

PERPUSTAKAAN FTSP U.I.
HABIBUSSEMI
TGL. TERIMA : 12/11/2001
NO. JUDUL :
NO. INV. : 201/TA/013
NO. BOKOR :

TUGAS AKHIR

PENGARUH VARIASI GEOMETRI SERAT BAJA LOKAL TERHADAP KUAT GESER BALOK BETON 5720001292001



Disusun Oleh :

Septiyarso Sonny Irawan

No. Mhs : 93310144

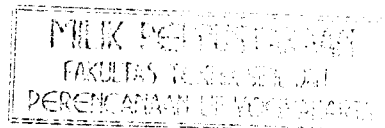
NIRM : 930051013114120141

Akhmad Musyafak

No. Mhs : 93310224

NIRM : 930051013114120221

TA
6/2/01
IRA
7
01



**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2001**

TUGAS AKHIR

**PENGARUH VARIASI GEOMETRI
SERAT BAJA LOKAL TERHADAP KUAT GESER
BALOK BETON**



Disusun Oleh :

Septiyarso Sonny Irawan

No. Mhs : 93310144

NIRM : 930051013114120141

Akhmad Musyafak

No. Mhs : 93310224

NIRM : 930051013114120221

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. H. Suharyatmo, MT.

Dosen Pembimbing I

Ir. Fathurrohman N, MT.

Dosen Pembimbing II

Tanggal : 16/4/2001

Tanggal : 5/4/2001

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan ridho-Nya kepada kita semua, khususnya kepada penyusun sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini, yang merupakan syarat guna memperoleh derajat strata satu (S-1) pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyelesaian tugas ini tidak lepas dari dukungan serta sumbangan pikiran dan saran dari berbagai pihak yang selalu memberikan motivasi dalam menghadapi hambatan yang terjadi selama penyusunan. Untuk itu dengan segala hormat dan keikhlasan hati penyusun haturkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Suharyatmo, MT, selaku Dosen Pembimbing I,
2. Bapak Ir. Fatkhurrohman NS, MT, selaku Dosen Pembimbing II,
3. Bapak Ir. Helmy Akbar Bale, MT selaku Dosen Tamu.
4. Bapak dan Ibu tercinta yang telah memberi dorongan moril maupun materiil dalam penyusunan Tugas Akhir ini,
5. Bapak Ir. Widodo, MSCE, PhD, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta,
6. Bapak Ir. Tadjuddin BMA, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta,

7. Bapak Ir. Ilman Noor, MSCE, selaku Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP Universitas Islam Indonesia Yogyakarta,
8. Bapak Ir. Albani Musyafa, selaku pengelola Laboratorium Struktur FTSP Universitas Islam Indonesia Yogyakarta,
9. Mas Daru dan mas Warno selaku pengelola Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP Universitas Islam Indonesia Yogyakarta,
10. Teman-teman yang telah membantu dalam pelaksanaan pengujian benda uji dan penyusunan Tugas Akhir ini.

Penyusun menyadari dalam penyelesaian Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan, oleh karena keterbatasan pengetahuan tentang perilaku geser beton fiber. Untuk itu penyusun mengharap kritik dan saran yang bersifat konstruktif dalam pengembangan dimasa mendatang.

Akhir kata, penyusun berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penyusun khususnya dan pembaca umumnya.

Semoga Allah SWT memberkati kita semua, Amien.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Agustus 2000

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR SIMBOL	xiii
INTISARI	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Metode Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5

BAB III LANDASAN TEORI	9
3.1 Geser pada balok	9
3.2 Perilaku balok tanpa tulangan geser.....	12
3.3 Penulangan geser pada balok.....	14
3.4 Beton serat.....	15
3.4.1 Kuat tekan.....	15
3.4.2 Kuat tarik beton.....	16
3.4.3 Kuat geser beton serat / fiber.....	17
BAB IV METODE PENELITIAN	19
4.1 Beton Serat.....	19
4.2 Bahan dan Peralatan.....	19
4.2.1 Bahan penyusun beton serat.....	19
1. Semen.....	19
2. Agregat kasar.....	19
3. Agregat halus.....	20
4. Serat baja.....	20
5. Tulangan baja.....	21
4.2.2 Alat yang digunakan.....	21
1. Ayakan.....	21
2. Alat ukur slump.....	21
3. Mesin uji kuat desak.....	21

4. Mesin uji kuat tarik.....	22
5. Hydraulic jack.....	22
6. Dial gauge.....	23
7. Loading frame.....	24
8. Tranduser.....	24
9. Dukungan rol dan sendi.....	24
10. Timbangan.....	25
11. Mistar dan kapiler.....	25
12. Cetok dan talam baja.....	25
13. Mesin pengaduk beton (rotating drum).....	26
4.3 Pelaksanaan Penelitian.....	26
4.3.1 Persiapan.....	26
1. Uji pasir.....	26
2. Uji batu pecah.....	26
3. Perencanaan adukan beton.....	26
4. Membuat model balok beton benda uji.....	27
4.3.2 Persiapan peralatan.....	29
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	31
5.1 Umum.....	31
5.2 Hasil Penelitian.....	31
5.2.1 Kuat tekan dan kuat tarik beton.....	31

5.2.2	Rasio kuat tekan dan kuat tarik beton.....	33
5.2.3	Kualitas baja tulangan.....	34
5.2.4	Kuat geser balok.....	34
5.2.5	Hubungan beban-lendutan.....	36
	1. Kurva hubungan beban dengan lendutan.....	36
	2. Kurva hubungan beban dengan panjang retak.....	39
	3. Kurva hubungan beban dengan sudut retak.....	41
5.3	Pembahasan.....	42
5.3.1	Kuat geser balok ditinjau dari hubungan beban dan lendutan.....	42
5.3.2	Kuat geser balok ditinjau dari hubungan beban dengan panjang retak.....	42
5.3.3	Kuat geser balok ditinjau dari hubungan beban dengan sudut retak.....	43
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....		44
5.1	Kesimpulan.....	44
5.2	Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA		46
LAMPIRAN		47

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Keterangan	Halaman
3.1.	Jenis – jenis retak.	10
3.2.	Jenis – jenis keruntuhan geser sebagai fungsi dari kelangsingan balok.	11
3.3.	Mekanisme geser.	13
3.4.	Aksi busur / pelengkung.	14
4.1.	Universal Testing Material Shimatzu UMH 30.	24
4.2.	Hydraulic jack.	22
4.3.	Dial gauge.	23
4.4.	Dukungan sendi dan rol.	23
4.5.	Rencana benda uji balok.	28
4.6.	Rencana benda uji silinder	28
4.7.	Tulangan benda uji.	29
5.1.	Pola retak balok BTS 1.	37
5.2.	Grafik hubungan P/P maks & δ/δ maks BTS 1.	38
5.3.	Grafik gabungan beban dan lendutan BTS .	38
5.4.	Grafik regresi beban dan lendutan BTS .	39
5.5.	Grafik hubungan P/ P maks & L/L maks BFS 2-3.	40

DAFTAR TABEL

Tabel	Keterangan	Halaman
4.1.	Macam – macam variasi geometri serat.	20
4.2.	Macam – macam benda uji dan jumlahnya.	27
5.1.	Hasil uji kuat tarik silinder beton serat dan non serat.	32
5.2.	Hasil uji kuat desak silinder beton serat dan non serat.	33
5.3.	Kuat tekan dan kuat tarik rata-rata silinder beton fiber umur 28 hari.	33
5.4.	Hasil pengujian kuat leleh dan kuat tarik baja tulangan.	34
5.5.	Hasil pengujian balok beton tanpa serat (BTS 1).	35
5.6.	Kekuatan balok beton serat dan non serat pada saat retak pertama.	36
5.7	Panjang retak balok beton fiber spiral (BFS 2-3).	40
5.8.	Panjang retak maksimum dan panjang retak maksimum rata – rata.	41
5.9.	Hubungan beban dengan sudut retak.	41

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Data pemeriksaan gradasi agregat halus
Lampiran 2	Data pemeriksaan berat volume agregat kasar
Lampiran 3	Data pemeriksaan berat jenis agregat kasar
Lampiran 4	Data pemeriksaan berat jenis agregat halus
Lampiran 5	Data pemeriksaan kandungan lumpur
Lampiran 6	Perencanaan adukan beton “ ACI “ dan perencanaan awal beban pada pengujian kuat geser
Lampiran 7	Data dan Gambar perhitungan kuat tarik dan kuat tekan silinder
Lampiran 8	Data dan Gambar hasil pengujian kuat geser balok beton
Lampiran 9	Data dan Gambar hubungan beban dengan panjang retak
Lampiran 10	Gambar pola retak pada pengujian geser balok
Lampiran 11	Gambar (Foto) proses pelaksanaan penelitian

DAFTAR SIMBOL

- A = Luas
- A_s = Luas tulangan
- A_s' = Luas tulangan tarik
- A_v = Luas sengkang vertikal
- A_{vh} = Luas tulangan geser memanjang
- a = Panjang bentang geser
- b = Lebar balok
- b_w = tinggi efektif
- d = Tinggi efektif balok
- f = Tegangan lentur
- f_c' = Kuat tekan beton
- f_{cr} = Kuat tekan beton rata-rata
- f_{ct} = Kuat tarik beton / beton fiber
- f_t' = Kuat tarik beton yang diujikan pada silinder dengan ukuran 150 x 300 mm
- f_{pr} = Tegangan utama
- f_s = Tegangan baja
- f_y = Tegangan leleh baja
- k = Konstanta Wright (2/3)
- L = Panjang

- L_n = Bentang bersih
 M = Momen
 M_u = Momen berfaktor yang terjadi bersamaan dengan V_u pada penampang kritis
 M_n = Momen nominal
 P = Beban
 s = Spasi sengkang vertikal
 s_2 = Spasi vertikal dari tulangan geser memanjang
 s_d = standard deviasi
 tV_a = Gaya saling ikat agregat
 v = Tegangan geser
 V_c = Kekuatan geser
 v_{cf} = Kuat geser balok beton fiber
 V_d = Gaya pasak
 V_{nf} = Kuat geser nominal balok beton fiber
 v_s = Kuat geser karena perkuatan
 α = sudut geser
 π = konstanta (3,14159)
 ρ_w = Rasio tulangan
 σ = Kuat tekan silinder beton / beton fiber

INTISARI

Pemakaian beton sebagai salah satu material struktur mempunyai berbagai kelebihan dan kekurangan. Salah satu kelebihannya adalah kuat desak dan kuat geser yang rendah. Sifat yang kurang baik ini dicoba diperbaiki dengan pemberian serat atau fiber dengan harapan kuat tarik dan kuat geser dapat diperbaiki. Hal ini disebabkan karena terjadinya lekatan antara serat baja dengan pasta dalam beton (bond strength), karena apabila bond strength yang terjadi kuat maka kekuatan beton serat akan bertambah besar.

Penelitian eksperimental menguji lima belas balok dengan lima variasi geometri serat baja lokal yang masing-masing variasi terdiri 3 balok yaitu : beton tanpa serat, serat baja lurus (straight-fiber), serat baja berkait (hooked-fiber), serat baja spiral (crimped-fiber) tipe 1 dan serat baja spiral (crimped-fiber) tipe 2.

Dari uji silinder dapat diketahui bahwa penambahan serat baja lokal (bendrat) dengan konsentrasi 1% dari pasta semen akan meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik beton. Dari pengujian lima variasi serat baja yang menghasilkan kuat tarik dan kuat tekan terbesar yaitu silinder dengan penambahan serat baja spiral tipe 1 dengan peningkatan sebesar 7,43 % untuk kuat tekan dan 35,21 % untuk kuat tarik dibandingkan dengan beton tanpa serat. Untuk pengujian balok dari lima variasi geometri yang menghasilkan beban terbesar pada retak pertama adalah balok dengan penambahan serat bendrat bergeometri spiral tipe 2, sedangkan yang menghasilkan panjang retak terpanjang adalah balok dengan penambahan serat bendrat bergeometri spiral tipe 1 dan yang menghasilkan panjang retak terpendek adalah balok dengan penambahan serat bendrat bergeometri berkait. Untuk sudut retak terbesar dihasilkan oleh balok dengan penambahan serat bendrat bergeometri berkait dan yang menghasilkan sudut retak terkecil adalah balok dengan penambahan serat bendrat bergeometri spiral tipe 1.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang masalah

Pada komponen struktur rangka yang terbuat dari beton bertulang umumnya bekerja gaya desak, lentur, geser dan torsi. Gaya-gaya tersebut dapat bekerja sendiri atau kombinasi antara satu gaya dengan gaya yang lain atau lebih.

Percobaan-percobaan yang telah dipublikasikan menunjukkan bahwa keruntuhan beton akibat gaya geser pada suatu elemen struktur beton bertulang adalah getas, tidak daktil, dan keruntuhannya terjadi secara tiba-tiba tanpa ada peringatan. Hal tersebut disebabkan kekuatan geser struktur beton bertulang terutama tergantung pada kekuatan tarik. Keadaan ini sangat berbeda dengan tujuan perencanaan yang selalu menginginkan suatu struktur yang daktil, meskipun prediksi keruntuhan geser cukup sulit, sehingga dalam perencanaan harus diupayakan agar jenis keruntuhan geser tidak terjadi.

Beton mempunyai kuat geser dan kuat tarik yang kecil dibandingkan dengan kuat desaknya, sehingga diperlukan usaha peningkatan kuat tarik beton. Salah satu usaha untuk meningkatkan kuat tarik dan daktilitasnya adalah dengan memberi bahan tambah berupa serat pada adukan beton. Ide dasar ini dengan menulangi beton dengan serat yang disebarkan secara merata ke dalam adukan beton dengan orientasi yang random, sehingga dapat mencegah retakan-retakan beton yang terlalu dini. Jika

retakan-retakan yang terlalu dini dapat dicegah, kemampuan bahan untuk mendukung tegangan-tegangan dalam (lentur, dan geser) akan lebih besar.

1.2 Rumusan Masalah

Dari penelitian yang terdahulu diperoleh hasil bahwa dengan penambahan serat baja, dapat meningkatkan kuat tarik dan daktilitas beton. Hal ini disebabkan oleh lekatan antara serat baja dengan pasta dalam beton (*bond strength*). Jika lekatan antara serat baja dengan pasta dalam beton kuat maka kekuatan beton serat akan meningkat, tergantung pada kuat tarik seratnya, sehingga perlu diadakan pengujian terhadap kekuatan gaya geser.

Dengan demikian, maka dapat dirumuskan masalah yang akan diteliti yaitu,

“ pengaruh bentuk geometri serat baja lokal yang digunakan terhadap kuat geser benda uji balok beton ?”.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan mendapatkan kuat geser balok beton dengan bahan tambah serat baja lokal dalam bentuk geometri yang bervariasi dibandingkan dengan balok beton tanpa serat.

1.4 Batasan Masalah

Mengacu pada tujuan diatas, maka variasi bentuk geometri dari serat baja lokal yang akan digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut :

1. Serat baja lurus (*straight-fiber*).
2. Serat baja berkait (*hooked-fiber*).
3. Serat baja spiral (*crimped-fiber*) ada dua macam yaitu :
 - a. Serat baja spiral- 1 (*crimped-fiber-1*).
 - b. Serat baja spiral- 2 (*crimped-fiber-2*).

Untuk memperjelas analisis, dibuat beberapa batasan masalah sebagai berikut :

- a. Ditentukan mutu beton yang digunakan adalah $f'_c = 20 \text{ Mpa}$
- b. Kawat baja lokal berupa kawat bendrat $\varnothing 1 \text{ mm}$ dan panjang 60 mm
- c. Berat serat baja lokal yang ditambahkan adalah 1 % dari berat semen.
- d. Dimensi balok beton bertulang adalah 15 cm x 25 cm x 100 cm dengan diameter tulangan 2 $\varnothing 10 \text{ mm}$ dan diameter sengkang 6 mm dengan jarak 150 mm ($\varnothing 6-150 \text{ mm}$).
- e. Dimensi silinder dengan $\varnothing 15 \text{ cm}$ dan tinggi 30 cm
- f. Agregat kasar berupa *split* (batu pecah) berasal dari Clereng, agregat halus berupa pasir dari kali Boyong, semen yang digunakan merk Nusantara dan air.
- g. Perencanaan beton menggunakan metode ACI.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

L. Wahyudi (1997) menerangkan bahwa semua elemen struktur, baik struktur beton maupun baja tidak terlepas dari masalah gaya geser. Gaya geser umumnya tidak bekerja sendirian, tetapi berkombinasi dengan lentur, torsi atau gaya normal. Percobaan-percobaan yang telah dipublikasikan menunjukkan bahwa sifat keruntuhan akibat gaya geser pada suatu elemen struktur beton bertulang adalah getas (*brittle*), tidak daktil, dan keruntuhannya terjadi secara tiba-tiba tanpa ada peringatan. Hal tersebut disebabkan kekuatan geser struktur beton bertulang terutama tergantung pada kekuatan tarik dan tekan beton. Keadaan ini sangat berbeda dengan tujuan perencanaan yang selalu menginginkan suatu struktur yang daktil.

Nawy (1990) menerangkan bahwa kekuatan tarik beton jauh lebih kecil dibandingkan dengan kekuatan tekannya. Perilaku balok beton bertulang pada keadaan runtuh karena geser sangat berbeda pada keruntuhan karena lentur. Balok tersebut langsung hancur tanpa peringatan terlebih dahulu. Pada balok yang mengalami keruntuhan lentur, retak terjadi pada sepertiga tengah bentang dan tegak lurus terhadap arah tegangan utama, sedangkan retak yang terjadi pada runtuh karena geser retak-retak yang terjadi ditengah bentang, berarah verikal, yang berupa retak halus, dan diakibatkan oleh lentur dan diikuti oleh rusaknya lekatan antara baja tulangan dengan beton disekitarnya pada perletakan.

Istimawan (1994) menerangkan bahwa retak miring akibat geser di badan balok beton bertulang dapat terjadi tanpa disertai retak akibat lentur disekitarnya, atau dapat juga sebagai kelanjutan proses retak lentur yang telah mendahuluinya. retak miring pada balok yang tidak mengalami retak lentur dinamakan sebagai retak geser badan. Retak ini jarang dijumpai dalam balok beton bertulang biasa dan lebih sering dijumpai didalam balok beton prategang. Proses terjadinya retak lentur umumnya cenderung merambat dimulai dari tepi masuk kedalam balok dengan arah hampir vertikal. Proses ini terus berlanjut tanpa mengakibatkan berkurangnya tegangan sampai tercapainya suatu kombinasi kritis tegangan lentur dan geser diujung salah satu retak terdalam, dimana terjadi tegangan geser cukup besar yang kemudian mengakibatkan terjadinya retak miring.

Wisnumurti (1996) meneliti pola retak dan pola runtuh geser balok beton bertulang oleh momen lentur yang dikerjakan pada ujung-ujungnya menyatakan bahwa retak geser lentur yang menyebabkan runtuh geser terjadi pada sekitar titik balik momen atau tempat perubahan lintasan gaya tekan. Dikatakan pula, berdasarkan penyebaran pola retak sebelum runtuh, balok dibagi menjadi dua daerah, daerah pertama berupa daerah bebas retak yang dinamakan daerah lintasan tekan yang berjalan dibawah garis netral dari tumpuan rol kemudian berpindah diatas garis netral pada titik balik momen hingga tumpuan jepit. Daerah kedua berupa retak-retak yang berada diatas garis netral membentang dari titik balik momen hingga tumpuan rol dan dibawah garis netral membentang dari titik balik momen hingga tumpuan jepit. Setelah terjadi retak miring pertama balok masih memiliki kekuatan sekitar 40 %

sebelum mencapai beban runtuhnya. Runtuh balok ditandai oleh masuknya retak-retak ke daerah lintasan gaya tekan.

Beton serat (*fiber reinforced concrete*) menurut ACI committee yaitu merupakan campuran dari kontruksi bahan beton yang terdiri dari agregat halus dan agregat kasar dengan serat (*fiber*). Ide dasarnya adalah menulangi beton dengan serat (*fiber*) yang disebarkan secara merata ke dalam adukan beton dengan orientasi yang random, sehingga dapat mencegah terjadinya retakan-retakan beton yang terlalu dini, baik akibat panas hidrasi maupun akibat pembebanan. Dengan tercegahnya retakan-retakan yang terlalu dini, kemampuan bahan untuk mendukung tegangan-tegangan dalam (aksial, lentur, dan geser) yang terjadi akan jauh lebih besar.

Penelitian Suhendro (1991) membuktikan bahwa sifat-sifat kurang baik dari beton, yaitu getas, praktis tidak mampu menahan tegangan tarik dan momen lentur dan ketahanan yang rendah terhadap beban impact dapat secara dramatis diperbaiki dengan menambahkan fiber lokal yang terbuat dari potongan kawat-bendrat pada adukan beton. Hasil penelitian Suhendro (1991) merangsang penelitian lanjutan untuk mengetahui pengaruh penambahan fiber lokal terhadap perilaku struktural dan peningkatan kapasitas suatu elemen struktur, seperti pada balok dan kolom beton bertulang.

Serat baja (*steel fibers*) dengan konsentrasi 1 % dapat meningkatkan kuat tarik, meningkatkan nilai kekakuan, dan daktilitas pada beton normal dan beton mutu tinggi, selain itu dengan kandungan serat baja yang sama pada benda uji balok, maka untuk beton mutu tinggi akan memiliki lebar keretakan yang lebih kecil daripada

beton normal, sedangkan penambahan serat baja berkait (*hooked-fibers*) dengan konsentrasi lebih dari 2 % yang di tempatkan pada sambungan tulangan akan meningkatkan lekatan antara baja tulangan dengan pasta semen dalam balok beton (*bond strength*) sebesar 55 % dibandingkan dengan beton biasa (Suhendro, 1990).

Dari hasil penelitian Lina Wardani dan Taufan Cahyanto mengenai pengaruh variasi geometri serat baja lokal (bendrat) terhadap kuat lentur balok beton bertulang, didapatkan bahwa penambahan serat baja lokal dengan $V_f = 1\%$ dari volume adukan dengan variasi geometri akan meningkatkan kuat tekan beton, dan dari lima jenis variasi geometri serat baja lokal, yang menghasilkan kuat tekan dan kuat tarik tertinggi adalah jenis BFS1 (Beton Fiber Spiral tipe 1).

Menurut A.K. Sharma (ACI Journal)

- Balok beton fiber efektif dalam meningkatkan kekuatan geser beton.
- Kekuatan tarik dari beton fiber lebih besar atau lebih baik dari beton biasa.
- Fiber pada balok beton bertulang memiliki daktilitas yang lebih dibandingkan balok beton normal.

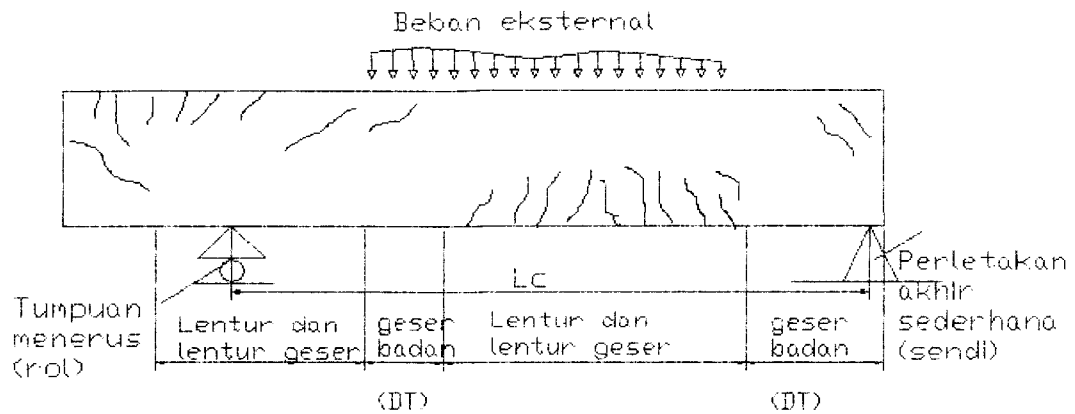
BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Geser pada balok

Keruntuhan balok beton bertulang karena geser sangat berbeda dengan keruntuhan karena lentur. Pada keruntuhan geser balok langsung hancur tanpa ada peringatan terlebih dahulu. Juga retak diagonalnya jauh lebih besar dibandingkan dengan retak lentur. Karena perilaku kegagalan getas (*brittle*) ini, perencana harus merancang penampang yang cukup kuat untuk memikul beban geser luar rencana tanpa mencapai kapasitas gesernya. Geser juga merupakan parameter yang sangat berarti pada perilaku braket (*brackets*), korbel (*corbel*), dan balok tinggi (Nawy,1990).

Pada daerah yang mengalami momen besar, retak yang terjadi disebut retak lentur. Pada daerah yang menerima gaya geser besar, akibat tarik diagonal dapat terjadi retak miring sebagai kelanjutan dari retak lentur, dan disebut retak geser lentur. Gambar 3.1. memperlihatkan jenis-jenis retak pada balok beton bertulang dengan tanpa penulangan tarik diagonal. (Nawy,1990)



Gambar 3.1. Jenis-jenis retak

Pada balok beton bertulang tanpa penulangan tarik diagonal dapat terjadi tiga jenis keruntuhan seperti ditunjukkan oleh Gambar 3.2. berikut ini :

1. Keruntuhan Lentur

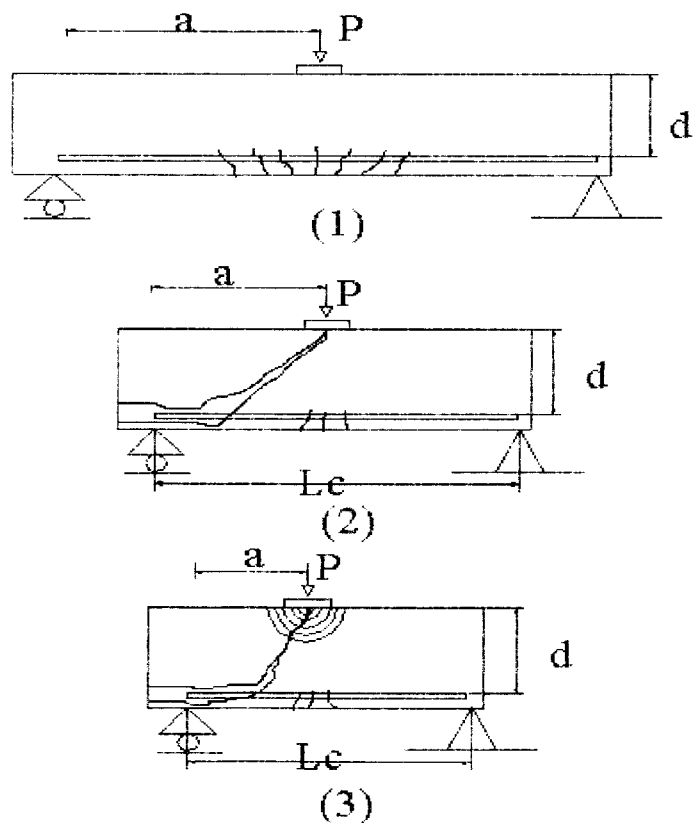
Pada daerah yang mengalami keruntuhan lentur, retak terutama terjadi pada sepertiga tengah bentang, dan tegak lurus arah tegangan utama. Retak-retak ini diakibatkan oleh tegangan geser yang sangat kecil dan tegangan lentur yang sangat dominan.

2. Keruntuhan Tarik Diagonal

Keruntuhan ini dapat terjadi apabila kekuatan balok dalam kekuatan tarik diagonal lebih kecil daripada kekuatan lenturnya. retak-retak mulai terjadi ditengah bentang, berarah vertikal, yang berupa retak halus, dan diakibatkan oleh lentur.

3. Keruntuhan Tekan Geser

Balok-balok yang mengalami tekan geser mempunyai perbandingan antara bentang geser dengan tinggi penampang a/d sebesar 1 sampai 2,5 untuk beban terpusat dan kurang dari 5 untuk beban terdistribusi. Keruntuhan ini dimulai dengan timbulnya retak lentur halus vertikal ditengah bentang, dan tidak terus menjalar. Hal ini terjadi karena terdapat kehilangan lekatan antara tulangan dengan beton didaerah perletakan. (Nawy,1990)



Gambar 3.2. Jenis-jenis keruntuhan geser sebagai fungsi dari kelangsingan balok

Tegangan geser dan lentur akan timbul disepanjang komponen struktur di mana bekerja gaya geser dan momen lentur, dan penampang komponen mengalami tegangan-tegangan tersebut pada tempat – tempat selain di garis netral dan serat tepi penampang. Besar tegangan geser dan lentur yang timbul bervariasi tergantung dari letak tempat tempat yang ditinjau disepanjang balok dan jaraknya terhadap garis netral. Dengan demikian sudut kemiringan dan besar tegangan utama juga akan bervariasi pula dan merupakan fungsi dari nilai banding antara f dan v . Tepat pada garis netral akan terjadi tegangan utama dengan membentuk sudut 45^0 yang dapat dijelaskan menggunakan rumus dari Wang dan Salmon yang mana apabila dimasukkan nilai $f = 0$, maka nilai $\tan 2 \alpha = \infty$, sehingga didapat $\alpha = 45^0$. (Istimawan,1994)

$$f_{pr} = \frac{f}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{f}{2}\right)^2 + v^2} \quad (3.1)$$

$$\tan \alpha = \frac{2v}{f} \quad (3.2)$$

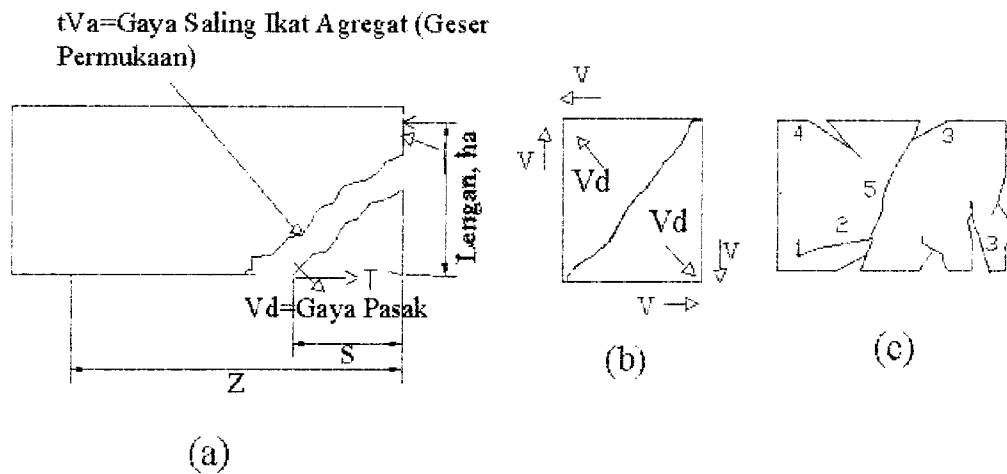
Dimana f_{pr} = tegangan utama, f = tegangan lentur, dan v = tegangan geser.

3.2 Perilaku balok tanpa tulangan geser

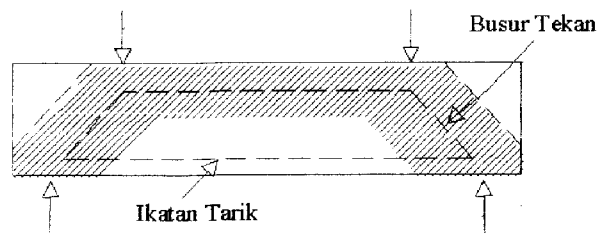
Transfer dari geser di dalam unsur-unsur beton bertulang terjadi dengan suatu kombinasi dari antara beberapa mekanisme sebagai berikut (seperti terlihat pada Gambar 3.3. dibawah ini) :

1. Perlawanan geser dari beton yang belum retak, V_{cz} .

2. Gaya ikat (*interlock*) antara agregat (atau transfer geser antara permukaan) $t_v a$ dalam arah tangensial sepanjang suatu retak, yang serupa dengan gesek akibat saling ikat yang tidak teratur dari agregat sepanjang permukaan yang kasar dari beton pada masing-masing pihak dari retak.
3. Aksi pasak (*dowel action*) V_d , sebagai perlawanan dari penulangan longitudinal terhadap gaya tranfersal.
4. Aksi pelengkung (*arch action*) lihat Gambar 3.4. Pada balok yang relatif tinggi.
5. Perlawanan tulangan geser V_s , dari sengkang vertikal atau miring (yang tidak ada pada balok tanpa tulangan geser). (Wang dan Salmon)



Gambar 3.3. Mekanisme geser



Gambar 3.4. Aksi busur / pelengkung

3.3 Penulangan geser pada balok

Kekuatan geser beton (V_c) menurut SK SNI didekati dengan persamaan yang disederhanakan, yaitu :

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b w d \quad (3.3)$$

Selain itu dapat pula menggunakan cara yang lebih rinci :

$$V_c = \left[3,5 - 2,5 \frac{M_u}{V_{ud}} \right] \frac{1}{7} \left[\sqrt{f'_c} + 120 \rho_w \frac{V_{ud}}{M_u} \right] b w d \quad (3.4)$$

dengan : M_u = Momen berfaktor yang terjadi bersamaan dengan V_u pada penampang kritis, d = tinggi efektif, $b w$ = lebar balok, ρ_w = rasio tulangan.

Batas atas dari V_c adalah

$$V_c \leq \frac{1}{2} \sqrt{f'_c} b w d \quad (3.5)$$

Batas atas pengali adalah

$$\left(3,5 - 2,5 \frac{M_u}{V_{ud}} \right) \leq 2,5 \quad (3.6)$$

Bila kuat geser berfaktor V_u melebihi kuat geser ϕV_s , maka harus dipasang tulangan geser , dimana kuat geser V_s dihitung dengan Persamaan :

$$V_s = \left[\frac{A_v}{s} \left(\frac{1 + L_n}{12} \cdot d \right) + \frac{A_{vh}}{s_2} \left(\frac{11 - L_n}{12} \cdot d \right) \right] f_y \cdot d \quad (3.7)$$

dengan: L_n = bentang bersih, A_v = luas sengkang vertikal, A_{vh} = luas tulangan geser memanjang, s = spasi sengkang vertikal, s_2 = spasi verikal dari tulangan geser memanjang. (Istimawan, 1994).

Dari persamaan 3.3 dan 3.4 dapat dilihat bahwa dengan peningkatan kuat tekan ($f'c$) maka kuat beton (V_c) akan meningkat.

3.4. Beton Serat

Beton serat (*fiber reinforced concrete*) menurut ACI commitee yaitu merupakan campuran dari kontruksi bahan beton yang terdiri dari agregat halus dan agregat kasar dengan serat (*fiber*). Ide dasarnya adalah menulangi beton dengan serat (*fiber*) yang disebarakan secara merata ke dalam adukan beton dengan orientasi yang random, sehingga dapat mencegah terjadinya retakan-retakan beton yang terlalu dini, baik akibat panas hidrasi maupun akibat pembebanan. Dengan tercegahnya retakan-retakan yang terlalu dini, kemampuan bahan untuk mendukung tegangan-tegangan dalam (lentur, dan geser) yang terjadi akan jauh lebih besar.

3.4.2 Kuat tekan

Berdasarkan standar ASTM C39 dari penelitian Lina dan Taufan (2000), uji tekan beton dilakukan pada benda uji berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Kuat tekan silinder beton dihitung dengan rumus :

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (3.8)$$

dengan : σ = Kuat tekan silinder beton / beton fiber (Mpa), P = Beban tekan maximum (N), A = Luas penampang silinder = $\frac{1}{4} \pi D^2$ (mm²).

3.4.2 Kuat tarik beton

Kuat tarik bahan beton normal menurut SNI-03-2847-1992 yang dikutip oleh Suhendro (1994) adalah :

$$f_t = 0,50\sqrt{f'_c} \text{ sampai dengan } 0,60\sqrt{f'_c} \text{ (Mpa)} \quad (3.9)$$

Untuk beton serat, kuat desak meningkat sekitar 10% dibandingkan beton normal, dan kuat tarik beton serat meningkat $\pm 50\%$, (Suhendro,1994). Karena terjadi peningkatan kuat tarik yang cukup besar pada beton serat, maka diusulkan kuat tarik beton serat adalah 150% beton normal:

$$f_t = 0,75\sqrt{f'_c} \text{ sampai dengan } 0,90\sqrt{f'_c} \text{ (Mpa)} \quad (3.10)$$

dengan, f_t = kuat tarik beton (MPa), dan f'_c = kuat tekan beton (MPa).

Kuat tarik beton / beton fiber yang dihasilkan dengan uji belah beton silinder (*Split Cylinder Test*), menurut SK SNI M-60-1990-03 pasal 3.8, disebutkan bahwa kuat tarik belah benda uji dihitung dengan ketelitian 0,05 Mpa dengan menggunakan rumus :

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi ld} \quad (3.11)$$

dengan : f_{ct} = Kuat tarik beton/ beton fiber (Mpa), P = Beban maksimum (beban belah / hancur) (N), l = Panjang silinder beton / beton fiber (mm), dan d = Diameter silinder beton / beton fiber (mm).

Berdasarkan hasil penelitian terdahulu dapat dilihat bahwa untuk beton fiber spiral tipe 1 (BFS1) mempunyai kuat tekan dan kuat tarik paling tinggi diantara beton fiber tipe lainnya. (Lina Wardani Dan Taufan Cahyanto).

Uji kuat tekan silinder dan uji belah silinder beton serat bertujuan untuk mengetahui kuat tekan dan kuat tarik beton serat pada model.

3.4.3 Kuat geser beton serat / fiber

Tegangan geser ultimit dari balok beton bertulang dengan menggunakan bahan tambah / perkuatan fiber, dihitung dengan menggunakan rumus dari A.K.Sharma (ACI Journal) :

$$V_{nf} = v_{cf} + v_s \quad (3.12)$$

dimana : V_{nf} = Kuat geser nominal balok beton fiber, v_{cf} = Kuat geser balok beton fiber, v_s = Kuat geser karena perkuatan.

Kuat geser karena perkuatan dapat dihitung dengan rumus :

$$v_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} \quad (3.13)$$

Kuat geser balok beton fiber dapat dihitung dengan rumus :

$$v_{cf} = k f_t' \frac{d^{0.25}}{a} \quad (3.14)$$

dimana : $d/a =$ Kelekukan efektif dari ratio panjang bentang geser

$f_t' =$ Kuat tarik beton yang diujikan pada silinder dengan ukuran 150 x 300 mm.

$k =$ Konstanta Wright ($2/3$)

Untuk f_t' dihitung dengan rumus dari European Concrete Committee yaitu :

$$f_t' = 9.5 \sqrt{f_c'} \quad (3.15)$$

f_t' dan f_c' dalam psi.

Dari persamaan 3.3 ; 3.9 ; 3.10 ; 3.12 dan 3.14 dapat dilihat bahwa peningkatan kuat tekan beton (f_c') dapat meningkatkan kuat tarik (f_t') yang dihasilkan sehingga kuat geser beton (V_c) akan meningkat pula.

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1. Beton Serat

4.2. Bahan dan Peralatan

4.2.1. Bahan penyusun beton serat

1. Semen

Dalam penelitian ini digunakan semen Portland jenis I merk Nusantara dengan berat satuan @ 50 kg. Dipilih semen jenis ini karena paling umum digunakan sebagai perekat adukan beton. Penilaian kualitas semen hanya dilakukan dengan pengamatan secara visual terhadap keutuhan kemasan dan kehalusan butirannya.

2. Agregat kasar (kerikil)

Agregat kasar yang digunakan diambil dari daerah Clereng, Kulon Progo, Yogyakarta yang mempunyai diameter 5 mm sampai 20 mm. Dalam penelitian ini, agregat kasar dibagi menjadi 3 gradasi dengan diameter maximum agregat yaitu 20 mm, dengan cara diayak dengan menggunakan ayakan yang telah disesuaikan ukurannya. Hasil ayakan tersebut dipisah – pisah sesuai dengan ukurannya masing – masing sehingga pada saat pencampuran sesuai dengan proporsinya masing – masing.





3. Agregat halus (pasir)

Dalam penelitian ini menggunakan pasir kali Boyong, Yogyakarta. Sebelum pasir digunakan terlebih dahulu diayak untuk memisahkan dari agregat lain yang tercampur didalamnya, kemudian pasir dicuci untuk memisahkan dari lumpur agar kualitas dari pasir lebih terjaga.

4. Serat baja

Serat baja yang digunakan adalah kawat bendrat yang mempunyai diameter 1 mm dan panjang 60 mm dengan konsentrasi 1 % dari pasta semen. Serat baja ini nantinya dicampurkan secara random ke dalam adukan beton. Serat baja ini mempunyai geometri yang bermacam-macam. Variasi geometri dari serat baja lokal tersebut dapat digambarkan pada Tabel 4.1 .

Tabel 4.1. Macam – macam variasi geometri serat

No	Variasi bentuk serat baja lokal	Sketsa gambar
1	Serat baja lurus (straight-fiber)	
2	Serat baja berkait (hooked-fiber)	
3	Serat baja spiral-1 (crimped-fiber- 1)	
4	Serat baja spiral-1 (crimped-fiber -2)	

5. Tulangan baja

Tulangan baja yang dipakai adalah tulangan polos dengan diameter 6 mm untuk sengkang, diameter 6 mm untuk tulangan memanjang bagian atas dan diameter 10 mm untuk tulangan memanjang bagian bawah. Tulangan terlebih dahulu diuji untuk diketahui mutunya.

4.2.2 Alat yang digunakan

1. Ayakan

Untuk mengetahui gradasi pasir dan kerikil digunakan ayakan. Fraksi yang dipakai untuk pasir yaitu lolos saringan 5 mm, sedangkan untuk kerikil dibagi menjadi 3 fraksi yaitu besar, sedang, kecil dengan ukuran kerikil maksimum yaitu 20 mm. Untuk fraksi besar yaitu tertahan saringan 16,5 mm untuk fraksi sedang yaitu tertahan saringan 9,5 mm dan untuk fraksi kecil yaitu lolos saringan 9,5 mm.

2. Alat ukur slump

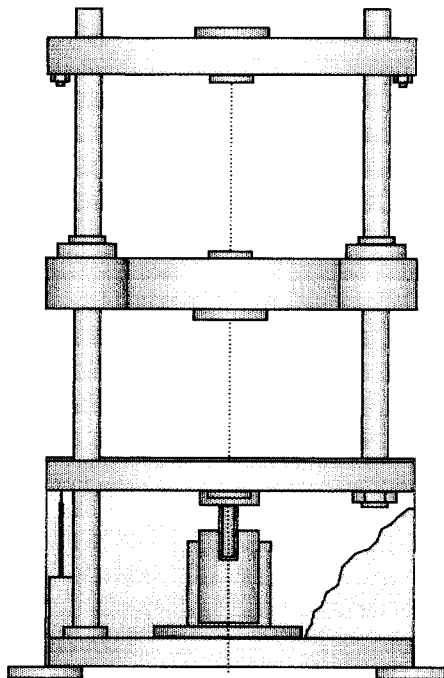
Alat ini digunakan untuk mengukur nilai slump campuran adukan beton yang menunjukkan konsistensi campuran tersebut. Satu set alat uji slump terdiri dari kerucut Abram, batang penumbuk dan alas. Kerucut Abram mempunyai tinggi, diameter bagian bawah dan bagian atas masing-masing 30 mm, 20 mm dan 10 mm. Penumbuk berupa besi bulat dengan ukuran panjang 600 mm dan diameter 16 mm.

3. Mesin uji kuat desak

Mesin uji kuat desak digunakan untuk mengetahui kuat desak silinder. Dalam penelitian ini digunakan mesin uji kuat desak merk CONTROL yang mempunyai kapasitas 2000 kN.

4. Mesin uji kuat tarik

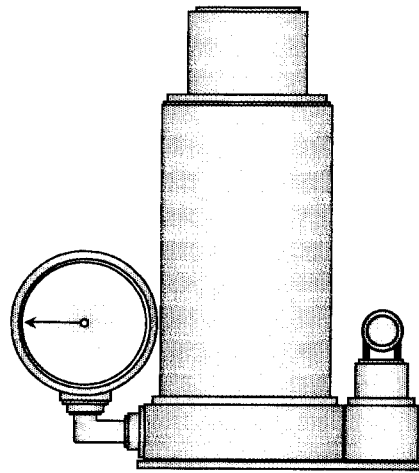
Mesin uji kuat tarik digunakan untuk mengetahui kuat leleh dan kuat tarik baja tulangan. Dalam penelitian ini digunakan *Universal Testing Material* (UTM) merk SIMATZU type UMH 30 dengan kapasitas 30 ton.



Gambar 4.1. Universal Testing Material Shimadzu UMH30

5. Hydraulic jack

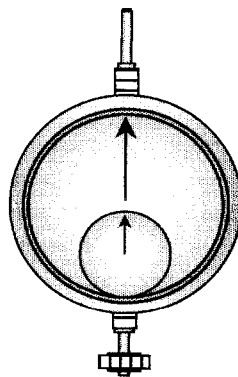
Hydraulic jack digunakan sebagai pembangkit beban statik pada model balok. Dalam penelitian ini digunakan hydraulic jack dengan kapasitas 30 ton, seperti terlihat pada Gambar 4.4. dibawah ini.



Gambar 4.2. Hidraulic Jack

6. Dial gauge

Dial gauge digunakan untuk mengukur besarnya lendutan yang terjadi pada sampel balok beton. Dalam penelitian ini digunakan 1 buah dial gauge dengan kapasitas lendutan maksimum sebesar 3 cm, seperti terlihat pada Gambar 4.5 dibawah ini.



Gambar 4.3. Dial

7. Loading frame

Untuk keperluan penelitian ini digunakan loading frame dari bahan baja profil WF 450 x 200 x 9 x 14. Bentuk dasar loading frame berupa portal segi empat, berdiri diatas lantai beton dengan tebal 600 mm. Untuk menjamin agar loading frame tetap stabil, pelat dasar dibaut ke lantai beton dan kedua kolomnya dihubungkan oleh balok WF 450 x 200 x 9 x 14.

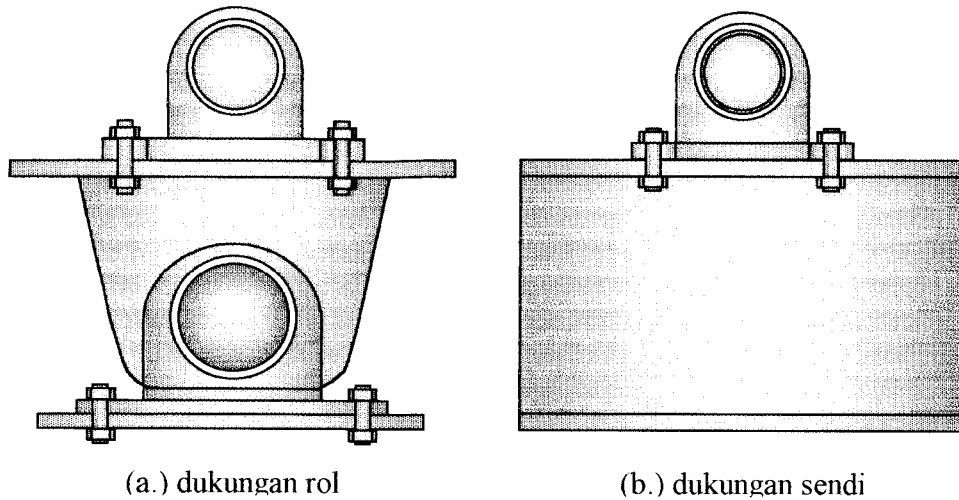
Diantara dua kolom portal, pada arah melintang terdapat dua balok profil WF 450 x 200 x 9 x 14 dengan panjang 6,00 meter dan langsung dibaut ke lantai beton sehingga memperkuat kedudukan loading frame. Fungsi utama kedua balok ini yaitu untuk menempatkan model yang akan diuji.

8. Tranduser

Tranduser dapat didefinisikan suatu alat (*device*) yang dapat mengubah besaran mekanik kedalam perubahan muatan listrik (Fatkhurrohman). Tranduser dipasang dibawah Hidraulic Jack dan berfungsi untuk mengukur beban statik yang dibangkitkan oleh Hidraulic Jack.

9. Dukungan rol dan sendi

Dukungan rol dipasang pada salah satu model balok, sedangkan pada ujung yang lain dipasang dukungan sendi (*engsel*), sehingga model balok beton mendekati balok-balok sederhana (*simple beam*) seperti terlihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.4. Dukungan Sendi dan Rol

10. Timbangan

Timbangan merk Fa Gani kapasitas 500 kg digunakan untuk menimbang bahan susun campuran adukan beton (semen, pasir, dan kerikil). Timbangan merk O’house kapasitas 20 kg digunakan untuk menimbang batu pecah dan pasir ketika melakukan uji berat jenis, berat volume agregat dan modulus halus butir pasir.

11. Mistar dan kapiler

Mistar dari logam digunakan untuk mengukur dimensi cetakan model sedangkan kapiler untuk mengukur diameter tulangan dan benda uji.

12. Cetok dan talam baja

Cetok digunakan untuk memasukan adukan beton ke dalam cetakan balok dan cetakan silinder. Talam baja digunakan untuk menampung sementara adukan beton yang dikeluarkan dari mesin pengaduk.

13. Mesin pengaduk beton (*rotating drum*)

Mesin pengaduk beton (mixer) digunakan untuk mengaduk bahan susun beton (semen, air, pasir dan kerikil) sehingga diperoleh campuran yang homogen.

4.3 Pelaksanaan Penelitian

4.3.1 Persiapan

Pekerjaan meliputi : uji sifat-sifat teknis bahan penyusun beton serat (pasir, kerikil, semen dan serat baja), perancangan adukan beton, uji kuat desak beton, uji kuat tarik beton, kalibrasi peralatan, dan uji pendahuluan.

1. Uji pasir

Uji pasir bertujuan memperoleh berat jenis keadaan SSD dan modulus kehalusan butir. Didapat berat jenis SSD $2,6625 \text{ t/m}^3$ dan modulus halus butirnya yaitu $2,802505$.

2. Uji batu pecah

Uji batu pecah bertujuan mendapatkan berat jenis dan berat volume batu pecah keadaan SSD. Dalam penelitian ini diperoleh berat jenis SSD kerikil yaitu $2,5375 \text{ t/m}^3$ dan berat volume SSD = $1,526 \text{ t/m}^3$.

3. Perencanaan adukan beton

Perencanaan adukan beton menggunakan cara yang direkomendasikan oleh *American Concrete Institute (ACI)*, hitungannya disajikan dalam lampiran. Untuk setiap satu meter kubik dengan kuat tekan rencana sebesar 20 Mpa diperoleh perbandingan berat: 401,186 kg semen, 754,6 kg pasir, 930,59 kg kerikil, dan 203

liter air. Untuk berat serat baja lokal (kawat bendrat) yang diperlukan adalah 1% dari pasta semen. Dalam penelitian ini diperlukan 4,01186 kg kawat bendrat dalam 1 meter kubik adukan.

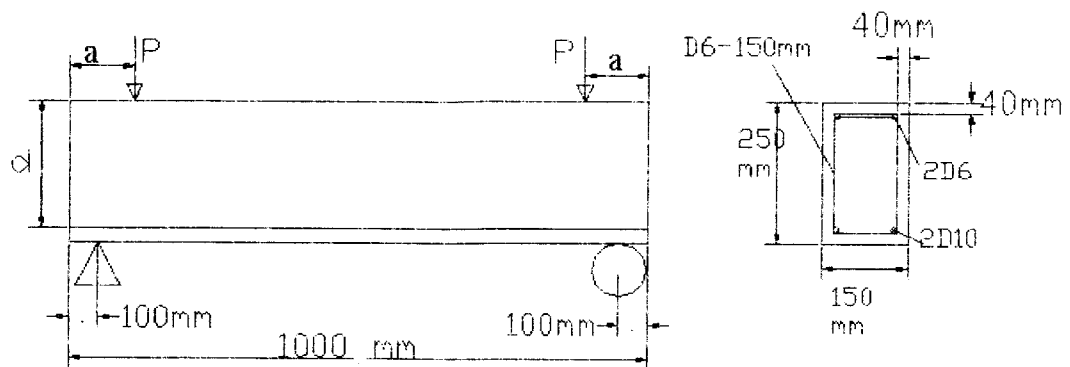
4. Membuat model balok beton benda uji

Cetakan benda uji (bekisting) dibuat dengan menggunakan multiplek 9 mm, dengan tujuan mendapatkan benda uji dengan ukuran presisi dan permukaan benda uji yang rata.

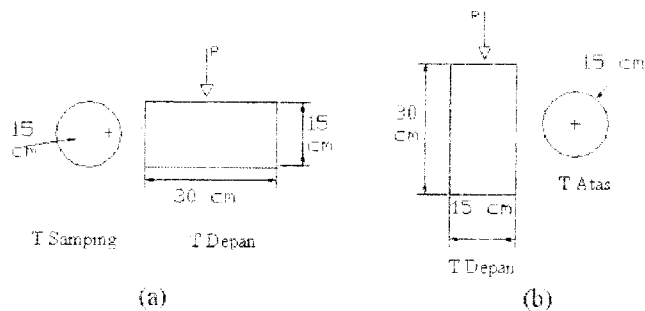
Benda uji yang akan dibuat adalah sebagai berikut :

Tabel 4.2. Macam-macam benda uji dan jumlahnya

No	Variasi benda uji	Keterangan	Silinder		Balok Beton bertulang
			Uji Desak	Uji Tarik	
1	BTS	Beton tanpa serat	3	3	3
2	BFL	Beton serat lurus (straight-fiber)	3	3	3
3	BFB	Serat baja berkait (hooked-fiber)	3	3	3
4	BFS 1	Serat baja spiral-1 (crimped-fiber- 1)	3	3	3
5	BFS 2	Serat baja spiral-1 (crimped-fiber -2)	3	3	3
Jumlah Benda Uji			15	15	15



Gambar 4.5. Rencana benda uji balok

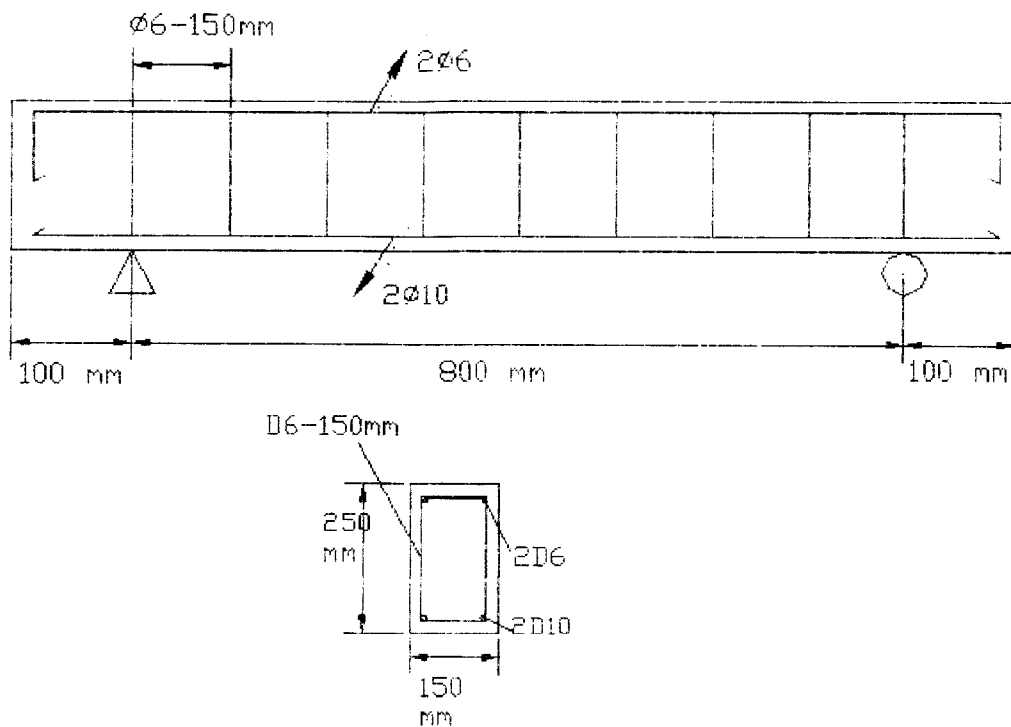


A. uji tarik

B. uji desak

Gambar 4.6. Rencana benda uji silinder

Dalam penelitian ini dibuat 15 buah balok beton bertulang dengan bahan tambah serat baja lokal berupa kawat bendrat dengan geometri sebanyak 5 variasi dengan masing masing variasi sebanyak 3 buah balok. Dimensi balok dalam penelitian ini yaitu 150 mm x 250 mm x 1000 mm dengan jarak antar dukungan 800 mm, seperti terlihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7. Tulangan Benda Uji

Rawatan keras (curing) terhadap model uji balok beton dilaksanakan dengan menyelimuti model uji dengan karung yang dibasahi setiap hari selama 28 hari. Dengan cara ini, proses hidrasi semen berlangsung dengan baik. Sedangkan untuk model uji silinder perawatan dilakukan dengan cara merendam model uji didalam bak penampungan selama 28 hari.

4.3.2 Persiapan peralatan

Pengujian model dilaksanakan setelah benda uji berumur 28 hari atau lebih. Waktu tunggu beton mengeras dimanfaatkan untuk memeriksa dan mempelajari semua peralatan yang digunakan, termasuk kalibrasi alat. Kalibrasi alat dilakukan di

Laboratorium Struktur Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. Sebelum pengujian geser balok beton, dilakukan terlebih dahulu pengujian kuat desak dan kuat tarik silinder yang dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia. Sebelum dites silinder lebih dulu ditimbang, diukur beratnya dan diukur tinggi serta diameternya.

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1. Umum

Dalam bagian ini mengemukakan hasil penelitian kuat tarik, kuat tekan, baja tulangan dan hasil uji balok. Dari hasil penelitian tersebut kemudian dianalisis untuk memperoleh hubungan beban dengan lendutan, hubungan beban dengan panjang retak dan hubungan beban dengan sudut retak.

5.2. Hasil Penelitian

5.2.1 Kuat tekan dan kuat tarik beton

Uji kuat tekan silinder dan uji belah silinder beton serat bertujuan untuk mengetahui kuat tekan dan kuat tarik beton serat pada model. Sebelum silinder beton diuji, terlebih dahulu dicatat diameter, tinggi dan beratnya. Benda uji yang digunakan untuk mengetahui kuat tekan dan kuat tarik silinder sesuai dengan peraturan ACI adalah silinder berukuran tinggi 30 cm dan diameter 15 cm.

Hasil dari pengujian Kuat tarik perhitungannya menggunakan persamaan (3.10) selengkapnya disajikan dalam Tabel 5.1 dan mengenai perhitungannya disajikan dalam lampiran.

Tabel 5.1. Hasil uji kuat tarik silinder beton serat dan tanpa serat.

Kode	Slump (cm)	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas (cm ²)	Berat (kg)	Berat Vol. (kg/cm ³)	Beban (KN)	Kuat Tarik (MPa)	Kuat Tarik Rata-rata (MPa)
BTS1	8.5	15.190	30.095	181.220	12.45	0.00228	125	1.776	
BTS2	8.5	15.150	29.930	180.167	12.50	0.00232	118	1.690	
BTS3	8.3	15.110	30.020	179.316	12.50	0.00232	156	2.234	1.9000
BFL1	8.0	15.160	29.980	180.505	12.50	0.00231	117	1.672	
BFL2	8.0	15.095	29.960	178.960	12.45	0.00232	205	2.944	
BFL3	8.5	14.950	30.110	175.538	12.50	0.00236	107	1.544	2.0533
BFB1	9.8	14.980	30.130	176.244	12.70	0.00239	145	2.087	
BFB2	9.8	15.070	30.050	178.368	12.40	0.00231	180	2.582	
BFB3	9.0	14.990	30.090	176.479	12.50	0.00235	172	2.477	2.3816
BFS1-1	10.1	15.090	30.060	178.841	12.60	0.00234	165	2.363	
BFS1-2	10.1	15.130	29.960	179.791	12.80	0.00238	172	2.464	
BFS1-3	8.0	14.980	30.090	176.244	12.40	0.00234	200	2.882	2.5696
BFS2-1	8.5	15.155	30.070	180.386	12.60	0.00232	161	2.295	
BFS2-2	8.5	15.010	30.090	176.950	12.60	0.00237	169	2.430	
BFS2-3	9.0	15.060	30.120	178.131	12.75	0.00238	174	2.491	2.4055

Hasil dari pengujian Kuat desak Perhitungannya menggunakan persamaan (3.1) selengkapnya disajikan dalam Tabel 5.2 dan mengenai perhitungannya disajikan dalam lampiran.

Setelah perhitungan kuat desak selesai kemudian membandingkan beton non serat dengan beton serat.

Tabel 5.2. Hasil uji kuat desak silinder beton serat dan tanpa serat.

Kode	Slump (cm)	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas (cm ²)	Berat (kg)	Berat Vol. (kg/cm ³)	Beban (KN)	Kuat Desak (MPa)	Kuat Desak Rata-rata (MPa)
BTS1	8.3	15.030	29.995	177.332	12.523	0.00235	335	19.263	
BTS2	9.7	15.120	30.080	179.462	12.738	0.00236	354	20.114	
BTS3	9.7	15.120	30.190	179.462	12.682	0.00234	383	21.762	20.3800
BFL1	8.5	14.990	30.160	176.390	12.688	0.00239	363	20.985	
BFL2	8.2	14.998	30.170	176.578	12.494	0.00235	360	20.789	
BFL3	8.2	15.010	30.110	176.861	12.639	0.00237	354	20.410	20.7283
BFB1	9.0	14.945	30.090	175.332	12.410	0.00235	345	20.065	
BFB2	10.3	15.102	30.120	179.035	12.416	0.00230	378	21.529	
BFB3	10.3	15.110	30.030	179.225	12.558	0.00233	370	21.051	20.8818
BFS1-1	8.0	15.040	30.050	177.568	12.636	0.00237	404	23.200	
BFS1-2	9.3	14.970	30.010	175.919	12.340	0.00234	391	22.664	
BFS1-3	9.3	15.070	30.170	178.277	12.276	0.00228	347	19.848	21.9040
BFS2-1	9.0	15.150	30.050	180.175	12.922	0.00239	353	19.978	
BFS2-2	8.7	15.090	29.960	178.751	12.659	0.00236	367	20.936	
BFS2-3	8.7	15.095	30.090	178.869	12.800	0.00238	399	22.746	21.2202

5.2.1 Rasio kuat tarik dan kuat desak beton

Rasio kuat desak dan kuat tarik rata-rata beton pada umur 28 hari dapat dilihat pada Tabel 5.3. berikut ini.

Hasil uji rata-rata dari model uji silinder disajikan pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3. Kuat tekan dan kuat tarik rata-rata silinder beton fiber umur 28 hari

NO	Kode Beton Serat	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan (%)	Kuat Tarik (MPa)	Kuat Tarik (%)
1	BTS	20,3800	0	1,9000	0
2	BFL	20,7283	1,685	2,0530	8,053
3	BFB	20,8818	2,468	2,3820	25,368
4	BFS1	21,9040	7,430	2,5690	35,210
5	BFS2	21,2202	4,086	2,4050	26,579

Berdasarkan hasil uji Laboratorium diatas dapat diketahui bahwa untuk beton fiber spiral tipe 1 (BFS1) mempunyai kuat tekan dan kuat tarik paling tinggi diantara beton fiber tipe lainnya.

5.2.2 Kualitas baja tulangan

Untuk mengetahui kualitas baja tulangan yang terpasang pada model, dilakukan uji tarik baja tulangan, hasilnya disajikan dalam lampiran, rangkuman hasil uji tarik baja tulangan ditunjukkan pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4. Hasil uji tarik baja tulangan

Diameter (mm)	Kuat Leleh (MPa)	Kuat Tarik (MPa)
6	248,6778	367,1347
10	311,8686	448,447

5.2.3. Kuat Geser Balok

Pelaksanaan uji geser dilakukan di Laboratorium Struktur, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. Pada balok beton fiber tersebut dikerjakan dengan pembebanan 2 titik secara bertahap dengan interval pembebanan 1 KN pada setiap tahap pembebanan, untuk mencatat lendutan yang terjadi dipasang dial gauge sebanyak 1 buah yang diletakkan di bawah model uji. Lendutan yang terjadi dicatat, untuk hasilnya terlihat pada Tabel 5.5. dan untuk hasil selengkapnya disajikan dalam lampiran.

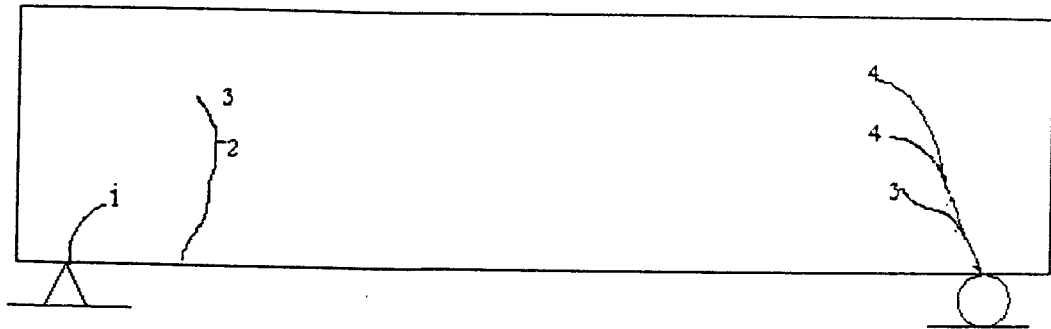
Tabel 5.5. Hasil pengujian balok beton tanpa serat (BTS 1)

NO	P	P/Pmax	Pembacaan	d/dmax	NO	P	P/Pmax	Pembacaan	d/dmax
RETAK	(KN)		DIAL 1		RETAK	(KN)		DIAL 1	
	1	0.009	0	0		41	0.383	234	0.556
	2	0.019	0	0		42	0.393	250	0.594
	3	0.028	2	0.005		43	0.402	254	0.603
	4	0.037	12	0.029		44	0.411	256	0.608
	5	0.047	22	0.052		45	0.421	258	0.613
	6	0.056	33	0.078		46	0.430	260	0.618
	7	0.065	47	0.112		47	0.439	262	0.622
	8	0.075	55	0.131		48	0.449	265	0.629
	9	0.084	65	0.154		49	0.458	266	0.632
	10	0.093	75	0.178		50	0.467	269	0.639
	11	0.103	83	0.197	1	51	0.477	275	0.653
	12	0.112	93	0.221		52	0.486	276	0.656
	13	0.121	97	0.230		53	0.495	278	0.660
	14	0.131	103	0.245		54	0.505	282	0.670
	15	0.140	109	0.259		55	0.514	284	0.675
	16	0.150	116	0.276		56	0.523	287	0.682
	17	0.159	123	0.292		57	0.533	290	0.689
	18	0.168	128	0.304		58	0.542	293	0.696
	19	0.178	135	0.321		59	0.551	294	0.698
	20	0.187	144	0.342		60	0.561	296	0.703
	21	0.196	147	0.349		61	0.570	299	0.710
	22	0.206	153	0.363		62	0.579	301	0.715
	23	0.215	159	0.378		63	0.589	304	0.722
	24	0.224	164	0.390		64	0.598	306	0.727
	25	0.234	168	0.399		65	0.607	309	0.734
	26	0.243	173	0.411		66	0.617	315	0.748
	27	0.252	176	0.418		67	0.626	320	0.760
	28	0.262	180	0.428		68	0.636	320	0.760
	29	0.271	184	0.437		69	0.645	322	0.765
	30	0.280	189	0.449		70	0.654	323	0.767
	31	0.290	194	0.461		71	0.664	324	0.770
	32	0.299	198	0.470		72	0.673	326	0.774
	33	0.308	205	0.487		73	0.682	328	0.779
	34	0.318	206	0.489		74	0.692	329	0.781
	35	0.327	211	0.501		75	0.701	334	0.793
	36	0.336	214	0.508		76	0.710	335	0.796
	37	0.346	219	0.520		77	0.720	336	0.798
	38	0.355	222	0.527		78	0.729	338	0.803
	39	0.364	226	0.537		79	0.738	341	0.810
	40	0.374	231	0.549		80	0.748	343	0.815

Lanjutan Tabel 5.5.

NO	P	P/Pmax	Pembacan	d/dmax
RETAK	(KN)		DIAL 1	
	81	0.757	347	0.824
	82	0.766	348	0.827
	83	0.776	351	0.834
2	84	0.785	361	0.857
	85	0.794	365	0.867
	86	0.804	365	0.867
	87	0.813	366	0.869
	88	0.822	368	0.874
	89	0.832	369	0.876
	90	0.841	372	0.884
	91	0.850	376	0.893
	92	0.860	378	0.898
	93	0.869	379	0.900
	94	0.879	382	0.907
3	95	0.888	384	0.912
	96	0.897	386	0.917
	97	0.907	389	0.924
	98	0.916	390	0.926
	99	0.925	392	0.931
	100	0.935	394	0.936
	101	0.944	398	0.945
	102	0.953	401	0.952
	103	0.963	404	0.960
4	104	0.972	418	0.993
	105	0.981	419	0.995
	106	0.991	420	0.998
	107	1.000	421	1.000

Tabel 5.6. menunjukkan beban yang dicapai pada saat retak pertama untuk model uji balok dengan variasi geometri serat yang diuji dalam penelitian ini. Mengenai gambar pola retak BTS 1 dapat dilihat pada Gambar 5.1. dibawah ini dan mengenai gambar pola retak selengkapnya disajikan dalam lampiran 10.



Gambar 5.1. Pola retak balok BTS 1

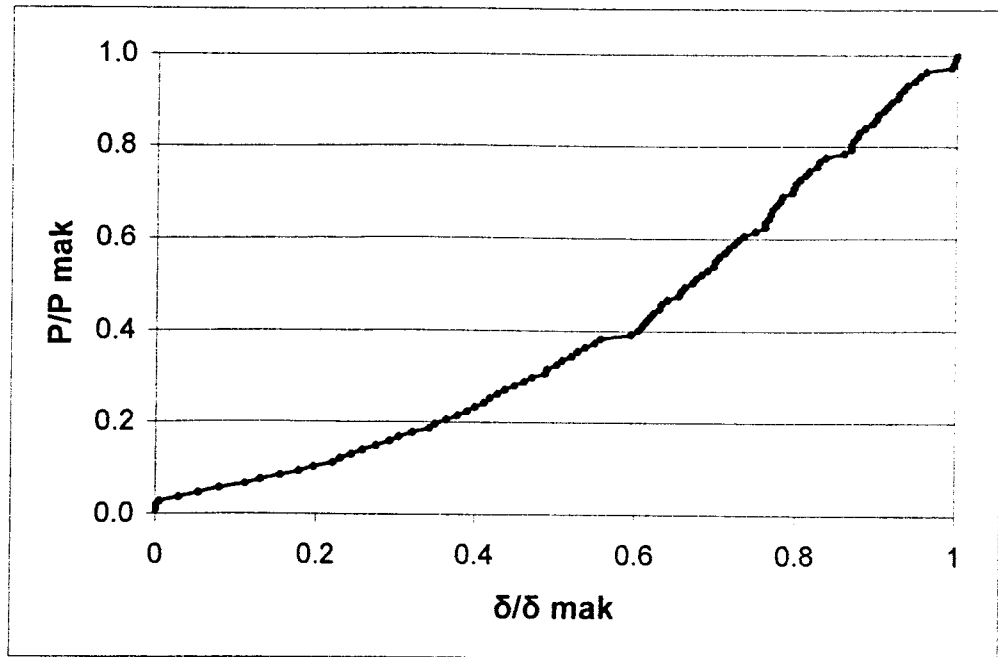
Tabel 5.6. Kekuatan balok beton serat dan non serat pada saat retak pertama

No	Jenis / Variasi Beton Serat	P_{r1} (KN)	P_{r1} (%)
1	BTS	65,3	100
2	BFL	68,3	104,594
3	BFB	85	130,168
4	BFS 1	65,5	100,306
5	BFS 2	89,3	136,753

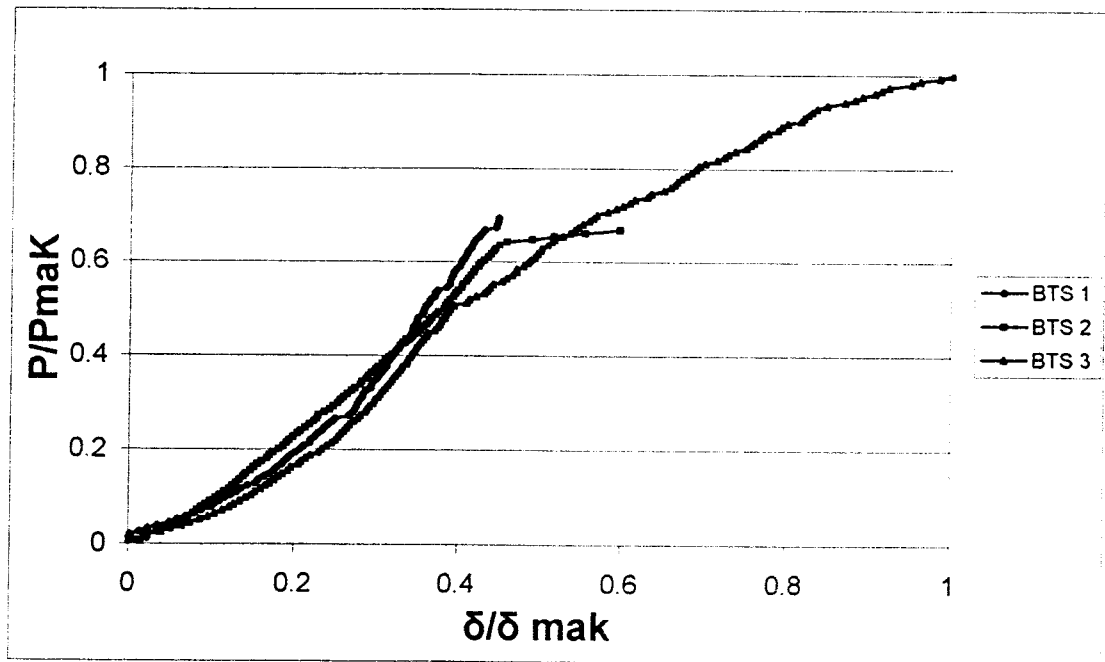
5.2.5. Hubungan Beban - Lendutan

1. Kurva hubungan beban dengan lendutan

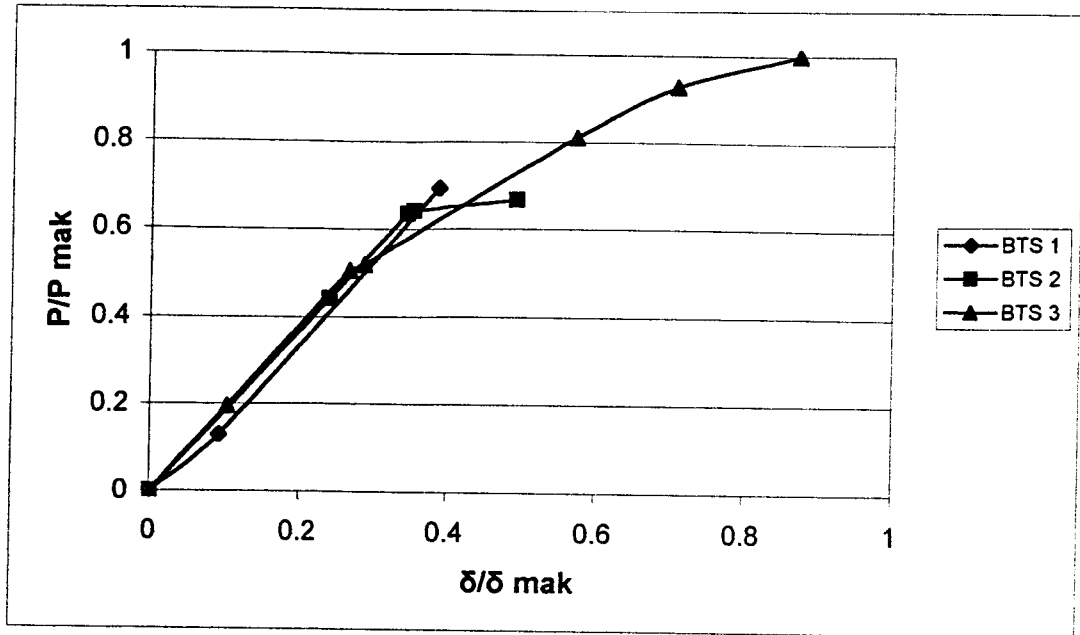
Dari hasil pengujian balok beton tanpa serat di buat Grafik hubungan beban – lendutan non dimensional yaitu hubungan P/P maks dengan δ/δ maks seperti terlihat pada Gambar 5.2. dan untuk hasil selengkapnya disajikan dalam lampiran 8.



Gambar 5.2. Grafik hubungan P/ P maks & δ/δ maks BTS 1



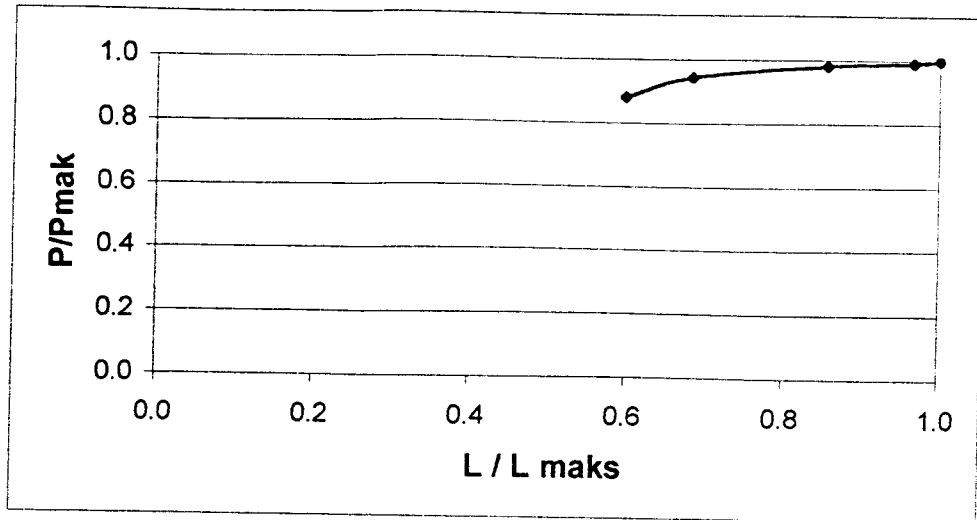
Gambar 5.3. Grafik gabungan beban dan lendutan BTS



Gambar 5.4. Grafik regresi beban dan lendutan BTS

2. Kurva hubungan beban dengan panjang retak

Dari hubungan beban dengan panjang retak dibuat Grafik hubungan P / P_{maks} dengan L / L_{maks} non dimensional seperti disajikan dalam Gambar 5.6. dan tabelnya dapat dilihat pada Tabel 5.7. dibawah ini. Mengenai hasil selengkapnya disajikan dalam lampiran 9.



Gambar 5.5. Grafik hubungan P / P maks & L / L maks BFS 2-3

Tabel 5.7. Panjang retak balok beton fiber spiral (BFS 2-3)

NO RETAK	P (KN)	P / P maks	PANJANG RETAK (CM)	L / Lmaks
1	96	0.881	14	0.598
3	103	0.945	16	0.684
4	107	0.982	20	0.855
5	108	0.991	22.6	0.966
6	109	1	23.4	1

Mengenai tabel panjang retak maksimum dan panjang retak maksimum rata – rata dapat dilihat pada Tabel 5.8. dibawah ini.

Tabel 5.8. Panjang retak maksimum dan panjang retak maksimum rata-rata

KODE BALOK	PANJANG RETAK (CM)	RATA - RATA
BTS 1	24.800	
BTS 2	24.000	
BTS 3	23.000	23.933
BFL 1	24.000	
BFL 2	24.000	
BFL3	24.000	24.000
BFB 1	22.500	
BFB 2	21.500	22.000
BFS 1-2	24.000	
BFS 1-3	24.500	24.250
BFS 2-1	23.600	
BFS 2-2	24.000	
BFS 2-3	23.400	23.667

Dari Grafik dan tabel hubungan beban dengan panjang retak yang disajikan diatas dapat ditarik kesimpulan bahawa retak geser terjadi secara tiba – tiba dan sangat cepat.

3. Kurva hubungan beban dengan sudut retak

Kurva hubungan beban dengan sudut retak dapat dilihat pada Tabel 5.9. dibawah ini.

Tabel 5.9. Hubungan beban dengan sudut retak

KODE	BEBAN (KN)	SUDUT RETAK (DERAJAT)	RATA - RATA
BTS 1	50	45	55
BTS 2	102	60	
BTS 3	138	60	
BFL 1	78	55	61.66667
BFL 2	50	80	
BFL 3	140	50	
BFB 1	106	80	70
BFB 2	78	60	
BFS 1-2	49	60	52.5
BFS 1-3	82	45	
BFS 2-1	101	60	53.33333
BFS 2-2	139	45	
BFS 2-3	100	55	

5.3. Pembahasan

5.3.1 Kuat geser balok ditinjau dari hubungan beban dan lendutan

Seperti terlihat pada Tabel 5.5, Gambar 5.3. dan pada lampiran mengenai hubungan beban dan lendutan dapat dilihat bahwa hubungan beban dengan lendutan yang mempunyai retak pertama paling besar adalah BFS 2, Untuk balok - balok BFL2, BSB 1, BSB 2, BFS 1-2, BFS 2-1 dan BFS 2-3 sampai dengan beban dianggap maksimal belum terjadi retak geser. Ini menunjukkan bahwa pada balok-balok tersebut diatas mempunyai kuat geser yang besar, gaya geser belum muncul bisa diakibatkan

karena lintasan gaya geser kurang luas atau dengan kata lain balok tersebut kurang langsing atau tinggi.

5.3.2 Kuat geser balok ditinjau dari hubungan beban dengan panjang retak

Seperti terlihat pada Tabel 5.7, Tabel 5.8, Gambar 5.5. dan pada lampiran mengenai hubungan beban dengan panjang retak dapat dilihat bahwa panjang retak rata - rata yang paling panjang adalah BFS 1, Ini menunjukkan bahwa balok BFS 1 paling lemah untuk menahan gaya geser. Untuk balok yang paling kuat dalam menahan gaya geser adalah balok BFS 2 karena mempunyai panjang retak rata - rata yang paling pendek.

5.3.3 Kuat geser balok ditinjau dari hubungan beban dengan sudut retak

Dilihat dari hubungan beban dengan sudut retak seperti terlihat pada Tabel 5.9.dapat dilihat bahwa sudut retak terbesar adalah balok fiber berkait dengan sudut kemiringan 70° sedangkan sudut retak terkecil adalah balok fiber spiral tipe 1 dengan sudut kemiringan $52,5^{\circ}$.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari penelitian balok uji dapat diambil kesimpulan mengenai perilaku Beton Serat dengan variasi geometri serat sebagai berikut :

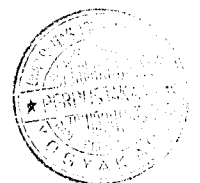
1. Penambahan serat baja lokal yang dalam hal ini dipilih kawat bendrat dengan konsentrasi 1 % dari pasta semen dengan variasi geometri terjadi peningkatan kuat tekan beton. Dari lima jenis variasi geometri serat baja lokal, yang menghasilkan kuat tekan dan kuat tarik tertinggi adalah jenis BFS1 (Beton Fiber Spiral tipe 1) dengan kenaikan kuat tekan sebesar 7,430 % dan kenaikan kuat tarik sebesar 35,210 % dibandingkan BTS (Beton Tanpa Serat). Secara keseluruhan kuat tekan beton fiber bergeometri meningkat sebesar 1 % sampai 7 % dan untuk kuat tarik meningkat antara 8 % sampai 35 % dibandingkan dengan beton tanpa serat (BTS).
2. Dari hubungan beban dan lendutan kelima jenis variasi geometri yang menghasilkan beban terbesar pada retak pertama adalah balok dengan penambahan serat bendrat dengan bentuk geometri spiral tipe 2.
3. Dari hubungan beban dan panjang retak kelima jenis variasi geometri yang menghasilkan panjang retak terpanjang adalah balok dengan penambahan serat bedrat dengan bentuk geometri spiral tipe 1 dan yang menghasilkan

panjang retak terpendek adalah balok dengan penambahan serat bedrat dengan bentuk geometri tipe berkait.

4. Dari hubungan beban dan sudut retak kelima jenis variasi geometri yang menghasilkan sudut retak terbesar adalah balok fiber berkait sedangkan sudut retak terkecil adalah balok fiber spiral tipe 1.

6.2. Saran

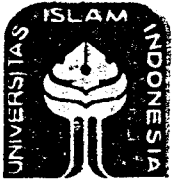
1. Penelitian tentang beton serat dengan memakai jenis serat yang lainnya perlu dikembangkan lebih lanjut.
2. Perlu dilakukan penelitian-penelitian selanjutnya tentang beton serat agar diperoleh model matematis dan prosedur hitungan / analisa yang sesuai untuk balok beton bertulang yang diberi serat.
3. Pada saat pengujian perlu diperhatikan ketelitian dan kecermatan pengamatan dalam membaca dial, pembebanan dan munculnya retak sehingga diperoleh data-data yang akurat.



DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum, SK-SNI T-15-1991-03, 1991, TATA CARA PERHITUNGAN STRUKTUR BETON UNTUK BANGUNAN GEDUNG, Departemen Pekerjaan Umum.
- Edward G. Nawy, 1990, BETON BERTULANG (Suatu Pendekatan Dasar), PT. Eresco, Bandung.
- Heri Purwanto dan Cholis Yudianto, 1999, PENULANGAN GESER MINIMUM DALAM BALOK MUTU NORMAL DAN BALOK BETON MUTU TINGGI (Studi Eksperimental), Tugas Akhir, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
- Hery Susanta dan Muhammad Agus Munadi, 1999, PENGUJIAN GESER PASDA BALOK TINGGI DENGAN VARIASI BENTANG GESER, Tugas Akhir, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Istimawan Dipohusodo, 1994, STRUKTUR BETON BERTULANG, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Kardiyono Tjokrodimojo, 1992, TEKNOLOGI BETON, jurusan Teknik Sipil Fakultas teknik UGM, Yogyakarta.
- L.Wahyudi, Syahril Arahim, 1997, STRUKTUR BETON BERTULANG, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Suhendro, 1991, PENGARUH PEMAKAIAN FIBER SECARA PARSIAL PADA BALOK BETON BERTULANG, Laporan Penelitian, Pusat Antar Universitas – Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Taufan Cahyanto dan Lina Wardani Pramudia N, 2000, PENGARUH VARIASI GEOMETRI SERAT BAJA LOKAL TERHADAP KUAT LENTUR BALOK BETON BERTULANG, Tugas Akhir, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Wisnumurti, 1996, POLA RETAK DAN POLA RUNTUH GESER BALOK BETON BERTULANG OLEH MOMEN LENTUR YANG DIKERJAKAN PADA UJUNG-UJUNGNYA, Tesis, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- A.K. Sharma, SHEAR STRENGTH OF STEEL FIBER REINFORCED CONCRETE BEAMS (ACI Journal no.83-56, Juli-Agustus 1986).

LAMPIRAN



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

*Promotee
T&S*

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
1	SEPTIYARSO SONY I	93 310 144		TSS
2	AKHMAD MUSYAFIK	93 310 224		TSS

JUDUL TUGAS AKHIR :
PENGARUH GEOMETRISERAT TERHADAP KUAT
GESER BALOK BETON SERAT.....

Dosen Pembimbing I : IR. H. SUHARYATMO, MT
 Dosen Pembimbing II : IR. FATKHURROHMAN N, MT

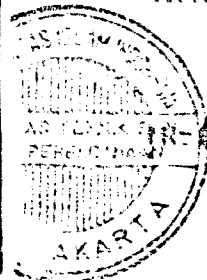
1



2



Yogyakarta, 11 Agustus 2013
 Dekan,
 Ketua Jurusan Teknik Sipil
 H. ABDULLAH BILAL ARIS, MS





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

JUDUL TUGAS AKHIR :

.....

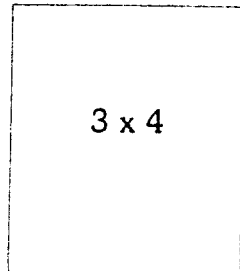
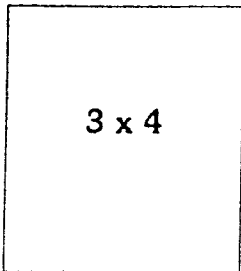
.....

Dosen Pembimbing I :
Dosen Pembimbing II :

1

2

Yogyakarta,
D e k a n,





UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042, 896440, Fax. 895330, Yogyakarta 55584

Nomer : 43 / D.II/JTS./ VIII / 2000 Yogyakarta, 21 Agustus 2000
Lamp. : -
Hal : BIMBINGAN TUGAS AKHIR.

Kepada Yth. : Ir. H.Suharyatmo, MT
Di -
Yogyakarta.

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Dengan ini kami mohon dengan hormat kepada Bapak/Ibu agar Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan tersebut dibawah ini :

1. Nama : **Septiyarso Sony I**
No. Mhs : 93 310 144
N.I.R.M. : 930051013114120141
Bidang Studi : Struktur
Tahun Akademi : 1999/2000 (Genap)

Nama : **Akhmad Musyafak**
No.Mhs. : 93 310 224
N.I.R.M. : 930051013114120221
Bidang Studi : Struktur
Tahun Akademi : 1999/2000 (Genap)

Dapat diberikan petunjuk pengarahan serta bimbingan dalam melaksanakan Tugas Akhir.

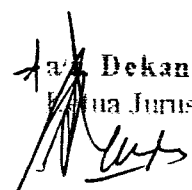
Kedua mahasiswa tersebut merupakan satu kelompok dengan dosen pembimbing

Sebagai berikut. I : Ir. H.Suharyatmo, MT
Dosen Pembimbing II : Ir. Fatkhurrohman N, MT
Dengan mengambil topik :

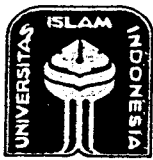
PENGARUH GEOMETRI SERAT TERHADAP KUAT GESER BALOK BETON SERAT.

Demikian atas bantuan serta kerjasamanya diucapkan terima kasih. Mengajukan untuk melaksanakan Tugas Akhir, dapat diberikan petunjuk, pengarahan serta bimbingan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.


Dekan
Fakultas Jurusan Teknik Sipil
(IR.H.TADJUDDIN BM ARIS. MS)

Tembusan :
Mahasiswa ybs.
Arsip.



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 895042, 896440, Fax. 895330, Yogyakarta 55584

Nomer : 43 / D.II/JTS./ VIII / 2000
Lamp. : -
Hal : BIMBINGAN TUGAS AKHIR.

Yogyakarta, 21 Agustus 2000

Kepada Yth. : Ir. Fatkhurrohman N, MT
Di -
Yogyakarta.

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Dengan ini kami mohon dengan hormat kepada Bapak/Ibu agar Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan tersebut dibawah ini :

1. Nama : **Septiyarso Sony I**
No. Mhs : 93 310 144
N.I.R.M. : 930051013114120141
Bidang Studi : Struktur
Tahun Akademi : 1999/2000 (Genap)

Nama : **Akhmad Musyafak**
No.Mhs. : 93 310 224
N.I.R.M. : 930051013114120221
Bidang Studi : Struktur
Tahun Akademi : 1999/2000 (Genap)

Dapat diberikan petunjuk pengarahannya serta bimbingan dalam melaksanakan Tugas Akhir.

Kedua mahasiswa tersebut merupakan satu kelompok dengan dosen pembimbing

Sebagai berikut. I : **Ir. H.Suharyatmo, MT**
Dosen Pembimbing II : **Ir. Fatkhurrohman N, MT**
Dengan mengambil topik :

PENGARUH GEOMETRI SERAT TERHADAP KUAT GESER BALOK BETON SERAT .

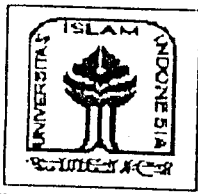
Demikian atas bantuan serta kerjasamanya diucapkan terima kasih. mengajukan untuk melaksanakan Tugas Akhir, dapat diberikan petunjuk, pengarahannya serta bimbingannya terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Handwritten signature
Dekan
Ketua Jurusan Teknik Sipil

(IR.H.TADJUDDIN BM ARIS, MS

Tembusan :
Mahasiswa ybs.
Arsip.



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Sleman Yogyakarta

DATA PEMERIKSAAN GRADASI AGREGAT HALUS

Jenis Benda Uji : pasir
 Nama Benda uji : Pasir
 Asal : Kali Borong
 Keperluan :

Diperiksa oleh :
 1) _____
 2) _____

Tanggal : 7 Oktober 2000

ALAT - ALAT :

1. Timbangan kapaitas 20 kg
2. Mesin penggetar / mesin ayak
3. Saringan 1 (satu) set (40, 20, 10, 4.80, 2.40, 1.20, 0.60, 0.30, 0.15, pan) mm
4. Sikat baja (Kasar / halus)
5. Kuas , Lap kaos
6. Piring, serok . dll

LUBANG AYAKAN (mm)	BERAT TERTINGGAL (gram)		BERAT TERTINGGAL (%)		BERAT TERTINGGAL KUMULATIF	
	I	II	I	II	I	II
PERCOBAAN KE :						
40					-	-
20					-	-
10					-	-
4.80	51,5	76	5,02	6...	5,02	6...
2.40	204,5	225,2	11,08	11,92	16,10	17,92
1.20	354,6	360,4	17,03	17,61	33,13	35,53
0.60	507,8	506,5	23,11	23,00	56,24	58,62
0.30	398,5	373,5	18,78	17,81	75,03	76,43
0.15	303,5	278,3	15,02	14,03	90,05	90,46
SISA	176,6	165,5	9,98	9,55	---	---
Jumlah	1997	1995,4	90,02	90,46	275,51	284,96
Jumlah rata-rata	1995,2		90,2405		280,2505	

Modulus Halus Butir (MHIB) pasir K. Borong $\frac{280,2505}{100} = 2,80 \%$

LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK UTI
 Yogyakarta

Lampiran I



DATA PEMERIKSAAN
BERAT VOLUME AGREGAT KASAR

Jenis Benda Uji : kerikil Diperiksa oleh :
Nama Benda uji : kerikil 1) _____
Asal : clerens 2) _____
Keperluan : _____ Tanggal : _____

ALAT - ALAT

1. Timbangan Kapasitas minimal 20 Kg
2. Cetakan silinder ($\varnothing 15 \times t 30$) cm
3. Tongkat penumbuk $\varnothing 16$ mm panjang 60 cm
4. Serok /cetok
5. Dan lain-lain

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat cetakan silinder (W1)	5,398 Kg ✓	5,398 Kg
Berat cetakan silinder + Agregat (W2)	12,8821 Kg	14,109 Kg
Volume silinder (V) $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t$	0,005301437 M ³	0,005301437 M ³
Berat Volume Agregat = $\frac{W2 - W1}{V}$	1407,9473	1643,1665
Berat Volume Agregat - Rata - rata	1525,5569	

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK Yogyakarta, _____
FAKULTAS TEKNIK UJI



DATA PEMERIKSAAN
 BERAT JENIS AGREGAT KASAR

Jenis Benda Uji : kerikil Diperiksa oleh :
 Nama Benda uji : kerikil 1) _____
 Asal : Elereng 2) _____
 Keperluan : _____ Tanggal : _____

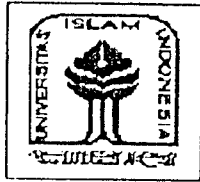
ALAT – ALAT

1. Gelas ukur kapasitas 1000 cc
2. Timbangan ketelitian 0,01 gram
3. Piring, sekop kecil

	BENDA UJI I	BEDA UJI II
Berat Agregat (W)	400 Gram	404,3 Gram
Gelas ukur + Air (V1)	500 Cc	500 Cc
Gelas ukur + Air + Agregat (V2)	660 Cc	697 Cc
BERAT JENIS (BJ) = $\frac{W}{V2 - v1}$	$\frac{400}{160} = 2,5$	$\frac{404}{157} = 2,575$
BERAT JENIS (BJ) RATA-RATA	2,5375	

Yogyakarta, _____

LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN



DATA PEMERIKSAAN
BERAT JENIS AGREGAT HALUS

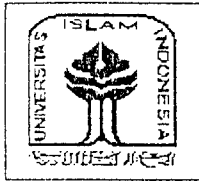
Jenis Benda Uji : pasir
Nama Benda uji : pasir
Asal : Kali Boyene
Keperluan :
Diperiksa oleh :
1) _____
2) _____
Tanggal : _____

ALAT - ALAT

1. Gelas ukur kapasitas 1000 cc
2. Timbangan ketelitian 0,01 gram
3. Piring, sendok kecil

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat Agregat (W)	..400... Gram	400..... Gram
Gelas ukur + Air (V1)	..500... Cc	500..... Cc
Gelas ukur + Air + Agregat (V2)	..650... Cc	650,5... Cc
BERAT JENIS (BJ) $\frac{W}{V2 - v1}$	2,667... gr/cc	2,658... gr/cc
BERAT JENIS (BJ) RATA-RATA		2,6625... gr/cc

Yogyakarta,
LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII



DATA PEMERIKSAAN
KANDUNGAN LUMPUR DALAM PASIR

Jenis Benda Uji : Pasir
Nama Benda uji : Pasir
Asal : K. Boyong
Keperluan :

Diperiksa oleh :
1) _____
2) _____

Tanggal : 17 Oktober 2000

ALAT - ALAT

1. Timbangan Kapasitas 2610 gram
2. Oven
3. Gelas ukur Volume 100 cc
4. Stop watch
5. Piring, gayuh
6. Sendok, lap, torong, penggaris
7. Dan lain-lain

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat piring kosong (W1)	157... gram	149... gram
Berat piring + pasir kering oven (W2)	257... gram	249... gram
Berat pasir kering oven (W _{ko1}) (W2 - W1)	100... gram.	100... gram.
Pasir kering oven setelah dicuci (W _{ko2})	98,5... gram	98,3... gram
Kandungan lumpur $\frac{W_{ko1} - W_{ko2}}{W_{ko1}} \times 100 \%$	1,5... %	1,7... %
Kandungan Lumpur Rata - rata	1,6... %	

Yogyakarta, _____

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Lampiran 5

PERENCANAAN ADUKAN BETON “ACI “

1. Menghitung kuat tekan rata – rata.

$$\begin{aligned}M &= 1,64 \cdot Sd \\ &= 1,64 \times 6,0 \\ &= 9,84\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mutu beton } f'_{cr} &= f'_c + m \\ &= 20 + 9,84 \\ &= 29,84 \text{ mpa}\end{aligned}$$

2. Menetapkan fas.

- a). Berdasarkan kuat tekan rata - rata pada umur 28 hari

0,44	35
Fas	29,84
0,53	28

$$\frac{29,84 - 28}{35 - 28} = \frac{0,53 - fas}{0,53 - 0,44}$$

$$fas = 0,506$$

- b). Berdasarkan beban terlindung dari hujan dan sinar matahari langsung didapat nilai fas = 0,6.

➤ Fas yang dipakai → fas = 0,506

3. Menetapkan nilai slump.

Untuk jenis struktur balok dan kolom didapat slump 75-150 mm.

4. Menentukan kebutuhan air.

Tabel slump 75 - 150

Max agregat = 20 mm

Kebutuhan air 203 liter, udara terperangkap 2%

Jadi $V_a = 0,203 \text{ m}^3$.

$V_u = 0,02 \text{ m}^3$.

5. Menentukan kebutuhan semen.

$$F_{as} = \frac{W_{air}}{W_{semen}}$$

$$W_{semen} = \frac{W_{air}}{f_{as}}$$

$$= \frac{203}{0,506}$$

$$= 401,186 \text{ kg}$$

$$\text{Volume Semen} = \frac{W_{semen}}{BJ_{semen}}$$

$$= \frac{0,401186}{3,15}$$

$$= 0,12736 \text{ M}^3$$

$$V_s = 0,12736 \text{ M}^3$$

6. Menetapkan volume agregat kasar.

$$\text{Untuk } \varnothing_{\max} 20 \text{ mm dan MHB} = 2,8$$

$$\text{Volume Agregat Kasar (VK)} = 0,61 \text{ M}^3$$

$$\text{Berat Agregat (BK)} = \text{VK} \times \text{Bv kerikil SSD}$$

$$= 0,61 \times 1,5255569$$

$$= 0,93059 \text{ T}$$

$$\text{Volume Agregat} = \frac{\text{Berat ker ikil}}{\text{BJ ker ikil (SSD)}}$$

$$= \frac{0,93059}{2,5375}$$

$$= 0,3667 \text{ M}^3$$

$$\text{VK} = 0,3667 \text{ M}^3$$

7. Menghitung Volume Pasir (Vp).

$$\text{Vp} = 1 - (\text{va} + \text{vs} + \text{vk} + \text{vu})$$

$$= 1 - (0,203 + 0,12736 + 0,3667 + 0,02)$$

$$= 0,2825$$

$$\text{Berat} = \text{Vp} \times \text{Bj Pasir (SSD)}.$$

$$= 0,2825 \times 2,667$$

$$= 0,746 \text{ ton}$$

8. Kebutuhan material dalam 1 m³ adukan.

a. Semen = 401,186 kg

b. Pasir = 754,6 kg

c. Kerikil = 930,59 kg

d. Air = 203 liter

e. Bendrat 1% Dari Berat Semen

= 1% x 401,186 kg

= 4,01186 kg

PERBANDINGAN

Pc : Ps : Kr : Air

1 : 1,881 : 2,52 : 0,506

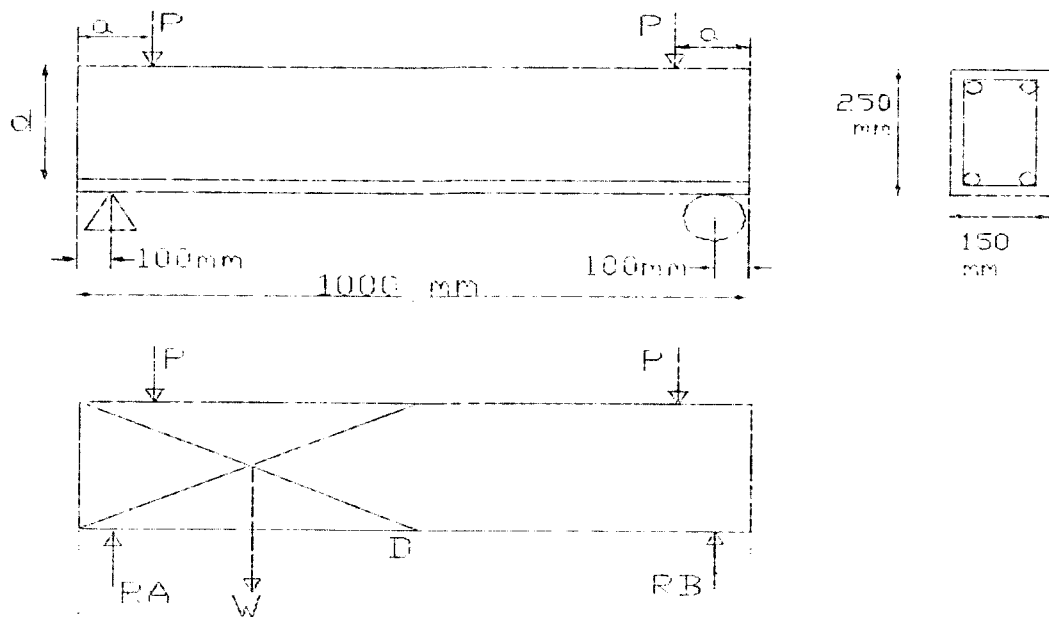
1 MOLEN 0,053 M³

Semen = 21,2629 kg

Pasir = 39,9938 kg

Kerikil = 49,3213 kg

Air = 10,759 liter



$$d = 25 - 4 = 21 \text{ cm}$$

$$q = 0,25 \times 0,15 \times 23 = 0,8625 \text{ KN/m}$$

$$R_A = \frac{1}{2}qL + P$$

$$\begin{aligned} MD &= \left(\frac{1}{2}qL + P \right) \left(\frac{1}{2}L - 0,1 \right) - \left(\frac{1}{2}qL \times \frac{1}{4}L \right) - P \left(\frac{1}{2}L - 0,1 - a \right) \\ &= \frac{1}{4}qL - \frac{0,1}{2}qL + \frac{PL}{2} - 0,1P - \frac{1}{8}qL^2 - \frac{PL}{2} + 0,1P + P \cdot a \\ &= \frac{1}{4}qL - \frac{0,1}{2}qL - \frac{1}{8}qL^2 + P \cdot a \\ &= \frac{0,8625 \times 1^2}{4} - \left(\frac{0,1}{2} \times 0,8625 \times 1 \right) - \left(\frac{1}{8} \times 0,8625 \times 1^2 \right) + P \cdot 0,1 \\ &= (0,0646875 + 0,1P) \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$M_n = M_u = 1,2 \text{ MD}$$

$$M_n = A_s \cdot F_y \left(d - \frac{a}{d} \right) \Rightarrow a = \frac{A_s \cdot F_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} = \frac{157,0796327 \cdot 360}{0,85 \cdot 20 \cdot 150} = 22,17595$$

$$= 11,24821 \cdot 10^6 \text{ N.mm}$$

$$= 11,24821 \text{ KN.m}$$

$$M_n = 1,2 \text{ MD}$$

$$11,24821 = 1,2 (0,0646875 + 0,1P)$$

$$\Rightarrow P = 93,08820833 \text{ KN (Lentur)}$$

$$V_u = \frac{1}{2} qL + P_2$$

$$= \left(\frac{1}{2} \cdot 0,8625 \cdot 1 \right) + P_2$$

$$= 0,43125 + P_2$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d$$

$$= \frac{1}{6} \sqrt{20} \cdot 150 \cdot 210$$

$$= 23478,71377 \text{ N}$$

$$= 23,47871377 \text{ KN}$$

$$\Rightarrow S \text{ diambil } 150 \text{ mm} \Rightarrow A_{O6} = 28,275 \text{ mm}^2$$

$$V_s = \frac{A_v \cdot F_y \cdot d}{S} = 14,2506 \text{ N}$$

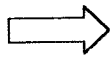
$$= 14,251 \text{ KN}$$

$$V_u = V_s + V_c$$

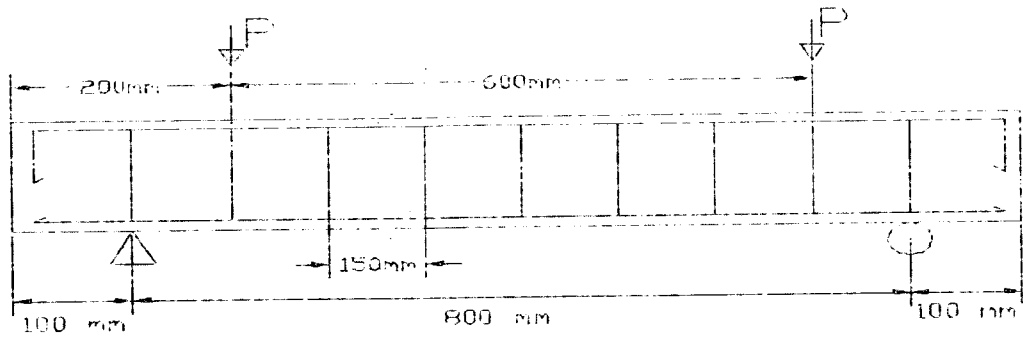
$$0,41325 + P_2 = 14,251 + 23,47871377$$

$$P_2 = 37,3165 \text{ KN}$$

$$P_1 = 2,49 P_2$$



$P_1 > P_2$ (Geser) dipakai



Data Laboratorium dan Perhitungan Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Silinder.

I. Kuat tekan/kuat desak.

I.1. BTS (beton tanpa serat)

- BTS 1

- Diameter = 15,030 cm
- Tinggi = 29,995 cm
- Luas = 177,332 cm²
- Berat = 12,523 Kg
- P maks = 335 KN
- Kuat tekan = $\frac{P}{A} = \frac{(335 \times 101,971)}{177,332} = 192,263 \frac{kg}{cm^2} = 19,263 Mpa$

- BTS 2

- Diameter = 15,120 cm
- Tinggi = 30,080 cm
- Luas = 179,462 cm²
- Berat = 12,738 Kg
- P maks = 354 KN
- Kuat tekan = $\frac{P}{A} = \frac{(354 \times 101,971)}{179,462} = 201,144 \frac{kg}{cm^2} = 20,1144 Mpa$

- BTS 3

- Diameter = 15,120 cm
- Tinggi = 30,190 cm
- Luas = 179,462 cm²
- Berat = 12,682 Kg
- P maks = 383 KN
- Kuat tekan
= $\frac{P}{A} = \frac{(383 \times 101,971)}{179,462} = 217,622 \frac{kg}{cm^2} = 21,7622 Mpa$

➤ Mencari Kuat Tekan Rata-rata

$$f'_{cr} = \frac{(19,2634 + 20,1144 + 21,7622)}{3} = 20,3800 \text{ Mpa}$$

1.2. BFL (beton fiber lurus)

a. BFL 1

- Diameter = 14,990 cm
 - Tinggi = 30,160 cm
 - Luas = 176,390 cm²
 - Berat = 12,688 Kg
 - P maks = 363 KN
 - Kuat tekan
- $$= \frac{P}{A} = \frac{(363 \times 101,971)}{176,390} = 209,851 \text{ kg/cm}^2 = 20,9851 \text{ Mpa}$$

b. BFL 2

- Diameter = 14,998 cm
 - Tinggi = 30,170 cm
 - Luas = 176,578 cm²
 - Berat = 12,494 Kg
 - P maks = 360 KN
 - Kuat tekan
- $$= \frac{P}{A} = \frac{(360 \times 101,971)}{176,578} = 207,894 \text{ kg/cm}^2 = 20,7894 \text{ Mpa}$$

• BFL 3

- Diameter = 15,010 cm
- Tinggi = 30,110 cm
- Luas = 176,861 cm²
- Berat = 12,639 Kg
- P maks = 354 KN

- Tinggi = 30,170 cm
- Luas = 178,277 cm²
- Berat = 12,276 Kg
- P maks = 347 KN
- Kuat tekan

$$= \frac{P}{A} = \frac{(347 \times 101,971)}{178,277} = 198,477 \text{ kg/cm}^2 = 19,8477 \text{ Mpa}$$

➤ Mencari Kuat Tekan Rata-rata

$$f'_{cr} = \frac{23,2002 + 22,6642 + 19,8477}{3} = 21,9040 \text{ Mpa}$$

1.5. BFS 2 (beton fiber spiral 2)

- BFS 2-1
 - Diameter = 15,150 cm
 - Tinggi = 30,050 cm
 - Luas = 180,175 cm²
 - Berat = 12,922 Kg
 - P maks = 353 KN
 - Kuat tekan

$$= \frac{P}{A} = \frac{(353 \times 101,971)}{180,175} = 199,782 \text{ kg/cm}^2 = 19,9782 \text{ Mpa}$$
- BFS 2-2
 - Diameter = 15,090 cm
 - Tinggi = 29,960 cm
 - Luas = 178,841 cm²
 - Berat = 12,659 Kg
 - P maks = 367 KN
 - Kuat tekan

$$= \frac{P}{A} = \frac{(367 \times 101,971)}{178,751} = 209,360 \text{ kg/cm}^2 = 20,9360 \text{ Mpa}$$
- BFS 2-3
 - Diameter = 15,095 cm

- Kuat tekan

$$= \frac{P}{A} = \frac{(354 \times 101,971)}{176,861} = 204,103 \text{ kg/cm}^2 = 20,4103 \text{ Mpa}$$

- Mencari Kuat Tekan Rata-rata

$$f'_{cr} = \frac{(20,9851 + 20,7894 + 20,4103)}{3} = 20,7283 \text{ Mpa}$$

I.3. BFB (beton fiber berkait)

- BFB 1

- Diameter = 14,945 cm
- Tinggi = 30,090 cm
- Luas = 175,332 cm²
- Berat = 12,410 Kg
- P maks = 345 KN
- Kuat tekan

$$= \frac{P}{A} = \frac{(345 \times 101,971)}{175,332} = 200,648 \text{ kg/cm}^2 = 20,0648 \text{ Mpa}$$

- BFB 2

- Diameter = 15,102 cm
- Tinggi = 30,120 cm
- Luas = 179,035 cm²
- Berat = 12,416 Kg
- P maks = 378 KN
- Kuat tekan

$$= \frac{P}{A} = \frac{(378 \times 101,971)}{179,035} = 215,293 \text{ kg/cm}^2 = 21,5293 \text{ Mpa}$$

- BFB 3

- Diameter = 15,110 cm
- Tinggi = 30,030 cm
- Luas = 179,225 cm²
- Berat = 12,558 Kg

- Tinggi = 30,090 cm
- Luas = 178,869 cm²
- Berat = 12,800 Kg
- P maks = 399 KN
- Kuat tekan

$$= \frac{P}{A} = \frac{(399 \times 101,971)}{178,869} = 227,464 \text{ kg/cm}^2 = 22,7464 \text{ Mpa}$$

➤ Mencari Kuat Tekan Rata-rata

$$f'_{cr} = \frac{19,9782 + 20,9360 + 22,7464}{3} = 21,2202 \text{ Mpa}$$

II. Kuat Tarik

II.1. BTS (beton tanpa serat)

- BTS 1

- Diameter = 15,190 cm
- Tinggi = 30,095 cm
- Luas = 181,220 cm²
- Berat = 12,450 Kg
- P maks = 125 KN
- Kuat tarik

$$= \frac{2P}{(\pi l d)} = \frac{(2 \times 125 \times 101,971)}{(\pi \times 30,095 \times 15,190)} = 17,760 \text{ kg/cm}^2 = 1,776 \text{ Mpa}$$

- BTS 2

- Diameter = 15,150 cm
- Tinggi = 29,930 cm
- Luas = 180,267 cm²
- Berat = 12,500 Kg
- P maks = 118 KN

- Kuat tarik

$$= \frac{2P}{\pi l d} = \frac{(2 \times 118 \times 101,971)}{(\pi \times 29,930 \times 15,150)} = 16,900 \text{ kg/cm}^2 = 1,690 \text{ Mpa}$$

- BTS 3

- Diameter = 15,110 cm
- Tinggi = 30,020 cm
- Luas = 179,316 cm²
- Berat = 12,500 Kg
- P maks = 156 KN
- Kuat tarik

$$= \frac{2P}{(\pi l d)} = \frac{(2 \times 156 \times 101,971)}{(\pi \times 30,020 \times 15,110)} = 22,340 \text{ kg/cm}^2 = 2,234 \text{ Mpa}$$

➤ Mencari Kuat Tarik Rata-rata

$$f'_{cr} = \frac{1,776 + 1,690 + 2,234}{3} = 1,900 \text{ Mpa}$$

II.2. BFL (beton fiber lurus)

- BFL 1

- Diameter = 15,160 cm
- Tinggi = 29,980 cm
- Luas = 180,505 cm²
- Berat = 12,500 Kg
- P maks = 117 KN
- Kuat tarik

$$= \frac{2P}{(\pi l d)} = \frac{(2 \times 117 \times 101,971)}{(\pi \times 29,980 \times 15,16)} = 16,720 \text{ kg/cm}^2 = 1,672 \text{ Mpa}$$

- BFL 2

- Diameter = 15,095 cm
- Tinggi = 29,960 cm
- Luas = 178,960 cm²

- Berat = 12,450 Kg
- P maks = 205 KN
- Kuat tarik

$$= \frac{2P}{(\pi l d)} = \frac{(2 \times 205 \times 101,971)}{(\pi \times 29,960 \times 15,095)} = 29,440 \text{ kg/cm}^2 = 2,944 \text{ Mpa}$$

- BFL 3

- Diameter = 14,950 cm
- Tinggi = 30,110 cm
- Luas = 175,538 cm²
- Berat = 12,500 Kg
- P maks = 107 KN
- Kuat tarik

$$= \frac{2P}{(\pi l d)} = \frac{(\pi \times 107 \times 101,971)}{(\pi \times 30,110 \times 14,950)} = 15,440 \text{ kg/cm}^2 = 1,544 \text{ Mpa}$$

➤ Mencari Kuat Tarik Rata-rata

$$f'_{cr} = \frac{1,672 + 2,944 + 1,544}{3} = 2,053 \text{ Mpa}$$

II.3. BFB (beton fiber berkait)

- BFB 1

- Diameter = 14,980 cm
- Tinggi = 30,130 cm
- Luas = 176,244 cm²
- Berat = 12,500 Kg
- P maks = 145 KN
- Kuat tarik

$$= \frac{2P}{(\pi l d)} = \frac{(2 \times 145 \times 101,971)}{(\pi \times 14,980 \times 30,130)} = 20,870 \text{ kg/cm}^2 = 2,087 \text{ Mpa}$$

- BFB 2

- Diameter = 15,070 cm
- Tinggi = 30,050 cm

- Luas = 178,368 cm²
- Berat = 12,400 Kg
- P maks = 180 KN
- Kuat tarik

$$= \frac{2P}{(\pi l d)} = \frac{(2 \times 180 \times 101,971)}{(\pi \times 30,050 \times 15,070)} = 25,820 \text{ kg/cm}^2 = 2,582 \text{ Mpa}$$

- BFB 3

- Diameter = 14,990 cm
- Tinggi = 30,090 cm
- Luas = 176,479 cm²
- Berat = 12,500 Kg
- P maks = 172 KN
- Kuattarik

$$= \frac{2P}{(\pi l d)} = \frac{(2 \times 172 \times 101,971)}{(\pi \times 30,090 \times 14,990)} = 24,770 \text{ kg/cm}^2 = 2,477 \text{ Mpa}$$

➤ Mencari Kuat Tarik Rata-rata

$$f'_{cr} = \frac{2,087 + 2,582 + 2,477}{3} = 2,382 \text{ Mpa}$$

11.4. BFS 1 (beton fiber spiral 1)

- BFS 1-1

- Diameter = 15,090 cm
- Tinggi = 30,060 cm
- Luas = 178,841 cm²
- Berat = 12,600 Kg
- P maks = 165 KN
- Kuat tarik

$$= \frac{2P}{(\pi l d)} = \frac{(\pi \times 165 \times 101,971)}{(\pi \times 30,060 \times 15,090)} = 23,620 \text{ kg/cm}^2 = 2,362 \text{ Mpa}$$

**Data Hasil Pengujian Balok dari Laboratorium
Hubungan beban dan lendutan Balok BTS 1 (Beton Tanpa Serat)**

Pembacaan DIAL 1(0,01 mm)

NO	P	P/Pmax	Pembacaan	d/dmax
RETAK	(KN)		DIAL 1	
	1	0.009	0	0
	2	0.019	0	0
	3	0.028	2	0.005
	4	0.037	12	0.029
	5	0.047	22	0.052
	6	0.056	33	0.078
	7	0.065	47	0.112
	8	0.075	55	0.131
	9	0.084	65	0.154
	10	0.093	75	0.178
	11	0.103	83	0.197
	12	0.112	93	0.221
	13	0.121	97	0.230
	14	0.131	103	0.245
	15	0.140	109	0.259
	16	0.150	116	0.276
	17	0.159	123	0.292
	18	0.168	128	0.304
	19	0.178	135	0.321
	20	0.187	144	0.342
	21	0.196	147	0.349
	22	0.206	153	0.363
	23	0.215	159	0.378
	24	0.224	164	0.390
	25	0.234	168	0.399
	26	0.243	173	0.411
	27	0.252	176	0.418
	28	0.262	180	0.428
	29	0.271	184	0.437
	30	0.280	189	0.449
	31	0.290	194	0.461
	32	0.299	198	0.470
	33	0.308	205	0.487
	34	0.318	206	0.489
	35	0.327	211	0.501
	36	0.336	214	0.508
	37	0.346	219	0.520
	38	0.355	222	0.527
	39	0.364	226	0.537
	40	0.374	231	0.549

NO	P	P/Pmax	Pembacaan	d/dmax
RETAK	(KN)		DIAL 1	
	41	0.383	234	0.556
	42	0.393	250	0.594
	43	0.402	254	0.603
	44	0.411	256	0.608
	45	0.421	258	0.613
	46	0.430	260	0.618
	47	0.439	262	0.622
	48	0.449	265	0.629
	49	0.458	266	0.632
	50	0.467	269	0.639
1	51	0.477	275	0.653
	52	0.486	276	0.656
	53	0.495	278	0.660
	54	0.505	282	0.670
	55	0.514	284	0.675
	56	0.523	287	0.682
	57	0.533	290	0.689
	58	0.542	293	0.696
	59	0.551	294	0.698
	60	0.561	296	0.703
	61	0.570	299	0.710
	62	0.579	301	0.715
	63	0.589	304	0.722
	64	0.598	306	0.727
	65	0.607	309	0.734
	66	0.617	315	0.748
	67	0.626	320	0.760
	68	0.636	320	0.760
	69	0.645	322	0.765
	70	0.654	323	0.767
	71	0.664	324	0.770
	72	0.673	326	0.774
	73	0.682	328	0.779
	74	0.692	329	0.781
	75	0.701	334	0.793
	76	0.710	335	0.796
	77	0.720	336	0.798
	78	0.729	338	0.803
	79	0.738	341	0.810
	80	0.748	343	0.815

**Data Hasil Pengujian Balok dari Laboratorium
Hubungan beban dan lendutan Balok BTS 1 (Beton Tanpa Serat)**

Pembacaan DIAL 1(0,01 mm)

NO	P	P/Pmax	Pembacaan	d/dmax
RETAK	(KN)		DIAL 1	
	81	0.757	347	0.824
	82	0.766	348	0.827
	83	0.776	351	0.834
2	84	0.785	361	0.857
	85	0.794	365	0.867
	86	0.804	365	0.867
	87	0.813	366	0.869
	88	0.822	368	0.874
	89	0.832	369	0.876
	90	0.841	372	0.884
	91	0.850	376	0.893
	92	0.860	378	0.898
	93	0.869	379	0.900
	94	0.879	382	0.907
3	95	0.888	384	0.912
	96	0.897	386	0.917
	97	0.907	389	0.924
	98	0.916	390	0.926
	99	0.925	392	0.931
	100	0.935	394	0.936
	101	0.944	398	0.945
	102	0.953	401	0.952
	103	0.963	404	0.960
4	104	0.972	418	0.993
	105	0.981	419	0.995
	106	0.991	420	0.998
	107	1.000	421	1.000

**Data Hasil Pengujian Balok dari Laboratorium
Hubungan beban dan lendutan BALOK BTS 2 (Beton Tanpa Serat)**

Pembacaan DIAL 1(0,01 mm)

NO	P	P/Pmax	Pembacaan	d/dmax
RETAK	(KN)		DIAL 1	
	1	0.010	8	0.014
	2	0.019	20	0.036
	3	0.029	22	0.039
	4	0.039	33	0.059
	5	0.049	42	0.075
	6	0.058	52	0.093
	7	0.068	58	0.104
	8	0.078	64	0.114
	9	0.087	68	0.121
	10	0.097	74	0.132
	11	0.107	78	0.139
	12	0.117	83	0.148
	13	0.126	88	0.157
	14	0.136	93	0.166
	15	0.146	99	0.177
	16	0.155	104	0.186
	17	0.165	109	0.195
	18	0.175	114	0.204
	19	0.184	118	0.211
	20	0.194	122	0.218
	21	0.204	126	0.225
	22	0.214	130	0.232
	23	0.223	133	0.238
	24	0.233	138	0.246
	25	0.243	142	0.254
	26	0.252	146	0.261
	27	0.262	151	0.270
	28	0.272	157	0.280
	29	0.282	160	0.286
	30	0.291	164	0.293
	31	0.301	170	0.304
	32	0.311	175	0.313
	33	0.320	179	0.320
	34	0.330	182	0.325
	35	0.340	186	0.332
	36	0.350	191	0.341
	37	0.359	195	0.348
	38	0.369	200	0.357
	39	0.379	205	0.366
	40	0.388	210	0.375

NO	P	P/Pmax	Pembacaan	d/dmax
RETAK	(KN)		DIAL 1	
	41	0.398	214	0.382
	42	0.408	215	0.384
	43	0.417	222	0.396
	44	0.427	228	0.407
	45	0.437	232	0.414
	46	0.447	237	0.423
	47	0.456	240	0.429
	48	0.466	244	0.436
	49	0.476	248	0.443
	50	0.485	253	0.452
	51	0.495	257	0.459
	52	0.505	263	0.470
	53	0.515	265	0.473
	54	0.524	270	0.482
	55	0.534	272	0.486
	56	0.544	276	0.493
	57	0.553	280	0.500
	58	0.563	283	0.505
	59	0.573	288	0.514
	60	0.583	292	0.521
	61	0.592	296	0.529
	62	0.602	300	0.536
	63	0.612	304	0.543
	64	0.621	308	0.550
	65	0.631	309	0.552
	66	0.641	312	0.557
	67	0.650	316	0.564
	68	0.660	323	0.577
	69	0.670	329	0.588
	70	0.680	332	0.593
	71	0.689	335	0.598
	72	0.699	339	0.605
	73	0.709	342	0.611
	74	0.718	345	0.616
	75	0.728	349	0.623
1	76	0.738	352	0.629
	77	0.748	358	0.639
	78	0.757	360	0.643
	79	0.767	362	0.646
	80	0.777	365	0.652

**Data Hasil Pengujian Balok dari Laboratorium
Hubungan beban dan lendutan BALOK BTS 2 (Beton Tanpa Serat)**

Pembacaan DIAL 1(0,01 mm)

NO	P	P/Pmax	Pembacaan	d/dmax
RETAK	(KN)		DIAL 1	
	81	0.786	369	0.659
	82	0.796	372	0.664
	83	0.806	375	0.670
	84	0.816	379	0.677
2	85	0.825	380	0.679
	86	0.835	384	0.686
	87	0.845	386	0.689
	88	0.854	389	0.695
	89	0.864	392	0.700
	90	0.874	394	0.704
	91	0.883	398	0.711
	92	0.893	400	0.714
3	93	0.903	404	0.721
4	94	0.913	409	0.730
	95	0.922	413	0.738
	96	0.932	416	0.743
	97	0.942	418	0.746
	98	0.951	422	0.754
	99	0.961	430	0.768
	100	0.971	459	0.820
5	101	0.981	484	0.864
6	102	0.990	520	0.929
7	103	1.000	560	1.000

- P maks = 370 KN
- Kuat tekan

$$= \frac{P}{A} = \frac{(370 \times 101,971)}{179,225} = 210,513 \text{ kg/cm}^2 = 21,0513 \text{ Mpa}$$

➤ Mencari Kuat Tekan Rata-rata

$$f'_{cr} = \frac{(20,0648 + 21,5293 + 21,0513)}{3} = 20,8818 \text{ Mpa}$$

1.4. BFS 1 (beton fiber spiral 1)

- BFS 1-1
 - Diameter = 15,040 cm
 - Tinggi = 30,050 cm
 - Luas = 177,568 cm²
 - Berat = 12,636 Kg
 - P maks = 404 KN
 - Kuat tekan

$$= \frac{P}{A} = \frac{(404 \times 101,971)}{177,568} = 232,002 \text{ kg/cm}^2 = 23,2002 \text{ Mpa}$$
- BFS 1-2
 - Diameter = 14,970 cm
 - Tinggi = 30,010 cm
 - Luas = 175,919 cm²
 - Berat = 12,340 Kg
 - P maks = 391 KN
 - Kuat tekan

$$= \frac{P}{A} = \frac{(391 \times 101,971)}{175,919} = 226,642 \text{ kg/cm}^2 = 22,6642 \text{ Mpa}$$
- BFS 1-3
 - Diameter = 15,070 cm

- Kuat tarik

$$= \frac{2P}{(\pi l d)} = \frac{(2 \times 161 \times 101,971)}{(\pi \times 30,070 \times 15,155)} = 22,950 \text{ kg/cm}^2 = 2,295 \text{ Mpa}$$

- BFS 2-2

- Diameter = 15,010 cm
- Tinggi = 30,090 cm
- Luas = 176,950 cm²
- Berat = 12,600 Kg
- P maks = 169 KN
- Kuat tarik

$$= \frac{2P}{(\pi l d)} = \frac{(2 \times 169 \times 101,971)}{(\pi \times 30,090 \times 15,010)} = 24,300 \text{ kg/cm}^2 = 2,430 \text{ Mpa}$$

- BFS 2-3

- Diameter = 15,060 cm
- Tinggi = 30,120 cm
- Luas = 178,131 cm²
- Berat = 12,750 Kg
- P maks = 174 KN
- Kuat tarik

$$= \frac{2P}{(\pi l d)} = \frac{(2 \times 174 \times 101,971)}{(\pi \times 30,120 \times 15,060)} = 24,910 \text{ kg/cm}^2 = 2,491 \text{ Mpa}$$

➤ Mencari Kuat Tarik Rata-rata

$$f'_{cr} = \frac{2,295 + 2,430 + 2,491}{3} = 2,405 \text{ Mpa}$$

**Data Hasil Pengujian Balok dari Laboratorium
Hubungan beban dan lendutan BALOK BTS 3 (Beton Tanpa Serat)**

Pembacaan DIAL 1(0,01 mm)

NO RETAK	P (KN)	P/Pmax	Pembacaan DIAL 1	d/dmax
	1	0.006	13	0.014
	2	0.013	17	0.018
	3	0.019	21	0.022
	4	0.026	37	0.039
	5	0.032	48	0.051
	6	0.039	61	0.065
	7	0.045	70	0.075
	8	0.052	81	0.086
	9	0.058	90	0.096
	10	0.065	98	0.105
	11	0.071	106	0.113
	12	0.078	114	0.122
	13	0.084	119	0.127
	14	0.091	126	0.134
	15	0.097	133	0.142
	16	0.104	139	0.148
	17	0.110	143	0.153
	18	0.117	149	0.159
	19	0.123	155	0.165
	20	0.130	159	0.170
	21	0.136	164	0.175
	22	0.143	169	0.180
	23	0.149	174	0.186
	24	0.156	180	0.192
	25	0.162	183	0.195
	26	0.169	192	0.205
	27	0.175	195	0.208
	28	0.182	200	0.213
	29	0.188	206	0.220
	30	0.195	215	0.229
	31	0.201	219	0.234
	32	0.208	224	0.239
	33	0.214	230	0.245
	34	0.221	234	0.250
	35	0.227	237	0.253
	36	0.234	240	0.256
	37	0.240	244	0.260
	38	0.247	247	0.264
	39	0.253	250	0.267
	40	0.260	255	0.272

NO RETAK	P (KN)	P/Pmax	Pembacaan DIAL 1	d/dmax
	41	0.266	260	0.277
	42	0.273	263	0.281
	43	0.279	268	0.286
	44	0.286	270	0.288
	45	0.292	273	0.291
	46	0.299	277	0.296
	47	0.305	279	0.298
	48	0.312	283	0.302
	49	0.318	286	0.305
	50	0.325	289	0.308
	51	0.331	292	0.312
	52	0.338	295	0.315
	53	0.344	298	0.318
	54	0.351	300	0.320
	55	0.357	303	0.323
	56	0.364	306	0.327
	57	0.370	309	0.330
	58	0.377	311	0.332
	59	0.383	316	0.337
	60	0.390	317	0.338
	61	0.396	320	0.342
	62	0.403	322	0.344
	63	0.409	325	0.347
	64	0.416	326	0.348
	65	0.422	329	0.351
	66	0.429	332	0.354
	67	0.435	335	0.358
	68	0.442	338	0.361
	69	0.448	340	0.363
1	70	0.455	348	0.371
	71	0.461	351	0.375
	72	0.468	353	0.377
2	73	0.474	355	0.379
	74	0.481	359	0.383
	75	0.487	360	0.384
	76	0.494	363	0.387
	77	0.500	365	0.390
3	78	0.506	369	0.394
4	79	0.513	384	0.410
	80	0.519	387	0.413

**Data Hasil Pengujian Balok dari Laboratorium
Lanjutan Hubungan beban dan lendutan
BALOK BTS 3 (Beton Tanpa Serat)**

Pembacaan DIAL 1(0,01 mm)

NO	P	P/Pmax	Pembacaan	d/dmax
RETAK	(KN)		DIAL 1	
5	81	0.526	395	0.422
	82	0.532	404	0.431
	83	0.539	408	0.435
6	84	0.545	411	0.439
	85	0.552	415	0.443
	86	0.558	425	0.454
	87	0.565	430	0.459
	88	0.571	436	0.465
	89	0.578	441	0.471
	90	0.584	441	0.471
7	91	0.591	449	0.479
	92	0.597	454	0.485
	93	0.604	457	0.488
	94	0.610	462	0.493
	95	0.617	465	0.496
	96	0.623	469	0.501
	97	0.630	470	0.502
	98	0.636	477	0.509
	99	0.643	481	0.513
	100	0.649	485	0.518
	101	0.656	494	0.527
	102	0.662	502	0.536
	103	0.669	507	0.541
	104	0.675	511	0.545
	105	0.682	517	0.552
	106	0.688	524	0.559
	107	0.695	529	0.565
	108	0.701	533	0.569
	109	0.708	545	0.582
	110	0.714	555	0.592
	111	0.721	562	0.600
	112	0.727	570	0.608
	113	0.734	576	0.615
	114	0.740	590	0.630
	115	0.747	594	0.634
	116	0.753	609	0.650
	117	0.760	616	0.657
	118	0.766	621	0.663
	119	0.773	624	0.666
	120	0.779	629	0.671

NO	P	P/Pmax	Pembacaan	d/dmax
RETAK	(KN)		DIAL 1	
	121	0.786	635	0.678
	122	0.792	640	0.683
	123	0.799	645	0.688
	124	0.805	649	0.693
	125	0.812	656	0.700
	126	0.818	670	0.715
	127	0.825	678	0.724
	128	0.831	682	0.728
8	129	0.838	690	0.736
	130	0.844	702	0.749
	131	0.851	707	0.755
	132	0.857	711	0.759
	133	0.864	717	0.765
	134	0.870	721	0.769
	135	0.877	727	0.776
	136	0.883	738	0.788
	137	0.890	742	0.792
9	138	0.896	749	0.799
	139	0.903	765	0.816
	140	0.909	768	0.820
	141	0.916	773	0.825
	142	0.922	777	0.829
	143	0.929	783	0.836
	144	0.935	794	0.847
	145	0.942	814	0.869
	146	0.948	825	0.880
	147	0.955	834	0.890
	148	0.961	848	0.905
	149	0.968	855	0.912
	150	0.974	864	0.922
	151	0.981	890	0.950
	152	0.987	900	0.961
	153	0.994	922	0.984
	154	1.000	937	1.000

**Data Hasil Pengujian Balok dari Laboratorium
Hubungan beban dan lendutan BALOK BFL 1 (Beton Fiber Lurus)**

Pembacaan DIAL 1(0,01 mm)

NO	P	P/Pmax	Pembacaan	d/dmax
RETAK	(KN)		DIAL 1	
	1	0.011	9	0.017
	2	0.022	15	0.028
	3	0.033	16	0.030
	4	0.043	23	0.043
	5	0.054	27	0.050
	6	0.065	32	0.059
	7	0.076	37	0.069
	8	0.087	42	0.078
	9	0.098	50	0.093
	10	0.109	54	0.100
	11	0.120	57	0.106
	12	0.130	63	0.117
	13	0.141	66	0.123
	14	0.152	75	0.139
	15	0.163	82	0.152
	16	0.174	87	0.162
	17	0.185	89	0.165
	18	0.196	94	0.175
	19	0.207	99	0.184
	20	0.217	103	0.191
	21	0.228	106	0.197
	22	0.239	112	0.208
	23	0.250	118	0.219
	24	0.261	121	0.225
	25	0.272	125	0.232
	26	0.283	131	0.243
	27	0.293	136	0.253
	28	0.304	142	0.264
	29	0.315	145	0.270
	30	0.326	150	0.279
	31	0.337	155	0.288
	32	0.348	159	0.296
	33	0.359	162	0.301
	34	0.370	166	0.309
	35	0.380	169	0.314
	36	0.391	174	0.323
	37	0.402	178	0.331
	38	0.413	182	0.338
	39	0.424	186	0.346
	40	0.435	190	0.353

NO	P	P/Pmax	Pembacaan	d/dmax
RETAK	(KN)		DIAL 1	
	41	0.446	193	0.359
	42	0.457	199	0.370
	43	0.467	200	0.372
	44	0.478	204	0.379
	45	0.489	206	0.383
	46	0.500	209	0.388
	47	0.511	211	0.392
	48	0.522	216	0.401
	49	0.533	219	0.407
	50	0.543	222	0.413
	51	0.554	224	0.416
	52	0.565	228	0.424
	53	0.576	232	0.431
	54	0.587	235	0.437
	55	0.598	238	0.442
	56	0.609	242	0.450
	57	0.620	245	0.455
	58	0.630	248	0.461
	59	0.641	251	0.467
	60	0.652	253	0.470
	61	0.663	256	0.476
	62	0.674	259	0.481
	63	0.685	261	0.485
	64	0.696	265	0.493
	65	0.707	267	0.496
	66	0.717	269	0.500
	67	0.728	271	0.504
	68	0.739	273	0.507
	69	0.750	275	0.511
	70	0.761	277	0.515
	71	0.772	279	0.519
	72	0.783	281	0.522
	73	0.793	285	0.530
	74	0.804	286	0.532
	75	0.815	289	0.537
	76	0.826	293	0.545
	77	0.837	297	0.552
1	78	0.848	308	0.572
2	79	0.859	315	0.586
	80	0.870	321	0.597

Data Hasil Pengujian Balok dari Laboratorium
Hubungan beban dan lendutan BALOK BFL 1 (Beton Fiber Lurus)

Pembacaan DIAL 1(0,01 mm)

NO	P	P/Pmax	Pembacaan	d/dmax
RETAK	(KN)		DIAL 1	
	81	0.880	328	0.610
	82	0.891	331	0.615
	83	0.902	335	0.623
	84	0.913	338	0.628
3	85	0.924	341	0.634
4	86	0.935	350	0.651
	87	0.946	365	0.678
5	88	0.957	388	0.721
	89	0.967	398	0.740
	90	0.978	414	0.770
6	91	0.989	490	0.911
	92	1.000	538	1.000

**Data Hasil Pengujian Balok dari Laboratorium
Hubungan beban dan lendutan BALOK BFL 2 (Beton Fiber Lurus)**

Pembacaan DIAL 1(0,01 mm)

NO RETAK	P (KN)	P/Pmax	Pembacaan DIAL 1	d/dmax
	1	0.010	10	0.013
	2	0.019	12	0.015
	3	0.029	23	0.029
	4	0.039	30	0.038
	5	0.049	40	0.051
	6	0.058	51	0.065
	7	0.068	59	0.075
	8	0.078	65	0.082
	9	0.087	70	0.089
	10	0.097	75	0.095
	11	0.107	83	0.105
	12	0.117	92	0.116
	13	0.126	96	0.122
	14	0.136	103	0.130
	15	0.146	109	0.138
	16	0.155	115	0.146
	17	0.165	122	0.154
	18	0.175	125	0.158
	19	0.184	131	0.166
	20	0.194	136	0.172
	21	0.204	142	0.180
	22	0.214	150	0.190
	23	0.223	154	0.195
	24	0.233	160	0.203
	25	0.243	163	0.206
	26	0.252	170	0.215
	27	0.262	174	0.220
	28	0.272	178	0.225
	29	0.282	183	0.232
	30	0.291	188	0.238
	31	0.301	192	0.243
	32	0.311	198	0.251
	33	0.320	202	0.256
	34	0.330	205	0.259
	35	0.340	211	0.267
	36	0.350	215	0.272
	37	0.359	219	0.277
	38	0.369	227	0.287
	39	0.379	231	0.292
	40	0.388	235	0.297

NO RETAK	P (KN)	P/Pmax	Pembacaan DIAL 1	d/dmax
	41	0.398	240	0.304
	42	0.408	245	0.310
	43	0.417	249	0.315
	44	0.427	254	0.322
	45	0.437	258	0.327
	46	0.447	263	0.333
	47	0.456	267	0.338
	48	0.466	272	0.344
	49	0.476	280	0.354
1	50	0.485	282	0.357
	51	0.495	287	0.363
	52	0.505	291	0.368
	53	0.515	297	0.376
	54	0.524	304	0.385
	55	0.534	309	0.391
	56	0.544	313	0.396
2	57	0.553	318	0.403
	58	0.563	324	0.410
	59	0.573	328	0.415
	60	0.583	337	0.427
	61	0.592	341	0.432
3	62	0.602	347	0.439
	63	0.612	353	0.447
	64	0.621	362	0.458
	65	0.631	365	0.462
	66	0.641	369	0.467
	67	0.650	374	0.473
	68	0.660	382	0.484
	69	0.670	388	0.491
	70	0.680	420	0.532
4	71	0.689	435	0.551
	72	0.699	448	0.567
	73	0.709	460	0.582
	74	0.718	469	0.594
	75	0.728	480	0.608
	76	0.738	495	0.627
	77	0.748	505	0.639
	78	0.757	514	0.651
	79	0.767	524	0.663
	80	0.777	530	0.671

**Data Hasil Pengujian Balok dari Laboratorium
Hubungan beban dan lendutan BALOK BFL 2 (Beton Fiber Lurus)**

Pembacaan DIAL 1(0,01 mm)

NO	P	P/Pmax	Pembacaan	d/dmax
RETAK	(KN)		DIAL 1	
	81	0.786	552	0.699
5	82	0.796	569	0.720
	83	0.806	582	0.737
	84	0.816	592	0.749
	85	0.825	600	0.759
6	86	0.835	615	0.778
	87	0.845	628	0.795
	88	0.854	635	0.804
	89	0.864	645	0.816
	90	0.874	653	0.827
	91	0.883	664	0.841
7	92	0.893	672	0.851
	93	0.903	680	0.861
	94	0.913	692	0.876
	95	0.922	698	0.884
	96	0.932	705	0.892
	97	0.942	712	0.901
	98	0.951	725	0.918
	99	0.961	737	0.933
	100	0.971	750	0.949
	101	0.981	770	0.975
	102	0.990	783	0.991
	103	1.000	790	1.000

**Data Hasil Pengujian Balok dari Laboratorium
Hubungan beban dan lendutan BALOK BFL 3 (Beton Fiber Lurus)**

Pembacaan DIAL 1(0,01 mm)

NO	P	P/Pmax	Pembacaan	d/dmax
RETAK	(KN)		DIAL 1	
	1	0.007	10	0.010
	2	0.014	18	0.017
	3	0.021	19	0.018
	4	0.029	26	0.025
	5	0.036	33	0.031
	6	0.043	40	0.038
	7	0.050	41	0.039
	8	0.057	50	0.048
	9	0.064	52	0.050
	10	0.071	59	0.056
	11	0.079	63	0.060
	12	0.086	70	0.067
	13	0.093	72	0.069
	14	0.100	75	0.072
	15	0.107	82	0.078
	16	0.114	84	0.080
	17	0.121	90	0.086
	18	0.129	92	0.088
	19	0.136	96	0.092
	20	0.143	100	0.095
	21	0.150	105	0.100
	22	0.157	110	0.105
	23	0.164	115	0.110
	24	0.171	116	0.111
	25	0.179	120	0.115
	26	0.186	124	0.118
	27	0.193	130	0.124
	28	0.200	136	0.130
	29	0.207	141	0.135
	30	0.214	147	0.140
	31	0.221	153	0.146
	32	0.229	157	0.150
	33	0.236	160	0.153
	34	0.243	167	0.159
	35	0.250	170	0.162
	36	0.257	173	0.165
	37	0.264	178	0.170
	38	0.271	182	0.174
	39	0.279	184	0.176
	40	0.286	188	0.179

NO	P	P/Pmax	Pembacaan	d/dmax
RETAK	(KN)		DIAL 1	
	41	0.293	191	0.182
	42	0.300	196	0.187
	43	0.307	198	0.189
	44	0.314	203	0.194
	45	0.321	205	0.196
	46	0.329	207	0.198
	47	0.336	210	0.200
	48	0.343	213	0.203
	49	0.350	219	0.209
	50	0.357	226	0.216
	51	0.364	228	0.218
	52	0.371	231	0.220
	53	0.379	233	0.222
	54	0.386	239	0.228
	55	0.393	242	0.231
	56	0.400	245	0.234
	57	0.407	248	0.237
	58	0.414	250	0.239
	59	0.421	252	0.240
	60	0.429	254	0.242
	61	0.436	258	0.246
	62	0.443	261	0.249
	63	0.450	264	0.252
	64	0.457	266	0.254
	65	0.464	268	0.256
	66	0.471	270	0.258
	67	0.479	273	0.260
	68	0.486	276	0.263
	69	0.493	278	0.265
	70	0.500	280	0.267
	71	0.507	282	0.269
	72	0.514	285	0.272
	73	0.521	288	0.275
	74	0.529	290	0.277
	75	0.536	293	0.280
	76	0.543	295	0.281
1	77	0.550	300	0.286
	78	0.557	310	0.296
	79	0.564	311	0.297
	80	0.571	312	0.298

**Data Hasil Pengujian Balok dari Laboratorium
Lanjutan Hubungan beban dan lendutan
BALOK BFL 3 (Beton Fiber Lurus)**

Pembacaan DIAL 1(0,01 mm)

NO	P	P/Pmax	Pembacaan	d/dmax
RETAK	(KN)		DIAL 1	
	81	0.579	317	0.302
	82	0.586	319	0.304
	83	0.593	321	0.306
	84	0.600	324	0.309
2	85	0.607	328	0.313
	86	0.614	334	0.319
3	87	0.621	353	0.337
	88	0.629	357	0.341
	89	0.636	360	0.344
	90	0.643	363	0.346
	91	0.650	365	0.348
	92	0.657	368	0.351
4	93	0.664	370	0.353
	94	0.671	373	0.356
	95	0.679	378	0.361
	96	0.686	379	0.362
	97	0.693	382	0.365
	98	0.700	385	0.367
	99	0.707	392	0.374
5	100	0.714	397	0.379
	101	0.721	410	0.391
6	102	0.729	440	0.420
	103	0.736	468	0.447
	104	0.743	480	0.458
	105	0.750	489	0.467
7	106	0.757	507	0.484
	107	0.764	532	0.508
	108	0.771	550	0.525
	109	0.779	567	0.541
	110	0.786	583	0.556
	111	0.793	595	0.568
	112	0.800	605	0.577
	113	0.807	635	0.606
8	114	0.814	647	0.617
	115	0.821	670	0.639
	116	0.829	685	0.654
	117	0.836	695	0.663
	118	0.843	704	0.672
	119	0.850	714	0.681
	120	0.857	725	0.692

NO	P	P/Pmax	Pembacaan	d/dmax
RETAK	(KN)		DIAL 1	
	121	0.864	740	0.706
	122	0.871	745	0.711
	123	0.879	752	0.718
	124	0.886	762	0.727
	125	0.893	775	0.740
	126	0.900	813	0.776
	127	0.907	832	0.794
	128	0.914	849	0.810
	129	0.921	873	0.833
	130	0.929	890	0.849
	131	0.936	898	0.857
	132	0.943	912	0.870
	133	0.950	936	0.893
	134	0.957	943	0.900
	135	0.964	952	0.908
	136	0.971	982	0.937
	137	0.979	998	0.952
9	138	0.986	1000	0.954
	139	0.993	1038	0.990
10	140	1.000	1048	1.000

**Data Hasil Pengujian Balok dari Laboratorium
Hubungan beban dan lendutan BALOK BFB 1 (Beton Fiber Berkait)**

Pembacaan DIAL 1(0,01 mm)

NO	P	P/Pmax	Pembacaan	d/dmax
RETAK	(KN)		DIAL 1	
	1	0.007	0	0.000
	2	0.014	10	0.011
	3	0.021	20	0.022
	4	0.028	30	0.033
	5	0.034	40	0.043
	6	0.041	50	0.054
	7	0.048	61	0.066
	8	0.055	70	0.076
	9	0.062	79	0.086
	10	0.069	88	0.095
	11	0.076	97	0.105
	12	0.083	106	0.115
	13	0.090	112	0.121
	14	0.097	119	0.129
	15	0.103	125	0.135
	16	0.110	129	0.140
	17	0.117	135	0.146
	18	0.124	141	0.153
	19	0.131	146	0.158
	20	0.138	150	0.163
	21	0.145	157	0.170
	22	0.152	161	0.174
	23	0.159	166	0.180
	24	0.166	172	0.186
	25	0.172	173	0.187
	26	0.179	178	0.193
	27	0.186	181	0.196
	28	0.193	184	0.199
	29	0.200	188	0.204
	30	0.207	192	0.208
	31	0.214	195	0.211
	32	0.221	199	0.216
	33	0.228	205	0.222
	34	0.234	209	0.226
	35	0.241	211	0.229
	36	0.248	214	0.232
	37	0.255	216	0.234
	38	0.262	222	0.241
	39	0.269	224	0.243
	40	0.276	226	0.245

NO	P	P/Pmax	Pembacaan	d/dmax
RETAK	(KN)		DIAL 1	
	41	0.283	229	0.248
	42	0.290	232	0.251
	43	0.297	236	0.256
	44	0.303	238	0.258
	45	0.310	240	0.260
	46	0.317	245	0.265
	47	0.324	246	0.267
	48	0.331	248	0.269
	49	0.338	254	0.275
	50	0.345	255	0.276
	51	0.352	257	0.278
	52	0.359	259	0.281
	53	0.366	261	0.283
	54	0.372	263	0.285
	55	0.379	265	0.287
	56	0.386	267	0.289
	57	0.393	269	0.291
	58	0.400	272	0.295
	59	0.407	274	0.297
	60	0.414	277	0.300
	61	0.421	278	0.301
	62	0.428	281	0.304
	63	0.434	282	0.306
	64	0.441	285	0.309
	65	0.448	288	0.312
	66	0.455	289	0.313
	67	0.462	292	0.316
	68	0.469	295	0.320
	69	0.476	297	0.322
	70	0.483	299	0.324
	71	0.490	301	0.326
	72	0.497	303	0.328
	73	0.503	304	0.329
	74	0.510	306	0.332
	75	0.517	308	0.334
	76	0.524	310	0.336
	77	0.531	311	0.337
	78	0.538	314	0.340
	79	0.545	316	0.342
	80	0.552	318	0.345

**Data Hasil Pengujian Balok dari Laboratorium
Lanjutan Hubungan beban dan lendutan
BALOK BFB 1 (Beton Fiber Berkait)**

Pembacaan DIAL 1(0,01 mm)

NO	P	P/Pmax	Pembacaan	d/dmax
RETAK	(KN)		DIAL 1	
	81	0.559	320	0.347
	82	0.566	322	0.349
	83	0.572	324	0.351
	84	0.579	325	0.352
	85	0.586	327	0.354
	86	0.593	329	0.356
	87	0.600	331	0.359
	88	0.607	332	0.360
	89	0.614	334	0.362
	90	0.621	337	0.365
	91	0.628	339	0.367
1	92	0.634	349	0.378
	93	0.641	352	0.381
	94	0.648	354	0.384
	95	0.655	355	0.385
	96	0.662	356	0.386
	97	0.669	361	0.391
	98	0.676	362	0.392
	99	0.683	363	0.393
	100	0.690	364	0.394
	101	0.697	367	0.398
	102	0.703	369	0.400
	103	0.710	371	0.402
	104	0.717	372	0.403
	105	0.724	375	0.406
2	106	0.731	384	0.416
	107	0.738	386	0.418
	108	0.745	389	0.421
	109	0.752	391	0.424
	110	0.759	392	0.425
3	111	0.766	479	0.519
	112	0.772	582	0.631
4	113	0.779	592	0.641
	114	0.786	608	0.659
	115	0.793	614	0.665
	116	0.800	620	0.672
	117	0.807	625	0.677
	118	0.814	630	0.683
	119	0.821	635	0.688
	120	0.828	642	0.696

NO	P	P/Pmax	Pembacaan	d/dmax
RETAK	(KN)		DIAL 1	
	121	0.834	646	0.700
5	122	0.841	652	0.706
	123	0.848	658	0.713
	124	0.855	662	0.717
	125	0.862	674	0.730
	126	0.869	689	0.746
	127	0.876	703	0.762
	128	0.883	710	0.769
	129	0.890	719	0.779
	130	0.897	722	0.782
	131	0.903	727	0.788
	132	0.910	731	0.792
	133	0.917	742	0.804
	134	0.924	749	0.811
	135	0.931	765	0.829
	136	0.938	775	0.840
	137	0.945	788	0.854
	138	0.952	799	0.866
	139	0.959	810	0.878
	140	0.966	820	0.888
	141	0.972	839	0.909
	142	0.979	850	0.921
	143	0.986	870	0.943
	144	0.993	883	0.957
	145	1.000	915	0.991
	145	1.000	921	0.998
	145	1.000	922	0.999
	145	1.000	923	1.000

**Data Hasil Pengujian Balok dari Laboratorium
Hubungan beban dan lendutan BALOK BFB 2 (Beton Fiber Berkait)**

Pembacaan DIAL 1(0,01 mm)

NO	P	P/Pmax	Pembacaan	d/dmax
RETAK	(KN)		DIAL 1	
	1	0.007	8	0.010
	2	0.014	18	0.023
	3	0.021	33	0.043
	4	0.029	38	0.050
	5	0.036	45	0.059
	6	0.043	57	0.074
	7	0.050	63	0.082
	8	0.057	69	0.090
	9	0.064	76	0.099
	10	0.071	82	0.107
	11	0.079	88	0.115
	12	0.086	92	0.120
	13	0.093	98	0.128
	14	0.100	103	0.134
	15	0.107	109	0.142
	16	0.114	114	0.149
	17	0.121	123	0.160
	18	0.129	126	0.164
	19	0.136	129	0.168
	20	0.143	134	0.175
	21	0.150	137	0.179
	22	0.157	141	0.184
	23	0.164	144	0.188
	24	0.171	148	0.193
	25	0.179	152	0.198
	26	0.186	155	0.202
	27	0.193	159	0.207
	28	0.200	163	0.213
	29	0.207	166	0.216
	30	0.214	167	0.218
	31	0.221	173	0.226
	32	0.229	175	0.228
	33	0.236	178	0.232
	34	0.243	182	0.237
	35	0.250	186	0.243
	36	0.257	188	0.245
	37	0.264	192	0.250
	38	0.271	194	0.253
	39	0.279	197	0.257
	40	0.286	202	0.263

NO	P	P/Pmax	Pembacaan	d/dmax
RETAK	(KN)		DIAL 1	
	41	0.293	204	0.266
	42	0.300	209	0.272
	43	0.307	212	0.276
	44	0.314	217	0.283
	45	0.321	218	0.284
	46	0.329	222	0.289
	47	0.336	225	0.293
	48	0.343	228	0.297
	49	0.350	232	0.302
	50	0.357	234	0.305
	51	0.364	237	0.309
	52	0.371	241	0.314
	53	0.379	245	0.319
	54	0.386	248	0.323
	55	0.393	250	0.326
	56	0.400	253	0.330
	57	0.407	255	0.332
	58	0.414	259	0.338
	59	0.421	261	0.340
	60	0.429	266	0.347
	61	0.436	268	0.349
	62	0.443	270	0.352
	63	0.450	273	0.356
	64	0.457	275	0.359
	65	0.464	279	0.364
	66	0.471	282	0.368
	67	0.479	285	0.372
	68	0.486	287	0.374
	69	0.493	290	0.378
	70	0.500	293	0.382
	71	0.507	295	0.385
	72	0.514	298	0.389
	73	0.521	301	0.392
	74	0.529	304	0.396
	75	0.536	306	0.399
	76	0.543	311	0.405
	77	0.550	315	0.411
1	78	0.557	324	0.422
	79	0.564	327	0.426
	80	0.571	330	0.430

**Data Hasil Pengujian Balok dari Laboratorium
Lanjutan Hubungan beban dan lendutan
BALOK BFB 2 (Beton Fiber Berkait)**

Pembacaan DIAL 1(0,01 mm)

NO	P	P/Pmax	Pembacaan	d/dmax
RETAK	(KN)		DIAL 1	
	81	0.579	332	0.433
	82	0.586	335	0.437
	83	0.593	338	0.441
	84	0.600	342	0.446
	85	0.607	345	0.450
2	86	0.614	348	0.454
	87	0.621	351	0.458
3	88	0.629	354	0.462
	89	0.636	355	0.463
	90	0.643	358	0.467
	91	0.650	361	0.471
	92	0.657	363	0.473
	93	0.664	369	0.481
4	94	0.671	410	0.535
	95	0.679	422	0.550
	96	0.686	432	0.563
	97	0.693	438	0.571
	98	0.700	442	0.576
	99	0.707	452	0.589
	100	0.714	458	0.597
	101	0.721	465	0.606
	102	0.729	470	0.613
	103	0.736	475	0.619
	104	0.743	482	0.628
	105	0.750	489	0.638
5	106	0.757	492	0.641
	107	0.764	505	0.658
	108	0.771	512	0.668
	109	0.779	518	0.675
	110	0.786	528	0.688
	111	0.793	535	0.698
	112	0.800	540	0.704
	113	0.807	548	0.714
	114	0.814	554	0.722
	115	0.821	558	0.728
	116	0.829	567	0.739
	117	0.836	587	0.765
6	118	0.843	596	0.777
	119	0.850	605	0.789
	120	0.857	610	0.795

NO	P	P/Pmax	Pembacaan	d/dmax
RETAK	(KN)		DIAL 1	
	121	0.864	615	0.802
	122	0.871	624	0.814
	123	0.879	628	0.819
	124	0.886	633	0.825
	125	0.893	640	0.834
	126	0.900	650	0.847
	127	0.907	655	0.854
	128	0.914	660	0.860
7	129	0.921	669	0.872
	130	0.929	683	0.890
	131	0.936	690	0.900
	132	0.943	695	0.906
	133	0.950	700	0.913
	134	0.957	707	0.922
	135	0.964	715	0.932
	136	0.971	730	0.952
	137	0.979	738	0.962
	138	0.986	748	0.975
	139	0.993	760	0.991
	140	1.000	767	1.000

**Data Hasil Pengujian Balok dari Laboratorium
Hubungan beban dan lendutan BALOK BFS 1-2 (Beton Fiber Spiral)**

Pembacaan DIAL 1(0,01 mm)

NO RETAK	P (KN)	P/Pmax	Pembacaan DIAL 1	d/dmax
	1	0.015	10	0.022
	2	0.031	20	0.043
	3	0.046	26	0.056
	4	0.062	35	0.075
	5	0.077	43	0.092
	6	0.092	51	0.110
	7	0.108	56	0.120
	8	0.123	61	0.131
	9	0.138	66	0.142
	10	0.154	72	0.155
	11	0.169	76	0.163
	12	0.185	81	0.174
	13	0.200	84	0.181
	14	0.215	89	0.191
	15	0.231	92	0.198
	16	0.246	95	0.204
	17	0.262	100	0.215
	18	0.277	104	0.224
	19	0.292	107	0.230
	20	0.308	111	0.239
	21	0.323	115	0.247
	22	0.338	120	0.258
	23	0.354	124	0.267
	24	0.369	128	0.275
	25	0.385	134	0.288
	26	0.400	135	0.290
	27	0.415	138	0.297
	28	0.431	144	0.310
	29	0.446	147	0.316
	30	0.462	148	0.318
	31	0.477	149	0.320
	32	0.492	155	0.333
	33	0.508	159	0.342
	34	0.523	162	0.348
	35	0.538	164	0.353
	36	0.554	168	0.361
	37	0.569	171	0.368
	38	0.585	174	0.374
	39	0.600	179	0.385
	40	0.615	181	0.389

NO RETAK	P (KN)	P/Pmax	Pembacaan DIAL 1	d/dmax
	41	0.631	184	0.396
	42	0.646	187	0.402
	43	0.662	190	0.409
	44	0.677	199	0.428
	45	0.692	208	0.447
	46	0.708	212	0.456
	47	0.723	218	0.469
	48	0.738	222	0.477
1	49	0.754	226	0.486
	50	0.769	232	0.499
	51	0.785	235	0.505
	52	0.800	238	0.512
	53	0.815	241	0.518
	54	0.831	245	0.527
2	55	0.846	255	0.548
3	56	0.862	263	0.566
	57	0.877	355	0.763
	58	0.892	380	0.817
	59	0.908	385	0.828
	60	0.923	395	0.849
	61	0.938	401	0.862
	62	0.954	409	0.880
	63	0.969	413	0.888
	64	0.985	428	0.920
	65	1.000	465	1.000

Data Hasil Pengujian Balok dari Laboratorium
Hubungan beban dan lendutan BALOK BFS 1-3 (Beton Fiber Spiral)

Pembacaan DIAL 1(0,01 mm)

NO RETAK	P (KN)	P/Pmax	Pembacaan DIAL 1	d/dmax
1	0.009	10	0.012	
2	0.017	20	0.024	
3	0.026	32	0.038	
4	0.034	41	0.049	
5	0.043	49	0.058	
6	0.051	60	0.071	
7	0.060	68	0.081	
8	0.068	74	0.088	
9	0.077	80	0.095	
10	0.085	85	0.101	
11	0.094	91	0.108	
12	0.103	97	0.115	
13	0.111	103	0.123	
14	0.120	107	0.127	
15	0.128	112	0.133	
16	0.137	117	0.139	
17	0.145	122	0.145	
18	0.154	126	0.150	
19	0.162	130	0.155	
20	0.171	138	0.164	
21	0.179	140	0.167	
22	0.188	144	0.171	
23	0.197	149	0.177	
24	0.205	153	0.182	
25	0.214	159	0.189	
26	0.222	164	0.195	
27	0.231	169	0.201	
28	0.239	172	0.205	
29	0.248	175	0.208	
30	0.256	181	0.215	
31	0.265	184	0.219	
32	0.274	187	0.223	
33	0.282	192	0.229	
34	0.291	197	0.235	
35	0.299	200	0.238	
36	0.308	204	0.243	
37	0.316	208	0.248	
38	0.325	213	0.254	
39	0.333	216	0.257	
40	0.342	219	0.261	

NO RETAK	P (KN)	P/Pmax	Pembacaan DIAL 1	d/dmax
41	0.350	224	0.267	
42	0.359	226	0.269	
43	0.368	231	0.275	
44	0.376	234	0.279	
45	0.385	238	0.283	
46	0.393	241	0.287	
47	0.402	244	0.290	
48	0.410	248	0.295	
49	0.419	251	0.299	
50	0.427	255	0.304	
51	0.436	258	0.307	
52	0.444	262	0.312	
53	0.453	264	0.314	
54	0.462	267	0.318	
55	0.470	270	0.321	
56	0.479	275	0.327	
57	0.487	276	0.329	
58	0.496	279	0.332	
59	0.504	282	0.336	
60	0.513	285	0.339	
61	0.521	287	0.342	
62	0.530	292	0.348	
63	0.538	295	0.351	
64	0.547	297	0.354	
65	0.556	300	0.357	
66	0.564	302	0.360	
67	0.573	306	0.364	
68	0.581	309	0.368	
69	0.590	311	0.370	
70	0.598	313	0.373	
71	0.607	316	0.376	
72	0.615	318	0.379	
73	0.624	320	0.381	
74	0.632	324	0.386	
75	0.641	326	0.388	
76	0.650	329	0.392	
77	0.658	331	0.394	
78	0.667	333	0.396	
79	0.675	335	0.399	
80	0.684	338	0.402	

Data Hasil Pengujian Balok dari Laboratorium
Hubungan beban dan lendutan BALOK BFS 1-3 (Beton Fiber Spiral)

Pembacaan DIAL 1(0,01 mm)

NO	P	P/Pmax	Pembacaan	d/dmax
RETAK	(KN)		DIAL 1	
	81	0.692	340	0.405
1	82	0.701	345	0.411
	83	0.709	361	0.430
	84	0.718	364	0.433
	85	0.726	367	0.437
	86	0.735	369	0.439
2	87	0.744	372	0.443
	88	0.752	376	0.448
	89	0.761	379	0.451
	90	0.769	381	0.454
	91	0.778	383	0.456
	92	0.786	385	0.458
	93	0.795	387	0.461
	94	0.803	389	0.463
	95	0.812	391	0.465
	96	0.821	393	0.468
3	97	0.829	510	0.607
	98	0.838	607	0.723
	99	0.846	628	0.748
4	100	0.855	655	0.780
	101	0.863	672	0.800
	102	0.872	679	0.808
	103	0.880	685	0.815
	104	0.889	693	0.825
	105	0.897	720	0.857
5	106	0.906	728	0.867
	107	0.915	740	0.881
	108	0.923	745	0.887
	109	0.932	749	0.892
	110	0.940	755	0.899
	111	0.949	770	0.917
	112	0.957	780	0.929
	113	0.966	786	0.936
	114	0.974	795	0.946
	115	0.983	808	0.962
	116	0.991	820	0.976
6	117	1.000	840	1.000

**Data Hasil Pengujian Balok dari Laboratorium
Hubungan beban dan lendutan BALOK BFS 2-1 (Beton Fiber Spiral)**

Pembacaan DIAL 1 (0,01 mm)

NO	P	P/Pmax	Pembacaan	d/dmax
RETAK	(KN)		DIAL 1	
	1	0.007	13	0.017
	2	0.015	15	0.019
	3	0.022	20	0.026
	4	0.029	26	0.034
	5	0.036	31	0.040
	6	0.044	35	0.045
	7	0.051	39	0.050
	8	0.058	44	0.057
	9	0.066	47	0.061
	10	0.073	50	0.065
	11	0.080	55	0.071
	12	0.088	57	0.074
	13	0.095	60	0.077
	14	0.102	63	0.081
	15	0.109	66	0.085
	16	0.117	70	0.090
	17	0.124	74	0.095
	18	0.131	80	0.103
	19	0.139	80	0.103
	20	0.146	84	0.108
	21	0.153	88	0.114
	22	0.161	95	0.123
	23	0.168	96	0.124
	24	0.175	100	0.129
	25	0.182	102	0.132
	26	0.190	109	0.141
	27	0.197	111	0.143
	28	0.204	114	0.147
	29	0.212	124	0.160
	30	0.219	124	0.160
	31	0.226	125	0.161
	32	0.234	126	0.163
	33	0.241	130	0.168
	34	0.248	136	0.175
	35	0.255	141	0.182
	36	0.263	145	0.187
	37	0.270	147	0.190
	38	0.277	150	0.194
	39	0.285	154	0.199
	40	0.292	158	0.204

NO	P	P/Pmax	Pembacaan	d/dmax
RETAK	(KN)		DIAL 1	
	41	0.299	159	0.205
	42	0.307	162	0.209
	43	0.314	165	0.213
	44	0.321	170	0.219
	45	0.328	171	0.221
	46	0.336	172	0.222
	47	0.343	176	0.227
	48	0.350	181	0.234
	49	0.358	182	0.235
	50	0.365	184	0.237
	51	0.372	187	0.241
	52	0.380	192	0.248
	53	0.387	193	0.249
	54	0.394	195	0.252
	55	0.401	197	0.254
	56	0.409	199	0.257
	57	0.416	202	0.261
	58	0.423	205	0.265
	59	0.431	207	0.267
	60	0.438	211	0.272
	61	0.445	213	0.275
	62	0.453	216	0.279
	63	0.460	219	0.283
	64	0.467	224	0.289
	65	0.474	225	0.290
	66	0.482	227	0.293
	67	0.489	230	0.297
	68	0.496	232	0.299
	69	0.504	236	0.305
	70	0.511	238	0.307
	71	0.518	243	0.314
	72	0.526	248	0.320
	73	0.533	250	0.323
	74	0.540	252	0.325
	75	0.547	255	0.329
	76	0.555	257	0.332
	77	0.562	259	0.334
	78	0.569	261	0.337
	79	0.577	262	0.338
	80	0.584	265	0.342

Data Hasil Pengujian Balok dari Laboratorium
Hubungan beban dan lendutan BALOK BFS 2-1 (Beton Fiber Spiral)

Pembacaan DIAL 1(0,01 mm)

NO	P	P/Pmax	Pembacaan	d/dmax
RETAK	(KN)		DIAL 1	
	81	0.591	269	0.347
	82	0.599	272	0.351
	83	0.606	275	0.355
	84	0.613	277	0.357
	85	0.620	281	0.363
	86	0.628	282	0.364
	87	0.635	283	0.365
	88	0.642	285	0.368
	89	0.650	287	0.370
	90	0.657	289	0.373
1	91	0.664	291	0.375
	92	0.672	295	0.381
	93	0.679	296	0.382
	94	0.686	297	0.383
	95	0.693	298	0.385
	96	0.701	300	0.387
	97	0.708	301	0.388
	98	0.715	302	0.390
2	99	0.723	304	0.392
	100	0.730	308	0.397
3	101	0.737	330	0.426
4	102	0.745	430	0.555
	103	0.752	442	0.570
	104	0.759	449	0.579
	105	0.766	458	0.591
5	106	0.774	467	0.603
	107	0.781	487	0.628
6	108	0.788	496	0.640
	109	0.796	508	0.655
7	110	0.803	514	0.663
	111	0.810	520	0.671
	112	0.818	527	0.680
	113	0.825	533	0.688
	114	0.832	540	0.697
	115	0.839	553	0.714
	116	0.847	563	0.726
	117	0.854	568	0.733
	118	0.861	579	0.747
	119	0.869	586	0.756
8	120	0.876	595	0.768

NO	P	P/Pmax	Pembacaan	d/dmax
RETAK	(KN)		DIAL 1	
	121	0.883	620	0.800
	122	0.891	630	0.813
	123	0.898	645	0.832
	124	0.905	660	0.852
	125	0.912	668	0.862
	126	0.920	675	0.871
	127	0.927	681	0.879
	128	0.934	689	0.889
	129	0.942	698	0.901
	130	0.949	708	0.914
	131	0.956	715	0.923
	132	0.964	721	0.930
	133	0.971	729	0.941
	134	0.978	734	0.947
	135	0.985	742	0.957
	136	0.993	752	0.970
	137	1.000	775	1.000

**Data Hasil Pengujian Balok dari Laboratorium
Hubungan beban dan lendutan BALOK BFS 2-2 (Beton Fiber Spiral)**

Pembacaan DIAL 1 (0,01 mm)

NO RETAK	P (KN)	P/Pmax	Pembacaan DIAL 1	d/dmax
	1	0.007	6	0.008
	2	0.014	11	0.015
	3	0.021	18	0.024
	4	0.029	25	0.033
	5	0.036	32	0.043
	6	0.043	39	0.052
	7	0.050	45	0.060
	8	0.057	52	0.069
	9	0.064	56	0.074
	10	0.071	60	0.080
	11	0.079	65	0.086
	12	0.086	68	0.090
	13	0.093	71	0.094
	14	0.100	75	0.100
	15	0.107	79	0.105
	16	0.114	83	0.110
	17	0.121	88	0.117
	18	0.129	93	0.124
	19	0.136	98	0.130
	20	0.143	102	0.136
	21	0.150	106	0.141
	22	0.157	109	0.145
	23	0.164	114	0.152
	24	0.171	120	0.160
	25	0.179	121	0.161
	26	0.186	123	0.164
	27	0.193	126	0.168
	28	0.200	130	0.173
	29	0.207	134	0.178
	30	0.214	138	0.184
	31	0.221	139	0.185
	32	0.229	144	0.191
	33	0.236	146	0.194
	34	0.243	151	0.201
	35	0.250	154	0.205
	36	0.257	157	0.209
	37	0.264	160	0.213
	38	0.271	164	0.218
	39	0.279	168	0.223
	40	0.286	171	0.227

NO RETAK	P (KN)	P/Pmax	Pembacaan DIAL 1	d/dmax
	41	0.293	175	0.233
	42	0.300	178	0.237
	43	0.307	181	0.241
	44	0.314	185	0.246
	45	0.321	187	0.249
	46	0.329	190	0.253
	47	0.336	192	0.255
	48	0.343	194	0.258
	49	0.350	197	0.262
	50	0.357	200	0.266
	51	0.364	203	0.270
	52	0.371	205	0.273
	53	0.379	208	0.277
	54	0.386	212	0.282
	55	0.393	214	0.285
	56	0.400	217	0.289
	57	0.407	220	0.293
	58	0.414	223	0.297
	59	0.421	226	0.301
	60	0.429	228	0.303
	61	0.436	230	0.306
	62	0.443	233	0.310
	63	0.450	235	0.313
	64	0.457	238	0.316
	65	0.464	240	0.319
	66	0.471	244	0.324
	67	0.479	246	0.327
	68	0.486	248	0.330
	69	0.493	251	0.334
	70	0.500	254	0.338
	71	0.507	257	0.342
	72	0.514	260	0.346
	73	0.521	262	0.348
	74	0.529	265	0.352
	75	0.536	269	0.358
	76	0.543	272	0.362
	77	0.550	275	0.366
	78	0.557	277	0.368
	79	0.564	279	0.371
	80	0.571	283	0.376

Data Hasil Pengujian Balok dari Laboratorium
Hubungan beban dan lendutan BALOK BFS 2-2 (Beton Fiber Spiral)

Pembacaan DIAL 1(0,01 mm)

NO RETAK	P (KN)	P/Pmax	Pembacaan DIAL 1	d/dmax
1	81	0.579	290	0.386
	82	0.586	294	0.391
	83	0.593	296	0.394
	84	0.600	299	0.398
	85	0.607	301	0.400
	86	0.614	303	0.403
	87	0.621	305	0.406
	88	0.629	308	0.410
	89	0.636	312	0.415
	90	0.643	324	0.431
	91	0.650	328	0.436
	92	0.657	331	0.440
	93	0.664	333	0.443
2	94	0.671	335	0.445
3	95	0.679	344	0.457
4	96	0.686	350	0.465
	97	0.693	360	0.479
	98	0.700	365	0.485
	99	0.707	371	0.493
5	100	0.714	380	0.505
	101	0.721	442	0.588
	102	0.729	449	0.597
	103	0.736	452	0.601
	104	0.743	460	0.612
	105	0.750	465	0.618
	106	0.757	471	0.626
	107	0.764	480	0.638
6	108	0.771	490	0.652
	109	0.779	500	0.665
	110	0.786	505	0.672
	111	0.793	510	0.678
	112	0.800	515	0.685
	113	0.807	520	0.691
	114	0.814	528	0.702
	115	0.821	536	0.713
7	116	0.829	542	0.721
	117	0.836	551	0.733
	118	0.843	555	0.738
8	119	0.850	564	0.750
9	120	0.857	575	0.765

NO RETAK	P (KN)	P/Pmax	Pembacaan DIAL 1	d/dmax
	121	0.864	587	0.781
	122	0.871	595	0.791
	123	0.879	600	0.798
	124	0.886	605	0.805
	125	0.893	613	0.815
	126	0.900	619	0.823
	127	0.907	625	0.831
	128	0.914	632	0.840
10	129	0.921	637	0.847
	130	0.929	648	0.862
	131	0.936	654	0.870
	132	0.943	660	0.878
	133	0.950	665	0.884
11	134	0.957	673	0.895
	135	0.964	688	0.915
	136	0.971	697	0.927
	137	0.979	705	0.938
	138	0.986	714	0.949
12	139	0.993	739	0.983
	140	1.000	752	1.000

**Data Hasil Pengujian Balok dari Laboratorium
Hubungan beban dan lendutan BALOK BFS 2-3 (Beton Fiber Spiral)**

Pembacaan DIAL 1(0,01 mm)

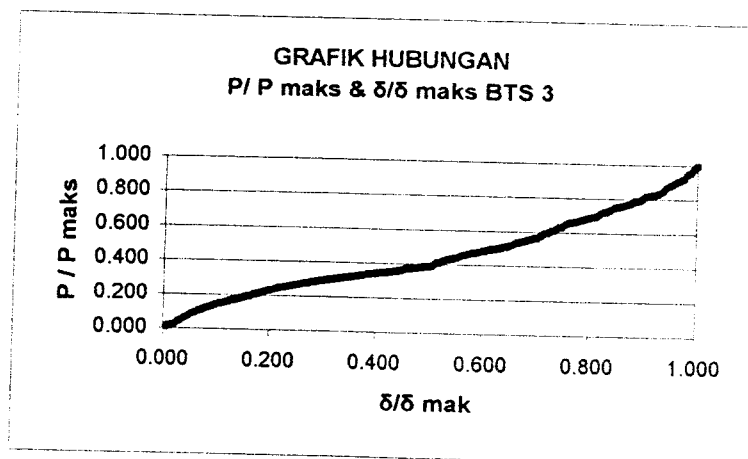
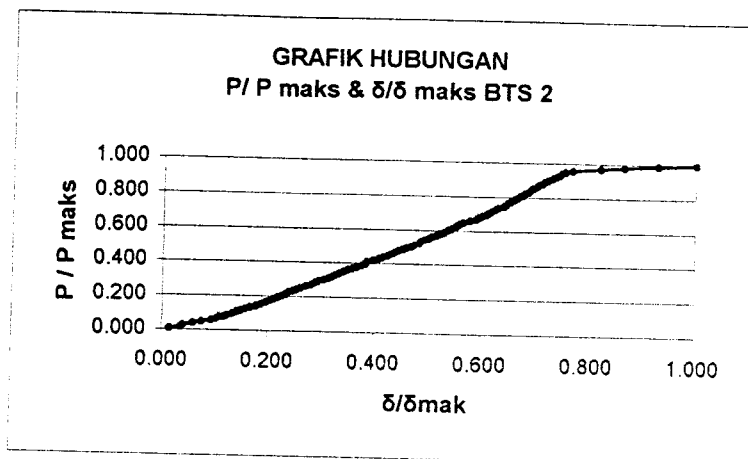
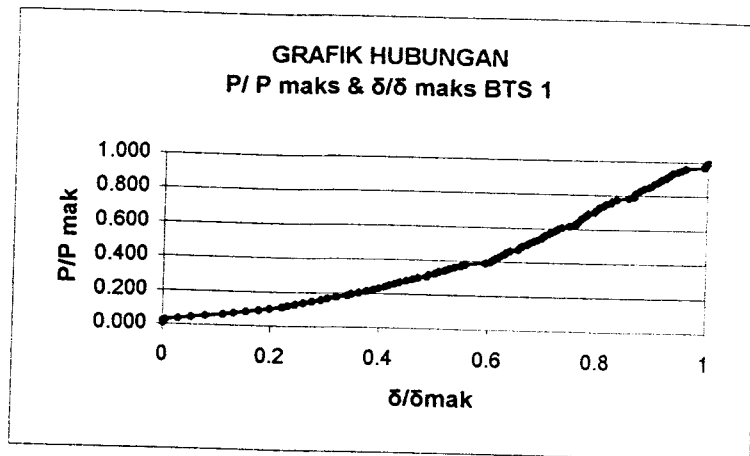
NO RETAK	P (KN)	P/Pmax	Pembacaan DIAL 1	d/dmax
	1	0.009	9	0.016
	2	0.018	14	0.025
	3	0.028	22	0.039
	4	0.037	29	0.052
	5	0.046	34	0.061
	6	0.055	40	0.071
	7	0.064	45	0.080
	8	0.073	49	0.088
	9	0.083	53	0.095
	10	0.092	56	0.100
	11	0.101	60	0.107
	12	0.110	63	0.113
	13	0.119	66	0.118
	14	0.128	70	0.125
	15	0.138	73	0.130
	16	0.147	77	0.138
	17	0.156	81	0.145
	18	0.165	85	0.152
	19	0.174	88	0.157
	20	0.183	92	0.164
	21	0.193	96	0.171
	22	0.202	100	0.179
	23	0.211	104	0.186
	24	0.220	108	0.193
	25	0.229	112	0.200
	26	0.239	116	0.207
	27	0.248	120	0.214
	28	0.257	124	0.221
	29	0.266	129	0.230
	30	0.275	132	0.236
	31	0.284	137	0.245
	32	0.294	140	0.250
	33	0.303	144	0.257
	34	0.312	147	0.263
	35	0.321	150	0.268
	36	0.330	154	0.275
	37	0.339	158	0.282
	38	0.349	160	0.286
	39	0.358	164	0.293
	40	0.367	166	0.296

NO RETAK	P (KN)	P/Pmax	Pembacaan DIAL 1	d/dmax
	41	0.376	170	0.304
	42	0.385	173	0.309
	43	0.394	175	0.313
	44	0.404	178	0.318
	45	0.413	181	0.323
	46	0.422	184	0.329
	47	0.431	186	0.332
	48	0.440	189	0.338
	49	0.450	193	0.345
	50	0.459	196	0.350
	51	0.468	199	0.355
	52	0.477	202	0.361
	53	0.486	205	0.366
	54	0.495	208	0.371
	55	0.505	210	0.375
	56	0.514	214	0.382
	57	0.523	218	0.389
	58	0.532	220	0.393
	59	0.541	222	0.396
	60	0.550	224	0.400
	61	0.560	227	0.405
	62	0.569	230	0.411
	63	0.578	232	0.414
	64	0.587	234	0.418
	65	0.596	237	0.423
	66	0.606	240	0.429
	67	0.615	242	0.432
	68	0.624	244	0.436
	69	0.633	246	0.439
	70	0.642	248	0.443
	71	0.651	250	0.446
	72	0.661	252	0.450
	73	0.670	254	0.454
	74	0.679	256	0.457
	75	0.688	258	0.461
	76	0.697	259	0.463
	77	0.706	261	0.466
	78	0.716	265	0.473
	79	0.725	266	0.475
	80	0.734	267	0.477

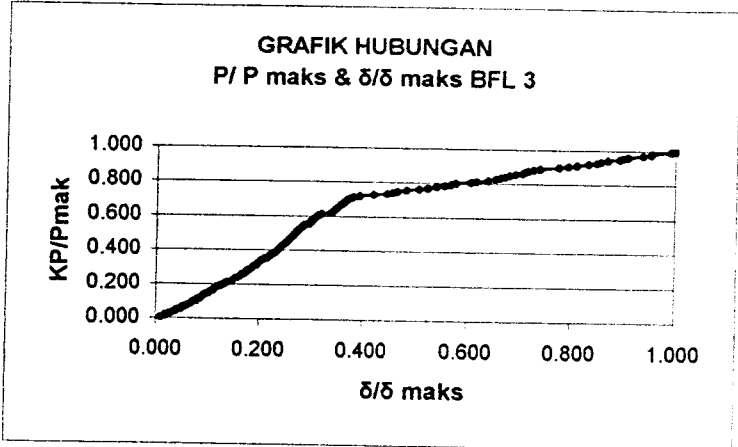
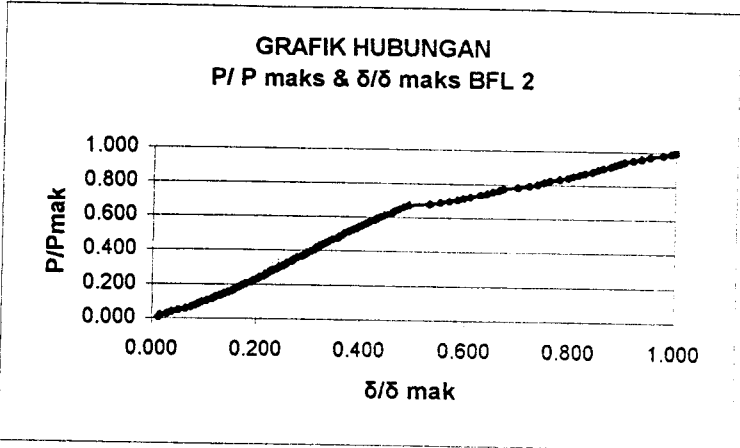
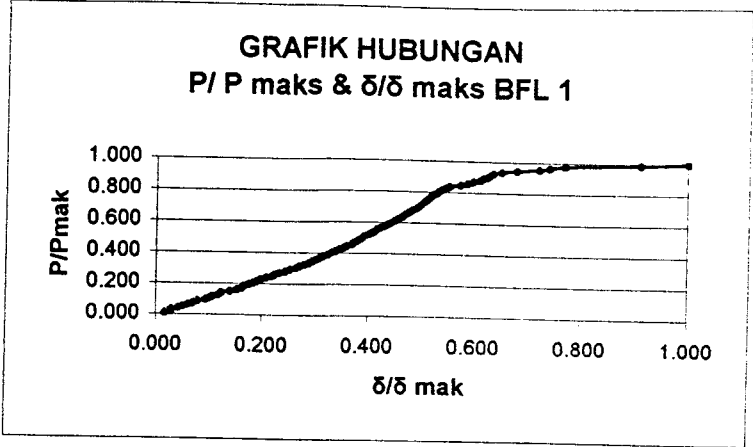
**Data Hasil Pengujian Balok dari Laboratorium
Hubungan beban dan lendutan BALOK BFS 2-3 (Beton Fiber Spiral)**

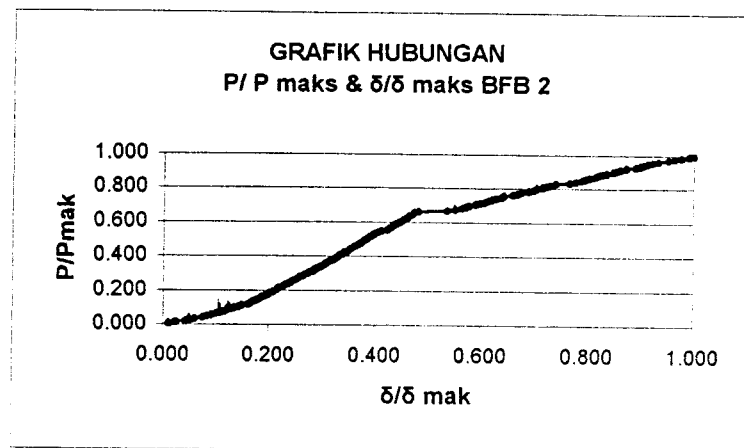
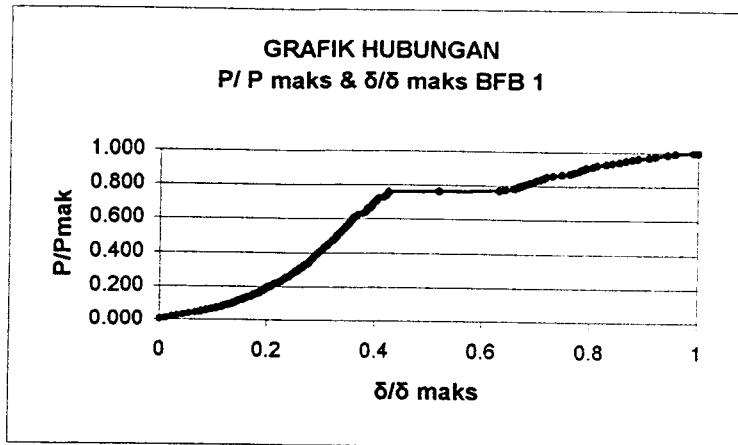
Pembacaan DIAL 1(0,01 mm)

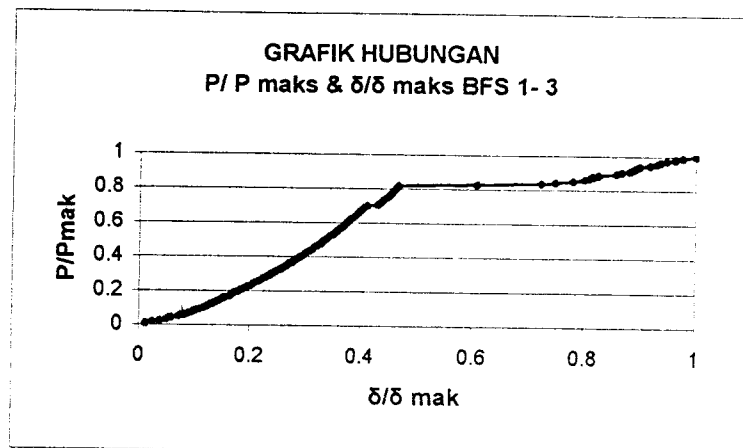
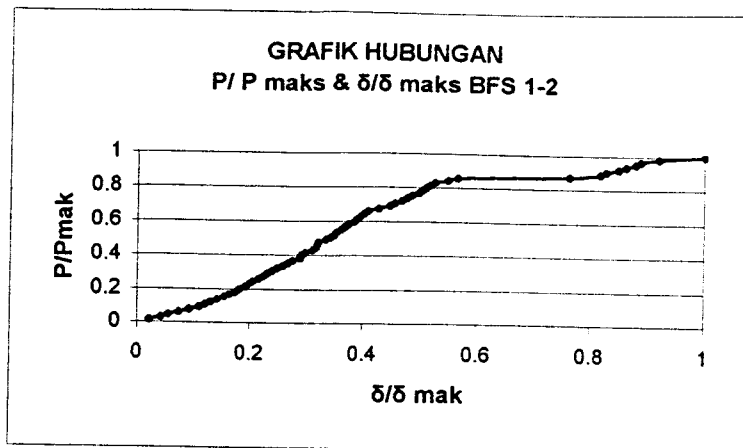
NO	P	P/Pmax	Pembacaan	d/dmax
RETAK	(KN)		DIAL 1	
	81	0.743	269	0.480
	82	0.752	270	0.482
	83	0.761	272	0.486
	84	0.771	273	0.488
	85	0.780	274	0.489
	86	0.789	276	0.493
	87	0.798	278	0.496
	88	0.807	279	0.498
	89	0.817	280	0.500
	90	0.826	281	0.502
	91	0.835	283	0.505
	92	0.844	285	0.509
	93	0.853	286	0.511
	94	0.862	287	0.513
	95	0.872	289	0.516
1	96	0.881	296	0.529
	97	0.890	303	0.541
	98	0.899	305	0.545
	99	0.908	306	0.546
	100	0.917	319	0.570
	101	0.927	324	0.579
	102	0.936	326	0.582
2	103	0.945	328	0.586
	104	0.954	331	0.591
	105	0.963	334	0.596
	106	0.972	338	0.604
3	107	0.982	343	0.613
4	108	0.991	420	0.750
	109	1.000	560	1.000

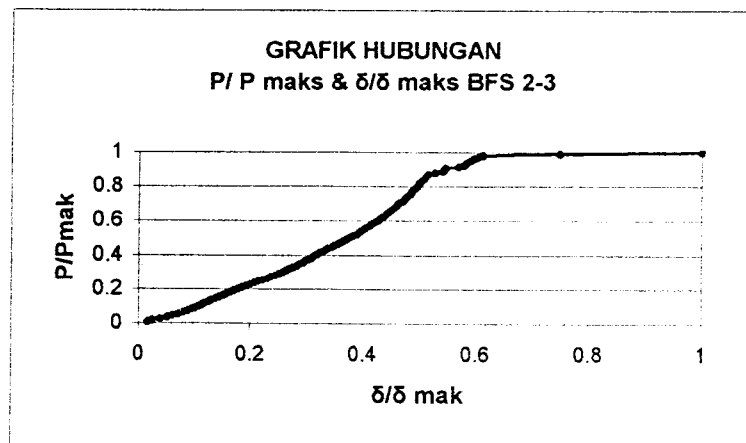
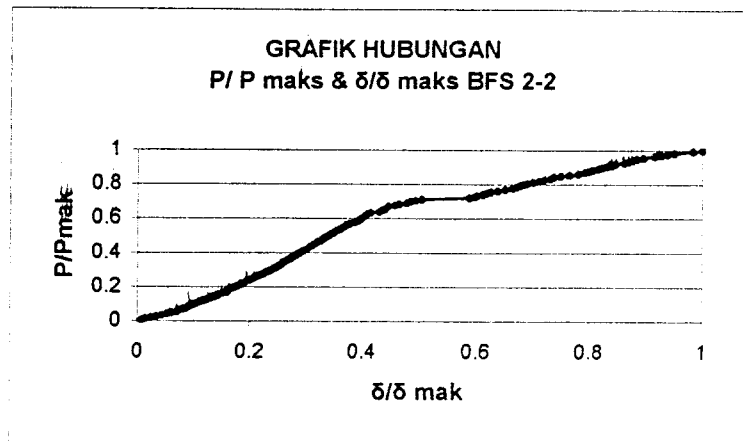
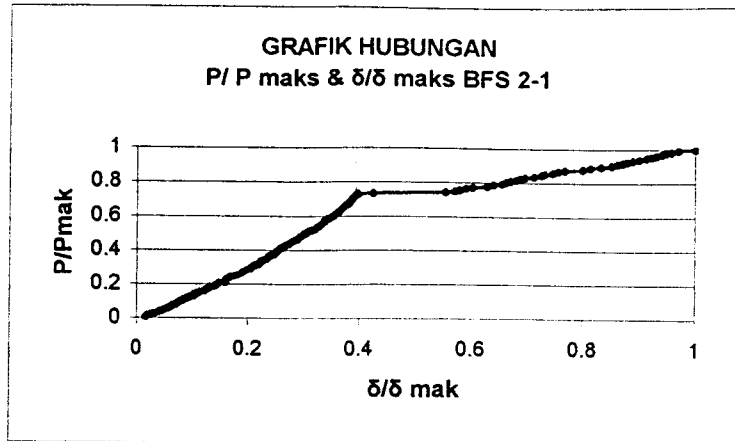


]

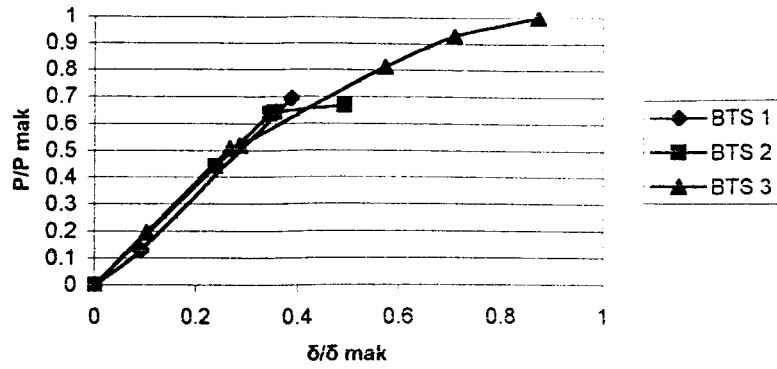




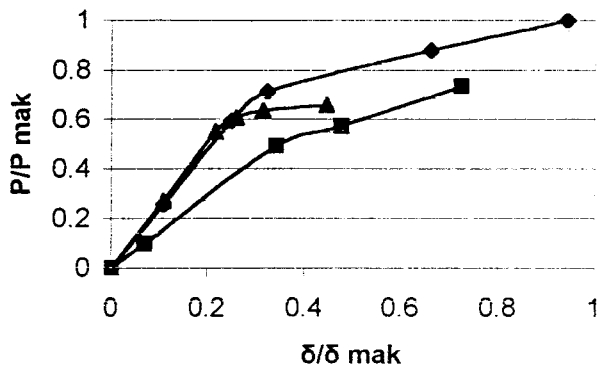




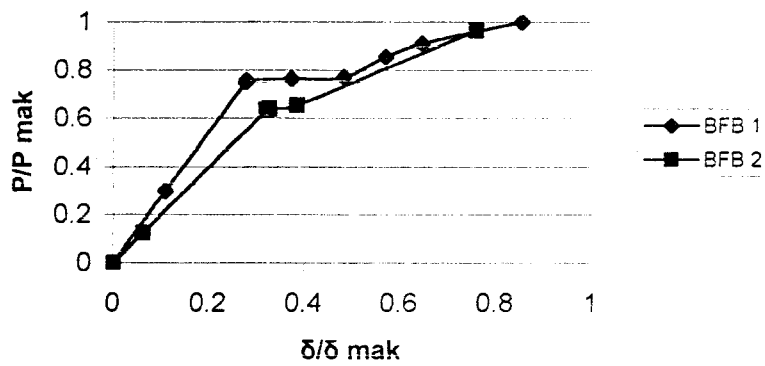
**GRAFIK REGRESI HUBUNGAN
P/ P maks & δ/δ maks BTS**

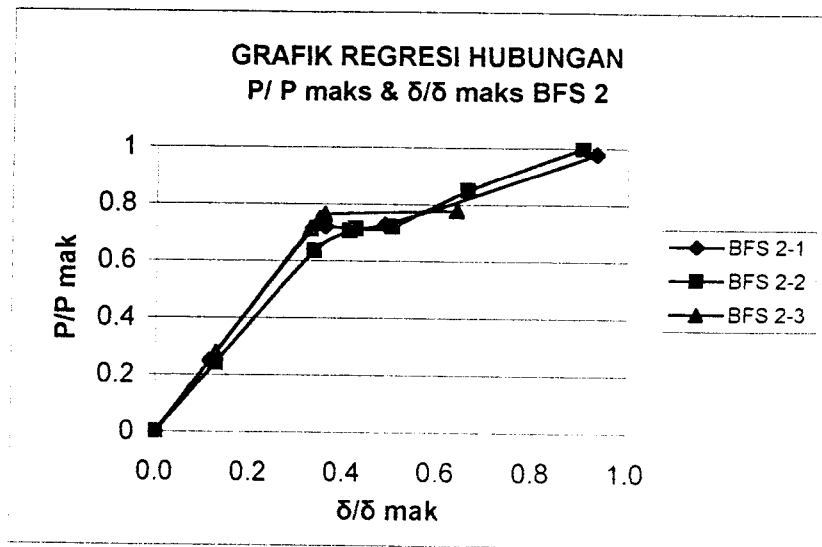
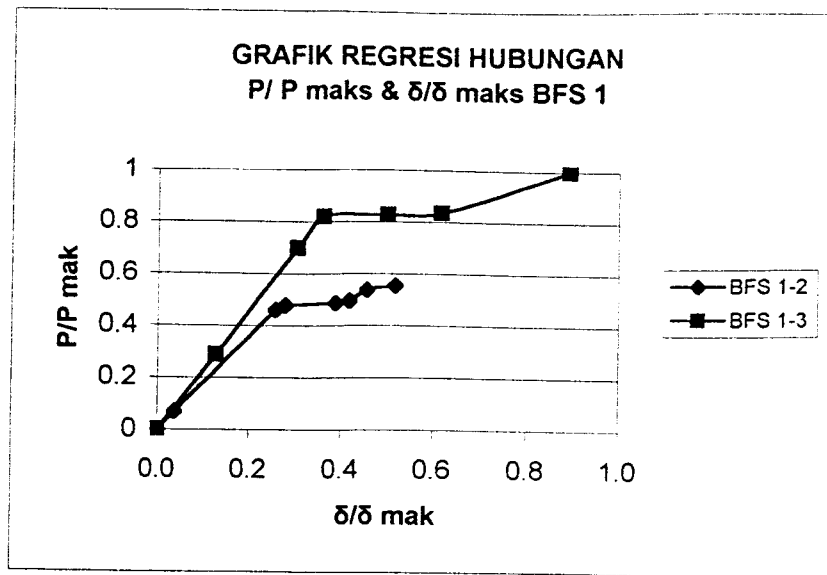


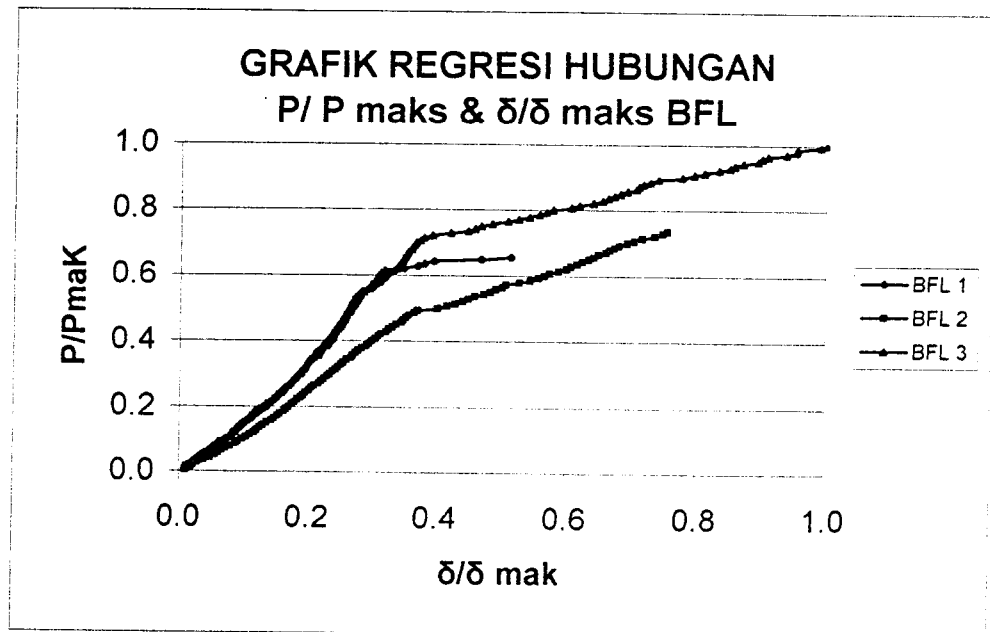
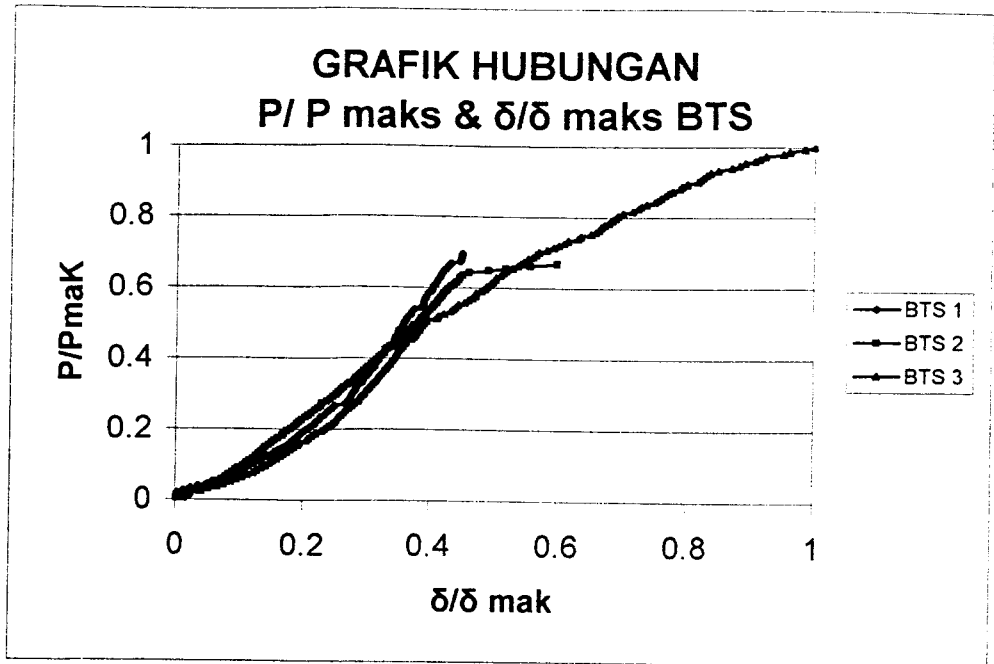
**GRAFIK REGRESI HUBUNGAN
P/ P maks & δ/δ maks BFL**

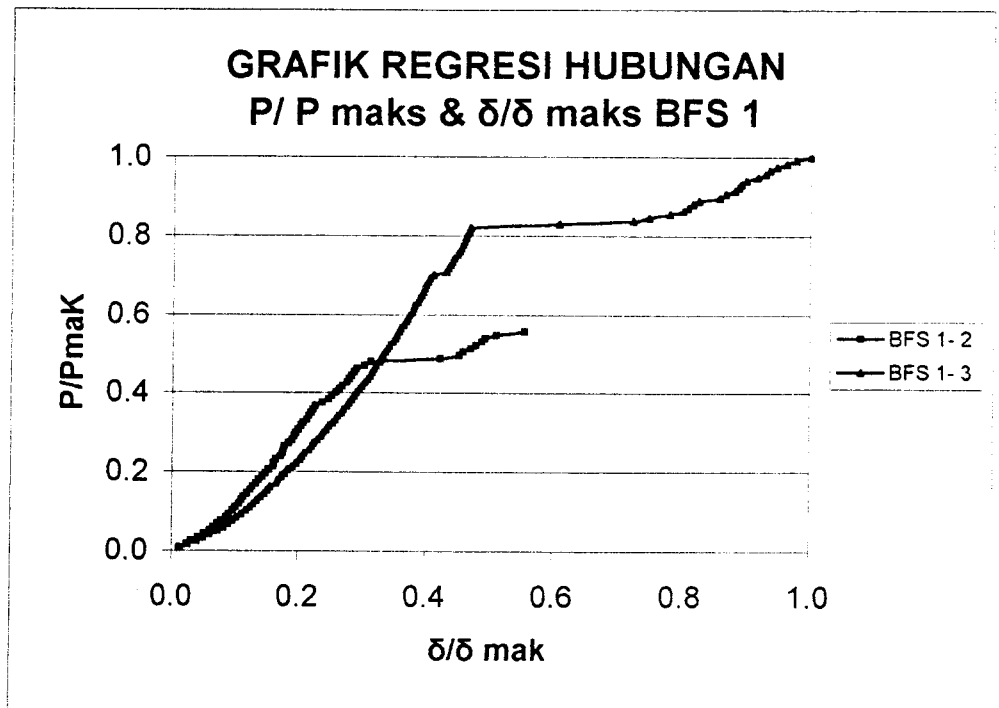
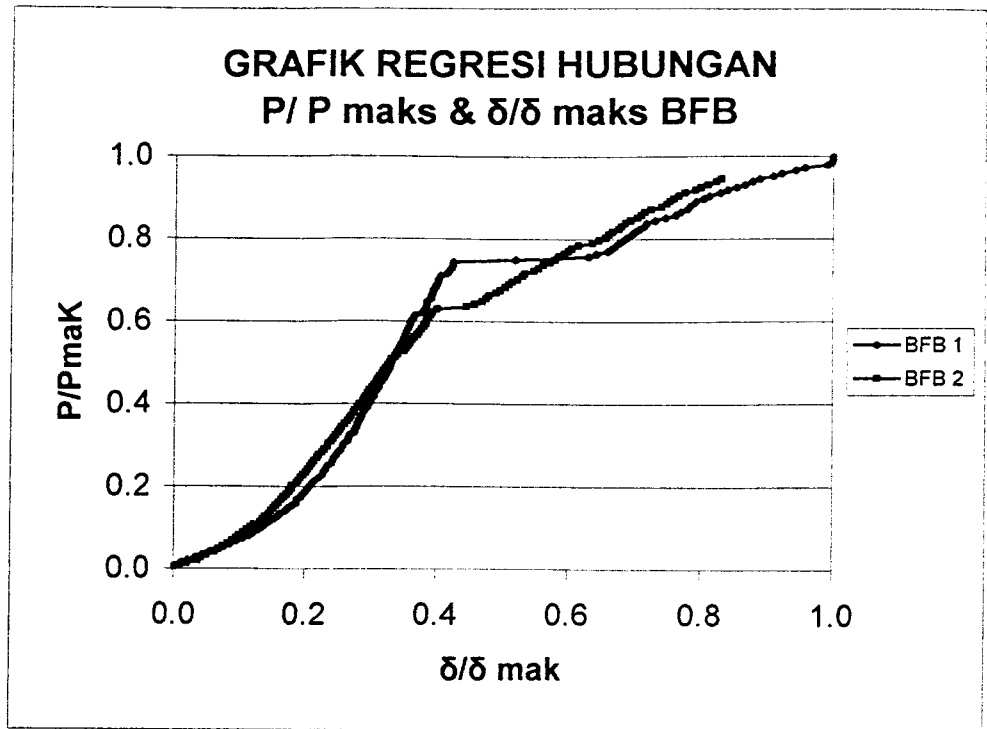


**GRAFIK REGRESI HUBUNGAN
P/ P maks & δ/δ maks BFB**

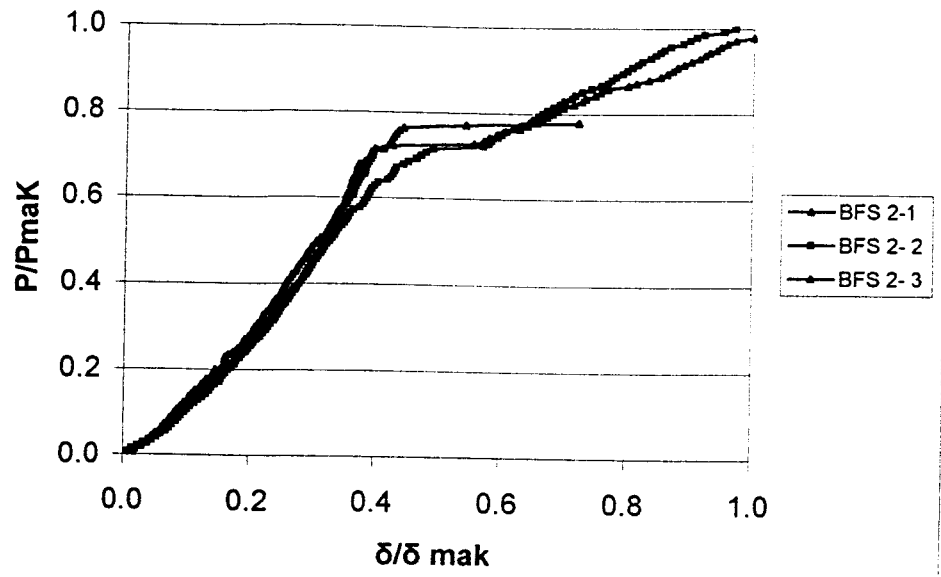








GRAFIK REGRESI HUBUNGAN P/ P maks & δ/δ maks BFS 2



LAMPIRAN PANJANG RETAK
(HUBUNGAN P / P MAK DENGAN L / L MAK)

BTS 1

NO RETAK	P (KN)	P / P maks	PANJANG RETAK (CM)	L / Lmaks
3	95	0.913	9	0.363
4	104	1	24.8	1

BTS 2

NO RETAK	P (KN)	P / P maks	PANJANG RETAK (CM)	L / Lmaks
2	85	0.833	4	0.167
4	94	0.922	8	0.333
5	101	0.990	14	0.583
6	102	1	24	1

BTS 3

NO RETAK	P (KN)	P / P maks	PANJANG RETAK (CM)	L / Lmaks
3	78	0.605	12.2	0.530
5	81	0.628	18.5	0.804
6	84	0.651	20	0.870
7	91	0.705	21	0.913
8	129	1	23	1

BFL 1

NO	P	P / P maks	PANJANG	L / Lmaks
RETAK	(KN)		RETAK (CM)	
1	78	0.886	21.5	0.896
5	88	1	24	1

BFL 2

NO	P	P / P maks	PANJANG	L / Lmaks
RETAK	(KN)		RETAK (CM)	
1	50	0.543	6	0.25
2	57	0.620	13.5	0.563
3	62	0.674	19	0.792
4	71	0.772	22	0.917
7	92	1	24	1

BFL 3

NO	P	P / P maks	PANJANG	L / Lmaks
RETAK	(KN)		RETAK (CM)	
10	140	1	24	1

BFB 1

NO	P	P / P maks	PANJANG	L / Lmaks
RETAK	(KN)		RETAK (CM)	
2	106	0.869	14	0.622
5	122	1	22.5	1

BFB 2

NO	P	P / P maks	PANJANG	L / Lmaks
RETAK	(KN)		RETAK (CM)	
1	78	0.605	14	0.651
4	94	0.729	20	0.930
7	129	1	21.5	1

BFS 1-2

NO	P	P / P maks	PANJANG	L / Lmaks
RETAK	(KN)		RETAK (CM)	
1	49	0.875	19.6	0.817
3	56	1	24	1

BFS 1-3

NO	P	P / P maks	PANJANG	L / Lmaks
RETAK	(KN)		RETAK (CM)	
1	82	0.774	5.6	0.229
2	87	0.821	7	0.286
3	97	0.915	9	0.367
5	106	1	24.5	1

BFS 2-1

NO	P	P / P maks	PANJANG	L / Lmaks
RETAK	(KN)		RETAK (CM)	
3	101	0.990	22.2	0.941
4	102	1	23.6	1

BFS 2-2

NO	P	P / P maks	PANJANG	L / Lmaks
RETAK	(KN)		RETAK (CM)	
12	139	1	24	1

BFS 2-3

NO	P	P / P maks	PANJANG	L / Lmaks
RETAK	(KN)		RETAK (CM)	
1	96	0.881	14	0.598
3	103	0.945	16	0.684
4	107	0.982	20	0.855
5	108	0.991	22.6	0.966
6	109	1	23.4	1

TABEL PANJANG RETAK MAKSIMUM

KODE	PANJANG	RATA -
BALOK	RETAK (CM)	RATA
BTS 1	24.800	
BTS 2	24.000	
BTS 3	23.000	23.933
BFL 1	24.000	
BFL 2	24.000	
BFL3	24.000	24.000
BFB 1	22.500	
BFB 2	21.500	22.000
BFS 1-2	24.000	
BFS 1-3	24.500	24.250
BFS 2-1	23.600	
BFS 2-2	24.000	
BFS 2-3	23.400	23.667

TABEL PANJANG RETAK HUBUNGAN
P / P MAK DENGAN L / L MAK GABUNGAN

BTS 1

P (KN)	P / P maks	PANJANG RETAK (CM)	L / Lmaks
95	0.736	9	0.363
104	0.806	24.8	1

BTS 2

P (KN)	P / P maks	PANJANG RETAK (CM)	L / Lmaks
85	0.659	4	0.161
94	0.729	8	0.323
101	0.783	14	0.565
102	0.791	24	0.968

BTS 3

P (KN)	P / P maks	PANJANG RETAK (CM)	L / Lmaks
78	0.605	12.2	0.492
81	0.628	18.5	0.746
84	0.651	20	0.806
91	0.705	21	0.847
129	1	23	0.927

BFL 1

P (KN)	P / P maks	PANJANG RETAK (CM)	L / Lmaks
78	0.557	21.5	0.896
88	0.629	24	1.000

BFL 2

P (KN)	P / P maks	PANJANG RETAK (CM)	L / Lmaks
50	0.357	6	0.250
57	0.407	13.5	0.563
62	0.443	19	0.792
71	0.507	22	0.917
92	0.657	24	1.000

BFL 3

P (KN)	P / P maks	PANJANG RETAK (CM)	L / Lmaks
140	1	24	1

BFB 1

P (KN)	P / P maks	PANJANG RETAK (CM)	L / Lmaks
106	0.822	14	0.622
122	0.946	22.5	1.000

BFB 2

P (KN)	P / P maks	PANJANG RETAK (CM)	L / Lmaks
78	0.605	14	0.622
94	0.729	20	0.889
129	1	21.5	0.956

BFS 1-2

P (KN)	P / P maks	PANJANG RETAK (CM)	L / Lmaks
49	0.462	19.6	0.800
56	0.528	24	0.980

BFS 1-3

P (KN)	P / P maks	PANJANG RETAK (CM)	L / Lmaks
82	0.774	5.6	0.229
87	0.821	7	0.286
97	0.915	9	0.367
106	1.000	24.5	1.000

BFS 2-1

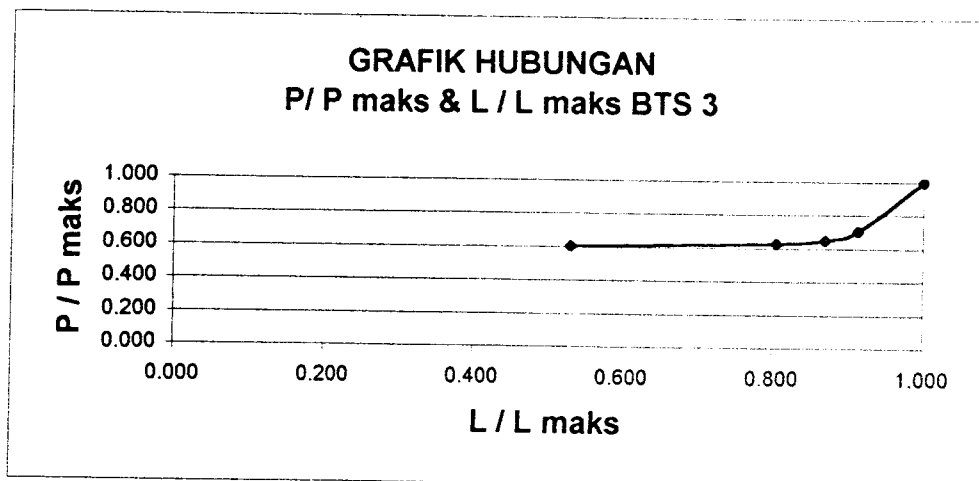
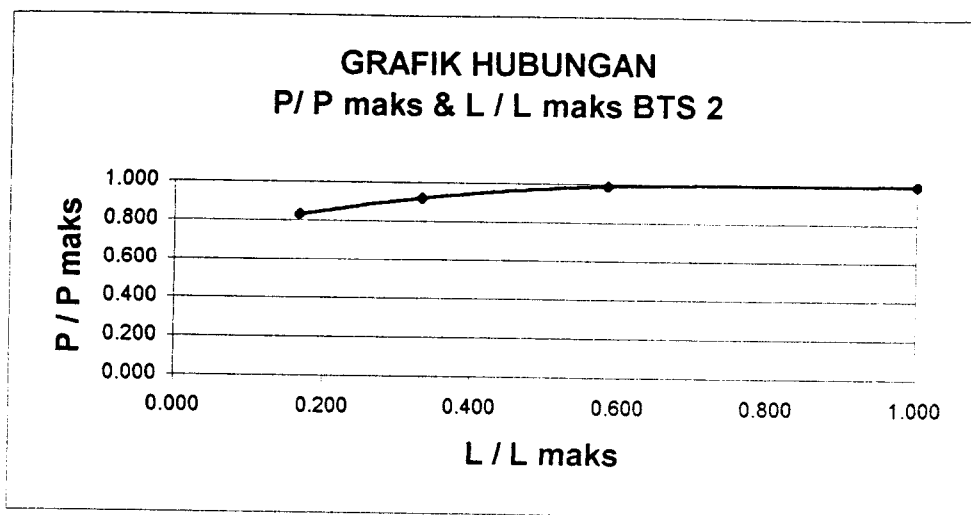
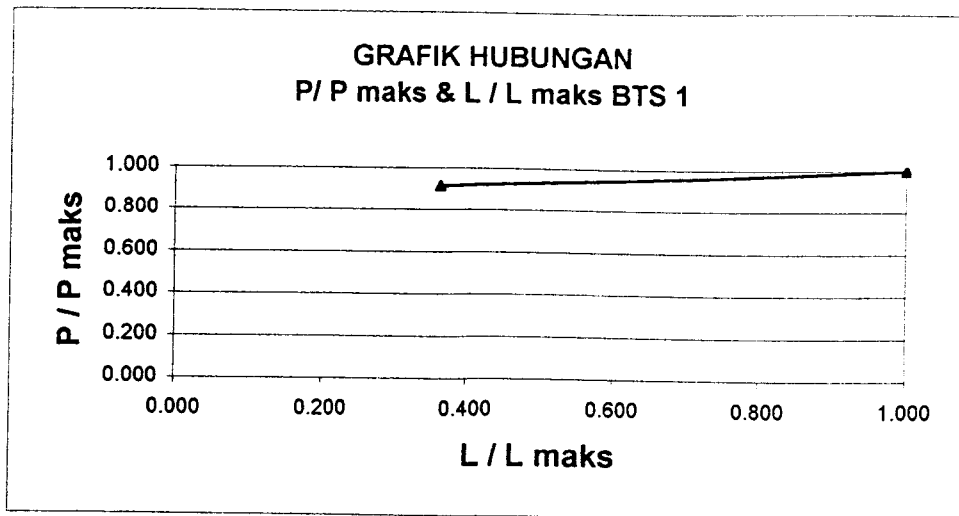
P (KN)	P / P maks	PANJANG RETAK (CM)	L / Lmaks
101	0.727	22.2	0.925
102	0.734	23.6	0.983

BFS 2-2

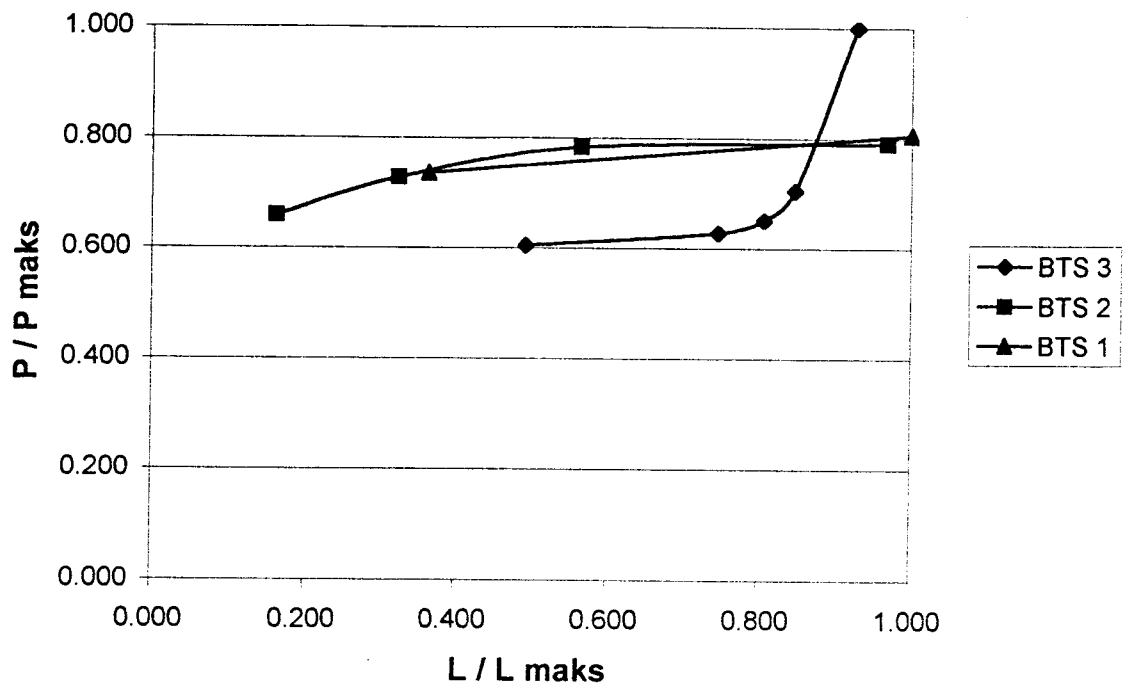
P (KN)	P / P maks	PANJANG RETAK (CM)	L / Lmaks
139	1.000	24	1.000

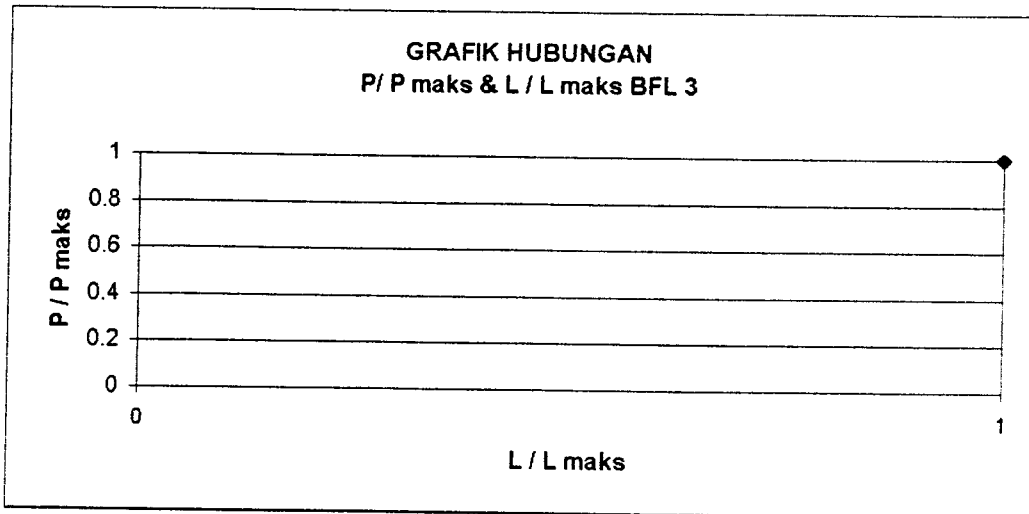
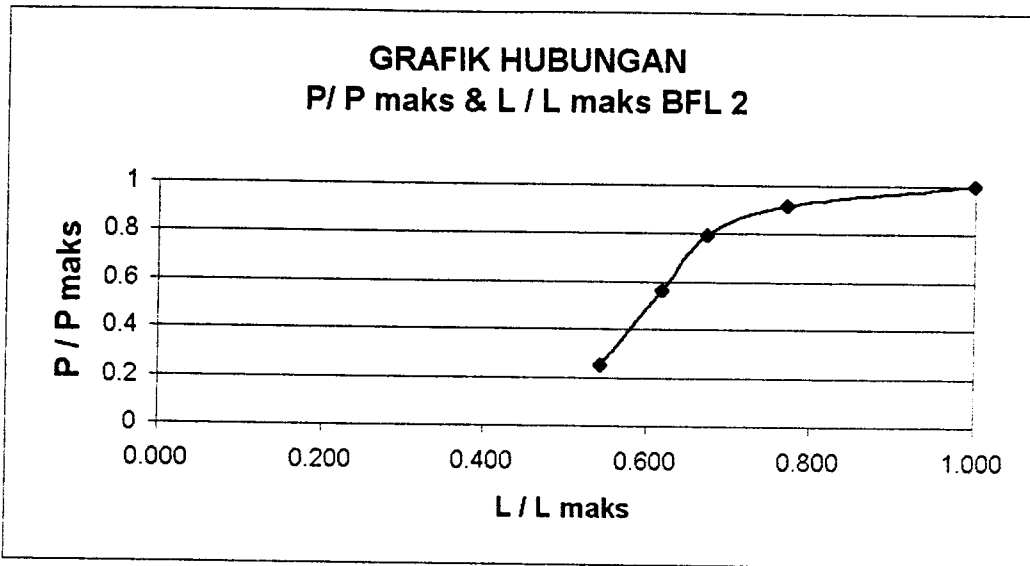
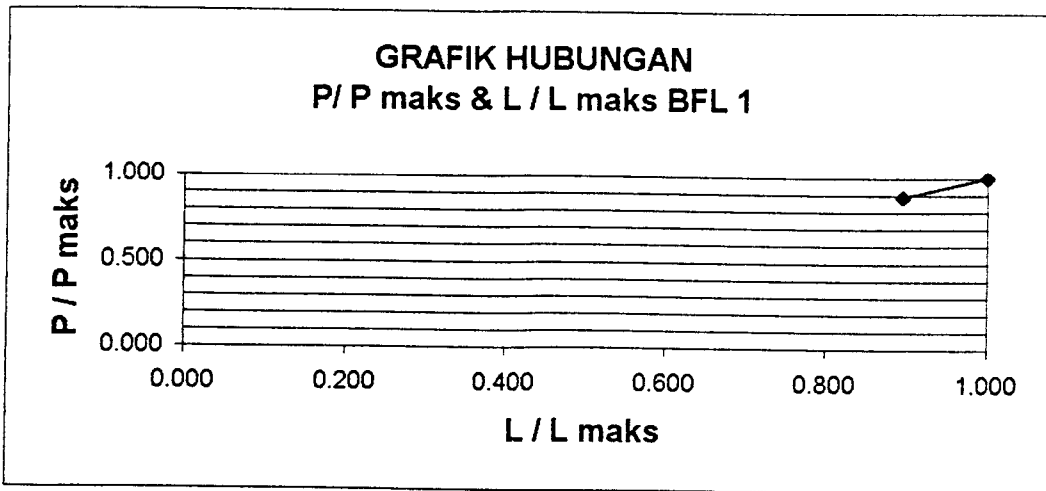
BFS 2-3

P (KN)	P / P maks	PANJANG RETAK (CM)	L / Lmaks
96	0.691	14	0.583
103	0.741	16	0.667
107	0.770	20	0.833
108	0.777	22.6	0.942
109	0.784	23.4	0.975

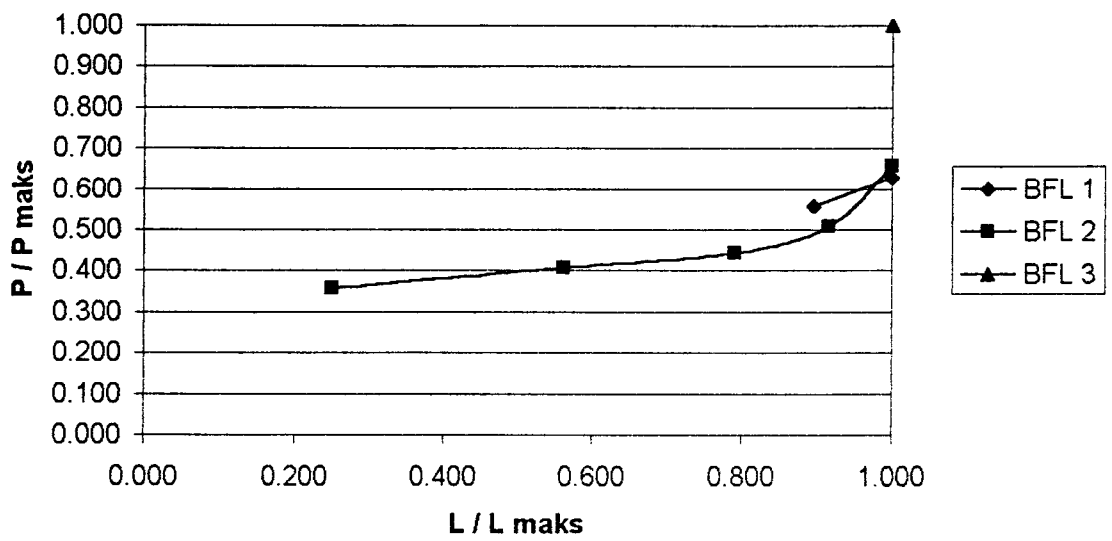


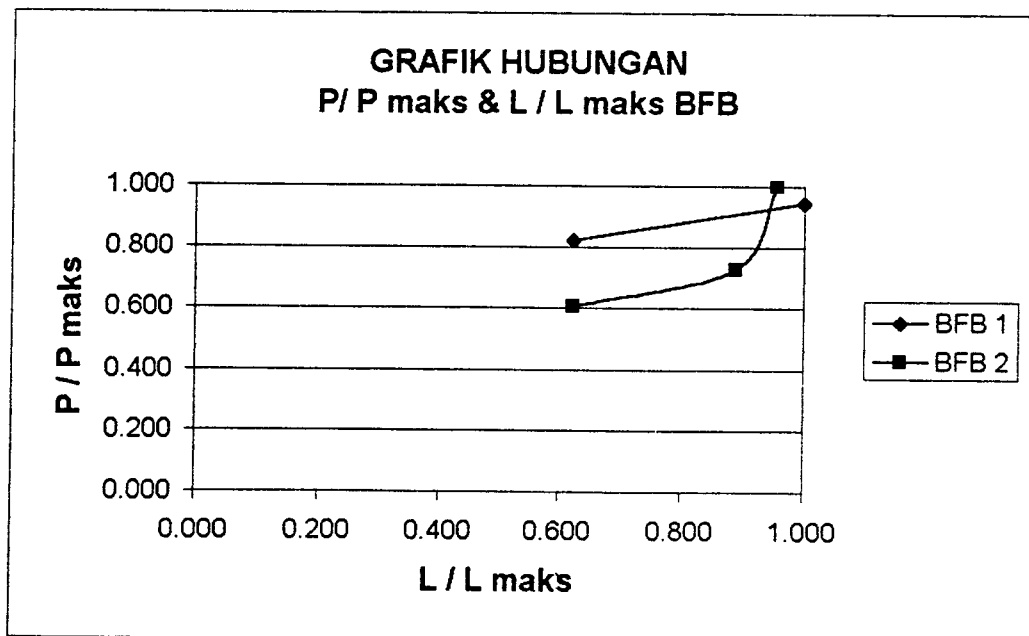
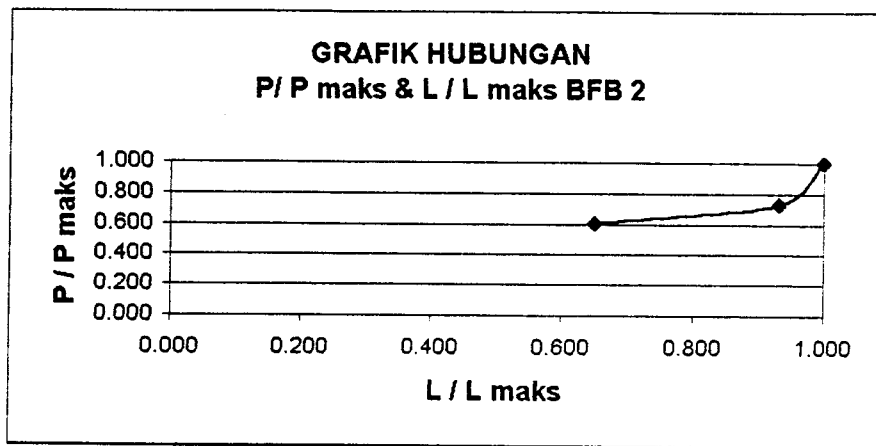
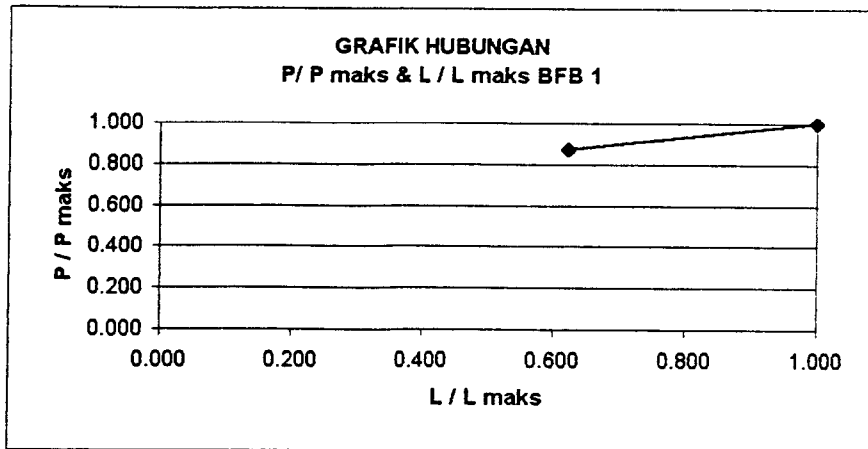
**GRAFIK HUBUNGAN
P / P maks & L / L maks BTS**

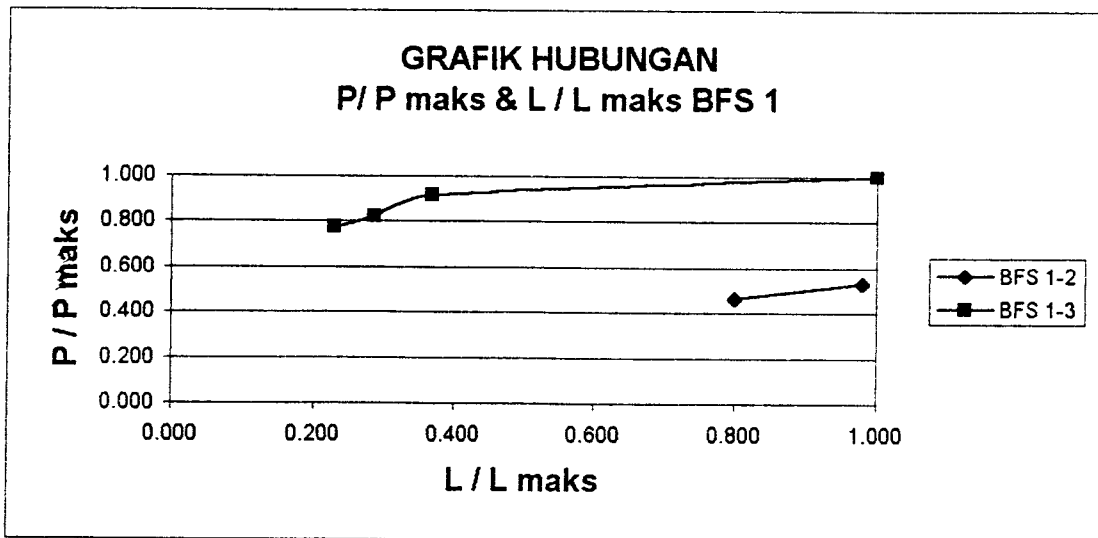
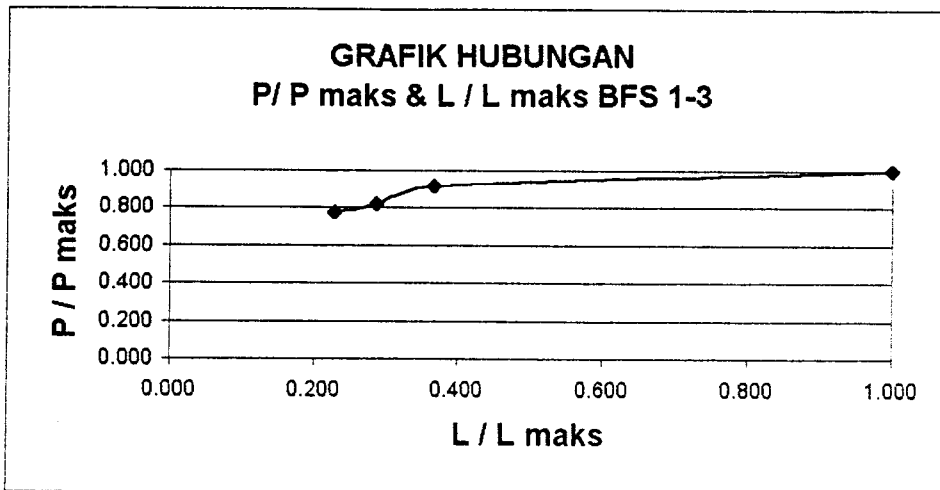
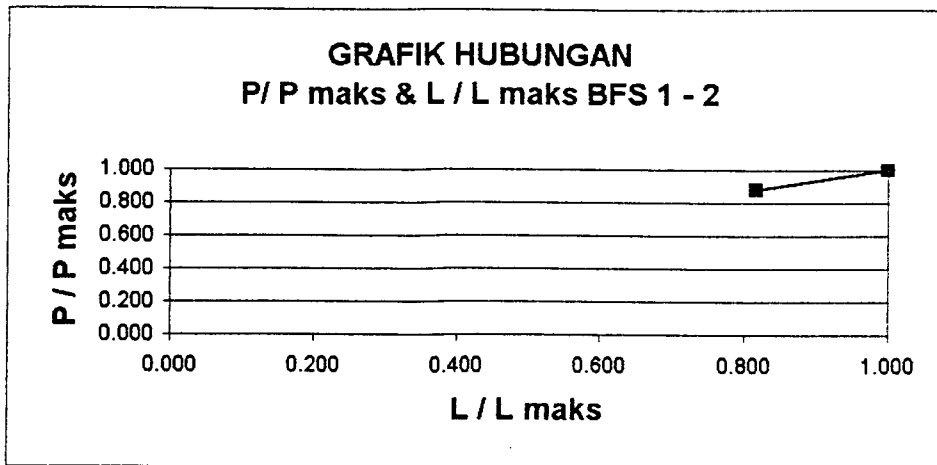


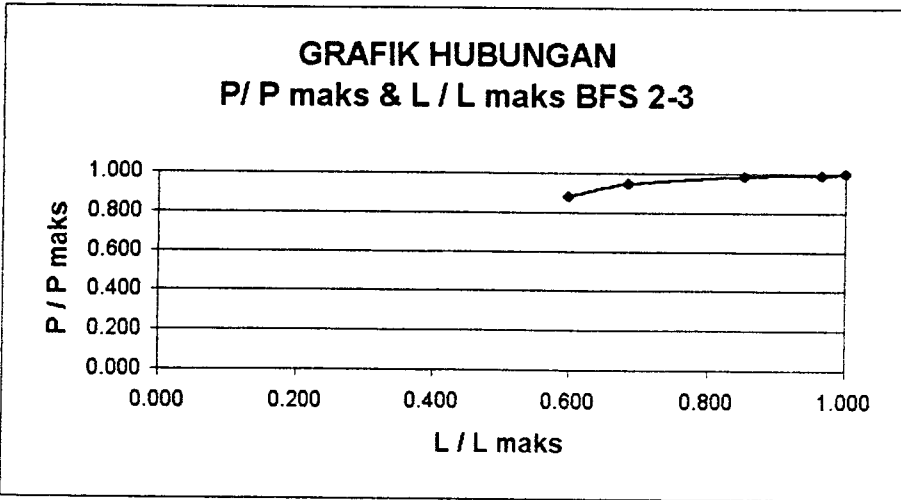
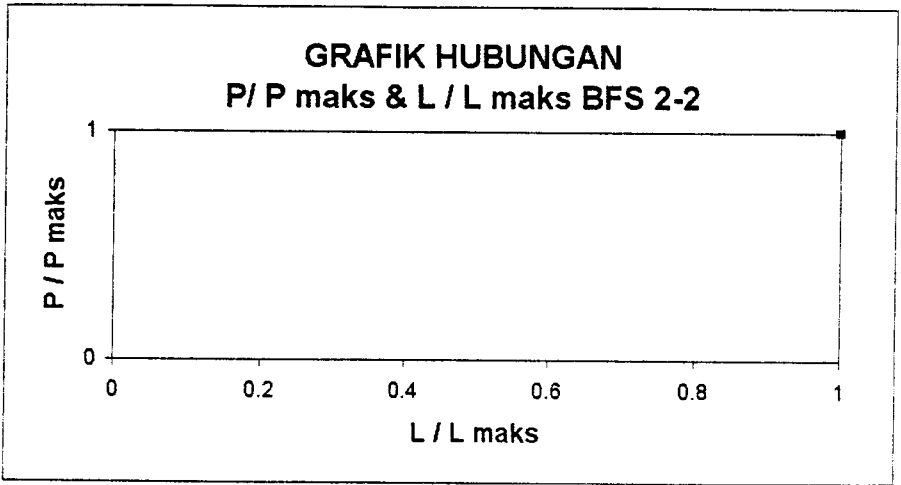
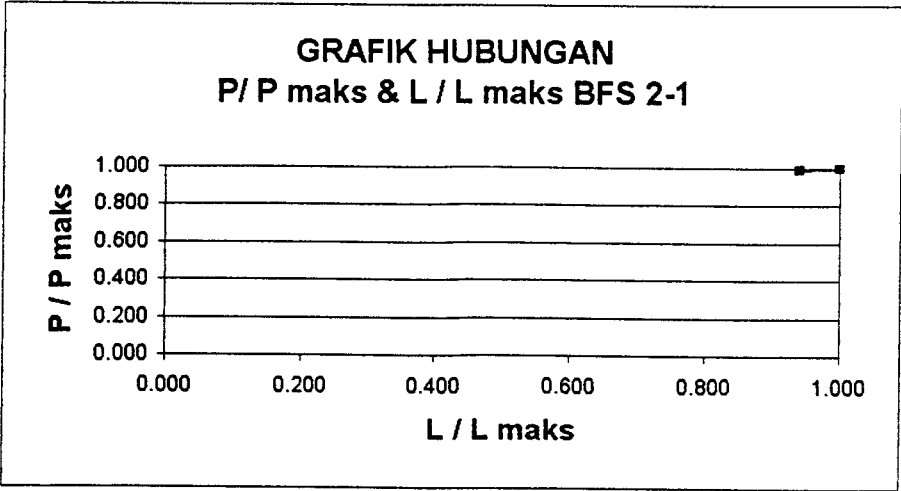


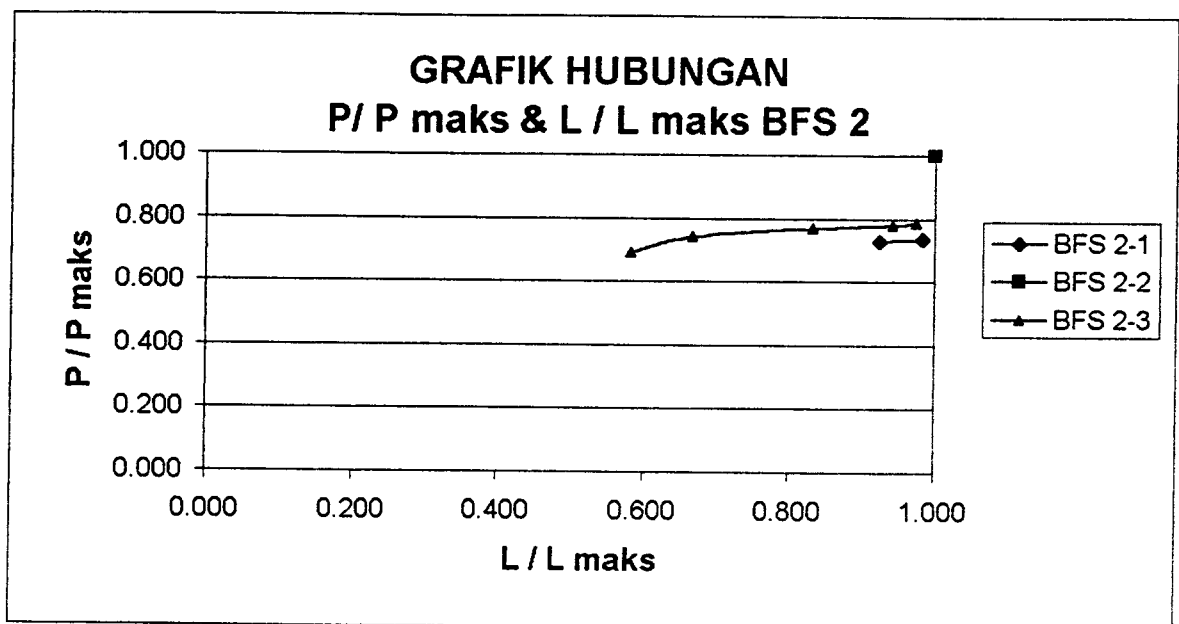
**GRAFIK HUBUNGAN
P / P maks & L / L maks BFL**



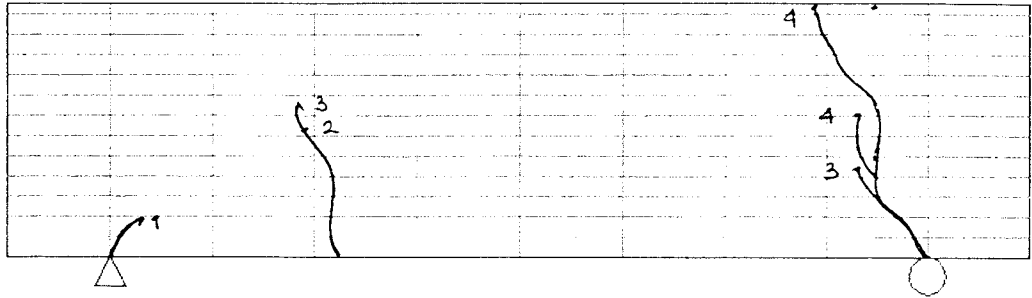




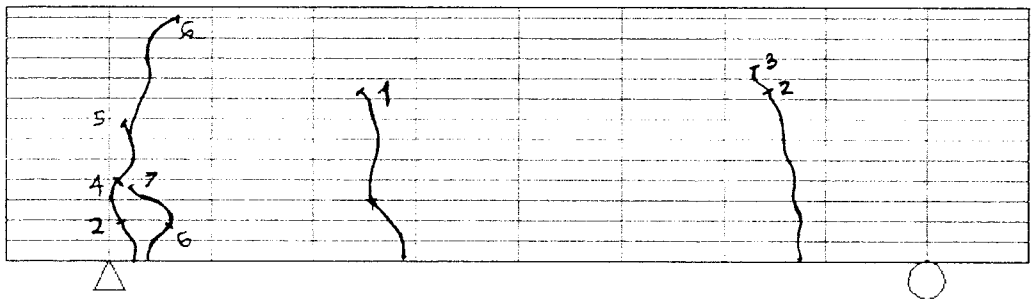




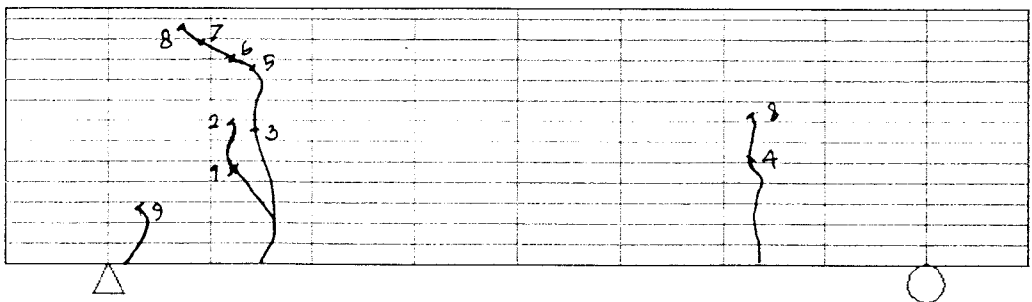
GAMBAR Pola Retak Balok BTS 1



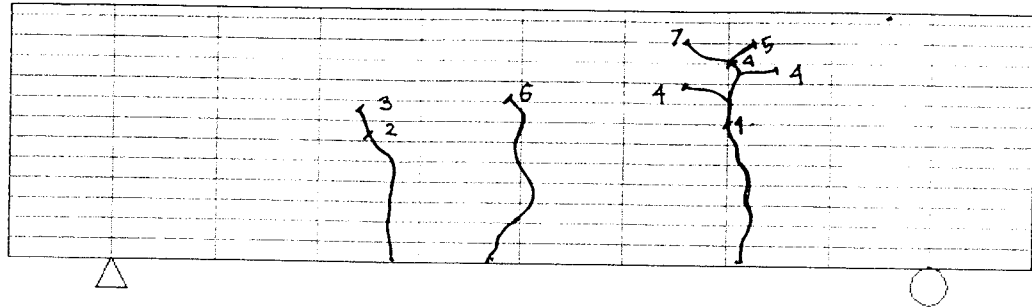
GAMBAR Pola Retak Balok BTS 2



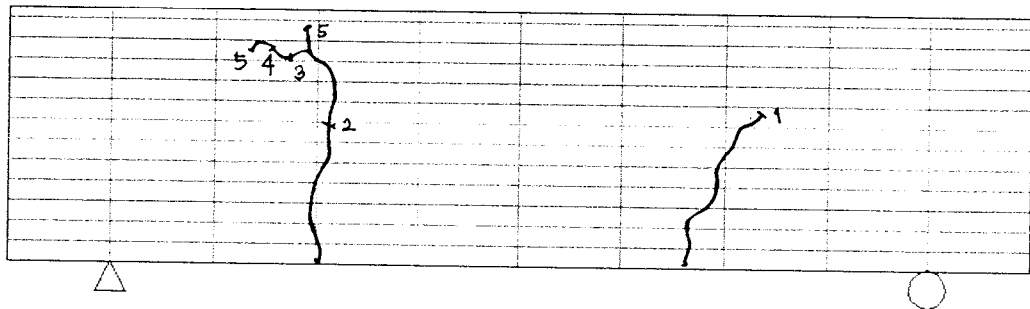
GAMBAR Pola Retak Balok BTS 3



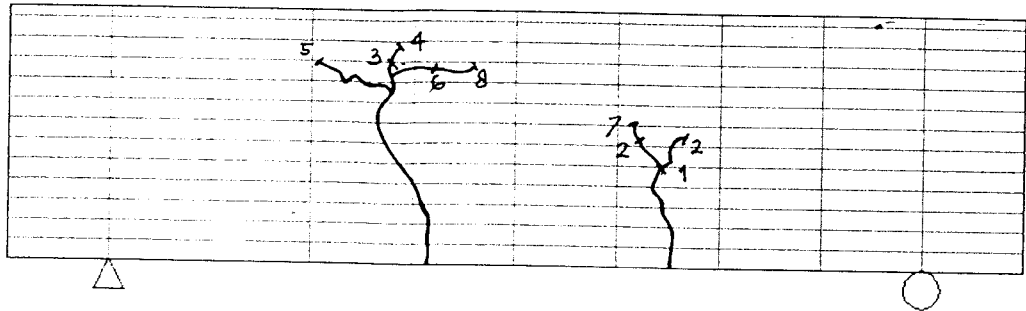
GAMBAR Pola Retak Balok BFB 2



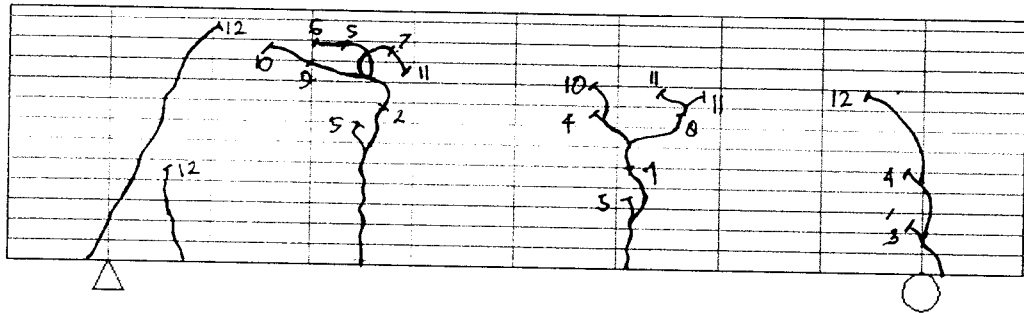
GAMBAR Pola Retak Balok BFB 1



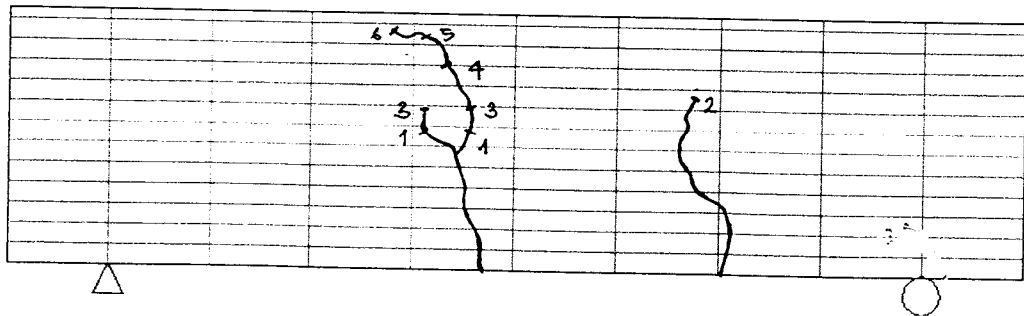
GAMBAR Pola Retak Balok BFS 2-1



GAMBAR Pola Retak Balok BFS 2-2



GAMBAR Pola Retak Balok BFS 2-3



Lampiran Foto – foto hasil penelitian.

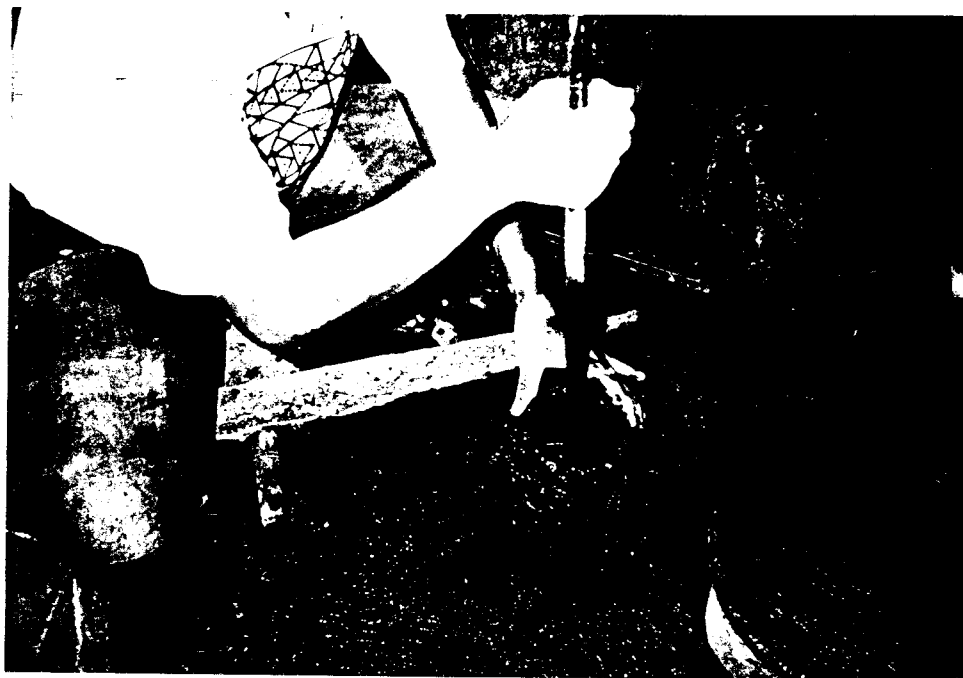


Foto 1. Pembuatan silinder beton.



Foto 2. Silinder sebelum *slump test*.



Foto 3. *Slump test* silinder.



Foto 4. Silinder setelah *slump test*.

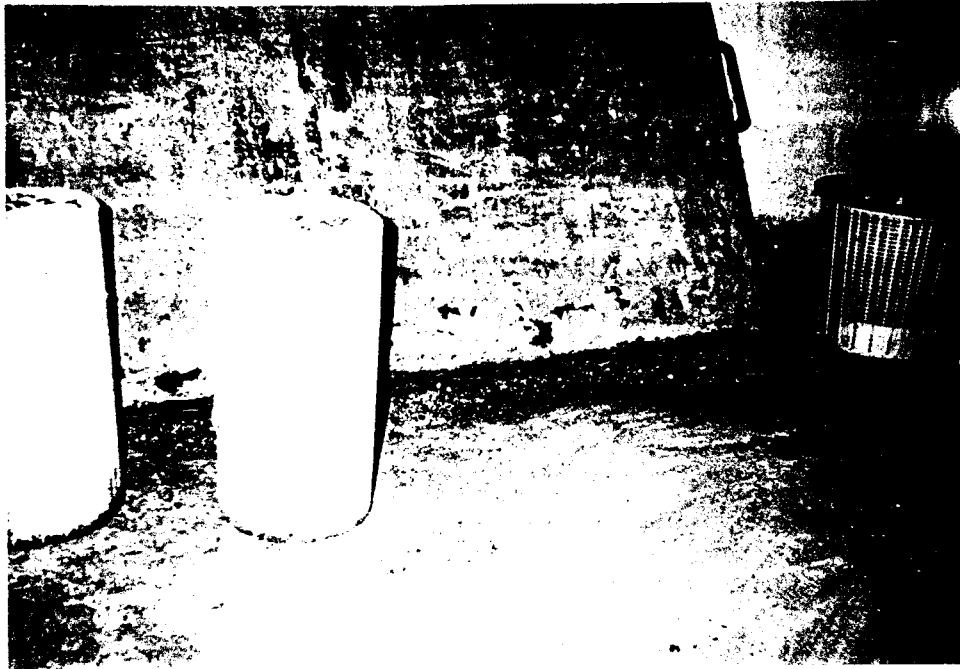


Foto 5. Silinder sebelum test desak dan tarik.



Foto 6. Pengujian pada silinder.



Foto 7. Balok beton setelah dibuka bekistingnya.

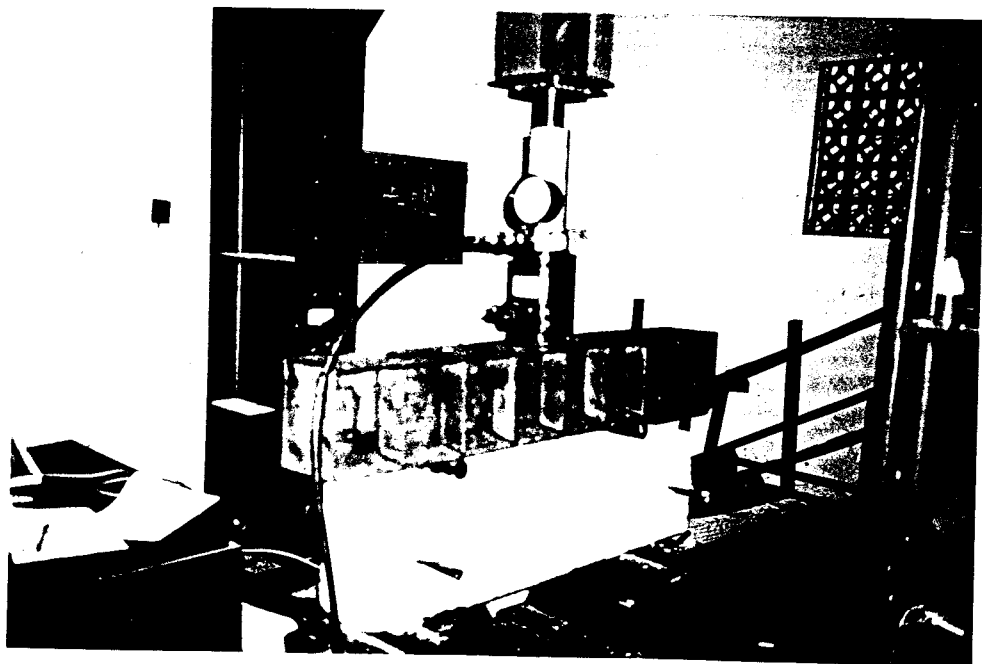


Foto 8. Cara pengujian geser balok beton bertulang.



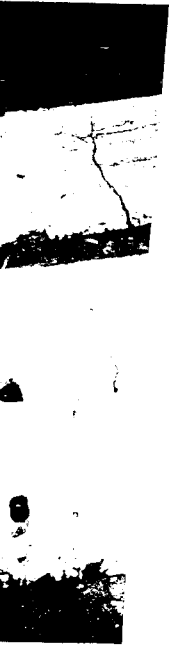
F

Foto 9. Hasil pengujian balok BTS 1.



Fot

Foto 10. Hasil pengujian balok BTS 2.



Hasil pen



sil pengu

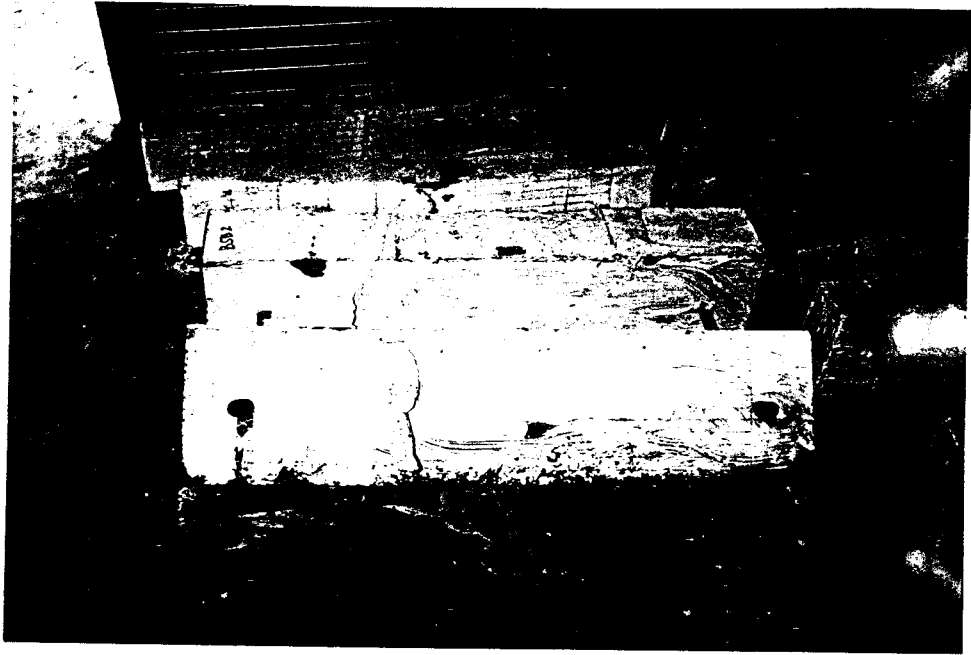


Foto 13. Hasil pengujian balok BFS 2-3.



Foto 14. Hasil pengujian balok BSB 2.

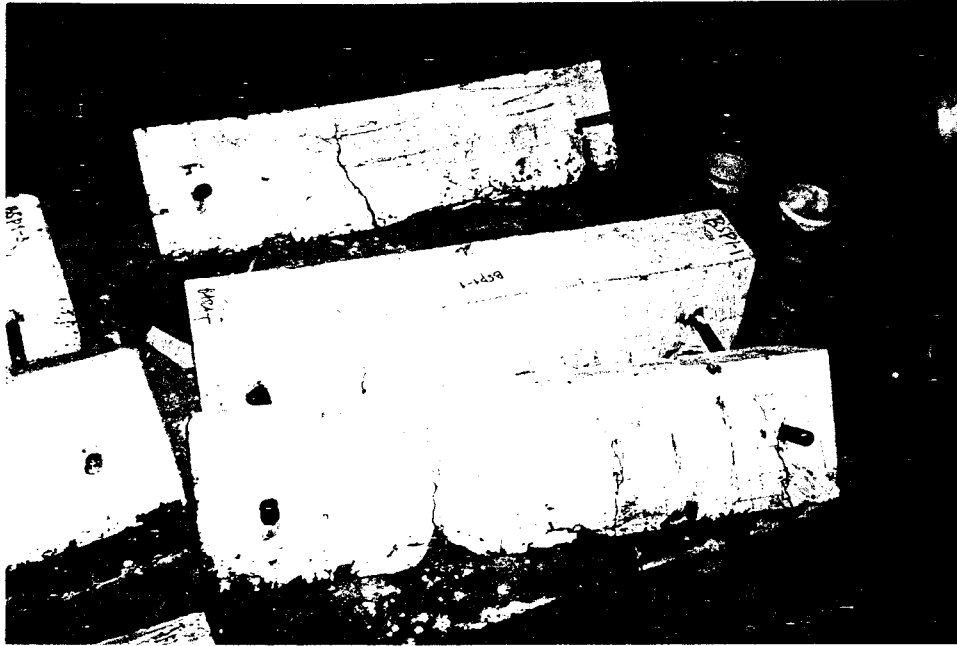


Foto 15. Hasil pengujian balok BFS 2-2 (tampak depan).



Foto 16. Hasil pengujian balok BFS 2-2 (tampak belakang).