM : 930051013114120025

MUHAMMAD AGUS MUNADI
No. Mhs : 93 310 105
NIRM : 930051013114120102

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2000

TUGAS AKHIR

PENGUJIAN GESER PADA BALOK TINGGI DENGAN VARIASI BENTANG GESER

Disusun oleh :

HERY SUSANTA
No. Mhs : 93 310 025
NIRM : 930051013114120025

MUHAMMAD AGUS MUNADI
No. Mhs : 93 310 105
NIRM : 930051013114120102

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. H. Susastrawan , MS
Dosen Pembimbing I

Tanggal : 2-5-2000

Ir. H. Ilman Noor, MSCE
Dosen Pembimbing II

Tanggal : 2-5-2000

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmaanirrahiim

Assalamu'alaikum wr,wb,

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan praktikum dan penulisan Tugas Akhir ini. Tak lupa kami ucapkan shalawat dan salam kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang telah membawa kita dari jalan kegelapan ke jalan yang terang benderang.

Tugas Akhir disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam mencapai gelar Strata I (SI) , 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 **PENGUJIAN GESER PADA BALOK TINGGI DENGAN VARIASI BENTANG GESER**, Maka telah dapat dilaksanakan dan diselesaikan Tugas Akhir ini.

Selama menjalankan praktikum dan penyusunan Tugas Akhir ini, penyusun telah banyak mendapat bantuan, bimbingan dan pengarahan dari berbagai pihak yang

merupakan sumbangan yang besar untuk mendukung selesainya penelitian ini, oleh sebab itu penulis menyampaikan penghargaan dan rasa terima kasih sebesar-besarnya atas bimbingan, pengarahan serta bantuan hingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan, kepada :

1. Bapak Ir. Widodo, MSCE, Ph.D, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
2. Bapak Ir. H. Tadjuddin BMA, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
3. Bapak Ir. H. Susastrawan, MS, selaku Dosen Pembimbing I,
4. Bapak Ir. H. Ilman Noor, MSCE, selaku Dosen Pembimbing II,
5. Bapak Ir. H. Sarwidi, MSCE, PhD, selaku Dosen tamu,
6. Bapak , Ibuku dan Mas Hari yang telah memberikan do'a, semangat dan biaya selama mengerjakan Tugas Akhir.
7. Bapak Warno, Bapak Ndaru, Bapak Deni, Bapak Pranoto yang senantiasa membantu selama dalam pelaksanaan penelitian,
8. Saudara Nur, Majid, Andi dan Widyo, yang senantisa membantu selama dalam pelaksanaan penelitian,
9. Teman-teman Angkatan 93, Kelas D, Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, yang telah membantu tersusunnya laporan ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu- persatu.

Penulis hanya dapat berdo'a semoga budi baik semua pihak yang telah memberikan bantuannya, mendapat balasan dari Allah SWT sesuai dengan amal perbuatan yang diberikan.

Sebagai penutup penulis berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan para pembaca pada umumnya, 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. Akhirrul kalam,

Wabillahittaufik walhidayah, wassalamu'alaikum wr,wb.

Yogyakarta, April 2000

Penulis

Hery Susanta

Muhammad Agus Munadi

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

LEMBAR PENGESAHAN

KATA PENGANTAR..... i

DAFTAR ISI..... IV

DAFTAR SIMBOL..... VII

DAFTAR GAMBAR IX

DAFTAR TABEL XI

DAFTAR LAMPIRAN XII

ABSTRAKSI XIII

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah 1

1.2 Tujuan Penelitian 3

1.3 Manfaat Penelitian 3

1.4 Batasan Penelitian 3

1.5 Metode Penelitian 5

1.6 Hipotesa 17

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Konsep Dasar Struktur Beton Bertulang 18

2.2 Material Pembentuk Beton 19

2.2.1 Semen Portland 19

2.2.2 Agregat 20

2.2.3 Air 21

2.2.4 Bahan Campuran Tambahan 22

2.3 Perancangan Campuran Beton 22

2.3.1 Tujuan perancangan campuran beton 22

2.3.2 Metode DOE *(Departement Of Environment)* 23

2.4 Balok Tinggi *(Deep Beams)* 34

2.5 Perilaku Balok Tinggi 35

2.6 Perencanaan Penulangan Geser Pada Balok Tinggi 4 0

BAB III PELAKSANAAN PENELITIAN

3.1 Perencanaan Campuran Beton 44

3.2 Pelaksanaan Penelitian 46

3.2.1 Persiapan Bahan dan Alat 46

3.2.2 Pembuatan Benda Uji 47

3.2.3 Perawatan benda uji..... 49

3.3 Pengujian Balok Uji 50

3.3.1 Pengujian Desak Beton 50

3.3.2 Pengujian Geser 51

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian 52

4.1.1 Hasil Uji Kuat Tarik Baja 52

4.1.2 Hasil Uji Kuat Desak Beton 53

4.1.3 Hasil Uji Kuat Geser 54

4.2 Pembahasan 66

4.2.1 Kuat Desak Beton 66

4.2.2 Perilaku Geser pada Balok 66

4.2.3 Kuat Geser Balok 69

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan..... 72

5.2 Saran 73

DAFTAR PUSTAKA 75

LAMPIRAN

DAFTAR SIMBOL

a = bentang geser

As = luas tulangan tarik

Av = luas sengkang vertikal

Avh = luas sengkang horisontal

b = lebar balok

d = tinggi efektif balok

f'c = kuat tekan beton

f'cr = kuat tekan beton rata- rata

fy = tegangan leleh baja

jd = lengan momen

Ln = bentang bersih balok

Mn = kapasitas momen nominal

Mu = kapasitas momen berfaktor

s = spasi sengkang vertikal

s_2 = spasi sengkang horisontal

s_d = standar deviasi

v = tegangan geser

Vc = kapasitas geser beton

Vs = kuat geser tulangan geser vertikal dan horisontal

Vn = kapasitas geser nominal

Φ = faktor reduksi

ρw = rasio tulangan

DAFTAR GAMBAR

No	Nama Gambar	Hal
1.1	Benda Uji	4
1.2	Skema Balok Beton	6
1.3	Dimensi Balok Beton	9
1.4	Skema Balok Beton	17
2.1	Hubungan f.a.s dan kuat tekan rata-rata silinder beton	25
2.2	Grafik mencari air semen	26
2.3a	Grafik persentase agregat halus terhadap agregat keseluruhan untuk ukuran butir maksimal 10 mm	32
2.3b	Grafik persentase agregat halus terhadap agregat keseluruhan untuk ukuran butir maksimal 20 mm	32
2.3c	Grafik persentase agregat halus terhadap agregat keseluruhan untuk ukuran butir maksimal 40 mm	33
2.4	Grafik hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat beton	34
2.5	Distribusi tegangan elastis pada balok tinggi	36
2.6	Trajektori tegangan pada balok tinggi	37
2.7	Transfer geser di dalam beton bertulang	39
2.8	Aksi busur	40
2.9	Pola keruntuhan pada balok tinggi	57
4.1	Grafik defleksi balok I	56

4.2 Pola retak balok I 57

4.3 Grafik defleksi balok II 59

4.4 Pola retak balok II 60

4.5 Grafik defleksi balok III 62

4.6 Pola retak balok III 63

4.7 Grafik defleksi balok IV 64

4.8 Pola retak balok IV 65

4.9 Grafik kuat geser 70

DAFTAR TABEL

No	Nama Tabel	Hal
1.1	Kapasitas nominal mesin maksimum	7
1.2	Kapasitas lentur untuk berbagai variasi bentang geser	9
1.3	Jarak sengkang untuk berbagai variasi bentang geser	14
1.4	Tegangan geser rencana	14
2.1	Faktor pengali deviasi standar	24
2.2	Perkiraan kuat tekan beton (Mpa) dengan f.a.s 0,5	26
2.3	Persyaratan f.a.s maksimum untuk berbagai pembetonan dan lingkungan	27
2.4	Perkiraan kebutuhan air per meter kubik beton (liter)	28
2.5	Kebutuhan semen minimum untuk berbagai pembetonan dan lingkungan	29
2.6	Batas gradasi pasir	30
3.1	Daftar peralatan	46
4.1	Kuat tarik baja	52
4.2	Hasil pengujian kuat desak beton	53
4.3	Hasil pengujian balok I	54
4.4	Hasil pengujian balok II	57
4.5	Hasil pengujian balok III	60
4.6	Hasil pengujian balok IV	63
4.7	Hasil uji kuat geser	65

DAFTAR LAMPIRAN

No	Nama Lampiran	Hal
1.	Menentukan Daerah Gradasi Pasir	
2.	Pengujian Geser Balok	
3.	Balok setelah diuji	

ABSTRAKSI

Dalam perencanaan suatu struktur bangunan, terutama untuk bangunan yang tinggi, atau karena tuntutan arsitektur, sering dijumpai balok beton yang mempunyai tinggi jauh lebih besar dibandingkan dengan panjang bentang. Balok tinggi yang banyak digunakan sebagai dinding- dinding yang dibebani vertikal, balok bentang pendek yang dibebani sangat berat, dan dinding- dinding geser.

Balok tinggi merupakan bagian struktur yang pendek sehingga deformasi geser lebih penting dibandingkan deformasi lentur, sehingga pada penelitian ini ditekankan pada pengujian geser balok dan pengaruh variasi bentang geser terhadap kekuatan geser balok tinggi. Variasi bentang geser yang digunakan dalam pengujian yaitu 125 mm, 250 mm, 375 mm, dan 500 mm.

Dari penelitian didapatkan kapasitas geser balok untuk masing- masing bentang geser sebesar 204,9505 kN, 158,91089 kN, 124,7525 kN, dan 97,52475 kN.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebelum merencanakan struktur suatu bangunan diperlukan struktur yang handal dan memadai, tidak hanya dari segi kekuatan dan keamanan saja, tetapi juga kenyamanan dan ekonomis. Oleh karena itu pemilihan jenis bahan baku untuk struktur yang dipakai merupakan hal yang penting dalam perencanaan struktur.

Beton adalah salah satu pilihan yang tepat sebagai alternatif untuk dipakai sebagai sistem struktur bangunan. Selain itu beton sangat fleksibel dan dapat dibentuk sesuai dengan bentuk struktur yang diinginkan. Beton juga memiliki sifat khusus yang merupakan kelebihannya yaitu kemampuan atau kekuatan yang besar dalam menahan tekan. Tetapi di sisi lain, beton sangat lemah menahan tarik. Kekuatan tarik beton hanya 7-10% dari kekuatan tekannya. Oleh sebab itu, beton harus dikombinasikan dengan bahan lain, yaitu baja sebagai tulangannya untuk menahan tarik dan geser, sehingga diperoleh struktur yang cukup ideal karena dapat menahan tekan, tarik dan geser, sehingga merupakan bahan struktur utama yang dipilih.

Beban-beban yang bekerja pada struktur baik beban gravitasi (arah vertikal) maupun beban-beban lain, seperti beban angin atau beban karena susut dan perubahan temperatur, yang menyebabkan adanya lentur dan deformasi pada elemen struktur. Apabila beban bertambah, maka pada balok terjadi deformasi dan tegangan tambahan yang mengakibatkan retak lentur di sepanjang bentangan balok. Pada saat yang sama balok juga mengalami gaya geser akibat lenturan yang mengakibatkan retak geser atau retak tarik diagonal. Untuk menghindari kegagalan lentur, tarik diagonal dan tekan geser diperlukan maka diperlukan adanya penulangan geser yang memadai. Oleh karena itu perencana harus mendesain penampang elemen balok sedemikian rupa sehingga tidak terjadi retak yang berlebihan pada saat beban kerja serta mempunyai kekuatan cadangan untuk menahan beban dan tegangan tanpa mengalami keruntuhan.

Dalam perencanaan suatu struktur bangunan, terutama untuk bangunan dengan bentang yang lebih panjang, atau karena tuntutan arsitektur, sering dijumpai balok beton yang mempunyai tinggi jauh lebih besar dari tinggi normal, dalam hubungan dengan panjang bentang, sedangkan tebal dalam arah tegak lurus jauh lebih kecil bila dibandingkan dengan bentang atau tingginya.

Balok beton tinggi bertulang *(reinforced concrete deep beams)* memiliki aplikasi yang bermanfaat pada bangunan dan pondasi tinggi. Dinding-dinding yang dibebani vertikal, balok bentang pendek yang mengalami beban sangat berat dan dinding geser merupakan contoh jenis balok tinggi. Karena balok tinggi merupakan suatu bagian

struktur yang cukup pendek sehingga deformasi-deformasi geser menjadi penting dalam perbandingannya dengan lentur murni.

Berdasarkan pemikiran di atas akan dicoba melakukan penelitian terhadap kekuatan geser dan pola retak yang menyebabkan kegagalan pada balok tinggi. Tinjauan penelitian akan difokuskan pada pengujian geser dengan variasi bentang geser pada struktur balok tinggi persegi.

1.2 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui kapasitas geser balok tinggi akibat beban terpusat yang berpengaruh terhadap kekuatan geser nominal balok beton tinggi bertulang.
2. Mengetahui perilaku balok tinggi akibat geser terhadap pola retak geser sampai keruntuhan (bila terjadi), akibat beban terpusat (P).

1.3 Manfaat Penelitian

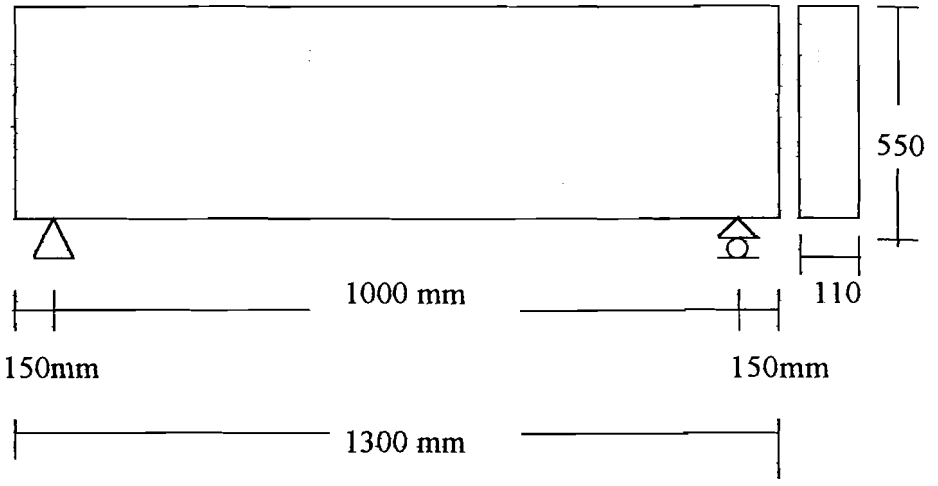
1. Menambah pengetahuan tentang balok tinggi yang jarang dibahas dalam penelitian dan dalam perkuliahan .
2. Menambah referensi tentang kekuatan dan perilaku geser pada balok tinggi.

1.4 Batasan Penelitian

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Benda uji berupa balok berbentuk persegi dengan dimensi tinggi 550 mm, lebar 110 mm dan panjang bentang 1300 mm seperti Gambar 1.1.

2. Balok beton uji menggunakan tulangan sebelah 2D 16 mm dan sengkang memakai tulangan ∅6 mm,



Gambar 1.1 Benda uji

3. mutu beton rencana yang digunakan f'c = 25 MPa,

4. mutu baja rencana: fy = 350 MPa, nilai yang pasti sesuai dengan hasil uji tarik,

5. variasi bentang geser (a) yaitu :125 mm, 250 mm, 375 mm, 500 mm,

6. uji desak beton digunakan kubus ukuran 150 mm x 150 mm x 150 mm,

7. perbandingan campuran menggunakan cara "DOE",

8. nilai slump ditentukan sebesar 7,5 – 15 cm untuk setiap sample adukan beton,

9. agregat halus yang digunakan dari Sungai Krasak,

10. agregat kasar digunakan batu pecah dengan ukuran agregat maksimal 20 mm,

11. semen digunakan tipe I merek Nusantara,

12. pengujian dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik UII.

1.5 Metodologi Penelitian

Metode penelitian ini memuat rencana pelaksanaan, perencanaan benda uji, serta prosedur pelaksanaan penelitian.

1. Rencana Pelaksanaan

Rencana penelitian direncanakan sesuai jadwal yang telah ditetapkan oleh Kepala Laboratorium BKT UII. Rencana pelaksanaan ini meliputi penyediaan segala sarana dan prasarana yang digunakan seperti penyediaan bahan/material, pembuatan cetakan sampel dan mix design.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. timbangan.
2. cetakan kubus ukuran 150 mm x 150 mm x 150 mm,
3. 1 set alat uji slump,
4. mesin pengaduk beton *(concrete mixer),*
5. mesin uji desak beton,
6. mesin uji geser,
7. Dukungan rol dan sendi, sehingga model balok mendekati balok sederhana *(simple beam)*
8. peralatan tambahan seperti ember, sekop, tongkat pemadat.

Adapun bahan-bahan yang digunakan antara lain :

1. Semen Portland Tipe I Merek Nusantara,
2. agregat halus berasal dari kali krasak,
3. agregat kasar (batu pecah) dari Clereng,

4. tulangan baja deform diameter 16 mm dan polos diameter 6 mm,

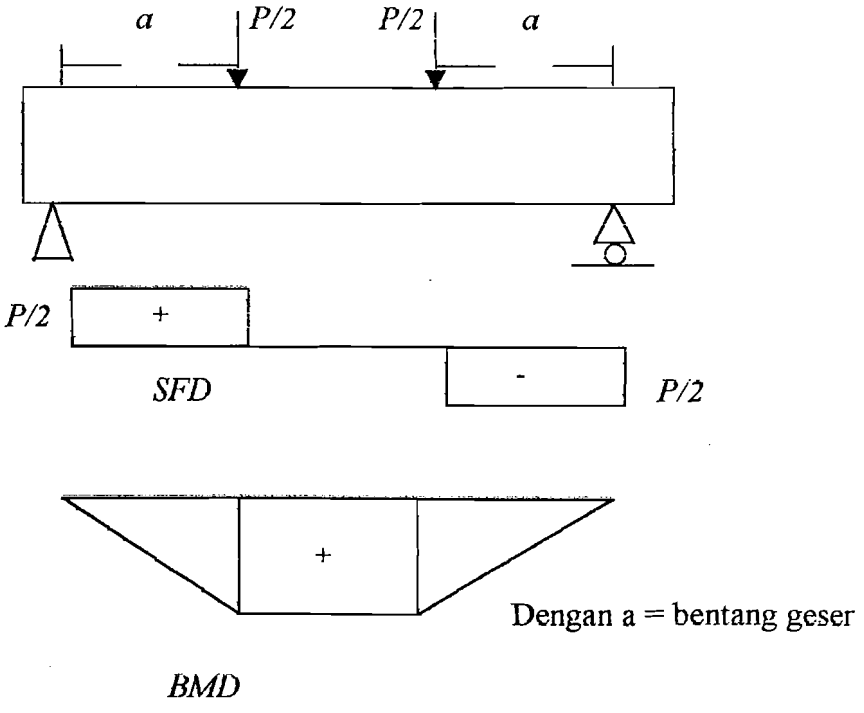
5. multiplex tebal 12 mm,

6. air yang digunakan untuk campuran beton.

2. Perencanaan Benda Uji

Pada penelitian ini bentang balok yang digunakan sangat pendek yaitu 1,3 m sehingga diharapkan kegagalan geser yang menentukan. Benda uji direncanakan supaya mempunyai kemampuan geser lebih rendah dari kemampuan lenturnya, hal ini dimaksudkan supaya benda uji tidak gagal dalam lentur. Karena keterbatasan alat, maka beban rencana tidak boleh lebih dari 15 ton.

Skema dari balok uji dapat dilihat seperti Gambar 1.2 .



Gambar 1.2 Skema balok beton

Dari kondisi di atas, dapat dihitung kapasitas nominal mesin maksimum dengan berbagai variasi bentang geser.

Misal untuk a = 125 mm

Mn max = 7,5 x 0,125 x 9,81 = 9,1969 kNm.

Vn max = 7,5 x 9,81 = 73,575 kN

Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 1.1 di bawah ini

Tabel 1.1 Kapasitas nominal mesin maksimum

Bentang geser	Mn max (kNm)	Vn max (kN)
125	9,1669	73,575
250	18,3938	73,575
375	27,5906	73,575
500	36,7875	73,575

Untuk menghindari kegagalan lentur pada saat pengujian , maka kapasitas lentur harus lebih besar dari kapasitas geser dan kapasitas lentur balok sebagai pembanding agar memenuhi persyaratan pengujian (kegagalan geser).

a) Kapasitas geser (Vc)

f'c = 21MPa

b = 110 mm

d = 496 mm

Vc = 1/6 $\sqrt{f'c}$ b d = 1/6 $\sqrt{21}$ 110 496 = 41671 N = 41,671 kN

b) Kapasitas lentur

f'c = 21 MPa

fy = 350 MPa

Kapasitas tampang

Mu = ∅ As fy jd

= 0,80 x 402,124 x 350 x 420

= 47289782,4 Nmm = 47,2898 kNm

Momen akibat beban luar :

$Mu = 1/2Pu\ a + 1/8\ Wu\ L^2$

$1/2Pu\ a = Mu - 1/8\ Wu\ L^2$

$$Pu = \frac{2\ (Mu - 1/8\ Wu\ L^2\ )}{a}$$

dengan a = bentang geser

Misal untuk a = 125 mm = 0,125 m

$$Pu = \frac{2\ (47,2898 - 1/8\ 1,6699\ 1^2\ )}{0,125} = 753,397\ kN$$

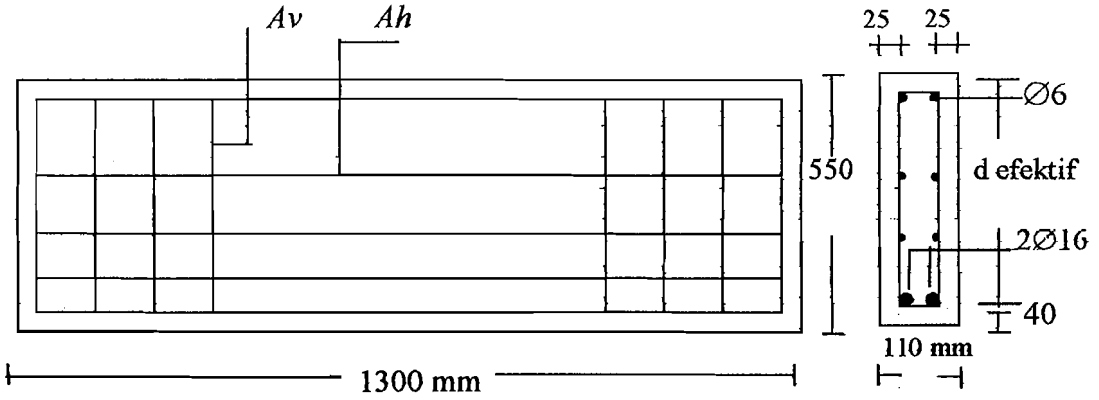
Hasil perhitungan beban maksimum (Pu) berdasarkan kapasitas lentur untuk berbagai variasi bentang geser dapat dilihat pada Tabel 1.2

Tabel 1.2 Beban maksimum (Pu) berdasarkan kapasitas lentur untuk berbagai variasi bentang geser

Bentang geser (a) (mm)	Beban maksimum (Pu) berdasarkan kapasitas lentur (kN)
125	753,397
250	376,649
375	251,099
500	188,324

Berdasarkan hasil hitungan Tabel 1.2, kapasitas lentur lebih besar dari kapasitas geser balok.

Dimensi balok dipakai 110/550



Gambar 1.3 Dimensi balok beton

d efektif = h – pb – Ds – 1/2Dp

= 550 – 40 – 6 – ½ 16 = 496 mm

Perencanaan penulangan benda uji adalah sebagai berikut

Perencanaan penulangan lentur

Baja digunakan, fy = 350 MPa

Kuat desak beton. f'c = 21MPa

Tulangan pokok digunakan D16 mm

Adp = ¼ π D^2 = 201,062 mm^2

Penulangan lentur yang dipakai ditentukan sama untuk semua balok uji. Untuk perencanaan diambil bentang geser yang mengakibatkan momen yang maksimum, yaitu pada bentang geser, a = 500 mm

Momen luar rencana : Mu = 1/2Pu a + 1/8Wu L^2

Berat sendiri balok = 0,11 x 0,55 x 23 = 1,3915 kN/m

Maka Mu = 1,2 x 73,575 x 0,50 + 1/8 x 1,6698 x 1^2 = 44,3537 kNm

Luas tulangan yang diperlukan:

$$As = \frac{Mu}{\Phi\, fy\, jd}$$

dengan jd = 0,2 (l + 2h) untuk $l \leq l/h < 2$

l/h = 1000/550 = 1,8 < 2

jd = 0,2 (1000 + 2 x 550) = 420 mm

$$As = \frac{Mu}{\Phi\, fy\, jd} = \frac{44{,}3537 \times 10^6}{0{,}80 \times 350 \times 420} = 377{,}157\, mm^2$$

Dipakai tulangan 2D 16 dengan luas As = 402,124 mm^2

●Perencanaan penulangan geser (sengkang)

Mutu baja, fy = 230 MPa

Diameter tulangan = 6 mm

Cek apakah balok uji termasuk balok tinggi

Ln/d = 1000/496 = 2,02 < 5

Jadi dapat dianggap balok tinggi

Gaya geser rencana (Vn) pada penampang kritis sama untuk semua variasi bentang geser yaitu Vn = 73,575 kN

Berat sendiri balok ,Wu = 1,6698 kN/m

● Perencanaan tulangan geser untuk bentang geser, a = 125 mm

Vu = 1,2 x 73,575 = 88,29 kN

Jarak penampang kritis , x = 0,50 x a = 0,50 x 125 = 62,5 mm < d = 496 mm

Mu = ½ Pu x + 1/8 Wu L^2

= 88,29 x 0,0625 + 1/8 x 1,6698 x 1 = 5,7269 kNm

Vn maks = 1/18 (10 + ln/d) $\sqrt{f'c}$ b d

= 1/18 (10 + 2,02) $\sqrt{21}$ x 110 x 496 = 375663 N = 375,663 kN

Kekuatan geser nominal pada penampang kritis,

$$Vn = \frac{Vu}{\Phi} = \frac{88,29}{0,60} = 147,15 kN$$

Vn maks > Vn perlu

Dengan menggunakan prosedur yang lebih terperinci ,maka pada penampang kritis,

$$\frac{Mu}{Vud} = \frac{5,7269 \times 10^3}{88,29 \times 496} = 0,1308$$

Faktor pengali untuk balok tinggi

$$3,5-2,5\frac{Mu}{Vud}=3,5-2,5\times0,1308=3,17>2,5$$

Dipakai 2,5

$$\rho w=\frac{As}{bd}=\frac{402,124}{110\times496}=0,00737$$

$$maka,Vc=\left[\left(3,5-2,5\frac{Mu}{Vud}\right)\frac{1}{7}\left(\sqrt{f'c}+120\rho w\frac{Vud}{Mu}\right)\right]bw\,d$$

$$=(2,5)\frac{1}{7}\left[\sqrt{21}+120\times0,00737\times\frac{88,29\times496}{5,7269\times10^{3}}\right]\times110\times496$$

$$=221071,5\,N$$

$$=221,0715\,kN$$

Batas atas Vc adalah Vc = ½ √f'c b d

= ½ x √21 x 110 496 = 125013 N – 125,013 kN

maka dipakai Vc = 125,013 kN

Vn > Vc , maka perlu penulangan geser vertikal dan horisontal.

Penulangan geser menurut SK SNI T – 03 – 1991, adalah

$$Vs=\left[\frac{Av}{s}\left(\frac{1+\ln/d}{12}\right)+\frac{Avh}{s2}\left(\frac{11-\ln/d}{12}\right)\right]fy\,d$$

Diameter tulangan geser horisontal dan vertikal adalah sama

Av = Avh = 2 x ¼ x π x 6^2 = 56,52 mm^2

$Vs = Vn - Vc$

$= 147,15 - 125,013 = 22,137\,kN$

Sehingga

$$\frac{22,137 \times 10^3}{230 \times 496} = \frac{56,52}{s}\left(\frac{1+2,02}{12}\right) + \frac{56,52}{s_2}\left(\frac{11-2,02}{12}\right)$$

$$0,19405 = \frac{14,2242}{s} + \frac{42,2958}{s_2}$$

Ditentukan jarak sengkang vertikal dan horisontal sama, maka $s = s_2$

$$0,19405 = \frac{14,2242}{s} + \frac{42,2958}{s}$$

$$0,19405s = 56,5199$$

$$s = 290,591\,mm$$

s maks = d/5 = 496/5 = 99,2 mm

Dipakai jarak sengkang s = s2 = 200 mm

Perhitungan sengkang untuk berbagai variasi bentang geser dapat dilihat pada Tabel 1.3

Tabel 1.3 Jarak sengkang untuk berbagai variasi bentang geser

Bentang geser(a) (mm)	Jarak sengkang vertikal(s) (mm)	Jarak sengkang horisontal(s2) (mm)
125	200	200
250	200	200
375	200	200
500	200	200

Perhitungan kapasitas geser beton dan tegangan geser balok untuk berbagai variasi bentang geser sebagai pembanding dapat dilihat pada Tabel 1.4.

Tabel 1.4. Tegangan Geser Rencana

Bentang geser (a) (mm)	Vc (N)	Tegangan geser (v = V / bd) (N / mm^2)
125	221071,5	4,0519
250	156467,1	2,8678
375	134314,6	2,4618
500	108784,9	1,9939

3. Prosedur Pelaksanaan

Prosedur pelaksanaan penelitian diuraikan secara singkat sebagai berikut :

1. Perencanaan campuran beton untuk adukan yang disesuaikan dengan *"mix design"* yang telah dihitung, beton diaduk dengan mesin pengaduk tersedia.
2. Pelaksanaan pencoran dilakukan apabila beton telah memenuhi nilai slump yang direncanakan, kemudian beton ditumpahkan pada bak penampung adukan dan ditampung dengan ember untuk dibawa ke tempat cetakan, setelah adukan dituang ke dalam cetakan. Setiap sampel diambil adukan beton untuk uji desak.
3. Pemadatan beton dilaksanakan menggunakan tongkat penumbuk yang ditusuk-tusuk ke dalam adukan beton serta sisi cetakan diketuk-ketuk dengan palu sampai adukan merata dan padat.
4. Rawatan benda uji dengan membasahi benda uji dengan air sampai umur 14-28 hari.
5. Materi pengujian di laboratorium meliputi pengujian kuat desak beton, kuat tarik baja dan pengaruh variasi bentang geser terhadap beban geser dengan mesin uji.
6. Hasil-hasil penelitian dicatat untuk kemudian diolah menjadi data, gambar dan grafik.

Pengujian kuat desak beton dilakukan pada umur 28 hari. Langkah-langkah pengujian sebagai berikut :

1. Setiap benda uji diberi tanggal pembuatan dan tanggal pengujiannya.
2. Benda uji diletakkan pada mesin uji desak beton, kemudian diuji sampai pecah atau runtuh.

3. Setiap benda uji dicatat kuat desak betonnya, kemudian dihitung kuat desak beton rata-rata.

Pengujian kuat tarik langsung dilaksanakan sebelum pencoran beton. Langkah-langkah sebagai berikut :

1. Batang baja dipasang pada mesin uji tarik baja.
2. Penarikan dilakukan sampai baja luluh atau putus.
3. Dicatat besar beban tarik yang terjadi.

Pengujian kuat geser balok dilakukan pada umur 28 hari dengan cara pengujian sebagai berikut :

1. Sebelum diuji balok dikapur warna putih terlebih dahulu, sehingga pola retak yang terjadi mudah dilihat.
2. Kemudian benda uji diletakkan pada dukungan yang telah disiapkan bersama mesin uji.
3. Di atas benda uji diberi dudukan lempengan baja untuk menyalurkan beban dari mesin uji menjadi beban dua titik.
4. Pada saat pengujian, retak-retak yang terjadi pada benda uji akibat pembebanan digambar pola retaknya dengan spidol untuk memperjelas dan dicantumkan besar beban yang terjadi pada saat retak.

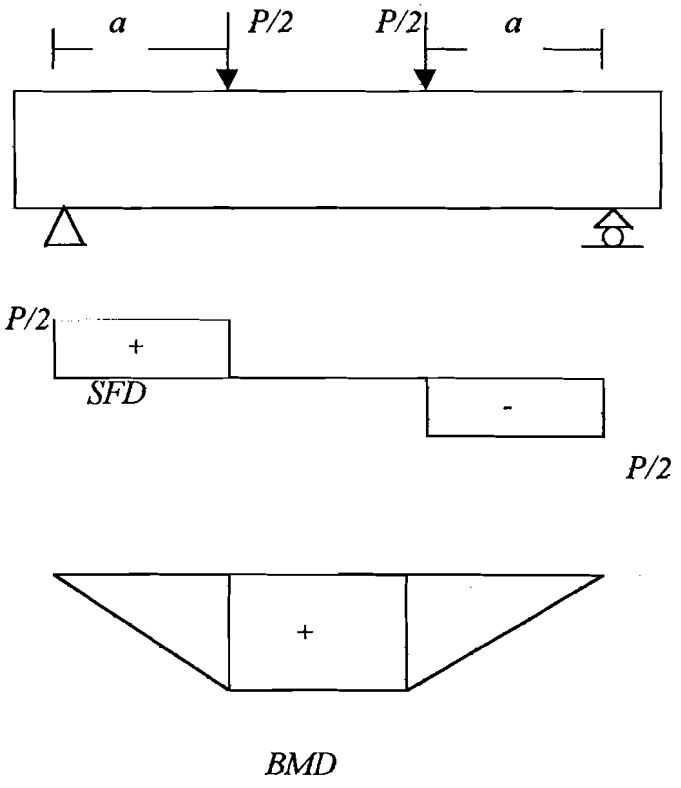
Data yang dicatat dalam pengujian adalah sebagai berikut:

1. Besar beban yang mengakibatkan retak-retak diagonal/miring pada benda uji sampai runtuh.

2. Besar lendutan yang terjadi akibat kenaikan beban yang telah ditentukan , untuk setiap benda uji kenaikan beban ditetapkan sebesar 500 kg.
3. Digambarkan pola retak yang terjadi pada benda uji.

1.6 Hipotesa

Dengan adanya variasi bentang geser kita dapat mengetahui kapasitas geser pada balok tinggi akibat geser. Dengan meningkatnya bentang geser (a/d), kekuatan geser nominal (Vn) akan semakin menurun/mengecil (lihat Gambar 1.4).



Dengan a = bentang geser

Gambar 1.4 Skema balok beton

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Konsep Dasar Struktur Beton Bertulang

Beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat kasar, agregat halus, dan air, dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat (SK SNI T-15-1991-03,1991).

Salah satu kebaikan beton adalah termasuk bahan yang berkekuatan tinggi, bila dibuat dengan cara yang baik, kuat tekannya akan sama dengan batuan alami (Kardiyono,1996).

Beton bertulang adalah bahan yang banyak digunakan untuk sistem-sistem struktur . Beton dihasilkan dari interaksi mekanis dan kimiawi sejumlah material pembentuknya. Beton dibuat dari pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu, batu pecah atau bahan semacam lainnya, dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia semen sebagai bahan pengikat selama proses pengerasan beton berlangsung. Beton yang terbentuk ini mempunyai kekuatan tekan yang tinggi dan kekuatan tarik yang rendah, kuat tarik beton kira-kira 7-10% dari kekuatan tekannya. Oleh karena itu, penguatan tarik dan geser harus diberi tulangan pada daerah tarik penampang beton. Hal ini dilakukan agar beton dapat digunakan

untuk komponen struktur yang mampu menahan gaya tarik dan tekan secara bersamaan.

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

2.2 Materi Pembentuk Beton

Masing-masing komponen beton untuk beton bertulang terdiri dari partikel-partikel agregat yang dilekatkan oleh pasta yang terbuat dari semen portland dan air. Pasta ini mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel agregat dan setelah beton segar dicorkan akan mengeras sebagai akibat dari reaksi-reaksi kimia eksotermis antara semen dan air, membentuk bahan struktur yang padat dan dapat tahan lama. Dengan demikian perlu dibicarakan fungsi dari masing-masing komponen tersebut sebelum mempelajari beton secara keseluruhan.

2.2.1 Semen

Semen adalah suatu jenis bahan yang memiliki sifat adesif dan kohesif yang memungkinkan melekatnya fragmen-fragmen mineral menjadi suatu massa yang padat. Semen yang dimaksudkan untuk struktur beton bertulang adalah bahan jadi dan mengeras dengan adanya air yang dinamakan semen hidraulis (semen portland).

Suatu semen jika diaduk dengan 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.

Fungsi semen ialah untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak atau padat.

Semen portland adalah semen hidraulis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidraulis, bersama bahan tambahan yang biasa digunakan adalah gypsum (Kardiyono ,1996). Semen portland dibagi menjadi 5 jenis yaitu :

a) Jenis I, untuk penggunaan umum tanpa persyaratan khusus.
b) Jenis II, semen untuk beton tahan sulfat dan mempunyai panas hidrasi sedang.
c) Jenis III, pemakaiannya menuntut persyaratan kekuatan awal tinggi.
d) Jenis IV, pemakaiannya menuntut persyaratan panas hidrasi rendah.
e) Jenis V, untuk beton yang sangat tahan terhadap sulfat.

2.2.2 Agregat

Agregat ialah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Karena agregat biasanya menempati sekitar 75% dari isi total beton, maka sifat agregat ini mempunyai pengaruh yang besar terhadap perilaku dari beton yang sudah mengeras, dengan demikian gradasi agregat harus diupayakan saling mengisi menjadi satu kesatuan massa yang utuh, homogen dan kompak, yaitu agregat kecil mengisi ruang kosong diantara agregat besar (Nawy,1990).

Dalam praktik agregat secara umum digolongkan menjadi tiga yaitu :

1. batu untuk besar butiran lebih dari 40 mm,
2. kerikil untuk butiran antara 5 mm sampai 40 mm,
3. pasir untuk butiran antara 0,15 mm sampai 5 mm.

Sifat agregat bukan hanya mempengaruhi sifat beton, akan tetapi juga mempengaruhi ketahanan *(durability)*. Untuk itu agregat harus mempunyai bentuk yang baik, bersih, kuat, keras dan gradasinya baik. Agregat juga harus mempunyai kestabilan kimiawi, dan dalam hal-hal tertentu harus tahan aus dan tahan cuaca.

2.2.3 Air

Air diperlukan pada pembuatan beton agar terjadi reaksi kimiawi dengan semen untuk membasahi agregat dan untuk melumas campuran agar mudah pengerjaannya.

Kekuatan semen yang telah mengeras tergantung pada jumlah air yang dipakai waktu proses hidrasi berlangsung. Pada dasarnya jumlah air yang diperlukan untuk proses hidrasi hanya kira-kira 25% dari berat semennya, penambahan jumlah air akan mengurangi kekuatan setelah mengeras (Kardiyono,1996). Namun demikian air kelebihan dari yang diperlukan untuk proses hidrasi pada umumnya memang diperlukan pada pembuatan beton, agar adukan beton dapat dicampur dengan baik, di angkut dengan mudah, dan dapat dicetak tanpa rongga-rongga yang besar (tidak keropos).

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

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

2.2.4 Bahan Campuran Tambahan

Bahan campuran tambahan *"admixtures"* adalah bahan yang bukan air, agregat, maupun semen yang ditambahkan dalam campuran sesaat atau selama pencampuran.

Fungsi bahan ini adalah untuk mengubah sifat-sifat beton agar menjadi cocok untuk pekerjaan tertentu, atau untuk tujuan lainnya.

2.3 Perancangan Campuran Beton

2.3.1 Tujuan perancangan campuran beton

Tujuan dari perancangan campuran beton ialah untuk menentukan proporsi semen, agregat halus dan kasar serta air agar dipenuhi beberapa persyaratan sebagai berikut :

1. kekuatan desak yang sesuai atau memenuhi syarat seperti yang ditentukan,
2. kelecakan *(workability)* yang cukup sehingga pengangkutan , penuangan, dan pemadatan beton dapat dilakukan dengan baik,
3. keawetan *(durability)* yang memadai dan pada umumnya keawetan beton banyak ditentukan oleh faktor air semen,
4. penyelesaian akhir *(finishing)* dari permukaan beton yang baik.

Ada beberapa metode perancangan campuran beton yang dapat digunakan sebagai dasar perhitungan campuran beton agar beton yang dihasilkan memenuhi

syarat dalam perancangan. Metode- metode tersebut antara lain : metode Dreux, metode ACI, metode ROAD Note No. 4, metode DOE, dan cara coba- coba.

Dari beberapa metode perancangan beton tersebut, dipilih metode DOE yang akan digunakan dalam penelitian ini. Perancangan dengan cara DOE ini banyak dipakai sebagai standar perencanaan oleh Departemen Pekerjaan Umum di Indonesia, dan dimuat dalam buku Standar SK. SNI> T- 15- 1990-03 dengan judul bukunya : "Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal ".

2.3.2 Metode DOE (Departement Of Environment)

Dalam perancangan dengan metode DOE ini digunakan tabel- tabel dan grafik-grafik. Langkah- langkah pokok cara ini adalah :

1. Penetapan kuat tekan beton yang disyaratkan (f'c) pada umur tertentu, ditetapkan sesuai dengan persyaratan perencanaan strukturnya dan kondisi setempat.
2. Penetapan deviasi standar (s), ditetapkan berdasarkan tingkat mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran betonnya. Makin baik mutu pelaksanaannya makin kecil nilai deviasi standarnya. Penetapan nilai deviasi standar ini berdasarkan pada hasil pengalaman praktik pelaksanaan pada waktu yang lalu, untuk pembuatan beton mutu yang sama dan menggunakan bahan dasar sama pula.

a. Jika pelaksana mempunyai catatan data hasil pembuatan beton serupa pada masa lalu, maka persyaratannya (selain yang tersebut di atas) jumlah data hasil uji minimum 30 buah. Jika data hasil uji kurang dari 30 buah maka dilakukan koreksi

terhadap nilai deviasi standar dengan suatu faktor pengali, seperti tampak pada Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1 Faktor pengali deviasi standar

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

b. Jika pelaksana tidak mempunyai catatan/ pengalaman hasil pengujian beton pada masa lalu yang memenuhi persyaratan tersebut (termasuk data hasil uji kurang dari 15 buah), maka nilai margin langsung diambil sebesar 12 MPa.

3. Penghitungan nilai tambah (" margin "), (M).

Jika nilai tambah ini sudah ditetapkan sebesar 12 MPa maka langsung ke langkah berikutnya.

Jika nilai tambah dihitung berdasarkan nilai deviasi standar sd maka dilakukan dengan rumus berikut :

$$M = k \,.\, s_d \qquad (2.1)$$

dengan :
M = nilai tambah, MPa
k = 1,64
s_d = deviasi standar, MPa

4. Menetapkan kuat tekan rata-rata yang direncanakan, diperoleh dengan rumus :

$$f'cr = f'c + M \qquad (2.2)$$

dengan :
f'cr = kuat tekan rata-rata, MPa

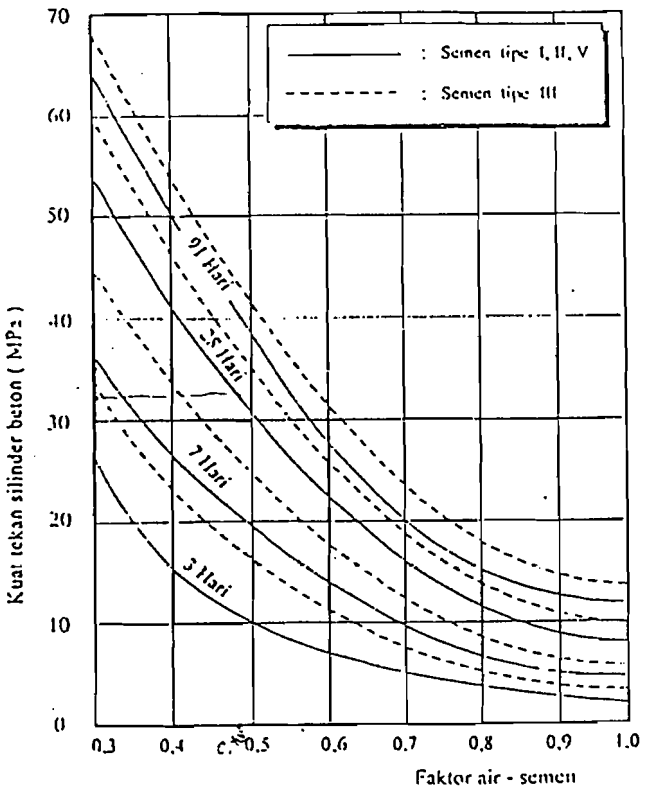
f'c = kuat tekan yang disyaratkan, MPa
M = nilai tambah, MPa

5. Penentuan jenis semen Portland, disesuaikan dengan tujuan pemakaianmya.

6. Penetapan jenis agregat, apakah berupa agregat alami ataukah agregat batu pecah.

7. Penetapan faktor air semen (f.a.s) dengan salah satu dari dua cara berikut :

   a. Berdasarkan jenis semen yang dipakai dan kuat tekan rata-rata silinder beton yang direncanakan pada umur tertentu, ditetapkan nilai f.a.s dengan melihat Gambar 2.1.

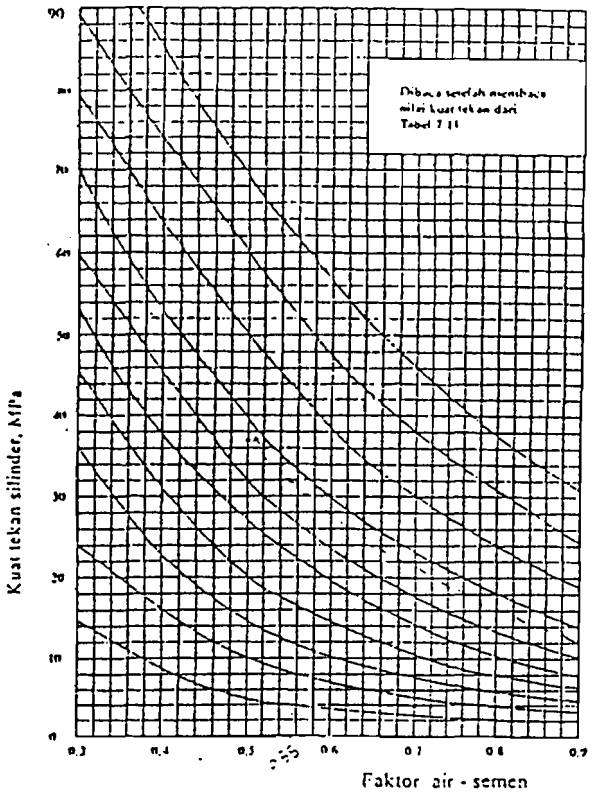


Gambar 2.1 Hubungan f.a.s dan kuat tekan rata-rata silinder beton (Kardiyono, 1996, : 7.39)

b. Berdasarkan jenis semen yang dipakai, jenis agregat kasar, dan kuat tekan rata-rata yang direncanakan pada umur tertentu, ditetapkan nilai f.a.s dengan Tabel 2.2 dan Gambar 2.2.

Tabel 2.2 Perkiraan kuat tekan beton (MPa) dengan f.a.s 0,5 (Kardiyono, 1996 Teknologi beton)

Jenis semen	Jenis agregat kasar	Umur (hari)			
		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



Gambar 2.2 Grafik mencari air semen (Kardiyono, 1996, : 7.40)

8. Penetapan faktor air semen maksimum agar beton yang diperoleh tidak cepat rusak. Penetapan f.a.s maksimum dilakukan dengan Tabel 2.3. Jika nilai f.a.s maksimum lebih rendah daripada nilai f.a.s dari langkah (7), maka nilai f.a.s maksimum ini yang dipakai untuk perhitungan selanjutnya.

Tabel 2.3 Persyaratan f.a.s maksimum untuk berbagai pembetonan dan lingkungan khusus (Kardiyono,1996)

Jenis pembetonan	f.a.s maksimum
Beton di dalam ruang bangunan :	
a. keadaan keliling non- korosif	0,60
b. keadaan keliling korosif	0,52
Beton di luar ruang bangunan :	
a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,55
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60
Beton yang masuk ke dalam tanah	
a. mengalami keadaan basah dan kering berganti- ganti	0,55
b. mendapat pengaruh sulfat dan alkali tanah	tabel tersendiri
Beton yang selalu berhubungan dengan air tawar / payau/ laut	tabel tersendiri

9. Penetapan nilai slump.

   Penetapan nilai slump dilakukan dengan memperhatikan pelaksanaan pembuatan, pengangkutan, pemadatan, maupun jenis strukturnya.

10. Penetapan agregat maksimum.

11. Penetapan jumlah air yanmg diperlukan per meter kubik beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat, jenis agregat, dan slump, lihat Tabel 2.4 .

Tabel 2.4 Perkiraan kebutuhan air per meter kubik beton (liter), (Kardiyono, 1996)

Besar 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

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

$$A = 0{,}67\,A_h + 0{,}33\,A_k \qquad (2.3)$$

Dengan : A = jumlah air yang dibutuhkan, liter/m^3,
A_h= jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat halusnya,
A_k= jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat kasarnya.

12. Menghitung berat semen yang diperlukan, dihitung dengan membagi jumlah air dari langkah (11) dengan f.a.s yang diperoleh pada langkah (7) dan (8).

13. Kebutuhan semen minimum, ditetapkan dengan Tabel 2.5. Kebutuhan semen minimum ini ditetapkan untuk menghindari beton dari kerusakan akibat lingkungan khusus, misalnya lingkungan korosif, air payau, air laut.

Tabel 2.5. Kebutuhan semen minimum untuk berbagai pembetonan dan lingungan khusus (Kardiyono,1996)

Jenis Pembetonan	Semen Minimum (kg/m^3 beton)
Beton di dalam ruang bangunan :	
a. Keadaan keliling non-korosif	275
b. Keadaan keliling korosif	325
Beton di luar ruang bangunan	
a. tidak terlindungi dari hujan dan terik matahari langsung	325
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275
Beton yang masuk ke dalam tanah :	
a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	375
b. mendapat pengaruh sulfat dan alkali tanah	Tabel tersendiri
Beton yang selalu berhubungan dengan air tawar/ payau/ laut	Tabel tersendiri

14. Penyesuaian kebutuhan semen.Apabila kebutuhan semen yang diperoleh dari langkah (12) ternyata lebih sedikit daripada kebutuhan semen minimum pada

langkah (13) maka kebutuhan semen harus di pakai yang minimum (yang nilainya lebih besar).

15. Penyesuaian jumlah air atau faktor air semen.

Jika jumlah semen ada perubahan akibat langkah (14) maka nilai fas berubah. Dalam hal ini dapat dilakukan dua cara berikut :

a. Faktor air semen di hitung kembali dengan cara membagi jumlah air dengan jumlah semen minimum.
b. Jumlah air disesuaikan dengan mengalikan jumlah semen minimum dengan faktor air semen.

Cara pertama akan menurunkan f.a.s, sedangkan cara ke dua akan menaikkan jumlah air yang diperlukan.

16. Penentuan daerah gradasi agregat halus didasarkan atas grafik gradasi yang diberikan pada Tabel 2.6 Dengan tabel tersebut agregat halus dapat dimasukkan menjadi salah satu dari 4 daerah.

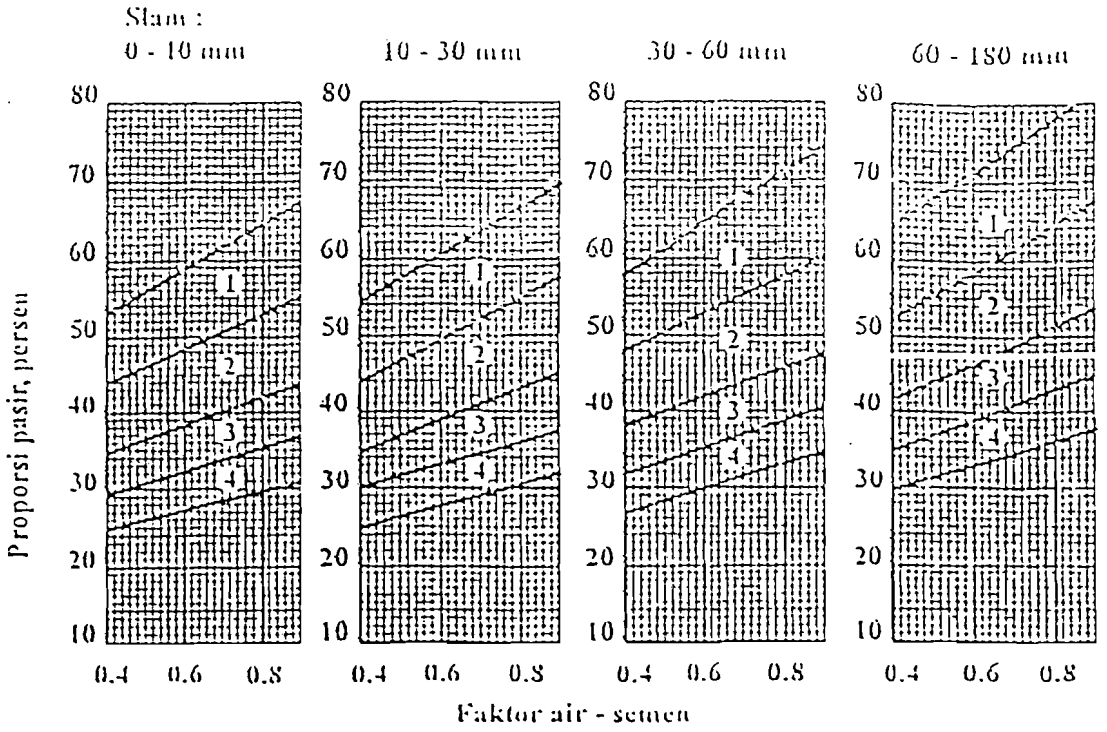
Tabel 2.6 Batas gradasi pasir (Kardiyono,1996)

Lubang ayakan	Persen berat butir yang lewat ayakan			
(mm)	1	2	3	4
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100

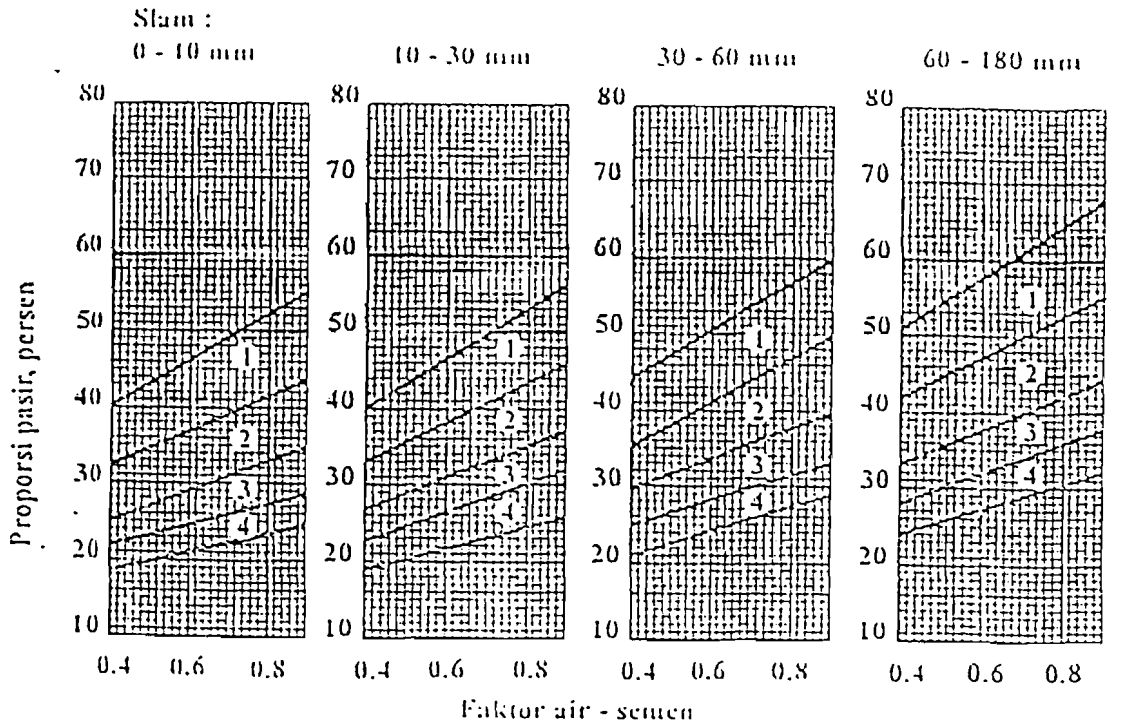
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Tabel 2.6 lanjutan...

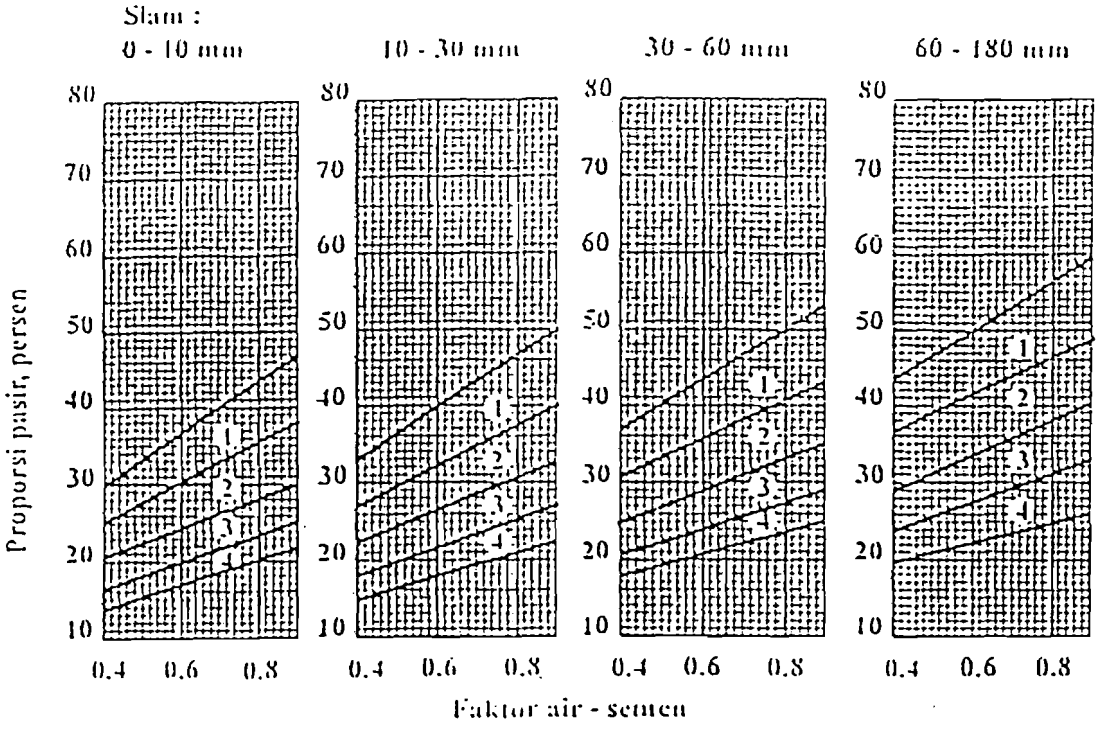
17. perbandingan agregat halus dan kasar. Nilai banding antara berat agregat halus diperlukan untuk memperoleh gradasi agregat campuran yang baik. Penetapan dilakukan dengan memperhatikan besar butir maksimum agregat kasar ,nilai slump, f.a.s, dan daerah gradasi agregat halus. Berdasarkan data tersebut dan grafik pada Gambar 2.3a atau Gambar 2.3b atau Gambar 2.3c dapat diperoleh presentase berat agregat halus terhadap berat agregat campuran.



Gambar 2.3a Grafik presentase agregat halus terhadap agregat keseluruhan untuk ukuran butir maksimum 10 mm (Kardiyono,1996, : 7.41)



Gambar 2.3b Grafik persentase agregat halus terhadap keseluruhan untuk ukuran butir maksimum 20 mm (Kardiyono,1996, : 7.42)



Gambar 2.3c Grafik persentase agregat halus terhadap agregat keseluruhan untuk ukuran butir maksimum 40 mm (Kardiyono, 1996, : 7.43)

18. Berat jenis agregat campuran, dihitung dengan rumus :

$$Bj\ campuran = \frac{P}{100} \times bj.ag.hls + \frac{K}{100} \times bj.ag.kas \qquad (2.5)$$

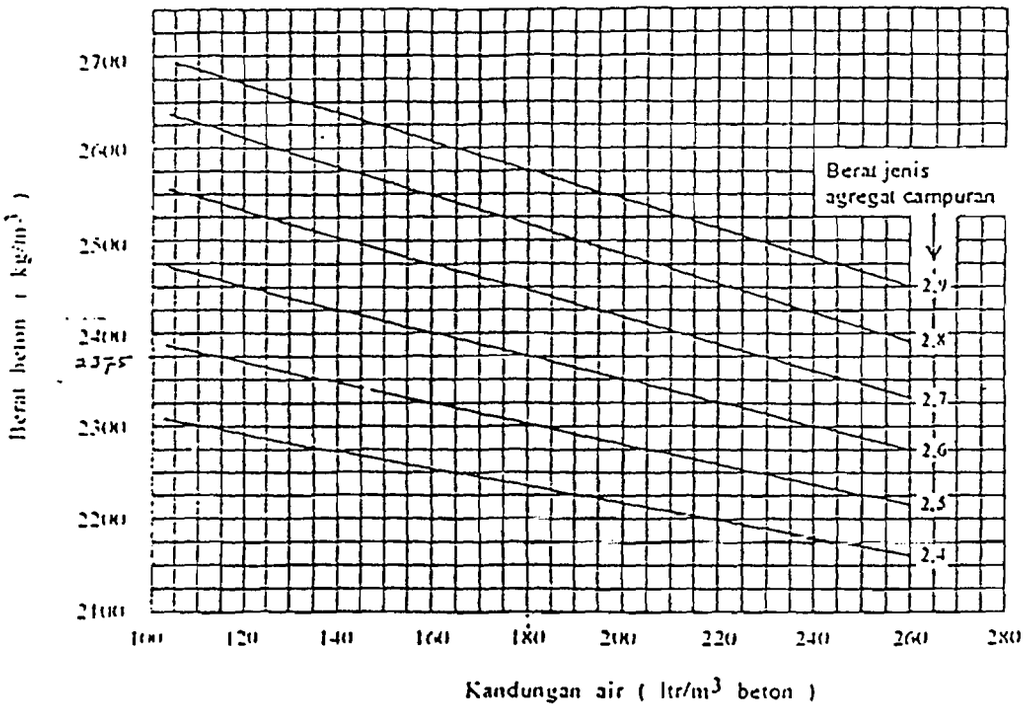
dengan :
bj ag.hls = berat jenis agregat halus,
bj ag.kas = berat jenis agregat kasar,
P = presentase agregat halus terhadap agregat campuran,
K = presentase agregat kasar terhadap agregat campuran.

19. Penentuan berat jenis beton dengan Gambar 2.4.

20. Menghitung kebutuhan agregat campuran dengan cara mengurangi berat beton per-meter kubik dikurangi kebutuhan air dan semen.

21. Menghitung berat agregat halus yang diperlukan.

22. Menghitung berat agregat kasar yang diperlukan.



Gambar 2.4 Grafik hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran, dan berat beton (Kardiyono, 1996,: 7.44)

2.4 Balok Tinggi *(Deep Beams)*

Balok tinggi adalah balok dimana harga perbandingan antara panjang bentang dan tinggi efektif balok kurang dari 5 (Ln/d < 5) dan mempunyai angka perbandingan bentang geser dengan tinggi efektif tidak melebihi 2 sampai 2,5 ,

dimana bentang geser adalah bentang bersih balok untuk beban terdistribusi merata (Edward G. Nawy)

Menurut SK SNI T-15 1991-03 Pasal 3.3.7 , yang dinamakan struktur lentur tinggi atau balok tinggi, yaitu suatu elemen struktur yang mengalami beban seperti balok biasa tetapi mempunyai perbandingan Ln/d < 5 dan mempunyai bidang geser kira-kira 2 kali tingginya.

Perilaku balok tinggi sangat berbeda dengan balok biasa yang mempunyai ukuran normal. Hal ini memerlukan pertimbangan khusus dalam analisis dan perencanaan balok tersebut. Kekuatan balok tinggi terutama terletak pada kekuatan gesernya. Kekuatan geser ini lebih besar dari yang diperkirakan persamaan umum, karena terdapat kapasitas khusus untuk mendistribusikan gaya-gaya dalam sebelum terjadi keruntuhan dan mengembangkan mekanisme penyaluran gaya yang sama sekali berbeda dengan balok biasa.

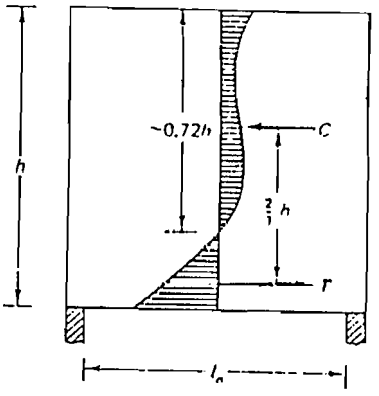
Contoh pemakaian balok tinggi yaitu pada balok transfer yang dipakai didalam gedung-gedung bertingkat banyak dalam hal adanya kolom yang terputus ditingkat bawah, dinding-dinding tangki persegi, balok berbentang pendek yang mengalami beban yang sangat berat dan dinding geser.

2.5 Perilaku Balok Tinggi

Tegangan yang terjadi pada balok tinggi berbeda dengan tegangan balok normal. Karena geometrinya maka balok tinggi lebih berperilaku dua dimensi bukan satu dimensi. Sebagai akibatnya, bidang datar sebelum melentur tidak harus tetap

datar setelah melentur. Distribusi regangannya tidak lagi linier dan deformasi geser yang diabaikan pada balok biasa menjadi suatu yang cukup berarti dibandingkan dengan deformasi lentur.

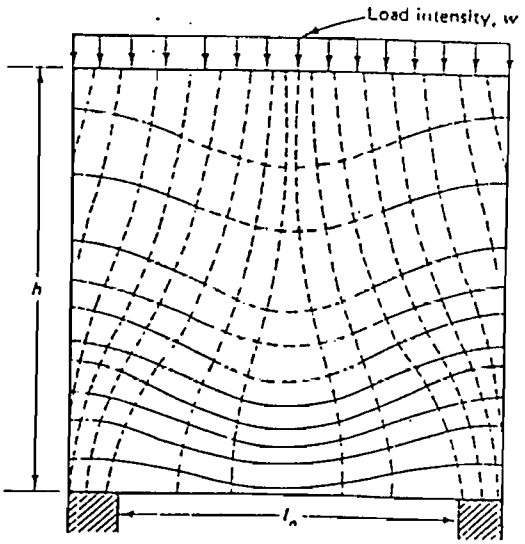
Adanya tegangan geser yang besar pada penampang balok tinggi menyebabkan blok tegangan menjadi non linier meskipun pada taraf elastis, seperti terlihat pada Gambar 2.5. Dari gambar tersebut memperlihatkam ketidaklinieran tegangan ditengah bentang sehubungan dengan ketidaklinieran regangan. Dapat dijelaskan juga, bahwa besarnya tegangan tarik maksimum pada sisi bawah jauh melebihi besarnya tegangan tekan maksimum.



Gambar 2.5 Distribusi tegangan elastis pada balok tinggi (Nawy, 1990, : 174)

Arah tegangan utama dalam balok tinggi, pada kebanyakan kasus bila terbentuk retak diagonal, maka retak tersebut akan membuat sudut yang lebih besar dari 45° dan bahkan kadang-kadang mendekati vertikal. Gambar 2.6 memperlihatkan trajektori tegangan pada balok tinggi. Dari gambar, dapat diperhatikan kecuraman

dan pemusatan trajektori tegangan tarik utama pada tengah bentang dan pemusatan trajektori tegangan tekan pada perletakan untuk kedua kasus pembebanan balok, di atas dan di bawah. Beton retak dalam arah tegak lurus trajektori tegangan utama dan apabila beban terus bertambah, retak ini akan melebar dan menjalar. Karena bentang geser untuk balok tinggi kecil (a/d < 1), sehingga tegangan tekan pada daerah perletakan mempengaruhi besar dan arah tegangan tarik utama yang menjadi curam dan harganya mengecil. Akibat dari hal tersebut, sengkang vertikal walaupun penting digunakan tetapi kurang efektif bila dibandingkan dengan tulangan memanjang. Tulangan horisontal ini tidak hanya efektif karena mereka bekerja dalam arah tegak lurus teradap retak diagonal, sehingga dapat memperbaiki penyaluran gaya geser melalui ikatan agregat tetapi juga memberikan sumbangan bagi penyaluran gaya geser melalui aksi pasak.



Gambar 2.6 Trajektori tegangan pada balok tinggi (Nawy, 1990, : 174)

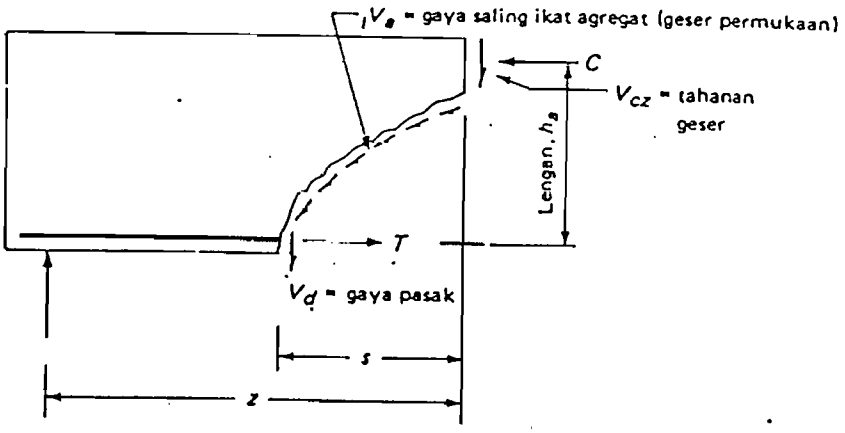
Transfer geser di dalam unsur-unsur beton bertulang terjadi melalui suatu kombinasi beberapa mekanisme sebagai berikut, seperti dalam Gambar 2.7 :

1) Perlawanan geser dari beton yang belum retak, *Vcz*.

2) Gaya ikat *(interlock)* antar agregat dalam arah tangensial sepanjang suatu retak, yang serupa dengan gaya gesek akibat saling ikat yang tidak teratur dari agregat sepanjang permukaan kasar dari beton pada masing-masing pihak retak.

3) Aksi pasak *(dowel action), Vd*, sebagai perlawanan dari penulangan longitudinal terhadap gaya transfersal.

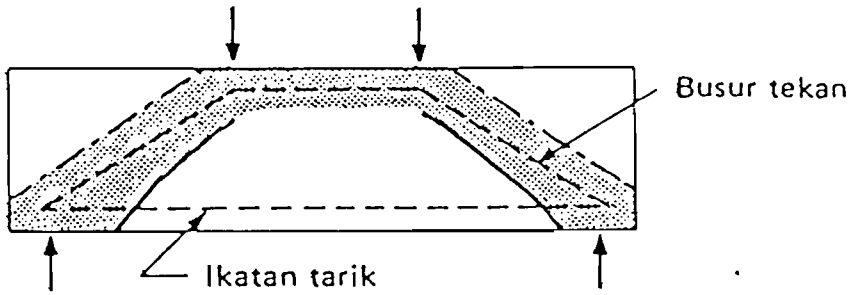
4) Aksi pelengkung *(arch action)*.



Gambar 2.7 Tranfer geser di dalam beton bertulang (Wang, Salmon, 1986, :125)

Kekuatan geser dari balok tinggi dua atau tiga kali lebih besar dari harga yang diperkirakan menggunakan persamaan-persamaan pada balok biasa. Hal ini menyebabkan tegangan geser mempunyai pengaruh yang sangat besar pada balok

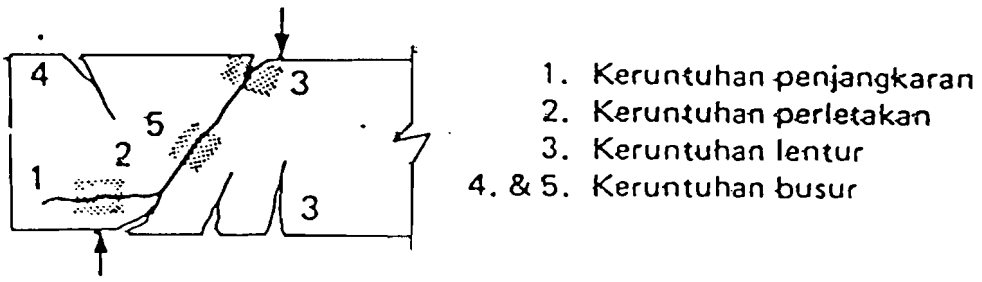
tinggi. Setelah terjadinya retak miring, balok tinggi cenderung berperilaku seperti pelengkung, dimana beban disalurkan secara langsung ke perletakan melalui aksi busur tekan, yaitu beban dipikul oleh tekan yang merambat sekitar daerah yang dihitamkan di dalam Gambar 2.8 dan oleh tarik di dalam tulangan memanjang.



Gambar 2.8 Aksi busur (Wang, Salmon, 1986, : 128)

Pola keruntuhan yang mungkin terjadi untuk sistem pelengkung seperti Gambar 2.9,yaitu :

1) keruntuhan angker, yaitu terlepasnya tulangan tarik dari perletakan,
2) kehancuran di daerah perletakan,
3) keruntuhan lentur *(flexural failure)* yang timbul akibat hancurnya beton di bagian atas dari pelengkung atau akibat melelehnya tulangan tarik,
4) keruntuhan dari rib pelengkung akibat eksentrrisitas dari tekanan di dalam pelengkung, yang mengakibatkan retak tarik di atas perletakan.



Gambar 2.9 Pola keruntuhan pada balok tinggi (Wang, Salmon, 1986, : 128)

2.6 Perencanaan Penulangan Geser Pada Balok Tinggi

Di dalam perencanaan balok tinggi diinginkan pemanfaatan dari kekuatan geser yang melebihi geser pada saat terbentuknya retak miring, maka penulangan geser harus dibuat lebih rapat dibandingkan dengan balok biasa untuk mengendalikan dan mencegah pelebaran retak. Untuk jenis balok ini, retak miring biasanya terbentuk pada arah yang membuat sudut lebih kecil dari 45° dengan arah vertikal dan bahkan sering kali hampir vertikal. Oleh karena itu, penulangan geser yang apabila disyaratkan, harus terdiri dari batang horisontal dan vertikal.

Perencanaan geser untuk komponen komponen struktur terlentur didasarkan pada anggapan bahwa beton menahan sebagian dari gaya geser, sedangkan kelebihannya atau kekuatan geser diatas kemampuan beton untuk menahannya dilimpahkan kepada tulangan geser. Pada SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.4.1

dinyatakan perencanaan komponen struktur lentur tinggi terhadap geser harus didasarkan pada persamaan :

$$Vu \leq \Phi Vn \qquad (2.6)$$

dengan $Vn = Vc + Vs$ (2.7)

sehingga $Vu \leq \Phi (Vc + Vs)$ (2.8)

dengan: Vn = kuat geser nominal

Vc = kuat geser beton,

Vs = sumbangan dari penulangan geser horisontal dan vertikal,

Φ = faktor reduksi untuk geser 0,60.

Kekuatan Vc dari beton, SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.4.8 memperkenankan penggunaan dari metode yang disederhanakan, dengan Vc yang sama dari balok biasa, yaitu :

$$Vc = \frac{1}{6}\sqrt{f'c}bwd \qquad (2.9)$$

Akan tetapi didalam prosedur yang lebih terperinci dihitung dengan persamaan :

$$Vc = \left[3{,}5 - 2{,}5\frac{Mu}{Vud}\right]\frac{1}{7}\left[\sqrt{f'c} + 120\rho w\frac{Vud}{Mu}\right]bwd \qquad (2.10)$$

dengan : Mu = momen berfaktor yang terjadi bersamaan dengan Vu pada penampang kritis,
d = tinggi efektif,
bw = lebar balok,
ρw = rasio tulangan.

Batas atas dari Vc adalah

$$Vc \le \tfrac{1}{2}\sqrt{f'c}.bw.d \qquad (2.11)$$

Batas atas pengali adalah

$$(3{,}5 - 2{,}5\frac{Mu}{Vu.d}) \le 2{,}5 \qquad (2.12)$$

Bila kuat geser berfaktor Vu melebihi kuat geser Φ Vc, maka harus dipasang tulangan geser untuk memenuhi persamaan 2.8, dimana kuat geser Vs dihitung dengan persamaan :

$$Vs = \left[\frac{Av}{s}\left(\frac{1 + Ln/d}{12}\right) + \frac{Avh}{s2}\left(\frac{11 - Ln/d}{12}\right)\right] fy.d \qquad (2.13)$$

dengan: Ln = bentang bersih,
Av = luas sengkang vertikal,
Avh = luas tulangan geser memanjang,
s = spasi sengkang vertikal,
s2 = spasi vertikal dari tulangan geser memanjang.

Jumlah minimum dari penulangan geser Av dan Avh , yaitu :

$$Av\,\text{min} = 0{,}0015bw.s \qquad (2.14)$$

$$s \le d/5 \le 500mm$$

$$\text{Avh min} = 0{,}0025\ \text{bw s2} \qquad (2.15)$$

$$s2 \le d/3 \le 500mm$$

dengan: bw = lebar badan.

Jumlah tulangan minimum dari penulangan geser vertikal dan horisontal disyaratkan untuk seluruh batang bila Vu > 0,5 ΦVc.Pembatasan dari tegangan geser maksimum Vu yang diijinkan yaitu :

$$Vnmaks \leq \frac{2}{3}\sqrt{f'c}.bw.d \text{ untuk } \frac{Ln}{d} \leq 2 \qquad (2.16)$$

$$Vnmaks \leq \frac{1}{18}\left(10 + \frac{Ln}{d}\right)\sqrt{f'c}.bw.d \text{ untuk } 2 < \frac{Ln}{d} < 5 \qquad (2.17)$$

sedangkan penampang kritis harus dipakai untuk seluruh bentang yang diukur dari muka tumpuan diambil sejarak

$z = 0{,}15Ln \leq d$ untuk beban merata,

dan $z = 0{,}50\ a \leq d$ untuk beban terpusat.

dengan a = bentang geser.

BAB III

PELAKSANAAN PENELITIAN

1.1 Perencanaan Campuran Beton

Perencanaan beton pada benda uji didasarkan pada *"mix design "*, yaitu menggunakan perbandingan berat. Perhitungan campuran menggunakan metode DOE adalah sebagai berikut :

1. kuat tekan beton yang disyaratkan pada 28 hari : 25 MPa
2. deviasi standar = -
3. Nilai tambah : 12 MPa
4. kuat tekan rata-rata yang direncanakan, f'_c : 25 + 12 = 37 MPa
5. jenis semen : semen portland tipe I, merk Nusantara
6. jenis agregat halus (pasir) : alami
7. jenis agregat kasar (kerikil) : batu pecah
8. faktor air semen maksimum : 0,6, di pakai fas yang rendah : 0,5
9. nilai slump : 75 - 150 mm
10. ukuran agregat maksimum : 20 mm
11. kebutuhan air : (2/3) x 195 + (1/3) x 225 = 205 liter , karena pasir dan kerikil dari jenis yang berbeda (alami dan batu pecah)

12. kebutuhan semen : 205/0,5 = 410 kg

13. kebutuhan semen minimum : 275 kg

14. di pakai semen (di ambil yang besar) : 410 kg

15. penyesuaian jumlah air atau faktor air semen. Karena pada langkah 13 tidak merubah jumlah kebutuhan semen yang di hitung pada langkah 11 maka tidak perlu ada penyesuaian jumlah air maupun faktor air semen tetap 0,5

16. gradasi pasir masuk dalam daerah 2

17. persentase pasir terhadap campuran : 45 %

18. berat jenis campuran pasir dan kerikil : 2700 kg/m^3

19. berat jenis beton : 2410 kg/m^3

20. kebutuhan berat pasir dan kerikil di hitung dengan rumus :

$W_{psr+krk} = W_{btn} - A - S = 2410 - 205 - 410 = 1795$ kg/m^3

20. kebutuhan pasir di hitung dengan rumus :

$W_{psr} = (P/100) \times W_{psr+krk} = 45\% \times 1795 = 807{,}75$ kg/m^3

21. kebutuhan kerikil di hitung dengan rumus :

$W_{krk} = W_{psr+krk} - W_{psr} = 1795 - 807{,}75 = 987{,}25$ kg/m^3

Sehingga :

Untuk 1 m^3 beton dibutuhkan :

a. air : 205 liter

b. semen : 410 kg

c. pasir : 807,75 kg

d. kerikil : 987,25 kg



3.2 Pelaksanaan Penelitian

Perbandingan campuran adukan beton yang digunakan berdasarkan perhitungan di atas dan 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 dan peralatan yang akan digunakan harus terlebih dahulu dipersiapkan agar dalam pelaksanaan dapat berjalan dengan lancar.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Pasir dari sungai Krasak,
2. Batu pecah dari Clereng,
3. Semen tipe I merk Nusantara,
4. Multiplex ukuran 12 mm,
5. Tulangan deform ukuran 16 mm,
6. Tulangan polos ukuran 6 mm,
7. Air dari lab. BKT, FTSP, UII.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini seperti tercantum dalam Tabel 3.1 berikut ini :

Tabel 3.1. Daftar Peralatan

No	Alat	Fungsi
1	Mesin pengaduk beton	Penyampur beton

2	Mesin uji desak	Pengujian desak beton
3	Mesin uji lentur	Pengujian geser balok
4	Ekstenometer	Alat pengukur defleksi
5	Gelas ukur	Menakar air
6	Timbangan	Menimbang sampel
7	Mistar dan kaliper	Mengukur benda uji
8	Bak penampung	Menampung beton segar
9	Kerucut Abrams	Mengukur nilai slump
10	Ember	Menakar bahan adukan
11	Cetakan kubus	Mencetak benda uji kubus
12	Sekop	Mengaduk agregat
13	Tongkat penumbuk	Memadatkan beton

Tabel 3.1 lanjutan....

Pembuatan benda uji dan pengujian pada penelitian ini dilakukan di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP , UII.

3.2.2 Pembuatan benda uji

Tahap pembuatan sampel beton memerlukan kecermatan dan ketelitian yang lebih untuk mendapatkan hasil sesuai rencana. Tahapan-tahapan pembuatan benda uji dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Bahan disiapkan dan ditimbang dengan ukuran yang telah ditentukan sesuai dengan rencana. Sebelumnya dilakukan pencucian split dan pasir dari semua

kotoran dan debu. Pencucian ini dimaksudkan agar diperoleh agregat dalam keadaan jenuh air kering permukaan *("Saturated Surface Dry ")*.

2. Pengadukkan campuran dilakukan dengan memasukkan bahan-bahan campuran secara bertahap. Proporsi bahan-bahan ini disesuaikan dengan kapasitas tabung pengaduk *(molen)* yang dipakai. Bahan-bahan agregat kasar dimasukkan ke dalam mesin pengaduk *(molen)* yang sedang berputar . Setelah beberapa saat tambahkan agregat halus, semen dan air sedikit demi sedikit sampai campuran rata.
3. Setelah benar-benar tercampur dengan baik untuk mengetahui kelecakan adukan beton, maka dilakukan pengukuran *slump* dengan kerucut *abrams* berdiameter atas 10 cm , diameter bawah 20 cm, dan tinggi 30 cm,yang dilengkapi penumbuk dari baja berdiameter 16 mm. Pelaksanaan percobaan *slump* dilakukan dengan cara kerucut di desak pada penyokong kakinya sambil diisi adukan beton. Kerucut diisi adukkan beton sepertiganya dan ditumbuk 25 kali, kemudian diisi sampai 2/3 nya dan ditumbuk 25 kali , kemudian kerucut diisi penuh ditumbuk 25 kali dan diratakan. Setelah didiamkan selama 30-60 detik, kemudian kerucut abrams di angkat perlahan lahan dengan arah tegak lurus dan diletakkan disamping adukkan tadi. Diukur antara puncak kerucut dengan puncak adukkan yang telah mengalami penurunan, selisih tinggi tersebut dinamakan *slump*. Dari tiga kali pencampuran adukkan beton didapat nilai slump bervariasi sebesar : 8,5 : 9 dan 9,5 cm.

4. Jika kelecakan adukan telah dicapai, beton segar segera dituang kedalam cetakan yang telah diolesi oli. Beton segar dimasukkan sedikit demi sedikit kedalam cetakkan dan dilakukan pemadatan dengan cara ditusuk- tusuk menggunakan tongkat baja dan juga diketuk-ketuk sisi luar cetakkan dengan palu agar gelembung udara yang terperangkap bisa keluar. Setelah penuh dan padat, bagian atasnya kemudian diratakan dan didiamkan selama 24 jam ditempat yang terlindung dari panas dan hujan. Adukkan dalam satu kali pencampuran diambil dan dibuat sampel pada cetakkan kubus untuk mengetahui kuat desak beton tersebut.
5. Cetakan balok dibuka setelah pengerasan berlangsung, yaitu kurang lebih satu minggu, kemudian perawatan beton dilakukan sampai beton berumur 28 hari.

3.2.3 Perawatan benda uji

Perawatan benda uji beton adalah suatu usaha untuk menjaga agar permukaan beton segar selalu lembab, sejak adukan beton dipadatkan sampai beton dianggap cukup keras pada umur yang direncanakan. Kelembaban permukaan beton itu harus dijaga untuk menjamin proses hidrasi semen berlangsung dengan baik. Bila hal ini tidak dilakukan , akan terjadi beton yang kurang kuat dan timbul retak-retak.

Dari beberapa metode perawatan yang ada maka pada penelitian ini dipilih perawatan dengan cara menutup beton dengan karung basah dan menyirami setiap dua hari sekali untuk benda uji balok, sedangkan benda uji kubus dengan merendam di bak air selama 28 hari.

3.3 Pengujian Benda Uji

Pengujian dilakukan pada beton berumur 28 hari . Pelaksanaan pengujian dilakukan di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, FTSP, UII, Yogyakarta.

3.3.1 Pengujian Desak Beton

Pelaksanaan pengujian kuat desak menggunakan mesin uji desak merk *"CONTROL "*, dengan langkah –langkah pengujian adalah sebagai berikut :

1. Setelah di ukur dan di timbang, benda uji diletakkan pada alas pembebanan mesin uji kuat desak beton.
2. Mesin uji desak dihidupkan, pembebanan diberikan secara berangsur- angsur sampai benda uji hancur pada pembebanan maksimal. Kemudian mesin dimatikan dan besar beban dicatat sesuai jarum penunjuk pembebanan.

   Tegangan beton diperoleh dengan membagi beban maksimal yang mampu ditahan masing-masing benda uji dengan luas permukaan beton yang didesak. Rumus tegangan desak beton adalah :

$$f'c = \frac{P}{A} \qquad (3.1)$$

Dengan: f'c = tegangan desak beton (N/mm^2),
P = beban maksimum yang mampu di tahan beton (N),
A = luas permukaan desak beton (mm^2).

3.3.2 Pengujian Geser

Pengujian geser dilakukan dengan alat mesin uji desak merek *"SHIMADZU"* kapasitas 30 ton yang ada di laboratorium BKT, FTSP, UII. Sedangkan untuk alat-

alat pembebanan dua titik, peneliti memodifikasi sendiri yang diharapkan mampu mewakili seperti beban dua titik.

Tahapan pelaksanaan penelitian adalah sebagai berikut :

1. Sebelum dilaksanakan pengujian , balok dicat putih terlebih dahulu untuk memudahkan pada waktu pengamatan retak. Kemudian benda uji ditimbang dan diberi tanda sebagai titik perletakan serta titik pembebanan pada benda uji. Benda uji diletakkan pada tumpuan / dukungan sesuai dengan tanda yang telah diberikan . Di bawah benda uji dipasang alat untuk mengukur lendutan *(" Ekstenometer ")* yang terjadi pada waktu pelaksanaan pengujian geser.
2. Setelah siap, mesin dihidupkan untuk dilakukan pembebanan secara perlahan-lahan dan dinaikkan secara berangsur-angsur hingga terjadi retak atau patah pada batas beban tertentu.
3. Hasil retak di tandai dan ditulis besar beban pada saat terjadi retak, serta digambarkan pola retak yang terjadi pada balok pada saat pengujian berlangsung. Pengamatan yang dilakukan yaitu pada perilaku geser balok akibat beban yang dilihat dari pola retak yang terjadi. Besar lendutan dicatat dengan interval beban sebesar 500 kg sampai kekuatan maksimal. Karena keterbatasan alat maka pembebanan tidak maksimal dan tidak terjadi keruntuhan balok akibat pembebanan.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Setelah semua pelaksanaan penelitian di laboratorium selesai, sebagai hasilnya didapatkan data-data mengenai dimensi benda uji, beban yang mampu ditahan, defleksi pada tiap interval pembebanan, dan akhirnya didapat tegangan leleh baja tegangan desak beton, kapasitas geser dan tegangan geser untuk masing-masing benda uji.

4.1.1 Hasil Uji Kuat Tarik Baja

Pengambilan benda uji dilakukan dengan memotong baja tulangan sepanjang 50 cm, dari tiap baja tulangan yang dipakai. Pada penelitian ini diambil satu sampel untuk tulangan D 16 dan satu sampel untuk tulangan polos diameter 6 mm. Hasil dari kuat tarik baja dapat dilihat pada Tabel 4.1. di bawah ini :

Tabel 4.1. Kuat tarik baja

Tulangan	A (mm^2)	Pleleh (N)	Pmax (N)	Pputus (N)	$\sigma = P/A$ (N/mm^2)
D16	78,5398	29207,92079	45148,51485	30000	371,8869
P6	22,902	52907,0297	7821,7822	5940,594	231,29114

dengan: A = luas baja tulangan diuji,
P leleh = beban saat terjadi leleh,
P max = beban maksimum baja tulangan,
P putus = beban saat terjadi patah,
σl = Tegangan leleh baja.

4.1.2 Hasil Uji Kuat Desak Beton

Setiap pengadukkan campuran beton diambil tiga sampai empat sampel kubus beton. Pengujian dilakukan setelah benda uji berumur 28 hari. Dari hasil pengujian kuat desak beton umur 28 hari diperoleh tegangan desak beton seperti pada Tabel 4.2. berikut ini :

Tabel 4.2. Hasil Pengujian Kuat Desak Beton

No	Luas (mm^2)	Berat (kg)	Pmaks (kN)	Pmaks (N)	Teg. Desak (N/mm^2)
1	22410,067	7,859	635	635000	28,3355
2	22627,65	8,189	750	750000	33,1453
3	22740,55	7,968	670	670000	29,4628
4	22784,9025	7,982	620	620000	27,2110
5	22378,470	7,985	680	680000	30,3834
6	22319,4575	7,843	715	715000	32,0348
7	22581,819	8,064	605	605000	26,7915
8	22118,075	7,789	630	630000	28,4835
9	22785,78	7,984	690	690000	30,2820
10	22559,8375	8,1165	640	640000	28,3689

$$f'cr = \frac{294{,}4987}{10} = 29{,}44987\ MPa$$

$$S_d = \sqrt{\frac{(f'c - f'cr)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{(38{,}01825)}{10-1}} = 2{,}0553\ MPa$$

$$f'cr = f'c + k\,S_d$$

$$f'c = f'cr - k\,S_d = 29{,}44987 - 1{,}64 \times 1{,}28 \times 2{,}0553$$

$$= 25{,}1354\ MPa\ (kubus)$$

$$f'c = 0{,}83 \times 25{,}1354 = 20{,}859\ MPa \approx 21\ MPa\ (silinder)$$

4.1.3 Hasil Uji Kuat Geser

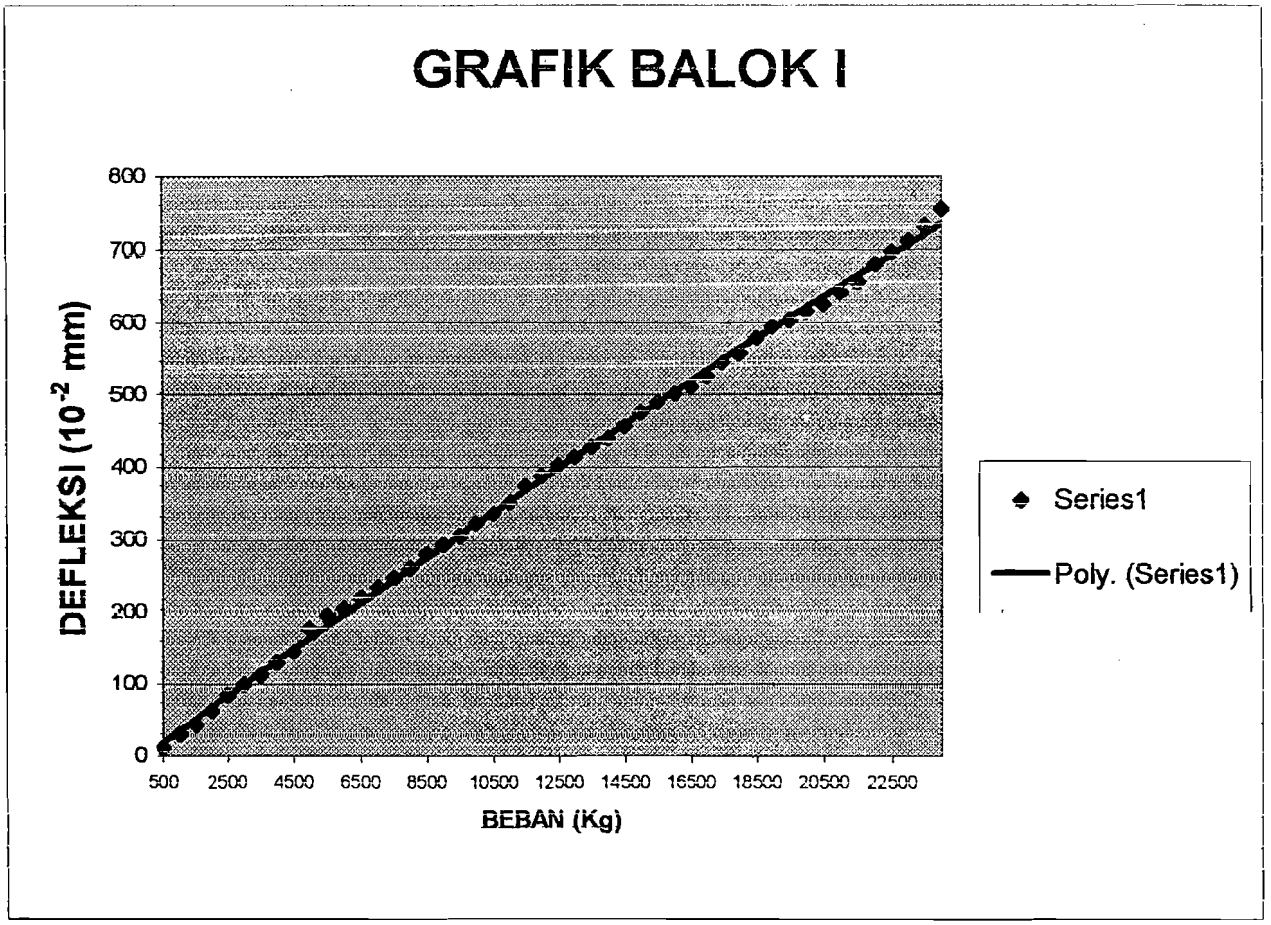
Penelitian dilakukan dengan menggunakan benda uji balok persegi. Hasil penelitian geser dari masing-masing sample balok dikelompokkan dalam bentuk tabel yang menunjukkan nilai defleksi pada setiap interval pembebanan, serta kuat geser dari masing-masing sample. Grafik hubungan antara beban dan defleksi, yang dapat dilihat pada Gambar 4.1, 4.3, 4.5 dan 4.7. Hasil pengujian balok dapat dilihat pada Tabel 4.3, 4.4, 4.5 dan 4.6. Dari hasil pengujian tersebut didapatkan besarnya kuat geser balok yang dapat dilihat pada Tabel 4.7. Pola retak yang terjadi pada setiap sample dapat dilihat pada Gambar 4.2, 4.4, 4.6, dan 4.8.

Tabel 4.3. Hasil Pengujian Balok I (Bentang geser a = 125 mm)

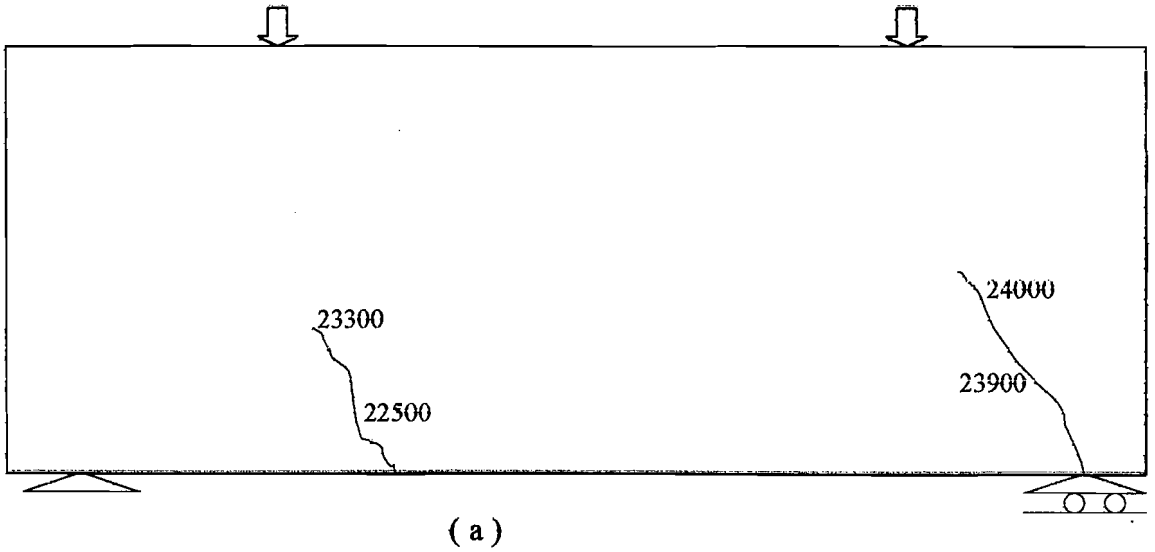
No	P (kg)	$\Delta .10^{-2}$(mm)	No	P(kg)	$\Delta .10^{-2}$ (mm)
1	500	12	25	12500	402
2	1000	30	26	13000	414
3	1500	43	27	13500	428
4	2000	62	28	14000	440

5	2500	85	29	14500	456
6	3000	100	30	15000	476
7	3500	113	31	15500	490
8	4000	130	32	16000	501
9	4500	145	33	16500	511
10	5000	177	34	17000	526
11	5500	195	35	17500	544
12	6000	205	36	18000	557
13	6500	220	37	18500	578
14	7000	235	38	19000	595
15	7500	247	39	19500	603
16	8000	260	40	20000	615
17	8500	280	41	20500	625
18	9000	293	42	21000	641
19	9500	305	43	21500	655
20	10000	322	44	22000	680
21	10500	336	45	22500	697
22	11000	351	46	23000	712
23	11500	375	47	23500	733
24	12000	388	48	24000	755

Tabel 4.3 lanjutan....

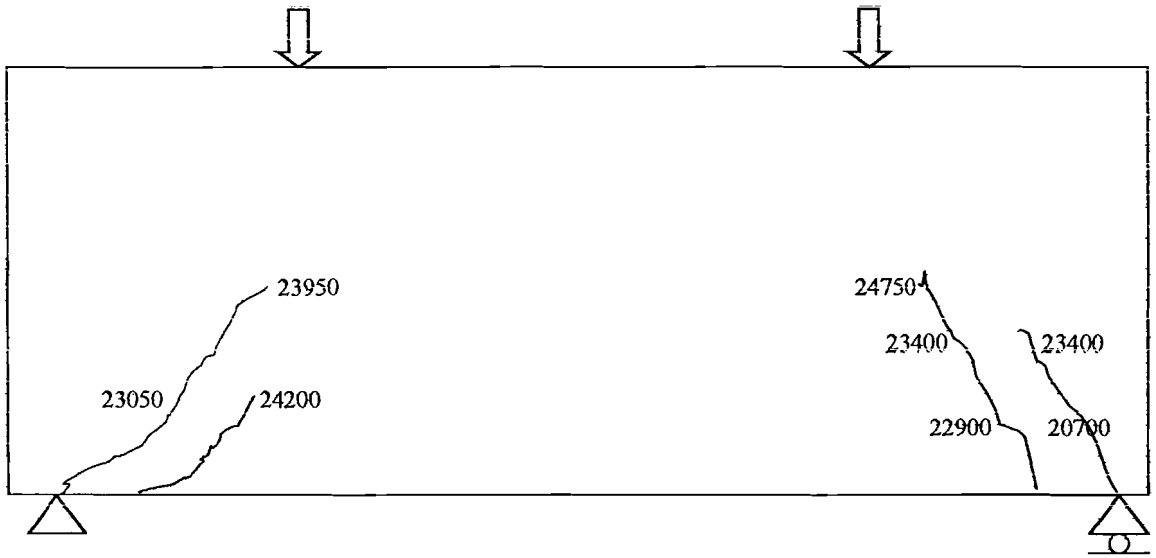


Gambar 4.1 Grafik defleksi balok I (Bentang geser 125 mm)



(a)

Gambar 4.2 Pola retak balok I. (Bentang geser 125 mm). a) Pola retak sisi depan, b) Pola retak sisi belakang.



(b)

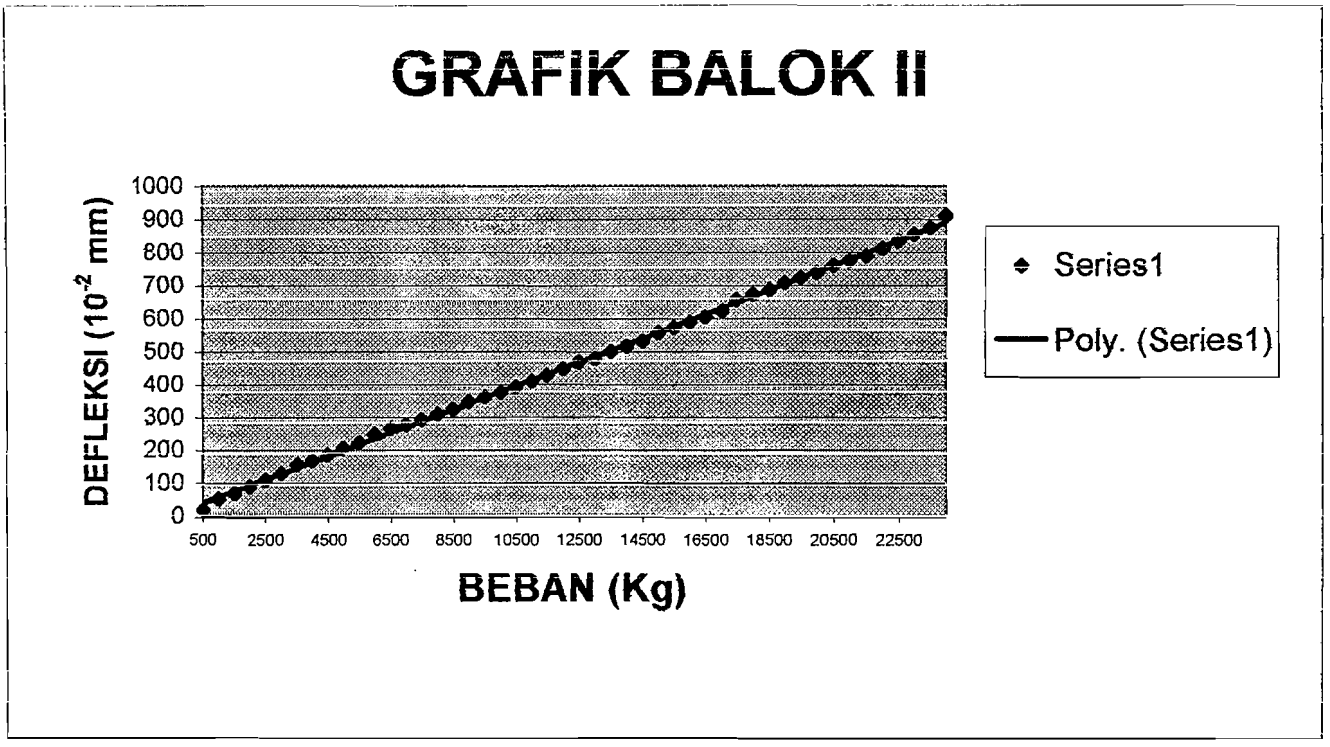
Gambar 4.2 Lanjutan

Tabel 4.4 THasil Pengujian Balok II (bentang geser, a = 250 mm)

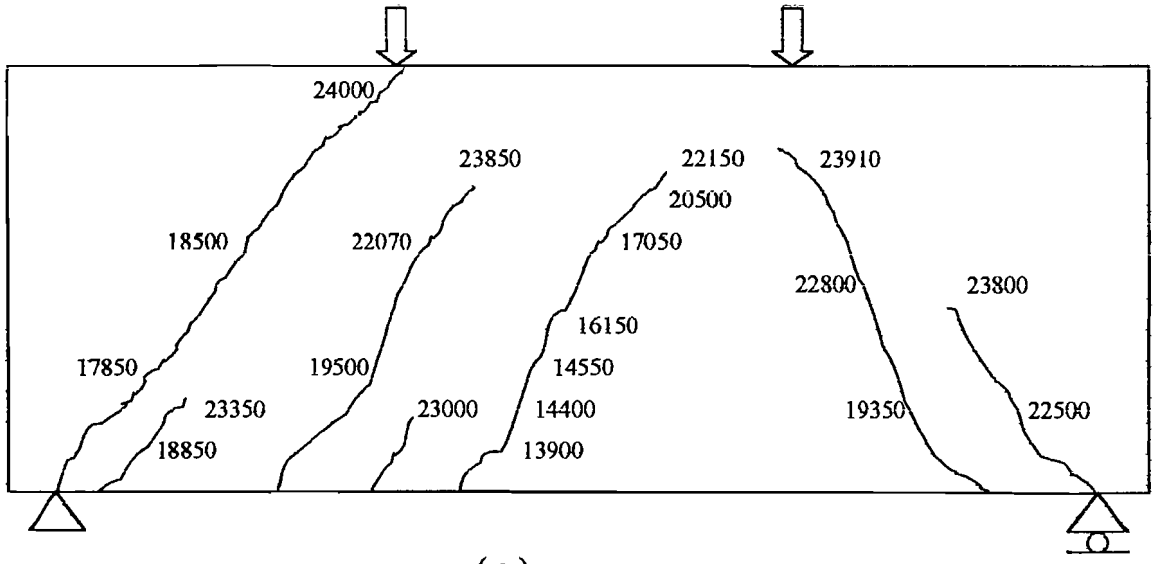
No	P (kg)	$\Delta .10^{-2}$ mm	No	P(kg)	$\Delta .10^{-2}$ mm
1	500	20	25	12500	469
2	1000	53	26	13000	481
3	1500	70	27	13500	500
4	2000	91	28	14000	515
5	2500	110	29	14500	532
6	3000	130	30	15000	558
7	3500	156	31	15500	574
8	4000	169	32	16000	590
9	4500	186	33	16500	605

10	5000	205	34	17000	623
11	5500	221	35	17500	657
12	6000	250	36	18000	673
13	6500	266	37	18500	686
14	7000	277	38	19000	708
15	7500	292	39	19500	723
16	8000	309	40	20000	740
17	8500	323	41	20500	760
18	9000	347	42	21000	774
19	9500	363	43	21500	789
20	10000	374	44	22000	811
21	10500	393	45	22500	835
22	11000	409	46	23000	855
23	11500	327	47	23500	874
24	12000	450	48	24000	912

Tabel 4.4 lanjutan....

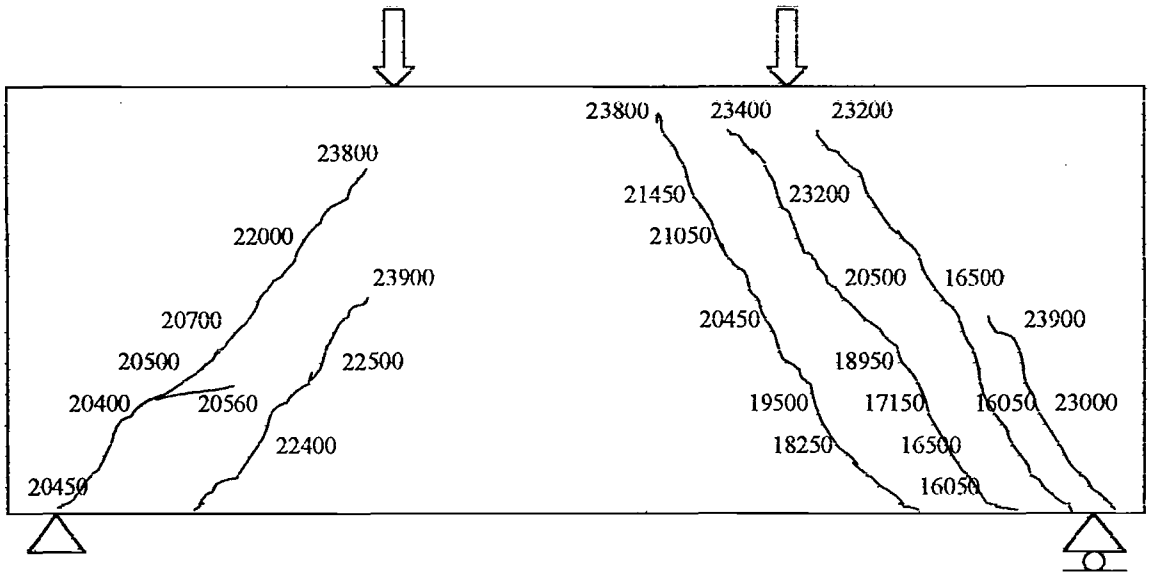


Gambar 4.3 Grafik defleksi balok II (Bentang Geser 250 mm)



(a)

Gambar 4.4 Pola retak balok II (Bentang Geser 250 mm).
a) Pola retak sisi depan, b) Pola retak sisi belakang



(b)

Gambar 4.4 Lanjutan

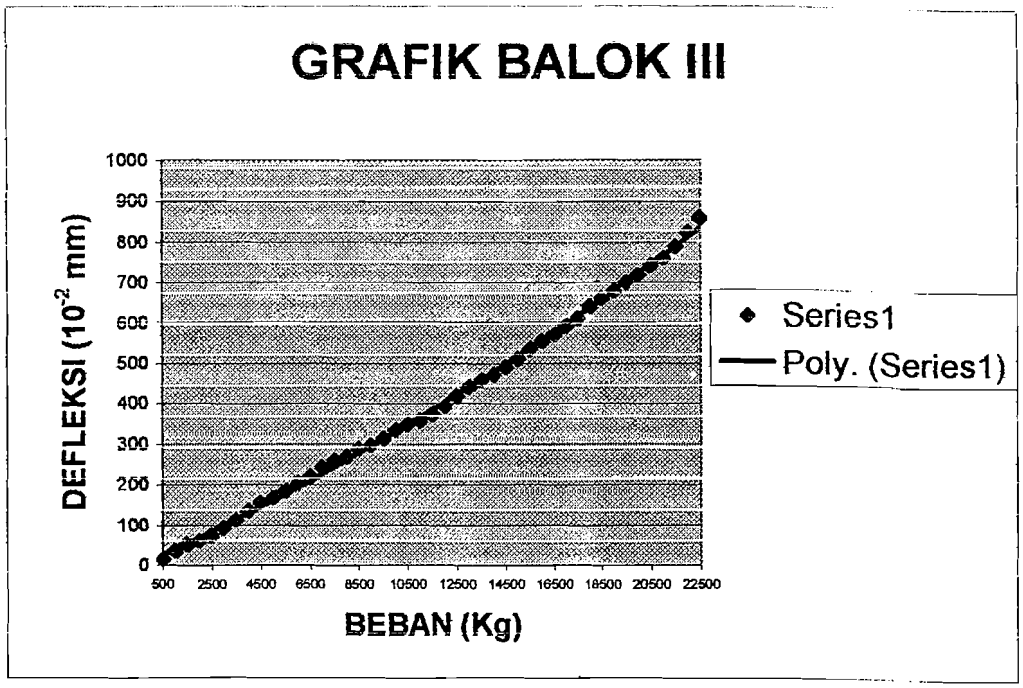
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Balok III (Bentang geser, a= 375 mm)

No	P (kg)	$\Delta .10^{-2}$ (mm)	No	P(kg)	$\Delta .10^{-2}$ (mm)
1	500	15	24	12000	393
2	1000	36	25	12500	418
3	1500	53	26	13000	440
4	2000	61	27	13500	458
5	2500	74	28	14000	472
6	3000	92	29	14500	490
7	3500	112	30	15000	511
8	4000	135	31	15500	536

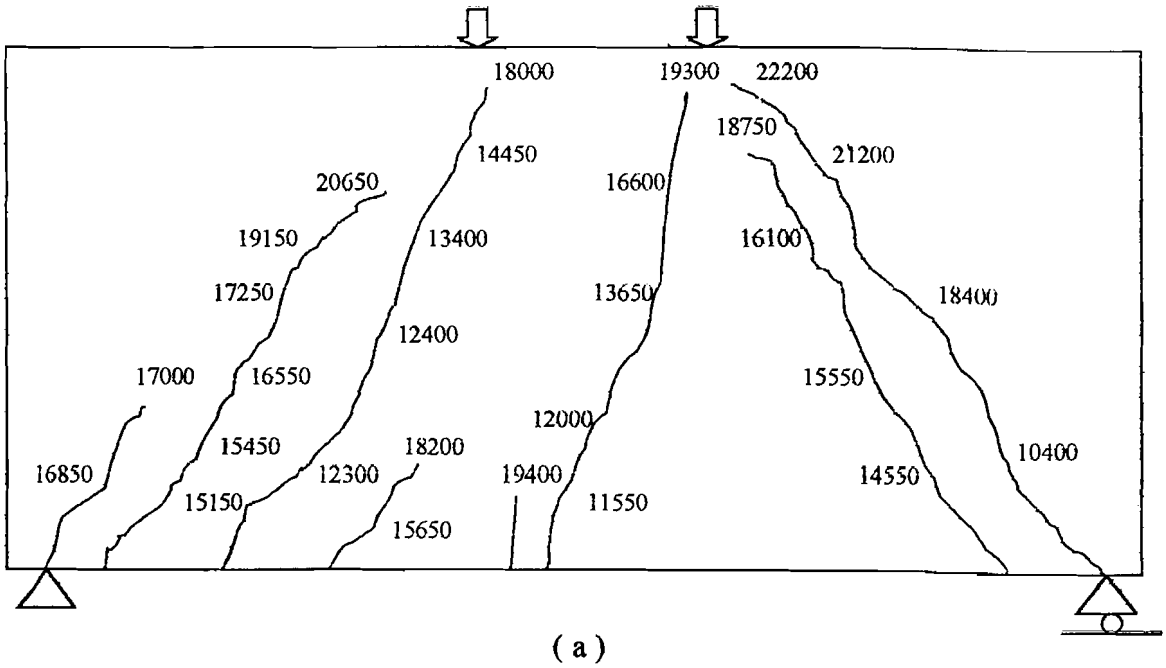
9	4500	155	32	16000	554
10	5000	168	33	16500	572
11	5500	185	34	17000	592
12	6000	203	35	17500	613
13	6500	220	36	18000	642
14	7000	244	37	18500	662
15	7500	258	38	19000	680
16	8000	269	39	19500	701
17	8500	288	40	20000	719
18	9000	297	41	20500	741
19	9500	313	42	21000	760
20	10000	334	43	21500	788
21	10500	348	44	22000	824
22	11000	358	45	22500	859
23	11500	372	46	23000	-

Tabel 4.5 lanjuatan....

Retak awal : 11550 kg

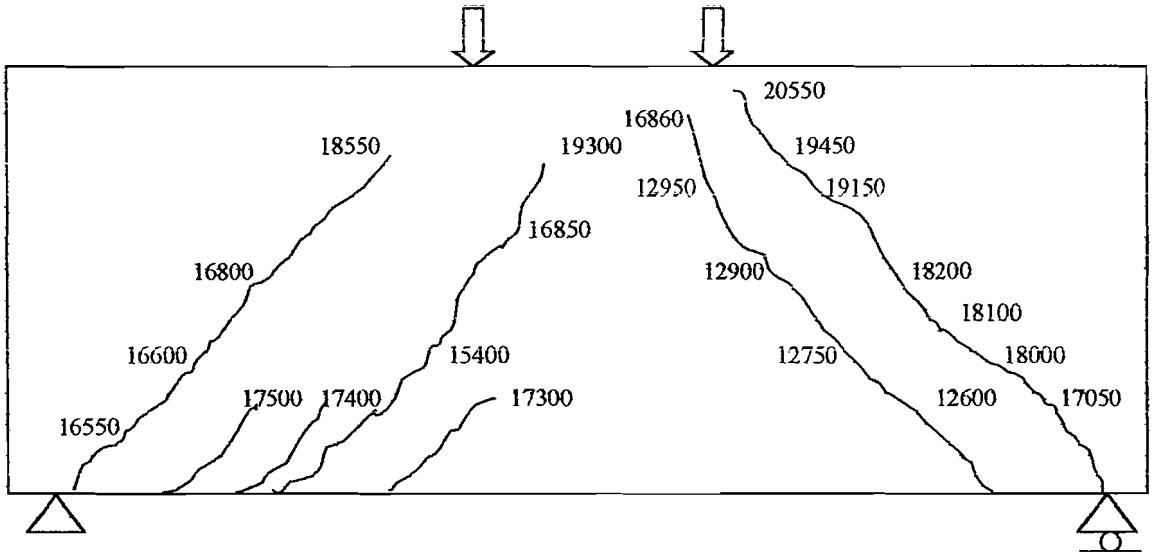


Gambar 4.5 Grafik deflesi balok III (Bentang geser, a= 375 mm)



(a)

Gambar 4.6 Pola retak balok III (Bentang geser, a= 375 mm). a) Pola retak sisi depan, b) Pola retak sisi belakang



(b)

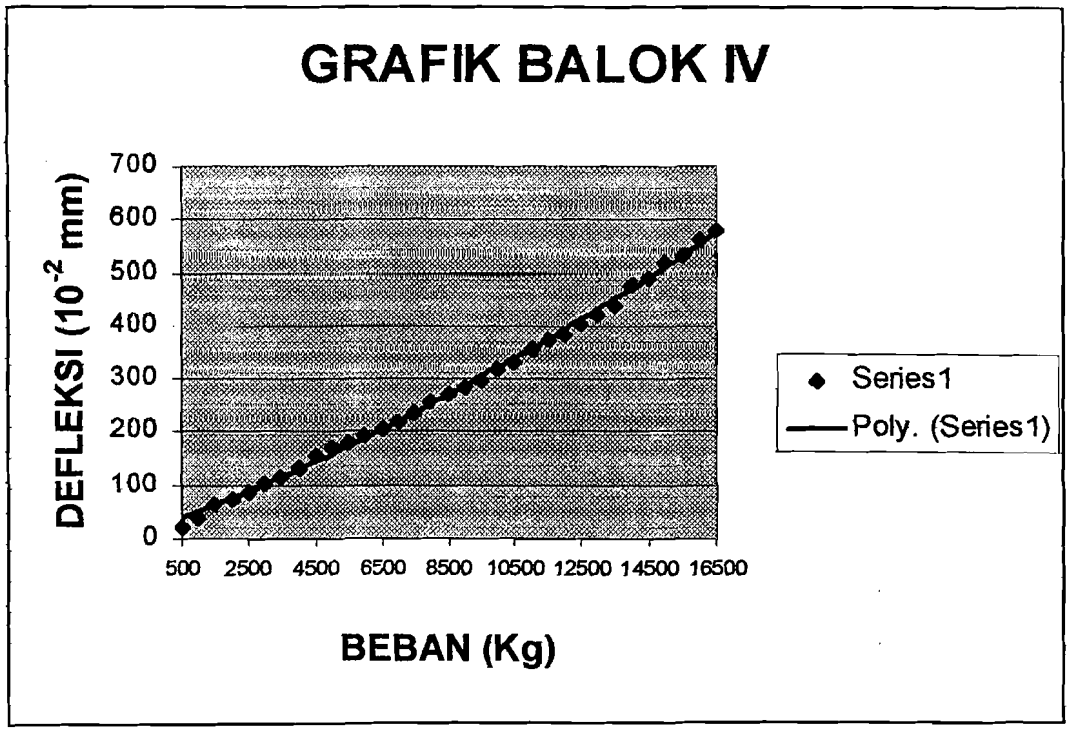
Gambar 4.6 Lanjutan

Tabel 4.6. Hasil Pengujian Balok IV (Bentang geser a = 500 mm)

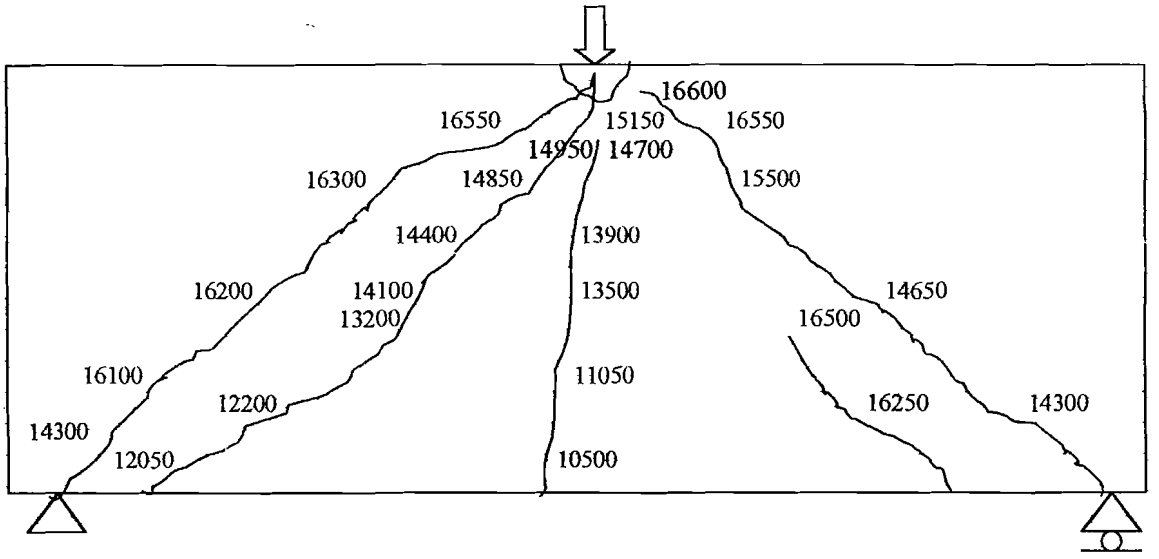
No	P (kg)	$\Delta .10^{-2}$ (mm)	No	P(kg)	$\Delta .10^{-2}$ (mm)
1	500	23	18	9000	282
2	1000	40	19	9500	297
3	1500	65	20	10000	317
4	2000	75	21	10500	332
5	2500	87	22	11000	355
6	3000	102	23	11500	373
7	3500	116	24	12000	383
8	4000	131	25	12500	403

9	4500	156	26	13000	420
10	5000	171	27	13500	440
11	5500	180	28	14000	476
12	6000	195	29	14500	491
13	6500	208	30	15000	519
14	7000	221	31	15500	531
15	7500	235	32	16000	561
16	8000	258	33	16500	581
17	8500	271	34	17000	-

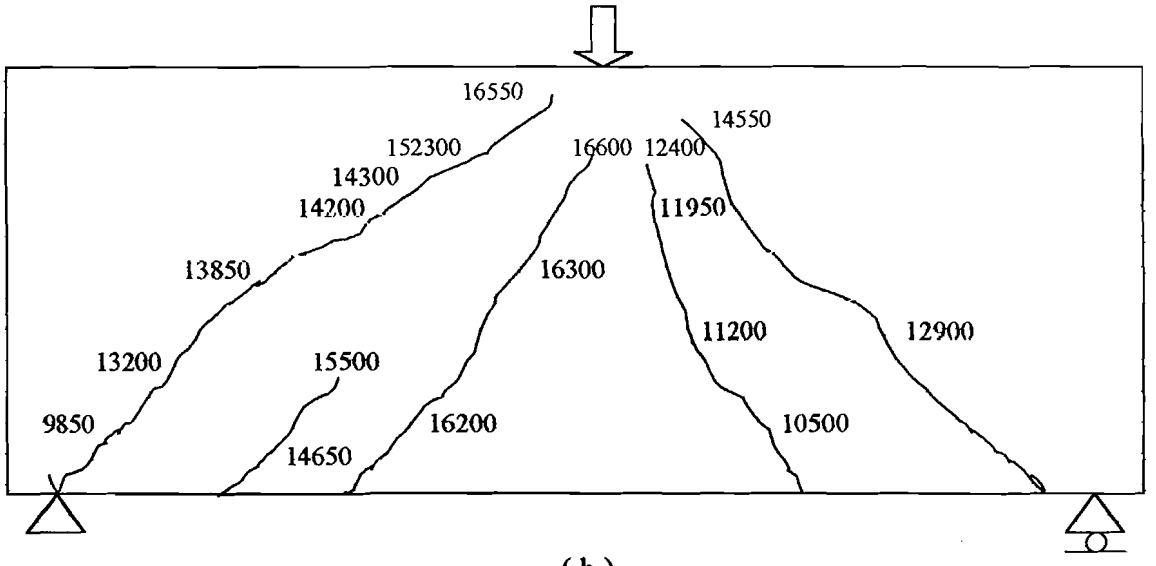
Tabel 4.6 lanjutan....
Retak awal : 9850 kg, Beban maks : 16500



Gambar 4.7 Grafik defleksi balok IV (Bentang geser a = 500 mm)



(a)



(b)

Gambar 4.8 Pola retak balok IV (Bentang geser a = 500 mm) a) Pola retak sisi depan, b) Pola retak sisi belakang

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

1.1 Kesimpulan

Dari penelitian diperoleh data dari masing-masing balok uji yang dapat diambil kesimpulan mengenai perilaku geser dan kapasitas nominal balok tinggi dengan variasi bentang geser.

1. Balok tinggi masih mampu menahan beban lebih besar setelah terjadinya retak diagonal yang pertama terjadi. Hal ini menunjukkan bahwa balok tinggi mempunyai cadangan kapasitas geser cukup setelah retak diagonal pertama.
2. Kapasitas lentur yang terjadi lebih besar dari kapasitas geser sehingga keruntuhan yang terjadi adalah kegagalan geser.
3. Dari pola retak yang terjadi pada balok, menunjukkan arah retak yang terjadi membentuk sudut lebih besar dari 45° dan hampir mendekati arah vertikal.
4. Retak – retak yang terjadi berada di daerah bentang geser dan menuju ke arah titik pembebanan.

5. Kapasitas geser nominal balok terjadi penurunan dengan meningkatnya bentang geser, yaitu dari 201,9505 kN, 158,9109 kN, 124,7525 kN sampai 97,52475 kN .
6. Nilai tegangan geser pada beton bila dibandingkan dengan tegangan geser rencana terjadi penurunan sebesar 7,2928% 7,1209%, dan 10,502% untuk bentang geser 125 mm, 375 mm, dan 500 mm serta terjadi peningkatan 1,5589% untuk bentang geser 250 mm.

5.2 Saran

Untuk lebih sempurnanya hasil penelitian ini, maka perlu diperhatikan saran-saran sebagai berikut :

1. Pada saat pembuatan benda uji sebaiknya campuran beton dibuat dalam satu adukan sehingga didapat adukan beton yang seragam.
2. Pada pembuatan sampel balok, perlu diperhatikan rata dasar acuan dan finishing balok bagian atas saat pencoran sehingga diperoleh balok rata pada saat pengujian dan penempatan beban.
3. Pada saat pengujian perlu diperhatikan ketelitian dan kecermatan pengamatan beban dan retakan yang terjadi sehingga didapat hasil yang valid.
4. Perlu adanya penelitian lebih lanjut tentang pengaruh variasi panjang bentang (a/l), pengaruh variasi lebar balok dan panjang bentang (b/l) pada balok tinggi.

5. Perlu adanya penelitian lebih lanjut tentang hubungan dan pengaruh momen lentur dengan geser pada balok tinggi.
6. Perlu dipikirkan tentang pengadaan alat uji yang mempunyai kapasitas mesin yang lebih besar dan alat uji geser murni pada balok pada laboratorium teknologi bahan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UII untuk mengembangkan kajian studi tentang geser selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

----------, 1991, **Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, SK SNI T – 15 – 1991 – 03**, Departemen Pekerjaaan Umum, Bandung.

Istimawan Dipohusodo, 1994, **Struktur Beton Bertulang**, PT. Gramedia Pustaka Utama Jakarta.

Kang-Hai Tan, Fung – Kew Kong, 1995, **High – Strengh Concrete Deep Beams With Effektive Span And Shear span Variations**, ACI Struktural Journal.

Kardiyono Tjokrodimulya, ME, Ir, 1992, **Teknologi Beton**, Jurusan Teknik Sipil, UGM, Yogyakarta.

Kia Wang, Chu, 1986, **Desain Beton Bertulang**, Jilid I, Edisi Keempat, Erlangga, Jakarta.

Laurentius Wahyudi, Syahril A. Rahim, 1997, **Struktur Beton Bertulang**, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Murdock, L.J, 1991, **Bahan dan Praktek Beton**, Edisi Keempat, Erlangga, Jakarta.

Nawy, Edward G, 1990, **Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar**, PT. Eresco, Bandung.

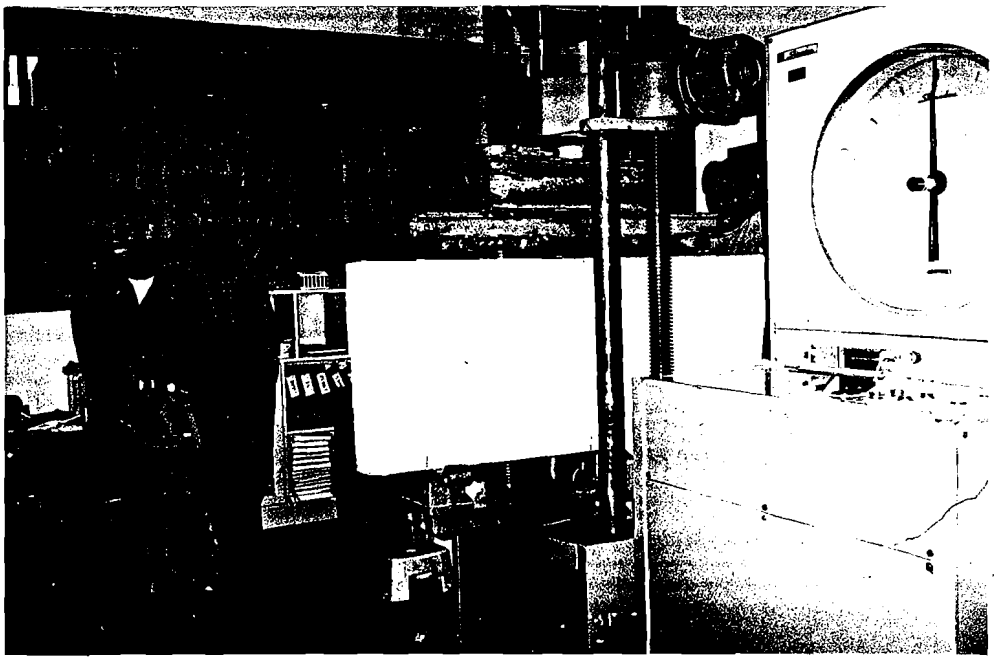
Phil M. Ferguson, 1986, **Dasar-Dasar Beton Bertulang**, Edisi Keempat, Erlangga, Jakarta.

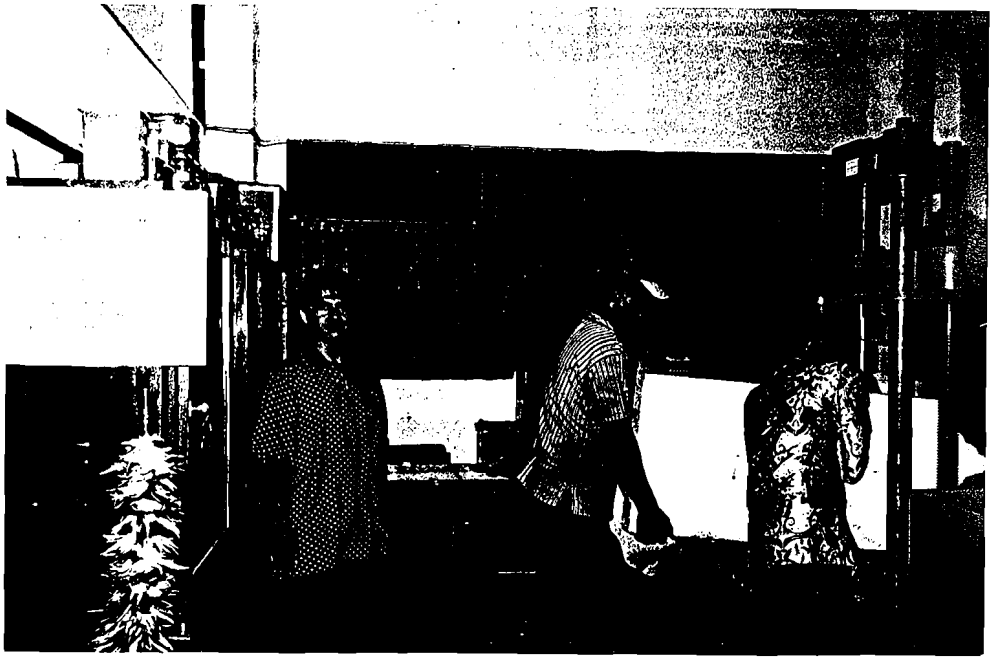
LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 Menentukan Daerah Gradasi Pasir.

Saringan (mm)	Berat Tertinggal (gr)	Berat Tertinggal (%)	Berat Komulatif (%)	Berat lolos Saringan (%)
4.74	0	0	0	100
2.36	52.50	5.25	5.25	94.75
1.18	124.10	12.41	17.66	82.34
0.60	288.80	28.88	46.54	53.46
0.30	302.30	30.23	76.77	23.23
0.15	187.30	18.73	95.50	4.50
Pan	45.00	4.50	-	0.00

Lampiran 2 Pengujian Geser Balok



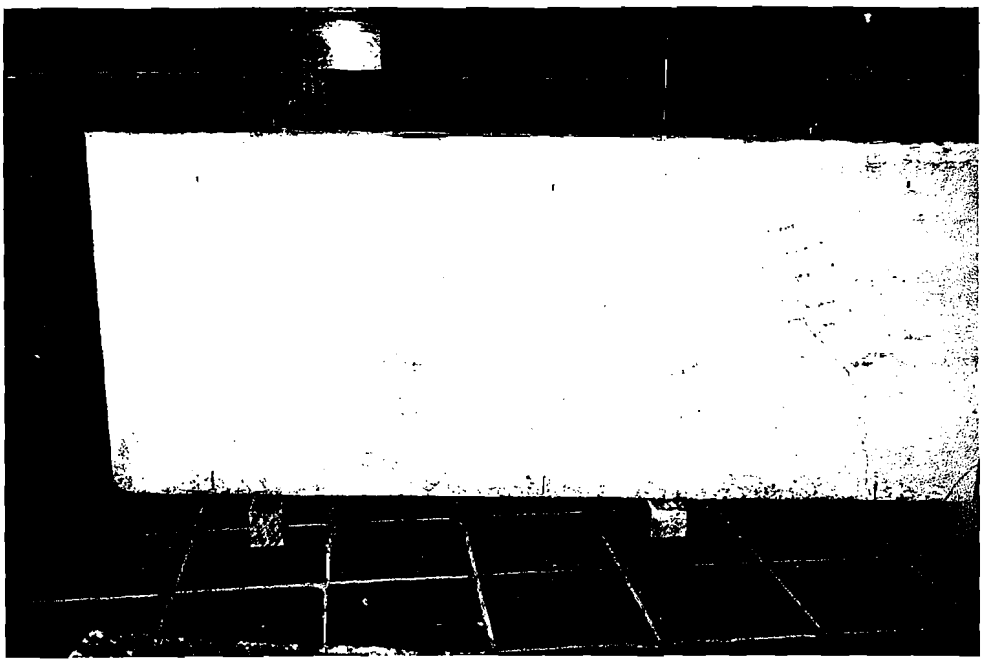


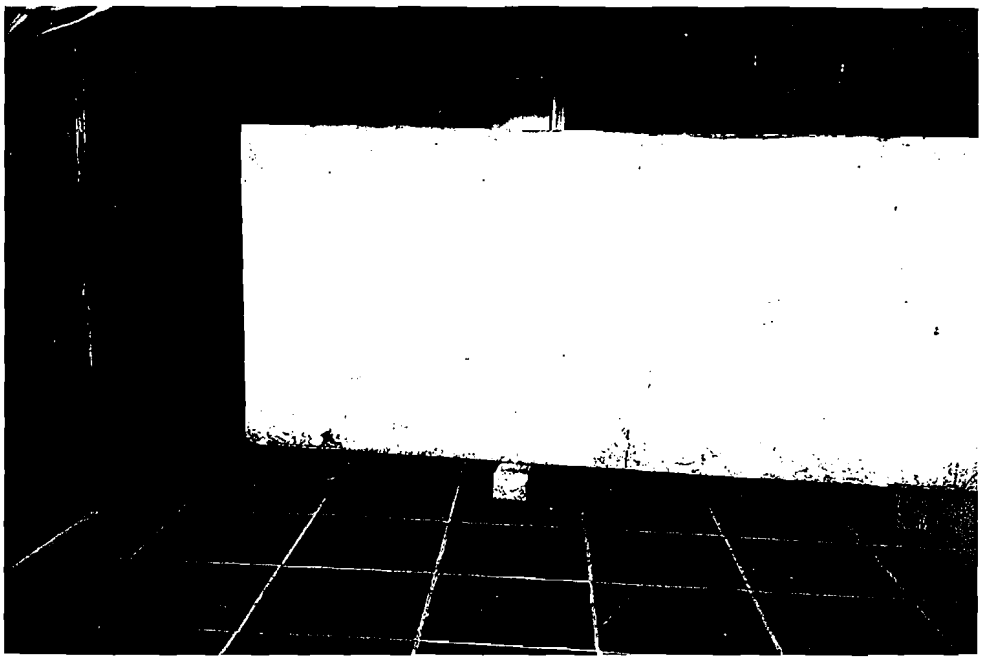
Lampiran 3 Balok Setelah di Uji



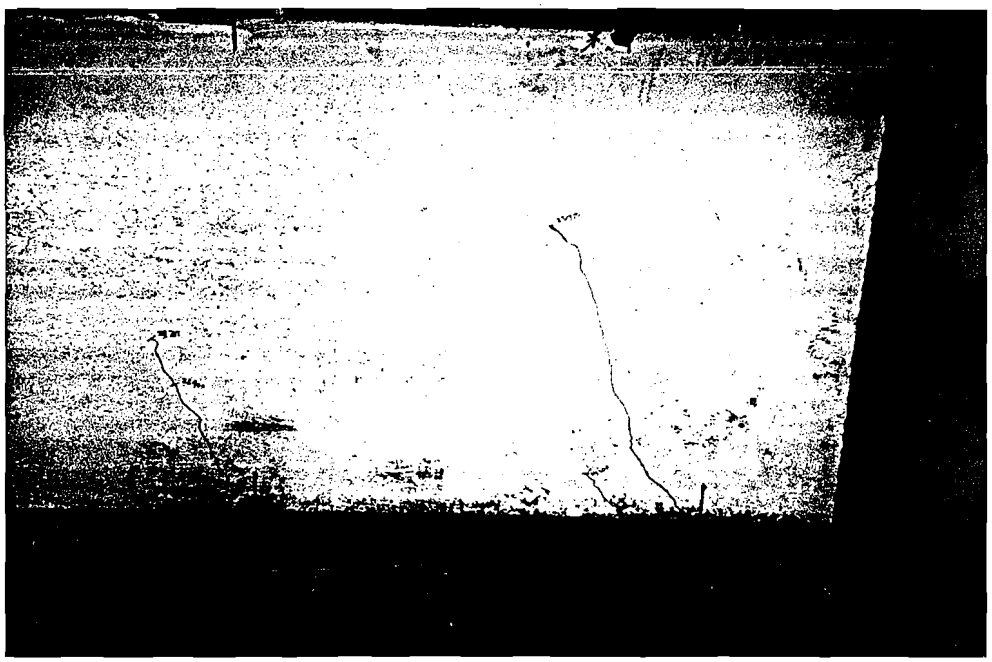


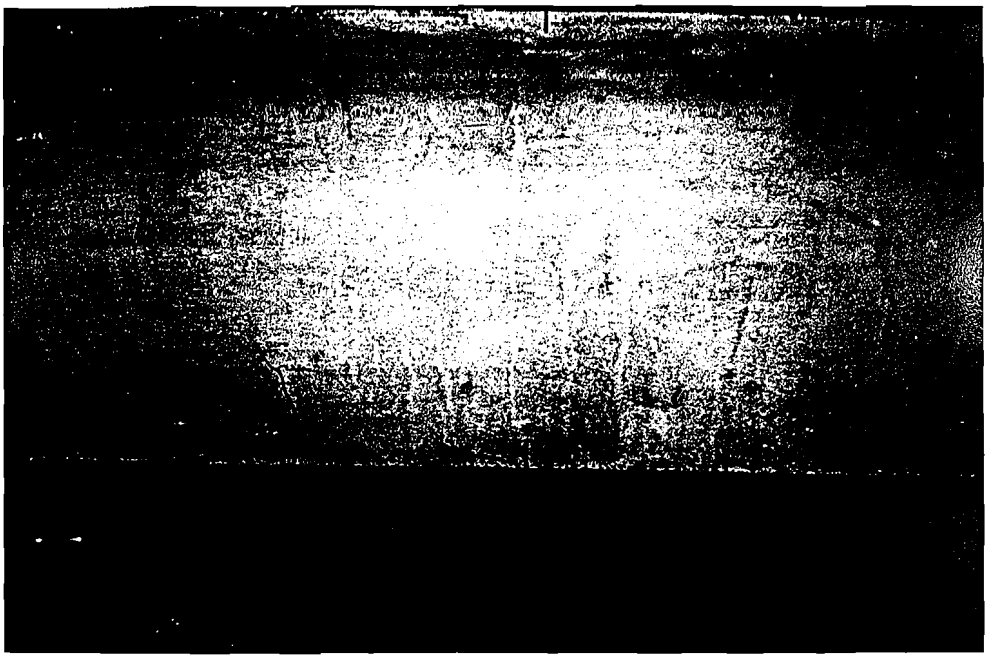
Lampiran 3 Balok Setelah di Uji





Lampiran 3 Balok Setelah di Uji





Lampiran 3 Lanjutan



