

PERPUSTAKAAN FISIP UN
HATIAN/DELI
TGL TERIMA : 05 JUL 2001
NO. JUDUL :
NO. INV. : S34/TA/SIS
NO. HEBEL :
5120001317001

TUGAS AKHIR

**PANJANG EFEKTIF SAMBUNGAN LEWATAN BERKAIT
TULANGAN POLOS PADA ELEMEN STRUKTUR
BALOK DUKUNGAN SEDERHANA**



TA
6937
ACH
P
CI

Disusun Oleh :

Achmadi

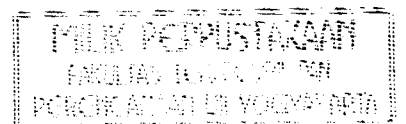
No Mhs : 94 310 085

NIRM : 940051013114120084

Setyo Nugroho

No Mhs : 94 310 105

NIRM : 940051013114120104



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

Handwritten signature or note at the bottom right.

TUGAS AKHIR

PANJANG EFEKTIF SAMBUNGAN LEWATAN BERKAIT TULANGAN POLOS PADA ELEMEN STRUKTUR BALOK DUKUNGAN SEDERHANA

*Diajukan Untuk Melengkapi Persyaratan Dalam Rangka
Memperoleh Derajat Sarjana Pada Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta*

Disusun oleh :

A C H M A D I

No. Mhs : 94 310 085

NIRM : 940051013114120084

S E T Y O N U G R O H O

No. Mhs : 94 310 105

NIRM : 940051013114120104

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

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**PANJANG EFEKTIF SAMBUNGAN LEWATAN BERKAIT
TULANGAN POLOS PADA ELEMEN STRUKTUR
BALOK DUKUNGAN SEDERHANA**

disusun oleh :

Nama : Achmadi
No. Mhs : 94 310 085

Nama : Setyo Nugroho
No. Mhs : 94 310 105

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Ir. Helmi Akbar Bale, MT

Dosen Pembimbing I

Ir. H. Suharyatmo, MT

Dosen Pembimbing II



Tanggal : 7/6/01



Tanggal : 7/6/01

Lembar Motto

“Jadikanlah sabar dan shalat sebagai penolongmu. Dan sesungguhnya yang demikian itu sungguh berat, kecuali bagi orang-orang yang khusyu.”

(Q.S Al-Baqarah : 45)

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan”.

“Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain”.

“Dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap”.

(Q.S Alam Nasyrat : 6-8)

“Aku tidur dan bermimpi bahwa hidup hidup itu suatu keindahan, aku bangun dan mendapatkan bahwa hidup itu suatu perjuangan”. (Plato)

Dari Ibnu Umar berkata Rasulullah SAW sambil memegang pundakku, lalu beliau bersabda, “Jika diwaktu sore maka janganlah engkau tunggu pagi dan jika waktu pagi janganlah engkau tunggu sore, gunakanlah sehatmu sebelum sakitmu dan gunakanlah hidupmu sebelum matimu”. (HR: Bukhari)

Lembar Persembahan

Kupersembahkan Tugas Akhir ini :

*Untuk Kedua Orang Tuaku Tercinta
Sebagai Darma Baktiku
Untuk Kakak dan Adikku yang Tersayang*

*Kepada Agamaku
Sebagai Ibadahku*

*Dan Orang-Orang yang Mengasihiku
Sebagai Ikatan Persaudaraan Kita*

*Serta "Seseorang" yang Kelak
Mendampingi Hidupku*

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

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

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

1. Bapak Ir. Helmi Akbar Bale, MT, selaku Dosen Pembimbing I,
2. Bapak Ir. H. Suharyatmo, MT, selaku Dosen Pembimbing II,
3. Bapak Ir. Kasam, MT, selaku Dosen Tamu dalam Sidang dan Pendadaran,
4. Bapak Ir. Widodo, MSCE, PhD, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta,
5. Bapak Ir. Tadjuddin BMA, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta,
6. Bapak Ir. Ilman Noor, MSCE, selaku Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP Universitas Islam Indonesia Yogyakarta,

7. Bapak Ir. Fathkurrahman, MT , selaku Kepala Laboratorium Struktur FTSP Universitas Islam Indonesia Yogyakarta,
8. Mas Daru dan Mas Warno selaku pengelola Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP Universitas Islam Indonesia Yogyakarta,
9. Teman-teman yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan pengujian benda uji dan penyusunan Tugas Akhir ini.

Penyusun menyadari dalam penyelesaian Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan yang perlu perbaikan. Untuk itu penyusun mengharap kritik dan saran yang bersifat konstruktif dalam pengembangan dimasa mendatang.

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

Semoga Allah SWT memberkati kita semua, Amien.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Juni 2001

Penyusun

DAFTAR ISI

| | |
|--------------------------------------|------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PENGESAHAN | ii |
| KATA PENGANTAR | iii |
| DAFTAR ISI | v |
| DAFTAR GAMBAR | ix |
| DAFTAR TABEL | x |
| DAFTAR LAMPIRAN | xi |
| DAFTAR NOTASI | xii |
| INTISARI | xiii |
| | |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.4 Manfaat Penelitian | 3 |
| 1.5 Batasan Penelitian | 3 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| BAB III LANDASAN TEORI | 7 |
| 3.1 Beton | 7 |

| | | |
|---|--|-----------|
| 3.1.1 | Semen Portland..... | 8 |
| 3.1.2 | Agregat..... | 10 |
| 3.1.3 | Air..... | 11 |
| 3.1.4 | Baja tulangan..... | 11 |
| 3.2 | Kuat Tekan Beton..... | 13 |
| 3.3 | Hubungan Beban dan Lendutan..... | 14 |
| 3.4 | Analisa Penampang Balok Bertulangan Rangkap..... | 14 |
| 3.5 | Kait..... | 18 |
| 3.6 | Sambungan Lewatan Tulangan Baja Tarik..... | 19 |
| 3.6.1 | Panjang Penyaluran (L_d) untuk Batang Polos..... | 20 |
| 3.6.2 | Panjang Penyaluran dari Kait..... | 20 |
| 3.6.3 | Faktor Konversi Kuat Tekan Beton..... | 20 |
| 3.7 | Analisa Defleksi Maksimal Teoritis..... | 21 |
| BAB IV PELAKSANAAN PENELITIAN..... | | 22 |
| 4.1 | Bahan-bahan yang Digunakan..... | 22 |
| 4.1.1 | Semen | 22 |
| 4.1.2 | Air..... | 22 |
| 4.1.3 | Agregat..... | 22 |
| | 1. Agregat Halus..... | 22 |
| | 2. Agregat Kasar..... | 23 |
| 4.1.4 | Baja Tulangan..... | 23 |
| 4.2 | Peralatan Pengujian..... | 23 |

| | | |
|--|---|-----------|
| 4.2.1 | Timbangan..... | 23 |
| 4.2.2 | Ayakan..... | 24 |
| 4.2.3 | Mistar dan Kaliper..... | 24 |
| 4.2.4 | Mesin uji kuat tarik..... | 24 |
| 4.2.5 | Mesin uji kuat desak..... | 24 |
| 4.2.6 | Mesin pengaduk beton..... | 24 |
| 4.2.7 | Kerucut Abrams..... | 25 |
| 4.2.8 | “Loading Frame”..... | 25 |
| 4.2.9 | “Hydraulik jack”..... | 26 |
| 4.2.10 | “Dial Gauge”..... | 26 |
| 4.3. | Pelaksanaan Penelitian..... | 27 |
| 4.3.1. | Persiapan..... | 27 |
| 4.3.2. | Pembuatan Benda Uji..... | 27 |
| 4.3.3. | Perawatan Benda Uji..... | 30 |
| 4.3.4. | Pelaksanaan pengujian..... | 30 |
| 1. | Pengujian Kuat Desak Bcton..... | 30 |
| 2. | Pengujian Kuat Lentur..... | 31 |
| 3. | Pengujian Kuat Tarik Baja..... | 32 |
| BAB V HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN..... | | 33 |
| 5.1 | Hasil Pengujian..... | 33 |
| 5.1.1 | Hasil Pengujian Kuat Desak..... | 33 |
| 5.1.2 | Hasil Pengujian Kuat Tarik Baja Tulangan..... | 35 |

| | | |
|---|---|-----------|
| 5.1.3 | Hasil Pengujian Kuat Lentur..... | 35 |
| 5.2 | Pembahasan..... | 36 |
| 5.2.1 | Kuat Desak Beton..... | 36 |
| 5.2.2 | Kuat Tarik Baja..... | 37 |
| 5.2.3 | Analisa Penampang Balok..... | 37 |
| 5.2.4 | Panjang Minimal Sambungan Lewatan Berkait..... | 40 |
| | 1. Panjang penyaluran (L_d) untuk batang polos | 40 |
| | 2. Panjang penyaluran dari kait (L_e)..... | 40 |
| | 3. Panjang minimal sambungan lewatan berkait (L_s)..... | 41 |
| 5.2.5 | Perhitungan Kemampuan Tarik Sambungan Lewatan Berkait. . | 41 |
| 5.2.6 | Perbandingan Defleksi Teoritis dan Defleksi Hasil Uji Lentur... | 43 |
| 5.2.7 | Kuat Lentur Balok Beton..... | 43 |
| 5.3. | Pola Retak Benda Uji..... | 45 |
| BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN..... | | 46 |
| 6.1 | Kesimpulan..... | 46 |
| 6.2 | Saran..... | 47 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | | 48 |
| LAMPIRAN | | |

DAFTAR GAMBAR

| No. | Nama Gambar | Hal |
|-----|---|-----|
| 1.1 | Model Pembebanan | 4 |
| 3.1 | Hubungan Antara P dan Δ | 14 |
| 3.2 | Analisa Penampang Balok Bertulangan Rangkap | 14 |
| 3.3 | Model Kait | 18 |
| 4.1 | Bentuk fisik "Loading Frame" | 25 |
| 4.2 | "Hydraulic Jack" | 26 |
| 4.3 | "Dial Gauge" | 26 |
| 4.4 | Balok Beton | 28 |
| 5.1 | Grafik Hubungan Beban Rata-rata dan Defleksi Rata-rata | 36 |
| 5.2 | Grafik Perbandingan Kapasitas Momen Rencana dan Kapasitas Momen Benda Uji | 44 |

DAFTAR TABEL

| No. | Nama Tabel | Hal |
|------------|---|------------|
| 3.1 | Panjang lewat minimum sambungan lewatan tulangan tarik | 19 |
| 3.2 | Perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai benda uji | 21 |
| 5.1 | Hasil Uji Desak Silinder Beton | 34 |
| 5.2 | Hasil Uji Tarik Baja | 35 |
| 5.3 | Hasil Uji Lentur Balok Beton | 35 |
| 5.4 | Kapasitas momen dari masing-masing benda uji | 43 |
| 5.5 | Perbandingan kapasitas tampang rencana dengan hasil pengujian lentur pada masing-masing benda uji | 44 |

DAFTAR LAMPIRAN

| No. | Nama Lampiran | Hal |
|-----|---|------------|
| 1. | Hasil Pemeriksaan Laboratorium | Lampiran 1 |
| 2. | Hitungan “Mix Design” Dengan Metoda ACI | Lampiran 2 |
| 3. | Hasil Pengujian Kuat Desak Silinder Beton | Lampiran 3 |
| 4. | Data Hasil Uji Tegangan Tarik Baja | Lampiran 4 |
| 5. | Data Hasil Uji Lentur Balok Beton | Lampiran 5 |
| 6. | Grafik Data Hasil Uji Lentur Balok Beton | Lampiran 6 |
| 7. | Gambar Retak Balok | Lampiran 7 |
| 8. | Dokumentasi Penelitian | Lampiran 8 |

DAFTAR NOTASI

- f_b' = kekuatan tekan beton yang diperoleh dari masing- masing benda uji (MPa)
- f_{cr}' = kekuatan tekan beton rata-rata (MPa)
- f_c' = kuat tekan beton (MPa)
- s = harga deviasi standar
- N = jumlah semua benda uji yang diperiksa
- P = beban (kN)
- Δ = lendutan (mm)
- ϵ_c = regangan beton
- ϵ_s = regangan baja
- A_x = Luas tulangan tarik (mm^2)
- A'_s = Luas tulangan tekan (mm^2)
- a = tinggi blok tegangan tekan persegi ekuivalen (mm)
- b = lebar daerah tekan komponen struktur (mm)
- c = jarak dari serat tekan terluar ke garis netral (mm)
- d = tinggi efektif penampang (mm)
- d' = jarak dari serat tekan ketitik berat baja tekan (mm)
- E_c = modulus elastis beton (MPa)
- E_s = modulus elastis baja (MPa)
- f_s = tegangan dalam tulangan pada beban kerja (MPa)
- f_y = tegangan luluh baja tulangan yang disyaratkan (MPa)
- M_n = kuat momen nominal suatu penampang (N.mm)
- σ^*_{au} = kekuatan baja rencana (kg/cm^2)
- σ^*_{bk} = kekuatan tekan beton karakteristik (kg/cm^2)
- σ_{kait} = tegangan tarik yang dapat ditahan kait batang polos (kg/cm^2)
- L_e = panjang penyaluran ekuivalen dari kait (cm)

INTISARI

Karena keterbatasan panjang tulangan yang tersedia maka diperlukan sistim penyambungan baja tulangan. Salah satu cara penyambungan adalah dengan sambungan lewatan. Untuk lebih memperkuat pengangkuran, sambungan lewatan tulangan polos diberi kait pada ujung-ujung sambungan.

Penelitian ini menguji 10 buah balok dengan variasi panjang tulangan sambungan lewatan berkait yang masing-masing variasinya terdiri dari 2 balok. Variasi yang digunakan terdiri dari balok dengan tulangan tanpa sambungan lewatan berkait, balok dengan panjang tulangan sambungan lewatan berkait 60 cm (50d), balok dengan panjang tulangan sambungan lewatan berkait 50 cm (41,67d), balok dengan panjang tulangan sambungan lewatan berkait 40 cm (33,34d), dan balok dengan panjang tulangan sambungan lewatan berkait 30 cm (25d). Kuat tekan diketahui melalui uji tekan pada silinder beton sedangkan kuat lentur diketahui melalui pengujian balok beton bertulang. Dari uji balok ini diperoleh hubungan antara beban-lendutan ($P-\Delta$) dan P maksimum dari masing-masing benda uji.

Dari perhitungan kapasitas penampang balok didapat kapasitas momen rencana sebesar 8,03 kNm. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa benda uji tanpa sambungan lewatan, benda uji dengan sambungan lewatan berkait 50 cm (41,67d) dan benda uji dengan sambungan lewatan berkait 60 cm (50d) mempunyai kapasitas momen diatas kapasitas momen rencana. Sedangkan benda uji dengan sambungan lewatan berkait 30 cm (25d) dan benda uji dengan sambungan lewatan berkait 40 cm (33,34d) mempunyai kapasitas momen kurang dari kapasitas momen rencana. Dari hasil ini dapat dilihat bahwa panjang efektif sambungan lewatan berkait tulangan polos adalah 41,67d.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Struktur beton bertulang merupakan jenis struktur yang paling banyak digunakan dalam pembuatan gedung maupun bangunan struktur lainnya. Didalam pelaksanaannya seringkali timbul permasalahan yang disebabkan oleh bahan-bahan pembentuk struktur itu sendiri. Salah satu diantaranya adalah permasalahan yang timbul dari pekerjaan penulangan.

Karena keterbatasan dalam proses pengangkutan (transportasi) maka panjang batang baja tulangan hasil industri yang tersedia di pasaran umumnya dibatasi hanya 12 m. Dengan terbatasnya panjang batang tulangan baja maka dalam pelaksanaan penulangan beton diperlukan sistem penyambungan baja tulangan. Pekerjaan sambungan dapat dilakukan dengan cara pengelasan, penggunaan alat sambung mekanis, atau yang umumnya digunakan dengan sambungan lewatan.

Sambungan lewatan dapat berupa batang tulangan disambung bersinggungan satu sama lain kemudian diikat, atau dapat juga disambung dengan tidak bersinggungan (terpisahkan oleh beton). Ujung batang tulangan sambungan lewatan dapat berbentuk lurus (tidak berkait) ataupun berkait. Pemasangan kait pada ujung tulangan sambungan lewatan dimaksudkan untuk mencegah terjadinya slip pada lekatan baja tulangan dan beton yang dapat terjadi pada pembebanan yang cukup

besar. Untuk menghindari kegagalan struktural, penyambungan batang baja tulangan di daerah momen maksimum balok atau tempat dimana terjadi tegangan tarik maksimum sebaiknya tidak dilakukan, disamping itu penempatan titik-titik sambung dilakukan berselang-seling sehingga tidak membentuk garis lemah struktur.

Daktilitas balok dengan baja tulangan yang menggunakan sambungan lewatan harus tetap sama dengan yang tanpa sambungan. Persyaratan panjang lewatan dimaksudkan untuk menghindari keruntuhan atau kegagalan sambungan pada waktu tercapainya kekuatan nominal lentur di tempat tersebut. Kebutuhan panjang lewatan bertambah sesuai dengan meningkatnya tegangan dan bertambahnya jumlah luas penampang baja tulangan pada sambungan.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini, sambungan lewatan berkait digunakan sebagai alternatif untuk mengatasi keterbatasan panjang tulangan. Dengan mempertimbangkan latar belakang masalah yang telah diuraikan, maka dapat dirumuskan masalah yang akan diteliti sebagai berikut:

1. pengaruh sambungan lewatan berkait dengan beberapa variasi panjang lewatan terhadap kuat lentur balok beton, dan
2. perbandingan kapasitas momen hasil pengujian lentur dari benda uji dengan kapasitas momen rencana.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui panjang efektif sambungan lewatan berkait tulangan polos.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

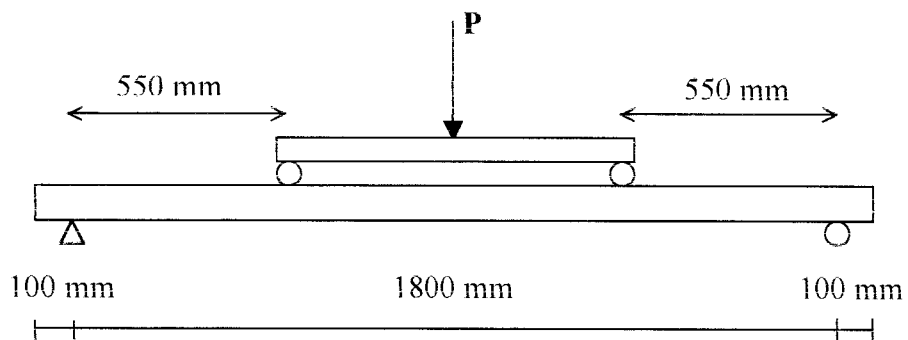
1. untuk mengetahui panjang efektif sambungan lewatan berkait tulangan polos sehingga dapat digunakan untuk mengatasi masalah keterbatasan panjang tulangan yang tersedia, dan
2. hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan jasa konstruksi.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan dalam penelitian ini dibuat agar masalah yang akan diteliti lebih terarah. Adapun batasan-batasan penelitian tersebut adalah sebagai berikut:

1. digunakan balok dengan ukuran $(100 \times 200 \times 2000)$ mm³,
2. mutu beton yang direncanakan adalah $f'c = 22,5$ Mpa,
3. digunakan baja tulangan tarik $\varnothing 12$ mm dan tulangan tekan $\varnothing 8$ mm,
4. digunakan sengkang $\varnothing 6$ mm,
5. benda uji yang digunakan (masing-masing 2 sampel) adalah sebagai berikut:
 - a. balok dengan tulangan tanpa sambungan,
 - b. balok dengan panjang tulangan sambungan lewatan berkait 30 cm,
 - c. balok dengan panjang tulangan sambungan lewatan berkait 40 cm.

- d. balok dengan panjang tulangan sambungan lewatan berkait 50 cm, dan
 - e. balok dengan panjang tulangan sambungan lewatan berkait 60 cm.
6. pada penelitian ini, semua sambungan lewatan diletakkan pada tengah-tengah bentang,
 7. jenis sambungan lewatan yang diteliti adalah sambungan lewatan berkait tulangan tarik,
 8. pengujian kekuatan lentur pada benda uji dilakukan dengan menggunakan beban terpusat dua titik yang diletakkan pada jarak 550 mm dari tumpuan (lihat Gambar 1.1), dan
 9. digunakan kait dengan pembengkokkan 45° .



Gambar 1.1 Model Pembebanan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

SK SNI T-15-1991-03 (1991), beton terbuat dari bahan semen portland, air, agregat/batuan kasar dan halus dalam proporsi perbandingan tertentu dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat.

Dipohusodo, I., (1994), nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu atas benda uji silinder beton (diameter 150 mm, tinggi 300 mm) sampai hancur.

Dipohusodo, I., (1994), penyelesaian sambungan dapat dilakukan dengan cara pengelasan, penggunaan alat sambung mekanis, atau yang umumnya digunakan dengan menggunakan sambungan lewatan.

Dipohusodo, I., (1994), pada umumnya pelaksanaan sambungan lewatan lebih ekonomis dibandingkan dengan cara lainnya.

Vis, W.C., dan Sagel, R., (1987), kait-kait yang dibentuk pada ujung batang tulangan polos memperkuat angker, dan dengan demikian memungkinkan panjang angker diperpendek hingga nilai tertentu.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh **Waluyo, M., dan Sadino, (1996)**, sambungan lewatan menghasilkan kuat lentur yang besarnya sesuai dengan

panjang sambungan, semakin pendek panjang sambungan menghasilkan kuat lentur yang lebih kecil dan lendutan yang semakin besar.

Winter, G., dan Nilson, A.H., (1993), bagian tulangan yang overlap biasanya ditempatkan saling bersinggungan dan diikat dengan kawat sehingga pada saat beton dicor posisi tulangan tidak berubah.

Winter, G., dan Nilson, A.H., (1993), Apabila dipakai tulangan-tulangan rata tanpa ulir pada permukaannya kekuatan lekat awal hanya disebabkan karena adanya adhesi kimiawi yang relatif lemah dan gesekan mekanis yang terjadi antara beton dan tulangan. Apabila adhesi dan geser statis ini terlampaui pada pembebanan yang cukup besar, maka akan terjadi sedikit slip yang menyebabkan timbulnya lekatan yang disebabkan oleh kekasaran pada tulangan dan beton. Namun demikian, besar kekuatan lekat ini sangat kecil sehingga pada gelagar-gelagar yang diperkuat dengan tulangan polos ikatan tulangan dan beton seringkali dapat dipecahkan. Gelagar serupa akan mengalami keruntuhan apabila tulangan sampai tertarik dari beton. Untuk mencegah terjadinya hal ini, dilakukan pemasangan angkur pada ujung gelagar terutama, dalam bentuk menyecrupai yang mata pancing (kait).

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Beton

Beton didapat dari pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu, batu pecah, atau bahan semacam lainnya, dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen, dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung. Agregat halus dan kasar, disebut sebagai bahan susun kasar campuran, merupakan komponen utama beton. Nilai kekuatan serta daya tahan (*durability*) beton merupakan fungsi dari banyak faktor, diantaranya ialah nilai banding campuran dan mutu bahan susun, metode pelaksanaan pengecoran, pelaksanaan finishing, temperatur, dan kondisi perawatan pengerasannya.

Nilai kuat tekan beton relatif tinggi dibandingkan dengan kuat tariknya, dan beton merupakan bahan bersifat getas. Nilai kuat tariknya hanya 9%-15% saja dari kuat tekannya. Pada penggunaan sebagai komponen struktural bangunan, umumnya beton diperkuat dengan batang tulangan baja sebagai bahan yang dapat bekerjasama dan mampu membantu kelemahannya, terutama pada bagian yang menahan tarik. Dengan demikian tersusun pembagian tugas, dimana batang tulangan bertugas memperkuat dan menahan gaya tarik, sedangkan beton hanya diperhitungkan untuk menahan gaya tekan (**Istimawan Dipohusodo, 1994**).

Kerjasama antara bahan beton dan baja tulangan hanya dapat terwujud dengan didasarkan pada keadaan-keadaan:

1. lekatan sempurna antara batang tulangan baja dengan beton keras yang membungkusnya sehingga tidak terjadi penggelinciran diantara keduanya,
2. beton yang mengelilingi batang tulangan baja bersifat kedap sehingga mampu melindungi dan mencegah terjadinya karat baja,
3. angka muai kedua bahan hampir sama, dimana untuk setiap kenaikan suhu satu derajat Celcius angka muai beton 0,000010 sampai 0,000013 sedangkan baja 0,000012, sehingga tegangan yang timbul karena perbedaan nilai dapat diabaikan, dan
4. sebagai konsekuensi dari lekatan yang sempurna antara kedua bahan, di daerah tarik suatu komponen struktur akan terjadi retak-retak beton di dekat baja tulangan. Retak halus yang demikian dapat diabaikan sejauh tidak mempengaruhi penampilan struktural komponen yang bersangkutan.

3.1.1 Semen Portland

Semen portland ialah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahan (**PUBI-1982**).

Semen merupakan unsur terpenting dalam pembuatan beton karena semen berfungsi sebagai bahan pengikat untuk mempersatukan bahan-bahan agregat halus dan agregat kasar menjadi massa yang kompak dalam arti menjadi satu dan padat.

Semen baru akan berfungsi sebagai pengikat apabila diberi air, sehingga semen tergolong bahan pengikat hidrolis.

Sesuai dengan tujuan pemakaiannya, semen portland di Indonesia dibagi menjadi 5 tipe, yaitu:

1. semen tipe I dapat dikatakan yang paling banyak dimanfaatkan untuk bangunan dan tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus sebagaimana jenis lainnya,
2. semen tipe II merupakan modifikasi semen tipe I dengan maksud untuk meningkatkan ketahanan terhadap sulfat dan menghasilkan panas hidrasi yang lebih rendah. Semen jenis ini terutama dimanfaatkan untuk bangunan yang terletak di daerah dengan tanah berkadar sulfat rendah,
3. semen tipe III merupakan semen yang cepat mengeras. Beton yang dibuat dengan semen tipe III akan mengeras cukup cepat, dan kekuatan yang dicapainya dalam 24 jam akan sama dengan kekuatan beton dari semen biasa dalam 7 hari. Hanya sekitar 3 hari kekuatan tekannya setara dengan kekuatan tekan 28 hari beton dari semen biasa,
4. semen tipe IV merupakan semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah, dan
5. semen tipe V terutama ditujukan untuk memberikan perlindungan terhadap bahaya korosi akibat pengaruh air laut, air danau, air tambang, maupun pengaruh garam sulfat yang terdapat dalam air tanah. Semen tipe V ini memiliki daya resistansi terhadap sulfat yang lebih baik dibandingkan semen tipe II.

Jenis semen lainnya adalah semen portland pozzolan yang sering dipakai untuk konstruksi beton masif seperti dam atau bendungan karena menghasilkan panas hidrasi yang rendah, dan karena semen ini juga tahan terhadap sulfat, sering dimanfaatkan pula untuk konstruksi bangunan limbah. Bila semen ini dicampur dengan semen tipe V terbukti dapat mengatasi pengaruh sulfat (SO_4) dengan kadar hingga diatas 10.000 ppm.

3.1.2 Agregat

Agregat dalam beton terdiri dari agregat kasar dan halus yang menempati sekitar tiga perempat bagian dari volume beton, sebab agregat berperan penting dalam suatu campuran beton. Agregat tidak hanya mempengaruhi kekuatan, tetapi juga berpengaruh besar terhadap ketahanan dan kekompakan struktural dari beton tersebut.

Menurut **L. Wahyudi dan Syahril A. Rahim (1997)**, berdasarkan ukurannya, agregat ini dapat dibedakan menjadi:

1. agregat halus diameter 0-5 mm disebut pasir, yang dapat dibedakan lagi menjadi:
 - pasir halus : \emptyset 0-1 mm
 - pasir kasar : \emptyset 1-5 mm
2. agregat kasar diameter ≥ 5 mm, biasanya berukuran 5-40 mm, disebut kerikil. Material ini merupakan hasil disintegrasi “alami” batuan atau hasil industri pemecah batu.

3.1.3 Air

Air mempunyai pengaruh yang penting dalam menentukan kekuatan dan kemudahan pelaksanaan beton. Untuk mendapatkan beton yang mudah dilaksanakan dengan kekuatan yang memenuhi syarat, harus diperhatikan perbandingan antara jumlah air dan semennya. Selain dari jumlahnya, kualitas air harus diperhatikan pula, karena kotoran yang ada didalamnya akan mengganggu pengikatan semen dan dapat menyebabkan pengurangan kekuatan.

Hal-hal yang penting dalam pemilihan air antara lain kejernihannya, apabila ada beberapa kotoran yang terapung, maka air tidak boleh digunakan. Di samping pemeriksaan visual, harus diamati pula, bahwa air itu tidak mengandung bahan-bahan perusak. Contohnya fosfat, minyak, asam, alkali, bahan-bahan organis atau garam-garam (**Ahmad Antono, Ir.**).

Selain digunakan untuk pengikatan beton, air digunakan juga sebagai perawatan sesudah beton dituang, yaitu dengan membasahi terus-menerus atau dengan merendamnya.

Air yang digunakan dalam pembuatan dan perawatan beton harus memenuhi syarat-syarat yang ditetapkan, misalnya tingkat keasamannya (pH) tidak boleh melebihi 6, dan juga tidak boleh terlalu sedikit mengandung kapur

3.1.4 Baja Tulangan

Beton tidak dapat menahan gaya tarik melebihi nilai tertentu tanpa mengalami retak-retak. Untuk itu, agar beton dapat bekerja dengan baik dalam suatu sistem struktur, perlu dibantu dengan memberinya perkuatan penulangan yang

terutama akan mengemban tugas menahan gaya tarik yang bakal timbul di dalam sistem. Untuk keperluan penulangan tersebut digunakan bahan baja yang memiliki sifat teknis menguntungkan, dan baja tulangan yang digunakan dapat berupa batang baja lonjoran ataupun kawat rangkai las (wire mesh) yang berupa batang kawat baja yang dirangkai (dianyam) dengan teknik pengelasan.

Agar dapat berlangsung lekatan erat antara baja tulangan dengan beton, selain batang polos berpenampang bulat (BJTP) juga digunakan batang deformasian (BJTD), yaitu batang tulangan baja yang permukaannya dikasarkan secara khusus, diberi sirip teratur dengan pola tertentu, atau batang tulangan yang dipilin pada proses produksinya.

Sifat fisik baja tulangan yang paling penting digunakan dalam perhitungan perencanaan beton bertulang ialah tegangan luluh (f_y) dan modulus elastisitas (E_s). Tegangan luluh (titik luluh) baja ditentukan melalui prosedur pengujian standar dengan ketentuan bahwa tegangan luluh adalah tegangan baja pada saat mana meningkatnya regangan tidak disertai lagi dengan peningkatan tegangannya. Di dalam perencanaan atau analisis beton bertulang umumnya nilai tegangan luluh baja tulangan diketahui atau ditentukan pada awal perhitungan (**Istimawan Dipohusodo, 1994**).

Di samping usaha standarisasi yang telah dilakukan oleh masing-masing negara produsen baja, kebanyakan produksi baja tulangan beton dewasa ini masih berorientasi pada spesifikasi teknik yang ditetapkan ASTM. Di Indonesia produksi baja tulangan dan baja struktur telah diatur sesuai dengan Standar Industri Indonesia.

3.2 Kuat Tekan Beton

Menurut **L. Wahyudi dan Syahril A. Rahim (1997)**, nilai uji yang diperoleh dari setiap benda uji akan berbeda, karena beton merupakan material heterogen, yang kekuatannya dipengaruhi oleh proporsi campuran, bentuk dan ukuran, kecepatan pembebanan, dan oleh kondisi lingkungan pada saat pengujian. Oleh karena itu, metode statistik diperlukan untuk menentukan kekuatan tekan karakteristik beton 95% dari benda uji. Nilai f_c' adalah kekuatan tekan benda uji silinder berdiameter 150 mm dan panjang 300 mm sebagaimana ditetapkan dalam SNI T-15-1991. Pengujian standarnya didasarkan atas kekuatan beton umur 28 hari. Dengan menganggap bahwa nilai-nilai hasil pengujian tersebut terdistribusi normal, perhitungan secara statistik dapat dilakukan sebagai berikut:

$$f_c' = f_{cr}' - 1,64s$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (f_b' - f_{cr}')^2}{N-1}}$$

$$f_{cr}' = \frac{\sum_{i=1}^N f_b'}{N}$$

dengan, f_b' = kekuatan tekan beton yang diperoleh dari masing-masing benda uji (MPa)

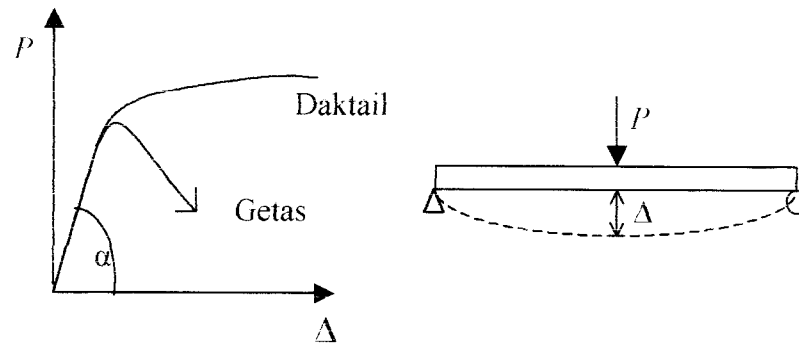
f_{cr}' = kekuatan tekan beton rata-rata (MPa)

s = harga deviasi standar

N = jumlah semua benda uji yang diperiksa

3.3 Hubungan Beban dan Lendutan

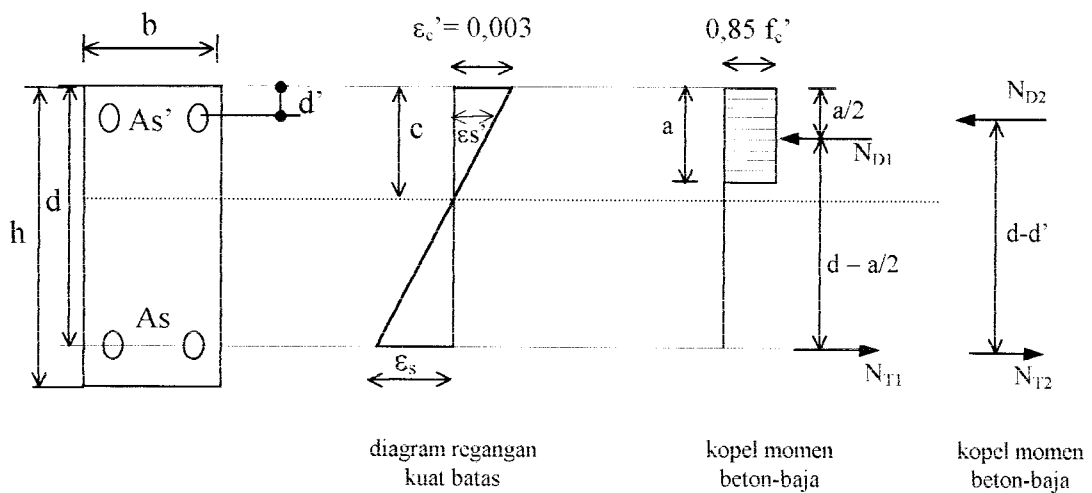
Jika suatu balok menerima beban P maka akan mengakibatkan terjadinya lendutan (Δ). Hubungan beban (P) dengan lendutan (Δ) dapat digambarkan dalam kurva seperti ditunjukkan pada Gambar 3.1 (R. Park dan t. Paulay (1975)).



Gambar 3.1 Hubungan antara P dan Δ

3.4 Analisa Penampang Balok Bertulangan Rangkap

Menurut Istimawan Dipohusodo (1994), analisa penampang balok bertulangan rangkap dapat dijabarkan sebagai berikut:



Gambar 3.2. Analisa balok bertulangan rangkap

1. anggap semua penulangan meluluh, maka $f_s = f'_s = f_y$ dan $A_{s2} = A_s'$,
2. dengan menggunakan persamaan pasangan kopel beton tekan dan tulangan baja tarik, $A_{s1} = A_s - A_s'$, dapat dihitung tinggi blok tegangan tekan a ,

$$a = \frac{(A_s - A_s')f_y}{(0,85f_c')b} = \frac{A_{s1}f_y}{(0,85f_c')b}$$

3. menentukan letak garis netral,

$$c = \frac{a}{\beta_1}$$

4. dengan menggunakan diagram regangan memeriksa regangan tulangan baja tekan maupun tarik, untuk membuktikan apakah anggapan pada langkah awal benar,

$$\epsilon_s' = \frac{c - d'}{c} (0,003)$$

$$\epsilon_s = \frac{d - c}{c} (0,003)$$

dengan menganggap $\epsilon_s \geq \epsilon_y$, yang berarti tulangan baja tarik telah luluh, akan timbul salah satu dari dua kondisi berikut ini:

- a. kondisi I: $\epsilon_s' \geq \epsilon_y$, menunjukkan bahwa anggapan pada langkah awal betul dan tulangan baja tekan meluluh,
- b. kondisi II: $\epsilon_s' \leq \epsilon_y$, menunjukkan bahwa anggapan pada langkah awal tidak betul dan tulangan baja tekan belum meluluh,

namun masih ada dua kemungkinan lagi, salah satunya ialah apabila $\epsilon_s' < \epsilon_y$, yang berarti tegangan tulangan baja tarik masih belum melampaui tegangan luluh. Keadaan tersebut termasuk jarang terjadi, tetapi terkadang

juga timbul pada balok atau plat bertulangan rangkap dengan penulangan berlebihan.

KONDISI I:

5. apabila $\epsilon_s' > \epsilon_y$ dan $\epsilon_s \geq \epsilon_y$

untuk pasangan kopel gaya tulangan tekan dan tarik:

$$M_{n1} = A_s' f_y (d - d')$$

untuk pasangan kopel gaya beton tekan dan tulangan tarik:

$$M_{n2} = A_s f_y (d - a/2)$$

6. $M_R = \phi M_n$

7. pemeriksaan syarat daktilitas dengan membuktikan bahwa rasio penulangan (ρ) pasangan kopel gaya beton tekan dan tulangan baja tarik melampui $0,75\rho_b$, dimana:

$$\rho_b = \frac{0,85 \beta_1 f_c' \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y}$$

atau membuktikan bahwa luas penampang tulangan baja tarik tidak lebih dari

$$A_{s(maks)}, \text{ dimana: } A_{s(maks)} = \rho_{maks} (d) + \frac{A_s' f_s'}{f_y}$$

KONDISI II:

5. jika $\epsilon_s' < \epsilon_y$ dan $\epsilon_s \geq \epsilon_y$, untuk mendapatkan nilai c digunakan persamaan sebagai berikut:

$$(0,85 f_c' b \beta_1) c^2 + (600 A_s' - A_s f_y) c - 600 d' A_s' = 0$$

6. menghitung tegangan pada tulangan baja tekan,

$$f_s' = \frac{c - d'}{c} (600)$$

7. dapatkan a dengan menggunakan persamaan: $a = \beta_1 c$
8. menghitung gaya-gaya tekan,

$$N_{D1} = (0,85f_c')ba$$

$$N_{D2} = A_s'f_s'$$

kemudian diperiksa dengan menghitung gaya tarik,

$$N_T = A_s f_y$$

dimana N_T harus sama dengan $N_{D1} + N_{D2}$

9. menghitung kuat momen tahanan ideal untuk masing-masing kopel,

$$M_{n1} = N_{D1}(d - a/2)$$

$$M_{n2} = N_{D2}(d - d')$$

$$M_n = M_{n1} + M_{n2}$$

$$M_R = \phi M_n$$

10. pemeriksaan syarat daktilitas dengan membuktikan bahwa rasio penulangan pasangan kopel gaya beton tekan dan tulangan baja tarik tidak melampaui $0,75\rho_b$, dan A_{s1} dihitung berdasarkan keadaan bahwa tegangan pada tulangan baja tekan belum mencapai f_y ,

$$A_{s1} = A_s - \frac{A_s'f_s'}{f_y} \quad \text{dan} \quad \rho_{\text{aktual}} = \frac{A_{s1}}{bd}$$

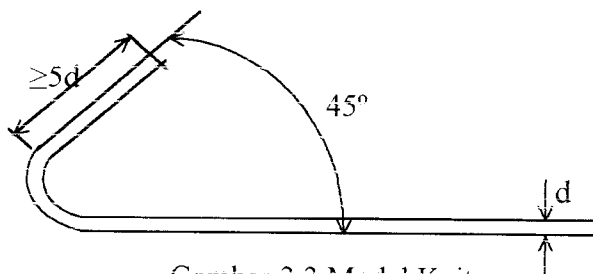
atau persyaratan daktilitas diperiksa dengan membandingkan A_s dengan $A_{s(\text{maks})}$, dimana dilakukan penyelidikan apakah kondisi seimbang tercapai.

3.5 Kait

Apabila karena sesuatu hal pelaksanaan panjang penyaluran yang diperlukan untuk batang tulangan tarik tidak mungkin untuk dipasang karena keterbatasan ruang misalnya, atau bila diinginkan untuk mendapatkan kapasitas penanaman yang paling pendek, maka sebagai penggantinya perlu diusahakan sistem penjangkaran mekanis di ujung-ujung batang tulangan yang dapat berupa kait atau bengkokan (**Istimawan Dipohusodo (1994)**).

Apabila dipakai tulangan-tulangan rata tanpa ulir pada permukaannya kekuatan lekat awal hanya disebabkan karena adanya adhesi kimiawi yang relatif lemah dan gesekan mekanis yang terjadi antara beton dan tulangan. Apabila adhesi dan geser statis ini terlampaui pada pembebanan yang cukup besar, maka akan terjadi sedikit slip yang menyebabkan timbulnya lekatan yang disebabkan oleh kekasaran pada tulangan dan beton. Namun demikian, besar kekuatan lekat ini sangat kecil sehingga pada gelagar-gelagar yang diperkuat dengan tulangan polos ikatan tulangan dan beton seringkali dapat dipecahkan. Gelagar serupa akan mengalami keruntuhan apabila tulangan sampai tertarik dari beton. Untuk mencegah terjadinya hal ini, dilakukan pemasangan angkur pada ujung gelagar, terutama dalam bentuk yang menyerupai mata pancing (kait) (**Winter, G., dan Nilson, A.H., (1993)**).

Dengan mengacu pada **PBI-1971**, kait yang digunakan pada penelitian ini adalah kait dengan kemiringan 45° yang dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Model Kait

Keterangan:

1. d adalah diameter tulangan polos, dan
2. bengkokan harus mempunyai diameter intern sebesar paling sedikit $5d$ seperti pada Gambar 3.3.

3.6 Sambungan Lewatan Tulangan Baja Tarik

Batang tulangan tarik yang disambung dengan sambungan lewatan, harus mempunyai panjang lewat minimum sesuai Tabel 3.1 (PBI-1971).

Tabel 3.1 Panjang lewat minimum sambungan lewatan tulangan tarik

| Penggunaan tulangan tarik | Panjang lewat minimum | |
|--|-------------------------|--|
| | Batang tanpa kait ujung | Batang dengan kait ujung diukur dari tepi luar ke tepi luar kait |
| a. tulangan tarik secara umum, kecuali yang ditentukan dalam b dan c | $1,3 L_d$ | $1,3 (L_d - L_e)$ |
| b. batang-batang yang dipasang dengan jarak antara melintang p.k.p lebih dari $12d$ atau $12d_p$ | $1,3 L_d$ | $1,1 (L_d - L_e)$ |
| c. tulangan pelat, dinding dan fondasi telapak yang memikul lentur dalam 2 arah | $1,8 L_d$ | $1,8 (L_d - L_e)$ |

3.6.1 Panjang penyaluran (L_d) untuk batang polos

$$L_d = 0,14 \frac{A \sigma_{au}^*}{\sqrt{\sigma'_{bk}}} \geq 0,013d \sigma_{au}^* \text{ (cm)}$$

dimana: A = luas penampang batang (cm^2)

d = diameter batang polos (cm)

σ_{au}^* = kekuatan baja rencana (kg/cm^2)

σ'_{bk} = kekuatan tekan beton karakteristik (kg/cm^2)

3.6.2 Panjang penyaluran dari kait (L_e)

Kait-kait batang polos dianggap mampu mengerahkan tegangan tarik leleh didalam tulangan sebesar:

$$\sigma_{kait} = K \sqrt{\sigma'_{bk}} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$K = 0,035 \sigma_{au}^* \leq 100$$

Panjang penyaluran ekivalen L_e dari kait dapat dihitung sebagai berikut:

$$L_e = 0,14 \frac{A \sigma_{kait}}{\sqrt{\sigma'_{bk}}}$$

3.6.3 Faktor Konversi Kuat Tekan Beton

Menurut **PBI-1971**, apabila kekuatan tekan beton tidak ditentukan dengan benda uji kubus yang bersisi 15 cm, tetapi dengan benda uji kubus yang bersisi 20 cm atau dengan benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, maka perbandingan antara kekuatan tekan yang didapat dengan benda-benda uji terakhir

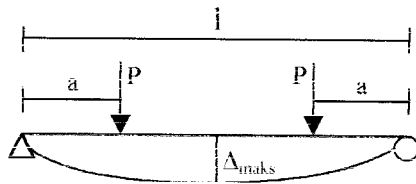
ini dan dengan benda uji kubus yang bersisi 15 cm, harus diambil menurut Tabel 3.2 seperti dibawah ini:

Tabel 3.2 Perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai benda uji

| Benda uji | Perbandingan kekuatan |
|-----------------------|-----------------------|
| Kubus 15 x 15 x 15 cm | 1,00 |
| Kubus 20 x 20 x 20 cm | 0,95 |
| Silinder 15 x 30 cm | 0,83 |

3.7 Analisa Defleksi Maksimal Teoritis

Defleksi maksimal teoritis dapat dihitung dengan rumus berikut ini:



$$\Delta_{maks} = \frac{P \cdot a}{24EI} (3l^2 - 4a^2)$$

Dimana: Δ_{maks} = defleksi maksimal (mm)

P = beban (N)

E = modulus elastisitas beton = $4700\sqrt{f'_c}$ (N/mm²)

I = momen inersia penampang (mm⁴)

l = panjang bentang balok (mm)

a = jarak beban dari tumpuan (mm)

BAB IV

PELAKSANAAN PENELITIAN

4.1 Bahan-bahan yang digunakan

4.1.1 Semen

Sebagai bahan perekat adukan beton (*binder*), digunakan semen portland type I merk Semen Gresik kemasan 50 kg. Penilaian kualitas semen hanya dilakukan dengan pengamatan secara visual terhadap keutuhan kemasan dan kehalusan butir.

4.1.2 Air

Air diambil dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

4.1.3 Agregat

Ada dua macam agregat yang digunakan, yaitu:

1. Agregat halus

Agregat halus adalah pasir yang diambil dari Kali Krasak, Sleman Yogyakarta yang berdiameter lolos saringan 4,80 mm. Pengujian pasir bertujuan untuk memperoleh distribusi ukuran butir (*gradasi*) dan berat volume dalam keadaan jenuh kering muka (*SSD*). Sebelum digunakan, pasir dicuci untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang terkandung di dalamnya.

2. Agregat kasar

Agregat kasar yaitu batuan pecah, didatangkan dari daerah Celereng, Kulon Progo, Yogyakarta. Memperhatikan ukuran penampang model, dipilih batu pecah dengan ukuran butir maksimum 20 mm. Penyelidikan batu pecah bertujuan memperoleh data tentang berat jenis dan berat volume dalam keadaan SSD. Sebelum digunakan, batu pecah diayak sehingga diperoleh ukuran agregat yang akan digunakan yaitu antara \varnothing 5 mm - \varnothing 20 mm kemudian dicuci agar bersih dari lumpur dan kotoran.

4.1.4 Baja Tulangan

Digunakan baja tulangan \varnothing 12 mm sebagai tulangan baja tarik memanjang, \varnothing 8 mm sebagai tulangan baja tekan memanjang dan \varnothing 6 mm sebagai tulangan sengkang.

4.2 Peralatan Pengujian

Untuk penelitian ini digunakan beberapa peralatan sebagai sarana dalam mencapai maksud dan tujuan penelitian yaitu:

4.2.1 Timbangan

Timbangan merk Fa Gani dengan kapasitas 500 kg, digunakan untuk menimbang bahan susun campuran adukan beton (pasir, semen, kerikil). Timbangan halus merk O'house kapasitas 20 kg dan 5 kg digunakan untuk menimbang batu pecah dan pasir ketika melakukan uji berat jenis, berat volume, agregat batu pecah dan modulus halus butir pasir.

4.2.2 Ayakan

Digunakan untuk mengetahui gradasi pasir dan batu pecah (*split*).

4.2.3 Mistar dan Kaliper

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

4.2.4 Mesin Uji Kuat Tarik

Digunakan untuk mengetahui kuat tarik dan kuat leleh baja tulangan. Pada penelitian ini digunakan “Universal Testing Material” (UTM) merk SHIMATSU type UMH 30, kapasitas 30 ton.

4.2.5 Mesin Uji Kuat Desak

Mesin uji kuat desak digunakan untuk mengetahui kuat desak dan kuat tarik silinder beton, didalam penelitian ini digunakan mesin uji kuat desak merk CONTROL kapasitas 2000 KN.

4.2.6 Mesin Pengaduk Beton

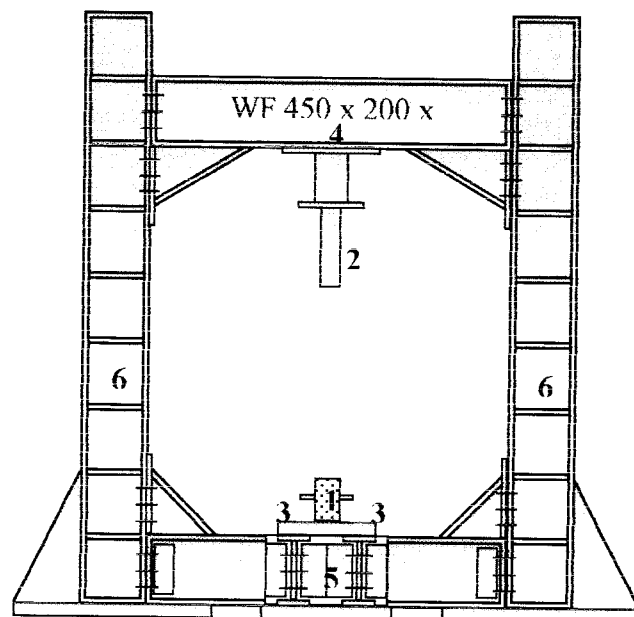
Mesin pengaduk beton (molen), digunakan untuk pengaduk bahan susun beton (semen, batu pecah, pasir dan air) sehingga diperoleh campuran adukan beton yang homogen.

4.2.7 Kerucut Abrams

Alat ini digunakan untuk mengukur tingkat kelecakan beton, tinggi 30 cm dengan diameter atas 10 cm dan diameter bawah 20 cm dilengkapi dengan alat penumbuk besi panjang 60 cm dengan diameter 16 mm.

4.2.8 “Loading Frame”

Bentuk dasar “Loading Frame” berupa portal segi empat yang berdiri diatas lantai beton dengan perantara pelat dasar dari besi setebal 14 mm. Agar “Loading Frame” tetap stabil, pelat dasar dibaut ke lantai beton dan kedua kolomnya dihubungkan oleh balok WF 450x200x9x14mm. Posisi balok portal dapat diatur untuk menyesuaikan dengan bentuk dan ukuran model yang akan diuji dengan cara melepas sambungan baut. Bentuk “Loading Frame” dapat dilihat pada Gambar 4.1



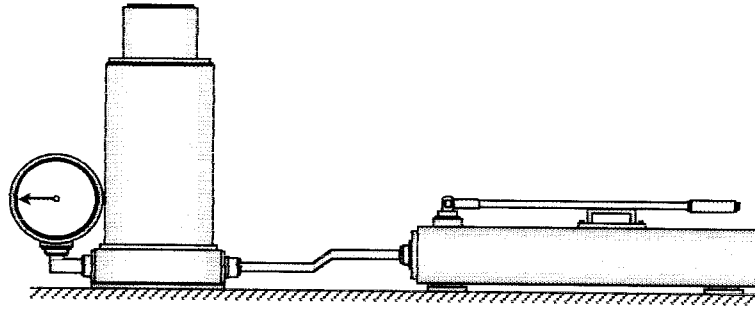
Keterangan:

- | | |
|-------------------|----------------------------------|
| 1. Model balok | 4. Balok portal (bisa digeser) |
| 2. Hydraulic Jack | 5. Balok lintang |
| 3. Dukungan | 6. Kolom |

Gambar 4.1 Bentuk fisik “Loading Frame”

4.2.9 “Hydraulic jack”

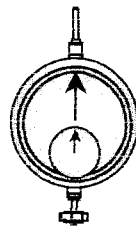
Alat ini dipakai untuk memberikan pembebanan pada pengujian lentur balok skala penuh. Dengan kapasitas maksimum 30 ton dan ketelitian pembacaan sebesar 0,5 ton (lihat Gambar 4.2).



Gambar 4.2. “Hidraulic Jack”

4.2.10 “Dial Gauge”

Alat ini digunakan untuk mengukur besarnya lendutan yang terjadi. Untuk penelitian skala penuh digunakan dial gauge dengan kapasitas lendutan maksimum 50 mm dengan tingkat ketelitian 0,01 mm. Pada pengujian balok kecil dipakai dial gauge dengan kapasitas lendutan maksimum 20 mm dengan tingkat ketelitian 0,01mm. Dalam penelitian ini digunakan “Dial Gauge” sebanyak 3 buah, (lihat Gambar 4.3).



Gambar 4.3 “Dial Gauge”

4.3 Pelaksanaan Penelitian

4.3.1 Persiapan

Pekerjaan persiapan meliputi: uji sifat-sifat teknis bahan susun beton (pasir, kerikil, dan semen), perancangan adukan beton, uji kuat desak silinder beton, uji kuat tarik baja tulangan, kalibrasi peralatan, “set-up instrument” pengujian dan uji pendahuluan.

a) Uji pasir

Hasil uji pasir didapat berat jenis SSD $2,7 \text{ Ton}/\text{m}^3$ dan modulus kehalusan butir 2,6.

b) Uji batu pecah

Uji batu pecah bertujuan mendapatkan berat jenis dan berat volume batu pecah keadaan SSD. Didapat berat jenis SSD $2,691 \text{ Ton}/\text{m}^3$ dan berat volume kerikil SSD $1,415 \text{ Ton}/\text{m}^3$.

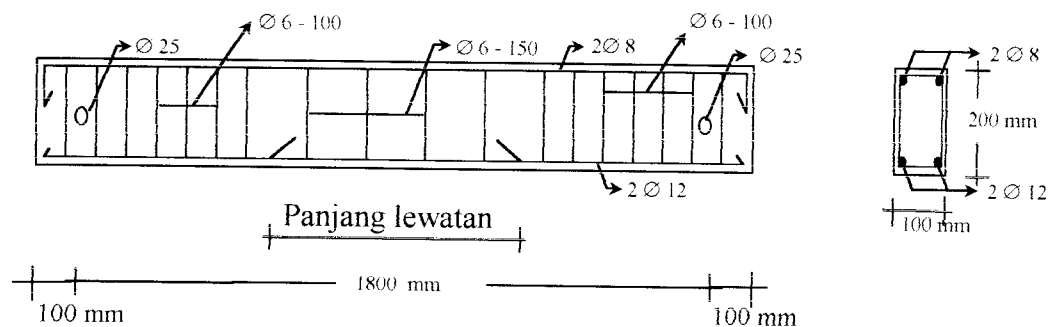
c) Perencanaan campuran adukan beton

Perencanaan campuran adukan beton menggunakan cara yang direkomendasi oleh American Concrete Institute (ACI), hitungan disajikan dalam lampiran 2. Untuk setiap satu meter kubik beton dengan kuat desak rencana 22,5 MPa diperlukan bahan penyusun yaitu semen 469,95 kg, pasir 791,1 kg, batu pecah 890 kg dan air 208 liter.

4.3.2 Pembuatan Benda Uji

Dalam penelitian ini, dibuat 10 buah balok beton dengan ukuran (100 mm x 200 mm x 2000 mm) lihat Gambar 4.4, yang terdiri dari:

- sampel A tanpa sambungan lewatan sebanyak 2 buah,
- sampel B dengan panjang sambungan lewatan 30 cm, sebanyak 2 buah,
- sampel C dengan panjang sambungan lewatan 40 cm, sebanyak 2 buah,
- sampel D dengan panjang sambungan lewatan 50 cm, sebanyak 2 buah, dan
- sampel E dengan panjang sambungan lewatan 60 cm, sebanyak 2 buah.



Gambar 4.4 Balok Beton

Selain pembuatan balok beton, dibuat juga dalam bentuk silinder sebanyak 10 buah dengan tujuan untuk mengetahui kuat desak beton. Dengan perincian dalam satu kali pencampuran (pengadukan dengan molen) dibuat satu buah balok beton dan satu buah silinder.

Adapun tahapan-tahapan dalam proses pembuatan benda uji adalah sebagai berikut:

- bahan disiapkan serta rencana campuran beton dibuat, maka langkah selanjutnya adalah dilakukan penimbangan bahan-bahan untuk memperoleh proporsi yang diperlukan. Terlebih dahulu split dan pasir yang akan dipakai diayak sesuai ukuran yang telah ditentukan dan dicuci dari segala kotoran dan debu, kemudian diangin-anginkan agar diperoleh keadaan jenuh permukaan,

2. pada proses pengecoran, agregat kasar dan sebagian air dari jumlah air yang dibutuhkan dimasukkan terlebih dahulu kedalam molen yang sedang berputar. Setelah itu dimasukkan pasir, semen dan air sedikit demi sedikit hingga campuran rata,
3. untuk mengetahui kelecakan adukan beton, maka dilakukan pengukuran slump dengan kerucut Abrams. Pelaksanaan pengujian slump dilakukan dengan cara kerucut didesak pada penyokong-penyokong kakinya sambil diisi adukan beton. Dibuat tiga lapis adukan dan tiap lapis ditumbuk sebanyak 25 kali, bagian atas kerucut adukan diratakan dan didiamkan selama 0,5 menit, lalu kerucut Abrams diangkat perlahan-lahan dengan tegak lurus dan diletakkan disamping adukan tadi dan diukur antara puncak kerucut dengan puncak adukan yang telah mengalami penurunan akibat terangkatnya kerucut Abrams, selisih tinggi tersebut dinamakan slump,
4. setelah slump sesuai dengan rencana, adukan dimasukkan dalam bekisting balok dan cetakan silinder beton yang telah dipersiapkan. Pada penelitian ini, ada sebagian papan bekisting yang pecah, baik itu pecah dari pembelian maupun pecah pada saat pembuatan bekisting, untuk mengatasinya dilakukan penambalan dengan menggunakan lakban. Adukan dimasukkan dengan berlapis dan tiap lapis ditumbuk dengan tongkat penumbuk sampai padat. Kemudian sisi bekisting diketuk-ketuk dengan palu sehingga terjadi pemadatan yang sempurna dan gelembung udara yang terperangkap akan keluar. Permukaan adukan diratakan dengan sendok semen. Adukan yang telah dicetak didiamkan dan diletakkan ditempat yang terlindung dari hujan maupun sinar matahari, dan

5. bekisting atau cetakan dapat dibuka apabila pengerasan sudah berlangsung selama 24 jam..

4.3.3 Perawatan Benda Uji

Untuk memperoleh hasil pengujian yang diharapkan, maka setelah beton dikeluarkan dari cetakan (bekisting) harus segera dilakukan rawatan sebagai berikut:

- a. Benda Uji Balok beton

Perawatan terhadap balok beton dilaksanakan dengan cara menyelimuti balok dengan karung basah yang disiram setiap hari selama 28 hari. Dengan cara ini diharapkan hidrasi semen berlangsung dengan baik.

- b. Benda Uji Silinder.

Untuk benda uji silinder dilakukan dengan cara merendam di dalam bak yang telah tersedia di Lab. BKT FTSP UII. Perawatan terhadap benda uji silinder tersebut dilakukan selama 28 hari.

4.3.4 Pelaksanaan Pengujian

Pengujian balok dilaksanakan setelah mencapai umur 28 hari. Pengujian dilakukan di Lab. Struktur FTSP UII dan di Lab. BKT FTSP UII. Pengujian ini meliputi:

1. Pengujian Kuat Desak Beton

Langkah pengujian kuat desak beton adalah sebagai berikut:

- a. silinder beton yang telah berumur 28 hari dikeluarkan dari bak rendaman, kemudian diangin-anginkan selama satu hari,

- b. sebelum dilaksanakan pengujian, benda uji ditimbang dan dilakukan pengukuran diameter dan tingginya,
- c. pada saat pengujian, benda uji diletakkan pada alas pembebanan mesin uji kuat desak beton, dan
- d. mesin uji kuat desak dihidupkan, kemudian pembebanan diberikan secara berangsur-angsur sehingga benda uji tersebut hancur pada pembebanan maksimal. Kemudian mesin dimatikan dan besar pembebanan dicatat sesuai jarum penunjuk pembebanan.

2. Pengujian Kuat Lentur

Pelaksanaan pengujian kuat lentur beton dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- a. untuk memudahkan penggambaran retak yang terjadi dibuat garis-garis bantu pada balok,
- b. balok dipersiapkan pada "Loading Frame" dan dibawah balok beton dipasang dial (alat pengukur lendutan). Jumlah dial yang dipasang adalah 3 buah yaitu 1 buah diletakkan dibawah tengah bentang dan 2 buah lainnya dibawah titik beban,
- c. pembebanan dilakukan berangsur-angsur dan dinaikkan perlahan-lahan. Setiap kenaikan pembebanan 1 kN, dial dibaca untuk mengetahui lendutan yang terjadi,
- d. selama pembebanan berlangsung juga dilakukan penggambaran dan penomoran retak yang terjadi tiap kenaikan beban, dan

- e. pembebanan dilakukan sampai mendapatkan pembebanan maksimal pada balok uji.

3. Pengujian Kuat Tarik Baja

Langkah-langkah pengujian kuat tarik baja adalah sebagai berikut:

- a. persiapan, yaitu dengan pengamplasan baja tulangan hingga bersih dari karat dan dilanjutkan pembuatan garis-garis untuk membantu pembacaan perpanjangan baja,
- b. pengukuran diameter dan panjang awal benda uji,
- c. pemasangan benda uji pada mesin tarik “Shimadzu”,
- d. mesin dinyalakan, dan pada saat beban mulai bekerja, “stop watch” dihidupkan serta dicatat pembebanan pada setiap penambahan 100 kg,
- e. dicatat beban luluh atas dan luluh bawah, kemudian mesin dimatikan dan benda uji dilepas,
- f. mesin dinyalakan kembali dan setiap perpanjangan 0,2 cm besarnya beban dicatat hingga baja tersebut patah, dan
- g. bagian yang patah disambung kembali dan diukur panjangnya.

BAB V

HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Pengujian

Hasil dari penelitian yang ditulis adalah:

1. hasil dari pengujian kuat desak beton yang diambil dari setiap pencampuran adukan beton,
2. hasil dari pengujian kuat tarik baja tiap diameter tulangan masing-masing dua buah sampel, dan
3. hasil dari pengujian kuat lentur terhadap masing-masing benda uji dengan menggunakan mesin uji lentur.

5.1.1 Hasil Pengujian Kuat Desak

Didalam penelitian ini setiap mengadakan campuran beton selalu dibuat satu buah benda uji silinder dengan ukuran diameter 15 cm, tinggi 30 cm untuk mengetahui kuat desak beton yang digunakan pada penelitian.

Dari pengujian 10 buah silinder beton umur 28 hari, diperoleh kuat desak beton seperti pada tabel 5.1 dibawah ini:

Tabel 5.1 Hasil Uji Desak Silinder Beton

| Sampel | Ukuran (mm) Diameter x tinggi | Luas (mm ²) | Beban Max (N) | Kuat Desak (MPa) |
|----------------|----------------------------------|----------------------------|------------------|---------------------|
| A ₁ | 150,7 X 299,1 | 17836,7 | 880000 | 49,3 |
| A ₂ | 151,3 X 298,2 | 17979,0 | 925000 | 51,4 |
| B ₁ | 150,3 X 298,3 | 17742,2 | 870000 | 49,0 |
| B ₂ | 149,6 X 298,6 | 17577,3 | 895000 | 50,9 |
| C ₁ | 150,5 X 298,5 | 17789,4 | 920000 | 51,7 |
| C ₂ | 150,5 X 297,8 | 17789,4 | 890000 | 50,0 |
| D ₁ | 150,5 X 298,8 | 17789,4 | 885000 | 49,7 |
| D ₂ | 150,5 X 297,8 | 17789,4 | 915000 | 51,4 |
| E ₁ | 150,2 X 298,6 | 17718,6 | 935000 | 52,8 |
| E ₂ | 149,6 X 295,5 | 17577,3 | 870000 | 49,0 |

Perhitungan kuat desak beton dapat dirangkum sebagai berikut:

$$\text{Kuat tekan rata-rata } (f'_{cr}) = 50,5 \text{ MPa}$$

$$\text{Standart deviasi } (s) = 1,31 \text{ MPa}$$

Untuk menghitung kuat desak karakteristik digunakan persamaan sebagai berikut:

$$f'_c = f'_{cr} - 1,64 \cdot s$$

Karena silinder beton yang digunakan untuk uji desak sebanyak 10 buah, maka standar deviasi dikalikan dengan faktor pengali standar deviasi sebesar 1,16 (Kardiyono, 1992).

Sehingga persamaannya menjadi:

$$f'_c = f'_{cr} - 1,64 \cdot s \cdot 1,16$$

$$f'_c = 50,5 - 1,64 \cdot (1,31) \cdot 1,16 = 48,0 \text{ MPa}$$

Berdasarkan hasil pengujian didapat kuat desak beton sebesar 48,0 MPa.

5.1.2 Hasil Pengujian Kuat Tarik Baja Tulangan

Untuk mengetahui kualitas baja tulangan yang terpasang dalam model balok, dilakukan uji tarik baja tulangan, data hasil uji tarik baja ditunjukkan pada lampiran 4, rangkuman hasil uji kuat tarik baja ditunjukkan pada Tabel 5.2

Tabel 5.2 Hasil Uji Tarik Baja

| Diameter Terukur | Luas Penampang (mm ²) | Beban Saat Baja Leleh (kg) | Tegangan Leleh (kg/mm ²) | Tegangan Leleh (MPa) | Tegangan Leleh Rata-rata (MPa) |
|------------------|-----------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|----------------------|--------------------------------|
| 8 | 50,3 | 1900 | 37,8 | 378 | |
| 8 | 50,3 | 1380 | 27,4 | 274 | 326 |
| 11 | 95 | 2180 | 22,95 | 229,5 | |
| 11,2 | 98 | 2160 | 22,05 | 220,5 | 225 |

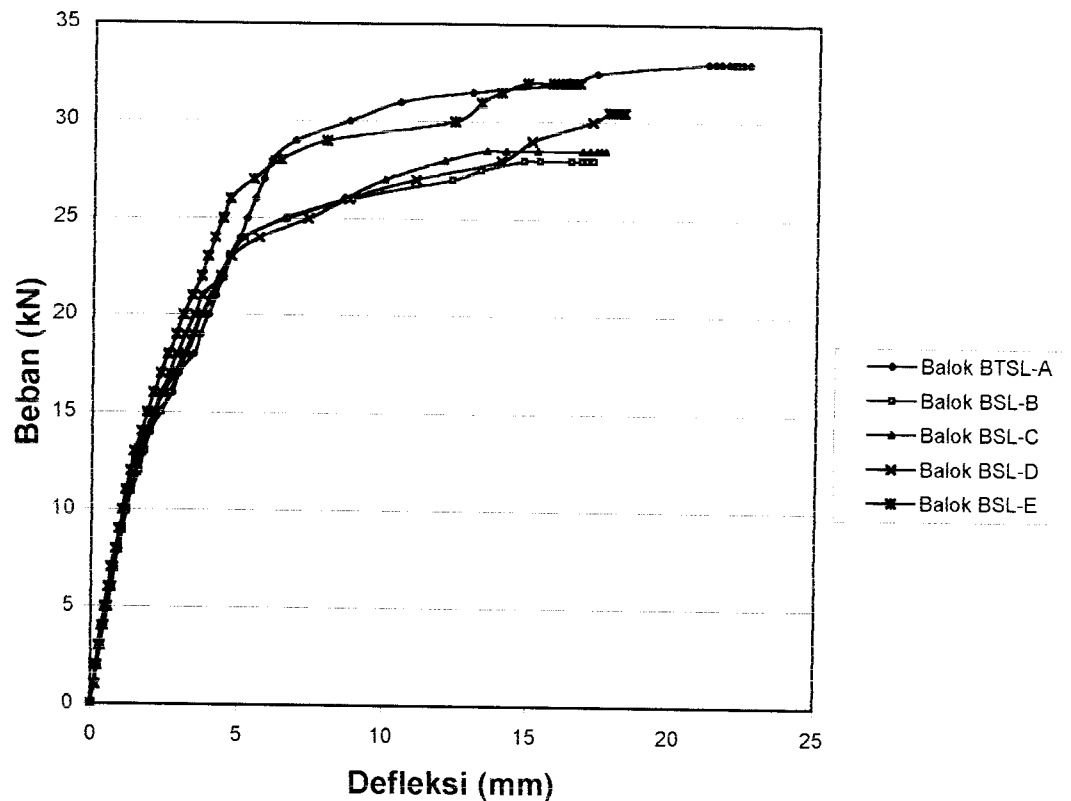
5.1.3 Hasil Pengujian Kuat Lentur

Hasil pengujian balok beton bertulang dengan dan tanpa sambungan lewatan berkait pada penelitian ini dirangkum sebagai berikut:

Tabel 5.3 Hasil Uji Lentur Balok Beton

| Benda Uji | Beban Maksimum (kN) | Beban Rata-rata (kN) | Defleksi Maksimum (mm) | Defleksi Rata-rata (mm) |
|-----------|---------------------|----------------------|------------------------|-------------------------|
| A1 | 35 | | 28,10 | |
| A2 | 31 | 33 | 17,10 | 22,6 |
| B1 | 27 | | 18,52 | |
| B2 | 29 | 28 | 15,88 | 17,2 |
| C1 | 28 | | 17,55 | |
| C2 | 29 | 28,5 | 17,65 | 17,6 |
| D1 | 31 | | 17,28 | |
| D2 | 30 | 30,5 | 19,24 | 18,26 |
| E1 | 33 | | 15,80 | |
| E2 | 31 | 32 | 17,62 | 16,71 |

Gambar 5.1 dibawah ini memberikan gambaran hubungan antara beban rata-rata dan defleksi rata-rata dari masing-masing variasi benda uji.



Gambar 5.1 Grafik Hubungan Beban Rata-rata dan Defleksi Rata-rata

5.2 Pembahasan

5.2.1 Kuat Desak Beton

Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa beton yang dibuat dengan perbandingan volume ternyata menghasilkan kuat desak beton yang bervariasi diantara benda uji. Hal ini disebabkan karena pencampuran beton untuk seluruh benda uji tidak dapat dilakukan sekaligus mengingat kapasitas alat pencampur beton (molen) terbatas. Sehingga perbandingan campuran antara benda uji satu dengan benda uji yang lain tidak dapat sama persis. Untuk menjaga agar perbandingan

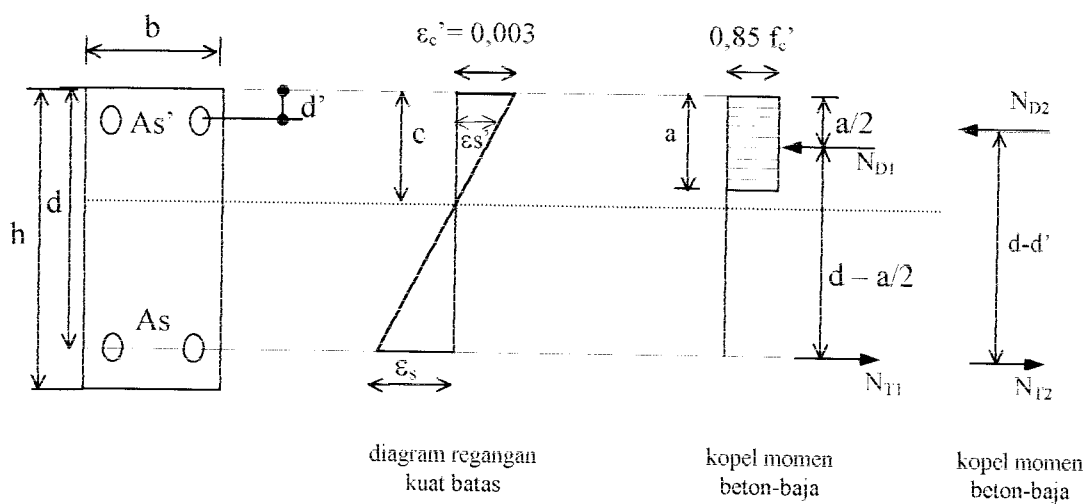
adukan tidak terlalu jauh antara benda uji satu dengan lainnya maka dalam penelitian ini ditetapkan nilai slump antara 7,5-15 cm. Berdasarkan hasil pengujian didapat kuat desak beton sebesar 48,0 MPa, sehingga memenuhi kuat desak beton rencana sebesar 22,5 MPa.

5.2.2 Kuat Tarik Baja

Dari uji tarik terhadap baja tulangan yang digunakan yaitu D_8 untuk tulangan baja desak dan D_{12} untuk tulangan baja tarik dapat diketahui besarnya gaya (P) saat baja mengalami leleh. Tegangan leleh baja (f_y) dapat dihitung dengan cara membagi gaya (P) dengan luas penampang baja (A) dari benda uji.

5.2.3 Analisa Penampang Balok

Analisa penampang ini untuk mencari kapasitas momen rencana yang nantinya digunakan sebagai pembanding kapasitas momen hasil uji. Adapun perhitungan analisa penampang dapat diuraikan sebagai berikut:



Diketahui:

$$\begin{aligned}
 f_c' &= 48 \text{ Mpa} \\
 f_y &= 225 \text{ Mpa} \\
 b &= 100 \text{ mm} \\
 h &= 200 \text{ mm} \\
 d &= (200 - 30 - 0,5 \times 12) = 164 \text{ mm} \\
 d' &= 20 \text{ mm} \\
 A_s &= 226,2 \text{ mm}^2 \\
 A_s' &= 100,6 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dianggap semua penulangan telah leleh, maka $f_s' = f_y$ dan $f_s = f_y$

$$a = \frac{(A_s - A_s')f_y}{(0,85f_c')b} = \frac{A_s f_y}{(0,85f_c')b}$$

$$a = \frac{(226,2 - 100,6) \times 225}{(0,85 \times 48,0) \times 100} = 6,93 \text{ mm}$$

Untuk f_c' lebih dari 30 Mpa, maka $\beta_1 = 0,85 - 0,008(48 - 30) = 0,71$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{6,93}{0,71} = 9,76 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s' = \frac{c - d'}{c} (0,003) = \frac{9,76 - 20}{9,76} (0,003) = -0,00315$$

$$\epsilon_s = \frac{d - c}{c} (0,003) = \frac{164 - 9,76}{9,76} (0,003) = 0,0474$$

$$\epsilon_y = \frac{225}{200000} = 0,00113$$

Karena $\epsilon_s' < \epsilon_y$ dan $\epsilon_s \geq \epsilon_y$, maka anggapan awal tidak betul dan tulangan baja tekan

belum leleh, untuk mendapatkan nilai c digunakan persamaan sebagai berikut:

$$(0,85f_c' \beta_1 b) c^2 + (600A_s' - A_s f_y) c - 600d' A_s' = 0$$

$$(0,85 \times 48 \times 100 \times 0,71) c^2 + (600 \times 100,6 - 226,2 \times 225) c - 600 \times 20 \times 100,6 = 0$$

$$2896,8c^2 + 9465c - 1207200 = 0$$

$$c = 18,85 \text{ mm}$$

$$f_s' = \frac{c - d'}{c} (600) = \frac{18,85 - 20}{18,85} (600) = -36,6 \text{ Mpa}$$

Karena f_s' berharga negatif maka $f_s' = 0$

$$a = \frac{A_s f_y}{(0,85 f_c') b} = \frac{226,2 \times 225}{(0,85 \times 48) 100} = 12,474 \text{ mm}$$

Menghitung gaya-gaya tekan,

$$N_{D1} = (0,85 f_c') b a = 0,85 \times 48 \times 100 \times 12,474 = 50895 \text{ N}$$

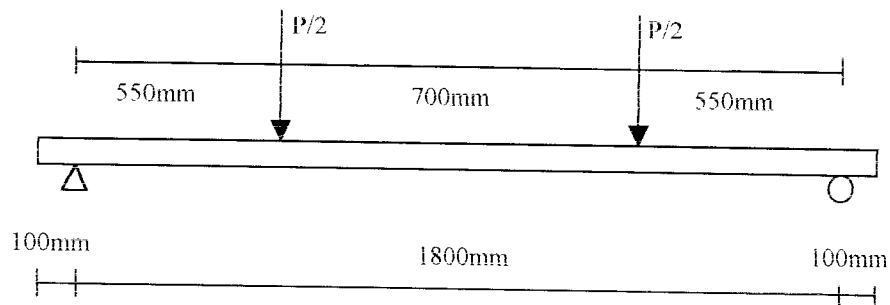
$$N_{D2} = A_s f_s' = 0$$

$$N_T = A_s f_y = 226,2 \times 225 = 50895 \text{ N}$$

Menghitung Momen Kapasitas,

$$\begin{aligned} M_n &= A_s f_y (d - a/2) \\ &= 226,2 \times 225 \times (164 - (12,474/2)) = 8029348 \text{ N.mm} \\ &= 8,03 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

Mencari beban maksimum



Momen maksimum terjadi pada 550mm = 0,55m dari tumpuan,

$$M = 0,55 \frac{P}{2}$$

$$P = \frac{2M}{0,55} = \frac{2 \times 8,03}{0,55} = 29,2 \text{ kN}$$

Jadi beban maksimum yang dapat dipikul balok pada pembebanan seperti gambar diatas adalah 29,2 kN.

5.2.4 Panjang Minimal Sambungan Lewatan Berkait

1. Panjang penyaluran (L_d) untuk batang polos

$$L_d = 0,14 \frac{A \sigma_{au}^*}{\sqrt{\sigma'_{bk}}} \geq 0,013 d \sigma_{au}^* \text{ (cm)}$$

dimana: A – luas penampang batang (cm^2)

d = diameter batang polos (cm)

σ_{au}^* = kekuatan baja rencana (kg/cm^2)

σ'_{bk} = kekuatan tekan beton karakteristik (kg/cm^2)

$$A = (1/4)\pi d^2 = (1/4)\pi \times 12^2 = 113,1 \text{ mm}^2 = 1,131 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{au}^* = 225 \text{ Mpa} = 2250 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma'_{bk} = 0,83 f_c' = 0,83 \times 48 = 39,84 \text{ Mpa} = 398,4 \text{ kg/cm}^2$$

$$L_d = 0,14 \frac{A \sigma_{au}^*}{\sqrt{\sigma'_{bk}}} \geq 0,013 d \sigma_{au}^* \text{ (cm)}$$

$$L_d = 0,14 \frac{1,131 \times 2250}{\sqrt{398,4}} = 17,85 \text{ cm} \geq 0,013 \times 1,2 \times 2250 = 35,1 \text{ cm}$$

2. Panjang penyaluran dari kait (L_e)

Kait-kait batang polos dianggap mampu meneruskan tegangan tarik leleh didalam tulangan sebesar:

$$\sigma_{kait} = K \sqrt{\sigma'_{bk}} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$K = 0,035 \sigma_{au}^* \leq 100$$

$$K = 0,035 \times 2250 = 78,75 \leq 100$$

$$\sigma_{kait} = K \sqrt{\sigma'_{bk}} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$\sigma_{kait} = 78,75 \sqrt{398,4} = 1571,85 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

Panjang penyaluran ekivalen L_e dari kait dapat dihitung dengan mengganti σ_{au}^* dengan σ_{kait} .

$$L_e = 0,14 \frac{A\sigma_{kait}}{\sqrt{\sigma'_{bk}}}$$

$$L_e = 0,14 \frac{1,131 \times 1571,85}{\sqrt{398,4}} = 12,47 \text{ cm}$$

3. Panjang minimal sambungan lewatan berkait (L_s)

$$L_s = 1,3(L_d - L_e)$$

$$L_s = 1,3(35,1 - 12,47) = 29,42 \text{ cm}$$

Jadi panjang minimal sambungan lewatan berkait tulangan polos adalah 29,42 cm.

5.2.5 Perhitungan Kemampuan Tarik Sambungan Lewatan Berkait

1. Panjang Lewatan 30 cm

$$L_s = 1,3(L_d - L_e)$$

$$L_s = 1,3 \left(0,14 \frac{A\sigma_{au}^*}{\sqrt{\sigma'_{bk}}} - 0,14 \frac{A\sigma_{kait}}{\sqrt{\sigma'_{bk}}} \right)$$

$$30 = 1,3 \left(0,14 \frac{T}{\sqrt{398,4}} - 12,47 \right)$$

$$30 = 0,00912T - 16,211$$

$$T = 5067,974 \text{ kg}$$

$$T = 50,67975 \text{ kN} < T_{rencana} = A_s \cdot f_y = 226,2 \cdot 255 = 50,895 \text{ kN}$$

2. Panjang Lewatan 40 cm

$$L_s = 1,3(L_d - L_e)$$

$$L_s = 1,3 \left(0,14 \frac{A\sigma^*_{au}}{\sqrt{\sigma'_{bk}}} - 0,14 \frac{A\sigma_{kait}}{\sqrt{\sigma''_{bk}}} \right)$$

$$40 = 1,3 \left(0,14 \frac{T}{\sqrt{398,4}} - 12,47 \right)$$

$$40 = 0,00912T - 16,211$$

$$T = 6164,79 \text{ kg}$$

$$T = 61,6479 \text{ kN} > T_{rencana} = A_s \cdot f_y = 226,2 \cdot 255 = 50,895 \text{ kN}$$

3. Panjang Lewatan 50 cm

$$L_s = 1,3(L_d - L_e)$$

$$L_s = 1,3 \left(0,14 \frac{A\sigma^*_{au}}{\sqrt{\sigma'_{bk}}} - 0,14 \frac{A\sigma_{kait}}{\sqrt{\sigma''_{bk}}} \right)$$

$$50 = 1,3 \left(0,14 \frac{T}{\sqrt{398,4}} - 12,47 \right)$$

$$50 = 0,00912T - 16,211$$

$$T = 7261,4 \text{ kg}$$

$$T = 72,614 \text{ kN} > T_{rencana} = A_s \cdot f_y = 226,2 \cdot 255 = 50,895 \text{ kN}$$

4. Panjang Lewatan 60 cm

$$L_s = 1,3(L_d - L_e)$$

$$L_s = 1,3 \left(0,14 \frac{A\sigma^*_{au}}{\sqrt{\sigma'_{bk}}} - 0,14 \frac{A\sigma_{kait}}{\sqrt{\sigma''_{bk}}} \right)$$

$$60 = 1,3 \left(0,14 \frac{T}{\sqrt{398,4}} - 12,47 \right)$$

$$60 = 0,00912T - 16,211$$

$$T = 8358,08 \text{ kg}$$

$$T = 83,5808 \text{ kN} > T_{rencana} = A_s \cdot f_y = 226,2 \cdot 255 = 50,895 \text{ kN}$$

Dari perhitungan diatas dapat dianalisa bahwa secara teoritis sambungan lewatan berkait minimal 40 cm mempunyai kemampuan menahan gaya tarik lebih dari kemampuan baja menahan gaya tarik.

5.2.6 Perbandingan Defleksi Teoritis dan Defleksi Hasil Uji Lentur

Grafik yang dihasilkan dari defleksi teoritis merupakan grafik linier (lihat lampiran 6), hal ini dikarenakan tinjauan modulus elastisitas (E) dan momen inersia tetap untuk setiap penambahan pembebanan. Sedangkan grafik hasil pengujian berupa lengkung, hal ini dikarenakan momen inersia berubah karena terjadi retak.

5.2.7 Kuat Lentur Balok Beton

Dari hasil pengujian lentur terhadap 10 benda uji balok beton, diperoleh beban maksimum pada masing-masing benda uji dan didapatkan beban rata-ratanya seperti terlihat pada tabel 5.3, sehingga dapat dihitung kapasitas momen dari masing-masing benda uji seperti tabel 5.4 berikut ini:

Tabel 5.4 Kapasitas momen dari masing-masing benda uji

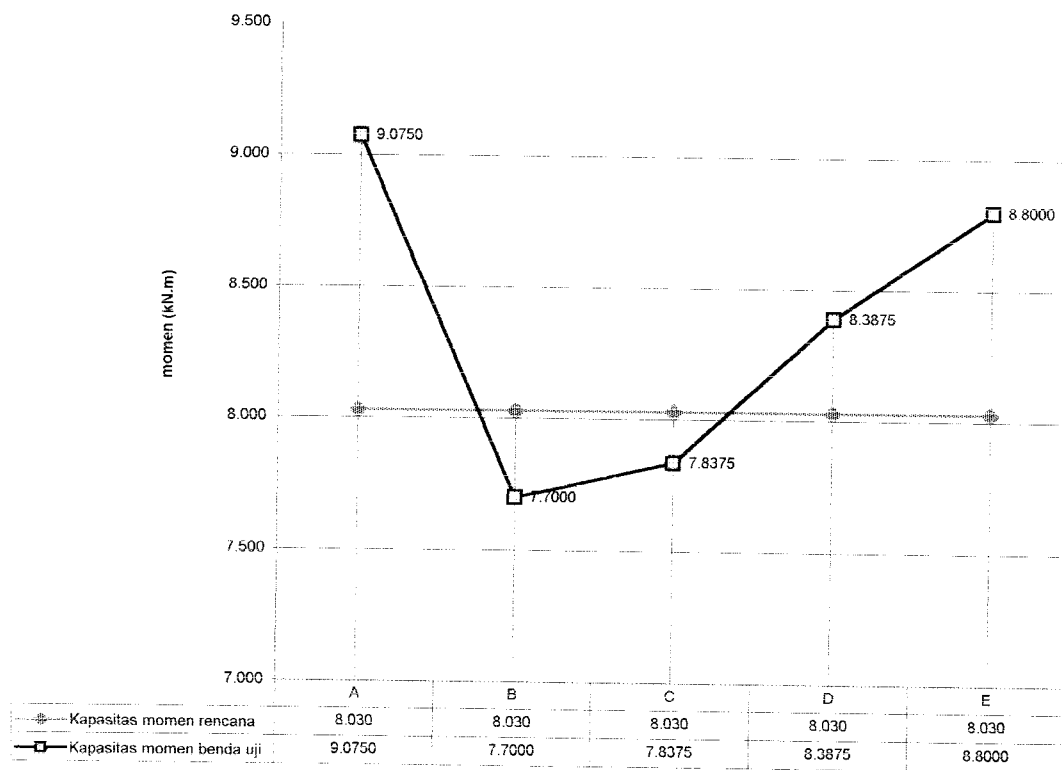
| Kode benda uji | Beban rata-rata (kN) | Kapasitas momen benda uji $M = 0,55 \cdot (P/2)$ (kN.m) |
|----------------|-------------------------|---|
| A | 33 | 9,0750 |
| B | 28 | 7,7000 |
| C | 28,5 | 7,8375 |
| D | 30,5 | 8,3875 |
| E | 32 | 8,8000 |

Dengan membandingkan antara hasil pengujian dengan perhitungan yang telah direncanakan maka dapat ditentukan apakah sambungan lewatan itu memenuhi persyaratan atau tidak. Seperti yang terlihat pada tabel 5.5 dibawah ini perbandingan kapasitas tampang rencana dengan hasil pengujian lentur yang diperoleh.

Tabel 5.5 Perbandingan kapasitas tampang rencana dengan hasil pengujian lentur pada masing-masing benda uji

| Kode benda uji | Kapasitas momen rencana (kNm) | Kapasitas momen benda uji (kNm) |
|----------------|----------------------------------|------------------------------------|
| A | 8,0300 | 9,0750 |
| B | 8,0300 | 7,7000 |
| C | 8,0300 | 7,8375 |
| D | 8,0300 | 8,3875 |
| E | 8,0300 | 8,8000 |

Dari tabel 5.5 dapat dibuat grafik perbandingan kapasitas momen rencana dan kapasitas momen benda uji seperti terlihat pada gambar 5.2



Gambar 5.2 Grafik Perbandingan Kapasitas Momen Rencana dan Kapasitas Momen Benda Uji

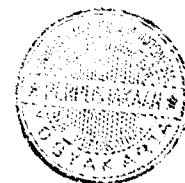
Dari tabel 5.5 dan gambar 5.2 dapat dilihat bahwa kapasitas tampang benda uji B (sambungan lewatan 30 cm) dan C (sambungan lewatan 40 cm) mempunyai kekuatan dibawah kapasitas tampang perencanaan. Sehingga pada penelitian ini sambungan lewatan yang memenuhi syarat harus melebihi kapasitas penampang rencana adalah benda uji D (sambungan lewatan 50 cm atau 41,67d) dan benda uji E (sambungan lewatan 60 cm atau 50d).

5.3 Pola Retak Benda Uji

Pada saat pengujian berlangsung, beban ditambahkan secara perlahan-lahan dengan kenaikan sebesar 1 kN. Pada beban yang relatif kecil, serat penampang balok secara efektif dapat menahan beban tersebut bersama dengan baja tulangan. Apabila beban tadi meningkat hingga kekuatan tarik beton terlampaui, maka terjadi retak tarik. Retak tarik ini akan menjalar ke bagian atas penampang bahkan dapat melampaui garis netral penampang.

Pola retak yang terjadi pada penelitian antara lain:

1. pada balok beton tanpa sambungan lewatan berkait, retak yang terjadi lebih halus atau tidak selebar pada balok beton dengan sambungan lewatan berkait, dan
2. pada balok beton dengan sambungan lewatan berkait, retak lebar terjadi di ujung-ujung sambungan lewatan. Retak lebar ini diiringi dengan defleksi yang bergerak cukup cepat.



BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut ini:

1. pembuatan beton yang berulang-ulang akan memberikan mutu beton yang berbeda-beda,
2. sambungan lewatan berkait menghasilkan kuat lentur yang besarnya sesuai dengan panjang sambungan, semakin panjang sambungan lewatan berkait menghasilkan kuat lentur yang semakin besar, begitu juga sebaliknya semakin pendek panjang sambungan lewatan berkait menghasilkan kuat lentur yang semakin kecil,
3. retak-retak lebar balok beton pada uji lentur terjadi pada daerah ujung sambungan lewatan, dan
4. benda uji dengan panjang sambungan lewatan berkait minimal 50 cm (41,67d) adalah benda uji yang memenuhi persyaratan kapasitas tampang sesuai dengan perencanaan sedangkan benda uji dengan panjang sambungan kurang dari 50 cm (41,67d) pada penelitian ini tidak dapat memenuhi persyaratan. Jadi panjang efektif sambungan lewatan berkait tulangan polos adalah 41,67d.

6.2 Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan, dapat diberikan saran yang diharapkan dapat bermanfaat, antara lain sebagai berikut:

1. untuk penelitian mendatang, perlu diperhatikan pembuatan dan pemilihan papan bekisting agar pada saat pengecoran tidak terjadi kebocoran yang disebabkan retak-retak bekisting, dan
2. perlu ditindak lanjuti penelitian tentang sambungan lewatan ini dengan menggunakan tulangan ulir.

DAFTAR PUSTAKA

1. -----, 1971, **PERATURAN BETON BERTULANG INDONESIA**, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung
2. -----, 1989, **TATA CARA PERANCANGAN DAN PELAKSANAAN KONSTRUKSI BETON**, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta
3. -----, 1991, **TATA CARA PERHITUNGAN STRUKTUR BETON UNTUK BANGUNAN GEDUNG**, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung
4. -----, 1989, **PERHITUNGAN KONSTRUKSI BETON BERTULANG BERDASARKAN PEDOMAN BETON 1989**, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya
5. Istimawan Dipohusodo, 1994, **STRUKTUR BETON BERTULANG**, Gramedia Pustaka Umum, Jakarta
6. George Winter dan Arthur H. Nilson, 1993, **PERENCANAAN STRUKTUR BETON BERTULANG**, PT Pradnya Paramita, Jakarta
7. Chu-Kia Wang, Charles G. Salmon, alih bahasa oleh Binsar Hariandja, 1986, **DISAIN BETON BERTULANG**, Penerbit Erlangga, Jakarta
8. W. C Vis dan R. Sagel, 1987, **PERHITUNGAN PERENCANAAN SEDERHANA UNTUK BETON BERTULANG**, Penerbit Erlangga, Jakarta
9. L. Wahyudi dan Syahril A. Rahim, 1997, **STRUKTUR BETON BERTULANG STANDAR BARU SNI T-15-1991-03**, Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
10. Phil M. Ferguson, alih bahasa oleh Budianto Sutanto dan Kris Setianto, 1986, **DASAR-DASAR BETON BERTULANG**, Penerbit Erlangga
11. Ahmad Antono, Prof. Ir, 1988, **TEKNOLOGI BETON**, KMTS-UGM, Yogyakarta
12. Kardiyono Tjokrodimulyo, Ir, ME, 1992, **TEKNOLOGI BETON**, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

| NO. | N A M A | NO. MHS. | BID. STUDI |
|-----|---------------|------------|------------|
| 1 | SEIYO NUGROHO | 94 310 105 | STRUKTUR |
| 2 | ACHMADI | 94 310 085 | STRUKTUR |

JUDUL TUGAS AKHIR :

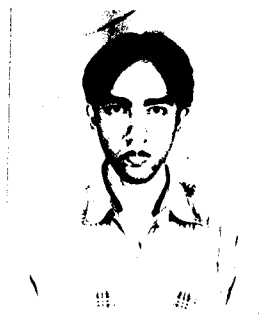
PANJANG EFEKTIF SAMBUNGAN LEWATAN BERKAIT TULANG POLOS PADA ELEMEN STRUKTUR BALOK DUKUNGAN SEDERHANA.

PERIODE I : SEPTEMBER – FEBRUARI
TAHUN : 2000 / 2001

| No. | Kegiatan | Bulan Ke : | | | | | |
|-----|----------------------------|------------|------|------|------|------|------|
| | | Sept. | Okt. | Nop. | Des. | Jan. | Feb. |
| 1. | Pendaftaran | | | | | | |
| 2. | Penentuan Dosen Pembimbing | | | | | | |
| 3. | Pembuatan Proposal | | | | | | |
| 4. | Seminar Proposal | | | | | | |
| 5. | Konsultasi Penyusunan TA. | | | | | | |
| 6. | Sidang Sidang | | | | | | |
| 7. | Pendadaran. | | | | | | |

DOSEN PEMBIMBING I
DOSEN PEMBIMBING II

IR. HELMI AKBAR BALE, MT
IR. H. SUHARYATMO, MT



Yogyakarta, 31 Oktober, 2000
a.n. Dekan,

IR. H. TADJUDDIN BM ARIS, MS

Catatan :

Seminar :

Sidang :

Pendadaran :

HASIL PEMERIKSAAN LABORATORIUM

Tgl 28-29 November 2000

1. Pemeriksaan BJ Agregat

a. Pemeriksaan BJ Pasir

Berat piring = 156 gr

Berat pasir + piring = 269 gr

Berat pasir = 269-156 = 113 gr

Volume air = 500 cc

Volume air + pasir = 542 cc

$$BJ_{\text{pasir}} = \frac{113}{542 - 500} = 2,69 \text{ t/m}^3 \approx 2,7 \text{ t/m}^3$$

b. BJ Kerikil

Berat piring = 156 gr

Berat kerikil + piring = 371,3 gr

Berat kerikil = 371,3-156 = 215,3 gr

Volume air = 500 cc

Volume air + kerikil = 580 cc

$$BJ_{\text{kerikil}} = \frac{215,3}{580 - 500} = 2,691 \text{ t/m}^3$$

2. Uji MHB (Modulus Halus Butiran) Pasir

| Lubang Ayakan (mm) | Berat Tertinggal (gr) | Berat Teringgal (%) | Berat Tertinggal Kumulatif (%) |
|-----------------------|--------------------------|------------------------|-----------------------------------|
| 4,75 | 6,4 | 0,64 | 0,64 |
| 2,36 | 55,7 | 0,557 | 6,21 |
| 1,20 | 164,4 | 16,44 | 22,65 |
| 0,60 | 290,9 | 29,09 | 51,74 |
| 0,30 | 264,3 | 26,43 | 78,17 |
| 0,15 | 177,5 | 17,75 | 95,92 |
| sisia | 40,8 | 4,08 | ----- |
| Total | 1000 gr | 100% | 255,33 |

$$\text{MHB Pasir} = \frac{255,33}{100} = 2,553 \approx 2,6$$

3. Uji Berat Satuan Ditusuk

Berat silinder = 5,2 kg

Berat silinder + kerikil = 12,7 kg

Berat kerikil = 12,7-5,2 = 7,5 kg = 0,0075 ton

Volume silinder = $\frac{1}{4} \pi \times 0,15^2 \times 0,3 = 0,0053 \text{ m}^3$

$$\text{Berat satuan ditusuk} = \frac{\text{Berat kerikil}}{\text{Volume silinder}}$$

$$\text{Berat Satuan ditusuk} = \frac{0,0075}{0,0053} = 1,415 \text{ t/m}^3$$

LABORATORIUM
RUANG KONSTRUKSI TEKNIK
FALTA TEKNIK 1991

Mix Design with ACI Methode**Panjang Efektif Sambungan Lewatan Berkait Tulangan Polos****Pada Model Elemen Struktur Balok Dukungan Sederhana**

Cetakan silinder : - Tinggi = 300 mm
 - Diameter = 150 mm } Volume = $0,25 \times \pi \times 0,15^2 \times 0,3 \times 10 = 0,053 \text{ m}^3$

Balok : - Tinggi = 200 mm
 - Lebar = 100 mm } Volume = $0,2 \times 0,1 \times 2 \times 10 = 0,4 \text{ m}^3$
 - Panjang = 2000 mm

Jadi volume total = 0,453m³

Jenis konstruksi (Plat, Balok, Kolom) → Nilai slump : min = 75 mm ; max = 150 mm

Vol. Tot. = $0,453 \text{ m}^3 < 1000 \text{ m}^3$ → Vol. pekerjaan kecil

→ Mutu pelaksanaan cukup, diambil nilai $d_s = 7,5 \text{ MPa}$

❖ $f'_{cr} = f'_c + m$; $m = 1,64 \cdot d_s$
 = $22,5 + (1,64 \cdot 7,5)$
 = 34,8 Mpa

❖ Untuk $f'_{cr} = 34,8 \text{ MPa}$ → f.a.s. = 0,4426 (dari tabel)

❖ Nilai slump berdasar jenis struktur (75 – 150 mm)

❖ Jumlah air yg dibutuhkan berdasar nilai slump dan (ukuran agregat max = 20 mm)
 dari tabel didapat jumlah Air = 208 kg/m^3 dengan udara terperangkap = 2 %

❖ Kebutuhan semen

f.a.s. = 0,4426 → Air / Semen

Semen = Air / 0,4426 → $208 / 0,4426 = 469,95 \text{ kg/m}^3$

digunakan:

Pasir : $B_j = 2,7 \text{ t/m}^3$

MHB = 2,6

Kerikil : $B_j = 2,691 \text{ t/m}^3$

Berat volume kerikil = $1,415 \text{ t/m}^3$

Semen : $B_j = 3,15 \text{ t/m}^3$

- ❖ Menentukan volume agregat kasar per satuan volume

MHB pasir = 2,6

Ukuran max kerikil = 20mm

} Dari tabel diperoleh Vol. agregat kasar = $0,63 \text{ m}^3$

Berat agregat kasar = $0,63 \cdot 1,415 = 0,89 \text{ ton} \times 1000 = 890 \text{ kg}$

Volume kerikil = $0,89 / 2,691 = 0,33 \text{ m}^3$

- ❖ Hitungan volume agregat halus

Vol. Semen = $469,95 / (3,15 \times 1000) = 0,149 \text{ m}^3$

Vol. Air = $208 / 1000 = 0,208 \text{ m}^3$

Vol. Agregat kasar = $0,89 / 2,691 = 0,33 \text{ m}^3$

Vol. Udara = 2 %
 $= 0,020 \text{ m}^3$
 $\frac{\quad}{0,707 \text{ m}^3} +$

volume agregat halus = $1 - 0,707 = 0,293 \text{ m}^3$

berat agregat halus = $0,293 \times 2,7 \times 1000 = 791,1 \text{ kg}$

- ❖ Jadi perbandingan adukan beton per 1 m^3

SP : Ps : Kr : Air = $469,95 : 791,1 : 890 : 208$

= $1 : 1,683 : 1,893 : 0,442$

- ❖ Kebutuhan material dalam 1 kali adukan beton (Vol. Mixer = $0,08 \text{ m}^3$)

Volume 1 kali pengadukan untuk 1 balok + 1 silinder

Volume = $(0,2 \times 0,1 \times 2) + (0,25 \times \pi \times 0,15^2 \times 0,3) = 0,0453 \text{ m}^3 \approx 0,05 \text{ m}^3$

1. Semen = $469,95 \times 0,05 = 23,5 \text{ kg}$

2. Pasir = $791,1 \times 0,05 = 39,6 \text{ kg}$

3. Kerikil = $890 \times 0,05 = 44,5 \text{ kg}$

4. Air = $208 \times 0,05 = 10,4 \text{ liter}$

Tabel Kebutuhan Material per- m³ Beton

| No. | Jenis Material | Berat (kg) |
|------------|-----------------------|-------------------|
| 1 | Semen | 469,95 |
| 2 | Pasir | 791,1 |
| 3 | Kerikil | 890 |
| 4 | Air | 208 liter |

Tabel kebutuhan Material per-adukan (vol. = 0,05 m³)

| N0. | Jenis Material | Berat (kg) |
|------------|-----------------------|-------------------|
| 1 | Semen | 23,5 |
| 2 | Pasir | 39,6 |
| 3 | Kerikil | 44,5 |
| 4 | Air | 10,4 |

HASIL PENGUJIAN KUAT DESAK SILINDER BETON

Untuk Tugas Akhir dengan Judul

"Panjang Efektif Sambungan Lewatan Berkait Tulangan Polos
Pada Model Elemen Struktur Balok Dukungan Sederhana"

| No | Ukuran (cm) Diameter x tinggi | Luas (cm ²) | Berat (kg) | Dibuat tgl | Diuji tgl | Berat satuan Ton/meter | Beban Max (KN) | Kuat Desak (Mpa) |
|----------------|----------------------------------|----------------------------|---------------|------------|-----------|---------------------------|-------------------|---------------------|
| A ₁ | 15,07 X 29,91 | 178,367 | 12,677 | 13-12-00 | 22-01-01 | 2,376 | 880 | 49,3 |
| A ₂ | 15,13 X 29,82 | 179,790 | 12,573 | 13-12-00 | 22-01-01 | 2,345 | 925 | 51,4 |
| B ₁ | 15,03 X 29,83 | 177,422 | 12,580 | 14-12-00 | 22-01-01 | 2,377 | 870 | 49,0 |
| B ₂ | 14,96 X 29,86 | 175,773 | 12,640 | 14-12-00 | 22-01-01 | 2,408 | 895 | 50,9 |
| C ₁ | 15,05 X 29,85 | 177,894 | 12,585 | 15-12-00 | 22-01-01 | 2,369 | 920 | 51,7 |
| C ₂ | 15,05 X 29,78 | 177,894 | 12,770 | 16-12-00 | 22-01-01 | 2,410 | 890 | 50,0 |
| D ₁ | 15,05 X 29,88 | 177,894 | 12,692 | 14-12-00 | 22-01-01 | 2,387 | 885 | 49,7 |
| D ₂ | 15,05 X 29,78 | 177,894 | 12,575 | 15-12-00 | 22-01-01 | 2,373 | 915 | 51,4 |
| E ₁ | 15,02 X 29,86 | 177,186 | 12,573 | 16-12-00 | 22-01-01 | 2,338 | 935 | 52,8 |
| E ₂ | 14,96 X 29,55 | 175,773 | 12,473 | 17-12-00 | 22-01-01 | 2,401 | 870 | 49,0 |

KET

$$\text{Kuat desak beton } f_b \text{ (Mpa)} = \frac{\text{beban max}}{\text{luas penampang}}$$

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK UII

Menghitung kekuatan tekan beton (f_c')**a. kekuatan beton rata-rata (f_{cr}')**

$$f_{cr}' = \frac{\sum_{i=1}^{N=1} f_b^{(i)}}{N} = \frac{49,3 + 51,4 + 49,0 + 50,9 + 51,7 + 50,0 + 49,7 + 51,4 + 52,8 + 49,0}{10}$$

$$f_{cr}' = 50,5 \text{ Mpa}$$

b. standar deviasi (s)

$$s = \sqrt{\frac{\sum_1^N (f_b' - f_{cr}')^2}{N-1}}$$

$$\sum_1^N (f_b' - f_{cr}')^2 = (49,3 - 50,5)^2 + (51,4 - 50,5)^2 + (49,0 - 50,5)^2 + (50,9 - 50,5)^2 + (51,7 - 50,5)^2$$

$$+ (50,0 - 50,5)^2 + (49,7 - 50,5)^2 + (51,4 - 50,5)^2 + (52,8 - 50,5)^2 + (49,0 - 50,5)^2$$

$$\sum_1^N (f_b' - f_{cr}')^2 = 15,43$$

$$s = \sqrt{\frac{15,43}{10-1}} = 1,31$$

c. kekuatan tekan karakteristik beton (f_c')

Untuk jumlah benda uji kurang dari 15 standar deviasi dikalikan angka 1,16

$$f_c' = f_{cr}' - 1,64s \cdot 1,16$$

$$f_c' = 50,5 - 1,64 \times 1,31 \times 1,16$$

$$= 48,0 \text{ MPa}$$



Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik
 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
 Universitas Islam Indonesia
 Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274)895042, 895707 Yogyakarta

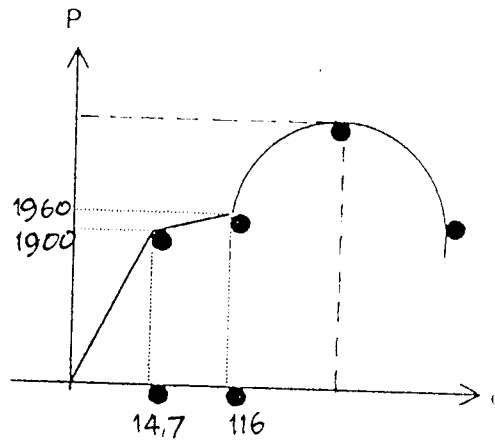
Romb :
 Semester : / ...
 Tgl. Prakt. : 01-03-01

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN
 PERCOBAAN TARIK BAJA TULANGAN

B

φ 8

| Beban P (kg) | Pengamatan Strainometer (ΔL) X 10 ⁻² mm |
|--------------|---|
| 100 | 2,5 |
| 200 | 3 |
| 300 | 3,8 |
| 400 | 4,2 |
| 500 | 5 |
| 600 | 5,5 |
| 700 | 6 |
| 800 | 6,5 |
| 900 | 7 |
| 1000 | 7,5 |
| 1100 | 8 |
| 1200 | 8,5 |
| 1300 | 9 |
| 1400 | 9,5 |
| 1500 | 10 |
| 1600 | 10,5 |
| 1700 | 11,1 |
| 1800 | 12,1 |
| 1900 | 14,7 |
| → 2000 | 116 |
| 2100 | |
| 2200 | |
| 2300 | |
| 2400 | |
| 2500 | |
| 2600 | |
| 2700 | |
| 2800 | |
| 2900 | |
| 3000 | |
| 3100 | |
| 3200 | |
| 3300 | |
| 3400 | |
| 3500 | |
| 3600 | |



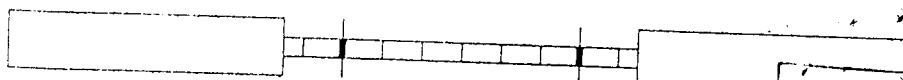
Pengukuran dengan jangka
 Penambahan per 2 mm

| Panjang Jangka (cm) | Beban Kgf) |
|---------------------|------------|
| 4,1 | 2590 |
| 4,3 | 2710 |
| 4,5 | 2790 |
| 4,7 | 2790 |
| putus | 2360 |
| | |

Panjang setelah di uji (du) 4,9... cm

Diameter tempat Patah (du) 4,0... cm

Gambar benda uji



Di periksa, Laboran : Daru s

daruse

LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 tgl : 2-03-01
 FAKULTAS TEKNIK

Asisten, :

tgl :



Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik
 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
 Universitas Islam Indonesia
 Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274)895042, 895707 Yogyakarta

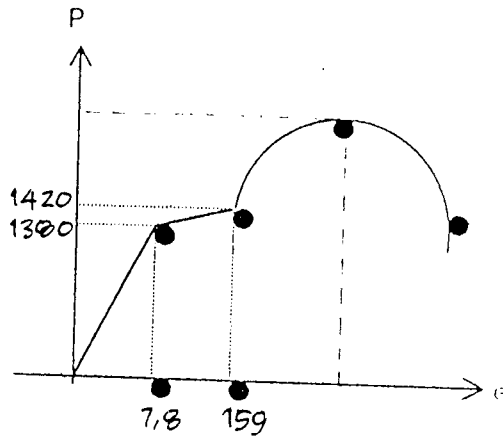
Romb :
 Semester : / ...
 Tgl. Prakt. : 01-03-01

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN
 PERCOBAAN TARIK BAJA TULANGAN

B

φ 8

| Beban P (kg) | Pengamatan Strainometer (ΔL) X 10 ⁻² mm |
|--------------|---|
| 100 | 0,8 |
| 200 | 1,2 |
| 300 | 1,9 |
| 400 | 2,1 |
| 500 | 2,9 |
| 600 | 3,4 |
| 700 | 4 |
| 800 | 4,6 |
| 900 | 5 |
| 1000 | 5,5 |
| 1100 | 6 |
| 1200 | 6,6 |
| 1300 | 7 |
| → 1400 | 7,8 |
| → 1500 | 159 |
| 1600 | |
| 1700 | |
| 1800 | |
| 1900 | |
| 2000 | |
| 2100 | |
| 2200 | |
| 2300 | |
| 2400 | |
| 2500 | |
| 2600 | |
| 2700 | |
| 2800 | |
| 2900 | |
| 3000 | |
| 3100 | |
| 3200 | |
| 3300 | |
| 3400 | |
| 3500 | |
| 3600 | |



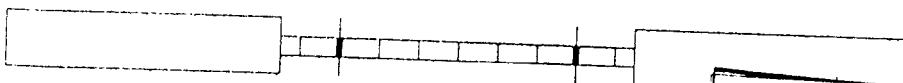
Pengukuran dengan jangka
 Penambahan per 2 mm

| Panjang Jangka (cm) | Beban Kgf) |
|---------------------|------------|
| 4,2 | 1430 |
| 4,4 | 1640 |
| 4,6 | 1940 |
| 4,8 | 2000 |
| 5 | 2010 |
| 5,2 | 2010 |
| putus | 1670 |

Panjang setelah di uji (du) 5,1... cm

Diameter tempat Patah (du) 3,9... cm

Gambar benda uji

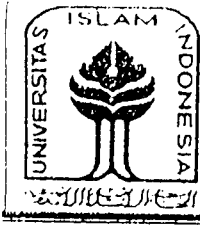


Di periksa, Laboran : Dmu s

dan LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK

Asisten, :

tgl :



Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik
 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
 Universitas Islam Indonesia
 Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274)895042, 895707 Yogyakarta

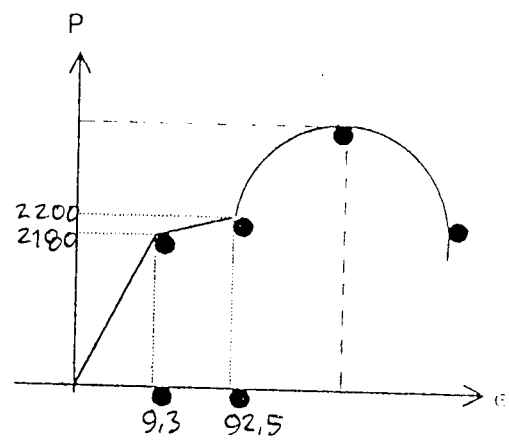
Romb :
 Semester : / ...
 Tgl. Prakt. : 01-03-'01..

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN
 PERCOBAAN TARIK BAJA TULANGAN

B

Ø 11

| Beban P (kg) | Pengamatan Strainometer (ΔL) ... X 10 ⁻² mm |
|--------------|--|
| 100 | 0,1 |
| 200 | 0,3 |
| 300 | 0,4 |
| 400 | 0,6 |
| 500 | 1,9 |
| 600 | 2,9 |
| 700 | 3,5 |
| 800 | 4 |
| 900 | 4,4 |
| 1000 | 4,9 |
| 1100 | 5 |
| 1200 | 5,5 |
| 1300 | 5,9 |
| 1400 | 6 |
| 1500 | 6,5 |
| 1600 | 6,9 |
| 1700 | 7 |
| 1800 | 7,3 |
| 1900 | 7,9 |
| 2000 | 8,5 |
| 2100 | 9,1 |
| → 2200 | 9,3 |
| → 2300 | 92,5 |
| 2400 | |
| 2500 | |
| 2600 | |
| 2700 | |
| 2800 | |
| 2900 | |
| 3000 | |
| 3100 | |
| 3200 | |
| 3300 | |
| 3400 | |
| 3500 | |
| 3600 | |



Pengukuran dengan jangka
 Penambahan per 2 mm

| Panjang Jangka (cm) | Beban Kgf) |
|---------------------|------------|
| 5,1 | 2390 |
| 5,3 | 2570 |
| 5,5 | 2750 |
| 5,7 | 2830 |
| putus | 1830 |
| | |

Panjang setelah di uji (du) 5,7... cm
 Diameter tempat Patah (du) 5,4... cm

Gambar benda uji



Di periksa, Laboran : Darusalan

LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK

Asisten, : tgl :



Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik
 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
 Universitas Islam Indonesia
 Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274)895042, 895707 Yogyakarta

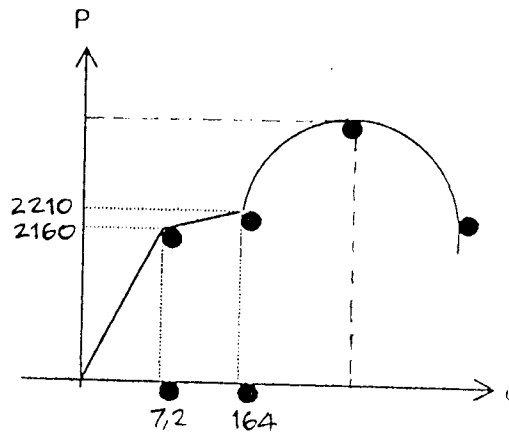
Romb :
 Semester : / ...
 Tgl. Prakt. : 01-03-01.

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN
 PERCOBAAN TARIK BAJA TULANGAN

Ø 11,2

B

| Beban P (kg) | Pengamatan Strainometer (ΔL) X 10 ⁻² mm |
|--------------|---|
| 100 | 0,7 |
| 200 | 0,1 |
| 300 | 1,1 |
| 400 | 1,8 |
| 500 | 1,9 |
| 600 | 2,1 |
| 700 | 2,7 |
| 800 | 3 |
| 900 | 3,1 |
| 1000 | 3,7 |
| 1100 | 4 |
| 1200 | 4,2 |
| 1300 | 4,8 |
| 1400 | 5 |
| 1500 | 5,1 |
| 1600 | 5,5 |
| 1700 | 5,9 |
| 1800 | 6,1 |
| 1900 | 6,5 |
| 2000 | 7 |
| 2100 | 7,1 |
| 2200 | 7,2 |
| 2300 | 164 |
| 2400 | |
| 2500 | |
| 2600 | |
| 2700 | |
| 2800 | |
| 2900 | |
| 3000 | |
| 3100 | |
| 3200 | |
| 3300 | |
| 3400 | |
| 3500 | |
| 3600 | |



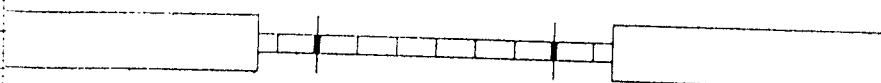
Pengukuran dengan jangka
 Penambahan per 2 mm

| Panjang Jangka (cm) | Beban Kgf) |
|---------------------|------------|
| ..5,2 | 2290 |
| ..5,4 | 2500 |
| ..5,6 | 2790 |
| ..5,8 | 2850 |
| ..6 | 2860 |
| ..6,2 | 2860 |
| putus | 1880 |

Panjang setelah di uji (du) 6,9.. cm

Diameter tempat Patah (du) 5,1... cm

Gambar benda uji



periksa, Laboran : DARU S.

Asisten,

Daru S.
LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK
 tgl :

MENGHITUNG KUAT TARIK BAJA

1. Baja Diameter 12 mm

Diameter baja terukur:

Sampel I = 11 mm

Sampel II = 11,2 mm

Luas penampang baja (A) = $0,25 \cdot \pi \cdot d^2$

$$A1 = 0,25 \cdot \pi \cdot 11^2 = 95 \text{ mm}^2$$

$$A2 = 0,25 \cdot \pi \cdot 11,2^2 = 98 \text{ mm}^2$$

Beban dalam keadaan baja leleh (P_y):

Sampel I = 2180 kgf

Sampel II = 2160kgf

Tegangan leleh baja (f_y) = P_y / A

$$\text{Sampel I : } f_y = 2180/95 = 22,95 \text{ kgf/mm}^2 = 229,5 \text{ Mpa}$$

$$\text{Sampel II: } f_y = 2160/98 = 22,05 \text{ kgf/mm}^2 = 220,5 \text{ Mpa}$$

Tegangan leleh baja rata-rata (f_y rata-rata) = $(229,5+220,5)/2=225 \text{ Mpa}$

Beban dalam keadaan baja putus (P_s):

Sampel I = 2830 kgf

Sampel II = 2860 kgf

Tegangan tarik baja (f_s) = P_s / A

$$\text{Sampel I : } f_s = 2830/95 = 29,79 \text{ kgf/mm}^2 = 297,9 \text{ Mpa}$$

$$\text{Sampel II: } f_s = 2860/98 = 29,18 \text{ kgf/mm}^2 = 291,8 \text{ Mpa}$$

Tegangan tarik baja rata-rata (f_s rata-rata) = $(297,9+291,8)/2 = 295 \text{ Mpa}$

2. Baja Diameter 8 mm

Diameter baja terukur:

Sampel I = 8 mm

Sampel II = 8 mm

$$\text{Luas penampang baja } (A) = 0,25 \cdot \pi \cdot d^2$$

$$A1 = 0,25 \cdot \pi \cdot 8^2 = 50,3 \text{ mm}^2$$

$$A2 = 0,25 \cdot \pi \cdot 8^2 = 50,3 \text{ mm}^2$$

Beban dalam keadaan baja leleh (P_y):

Sampel I = 1900 kgf

Sampel II = 1380kgf

$$\text{Tegangan leleh baja } (f_y) = P_y/A$$

$$\text{Sampel I : } f_y = 1900/50,3 = 37,8 \text{ kgf/mm}^2 = 378 \text{ Mpa}$$

$$\text{Sampel II: } f_y = 1380/50,3 = 27,4 \text{ kgf/mm}^2 = 274 \text{ Mpa}$$

$$\text{Tegangan leleh baja rata-rata } (f_y \text{ rata-rata}) = (378+274)/2 = 326 \text{ Mpa}$$

Beban dalam keadaan baja putus (P_s):

Sampel I = 2790 kgf

Sampel II = 2010 kgf

$$\text{Tegangan tarik baja } (f_s) = P_s/A$$

$$\text{Sampel I : } f_s = 2790/50,3 = 55,4 \text{ kgf/mm}^2 = 554 \text{ Mpa}$$

$$\text{Sampel II: } f_s = 2010/50,3 = 40 \text{ kgf/mm}^2 = 400 \text{ Mpa}$$

$$\text{Tegangan tarik baja rata-rata } (f_s \text{ rata-rata}) = (554+400)/2 = 477 \text{ Mpa}$$

Data Hasil Beban dan Defleksi Balok BTSL-A

| Balok BTSL-A1 | | | | |
|---------------|---------|---------|---------|----|
| P (kN) | d1 (mm) | d2 (mm) | d3 (mm) | Cr |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 1 | 0.17 | 0.13 | 0.05 | |
| 2 | 0.34 | 0.27 | 0.15 | |
| 3 | 0.47 | 0.40 | 0.26 | |
| 4 | 0.61 | 0.52 | 0.36 | |
| 5 | 0.75 | 0.65 | 0.46 | |
| 6 | 0.91 | 0.80 | 0.58 | |
| 7 | 1.06 | 0.90 | 0.68 | |
| 8 | 1.25 | 1.05 | 0.80 | |
| 9 | 1.41 | 1.18 | 0.91 | |
| 10 | 1.56 | 1.32 | 1.02 | |
| 11 | 1.75 | 1.51 | 1.18 | 1 |
| 12 | 1.95 | 1.84 | 1.42 | 2 |
| 13 | 2.20 | 2.06 | 1.60 | 3 |
| 14 | 2.42 | 2.26 | 1.79 | 4 |
| 15 | 2.64 | 2.60 | 2.10 | 5 |
| 16 | 3.30 | 3.28 | 2.50 | 6 |
| 17 | 3.46 | 3.40 | 2.70 | 7 |
| 18 | 4.15 | 4.10 | 3.10 | 8 |
| 19 | 4.28 | 4.30 | 3.21 | |
| 20 | 4.55 | 4.60 | 3.52 | 9 |
| 21 | 4.86 | 4.89 | 3.78 | 10 |
| 22 | 5.10 | 5.16 | 4.05 | 11 |
| 23 | 5.35 | 5.40 | 4.32 | 12 |
| 24 | 5.70 | 5.76 | 4.57 | 13 |
| 25 | 5.96 | 6.00 | 4.82 | 14 |
| 26 | 6.27 | 6.35 | 5.05 | 15 |
| 27 | 6.54 | 6.60 | 5.30 | 16 |
| 28 | 6.78 | 6.90 | 5.55 | |
| 29 | 7.75 | 8.20 | 6.65 | 17 |
| 30 | 9.35 | 10.34 | 7.40 | 18 |
| 31 | 11.45 | 12.10 | 9.30 | 19 |
| 32 | 13.60 | 14.60 | 11.35 | 20 |
| 33 | 14.80 | 15.80 | 13.10 | 21 |
| 34 | 15.80 | 16.30 | 14.40 | 22 |
| 35 | 19.65 | 20.90 | 18.00 | |
| 35 | 19.75 | 21.10 | 18.30 | |
| 35 | 19.85 | 21.40 | 18.50 | 23 |
| 35 | 20.15 | 21.70 | 18.70 | |
| 35 | 20.35 | 21.90 | 18.90 | |
| 35 | 20.45 | 22.10 | 19.10 | 24 |
| 35 | 20.55 | 22.20 | 19.30 | |
| 35 | 20.75 | 22.50 | 19.50 | 25 |

| Balok BTSL-A2 | | | | |
|---------------|---------|---------|---------|----|
| P (kN) | d1 (mm) | d2 (mm) | d3 (mm) | Cr |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 1 | 0.11 | 0.12 | 0.09 | |
| 2 | 0.19 | 0.20 | 0.16 | |
| 3 | 0.26 | 0.28 | 0.24 | |
| 4 | 0.34 | 0.39 | 0.33 | |
| 5 | 0.46 | 0.51 | 0.44 | |
| 6 | 0.55 | 0.60 | 0.51 | |
| 7 | 0.64 | 0.68 | 0.58 | |
| 8 | 0.73 | 0.76 | 0.66 | |
| 9 | 0.85 | 0.87 | 0.74 | |
| 10 | 0.93 | 0.95 | 0.80 | |
| 11 | 1.01 | 1.05 | 0.89 | |
| 12 | 1.14 | 1.21 | 1.03 | |
| 13 | 1.28 | 1.38 | 1.15 | 1 |
| 14 | 1.51 | 1.65 | 1.38 | 2 |
| 15 | 1.71 | 1.91 | 1.58 | 3 |
| 16 | 1.96 | 2.19 | 1.83 | 4 |
| 17 | 2.19 | 2.45 | 2.06 | 5 |
| 18 | 2.45 | 2.76 | 2.29 | 6 |
| 19 | 2.66 | 3.01 | 2.49 | 7 |
| 20 | 2.85 | 3.25 | 2.67 | 8 |
| 21 | 3.03 | 3.45 | 2.86 | 9 |
| 22 | 3.20 | 3.67 | 3.03 | 10 |
| 23 | 3.42 | 3.95 | 3.23 | 11 |
| 24 | 3.64 | 4.18 | 3.42 | |
| 25 | 3.86 | 4.42 | 3.62 | 12 |
| 26 | 4.05 | 4.64 | 3.81 | 13 |
| 27 | 4.29 | 4.94 | 4.05 | 14 |
| 28 | 4.48 | 5.18 | 4.26 | 15 |
| 29 | 4.75 | 5.49 | 4.58 | |
| 30 | 5.74 | 7.05 | 6.38 | 16 |
| 31 | 7.06 | 8.80 | 7.99 | 17 |
| 31 | 8.31 | 10.35 | 9.23 | 18 |
| 31 | 9.16 | 11.40 | 10.18 | 19 |
| 31 | 10.22 | 12.70 | 11.31 | 20 |
| 31 | 13.52 | 15.80 | 13.88 | 21 |
| 31 | 13.62 | 16.10 | 13.98 | 22 |
| 31 | 13.72 | 16.20 | 14.08 | |
| 31 | 13.82 | 16.40 | 14.18 | 23 |
| 31 | 13.92 | 16.60 | 14.28 | 24 |
| 31 | 14.02 | 16.70 | 14.48 | 25 |
| 31 | 14.12 | 16.90 | 14.58 | |
| 31 | 14.22 | 17.10 | 14.78 | |

Ket :

BTSL-A = Beton Tanpa Sambungan Lewatan (sampel A)

P = Beban yang bekerja (kN)

Cr = Letak retak yang terjadi

d1 = Lendutan yang terjadi di titik 1

d2 = Lendutan yang terjadi di titik 2

d3 = Lendutan yang terjadi di titik 3

Data Hasil Beban dan Defleksi Balok BSL-B

| Balok BSL-B1 | | | | |
|--------------|---------|---------|---------|----|
| P (kN) | d1 (mm) | d2 (mm) | d3 (mm) | Cr |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 1 | 0.12 | 0.11 | 0.08 | |
| 2 | 0.23 | 0.22 | 0.15 | |
| 3 | 0.34 | 0.33 | 0.23 | |
| 4 | 0.42 | 0.41 | 0.29 | |
| 5 | 0.54 | 0.53 | 0.37 | |
| 6 | 0.68 | 0.68 | 0.46 | |
| 7 | 0.78 | 0.77 | 0.53 | |
| 8 | 0.93 | 0.95 | 0.66 | |
| 9 | 1.05 | 1.08 | 0.75 | 1 |
| 10 | 1.16 | 1.21 | 0.83 | |
| 11 | 1.29 | 1.36 | 0.94 | 2 |
| 12 | 1.46 | 1.60 | 1.15 | |
| 13 | 1.68 | 1.82 | 1.31 | 3 |
| 14 | 1.87 | 2.01 | 1.49 | 4 |
| 15 | 2.26 | 2.49 | 1.83 | 5 |
| 16 | 2.53 | 2.80 | 2.07 | 6 |
| 17 | 2.73 | 3.04 | 2.26 | 7 |
| 18 | 2.93 | 3.26 | 2.45 | |
| 19 | 3.18 | 3.54 | 2.67 | |
| 20 | 3.43 | 3.81 | 2.87 | 8 |
| 21 | 3.86 | 4.30 | 3.30 | 9 |
| 22 | 4.11 | 4.65 | 3.57 | 10 |
| 23 | 4.34 | 4.93 | 3.81 | 11 |
| 24 | 4.82 | 5.55 | 4.30 | 12 |
| 25 | 6.48 | 8.12 | 6.87 | 13 |
| 26 | 9.54 | 12.25 | 10.60 | 14 |
| 27 | 13.92 | 17.62 | 16.63 | 15 |
| 27 | 14.02 | 17.72 | 16.73 | 16 |
| 27 | 14.12 | 17.92 | 16.83 | |
| 27 | 14.17 | 18.12 | 16.93 | 17 |
| 27 | 14.27 | 18.22 | 17.03 | 18 |
| 27 | 14.37 | 18.32 | 17.13 | |
| 27 | 14.42 | 18.33 | 17.33 | |
| 27 | 14.52 | 18.52 | 17.33 | |

| Balok BSL-B2 | | | | |
|--------------|---------|---------|---------|----|
| P (kN) | d1 (mm) | d2 (mm) | d3 (mm) | Cr |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 1 | 0.21 | 0.20 | 0.14 | |
| 2 | 0.27 | 0.24 | 0.17 | |
| 3 | 0.37 | 0.32 | 0.24 | |
| 4 | 0.50 | 0.44 | 0.33 | |
| 5 | 0.65 | 0.59 | 0.45 | |
| 6 | 0.79 | 0.70 | 0.54 | |
| 7 | 0.91 | 0.81 | 0.63 | |
| 8 | 1.03 | 0.93 | 0.72 | |
| 9 | 1.21 | 1.08 | 0.84 | 1 |
| 10 | 1.32 | 1.19 | 0.93 | |
| 11 | 1.51 | 1.37 | 1.06 | |
| 12 | 1.71 | 1.61 | 1.27 | 2 |
| 13 | 1.88 | 1.78 | 1.41 | 3 |
| 14 | 2.07 | 1.96 | 1.55 | 4 |
| 15 | 2.22 | 2.16 | 1.83 | 5 |
| 16 | 2.50 | 2.47 | 2.11 | |
| 17 | 2.75 | 2.73 | 2.34 | 6 |
| 18 | 3.16 | 3.10 | 2.62 | 7 |
| 19 | 3.39 | 3.36 | 2.84 | |
| 20 | 3.60 | 3.59 | 3.05 | 8 |
| 21 | 3.88 | 3.85 | 3.27 | 9 |
| 22 | 4.10 | 4.08 | 3.46 | |
| 23 | 4.34 | 4.32 | 3.67 | 10 |
| 24 | 4.59 | 4.58 | 3.89 | 11 |
| 25 | 5.00 | 5.04 | 4.36 | 12 |
| 26 | 5.36 | 5.36 | 4.63 | 13 |
| 27 | 6.32 | 6.92 | 6.60 | 14 |
| 28 | 8.19 | 8.82 | 9.21 | 15 |
| 29 | 9.90 | 11.63 | 11.41 | 16 |
| 29 | 10.62 | 12.56 | 12.74 | 17 |
| 29 | 11.30 | 14.65 | 14.32 | 18 |
| 29 | 14.57 | 15.28 | 15.01 | 19 |
| 29 | 14.87 | 15.58 | 15.41 | 20 |
| 29 | 15.07 | 15.88 | 15.61 | 21 |

Ket :

BSL-B = Beton Sambungan Lewatan 30 cm (sampel B)

P = Beban yang bekerja (kN)

Cr = Letak retak yang terjadi

d1 = Lendutan yang terjadi di titik 1

d2 = Lendutan yang terjadi di titik 2

d3 = Lendutan yang terjadi di titik 3

Data Hasil Beban dan Defleksi Balok BSL-C

| Balok BSL-C1 | | | | |
|--------------|------------|------------|------------|----|
| P (kN) | d1 (mm) | d2 (mm) | d3 (mm) | Cr |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 1 | 0.15 | 0.13 | 0.08 | |
| 2 | 0.25 | 0.21 | 0.15 | |
| 3 | 0.30 | 0.27 | 0.20 | |
| 4 | 0.40 | 0.36 | 0.28 | |
| 5 | 0.50 | 0.47 | 0.38 | |
| 6 | 0.64 | 0.63 | 0.50 | |
| 7 | 0.74 | 0.74 | 0.68 | |
| 8 | 0.88 | 0.86 | 0.79 | |
| 9 | 0.99 | 0.99 | 0.91 | 1 |
| 10 | 1.12 | 1.14 | 1.01 | |
| 11 | 1.25 | 1.25 | 1.12 | |
| 12 | 1.35 | 1.38 | 1.28 | 2 |
| 13 | 1.59 | 1.60 | 1.60 | 3 |
| 14 | 1.92 | 1.98 | 1.83 | 4 |
| 15 | 2.20 | 2.25 | 2.15 | 5 |
| 16 | 2.45 | 2.59 | 2.52 | 6 |
| 17 | 2.76 | 2.98 | 2.78 | 7 |
| 18 | 3.01 | 3.25 | 3.00 | 8 |
| 19 | 3.22 | 3.51 | 3.25 | 9 |
| 20 | 3.47 | 3.81 | 3.47 | 10 |
| 21 | 3.66 | 4.06 | 3.69 | 11 |
| 22 | 3.89 | 4.31 | 4.02 | |
| 23 | 4.20 | 4.70 | 4.40 | 12 |
| 24 | 4.64 | 5.18 | 5.98 | |
| 25 | 4.80 | 7.60 | 8.90 | 13 |
| 26 | 8.06 | 11.25 | 10.08 | 14 |
| 27 | 9.80 | 13.45 | 12.30 | 15 |
| 28 | 11.55 | 15.65 | 12.50 | 16 |
| 28 | 11.95 | 15.95 | 12.80 | |
| 28 | 12.15 | 16.35 | 13.10 | 17 |
| 28 | 12.35 | 16.55 | 13.30 | 18 |
| 28 | 12.75 | 16.85 | 13.40 | |
| 28 | 12.95 | 17.05 | 13.60 | |
| 28 | 13.15 | 17.25 | 13.80 | |
| 28 | 13.25 | 17.35 | 13.90 | |
| 28 | 13.35 | 17.55 | 14.10 | |

| Balok BSL-C2 | | | | |
|--------------|------------|------------|------------|----|
| P (kN) | d1 (mm) | d2 (mm) | d3 (mm) | Cr |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 1 | 0.15 | 0.11 | 0.04 | |
| 2 | 0.22 | 0.16 | 0.09 | |
| 3 | 0.33 | 0.25 | 0.16 | |
| 4 | 0.45 | 0.35 | 0.25 | |
| 5 | 0.57 | 0.44 | 0.32 | |
| 6 | 0.71 | 0.55 | 0.42 | |
| 7 | 0.84 | 0.66 | 0.51 | |
| 8 | 0.99 | 0.81 | 0.62 | 1 |
| 9 | 1.11 | 0.92 | 0.72 | 2 |
| 10 | 1.23 | 1.02 | 0.81 | |
| 11 | 1.39 | 1.19 | 0.94 | 3 |
| 12 | 1.55 | 1.35 | 1.08 | 4 |
| 13 | 1.72 | 1.54 | 1.23 | |
| 14 | 1.87 | 1.70 | 1.36 | 5 |
| 15 | 2.09 | 1.94 | 1.55 | |
| 16 | 2.35 | 2.25 | 1.81 | 6 |
| 17 | 2.61 | 2.60 | 2.14 | 7 |
| 18 | 2.89 | 2.94 | 2.42 | |
| 19 | 3.22 | 3.28 | 2.70 | 8 |
| 20 | 3.46 | 3.56 | 2.92 | 9 |
| 21 | 3.75 | 3.96 | 3.20 | 10 |
| 22 | 3.98 | 4.22 | 3.42 | 11 |
| 23 | 4.32 | 4.62 | 3.73 | 12 |
| 24 | 4.65 | 5.05 | 4.05 | 13 |
| 25 | 4.90 | 5.34 | 4.28 | |
| 26 | 5.20 | 5.71 | 4.60 | 14 |
| 27 | 5.65 | 6.39 | 5.40 | 15 |
| 28 | 6.30 | 8.38 | 7.89 | 16 |
| 29 | 9.20 | 11.00 | 10.11 | 17 |
| 29 | 10.15 | 11.92 | 11.05 | |
| 29 | 11.80 | 13.95 | 13.20 | 18 |
| 29 | 13.40 | 16.75 | 15.60 | |
| 29 | 13.70 | 17.05 | 15.80 | 19 |
| 29 | 14.00 | 17.35 | 16.10 | 20 |
| 29 | 14.10 | 17.55 | 16.30 | 21 |
| 29 | 14.20 | 17.65 | 16.50 | |

Ket :

BSL-C = Beton Sambungan Lewatan 40 cm (sampel C)

P = Beban yang bekerja (kN)

Cr = Letak retak yang terjadi

d1 = Lendutan yang terjadi di titik 1

d2 = Lendutan yang terjadi di titik 2

d3 = Lendutan yang terjadi di titik 3

Data Hasil Beban dan Defleksi Balok BSL-D

| Balok BSL-D1 | | | | |
|--------------|---------|---------|---------|----|
| P (kN) | d1 (mm) | d2 (mm) | d3 (mm) | Cr |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 1 | 0.10 | 0.16 | 0.15 | |
| 2 | 0.20 | 0.25 | 0.24 | |
| 3 | 0.26 | 0.34 | 0.33 | |
| 4 | 0.37 | 0.46 | 0.44 | |
| 5 | 0.51 | 0.60 | 0.55 | |
| 6 | 0.66 | 0.75 | 0.68 | |
| 7 | 0.75 | 0.85 | 0.77 | |
| 8 | 0.85 | 0.94 | 0.87 | 1 |
| 9 | 1.00 | 1.09 | 0.99 | |
| 10 | 1.13 | 1.25 | 1.14 | |
| 11 | 1.26 | 1.40 | 1.33 | 2 |
| 12 | 1.41 | 1.58 | 1.51 | |
| 13 | 1.55 | 1.73 | 1.65 | 3 |
| 14 | 1.75 | 1.93 | 1.80 | |
| 15 | 1.94 | 2.10 | 1.98 | 4 |
| 16 | 2.19 | 2.35 | 2.20 | |
| 17 | 2.40 | 2.65 | 2.40 | 5 |
| 18 | 2.55 | 2.83 | 2.57 | |
| 19 | 2.76 | 3.11 | 2.81 | 6 |
| 20 | 3.00 | 3.45 | 3.15 | |
| 21 | 3.20 | 3.69 | 3.45 | 7 |
| 22 | 4.32 | 4.67 | 4.56 | |
| 23 | 4.86 | 5.09 | 4.98 | 10 |
| 24 | 5.42 | 6.35 | 5.76 | |
| 25 | 6.16 | 7.33 | 6.48 | 11 |
| 26 | 7.60 | 9.54 | 8.29 | |
| 27 | 8.96 | 12.65 | 9.64 | 13 |
| 28 | 9.07 | 13.98 | 10.37 | |
| 29 | 11.90 | 14.31 | 12.43 | 14 |
| 30 | 12.70 | 15.80 | 13.91 | |
| 31 | 12.80 | 16.68 | 14.72 | |
| 31 | 12.90 | 16.78 | 14.92 | |
| 31 | 13.00 | 16.88 | 15.12 | |
| 31 | 13.10 | 17.08 | 15.32 | |
| 31 | 13.20 | 17.18 | 15.42 | |
| 31 | 13.30 | 17.28 | 15.52 | |

| Balok BSL-D2 | | | | |
|--------------|---------|---------|---------|----|
| P (kN) | d1 (mm) | d2 (mm) | d3 (mm) | Cr |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 1 | 0.15 | 0.15 | 0.07 | |
| 2 | 0.20 | 0.19 | 0.13 | |
| 3 | 0.32 | 0.29 | 0.20 | |
| 4 | 0.45 | 0.40 | 0.27 | |
| 5 | 0.55 | 0.50 | 0.35 | |
| 6 | 0.65 | 0.60 | 0.42 | |
| 7 | 0.74 | 0.68 | 0.48 | |
| 8 | 0.84 | 0.78 | 0.55 | |
| 9 | 0.97 | 0.90 | 0.64 | |
| 10 | 1.09 | 1.00 | 0.72 | |
| 11 | 1.24 | 1.18 | 0.88 | |
| 12 | 1.40 | 1.38 | 1.04 | 1 |
| 13 | 1.65 | 1.62 | 1.22 | |
| 14 | 1.87 | 1.86 | 1.40 | 2 |
| 15 | 2.04 | 2.06 | 1.65 | |
| 16 | 2.25 | 2.35 | 1.90 | 3 |
| 17 | 2.45 | 2.60 | 2.11 | |
| 18 | 2.71 | 2.90 | 2.40 | 4 |
| 19 | 2.96 | 3.18 | 2.62 | |
| 20 | 3.19 | 3.45 | 2.83 | 5 |
| 21 | 3.45 | 3.75 | 3.11 | |
| 22 | 3.68 | 4.00 | 3.32 | 6 |
| 23 | 3.98 | 4.31 | 3.60 | |
| 24 | 4.36 | 4.88 | 4.25 | 7 |
| 25 | 6.82 | 7.25 | 7.20 | |
| 26 | 7.20 | 7.84 | 7.94 | 8 |
| 27 | 8.26 | 9.38 | 8.90 | |
| 28 | 10.23 | 14.00 | 12.90 | 9 |
| 29 | 12.54 | 15.78 | 14.36 | |
| 30 | 13.69 | 18.54 | 15.68 | 10 |
| 30 | 13.89 | 18.74 | 15.78 | |
| 30 | 13.99 | 18.84 | 15.98 | 11 |
| 30 | 14.09 | 18.94 | 16.08 | |
| 30 | 14.19 | 19.04 | 16.18 | 12 |
| 30 | 14.29 | 19.14 | 16.28 | |
| 30 | 14.39 | 19.24 | 16.38 | 13 |

Ket :

BSL-D = Beton Sambungan Lewatan 50 cm (sampel D)

P = Beban yang bekerja (kN)

Cr = Letak retak yang terjadi

d1 = Lendutan yang terjadi di titik 1

d2 = Lendutan yang terjadi di titik 2

d3 = Lendutan yang terjadi di titik 3

Data Hasil Beban dan Defleksi Balok BSL-E

| Balok BSL-E1 | | | | |
|--------------|---------|---------|---------|----|
| P (kN) | d1 (mm) | d2 (mm) | d3 (mm) | Cr |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 1 | 0.17 | 0.15 | 0.12 | |
| 2 | 0.22 | 0.20 | 0.16 | |
| 3 | 0.31 | 0.28 | 0.22 | |
| 4 | 0.45 | 0.38 | 0.29 | |
| 5 | 0.55 | 0.48 | 0.36 | |
| 6 | 0.67 | 0.60 | 0.44 | |
| 7 | 0.78 | 0.70 | 0.51 | |
| 8 | 0.95 | 0.86 | 0.65 | |
| 9 | 1.10 | 1.04 | 0.79 | |
| 10 | 1.18 | 1.12 | 0.85 | 1 |
| 11 | 1.25 | 1.20 | 0.91 | |
| 12 | 1.41 | 1.36 | 1.02 | 2 |
| 13 | 1.55 | 1.50 | 1.12 | |
| 14 | 1.76 | 1.72 | 1.33 | |
| 15 | 1.95 | 1.90 | 1.49 | 3 |
| 16 | 2.15 | 2.10 | 1.65 | 4 |
| 17 | 2.40 | 2.35 | 1.88 | 5 |
| 18 | 2.62 | 2.58 | 2.05 | 6 |
| 19 | 2.90 | 2.89 | 2.29 | 7 |
| 20 | 3.07 | 3.05 | 2.43 | 8 |
| 21 | 3.39 | 3.40 | 2.70 | 9 |
| 22 | 3.75 | 3.78 | 3.02 | 10 |
| 23 | 3.96 | 4.00 | 3.22 | 11 |
| 24 | 4.14 | 4.20 | 3.38 | |
| 25 | 4.38 | 4.48 | 3.61 | 12 |
| 26 | 4.60 | 4.75 | 3.85 | |
| 27 | 4.81 | 4.98 | 4.02 | 13 |
| 28 | 5.02 | 5.28 | 4.32 | 14 |
| 29 | 6.00 | 6.90 | 6.32 | 15 |
| 30 | 9.18 | 9.90 | 6.80 | 16 |
| 31 | 10.75 | 11.20 | 9.80 | |
| 32 | 11.70 | 12.10 | 10.20 | 17 |
| 33 | 12.90 | 13.70 | 11.70 | |
| 33 | 14.20 | 15.00 | 12.20 | 18 |
| 33 | 14.30 | 15.10 | 12.25 | |
| 33 | 14.60 | 15.20 | 12.35 | |
| 33 | 15.00 | 15.40 | 12.55 | |
| 33 | 15.20 | 15.60 | 12.75 | 19 |
| 33 | 15.30 | 15.80 | 12.95 | 20 |

| Balok BSL-E2 | | | | |
|--------------|---------|---------|---------|----|
| P (kN) | d1 (mm) | d2 (mm) | d3 (mm) | Cr |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 1 | 0.11 | 0.12 | 0.00 | |
| 2 | 0.19 | 0.20 | 0.00 | |
| 3 | 0.29 | 0.28 | 0.00 | |
| 4 | 0.40 | 0.38 | 0.07 | |
| 5 | 0.51 | 0.49 | 0.14 | |
| 6 | 0.61 | 0.57 | 0.21 | |
| 7 | 0.74 | 0.67 | 0.28 | |
| 8 | 0.86 | 0.79 | 0.37 | |
| 9 | 0.95 | 0.87 | 0.43 | |
| 10 | 1.05 | 0.99 | 0.52 | |
| 11 | 1.20 | 1.14 | 0.67 | |
| 12 | 1.34 | 1.30 | 0.80 | |
| 13 | 1.49 | 1.40 | 0.95 | 1 |
| 14 | 1.65 | 1.67 | 1.13 | |
| 15 | 1.81 | 1.84 | 1.29 | 2 |
| 16 | 2.03 | 2.06 | 1.47 | 3 |
| 17 | 2.24 | 2.29 | 1.67 | 4 |
| 18 | 2.49 | 2.54 | 1.87 | |
| 19 | 2.74 | 2.80 | 5.09 | 5 |
| 20 | 3.03 | 3.10 | 2.35 | 6 |
| 21 | 3.30 | 3.35 | 2.57 | 7 |
| 22 | 3.53 | 3.59 | 2.77 | |
| 23 | 3.73 | 3.80 | 3.60 | 8 |
| 24 | 3.95 | 4.05 | 3.76 | 9 |
| 25 | 4.17 | 4.30 | 4.12 | |
| 26 | 4.36 | 4.52 | 4.27 | 10 |
| 27 | 5.27 | 5.85 | 4.96 | 11 |
| 28 | 6.36 | 7.38 | 5.48 | 12 |
| 29 | 7.66 | 8.93 | 6.86 | 13 |
| 30 | 13.91 | 14.82 | 12.66 | 14 |
| 31 | 14.11 | 15.32 | 13.43 | |
| 31 | 14.41 | 15.82 | 13.86 | 15 |
| 31 | 14.61 | 16.02 | 14.12 | |
| 31 | 14.81 | 16.52 | 14.42 | |
| 31 | 15.11 | 17.02 | 14.82 | |
| 31 | 15.31 | 17.22 | 15.02 | |
| 31 | 15.41 | 17.42 | 15.12 | |
| 31 | 15.61 | 17.52 | 15.22 | |
| 31 | 15.71 | 17.62 | 15.32 | |

Ket :

BSL-E = Beton Sambungan Lewatan 60 cm (sampel E)

P = Beban yang bekerja (kN)

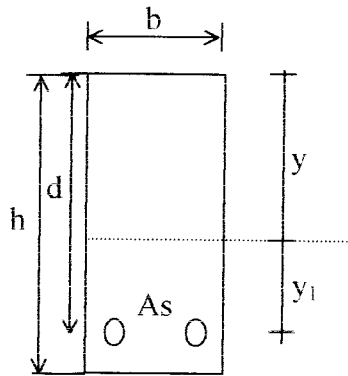
Cr = Letak retak yang terjadi

d1 = Lendutan yang terjadi di titik 1

d2 = Lendutan yang terjadi di titik 2

d3 = Lendutan yang terjadi di titik 3

Perhitungan Defleksi Teoritis



$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

$$f'_c = 48 \text{ MPa}$$

$$E_c = 4700\sqrt{f'_c} = 4700\sqrt{48} = 32563 \text{ MPa}$$

$$n = E_s / E_c = 6$$

$$d = 164 \text{ mm}$$

$$A_s = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 12^2 = 226,2 \text{ mm}^2$$

$$\text{Luas pengganti } (n-1) A_s = (6-1) \times 226,2 = 1131 \text{ mm}^2$$

$$\text{Luas Total} = (100 \times 200) + 1131 = 21131 \text{ mm}^2$$

- Momen statis penampang untuk menentukan letak garis netral

$$M_s = (100 \times 200 \times 100) + (1131 \times 164) = 2185484 \text{ mm}^2$$

$$y = 2185484 / 21131 = 103,43 \text{ mm}$$

- Momen inersia terhadap sumbu netral

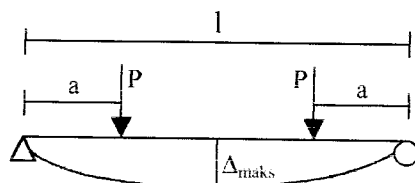
$$I_o \text{ beton} = (1/12) \times b h^3 = (1/12) \times 100 \times 200^3 = 66666666,67 \text{ mm}^4$$

$$A y^2 \text{ beton} = 100 \times 200 \times (103,43)^2 = 235298 \text{ mm}^4$$

$$A y^2 \text{ tulangan} = 1131 (164 - 103,43)^2 = 4149327,86 \text{ mm}^4$$

$$I_{\text{total}} = 71051292,53 \text{ mm}^4$$

- Defleksi maksimal



$$\Delta_{\text{maks}} = \frac{P \cdot a}{24EI} (3l^2 - 4a^2)$$

Perhitungan selanjutnya ditabelkan sebagai berikut:

Data Rata-Rata Hasil Beban-Defleksi Balok BTSL-A

| Balok BTSL-A | | | | | | | |
|--------------|---------------|-----------|---------------|-----------|---------------|-----------------|------------|
| Sampel-A1 | | Sampel-A2 | | Rata-Rata | | Momen | Defleksi |
| P (kN) | Defleksi (mm) | P (kN) | Defleksi (mm) | P (kN) | Defleksi (mm) | Maksimum (N.mm) | Teori (mm) |
| 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0 | 0.000E+00 | 0.00 |
| 1 | 0.13 | 1 | 0.12 | 1 | 0.125 | 2.750E+05 | 0.04 |
| 2 | 0.27 | 2 | 0.20 | 2 | 0.235 | 5.500E+05 | 0.08 |
| 3 | 0.40 | 3 | 0.28 | 3 | 0.34 | 8.250E+05 | 0.13 |
| 4 | 0.52 | 4 | 0.39 | 4 | 0.455 | 1.100E+06 | 0.17 |
| 5 | 0.65 | 5 | 0.51 | 5 | 0.58 | 1.375E+06 | 0.21 |
| 6 | 0.80 | 6 | 0.60 | 6 | 0.7 | 1.650E+06 | 0.25 |
| 7 | 0.90 | 7 | 0.68 | 7 | 0.79 | 1.925E+06 | 0.30 |
| 8 | 1.05 | 8 | 0.76 | 8 | 0.905 | 2.200E+06 | 0.34 |
| 9 | 1.18 | 9 | 0.87 | 9 | 1.025 | 2.475E+06 | 0.38 |
| 10 | 1.32 | 10 | 0.95 | 10 | 1.135 | 2.750E+06 | 0.42 |
| 11 | 1.51 | 11 | 1.05 | 11 | 1.28 | 3.025E+06 | 0.46 |
| 12 | 1.84 | 12 | 1.21 | 12 | 1.525 | 3.300E+06 | 0.51 |
| 13 | 2.06 | 13 | 1.38 | 13 | 1.72 | 3.575E+06 | 0.55 |
| 14 | 2.26 | 14 | 1.65 | 14 | 1.955 | 3.850E+06 | 0.59 |
| 15 | 2.60 | 15 | 1.91 | 15 | 2.255 | 4.125E+06 | 0.63 |
| 16 | 3.28 | 16 | 2.19 | 16 | 2.735 | 4.400E+06 | 0.67 |
| 17 | 3.40 | 17 | 2.45 | 17 | 2.925 | 4.675E+06 | 0.72 |
| 18 | 4.10 | 18 | 2.76 | 18 | 3.43 | 4.950E+06 | 0.76 |
| 19 | 4.30 | 19 | 3.01 | 19 | 3.655 | 5.225E+06 | 0.80 |
| 20 | 4.60 | 20 | 3.25 | 20 | 3.925 | 5.500E+06 | 0.84 |
| 21 | 4.89 | 21 | 3.45 | 21 | 4.17 | 5.775E+06 | 0.89 |
| 22 | 5.16 | 22 | 3.67 | 22 | 4.415 | 6.050E+06 | 0.93 |
| 23 | 5.40 | 23 | 3.95 | 23 | 4.675 | 6.325E+06 | 0.97 |
| 24 | 5.76 | 24 | 4.18 | 24 | 4.97 | 6.600E+06 | 1.01 |
| 25 | 6.00 | 25 | 4.42 | 25 | 5.21 | 6.875E+06 | 1.05 |
| 26 | 6.35 | 26 | 4.64 | 26 | 5.495 | 7.150E+06 | 1.10 |
| 27 | 6.60 | 27 | 4.94 | 27 | 5.77 | 7.425E+06 | 1.14 |
| 28 | 6.90 | 28 | 5.18 | 28 | 6.04 | 7.700E+06 | 1.18 |
| 29 | 8.20 | 29 | 5.49 | 29 | 6.845 | 7.975E+06 | 1.22 |
| 30 | 10.34 | 30 | 7.05 | 30 | 8.695 | 8.250E+06 | 1.26 |
| 31 | 12.10 | 31 | 8.80 | 31 | 10.45 | 8.525E+06 | 1.31 |
| 32 | 14.60 | 31 | 10.35 | 31.5 | 12.475 | 8.663E+06 | 1.33 |
| 33 | 15.80 | 31 | 11.40 | 32 | 13.6 | 8.800E+06 | 1.35 |
| 34 | 16.30 | 31 | 12.70 | 32.5 | 14.5 | 8.938E+06 | 1.37 |
| 35 | 20.90 | 31 | 15.80 | 33 | 18.35 | 9.075E+06 | 1.39 |
| 35 | 21.10 | 31 | 16.10 | 33 | 18.6 | 9.075E+06 | 1.39 |
| 35 | 21.40 | 31 | 16.20 | 33 | 18.8 | 9.075E+06 | 1.39 |
| 35 | 21.70 | 31 | 16.40 | 33 | 19.05 | 9.075E+06 | 1.39 |
| 35 | 21.90 | 31 | 16.60 | 33 | 19.25 | 9.075E+06 | 1.39 |
| 35 | 22.10 | 31 | 16.70 | 33 | 19.4 | 9.075E+06 | 1.39 |
| 35 | 22.20 | 31 | 16.90 | 33 | 19.55 | 9.075E+06 | 1.39 |
| 35 | 22.50 | 31 | 17.10 | 33 | 19.8 | 9.075E+06 | 1.39 |

Data Rata-Rata Hasil Beban-Defleksi Balok BSL-B

| Balok BSL-B | | | | | | | |
|-------------|---------------|-----------|---------------|-----------|---------------|-----------------|------------|
| Sampel-B1 | | Sampel-B2 | | Rata-Rata | | Momen | Defleksi |
| P (kN) | Defleksi (mm) | P (kN) | Defleksi (mm) | P (kN) | Defleksi (mm) | Maksimum (N.mm) | Teori (mm) |
| 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0 | 0.000E+00 | 0.00 |
| 1 | 0.11 | 1 | 0.20 | 1 | 0.155 | 2.750E+05 | 0.04 |
| 2 | 0.22 | 2 | 0.24 | 2 | 0.23 | 5.500E+05 | 0.08 |
| 3 | 0.33 | 3 | 0.32 | 3 | 0.325 | 8.250E+05 | 0.13 |
| 4 | 0.41 | 4 | 0.44 | 4 | 0.425 | 1.100E+06 | 0.17 |
| 5 | 0.53 | 5 | 0.59 | 5 | 0.56 | 1.375E+06 | 0.21 |
| 6 | 0.68 | 6 | 0.70 | 6 | 0.69 | 1.650E+06 | 0.25 |
| 7 | 0.77 | 7 | 0.81 | 7 | 0.79 | 1.925E+06 | 0.30 |
| 8 | 0.95 | 8 | 0.93 | 8 | 0.94 | 2.200E+06 | 0.34 |
| 9 | 1.08 | 9 | 1.08 | 9 | 1.08 | 2.475E+06 | 0.38 |
| 10 | 1.21 | 10 | 1.19 | 10 | 1.2 | 2.750E+06 | 0.42 |
| 11 | 1.36 | 11 | 1.37 | 11 | 1.365 | 3.025E+06 | 0.46 |
| 12 | 1.60 | 12 | 1.61 | 12 | 1.605 | 3.300E+06 | 0.51 |
| 13 | 1.82 | 13 | 1.78 | 13 | 1.8 | 3.575E+06 | 0.55 |
| 14 | 2.01 | 14 | 1.96 | 14 | 1.985 | 3.850E+06 | 0.59 |
| 15 | 2.49 | 15 | 2.16 | 15 | 2.325 | 4.125E+06 | 0.63 |
| 16 | 2.80 | 16 | 2.47 | 16 | 2.635 | 4.400E+06 | 0.67 |
| 17 | 3.04 | 17 | 2.73 | 17 | 2.885 | 4.675E+06 | 0.72 |
| 18 | 3.26 | 18 | 3.10 | 18 | 3.18 | 4.950E+06 | 0.76 |
| 19 | 3.54 | 19 | 3.36 | 19 | 3.45 | 5.225E+06 | 0.80 |
| 20 | 3.81 | 20 | 3.59 | 20 | 3.7 | 5.500E+06 | 0.84 |
| 21 | 4.30 | 21 | 3.85 | 21 | 4.075 | 5.775E+06 | 0.89 |
| 22 | 4.65 | 22 | 4.08 | 22 | 4.365 | 6.050E+06 | 0.93 |
| 23 | 4.93 | 23 | 4.32 | 23 | 4.625 | 6.325E+06 | 0.97 |
| 24 | 5.55 | 24 | 4.58 | 24 | 5.065 | 6.600E+06 | 1.01 |
| 25 | 8.12 | 25 | 5.04 | 25 | 6.58 | 6.875E+06 | 1.05 |
| 26 | 12.25 | 26 | 5.36 | 26 | 8.805 | 7.150E+06 | 1.10 |
| 27 | 17.62 | 27 | 6.92 | 27 | 12.27 | 7.425E+06 | 1.14 |
| 27 | 17.72 | 28 | 8.82 | 27.5 | 13.27 | 7.563E+06 | 1.16 |
| 27 | 17.92 | 29 | 11.63 | 28 | 14.775 | 7.700E+06 | 1.18 |
| 27 | 18.12 | 29 | 12.56 | 28 | 15.34 | 7.700E+06 | 1.18 |
| 27 | 18.22 | 29 | 14.65 | 28 | 16.435 | 7.700E+06 | 1.18 |
| 27 | 18.32 | 29 | 15.28 | 28 | 16.8 | 7.700E+06 | 1.18 |
| 27 | 18.33 | 29 | 15.58 | 28 | 16.955 | 7.700E+06 | 1.18 |
| 27 | 18.52 | 29 | 15.88 | 28 | 17.2 | 7.700E+06 | 1.18 |

Data Rata-Rata Hasil Beban-Defleksi Balok BSL-C

| Balok BSL-C | | | | | | | |
|-------------|---------------|-----------|---------------|-----------|---------------|-----------------------|---------------------|
| Sampel-C1 | | Sampel-C2 | | Rata-Rata | | Momen Maksimum (N.mm) | Defleksi Teori (mm) |
| P (kN) | Defleksi (mm) | P (kN) | Defleksi (mm) | P (kN) | Defleksi (mm) | | |
| 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0 | 0.000E+00 | 0.00 |
| 1 | 0.13 | 1 | 0.11 | 1 | 0.12 | 2.750E+05 | 0.04 |
| 2 | 0.21 | 2 | 0.16 | 2 | 0.185 | 5.500E+05 | 0.08 |
| 3 | 0.27 | 3 | 0.25 | 3 | 0.26 | 8.250E+05 | 0.13 |
| 4 | 0.36 | 4 | 0.35 | 4 | 0.355 | 1.100E+06 | 0.17 |
| 5 | 0.47 | 5 | 0.44 | 5 | 0.455 | 1.375E+06 | 0.21 |
| 6 | 0.63 | 6 | 0.55 | 6 | 0.59 | 1.650E+06 | 0.25 |
| 7 | 0.74 | 7 | 0.66 | 7 | 0.7 | 1.925E+06 | 0.30 |
| 8 | 0.86 | 8 | 0.81 | 8 | 0.835 | 2.200E+06 | 0.34 |
| 9 | 0.99 | 9 | 0.92 | 9 | 0.955 | 2.475E+06 | 0.38 |
| 10 | 1.14 | 10 | 1.02 | 10 | 1.08 | 2.750E+06 | 0.42 |
| 11 | 1.25 | 11 | 1.19 | 11 | 1.22 | 3.025E+06 | 0.46 |
| 12 | 1.38 | 12 | 1.35 | 12 | 1.365 | 3.300E+06 | 0.51 |
| 13 | 1.60 | 13 | 1.54 | 13 | 1.57 | 3.575E+06 | 0.55 |
| 14 | 1.98 | 14 | 1.70 | 14 | 1.84 | 3.850E+06 | 0.59 |
| 15 | 2.25 | 15 | 1.94 | 15 | 2.095 | 4.125E+06 | 0.63 |
| 16 | 2.59 | 16 | 2.25 | 16 | 2.42 | 4.400E+06 | 0.67 |
| 17 | 2.98 | 17 | 2.60 | 17 | 2.79 | 4.675E+06 | 0.72 |
| 18 | 3.25 | 18 | 2.94 | 18 | 3.095 | 4.950E+06 | 0.76 |
| 19 | 3.51 | 19 | 3.28 | 19 | 3.395 | 5.225E+06 | 0.80 |
| 20 | 3.81 | 20 | 3.56 | 20 | 3.685 | 5.500E+06 | 0.84 |
| 21 | 4.06 | 21 | 3.96 | 21 | 4.01 | 5.775E+06 | 0.89 |
| 22 | 4.31 | 22 | 4.22 | 22 | 4.265 | 6.050E+06 | 0.93 |
| 23 | 4.70 | 23 | 4.62 | 23 | 4.66 | 6.325E+06 | 0.97 |
| 24 | 5.18 | 24 | 5.05 | 24 | 5.115 | 6.600E+06 | 1.01 |
| 25 | 7.60 | 25 | 5.34 | 25 | 6.47 | 6.875E+06 | 1.05 |
| 26 | 11.25 | 26 | 5.71 | 26 | 8.48 | 7.150E+06 | 1.10 |
| 27 | 13.45 | 27 | 6.39 | 27 | 9.92 | 7.425E+06 | 1.14 |
| 28 | 15.65 | 28 | 8.38 | 28 | 12.015 | 7.700E+06 | 1.18 |
| 28 | 15.95 | 29 | 11.00 | 28.5 | 13.475 | 7.838E+06 | 1.20 |
| 28 | 16.35 | 29 | 11.92 | 28.5 | 14.135 | 7.838E+06 | 1.20 |
| 28 | 16.55 | 29 | 13.95 | 28.5 | 15.25 | 7.838E+06 | 1.20 |
| 28 | 16.85 | 29 | 16.75 | 28.5 | 16.8 | 7.838E+06 | 1.20 |
| 28 | 17.05 | 29 | 17.05 | 28.5 | 17.05 | 7.838E+06 | 1.20 |
| 28 | 17.25 | 29 | 17.35 | 28.5 | 17.3 | 7.838E+06 | 1.20 |
| 28 | 17.35 | 29 | 17.55 | 28.5 | 17.45 | 7.838E+06 | 1.20 |
| 28 | 17.55 | 29 | 17.65 | 28.5 | 17.6 | 7.838E+06 | 1.20 |

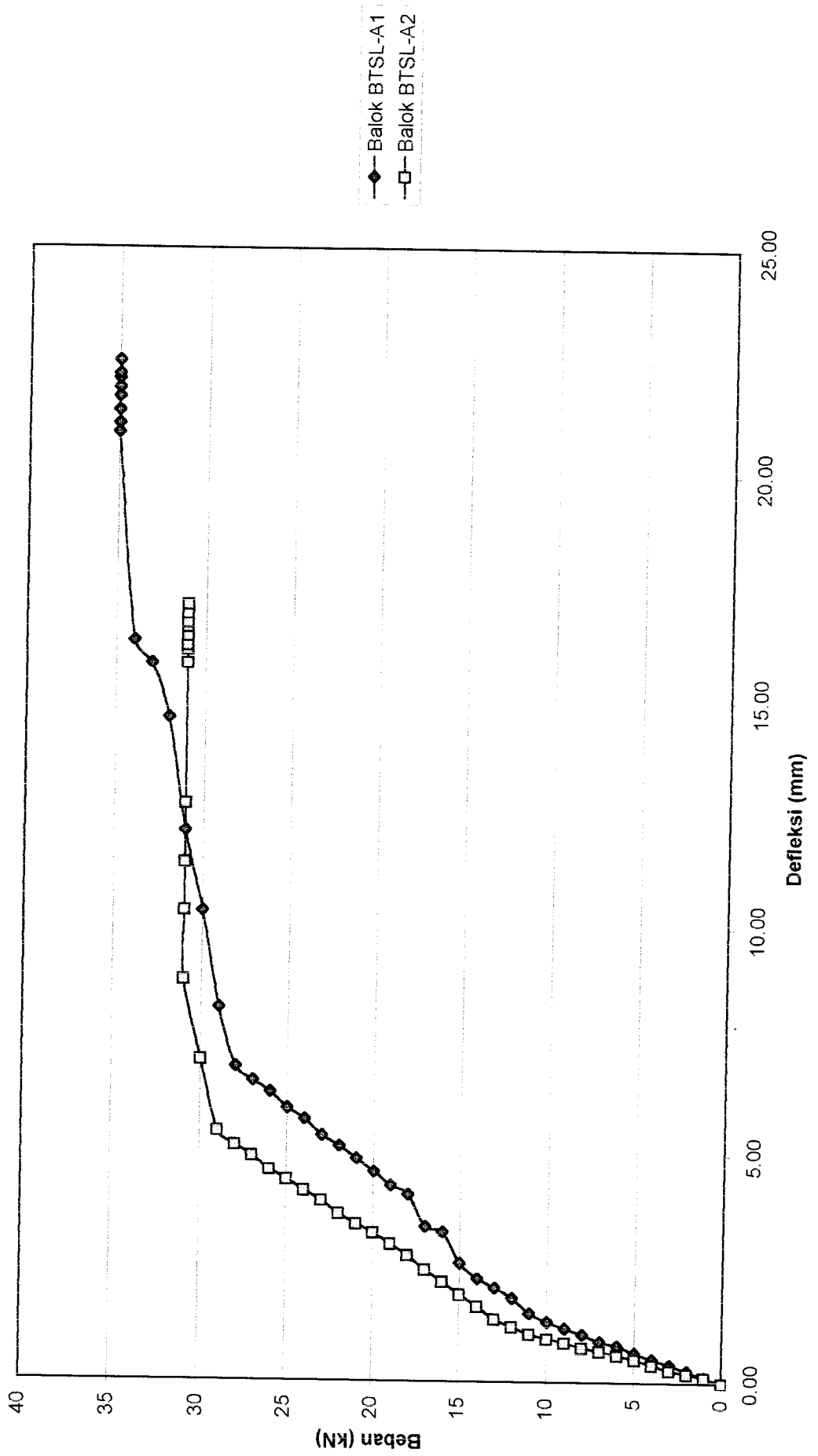
Data Rata-Rata Hasil Beban-Defleksi Balok BSL-D

| Balok BSL-D | | | | | | | |
|-------------|---------------|-----------|---------------|-----------|---------------|-----------------------|---------------------|
| Sampel-D1 | | Sampel-D2 | | Rata-Rata | | Momen Maksimum (N.mm) | Defleksi Teori (mm) |
| P (kN) | Defleksi (mm) | P (kN) | Defleksi (mm) | P (kN) | Defleksi (mm) | | |
| 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0 | 0.000E+00 | 0.00 |
| 1 | 0.16 | 1 | 0.15 | 1 | 0.155 | 2.750E+05 | 0.04 |
| 2 | 0.25 | 2 | 0.19 | 2 | 0.22 | 5.500E+05 | 0.08 |
| 3 | 0.34 | 3 | 0.29 | 3 | 0.315 | 8.250E+05 | 0.13 |
| 4 | 0.46 | 4 | 0.40 | 4 | 0.43 | 1.100E+06 | 0.17 |
| 5 | 0.60 | 5 | 0.50 | 5 | 0.55 | 1.375E+06 | 0.21 |
| 6 | 0.75 | 6 | 0.60 | 6 | 0.675 | 1.650E+06 | 0.25 |
| 7 | 0.85 | 7 | 0.68 | 7 | 0.765 | 1.925E+06 | 0.30 |
| 8 | 0.94 | 8 | 0.78 | 8 | 0.86 | 2.200E+06 | 0.34 |
| 9 | 1.09 | 9 | 0.90 | 9 | 0.995 | 2.475E+06 | 0.38 |
| 10 | 1.25 | 10 | 1.00 | 10 | 1.125 | 2.750E+06 | 0.42 |
| 11 | 1.40 | 11 | 1.18 | 11 | 1.29 | 3.025E+06 | 0.46 |
| 12 | 1.58 | 12 | 1.38 | 12 | 1.48 | 3.300E+06 | 0.51 |
| 13 | 1.73 | 13 | 1.62 | 13 | 1.675 | 3.575E+06 | 0.55 |
| 14 | 1.93 | 14 | 1.86 | 14 | 1.895 | 3.850E+06 | 0.59 |
| 15 | 2.10 | 15 | 2.06 | 15 | 2.08 | 4.125E+06 | 0.63 |
| 16 | 2.35 | 16 | 2.35 | 16 | 2.35 | 4.400E+06 | 0.67 |
| 17 | 2.65 | 17 | 2.60 | 17 | 2.625 | 4.675E+06 | 0.72 |
| 18 | 2.83 | 18 | 2.90 | 18 | 2.865 | 4.950E+06 | 0.76 |
| 19 | 3.11 | 19 | 3.18 | 19 | 3.145 | 5.225E+06 | 0.80 |
| 20 | 3.45 | 20 | 3.45 | 20 | 3.45 | 5.500E+06 | 0.84 |
| 21 | 3.69 | 21 | 3.75 | 21 | 3.72 | 5.775E+06 | 0.89 |
| 22 | 4.67 | 22 | 4.00 | 22 | 4.335 | 6.050E+06 | 0.93 |
| 23 | 5.09 | 23 | 4.31 | 23 | 4.7 | 6.325E+06 | 0.97 |
| 24 | 6.35 | 24 | 4.88 | 24 | 5.615 | 6.600E+06 | 1.01 |
| 25 | 7.33 | 25 | 7.25 | 25 | 7.29 | 6.875E+06 | 1.05 |
| 26 | 9.54 | 26 | 7.84 | 26 | 8.69 | 7.150E+06 | 1.10 |
| 27 | 12.65 | 27 | 9.38 | 27 | 11.015 | 7.425E+06 | 1.14 |
| 28 | 13.98 | 28 | 14.00 | 28 | 13.99 | 7.700E+06 | 1.18 |
| 29 | 14.31 | 29 | 15.78 | 29 | 15.045 | 7.975E+06 | 1.22 |
| 30 | 15.80 | 30 | 18.54 | 30 | 17.17 | 8.250E+06 | 1.26 |
| 31 | 16.68 | 30 | 18.74 | 30.5 | 17.71 | 8.388E+06 | 1.29 |
| 31 | 16.78 | 30 | 18.84 | 30.5 | 17.81 | 8.388E+06 | 1.29 |
| 31 | 16.88 | 30 | 18.94 | 30.5 | 17.91 | 8.388E+06 | 1.29 |
| 31 | 17.08 | 30 | 19.04 | 30.5 | 18.06 | 8.388E+06 | 1.29 |
| 31 | 17.18 | 30 | 19.14 | 30.5 | 18.16 | 8.388E+06 | 1.29 |
| 31 | 17.28 | 30 | 19.24 | 30.5 | 18.26 | 8.388E+06 | 1.29 |

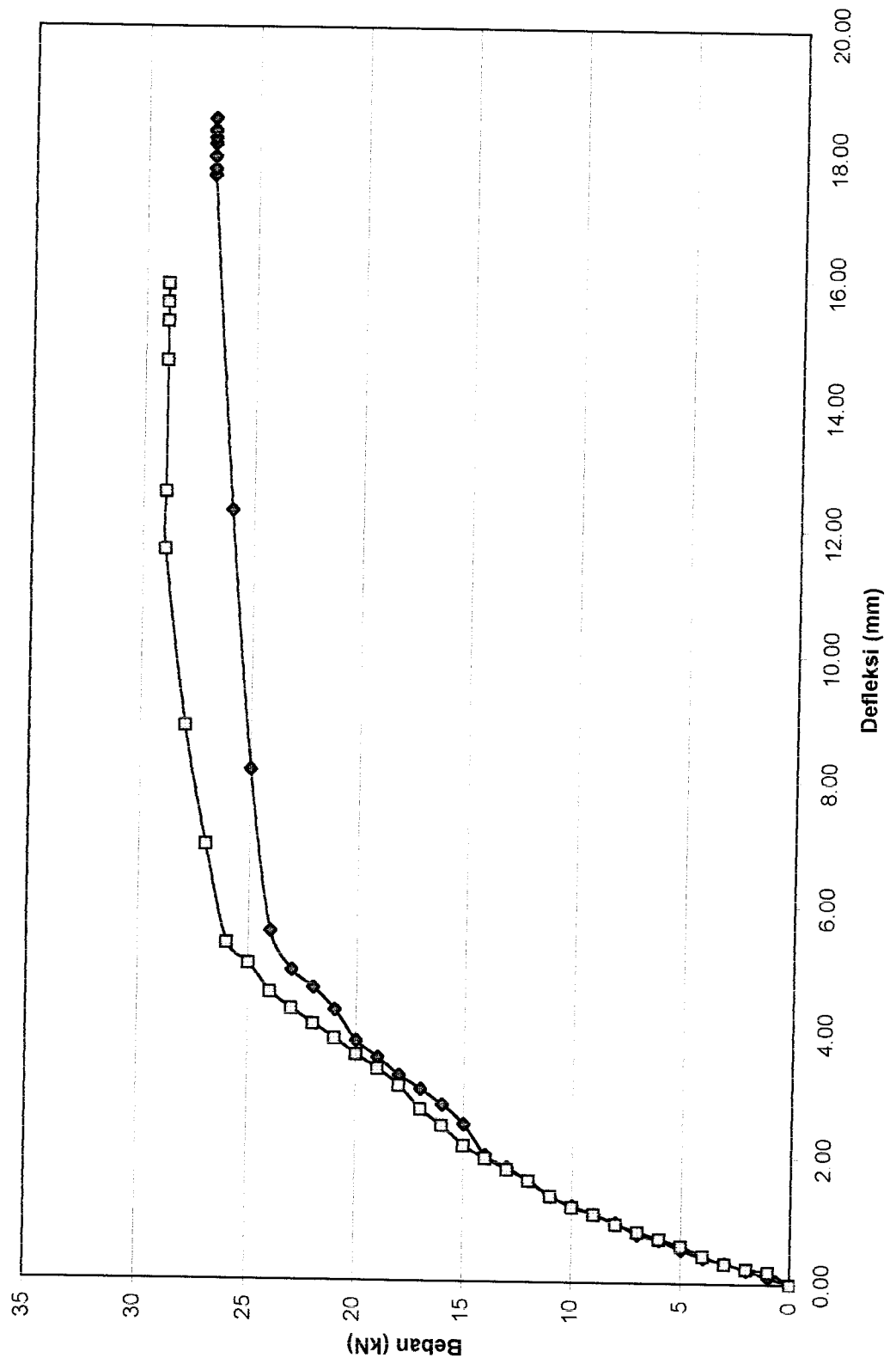
Data Rata-Rata Hasil Beban-Defleksi Balok BSL-E

| Balok BSL-E | | | | | | | |
|-------------|------------------|-----------|------------------|-----------|------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Sampel-E1 | | Sampel-E2 | | Rata-Rata | | Momen Maksimum (N.mm) | Defleksi Teori (mm) |
| P (kN) | Defleksi (mm) | P (kN) | Defleksi (mm) | P (kN) | Defleksi (mm) | | |
| 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0 | 0.000E+00 | 0.00 |
| 1 | 0.15 | 1 | 0.12 | 1 | 0.135 | 2.750E+05 | 0.04 |
| 2 | 0.20 | 2 | 0.20 | 2 | 0.2 | 5.500E+05 | 0.08 |
| 3 | 0.28 | 3 | 0.28 | 3 | 0.28 | 8.250E+05 | 0.13 |
| 4 | 0.38 | 4 | 0.38 | 4 | 0.38 | 1.100E+06 | 0.17 |
| 5 | 0.48 | 5 | 0.49 | 5 | 0.485 | 1.375E+06 | 0.21 |
| 6 | 0.60 | 6 | 0.57 | 6 | 0.585 | 1.650E+06 | 0.25 |
| 7 | 0.70 | 7 | 0.67 | 7 | 0.685 | 1.925E+06 | 0.30 |
| 8 | 0.86 | 8 | 0.79 | 8 | 0.825 | 2.200E+06 | 0.34 |
| 9 | 1.04 | 9 | 0.87 | 9 | 0.955 | 2.475E+06 | 0.38 |
| 10 | 1.12 | 10 | 0.99 | 10 | 1.055 | 2.750E+06 | 0.42 |
| 11 | 1.20 | 11 | 1.14 | 11 | 1.17 | 3.025E+06 | 0.46 |
| 12 | 1.36 | 12 | 1.30 | 12 | 1.33 | 3.300E+06 | 0.51 |
| 13 | 1.50 | 13 | 1.40 | 13 | 1.45 | 3.575E+06 | 0.55 |
| 14 | 1.72 | 14 | 1.67 | 14 | 1.695 | 3.850E+06 | 0.59 |
| 15 | 1.90 | 15 | 1.84 | 15 | 1.87 | 4.125E+06 | 0.63 |
| 16 | 2.10 | 16 | 2.06 | 16 | 2.08 | 4.400E+06 | 0.67 |
| 17 | 2.35 | 17 | 2.29 | 17 | 2.32 | 4.675E+06 | 0.72 |
| 18 | 2.58 | 18 | 2.54 | 18 | 2.56 | 4.950E+06 | 0.76 |
| 19 | 2.89 | 19 | 2.80 | 19 | 2.845 | 5.225E+06 | 0.80 |
| 20 | 3.05 | 20 | 3.10 | 20 | 3.075 | 5.500E+06 | 0.84 |
| 21 | 3.40 | 21 | 3.35 | 21 | 3.375 | 5.775E+06 | 0.89 |
| 22 | 3.78 | 22 | 3.59 | 22 | 3.685 | 6.050E+06 | 0.93 |
| 23 | 4.00 | 23 | 3.80 | 23 | 3.9 | 6.325E+06 | 0.97 |
| 24 | 4.20 | 24 | 4.05 | 24 | 4.125 | 6.600E+06 | 1.01 |
| 25 | 4.48 | 25 | 4.30 | 25 | 4.39 | 6.875E+06 | 1.05 |
| 26 | 4.75 | 26 | 4.52 | 26 | 4.635 | 7.150E+06 | 1.10 |
| 27 | 4.98 | 27 | 5.85 | 27 | 5.415 | 7.425E+06 | 1.14 |
| 28 | 5.28 | 28 | 7.38 | 28 | 6.33 | 7.700E+06 | 1.18 |
| 29 | 6.90 | 29 | 8.93 | 29 | 7.915 | 7.975E+06 | 1.22 |
| 30 | 9.90 | 30 | 14.82 | 30 | 12.36 | 8.250E+06 | 1.26 |
| 31 | 11.20 | 31 | 15.32 | 31 | 13.26 | 8.525E+06 | 1.31 |
| 32 | 12.10 | 31 | 15.82 | 31.5 | 13.96 | 8.663E+06 | 1.33 |
| 33 | 13.70 | 31 | 16.02 | 32 | 14.86 | 8.800E+06 | 1.35 |
| 33 | 15.00 | 31 | 16.52 | 32 | 15.76 | 8.800E+06 | 1.35 |
| 33 | 15.10 | 31 | 17.02 | 32 | 16.06 | 8.800E+06 | 1.35 |
| 33 | 15.20 | 31 | 17.22 | 32 | 16.21 | 8.800E+06 | 1.35 |
| 33 | 15.40 | 31 | 17.42 | 32 | 16.41 | 8.800E+06 | 1.35 |
| 33 | 15.60 | 31 | 17.52 | 32 | 16.56 | 8.800E+06 | 1.35 |
| 33 | 15.80 | 31 | 17.62 | 32 | 16.71 | 8.800E+06 | 1.35 |

Grafik Hubungan Beban-Defleksi Balok BTSL A

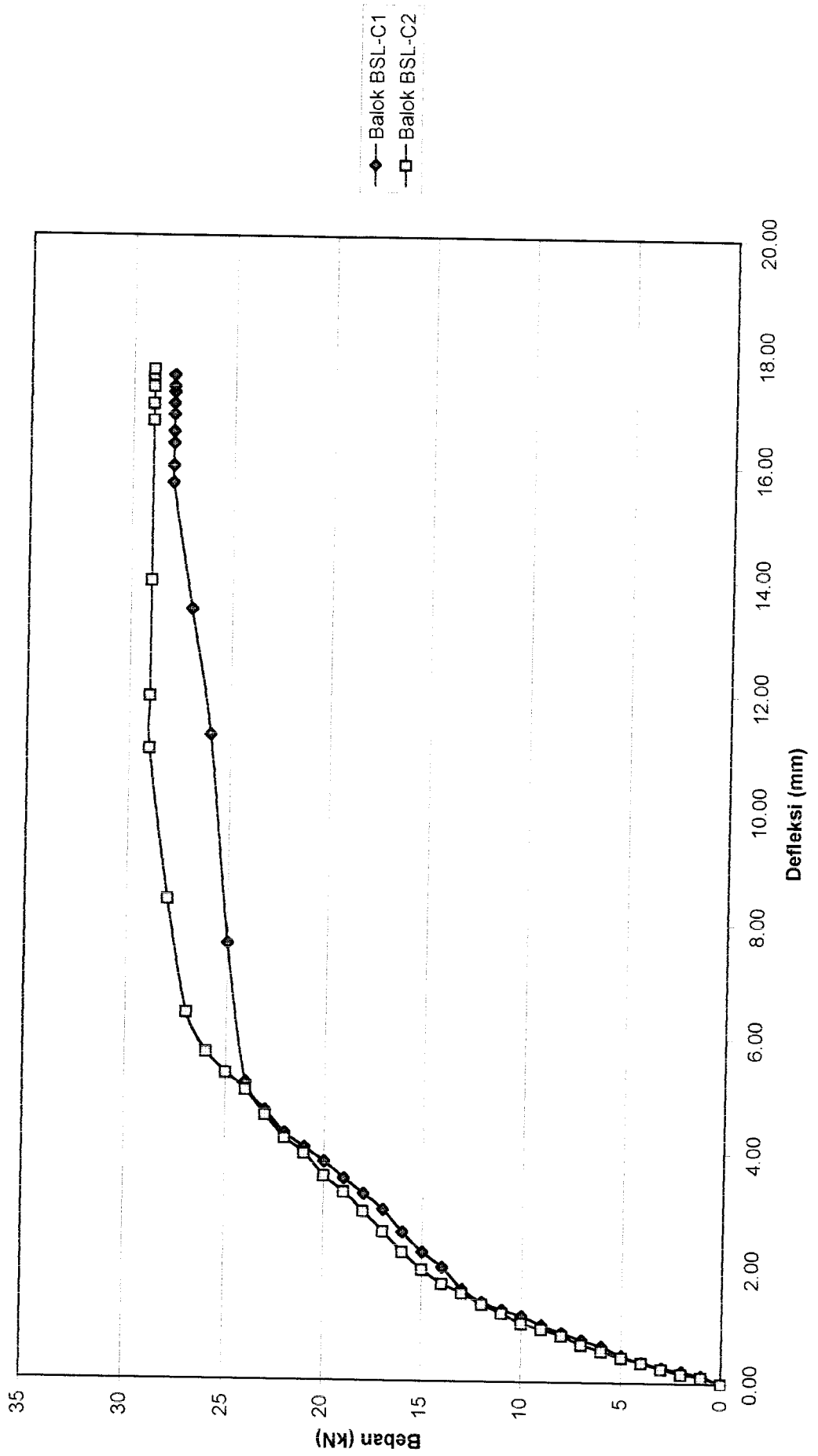


Grafik Hubungan Beban-Defleksi Balok BSL B

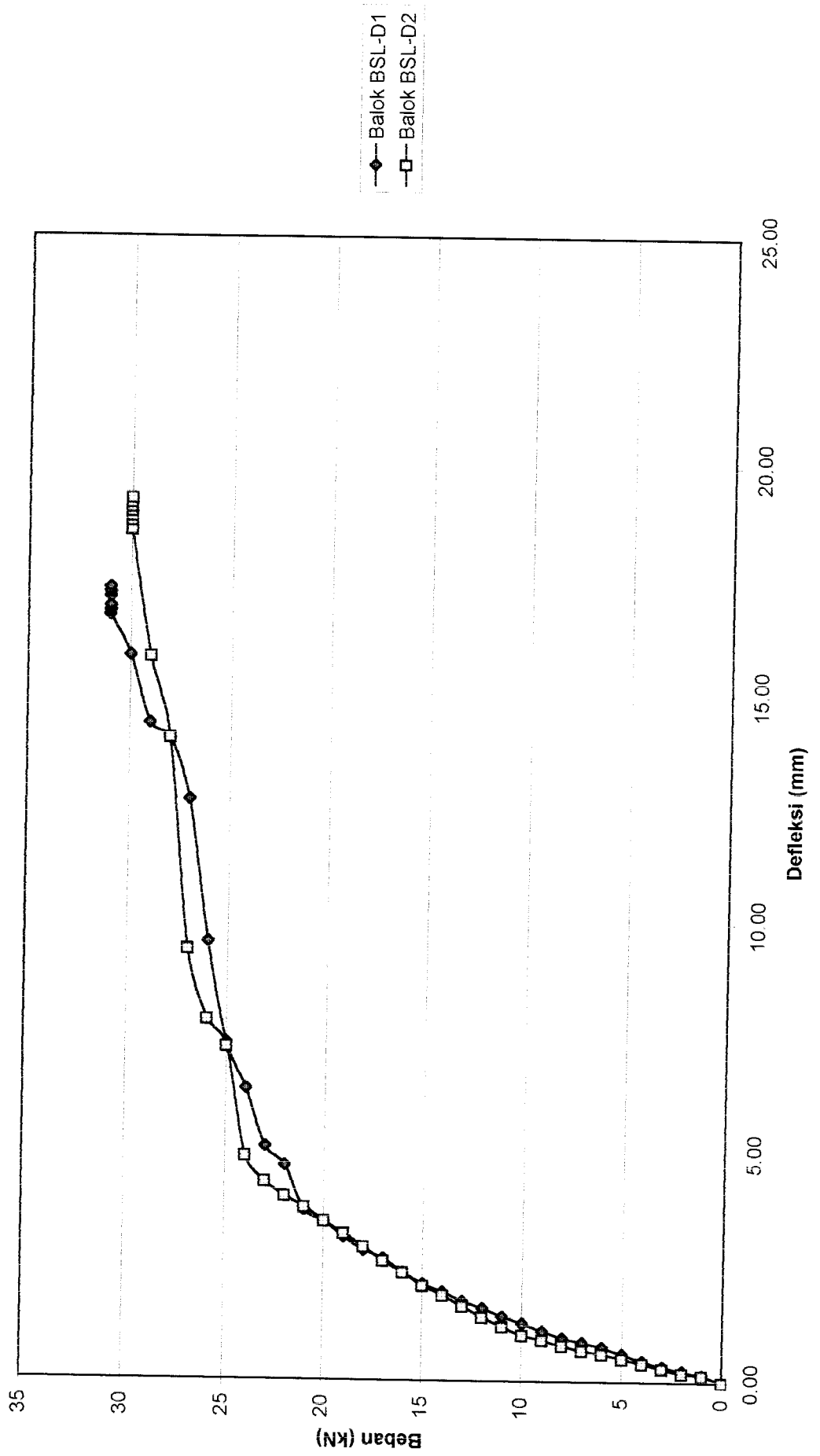


◆ Balok BSL-B1
 □ Balok BSL-B2

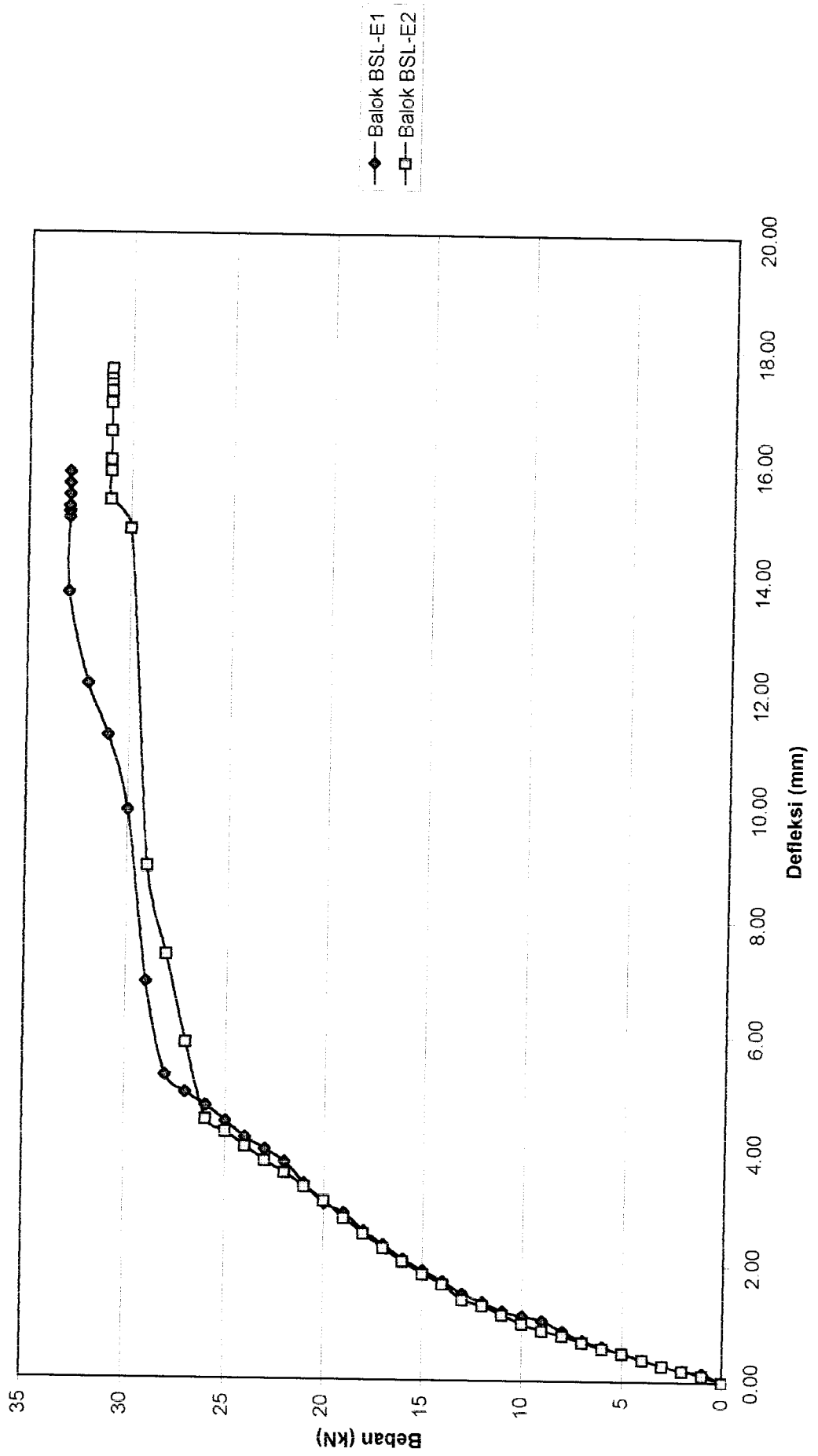
Grafik Hubungan Beban-Defleksi Balok BSL C



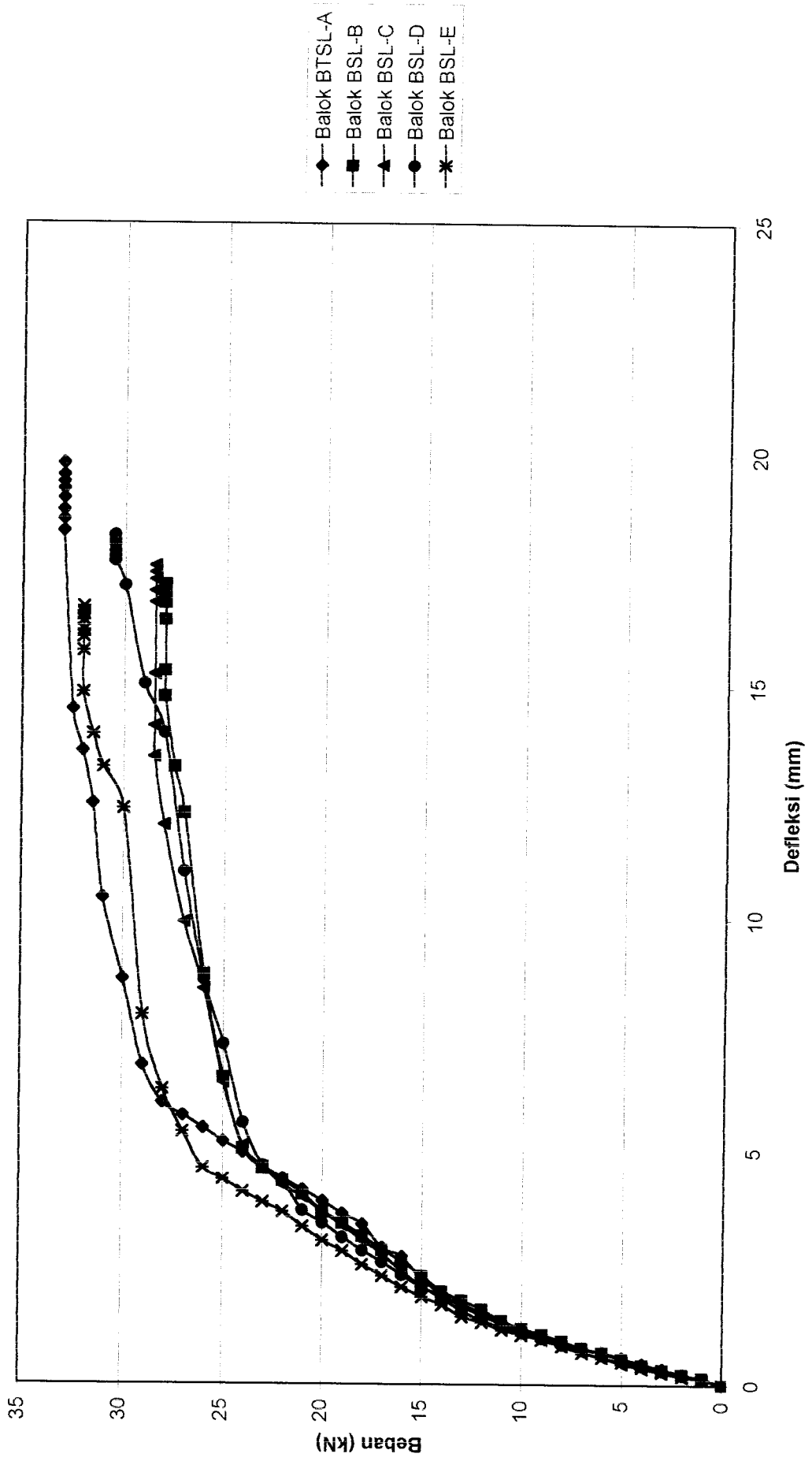
Grafik Hubungan Beban -Defleksi Balok BSL D



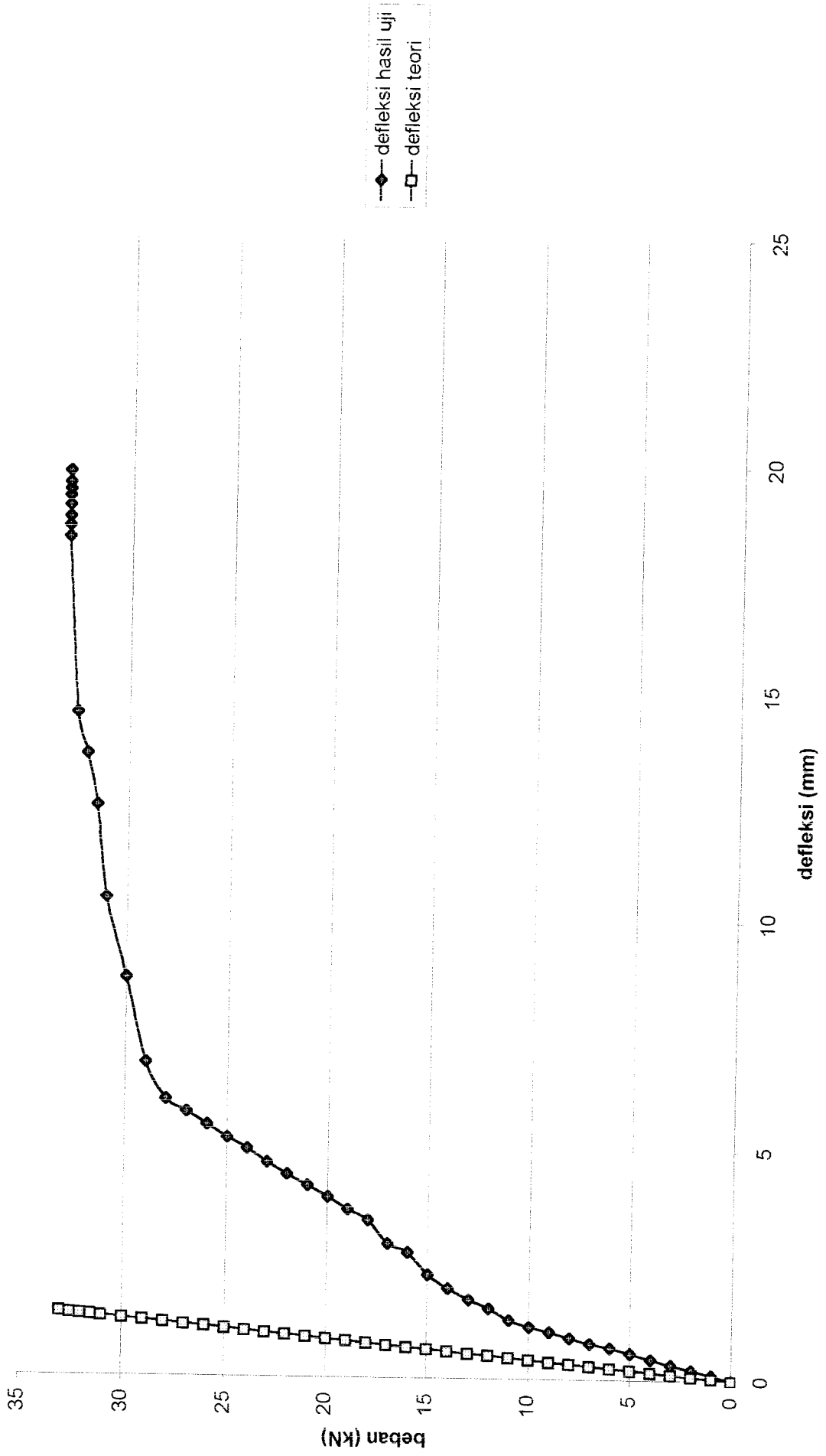
Grafik Hubungan Beban-Defleksi Balok BSL E



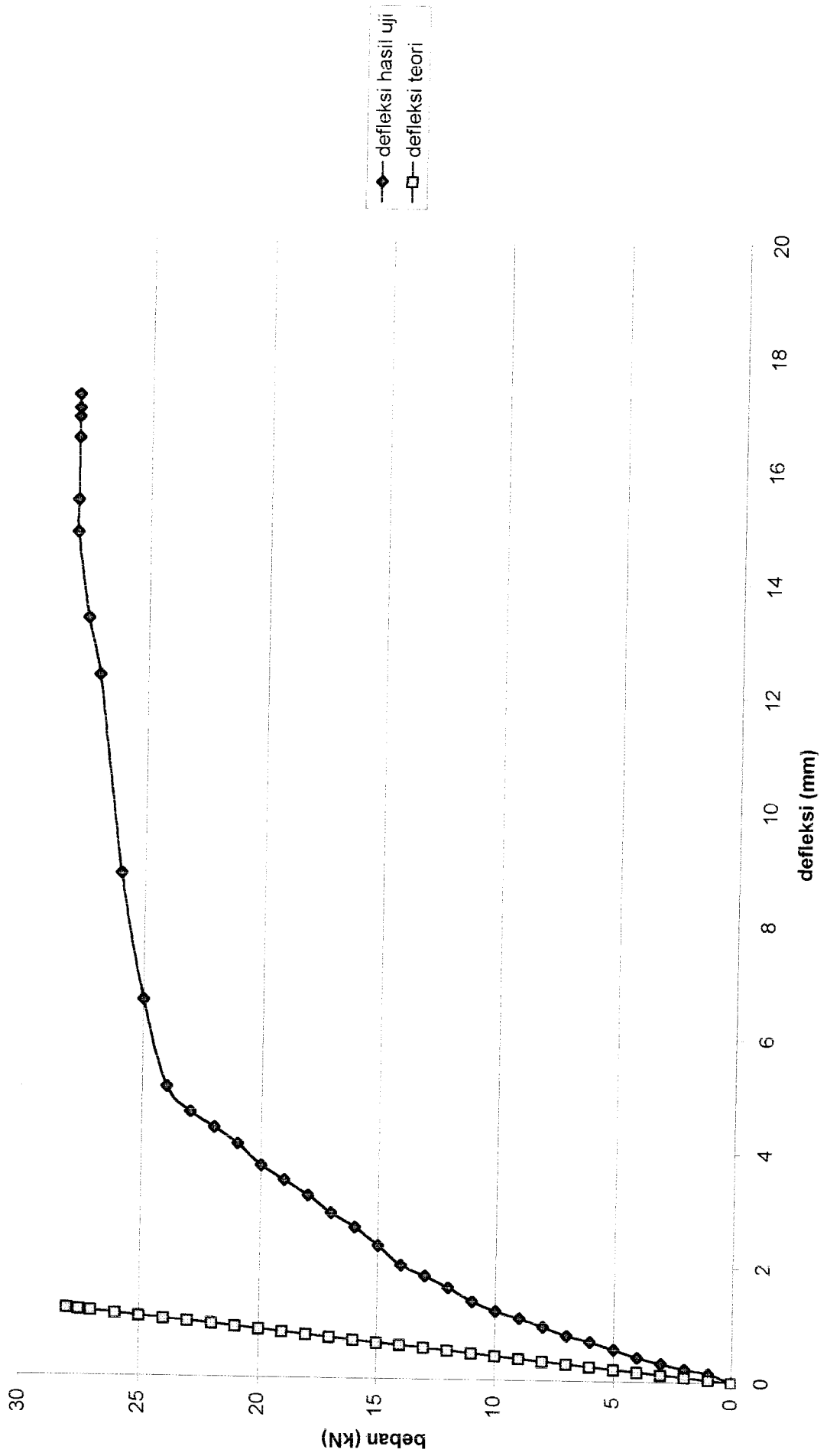
Grafik Gabungan Rata-Rata Beban-Defleksi



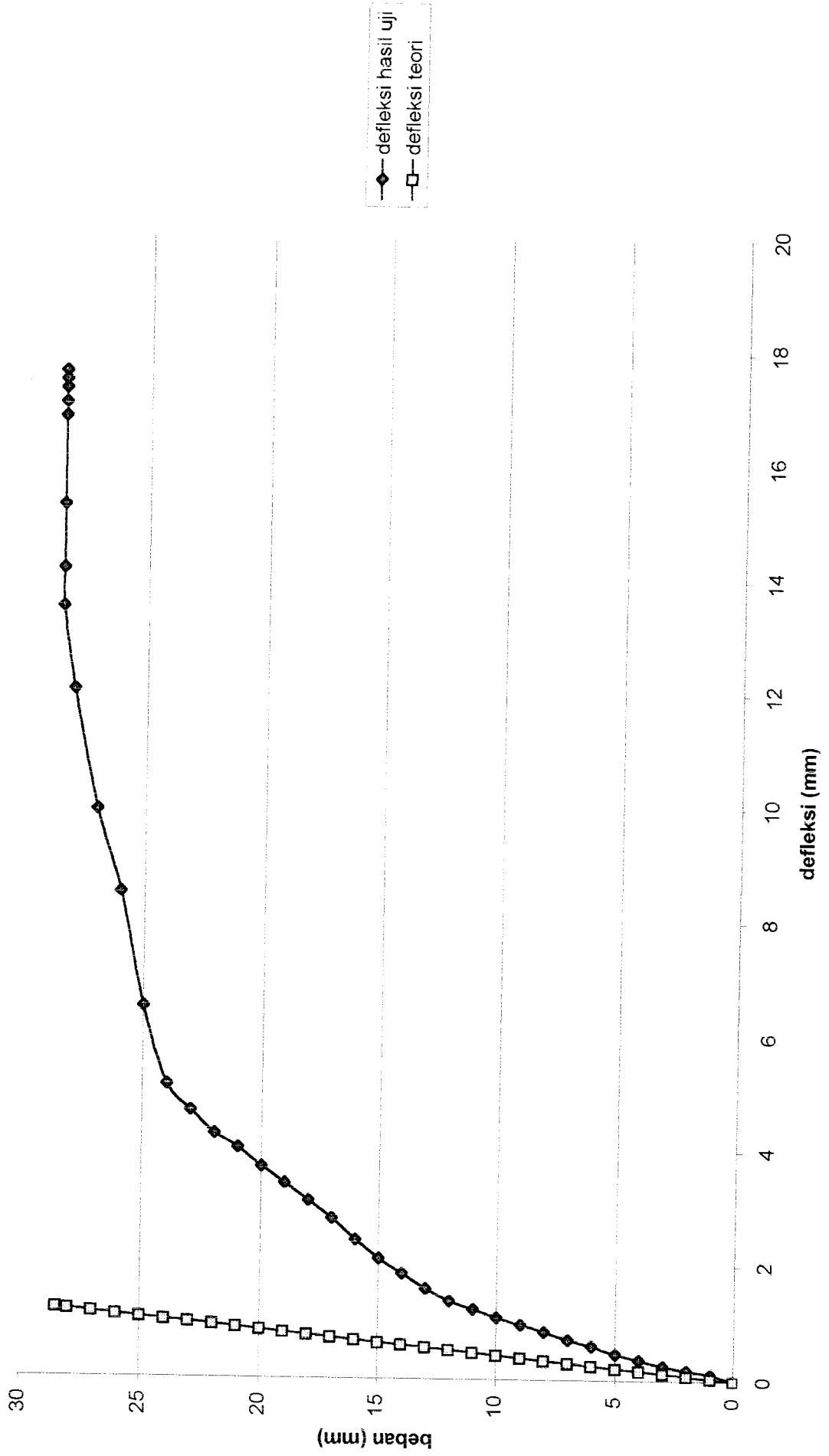
Perbandingan Defleksi Teori dan Hasil Uji Rata-rata Untuk Benda Uji A



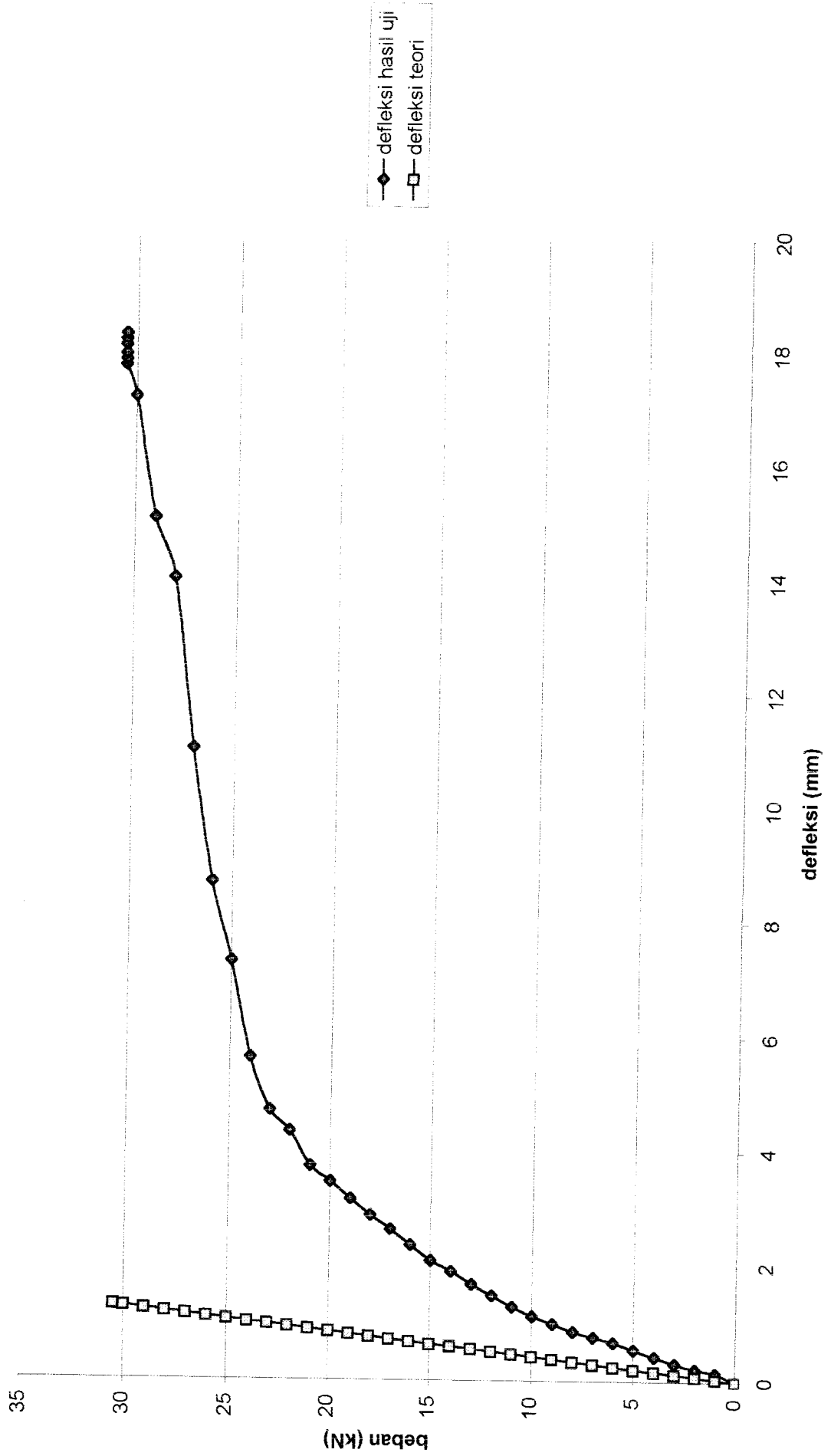
Perbandingan Defleksi Teori dan Hasil Uji Rata-rata Untuk Benda Uji B



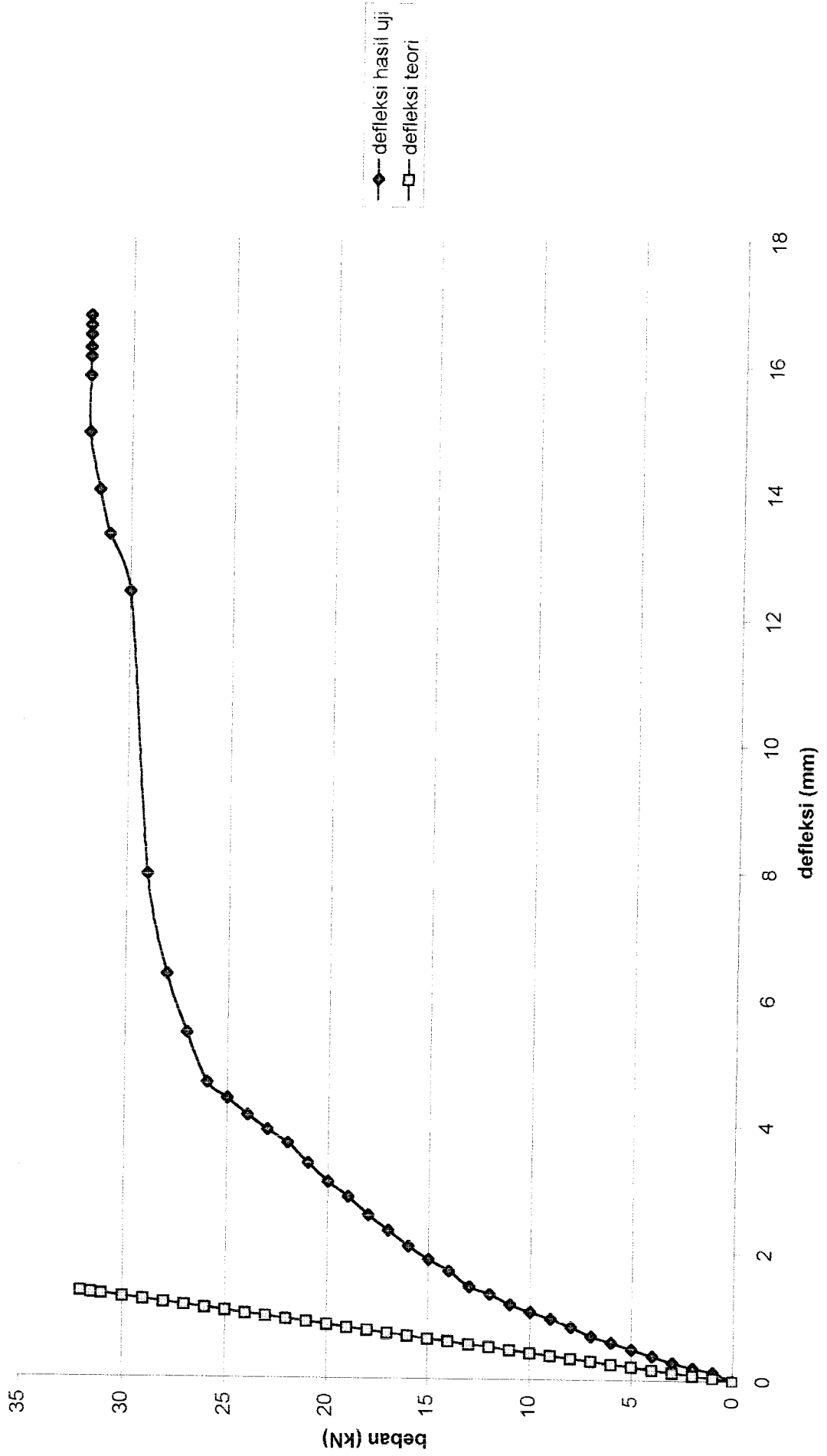
Perbandingan Defleksi Teori Rata-rata dan Hasil Uji Untuk Benda Uji C

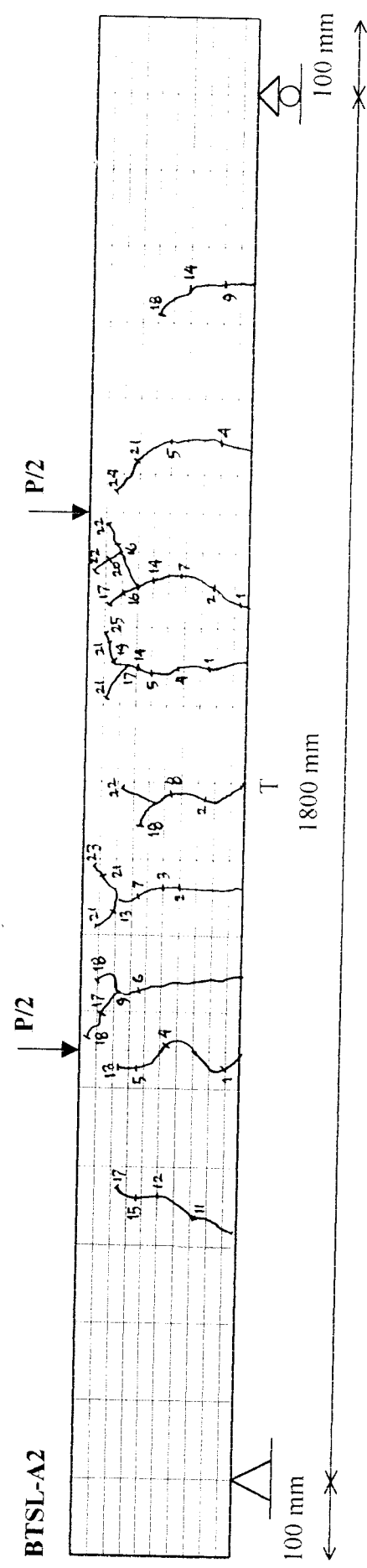
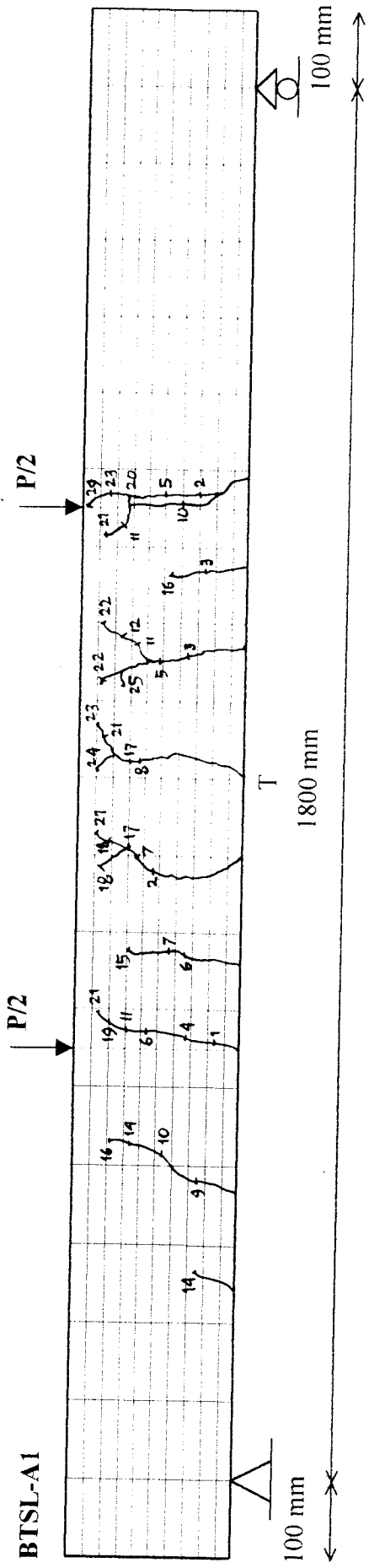


Perbandingan Defleksi Teori dan Hasil Uji Rata-rata Untuk Benda Uji D

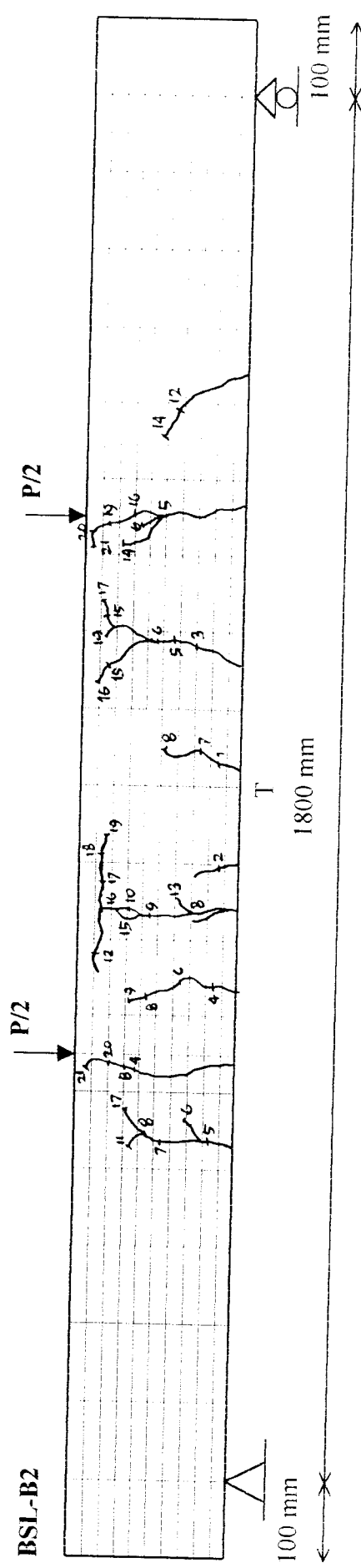
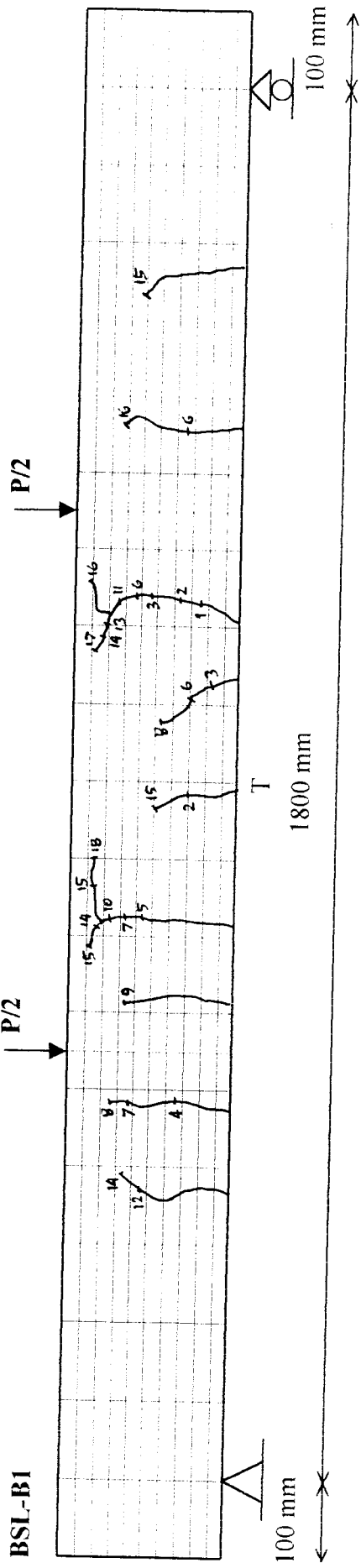


Perbandingan Defleksi Teori dan Hasil Uji Rata-rata Untuk Benda Uji E

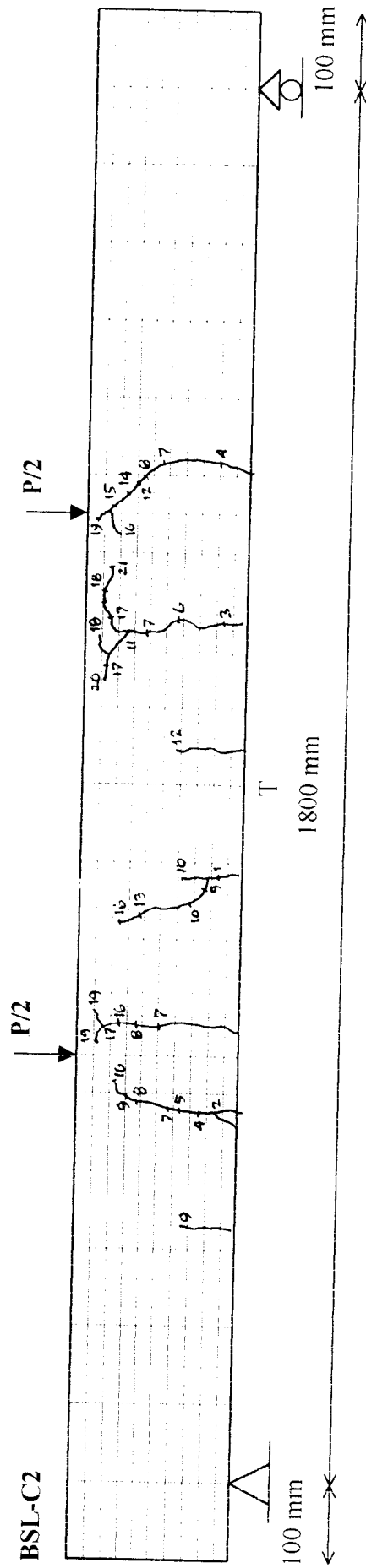
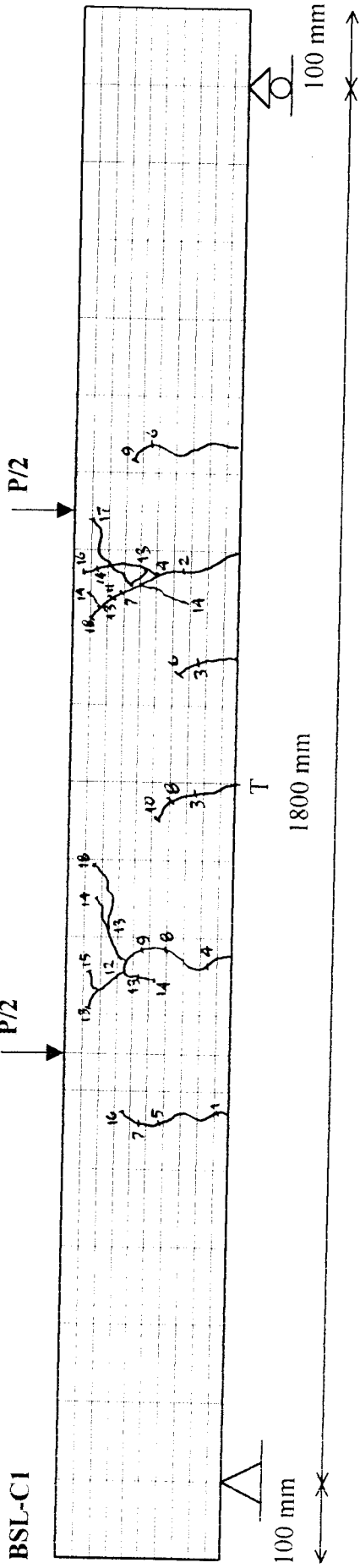




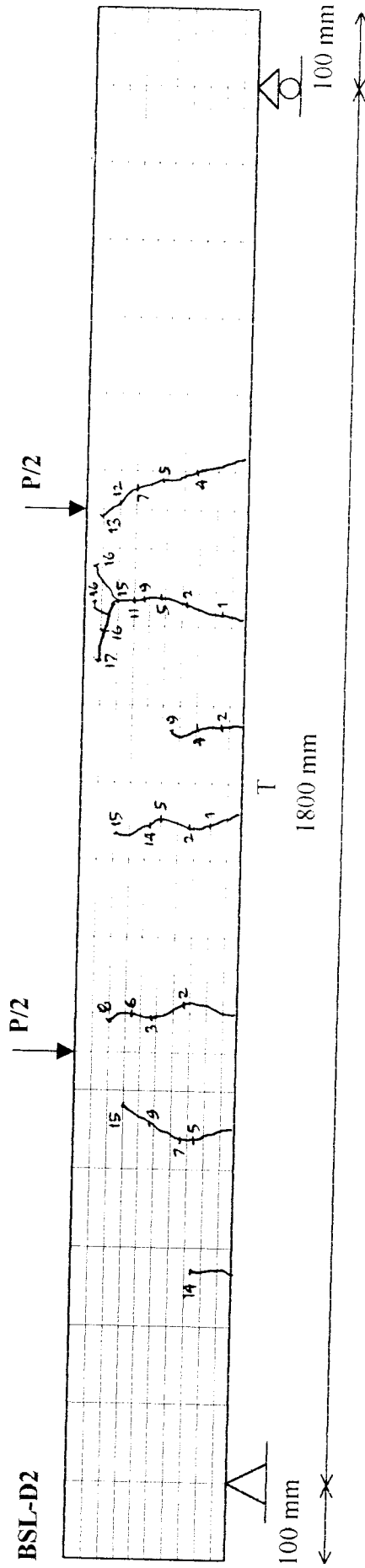
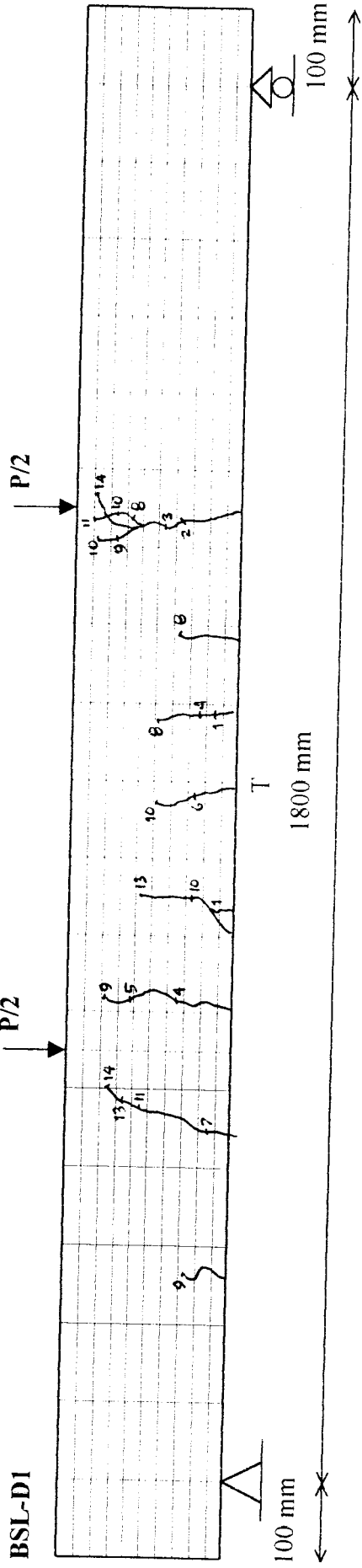
Gambar Retak Balok BTSL A



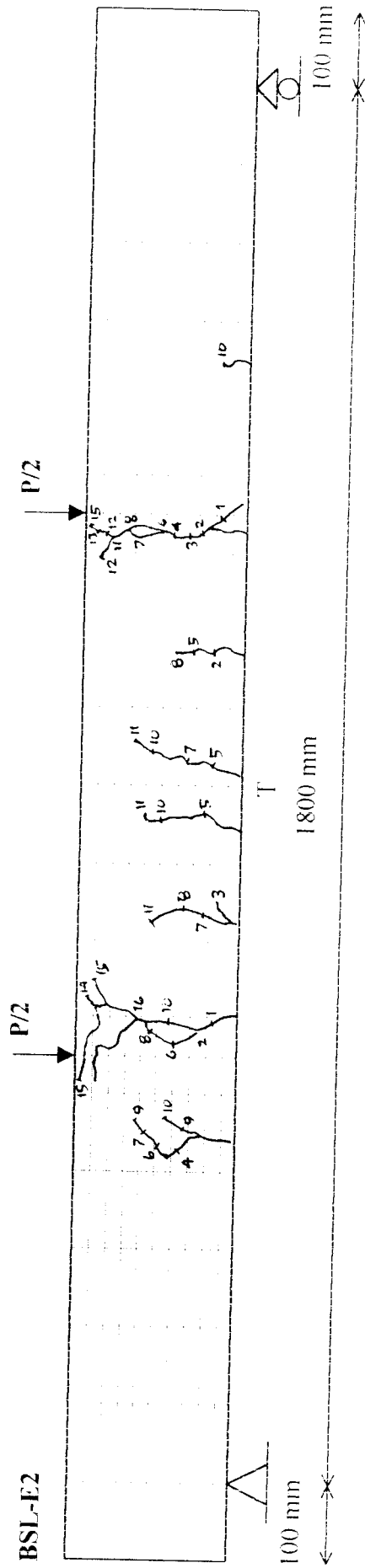
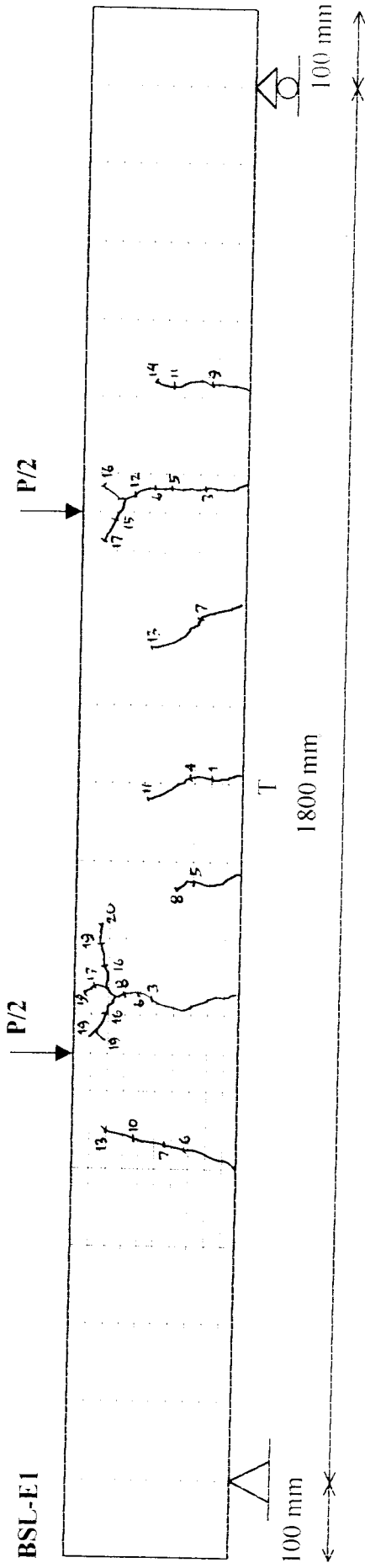
Gambar Retak Balok BSL B



Gambar Retak Balok BSL C



Gambar Retak Balok BSL D



Gambar Retak Balok BSL E

DOKUMENTASI PENELITIAN

Foto 1
Baja Tulangan

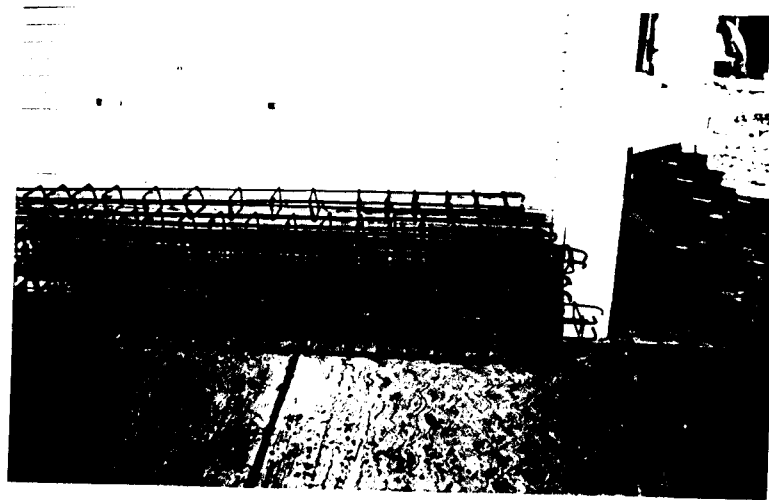


Foto 2
Bekisting

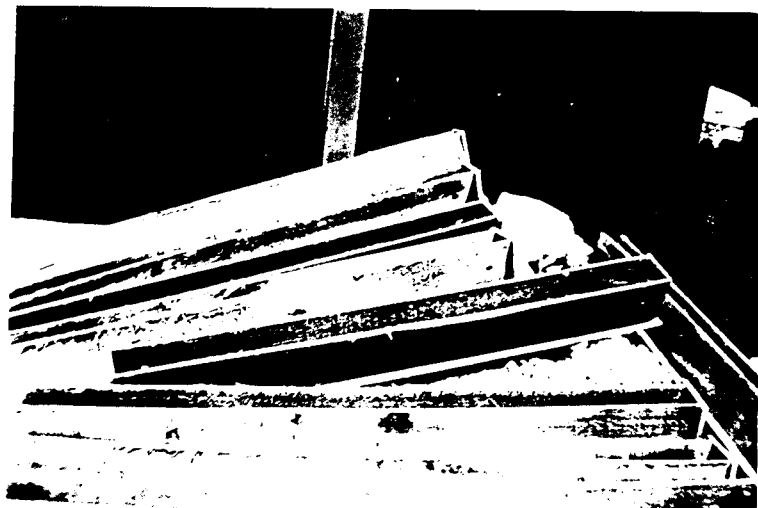


Foto 3
Pengayakan Material
(Pasir & Split)



Foto 4
Pencucian Material



Foto 5 Pengadukan Beton Dengan Molen



Foto 6 Adukan dimasukkan kedalam bekisting yang telah dipersiapkan dengan berlapis dan tiap lapis ditumbuk dengan tongkat penumbuk sampai padat.

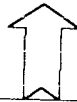
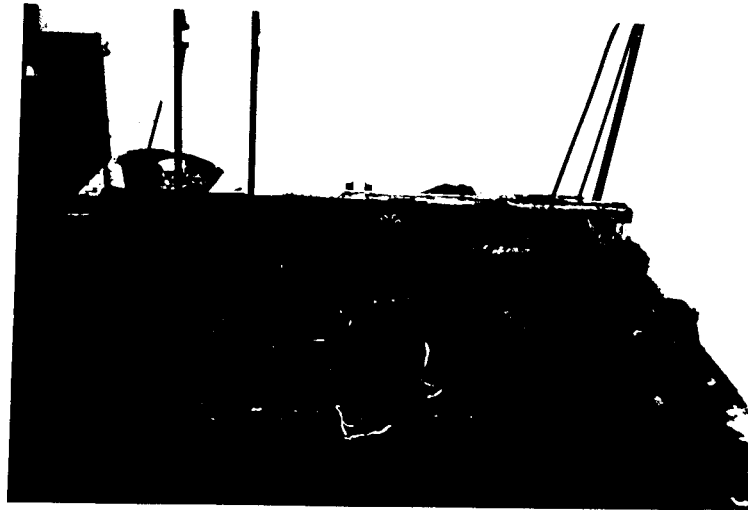


Foto 7 Proses Perawatan. Balok dibungkus dengan karung dan disiram setiap hari selama 28 hari agar proses hidrasi dapat berjalan dengan baik.



Foto 8 Persiapan Pengujian Balok Beton. Terlebih dahulu balok dicat putih dan diberi garis-garis untuk memudahkan penggambaran retak. Setelah itu balok diletakkan dibawah alat uji lentur.

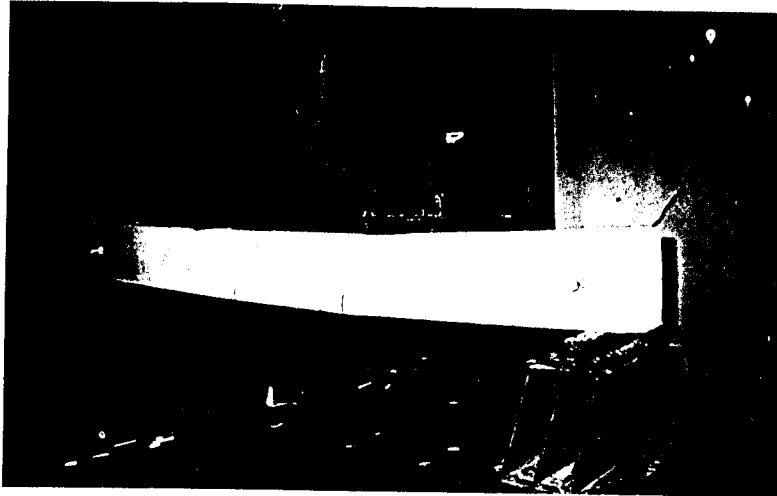


Foto 9 Balok beton setelah diuji lentur.

Foto 10 Pengujian silinder beton untuk mengetahui kuat desak beton.



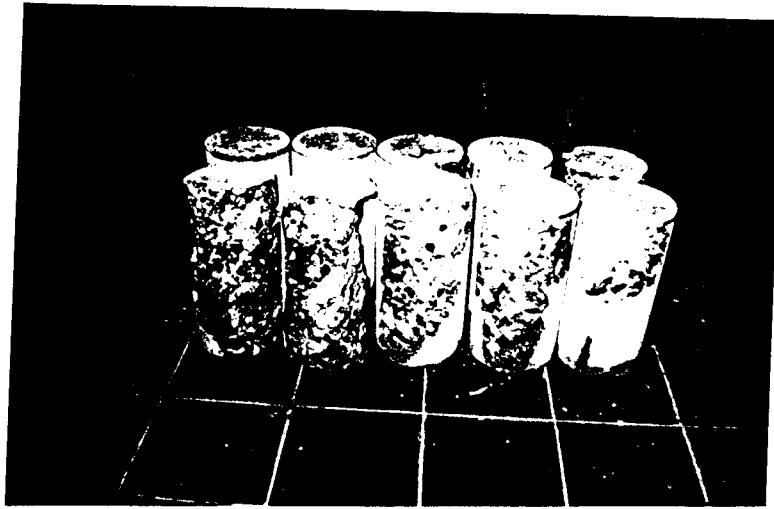


Foto 11 Silinder beton setelah diuji desak