

PERPUSTAKAAN FTSP UI  
HADIAH/BELI  
TGL. TERIMA : 21-02-2003  
NO. JUDUL : 572 0000 4 4 2001  
NO. INV. :  
NO. INDUK :

TUGAS AKHIR  
**PENGARUH ZAT EPOXY SIKADUR®732 TERHADAP  
KAPASITAS LENTUR BALOK T KOMPOSIT  
BAJA-BETON**



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


Oleh:

Nama : GUFRON ALFAJRI  
No. Mhs. : 93 310 185  
Nirm. : 930051013114120182

Nama : DICKY YUSUF  
No Mhs : 93 310 187  
Nirm : 930051013114120184

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2003**





---

*Kupersembahkan hasil karyaku ini  
sebagai tanda terima kasihku buat  
Kedua orangtuaku, kakak dan adikku  
Uwak Syafaruddin Alwi seketuarga*

*&*

*Spesial buat Ana widuri kumata sari*



# MOTTO

إِنَّ الْإِنْسَانَ خُلِقَ هَلُوعًا ﴿١٩﴾

إِذَا مَسَّهُ الشَّرُّ جَزُوعًا ﴿٢٠﴾

وَإِذَا مَسَّهُ الْخَيْرُ مَنُوعًا ﴿٢١﴾

إِلَّا الْمُضِلِّينَ ﴿٢٢﴾

الَّذِينَ هُمْ عَلَى صَلَاتِهِمْ دَائِمُونَ ﴿٢٣﴾

وَالَّذِينَ فِي أَمْوَالِهِمْ حَقٌّ مَّعْلُومٌ ﴿٢٤﴾

لِلسَّائِلِ وَالْمَحْرُومِ ﴿٢٥﴾

وَالَّذِينَ يُصَدِّقُونَ بِيَوْمِ الدِّينِ ﴿٢٦﴾

وَالَّذِينَ هُمْ مِّنْ عَذَابِ رَبِّهِمْ مُّشْفِقُونَ ﴿٢٧﴾

*Artinya:*

*Pesungguhnya manusia diciptakan bersifat keluh kesah lagi kikir*

*Apabila Ia ditimpa kesusahan Ia berkeluh kesah*

*Dan apabila Ia mendapat kebaikan Ia amat kikir*

*Kecuali orang-orang yang mengerjakan sholat*

*Yang mereka itu telah mengerjakan sholatnya*

*Dan orang-orang yang dalam hartanya tersedia bagian tertentu*

*Bagi orang miskin yang meminta*

*Dan orang yang tidak mempunyai apa-apa ( yang tidak meminta)*

*Dan orang-orang yang mempercayai hari pembalasan*

*Dan orang-orang yang takut terhadap azab Tuhannya*

*(Ds. Al-Maarij 19-27)*

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

*Alhamdulillahirobbil'aalamin*, segala puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan taufiq dan hidayah-Nya kepada penyusun .sehingga atas ridhonya-Nyalah penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang merupakan salah satu syarat memperoleh jenjang kesarjanaan S-1 pada jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Tujuan utama dari tugas akhir atau penelitian Pengaruh zat *epoxy* Sikadur<sup>®</sup>732 terhadap kapasitas lentur balok T komposit Baja–Beton adalah untuk membandingkan kapasitas lentur balok komposit dengan penambahan zat *epoxy* Sikadur<sup>®</sup>732 terhadap balok komposit tanpa penambahan zat epoxy serta balok komposit dengan plastik sebagai penyekat antara kedua permukaanya.

Penyusun dalam menyelesaikan penelitian ini telah memperoleh banyak bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih yang sebesar- besarnya kepada :

1. Ir. H. Susastrawan, MS, selaku Dosen Pembimbing Utama.
2. Ir. Fatkhurrohman N, MT, selaku Dosen Pembimbing Akademik.
3. Ir. H. M. Samsudin, MT, selaku Dosen Tamu Penguji
4. Seluruh staf laboratorium BKT dan MR yang telah membantu selama pengujian benda uji kami.
5. Ir. H. Munadhir, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

6. Prof. Ir. H. Widodo, Ph.D, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
7. Kedua orang tua, kakak serta adik-adik kami yang telah membantu, memberi dorongan dan motivasi, serta senantiasa mendoakan kami.
8. Bapak Drs, Syafaruddin Alwi, MS, sekeluarga yang telah memberikan bantuan baik moril dan spiritual serta finansial.
9. Sahabat- sahabatku, Ridwan, Rano, Sarjono, Sidik, Catur, dan segenap anggota Praktek yang telah memberikan bantuan tenaga saat penelitian.
10. Semua pihak yang tidak dapat penyusun sebutkan satu persatu yang telah banyak memberikan bantuan dalam penyelesaian laporan ini.

Akhir kata dengan penuh kerendahan hati penyusun menyadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna dan masih terdapat banyak kekurangan, besar harapan penyusun semoga penelitian ini dapat berguna dan bermanfaat bagi semua pihak yang berkepentingan, *Amin ya robbal 'aalamin*.

***Wassalamu'alaikum Wr.Wb.***

Yogyakarta, maret 2003

Penyusun

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>KATA PERSEMBAHAN</b> .....	iii
<b>MOTTO</b> .....	iv
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiv
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	xv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvi
<b>INTISARI</b> .....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan.....	2
1.3. Keaslian Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
1.5. Batasan Masalah.....	3
1.6. Rumusan Masalah.....	4

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

2.1. Pengertian Umum.....	5
2.2. Pengertian Balok Komposit.....	5
2.3. Lekatan Baja dan Beton.....	6
2.4. Alat Penghubung Geser .....	6
2.5. Slip Antara Baja dan Beton .....	7
2.6. Kuat Lentur Balok .....	7
2.7. Kekuatan Batas Penampang Komposit Penuh .....	8
2.8. Daktilitas .....	8
2.9. Zat Epoxy pada Balok Baja-Beton Komposit .....	9

## **BAB III LANDASAN TEORI**

3.1. Konsep Dasar Penelitian Baja-Beton Komposit dengan Penambahan Sikadur <sup>®</sup> 732 .....	11
3.2. Karakteristik Baja.....	12
3.3. Balok Komposit Baja-Beton.....	13
3.3.1. Lebar Efektif ( $b_E$ ) .....	13
3.3.2. Rasio Modular ( $n$ ) dan Lebar Transformasi ( $b_T$ ).....	14
3.3.3. Garis Netral Tampang Balok.....	15
3.4. Kekuatan Momen Nominal Penampang Komposit Penuh.....	16
3.4.1. Katagori 1-Sumbu Netral Plastis (PNA) pada Slab.....	16
3.4.2. Katagori 2-Sumbu Netral Plastis (PNA) pada Baja.....	18

3.5. Penghubung Geser “ <i>shear connector</i> ” .....	19
3.6. Kontrol Lenturan .....	21
3.7. Daktilitas .....	22
3.8. Kekakuan dan Faktor Kekakuan Struktur .....	24
3.8.1. Hubungan Beban (P) dan Lendutan ( $\Delta$ ) .....	24
3.8.2. Hubungan Momen (M) dan Kelengkungan ( $\Phi$ ) .....	25
3.9. Hipotesa.....	29

#### **BAB IV METODE PENELITIAN**

4.1. Bahan-Bahan Penelitian .....	30
4.1.1. Beton.....	30
4.1.2. Baja Profil.....	32
4.1.3. Penghubung Geser.....	32
4.1.4. Baja Tulangan.....	32
4.2. Model Benda Uji .....	32
4.2.1. Benda Uji Balok T Baja-Beton Komposit.....	33
4.2.2. Benda Uji Geser Konektor Geser .....	34
4.2.3. Silinder Beton.....	35
4.2.4. Tarik Baja Profil INP 10 dan Baja Beton.....	35
4.3. Peralatan Penelitian yang Digunakan.....	36
4.3.1. Alat Adukan Beton.....	36
4.3.2. Alat Pengukur.....	38



4.3.3. Alat Mesin Uji.....	39
4.4. Pelaksanaan Pengujian.....	41
4.4.1. Pengujian Kuat Desak Beton.....	42
4.4.2. Pengujian Kuat Tarik Baja.....	42
4.4.3. Pengujian Daya Dukung Penghubung Geser (Baja Beton $\phi$ -6).....	43
4.4.4. Pengujian Kuat Lentur Balok T Komposit Baja – Beton.....	44
4.5. Prosedur Penelitian.....	45

## **BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

5.1. Hasil Penelitian.....	49
5.1.1. Kuat Desak Beton.....	49
5.1.2. Kuat Tarik Baja.....	49
5.1.3. Kuat Geser Penghubung Geser.....	50
5.1.4. Pengujian Benda Uji Balok T Komposit Baja – Beton.....	52
5.2. Pembahasan.....	64
5.2.1. Kuat Lentur Balok Ditinjau dari Hubungan Beban dan Lendutan.....	64
5.2.2. Kuat Lentur Balok Ditinjau dari Hubungan Momen – Kelengkungan.....	64
5.2.3. Daktilitas Simpangan Ditinjau dari Hubungan Beban – Lendutan.....	65
5.2.4. Daktilitas Kelengkungan Ditinjau dari Hubungan Momen dan	

Kelengkungan.....	66
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
6.1. Kesimpulan.....	67
6.2. Saran.....	68
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>69</b>
<b>LAMPIRAN</b>	<b>71</b>

## DAFTAR GAMBAR

No.Gambar	Halaman
2.1 Simbol rumus kimia kelompok Epoxy.....	9
3.1 Grafik Tegangan-regangan baja .....	12
3.2 Penampang balok baja-beton komposit dan garis netral.....	15
3.3 Distribusi tegangan plastis pada kekuatan momen nominal $M_n$ pada slab ..	16
3.4 Distribusi tegangan plastis pada kekuatan momen nominal $M_n$ pada baja ..	18
3.5 (a) Pembebanan struktur .....	20
(b) Diagram gaya lintang balok .....	20
(c) Distribusi tegangan geser.....	20
3.6 Lendutan balok .....	22
3.7 Grafik Respon pelenturan maksimum.....	22
3.8 Grafik Kurva daktilitas kelengkungan .....	23
3.9 Grafik Hubungan beban (P) dan lendutan ( $\Delta$ ).....	24
3.10 Kelengkungan balok.....	25
3.11 Grafik Momen kelengkungan .....	26
3.12 Momen kelengkungan balok .....	27
4.1 Benda uji balok T Komposit Baja – Beton.....	33
4.2 Potongan memanjang balok T Komposit Baja – Beton.....	34
4.3 Potongan melintang balok T Komposit Baja – Beton .....	34
4.4 Benda uji geser, komposit baja – beton .....	35

4.5	Cetakan beton .....	37
4.6	Dial Gauge .....	38
4.7	Universal Testing Material SHIMATZU UMH 30.....	39
4.8	Loading Frame .....	40
4.9	Dukungan sendi (a) dan rol (b).....	40
4.10	Hydraulic Jack.....	41
4.11	Pengujian kuat desak silinder beton.....	42
4.12	Pengujian kuat tarik baja.....	43
4.13	Pengujian daya dukung penghubung geser.....	44
4.14	Pengujian kuat lentur balok T Komposit baja – Beton	45
4.15	Model profil baja INP 10 untuk uji tarik .....	47
5.1	Grafik hubungan beban dan geser.....	51
5.2	Grafik Bi-linier beban – lendutan BBK-CI .....	53
5.3	Grafik Bi-linier beban lendutan BBK-C,S1,S2,P1 dan P2 .....	54
5.3	Grafik Hubungan non dimensional beban – daktilitas simpangan .....	57
5.4	Grafik Kurva trilinear momen kelengkungan ( $\Phi$ ) teoritis .....	58
5.5	Grafik Bi-Linier Momen kelengkungan BBK-C.....	60
5.6	Grafik Bi-Linier momen kelengkungan BBK-C,S1,S2,P1 dan P2I .....	61
5.7	Grafik Hubungan non dimensional momen – daktilitas kelengkungan.....	63

## DAFTAR TABEL

No. Tabel	Halaman
5.1 Hasil uji geser.....	50
5.2 Data beban (P) dan lendutan ( $\Delta$ ).....	52
5.3 Beban lentur dan lendutan maksimum .....	55
5.4 Kekakuan Struktur .....	56
5.5 Daktilitas simpangan dari data beban – lendutan .....	56
5.6 Momen kelengkungan teoritis.....	57
5.7 Data momen (M) dan kelengkungan ( $\Phi$ ).....	59
5.8 Momen kelengkungan maksimum.....	61
5.9 Faktor kekakuan struktur .....	62
5.10 Analisis daktilitas kelengkungan .....	63
5.11 Analisis nilai kekakuan.....	64
5.12 Analisis faktor kekakuan.....	65
5.13 Analisis daktilitas simpangan .....	65
5.14 Analisis daktilitas kelengkungan .....	66

## DAFTAR NOTASI

$b$	= Lebar sayap penampang komposit ( mm )
$b_E$	= Lebar efektif (mm)
$b_o$	= Jarak pusat ke pusat antar balok ( mm )
$C_c$	= Gaya tekan beton ( kN )
$C_s$	= gaya tekan baja ( kN )
$D$	= Gaya lintang ( kN )
$\delta, \Delta$	= Lendutan ( mm )
$\Delta_y$	= Lendutan leleh / Proporsional ( mm )
$E_c$	= Modulus elastisitas beton ( Mpa)
$\mathcal{E}_c$	= Regangan beton ( mm )
$EI$	= Faktor kekakuan ( $kNm^2$ )
$F'_c$	= Kuat tekan beton ( Mpa )
$\Phi$	= Kelengkungan ( $1 / m$ )
$\Phi_u$	= Deformasi kelengkungan total
$\Phi_y$	= deformasi kelengkungan elastis
$I$	= Inersia tampang ( $mm^4$ )
$n$	= Rasio modular
$P$	= Beban , Gaya ( kN )
$t$	= Tebal sayap beton ( mm )
$\tau$	= Tegangan geser ( Mpa)
$V$	= Gaya geser ( kN )
$\mu$	= Daktalitas simpangan
$y_a$	= Jarakgaris netral ke tepi luar atas ( mm )
$y_b$	= Jarak garis netral ke tepi luar bawah ( mm )
$k$	= kekakuan ( kN/m )
$M_n$	= Momen nominal ( $kNm$ )

## DAFTAR LAMPIRAN

- I. Kartu peserta dan Catatan Konsultasi Tugas Akhir.
- II. Perencanaan Adukan Beton (ACI mix)
- III. Perhitungan Kapasitas Momen dan Penghubung Geser.
- IV. Perhitungan Momen Kelengkungan Teoritis.
- V. Hasil Pengujian Desak Silinder Beton.
- VI. Hasil Pengujian Kuat Tarik Baja.
- VII. Data Tes Benda Uji Geser Komposit Baja-Beton.
- VIII. Data Tes Lentur Benda Uji Balok T Komposit Baja-Beton.
- IX. Pola Retak dan Patah Benda Uji Balok T Komposit Baja-Beton.
- X. Foto Penelitian.

## INTISARI

Penelitian ini didasari atas usaha pengembangan dan pemahaman perilaku balok komposit baja-beton dalam mencegah kegagalan dini dalam menahan geser dan lentur (*flexural strength*). Kekuatan balok komposit baja-beton dipengaruhi oleh kekakuan dan daktilitas penghubung geser antara baja dan beton balok komposit tersebut. Salah satu usaha mencegah terjadinya kegagalan dini karena patahnya penghubung geser akibat pembebanan yang terjadi. Pada penelitian ini digunakan penghubung geser *stud hooked* dan penambahan zat *epoxy* Sikadur<sup>®</sup>732 yang diberikan diantara permukaan baja dengan beton. Penambahan *epoxy* ini diharapkan akan membantu penghubung geser dalam menahan *slip*, sehingga dapat menambah kekakuan, daktilitas dan kapasitas lentur balok komposit baja-beton.

Penelitian Balok komposit baja-beton dengan penambahan zat *epoxy* Sikadur<sup>®</sup>732 dilakukan dengan menggunakan 11 sampel benda uji yang terdiri dari 6 sampel benda uji geser dan 5 sampel balok uji lentur yang variabelnya berupa bahan perekat baja-beton Sikadur<sup>®</sup>732, struktur balok komposit biasa dan struktur balok komposit yang disekat plastik PVC antara baja dan betonnya.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perilaku komponen struktur balok T komposit baja beton dengan pemberian Sikadur<sup>®</sup>732. Dari uji geser benda uji didapat kapasitas penghubung geser (*stud*) dan dari uji lentur benda uji, akan didapat data-data besar gaya ( $P$ ) dan besar lendutan yang terjadi ( $\Delta$ ). Dari data  $P - \Delta$  dapat dicari kekakuan komponen struktur. Data  $P - \Delta$  kemudian dianalisis untuk mencari hubungan antara momen ( $M$ ) dan kelengkungan ( $\Phi$ ), hingga dapat diperoleh faktor kekakuan ( $EI$ ). Pada uji geser dengan penambahan Sikadur<sup>®</sup>732 diperoleh kapasitas *stud* sebesar 28,58 kN. Untuk uji lentur dari ketiga jenis benda uji yaitu T BBK-S, T BBK-C dan T BBK-P diperoleh perbandingan rasio kekakuan ( $k$ ) 1,05 : 1 : 0,56 dan faktor kekakuan ( $EI$ ) 1,43 : 1 : 0,38. Sedang rasio kapasitas lentur didapat 1,024 : 1 : 0,91 sehingga zat *epoxy* Sikadur<sup>®</sup>732 dapat dipakai sebagai komponen penambah kekakuan dan kapasitas lentur balok T baja beton komposit.



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Balok baja Porfil I yang dicor bersama-sama dengan slab beton tanpa penghubung geser secara historis didesain berdasarkan asumsi bahwa slab beton tersebut bertindak secara independen terhadap bajanya dalam menahan beban-beban, tidak ada peninjauan efek komposit dari baja dan beton yang bekerja bersama-sama. Pengabaian ini dapat dibenarkan atas dasar bahwa lekatan (*bond*) antara lantai beton atau dak beton dan bagian atas balok baja tidak bisa diandalkan, namun dengan kemajuan las, menjadi lebih praktis penyediaan penghubung geser (*shear connector*) untuk menahan geser horizontal yang terjadi selama pelenturan.

Kuat lentur (*flexural strength*) balok komposit baja dan beton dipengaruhi oleh kekuatan dan daktilitas penghubung antara baja dan beton balok komposit tersebut. Teknik pendisainan yang telah ada dapat dengan mudah memperhitungkan variasi kekuatan penghubung geser tersebut. Salah satu problem yang sukar diatasi dalam perhitungan batas slip yang ditunjukkan oleh penghubung geser ini adalah kekuatan penghubung geser. Berbagai cara pendisainan yang berkembang sekarang ini berusaha untuk mencegah perputaran penghubung geser akibat slip yang berlebihan, yaitu dengan memakai teknik penetapan batas-batas maksimum bentangan dan kekuatan minimum penghubung gesernya. Saat ini telah dikembangkan sebuah

prosedur yang secara langsung menghubungkan kekuatan lentur balok komposit dengan kekuatan daktilitas penghubung gesernya, sehingga dapat digunakan untuk mencegah terjadinya kegagalan dini karena patahnya penghubung geser akibat pembebanan yang terjadi.

Pada penelitian ini, digunakan penghubung geser *Stud Hooked* dan penambahan zat epoxy Sikadur<sup>®</sup> 732 yang diberikan diantara permukaan baja dengan beton. Zat Epoxy Sikadur<sup>®</sup> 732 adalah suatu zat aditif Epoxy resin adhesive yang digunakan sebagai perekat antara baja dengan beton segar. Menurut distributornya, PT Sika Nusa Pratama, kekuatan tekan yang dihasilkan setelah 28 hari mencapai  $630 \text{ kg/cm}^2$ , sehingga memberikan tingkat kekakuan yang tinggi. Penambahan zat perekat ini dimungkinkan akan membantu penghubung geser dalam menahan slip, sehingga diharapkan dapat menambah kekakuan dan kapasitas lentur balok komposit.

## 1.2. Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui kapasitas geser penghubung geser (*stud*) dengan Sikadur<sup>®</sup> 732 dan tanpa Sikadur<sup>®</sup> 732.
2. Mengetahui dan mendapatkan rasio kapasitas lentur balok komposit dengan penambahan zat epoxy Sikadur<sup>®</sup> 732 terhadap balok komposit tanpa penambahan zat epoxy Sikadur<sup>®</sup> 732 serta balok komposit dengan plastik sebagai penyekat antara kedua permukaanya.
3. Mengetahui dan membandingkan kekakuan struktur komposit dari hubungan beban – lendutan (  $P - \Delta$  ).

4. Mengetahui dan membandingkan faktor kekakuan lentur dari hubungan momen kelengkungan (  $M - \Phi$  )

### **1.3. Keaslian Penelitian**

Berdasarkan studi pustaka, penelitian masalah kapasitas balok komposit sudah banyak dilakukan, namun yang mengkaji pengaruh pemberian Sikadur<sup>®</sup>732 dan mengkomparasikan balok komposit biasa, belum pernah dilakukan, sehingga penelitian ini asli.

### **1.4 . Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian ini adalah:

#### **1. Manfaat ilmiah**

- a. Menambah pengetahuan dan pemahaman perilaku balok komposit dan penghubung geser jika ditambah Sikadur<sup>®</sup>732 yang berfungsi menambah kekakuan antara slab beton dengan plat baja terhadap slip.
- b. Mendapatkan kapasitas lentur maksimum balok komposit

2. Manfaat Praktisnya adalah, hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai bank data bagi para pembaca khususnya para praktisi bidang teknik sipil untuk digunakan sebagai acuan dalam merencanakan pemakaian balok komposit pada suatu konstruksi.

### **1.5 Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penulisan ini adalah :

1. Struktur yang dipakai adalah balok sederhana (*simple beam*) dengan penumpu sendi-rol.

2. Beban yang ditinjau adalah beban statis (vertical) terpusat.
3. Pembebanan dengan *Two equal concentrated loads*
4. Komparasi ditinjau untuk balok komposit:
  - a. Balok komposit tanpa penambahan Sikadur<sup>®</sup>732 sebanyak 2 sampel.
  - b. Balok komposit dengan melapisi permukaan atau memberi sekat yang berupa plastik antara beton dan baja sebanyak 2 sampel.
  - c. Balok komposit dengan penambahan Sikadur<sup>®</sup>732 antara beton dengan bajanya yang berfungsi menambah kekuatannya sebanyak 2 sampel.
  - d. Dimensi profil baja yang digunakan sama untuk ketiga jenis struktur.
5. Tinjauan komparasi meliputi, peningkatan beban kerja, kekakuan atau defleksi, efisiensi volume baja dan tegangan yang terjadi
6. Konektor geser dipakai *hooked stud* 6 mm .
7. Plastik jenis PVC transparan.

### **1.6. Rumusan Masalah**

Pendisainan balok baja- beton komposit sekarang ini masih menerapkan metode pembatasan bentang maksimum dan kekuatan minimum penghubung gesernya. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari terjadinya geser atau slip yang melampaui batas maksimum antara lekatan (*bond*) baja dan beton sehingga terjadi patah (*fracture*) pada penghubung geser.

Pada penelitian uji laboratorium ini, digunakan perekat Epoxy Sikadur<sup>®</sup>732 antara beton dan bajanya. Perekat epoxy ini dapat mengurangi slip sehingga akan meningkatkan kapasitas lentur balok komposit tersebut.

## **BAB II**

### **STUDI PUSTAKA**

#### **2.1. Pengertian Umum**

Struktur dengan sistem komposit merupakan salah satu alternatif yang sering digunakan dalam perencanaan bangunan sipil yang memerlukan bentang relatif panjang dan tinggi. Hal ini disebabkan struktur bangunan komposit mempunyai tambahan kekuatan akibat interaksi bahan yang digunakan dan juga lebih tahan terhadap beban dinamik.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Brian Uy & Mark Andrew Bradford (1995), dikatakan bahwa sistem dengan balok profil komposit, menyediakan tambahan kekuatan, memperbaiki daktilitas dan mempersingkat waktu pelaksanaan.

#### **2.2. Pengertian Balok Komposit**

Gere & Timoshenko (1984), menyatakan bahwa batang struktural yang didesain untuk menahan gaya-gaya yang bekerja dalam arah transfersal terhadap sumbunya disebut balok (*beam*)

Struktur gabungan atau struktur komposit adalah suatu struktur yang menggunakan pelat beton yang dicor secara monolit dan diletakkan diatas balok penyanggah dimana kombinasi antara pelat beton dan balok akan membentuk satu

kesatuan dan akan bekerja sama baik melawan lenturan akibat beban kerja maupun geser horizontal (Salmon dan Johnson, 1986 )

Sifat-sifat penampang komposit diperlukan untuk perhitungan dari tegangan-tegangan dan lendutan di bawah beban kerja sebenarnya (Salmon dan Johnson, 1986)

### **2.3. Lekatan Baja dan Beton**

Beton merupakan produk dari campuran beberapa material dan semen, agregat dan air. Dari ketiga macam material ini semen merupakan unsur yang paling penting bagi pembentuk bahan beton. Menurut Istimawan (1999), semen mengandung kalsium dan alumunium silika dan dibuat dari bahan utama *limestone* yang mengandung kalsium oksida ( $CaO$ ) dan lempung yang mengandung silika dioksida ( $SiO_2$ ) serta alumunium oksida ( $Al_2O_3$ ), dimana unsur-unsur ini mempunyai sifat lekatan yang baik dengan material lainnya.

Dari penelitian yang dilakukan oleh Mardianto & Henny Setiorini (1996), menyebutkan bahwa pengaruh lekatan dapat menambah tahanan geser pada bidang singgung antara beton dan profil baja yang akibatnya mampu meningkatkan kapasitas lentur balok komposit hingga 14,4 %.

### **2.4. Alat Penyambung Geser**

Gaya geser horizontal yang timbul antara pelat beton dan balok baja selama pembebanan harus ditahan agar penampang komposit bekerja secara monolit, meskipun lekatan beton dan balok baja mungkin cukup besar, hal ini tidak bisa diandalkan dalam memberi interaksi yang diperlukan. Gaya gesek antara pelat beton dan balok baja tidak mampu mengembangkan interaksi ini. Sebagai gantinya maka

dipakai alat penghubung geser mekanis yang disambung ke puncak balok dengan cara dilas. (Salmon dan Johnson, 1986)

Alat Penyambung geser tidak akan gagal jika beban rata-rata pada suatu alat penyambung lebih rendah dari gaya yang mengakibatkan gelinciran residu 0.003 inci ( 0.076) antara beton dengan baja ( Ivan M. Viest, 1974)

## **2.5. Slip Antara Beton dan Baja**

Perubahan tahap dalam profil tegangan melampaui bagian baja/lempeng beton sering disebut sebagai tegangan slip (Newmark,1951)

Teknik-teknik desain yang ada sekarang ini berusaha mencegah kepatahan konektor yang terjadi karena slip yang berlebihan dengan menetapkan batas-batas maksimum dan kekuatan minimum penyambung gesernya. (Deric John Oehlers dan George Sved, 1995)

Besarnya gelinciran tidak akan mengurangi momen batas bila (1) Syarat keseimbangan dipenuhi, dan (2) Besarnya gelinciran tidak lebih dari harga gelinciran terendah yang menyebabkan kegagalan alat penyambung ( menurut Slutter dan Driscoll dalam buku salmon dan Jhonson,1986 )

## **2.6. Kuat Lentur Balok**

Kuat lentur atau momen lentur (*bending momen*) adalah momen dari kopel gaya (momen perlawanan dalam) yang bekerja dalam bidang lenturan (Gere & Timoshenko,1984).

Tegangan, regangan dan gaya-gaya yang timbul pada penampang balok yang bekerja menahan momen batas, yaitu momen akibat beban luar yang timbul tepat

pada saat terjadi hancur mencerminkan kekuatan dan disebut sebagai kuat lentur ultimit balok. Kuat lentur ini tersedia karena berlangsungnya mekanisme tegangan-tegangan dalam yang timbul di dalam balok.(Istimawan,1999).

Menurut E.P. Popov (1984), konsep penting dalam rumus-rumus lenturan adalah sebagai berikut :

1. *Deformasi* dianggap memberikan regangan yang berubah secara linier terhadap sumbu netral
2. *Sifat-sifat bahan* yang digunakan untuk menghubungkan regangan dan tegangan.
3. *Syarat-syarat keseimbangan* digunakan untuk menentukan letak sumbu netral dan tegangan-tegangan dalam (*internal stresses*)

Selain itu, menurut Istimawan (1999), untuk memperhitungkan momen ultimit komponen struktur, kuat tarik beton diabaikan (tidak diperhitungkan) dan seluruh gaya tarik dilimpahkan pada baja tarik.

## **2.7. Kekuatan Batas Penampang Komposit Penuh**

Kekuatan batas penampang komposit tergantung pada kekuatan leleh dan sifat penampang balok baja dan kapasitas interaksi alat penghubung geser yang menghubungkan balok dengan pelat (Salmon dan Johnson,1986).

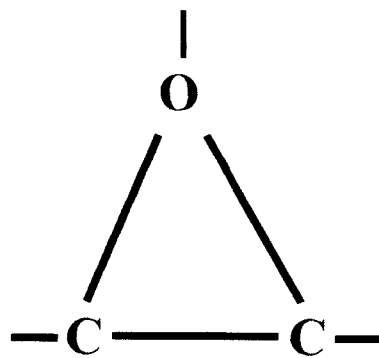
## **2.8. Daktilitas**

Daktilitas adalah perbandingan antara  $\varepsilon_s$  dengan  $\varepsilon_y$ , dimana  $\varepsilon_s$  adalah *strain hardening* dan  $\varepsilon_y$  adalah *strain yield* (Wahyudi dan sjahril, 1992)



## 2.9. Zat Perekat Epoxy pada Balok Komposit

Kata “Epoxy” berasal dari bahasa Yunani. Kata “epi” berarti “Berada pada bagian sisi luar dari” digabungkan dengan kata “oxygen” yang di ambil dari struktur molekul atom oksigen. Singkatnya, kata ini merupakan penjelasan dalam bahasa Yunani untuk simbol rumus kimia kelompok-kelompok epoxy seperti pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Simbol rumus kelompok kimia Epoxy (ACI, 1973)

Epoxy di produksi dan digunakan sebagai bahan campuran semen pertama kali pada sekitar tahun 1940 dengan penggunaan terbatas terbatas dan baru pada awal tahun 1950-an diproduksi untuk dikomersilkan (ACI,1973).

Kekuatan geser yang tinggi pada bahan perekat epoxy memberikan kesan bahwa epoxy dapat digunakan sebagai penghubung geser untuk balok komposit. Keuntungan besar yang dimiliki bahan perekat ini adalah dapat menjadi penghubung geser menerus lebih daripada penghubung yang khusus. Penghubung geser yang menerus menyediakan distribusi tegangan yang menerus.

Kerugian lekatan adhesive adalah kekuatan geser disediakan hanya pada garis lekatan, tidak tahan pada suhu yang tinggi, bahan perekat tidak masuk ke dalam

slab beton dan kerusakan mortar dapat terjadi secara tiba-tiba di atas garis lekatan. Meskipun demikian, ikatan bahan perekat pada balok komposit di dalam hubungannya dengan beberapa penghubung geser dapat mencegah terlampauinya tegangan ijin (John P Cook, PE, 1977).

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1. Konsep Dasar Penelitian Baja Komposit dengan Penambahan Sikadur**

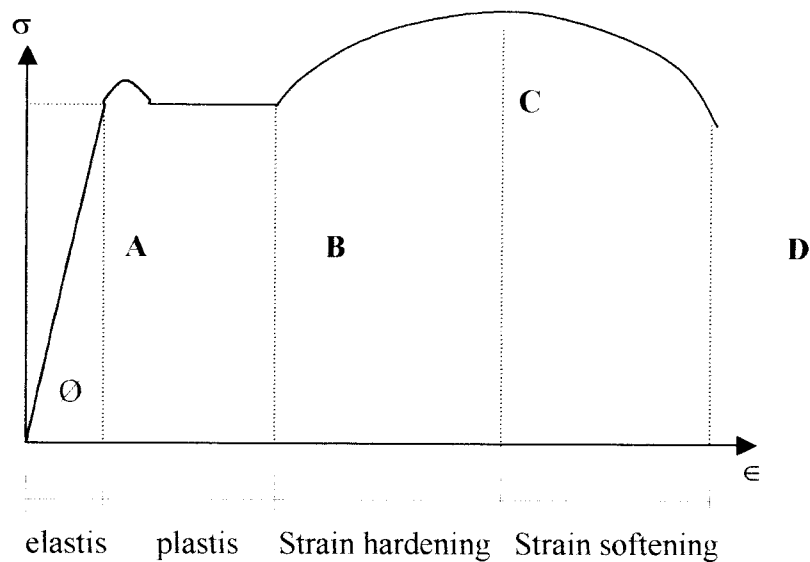
<sup>R</sup>732

Secara teoritis, penelitian baja komposit ini tidak memerlukan konsep-konsep baru. Dalam perencanaan balok komposit, aksi pelat beton dalam arah sejajar balok dimanfaatkan dan digabungkan dengan balok baja penyanggah, akibatnya momen inersia struktur lantai dalam arah balok baja meningkat banyak. Pada aksi komposit penuh, kekuatan batas penampang jauh melampaui jumlah dari kekuatan pelat dan balok secara terpisah sehingga timbul kapasitas cadangan yang tinggi.

Penelitian struktur komposit baja-beton dengan penambahan Sikadur<sup>R</sup>732 berguna untuk mendapatkan gambaran kemampuan nyata balok komposit dalam memikul beban kerja maksimal yang terjadi sesuai ukuran dan dimensi batang yang direncanakan, dan sebagai bahan perbandingan pada pengujian ini maka struktur komposit akan dikomparasikan dengan struktur komposit lain yang tidak menggunakan epoxy Sikadur<sup>R</sup>732, sehingga didapat perbandingan kekuatan lentur maksimum yang dihasilkan dari penambahan epoxy tersebut.

### 3.2. Karakteristik Baja

Diagram tegangan-regangan baja tarik dan tekan dianggap sama bentuk dan mempunyai sifat yang homogen, sehingga titik leleh baja tarik dan tekan sama besar.



Gambar 3.1. Grafik tegangan-regangan baja

Tegangan  $\sigma$  ( stress ) adalah, gaya persatuan luas pada penampang. Regangan  $\epsilon$ , (strain) adalah, perubahan panjang yang dapat dinyatakan dalam persamaan

$$\epsilon = \frac{l - l_0}{l_0} \dots\dots\dots (3.1)$$

$\epsilon$  = regangan (Strain),  $l_0$  = Panjang awal,

$l$  = Panjang batang setelah mendapat beban

Fase elastis ditunjukkan dengan garis  $O-A$ . Titik  $A$  disebut batas proporsional dan tegangan di  $A$  disebut tegangan proporsional yang nilainya sangat dekat dengan tegangan leleh ( $F_y$ ). Kemiringan (sloop) garis  $O-A$

menunjukkan modulus elastisitas  $E$  ( Young modulus ). Jadi modulus elastisitas ( $E$ ) adalah :

$$E = Tg\theta \dots\dots\dots(3.2)$$

Mengacu pada gambar 3.1, setelah melampaui titik A, garis A-B menunjukkan garis plastis. Di atas titik B tegangan regangan meningkat lagi mencapai maximumnya di C, fase B-C dikenal dengan pengerasan regangan ( strain hardening) menurut Chen dan Astatuta (1971) dalam diktat kuliah analisis plastis,(Fatkhurrohman,1977) modulus bahan pada fase ini adalah:

$$E_{sh} = \frac{1}{25} \cdot E \dots\dots\dots(3.3)$$

Setelah melampaui titik C , penampang baja mengalami penyempitan (necking) sehingga tegangan menurun dan baja putus di D. Fase C-D disebut pelunakan (Strain Softening ). Dari uraian diatas dapat diketahui bahwa akibat gaya tarik baja mengalami empat fase, yaitu : elastis, plastis, Strain hardening, dan strain softening dan mengalami deformasi cukup besar sehingga dapat digolongkan sebagai material yang daktail.

### **3.3. Balok Komposit Baja-Beton**

Balok komposit baja-beton adalah merupakan struktur gabungan antara baja sebagai badan dan beton sebagai sayap yang mampu beraksi terhadap beban kerja secara satu kesatuan.

#### **3.3.1. Lebar Efektif ( $b_E$ )**

SK SNI T-15-1991-03 memberikan pembatasan lebar sayap efektif untuk balok I dan diambil nilai terkecil dari:

- (1)  $b_E \leq L/4$
- (2)  $b_E \leq b_o$
- (3)  $b_E \leq b_w + 16 t$ .....(3.4)

Dengan L adalah panjang bentang,  $b_o$  adalah jarak pusat ke anatar balok,  $b_w$  merupakan lebar kayu dan t adalah tinggi sayap beton. Apabila tidak diketahui jarak antar balok ( $b_o$ ), maka persamaan yang dipakai hanyalah persamaan (1) dan (3).

**3.3.2. Rasio Modular ( $n$ ) dan Lebar Transformasi ( $b_{tr}$ )**

Rasio modular ( $n$ ) adalah nilai banding antara modulus elastis baja dengan modulus elastis beton. Menghitung lebar transformasi dengan cara mentransformasikan lebar efektif dengan menggunakan rasio modular ( $n$ ):

$$n = \frac{E_s}{E_c} \dots\dots\dots(3.5)$$

dengan  $E_s$  adalah modulus elastis baja sebesar  $2 \times 10^5$  Mpa dan  $E_c$  adalah modulus elastis beton. Persamaan (3.5) merupakan persamaan dalam tahap elastis.

$$E_c = 4700 \sqrt{f'_c} \dots\dots\dots(3.6)$$

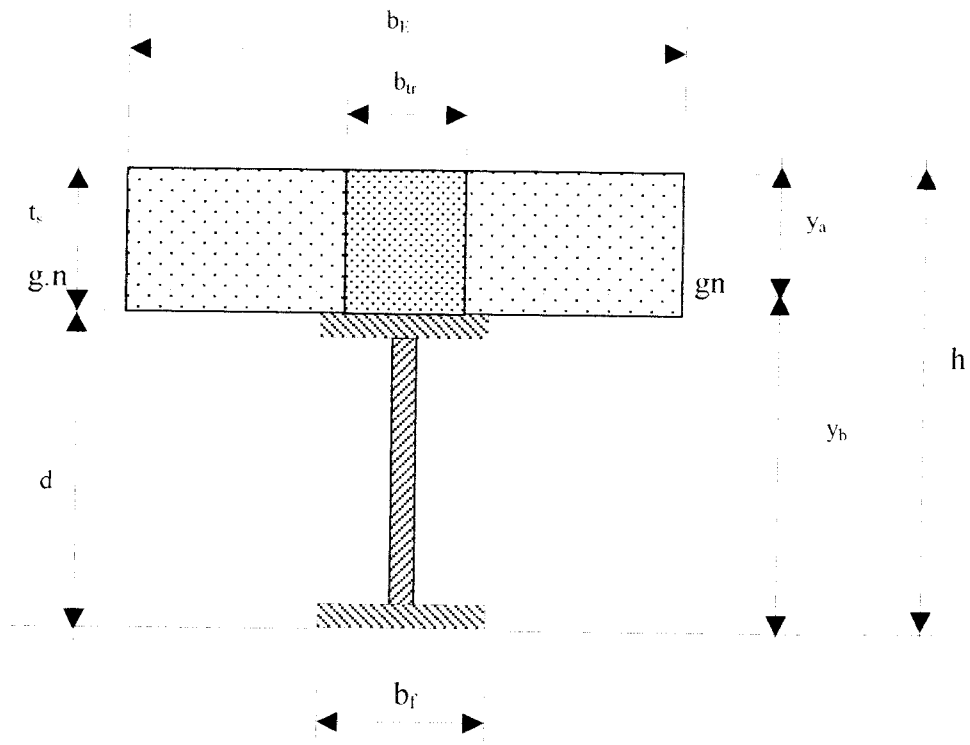
$f'_c$  dalam Mpa untuk bobot beton normal

Lebar transformasi ( $b_{tr}$ ) dari bahan beton menjadi bahan baja, didapat dengan mengalikan persamaan (3.5) di atas dengan lebar efektifnya sehingga:

$$B_{tr} = 1/n \cdot b_E \dots\dots\dots(3.7)$$

Dengan menggunakan lebar transformasi, bahan dianggap homogen sehingga dapat langsung dihitung statis momen/garis netral dan inersia tampang.

Gambar 3.2 menunjukkan transformasi penampang beton terhadap baja.



Gambar.3.2. Penampang balok baja-beton komposit dan garis netral

### 3.3.3. Garis Netral Tampang Balok

Garis netral dapat dicari dengan cara menghitung statis momen tampang (lihat Gambar 3.2). Statis momen apabila dihitung dari serat tepi bawah :

$$y_b = \frac{b_{tr}.t_s(d - 1/2.t_s) + A_s(1/2.d)}{b_{tr}.t_s + A_s} \dots\dots\dots(3.8)$$

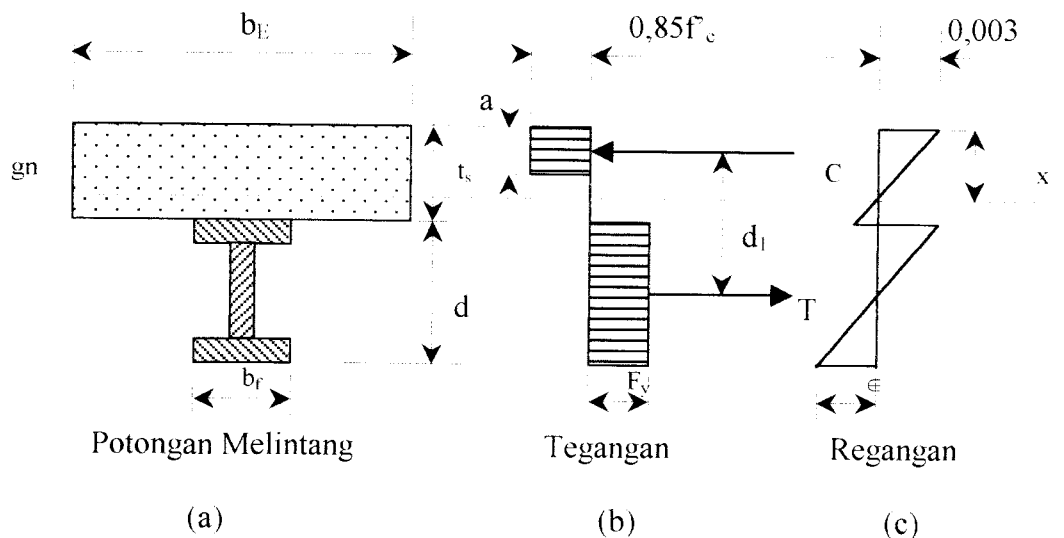
Persamaan (3.8) menunjukkan letak garis netral tampang diukur dari serat tepi bawah. Dengan mengetahui garis netral ini, maka dapat dihitung inersia penampang komposit (I), maka :

$$I = I_s + A_s.(y_b - 1/2.d)^2 + \frac{1}{12} b_{tr}.t_s^3 + b_{tr}.t_s(h - 1/2.t_s - y_b)^2 \dots\dots\dots(3.9)$$

**3.4. Kekuatan Momen Nominal Penampang Komposit Penuh.**

Konsep kekuatan (Lazim disebut *kekuatan ultimit*) pertama-tama diterapkan pertama kali direkomendasikan oleh ASCE – ACI dan dimodifikasi oleh Slutter dan Driscoll. Kemudian kembali diulas dalam State Of the Art Report dan dibahas dalam konteks LRFD oleh Hansell. Kekuatan momen nominal  $M_n$  berdasarkan distribusi tegangan plastis dapat dibagi menjadi dua kategori umum yaitu : (1) sumbu netral plastis ( PNA) terjadi pada slab dan (2) sumbu netral plastis terletak pada penampang baja .

**3.4.1. Kategori 1- Sumbu Netral Plastis ( PNA) pada slab**



Gambar 3.3. Distribusi tegangan plastis pada kekuatan momen nominal  $M_n$  pada slab (Salmon dan Jhonson, 1986 )

Mengacu pada gambar 3.3 dengan mengasumsikan distribusi tegangan persegi Whitney (Tegangan merata sebesar  $0,85f'_c$ ) yang bekerja pada kedalaman  $a$ , gaya tekan C adalah :

$$C = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b_E \dots \dots \dots (3.10)$$



dengan:

$f'_c$  = Kekuatan tekan beton 28 hari, Mpa

$a$  = Kedalaman distribusi tegangan persegi

$b_E$  = Lebar slab efektif

Gaya tarik  $T$  adalah tegangan leleh pada balok dikali luas baja, jadi

$$T = A_s \cdot F_y \dots\dots\dots(3.11)$$

dengan :

$A_s$  = Luas penampang baja  $F_y$  = Tegangan leleh baja

Bila gaya tekan  $C$  disamakan dengan gaya tarik  $T$  akan diperoleh tebal beton desak.

$$a = \left( \frac{A_s \cdot F_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b_E} \right) \dots\dots\dots(3.12)$$

Menurut distribusi tegangan persegi yang diterima ACI jarak sumbu netral  $x$ ,

seperti pada Gambar 3.3 sama dengan  $\frac{a}{0,85}$  untuk  $f'_c \leq 27,58$  MPA.

Kekuatan momen nominal  $M_n$  dari gambar 3.3 menjadi

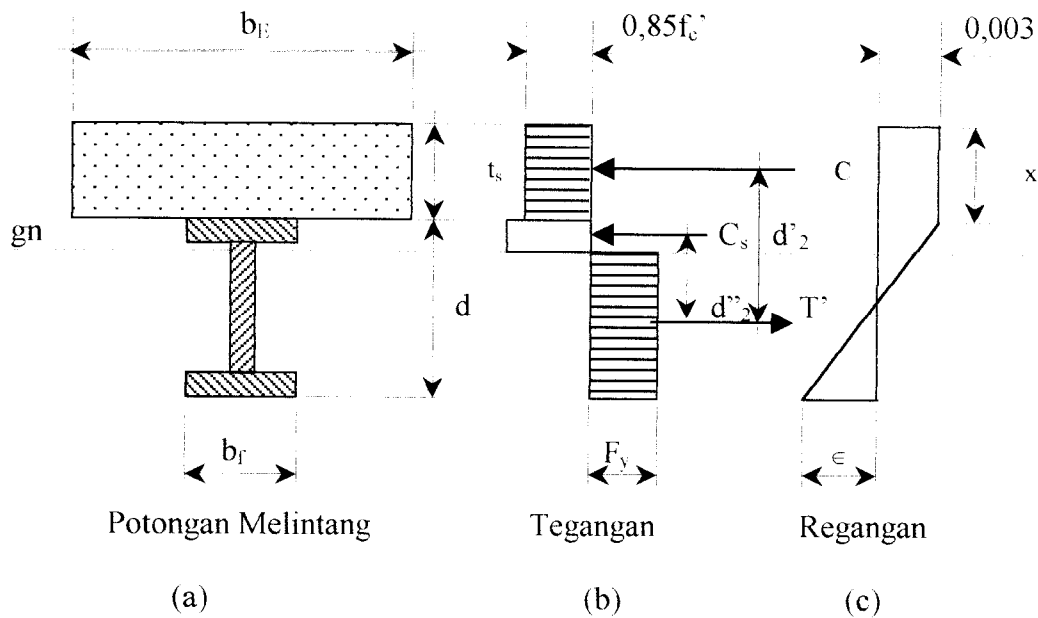
$$M_n = C \cdot d_1 \dots\dots\dots(3.13)$$

Bila slab tersebut mampu mengembangkan suatu gaya tekan paling tidak sama dengan kekuatan leleh penuh balok bajanya, PNA akan berada dalam slab, situasi yang lazim untuk penampang-penampang yang sepenuhnya komposit. Bila kekuatan Nominaal dinyatakan dalam bentuk gaya baja akan diperoleh

$$M_n = A_s \cdot F_y \left( \frac{d}{2} + t_s - \frac{a}{2} \right) \dots\dots\dots(3.14)$$

Prosedur biasa untuk menghitung kekuatan nominal adalah dengan mengasumsikan kedalam  $a$  untuk distribusi tegangan persegi tidak akan melampaui  $t_s$ . (Salmon dan Jhonson ,1986)

**3.4.2. Kategori 1- Sumbu Netral Plastis ( PNA) pada Baja**



Gambar 3.4. Distribusi tegangan plastis pada kekuatan momen nominal  $M_n$  pada baja (Salmon dan Jhonson, 1986 )

Bila kedalaman  $a$  dari balok tegangan sebagaimana ditentukan dalam persamaan melampaui ketebalan slab, distribusinya akan seperti terlihat dalam Gambar 3.4 gaya tekan  $C_c$  dalam slab sebesar ,

$$C_c = 0,85 \cdot f'_c \cdot b_E \cdot t_s \dots\dots\dots(3.15)$$

Gaya tekan dalam balok baja yang dihasilkan oleh bagian balok yang ada diatas sumbu netral terlihat dalam gambar c sebagai  $C_s$ .

Gaya tarik  $T''$  yang sekarang lebih kecil dari pada  $A_s \cdot f_y$  harus sama dengan jumlah gaya-gaya tekan:

$$T'' = C_c + C_s \dots\dots\dots(3.16)$$

Demikian pula

$$T'' = \{(A_s \cdot f_y) - C_c\} \dots\dots\dots(3.17)$$

Apabila dua persamaan diatas disamakan maka akan diperoleh,

$$C_s = \left[ \frac{(A_s \cdot f_y) - C_c}{2} \right] \dots\dots\dots(3.18)$$

$$C_s = \left[ \frac{(A_s \cdot f_y) - 0.85 \cdot f'_c \cdot b \cdot t_s}{2} \right] \dots\dots\dots(3.19)$$

Dengan demikian gaya  $C_s$  dan  $C_c$  kekuatan momen nominal  $M_n$  untuk kasus 2 adalah

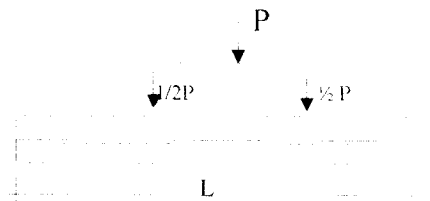
$$M_n = C_c \cdot d_2' + C_s \cdot d_2'' \dots\dots\dots(3.20)$$

Sebagaimana telah ditunjukkan sebelumnya dalam hal ini untuk menggunakan distribusi tegangan plastis LRFD-13.2 mensyaratkan badan balok  $\lambda \leq \lambda_p$ .

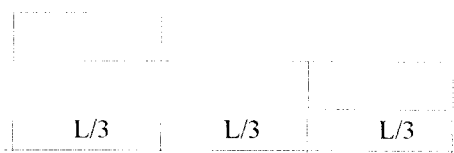
### 3.5. Penghubung Geser “shear Conector”

Shear connector berfungsi untuk mencegah terjadinya slip / geser arah vertikal dan horizontal diantara slab beton dan permukaan profil baja. Pada penelitian kali ini digunakan penghubung geser *stud berkait 6 mm* spesifikasi AISC “ Ultimate Strength concept “ dan Sikadur<sup>®</sup>732 dengan asumsi tampang beton / baja sudah leleh .

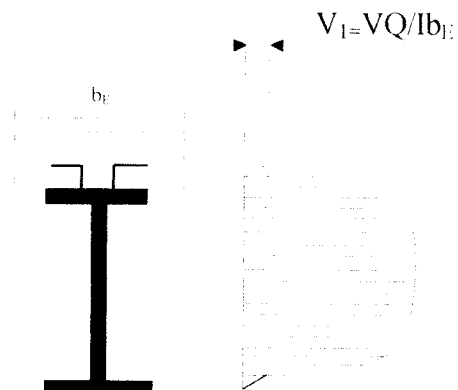
Untuk menghitung jumlah kebutuhan penghubung geser dapat dijelaskan pada gambar 3.5 berikut



Gambar 3.5 (a) Pembebanan Struktur



Gambar 3.5 (b) Diagram gaya lintang balok



Gambar 3.5 (c) Distribusi tegangan geser

Keterangan:

$V$  = Gaya geser persatuan jarak di sepanjang bentang,  $b_f$  = Lebar efektif slab

$Q$  = Momen statis penampang beton tekan transformasi,  $I$  = Inertia komposit

Kekuatan transfer geser nominal yang tidak dapat melampaui gaya maksimum yang diberikan beton, yaitu

$$C = 0,85 \cdot f'_c \cdot bE \cdot t_s \dots\dots\dots(3.21)$$

$$T = A_s \cdot f_y \dots\dots\dots(3.22)$$

kapasitas geser adalah,

$$Vh_1 = \frac{C}{2} = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot bE \cdot t_s}{2} \dots\dots\dots(3.23)$$

(Dipakai nilai terkecil)

$$Vh_2 = \frac{T}{2} = \frac{A_s \cdot f_y}{2} \dots\dots\dots(3.24)$$

Jumlah konektor,

$$N = \frac{V_h}{Q_n} \dots\dots\dots(3.25)$$

$$Q_n = q_{ult} \dots\dots\dots(3.26)$$

$q_{ult}$  = kekuatan nominal salah satu stud

Persamaan AASHTO-10.38.5.1.2 untuk satuan SI,

$$q_{ult} = 0,0004 \cdot d_s^2 \cdot \sqrt{f'_c \cdot E_c} \dots\dots\dots(3.27)$$

$d_s$  = diameter stud

$E_c$  = modulus elastisitas

$$E_c = (w^{1.5}) \cdot (0.041) \sqrt{f'_c} \dots\dots\dots(3.28)$$

Dengan  $d_s$ , mm<sup>2</sup>;  $f'_c$ , MPA;  $Q_n$ , KN;  $w$  dalam Kg/m<sup>3</sup>

### b. Sikadur<sup>®</sup> 732

Kuat desak bahan setelah 28 hari = 63 Mpa

### 3.5. Kontrol lenturan

Secara teoritis, rumus lenturan yang terjadi pada balok dengan pembebanan perletakkan seperti terlihat pada gambar 3.6 adalah:

$$\Delta = \frac{53}{1296} \cdot \frac{P \cdot L^3}{E_s \cdot I_{comp}} \dots\dots\dots(3.29)$$

Dengan syarat :

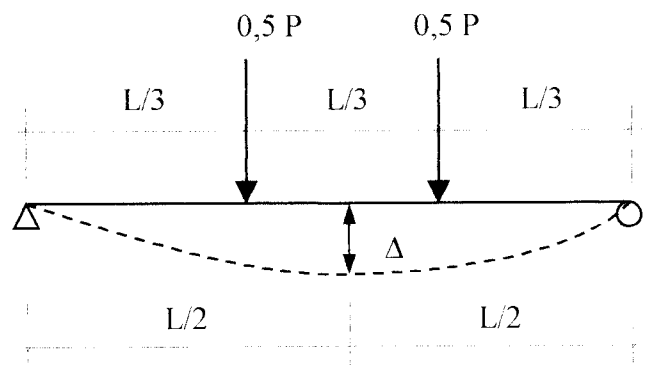
$$\Delta \leq \frac{L}{360} \dots\dots\dots(3.30)$$

dengan:

$P$  = Beban Beban perletakkan       $l$  = Panjang bentang ,

$I_{comp}$  = Momen inerti komposit       $E_s$  = Modulus elastis baja

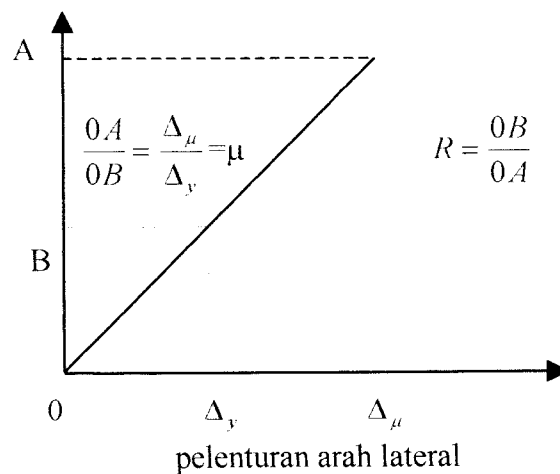
$\Delta$  = Lentur



Gambar 3.6. Lendutan Balok

### 3.6. Daktilitas

Dalam analisis ini akan dicari besar daktilitas simpangan , daktilitas kurvatur. Daktilitas simpangan yaitu, rasio antara simpangan ultimit dengan simpangan saat leleh (Widodo,1996). Besar daktilitas dapat dilihat pada gambar 3.7 ( Park and T.Paulay,1974) dan persamaan dibawah ini :



Gambar. 3.7 Grafik respon pelenturan maksimum( Park and T Paulay,1974)

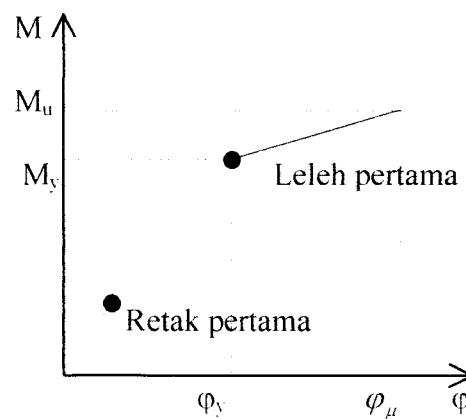
$$\mu = \frac{\Delta_{\mu}}{\Delta_y} \dots\dots\dots(3.31)$$

$\mu$  = Daktilitas simpangan,

$\Delta_{\mu}$  = Deformasi ultimit pada saat akan runtuh

$\Delta_y$  = Deformasi pertama pada batas elastis.

Daktilitas kurvatur yaitu kemampuan sendi plastis balok untuk berotasi sebelum runtuh yang merupakan perbandingan antara kurvatur total pada sendi plastis balok dan kurvatur pada batas elastis di titik tersebut. Daktilitas kurvatur dapat dilihat pada gambar 3.8 di bawah ini,



Gambar 3.8 Grafik kurva daktilitas kelengkungan ( Park and T Paulay,1974)

$$\varphi = \frac{\varphi_{\mu}}{\varphi_y} \dots\dots\dots (3.32)$$

dengan :

$\varphi$  = Daktilitas kelengkungan

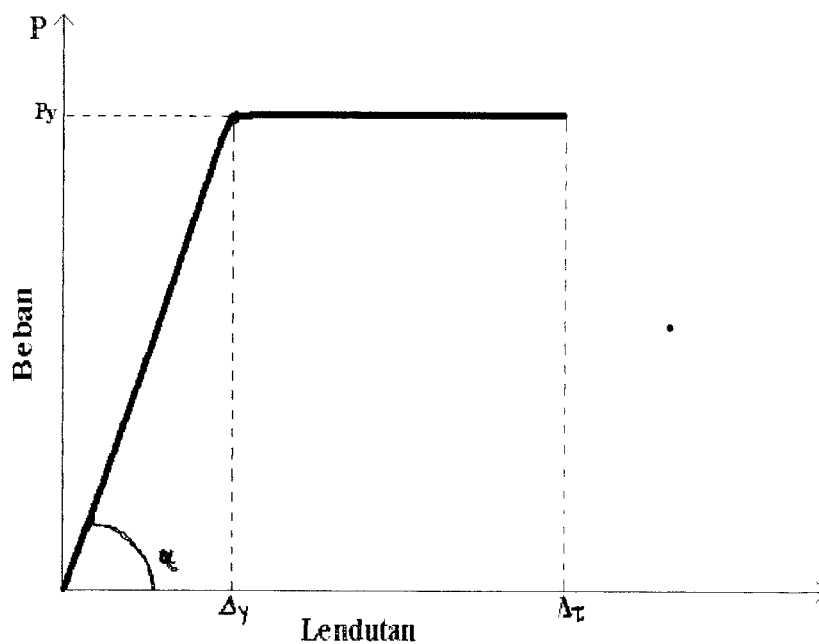
$\varphi_{\mu}$  = Deformasi kelengkungan total

$\varphi_y$  = Deformasi kelengkungan elastis

### 3.8. Kekakuan dan Faktor Kekakuan Struktur

#### 3.8.1. Hubungan Beban (P) dan Lendutan ( $\Delta$ )

Pemberian beban pada balok akan mengakibatkan penurunan (defleksi). Dari hasil pengujian, didapat data beban dan lendutan. Perbandingan antara beban (P) dan lendutan ( $\Delta$ ) menunjukkan kekakuan struktur. Hal ini dapat dilihat pada gambar 3.9 (grafik hubungan beban dan lendutan) berikut ini:



Gambar 3.9. Grafik hubungan beban (P) dan lendutan ( $\Delta$ )

$$\operatorname{tg}\alpha = P_y / \Delta_y \dots\dots\dots (3.33)$$

$$k = \operatorname{tg}\alpha \dots\dots\dots (3.34)$$

$$\text{maka: } k = P_y / \Delta_y \dots\dots\dots (3.35)$$

dengan, k = kekakuan struktur

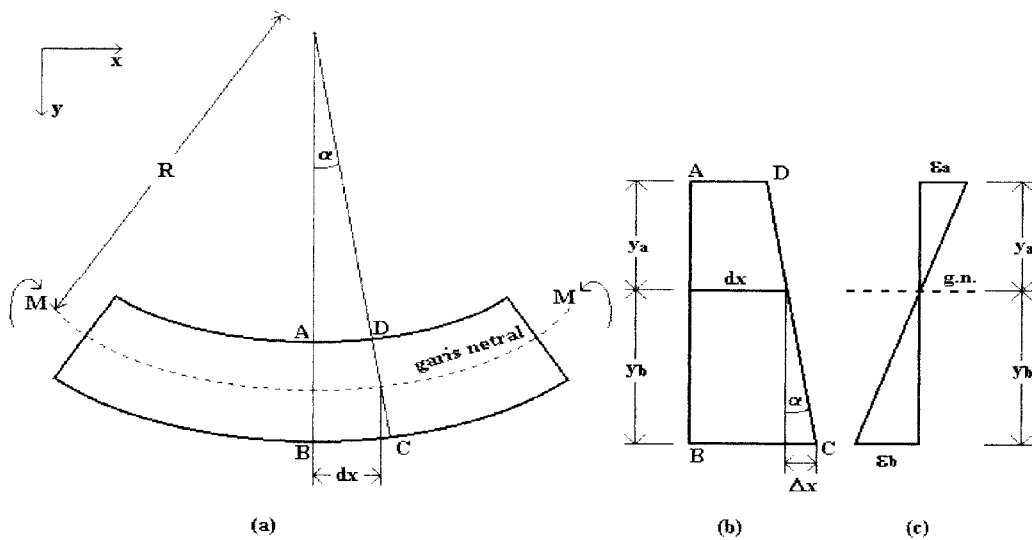
Pada uji pembebanan, setelah P leleh atau P patah dilampaui, maka kekakuan struktur akan menurun, seperti terlihat pada gambar 3.9 diatas.



**3.8.2. Hubungan Momen (M) dan Kelengkungan (Φ)**

*a. Metode Kelengkungan Balok Teoritis*

Perilaku struktur yang mengalami lentur dapat diketahui dari hubungan momen kelengkungan. Sesuai Park and Paulay, 1975, kelengkungan teoritis dapat dijelaskan dengan gambar 3.10 yang merupakan elemen dari sebuah balok dengan momen-momen ujung dan gaya aksial. Jari-jari kelengkungan R diukur dari garis netral. Adanya retak pada balok akibat terjadinya penambahan tegangan, akan merubah jari-jari kelengkungan (R), tinggi netral (y<sub>a</sub>), regangan tekan (ε<sub>a</sub>) dan regangan tarik (ε<sub>b</sub>).



Gambar 3.10 Kelengkungan balok ( Gayuh dan Bowo,2002).

Gambar 3.10 (a) merupakan elemen sebuah balok yang menerima lentur, gambar 3.10 (b) merupakan elemen kecil dari balok lentur (a) dan gambar 3.10 (c) adalah diagram regangan balok.

Dari gambar 3.10 didapat:

$$\frac{dx}{R} = \frac{\epsilon_a \cdot dx}{y_a} = \frac{\epsilon_b \cdot dx}{y_b} \dots\dots\dots(3.36)$$

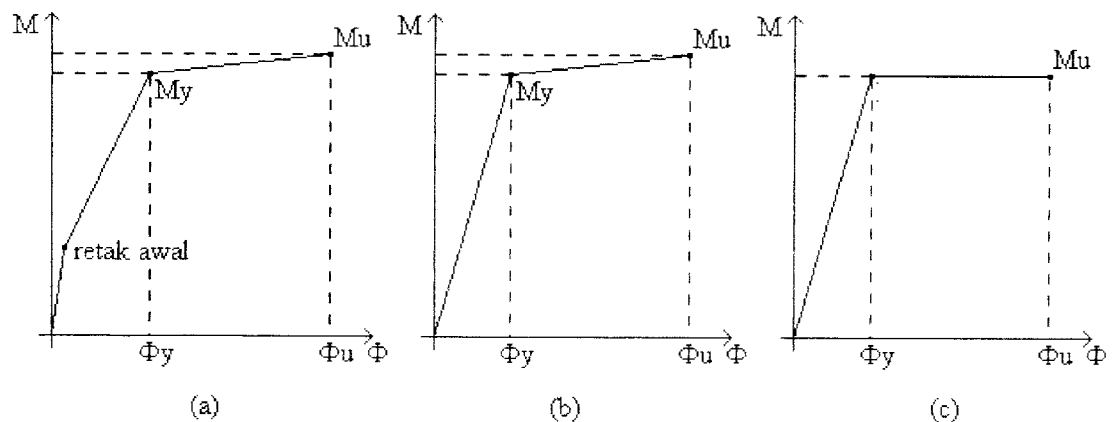
$$\frac{1}{R} = \frac{\varepsilon_a}{y_a} = \frac{\varepsilon_b}{y_b} \dots\dots\dots(3.37)$$

dengan:  $\frac{1}{R} = \Phi$

maka:  $\Phi = \frac{\varepsilon_a}{y_a} = \frac{\varepsilon_b}{y_b} = \frac{\varepsilon_a + \varepsilon_b}{y_a + y_b} \dots\dots\dots(3.38)$

dengan  $\Phi$ ,  $\varepsilon_a$ ,  $\varepsilon_b$ ,  $y_a$  dan  $y_b$  berturut-turut menyatakan kelengkungan, regangan tekan, regangan tarik, jarak garis netral ke tepi atas dan jarak garis netral ke tepi bawah.

Momen kelengkungan teoritis balok dianalisis pada beberapa kondisi, yaitu kondisi elastis (retak awal), kondisi mulai leleh / batas proporsional dan kondisi ultimit. Kurva momen kelengkungan dapat dilihat pada gambar 3.11 berikut:



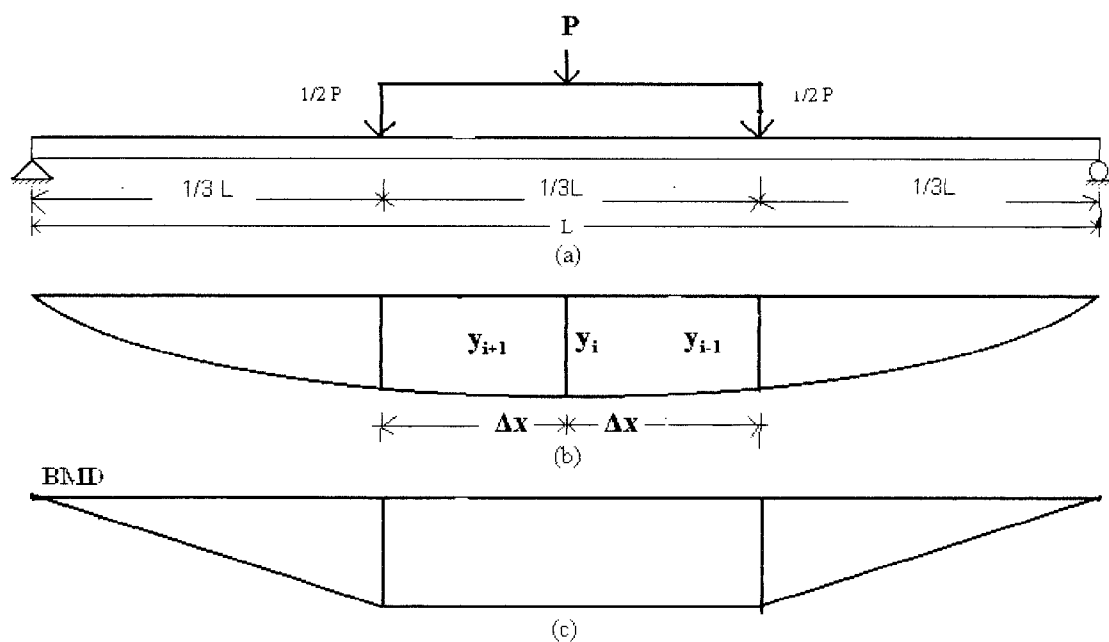
Gambar 3.11 Momen kelengkungan ( Gayuh dan Bowo,2002)

Gambar 3.11 (a) menunjukkan kurva momen kelengkungan tri-linier balok, sedangkan gambar 3.11 (b) dan gambar 3.11 (c) menunjukkan kurva momen kelengkungan bi-linier balok.

### b. Metode Pendekatan Kelengkungan Balok

Kelengkungan sebuah balok dapat diperoleh dari analisis data perpindahan titik segmen / bagian pada sebuah balok, yang dapat diketahui dari pengujian kuat lentur balok.

Pada uji pembebanan balok, sumbu balok yang semula lurus, akan menjadi garis lengkung, sehingga dihasilkan nilai momen dan kelengkungan garis. Kelengkungan struktur diturunkan dari data perpindahan titik garis lengkung dengan metode *Central Difference*, dengan keterangan Gambar 3.12 berikut:



Gambar 3.12 Momen kelengkungan balok ( Gayuh dan Bowo)

Gambar 3.12 (a) menunjukkan pembebanan balok, gambar 3.12 (b) adalah lendutan yang terjadi sedangkan gambar 3.7 (c) diagram momen yang terjadi. Kemiringan (*slope*) didekati dengan persamaan :

$$\frac{dy}{dx} = \frac{y_{i+1} - y_{i-1}}{2\Delta x} \dots\dots\dots(3.39)$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{2\Delta x \frac{d}{dx}(y_{i+1} - y_{i-1}) - (y_{i+1} - y_{i-1}) \frac{d}{dx}(2\Delta x)}{(2\Delta x)^2} \dots\dots\dots(3.40)$$

Karena  $(2\Delta x)$  adalah konstanta maka :

$$\frac{d}{dx}(2\Delta x) = 0 \dots\dots\dots(3.41)$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{(2\Delta x) \cdot \left( \frac{y_{i+2} - y_i}{(2\Delta x)} - \frac{y_i - y_{i-2}}{(2\Delta x)} \right)}{(2\Delta x)^2} \dots\dots\dots(3.42)$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{y_{i+2} - 2y_i + y_{i-2}}{(2\Delta x)^2} \dots\dots\dots(3.43)$$

Jadi turunan dari persamaan (3.34) adalah:

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{y_{i+1} - 2y_i + y_{i-1}}{\Delta x^2} \dots\dots\dots(3.44)$$

Menurut Popov (1978), kelengkungan di dekati dengan:

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \rho \dots\dots\dots(3.45)$$

dengan  $\frac{1}{\rho}$  adalah kelengkungan atau  $\Phi$ , sehingga kelengkungan balok dapat

di dekati dengan:

$$\Phi = \frac{y_{i+1} - 2y_i + y_{i-1}}{\Delta x^2} \dots\dots\dots(3.46)$$

Nilai momen maksimum balok sederhana yang menerima beban seperti pada Gambar 3.9 (c) adalah:

$$M = 1/2P \cdot 1/3L = 1/6PL \dots\dots\dots(3.47)$$

Menurut Gere dan Timoshenko, hubungan faktor kekakuan ( $EI$ ) momen ( $M$ ) dan kelengkungan ( $\Phi$ ) adalah:

$$\Phi = \frac{M}{EI} \dots\dots\dots(3.48)$$

dengan  $\Phi$ ,  $M$  dan  $EI$  berturut-turut menyatakan kelengkungan, momen dan faktor kekakuan.

### 3.8. Hipotesa

Dengan memperhatikan latar belakang, tujuan penelitian, tinjauan pustaka, dan landasan teori bahwa apabila suatu struktur balok komposit baja-beton diberi beban sentris ( $P$ ) maka akan terjadi lendutan ( $\Delta$ ) yang besarnya dipengaruhi oleh kekuatan bahan dan kekakuan balok komposit baja-beton.

Penambahan perekat epoxy Sikadur<sup>®</sup>732 pada baja memperkecil slip yang terjadi antar beton dan baja, sehingga kekakuan balok komposit baja-beton meningkat.

## **BAB IV**

### **METODE PENELITIAN**

Penelitian kuat lentur balok komposit baja-beton dengan zat epoksi Sikadur<sup>®</sup>732 sebagai bahan perekat dan penambah kekuatan konektor dilakukan dengan menggunakan benda uji 11 sampel yang terdiri dari 6 sampel sebagai bahan uji geser dan 5 sampel balok uji lentur yang variabelnya berupa bahan perekat baja beton Sikadur<sup>®</sup> 732 dan plastik PVC.

Penelitian ini dilakukan di laboratorium struktur dan bahan konstruktur teknik FTSP UII Yogyakarta. Sebelum penelitian dilaksanakan maka diperlukan persiapan-persiapan meliputi persiapan bahan, pemodelan benda uji, peralatan dan pelaksanaan penelitian.

#### **4.1. BAHAN - BAHAN PENELITIAN**

Bahan utama pembentuk komponen lantai komposit baja-beton adalah: beton, baja, dan penghubung geser.

##### **4.1.1. Beton**

Beton yang dipergunakan adalah beton normal, yang dibuat dengan berpedoman pada metode American Concrete Institute (ACI). Dalam penelitian direncanakan mutu beton sebesar 25 Mpa. Sebagai penyusun beton, dipergunakan bahan-bahan sebagai berikut:

### 1. Semen

Semen yang dipergunakan adalah semen Portland (PC) jenis I, merk Nusantara dengan berat satuan @ 50 kg sebagai perekat adukan. Semen tersebut harus dalam keadaan baik, berbutir halus, tidak mengeras / menggumpal dan mempunyai berat jenis  $3,15 \text{ Kg/cm}^3$

### 2. Agregat halus

Agregat halus merupakan butiran pasir yang lolos saringan 5 mm. Pasir yang dipergunakan harus pasir yang bersih, bebas dari bahan organik, lempung ataupun kotoran-kotoran lainnya.

Pasir yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Kali Progo Yogyakarta dengan berat jenis  $2,622 \text{ Kg/cm}^3$  dan dengan modulus halus butir (MHB) sebesar 2,961

### 3. Agregat kasar

Agregat kasar berupa split, yang lolos saringan 20 mm dan tertahan saringan 10 mm. Split tersebut kemudian dibersihkan / dicuci terlebih dahulu, sehingga terbebas dari bahan-bahan organik, lempung ataupun kotoran-kotoran lainnya.

Digunakan agregat batu belah (split) yang berasal dari Clereng dengan berat jenis  $2,63 \text{ Kg/cm}^3$

### .Air

Air sebagai bagian dari campuran adukan beton, merupakan air yang jernih dan bersih dari berbagai kotoran.

Air yang dipergunakan pada penelitian ini, diambil dari laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

#### **4.1.2. Baja Profil**

Baja yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah baja profil INP 10 dengan ukuran data :  $h = 100$  mm,  $bf = 55$  mm,  $t_w = 4$  mm,  $t_f = 5$  mm, dengan mutu baja A-36. Pada bahan uji komposit baja-beton, baja berfungsi sebagai penahan gaya tarik.

#### **4.1.3. Penghubung geser**

Penghubung geser yang digunakan pada benda uji komposit baja-beton adalah besi beton biasa dengan diameter 6 mm. Besi beton tersebut berfungsi sebagai penahan geser (*slip*) dan juga pemisahan (*uplift*) antara dua bahan; baja dan beton. Antara baja dan beton ada yang diberi tambahan plastik dan zat epoxy Sikadur<sup>®</sup> 732.

#### **4.1.4. Baja Tulangan**

Baja tulangan dipakai baja tulangan polos berdiameter 8 mm dan 10 mm, disusun memanjang dan melintang pada slab beton. Fungsi baja tulangan tersebut adalah sebagai kerangka dan penguat slab beton.

### **4.2. Model Benda Uji**

Benda uji dalam penelitian ini adalah benda uji balok T komposit baja-beton sebagai benda uji utama, serta benda uji lainnya yaitu benda uji

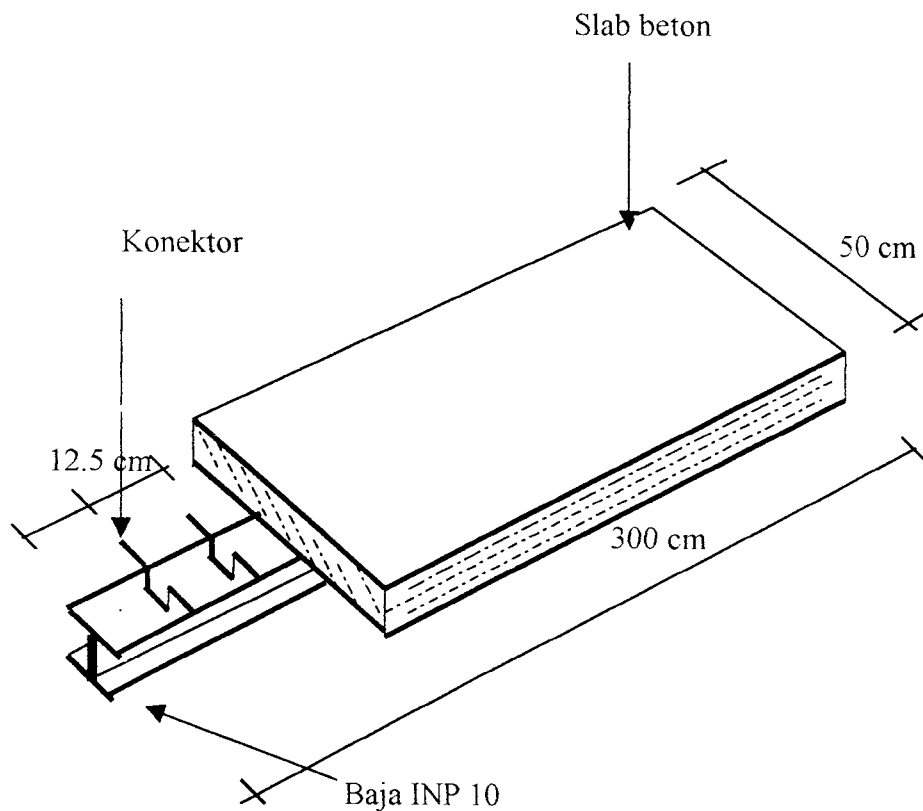


silinder beton, benda uji tarik baja dan benda uji geser besi beton baja – beton.

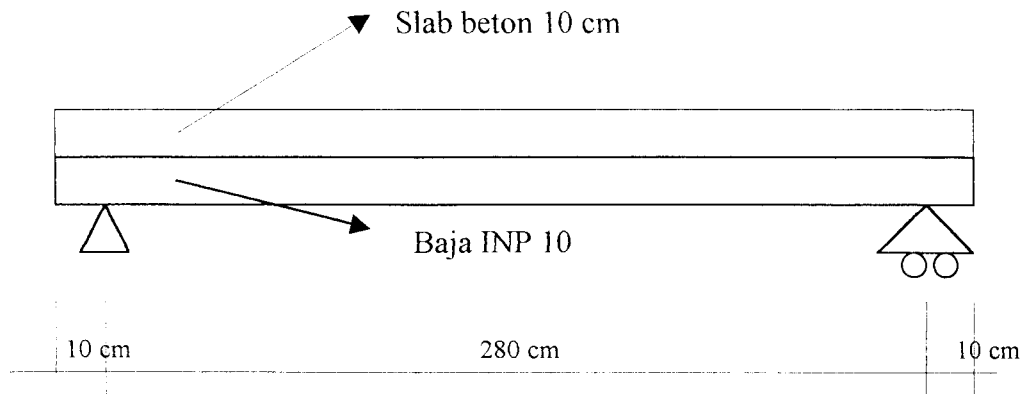
#### 4.2.1 Benda Uji Balok T Komposit Baja Beton

Menggunakan balok Lentur dengan skala penuh ukuran ( 10x50x300) cm, dibuat sebanyak 5 sampel dengan perlakuan sebagai berikut:

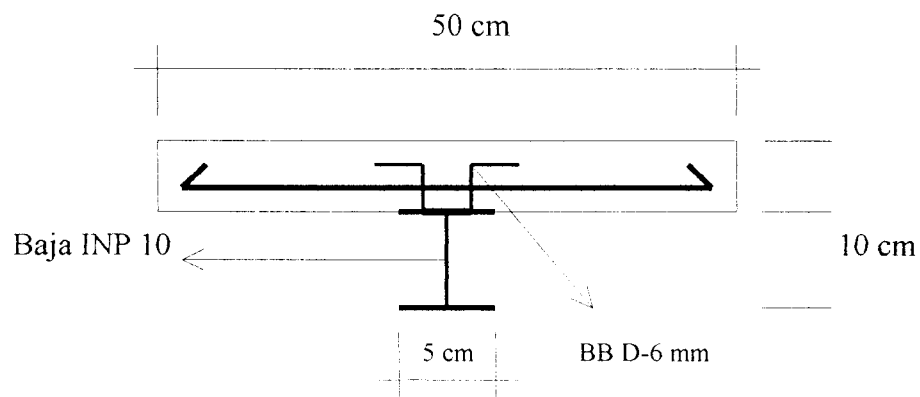
- Dua buah dengan menggunakan plastik antara baja dan beton.
- Dua buah menggunakan Sikadur<sup>®</sup> 732 antara baja dan beton.
- Satu buah normal komposit



Gambar 4.1. Benda uji balok T Komposit Baja – Beton



Gambar 4.2. Potongan memanjang balok T Komposit Baja – Beton

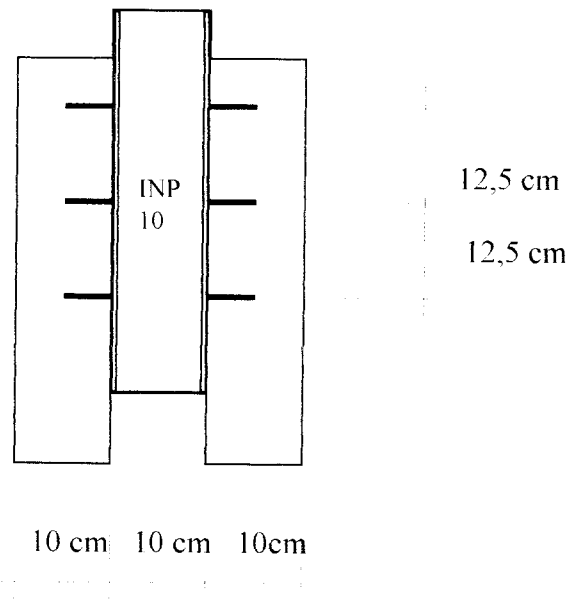


Gambar 4.3. Potongan melintang balok T Komposit Baja – Beton

#### 4.2.2 Benda Uji Geser Konektor Geser

Balok geser ( 10x25x60) dengan perlakuan sebagai berikut:

- Dua buah sampel dengan menggunakan plastik antara baja dan beton
- Dua buah sample menggunakan Sikadur<sup>®</sup> 732 antara baja dan beton
- Dua buah sample normal.



Gambar 4.4. Benda uji geser , komposit baja – beton

#### 4.2.3 Silinder Beton

Silinder beton dibuat sebanyak 11 buah dengan ukuran tinggi  $t = 30$  cm serta diameter  $d = 15$  cm. Beton yang dipakai adalah beton normal yang dibuat dengan berpedoman pada *American Concrete Institute (ACI)*. Hitungan “*mix design*” dapat dilihat pada lampiran. Silinder diuji desak, untuk mengetahui nilai kuat tekan beton yang dibuat.

#### 4.2.4 Tarik Baja Profil INP 10 dan Baja Beton

Baja yang dipakai adalah Baja profil INP10. Dibuat 2 buah potongan pada sayap dan satu potongan pada badan dengan panjang masing-masing 50 cm. Baja beton yang diuji adalah D-6, D-8 dan D-10 yang masing-masing panjangnya 50 cm sebanyak dua buah, untuk diuji tarik, untuk mengetahui kuat leleh baja ( $F_y$ ).

### **4.3. Peralatan Penelitian yang Digunakan**

Untuk kelancaran penelitian ini diperlukan beberapa peralatan penelitian yang akan digunakan sebagai sarana mencapai maksud dan tujuan penelitian.

#### **4.3.1. Alat Adukan Beton**

##### ***1. Ayakan***

Ayakan digunakan untuk mengetahui gradasi pasir dan kerikil. Untuk pasir, digunakan lolos ayakan 5 mm. Sedangkan ukuran ayakan untuk memisahkan fraksi-fraksi dalam pasir adalah: 4,8 mm; 2,4 mm; 1,2 mm; 0,6 mm; 0,3 mm; dan 0,15 mm. Sedangkan kerikil dipakai lolos ayakan 20 mm dan tertahan 5 mm.

##### ***2. Cetok***

Cetok dipergunakan untuk mengambil dan memasukkan adukan beton ke dalam cetakan silinder beton ataupun bekisting benda uji.

##### ***3. Talam Baja***

Talam baja dipergunakan untuk menampung sementara adukan beton yang dikeluarkan dari mesin pengaduk beton.

##### ***4. Kerucut Abrams***

Kerucut abrams dipergunakan untuk mengukur nilai slump adukan beton. Tinggi kerucut 30 cm, diameter atas 10 cm, diameter bawah 20 cm.

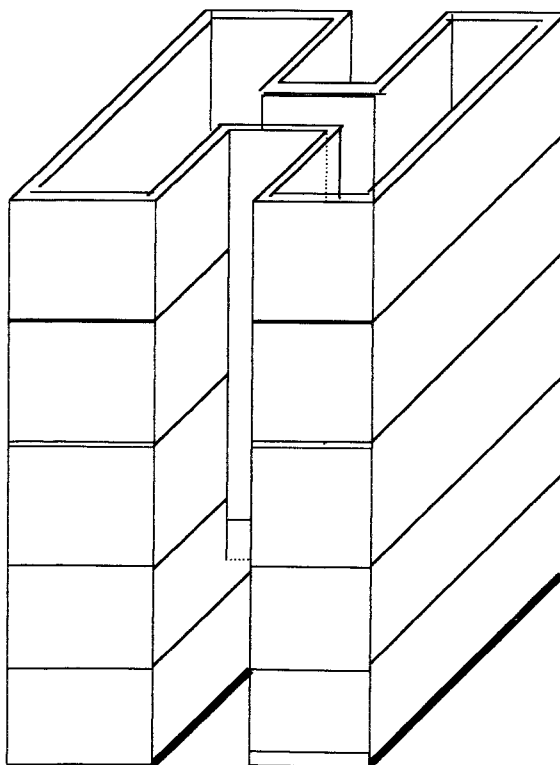
Dilengkapi dengan alat penumbuk berupa batang besi, panjang 60 cm dan diameter 16 mm.

### 5. *Mesin Pengaduk Beton*

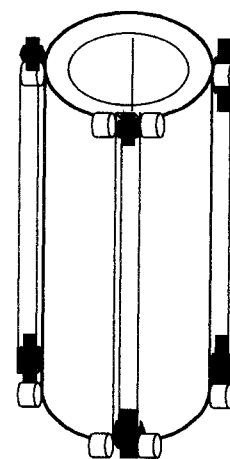
Mesin pengaduk beton dipergunakan untuk mencampur dan mengaduk bahan susun beton yaitu semen, pasir, kerikil dan air, sehingga dihasilkan campuran adukan beton yang homogen.

### 6. *Cetakan benda uji*

Cetakan dari papan cor dibuat sedemikian rupa sehingga dapat mendekati dimensi yang diinginkan



Cetakan balok geser



Cetakan selinder

Gambar 4.5. Cetakan Beton

#### 4.1.1. Alat Pengukur

##### 1. *Timbangan*

Dipergunakan untuk menimbang bahan susun adukan beton (scemen, pasir, kerikil dan air) dalam komposisi yang dikehendaki. Timbangan bermerk Fa Gani, dengan kapasitas timbangan 500 kg.

##### 2. *Mistar / Meteran*

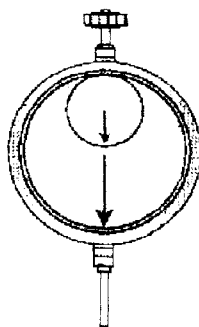
Dipergunakan untuk mengukur dimensi benda uji.

##### 3. *Kaliper*

Kaliper dipergunakan untuk mengukur diameter tulangan, diameter silinder beton, dan ketinggian silinder beton

##### 4. *Dial Gauge*

Adalah alat pengukur besarnya lendutan yang terjadi. Kapasitas ukur maksimum lendutan 30 mm dan 50 mm dengan ketelitian 0,01 mm. Merk Mitutoyo, buatan Jepang, seperti terlihat pada Gambar 4.6 berikut ini:

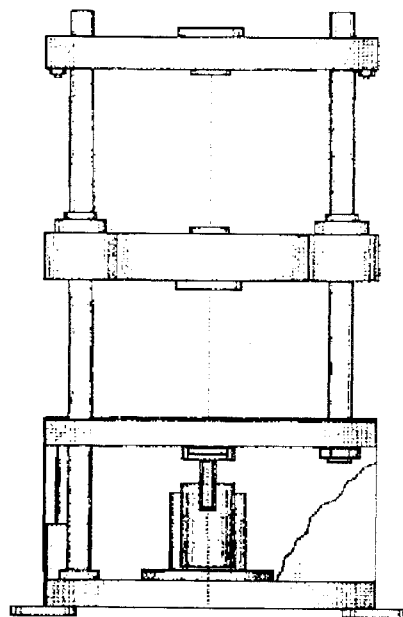


Gambar 4.6. Dial Gauge ( Gayuh dan Bowo,2002)

#### 4.1.2. Alat Mesin Uji

##### 1. *Mesin Uji Kuat Tarik / Tekan*

Mesin ini dipergunakan untuk mengetahui kuat tarik baja tulangan. Mesin yang digunakan adalah Universal Testing Material (UTM) merk Shimatzu type UMH 30 kapasitas 30 ton (lihat Gambar 4.7).



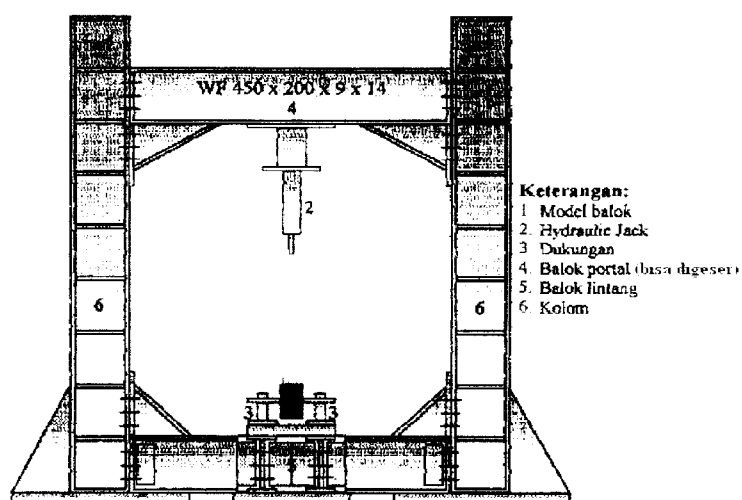
Gambar 4.7. Universal Testing Material SHIMATZU UMH 30 ( Gayuh dan Bowo, 2002)

##### 2. *Mesin Uji Kuat Desak*

Adalah alat uji desak untuk uji desak silinder beton. Mesin merk CONTROLS, kapasitas alat 2000 kN dengan tingkat ketelitian 1 kN.

### 3. Loading Frame

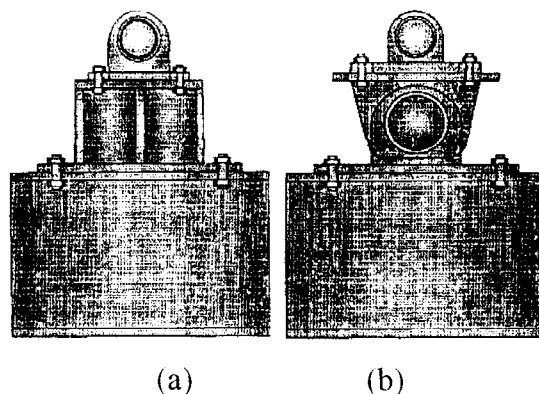
Merupakan struktur rangka profil baja dengan landasannya, untuk meletakkan dan melakukan pengujian berbagai benda uji. Profil baja yang dipakai adalah WF 450x200x9x14, sedangkan bentuk dan susunannya dapat dilihat pada Gambar 4.8 berikut ini:



Gambar 4.8. Loading Frame ( Gayuh dan Bowo,2002)

### 4. Dukungan Sendi – rol

Merupakan perletakan bagi benda uji yang akan diuji, sehingga merupakan perletakan sendi – rol (lihat Gambar 4.9).

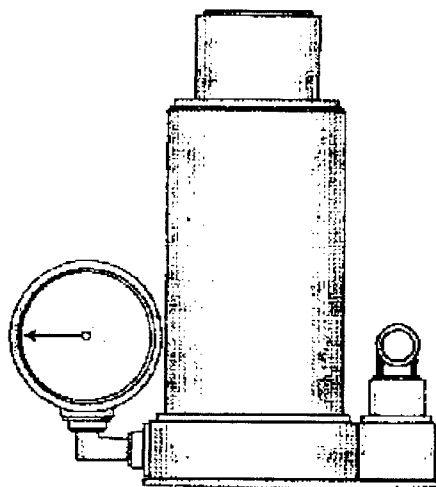


Gambar 4.9. Dukungan sendi (a) dan rol (b) (Gayuh Dan Bowo,2002)



## 5. *Hydraulic Jack*

Adalah alat pembangkit beban statik yang dipakai untuk memberikan pembebanan statik pada penyajian benda uji, dilengkapi dengan alat pembacaan beban. Kapasitas maksimum alat adalah 30 ton, dengan ketelitian pembacaan 0,5 ton. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 4.10 berikut ini:



Gambar 4.10. Hydraulic Jack (Gayuh dan Bowo,2002).

### 4.2. Pelaksanaan Pengujian

Pelaksanaan pengujian dilaksanakan di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik dan laboratorium Mekanika Rekayasa Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Pengujian-pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah pengujian benda uji / bahan-bahan pembentuk struktur komposit baja – beton yang meliputi pengujian kuat desak beton, kuat tarik baja, pengujian daya dukung penghubung

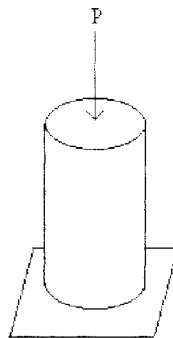
geser (paku) dan pengujian utama yaitu pengujian kuat lentur balok T Komposit Baja – Beton.

#### 4.2.1. Pengujian Kuat Desak Beton

Pengujian Kuat Desak Beton dilakukan dengan cara memberikan gaya desak pada benda uji silinder beton dengan alat / mesin uji kuat desak, sampai benda uji hancur. Gaya desak maksimum dicatat. Nilai kuat desak beton dapat dihitung dan diperoleh dengan merata-rata nilai kuat desak semua benda uji.

Hasil kuat desak beton pada penelitian ini dapat dilihat pada lampiran.

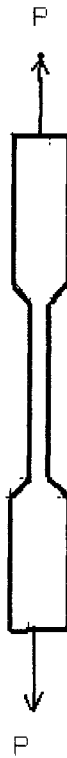
Benda uji silinder beton dapat dilihat pada Gambar 4.11 berikut ini.



Gambar 4.11. Pengujian kuat desak silinder beton

#### 4.2.2. Pengujian Kuat Tarik Baja

Pengujian kuat tarik baja dilakukan dengan memberikan gaya tarik pada kedua ujung baja, dengan penambahan kuat tarik bertahap sampai baja mengalami patah. Tegangan regangan yang terjadi dicatat. Kuat tarik baja dapat dihitung dan dirata-rata dari semua benda uji. Hasil uji tarik baja dapat dilihat pada lampiran.

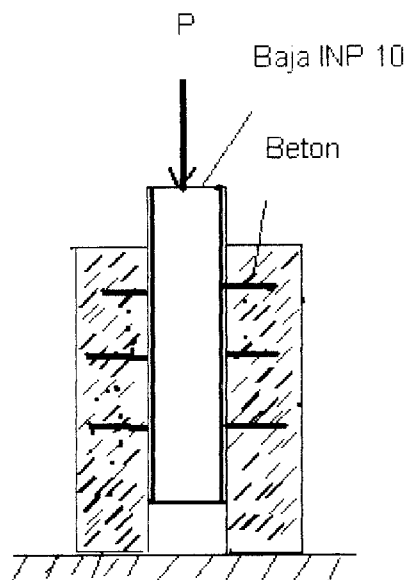


Gambar 4.12. Pengujian pengujian tarik baja

#### 4.2.3. Pengujian Daya Dukung Penghubung Geser (Baja beton D-6)

Pengujian Daya Dukung Penghubung Geser dilakukan dengan cara benda uji ditekan dengan mesin tekan sampai benda uji mengalami patah / rusak slip. Beban  $P$  dan slip yang terjadi dicatat. Dari hasil pencatatan, kemudian dapat disajikan dalam bentuk grafik. Dari pembacaan grafik-grafik tersebut, dapat ditentukan daya dukung penghubung geser.

Hasil pengujian daya dukung penghubung geser, dapat dilihat pada lampiran.

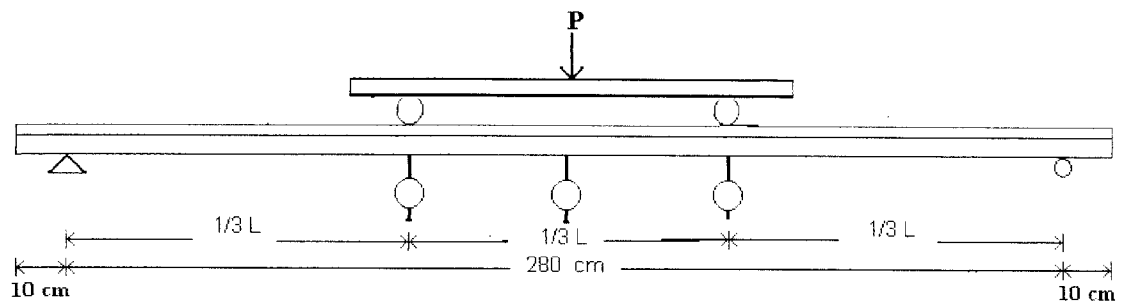


Gambar 4.13. proses pengujian balok geser

#### 4.2.4. Pengujian Kuat Lentur Balok T Komposit Baja – Beton

Pengujian Kuat Lentur Balok T Komposit Kayu – Beton dilakukan dengan cara meletakkan balok komposit diatas 2 tumpuan sendi dan rol. Kemudian diberi beban statik / ditekan dengan mesin hydraulick jack sampai benda uji runtuh / pecah. Beban P diberikan secara bertahap dan pada tiap tahap pembebanan , dicatat lendutan yang terjadi pada titik-titik dimana dial gauge terpasang. Retak pertama pada beton serta retak-retak selanjutnya diberi tanda dan dicatat.

Hubungan antara beban ( $P$ ) dan lendutan ( $\Delta$ ) dituangkan dalam bentuk grafik dan akan memberikan informasi teknis berupa kekuatan dan kekakuan komponen struktur lentur.



Gambar 4.14. proses pengujian balok lentur

#### 4.4. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dalah sebagai berikut:

##### 1. Tahap perumusan masalah

Tahap ini meliputi perumusan terhadap topik penelitian, termasuk perumusan tujuan , serta pembatasan masalah.

##### 2. Tahap perumusan teori

Pada tahap ini dilakukan pngkajian pustaka terhadap teori yang melandasi penelitian serta ketentuan-ketentuan yang dijadikan acuan dalam pelaksanaan penelitian. Darai pengkajian pustaka tersebut, disusun hipotesa terhadap pokok penelitian.

##### 3. Tahap Pelaksanaan penelitian

###### a. Persiapan

Pekerjaan persiapan meliputi : Uji sifat-sifat teknis bahan penyusun beton dan perancangan adukan beton.



**b. Pembuatan benda Uji**

Pembuatan benda uji yang terdiri dari : 11 buah selinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, 5 buah balok uji lentur ukuran (10x50x300) dan 6 buah balok uji geser dengan ukuran(10x25x60)

**c. Tahap perawatan**

Perawatan terhadap benda uji balok dilakukan sehari setelah pencetakan dengan cara ditutup dengan menggunakan karung goni yang terus menerus dibasahi selama 28 hari kemudian dilakukan pengecatan .

**d. Persiapan peralatan**

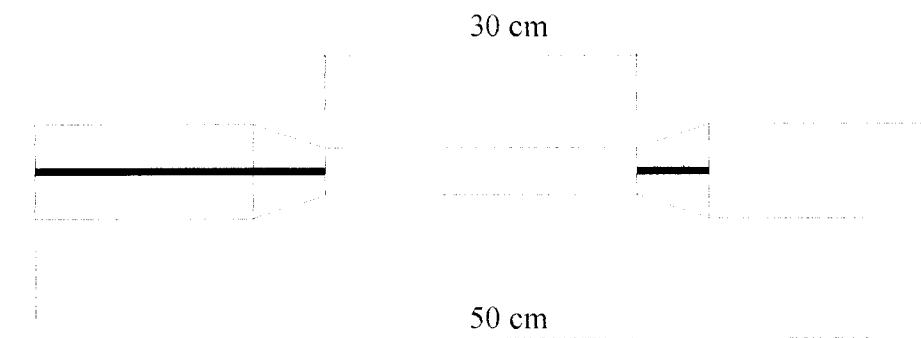
Karena pengujian model dilakukan setelah beton berumur 28 hari, maka sewaktu menunggu beton mengeras dimanfaatkan untuk memeriksa dan mempelajari tatacara kerja alat yang akan digunakan.

**e. Pengujian kuat desak beton**

Langkah pengujian kuat desak beton adalah sebagai berikut:

1. Benda Uji diletakkan pada alas pembebanan mesin uji kuat desak beton.
2. Mesin uji desak dihidupkan , pembebanan akan diberikan secara berangsur- angsur, sehingga benda uji tersebut hancur pada kondisi beban maksimal, kemudian mesin dimatikan, besar beban dicatat sesuai jarum pembebanan.
3. Pengujian kuat tarik baja profil

Pengujian kuat tarik baja dilakukan dilaboratorium bahan konstruksi Teknik, FTSP, Universitas Islam Indonesia. Data yang diambil pada awal. Tegangan tarik baja dapat diketahui dengan membagi batas luluh awal dengan luas rata-rata dari dimensi baja profil yang diambil sebagian sayap dan bagian badanya



Gambar 4.15. Model profil baja INP-10 untuk uji tarik baja

f. Pengujian model balok

Perlakuan model dibedakan menjadi dua jenis, yaitu:

- Balok lentur
- Balok uji geser

Pengujian dilakukan dengan memberikan beban statis secara bertahap dari nol sampai terjadi retak pertama, dengan pertambahan beban 5 KN, kemudian beban ditingkatkan berdasarkan kondisi model.

Pelaksanaan pengujian balok geser dan lentur dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Sebelum pengujian dilakukan , benda uji diberi tanda sebagai titik pembebanan pada benda uji, kemudian diletakkan pada tumpuan sesuai dengan tanda yang telah diberikan serta letak bebanya. Pada bagian badan profil INP di beri tumpuan untuk tempat perletakan dial gauge. Dial gauge tidak dipasang pada bagian bawah karena untuk menghindari runtuhhan dari balok geser.



## **BAB V**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

#### **5.1. Hasil Penelitian**

Hasil pengujian benda uji dalam penelitian ini meliputi; hasil pengujian kuat desak silinder beton, hasil pengujian kuat tarik baja, hasil pengujian kuat geser penghubung geser dan hasil pengujian benda uji balok T Komposit Baja Beton.

##### **5.1.1. Kuat Desak Beton**

Pengujian kuat desak silinder beton dilakukan untuk mengetahui kuat desak beton model balok komposit. Pengujian 11 buah silinder beton umur 28 hari memberikan hasil sebagai berikut:

$$\text{Kuat desak rata-rata } (f'_{cr}) = 28,016 \text{ MPa}$$

$$\text{Standar deviasi } (s) = 2,5757 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat desak silinder beton } (f'_c) &= f'_{cr} - 1,64 \cdot s \\ &= 28,016 - (1,64 \cdot 2,5757) = 23,7918 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Hasil pengujian kuat desak silinder beton selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

##### **5.1.2. Kuat Tarik Baja**

Pengujian kuat tarik baja dilakukan untuk mengetahui kekuatan leleh baja pada model balok komposit. Pengujian tarik meliputi baja beton untuk slab beton

dan baja profil INP-10 untuk baloknya yang rata – rata nilai kuat lelehnya ( $F_y$ ) masing-masing sebesar sebesar 320 Mpa dan 360 Mpa.

Hasil pengujian kuat tarik baja selengkapnya, dapat dilihat pada lampiran.

### 5.1.3. Kuat Geser Penghubung Geser

Uji kuat geser penghubung geser, dilakukan untuk mengetahui kekuatan geser 1 buah penghubung geser pada balok komposit baja – beton. Pengujian dilakukan dengan 3 macam jenis pengujian geser, antara lain sbb:

1. Benda uji geser tanpa penambahan Sikadur<sup>R</sup> 732 sebanyak 2 sampel.  
(Kode GC)
2. Benda uji geser dengan memberi sekat yang berupa plastik antara beton dan baja sebanyak 2 sampel.(Kode GP)
3. Benda uji geser dengan penambahan Sikadur<sup>R</sup> 732 antara beton dengan bajanya sebanyak 2 sampel.(Kode GS)

Hasil dari pengujian geser dapat dilihat dari table 5.1 berikut:

Tabel 5.1 Hasil uji Geser

Sampel Uji	Beban (P) maks. (kN)	Lendutan ( $\Delta$ ) maks. (0,01 mm)	Beban (P) maks. rata-rata (kN)	Lendutan ( $\Delta$ ) maks. rata-rata (0,01 mm)
GC-1 GC	165,00	130	166,00	133
GC-2	167,00	136		
GS-1 GS	171,00	370	171,50	323
GS-2	172,00	276		
GP-1 GP	120,00	540	112,50	580
GP-2	105,00	620		

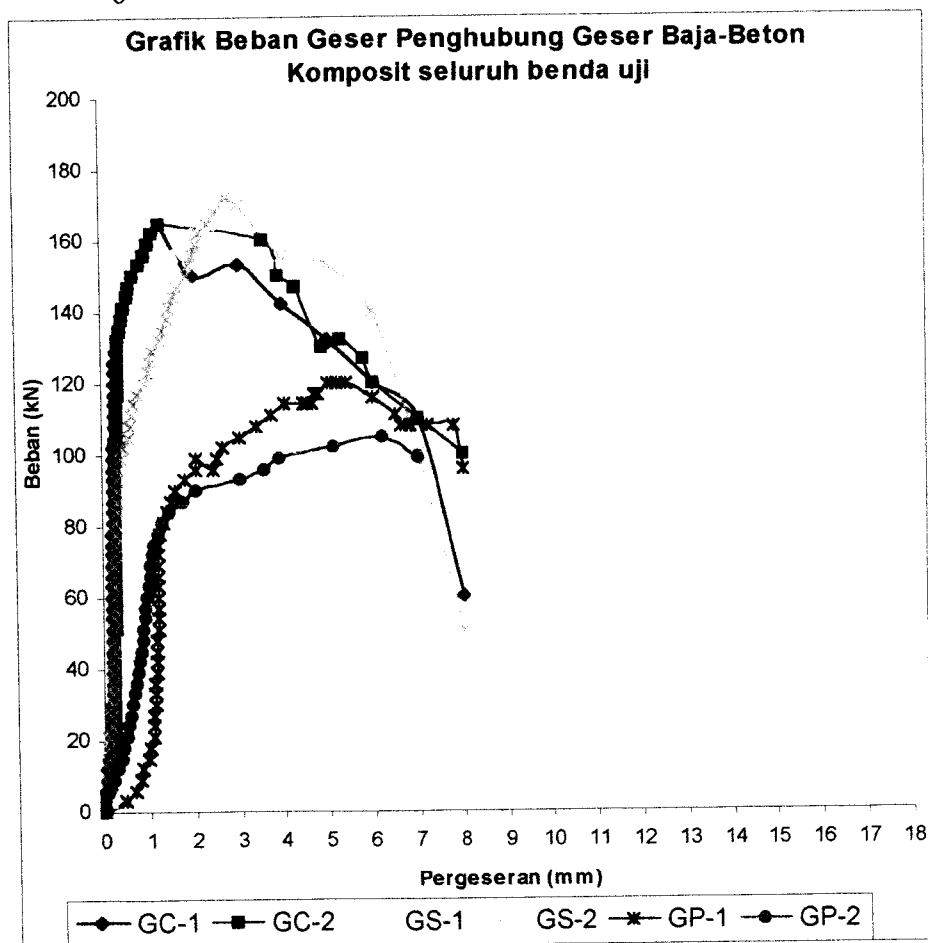
Dalam 1 sampel uji geser terdapat 6 buah penghubung geser (BB-D6mm)

dan didapat nilai kuat geser sbb:

$$GC = \frac{166,00}{6} = 27,666667kN$$

$$GS = \frac{171,50}{6} = 28,583333kN$$

$$GP = \frac{112,50}{6} = 18,75kN$$



Gambar 3.1 Grafik Hubungan Beban dan Geseran

Hasil pengujian kuat geser penghubung geser selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

#### 5.1.4. Pengujian Benda Uji Balok T Komposit Baja – Beton

Maksud dilakukannya pengujian pada benda uji balok T komposit baja-beton adalah untuk mendapatkan data beban ( $P$ ) dan data lendutan ( $\Delta$ ), sehingga dapat dicari kekakuan struktur ( $EI$ ).

Data  $P$ - $\Delta$  dianalisis untuk mendapatkan hubungan antara momen ( $M$ ) dan kelengkungan ( $\Phi$ ), sehingga didapatkan nilai faktor kekakuan ( $EI$ ).

#### 1. Hubungan Beban ( $P$ ) dan Lendutan ( $\Delta$ )

##### a. Data Beban ( $P$ ) dan Lendutan ( $\Delta$ )

Data beban ( $P$ ) dan lendutan ( $\Delta$ ) dari hasil uji, benda uji 1 (BBK-C) tercantum dalam Tabel 5.2 berikut:

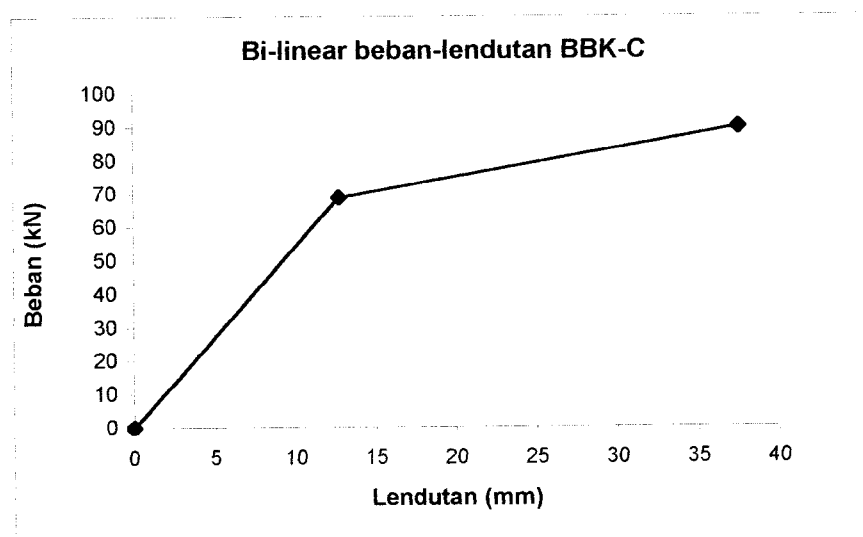
Tabel 5.2. Data beban ( $P$ ) dan lendutan ( $\Delta$ )

Beban ( $P$ ) (kN)	Defleksi ( $y_{i+1}$ ) ( $10^{-5}$ m)	Defleksi ( $y_i$ ) ( $10^{-5}$ m)	Defleksi ( $y_{i-1}$ ) ( $10^{-5}$ m)
0	0	0	0
3,00	33	35	34
6,00	65	66	60
9,00	97	100	91
12,00	127	131	119
15,00	172	184	161
18,00	202	219	191
21,00	245	265	236
24,00	279	305	275
27,00	309	339	306
30,00	358	395	356
33,00	402	440	404
36,00	440	484	442
39,00	495	548	500
42,00	539	595	540
45,00	585	655	598
48,00	634	695	644
51,00	704	778	727
54,00	765	843	800

**Lanjutan...**

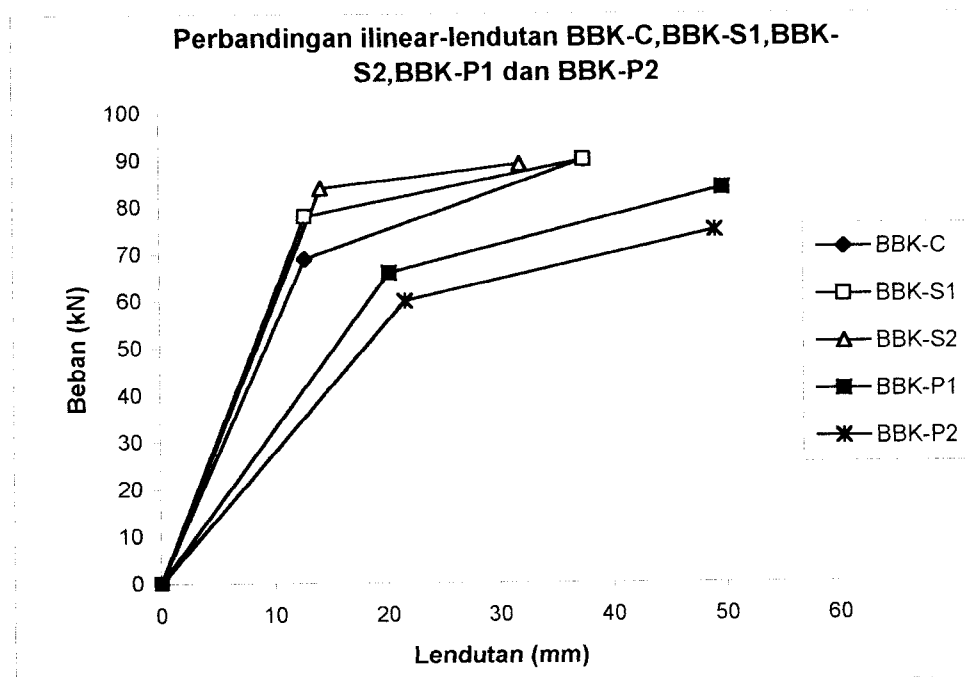
57,00	816	900	860
60,00	878	965	935
63,00	962	1085	1035
66,00	1000	1140	1135
69,00	1120	1270	1255
72,00	1220	1380	1370
75,00	1375	1500	1585
78,00	1529	1780	1760
81,00	1790	1965	1965
84,00	1909	2340	2210
84,00	21011	2580	2320
84,00	2145	2600	2480
87,00	2210	2780	2570
87,00	2269	2840	2650
88,00	2331	2945	2700
88,00	2371	3090	2735
88,00	2411	3261	2760
89,00	2448	3472	2785
90,00	2479	3745	2835
90,00	2518	4050	2865
90,00	2554	4385	2910
70,00	2589	4735	2945
50,00	2619	5126	3000

Berdasarkan data beban ( $P$ ) dan lendutan ( $\Delta$ ) diatas, dapat digambarkan grafik hubungan beban lendutan ( $P$ - $\Delta$ ) seperti pada gambar 5.1 berikut:



Gambar 5.2 Grafik Bi-linier beban-lendutan BBK-C

Data beban ( $P$ ) dan lendutan ( $\Delta$ ) untuk benda uji BBK-S1, BBK-S2, BBK-P1 dan BBK-P2, dapat dilihat pada lampiran, sedangkan grafik hubungan beban-lendutan ( $P-\Delta$ ) kelima benda uji, disajikan pada Grafik 5.2 berikut:



Gambar 5.3. Grafik Bi-linier beban lendutan BBK-C, S1, S2, P1 dan P2

#### ***b. Beban Lentur dan Lendutan Maksimum***

Dari pengujian 3 macam jenis benda uji, didapatkan 3 macam nilai beban lentur maksimum runtuh ( $P$ ) rata-rata yaitu untuk BBK-C adalah 90,00 kN, untuk BBK-P adalah 79,50 kN dan untuk BBK-S adalah 89,50 kN.

Nilai lendutan ( $\Delta$ ) saat benda uji patah/runtuh rata-rata untuk BBK-C adalah 37,45 mm, untuk BBK-P adalah 49,375 mm dan untuk BBK-S adalah 26,695 mm.

Beban lentur maksimum rata-rata dan lendutan ( $\Delta$ ) rata-rata dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut:

Tabel 5.3. Beban lentur dan lendutan maksimum

Benda Uji	Beban Lentur Max (kN)	Lendutan ( $\Delta$ ) ( $10^{-5}$ m)	Beban Lentur Max rata-rata (kN)	Lendutan rata-rata( $10^{-5}$ m)
BBK-C	88,00	3745	88,00	3745
BBK-S1	90,00	2160	89,50	2669,5
BBK-S2	89,00	3179		
BBK-P1	84,00	4970	79,50	4937,5
BBK-P2	75,00	4905		

### c. Kekakuan Struktur

Dari hasil pengujian didapat hubungan antara beban ( $P$ ) dan lendutan ( $\Delta$ ) yang menunjukkan nilai kekakuan struktur ( $P/\Delta$ ). Dari grafik dan data  $P - \Delta$  dapat diamati besarnya beban dan lendutan pada tahap proporsional. Beban pada tahap proporsional untuk benda uji BBK-C adalah 69,00 kN dengan lendutan 1,27 mm. Untuk benda uji BBK-S1 beban 78,00 kN dengan lendutan 1,43 mm. Untuk benda uji BBK-S2 besar beban 84,00 kN dengan lendutan 1,412 mm. Untuk benda uji BBK-P1 besar beban 66,00 kN dengan lendutan 2,02 mm. Sedangkan untuk benda uji BBK-P2 besar beban 60,00 kN dengan lendutan 2,16 mm.

Nilai kekakuan struktur ketiga benda uji dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut:

Tabel 5.4. Kekakuan struktur

Benda Uji	Beban Lentur (P) (kN)	Lendutan ( $\Delta$ ) ( $10^{-5}$ m)	Kekakuan (P/ $\Delta$ ) (kN/m)	Kekakuan rata-rata (P/ $\Delta$ )(kN/m)
BBK-C	69,00	1270	5433,0709	5433,0709
BBK-S1	78,00	1430	5454,5455	5701,777
BBK-S2	84,00	1412	5949,0085	
BBK-P1	66,00	2020	3267,3267	3022,5523
BBK-P2	60,00	2160	2777,7778	

#### d. Daktilitas Simpangan

Daktilitas simpangan merupakan perbandingan dari  $\Delta_{tot}/\Delta_y$ . Berdasarkan pengamatan pada grafik dan data beban–lendutan, seperti yang tercantum dalam Tabel 5.3 dan 5.4, daktilitas simpangan dapat disajikan dalam Tabel 5.5 berikut:

Tabel 5.5. Analisis daktilitas simpangan dari data beban – lendutan

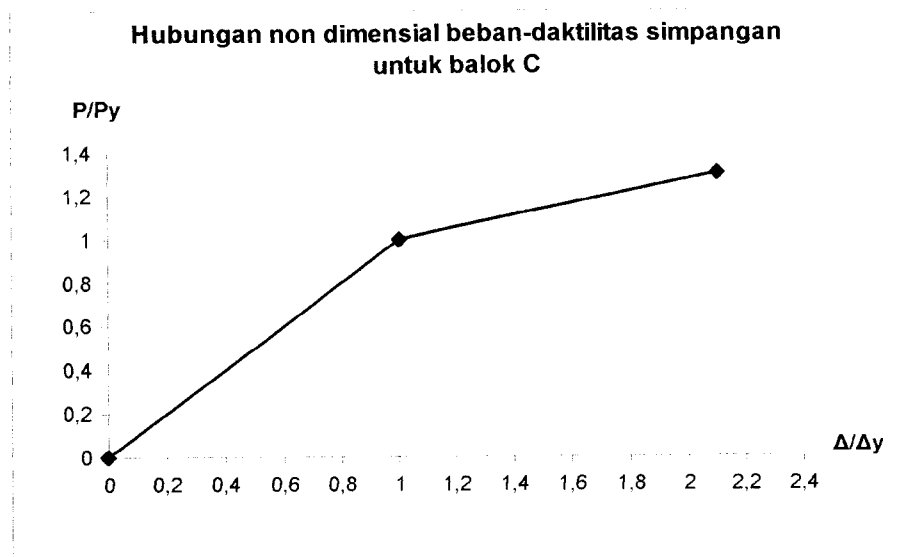
Benda Uji	$\Delta_{tot}$ ( $10^{-5}$ m)	$\Delta_y$ ( $10^{-5}$ m)	Daktilitas simpangan ( $\Delta_{tot}/\Delta_y$ )	Dktils. simp. rata-rata ( $\Delta_{tot}/\Delta_y$ )
BBK-C	2945	1780	1,654494382	1,654494382
BBK-S1	2160	1430	1,51048951	1,880952971
BBK-S2	3179	1412	2,251416431	
BBK-P1	4970	2020	2,46039604	2,365614686
BBK-P2	4905	2160	2,270833333	

#### e. Hubungan Non Dimensional Beban Daktilitas Simpangan

Data hasil penelitian dianalisis untuk mendapatkan hubungan non dimensional antara beban dengan daktilitas simpangan, kemudian hasilnya dapat



ditampilkan dalam bentuk gambar 5.3 sebagai berikut:



Gambar 5.3. Grafik Hubungan non dimensional beban – daktilitas simpangan.

## 2. Hubungan Momen (M) dan Kelengkungan ( $\Phi$ )

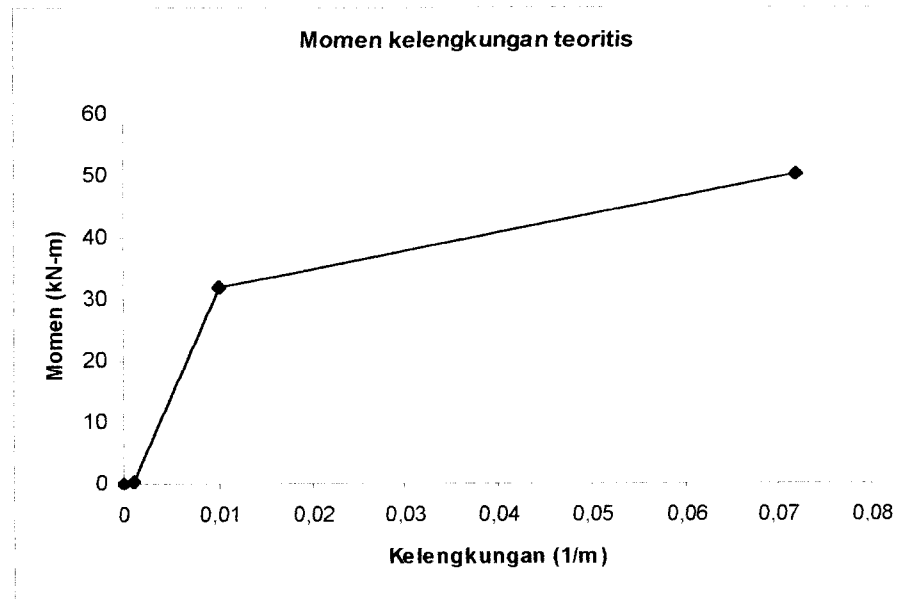
### a. Momen Kelengkungan Teoritis

Mengacu pada Park dan Paulay (1975) dan penelitian Suwandojo (1995), nilai momen kelengkungan dapat dihitung secara teoritis. Perhitungan momen kelengkungan teoritis dapat dilihat pada lampiran, sedangkan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.6. berikut:

Tabel 5.6. Momen kelengkungan teoritis

Nama balok	$M_{cr}$ (kN-m)	$\Phi_{cr}$ (1/m)	$M_y$ (kN-m)	$\Phi_y$ (1/m)	$M_u$ (kN-m)	$\Phi_u$ (1/m)
BBK	0,3965	0,00114	31,989	0,01005	50,3874	0,0718

Dari data perhitungan momen kelengkungan teoritis dapat digambarkan kurva trilinear (Gambar 5.4), yang kemudian dapat diperbandingkan dengan kurva momen kelengkungan balok uji hasil pengujian.



Gambar 5.4. Grafik kurva trilinear momen kelengkungan ( $\Phi$ ) teoritis

#### **b. Momen dan Kelengkungan Hasil Pengujian**

Dari data hasil uji beban ( $P$ ) dan lendutan ( $\Delta$ ), dapat diketahui data momen, kelengkungan dan juga faktor / nilai kekakuan. Bila momen bertambah besar, akan terjadi peningkatan kelengkungan, sedangkan faktor kekakuan mengecil.

Momen lentur ( $M$ ) pada pengujian ini, dihitung dengan rumus:

$$M = \frac{1}{6} \cdot PL \dots\dots\dots (5.1)$$

Kelengkungan ( $\Phi$ ) dapat dihitung dengan rumus:

$$\Phi = \frac{y_{i+1} - 2y_i + y_{i-1}}{\Delta x^2} \dots\dots\dots (5.2)$$

Hubungan momen, kelengkungan dan faktor kekakuan dapat dihitung dengan rumus:

$$EI = \frac{M}{\Phi} \dots\dots\dots (5.3)$$

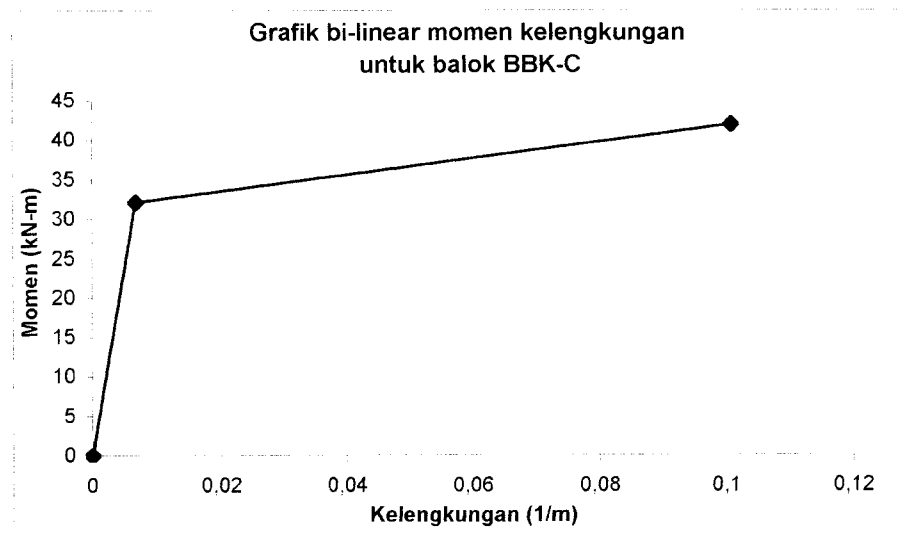
Data mengenai momen dan kelengkungan benda uji 1 (BBK-C) dapat dilihat pada Tabel 5.7 berikut:

Tabel 5.7 data momen (M) dan kelengkungan ( $\Phi$ ) untuk balok T BBK-C

Beban (P) (kN)	Defleksi	Defleksi	Defleksi	Momen (M) 1/6 PL kN m	Kelengkungan $\left[ \frac{y_{i+1} - 2y_i + y_{i-1}}{\Delta x^2} \right]$
	$(y_{i-1})$ $(10^{-5} \text{ m})$	$(y_i)$ $(10^{-5} \text{ m})$	$(y_{i+1})$ $(10^{-5} \text{ m})$		$\Phi$ (1/m)
0	0	0	0	0	0
3	33	35	34	1,4	0,000138744
6	65	66	60	2,8	0,000323737
9	97	100	91	4,2	0,000554977
12	127	131	119	5,6	0,00073997
15	172	184	161	7	0,001618684
18	202	219	191	8,4	0,002081165
21	245	265	236	9,8	0,002266158
24	279	305	275	11,2	0,002589895
27	309	339	306	12,6	0,002913632
30	358	395	356	14	0,003514857
33	402	440	404	15,4	0,003422361
36	440	484	442	16,8	0,003977338
39	495	548	500	18,2	0,00467106
42	539	595	540	19,6	0,005133541
45	585	655	598	21	0,005873511
48	634	695	644	22,4	0,00517979
51	704	778	727	23,8	0,005781015
54	765	843	800	25,2	0,005596023
57	816	900	860	26,6	0,005734767
60	878	965	935	28	0,00541103
63	962	1085	1035	29,4	0,008000925
66	1000	1140	1135	30,8	0,006705978
69	1120	1270	1255	32,2	0,00763094
72	1220	1380	1370	33,6	0,007862181
75	1375	1500	1585	35	0,001849925
78	1529	1780	1760	36,4	0,012533241
81	1790	1965	1965	37,8	0,008093421
84	1909	2340	2210	39,2	0,025945196
84	2101	2580	2320	39,2	0,034177362
84	2145	2600	2480	39,2	0,02659267
87	2210	2780	2570	40,6	0,036073535
87	2269	2840	2650	40,6	0,03519482
88	2331	2945	2700	41,06666667	0,039727136

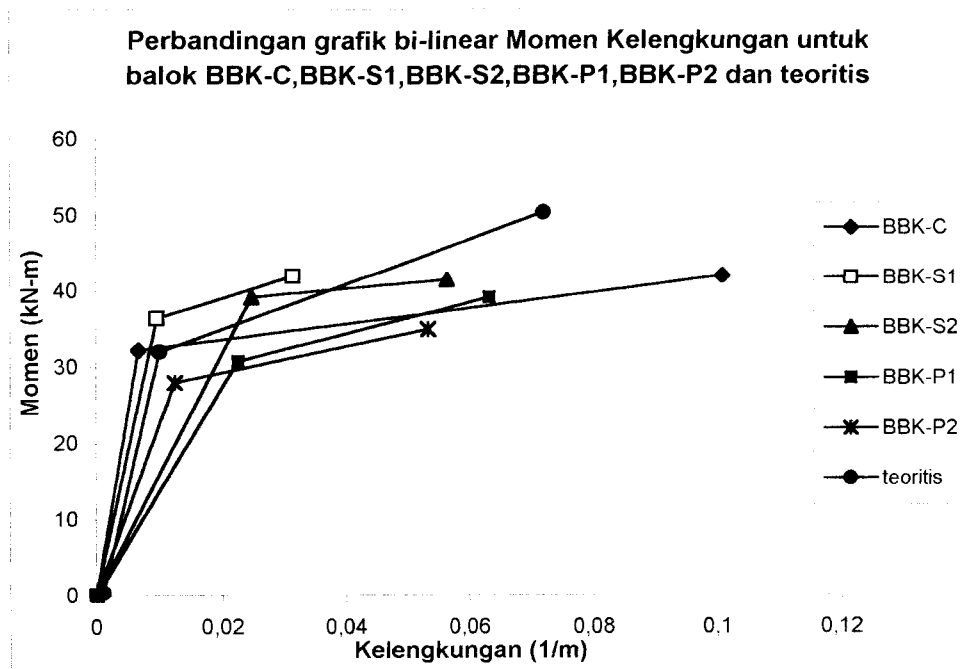
Lanjutan...					
88	2371	3090	2735	41.06666667	0.049670482
88	2411	3261	2760	41.06666667	0.062481212
89	2448	3472	2785	41.53333333	0.079130535
90	2479	3745	2835	42	0.100635912
90	2518	4050	2865	42	0.125656145
90	2554	4385	2910	42	0.152896289
70	2589	4735	2945	32.66666667	0.182032605
50	2619	5126	3000	23.33333333	0.214267545

Berdasarkan data momen ( $M$ ) dan kelengkungan ( $\Phi$ ) diatas, dapat digambarkan grafik hubungan momen ( $M$ ) dan kelengkungan ( $\Phi$ ) seperti pada gambar 5.5 berikut:



Gambar 5.5. Grafik Bi-Linier Momen-Kelengkungan BBK-C

Data momen ( $M$ ) dan kelengkungan ( $\Phi$ ) untuk keseluruhan benda uji dapat dilihat pada lampiran, sedangkan grafik hubungan momen-kelengkungan ( $M-\Phi$ ) kelima benda uji disajikan pada gambar 5.6 berikut:



Gambar 5.6. Grafik Bi-linier momen-kelengkungan BBK-C,P1,P2,S1 dan S2

### c. Momen Maksimum dan Kelengkungan Maksimum

Dari pengujian 5 benda uji, didapat nilai beban maksimum dan lendutan maksimum, yang berarti didapat nilai momen maksimum dan juga kelengkungan maksimum, lebih jelas dapat ditampilkan dalam bentuk Tabel 5.8 berikut:

Tabel 5.8. Momen kelengkungan maksimum

Benda Uji	Momen maks. (M) (kN-m)	Kelengkungan maks. ( $\Phi$ ) (1/m)	M.maks.(M) rata-rata (1/m)	K.maks.( $\Phi$ ) rata-rata (1/m)
BBK-C	40,80	0,039727136	40,80	0,039727136
BBK-S1	42,00	0,03131	417,65	0,043774
BBK-S2	41,53	0,056238		
BBK-P1	39,20	0,063082	37,10	0,0581335
BBK-P2	35,00	0,053185		

#### *d. Faktor Kekakuan Struktur*

Data  $P-\Delta$  dari hasil pengujian, dianalisis untuk mendapatkan hubungan antara momen ( $M$ ) dan kelengkungan ( $\Phi$ ), sehingga didapatkan nilai faktor kekakuan ( $EI$ ).

Dari data  $EI$  yang telah terhitung, terlihat bahwa apabila beban semakin besar, maka faktor kekakuan struktur akan semakin kecil.

Faktor kekakuan struktur untuk 5 benda uji, dapat dilihat pada Tabel 5.9 berikut:

Tabel 5.9. Faktor kekakuan struktur

<b>Benda uji</b>	<b>Momen (M) (kN-m)</b>	<b>Kelengkungan (<math>\Phi</math>) (1/m)</b>	<b>Faktor kekakuan (EI) (<math>M/\Phi</math>) (kNm<sup>2</sup>)</b>	<b>Faktor kekakuan (EI) rata-rata (kNm<sup>2</sup>)</b>
BBK-C	32,2	0,0067	4805,970149	4805,970149
BBK-S1	36,4	0,009617	3784,964126	2689,100499
BBK-S2	39,2	0,024604	1593,236872	
BBK-P1	30,8	0,02243	1373,160945	1807,746485
BBK-P2	28	0,012487	2242,332025	

#### *e. Daktilitas Kelengkungan*

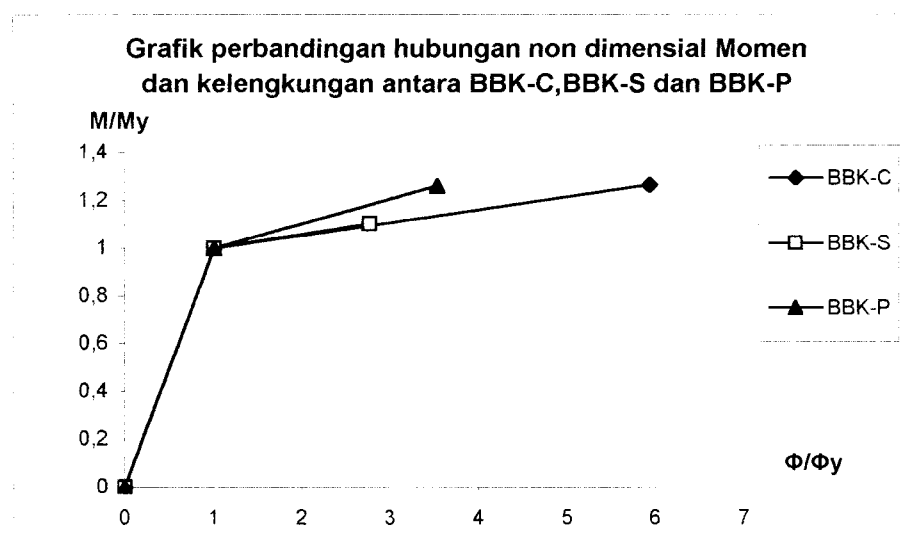
Daktilitas kelengkungan merupakan perbandingan dari  $\Phi_{tot}/\Phi_y$ . Berdasarkan pengamatan pada grafik dan data hubungan momen kelengkungan, seperti yang tercantum dalam Tabel 5.8 dan Tabel 5.9, daktilitas kelengkungan dapat disajikan dalam Tabel 5.10 berikut:

Tabel 5.10 Analisis daktilitas kelengkungan

Benda uji	$\Phi_{tot}$ (1/m)	$\Phi_y$ (1/m)	Daktilitas kelengkungan ( $\Phi_{tot}/\Phi_y$ )	Dakt. Kelengk. rata-rata ( $\Phi_{tot}/\Phi_y$ )
BBK-C	0,039727136	0,0067	5,929423284	5,929423284
BBK-S1	0,03131	0,009617	3,255693044	2,770709471
BBK-S2	0,056238	0,024604	2,285725898	
BBK-P1	0,063082	0,02243	2,812394115	3,535811857
BBK-P2	0,053185	0,012487	4,259229599	

*f. Hubungan Non Dimensional Momen – Daktilitas Kelengkungan*

Data hasil penelitian dianalisis untuk mendapatkan hubungan non dimensional antara momen dengan daktilitas kelengkungan yang hasilnya dapat ditampilkan dalam bentuk gambar 5.7 sebagai berikut:



Gambar 5.7. Grafik hubungan non dimensional momen – daktilitas kelengkungan

## 5.2. Pembahasan

### 5.2.1. Kuat Lentur Balok Ditinjau dari Hubungan Beban dan Lendutan

Dari pengujian di dapat hubungan beban ( $P$ ) dan lendutan ( $\Delta$ ) yaitu nilai kekakuan ( $P/\Delta$ ). Dalam penelitian ini, dari 3 jenis benda uji di dapat rerata nilai kekakuan balok T BBK-C sebesar 5433,0709 kN/m, untuk balok T BBK-S sebesar 5701,777 kN/m dan untuk balok BBK-P sebesar 3022,5523 kN/m.

Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan zat epoksi Sikadur<sup>®</sup> 732 memberikan nilai kekakuan yang lebih besar dari pada balok jenis lainnya. Dalam prosentase, nilai kekakuan balok T BBK-S adalah 105 % dan T BBK-P adalah 56 % dari nilai kekakuan balok T BBK-C dan dapat disajikan pada Tabel 5.11 berikut:

Tabel 5.11 Analisis nilai kekakuan

Benda uji	Kekakuan (kN/m)	Kekakuan (%)
BBK-S	5701,777	105
BBK-C	5433,0709	100
BBK-P	3022,5523	56

### 5.2.2. Kuat Lentur Balok Ditinjau dari Hubungan Momen – Kelengkungan

Hubungan momen dan kelengkungan ( $M - \Phi$ ), menunjukkan faktor kekakuan struktur ( $EI$ ). Dari penelitian ini, di dapat rerata faktor kekakuan struktur dari masing-masing 3 jenis benda uji antara lain balok T BBK-S sebesar 6854,2846 kN-m<sup>2</sup>, untuk balok BBK-C sebesar 4805,9701 kN-m dan untuk balok T BBK-P sebesar 1807,7465 kN-m.

Dari penelitian menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan zat epoksi



Sikadur<sup>®</sup> 732 memberikan nilai faktor kekakuan yang lebih besar dari pada balok jenis lainnya. Dalam prosentase, nilai faktor kekakuan balok T BBK-S adalah 143 % dan T BBK-P adalah 38 % dari nilai kekakuan balok T BBK-C.

Hasil analisis data faktor kekakuan dapat ditunjukkan pada Tabel 5.12 sebagai berikut:

Tabel 5.12. Analisis faktor kekakuan

Benda Uji	Faktor Kekakuan (EI) (kN-m <sup>2</sup> )	Faktor Kekakuan (%)
BBK-S	6854,2846	143
BBK-C	4805,9701	100
BBK-P	180774,6485	38

### 5.2.3. Daktilitas Simpangan Ditinjau dari Hubungan Beban – Lendutan

Hasil penelitian ini memberikan nilai daktilitas simpangan  $\Delta_{tot}/\Delta_y$  masing-masing untuk balok T BBK-S sebesar 1,881, untuk BBK-C sebesar 1,6545 dan untuk BBK-P sebesar 2,3656, berarti balok T BBK-S memiliki nilai daktilitas simpangan 14 % lebih besar dibanding balok T BBK-C dan lebih kecil 29 % dibanding balok T BBK-P. Hasil analisis dapat dilihat pada tabel 5.13 berikut ini.

Tabel 5.13. Analisis daktilitas simpangan

Benda uji	Daktilitas simpangan ( $\Delta_{tot}/\Delta_y$ )	Daktilitas simpangan (%)
BBK-S	1,881	114
BBK-C	1,6545	100
BBK-P	2,3656	143

#### 5.2.4. Daktilitas Kelengkungan Ditinjau dari Hubungan Momen dan Kelengkungan

Hasil penelitian 3 jenis macam benda uji memberikan nilai daktilitas kelengkungan  $\Phi_{tot}/\Phi_y$  untuk balok T BBK-S sebesar 7,2433, untuk balok T BBK-C sebesar 5,9294 dan untuk balok T BBK-P sebesar 3,535. Jadi dalam penelitian ini menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan zat epoksi Sikadur<sup>®</sup> 732 memberikan nilai daktilitas kelengkungan yang lebih besar dari pada balok jenis lainnya. Dalam prosentase, nilai kekakuan balok T BBK-S adalah 130,5 % dan T BBK-P adalah 60 % dari nilai kekakuan balok T BBK-C dan dapat dilihat pada tabel 5.14 berikut ini.

Tabel 5.14. Analisis daktilitas kelengkungan

Benda uji	Daktilitas kelengkungan ( $\Phi_{tot}/\Phi_y$ )	Daktilitas kelengkungan rata-rata (%)
BBK-S	7,7403	130,5
BBK-C	5,9294	100
BBK-P	3,5358	60

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian struktur komposit baja beton ini adalah :

1. Penambahan zat epoxy Sikadur<sup>®</sup> 732 pada balok komposit dapat menambah kapasitas penghubung geser (*stud*) dalam menahan geser yaitu sebesar 28,58 kN /stud dengan Sikadur<sup>®</sup> 732 dan 27,67 kN/stud tanpa Sikadur<sup>®</sup> 732.
2. Struktur balok komposit T BBK-S memiliki kapasitas momen sebesar 41,77 kN-m, untuk struktur balok komposit T BBK-C memiliki kapasitas momen sebesar 40,8 kN-m dan untuk balok komposit T BBK-P memiliki kapasitas momen sebesar 37,1 kN-m. Berdasarkan besarnya kapasitas momen diatas dapat diambil rasio yang terjadi antara balok T BBK-S dengan BBK-C, serta balok T BBK-P yaitu 1,024 : 1 : 0,91, sehingga tidak terjadi perbedaan kapasitas lentur yang signifikan, karena hanya terpaut relatif kecil.
3. Struktur balok komposit T BBK-S (dengan penambahan Sikadur<sup>®</sup> 732) memiliki nilai kekakuan (*k*) sebesar 5701,777 kN/m, untuk struktur balok komposit T BBK-C (tanpa penambahan Sikadur<sup>®</sup> 732) memiliki nilai

kekakuan ( $k$ ) sebesar 5433,0709 kN/m dan untuk struktur balok komposit T BBK-P (dengan pemisah plastik) memiliki nilai kekakuan ( $k$ ) sebesar 3022,5523 kN/m, sehingga dari ketiga benda uji tersebut memiliki rasio perbandingan 1,05 : 1 : 0,56.

4. Struktur balok komposit T BBK-S memiliki nilai faktor kekakuan ( $EI$ ) sebesar 6854,2846 kN-m<sup>2</sup>, untuk struktur balok komposit T BBK-C. memiliki nilai faktor kekakuan ( $EI$ ) sebesar 4805,9701 kN-m<sup>2</sup> dan untuk struktur balok komposit T BBK-P memiliki nilai faktor kekakuan ( $EI$ ) sebesar 1807,7465 kN-m<sup>2</sup>, sehingga dari ketiga benda uji tersebut didapat rasio perbandingan 1,43 : 1 : 0,38.

## 6.2. Saran

Saran-saran yang dapat diajukan setelah penelitian ini adalah :

1. Pada pelaksanaan dan pembuatan struktur komposit baja-beton, diperlukan kecermatan perhitungan dan pelaksanaan pengadukan beton, agar didapat kuat tekan beton sesuai yang direncanakan.
2. Dalam pelaksanaa penelitian, diperlukan ketelitian dan kecermatan pengamatan sewaktu dilakukan pengujian benda uji, dalam hal pembacaan besar beban maupun angka-angka dial serta pengamatan keretakan struktur, agar didapat data yang teliti.

## DAFTAR PUSTAKA

- Beedle, LS., 1958, **PLASTIC DESIGN OF STEEL FRAMES**, New York
- Deric, J. O., dan George S.,1995, **COMPOSITE BEAMS LIMITED SLIP CAPACITY SHEAR CONNECTOR**, Journal of Structural Engineering , ASCE,vol 121. No. 6.
- Fatkhurrohman, MT, Ir., 1995, **DIKTAT KULIAH ANALIS PLASTIS**, Yogyakarta.
- Gayuh Wicaksono dan Wibowo.,2002, **PERILAKU KOMPONEN STRUKTUR LANTAI BALOK T KOMPOSIT KAYU-BETON**, Tugas Akhir Program SI Fakultas Teknik Sipil UII, Yogyakarta.
- Horne,M.R., & Morris,L.J., **PLASTIC DESIGN OF LOW RISE FRAMES**, granada, london.
- H. Aldridge Gillespie Dkk, 1973, **USE OF EPOXY COMPOUNDS WITH CONCRETE**, American Concrete Institute.
- Ivan M. Viest,1960, **REVIEW OF RESEARCH ON COMPOSITE STEEL CONCRETE BEAMS**, Journal of Structural Division, ASCE, 86, ST 6, 1-21.
- John P Cook, 1977, **COMPOSITE CONSTRUCTION METHODS**, John Wiley and Sons.
- Newmark, N. M., Siess, C. P., and Viest, I. M. (1951). **TEST AND ANALISIS OF COMPOSITE BEAMS WITH INCOMPLETE INTERACTION** .Proc., Soc. For experimental Stress Anal., 9 ( 1), 75-92.

R. Park and T. Paulay., 1974 , **REINFORCED CONCRETE STRUCTURES** ,  
Departement of Civil Engineering, University of Centurebury, Cristchurch, New  
Zealand.

Salmon,C.G., Johnso,J.E.,1986, **STRUKTUR BAJA DISAIN DAN PRILAKU**,  
Erlangga, Jakarta.

Widodo,1996, **DIKTAT KULIAH TEKNIK GEMPA**, Yogyakarta.

Wahyudi,L.,& Rahim, S., 1981, **METHODE PLASTIS ANALISIS DAN  
DESAIN OF STEEL STRUCTURES**, Granada,, London.

# LAMPIRAN

**KARL HILBERTA HUGAS ANHIL**

NO. SURAT	110/ST/02
NO. BUKU	110/ST/02
NO. HALAMAN	110/ST/02

KARL HILBERTA HUGAS ANHIL

**ELINDYATI S. SAMPALVINEK HIGBERTA ANI**  
**TAHUN 2002/2003**

No.	Materi	Bulan						
		Agst	Sept	Oktr	Nov	Des	Jan	Peb.
1	Pendahuluan							
2	Kelembagaan, Mekanisme, dan Peran							
3	Struktur Organisasi							
4	Struktur Organisasi							
5	Struktur Organisasi							
6	Pendahuluan							

**ELINDYATI S. SAMPALVINEK HIGBERTA ANI**



05 SEPTEMBER 2002

UNIVERSITAS

110/ST/02



**Mix Design Dengan Metode ACI**  
**Rencana Beton Mutu 25 Mpa**

No	Formula	Perhitungan	Keterangan
1	$m = 1.64 \times Sd$ $fcr = fc + m$	$Sd = 6 \text{ Mpa}$ $m = 9,84 \text{ Mpa}$ $fc = 25 \text{ Mpa}$ $fcr = 34,84$	Sd dari tabel 1 volume pekerjaan kecil mutu pekerjaan baik
2	Menetapkan FAS	$fas = 0,57821$ $fas = 0,6$  Dipakai yang Terkecil $fas = 0,57821$	Dari Interpolasi pada tabel 2 Dari tabel 3 Jenis struktur Plat jembatan
3	Nilai Slump Agregat max	75 mm s/d 150 mm 20mm	Dari tabel 4 untuk Plat Dari tabel 5 untuk Plat
4	Jumlah air yang diperlukan	203 liter $0,203 \text{ m}^3$ Udara 2% atau 0,02	Dari tabel 6 berdasarkan nilai slump dan agregat max
5	Jumlah semen yang diperlukan/ $\text{m}^3$ beton $Ws = A / fas$	$Ws = 0,35108 \text{ ton}$	
6	Menghitung volume krikil  $Wk = BSkr \times Vk$	$mhb = 2,8$ $BSkr = 1,5189$ $Vk = 0,61 \text{ m}^3$ $Wk = 0,92653 \text{ ton}$	Dari tabel 7 diperoleh kebutuhan volume krikil
7	Jumlah volume absolut air, semen, krikil, udara $V = Va + Vs + Vk + Vu$ Volume absolut pasir $Vp = 1 - V$ $Wp = Vp \times BjP$	$BjS = 3,15 \text{ ton/m}^3$ $BjK = 2,623 \text{ ton/m}^3$ $V = 0,68769 \text{ m}^3$  $Vp = 0,31231 \text{ m}^3$ $BjP = 2,622 \text{ ton/m}^3$ $Wp = 0,81888 \text{ ton}$	
8	Kontrol hitungan dengan berat $1 \text{ m}^3$ Beton $Wb = Wa + Ws + Wk + Wp$	$Wb = 2,2995 \text{ ton}$ $Wb = 2299,5 \text{ kg}$	Berat beton antara 2300 - 2400 kg  OK!
9	Jadi untuk kebutuhan $1 \text{ m}^3$ Beton dengan mutu 25 Mpa	Berat air = 203 kg Berat semen = 351.08 kg Berat krikil = 926.23 kg Berat pasir = 818.88 kg	$V \text{ air} = 203 \text{ liter} = 0.203 \text{ m}^3$ $V \text{ semen} = 0.112 \text{ m}^3$ $V \text{ krikil} = 0.3532 \text{ m}^3$ $V \text{ pasir} = 0.3123 \text{ m}^3$

## Kebutuhan Material dari total volume pekerjaan Beton

No	Formula	Perhitungan	Keterangan
1	Untuk Benda Uji Silinder Dimensi $V = 0.25\pi D^2 t$ Volume untuk 11 Silinder	$Jml = 11$ buah $t = 30$ cm $D = 15$ cm $V = 0,0053$ m <sup>3</sup> $V_{11S} = 0,05629$ m <sup>3</sup>	
2	Untuk Benda Uji Geser Dimensi Volume 1 benda uji Untuk 6 benda uji	$Jml = 6$ buah $t = 0,12$ m $b = 0,25$ m $L = 0,6$ m $V_{ug} = 0,036$ m <sup>3</sup> $V_{tug} = 0,216$ m <sup>3</sup>	
3	Untuk Benda Uji Lentur Dimensi Volume 1 benda uji Untuk 5 benda uji	$Jml = 5$ buah $t = 0,1$ m $b = 0,5$ m $L = 3$ m $V_{ul} = 0,15$ m <sup>3</sup> $V_{tul} = 0,75$ m <sup>3</sup>	
4	Volume total seluruhnya	$V_t = 1,12671$ m <sup>3</sup>	
5	Kebutuhan Material dari Untuk 1 m <sup>3</sup> beton	$W_s = 351,08$ kg $W_p = 818,88$ kg $W_k = 926,23$ kg $W_a = 203$ liter	
6	Kebutuhan Material dari total volume pekerjaan 1.12671 m <sup>3</sup> 1. Semen 2. Pasir 3. Krikil 4. Air	$W_s = 395,567$ kg $W_p = 922,644$ kg $W_k = 1043,6$ kg $W_a = 228,723$ liter	
7	1 sak semen 50 kg Rp23.000,00	$S = 7,91134$ sak 8 sak	Jadi butuh semen kurang lebih 8 sak Rp184.000,00

Tabel 1  
 Nilai Deviasi Standar dalam Kg/cm<sup>2</sup>

Volume Pekerjaan (m <sup>3</sup> )	Mutu Pelaksanaan		
	Baik Sekali	Baik	Cukup
Kecil <1000	45<Sd<=55	55<Sd<=65	65<Sd<=85
Sedang 1000-3000	35<Sd<=45	45<Sd<=55	55<Sd<=75
Besar >3000	25<Sd<=35	35<Sd<=45	45<Sd<=65

Tabel 2  
 Hubungan Faktor Asir Semen dengan kuat tekan rata-rata Silinder Beton  
 Pada umur 28 hari (Mpa)

Faktor Air Semen (FAS)	Perkiraan Kuat tekan Rata-rata
0,35	42
0,44	35
0,53	28
0,62	22,4
0,71	17,5
0,8	14

Tabel 3  
 Faktor Air Semen Maximum

Beton dalam ruang Bangunan	
a. Keadaan keliling non korosif	0,6
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi (uap korosif)	0,52
Beton di luar ruangan Bangunan	
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,6
b. Terlindung	0,6
Beton yang masuk dalam tanah	
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti ganti	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah	0,52
Beton yang kontinyu berhubungan dg air	
a. air tawar	0,57
b. air laut	0,52

Tabel 4  
Nilai Slump (cm)

Pemakaian Beton	Max	Min
Dinding, plat pondasi, dan pondasi telapak bertulang	12,5	5
Pondasi Telapak tak bertulang, kaisan dan struktur bawah tanah	9	2,5
Plat, balok, kolom dan dinding	15	7,5
Pengerasan jalan	7,5	5
Pembetonan masal	7,5	2,5

Tabel 5  
Ukuran max Agregat (mm)

Dimensi minimum (mm)	Balok/kolom	Plat
62,5	12,5	20
150	40	40
300	40	80
750	80	80

Tabel 6  
Perkiraan kebutuhan air berdasar nilai slump dan ukuran max agregat (liter)

Slump	Ukuran Max Agregat		
	10	20	40
25 - 50	206	182	162
75 - 100	226	203	177
150 - 175	240	212	188
Udara terperangkap	3%	2%	1%

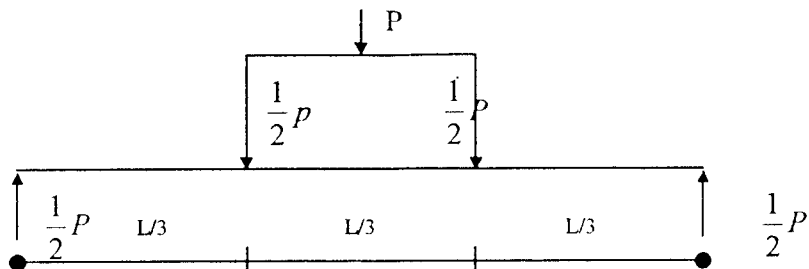
Tabel 7  
Perkiraan kebutuhan Agregat kasar per meter kubik beton berdasarkan ukuran max agregat dan modulus halus pasirnya dalam m<sup>3</sup>

Ukuran max agregat (mm)	modulus halus butir pasir			
	2,4	2,6	2,8	3
10	0,46	0,44	0,42	0,4
20	0,65	0,63	0,61	0,59
40	0,76	0,74	0,72	0,7
80	0,84	0,82	0,8	0,78
150	0,9	0,88	0,86	0,84

PERHITUNGAN MOMEN KAPASITAS

DAN

JUMLAH PENGHUBUNG GESER



$$M_{maks} = 1,25 * Mu = 63.05 KN - M$$

$$MomenKapasitas = \frac{1}{6} * P * L$$

$$P = \frac{6 * M}{L}$$

$$L = 3000 \text{ Cm}$$

$$P = \frac{6 * 63.05}{3} = 126.1 KN$$

$$MomenKapasitas = \frac{1}{6} * 126.1 * 3 = 63.05 KN - M$$

- Perhitungan Konektor geser
- Untuk kapasitas batas pada alat penyambung berdasarkan spesifikasi AASHTO 1977 dipakai baja beton dengan  $d_s = 6 \text{ mm}$
- $f'_c = 25 \text{ Mpa}$  ;  $F_y = 240$  ;  $W = 2400 \text{ Kg/cm}^3$
- $E_c = W^{1.5} \cdot 0,43 \sqrt{f'_c}$  ;  $q_{Ult} = 0,0004_s^2 \sqrt{(f'_c * E_c)}$  untuk  $H / d_s \geq 4$

## Lampiran III. Perhitungan Kapasitas Momen dan Penghubung Geser III-2

---

$H/6 = 4$ ;  $H=24$  mm ( minimal ) ; dipakai 40 mm

$$- E_c = w^{1,5} \cdot 0,043 \sqrt{f'_c} = 2400^{1,5} \cdot 0,043 \sqrt{25} = 25278,74 \text{ Mpa}$$

$$- q_{ult} = 0,0004 d_s^2 \sqrt{f'_c \cdot E_c} = 0,0004 \cdot 6^2 \cdot \sqrt{25 \cdot 25278,74} = 11,447 \text{ KN}$$

Jumlah Konektor konektor yang dibutuhkan adalah:

$$V_{h1} = \left( \frac{C}{2} \right) = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot bE}{2} = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 3.59 \cdot 50}{2} = 1907 \text{ N}$$
$$= 191 \text{ KN}$$

$$V_{h2} = \left( \frac{T}{2} \right) = \frac{10,6 \cdot 240}{2} = 127,5 \text{ KN}$$

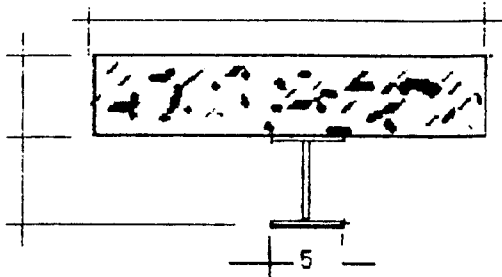
Jumlah konektor;

$$\frac{V_h}{Q_n} = \frac{127}{11,47} = 11,07 \text{ buah di bulatkan} = 12 \text{ buah}$$

maka untuk 1 bentang dibutuhkan 24 buah konektor

$$\text{Jarak antar stud} = \frac{300}{24} = 12,5 \text{ cm}$$

### PERHITUNGAN MOMEN KELENGKUNGAN TEORITIS

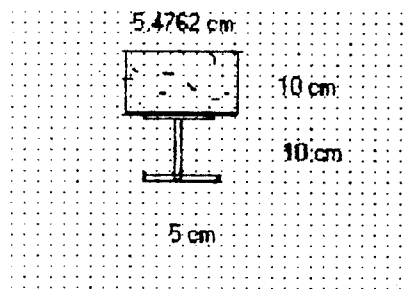


$$E_c = 4600\sqrt{f'_c} = 4600\sqrt{25} = 23000 \text{ MPa}$$

$$\text{Baja Profil INP-10, } E_s = 210000 \text{ MPa}$$

$$\text{Rasio modular } n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{210000}{23000} = 9,1304$$

$$b_E \text{ transformasi} = b_f/n \\ = 50/9,1304 = 5,4762 \text{ cm}$$



**Garis Netral :**

**Statis momen :**

$$Y_b = \frac{5,4762 \times 10 \left(10 + \frac{1}{2} \times 10\right) + 10,6 \times \left(\frac{1}{2} \times 10\right)}{5,4762 \times 10 + 10,6} \\ = 13,378 \text{ cm}$$

$$Y_a = 20 - 13,378 = 6,622 \text{ cm}$$

$$\text{Inersia (I)} = \frac{1}{12} \cdot 5,4762 \cdot 10^3 + 5,4762 \cdot 10 \left(15 - 13,378\right)^2 + 171 \\ + 10,6 \cdot \left(13,378 - 5\right)^2 \\ = 1515,4406 \text{ cm}^4$$

#### 1. Saat Sebelum Retak

$$\text{Modulus retak } f_r = 0,7\sqrt{f'_c} = 0,7\sqrt{25} = 3,5 \text{ MPa}$$

$$M_{cr} = \frac{f_r \cdot I}{y_b} = \frac{3,5 \times 15154406}{133,78} = 396474,9664 \text{ Nmm} \\ = 0,3965 \text{ kNm}$$

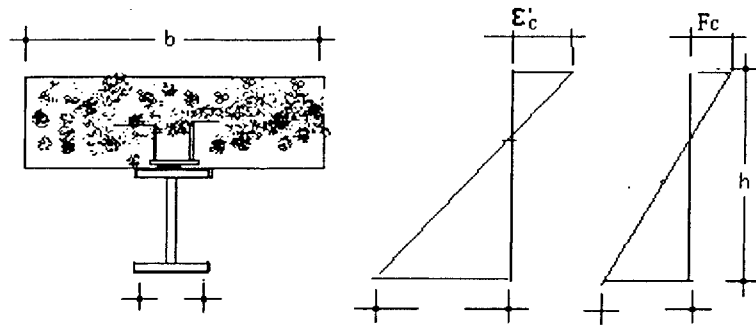
$$\Phi_{cr} = \frac{f_r/E_c}{y_b} = \frac{3,5/23000}{133,78} = 1,13749 \cdot 10^{-6} \text{ rad/mm} \\ = 1,13749 \cdot 10^{-3} \text{ rad/m}$$

## 2. Pada Batas Proporsional

Tegangan batas proporsional

$$\text{Beton : } F_c = \frac{2}{3} \cdot f_c = \frac{2}{3} \cdot 25 = 16,6667 \text{ MPa}$$

$$\text{Kayu : } F_s = \frac{3}{4} \cdot F_y = \frac{3}{4} \cdot 360 = 270 \text{ MPa}$$



$$\epsilon_c = \frac{F_c}{E_c} = \frac{16,6667}{23000} = 0,0007246$$

$$\epsilon_s = \frac{F_y}{E_s} = \frac{270}{210000} = 0,001286$$

$$\frac{\epsilon_s}{(h-d)} = \frac{\epsilon_c}{d}$$

$$\frac{0,001286}{200-d} = \frac{0,0007246}{d}$$

$$0,001286 d = 0,0007246 (200 - d)$$

$$0,001286 d + 0,0007246 d = 0,1304$$

$$0,00201035 d = 0,1304$$

$$d = 72,0909 \text{ mm}$$

$$h - d = 200 - 72,0909 = 127,9091 \text{ mm}$$

$$M = \frac{F_s \cdot I}{y} = \frac{270 \times 15154406}{127,9091} = 31989042,37 \text{ Nmm}$$

$$= 31,989 \text{ kNm}$$

$$\Phi = \frac{\epsilon_s}{y_b} = \frac{0,001286}{127,9091} = 1,0054 \cdot 10^{-5} \text{ rad/mm}$$

$$= 1,0054 \cdot 10^{-2} \text{ rad/m}$$

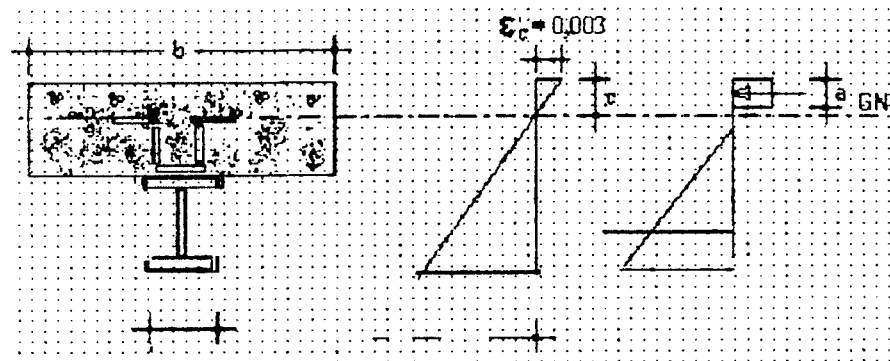


### 3. Saat Beban Maksimum (Ultimit)

Tegangan batas :

$$F_e = 0,85 f_c = 0,85 \cdot 25 = 21,25 \text{ MPa}$$

$$F_y = 360 \text{ MPa}$$



$$a = \frac{A_s \cdot F_y}{0,85 f_c \cdot b} = \frac{1060 \cdot 360}{0,85 \cdot 25 \cdot 500} = 35,5152 \text{ mm}$$

$$\text{Lengan momen } d = d/2 + t - a/2$$

$$= 100/2 + 100 - 35,5152 = 132,0424 \text{ mm}$$

$$C = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b = 0,85 \cdot 25 \cdot 35,5152 \cdot 500 = 381600 \text{ N} = 38,16 \text{ kN}$$

$$T = A_s \cdot F_y = 1060 \cdot 360 = 381600 \text{ N} = 38,19 \text{ kN}$$

$$M_u = C \cdot d = T \cdot d = 38,16 \cdot 132,0424 = 50387,36188 \text{ kN-mm}$$

$$= 50,3874 \text{ kN-m}$$

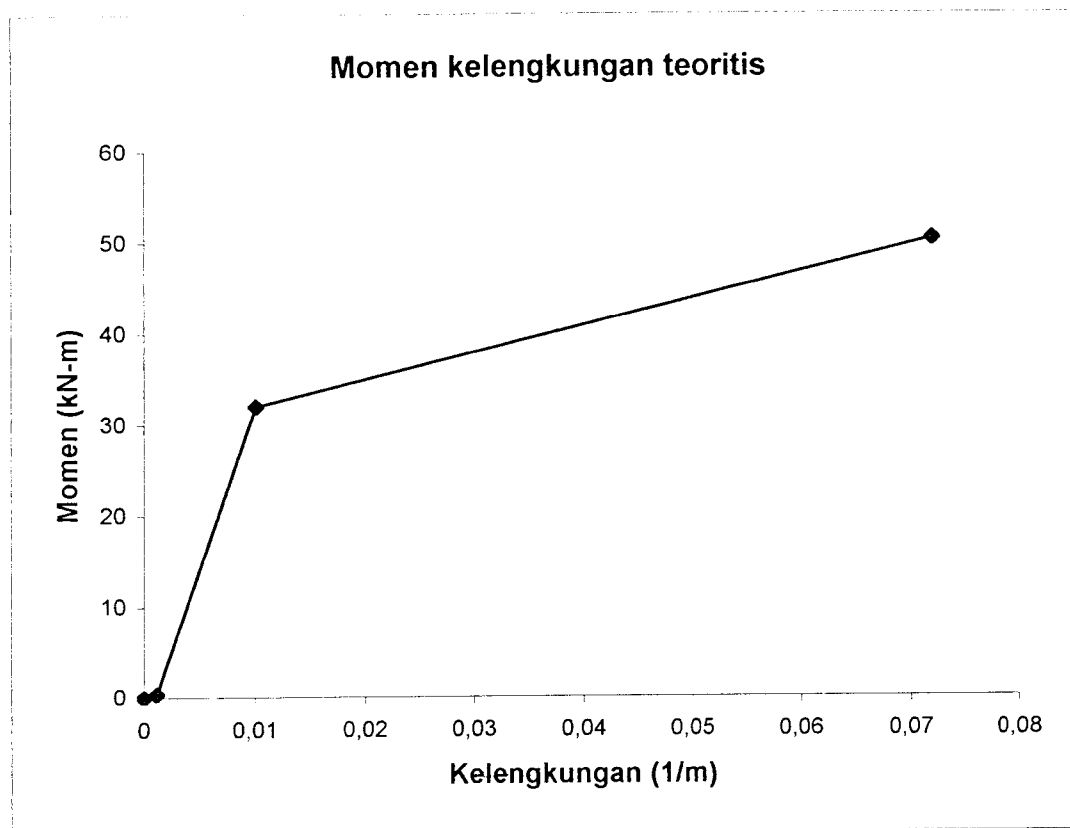
$$c = \frac{a}{0,85} = \frac{35,5152}{0,85} = 41,7826 \text{ mm}$$

$$\Phi_u = \frac{\epsilon_c}{c} = \frac{0,003}{41,7826} = 7,1800 \cdot 10^{-5} \text{ rad/mm}$$

$$= 7,1800 \cdot 10^{-2} \text{ rad/m}$$

## Momen kelengkungan Teoritis

Nama balok	$M_{cr}$ (kNm)	$\Phi_{cr}$ (1/m)	$M_y$ (kNm)	$\Phi_y$ (1/m)	$M_u$ (kNm)	$\Phi_u$ (1/m)
BBK	0,3965	0,001137	31,989	0,010054	50,3874	0,0718



## HASIL KUAT DESAK SILINDER BETON

No	Ukuran (mm)		Luas (mm <sup>2</sup> )	Berat (Kg)	Berat Satuan (t/m <sup>3</sup> )	Beban Maks (KN)	Kuat Desak (Mpa)	Kode	Keterangan
	Diameter	Tinggi							
1	150.1	298.35	17686.0579	12.5	2.368933828	580	32.79419331	GFDK-LC-1	30 day
2	151.9	300.8	18112.7839	12.75	2.340168603	520	28.70900488	GFDK-LP-1	29 day
3	151.4	298.5	17993.7386	12.48	2.323532989	495	27.50956936	GFDK-LP-2	30 day
4	149.95	300.75	17650.727	12.6	2.373571464	450	25.49470064	GFDK-LS-1	29 day
5	147.9	300.25	17171.4119	12.35	2.395399402	465	27.07989326	GFDK-LS-2	29 day
6	149.8	299.05	17615.4314	12.5	2.372864412	485	27.53267797	GFDK-GC-1	29 day
7	149.3	298.3	17498.0347	12.35	2.3660528	470	26.86015941	GFDK-GC-2	29 day
8	149	298.55	17427.785	12.5	2.402430008	485	27.82912458	GFDK-GP-1	29 day
9	149.4	305	17521.4826	12.75	2.385829992	450	25.68275815	GFDK-GP-2	29 day
10	151.2	301.5	17946.2304	12.8	2.365644135	590	32.87598492	GFDK-GS-1	29 day
11	151.5	302.65	18017.5163	12.8	2.347331187	465	25.80821871	GFDK-GS-2	29 day

Diuji tgl 19 April 2002

## Menghitung Standard Deviasi (Sd)

No	Kuat Desak (Mpa)	$(x - \bar{x})$	$(x - \bar{x})^2$
1	32,7841	4,7780909	22,830153
2	28,709	0,8929909	0,4802384
3	27,5096	-0,5064091	0,2564502
4	25,4947	-2,5213091	6,3589996
5	27,0797	-0,9363091	0,8766747
6	27,5327	-0,4833091	0,2335877
7	28,8802	-1,1558091	1,3358947
8	27,8291	-0,1889091	0,034935
9	25,6828	-2,3332091	5,4438647
10	32,876	4,8599909	23,619512
11	25,8082	-2,2078091	4,874421
$\sum (x - \bar{x})^2 =$			66,342728

$$\Sigma = 308,1761 \text{ Mpa}$$

$$\bar{x} = 28,01600909 \text{ Mpa}$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{(n-1)}} = 2,575708217$$

$$(f_{cr}) = 28,01600909 \text{ Mpa}$$

$$(f_c) = f_{cr} - 1,64 \cdot sd$$

$$= 28,0160091 - 1,64 \times 2,57570822$$

$$= 23,79184762 \text{ Mpa}$$

**Pengamatan Kuat Tarik Baja Beton  
Untuk D 10-1**

$$A_0 = 0,762 \text{ cm}^2$$

$$L_0 = 4,982 \text{ cm}$$

Beban (kg)	Pengamatan extens (dL) $\times 10^{-2}$ mm	dL mm	Tegangan $\text{kg/cm}^2$	Regangan dL/ $L_0$	Regangan $\times 10^{-4}$ mm
100	0,1	0,001	131,2336	2,015E-05	0,2015316
200	0,2	0,002	262,46710	4,031E-05	0,4030633
300	0,3	0,003	393,70070	6,046E-05	0,6045949
400	0,4	0,004	524,93438	8,061E-05	0,8061266
500	0,5	0,005	656,16798	0,0001008	1,0076582
600	1	0,01	787,40157	0,0002015	2,0153164
700	1,5	0,015	918,63517	0,0003023	3,0229746
800	2	0,02	1049,8688	0,0004031	4,0306328
900	2,5	0,025	1181,1024	0,0005038	5,038291
1000	3	0,03	1312,336	0,0006046	6,0459492
1100	3,4	0,034	1443,5696	0,0006852	6,8520758
1200	3,8	0,038	1574,8031	0,0007255	7,2551391
1300	4	0,04	1706,0367	0,0008061	8,0612656
1400	4,1	0,041	1837,2703	0,0008263	8,2627973
1500	4,6	0,046	1968,5039	0,000927	9,2704555
1600	4,9	0,049	2099,7375	0,0009875	9,8750504
1700	5,2	0,052	2230,9711	0,001048	10,479645
1800	5,5	0,055	2362,2047	0,0011084	11,08424
1900	5,9	0,059	2493,4383	0,001189	11,890367
2000	6,1	0,061	2624,6719	0,0012293	12,29343
2100	6,4	0,064	2755,9055	0,0012898	12,898025
2200	6,8	0,068	2887,1391	0,0013704	13,704152
2300	7	0,07	3018,3727	0,0014107	14,107215
2400	7,2	0,072	3149,6063	0,001451	14,510273
2530	8,4	0,084	3320,21	0,0016929	16,928658
2580	167	1,67	3359,5801	0,0336558	336,55784
2580	367	3,67	3385,8268	0,0739621	739,62112
3070	567	5,67	4028,8714	0,1142684	1142,6844
3330	767	7,67	4370,0787	0,1545748	1545,7477
3460	967	9,67	4540,6824	0,1948811	1948,811
3475	1167	11,67	4560,3675	0,2351874	2351,8742
3479	1267	12,67	4565,6168	0,2553406	2553,4059
2400	1300	13	3149,6063	0,2619911	2619,9113

$$\text{Max} = 3479 \text{ Kg}$$

$$\text{Patah} = 2400 \text{ Kg}$$

**Pengamatan Kuat Tarik Baja Beton  
Untuk D 10-2**

$$A_0 = 0,782 \text{ cm}^2$$

$$L_0 = 4,982 \text{ cm}$$

Beban kg	Pengamatan extens (dL) $\times 10^{-2}$ mm	dL mm	Tegangan $\text{kg/cm}^2$	Regangan dL/ $L_0$	Regangan $\times 10^{-4}$ mm
100	0,8	0,008	131,2338	0,0001812	1,8122531
200	1,1	0,011	282,46719	0,0002217	2,218848
300	1,5	0,015	393,70079	0,0003023	3,0229748
400	1,75	0,0175	524,93438	0,0003527	3,5288037
500	2	0,02	658,18798	0,0004031	4,0308328
600	2,4	0,024	787,40157	0,0004837	4,8387584
700	2,75	0,0275	918,63517	0,0005542	5,5421201
800	3,3	0,033	1049,8688	0,0006651	6,6505441
900	3,5	0,035	1181,1024	0,0007054	7,0538074
1000	3,8	0,038	1312,338	0,0007658	7,6582023
1100	4	0,04	1443,5888	0,0008081	8,0812858
1200	4,3	0,043	1574,8031	0,0008688	8,6858605
1300	4,6	0,046	1706,0387	0,000927	9,2704555
1400	4,9	0,049	1837,2703	0,0009875	9,8750504
1500	5,25	0,0525	1968,5038	0,001058	10,580411
1600	5,5	0,055	2099,7375	0,0011084	11,08424
1700	5,8	0,058	2230,9711	0,0011689	11,688835
1800	6,3	0,063	2362,2047	0,0012898	12,898493
1900	6,5	0,065	2493,4383	0,00131	13,099557
2000	6,8	0,068	2624,6719	0,0013906	13,905683
2100	7,2	0,072	2755,9055	0,001451	14,510278
2200	7,6	0,076	2887,1381	0,0015316	15,318405
2300	7,9	0,079	3018,3727	0,0015921	15,921
2400	8	0,08	3149,6063	0,0016123	16,122531
2430	8,2	0,082	3188,9784	0,0016528	16,525595
2440	181,5	1,815	3202,0987	0,036578	365,77993
2500	381,5	3,815	3280,8399	0,0768843	768,84321
3010	581,5	5,815	3950,1312	0,1171906	1171,9065
3175	781,5	7,815	4188,6687	0,157497	1574,9688
3240	981,5	9,815	4251,9685	0,1978033	1978,0331
3455	1181,5	11,815	4534,1207	0,2381086	2381,0863
2330	1300	13	3057,7428	0,2619911	2619,9113

Max = 3455 kg  
Patah = 2330 kg

**Pengamatan Kuat Tarik Baja Beton  
Untuk D 8-1**

$$A_0 = 0,4729 \text{ cm}^2$$

$$L_0 = 3,8785 \text{ cm}$$

Beban (kg)	Pengamatan extens (dL) $\times 10^{-2}$ mm	dL mm	Tegangan $\text{kg/cm}^2$	Regangan dL/L <sub>0</sub>	Regangan $\times 10^{-4}$ mm
100	0,8	0,008	211,4612	0,0002063	2,0626531
200	1,2	0,012	422,92239	0,0003094	3,0939796
300	1,75	0,0175	634,38359	0,0004512	4,5120536
400	2	0,02	845,84479	0,0005157	5,1568327
500	2,5	0,025	1057,308	0,0006448	6,4457909
600	2,95	0,0295	1268,7672	0,0007606	7,6060333
700	3,5	0,035	1480,2284	0,0009024	9,0241073
800	3,9	0,039	1691,6896	0,0010055	10,055434
900	4,4	0,044	1903,1508	0,0011345	11,344582
1000	4,8	0,048	2114,612	0,0012376	12,375919
1100	5,3	0,053	2326,0732	0,0013665	13,665077
1200	5,85	0,0585	2537,5344	0,0015083	15,083151
1300	6,4	0,064	2748,9956	0,0016501	16,501225
1400	6,9	0,069	2960,4568	0,001779	17,790383
1500	7,6	0,076	3171,918	0,0019505	19,595204
1540	7,9	0,079	3256,5024	0,0020369	20,368699
1580	174,5	1,745	3298,7947	0,0449916	449,9162
1590	374,5	3,745	3362,233	0,0865579	865,57948
1940	574,5	5,745	4102,3472	0,1481243	1481,2427
2070	774,5	7,745	4377,2468	0,1996906	1996,906
2105	974,5	9,745	4451,2582	0,2512589	2512,5893
2120	1174,5	11,745	4482,9774	0,3028233	3028,2326
2130	1374,5	13,745	4504,1235	0,3543896	3543,8958
2135	1450	14,5	4514,6966	0,3738559	3738,5587
1500	1500	15	3171,918	0,3867475	3867,4745

$$\text{Max} = 2135 \text{ kg}$$

$$\text{Patah} = 1500 \text{ kg}$$

**Pengamatan Kuat Tarik Baja Beton  
Untuk D 8-2**

$$A_o = 0,4729 \text{ cm}^2$$

$$L_o = 3,8785 \text{ cm}$$

Beban kg	Pengamatan extens (dL) $\times 10^{-2}$ mm	dL mm	Tegangan $\text{kg/cm}^2$	Regangan dL/L <sub>o</sub>	Regangan $\times 10^{-4}$ mm
100	1	0,01	211,4812	0,0002578	2,5783164
200	1,2	0,012	422,92239	0,0003094	3,0939796
300	1,9	0,019	634,38359	0,0004899	4,8988011
400	2,3	0,023	845,84479	0,000593	5,9301276
500	2,85	0,0285	1057,308	0,0007348	7,3482016
600	3,4	0,034	1268,7872	0,0008768	8,7682756
700	4	0,04	1480,2284	0,0010313	10,313265
800	4,5	0,045	1691,6896	0,0011802	11,802424
900	5	0,05	1903,1508	0,0012892	12,891582
1000	5,5	0,055	2114,612	0,0014181	14,18074
1100	5,95	0,0595	2326,0732	0,0015341	15,340982
1200	6,4	0,064	2537,5344	0,0016501	16,501225
1300	6,9	0,069	2748,9956	0,001779	17,790383
1400	7,3	0,073	2960,4568	0,0018822	18,821709
1500	8	0,08	3171,918	0,0020827	20,626531
1505	8,1	0,081	3182,491	0,0020884	20,884363
1515	171	1,71	3203,8371	0,0440892	440,8921
1550	371	3,71	3277,8486	0,0856555	856,55537
1840	571	5,71	4102,3472	0,1472219	1472,2186
2030	771	7,71	4292,6623	0,1987882	1987,8819
2080	971	9,71	4356,1007	0,2503545	2503,5452
2085	1171	11,71	4366,6737	0,3019208	3019,2085
1440	1250	12,5	3045,0412	0,3222895	3222,8954

Max = 2065 kg  
Patah = 1440 kg



**Pengamatan Kuat Tarik Baja Beton  
Untuk D 6-1**

$$A_o = 0,2231 \text{ cm}^2$$

$$L_o = 2,664 \text{ cm}$$

Beban kg	Pengamatan extens (dL) $\times 10^{-2}$ mm	dL mm	Tegangan $\text{kg/cm}^2$	Regangan dL/L <sub>o</sub>	Regangan $\times 10^{-4}$ mm
50	2,75	0,0275	224,11475	0,0010323	10,322823
100	3,5	0,035	448,22949	0,0013138	13,138138
150	4	0,04	672,34424	0,0015015	15,015015
200	4,8	0,048	896,45899	0,0018018	18,018018
250	5,3	0,053	1120,5737	0,0019895	19,894895
300	6,2	0,062	1344,6885	0,0023273	23,273273
350	6,8	0,068	1568,8032	0,0025526	25,525526
400	7,5	0,075	1792,918	0,0028153	28,153153
450	8,5	0,085	2017,0327	0,0035661	35,660661
500	10,8	0,108	2241,1475	0,0040541	40,540541
550	12,5	0,125	2465,2622	0,0046822	46,821822
600	15,2	0,152	2689,377	0,0057057	57,057057
640	24,2	0,242	2888,6888	0,0090841	90,840841
653	83	0,83	2928,9386	0,0311562	311,56156
657,5	283	2,83	2947,1089	0,1082312	1082,3123
880	483	4,83	3944,4195	0,1813063	1813,0631
930	683	6,83	4168,5343	0,2563814	2563,8138
957,5	883	8,83	4281,7974	0,3314585	3314,5846
970	1083	10,83	4347,8261	0,4065315	4065,3153
760	1150	11,5	3406,5442	0,4316817	4316,8168

Max = 970 kg  
Patah = 760 kg

**Pengamatan Kuat Tarik Baja Beton  
Untuk D 6-2**

$$A_o = 0,2231 \text{ cm}^2$$

$$L_o = 2,684 \text{ cm}$$

Beban kg	Pengamatan extens (dL) $\times 10^2$ mm	dL mm	Tegangan $\text{kg/cm}^2$	Regangan dL/L <sub>o</sub>	Regangan $\times 10^4$ mm
50	1,1	0,011	224,11475	0,0004128	4,1291291
100	1,5	0,015	448,22949	0,0005631	6,6306306
150	1,95	0,0195	672,34424	0,000732	7,3198198
200	2,4	0,024	896,45899	0,0009009	9,009009
250	2,8	0,028	1120,5737	0,0010511	10,510511
300	3,25	0,0325	1344,6885	0,00122	12,1997
350	3,8	0,038	1568,8032	0,0014264	14,264264
400	4,3	0,043	1792,918	0,0016141	16,141141
450	4,9	0,049	2017,0327	0,0018393	18,393393
500	5,4	0,054	2241,1475	0,002027	20,27027
550	5,9	0,059	2465,2622	0,0022147	22,147147
600	6,5	0,065	2689,377	0,0024399	24,399399
650	7,2	0,072	2913,4917	0,0027027	27,027027
700	8,2	0,082	3137,6065	0,0030781	30,780781
750	10	0,1	3361,7212	0,0037538	37,537538
760	11,2	0,112	3408,5442	0,0042042	42,042042
790	94	0,94	3541,013	0,0352853	352,85285
810	294	2,94	3630,6589	0,1103604	1103,6036
880	494	4,94	4392,649	0,1854354	1854,3544
1100	694	6,94	4930,5244	0,2605105	2605,1051
1175	894	8,94	5266,6965	0,3355858	3355,8558
1120	1000	10	5020,1703	0,3753754	3753,7538
710	1050	10,5	3182,4294	0,3941441	3941,4414

Max = 1120 kg  
Patah = 710 kg

**Pengamatan Kuat Tarik Baja Profil INP10  
Untuk Flange-1(F-1)**

Ao = 1,4959 cm<sup>2</sup>  
Lo = 6,8981 cm

Beban kg	Pengamatan extens (dL) x 10 <sup>-2</sup> mm	dL mm	Tegangan kg/cm <sup>2</sup>	Regangan dL/Lo	Regangan x 10 <sup>-4</sup> mm
250	0,7	0,007	187,12347	0,0010148	10,147722
500	1	0,01	334,24694	0,0014497	14,496745
750	1,2	0,012	501,37041	0,0017398	17,396095
1000	1,7	0,017	668,49388	0,0024644	24,644467
1250	2	0,02	835,61735	0,0028993	28,993491
1500	2,8	0,028	1002,7408	0,0037692	37,691538
1750	3	0,03	1169,8643	0,004349	43,490236
2000	3,8	0,038	1336,9878	0,0052188	52,188284
2250	3,9	0,039	1504,1112	0,0056537	56,537307
2500	4,4	0,044	1671,2347	0,0063788	63,78588
2750	4,8	0,048	1838,3582	0,0069584	69,584378
3000	5,2	0,052	2005,4816	0,0075383	75,383076
3250	5,8	0,058	2172,6051	0,0081182	81,181775
3500	6	0,06	2339,7286	0,008698	86,980473
3750	6,5	0,065	2506,8521	0,0094229	94,228848
4000	6,9	0,069	2673,9755	0,0100028	100,02754
4250	7,4	0,074	2841,099	0,0107276	107,27592
4500	7,8	0,078	3008,2225	0,0113075	113,07461
4750	8,2	0,082	3175,3459	0,0118873	118,87331
5000	8,6	0,086	3342,4694	0,0124672	124,67201
5250	9	0,09	3509,5929	0,0130471	130,47071
5500	9,8	0,098	3676,7164	0,0142068	142,06811
5750	10,5	0,105	3843,8398	0,0152216	152,21583
6000	11,5	0,115	4010,9633	0,0166713	166,71257
6025	12,6	0,126	4027,6756	0,0182659	182,65899
6050	134	1,34	4044,388	0,1942564	1942,5639
6950	334	3,34	4646,0325	0,4841913	4841,913
7825	534	5,34	5230,9646	0,7741262	7741,2621
8200	987	9,87	5481,6498	1,4018353	14018,353
7500	1000	10	5013,7041	1,4496745	14496,745

Max = 8200 Kg  
Patah = 7500 Kg

**Pengamatan Kuat Tarik Baja Profil INP10  
Untuk Flange-2 (F-2)**

$$A_o = 1,4674 \text{ cm}^2$$

$$L_o = 8,8538 \text{ cm}$$

Beban kg	Pengamatan extens (dL) $\times 10^{-2}$ mm	dL mm	Tegangan $\text{kg/cm}^2$	Regangan dL/ $L_o$	Regangan $\times 10^{-4}$ mm
250	0,5	0,005	170,36936	0,0007295	7,2952231
500	0,9	0,009	340,73872	0,0013131	13,131402
750	1,2	0,012	511,10808	0,0017509	17,508535
1000	1,6	0,016	681,47744	0,0023345	23,344714
1250	2	0,02	851,8468	0,0029181	29,180892
1500	2,6	0,026	1022,2162	0,0037935	37,93518
1750	3,2	0,032	1192,5855	0,0046689	46,689428
2000	3,6	0,036	1362,9549	0,0052526	52,525608
2250	4,2	0,042	1533,3242	0,006128	61,279874
2500	4,9	0,049	1703,6936	0,0071493	71,493186
2750	5,5	0,055	1874,063	0,0080247	80,247454
3000	6,1	0,061	2044,4323	0,0089002	89,001722
3250	6,8	0,068	2214,8017	0,0099215	99,215034
3500	7,6	0,076	2385,1711	0,0110887	110,88739
3750	8,1	0,081	2555,5404	0,0118183	118,18281
4000	8,9	0,089	2725,9098	0,0128855	129,85497
4250	9,7	0,097	2896,2791	0,0141527	141,52733
4500	10,2	0,102	3066,6485	0,0148823	148,82255
4750	10,8	0,108	3237,0179	0,0157577	157,57682
5000	11,1	0,111	3407,3872	0,0161954	161,95395
5250	11,5	0,115	3577,7566	0,016779	167,79013
5500	12,8	0,128	3748,1259	0,0186758	186,75771
5600	14,8	0,148	3818,2737	0,0215939	215,9388
5800	97	0,97	3952,5692	0,1415273	1415,2733
5850	297	2,97	3986,643	0,4333363	4333,3625
7175	497	4,97	4889,8007	0,7251452	7251,4517
8000	697	6,97	5451,8195	1,0169541	10169,541
8750	897	8,97	5962,9276	1,308763	13087,63
7375	1000	10	5025,8961	1,4590446	14590,446

Max = 8750 kg  
Patah = 7375 kg

**Hasil Kuat Tarik Baja Profil INP10                      Untuk Web (W)**

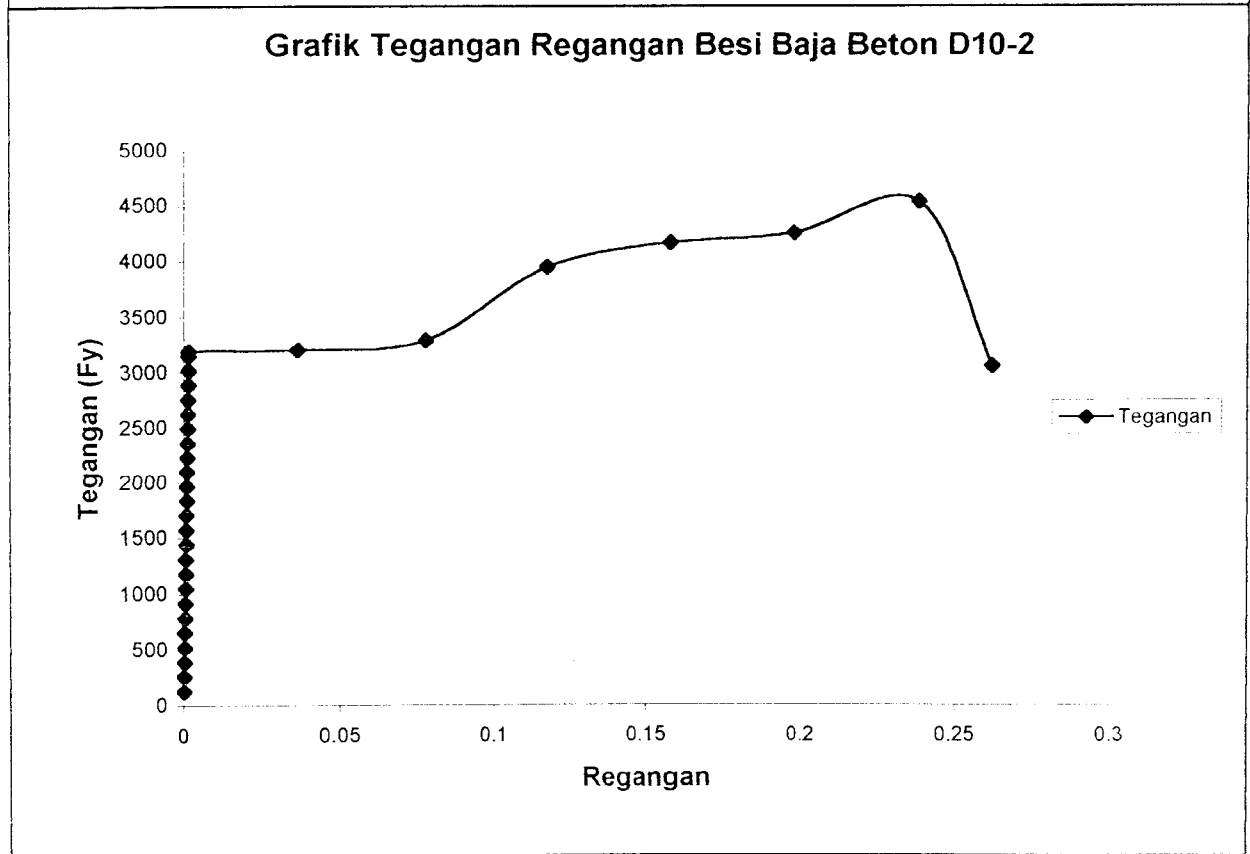
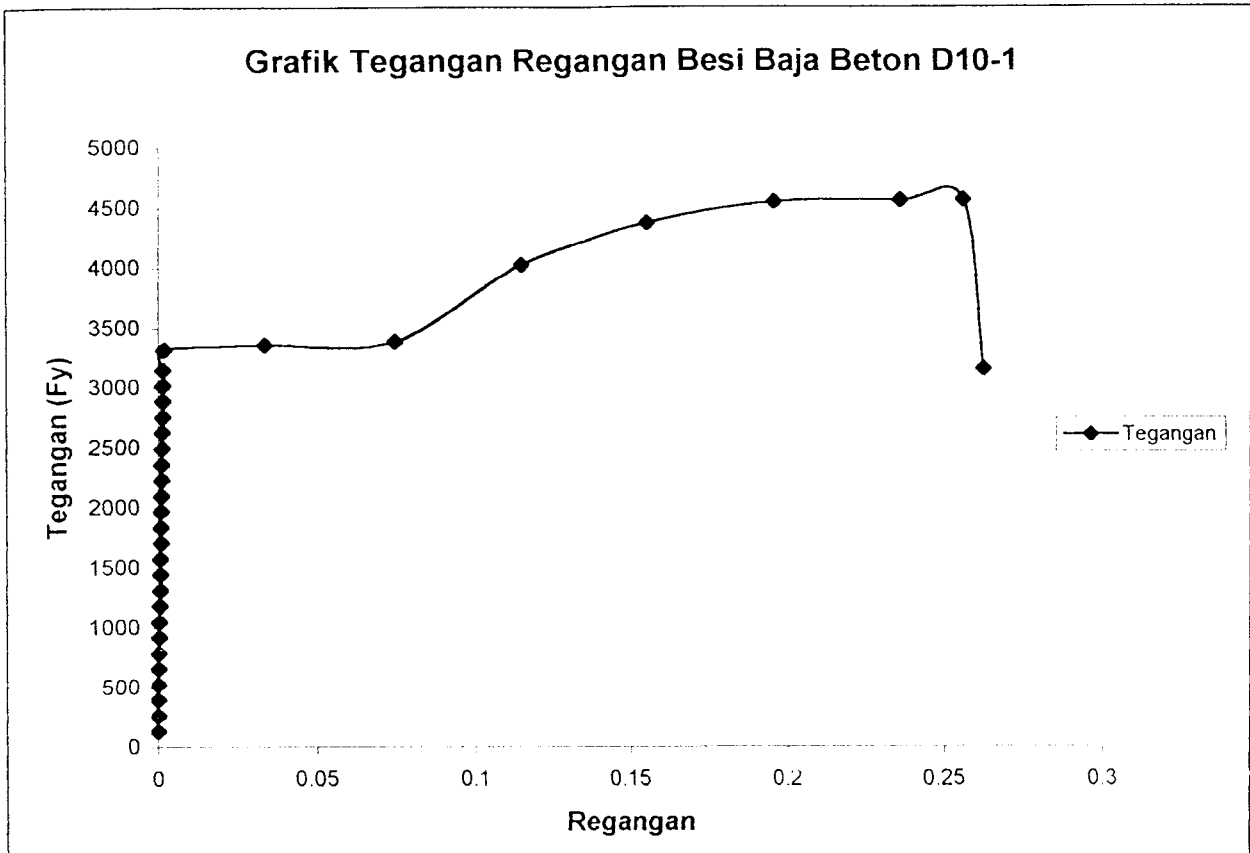
Ao = 1,4959 cm<sup>2</sup>

Lo = 6,8981 cm

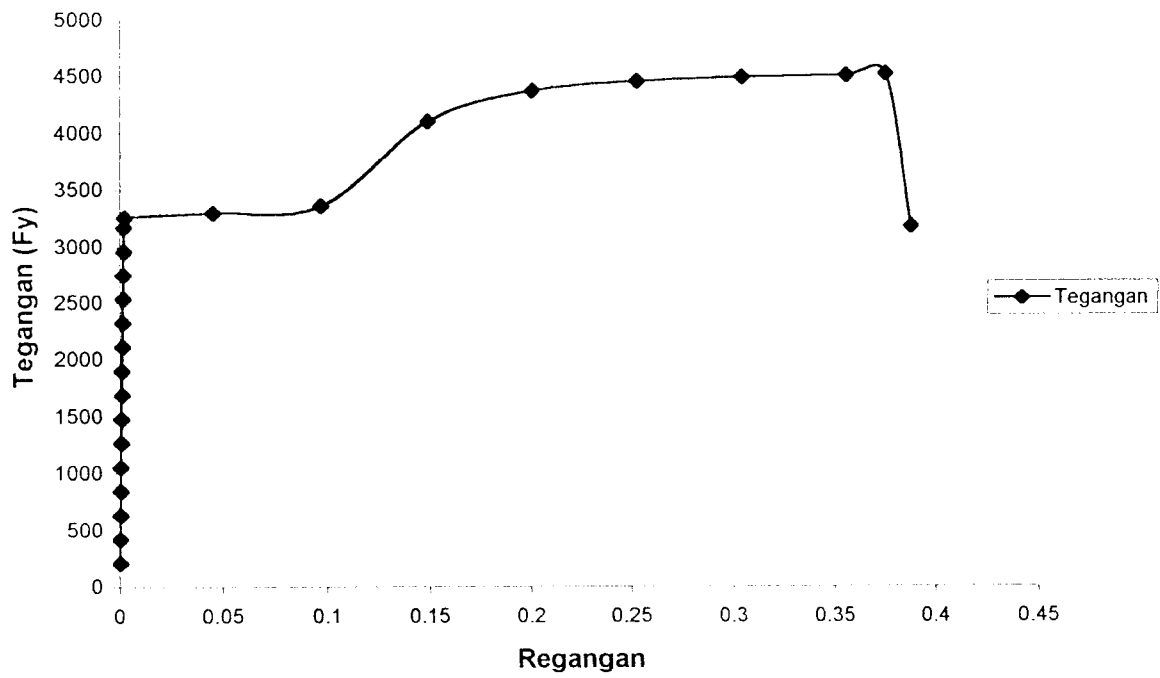
Beban kg	Pengamatan extens (dL) x 10 <sup>-2</sup> mm	dL mm	Tegangan kg/cm <sup>2</sup>	Regangan dL/Lo	Regangan x 10 <sup>-4</sup> mm
100	0,6	0,006	66,84938833	0,000869805	8,698047288
200	0,8	0,008	133,6987767	0,00115974	11,59739638
300	1	0,01	200,548165	0,001449675	14,49674548
400	1,15	0,0115	267,3975533	0,001667126	16,6712573
500	1,5	0,015	334,2469416	0,002174512	21,74511822
600	1,9	0,019	401,09633	0,002754382	27,54381641
700	2,2	0,022	467,9457183	0,003189284	31,89284006
800	2,6	0,026	534,7951066	0,003769154	37,69153825
900	2,9	0,029	601,644495	0,004204056	42,04056189
1000	3,1	0,031	668,4938833	0,004493991	44,93991099
1100	3,5	0,035	735,3432716	0,005073861	50,73860918
1200	3,8	0,038	802,1926599	0,005508763	55,08763283
1300	4	0,04	869,0420483	0,005798698	57,98698192
1400	4,3	0,043	935,8914366	0,006233601	62,33600557
1500	4,5	0,045	1002,740825	0,006523535	65,23535466
1600	4,8	0,048	1069,590213	0,006958438	69,58437831
1700	5	0,05	1136,439602	0,007248373	72,4837274
1800	5,2	0,052	1203,28099	0,007538308	75,3830765
1900	5,5	0,055	1270,138378	0,00797321	79,73210014
2000	5,8	0,058	1336,987767	0,008408112	84,08112379
2100	6	0,06	1403,837155	0,008698047	86,98047288
2200	6,2	0,062	1470,686543	0,008987982	89,87982198
2300	6,5	0,065	1537,535932	0,009422885	94,22884562
2400	6,9	0,069	1604,38532	0,010002754	100,0275438
2500	7	0,07	1671,234708	0,010147722	101,4772184
2600	7,2	0,072	1738,084097	0,010407657	104,3765675
2700	7,5	0,075	1804,933485	0,010872559	108,7255911
2800	7,8	0,078	1871,782873	0,011307461	113,0746147
2900	8	0,08	1938,632262	0,011597396	115,9739638
3000	8,3	0,083	2005,48165	0,012032299	120,3229875
3100	8,5	0,085	2072,331038	0,012322234	123,2223366
3200	8,9	0,089	2139,180426	0,012902103	129,0210348
3300	9	0,09	2206,029815	0,013047071	130,4707093
3400	9,2	0,092	2272,879203	0,013337006	133,3700584
3500	9,5	0,095	2339,728591	0,013771908	137,7190821
3600	9,8	0,098	2406,57798	0,014206811	142,0681057
3700	10	0,1	2473,427368	0,014496745	144,9674548
3800	10,1	0,101	2540,276756	0,014641713	146,4171294
3900	10,4	0,104	2607,126145	0,015076615	150,766153
4000	10,7	0,107	2673,975533	0,015511518	155,1151766
4100	10,9	0,109	2740,824921	0,015801453	158,0145257
4200	11,1	0,111	2807,67431	0,016091387	160,9138748
4300	11,5	0,115	2874,523698	0,016671257	166,712573
4400	11,8	0,118	2941,373086	0,01710616	171,0615967
4500	12	0,12	3008,222475	0,017396095	173,9609458
4600	12,2	0,122	3075,071863	0,017686029	176,8602949
4700	12,7	0,127	3141,921251	0,018410867	184,1086676
4800	13	0,13	3208,77064	0,018845769	188,4576912
4900	13,3	0,133	3275,620028	0,019280671	192,8067149
4920	35	0,35	3288,989906	0,050738609	507,3860918
5400	235	2,35	3609,86697	0,340673519	3406,735188
5550	435	4,35	3710,141052	0,630608428	6306,084284
5820	500	5	3890,634401	0,724837274	7248,37274
5300	550	5,5	3543,017581	0,797321001	7973,210014

Max = 5820 Kg

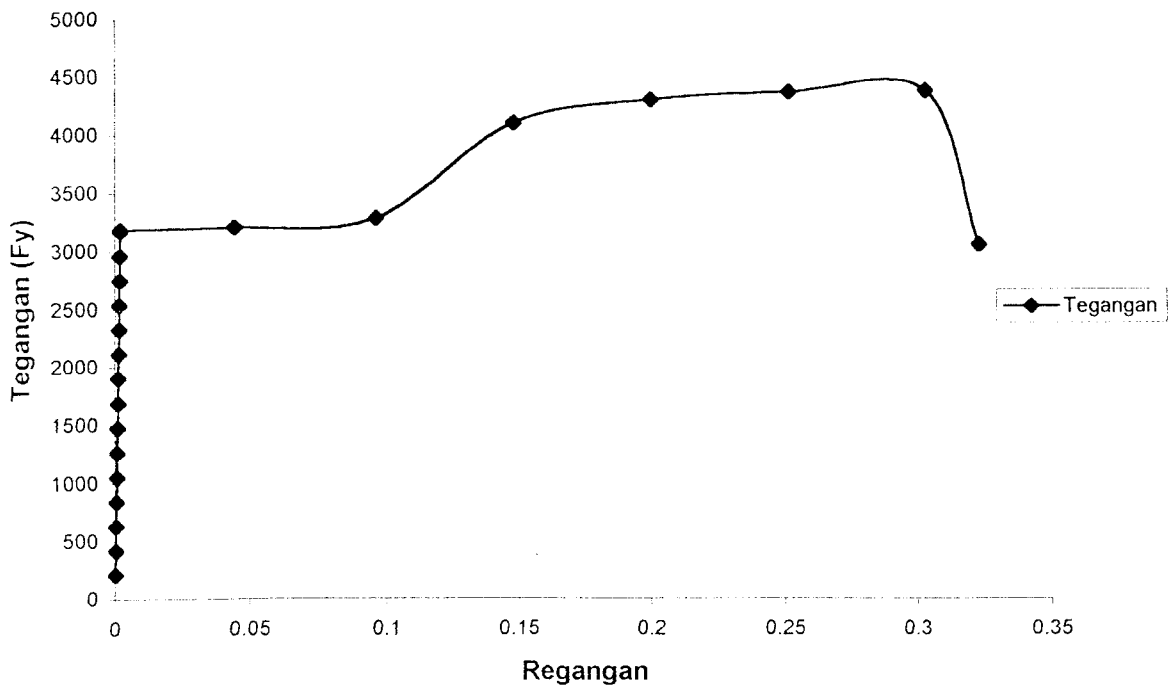
Patah = 5300 Kg



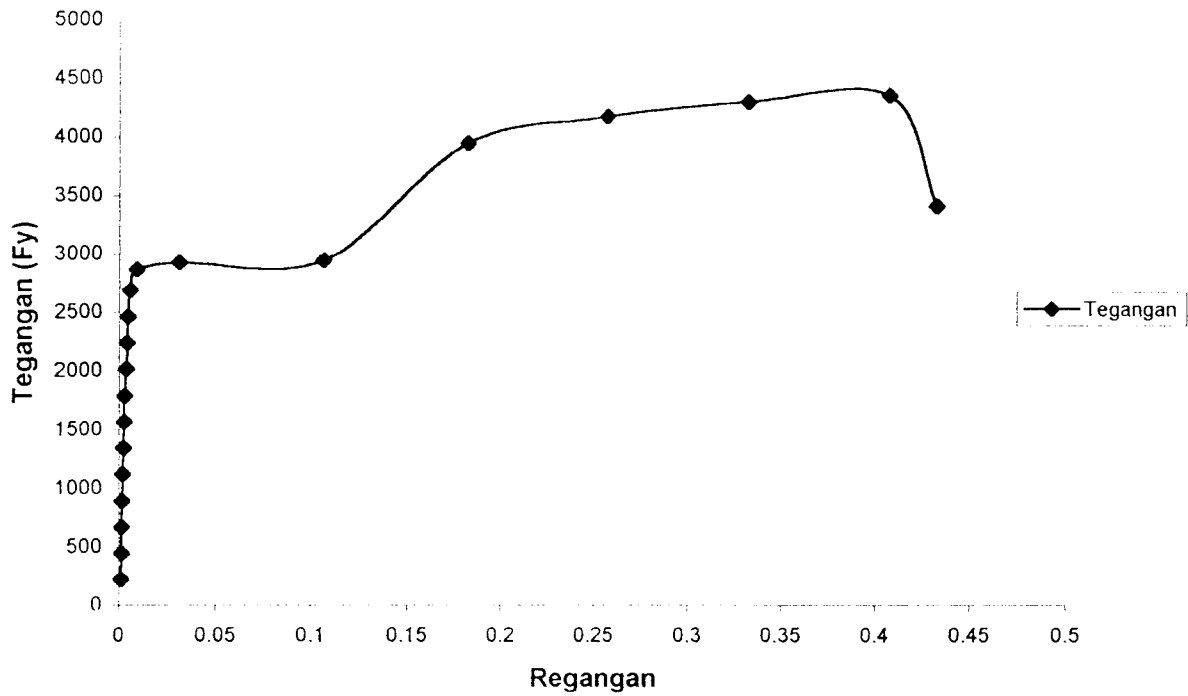
Grafik Tegangan Regangan Besi Baja Beton D8-1



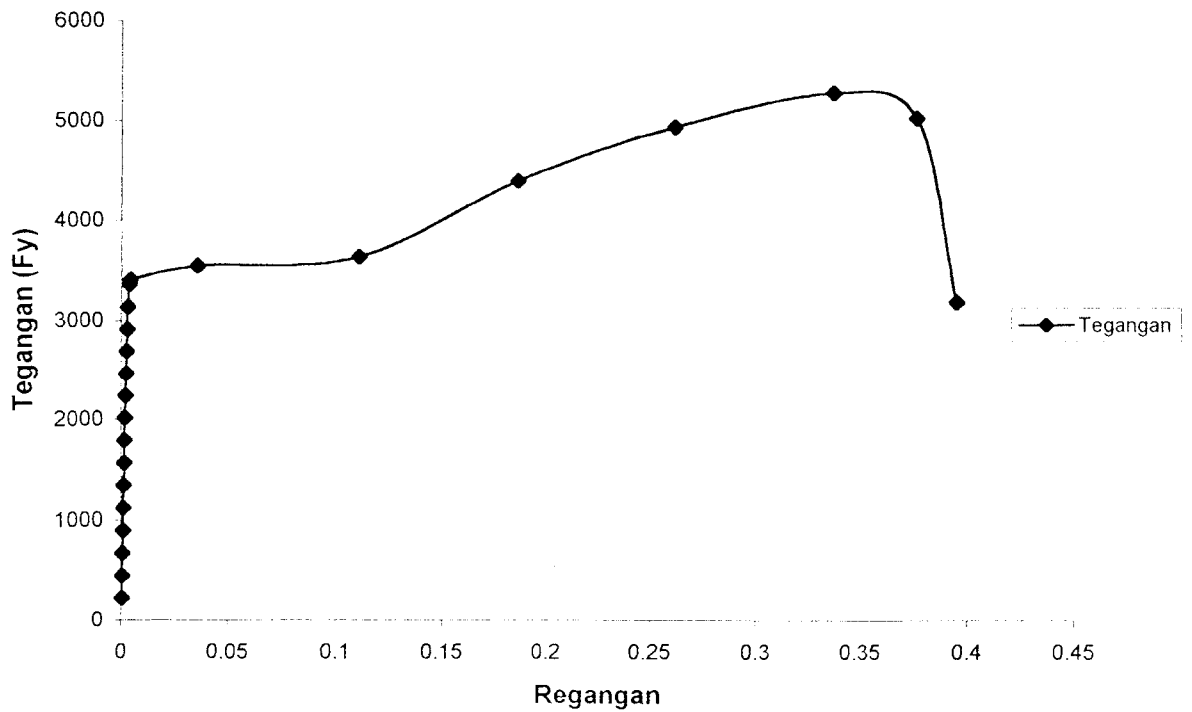
Grafik Tegangan Regangan Besi Baja Beton D8-2



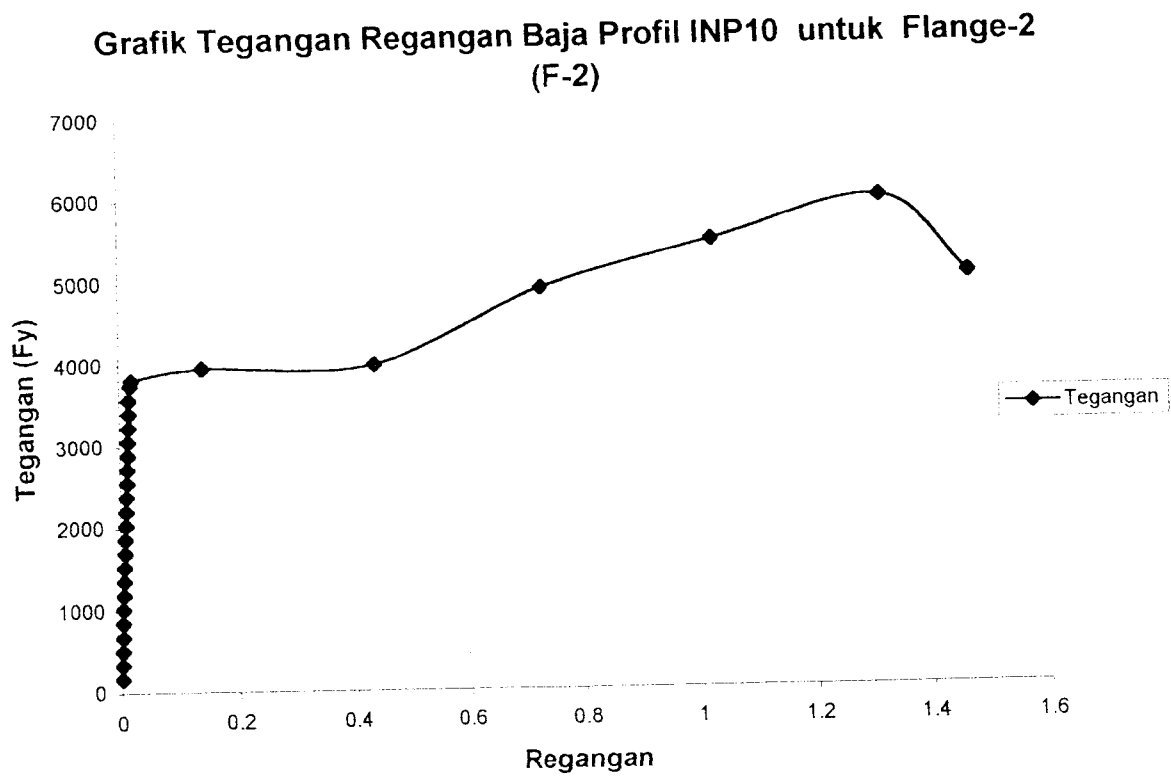
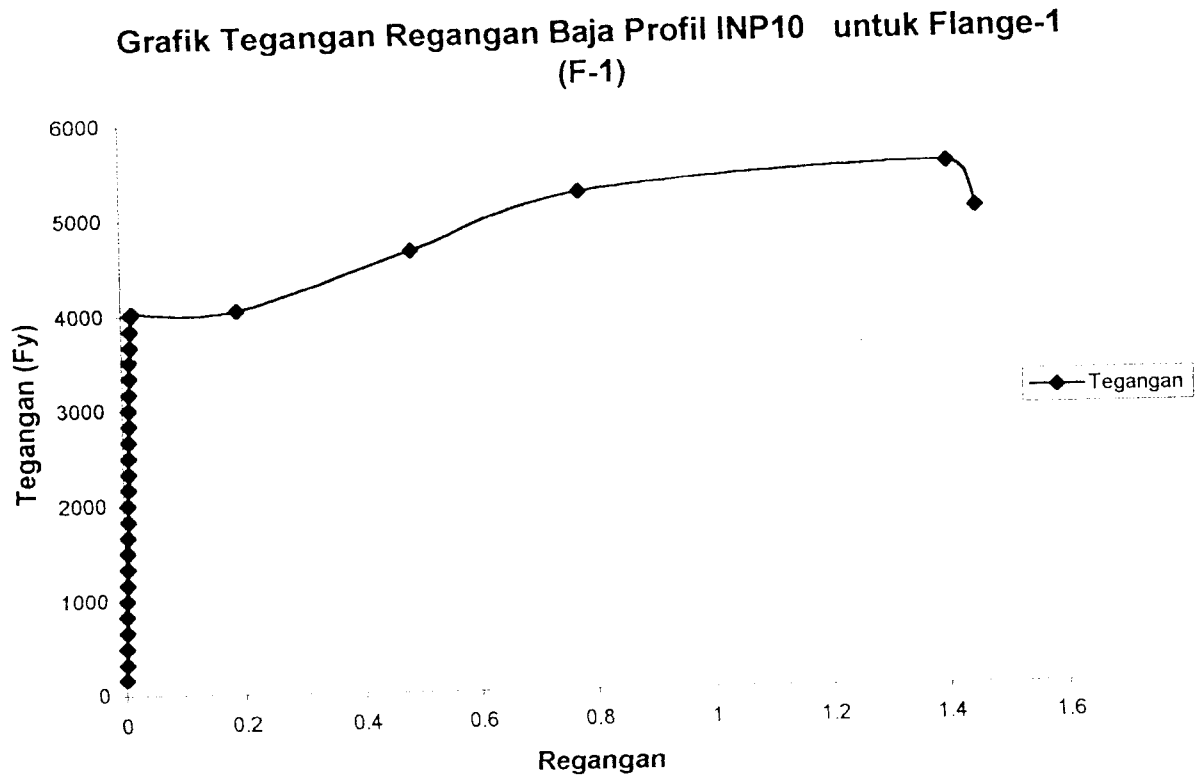
Grafik Tegangan Regangan Besi Baja Beton D6-1

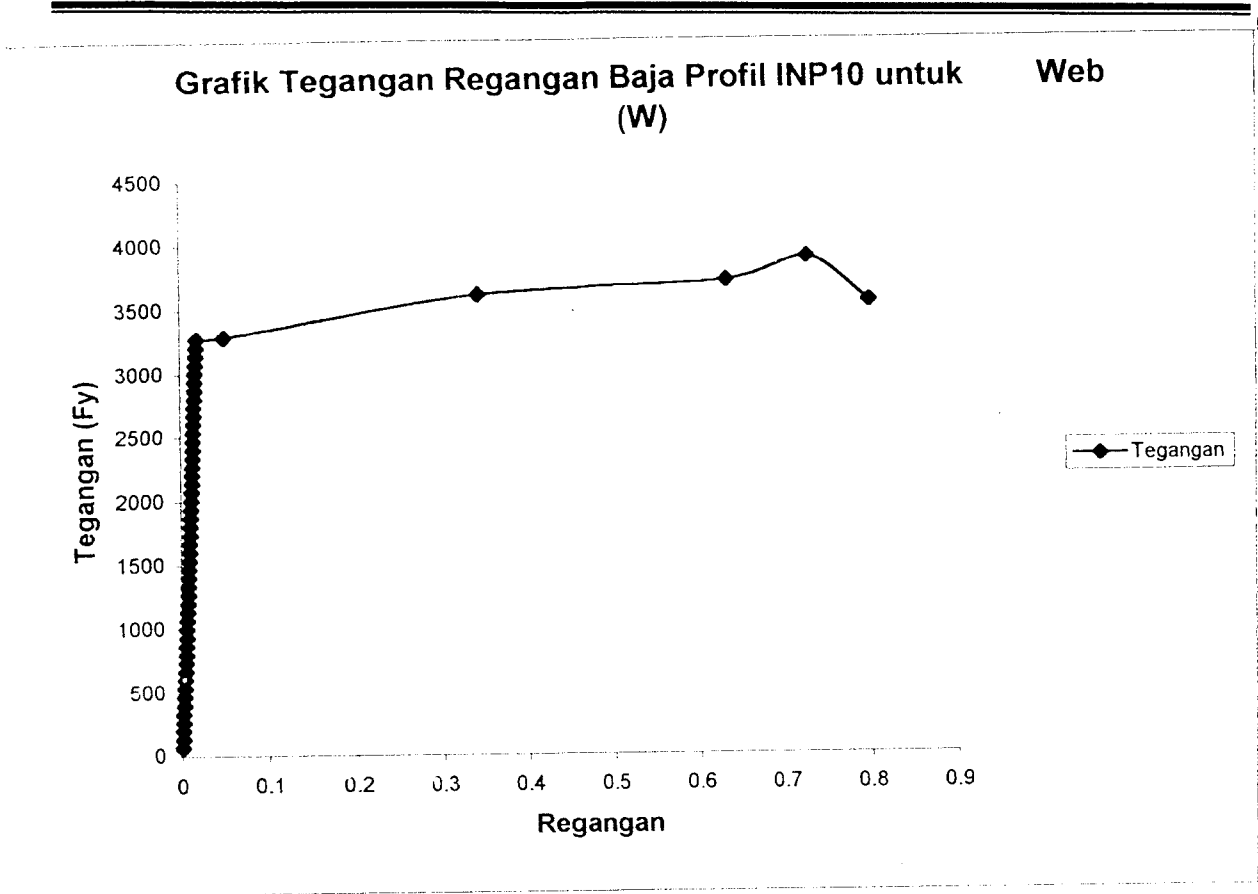


Grafik Tegangan Regangan Besi Baja Beton D6-2









Tabel Rata-rata kuat leleh baja beton dan baja  
Profil INP-10

Nama benda uji	Fy Mpa	Fy rata-rata Mpa
D-10-1	332,021	325,4593
D-10-2	318,8976	
D-8-1	325,6502	321,94965
D-8-2	318,2491	
D-6-1	288,8889	313,78065
D-6-2	340,6544	
F-1	404,4388	371,85507
F-2	381,8274	
W	328,899	

**Tabel Data Hasil Uji Geser Pada  
Benda Uji GS-1 dan GS-2**

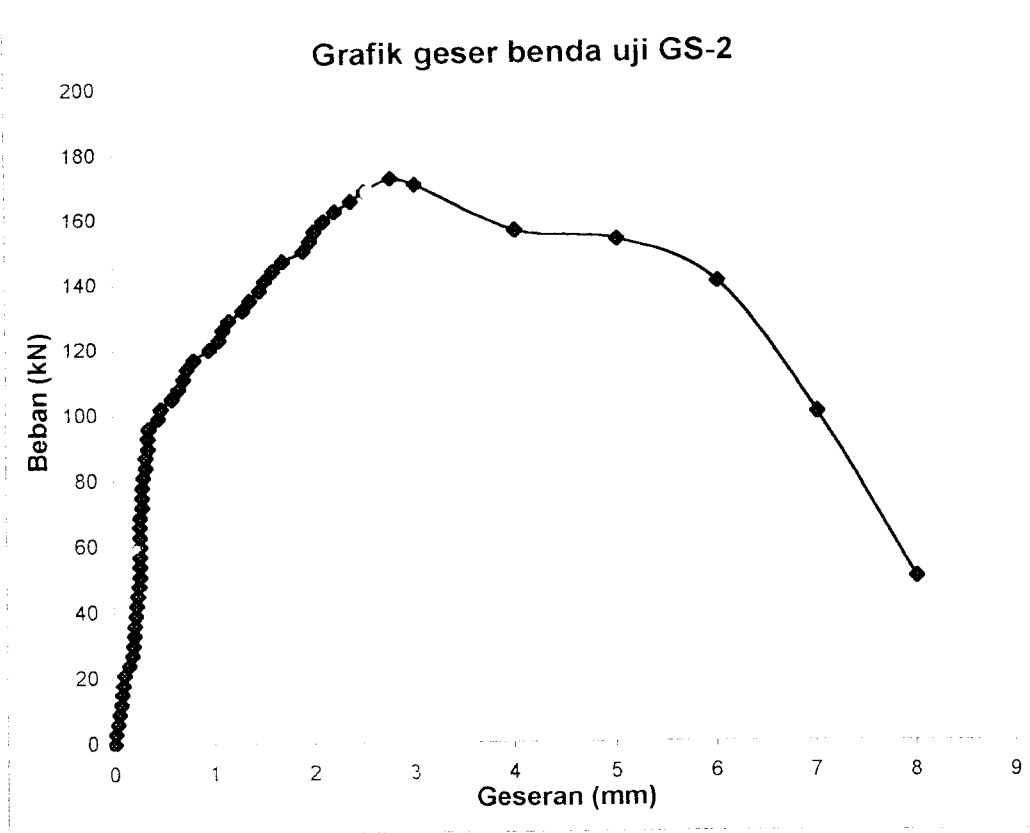
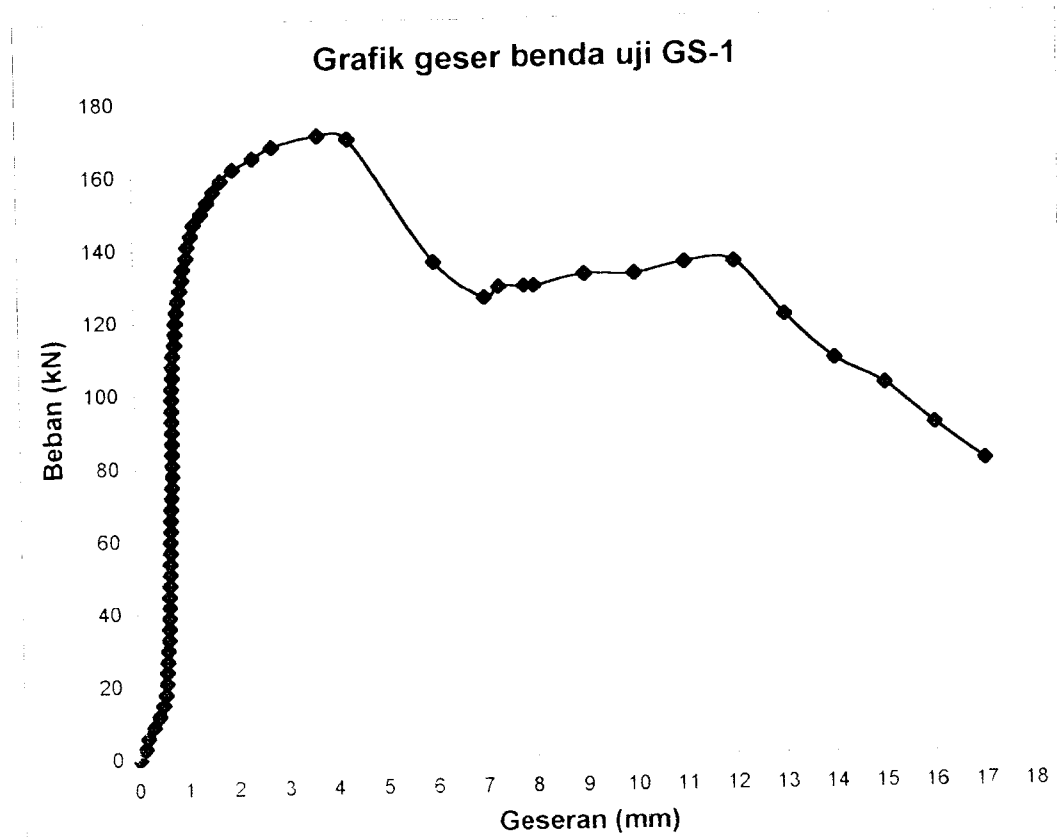
GS -1				GS -2			
Beban (kN)	Geseran (mm)	Beban (kN)	Geseran (mm)	Beban (kN)	Geseran (mm)	Beban (kN)	Geseran (mm)
0	0	129	0,91	0	0	129	1,15
3	0,13	132	0,96	3	0,01	132	1,28
6	0,18	135	0,98	6	0,03	135	1,35
9	0,29	138	1,05	9	0,05	138	1,45
12	0,41	141	1,08	12	0,07	141	1,5
15	0,49	144	1,15	15	0,08	144	1,58
18	0,54	147	1,2	18	0,09	147	1,68
21	0,56	150	1,36	21	0,1	150	1,89
24	0,57	153	1,48	24	0,15	153	1,95
27	0,58	156	1,6	27	0,18	156	2
30	0,59	159	1,75	30	0,19	159	2,09
33	0,61	162	2	33	0,2	162	2,2
36	0,62	165	2,4	36	0,21	165	2,36
39	0,625	168	2,79	39	0,22	168	2,5
42	0,63	171	3,7	42	0,23	172	2,76
45	0,635	170	4,3	45	0,24	170	3
48	0,65	136	6	48	0,25	156	4
51	0,655	126	7	51	0,26	153	5
54	0,66	129	7,3	54	0,26	140	6
57	0,665	129	7,8	57	0,26	100	7
60	0,67	129	8	60	0,26	50	8
63	0,675	132	9	63	0,26		
66	0,68	132	10	66	0,26		
69	0,685	135	11	69	0,26		
72	0,7	135	12	72	0,28		
75	0,705	120	13	75	0,28		
78	0,72	108	14	78	0,28		
81	0,72	101	15	81	0,29		
84	0,72	90	16	34	0,32		
87	0,72	80	17	87	0,32		
90	0,72			90	0,34		
93	0,72			93	0,34		
96	0,72			96	0,35		
99	0,72			99	0,44		
102	0,72			102	0,47		
105	0,74			105	0,58		
108	0,74			108	0,65		
111	0,75			111	0,69		
114	0,8			114	0,73		
117	0,81			117	0,8		
120	0,815			120	0,95		
123	0,84			123	1,05		
126	0,87			126	1,09		

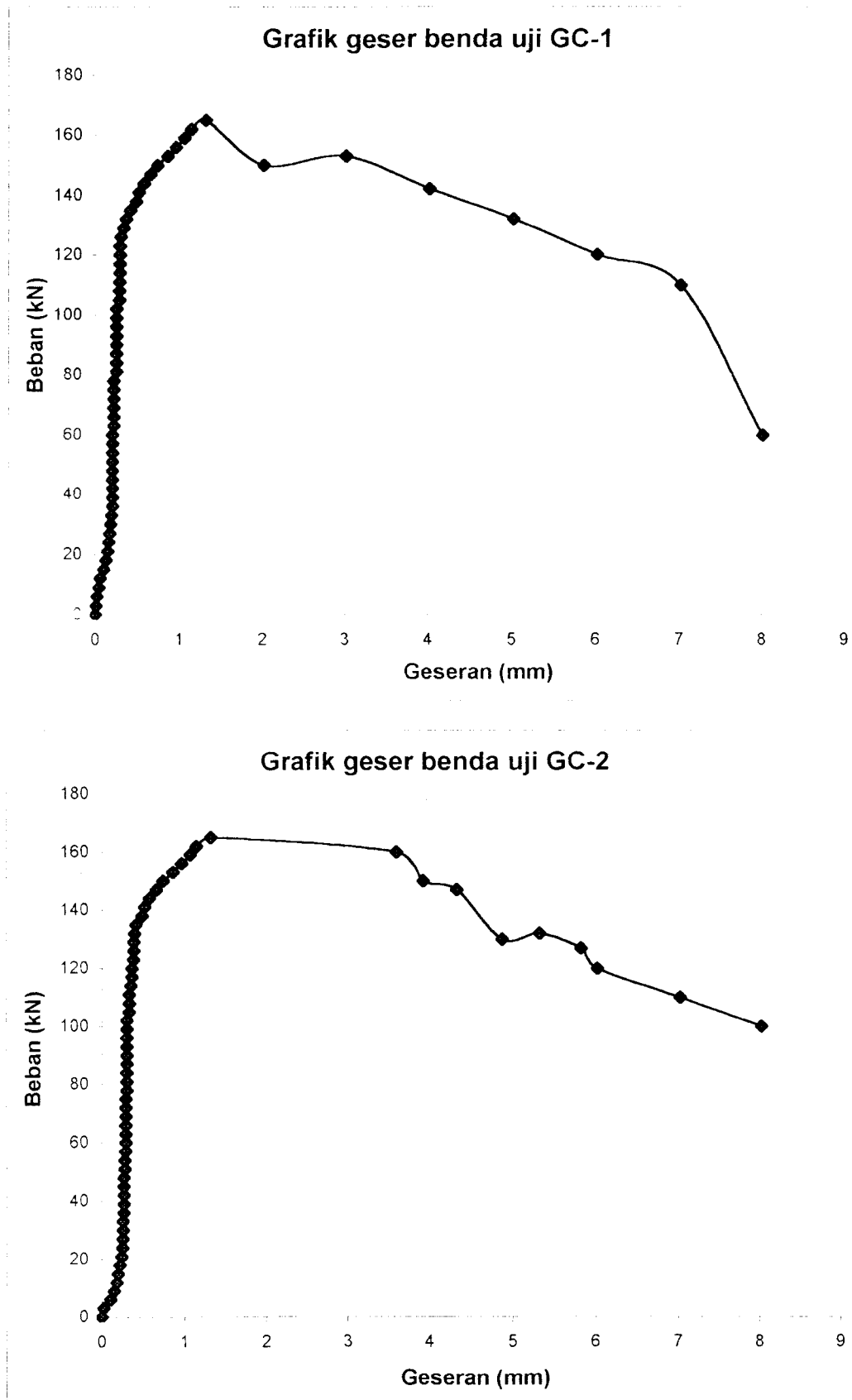
**Tabel Data Hasil Uji Geser Pada  
Benda Uji GC-1 dan GC-2**

GC -1				GC -2			
Beban (kN)	Geseran (mm)	Beban (kN)	Geseran (mm)	Beban (kN)	Geseran (mm)	Beban (kN)	Geseran (mm)
0	0	129	0,33	0	0	129	0,38
3	0,01	132	0,36	3	0,02	132	0,39
6	0,02	135	0,41	6	0,11	135	0,41
9	0,04	138	0,48	9	0,15	138	0,48
12	0,06	141	0,51	12	0,18	141	0,51
15	0,1	144	0,57	15	0,2	144	0,57
18	0,13	147	0,65	18	0,22	147	0,65
21	0,15	150	0,73	21	0,24	150	0,73
24	0,16	153	0,85	24	0,25	153	0,85
27	0,17	156	0,95	27	0,26	156	0,95
30	0,18	159	1,05	30	0,26	159	1,05
33	0,19	162	1,13	33	0,26	162	1,13
36	0,2	165	1,3	36	0,27	165	1,3
39	0,2	150	2	39	0,27	160	3,57
42	0,2	153	3	42	0,27	150	3,9
45	0,2	142	4	45	0,27	147	4,3
48	0,2	132	5	48	0,27	130	4,85
51	0,2	120	6	51	0,28	132	5,3
54	0,2	110	7	54	0,28	127	5,8
57	0,2	60	8	57	0,29	120	6
60	0,2			60	0,29	110	7
63	0,22			63	0,29	100	8
66	0,22			66	0,29		
69	0,22			69	0,29		
72	0,22			72	0,29		
75	0,22			75	0,29		
78	0,22			78	0,3		
81	0,25			81	0,3		
84	0,25			84	0,3		
87	0,25			87	0,3		
90	0,25			90	0,3		
93	0,25			93	0,3		
96	0,25			96	0,3		
99	0,25			99	0,3		
102	0,25			102	0,3		
105	0,28			105	0,33		
108	0,28			108	0,33		
111	0,28			111	0,33		
114	0,29			114	0,35		
117	0,29			117	0,36		
120	0,29			120	0,36		
123	0,29			123	0,38		
126	0,3			126	0,38		

**Tabel Data Hasil Uji Geser Pada  
Benda Uji GP-1 dan GP-2**

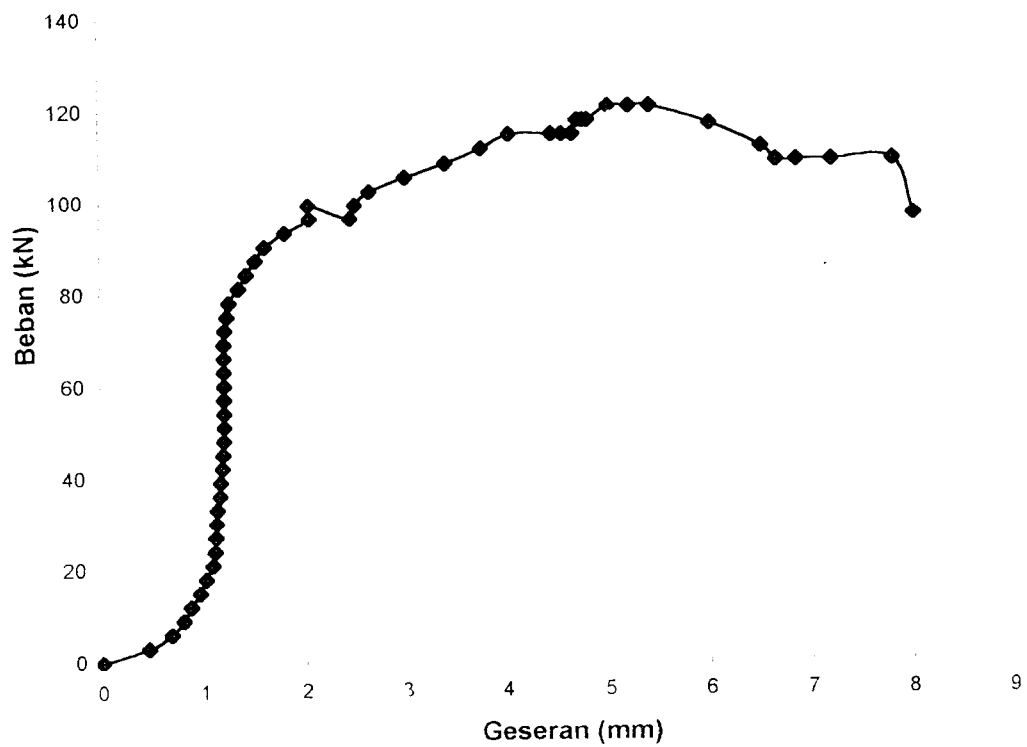
GP -1				GP -2			
Beban (kN)	Geseran (mm)	Beban (kN)	Geseran (mm)	Beban (kN)	Geseran (mm)	Beban (kN)	Geseran (mm)
0	0	87	1,51	0	0	87	1,75
3	0,45	90	1,6	3	0,01	90	2,05
6	0,67	93	1,8	6	0,09	93	3
9	0,79	96	2,05	9	0,19	96	3,55
12	0,86	99	2,04	12	0,28	99	3,9
15	0,95	96	2,45	15	0,37	102	5,1
18	1,01	99	2,5	18	0,44	105	6,2
21	1,08	102	2,65	21	0,5	99	7
24	1,1	105	3	24	0,55		
27	1,11	108	3,4	27	0,58		
30	1,115	111	3,75	30	0,63		
33	1,125	114	4,03	33	0,67		
36	1,15	114	4,45	36	0,71		
39	1,16	114	4,55	39	0,75		
42	1,18	114	4,65	42	0,8		
45	1,185	117	4,7	45	0,86		
48	1,195	117	4,75	48	0,88		
51	1,2	117	4,8	51	0,9		
54	1,2	120	5	54	0,91		
57	1,2	120	5,2	57	0,94		
60	1,2	120	5,4	60	0,96		
63	1,2	116	6	63	1		
66	1,2	111	6,5	66	1,03		
69	1,2	108	6,65	69	1,05		
72	1,21	108	6,85	72	1,1		
75	1,23	108	7,2	75	1,15		
78	1,25	108	7,8	78	1,21		
81	1,35	96	8	81	1,3		
84	1,42			84	1,45		



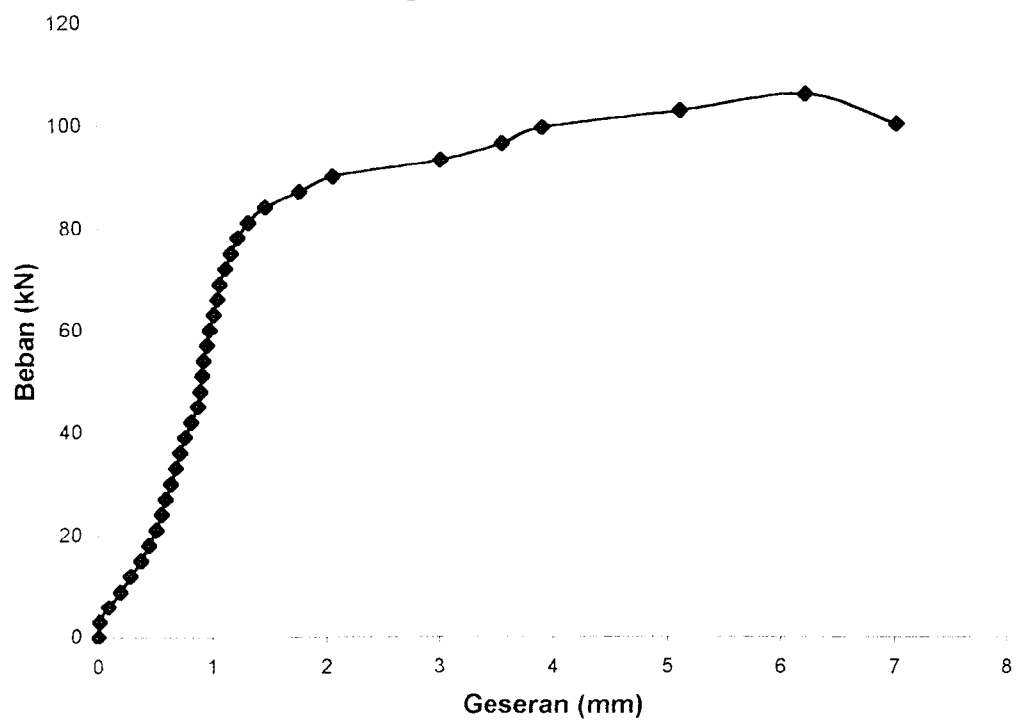


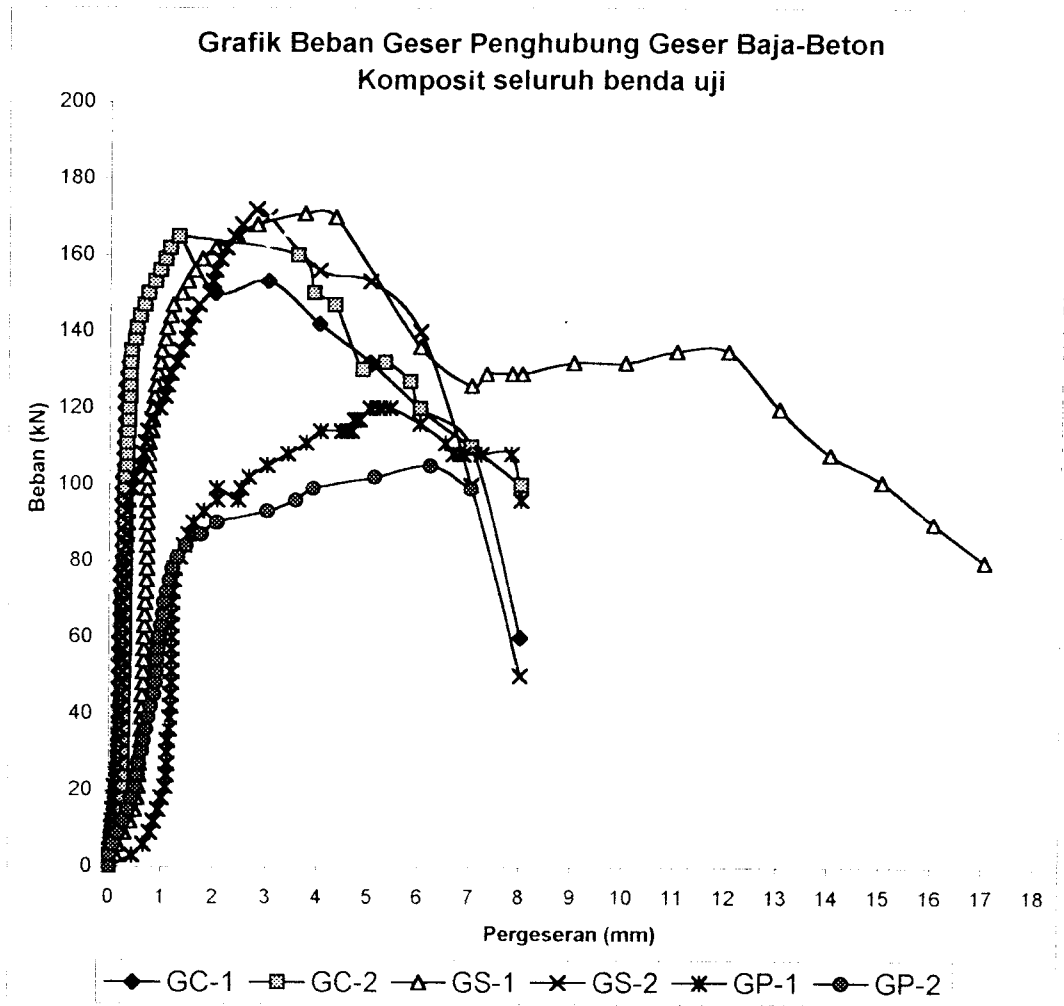


Grafik geser benda uji GP-1



Grafik geser benda uji GP-2





Lampiran VIII. Data Tes Lentur Benda Uji Balok T  
Komposit Baja-Beton

VIII-1

Tabel Data Beban-Lendutan Balok BBK-S1

Beban (P) (kN)	Defleksi ( $y_{i+1}$ ) (mm)	Defleksi ( $y_i$ ) (mm)	Defleksi ( $y_{i-1}$ ) (mm)	Beban (P) (kN)	Defleksi ( $y_{i+1}$ ) (mm)	Defleksi ( $y_i$ ) (mm)	Defleksi ( $y_{i-1}$ ) (mm)
0	0	0	0	84	21,85	25,4	21,88
3	0,31	0,27	0,26	84	22,4	25,85	22,43
6	0,69	0,62	0,62	84	22,9	26,35	22,93
9	1,11	1,05	1,07	84	23,25	26,85	23,28
12	1,41	1,36	1,39	84	23,65	27,35	23,68
15	1,82	1,79	1,86	84	24,04	27,8	24,07
18	2,28	2,3	2,28	84	24,31	28,1	24,34
21	2,68	2,8	2,7	84	24,65	28,9	24,68
24	3,15	3,37	3,26	84	26,05	29,35	26,08
27	3,56	3,81	3,64	84	26,5	29,82	26,53
30	4,11	4,45	4,15	84	27,3	30,35	27,33
33	4,49	5,12	4,55	84	28	30,8	28,03
36	4,84	5,46	4,89	84	28,65	31,3	28,68
39	5,34	5,88	5,36	84	29,05	31,85	29,08
42	5,72	6,36	5,73	84	29,2	32,35	29,23
45	6,24	6,85	6,27	81	29,77	33,3	29,8
48	6,62	7,3	6,63	78	30,05	33,6	30,08
51	7,19	7,9	7,24	78	30,35	34,1	30,38
54	7,56	8,3	7,61	78	30,5	34,5	30,53
57	8,08	8,8	8,06	76	30,6	35,15	30,63
60	8,58	9,25	8,69	76	31,2	35,78	31,23
63	9,15	9,84	9,16	75	31,53	36,2	31,56
66	9,74	10,3	9,86	75	31,75	36,65	31,78
69	10,82	11,35	10,79	75	32,14	37,15	32,17
72	12,05	12,59	12,04	75	32,95	37,6	32,98
75	12,7	13,15	12,74	75	32,1	38,1	33,13
78	13,25	14,3	13,27	72	33,45	38,68	33,48
81	14,68	15,36	14,7	72	33,53	39,35	33,56
84	16,2	17,16	16,23	69	33,75	41,35	33,78
87	16,75	19,7	16,78	66	34,1	42,05	34,13
90	18,2	21,6	18,23	65	34,43	42,7	34,46
90	18,6	22,1	18,63	65	34,74	43,15	34,77
90	19,1	22,6	19,13	64	34,97	43,6	35
90	19,57	23,05	19,6	64	35,28	44,1	35,31
90	20,1	23,55	20,13	64	35,75	44,6	35,78
87	20,57	24,02	20,6	64	35,98	45	36,01
87	21,1	24,55	21,13	64	36,51	45,55	36,54
84	21,57	24,9	21,6				

Tabel Data Beban-Lendutan Balok BBK-S2

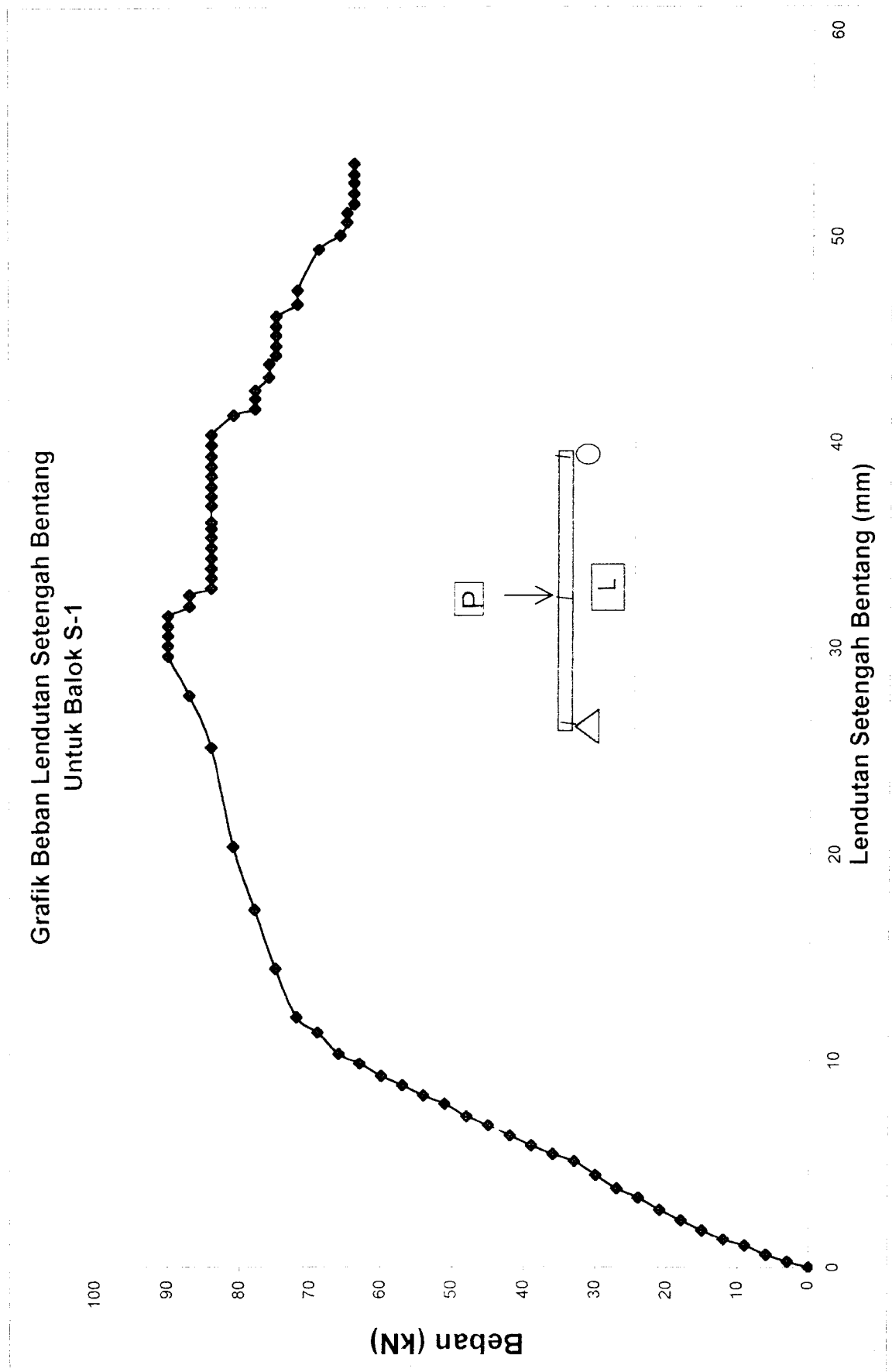
Beban (P) (kN)	Defleksi ( $y_{i+1}$ ) (mm)	Defleksi ( $y_i$ ) (mm)	Defleksi ( $y_{i-1}$ ) (mm)	Beban (P) (kN)	Defleksi ( $y_{i+1}$ ) (mm)	Defleksi ( $y_i$ ) (mm)	Defleksi ( $y_{i-1}$ ) (mm)
0	0	0	0	87	22,46	27,7	22,36
3	0,44	0,48	0,4	87	22,9	28,19	22,86
6	0,84	0,91	0,79	87	23	28,45	22,96
9	1,2	1,3	1,12	87	23,28	28,54	23,24
12	1,56	1,72	1,48	87	23,58	28,64	23,54
15	1,9	2,17	1,88	88	23,9	29,05	23,86
18	2,23	2,52	2,18	88	24,22	29,46	24,18
21	2,69	3,12	2,7	88	24,53	29,93	24,49
24	3,06	3,5	3,03	88	24,85	30,37	24,81
27	3,38	3,84	3,32	88	25,15	30,87	25,11
30	3,72	4,34	3,75	89	25,43	31,34	25,39
33	4,15	4,76	4,12	89	25,73	31,79	25,69
36	4,62	5,22	4,52	89	26,02	32,24	25,98
39	5	5,76	4,96	89	26,35	32,66	26,31
42	5,43	6,17	5,33	89	26,95	33,14	26,91
45	5,76	6,54	5,65	89	27,24	33,59	27,2
48	6,08	6,95	6,02	89	27,54	34,05	27,5
51	6,51	7,48	6,48	87	27,88	35,15	27,84
54	6,92	7,85	6,82	84	28,14	35,59	28,1
57	7,2	8,26	7,17	78	28,45	36,29	28,41
60	7,63	8,74	7,58	78	28,72	36,74	28,68
63	8,15	9,31	8,1	78	29,01	37,19	28,97
66	8,5	9,74	8,47	78	29,32	37,69	29,28
69	8,89	10,12	8,82	78	29,59	38,09	29,55
72	9,35	10,62	9,25	78	29,85	38,54	29,81
75	9,7	11,1	9,68	78	30,14	39,19	30,1
78	10,46	11,95	10,4	72	30,45	39,64	30,41
81	11,26	12,86	11,18	72	30,78	40,07	30,74
84	11,49	14,12	11,43	72	31,1	40,47	31,06
87	12,98	15,12	12,95	72	31,4	40,94	31,36
90	14,43	16,45	14,39	72	31,7	41,44	31,66
90	15,89	17,5	15,85	72	32,01	41,94	31,97
81	16,25	18,5	16,22	72	32,34	42,39	32,3
84	16,58	19,1	16,54	72	32,6	42,84	32,56
84	17,03	19,55	17,06	74	32,92	43,39	32,88
81	17,32	19,8	17,26	74	33,22	43,84	33,18
84	17,6	20,35	17,55	74	33,52	44,23	33,48
84	17,79	20,65	17,86	74	33,82	44,74	33,78
84	18,2	21,1	18,17	74	34,1	45,21	34,06
84	18,45	22,54	18,43	74	34,42	45,64	34,38
84	18,76	23,16	18,74	74	34,72	46,11	34,68
84	19,12	23,67	19,06	74	35,05	46,59	35,01
84	19,42	23,95	19,36	75	35,39	47,04	35,35
86	19,71	24,41	19,68	75	35,68	47,54	35,64
86	19,96	24,85	19,99	75	36,09	48,97	36,05
86	20,28	25,37	20,29	75	36,3	49,54	36,06
87	20,63	25,85	20,59	75	36,63	50,14	36,59
87	20,99	26,3	20,92	69	37,03	50,69	36,99
87	21,23	26,75	21,22	69	37,52	55,39	37,48
87	21,62	27,2	21,54	63	38,13	56,79	38,09

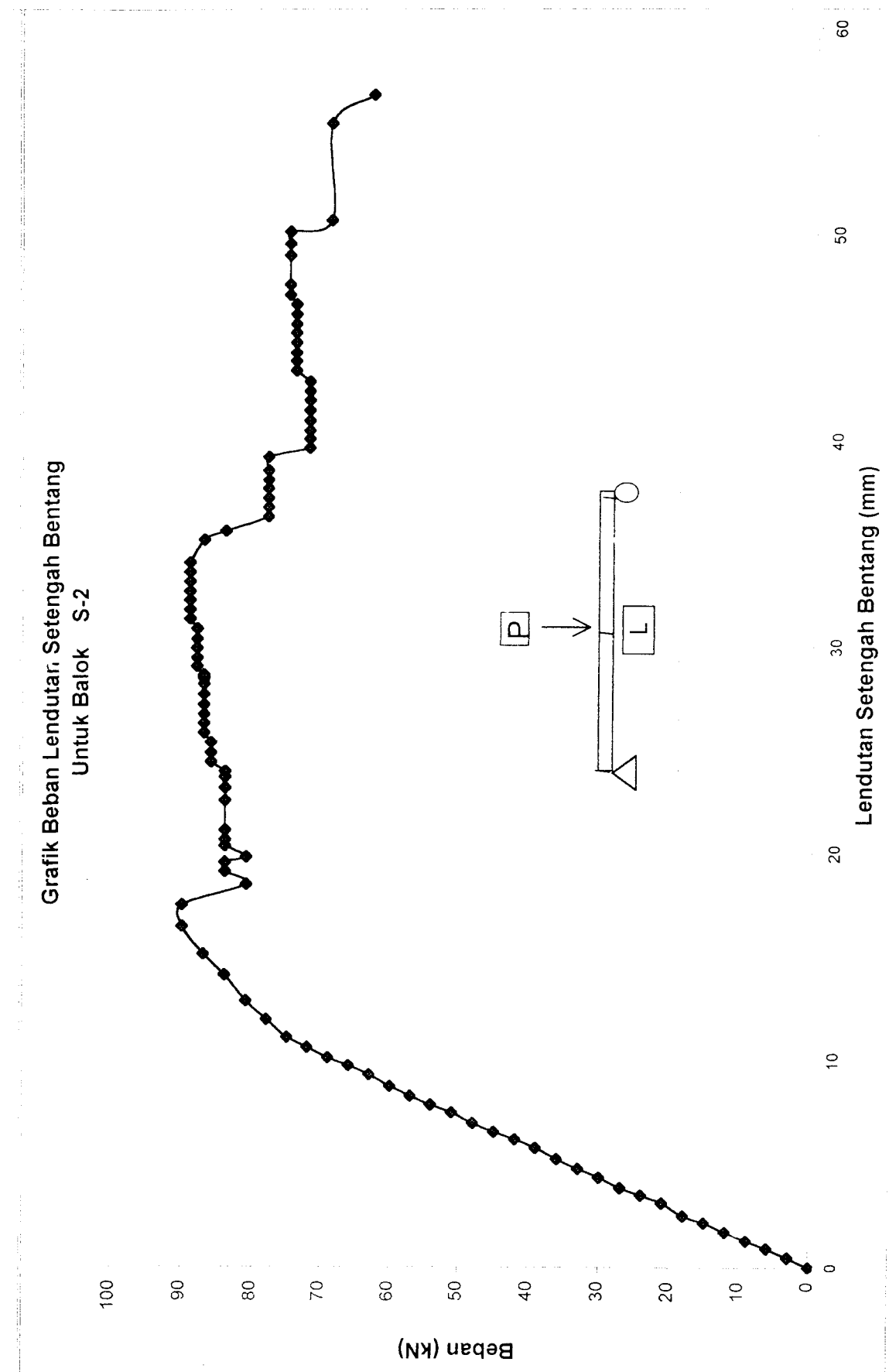
**Tabel Data Beban-Lendutan Balok BBK-C**

Beban (P) (kN)	Defleksi ( $y_{i+1}$ ) (mm)	Defleksi ( $y_i$ ) (mm)	Defleksi ( $y_{i-1}$ ) (mm)
0	0	0	0
3	0,33	0,35	0,34
6	0,65	0,66	0,6
9	0,97	1	0,91
12	1,27	1,31	1,19
15	1,72	1,84	1,61
18	2,02	2,19	1,91
21	2,45	2,65	2,36
24	2,79	3,05	2,75
27	3,09	3,39	3,06
30	3,58	3,95	3,56
33	4,02	4,4	4,04
36	4,4	4,84	4,42
39	4,95	5,48	5
42	5,39	5,95	5,4
45	5,85	6,55	5,98
48	6,34	6,95	6,44
51	7,04	7,78	7,27
54	7,65	8,43	8
57	8,16	9	8,6
60	8,78	9,65	9,35
63	9,62	10,85	10,35
66	10	11,4	11,35
69	11,2	12,7	12,55
72	12,2	13,8	13,7
75	13,75	15	15,85
78	15,29	17,8	17,6
81	17,9	19,65	19,65
84	19,09	23,4	22,1
84	210,11	25,8	23,2
84	21,45	26	24,8
87	22,1	27,8	25,7
87	22,69	28,4	26,5
88	23,31	29,45	27
88	23,71	30,9	27,35
88	24,11	32,61	27,6
89	24,48	34,72	27,85
90	24,79	37,45	28,35
90	25,18	40,5	28,65
90	25,54	43,85	29,1
70	25,89	47,35	29,45
50	26,19	51,26	30

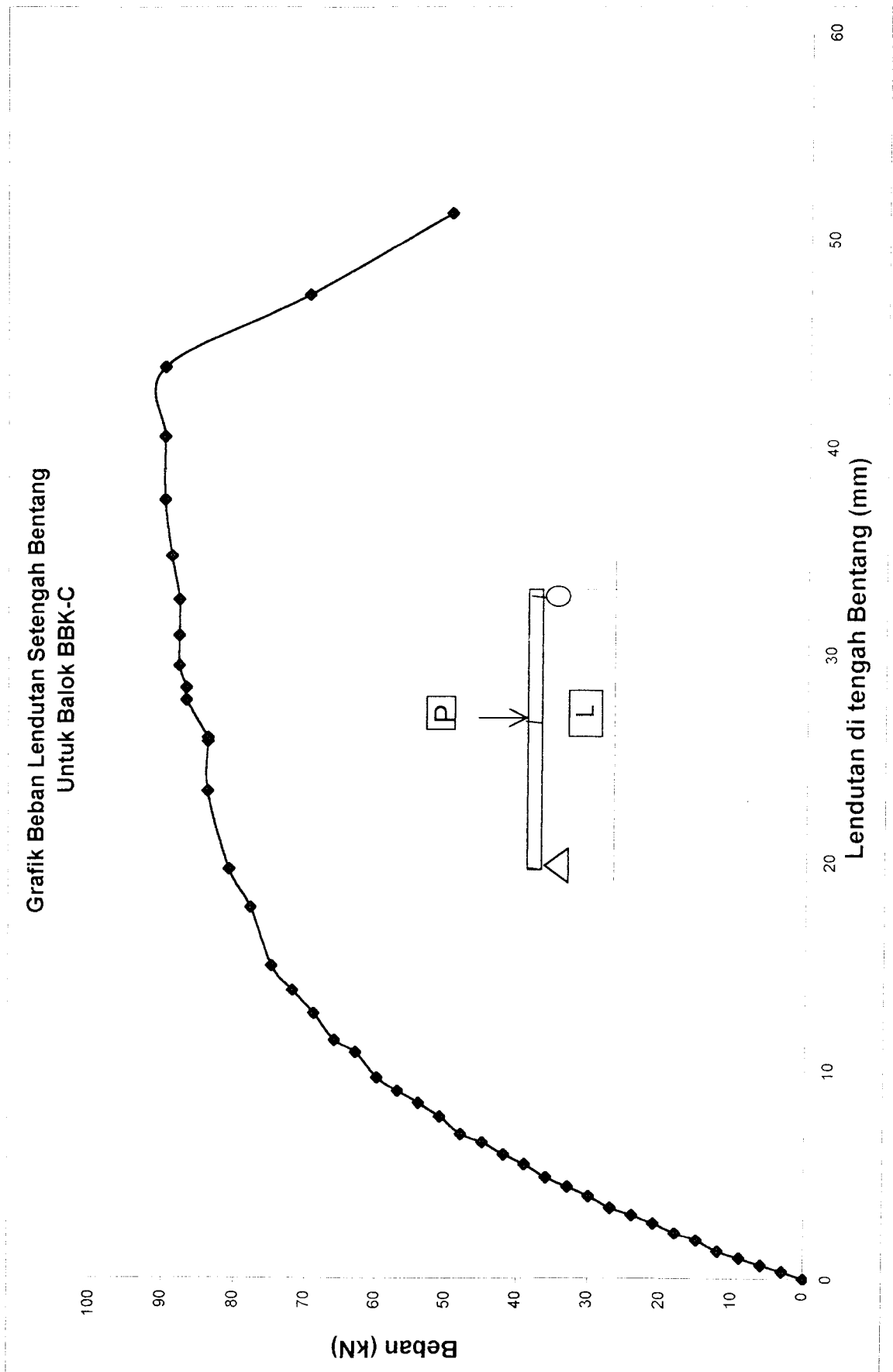
Tabel Data Beban-Lendutan Balok BBK-P1 & BBK-P2

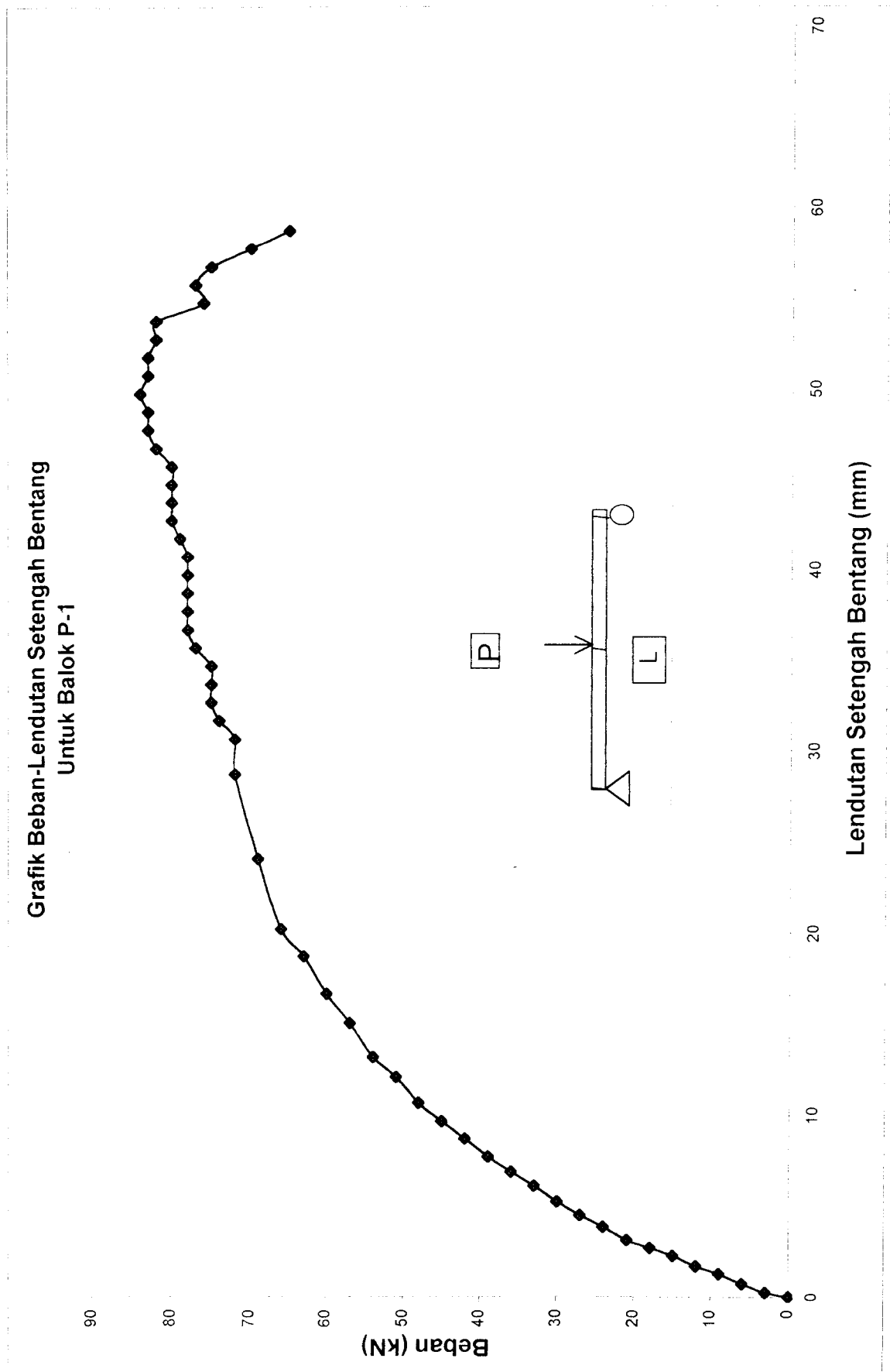
BBK- P1				BBK- P2			
Beban (P) (kN)	Defleksi ( $y_{i+1}$ ) (mm)	Defleksi ( $y_i$ ) (mm)	Defleksi ( $y_{i-1}$ ) (mm)	Beban (P) (kN)	Defleksi ( $y_{i+1}$ ) (mm)	Defleksi ( $y_i$ ) (mm)	Defleksi ( $y_{i-1}$ ) (mm)
0	0	0,06	0	0	0	0	0
3	0	0,26	0,25	3	0,39	0,44	0,1
6	0,05	0,72	0,65	6	0,8	0,9	0,63
9	0,55	1,26	1,11	9	1,36	1,46	1,4
12	0,94	1,68	1,45	12	2,18	2,27	1,65
15	1,45	2,24	1,95	15	2,99	3,06	2,1
18	1,85	2,67	2,35	18	3,39	3,55	2,62
21	2,24	3,1	2,75	21	4,04	4,18	3,75
24	2,91	3,86	3,2	24	5,35	5,52	4,6
27	3,51	4,48	3,99	27	6,25	6,5	5,45
30	4,19	5,24	4,65	30	7,15	7,45	6,35
33	4,94	6,09	5,41	33	8	8,4	7,4
36	5,69	6,88	6,15	36	9,15	9,65	8,5
39	6,43	7,7	6,92	39	10,35	10,05	9,13
42	7,38	8,7	7,82	42	11,1	11,85	10,35
45	8,25	9,65	8,65	45	12,6	13,85	11,27
48	9,19	10,68	9,55	48	13,8	14,65	12,35
51	10,55	12,1	10,8	51	15	16,05	13,5
54	11,55	13,2	11,7	54	16,2	17,28	14,9
57	13,33	15,05	13,1	57	17,64	18,85	16,9
60	14	16,65	14,6	60	20	21,6	20,5
63	16,4	18,7	16,9	63	22,69	24,75	21,35
66	17,15	20,2	18,4	66	24,7	27,05	21,65
69	20,8	24,07	20,98	63	25,08	27,45	22,35
72	24,15	28,7	23,71	66	25,9	28,3	23,15
75	25,65	30,65	25,26	66	26,71	29,15	24,05
74	27,05	31,7	25,55	68	27,6	30,17	24,45
75	27,95	32,7	26,31	68	28	31,33	25,33
75	28,35	33,7	26,71	69	28,85	32,8	26,15
75	29,75	34,7	27,11	69	29,55	33,1	26,93
77	30,7	35,7	28,71	69	29,7	34,1	27,71
78	31,6	36,7	29,71	71	31,58	35,05	28,5
78	32,4	37,7	30,71	72	31,4	36,1	29,55
78	33,35	38,7	31,71	72	31,7	37,1	30,3
78	34,25	39,7	32,01	72	33,15	38,05	31,15
78	35,2	40,7	32,81	72	34,7	39,05	32,05
79	36,15	41,7	33,46	73	35,9	40,05	32,95
80	37,2	42,7	33,71	74	36,9	41,05	34,05
80	38,05	43,7	34,71	74	37,9	42,05	36,15
80	39,3	44,7	35,71	74	39	43,35	36,95
80	40,15	45,7	36,71	73	40	44,05	37,75
82	41,1	46,7	37,71	73	40,72	45,05	38,65
83	42,03	47,7	38,71	73	41	46,25	39,65
83	43,25	48,7	40,71	73	41,7	47,05	40,75
84	44,3	49,7	41,61	73	42,7	48,05	41,75
83	45,55	50,7	42,21	75	43,75	49,05	42,85
83	46,75	51,7	43,21	75	44,7	50,05	43,85
82	47,75	52,7	43,71	75	45,85	51,05	45,25
82	49,7	53,7	44,71	75	46,71	52,05	45,35
76	50,2	54,7	45,41	75	47,6	53,05	46,35
77	51,4	55,7	45,96	75	48,5	54,05	47,35
75	52,95	56,7	46,94	72	48,9	55,05	48,35
70	54,15	57,7	48,33	70	49,7	56,05	49,35
65	55,4	58,7	49,61	65	50,95	57,05	50,35

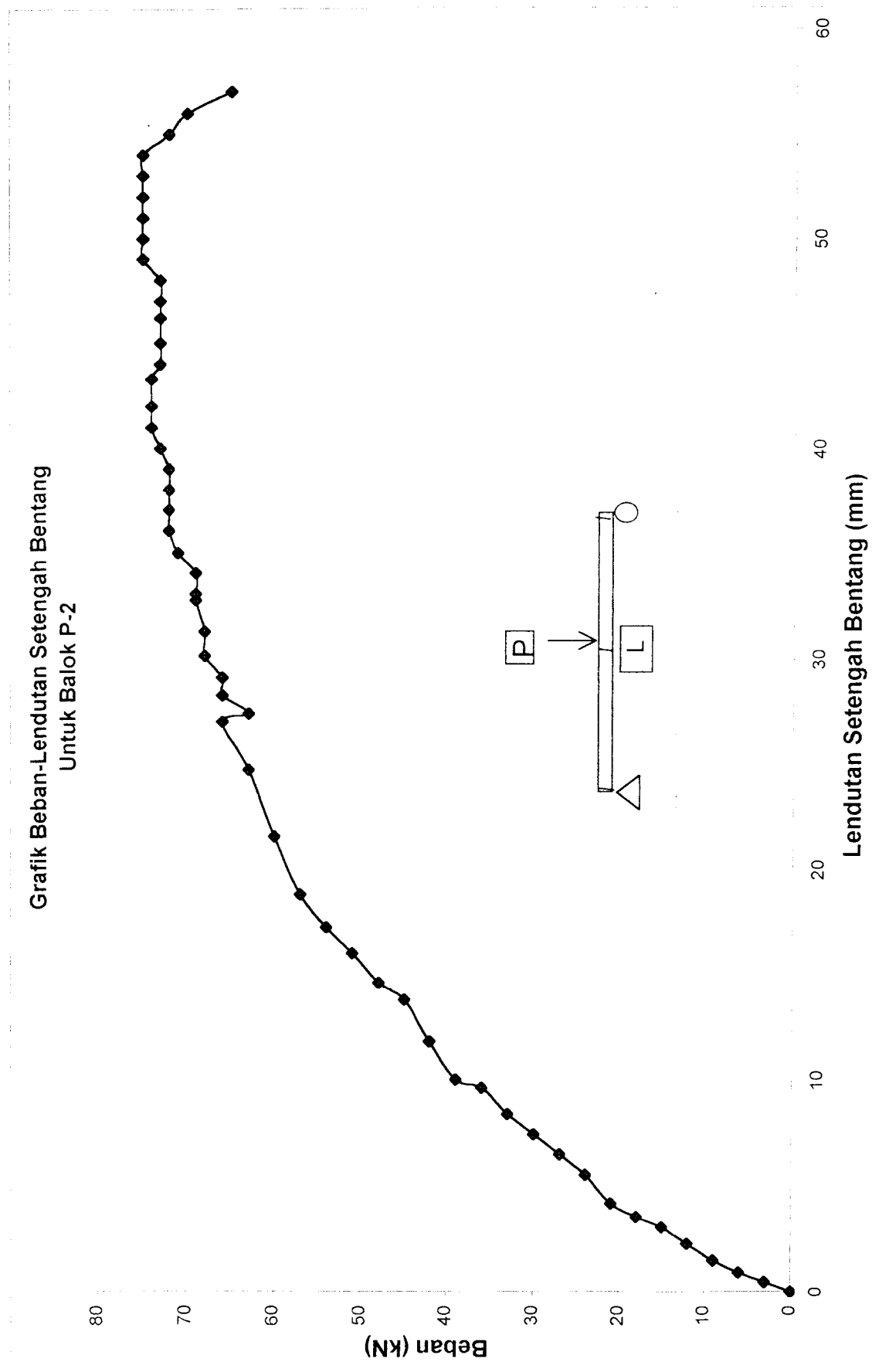


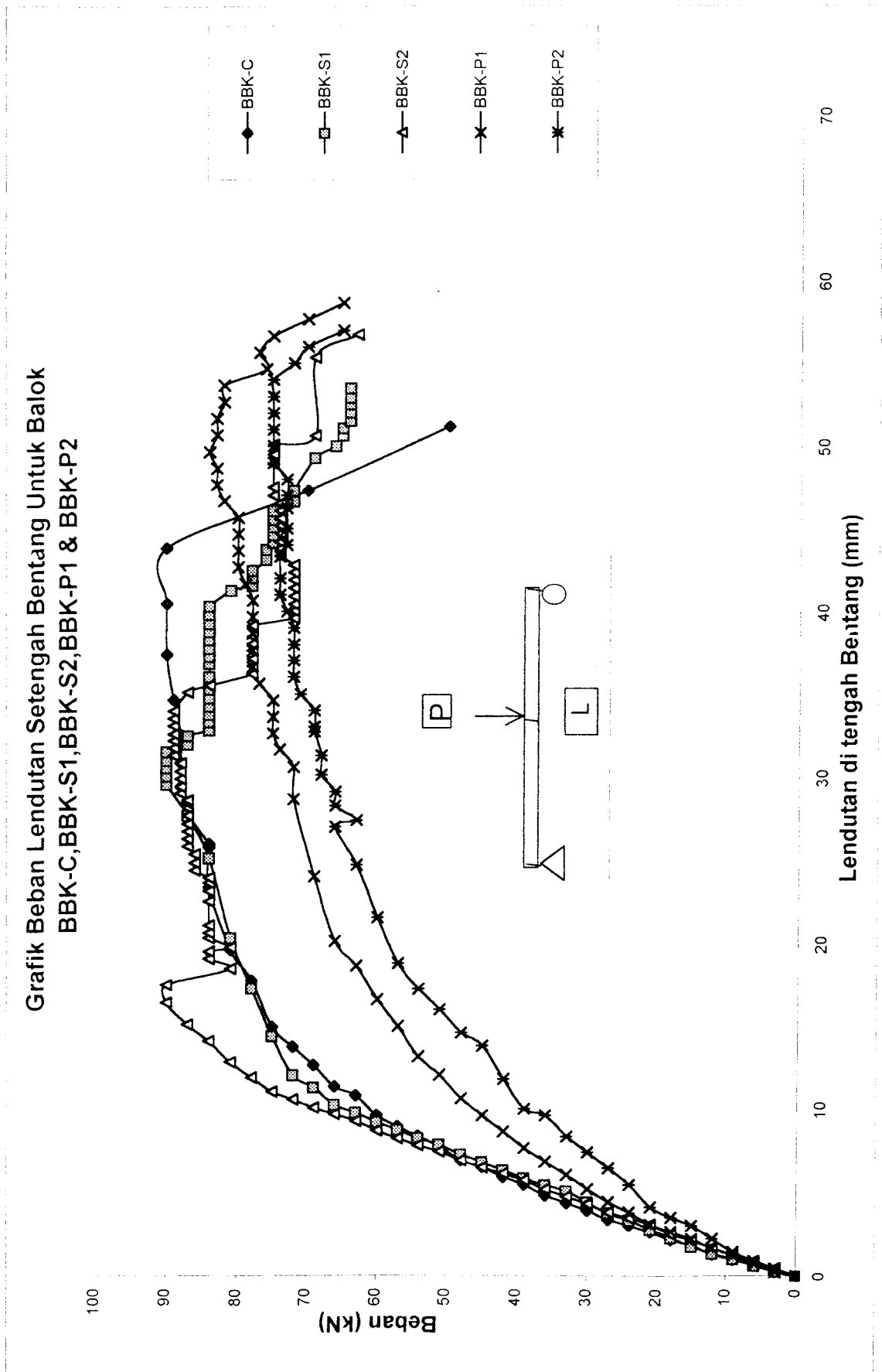












Lampiran VIII. Data Tes Lentur Benda Uji Balok T  
Komposit Baja-Beton

VIII-11

Data momen (M) dan kelengkungan ( $\Phi$ ) untuk BBK-S1

Beban (P) (kN)	Defleksi ( $y_{i-1}$ ) ( $10^{-5}$ m)	Defleksi ( $y_i$ ) ( $10^{-5}$ m)	Defleksi ( $y_{i+1}$ ) ( $10^{-5}$ m)	Momen (M) 1/6 PL kN m	Kelengkungan $\left[ \frac{y_{i+1} - 2y_i + y_{i-1}}{\Delta x^2} \right]$ $\Phi$ (1/m)
0	0	0	0	0	0
3	31	27	26	1,4	0,000138744
6	69	62	62	2,8	0,000323737
9	111	105	107	4,2	0,000369985
12	141	136	139	5,6	0,000369985
15	182	179	186	7	0,000462481
18	228	230	228	8,4	0,000184992
21	268	280	270	9,8	0,001017459
24	315	337	326	11,2	0,001526188
27	356	381	364	12,6	0,001942421
30	411	445	415	14	0,00295988
33	449	512	455	15,4	0,005549775
36	484	546	489	16,8	0,005503526
39	534	588	536	18,2	0,004902301
42	572	636	573	19,6	0,005873511
45	624	685	627	21	0,005503526
48	662	730	663	22,4	0,006243496
51	719	790	724	23,8	0,006335993
54	756	830	761	25,2	0,006613481
57	808	880	806	26,6	0,006752226
60	858	925	869	28	0,005688519
63	915	984	916	29,4	0,006335993
66	974	1030	986	30,8	0,004624812
69	1082	1135	1079	32,2	0,005041045
72	1205	1259	1204	33,6	0,005041045
75	1270	1315	1274	35	0,003977338
78	1325	1430	1327	36,4	0,009619609
81	1468	1536	1470	37,8	0,006197248
84	1620	1716	1623	39,2	0,008740895
87	1675	1970	1678	40,6	0,027147647
90	1820	2160	1823	42	0,031309978
90	1860	2210	1863	42	0,03223494
90	1910	2260	1913	42	0,03223494
90	1957	2305	1960	42	0,032049948
90	2010	2355	2013	42	0,031772459
87	2057	2402	2060	40,6	0,031772459
87	2110	2455	2113	40,6	0,031772459
84	2157	2490	2160	39,2	0,030662504
84	2185	2540	2188	39,2	0,032697422
84	2240	2585	2243	39,2	0,031772459
84	2290	2635	2293	39,2	0,031772459
84	2325	2685	2328	39,2	0,033159903
84	2365	2735	2368	39,2	0,034084865
84	2404	2780	2407	39,2	0,034639843
84	2431	2810	2434	39,2	0,034917331
84	2465	2890	2468	39,2	0,039172159
84	2605	2935	2608	39,2	0,030385016
84	2650	2982	2653	39,2	0,030570008
84	2730	3035	2733	39,2	0,02807261
84	2800	3080	2803	39,2	0,025760203
84	2865	3130	2868	39,2	0,02437276
84	2905	3185	2908	39,2	0,025760203
84	2920	3235	2923	39,2	0,028997572
81	2977	3330	2980	37,8	0,032512429

Lampiran VIII. Data Tes Lentur Benda Uji Balok T  
Komposit Baja-Beton

VIII-12

Lanjutan.....

78	3005	3360	3008	36,4	0,032697422
78	3035	3410	3038	36,4	0,034547347
78	3050	3450	3053	36,4	0,036659753
76	3060	3515	3063	35,46666667	0,041947046
76	3120	3578	3123	35,46666667	0,042224535
75	3153	3620	3156	35	0,043057001
75	3175	3665	3178	35	0,045184414
75	3214	3715	3217	35	0,046201873
75	3295	3760	3298	35	0,042872008
75	3310	3810	3313	35	0,046109377
72	3345	3868	3348	33,6	0,04823679
72	3353	3935	3356	33,6	0,053694069
69	3375	4135	3378	32,2	0,0701584
66	3410	4205	3413	30,8	0,073395768
65	3443	4270	3446	30,33333333	0,076355648
65	3474	4315	3477	30,33333333	0,077650595
64	3497	4360	3500	29,86666667	0,079685513
64	3528	4410	3531	29,86666667	0,081442941
64	3575	4460	3578	29,86666667	0,08172043
64	3598	4500	3601	29,86666667	0,083292866
64	3651	4555	3654	29,86666667	0,083477859

Data momen (M) dan kelengkungan ( $\Phi$ ) untuk BBK-S2

Beban (P) (kN)	Defleksi ( $y_{i-1}$ ) ( $10^{-5}$ m)	Defleksi ( $y_i$ ) ( $10^{-5}$ m)	Defleksi ( $y_{i+1}$ ) ( $10^{-5}$ m)	Momen (M) 1/6 PL kN m	Kelengkungan $\left[ \frac{y_{i+1} - 2y_i + y_{i-1}}{\Delta x^2} \right]$ $\Phi$ (1/m)
0	0	0	0	0	0
3	44	48	40	1,4	0,000554977
6	84	91	79	2,8	0,000878714
9	120	130	112	4,2	0,001294947
12	156	172	148	5,6	0,001849925
15	190	217	188	7	0,002589895
18	223	252	218	8,4	0,002913632
21	269	312	270	9,8	0,00393109
24	306	350	303	11,2	0,004208579
27	338	384	332	12,6	0,004532316
30	372	434	375	14	0,005596023
33	415	476	412	15,4	0,005781015
36	462	522	452	16,8	0,006012256
39	500	576	496	18,2	0,007214707
42	543	617	533	19,6	0,007307203
45	576	654	565	21	0,007723436
48	608	695	602	22,4	0,008324662
51	651	748	648	23,8	0,00911088
54	692	785	682	25,2	0,009064632
57	720	826	717	26,6	0,009943346
60	763	874	758	28	0,010498324
63	815	931	810	29,4	0,010960805
66	850	974	847	30,8	0,011608278
69	889	1012	882	32,2	0,011700775
72	935	1062	925	33,6	0,012209504
75	970	1110	968	35	0,01304197
78	1046	1195	1040	36,4	0,014059429
81	1126	1286	1118	37,8	0,015169384
84	1149	1412	1143	39,2	0,024604
87	1298	1512	1295	40,6	0,01993294

Lampiran VIII. Data Tes Lentur Benda Uji Balok T  
Komposit Baja-Beton

VIII-13

Lanjutan.....

90	1443	1645	1439	42	0,018869233
90	1589	1750	1585	42	0,015076888
81	1625	1850	1622	37,8	0,020950399
84	1658	1910	1654	39,2	0,023494046
84	1703	1955	1706	39,2	0,023170309
81	1732	1980	1726	37,8	0,023216557
84	1760	2035	1755	39,2	0,025667707
84	1779	2065	1786	39,2	0,026130188
84	1820	2110	1817	39,2	0,026962655
84	1845	2254	1843	39,2	0,037923459
84	1876	2316	1874	39,2	0,040790843
84	1912	2367	1906	39,2	0,042363279
84	1942	2395	1936	39,2	0,042178287
86	1971	2441	1968	40,13333333	0,043611978
86	1996	2485	1999	40,13333333	0,045091918
86	2028	2537	2029	40,13333333	0,047034339
87	2063	2585	2059	40,6	0,048468031
87	2099	2630	2092	40,6	0,049439242
87	2123	2675	2122	40,6	0,051104174
87	2162	2720	2154	40,6	0,051982888
87	2246	2770	2256	40,6	0,048930512
87	2290	2819	2286	40,6	0,049115505
87	2300	2845	2296	40,6	0,050595445
87	2328	2854	2324	40,6	0,048838016
87	2358	2864	2354	40,6	0,046988091
88	2390	2905	2386	41,06666667	0,047820557
88	2422	2946	2418	41,06666667	0,048653023
88	2453	2993	2449	41,06666667	0,050132963
88	2485	3037	2481	41,06666667	0,051242918
88	2515	3087	2511	41,06666667	0,053092843
89	2543	3134	2539	41,53333333	0,054850272
89	2573	3179	2569	41,53333333	0,056237715
89	2602	3224	2598	41,53333333	0,057717655
89	2635	3266	2631	41,53333333	0,058550121
89	2695	3314	2691	41,53333333	0,057440166
89	2724	3359	2720	41,53333333	0,058920106
89	2754	3405	2750	41,53333333	0,060400046
87	2788	3515	2784	40,6	0,067429761
84	2814	3559	2810	39,2	0,069094693
78	2845	3629	2841	36,4	0,072702046
78	2872	3674	2868	36,4	0,074366979
78	2901	3719	2897	36,4	0,075846919
78	2932	3769	2928	36,4	0,077604347
78	2959	3809	2955	36,4	0,078806798
78	2985	3854	2981	36,4	0,080564227
78	3014	3919	3010	36,4	0,083894092
72	3045	3964	3041	33,6	0,085189039
72	3078	4007	3074	33,6	0,086114002
72	3110	4047	3106	33,6	0,086853972
72	3140	4094	3136	33,6	0,088426408
72	3170	4144	3166	33,6	0,090276333
72	3201	4194	3197	33,6	0,092033761
72	3234	4239	3230	33,6	0,093143716
72	3260	4284	3256	33,6	0,094901145
74	3292	4339	3288	34,53333333	0,097028558
74	3322	4384	3318	34,53333333	0,098416002
74	3352	4423	3348	34,53333333	0,099248468
74	3382	4474	3378	34,53333333	0,101190889
74	3410	4521	3406	34,53333333	0,102948318

Lampiran VIII. Data Tes Lentur Benda Uji Balok T  
Komposit Baja-Beton

VIII-14

Lanjutan.....

74	3442	4564	3438	34,53333333	0,103965776
74	3472	4611	3468	34,53333333	0,105538213
74	3505	4659	3501	34,53333333	0,106925656
75	3539	4704	3535	35	0,107943115
75	3568	4754	3564	35	0,109885536
75	3609	4897	3605	35	0,119320153
75	3630	4954	3626	35	0,122650017
75	3663	5014	3659	35	0,125147416
69	3703	5069	3699	32,2	0,12653486
69	3752	5539	3748	32,2	0,165475778
63	3813	5679	3809	29,4	0,172782981

Data momen (M) dan kelengkungan ( $\Phi$ ) untuk BBK-C

Beban (P) (kN)	Defleksi ( $y_{i+1}$ ) ( $10^{-3}$ m)	Defleksi ( $y_i$ ) ( $10^{-3}$ m)	Defleksi ( $y_{i-1}$ ) ( $10^{-3}$ m)	Momen (M) 1/6 PL kN m	Kelengkungan $\left[ \frac{y_{i+1} - 2y_i + y_{i-1}}{\Delta x^2} \right]$ $\Phi$ (1/m)
0	0	0	0	0	0
3	33	35	34	1,4	0,000138744
6	65	66	60	2,8	0,000323737
9	97	100	91	4,2	0,000554977
12	127	131	119	5,6	0,00073997
15	172	184	161	7	0,001618684
18	202	219	191	8,4	0,002081165
21	245	265	236	9,8	0,002266158
24	279	305	275	11,2	0,002589895
27	309	339	306	12,6	0,002913632
30	358	395	356	14	0,003514857
33	402	440	404	15,4	0,003422361
36	440	484	442	16,8	0,003977338
39	495	548	500	18,2	0,00467106
42	539	595	540	19,6	0,005133541
45	585	655	598	21	0,005873511
48	634	695	644	22,4	0,00517979
51	704	778	727	23,8	0,005781015
54	765	843	800	25,2	0,005596023
57	816	900	860	26,6	0,005734767
60	878	965	935	28	0,00541103
63	962	1085	1035	29,4	0,008000925
66	1000	1140	1135	30,8	0,006705978
69	1120	1270	1255	32,2	0,00763094
72	1220	1380	1370	33,6	0,007862181
75	1375	1500	1585	35	0,001849925
78	1529	1780	1760	36,4	0,012533241
81	1790	1965	1065	37,8	0,008093421
84	1909	2340	2210	39,2	0,025945196
84	2101	2580	2320	39,2	0,034177362
84	2145	2600	2480	39,2	0,02659267
87	2210	2780	2570	40,6	0,036073535
87	2269	2840	2650	40,6	0,03519482
88	2331	2945	2700	41,06666667	0,039727136
88	2371	3090	2735	41,06666667	0,049670482
88	2411	3261	2760	41,06666667	0,062481212
89	2448	3472	2785	41,53333333	0,079130535
90	2479	3745	2835	42	0,100635912
90	2518	4050	2865	42	0,125656145
90	2554	4385	2910	42	0,152896289
70	2589	4735	2945	32,66666667	0,182032605
50	2619	5126	3000	23,33333333	0,214267545



Data momen (M) dan kelengkungan ( $\Phi$ ) untuk BBK-P1

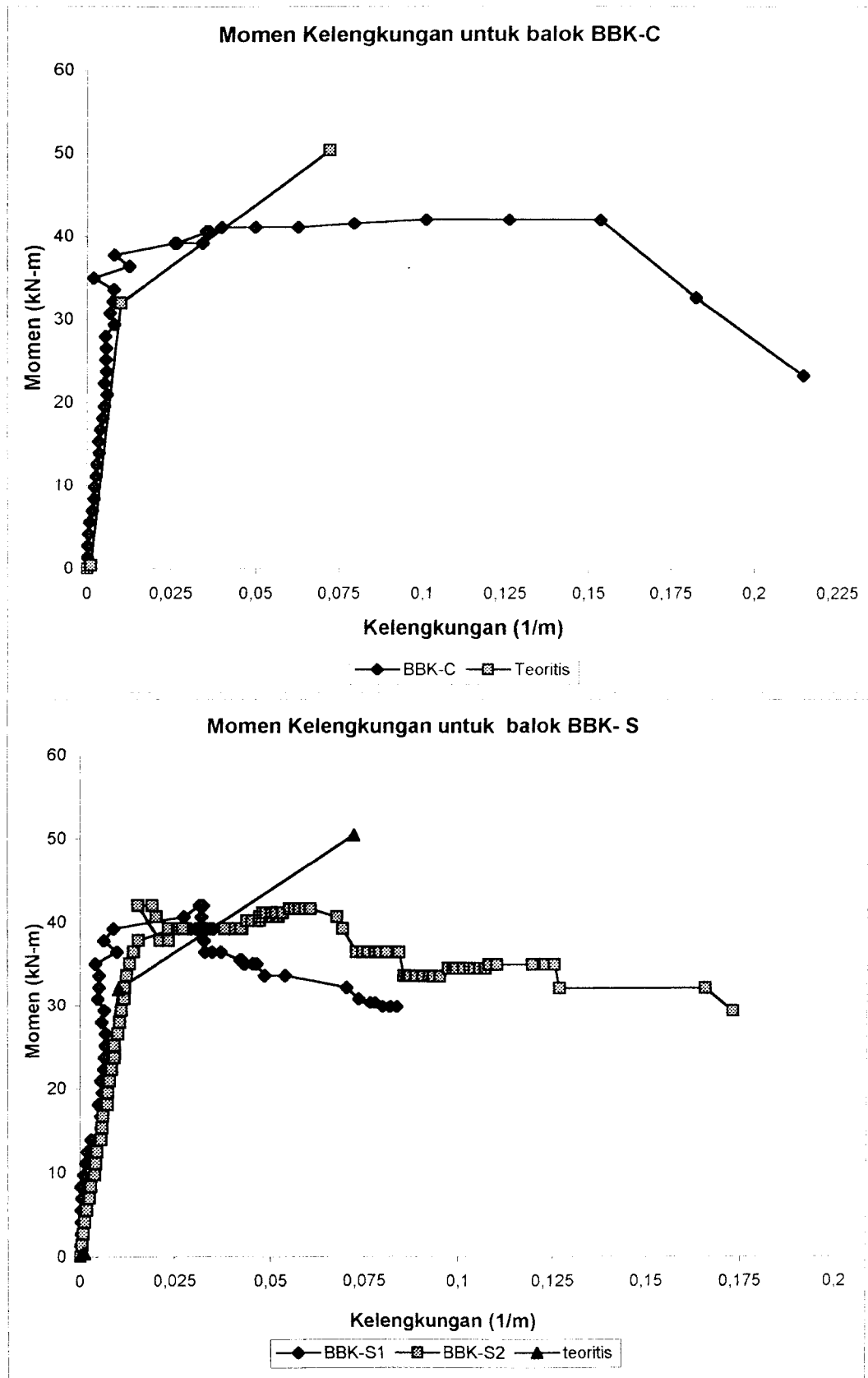
Beban (P) (kN)	Defleksi ( $y_H$ ) ( $10^{-3}$ m)	Defleksi ( $y_i$ ) ( $10^{-3}$ m)	Defleksi ( $y_{i+1}$ ) ( $10^{-3}$ m)	Momen (M) 1/6 PL kN m	Kelengkungan $\left[ \frac{y_{i+1} - 2y_i + y_{i-1}}{\Delta x^2} \right]$ $\Phi$ (1/m)
0	0	0	0	0	0
3	0	26	25	1,4	0,001248699
6	5	72	65	2,8	0,003422361
9	55	126	111	4,2	0,003977338
12	94	168	145	5,6	0,004486068
15	145	224	195	7	0,004994797
18	185	267	235	8,4	0,005272286
21	224	310	275	9,8	0,005596023
24	291	386	320	11,2	0,007445948
27	351	448	399	12,6	0,006752226
30	419	524	465	14	0,007584692
33	494	609	541	15,4	0,008463406
36	569	688	615	16,8	0,008879639
39	643	770	692	18,2	0,009480865
42	738	870	782	19,6	0,010174587
45	825	935	865	21	0,011099549
48	919	1068	955	22,4	0,012117008
51	1055	1210	1080	23,8	0,013180715
54	1155	1320	1170	25,2	0,014568158
57	1333	1505	1310	26,6	0,01697306
60	1400	1665	1460	28	0,021736617
63	1640	1870	1690	29,4	0,01896173
66	1715	2020	1840	30,8	0,022430339
69	2080	2407	2098	32,2	0,029413805
72	2415	2870	2371	33,6	0,044120708
75	2565	3065	2526	35	0,048051798
74	2705	3170	2555	34,53333333	0,049947971
75	2795	3270	2631	35	0,051520407
75	2835	3370	2671	35	0,057070182
75	2975	3470	2711	35	0,057995144
77	3070	3570	2871	35,93333333	0,055451497
78	3160	3670	2971	36,4	0,055913978
78	3240	3770	3071	36,4	0,056838941
78	3335	3870	3171	36,4	0,057070182
78	3425	3970	3201	36,4	0,060770031
78	3520	4070	3281	36,4	0,061926234
79	3615	4170	3346	36,86666667	0,063776159
80	3720	4270	3371	37,33333333	0,067013528
80	3805	4370	3471	37,33333333	0,067707249
80	3930	4470	3571	37,33333333	0,066551046
80	4015	4570	3671	37,33333333	0,067244768
82	4110	4670	3771	38,26666667	0,067476009
83	4203	4770	3871	38,73333333	0,067799746
83	4325	4870	4071	38,73333333	0,062157475
84	4430	4970	4161	39,2	0,062388715
83	4555	5070	4221	38,73333333	0,063082437
83	4675	5170	4321	38,73333333	0,062157475
82	4775	5270	4371	38,26666667	0,064469881
82	4970	5370	4471	38,26666667	0,060076309
76	5020	5470	4541	35,46666667	0,063776159
77	5140	5570	4596	35,93333333	0,064932362
75	5295	5670	4694	35	0,062481212
70	5415	5770	4833	32,66666667	0,059752573
65	5540	5870	4961	30,33333333	0,057301422

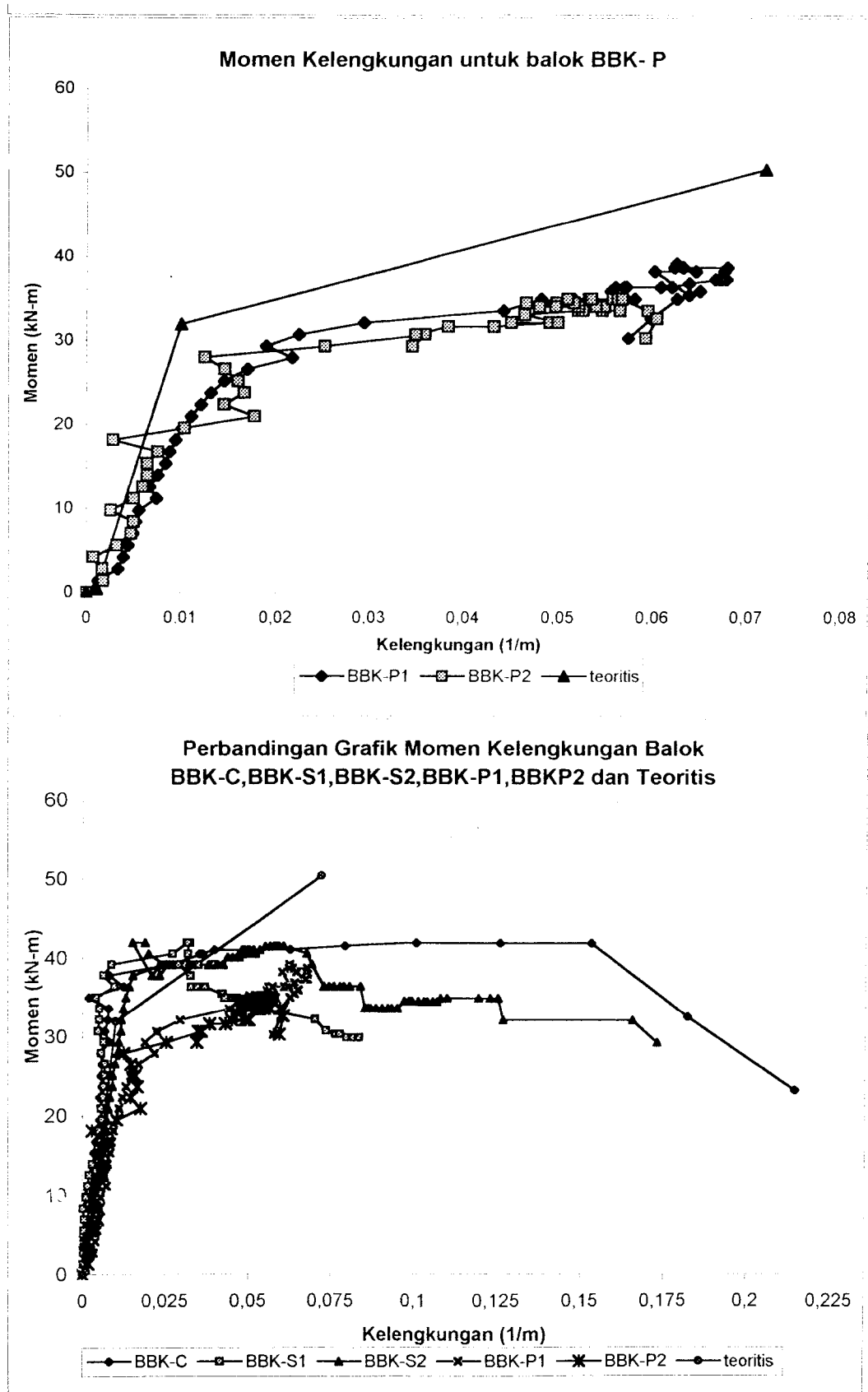
Lampiran VIII. Data Tes Lentur Benda Uji Balok T  
Komposit Baja-Beton

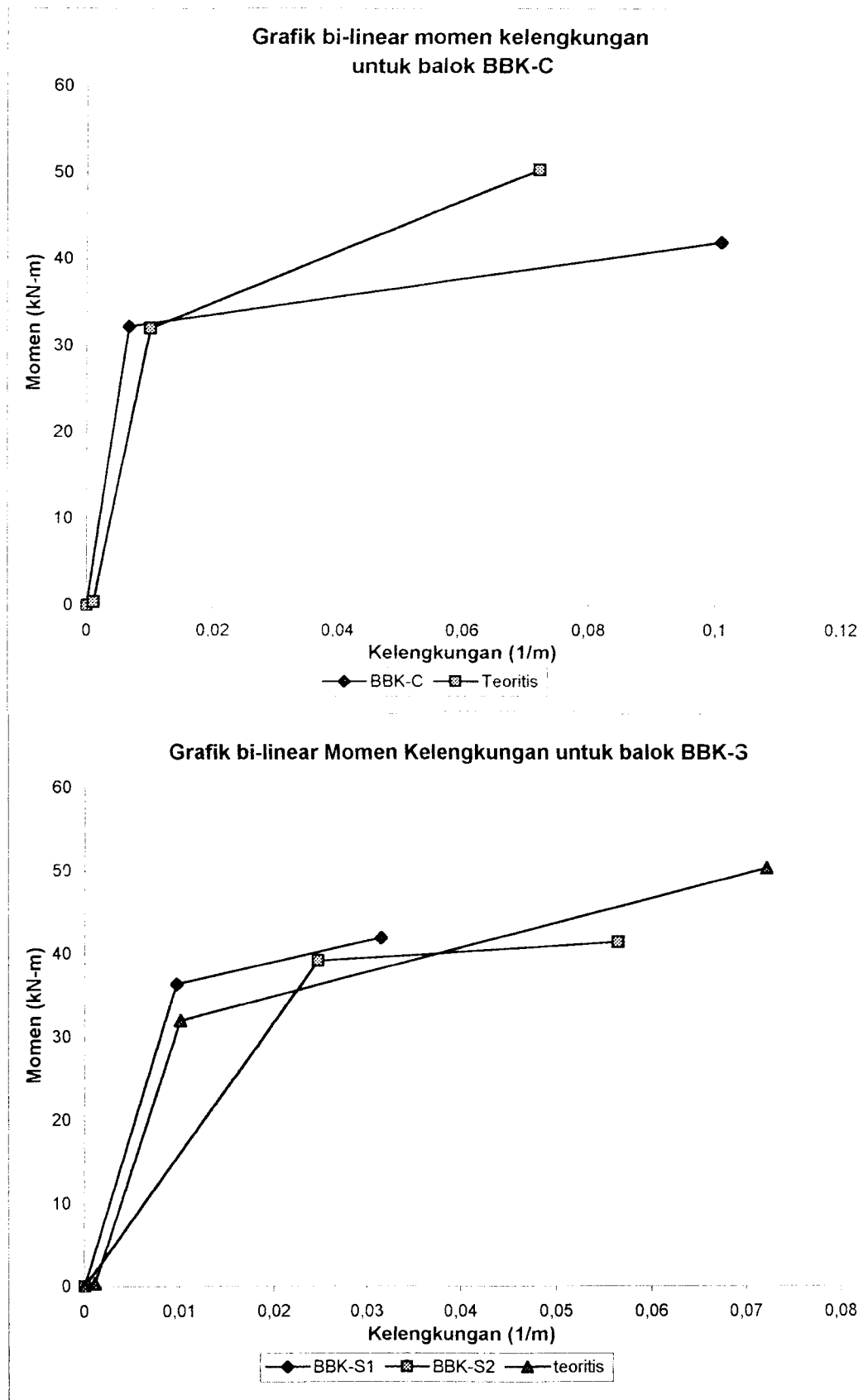
VIII-16

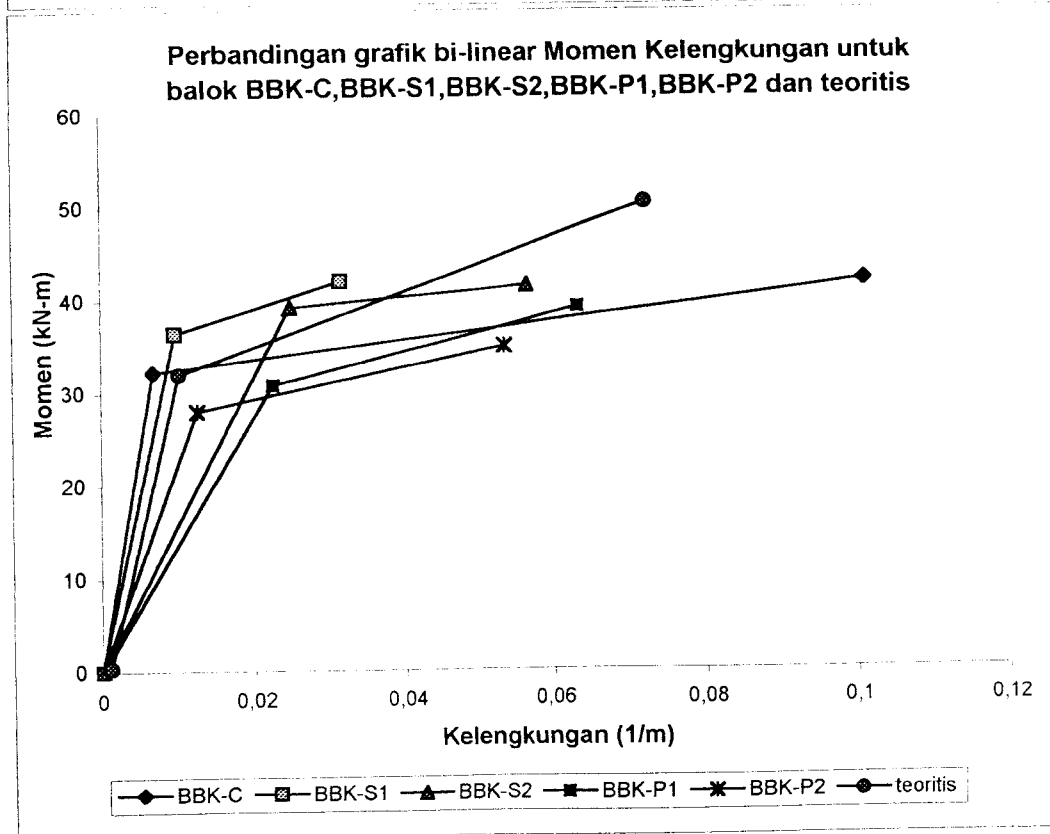
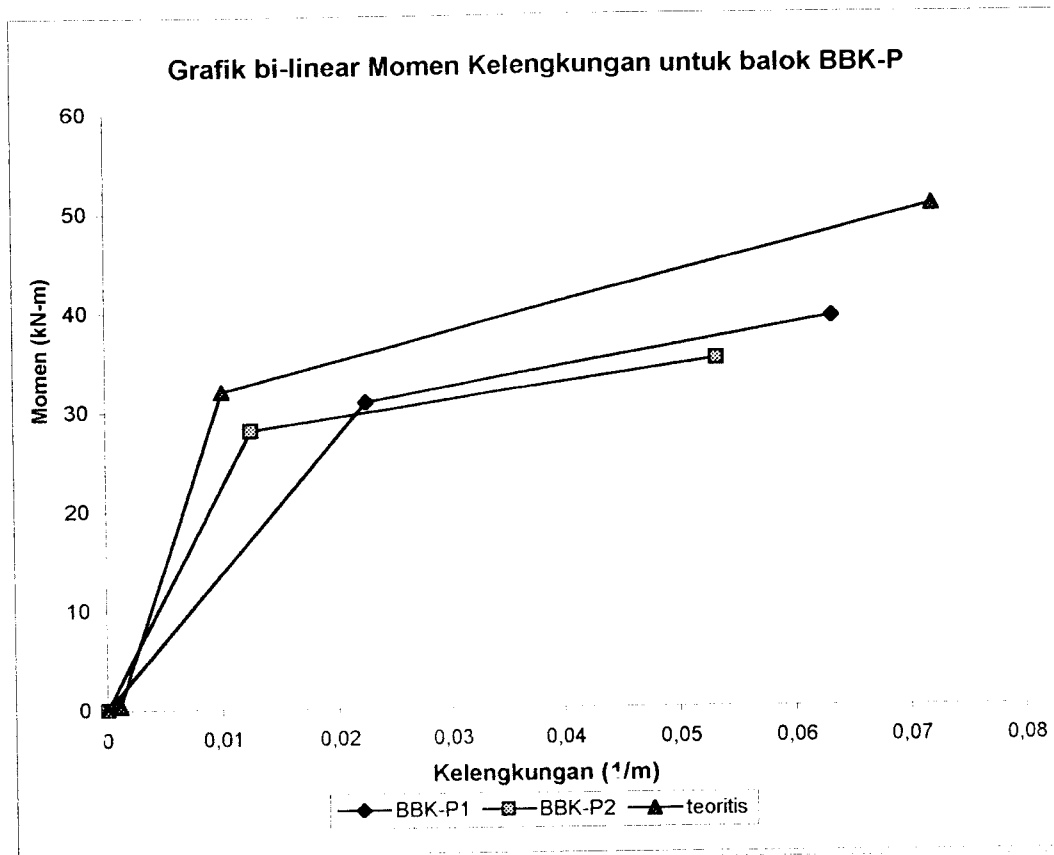
Data momen (M) dan kelengkungan ( $\Phi$ ) untuk BBK-P2

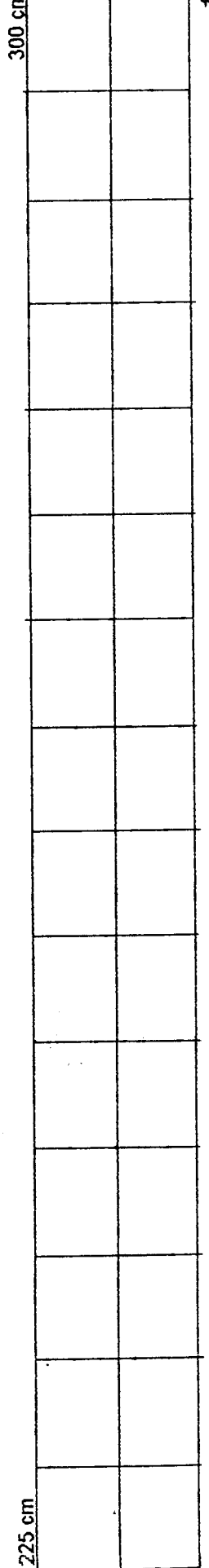
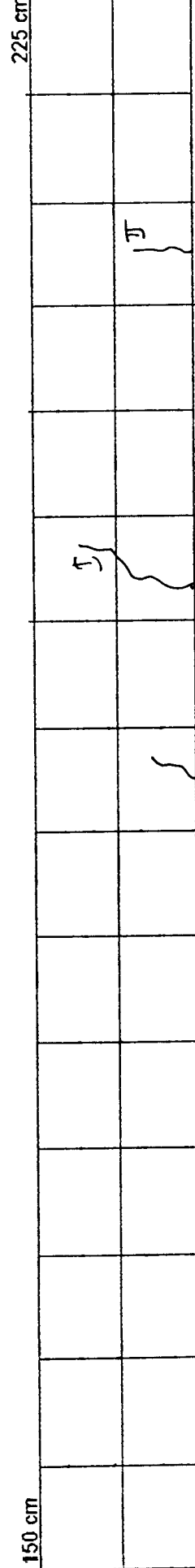
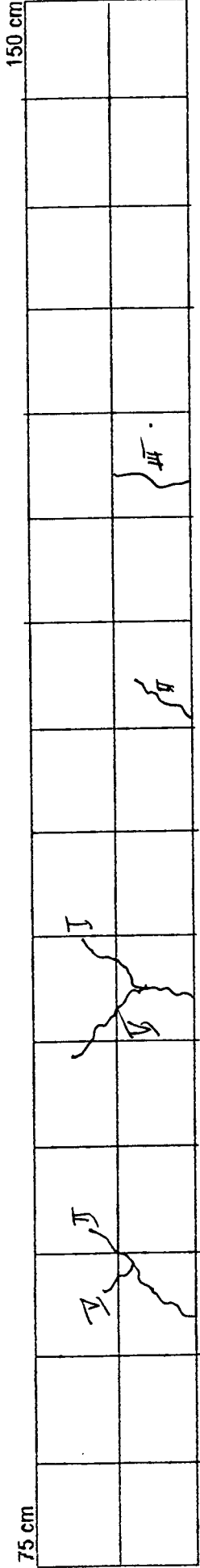
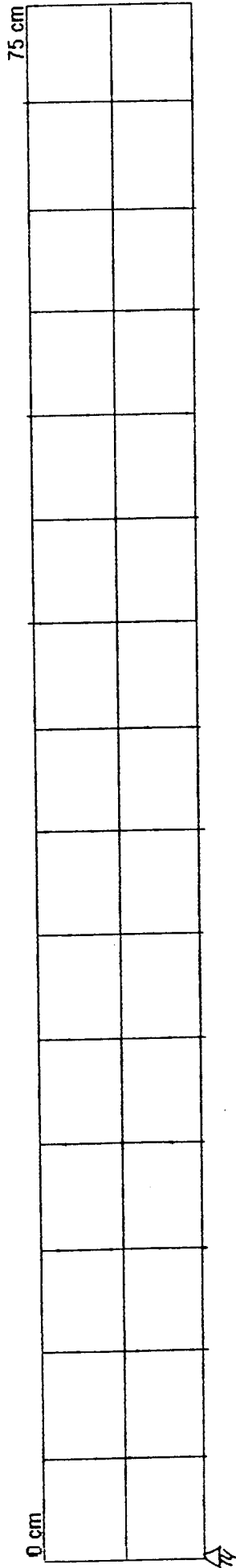
Beban (P) (kN)	Defleksi ( $y_{i-1}$ ) ( $10^{-5}$ m)	Defleksi ( $y_i$ ) ( $10^{-5}$ m)	Defleksi ( $y_{i+1}$ ) ( $10^{-5}$ m)	Momen (M) 1/6 PL kN m	Kelengkungan $\left[ \frac{y_{i+1} - 2y_i + y_{i-1}}{\Delta x^2} \right]$ $\Phi$ (1/m)
0	0	0	0	0	0
3	39	44	10	1,4	0,001803677
6	80	90	63	2,8	0,001711118
9	136	146	140	4,2	0,00073997
12	218	227	165	5,6	0,003283617
15	299	306	210	7	0,004763556
18	339	355	262	8,4	0,005041045
21	404	418	375	9,8	0,002636143
24	535	552	460	11,2	0,005041045
27	625	650	545	12,6	0,006012256
30	715	745	635	14	0,006474737
33	800	840	740	15,4	0,006474737
36	915	965	850	16,8	0,00763094
39	1035	1005	913	18,2	0,002867384
42	1110	1185	1035	19,6	0,010405827
45	1260	1385	1127	21	0,01771303
48	1380	1465	1235	22,4	0,014568158
51	1500	1605	1350	23,8	0,016649324
54	1620	1728	1490	25,2	0,01600185
57	1764	1885	1690	26,6	0,014614406
60	2000	2160	2050	28	0,012486993
63	2269	2475	2135	29,4	0,025251474
66	2470	2705	2165	30,8	0,035842294
63	2508	2745	2235	29,4	0,034547347
66	2590	2830	2315	30,8	0,034917331
66	2671	2915	2405	30,8	0,034871083
68	2760	3017	2445	31,73333333	0,038339692
68	2800	3133	2533	31,73333333	0,043149497
69	2885	3280	2615	32,2	0,049023008
69	2955	3310	2693	32,2	0,044953174
69	2970	3410	2771	32,2	0,049901723
71	3158	3505	2850	33,13333333	0,046340617
72	3140	3610	2955	33,6	0,052029136
72	3170	3710	3030	33,6	0,056422708
72	3315	3805	3115	33,6	0,054572783
72	3470	3905	3205	33,6	0,052491618
73	3590	4005	3295	34,06666667	0,052029136
74	3690	4105	3405	34,53333333	0,051566655
74	3790	4205	3615	34,53333333	0,046479362
74	3900	4335	3695	34,53333333	0,04971673
73	4000	4405	3775	34,06666667	0,047866805
73	4072	4505	3865	34,06666667	0,049624234
73	4100	4625	3965	34,06666667	0,054804024
73	4170	4705	4075	34,06666667	0,053879061
73	4270	4805	4175	34,06666667	0,053879061
75	4375	4905	4265	35	0,053185339
75	4470	5005	4385	35	0,05341658
75	4585	5105	4525	35	0,050872933
75	4671	5205	4535	35	0,055682738
75	4760	5305	4635	35	0,056191467
75	4850	5405	4735	35	0,056653948
72	4890	5505	4835	33,6	0,059428836
70	4970	5605	4935	32,66666667	0,060353798
65	5095	5705	5035	30,33333333	0,059197595



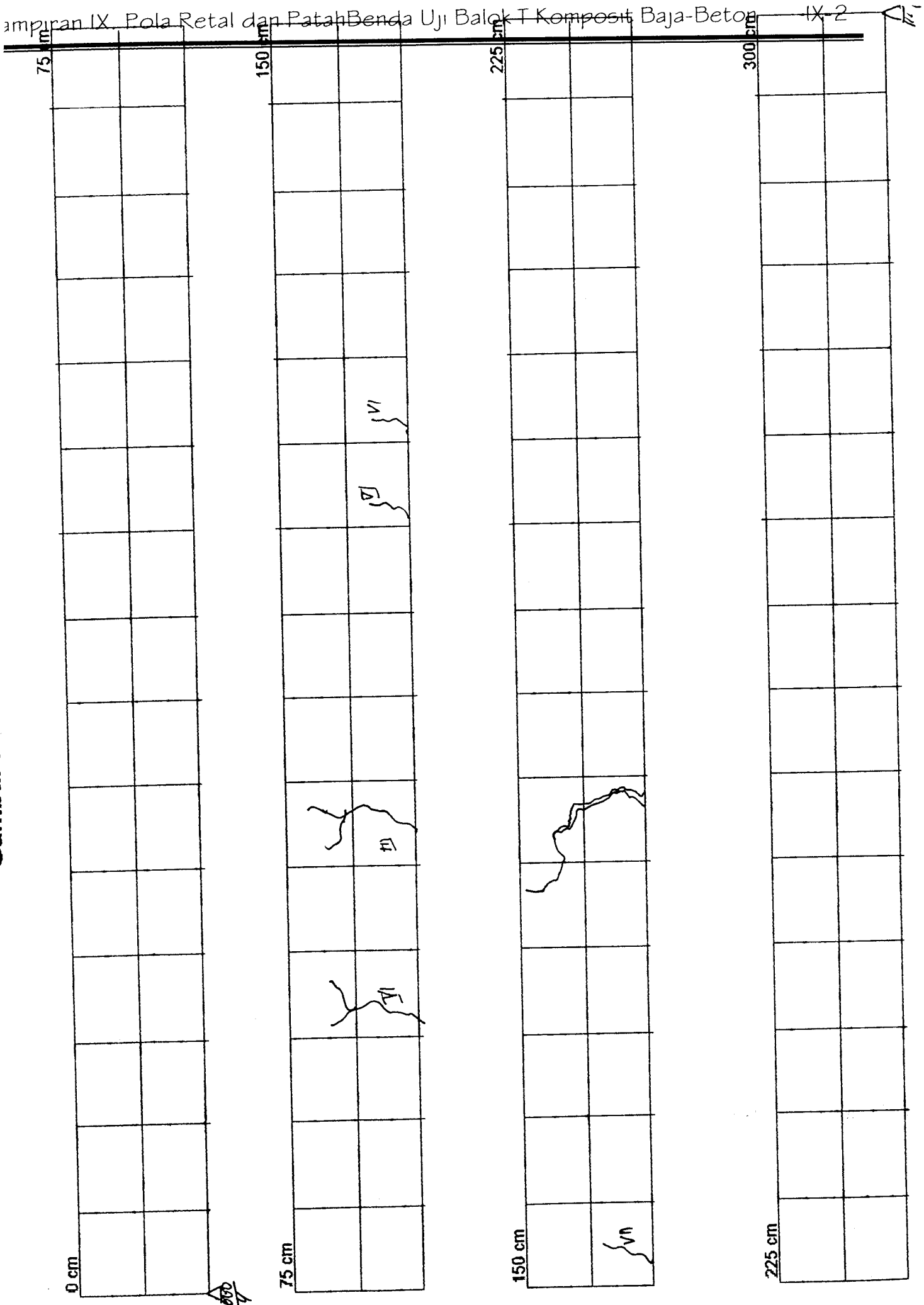






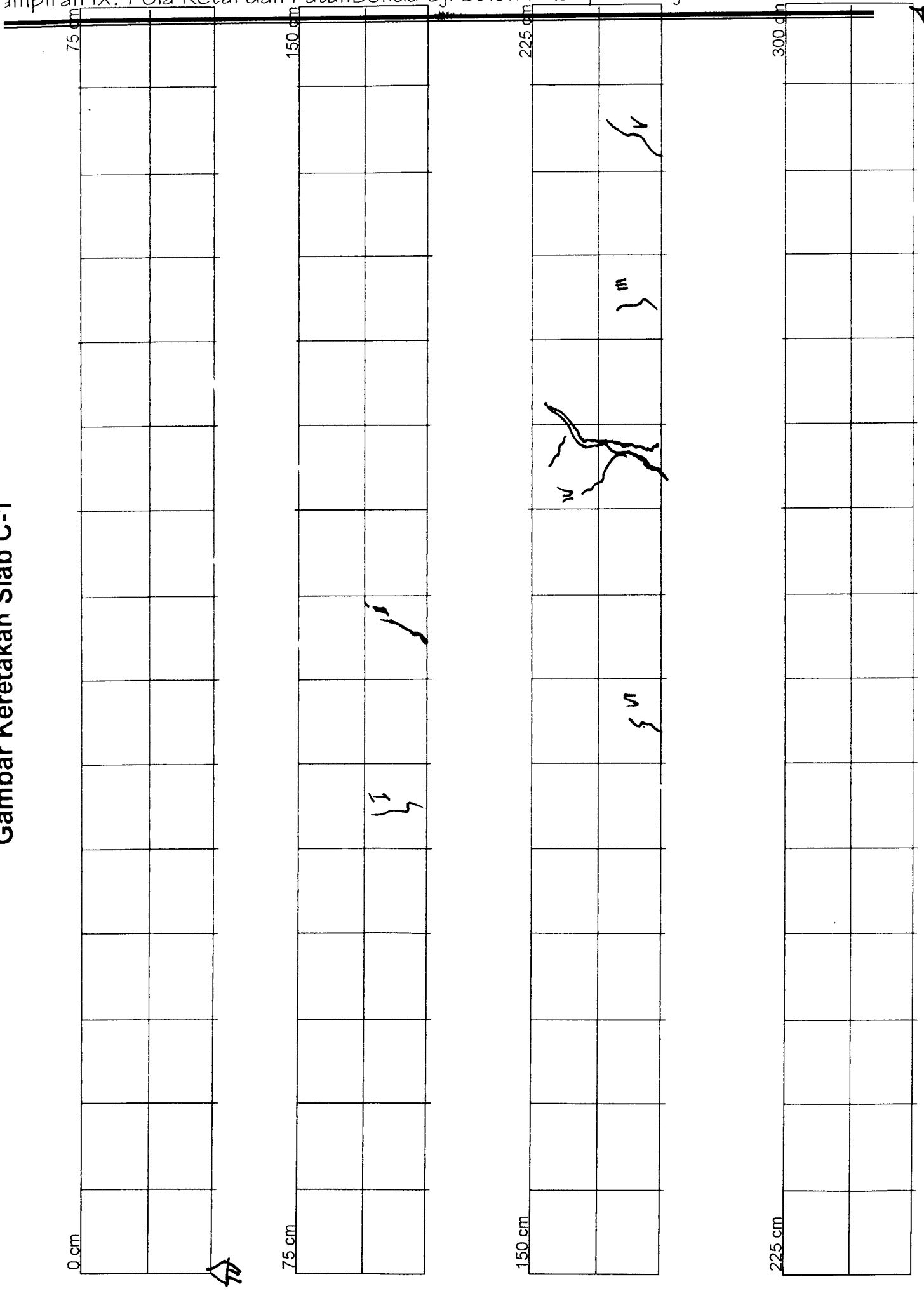


UJIAN

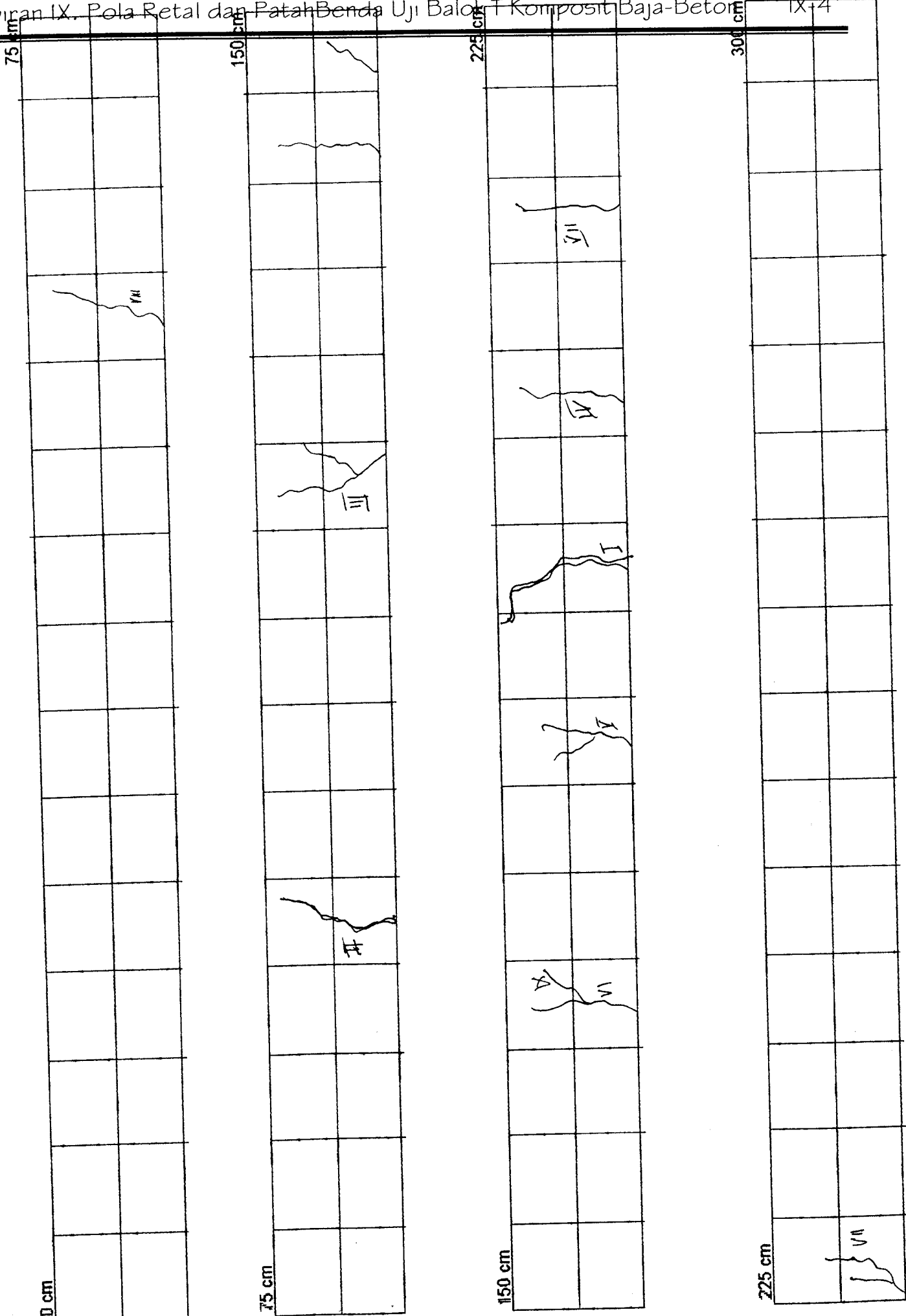




Gambar Keretakan Slab C-1



Gambar Keretakan dan Patah



ampiran IX. Pola Retak dan Patah Benda Uji Balok T Komposit Baja-Beton

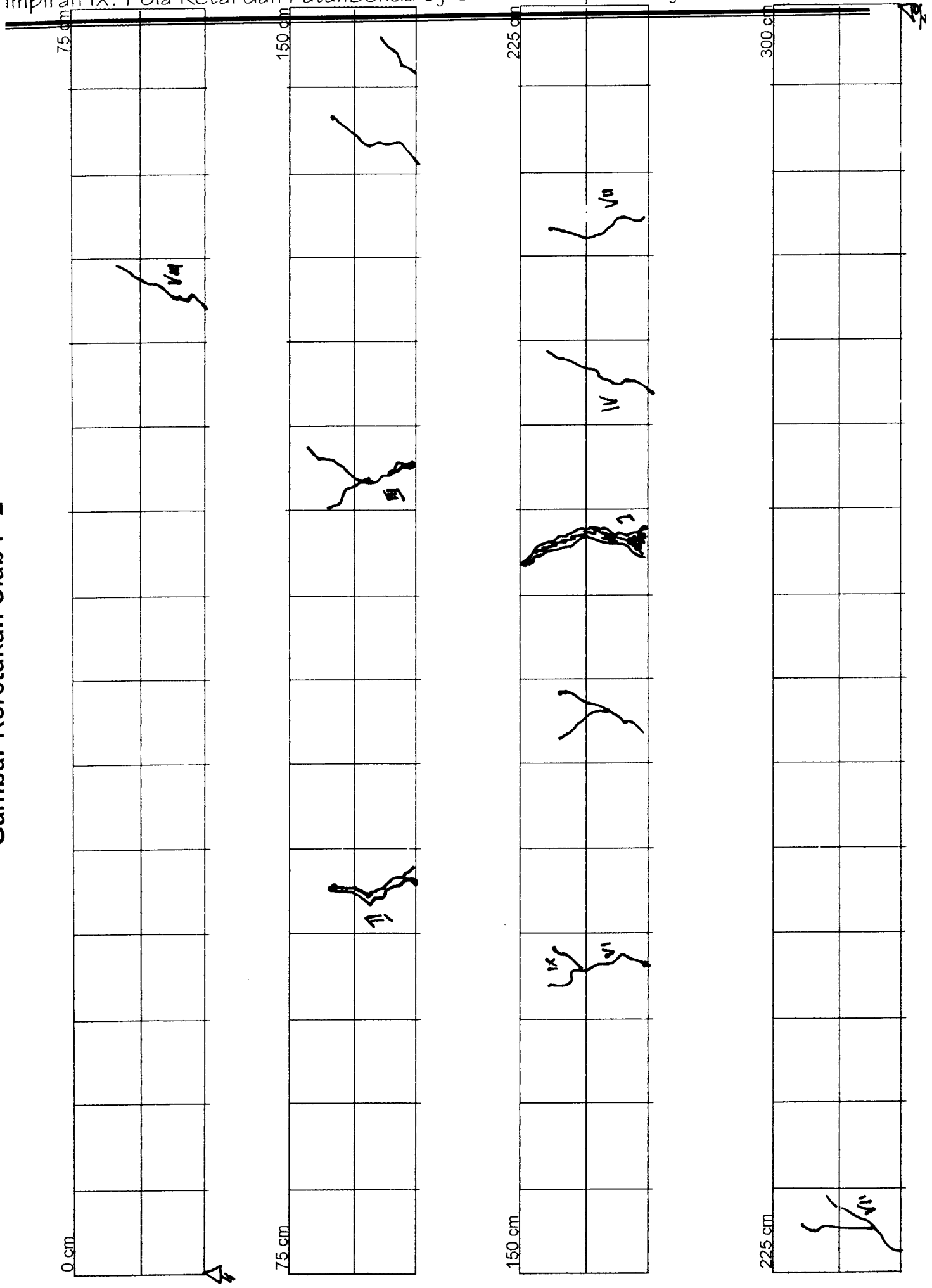
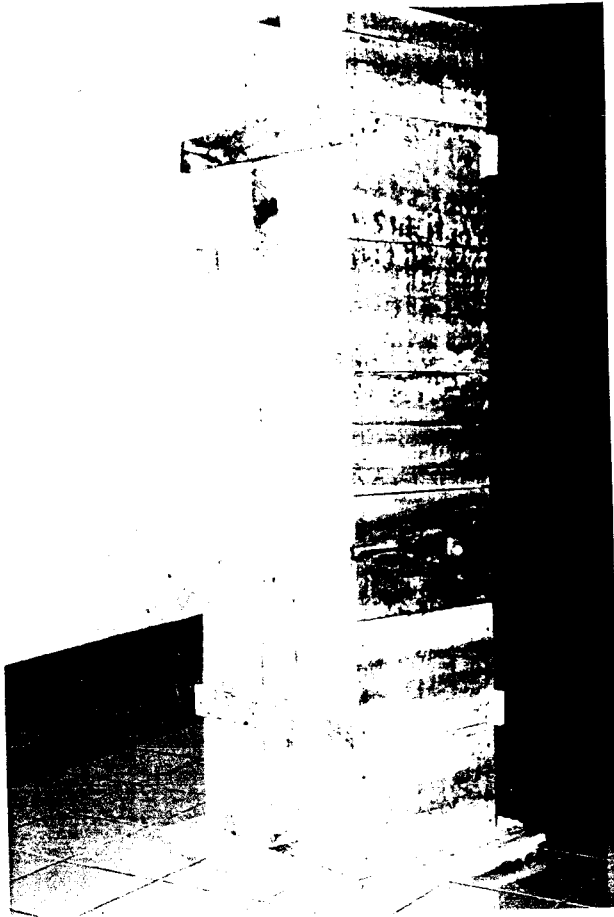
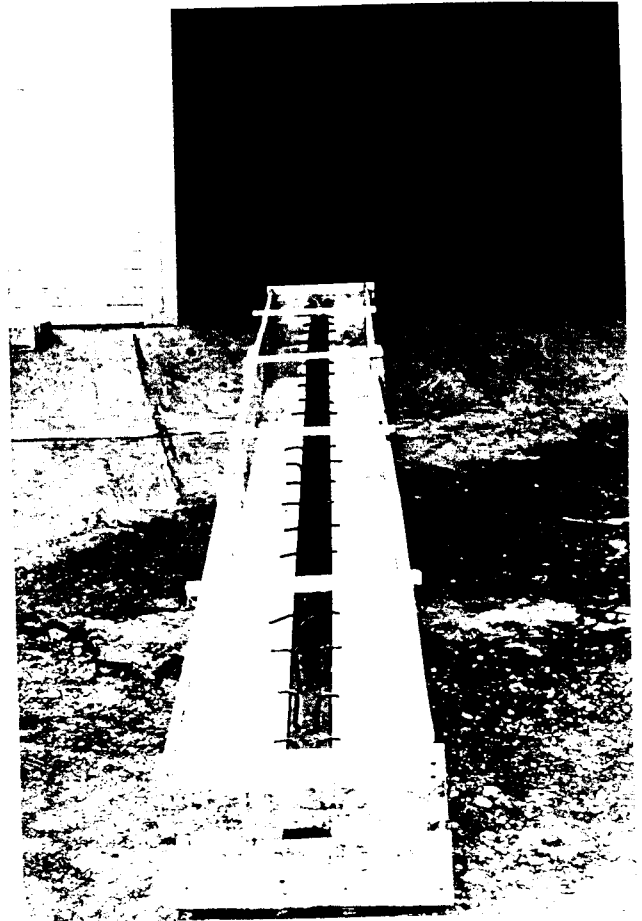


FOTO PENELITIAN



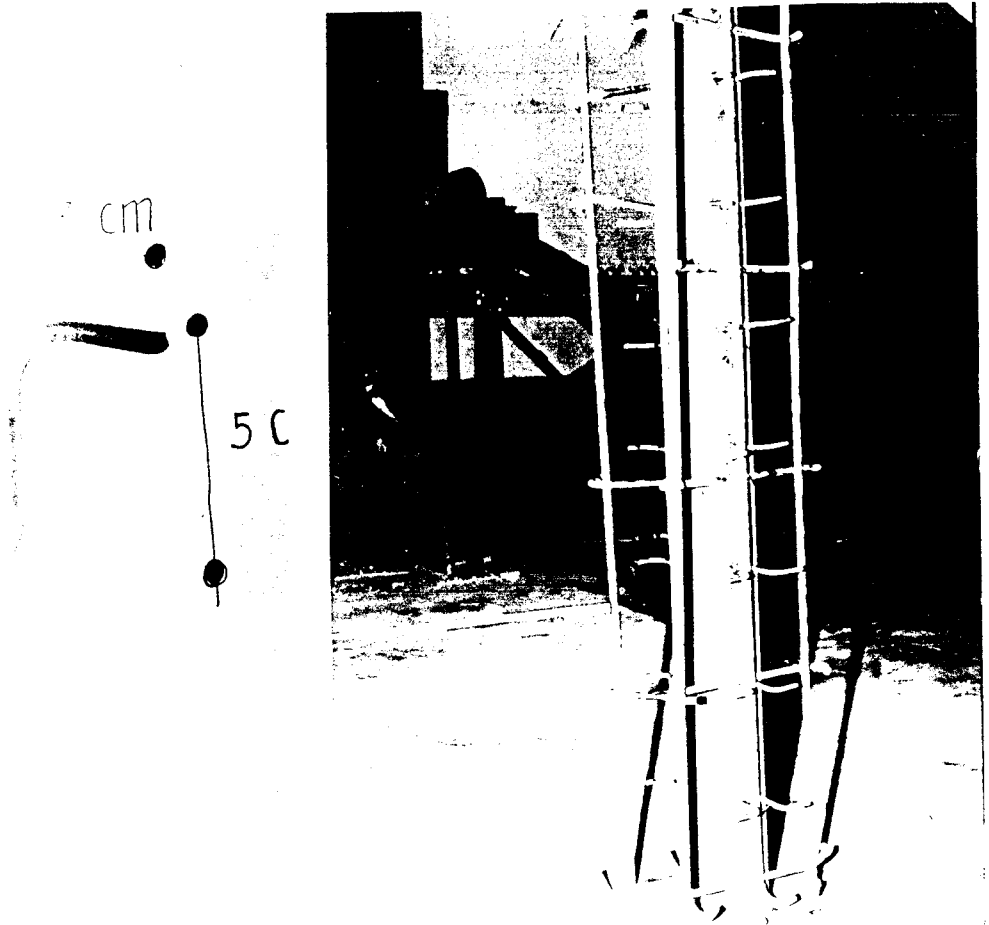
( a )



( b )

( a ) Foto bekesting balok geser

( b ) Foto bekesting balok lentur



(a)

(b)

(a) Foto penghubung geser

(b) Foto Profil Balok geser



(a)



(b)

(a) Foto saat pencampuran Zat aditif sikadur 732

(b) Foto saat pengolesan zat sikadur ke profil baja Komposit



(a)



(b)

(a) Foto saat pengecoran berlangsung

(b) Foto uji slump



(a)

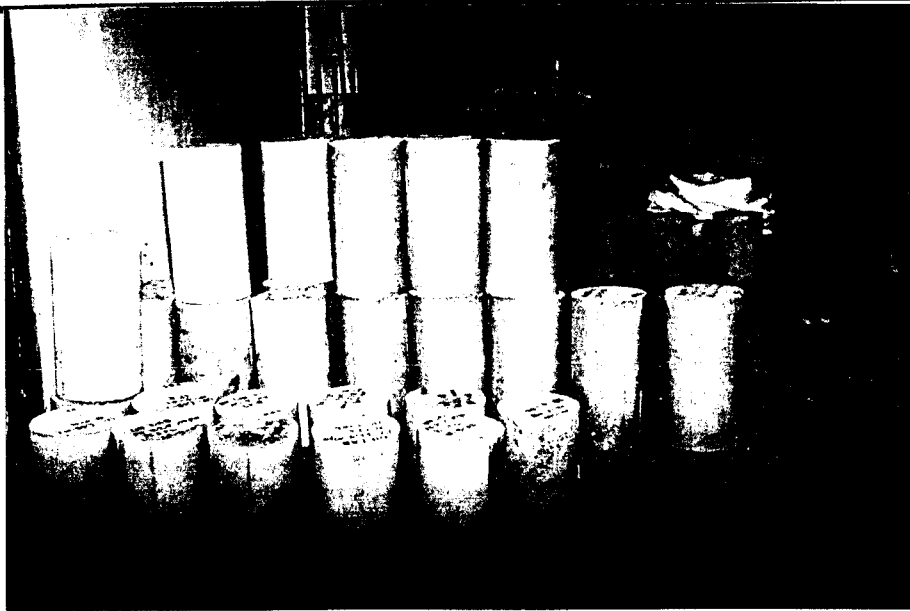
(a) Foto saat perendaman selinder beton



(b)

(b) Foto saat perawatan Balok geser dan lentur





(a)



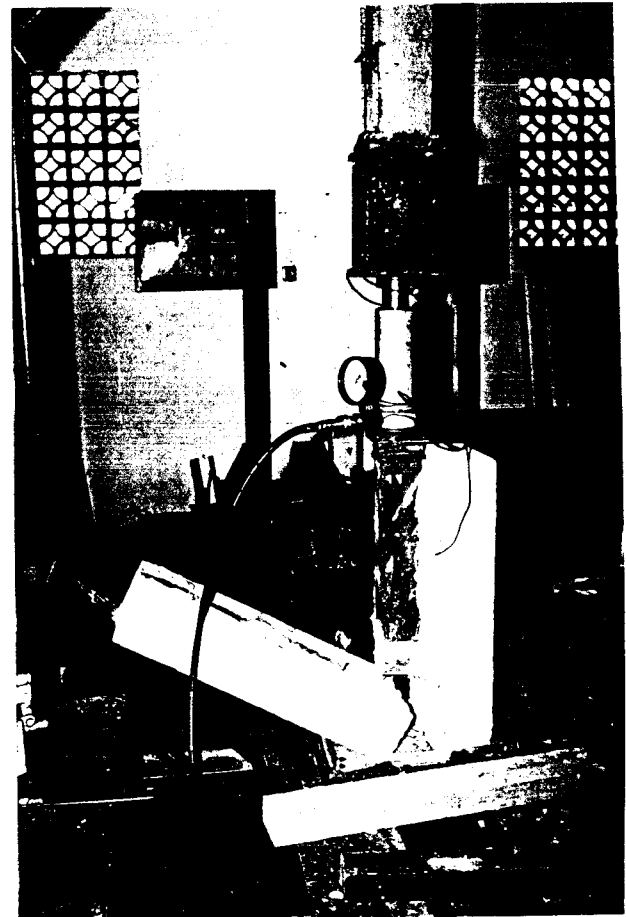
(b)

(a) Foto selinder beton siap uji

(b) Foto saat pengujian selinder beton



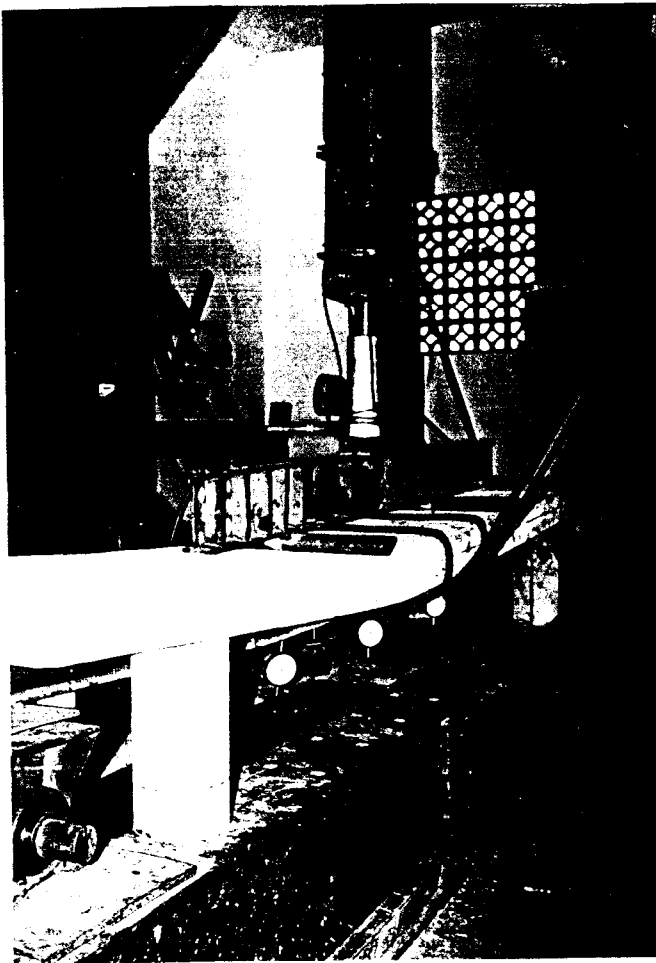
(a)



(b)

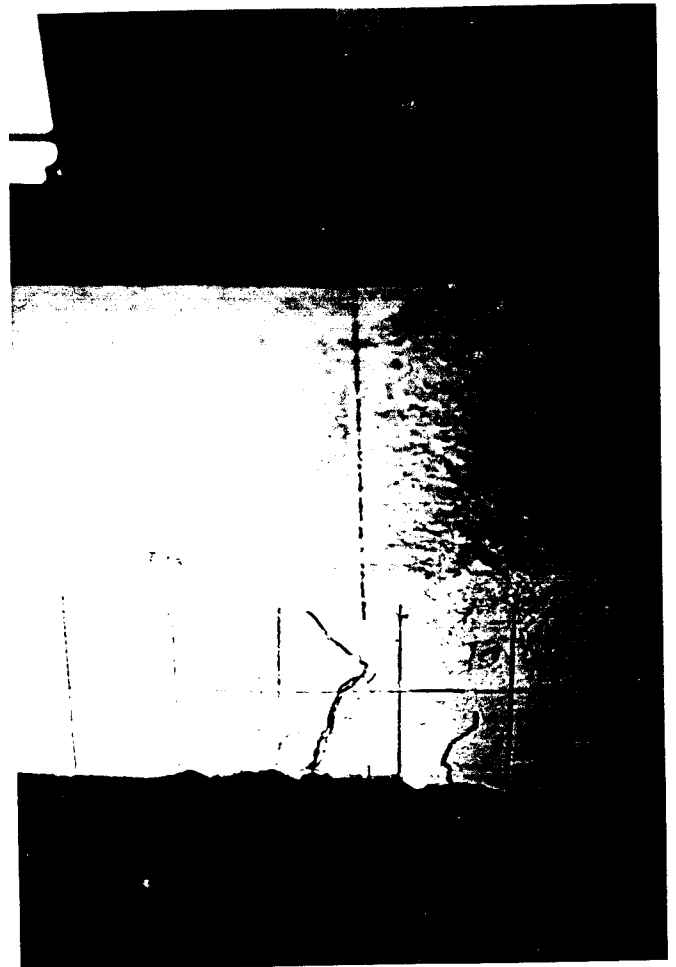
(a) Foto saat pengujian balok geser

(b) Foto saat balok geser mencapai beban maksimal



(a)

(a) Foto saat pengujian balok lentur



(b)

(b) Foto saat balok lentur mencapai beban maksimal