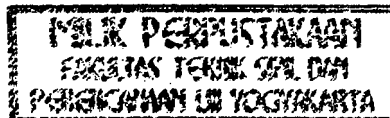


TUGAS AKHIR

**UJI EKSPERIMENTAL PENGARUH LEBAR EFEKTIF
TERHADAP KUAT LENTUR BETON
PADA PENAMPANG BALOK T**



Disusun oleh :



Nama : ZULI PURWA HANDAKA
No. Mhs : 96 310 122
Nirm. : 960051013141120268

Nama : TRI WIYANA BASUKI
No. Mhs : 96 310 144
Nirm. : 960051013141120123

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
JOGJAKARTA
2002**

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**UJI EKSPERIMENTAL PENGARUH LEBAR
EFEKTIF TERHADAP KUAT LENTUR BETON
PADA PENAMPANG BALOK T**

Disusun oleh :

Nama : ZULI PURWA HANDAKA

No. Mhs : 96 310 122

Nirm. : 960051013141120268

Nama : TRI WIYANA BASUKI

No. Mhs : 96 310 144

Nirm. : 960051013141120123

Telah diperiksa dan disetujui oleh :


Ir. H. M. Samsudin, MT

Dosen Pembimbing I

Ir. H. Suharyatmo, MT

Dosen Pembimbing II

Tanggal :


Tanggal : 6/3/02

MOTTO

"....., Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman diantara kamu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat....."

(QS. Al Mujadilaah : 11)

"....., dan tidak ada yang dapat mengambil pelajaran (dari padanya) melainkan orang-orang yang berakal....."

(QS. Al Imran: 2)

"Maka sesungguhnya di samping kesulitan ada kemudahan."

(QS. Alam Nasyrah: 5)

"Barang siapa menempuh jalan untuk menempuh ilmu, maka Allah akan memudahkan baginya jalan ke sorga."

(Hadis Rasulullah SAW)

"Akal dan belajar itu seperti jiwa dan raga, tanpa raga ,jiwa hanyalah udara hampa , tanpa jiwa, raga adalah kerangka tanpa makna."

(Khalil Gibran)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahilahi rabbil' alamin

Puji Syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan berkah dan hidayah serta memberikan kemudahan kepada kami sehingga kami dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Kupersembahkan Tugas Akhir ini untuk :

*Ayahanda dan Ibunda tercinta sebagai baktiku sebagai anak,
serta adikku tersayang "Vita" yang telah memberikan doa dan dukungan sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.*

Terima Kasih Banyak Untuk :

*Terutama untuk Tri Wiyana Basuki yang telah banyak membantu dan bekerjasama dalam penyelesaian tugas akhir ini ,
Teman-teman baikku Wawan, Hening, Rahmat, Gendut, Sony,
Ananto dua-duanya, Adji,, Drajat, Elok, Arief Menir, Atik, Eko, Ari,, Fajar, Bambang, Agus
Teman – teman kost serta penghuni asrama "WGY 81" Atas segalanya.
.Teman-teman FTSP VII '96 Kelas F, serta sahabat-sahabat yang tidak dapat saya sebutkan
satu persatu.*

Zuli Purwa Handaka

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahilahi rabbil' alamin

Puji Syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan berkah dan hidayah serta memberikan kemudahan kepada kami sehingga kami dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Kupersembahkan Tugas Akhir ini untuk:

*Ayahanda dan Ibunda tercinta sebagai baktiku sebagai anak,
serta kakak-kakakku tersayang Mas Yuisuf, Mbak Rini dan Mas Antok,
serta keponakanku yang lucu Erik, yang telah memberikan doa dan dukungan sehingga tugas
akhir ini dapat terselesaikan.*

Terima Kasih Banyak Untuk:

*Terutama untuk Zuly Purwa Handaka yang telah banyak membantu dan bekerjasama,
Dinar Indung Rahajeng yang telah memberiku semangat dan doa,
Teman-teman baikku Warwan, Hening, Rahmat, Gendut, Sony,
Ananto dua-duanya, Adji, Drajat, Elok, Arief Menir, Atik, Eko, Ari, Fajar,
Kost Depot Irak (Donal, Ari, Andri, Andi, Boy, Neo), mantan penghuni
Kost Al Hijroh, Atas segalanya. Teman-teman FTSP VII '96 Kelas F, serta sahabat-sahabat yang
tidak dapat saya sebutkan satu persatu.*

Tri Wiyana Basuki

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Segala puji syukur dipanjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan hidayah dan inayah-Nya, sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Tugas Akhir ini merupakan suatu syarat guna mencapai derajat sarjana Strata Satu, sesuai dengan kurikulum di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Pada kesempatan ini tidak lupa diucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang turut membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini, terutama kepada :

1. Bapak Ir. H. M. Samsudin, MT , selaku Dosen Pembimbing I,
2. Bapak Ir. H. Suharyatmo, MT, selaku Dosen Pembimbing II,
3. Bapak Ir. H. Ilman Noor, MSCE selaku Dosen Tamu
4. Bapak Ir. Widodo, MSCE, Ph. D, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan,
5. Bapak Ir. H. Munadhir , selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil,
6. Para Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
7. Orang tua dan keluarga kami tercinta, yang telah memberikan dorongan material maupun spiritual,

8. Teman – teman yang telah membantu dan memberikan masukan pada penulisan Tugas Akhir ini.

Semoga segala bantuan yang telah diberikan kepada kami dapat menjadi amal soleh dan dibalas dengan pahala yang berlipat ganda oleh Allah SWT.

Disadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna karena keterbatasan ilmu serta kemampuan yang kami miliki. Untuk itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan, demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Semoga Tugas Akhir ini dapat berguna khususnya bagi penulis pribadi dan pembaca pada umumnya.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Jogjakarta, Februari 2002

Noky / Zuly

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN MÖTTO	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR NOTASI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
ABSTRAKSI	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian	2
1.3. Manfaat Penelitian	3
1.4. Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Analisa Kuat Lentur Metode Perencanaan Kekuatan	4
2.2. Konsep Dasar Balok Bertampang T	4
2.3. Kekuatan Beton	6

2.4. Umur Beton	7
2.5. Perancangan Campuran Beton	7
BAB III LANDASAN TEORI	8
3.1. Kuat Lentur Metode Perencanaan Kekuatan	8
3.2. Balok T	12
3.2.1. Lebar efektif dari flens	12
3.2.2. Analisa penampang T terhadap lentur	15
3.2.2.1. Balok tampang T persegi	16
3.2.2.2. Balok tampang T murni	17
3.3. Hubungan Beban dan Lendutan	18
3.4. Hipotesa	18
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	19
4.1. Bahan Penyusun Beton	19
4.1.1. Semen	19
4.1.2. Agregat	19
4.1.2. 1. Agregat halus	19
4.1.2. 2. Agregat kasar	20
4.1.3. Air	20
4.1.4. Besi tulangan beton	20
4.1.5. Kawat bendrat	21

4.2. Alat yang Digunakan	21
4.2.1. Ayakan	21
4.2.2. Timbangan	21
4.2.3. Mistar dan kaliper	22
4.2.4. Mesin uji kuat tarik	22
4.2.5. Mesin uji kuat desak	22
4.2.6. Mesin pengaduk beton	23
4.2.7. Cetok dan talam baja	23
4.2.8. Kerucut Abrams	23
4.2.9. Cetakan benda uji	23
4.2.10. Dukungan sendi dan rol	23
4.2.11. Loading frame	24
4.2.12. Dial gauge	25
4.2.13. Hidraulic jack	26
4.3. Pelaksanaan Penelitian	27
4.3.1. Persiapan bahan	27
4.3.2. Pembuatan benda uji	28
4.3.3. Perawatan	28
4.3.4. Pelaksanaan pengujian benda uji	29
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	30
5.1. Uji Kuat Desak Beton	30
5.2. Uji Kuat Tarik Baja Tulangan	32

5.3. Uji Lentur Balok	32
5.3.1. Hubungan beban dengan lendutan	32
5.3.2. Analisa data hubungan beban dengan lendutan	34
5.3.3. Hubungan momen dengan lendutan	37
5.3.4. Analisa hubungan momen dengan lendutan	40
5.4. Hubungan Momen dengan Tinggi Blok Tegangan	41
5.5. Pembahasan Umum	43
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	45
6.1. Kesimpulan	45
6.2. Saran	46
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR NOTASI

a	=	Tinggi blok tegangan
A_s	=	Luas tulangan tarik
A_s'	=	Luas tulangan tekan
A_{sf}	=	Luas tulangan imajiner sebagai pengganti daerah tekan flens yang menggantung pada balok T murni
b	=	Lebar balok
b_e	=	Lebar efektif flens
b_w	=	Lebar badan balok
C	=	Resultante gaya tekan beton
E_c	=	Modulus elastisitas sekan statik beton
E_s	=	Modulus elastisitas baja
ϵ'_c	=	Regangan tekan beton
ϵ'_s	=	Regangan tarik baja tulangan
ϵ_y	=	Regangan leleh baja tulangan
f_y	=	Tegangan leleh baja tulangan
f_c'	=	Kuat tekan beton yang diisyaratkan
h	=	Tinggi balok
L	=	Panjang bentang

-
-
- M_n = Momen lentur nominal
- P = Beban
- ρ = Rasio luas tulangan terhadap luas penampang beton
- ρ_b = Rasio tulangan yang memberikan kondisi regangan yang seimbang
- ρ_{min} = Rasio tulangan minimum
- ρ_{max} = Rasio tulangan maksimum
- t_f = Tebal flens
- T = Resultante gaya tarik beton atau baja tulangan
- Δ = Defleksi (lendutan)
- β_1 = Nilai rasio tinggi blok tegangan terhadap sumbu netral
- ϕ = Diameter tulangan

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2.1 Suatu penampang balok T dalam lentur
- Gambar 3.1 Perilaku lentur pada beban sedang
- Gambar 3.2 Distribusi regangan dan tegangan dekat beban ultimit
- Gambar 3.3 Distribusi tegangan ekuivalen dari Whitney
- Gambar 3.4 Tampang melintang balok T
- Gambar 3.5 Balok tampang T pada kondisi $a < t_f$
- Gambar 3.6 Balok tampang T pada kondisi $a > t_f$
- Gambar 3.7 Hubungan antara (P) dan (Δ)
- Gambar 3.8 Hubungan P dan lebar efektif
- Gambar 4.1 Tulangan benda uji
- Gambar 4.2 Universal Testing Material Shimatzu UMH 30
- Gambar 4.3 Dukungan rol dan sendi
- Gambar 4.4 Loading frame
-
- Gambar 4.5 Dial gauge
- Gambar 4.6.a Hidraulic jack
- Gambar 4.6.b Tampak samping hidraulic jack
- Gambar 5.1 Grafik hubungan beban – lendutan dengan $L = 1$ m
- Gambar 5.2 Grafik hubungan beban – lendutan dengan $L = 1,25$ m
- Gambar 5.3 Grafik hubungan beban – lendutan dengan $L = 1,5$ m
- Gambar 5.4 Grafik hubungan beban – lebar efektif flens

-
- Gambar 5.5 Grafik hubungan momen – lendutan dengan $L = 1$ m
-
- Gambar 5.6 Grafik hubungan momen – lendutan dengan $L = 1.25$ m
- Gambar 5.7 Grafik hubungan momen – lendutan dengan $L = 1.5$ m
- Gambar 5.8 Grafik hubungan momen – lebar efektif flens

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 DATA PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS
- Lampiran 2 DATA PEMERIKSAAN BERAT VOLUME AGREGAT
KASAR " SSD "
- Lampiran 3 DATA PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR
- Lampiran 4 DATA PEMERIKSAAN MODULUS HALUS BUTIR
- Lampiran 5 HASIL PENGUJIAN TARIK BAJA
- Lampiran 6 HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON
- Lampiran 7 PERENCANAAN CAMPURAN BETON
- Lampiran 8 HASIL HITUNGAN DATA KUAT DESAK SILINDER
BETON
- Lampiran 9 PERHITUNGAN BENDA UJI SECARA TEORITIS
- Lampiran 10 HASIL PENGUJIAN LENTUR BALOK T
- Lampiran 11 ANALISA HUBUNGAN MOMEN DAN TEGANGAN -
REGANGAN BETON
- Lampiran 12 POLA RETAK PADA BETON SETELAH PENGUJIAN
- Lampiran 13 FOTO PELAKSANAAN PENELITIAN

ABSTRAKSI

Interaksi antara plat dan balok yang menjadi satu kesatuan pada penampangnya membentuk huruf T tipikal dinamakan balok T. Dalam perencanaan dan penyederhanaan perilaku plat, standar SNI T - 15 - 1991 menetapkan kriteria lebar efektif dari flens yang diperhitungkan bekerja sama dengan balok dalam menahan momen lentur yang bekerja pada balok. Untuk balok yang khusus dibentuk sebagai balok T dengan maksud mendapatkan tambahan luas daerah tekan, nilai dari lebar efektif optimum tidak boleh lebih besar dari empat kali lebar badan balok ($\leq 4 bw$).

Untuk mengetahui pengaruh dari lebar efektif flens dalam menambah luas daerah tekan pada balok T, pada penelitian ini digunakan 12 buah sampel balok T dengan nilai $bw = 150$ mm dan variasi lebar efektif (be): 450 mm (3 bw), 600 mm (4 bw), 700 mm (4,67 bw) dan 800 mm (5,33 bw), serta variasi panjang bentang $L = 1,00$ m, $L = 1,25$ m, $L = 1,50$ m dimana luas tulangan, lebar badan, tinggi flens balok konstan. Pengujian menggunakan pembebanan statis, dicari beban dan lendutan yang maksimal hingga balok mengalami kehancuran.

Dari ketiga variasi panjang bentang dalam penelitian diperoleh hasil bahwa hingga nilai $be > 4 bw$ balok masih mengalami kenaikan kekuatan dan maksimum didapat pada nilai $be = 4,67 bw (= 700$ mm).

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Suatu struktur gedung beton bertulang pada dasarnya tersusun atas elemen-elemen struktur yang berupa plat, balok dan kolom. Plat sebagai salah satu elemen struktur yang mendukung seluruh beban untuk diteruskan ke pondasi bangunan melalui kolom, mempunyai bentangan yang sangat terbatas. Hal ini berkaitan dengan persyaratan panjang bentang teoritis untuk mendapatkan ketebalan struktur yang hemat dan praktis. Untuk mendapatkan hal tersebut, maka dibangun elemen-elemen struktur beton bertulang berupa balok maupun balok silang (sistem balok anak dan induk) yang menopang plat. Hubungan antara balok dan plat merupakan satu kesatuan yang monolit, dengan anggapan adanya interaksi antara balok dan plat saat menahan momen positif yang bekerja pada balok. Interaksi antara plat dan balok yang menjadi satu kesatuan pada penampangnya membentuk huruf T tipikal, dan oleh karena itu balok-balok tersebut dinamakan sebagai balok T. Dalam hal ini pelat yang berfungsi sebagai flens dari balok T juga harus direncanakan dan diperhitungkan tersendiri terhadap lenturan pada arah melintang terhadap balok-balok pendukungnya. Selain itu terdapat juga suatu struktur balok yang khusus dibentuk sebagai balok

penampang –T. Dalam hal ini bentuk T tersebut diperlukan untuk menambah luas daerah tekan dari balok tersebut.

Untuk keperluan perencanaan dan analisis serta penyederhanaan perilaku pelat terlentur pada dua arah yang rumit, standar SNI T-15-1991-03 menetapkan kriteria lebar efektif tertentu untuk plat (*flens*) yang diperhitungkan bekerjasama dengan balok-balok dalam rangka menahan momen lentur yang bekerja pada balok. Pada balok segi empat tegangan leleh didaerah tekan merata dalam arah melintang. Pada balok T dengan flens lebar dapat timbul tegangan tidak merata pada arah melintang karena terdapat deformasi geser pada daerah tersebut. Faktor – faktor yang mempengaruhi antara lain geometri tampang sendiri yaitu perbandingan antara lebar efektif flens dan lebar badan balok (b_e / b_w) maupun perbandingan antara tebal flens dan tinggi efektif (t_f / d) yang harus disesuaikan dengan peraturan yang ada. Salah satunya adalah nilai dari lebar efektif flens yang diambil berdasarkan nilai terkecil dari hasil perhitungan rumus yang telah ada. Oleh karena lebar efektif yang sebenarnya sangat tergantung pada perbandingan antara t_f/d dan L/b_w , maka persyaratan dari nilai lebar efektif bersifat suatu pendekatan. Namun sejauh mana pengaruh dari lebar efektif terhadap kekuatan suatu struktur masih perlu diteliti dan dikaji ulang.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh lebar efektif terhadap kekuatan lentur pada penampang balok T.

1.3. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah memberikan tambahan ilmu pengetahuan tentang perilaku balok T dalam menahan momen lentur.

1.4. Batasan Masalah

Mengingat luasnya permasalahan dan keterbatasan waktu, maka dalam tugas akhir ini dibatasi hanya pada permasalahan sebagai berikut :

1. Kerusakan struktur ditinjau pada perubahan perilaku momen dan lendutan yang terjadi.
2. Pengujian kuat lentur balok dengan pembebanan statis.
3. Mutu bahan yang direncanakan dalam penelitian ini adalah beton dengan $f_c = 20$ Mpa dan baja tulangan $\phi 12$ mm dengan $f_y = 240$ Mpa.
4. Penelitian dilakukan terhadap suatu penampang T yang mandiri (balok tunggal)
5. Benda uji yang digunakan adalah 12 balok beton berpenampang T, dengan ukuran :
 - $L = 1$ m, dengan $b_e = 450$ mm, 600 mm, 700mm, 800 mm
 - $L = 1,25$ m, dengan $b_e = 450$ mm, 600 mm, 700mm, 800 mm
 - $L = 1,5$ m, dengan $b_e = 450$ mm, 600 mm, 700mm, 800 mmMasing – masing balok tersebut memiliki ukuran tebal flens (t_f) – 75 mm dan lebar badan balok (b_w) = 150 mm.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisa Kuat Lentur Metode Perencanaan Kekuatan

Analisa suatu penampang balok terhadap lentur dimaksudkan untuk menentukan apakah penampang memiliki kekuatan yang cukup atau tidak dalam memikul beban kerja atau momen kerja. Sistem juga harus memiliki kelayakan (*serviceability*) yakni harus memiliki penampilan yang memuaskan terhadap beban kerja tanpa memperlihatkan efek-efek yang merugikan, seperti lendutan yang berlebihan, retak ataupun getaran, (Chu-Kia Wang, 1993).

Menurut Edward G. Nawy (1990) lentur pada balok diakibatkan oleh regangan yang timbul karena adanya beban luar. Apabila beban bertambah maka ada balok akan terjadi deformasi dan regangan tambahan yang mengakibatkan retak lentur disepanjang bentang balok. Bila beban semakin bertambah, pada akhirnya terjadi keruntuhan elemen struktur. Taraf pembebanan yang demikian disebut keadaan limit dari keruntuhan pada lentur.

2.2. Konsep Dasar Balok Bertampang T

Balok bertampang T adalah balok yang pada dasarnya dibuat bertampang tipikal T. Selain itu balok yang dicor monolit dengan plat lazim juga disebut balok T, karena lendutan pada balok mengakibatkan bagian lantai yang bersebelahan ikut melendut. Tegangan tekan timbul baik pada badan balok

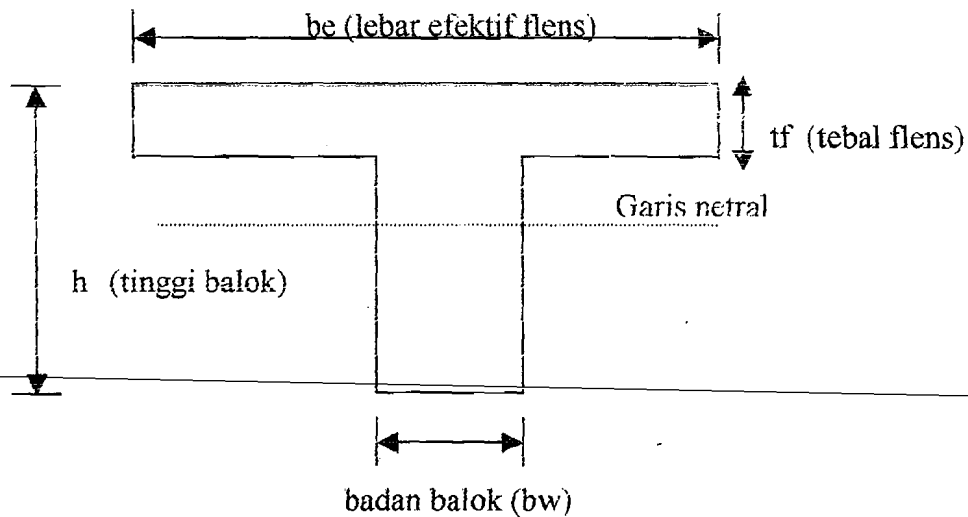
maupun bagian sambungan lantai. Pada kondisi seperti ini perlu diketahui yang berapa bagian lebar lantai yang ikut menerima distribusi gaya-gaya dari balok (Gideon, 1993, seri 1, hal 111). Balok tampang T ini adalah salah satu penampang balok bukan segi empat yang paling sering digunakan. Ini disebabkan karena flens yang dicor monolit dengan balok memberi kontribusi kekuatan dan kekakuan pada balok (Edward G. Nawy, 1990, hal. 119).

Penampang balok T atau balok berflens ini terutama digunakan pada daerah lapangan, karena pada daerah ini flens mengalami tekan, sehingga flens memberi kontribusi kekuatan momen pada daerah lapangan. Sedang pada daerah tumpuan, flens mengalami tarik, sehingga bagian ini diabaikan dalam perhitungan kekuatan momen penampang tumpuan.

Prinsip-prinsip dasar dalam disain balok tampang T juga menggunakan prinsip dasar disain balok persegi empat. Perbedaan utama antara penampang segi empat dan balok T adalah dalam perhitungan gaya tekan C. Pada balok bertampang T perhitungan gaya tekan C bergantung pada letak garis netral. Apabila letak garis netral berada pada daerah flens, maka pada perhitungannya balok diasumsikan sebagai penampang segi empat biasa. Hal ini disebabkan karena blok tegangan tegangan segi empat ekuivalen lebih kecil dari tebal flens. Sehingga dalam analisa, sebagai lebar balok harus dipakai lebar flens pada sisi tertekan. Sedang pada kasus lain, yakni letak garis netral terietak pada daerah balok atau dibawah flens, tinggi blok tegangan dapat lebih kecil atau lebih besar dari pada tebal flens. Jika tinggi blok tegangan ekuivalen berada dalam flens, maka disain balok tersebut masih ditinjau sebagai balok segi empat biasa. Akan tetapi

apabila blok tegangan ekuivalen lebih besar dari flens, maka disain penampang dihitung berdasarkan analisa dan disain balok T. Kontribusi adanya flens dikiri maupun kanan sisi balok yang mengalami tekanan, dipandang sebagai analog dengan adanya tulangan tekan imajiner.

Sedangkan kekuatan lentur balok tampang T dianggap sama dengan kekuatan lentur balok tampang segi empat, selama mempunyai luas permukaan tekan yang sama di atas garis netral, luas tulangan dan tinggi efektif penampang yang sama (Chu-Kiang Wang, 1993, jilid 1, hal 192).



Gambar 2.1 Suatu penampang balok T dalam lentur

2.3. Kekuatan Beton

Beton dapat mempunyai kuat tekan yang tinggi, tetapi kuat tariknya sangat rendah. Kardiyono (1996) menyebutkan bahwa kuat desak beton dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya faktor air semen (fas), kepadatan, umur beton, jumlah semen dan sifat agregat.

2.4. Umur Beton

Kuat desak beton berbanding lurus terhadap umur beton. Kecepatan bertambahnya kekuatan beton tersebut dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain : faktor air semen dan suhu perawatan. Semakin tinggi fas semakin lambat kenaikan kekuatan betonnya dan semakin tinggi suhu perawatan semakin cepat kenaikan kekuatan betonnya.

2.5. Perancangan Campuran Beton

Tujuan dari perancangan beton ialah untuk menentukan proporsi semen, agregat halus dan kasar serta air yang memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Kekuatan desak yang memenuhi syarat seperti yang ditentukan oleh perencanaan konstruksi,
2. Kelecekan (*workability*) yang cukup sehingga pengangkutan, pemuangan dan pemadatan beton dapat dilakukan dengan baik,
3. Keawetan (*durability*) yang memadai dan pada umumnya keawetan beton banyak ditentukan oleh faktor air semen,
4. Penyelesaian akhir (*finishing*) dari permukaan beton yang baik.

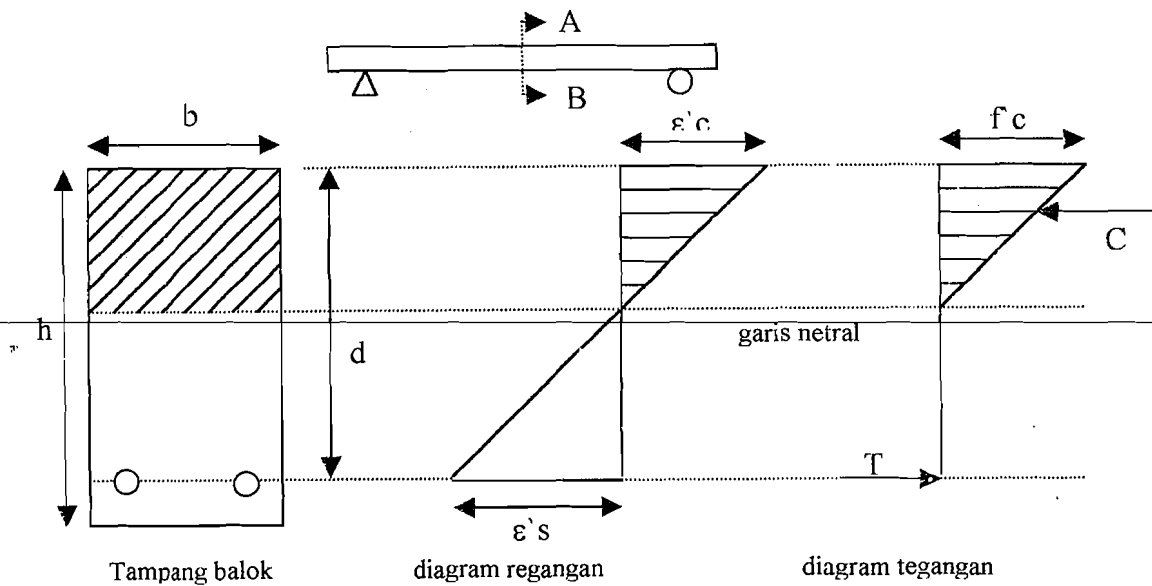
Metode perencanaan yang digunakan adalah metode ACI (*American Concrete Inviroment*). Metode ini banyak digunakan sebagai standart perencanaan oleh Departemen Pekerjaan Umum di Indonesia, dan dimuat dalam buku standart No. SK. SNI. T-15-1990-03 dengan judul: "Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal."

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Kuat Lentur Metode Perencanaan Kekuatan

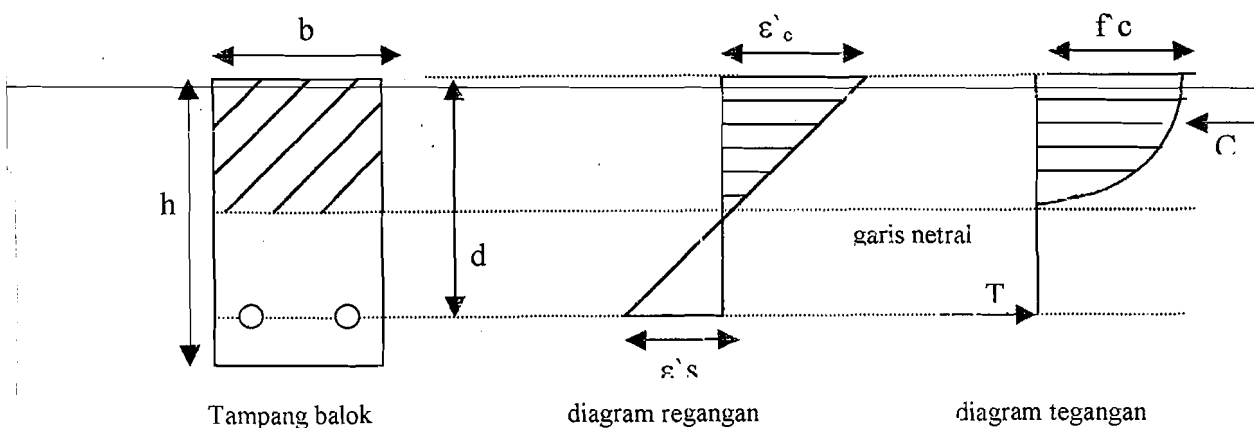
Pendekatan metode perencanaan kekuatan ini didasarkan atas hubungan sebanding antara tegangan dan regangan dalam beton terdesak hanya berlaku sampai pada suatu batas keadaan pembebanan tertentu, yakni pada tingkat beban sedang, seperti terlihat pada gambar 3.1 (Istimawan, 1994, hal.25)



Gambar 3.1 Perilaku lentur pada beban sedang

Pada kondisi ini, nilai kuat tarik beton telah terlampaui dan beton mengalami retak rambut. Karena beton tidak dapat meneruskan gaya tarik melewati daerah retak, sehingga seluruh gaya tarik yang timbul ditahan oleh baja

tulangan. Pada kondisi tersebut distribusi tegangan beton tekan masih dianggap sebanding dengan nilai regangannya. Pada gambar 3.2 terlihat bahwa kapasitas kuat beton terlampaui dan baja tulangan mencapai luluh, balok mengalami kehancuran. Pada tahap kapasitas ultimit atau terlampauinya kapasitas batas kuat beton ini merupakan proses yang tidak dapat terulang. Untuk memperhitungkan tercapainya keadaan ultimit, digunakan faktor reduksi dan angka aman, yang pada metode perencanaan kekuatan, sudah mulai digunakan sejak sistem pembebanan, yakni beban kerja (*service load*) yang diperbesar dengan suatu faktor beban yang disebut beban berfaktor (*factored load*). Dari analisa keseimbangan statis dan kesesuaian regangan-tegangan yang tidak linier pada suatu penampang elemen struktur didapat suatu kuat teoritis atau kuat nominal (*nominal strength*). Suatu faktor reduksi ϕ yang dikalikan dengan nilai kuat nominal tersebut akan menghasilkan kuat rencana (*design strength*).



Gambar 3.2 Distribusi regangan dan tegangan dekat beban ultimit

Kekuatan lentur nominal pada penampang tercapai bila regangan di

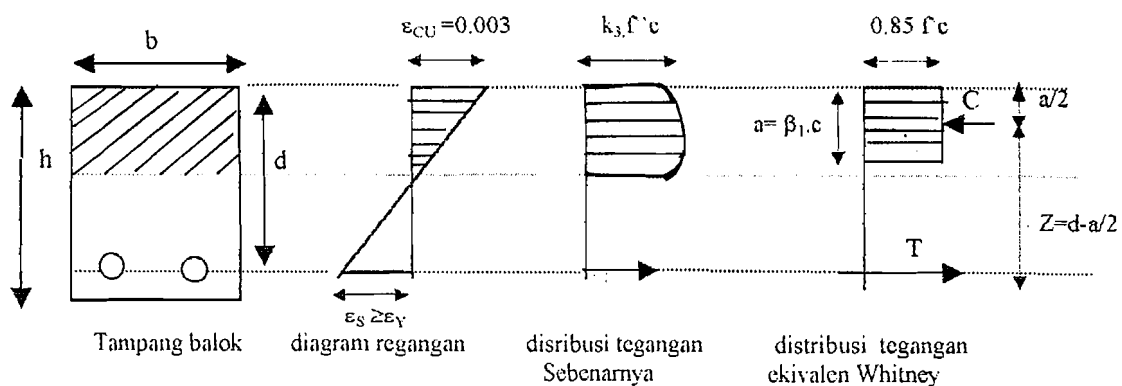
dalam serat tepi tekan terluar sama dengan regangan runtuh beton $\epsilon_{cu} = 0,003$. Saat beton runtuh ada dua kemungkinan yang akan terjadi pada regangan tarik baja tulangan ϵ_s akan lebih besar atau lebih kecil dari regangan leleh $\epsilon_y = f_y/E_s$ pada saat luluh pertama. Hal ini dipengaruhi oleh perbandingan dari tulangan terhadap beton. Apabila luas tulangan relatif lebih sedikit maka akan menghasilkan ragam kehancuran daktail dengan deformasi yang besar. Pada kasus lain, luas tulangan relatif lebih besar yang membuat kondisi tulangan tetap dalam keadaan elastis saat kehancuran beton. Ini menyebabkan kehancuran getas tanpa tanda-tanda awal.

Berdasarkan asumsi-asumsi yang telah dikemukakan diatas, maka dapat dilakukan perhitungan regangan, tegangan maupun gaya-gaya yang timbul pada penampang balok yang menahan momen batas, yakni momen akibat beban luar yang timbul tepat pada saat balok hancur. Momen ini menggambarkan kekuatan dan lazim disebut kuat lentur ultimit balok.

Dalam perhitungan, pada metode perencanaan kekuatan ini digunakan distribusi tegangan ekuivalen bentuk persegi yang diusulkan oleh Whitney sebagai penyederhanaan dari bentuk distribusi tegangan lengkung. Seperti terlihat pada gambar 3.3, Whitney menyarankan suatu distribusi tegangan persegi dengan nilai intensitas tegangan rata-rata $0,85.f_c$ dan tinggi blok tegangan $a = \beta_1.c$. Whitney menetapkan harga β_1 sebesar 0.85 untuk $f_c < 30$ Mpa dan berkurang sebesar 0.08 untuk setiap kelebihan 10 Mpa, akan tetapi tidak boleh kurang dari 0.65. Dari tegangan persegi ekuivalen ini nilai kuat lentur nominal M_n dapat dihitung.

Kuat lentur nominal adalah nilai maksimum yang diperoleh dari gaya-gaya dalam

C (resultante gaya tekan – dalam) dan T (resultante gaya tarik – dalam) yang membentuk suatu kopel momen tahanan dalam dengan jarak $Z = d - a/2$, dengan d adalah tinggi efektif balok.



Gambar 3.3 Distribusi tegangan persegi ekuivalen dari Whitney

Dari gambar 3.3 dapat dihitung,

$$C = (0,85 \cdot f_c) \cdot (a) \cdot (b)$$

$$= (0,85 \cdot f_c) \cdot (\beta_1 \cdot c) \cdot (b) \dots\dots\dots 3.1$$

$$T = A_s \cdot f_y \dots\dots\dots 3.2$$

Penggunaan f_y diasumsikan bahwa tulangan tarik meleleh sebelum beton mencapai regangan hancur, atau dikenal dengan keruntuhan liat. Keseimbangan gaya $\Sigma (H) = 0$ menghasilkan tinggi blok tegangan persegi ekuivalen a sebagai berikut :

$$C = T$$

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

$$a = \frac{As \cdot f_y}{(0,85 \cdot f'_c) \cdot (b)} \dots\dots\dots 3.3$$

Keseimbangan gaya-gaya dalam $C=T$ yang membentuk suatu kopel momen dengan jarak $Z = d - a/2$ tersebut, menghasilkan kuat lentur nominal M_n sebagai berikut :

$$M_n = C \cdot Z$$

$$= (0,85 \cdot f'_c) \cdot (b) \cdot (a) (d - a/2)$$

Dengan mensubstitusikan a dari persamaan 3.3 dalam persamaan diatas, akan menyederhanakan rumus M_n , yakni :

$$M_n = (0,85 \cdot f'_c) \cdot (b) \cdot \left(\frac{As \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} \right) \left(d - \frac{As \cdot f_y}{2(0,85 \cdot f'_c) \cdot b} \right)$$

$$= As \cdot f_y \left(d - 0,59 \frac{As \cdot f_y}{f'_c \cdot b} \right) \dots\dots\dots 3.4$$

Perhitungan M_n ini didasarkan asumsi bahwa baja tulangan telah mencapai regangan serta tegangan luluh sebelum beton mencapai regangan batas maksimum $\epsilon_{cu} = 0,003$. Selanjutnya kuat rencana (*design strength*) adalah kuat lentur nominal dikalikan suatu faktor reduksi Φ , yakni $M_R = \Phi M_n$.

3.2 Balok T

3.2.1 Lebar efektif dari flens

Balok yang sangat lebar berperilaku tidak cocok dengan pemisalan dalam teori lentur. Dalam teori yang biasa, tegangan lentur dimisalkan tetap di arah lebar balok. Dengan demikian, maka teori yang sederhana akan mensyaratkan suatu tegangan yang tetap misalnya pada serat ekstrim untuk seluruh flens di arah lebar

penampang T, tanpa mengindahkan besarnya bagian flens ini yang menganjur (*overhang*) ke luar badan.

Penyelidikan teoritis dari balok panjang menerus diatas tumpuan yang berjarak sama, pada balok yang mempunyai flens yang lebarnya tak berhingga dan tebal yang relatif kecil dibandingkan dengan tinggi balok, telah digunakan untuk menentukan lebar efektif flens (*be*) dimana tegangan tekan dapat dianggap konstan. Gaya tekan total yang dipikul oleh sistem ekuivalen ini sama dengan gaya total yang dipikul oleh sistem yang sebenarnya. Lebar ekuivalen dari panjang anjur (*overhang*) ini hanya tergantung pada panjang balok dan jenis pembebanan. Teori ini dikembangkan oleh T. Von Karman dan disimpulkan oleh Timoshenko, Goodier dan Girkman.

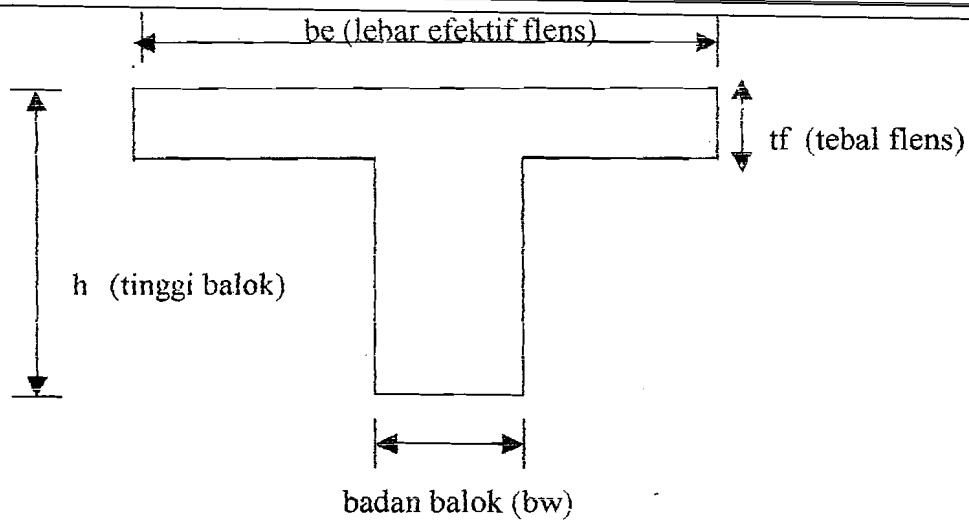
Dalam praktek, banyak variabel yang berpengaruh terhadap nilai lebar efektif dari flens. Antara lain jarak antar balok, lebar balok dan perbandingan t/h dari tebal flens terhadap tinggi balok. Untuk plat yang dicor monolit dengan balok – balok, dalam plat juga masih timbul lentur transversal yang cenderung mengurangi efektifitas dari plat dalam memikul tekan pada tempat – tempat yang jauh dari badan balok. Dengan demikian ada alasan yang cukup untuk menggunakan lebar efektif yang kecil dan konservatif. Standar SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.1.10 dan ACI 8-10.2-4 (Chu- Kia Wang, 1993, jilid 1, hal. 295) memberikan pembatasan lebar flens efektif balok T sebagai berikut :

1. Lebar flens efektif yang diperhitungkan tidak lebih dari seperempat panjang bentang balok, sedangkan lebar efektif bagian plat yang menonjol di kedua sisi dari balok tidak lebih dari delapan kali tebal plat, dan juga

tidak lebih besar dari separuh jarak bersih dengan balok di sebelahnya.

Atau dengan kata lain lebar flens efektif yang diperhitungkan tidak lebih besar dan diambil nilai terkecil dari nilai-nilai berikut :

- a. $b_e \leq$ seperempat panjang bentang
 - b. $b_e \leq b_w + 16 t_f$
 - c. $b_e \leq$ jarak dari pusat ke pusat
2. Untuk balok yang hanya mempunyai flens pada satu sisi, lebar efektif bagian plat yang menonjol diperhitungkan tidak lebih besar dari seperduabelas panjang bentangan balok, atau enam kali tebal plat, atau setengah jarak bersih dengan balok disebelahnya. Atau dengan kata lain lebar flens efektif diambil nilai terkecil dari :
- a. $b_e \leq b_w + L/12$
 - b. $b_e \leq b_w + 6 t_f$
 - c. $b_e \leq b_w + \frac{1}{2}$ (jarak bersih ke balok sebelumnya)
3. Untuk balok yang dibentuk sebagai balok T dengan maksud untuk mendapatkan tambahan luas daerah tekan, ketebalan flens tidak boleh kurang dari separuh lebar balok, dan lebar flens total tidak boleh besar dari empat kali lebar balok. Atau dengan kata lain :
- a. $t_f \geq \frac{1}{2} b_w$
 - b. $b_e \leq 4. b_w$



Gambar 3.4 Tampang melintang balok T

3.2.2 Analisa penampang T terhadap lentur

Di dalam perhitungan kekuatan dalam penampang T terhadap lentur, lokasi dari garis netral menentukan apakah daerah tekan akan berbentuk T atau persegi. Oleh karena tersedianya distribusi tegangan dari Whitney (ACI – 10.2.6 dan 10.2.7) untuk penampang yang persegi, maka penggunaan dari distribusi tegangan persegi ini juga mengandung arti bahwa kekuatan balok akan sama dengan kekuatan balok persegi dengan lebar $b = be$, selama tinggi blok tegangan a tidak melebihi tebal flens tf .

Lebar efektif flens (be), merupakan faktor yang hakiki dalam lokasi garis netral. Pertambahan dari nilai regangan ϵ_c pada serat tekan ekstrim, dan mendekati harga ekstrim ϵ_{cu} , lebar efektif dari flens tekan juga bertambah. Dengan demikian di dalam metoda kekuatan yang menggunakan beban layan berfaktor, adalah aman menggunakan lebar efektif terkecil yang berlaku dalam kondisi beban layan.

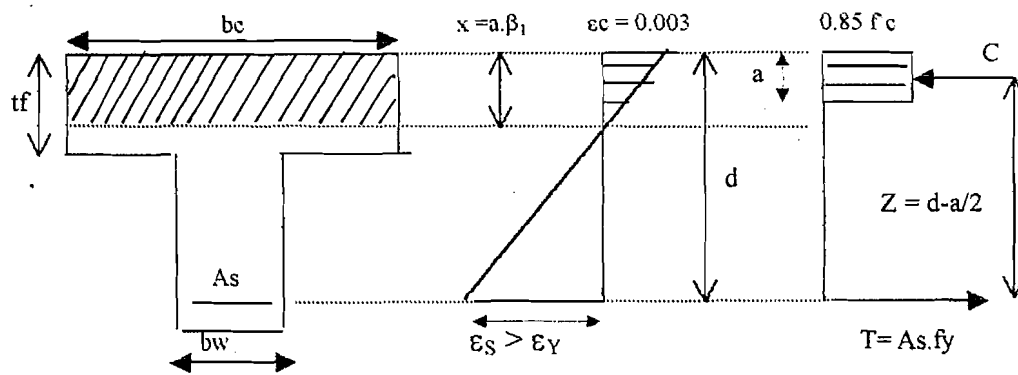
Perhitungan kekuatan momen nominal M_n dari suatu tampang T dibagi

dalam dua kategori : (1) tinggi a dari blok tegangan persegi adalah sama atau lebih kecil dari t_f dan (2) tinggi a lebih besar dari t_f .

3.2.2.1 Balok tampang T persegi

Balok tampang T persegi tercapai bila tinggi blok tegangan ekivalen $a \leq$ tebal flens t_f . Hal ini terjadi, bila luas tulangan tarik A_s harus memenuhi :

$$A_s \leq \frac{0.85 f'_c b_e t_f}{f_y} \quad \text{untuk } x \leq \frac{t_f}{\beta_1}$$



Gambar 3.5. Balok Tampang T pada kondisi, $a \leq t_f$

Keseimbangan gaya-gaya dalam $C=T$ yang membentuk suatu kopel momen tahanan dalam pada gambar 3.5 menghasilkan tinggi blok tegangan ekivalen a dan kuat lentur nominal maksimum M_n sebagai berikut :

$C = T$, maka

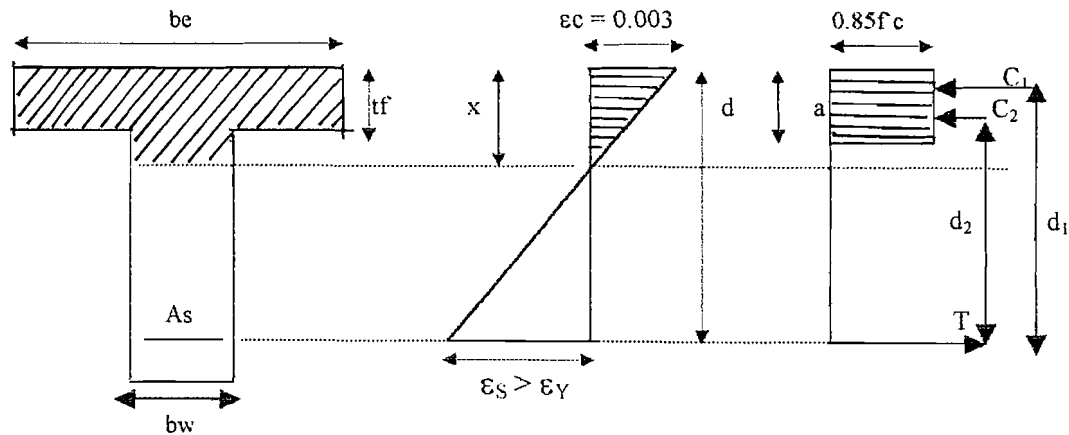
$$0.85 \cdot f'_c \cdot b_e \cdot a = A_s \cdot f_y$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot b_e} \dots \dots \dots 3.5$$

$$M_n = A_s \cdot f_y (d - a/2)$$

3.2.2.2 Balok tampang T murni

Balok tampang T murni tercapai apabila tinggi blok tegangan ekuivalen $a >$ tebal flens t_f .



Gambar 3.6. Gambar balok tampang T pada kondisi $a > t_f$

Pada kondisi ini, dimana jarak garis netral x lebih besar dari t_f/β_1 , permukaan dengan tegangan merata sebesar $0.85 f_c$ berbentuk T. Dengan demikian gaya tekan total T terdiri atas dua gaya C_1 dan C_2 . Lengan momen untuk gaya C_2 adalah $d - t_f/2$, akan tetapi kurang dari itu untuk gaya C_1 . Sehingga :

$$M_n = C_1(d - a/2) + C_2(d - t_f/2) \dots \dots \dots 3.6$$

di mana :

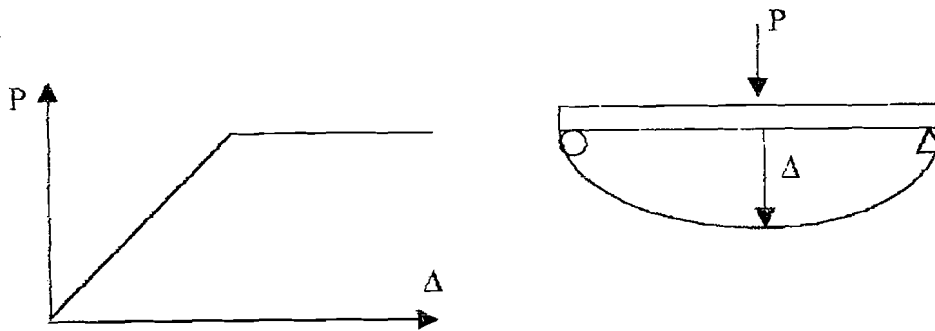
$$C_1 = 0.85.f_c.bw.a$$

$$C_2 = 0.85.f_c.(be - bw).t_f$$

$$a = \frac{T - C_2}{0.85.f_c.bw} ; T = A_s.f_y$$

3.3. Hubungan Beban dan Lendutan

Hubungan beban (P) dengan defleksi (Δ) diperoleh dari hasil uji pembebanan (*loading test*). Grafik hubungan beban dan lendutan adalah sebagai berikut :

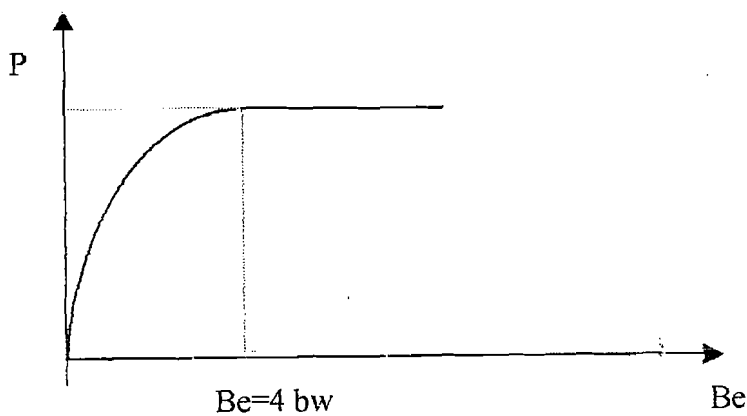


Gambar 3.7 Hubungan antara (P) dan (Δ)

Balok yang dibebani akan mengalami defleksi (Δ), pada P maksimum defleksi akan terus bertambah dan berhenti setelah balok runtuh.

3.4. Hipotesa

Dalam analisis secara teori semakin lebar efektif balok, semakin kuat menahan beban, hingga mencapai maksimal pada nilai $b_e = 4 b_w$, selanjutnya konstan.



Gambar 3.8 Hubungan P dan lebar efektif

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan benda uji penelitian tugas akhir adalah sebagai berikut :

4.1. Bahan Penyusun Beton

Perencanaan campuran adukan beton ACI Committee 544 (1982). Sebagai penyusun beton digunakan bahan antara lain :

4.1.1. Semen

Dipakai semen Portland jenis I Merk Nusantara. Semen dalam penelitian ini digunakan sebagai bahan perekat adukan beton (*binder*). Semen jenis ini dipilih karena paling umum digunakan sebagai perekat adukan beton dan tidak memerlukan persyaratan khusus.

4.1.2. Agregat

Dalam penelitian ini digunakan dua macam agregat, yaitu :

4.1.2.1. Agregat halus

Agregat halus adalah pasir yang diambil dari Kali Boyong, Sleman, Yogyakarta, yang berdiameter lolos saringan 4.80 mm. Penyelidikan terhadap agregat halus bertujuan untuk memperoleh distribusi ukuran butir (*gradasi*) dan berat volume dalam keadaan jenuh kering muka (*SSD*).

4.1.2.2. Agregat kasar

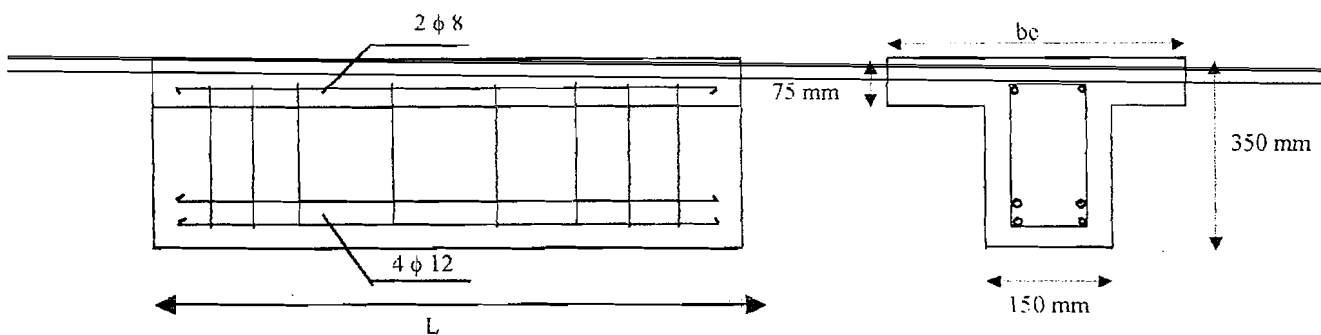
Agregat kasar adalah batuan pecah, dalam penelitian ini dipakai agregat kasar yang berasal dari Clereng, Kulon Progo. Agregat kasar yang dipakai dengan ukuran maksimum 40 mm. Penyelidikan batu pecah bertujuan untuk memperoleh data tentang berat jenis dan berat volume dalam keadaan SSD. Sebelum digunakan batu pecah dicuci dan fraksi batu-batu pecah dipisahkan menggunakan ayakan.

4.1.3. Air

Dalam penelitian ini fungsi air terutama adalah untuk membuat campuran adukan beton, rawatan keras (*curing*), mencuci agregat halus dan agregat kasar. Air yang digunakan berdasarkan pengamatan secara visual tampak jernih, tidak berbau, dan tidak berwarna. Sedangkan air diambil dari Laboratorium BKT UII.

4.1.4. Besi tulangan beton

Dalam pembuatan benda uji dalam penelitian digunakan baja tulangan polos (BJTP) \varnothing 8 mm sebagai tulangan memanjang atas, \varnothing 12 mm sebagai tulangan memanjang bawah, dan \varnothing 8 mm untuk tulangan sengkang. Pengujian tarik baja dilakukan untuk mengetahui kuat leleh dan kuat tarik baja tulangan yang terpasang pada benda uji (Lihat Gambar 4.1).



Gambar 4.1 Tulangan benda uji

4. 1. 5. Kawat bendrat

Kawat bendrat \varnothing 0,8 mm digunakan untuk merangkai tulangan-tulangan yaitu tulangan memanjang dan tulangan melintang.

4. 2. Alat yang Digunakan

Untuk kelancaran penelitian diperlukan beberapa peralatan yang akan digunakan sebagai sarana mencapai maksud dan tujuan penelitian. Adapun alat-alat yang dipergunakan adalah :

4. 2. 1. Ayakan

Ayakan digunakan untuk mengetahui gradasi pasir dan batu pecah.

Sedangkan ukuran yang dipakai untuk memisahkan fraksi-fraksi dalam pasir adalah 4,8; 2,4; 1,2; 0,6; 0,3; 0,15 mm, batu pecah 20; 9,6; 4,8 mm.

4. 2. 2. Timbangan

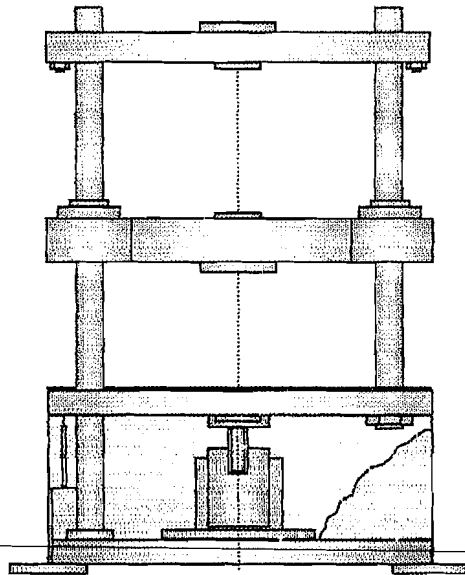
Timbangan merk Fa Gani kapasitas 500 kg, digunakan untuk menimbang bahan penyusun campuran adukan beton (pasir, semen, kerikil). Timbangan halus merk O'house kapasitas 20 kg dan 5 kg digunakan untuk menimbang batu pecah dan pasir ketika melakukan uji berat jenis, berat volume, agregat batu pecah dan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

4. 2. 3. Mistar dan kaliper

Mistar dari logam digunakan untuk mengukur dimensi cetakan model, sedangkan kaliper digunakan 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, seperti pada gambar 4.2.



Gambar 4.2. Universal Testing Material Shimatzu UMH30

4. 2. 5. Mesin uji kuat desak

Mesin uji kuat desak digunakan untuk mengetahui kuat desak silinder. Sedangkan kapasitas mesin uji kuat desak yang dimiliki oleh Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia adalah 2000 KN merk CONTROL.

4. 2. 6. Mesin pengaduk beton

Agar diperoleh adukan bahan penyusun beton (semen, batu pecah, pasir dan air) yang homogen digunakan mesin pengaduk beton.

4. 2. 7. Cetok dan talam baja

Cetok digunakan untuk memasukkan adukan beton kedalam cetakan balok dan silinder. Talam baja digunakan sebagai penampung sementara adukan beton yang dikeluarkan dari mesin pengaduk.

4. 2. 8. Kerucut Abrams

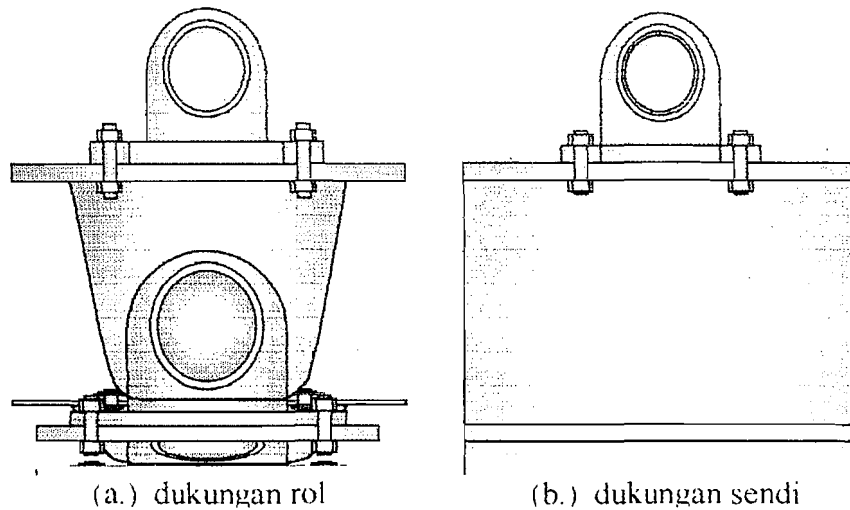
Alat ini digunakan untuk mengukur tingkat kelecakan beton, tinggi 30 cm dengan diameter atas 10 cm dan diameter bawah 20 cm dilengkapi dengan alat penumbuk besi panjang 60 cm dengan diameter 16 mm.

4. 2. 9. Cetakan benda uji

Cetakan benda uji terbuat dari kayu lapis dengan ketebalan 9 mm kemudian pada bagian luar dari cetakan diberi pengaku yang terbuat dari kayu reng ukuran 2x2 cm. Hal ini dimaksudkan agar dalam pembuatan benda uji didapat ukuran yang tepat dan permukaan yang rata sesuai dengan apa yang telah direncanakan.

4. 2. 10. Dukungan sendi dan rol

Untuk membuat model balok mendekati balok sederhana (*simple beam*), maka pada salah satu ujung model balok dipasang dukungan rol, sedangkan pada ujung yang lain dipasang dukungan sendi (*engsel*) lihat gambar 4.3.

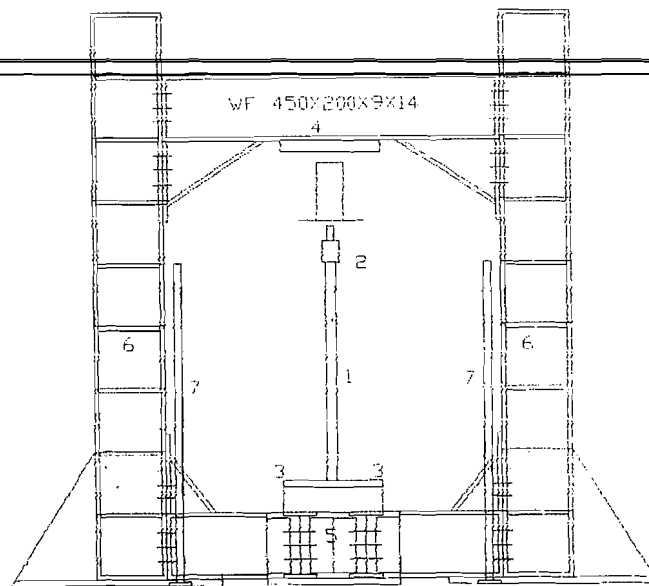


Gambar 4.3. Dukungan rol dan sendi

4. 2. 11. Loading frame

Untuk keperluan penelitian ini dan penelitian-penelitian yang akan datang, dibuat loading frame dari bahan baja profil WF 450x200x9x14. Seperti pada gambar 4.4.

Bentuk dasar *loading frame* berupa portal segi empat yang berdiri diatas lantai beton (*rigid floor*) 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 450x200x9x14 mm. Posisi balok portal dapat diatur untuk menyesuaikan dengan bentuk dan ukuran model yang akan diuji dengan cara melepas sambungan baut.



KETERANGAN

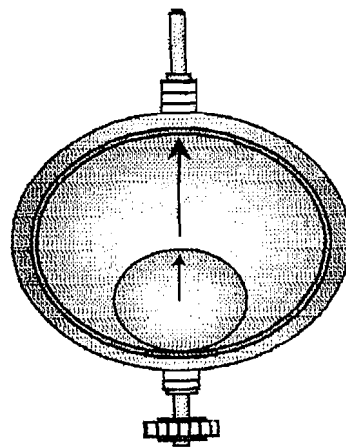
- | | | |
|---------------------------------|------------------|------------|
| 1. MODEL SAMPEL | 4. BALOK PORTAL | 6. KOLON |
| 2. HIDROLIC JACK (BISA DIGESER) | 5. BALOK LINTANG | 7. BRACING |
| 3. BUKINGAN | | |

Gambar 4.4. Loading Frame

4. 2. 12. Dial gauge

Alat ini digunakan untuk mengukur besar lendutan yang terjadi. Untuk penelitian skala penuh digunakan *dial gauge* dengan kapasitas lendutan maksimum 50 mm dan ketelitian 0,01 mm. Pada pengujian balok kecil dipakai *dial gauge* dengan kapasitas lendutan maksimum 20 mm dan ketelitian 0,01 mm.

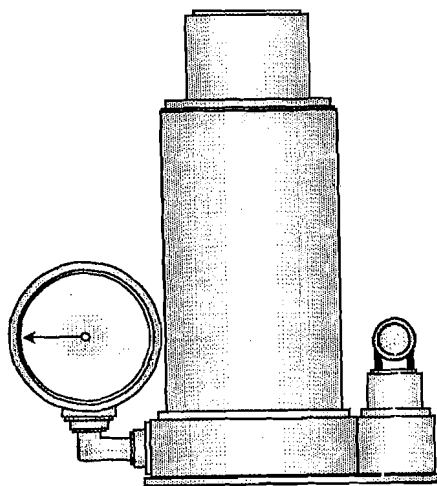
Pada penelitian tugas akhir ini, digunakan *dial gauge* sebanyak tiga buah.



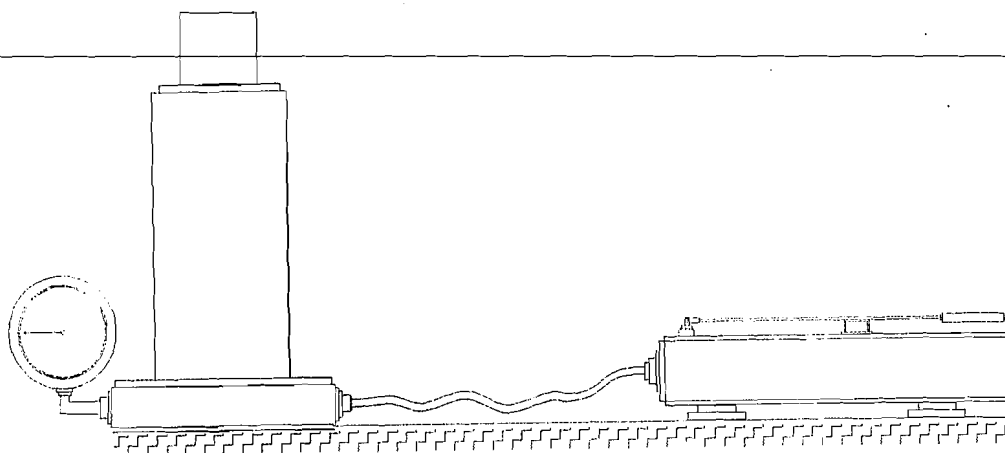
Gambar 4.5 Dial Gauge

4. 2. 13. Hidraulic jack

Alat ini dipakai untuk memberikan pembebanan pada pengujian lentur balok skala penuh. Dalam penelitian ini digunakan *hydraulic jack* dengan kapasitas maksimum yang dimiliki adalah 30 ton dan ketelitian pembacaan sebesar 0,6 ton. Bentuk fisik dari *hidraulic jack* dapat dilihat pada gambar 4.6



Gambar 4.6.a. Hidraulic Jack



Gambar 4.6.b Tampak samping Hidraulic Jack

4.3. Pelaksanaan Penelitian

4.3.1. Persiapan bahan

Pekerjaan persiapan meliputi : uji sifat-sifat teknis bahan susun beton (pasir, agregat dan semen). Perancangan adukan beton, uji kuat desak silinder beton, uji kuat tarik baja tulangan, kalibrasi peralatan, *set-up instrument* pengujian dan uji pendahuluan. Sedangkan uji sifat-sifat teknis bahan susun beton dan uji pendahuluan yang perlu dilakukan antara lain :

a. Uji pasir

Uji pasir bertujuan memperoleh berat jenis keadaan SSD dan modulus kehalusan pasir. Didapat berat jenis SSD 2,624 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 2,61 dan berat volume SSD 1,481 T/m³.

c. Perencanaan campuran adukan beton

Perencanaan campuran adukan beton menggunakan cara yang direkomendasikan American Concrete Institute (ACI). Hitungannya disajikan dalam lampiran 7. Untuk 1 m³ dengan kuat desak rencana 20 MPa diperlukan bahan penyusun sebagai berikut : semen 0,373 ton, pasir 0,721 ton, kerikil 1.086 ton dan air 177 lt.

4.3.2 Pembuatan benda uji

1. Membuat 12 buah balok beton berpenampang T dengan ukuran sebagai berikut :

Balok	Panjang bentang (L)	Lebar badan (bw)	Tinggi balok (h)	Tebal flens (tf)	Lebar efektif (be)
IA	1,00 m	150 mm	350 mm	75 mm	450 mm
IB					600 mm
IC					700 mm
ID					800 mm
IIA	1,25 m	150 mm	350 mm	75 mm	450 mm
IIB					600 mm
IIC					700 mm
IID					800 mm
IIIA	1,50 m	150 mm	350 mm	75 mm	450 mm
IIIB					600 mm
IIIC					700 mm
IIID					800 mm

2. Dibuat sampel silinder beton dari setiap pencetakan balok sebanyak 20 sampel, dengan diameter = 15 cm dan tinggi = 30 cm.
3. Pengambilan sampel baja tulangan sepanjang 50 cm untuk tulangan dengan diameter 12 mm, 8mm dan 6 mm.

4.3.3 Perawatan

Salah satu aspek dari pembuatan beton yang tidak layak dan kadangkala diabaikan adalah pada proses perawatan (*curing process*). Perawatan diartikan sebagai kegiatan yang bertujuan agar struktur tetap memenuhi atau mempunyai keadaan yang baik . Untuk menghasilkan beton yang baik, proses

hidrasi yang terjadi harus diusahakan berlangsung secara kontinyu tanpa hambatan sejak awal penuangan beton sampai dengan pengerasan beton. Perawatan terhadap balok uji dilaksanakan dengan menyelimuti balok dengan karung basah yang disiram setiap hari. Dengan cara ini diharapkan proses hidrasi semen dapat berlangsung dengan baik.

4.3.4 Pelaksanaan pengujian benda uji

Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi :

a) Uji pendahuluan :

- pengujian baja tulangan untuk mengetahui kuat tarik baja tulangan yang digunakan dalam pembuatan sampel.
- Pengujian kuat desak dari sampel silinder beton pada umur 28 hari, untuk mengetahui kuat desak dari benda uji yang dipakai dalam penelitian ini.

b) Pengujian kuat lentur dari benda uji dengan pembebanan statis.

Pengujian ini dilakukan setelah benda uji berumur 28 hari.

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dari pengujian didapatkan data primer berupa kuat desak beton silinder, kuat tarik baja tulangan dan beban lendutan balok. Data tersebut dianalisa untuk memperoleh pengaruh variasi lebar efektif terhadap hubungan antara beban, lendutan, tegangan serta regangan yang terjadi. Dari grafik beban lendutan didapatkan kuat beban balok T dengan berbagai variasi dari lebar efektif bentang dan panjang bentang.

5.1. Uji Kuat Desak Beton

Kekuatan desak beton rencana tergantung pada jenis campuran, sifat-sifat agregat serta kualitas perawatannya. Kuat desak beton diketahui dari uji desak dua puluh silinder beton ukuran diameter 15 cm, tinggi 30 cm. Perawatan keras (*curing*) silinder beton dilakukan dengan cara merendam dalam bak air dan pengujian dilakukan setelah beton berumur 28 hari. Hasil uji tekan 20 silinder beton bertujuan untuk mengetahui kuat tekan beton pada model yang dapat dilihat pada tabel 5.1 sebagai berikut di bawah ini:

Tabel 5.1. Hasil Uji Kuat Desak Beton

No	ϕ silinder (cm)	Luas (A) (cm ²)	P max (kN)	Kuat desak (P/A) (Kg/cm ²)	Kuat desak (Mpa)
1	15.05	177.894	680	389,66	38.96
2	15.02	177.186	655	376.8	37.68

No	φ silinder (cm)	Luas (A) (cm ²)	P max (kN)	Kuat desak (P/A) (Kg/cm ²)	Kuat desak (Mpa)
3	15.05	177.894	420	240.7	24.07
4	15.07	178.367	450	257.2	25.72
5	15.06	178.131	650	372.0	37.20
6	15.07	178.367	680	388.6	38.86
7	15.04	177.658	685	393.0	39.30
8	14.91	174.600	610	356.1	35.61
9	14.96	175.773	685	397.3	39.73
10	15.02	177.186	425	244.5	24.45
11	15	176.714	590	340.3	34.03
12	14.98	176.343	660	381.7	38.17
13	15.05	177.894	500	286.5	28.65
14	14.95	175.538	525	304.9	30.49
15	14.94	175.304	400	232.6	23.26
16	14.92	174.834	605	352.7	35.27
17	15	176.714	565	325.9	32.59
18	15.16	180.505	670	378.4	37.84
19	15.06	178.131	680	389.1	38.91
20	15.15	180.267	490	277.1	27.71

$$\text{Kuat desak} = \left(\frac{680 \times 101.936}{1/4 \times \pi \times 15.05^2} \right) = 389,6 \text{ kg/cm}^2 = 38,96 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat tekan rata-rata (} f_{cr} \text{)} = 33,245 \text{ Mpa}$$

$$\text{Standart deviasi (s)} = 5,813 \text{ Mpa}$$

Jika penyimpangan maksimum 5 % kuat desak karakteristik silinder beton

dihitung dengan persamaan :

$$f_c = f_{cr} - 1,64 \text{ sd} \dots \dots \dots 5.1$$

$$\begin{aligned} \text{didapat} \quad f_c &= 33,245 - 1,64 \times 5,813 \\ &= 23,89 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil uji ini, kuat desak beton pada model adalah 23.89 Mpa.

Hal ini sesuai dengan mutu beton yang direncanakan sebesar 20 Mpa dan termasuk beton dengan mutu sedang.

5.2. Uji Kuat Tarik Baja Tulangan

Untuk mengetahui kualitas baja tulangan yang terpasang dalam model balok, dilakukan uji tarik baja tulangan, hasilnya ditunjukkan pada lampiran 5.

Rangkuman hasil uji tarik baja tulangan ditunjukkan pada tabel 5.2 :

Tabel 5.2. Hasil Uji Tarik Baja Tulangan

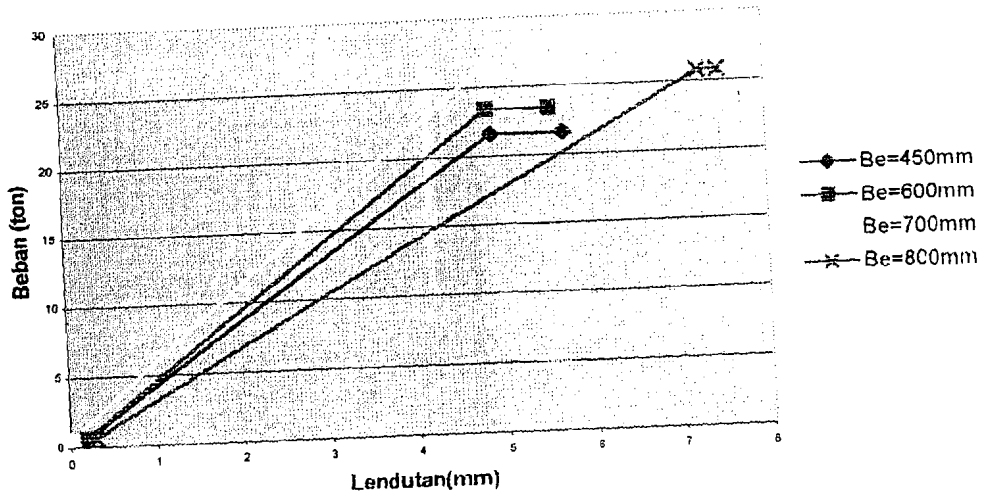
Diameter (mm)	Kuat leleh (Mpa)	Kuat tarik (Mpa)
12	330.5993113	490.5327
8	306.6485753	404.3419
6	260.4381976	372.0546

Dari hasil penelitian diperoleh bahwa baja tulangan yang dipakai termasuk baja sedang dan memenuhi mutu baja yang direncanakan sebesar 240 Mpa.

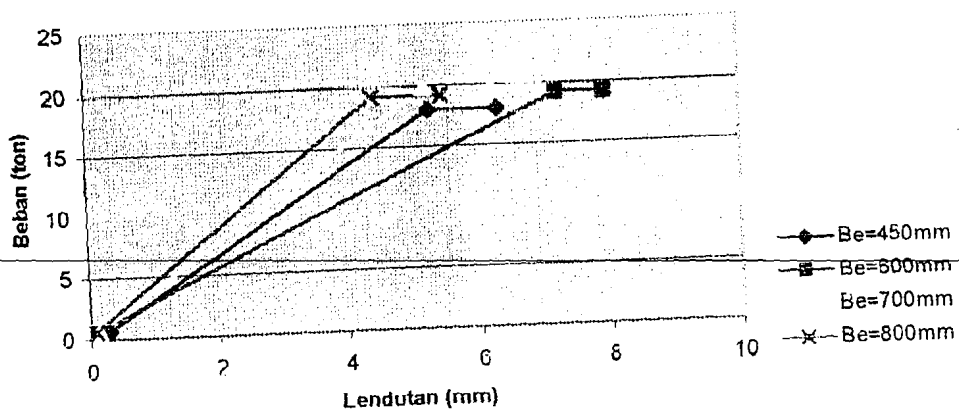
5.3. Uji Lentur Balok

5.3.1. Hubungan beban dengan lendutan

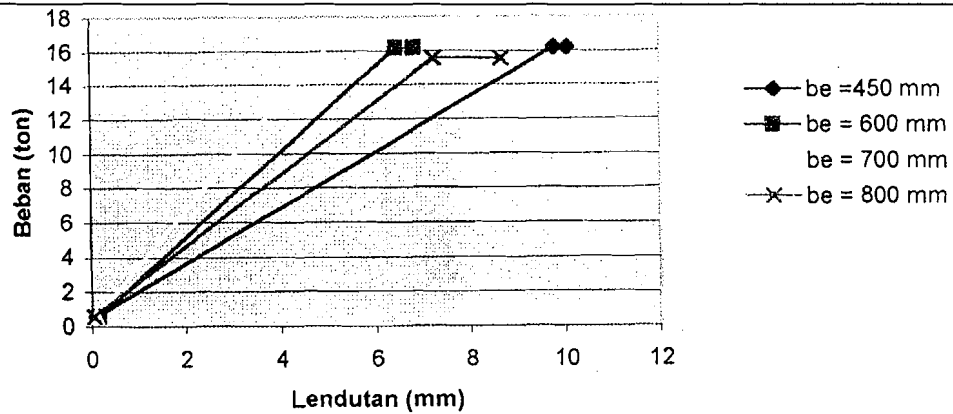
Pelaksanaan uji kuat lentur dilakukan di Laboratorium Mekanika Rekayasa dan Struktur, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Pada pengujian ini, balok diberikan pembeban pada dua titik. Secara bertahap balok diberi beban dengan kenaikan sebesar 600 kg (0,6 ton), kemudian pada setiap tahap pembebanan lendutan yang terjadi dicatat (data dalam lampiran), hasilnya dapat dilihat pada lampiran 10 dan disajikan dalam grafik hubungan beban –lendutan yang diregresi di bawah ini :



Gambar 5.1 Grafik Hubungan Beban – Lendutan Balok dengan $L = 1$ m



Gambar 5.2 Grafik Hubungan Beban – Lendutan Balok dengan $L = 1.25$ m



Gambar 5.3 Grafik Hubungan Beban – Lendutan balok dengan $L = 1.50$ m

5.3.2. Analisa data hubungan beban dengan lendutan

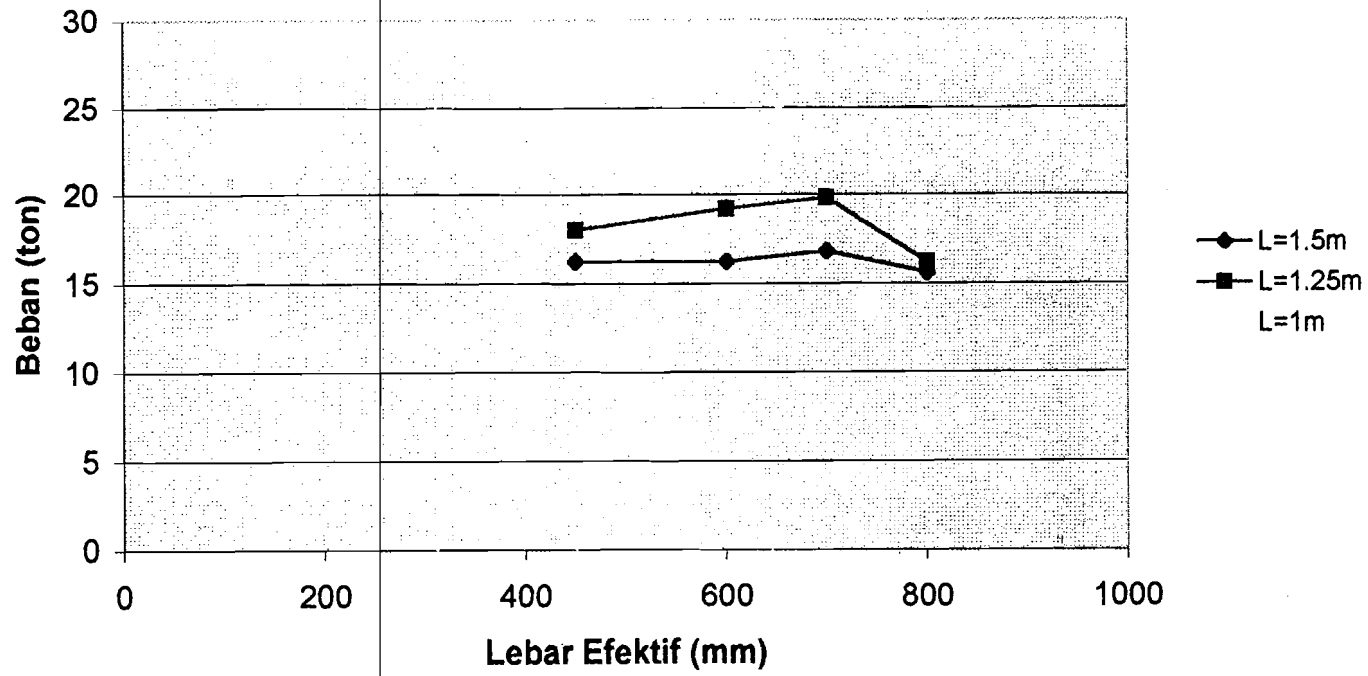
Dari hasil pengamatan grafik hubungan beban dengan lendutan pada Gambar (5.1); (5.2); (5.3) dapat disimpulkan dalam tabel 5.3.

Tabel 5.3. Analisa Data

Balok	Benda uji	P (leleh) (ton)	Lendutan (Δ) (mm)
L = 1,00 m			
IA	- Be = 450 mm	21.600	4.89
IB	- Be = 600 mm	23.400	4.85
IC	- Be = 700 mm	26.400	4.81
ID	- Be = 800 mm	25.800	7.19
L = 1,25 m			
II A	- Be = 450 mm	18.000	5.26
II B	- Be = 600 mm	19.200	7.21
II C	- Be = 700 mm	19.800	5.2
II D	- Be = 800 mm	16.200	4.41
L = 1,50 m			
III A	- Be = 450 mm	16.200	9.77
III B	- Be = 600 mm	16.200	6.43
III C	- Be = 700 mm	16.800	6.10
III D	- Be = 800 mm	15.600	7.23

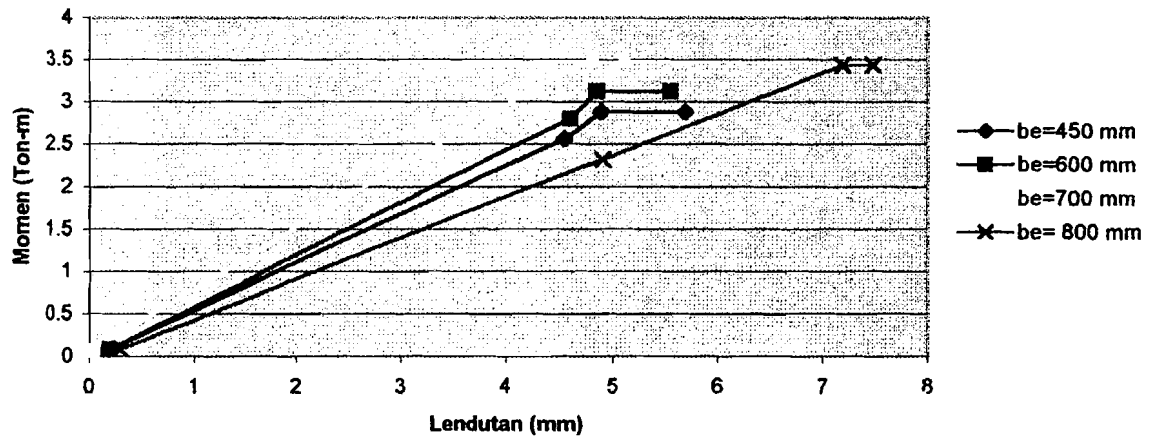
- $L = 1$ m, terjadi kenaikan beban yang dapat ditahan dari $be = 600$ mm hingga $be = 700$ mm sebesar 12,8 %, dan mengalami penurunan pada $be = 800$ mm mengalami kenaikan sebesar 10,25 % dari $be = 700$ mm.
- $L = 1.25$ m, terjadi kenaikan beban yang dapat ditahan dari $be = 600$ mm hingga $be = 700$ mm sebesar 3,12 %, dan mengalami penurunan pada $be = 800$ mm sebesar 15,6 % dari $be = 600$ mm.
- $L = 1.5$ m, terjadi kenaikan beban yang dapat ditahan dari $be = 600$ mm hingga $be = 700$ mm sebesar 3,7 %, dan mengalami penurunan pada $be = 800$ mm sebesar 3,7 % dari $be = 600$ mm.

Kenaikan rata – rata sebesar 6,54 % dan mencapai maksimal pada nilai $be = 700$ dari $be = 600$ mm lalu mengalami penurunan rata - rata sebesar 3,02 % pada nilai $be = 800$ mm dari nilai $be = 600$ mm. Dari grafik hubungan beban – lebar efektif flens di bawah ini terlihat bahwa kenaikan dari nilai lebar efektif flens akan diikuti dengan kenaikan beban yang mampu ditahan oleh balok. Kenaikan tersebut akan mencapai maksimum pada nilai $be = 700$ mm. Pada masing – masing variasi panjang bentang terlihat bahwa nilai lendutan balok akan mencapai minimum pada $be = 700$ mm.

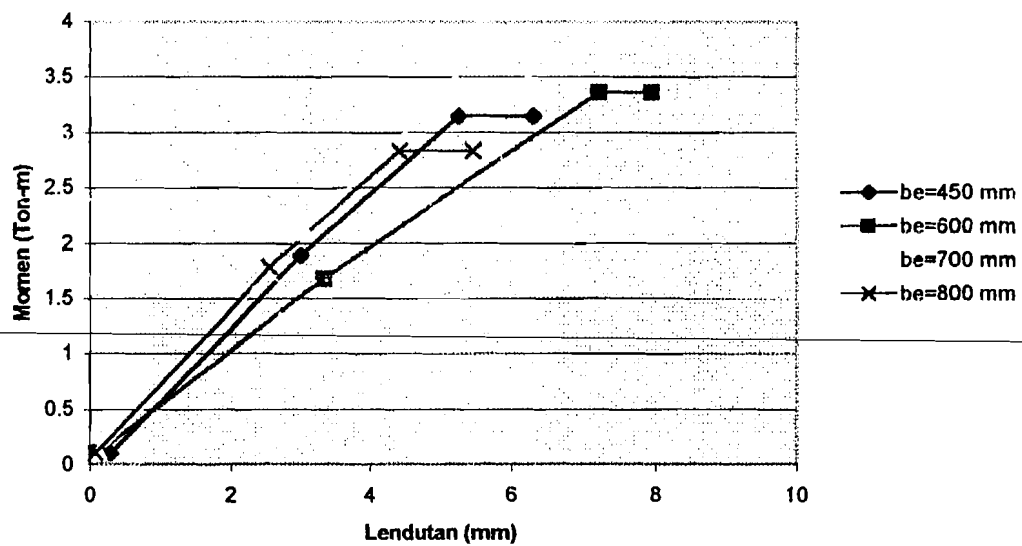


Gambar 5.4 Grafik Hubungan Beban – Lebar Efektif Flens

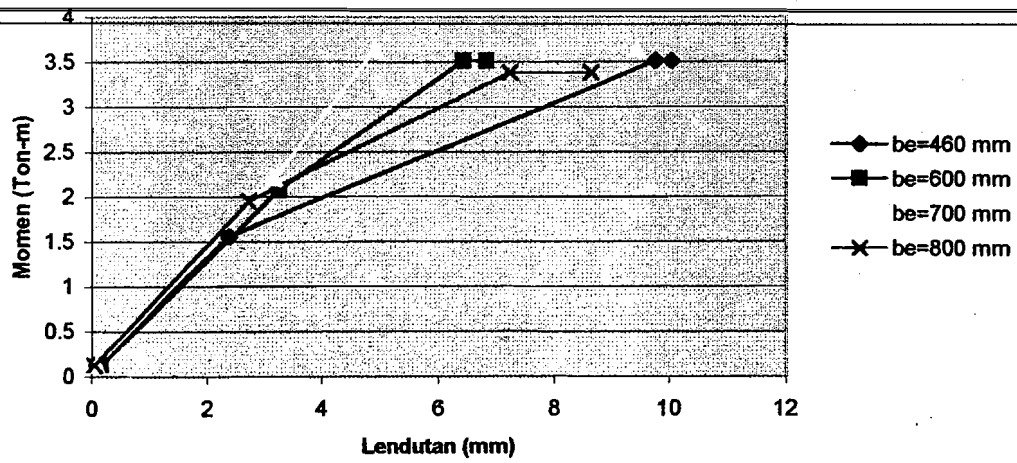
5.3.3. Hubungan momen dengan lendutan



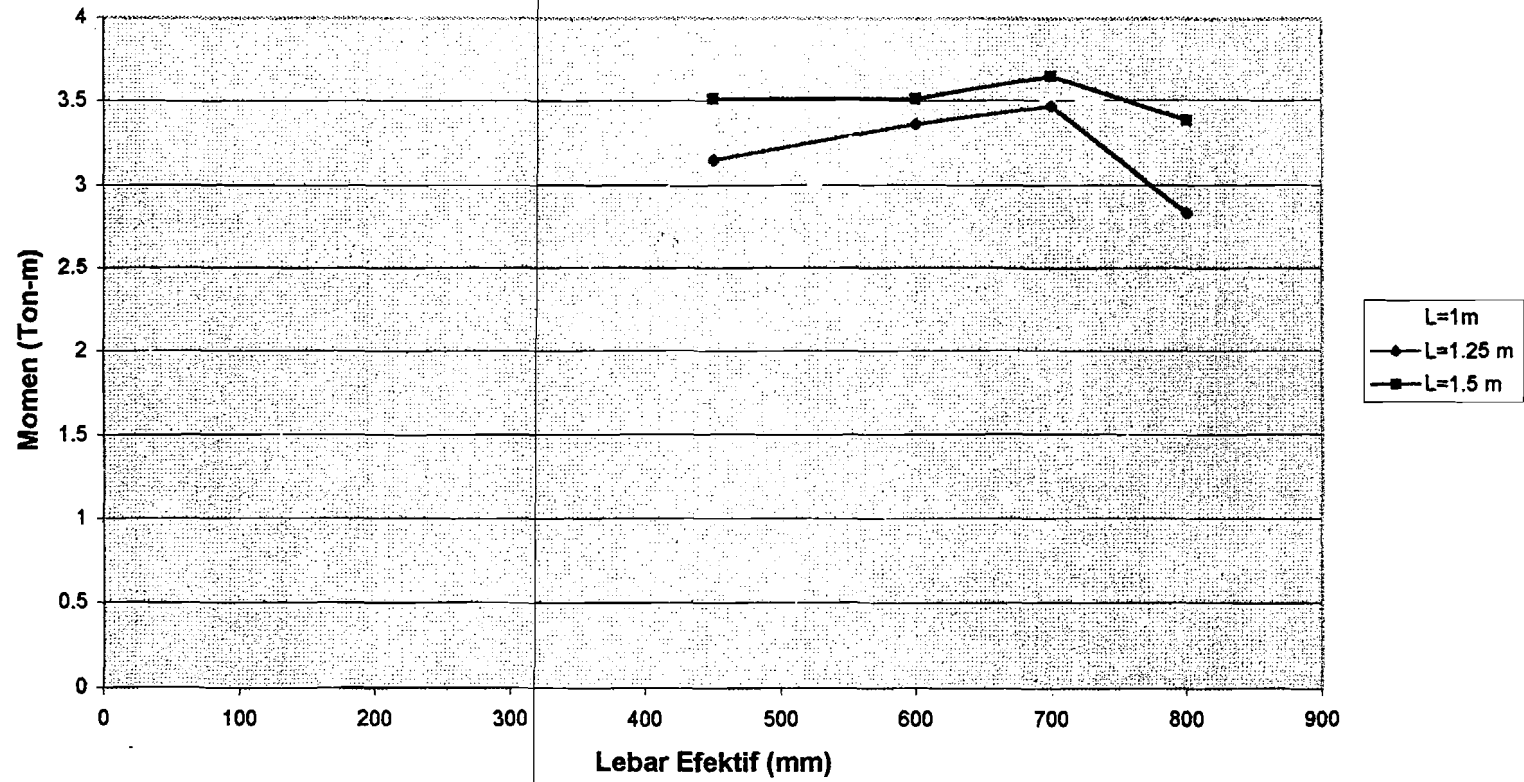
Gambar 5.5 Grafik Hubungan Momen – Lendutan balok dengan $L = 1,00$ m



Gambar 5.6. Grafik Hubungan Momen – Lendutan balok dengan $L = 1,25$ m



Gambar 5.7. Grafik Hubungan Momen – Lendutan balok dengan $L = 1,50$ m



Gambar 5.8. Grafik Hubungan Momen – Lebar Efektif Flens

5.3.4. Analisa hubungan momen – lendutan

Tabel 5.4. Analisa Data

Balok	Panjang Bentang (L)	Benda uji	Momen (ton-m)	Lendutan (Δ) (mm)
IA	1,00 m	- Be = 450 mm	2.88	4.89
IB		- Be = 600 mm	3.12	4.85
IC		- Be = 700 mm	3.52	4.81
ID		- Be = 800 mm	3.44	7.19
IIA	1,25 m	- Be = 450 mm	3.15	5.26
IIB		- Be = 600 mm	3.36	7.21
IIC		- Be = 700 mm	3.465	5.2
IID		- Be = 800 mm	2.835	4.41
IIIA	1,5 m	- Be = 450 mm	3.51	9.77
IIIB		- Be = 600 mm	3.51	6.43
IIIC		- Be = 700 mm	3.64	6.10
IIID		- Be = 800 mm	3.38	7.23

Dari data di atas terlihat bahwa :

- L = 1 m, terjadi kenaikan momen nominal pada balok dari be = 600 mm hingga be 700 mm sebesar 12,8 %, dan pada be = 800 mm mengalami kenaikan sebesar 10,25 % dari be 760 mm.
- L = 1.25 m, terjadi kenaikan momen nominal pada balok dari be = 600 mm hingga be 700 mm sebesar 3,12 %, dan mengalami penurunan pada be = 800 mm sebesar 15,6 % dari be 600 mm.
- L = 1.5 m, terjadi kenaikan momen nominal pada balok dari be = 600 mm hingga be 700mm sebesar 3.7 %, dan mengalami penurunan pada be = 800 mm sebesar 3,7 % dari be 600 mm.

Dari ketiga variasi panjang bentang diatas diperoleh kenaikan momen rata – rata sebesar 6,54 % dan mencapai maksimal pada nilai be = 700 dari be = 600 mm lalu mengalami penurunan rata - rata sebesar 3,02 % pada nilai be =

800 mm dari nilai $be = 700$ mm. Pada masing – masing variasi panjang bentang terlihat bahwa nilai lendutan balok akan mencapai minimum pada $be = 700$ mm. Selain itu dilihat dari terjadinya retak pertama balok akibat beban, dicapai pada beban tertinggi pada nilai $be = 700$ mm.

5.4. Hubungan Momen dengan Tinggi Blok Tegangan

Keseimbangan gaya internal $C = T$

$$M_n = A_s \cdot f_y (d - a/2)$$

Tabel 5.5. Hubungan Momen dengan Blok Tegangan Teoritis

Balok	Panjang bentang (L) m	Lebar efektif (be) mm	Momen (ton – m)	Blok tegangan (a) mm	Keterangan
I A	1.00	450	3.766	16.36688	Balok T Persegi
I B		600	3.797	12.27516	Balok T Persegi
I C		700	3.810	10.52157	Balok T Persegi
I D		800	3.820	9.206372	Balok T Persegi
II A	1.25	450	3.766	16.36688	Balok T Persegi
II B		600	3.797	12.27516	Balok T Persegi
II C		700	3.810	10.52157	Balok T Persegi
II D		800	3.820	9.206372	Balok T Persegi
III A	1.50	450	3.766	16.36688	Balok T Persegi
III B		600	3.797	12.27516	Balok T Persegi
III C		700	3.810	10.52157	Balok T Persegi
III D		800	3.820	9.206372	Balok T Persegi

Tabel 5.6. Hubungan Momen dengan Blok Tegangan Laboratorium

Balok	Panjang bentang (L) m	Lebar efektif (be) mm	Momen $M=1/6 PL$ (ton - m)	Blok tegangan (a) mm	Keterangan
I A	1.00	450	2.88	134.86	Balok T Murni
I B		600	3.12	102.77	Balok T Murni
I C		700	3.52	49.283	Balok T Persegi
I D		800	3.44	59.981	Balok T Persegi
II A	1.25	450	3.15	98.763	Balok T Murni
II B		600	3.36	70.680	Balok T Persegi
II C		700	3.465	56.639	Balok T Persegi
II D		800	2.835	140.886	Balok T Murni
III A	1.50	450	3.51	50.6211	Balok T Persegi
III B		600	3.51	50.6211	Balok T Persegi
III C		700	3.64	33.2367	Balok T Persegi
III D		800	3.38	68.005	Balok T Persegi

Dari hasil pengujian tersebut dapat dilihat bahwa pada balok :

- Hitungan momen pada tabel 5.5 terdapat pada lampiran 9
- Hitungan momen pada tabel 5.6 terdapat pada lampiran 10
- $L = 1\text{ m}$, kenaikan nilai lebar efektif flens diikuti penurunan dari tinggi blok tegangan yang terletak di badan balok (balok T murni), hingga minimum pada nilai $be = 700\text{ mm}$ yang terletak dalam flens (balok T persegi) dan mengalami kenaikan lagi pada $be = 800\text{ mm}$
- $L = 1.25\text{ m}$, kenaikan nilai lebar efektif flens diikuti penurunan dari tinggi blok tegangan yang terletak di badan balok (balok T murni), hingga minimum pada nilai $be = 700\text{ mm}$ yang terletak dalam flens (balok T persegi) dan mengalami kenaikan lagi pada $be = 800\text{ mm}$
- $L = 1.5\text{ m}$, kenaikan nilai lebar efektif flens diikuti kenaikan dari tinggi blok tegangan, maksimum pada $be = 700\text{ mm}$ yang terletak dalam flens (balok T persegi), dan mengalami kenaikan lagi pada $be = 800\text{ mm}$.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Dari ketiga variasi panjang bentang diperoleh hubungan bahwa :

- a. Semakin besar nilai lebar efektif balok akan semakin besar beban yang mampu ditahan oleh balok tersebut dan mengalami kenaikan maksimal pada nilai $b_e = 700$ mm.
- b. Dari analisa tegangan – regangan yang terjadi diperoleh hubungan bahwa kenaikan nilai lebar efektif flens diikuti penurunan dari tinggi blok tegangan beton yang terjadi hingga minimum pada $b_e = 700$ mm dari nilai $b_e = 450$ mm dan mengalami kenaikan lagi pada $b_e = 800$ mm. Hal ini berarti terjadi kenaikan momen nominal balok hingga maksimum pada nilai $b_e = 700$ mm.

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa diatas ternyata diperoleh nilai maksimum dari lebar efektif flens dalam menambah momen nominal penampang adalah lebih besar dari $4 b_w$ yaitu pada nilai $b_e = 700$ mm ($4,67 b_w$).



6.2. Saran

- a. Untuk percobaan lebih lanjut agar diteliti pengaruh dari lebar efektif flens terhadap kekuatan balok dalam menahan beban dengan variasi dari mutu beton dan baja tulangan yang dipakai.
- b. Dalam pengujian pembebanan terhadap balok hendaknya dicari nilai lendutan hingga maksimum pada saat balok mengalami keruntuhan.
- c. Dalam pengujian lentur agar dilengkapi alat uji tegangan-regangan (*strain gauge*) untuk mendapatkan data yang lebih teliti.

DAFTAR PUSTAKA

1. **ACI Structural Journal, A Journal of The American Concrete Institute**, Vol. 93 No. 1, January-February 1996.
2. Dipohusodo, Istimawan, 1994, **Struktur Beton Bertulang , Berdasarkan SK SNI T-13-1991-03, DPU RI**, Penerbit PT Gramedia Pusaka Utama , Jakarta .
3. Wang, Chu-Kia dan Salmon, C.G, 1993 **Disain Beton Bertulang Jilid I**, Penerbit Erlangga, Jakarta.
4. Nawy, Edward G, 1990, **Beton Bertulang suatu Pendekatan Dasar**, Penerbit Pt Eresco, Bandung.
5. Ferguson , Phil M, 1986, **Dasar-Dasar Beton Bertulang Versi SI**, Penerbit Erlangga, Jakarta.
6. Kusuma, Gideon dan Vis, W. C, 1993, **Dasar-Dasar Perencanaan Beton Bertulang, Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03**, Penerbit Erlangga, Jakarta.
7. **Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, SK-SNI T-15-1991-03**, Departemen Pekerjaan Umum, Penerbit Yayasan LPMB, Bandung.
8. W. H. Mosley, J. H. Bungey, 1989, **Perencanaan Beton Bertulang**, Penerbit Erlangga, Jakarta.
9. **Struktur Beton**, Badan Penerbit, Universitas Semarang.

LAMPTRAN

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO.	NAMA	NO. MHS.	DISIPLIN
1	ZULFIKHAH HANDBANA	96 510 122	MIRONTUS
2	TRI WIYANA BASUKI	96 510 144	STRUKTUR

JUDUL TUGAS AKHIR :

UJI EKSPERIMENTAL VARIASI LEBAR EFEKTIF TERHADAP KUAT LENTUR GETON PADA PENAWANG BALOK T.

**PERIODE III : MARET – AGUSTUS
TAHUN : 2000 / 2001**

No.	Kegiatan	Bulan Ke :					
		Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus
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. H. M. SAMSUDIN, MT.
IR. H. SUHARYATMO, MT.



Yogyakarta, 03 Juli 2001
An. Dekan.

(Signature)
IR. H. MUNADHIR, MS

Catatan :

Seminar
Sidang
Pendadaran

CATATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR

No.	TANGGAL	CATATAN KONSULTASI	TANDA TANGAN
17/1/02	17/1/02	<p> - Perbaiki - hasil? halo abt. - pengantar yg kurang - perbaiki - perbaiki - kerangka - perbaiki tem - konvensi - contoh - perbaiki yang - perbaiki yang </p>	<p> (7) </p>
21/1/02	21/1/02	<p> - Perbaiki - hasil? halo abt. - pengantar yg kurang - perbaiki - perbaiki - kerangka - perbaiki tem - konvensi - contoh - perbaiki yang - perbaiki yang </p>	<p> (7) </p>
26/1/02	26/1/02	<p> - Perbaiki - hasil? halo abt. - pengantar yg kurang - perbaiki - perbaiki - kerangka - perbaiki tem - konvensi - contoh - perbaiki yang - perbaiki yang </p>	<p> (7) </p>
		<p> - Perbaiki - hasil? halo abt. - pengantar yg kurang - perbaiki - perbaiki - kerangka - perbaiki tem - konvensi - contoh - perbaiki yang - perbaiki yang </p>	<p> (7) </p>
		<p> - Perbaiki - hasil? halo abt. - pengantar yg kurang - perbaiki - perbaiki - kerangka - perbaiki tem - konvensi - contoh - perbaiki yang - perbaiki yang </p>	<p> (7) </p>
		<p> - Perbaiki - hasil? halo abt. - pengantar yg kurang - perbaiki - perbaiki - kerangka - perbaiki tem - konvensi - contoh - perbaiki yang - perbaiki yang </p>	<p> (7) </p>
		<p> - Perbaiki - hasil? halo abt. - pengantar yg kurang - perbaiki - perbaiki - kerangka - perbaiki tem - konvensi - contoh - perbaiki yang - perbaiki yang </p>	<p> (7) </p>
		<p> - Perbaiki - hasil? halo abt. - pengantar yg kurang - perbaiki - perbaiki - kerangka - perbaiki tem - konvensi - contoh - perbaiki yang - perbaiki yang </p>	<p> (7) </p>
		<p> - Perbaiki - hasil? halo abt. - pengantar yg kurang - perbaiki - perbaiki - kerangka - perbaiki tem - konvensi - contoh - perbaiki yang - perbaiki yang </p>	<p> (7) </p>

TANDA TANGAN

CATATAN KONSULTASI

TANGGAL

No.

Sesuai dengan Kumpulan &

Ditandatangani DPT

21/1/02

26/1/02

Lee Mawis

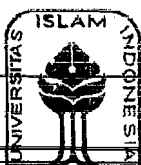
Lee

Lee

20/1/02

20/1/02

Lampiran 1



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jln. Kaliurang KM 14,4 telp 895707, 895042 Fax (0274) 895330 Yogyakarta

DATA PEMERIKSAAN
BERAT JENIS AGREGAT HALUS

Jenis benda uji	: Agregat halus	Di periksa oleh :
Nama benda uji	: Pasir	1. Zuli P. Handaka (96-122)
Asal	: Kali Boyong, Sleman	2. Tri W. Basuki (96-144)
Keperluan	: Penelitian Tugas Akhir	

ALAT-ALAT

1. Gelas ukur kap 1000 ml
2. Timbangan ketelitian
3. Piring, Sendok, Lap dan lain-lain

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat Agregat (W)	400 gram	400 gram
Volume air (V_1)	500 cc	500 cc
Volume air + Agregat (V_2)	635 cc	650 cc
Berat Jenis (BJ)	2.5806	2.67
$\frac{W}{V_2 - V_1}$		
Berat jenis rata-rata	2.624	

Yogyakarta,

Mengetahui

Laboratorium BKT FTSP UII,

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK UII



DATA PEMERIKSAAN

BERAT VOLUME AGREGAT KASAR " SSD "

Jenis benda uji : Agregat kasar Di periksa oleh :
Nama benda uji : Batu pecah 1. Zuli P. Handaka (96-122)
Asal : Clereng, Kulon Progo 2. Tri W. Basuki (96-144)
Keperluan : Penelitian Tugas Akhir

ALAT-ALAT

1. Tabung Silinder (\varnothing 15 x t 30) cm
2. Timbangan Kap. 20 kg
3. Tongkat penumbuk \varnothing 16 panjang 60 cm
4. Serok / sekop , lap dll.

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat tabung (W1)	6.5 Kg	6.5 Kg
Berat tabung+agregat (W2)	14.5Kg	14.2Kg
Volume tabung $1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t$	0.0053 m ³	0.0053 m ³
Berat Volume	1.504 t/m ³	1.504 t/m ³
$\frac{W2 - W1}{V}$		
Berat volume rata-rata	1.481	

Yogyakarta,

Mengetahui

Laboratorium BKT FTSP UII,

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Lampiran 3



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jln. Kaliurang KM 14,4 telp 895707, 895042 Fax (0274) 895330 Yogyakarta

DATA PEMERIKSAAAN

BERAT JENIS AGREGAT KASAR

Jenis benda uji	: Agregat kasar	Di periksa oleh :
Nama benda uji	: Batu pecah	1. Zuli P. Handaka (96-122)
Asal	: Clereng, Kulon Progo	2. Tri W. Basuki (96-144)
Keperluan	: Penelitian Tugas Akhir	

ALAT - ALAT

1. Gelas ukur kapasitas 1000 ml
2. Timbangan ketelitian 0.01 gram
3. Piring, sendok, lap dan lain - lain

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat Agregat (W)	400 gram	400 gram
Volume air (V ₁)	500 cc	500 cc
Volume air + Agregat (V ₂)	655 cc	652 cc
Berat Jenis (BJ)	2.5806	2.6315
$\frac{W}{V_2 - V_1}$		
Berat jenis rata-rata	2.61	

Yogyakarta,

Mengetahui

LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK

Laboratorium BKT FTSP UII,
[Signature]



DATA PEMERIKSAAN
MODULUS HALUS BUTIR

Jenis benda uji : Agregat halus
Nama benda uji : Pasir
Asal : Kali Boyong, Sleman
Keperluan : Penelitian Tugas Akhir

Di periksa oleh :
1. Zuli P. Handaka (96-122)
2. Tri W. Basuki (96-144)

Saringan		Berat Tertinggal gram		Berat Tertinggal %		Berat Kumulatif	
No	φ lubang (mm)	I	II	I	II	I	II
1	4.75	13.5	17	0.9	1.13	0.9	1.13
2	2.36	114.5	135.3	7.63	9.02	8.53	10.15
3	1.18	313.5	294.2	20.9	19.61	29.43	29.76
4	0.600	398.5	392.8	26.57	26.19	56	55.95
5	0.300	299	264.5	19.93	17.63	75.93	73.58
6	0.150	221	219.2	14.73	14.61	90.66	88.19
7	Pan	140	177	9.34	11.9	----	----
						261.45	258.73

Jumlah rata - rata = 260.09

$$\text{MODULUS HALUS BUTIR} = \frac{260.09}{100} \times 100 \% = 2.6$$

Yogyakarta,

Mengetahui

Laboratorium BKT FTSP UII,

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jln. Kaliurang KM 14,4 telp 895707, 895042 Fax (0274) 895330 Yogyakarta

HASIL PENGUJIAN TARIK BAJA

No	Diameter Pengenal (mm)	Diameter Uji (mm)	Luas mm ²	Beban Luluh Kgf	Beban Maksimum Kgf	Tegangan Luluh Kg/mm ²	Kuat tarik Kg/mm ²
1	12	10.55	87.417	2890	4330	33.05993113	49.5327
2	8	6.85	36.85	1130	1490	30.66485753	40.43419
3	6	5.56	24.19	630	900	26.04381976	37.20546

Mengetahui

Laboratorium BKT FTSP UII

LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK UII

Danwani



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jln. Kaliurang KM 14,4 telp 895707, 895042 Fax (027-) 895330 Yogyakarta

HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON

No	Kode	Tgl dibuat	Diameter (mm)	Tgl diuji	Umur (hari)	Beban maks (kN)	Kuat Tekan (Mpa)
1	B1	5-10-2001	15.05	2-11-2001	28	680	38.96
2	B2	5-10-2001	15.02	2-11-2001	28	655	37.68
3	B3	5-10-2001	15.05	2-11-2001	28	420	24.07
4	B4	5-10-2001	15.07	2-11-2001	28	450	25.72
5	B5	5-10-2001	15.06	2-11-2001	28	650	37.20
6	B6	5-10-2001	15.07	2-11-2001	28	680	38.86
7	1	7-10-2001	15.04	4-11-2001	28	685	39.30
8	2	7-10-2001	14.91	4-11-2001	28	610	35.61
9	3	7-10-2001	14.96	4-11-2001	28	685	39.73
10	4	7-10-2001	15.02	4-11-2001	28	425	24.45

LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Lampiran 6

No	Kode	Tgl dibuat	Diameter (mm)	Tgl diuji	Umur (hari)	Beban maks (kN)	Kuat Tekan (Mpa)
11	5	7-10-2001	15	4-11-2001	28	590	34.03
12	6	7-10-2001	14.98	4-11-2001	28	660	38.17
13	7	7-10-2001	15.05	4-11-2001	28	500	28.65
14	A	9-10-2001	14.95	6-11-2001	28	525	30.49
15	B	9-10-2001	14.94	6-11-2001	28	400	23.26
16	1	13-10-2001	14.92	10-11-2001	28	605	35.27
17	2	13-10-2001	15	10-11-2001	28	565	32.59
18	3	13-10-2001	15.16	10-11-2001	28	670	37.84
19	4	13-10-2001	15.06	10-11-2001	28	680	38.91
20	5	13-10-2001	15.15	10-11-2001	28	490	27.71

Mengetahui

Laboratorium BKT FTSP UII

LABORATORIUM

BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK UII

PERENCANAAN CAMPURAN BETON

Kuat beton yang disyaratkan $f_c' = 20$ Mpa

Volume pekerjaan kecil, mutu pekerjaan cukup, diperkirakan $S_d = 7.5$

Beton di luar ruangan dan tidak terlindung

Jenis struktur adalah balok

Ukuran maksimum kerikil 40 mm

Berat satuan kerikil 1.481 ton/m^3

Berat jenis kerikil = 2,61

Berat jenis pasir = 2.624

Modulus halus butir (mhb) = 2.60

PERENCANAAN

1. Menghitung mutu beton

$$S_d = 7.5 \text{ Mp MPa}$$

$$M = 1.64 S_d = 1,64 \cdot 7,5 = 12.3 \text{ MPa}$$

$$f_{cr} = f_c' + m = 20 + 12.3 = 32.3 \text{ Mpa}$$

2. Menghitung nilai faktor air semen

$$f_{as} = 0.475$$

$$f_{as \text{ maksimum}} = 0.6$$

$$f_{as \text{ terpakai}} = 0.475$$

3. Nilai slam

Untuk struktur balok nilai slam = 75-150 mm

4. Jumlah air yang diperlukan per meter kubik beton

Lampiran 7

Berdasarkan nilai slam dan ukuran maksimum kerikil 40 mm, maka diperoleh

kebutuhan air sebesar 177 liter .

5. Jumlah semen yang diperlukan per meter kubik beton

$$w_s = A/f_a$$

$$= 0.373 \text{ ton}$$

6. Menghitung volume kerikil

$$\text{Volume kerikil} = 0.74 \text{ m}^3$$

$$\text{Berat kerikil (} w_k) = 0.74 \times 1.481 = 1.096 \text{ ton}$$

7. Jumlah volume absolut air, semen kerikil dan udara

$$V_a + V_s + V_k + V_u = 0.177 + 0.373/3.15 + 1.096/2.63 + 0.01 = 0.7253 \text{ m}^3$$

$$V_p = 1 - 0.7253 = 0.2747 \text{ ton}$$

$$\text{Berat pasir} : 0.2747 \times 2.624 = 0.721 \text{ ton}$$

$$\text{Kontrol} : W_a + W_p + W_k + W_p = 0.177 + 0.373 + 1.096 + 0.721 + 2.367$$

$$= 2.367 \text{ ton} \approx 2300 \text{ kg/m}^3 \dots\dots \text{ok}$$

8. Kebutuhan material per meter kubik beton :

$$\text{Semen} = 0.373 \text{ ton} = 373 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} = 0.721 \text{ ton} = 721 \text{ kg}$$

$$\text{Kerikil} = 1.096 \text{ ton} = 1096 \text{ kg}$$

$$\text{Air} = 177 \text{ liter}$$

9. Volume pekerjaan :

$$\text{Balok (12 buah)} = 1,3358 \text{ m}^3$$

$$\text{Silinder (20 buah)} = \frac{1}{4} \times \Pi \times 0.15^2 \times 0.3 \times 20 = 0.1 \text{ m}^3$$

$$\text{Total volume pekerjaan} = 1,4358 \text{ m}^3$$

Lampiran 7

10. Kebutuhan material

Semen	= 373	x 1.4358	= 535,55	kg
Pasir	= 721	x 1.4358	= 1035,21	kg
Kerikil	= 1096	x 1.4358	= 1573,64	kg
Air	= 177	x 1.4358	= 254,14	lt

HASIL HITUNGAN DATA KUAT DESAK SILINDER BETON

$$\text{Kuat Desak Beton 28 hari} = \frac{\text{Bebanmaksimal}}{\text{Luaspenampang}}$$

$$f_c' = \frac{P_{mak}}{1/4\pi d^2}$$

Nomer	Diameter silinder (cm)	P Maksimum (Kn)	Kuat desak (Mpa)
1	15.05	680	38.96
2	15.02	655	37.68
3	15.05	420	24.07
4	15.07	450	25.72
5	15.06	650	37.20
6	15.07	680	38.86
7	15.04	685	39.30
8	14.91	610	35.61
9	14.96	685	39.73
10	15.02	425	24.45
11	15	590	34.03
12	14.98	660	38.17
13	15.05	500	28.65
14	14.95	525	30.49
15	14.94	400	23.26
16	14.92	605	35.27
17	15	565	32.59
18	15.16	670	37.84
19	15.06	680	38.91
20	15.15	490	27.71

Contoh perhitungan

$$\text{Kuat desak} = \left(\frac{680 \times 101.936}{1/4 \times \pi \times 15.05^2} \right) = 38.96 \text{ kg/cm}^2 = 38.96 \text{ Mpa}$$

Kuat desak rata-rata silinder beton

$$f_{cr} = \frac{\sum f_c'}{20} = \frac{668.5}{20} = 33.425 \text{ Mpa}$$

Lampiran 8

$$S_d = 5.813$$

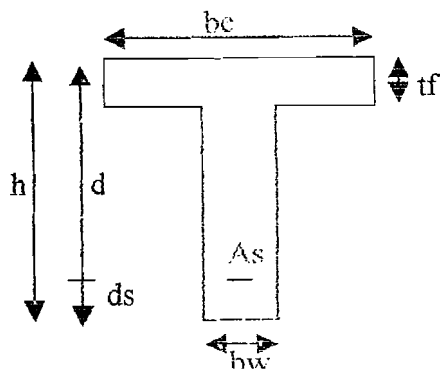
$$f_c' = f_{cr} - 1.64 S_d$$

$$f_c' = 33.425 - 1.64 \times 5.813 = 23.89 \text{ Mpa}$$

Jadi kuat tekan beton 23.89 MPa

PERHITUNGAN BENDA UJI SECARA TEORITIS

1. Dimensi Benda Uji



2. Data Perencanaan :

$$f'_c = 23.89 \text{ Mpa} ; \quad b_w = 150 \text{ mm}$$

$$f_y = 330.599 \text{ MPa} ; \quad h = 350 \text{ mm}$$

Variasi Benda Uji :

Lebar Efektif Flens (b_E) = 450, 600 mm, 700 mm, 800 mm.

Panjang Bentang (L) = 1000 mm, 1500mm, 1750 mm.

Pada balok T terisolasi :

$$- t_f \geq 0.5 b_w = 75 \text{ mm}$$

$$- d_s = 90 \text{ mm} ; \quad b_E \leq 4 b_w$$

$$- d = 260 \text{ mm}$$

$$a) \quad b_E = 4 b_w = 600 \text{ mm}$$

$$\text{Dipakai } A_s = 4 \text{ G } 12 = 452,389 \text{ mm}^2$$

$$P_b = \left[\frac{0.85 \cdot f'_c \cdot \beta}{f_y} \right] \times \left[\frac{600}{600 + f_y} \right] = \left[\frac{0.85 \cdot 23.389 \cdot 0.85}{330.599} \right] \times$$

$$\left[\frac{600}{600 + 330.599} \right]$$

$$= 0.0334$$

$$\rho_f = \frac{0.85 \cdot f'_c \cdot (b_e - b_w) \cdot t_f}{f_y \cdot b_w \cdot d} = \frac{0.85 \cdot 23.389 \cdot (600 - 150) \cdot 75}{330.599 \cdot 150 \cdot 260} = 0.05531520$$

$$\rho_b = \frac{b_w}{b_e} (P_b + P_f) = \frac{150}{600} (0.0334 + 0.05531) = 0.0217$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0.0159 ; \rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{330.599} = 0.01627$$

$$\rho = \frac{A_s}{b_e \cdot d} = \frac{452,389}{600 \cdot 260} = 0.0029 < \rho_{\max}$$

$$\rho_w = \frac{A_s}{b_w \cdot d} = \frac{452,389}{150 \cdot 260} = 0.0116 > \rho_{\min}$$

$$a = \frac{A_s \cdot F_y}{0.85 \cdot f'_{c,b_e}} = \frac{452,389 \cdot 330.599}{0.85 \cdot 23.89 \cdot 600} = 12.2751 \text{ mm} < \frac{t_f}{2}$$

⇒ Perhitungan dilakukan sebagai balok T persegi

$$M_n = A_s \cdot f_y (d - a/2) = 452,389 \cdot 330.599 (260 - 10.99/2) = 37967499 \text{ N}$$

mm

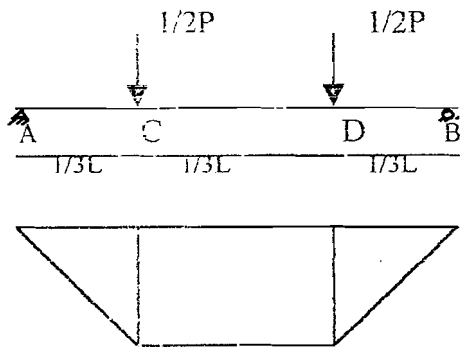
$$M_u = \theta M_n = 34170745 \text{ Nmm}$$

Analog dengan cara perhitungan diatas :

	Be = 450	Be = 600	Be = 700	Be = 800
Pb	0.033662	0.033662	0.033662	0.033662
pf	0.035437	0.053155	0.064967	0.076779
pb	0.023033	0.021704	0.021135	0.020708
pmax	0.017275	0.016278	0.015851	0.015531
pmin	0.004235	0.004235	0.004235	0.004235
As (mm ²)	452.389	452.389	452.389	452.389
pw	0.0116	0.0116	0.0116	0.0116
p	0.003867	0.0029	0.002486	0.002175
a (mm)	16.36688	12.27516	10.52157	9.206372
Mn (Nmm)	37661521	37967499	38098632	38196982
Mu (Nmm)	33895369	34170745	34288769	34288769

3. Perhitungan P dan Lendutan

a. Panjang Bentang (L) = 1000 mm



$$\Sigma M_A = 0$$

$$R_a = R_b = \frac{1}{2} P$$

$$M_C = M_D = \frac{1}{6} P \cdot L$$

Untuk L = 1000 mm

BE (mm)	450	600	700	800
MU(Nmm)	33895369	34170745	34288769	34288769
P(N)	254215.26	256280.58	257165.77	257165.77

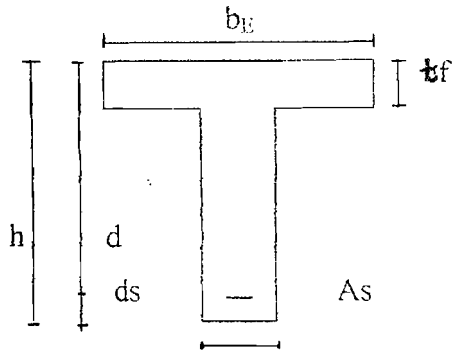
Untuk L = 1500 mm

BE (mm)	450	600	700	800
MU(Nmm)	33895369	34170745	34288769	34288769
P(N)	156440.16	157711.13	158255.86	158255.86

Untuk L = 1250 mm

BE (mm)	450	600	700	800
MU(Nmm)	33895369	34170745	34288769	34288769
P(N)	193687.82	195261.4	195935.82	195935.82

4. Inersia Penampang



$$E_{\text{beton}} = 4700 \sqrt{f_c} = 22972.376 \text{ Mpa}$$

$$E_{\text{baja}} = 2.10^5 \text{ Mpa}$$

$$N = \frac{E_{\text{baja}}}{E_{\text{beton}}} = 8.7$$

Persamaan kesetimbangan

$$Bexa/2a - \{(Be-tw)(a-hf)\} = nx2xd_1 (d-a-d_1) + (nx2xd_2 (d-a-d_2)$$

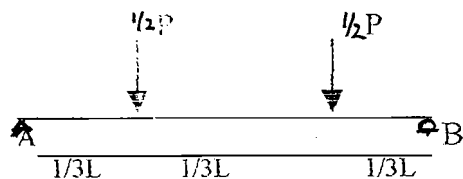
$$Ix_1 = 1/3. be. a^3$$

$$Ix_2 = n. 1/4. \pi. R^4 .N + n. 1/4. \pi. D^2. ((h ds)-a)^2 .N$$

$$Ix_3 = n. 1/4. \pi. R^4 .N + n. 1/4. \pi. D^2. ((h-ds-d_1)-a)^2 .N$$

	Be=450 mm	Be=600 mm	Be=700 mm	Be=800 mm
a (mm)	44.83	42.84	42.024	41.42
Ix_1 (mm ⁴)	1351442.99	15724555.66	17316852.14	18949555.01
Ix_2 (mm ⁴)	151406055.1	153392315.4	154330655.6	155027054.3
Ix_3 (mm ⁴)	109259383	126031016.4	126881683.5	127513186.9
Ix total	274179860.1	295147887.5	298529191.2	301489796.2

5. Perhitungan Lendutan



$$E = 200000 \text{ Mpa} = 200000 \text{ N/mm}^2$$

$$\Delta = \frac{P \cdot a}{24 \cdot E \cdot I} (3L^2 - 4a^2)$$

Untuk $L = 1000 \text{ mm}$

BE (mm)	450	600	700	800
P(N)	254215.26	256280.58	257165.77	257165.77
Δ (mm)	0.05935	0.05598	0.05548	0.05504

Untuk $L = 1500 \text{ mm}$

BE (mm)	450	600	700	800
P(N)	156440.16	157711.13	158255.86	158255.86
Δ (mm)	0.1334136	0.1246849	0.123589	0.122611

Untuk $L = 1250 \text{ mm}$

BE (mm)	450	600	700	800
P(N)	193687.82	195261.4	195935.82	195935.82
Δ (mm)	0.1816946	0.169807	0.168313	0.166983

Lampiran 10

HASIL PENGUJIAN LENTUR BALOK T

Momen = $1/6 \cdot P \cdot L$

L=1,50 mm, be = 450 mm

Dial 1 (mm)	Dial 21 (mm)	Dial 3 (mm)	P (ton)	Momen (ton-m)	Retak
0.09	0.09	0.06	0.6	0.13	
0.215	0.15	0.15	1.2	0.26	
0.31	0.45	0.25	1.8	0.39	
0.58	0.665	0.35	2.4	0.52	
0.795	0.85	0.38	3	0.65	
0.92	1.05	0.65	3.6	0.78	
1.125	1.25	0.8	4.2	0.91	
1.34	1.46	0.96	4.8	1.04	
1.51	1.68	1.15	5.4	1.17	
1.68	1.9	1.3	6	1.3	
1.85	2.1	1.45	6.6	1.43	
2.12	2.38	1.65	7.2	1.56	1
2.3	2.61	2.1	7.8	1.69	2
2.64	3.06	2.4	8.4	1.82	3
3	3.17	2.61	9	1.95	4
3.21	3.42	2.81	9.6	2.08	5
3.5	3.74	3.08	10.2	2.21	
3.72	3.97	3.3	10.8	2.34	6
3.93	4.21	3.4	11.4	2.47	7
4.35	4.44	3.81	12	2.6	8
4.62	4.65	3.89	12.6	2.73	
4.86	4.87	4.18	13.2	2.86	9
5.11	5.1	4.38	13.8	2.99	10
5.52	5.47	4.68	14.4	3.12	
6.17	6.01	5.01	15	3.25	11
7.05	6.83	5.8	15.6	3.38	12
9.52	9.77	5.9	16.2	3.51	
9.66	9.81	6.08	16.2	3.51	
9.72	9.89	6.15	16.2	3.51	
9.89	9.95	6.25	16.2	3.51	
9.98	10.05	6.36	16.2	3.51	

Lampiran 10

L=1,50 m, be = 600 mm

Dial 1 (mm)	Dial 22 (mm)	Dial 3 (mm)	P (ton)	Momen (ton-m)	Retak
0.23	0.16	0.1	0.6	0.13	
0.51	0.38	0.23	1.2	0.26	
0.77	0.59	0.32	1.8	0.39	
1	0.87	0.52	2.4	0.52	
1.12	1.15	0.74	3	0.65	
1.28	1.32	0.88	3.6	0.78	
1.41	1.545	1.04	4.2	0.91	
1.51	1.72	1.17	4.8	1.04	
1.6	2.04	1.31	5.4	1.17	
1.68	2.22	1.44	6	1.3	
1.76	2.35	2.16	6.6	1.43	
1.86	2.5	2.28	7.2	1.56	
1.92	2.68	2.43	7.8	1.69	
1.94	2.86	2.58	8.4	1.82	
1.95	3.01	2.67	9	1.95	
2	3.27	2.8	9.6	2.08	1
2.12	3.5	3.06	10.2	2.21	2
2.27	3.69	3.27	10.8	2.34	3
2.4	3.865	3.43	11.4	2.47	4
2.54	3.99	3.55	12	2.6	5
2.63	4.16	3.68	12.6	2.73	
2.75	4.3	3.8	13.2	2.86	
3.18	4.55	3.98	13.8	2.99	6
3.28	4.77	4.12	14.4	3.12	
3.48	4.99	4.33	15	3.25	7
3.79	5.42	4.56	15.6	3.38	8
4.8	6.43	5.28	16.2	3.51	9
4.89	6.55	5.35	16.2	3.51	
4.98	6.68	5.46	16.2	3.51	
5.08	6.79	5.58	16.2	3.51	
5.15	6.83	5.64	16.2	3.51	

L=1,50 m, be = 700 mm

Dial 1 (mm)	Dial 23 (mm)	Dial 3 (mm)	P (ton)	Momen (ton-m)	Retak
0	0.095	0.15	0.6	0.13	
0.2	0.32	0.31	1.2	0.26	
0.33	0.52	0.48	1.8	0.39	
0.54	0.725	0.72	2.4	0.52	
0.81	0.93	0.89	3	0.65	

Lampiran 10

Dial 1 (mm)	Dial 23 (mm)	Dial 3 (mm)	P (ton)	Momen (ton-m)	Retak
1.01	1.11	1.07	3.6	0.78	
1.19	1.26	1.19	4.2	0.91	
1.35	1.51	1.31	4.8	1.04	
1.52	1.7	1.51	5.4	1.17	
1.65	1.82	1.61	6	1.3	
1.79	1.94	1.7	6.6	1.43	
2.15	2.07	1.8	7.2	1.56	
2.28	2.38	1.89	7.8	1.69	
2.53	2.59	1.98	8.4	1.82	
2.67	2.84	2.06	9	1.95	
2.89	2.99	2.14	9.6	2.08	
3.1	3.18	2.23	10.2	2.21	1
3.28	3.36	2.39	10.8	2.34	2
3.41	3.49	2.48	11.4	2.47	
3.52	3.62	2.55	12	2.6	
3.64	3.74	2.65	12.6	2.73	
3.75	3.92	2.82	13.2	2.86	3
3.91	4.1	2.98	13.8	2.99	4
4.02	4.23	3.1	14.4	3.12	
4.11	4.33	3.2	15	3.25	
4.2	4.45	3.35	15.6	3.38	5
4.36	4.92	3.46	16.8	3.64	6
4.54	5.15	3.6	16.8	3.64	
4.61	5.34	3.7	16.8	3.64	
4.21	5.58	3.8	16.8	3.64	7
4.96	6.1	4.1	16.8	3.64	8
5.51	7.09	5.11	16.8	3.64	9
5.75	7.86	5.54	16.8	3.64	
5.96	8.05	5.78	16.8	3.64	
6.32	8.55	6.1	16.8	3.64	
6.55	9.05	6.2	16.8	3.64	
6.84	9.45	6.78	16.8	3.64	

L=1,50 m, be = 800 mm

Dial 1 (mm)	Dial 24 (mm)	Dial 3 (mm)	P (ton)	Momen (ton-m)	Retak
0.18	0.05	0.19	0.6	0.13	
0.4	0.22	0.32	1.2	0.26	
0.65	0.41	0.54	1.8	0.39	
0.84	0.59	0.73	2.4	0.52	
0.99	0.76	0.86	3	0.65	
1.12	0.95	0.95	3.6	0.78	
1.28	1.15	1.04	4.2	0.91	

Lampiran 10

Dial 1 (mm)	Dial 24 (mm)	Dial 3 (mm)	P (ton)	Momen (ton-m)	Retak
1.42	1.34	1.14	4.8	1.04	
1.55	1.53	1.22	5.4	1.17	
1.65	1.67	1.26	6	1.3	
1.73	1.84	1.29	6.6	1.43	
1.83	2	1.32	7.2	1.56	
1.95	2.18	1.37	7.8	1.69	
2	2.31	1.48	8.4	1.82	
2.28	2.72	1.78	9	1.95	1
2.42	2.94	1.86	9.6	2.08	2
2.48	3.05	1.92	10.2	2.21	3
2.57	3.31	2.01	10.8	2.34	
2.66	3.56	2.1	11.4	2.47	4
2.75	3.69	2.21	12	2.6	5
3.3	3.84	2.31	12.6	2.73	
3.46	4.2	2.72	13.2	2.86	6
3.6	4.42	2.86	13.8	2.99	7
4.1	4.62	3.02	14.4	3.12	8
4.9	5.23	3.69	15	3.25	9
5.1	7.23	5.76	15.6	3.38	10
5.24	7.54	5.87	15.6	3.38	
5.35	7.89	5.95	15.6	3.38	
5.58	8.1	6.05	15.6	3.38	
5.78	8.25	6.2	15.6	3.38	
5.89	8.42	6.34	15.6	3.38	
6.05	8.65	6.55	15.6	3.38	

L=1,25 m, be – 450 mm

Dial 1 (mm)	Dial 21 (mm)	Dial 3 (mm)	P (ton)	Momen (ton-m)	Retak
0.43	0.29	0.2	0.6	0.105	
0.7	0.53	0.38	1.2	0.21	
0.84	0.72	0.56	1.8	0.315	
0.98	0.85	0.51	2.4	0.42	
1.14	1.07	0.6	3	0.525	
1.24	1.19	0.64	3.6	0.63	
1.33	1.29	0.74	4.2	0.735	
1.42	1.41	0.75	4.8	0.84	
1.52	1.51	0.79	5.4	0.945	
1.72	1.78	0.8	6	1.05	
1.81	1.91	0.81	6.6	1.155	
1.9	2.04	0.83	7.2	1.26	
1.98	2.19	0.9	7.8	1.365	

Lampiran 10

Dial 1 (mm)	Dial 21 (mm)	Dial 3 (mm)	P (ton)	Momen (ton-m)	Retak
2.09	2.35	0.95	8.4	1.47	
2.28	2.61	1	9	1.575	
2.41	2.73	1.1	9.6	1.68	
2.55	2.9	0.98	10.2	1.785	
2.67	3.02	1.05	10.8	1.89	1
2.91	3.22	1.15	11.4	1.995	2
3.08	3.36	1.23	12	2.1	3
3.24	3.64	1.3	12.6	2.205	4
3.38	3.78	1.38	13.2	2.31	5
3.51	3.92	1.51	13.8	2.415	
3.64	4.05	1.59	14.4	2.52	6
3.76	4.18	2.48	15	2.625	
3.89	4.29	2.75	15.6	2.73	
4.02	4.43	3	16.2	2.835	
4.15	4.58	3.2	16.8	2.94	7
4.98	4.8	3.22	17.4	3.045	
5.24	5.26	3.4	18	3.15	8
5.41	5.59	3.5	18	3.15	9
5.62	5.89	3.67	18	3.15	
5.8	6.3	4.12	18	3.15	10

L=1,25 m, be = 600 mm

Dial 1 (mm)	Dial 22 (mm)	Dial 3 (mm)	P (ton)	Momen (ton-m)	Retak
0.15	0.1	0.13	0.6	0.105	
0.38	0.35	0.37	1.2	0.21	
0.465	0.46	0.485	1.8	0.315	
0.54	0.73	0.57	2.4	0.42	
0.59	0.84	0.625	3	0.525	
0.66	0.96	0.67	3.6	0.63	
0.715	1.35	0.69	4.2	0.735	
0.78	1.46	0.705	4.8	0.84	
0.86	1.65	0.705	5.4	0.945	
0.95	1.82	0.68	6	1.05	
1	2.16	0.68	6.6	1.155	
1.55	2.35	0.68	7.2	1.26	
1.61	2.69	0.68	7.8	1.365	
1.67	2.88	0.67	8.4	1.47	
1.85	3.1	0.695	9	1.575	
2.02	3.35	0.735	9.6	1.68	1
2.18	3.52	0.81	10.2	1.785	
2.29	3.66	0.9	10.8	1.89	

Lampiran 10

Dial 1 (mm)	Dial 22 (mm)	Dial 3 (mm)	P (ton)	Momen (ton-m)	Retak
2.4	3.79	0.95	11.4	1.995	2
2.51	3.95	1.01	12	2.1	
2.63	4.05	1.08	12.6	2.205	3
2.72	4.23	1.16	13.2	2.31	
2.82	4.5	1.24	13.8	2.415	4
2.92	4.68	1.35	14.4	2.52	5
2.99	4.85	1.6	15	2.625	6
3.07	5.06	1.71	15.6	2.73	7
3.14	6.01	1.8	16.2	2.835	
5.71	6.65	1.97	16.8	2.94	
6.02	6.77	2.64	17.4	3.045	
6.57	6.87	2.84	18	3.15	
6.68	7.1	3.02	18.6	3.255	
6.97	7.21	3.14	19.2	3.36	
7.22	7.75	3.45	19.2	3.36	
7.54	7.95	3.79	19.2	3.36	

L=1,25 m, be = 700 mm

Dial 1 (mm)	Dial 23 (mm)	Dial 3 (mm)	P (ton)	Momen (ton-m)	Retak
0.23	0.13	0.45	0.6	0.105	
0.42	0.25	0.17	1.2	0.21	
0.65	0.44	0.32	1.8	0.315	
0.78	0.53	0.4	2.4	0.42	
0.9	0.64	0.47	3	0.525	
1	0.87	0.5	3.6	0.63	
1.15	1.08	0.55	4.2	0.735	
1.24	1.25	0.57	4.8	0.84	
1.36	1.36	0.58	5.4	0.945	
1.49	1.56	0.6	6	1.05	
1.58	1.71	0.63	6.6	1.155	
1.69	1.87	0.65	7.2	1.26	
1.8	2.04	0.67	7.8	1.365	
1.88	2.12	0.69	8.4	1.47	
1.98	2.27	0.71	9	1.575	
2.11	2.53	0.68	9.6	1.68	
2.22	2.64	0.7	10.2	1.785	
2.31	2.73	0.74	10.8	1.89	
2.45	2.86	0.79	11.4	1.995	
2.68	3.08	0.9	12	2.1	1
2.74	3.15	0.95	12.6	2.205	2
2.81	3.24	1	13.2	2.31	

Lampiran 10

Dial 1 (mm)	Dial 23 (mm)	Dial 3 (mm)	P (ton)	Momen (ton-m)	Retak
2.98	3.46	1.16	13.8	2.415	3
3.07	3.57	1.25	14.4	2.52	
3.22	3.72	1.35	15	2.625	
3.36	3.88	1.45	15.6	2.73	4
3.5	4.02	1.56	16.2	2.835	
3.64	4.15	1.64	16.8	2.94	5
3.75	4.28	1.73	17.4	3.045	
3.89	4.41	1.83	18	3.15	
4.02	4.56	1.92	18.6	3.255	
4.25	4.73	2.04	19.2	3.36	6
4.7	5.2	2.3	19.8	3.465	
4.82	5.73	2.41	19.8	3.465	
4.95	6.22	2.53	19.8	3.465	

L=1,25 m, be = 800 mm

Dial 1 (mm)	Dial 24 (mm)	Dial 3 (mm)	P (ton)	Momen (ton-m)	Retak
0.11	0.08	0	0.6	0.105	
0.31	0.27	0	1.2	0.21	
0.46	0.42	0	1.8	0.315	
0.59	0.57	0	2.4	0.42	
0.71	0.7	0.13	3	0.525	
0.86	0.86	0.35	3.6	0.63	
0.99	1	0.51	4.2	0.735	
1.1	1.12	0.66	4.8	0.84	
1.22	1.26	0.88	5.4	0.945	
1.35	1.42	1.07	6	1.05	
1.48	1.52	1.25	6.6	1.155	
1.6	1.72	1.41	7.2	1.26	
1.72	1.86	1.59	7.8	1.365	
1.835	1.99	1.75	8.4	1.47	
1.96	2.14	1.92	9	1.575	
2.09	2.29	2.08	9.6	1.68	
2.29	2.57	2.32	10.2	1.785	1
2.56	2.84	2.53	10.8	1.89	
2.69	3	2.73	11.4	1.995	2
2.86	3.19	2.96	12	2.1	3
2.99	3.33	3.1	12.6	2.205	
3.12	3.49	3.26	13.2	2.31	4
3.37	3.69	3.45	13.8	2.415	5
3.59	3.87	3.64	14.4	2.52	6
3.8	4.09	3.84	15	2.625	7

Lampiran 10

Dial 1 (mm)	Dial 24 (mm)	Dial 3 (mm)	P (ton)	Momen (ton-m)	Retak
4.05	4.32	4.05	15.6	2.73	8
4.25	4.41	4.32	16.2	2.835	9
4.31	4.79	4.45	16.2	2.835	
4.45	4.95	4.59	16.2	2.835	
4.62	5.46	4.63	16.2	2.835	

L=1,00 m, be = 450 mm

Dial 1 (mm)	Dial 21 (mm)	Dial 3 (mm)	P (ton)	Momen (ton-m)	Retak
0.16	0.19	0.11	0.6	0.08	
0.34	0.42	0.26	1.2	0.16	
0.51	0.59	0.355	1.8	0.24	
0.69	0.74	0.45	2.4	0.32	
0.85	0.94	0.53	3	0.4	
1.01	1.1	0.58	3.6	0.48	
1.11	1.18	0.64	4.2	0.56	
1.24	1.31	0.68	4.8	0.64	
1.35	1.4	0.72	5.4	0.72	
1.48	1.56	0.76	6	0.8	
1.57	1.64	0.79	6.6	0.88	
1.66	1.74	0.82	7.2	0.96	
1.78	1.83	0.97	7.8	1.04	
1.85	1.9	0.99	8.4	1.12	
1.925	1.96	1.01	9	1.2	
2.03	2.08	1.05	9.6	1.28	
2.17	2.17	1.08	10.2	1.36	
2.29	2.32	1.11	10.8	1.44	
2.33	2.35	1.16	11.4	1.52	
2.43	2.42	1.21	12	1.6	
2.54	2.55	1.22	12.6	1.68	
2.635	2.61	1.26	13.2	1.76	
2.74	2.69	1.285	13.8	1.84	
2.82	2.83	1.29	14.4	1.92	
2.89	2.88	1.3	15	2	
2.95	2.94	0.31	15.6	2.08	
3.15	3.13	1.36	16.2	2.16	
3.21	3.19	1.56	16.8	2.24	
3.29	3.3	1.59	17.4	2.32	
4.1	3.91	1.89	18	2.4	
4.31	4.05	1.98	18.6	2.48	
4.82	4.55	2	19.2	2.56	1

Lampiran 10

Dial 1 (mm)	Dial 21 (mm)	Dial 3 (mm)	P (ton)	Momen (ton-m)	Retak
4.91	4.65	2	19.8	2.64	
4.99	4.72	2	20.4	2.72	2
5.09	4.82	2.35	21	2.8	
5.17	4.89	2.4	21.6	2.88	3
5.31	5.2	2.42	21.6	2.88	4
5.46	5.32	2.43	21.6	2.88	
5.65	5.44	2.45	21.6	2.88	
5.8	5.69	2.59	21.6	2.88	

L=1,00 m, be = 600 mm

Dial 1 (mm)	Dial 22 (mm)	Dial 3 (mm)	P (ton)	Momen (ton-m)	Retak
0.31	0.19	0.29	0.6	0.08	
0.47	0.31	0.39	1.2	0.16	
0.63	0.47	0.53	1.8	0.24	
0.76	0.63	0.64	2.4	0.32	
0.82	0.69	0.7	3	0.4	
0.93	0.8	0.81	3.6	0.48	
1.05	0.95	0.98	4.2	0.56	
1.18	1.09	1.09	4.8	0.64	
1.3	1.28	1.2	5.4	0.72	
1.42	1.65	1.4	6	0.8	
1.5	1.94	1.48	6.6	0.88	
1.68	2.47	1.64	7.2	0.96	
1.79	2.71	1.7	7.8	1.04	
1.85	2.96	1.85	8.4	1.12	
1.95	3.12	1.95	9	1.2	
2.03	3.21	2.09	9.6	1.28	
2.07	3.35	2.2	10.2	1.36	
2.25	3.41	2.28	10.8	1.44	
2.39	3.5	2.39	11.4	1.52	
2.46	3.56	2.46	12	1.6	
2.55	3.62	2.55	12.6	1.68	
2.65	3.69	2.65	13.2	1.76	
2.73	3.74	2.72	13.8	1.84	
2.8	3.83	2.8	14.4	1.92	
2.95	3.88	2.93	15	2	
3.03	3.93	3.01	15.6	2.08	
3.14	3.98	3.1	16.2	2.16	
3.2	4.04	3.18	16.8	2.24	
3.39	4.11	3.33	17.4	2.32	
3.46	4.17	3.42	18	2.4	
3.57	4.23	3.54	18.6	2.48	

Lampiran 10

Dial 1 (mm)	Dial 22 (mm)	Dial 3 (mm)	P (ton)	Momen (ton-m)	Retak
3.7	4.39	3.75	19.2	2.56	
3.85	4.46	3.9	19.8	2.64	
4	4.54	4.1	20.4	2.72	
4.14	4.61	4.15	21	2.8	1
4.27	4.705	4.3	21.6	2.88	2
4.39	4.73	4.35	22.2	2.96	
4.44	4.79	4.45	22.8	3.04	3
4.55	4.85	4.55	23.4	3.12	4
4.62	5.25	4.67	23.4	3.12	
4.77	5.55	4.75	23.4	3.12	

L=1,00 m, be = 700 mm

Dial 1 (mm)	Dial 23 (mm)	Dial 3 (mm)	P (ton)	Momen (ton-m)	Retak
0.03	0.02	0.13	0.6	0.08	
0.15	0.35	0.22	1.2	0.16	
0.25	0.5	0.31	1.8	0.24	
0.33	0.62	0.38	2.4	0.32	
0.38	0.71	0.44	3	0.4	
0.41	0.79	0.53	3.6	0.48	
0.42	0.92	0.64	4.2	0.56	
0.42	1.02	0.7	4.8	0.64	
0.42	1.15	1.05	5.4	0.72	
0.42	1.31	1.11	6	0.8	
0.42	1.39	1.21	6.6	0.88	
0.42	1.5	1.28	7.2	0.96	
0.42	1.62	1.37	7.8	1.04	
0.42	1.74	1.47	8.4	1.12	
0.46	1.91	1.57	9	1.2	
0.5	1.99	1.64	9.6	1.28	
0.5	2.08	1.74	10.2	1.36	
0.65	2.18	1.81	10.8	1.44	
0.7	2.26	1.86	11.4	1.52	
0.77	2.34	1.91	12	1.6	
0.82	2.42	1.97	12.6	1.68	
0.93	2.5	2.05	13.2	1.76	
0.96	2.56	2.1	13.8	1.84	
1.02	2.63	2.15	14.4	1.92	
1.06	2.71	2.2	15	2	
1.28	2.8	2.26	15.6	2.08	
1.35	2.87	2.33	16.2	2.16	
1.45	3.14	2.4	16.8	2.24	
1.53	3.23	2.51	17.4	2.32	

Lampiran 10

Dial 1 (mm)	Dial 23 (mm)	Dial 3 (mm)	P (ton)	Momen (ton-m)	Retak
1.52	3.32	2.57	18	2.4	
1.65	3.42	2.63	18.6	2.48	
1.67	3.5	2.67	19.2	2.56	
1.74	3.59	2.72	19.8	2.64	
1.82	3.68	2.8	20.4	2.72	
1.88	3.78	2.85	21	2.8	
1.93	3.88	2.93	21.6	2.88	1
2.02	3.99	3	22.2	2.96	2
2.05	4.08	3.04	22.8	3.04	3
2.11	4.18	3.09	23.4	3.12	
2.18	4.27	3.15	24	3.2	4
2.35	4.4	3.23	24.6	3.28	5
2.54	4.55	3.3	25.2	3.36	
2.67	4.7	3.4	25.8	3.44	6
2.74	4.81	3.52	26.4	3.52	7
2.89	4.94	3.67	26.4	3.52	8
2.97	5.11	3.79	26.4	3.52	

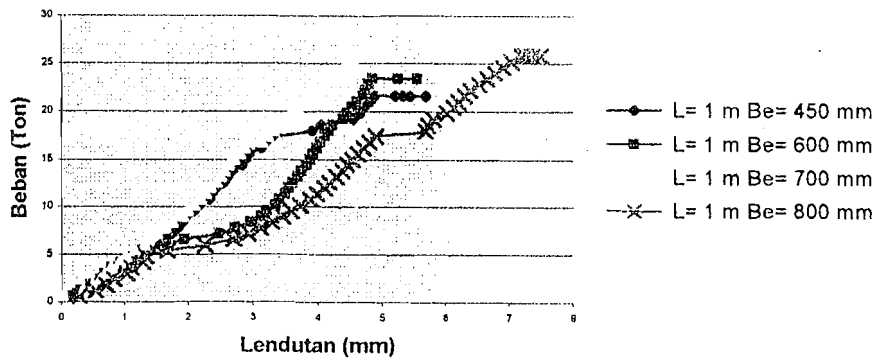
L=1,00 m, be = 800 mm

Dial 1 (mm)	Dial 24 (mm)	Dial 3 (mm)	P (ton)	Momen (ton-m)	Retak
0.34	0.29	0.18	0.6	0.08	
0.7	0.55	0.35	1.2	0.16	
0.95	0.72	0.475	1.8	0.24	
1.12	0.84	0.59	2.4	0.32	
1.25	1.03	0.7	3	0.4	
1.4	1.1	0.84	3.6	0.48	
1.54	1.29	0.95	4.2	0.56	
1.66	1.34	1.07	4.8	0.64	
1.81	1.67	1.19	5.4	0.72	
2	2.26	1.33	6	0.8	
2.15	2.7	1.47	6.6	0.88	
2.28	2.93	1.6	7.2	0.96	
2.4	3.12	1.73	7.8	1.04	
2.5	3.29	1.84	8.4	1.12	
2.6	3.45	1.94	9	1.2	
2.71	3.59	2.04	9.6	1.28	
2.8	3.73	2.14	10.2	1.36	
2.88	3.88	2.32	10.8	1.44	
2.95	3.98	2.4	11.4	1.52	
3.1	4.1	2.475	12	1.6	
3.15	4.18	2.53	12.6	1.68	
3.24	4.29	2.62	13.2	1.76	

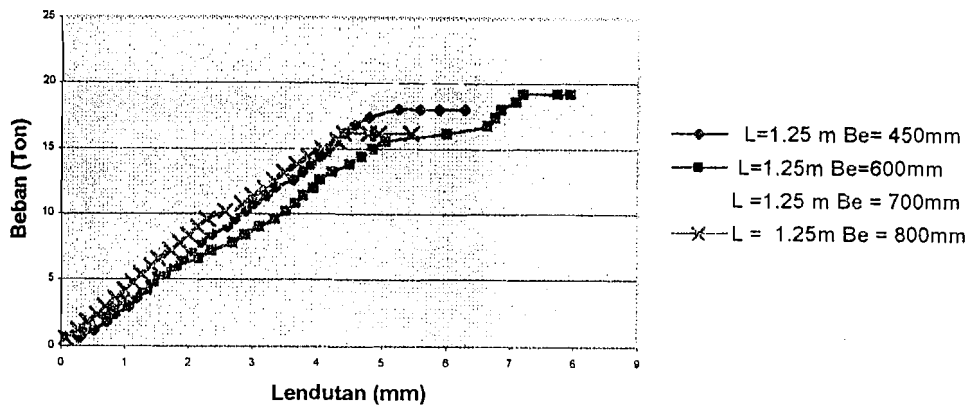
Lampiran 10

Dial 1 (mm)	Dial 23 (mm)	Dial 3 (mm)	P (ton)	Momen (ton-m)	Retak
3.31	4.38	2.675	13.8	1.84	
3.4	4.47	2.74	14.4	1.92	
3.46	4.54	2.8	15	2	
3.61	4.62	2.85	15.6	2.08	
3.68	4.71	2.93	16.2	2.16	
3.75	4.8	3.04	16.8	2.24	
3.85	4.9	3.07	17.4	2.32	1
3.91	5.69	3.14	18	2.4	2
4	5.72	3.2	18.6	2.48	3
4.14	5.81	3.26	19.2	2.56	4
4.25	6.02	3.41	19.8	2.64	5
4.32	6.12	3.48	20.4	2.72	6
4.39	6.2	3.54	21	2.8	
4.48	6.3	3.6	21.6	2.88	7
4.59	6.38	3.62	22.2	2.96	
4.7	6.52	3.75	22.8	3.04	8
4.8	6.65	3.83	23.4	3.12	
4.9	6.77	3.92	24	3.2	
5.05	6.9	4.01	24.6	3.28	
5.2	7.03	4.11	25.2	3.36	
5.3	7.19	4.21	25.8	3.44	
5.42	7.25	4.32	25.8	3.44	
5.49	7.34	4.5	25.8	3.44	
5.61	7.48	4.62	25.8	3.44	

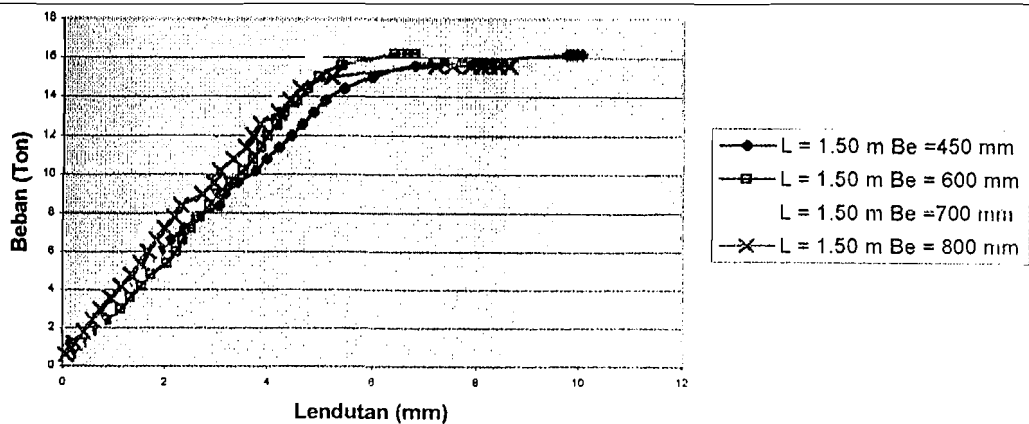
Grafik Hubungan Beban-Lendutan; L=1m



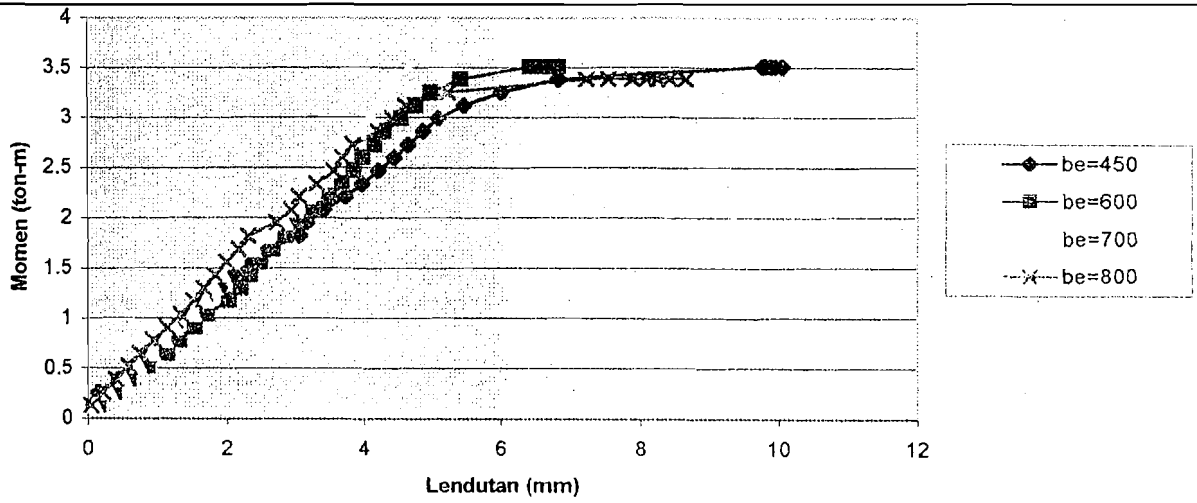
Grafik Hubungan Beban-Lendutan ; L=1,25 m



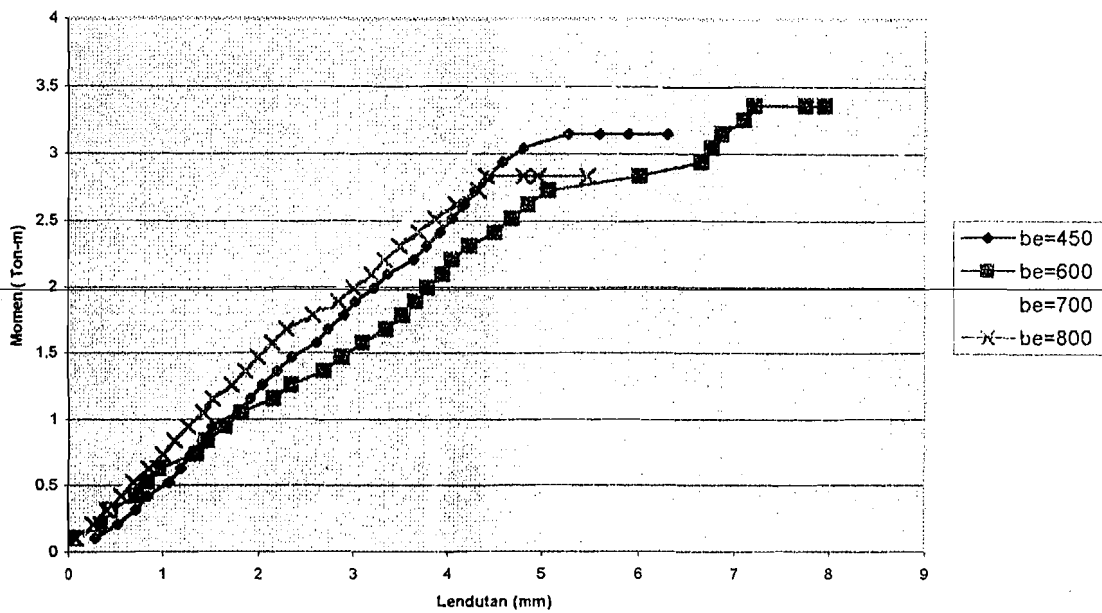
Grafik Hubungan Beban-Lendutan; L=1.5 m, dengan variasi nilai Be



Grafik Hubungan Momen Lendutan Untuk L = 1.50 m

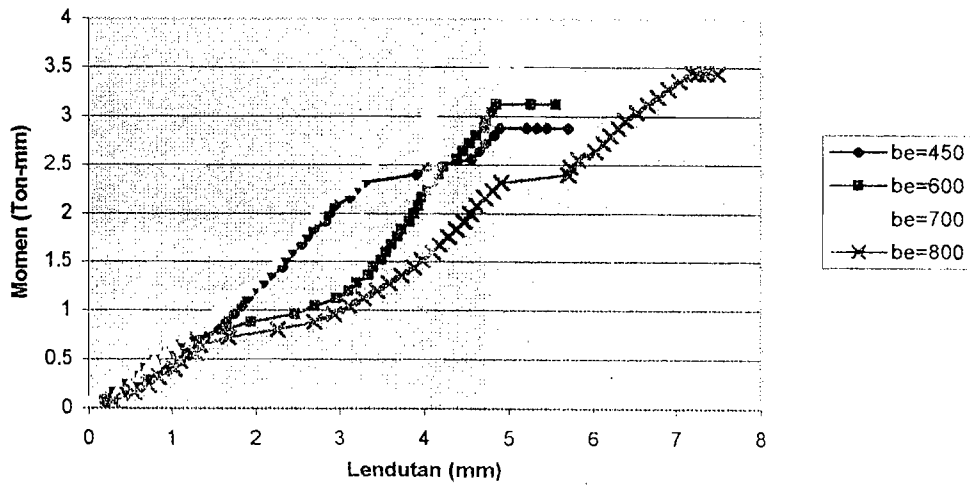


Grafik Hubungan Momen - Lendutan Untuk L=1.25 m



Lampiran 10

Grafik Hubungan Momen-Lendutan 1 m



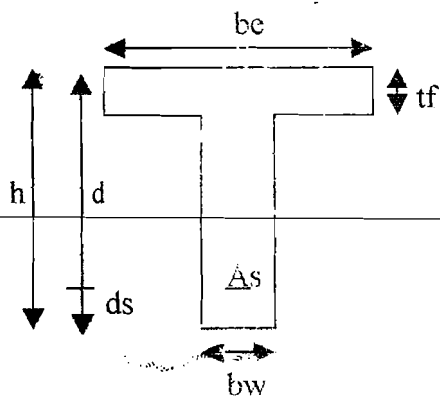
ANALISA HUBUNGAN MOMEN DAN TEGANGAN-REGANGAN

BETON

Tabel Hubungan Momen dan Blok Tegangan

Panjang bentang (L) m	Lebar efektif (be) mm	Momen (ton meter)	a (tinggi blok tegangan) mm	Keterangan
1.00	450	2.88	134.86	Balok T Murni
	600	3.12	102.77	Balok T Murni
	700	3.52	49.283	Balok T Persegi
	800	3.44	59.981	Balok T Persegi
1.25	450	3.15	98.763	Balok T Murni
	600	3.56	70.680	Balok T Persegi
	700	3.465	56.639	Balok T Persegi
	800	2.835	140.886	Balok T Murni
1.50	450	3.51	50.6211	Balok T Persegi
	600	3.51	50.6211	Balok T Persegi
	700	3.64	33.2367	Balok T Persegi
	800	3.38	68.005	Balok T Persegi

Perhitungan :



$$L = 1 \text{ m ; } be = 450 \text{ mm}$$

$$As = 452.389 \text{ mm}^2; fy = 330.599 \text{ Mpa}$$

$$d = h - ds = 260 \text{ mm}$$

$$Mu = 1/6.P.L$$

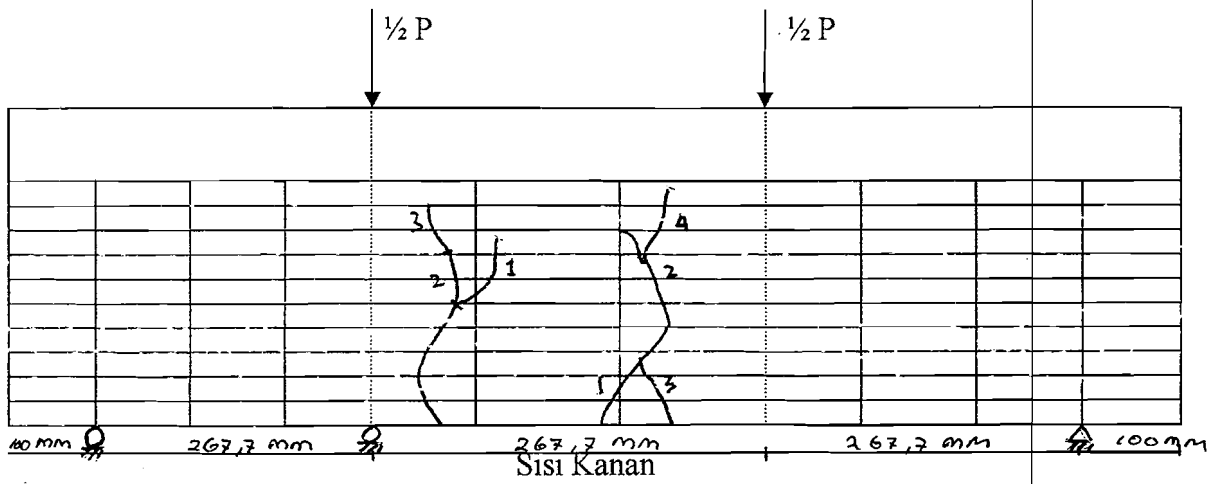
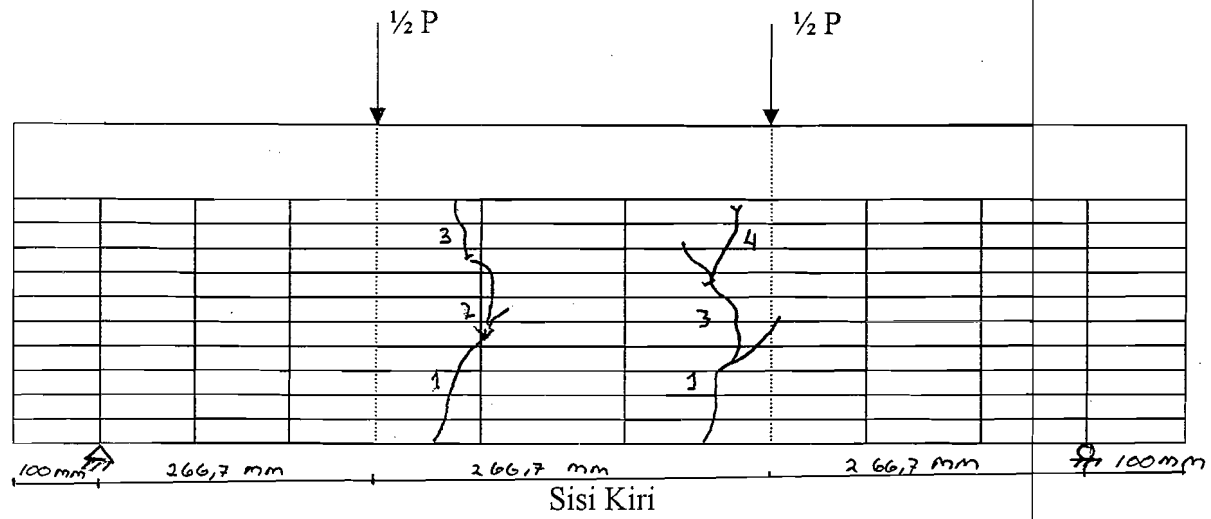
$$= 2.88 \text{ ton-m}$$

$$Mu = As \cdot fy \cdot (d - a/2)$$

$$2,88 \cdot 10^8 = 452,389 \cdot 3305,99 (260 - a/2)$$

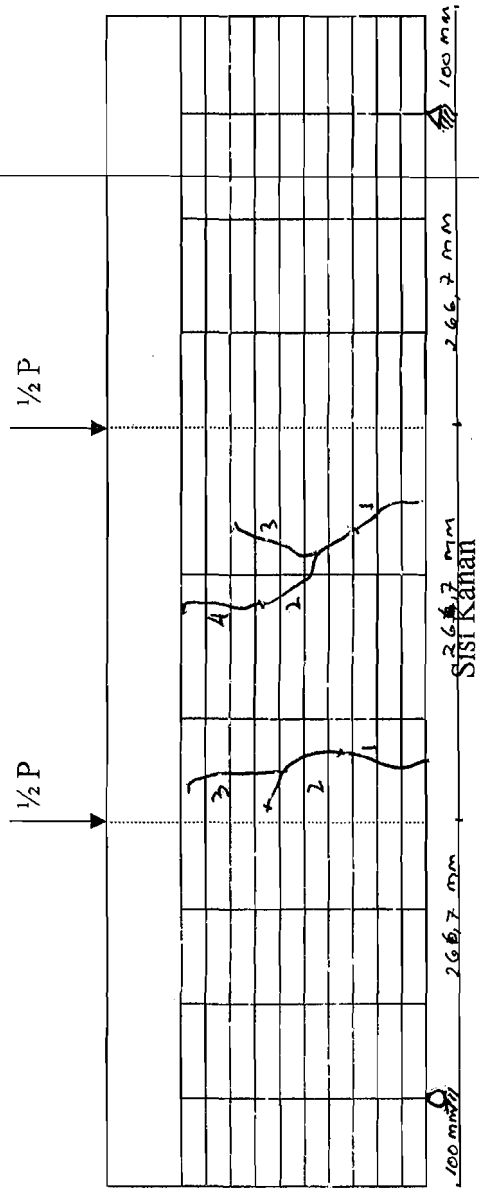
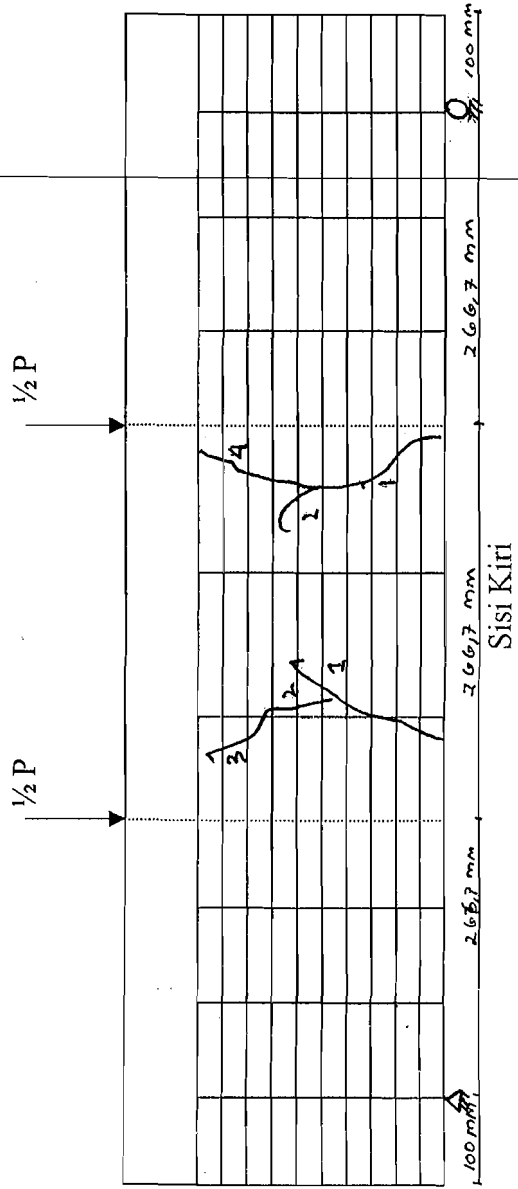
$$a = 134,86 \text{ mm}$$

Lampiran 12



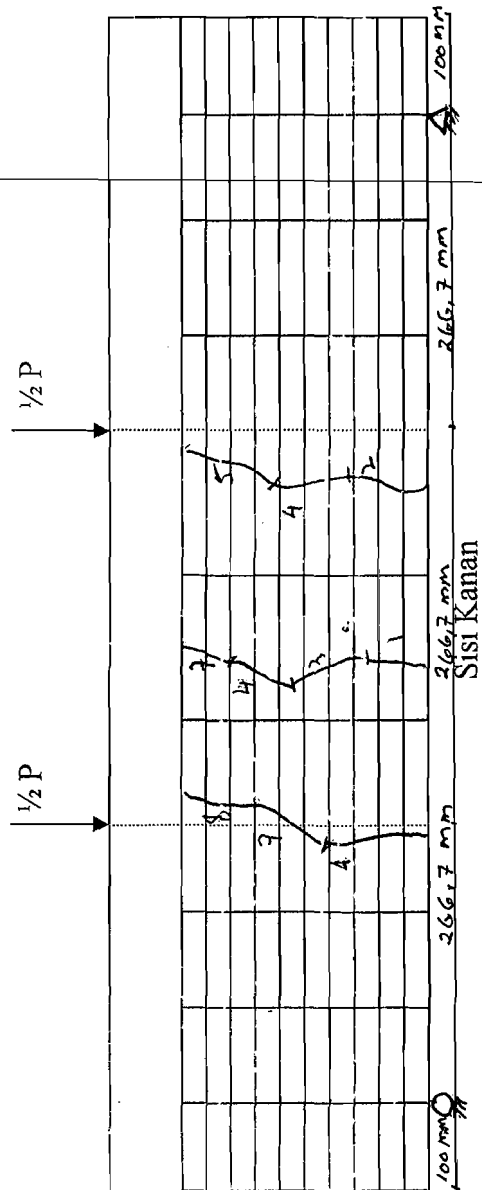
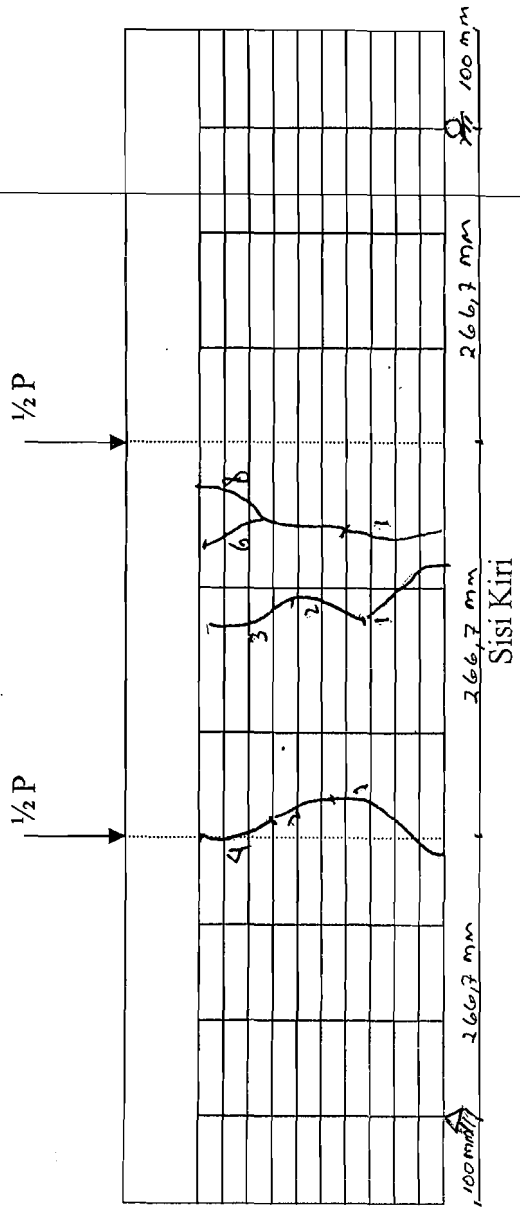
Gambar Pola Retak Balok $L = 1000$ mm ; $b_e = 450$ mm

Lampiran 12



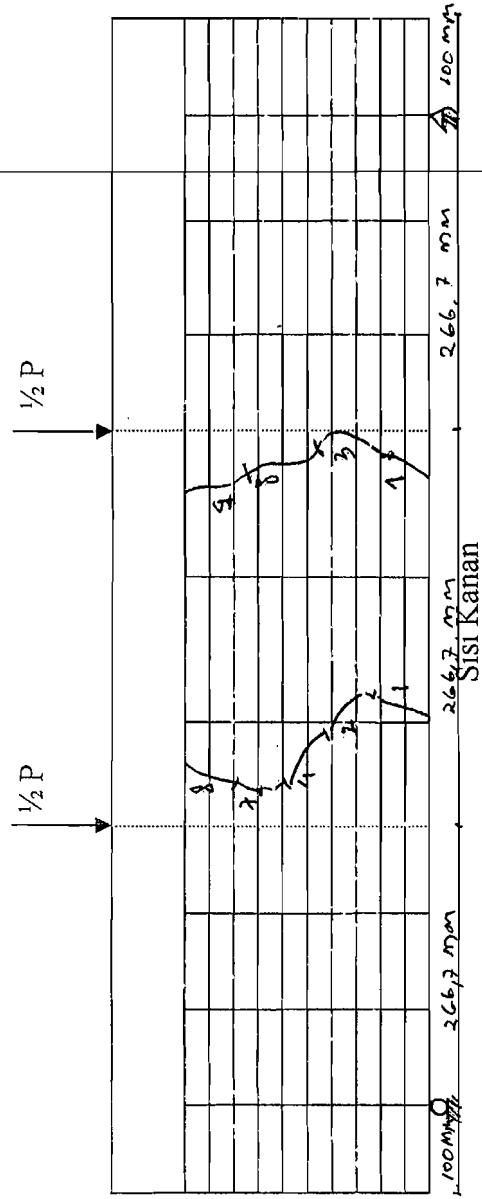
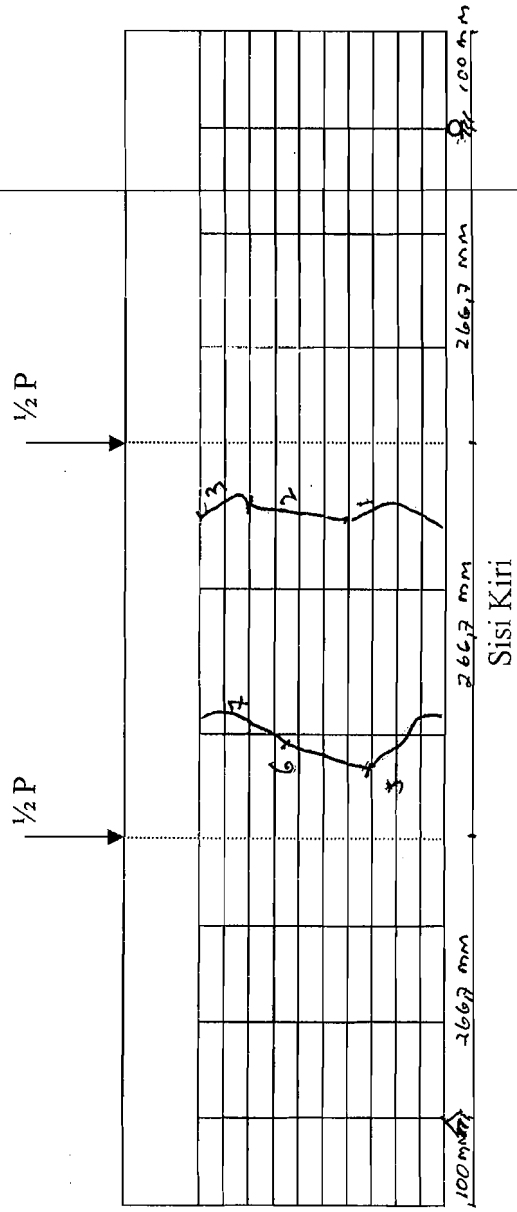
Gambar Pola Retak Balok L = 1000 mm ; be = 600 mm

Lampiran 12



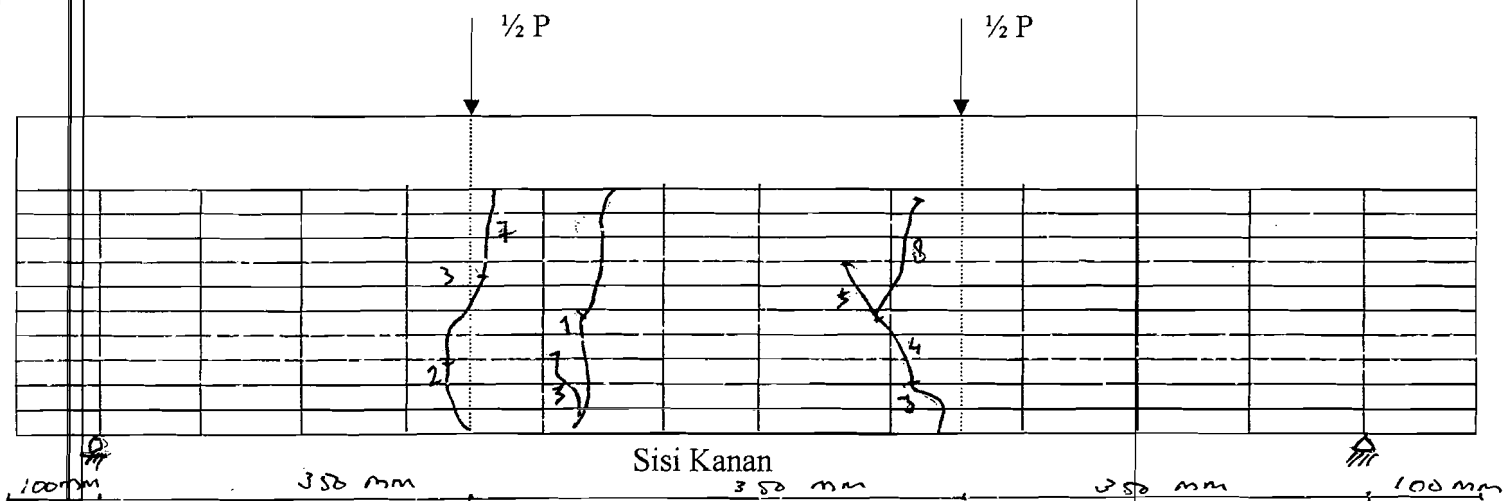
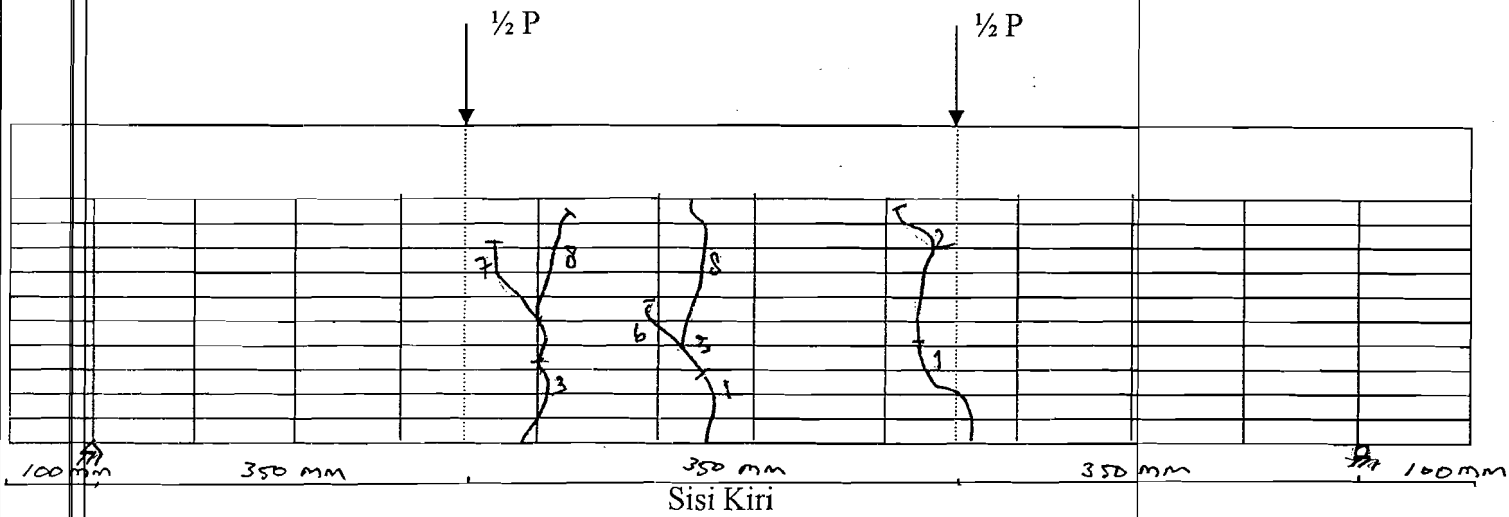
Gambar Pola Retak Balok L = 1000 mm ; be = 700 mm

Lampiran 12



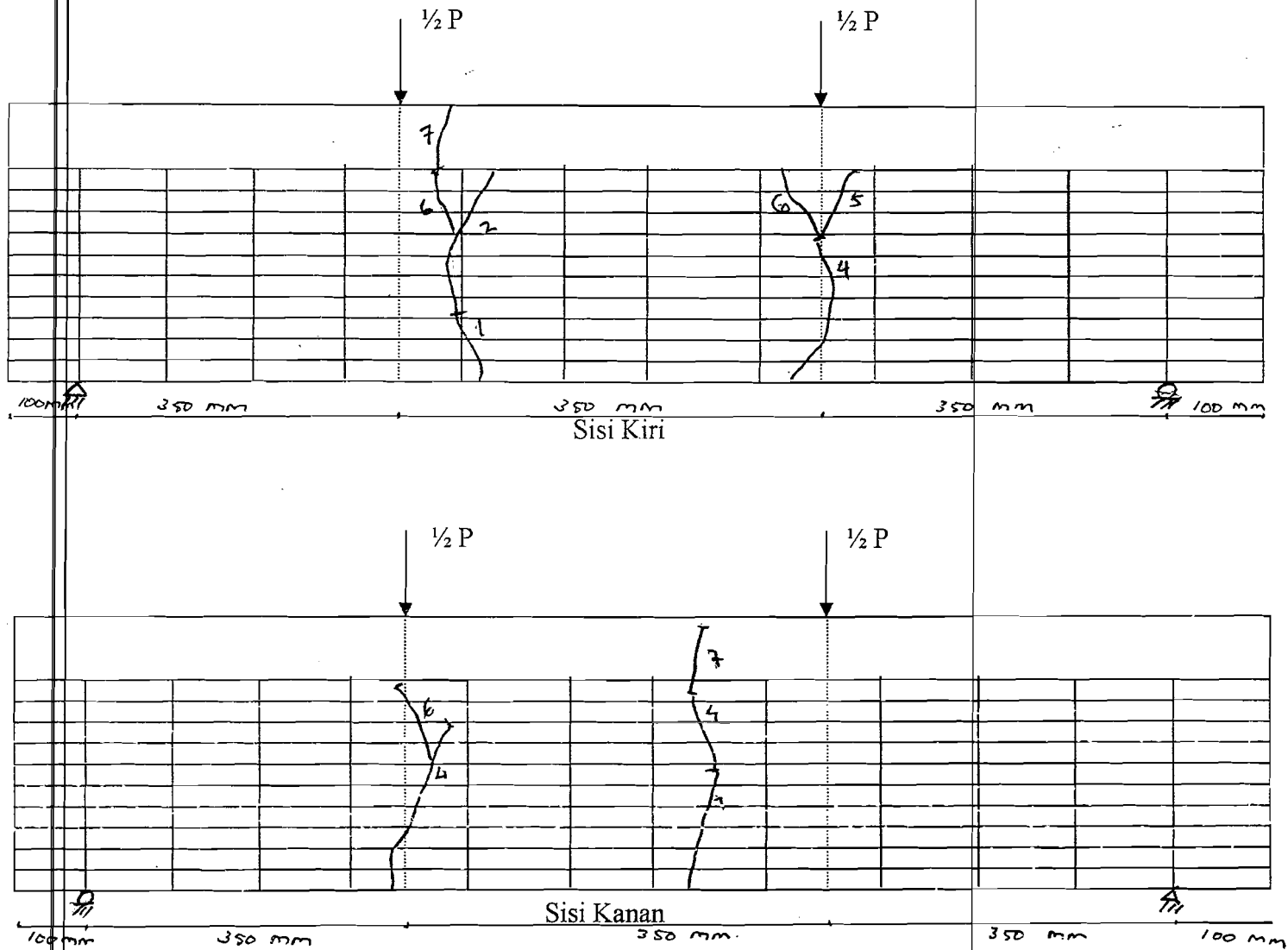
Gambar Pola Retak Balok L = 1000 mm ; be = 800 mm

Lampiran 12



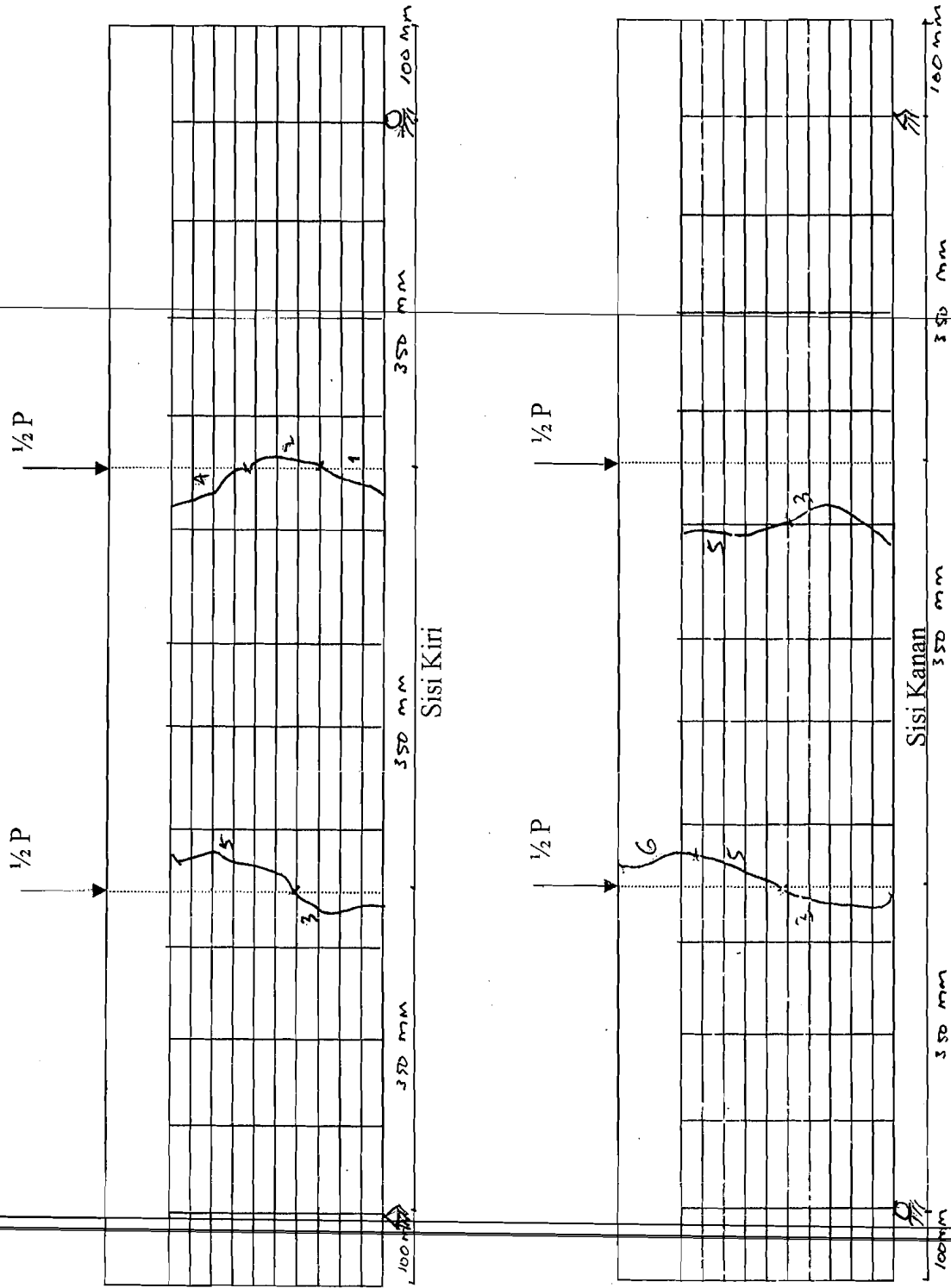
Gambar Pola Retak Balok $L = 1250 \text{ mm}$; $b_e = 450 \text{ mm}$

Lampiran 12



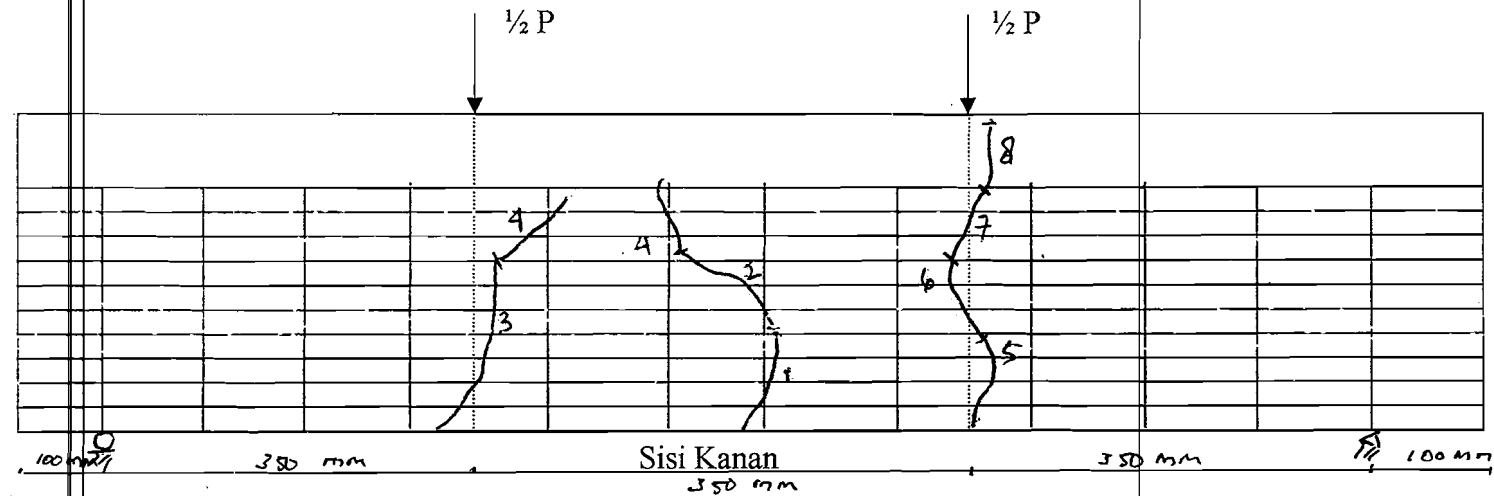
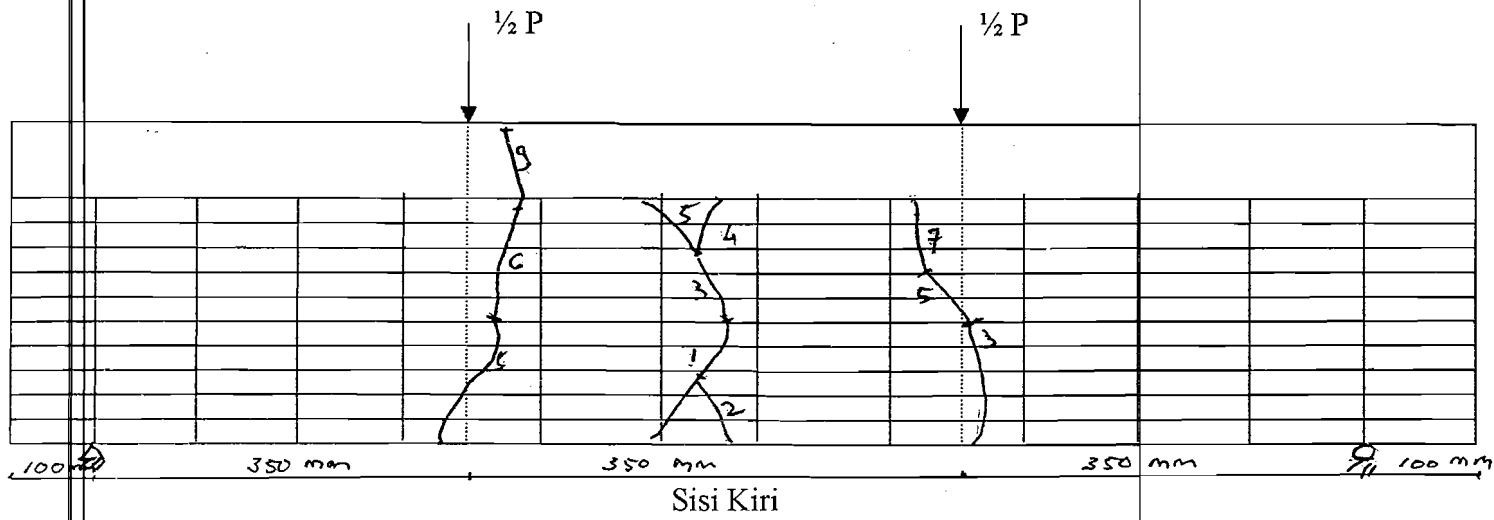
Gambar Pola Retak Balok L = 1250 mm ; be = 600 mm

Lampiran 12



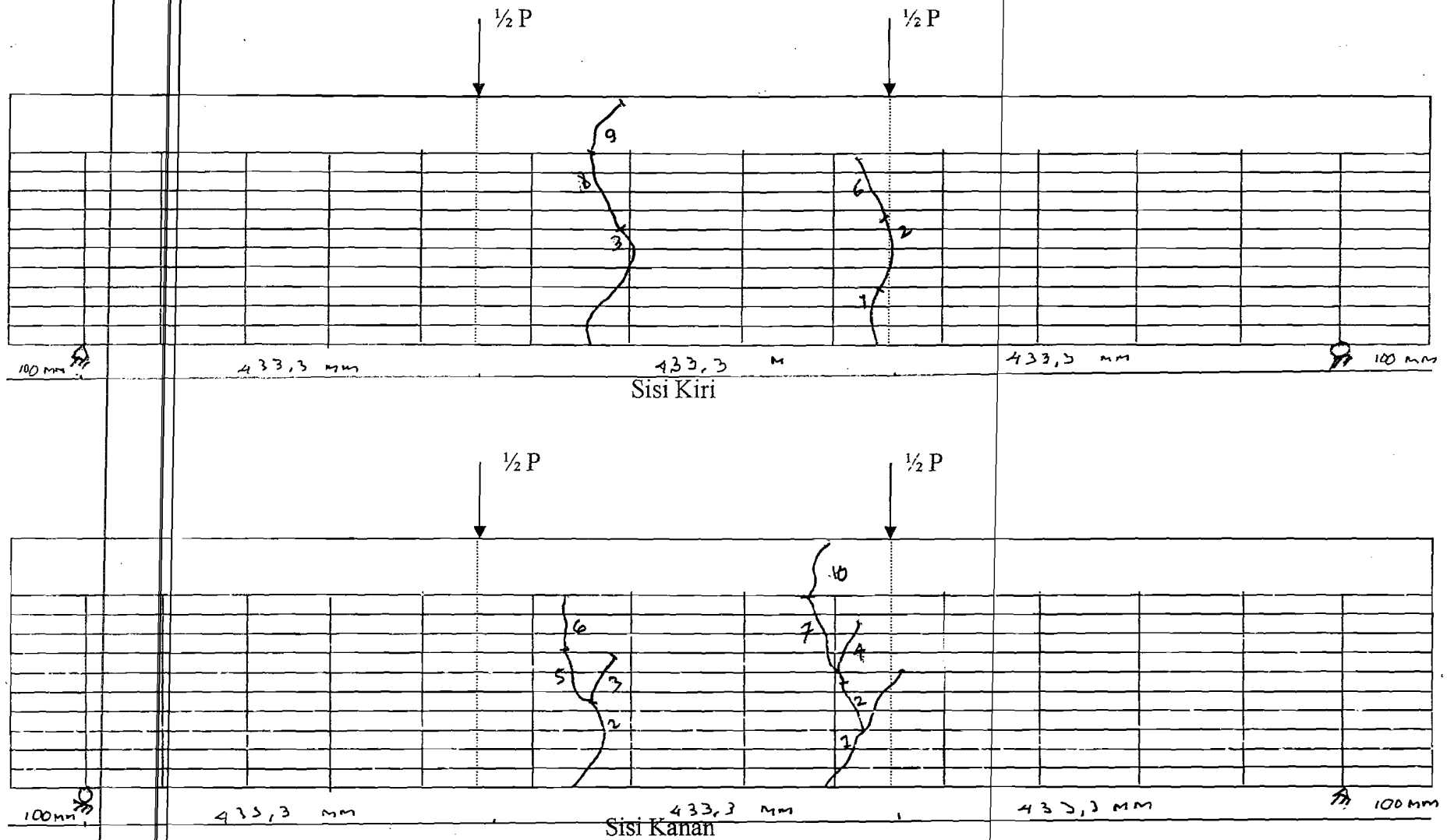
Gambar Pola Retak Balok L = 1250 mm ; be = 700 mm

Lampiran 12



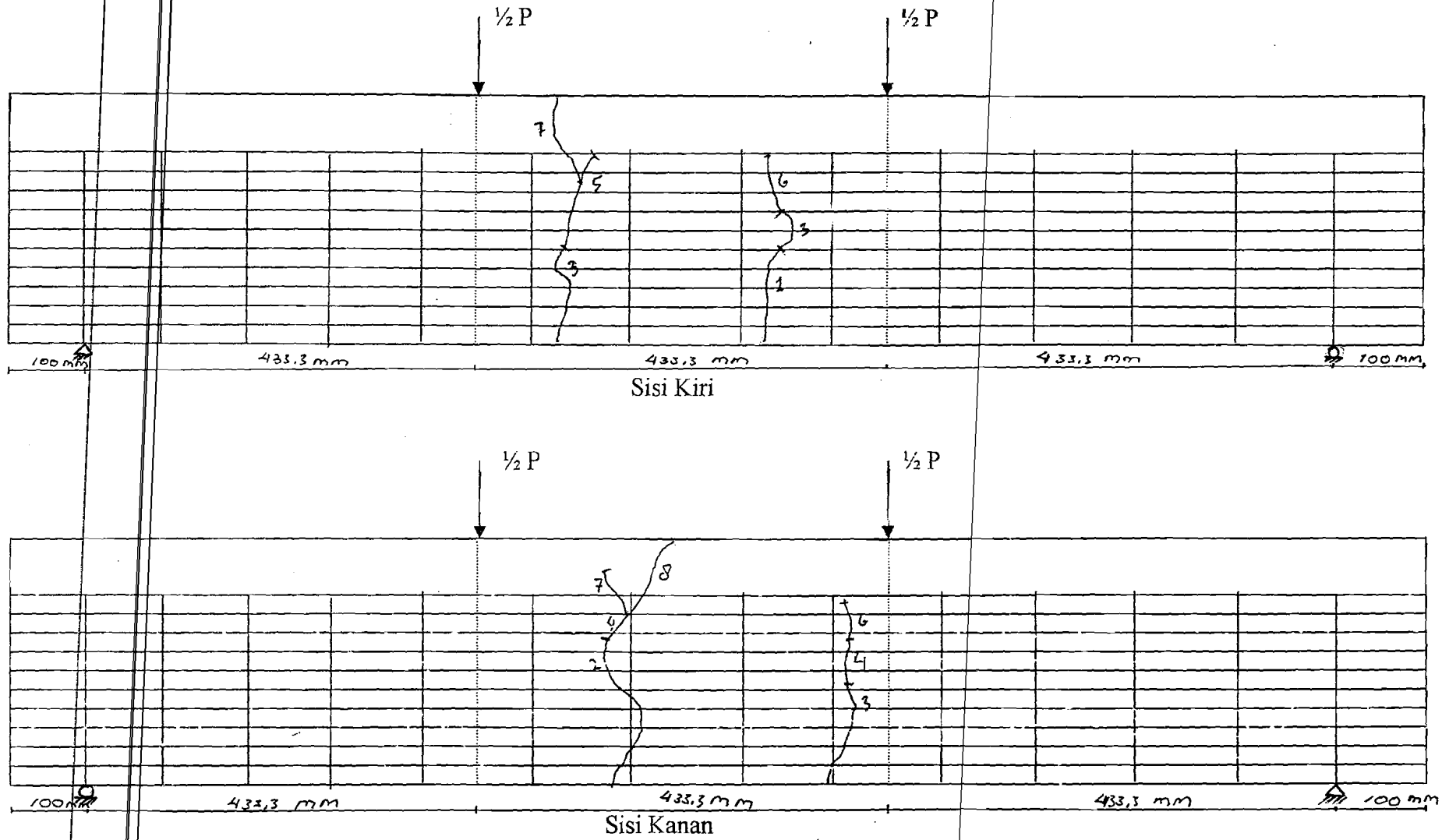
Gambar Pola Retak Balok L = 1250 mm ; be = 800 mm

Lampiran 12



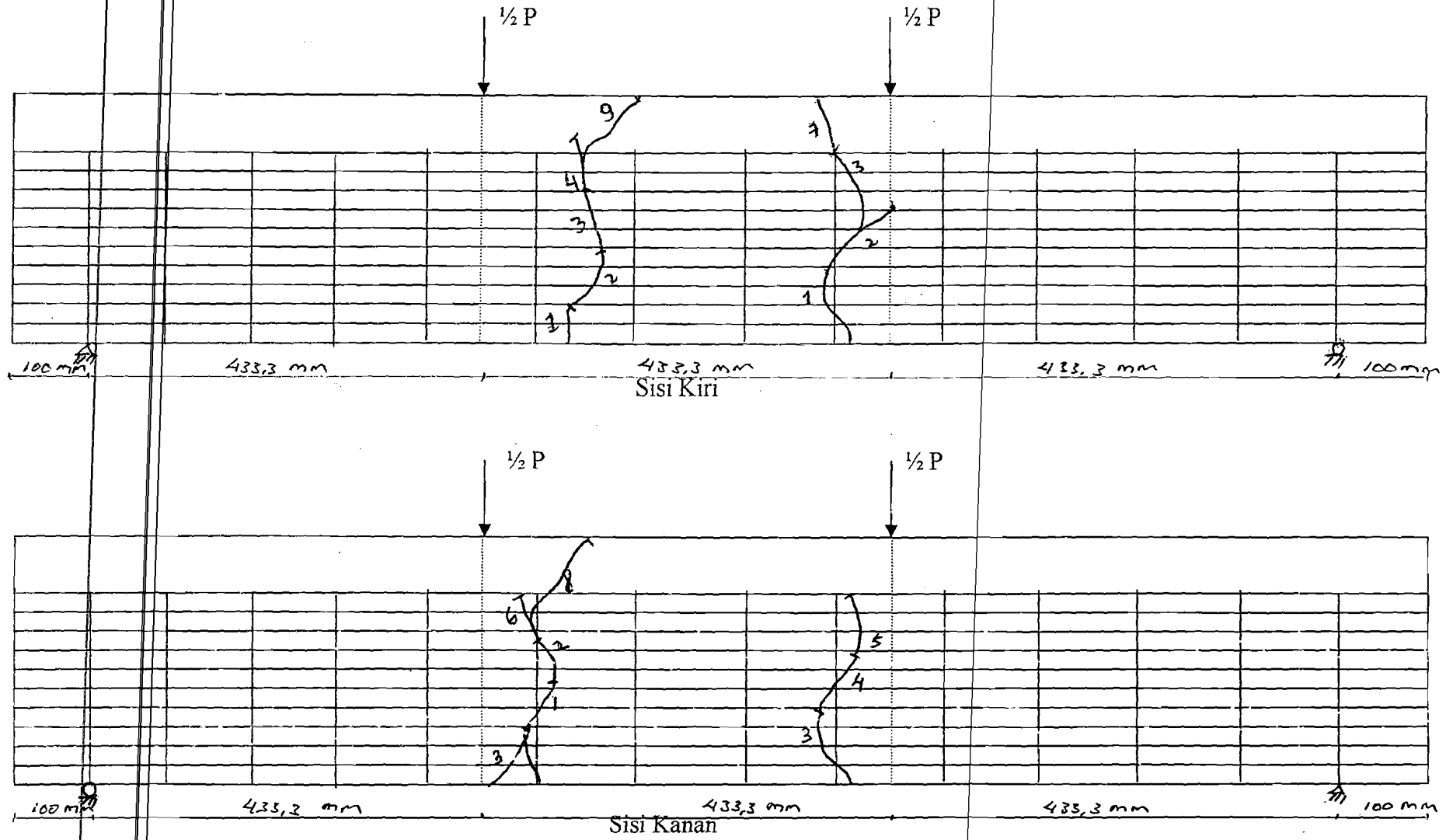
Gambar Pola Retak Balok L = 1500 mm ; be = 450 mm

Lampiran 12



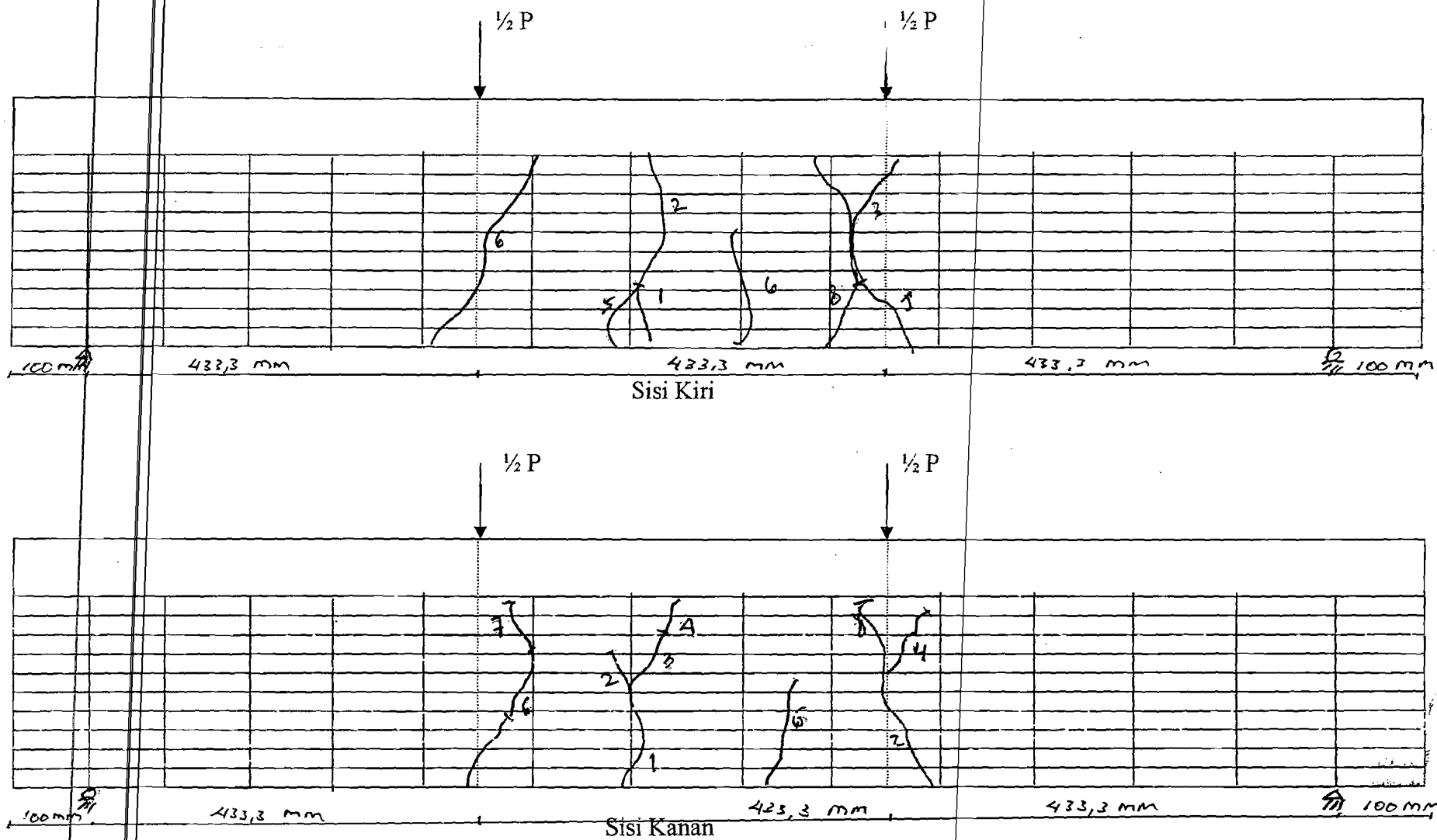
Gambar Pola Retak Balok L = 1500 mm ; be = 600 mm

Lampiran 12



Gambar Pola Retak Balok L = 1500 mm ; be = 700 mm

Lampiran 12



Gambar Pola Retak Balok L = 1500 mm ; be = 800 mm

Pengujian mlai slump



Pengujian kuat tarik baja tulangan

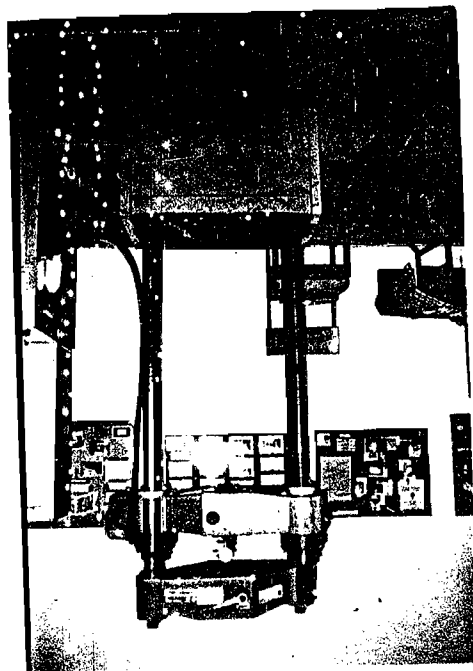
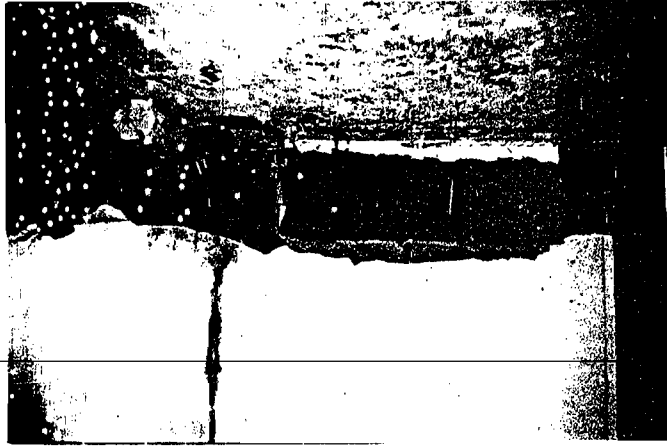
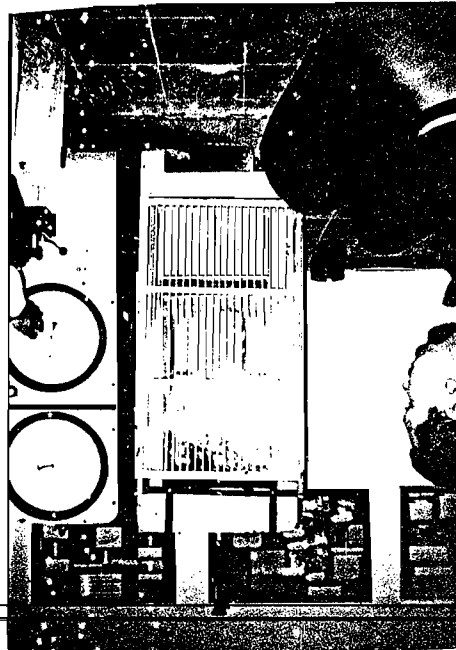


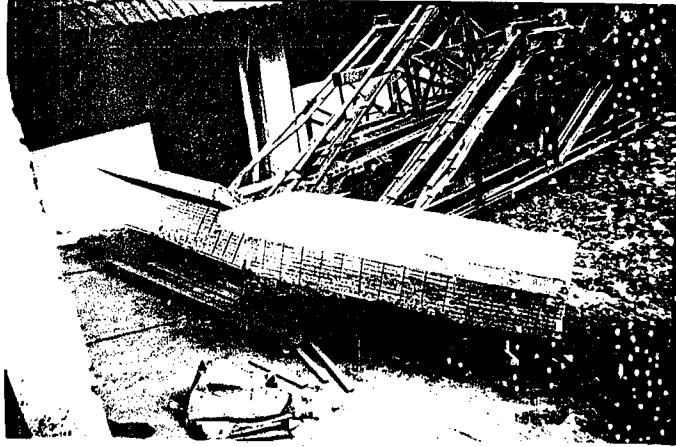
FOTO PELAKSANAAN PENELITIAN

Proses perawatian benda uji

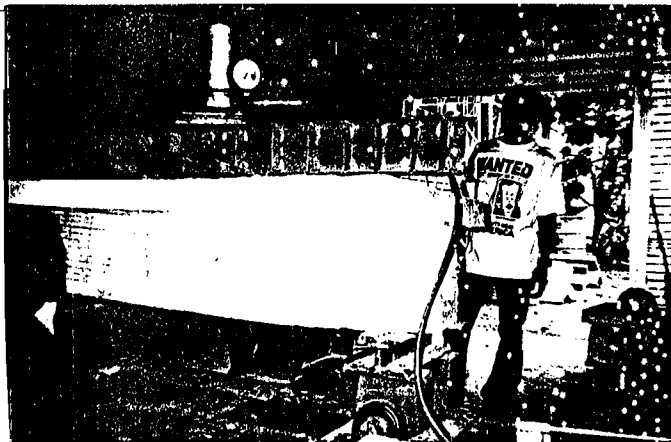


Pengujian kuat desak beton





Benda uji sebelum mengalami pengujian



Pengujian terhadap kuat lentur beton