

**TUGAS AKHIR  
STUDI EKSPERIMEN**

**PERILAKU BETON BOX  
DENGAN VARIASI MUTU BETON**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia  
Untuk Memenuhi Sebagian Syarat Memperoleh  
Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**Di susun oleh :**

**MOCHAMAD RIZQON KURNIAWAN**

**No Mhs : 98 511 027**

**SRI PURWANTONO**

**No Mhs : 98 511 225**

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

**2003**

LEMBAR PENGESAHAN  
TUGAS AKHIR  
STUDI EKSPERIMEN

PERILAKU BETON BOX  
DENGAN VARIASI MUTU BETON

Di susun oleh :

MOCHAMAD RIZQON KURNIAWAN

No Mhs : 98 511 027

SRI PURWANTONO

No Mhs : 98 511 225

Telaah diperiksa dan disetujui oleh :

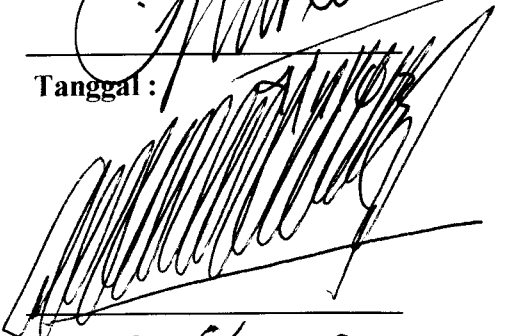
Ir. H. Suharyatmo, MT.

Dosen pembimbing I

Ir. H. Kadir Aboe, MT.

Dosen pembimbing II

  
Tanggal :

  
Tanggal : 6/11 - 03

## MOTTO

“ Dan kamu membuat gedung – gedung mewah dengan harapan untuk  
hidup selamanya “

[ Qs. Asy Syu'araa' ( 26 ), 129 ]

“ Apakah sama orang yang mengetahui dengan yang tidak tahu sama sekali,  
Hanyalah orang yang berpikiran tajam yang dapat menerima peringatan “

[ Qs. Az. Zumar ( 39 ), 9 ]

“ Sesungguhnya bersama kesukaran pasti ada kemudahan, karena itu bila  
suatu tugas mulailah dengan sungguh – sungguh. Hanyalah kepada  
Tuhanmu hendaknya berharap “

[ Qs. Asy Syarh ( 94 ), 6 – 8 ]

*LEMBAR PERSEMBAHAN*

*TERUNTUK :*

*ORANG TUA TERCINTA*

*KAKAK - KAKAK*

*ADIK - ADIK*

*DAN*

*TEMAN - TEMAN YANG TELAH MEMBERIKAN*

*DORONGAN DALAM PENYELESAIAN TUGAS*

*AKHIR INI.*

## KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmaanirrahiim

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Syukur alhamdulillah kami panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan berkah, rahmat, dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan *TUGAS AKHIR* dengan judul *STUDI EKSPERIMEN PERILAKU BETON BOX DENGAN VARIASI MUTU BETON* dengan baik.

Laporan Tugas Akhir ini penulis susun untuk memenuhi persyaratan Yudisium Strata-1 di Jurusan teknik Sipil, Fakultas teknik Sipil dan Perencanaan, UII. Penulis menyadari bahwa dalam menyelesaikan laporan ini masih banyak kekurangan karena keterbatasan – keterbatasan kami. Oleh sebab itu perlu adanya saran–saran yang kiranya dapat menyempurnakan laporan ini.

Atas bantuan dan bimbingan berbagai pihak sehingga laporan ini dapat selesai, maka dalam kesempatan yang baik ini penulis ucapkan rasa terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Ir. H. Widodo, MSCE, Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. H. Munadhir, MS., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. H. Suharyatmo, MT., selaku Dosen Pembimbing I tugas akhir.
4. Bapak Ir. H. Kadir Aboe, MS., selaku Dosen Pembimbing II tugas akhir.

5. Bapak Ir. H. Ilman Noor, MSCE., selaku Ketua Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia.
6. Bapak Ir. Fatkhurrohman N, MT., selaku Ketua Laboratorium Mekanika Rekayasa, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia.
7. Ayahanda, ibunda, kakak, dan adik kami tercinta untuk doa, motivasi, kasih sayang dan pengertian yang tidak ada habisnya.
8. Yang tersayang, memberikan dorongan semangat sampai saat ini.
9. Teman-teman angkatan '98 D\_VIL yang telah banyak memberikan bantuan dan dukungan.
10. Semua pihak yang tak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Atas sumbangan pikiran dan saran yang telah diberikan, penulis hanya dapat memanjatkan doa semoga Allah SWT memberikan balasan pahala yang setimpal..Amin.

Selanjutnya penulis berharap, semoga hasil yang diperoleh dari penelitian ini dapat bermanfaat bagi penelitian – penelitian berikutnya.

Jogjakarta, September 2003

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
DAFTAR NOTASI.....	xiv
INTISARI.....	xvi
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Penelitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Pengertian Beton.....	5
2.2 Bahan Penyusun Beton.....	6
2.2.1 Semen.....	6
2.2.2 Air.....	6

2.2.3 Agregat.....	6
2.3 Kumpulan Pustaka.....	7
BAB III LANDASAN TEORI.....	10
3.1 Beton Bertulang.....	10
3.2 Kapasitas Lentur Penampang Persegi Beton Bertulang Tunggal..	12
3.3 Pembatasan Tulangan Tarik.....	14
3.4 Kapasitas Lentur Penampang Persegi Beton Bertulang Rangkap.	15
3.5 Hubungan Beban–Lendutan.....	18
3.6 Kekuatan Struktur.....	20
3.7 Hipotesa.....	21
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN.....	22
4.1 Tinjauan Umum.....	22
4.2 Persiapan bahan dan alat.....	22
4.2.1 Bahan.....	22
4.2.2 Peralatan Penelitian.....	23
4.3 Model Benda Uji.....	27
4.4 Pembuatan Benda Uji.....	29
4.5 Pengujian Benda Uji.....	29
4.5.1 Pengujian Kuat Tarik Baja.....	29
4.5.2 Pengujian Slump.....	30
4.5.3 Pengujian Kuat Desak Beton.....	30
4.5.4 Pengujian Kuat Tekan Struktur Beton Box.....	31



BAB V	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	33
5.1	Uji Kuat Desak Beton.....	33
5.2	Uji Kuat Tarik Baja Tulangan.....	39
5.3	Hasil Pengujian Beton Box.....	40
5.3.1	Hubungan Beban-Lendutan dari Hasil Pengujian.....	41
5.3.2	Perbandingan Hubungan Beban - Lendutan Teoritis dan Pengujian.....	46
5.3.3	Analisis Data Hubungan Beban dengan Lendutan.....	50
5.4	Pembahasan.....	50
5.4.1	Kuat Desak Beton.....	50
5.4.2	Kuat Tarik Baja.....	51
5.4.3	Kuat Tekan Struktur Beton Box Berdasarkan Beban dan Lendutan.....	52
5.4.4	Kuat Tekan Struktur Beton Box Berdasarkan Lendutan Teoritis dan Lendutan Uji.....	53
5.4.5	Kekakuan Ditinjau dari Hubungan Beban dan Lendutan....	53
5.5	Analisis Kerusakan Benda Uji.....	54
BAB VI	Kesimpulan dan Saran.....	55
6.1	Kesimpulan.....	55
6.2	Saran.....	56

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN – LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

- Gambar 1.1** Model Benda Uji
- Gambar 3.1** Diagram Analisis Balok Bertulang Tunggal.
- Gambar 3.2** Diagram Analisis Balok Bertulang Rangkap.
- Gambar 3.3** Lendutan pada Struktur Beton Box.
- Gambar 3.4** Grafik Hubungan Beban dan Lendutan pada Struktur Beton Bertulang.
- Gambar 3.5** Hubungan Antara Beban ( $P$ ) dan Lendutan ( $\Delta$ ).
- Gambar 4.1** Mesin Uji Kuat Tarik.
- Gambar 4.2** Loading Frame.
- Gambar 4.3** Dial Gauge.
- Gambar 4.4** Hidraulic Jack.
- Gambar 4.5** Mesin Aduk Beton.
- Gambar 4.6** Model Benda Uji A, B, dan C
- Gambar 4.7** Model Benda Uji D.
- Gambar 4.8** Model Benda Uji Kuat Tarik.
- Gambar 4.9** Model Benda Uji Kuat Desak Beton.
- Gambar 4.10** Pembebanan Benda Uji dan Pemasangan Dial.
- Gambar 5.1** Grafik Hubungan Tegangan–Regangan Silinder Beton  $f_c' = 20$  Mpa.
- Gambar 5.2** Grafik Hubungan Tegangan–Regangan Silinder Beton  $f_c' = 25$  Mpa.
- Gambar 5.3** Grafik Hubungan Tegangan–Regangan Silinder Beton  $f_c' = 30$  Mpa.
- Gambar 5.4** Grafik Hubungan Tegangan–Regangan Baja.
- Gambar 5.5** Grafik Hubungan Beban-Lendutan Beton Box  $f_c' = 20$  Mpa.

**Gambar 5.6** Grafik Hubungan Beban-Lendutan Beton Box  $f_c' = 25$  Mpa.

**Gambar 5.7** Grafik Hubungan Beban-Lendutan Beton Box  $f_c' = 30$  Mpa.

**Gambar 5.8** Grafik Hubungan Beban-Lendutan Beton Box Tanpa Tulangan  
 $f_c' = 25$  Mpa

**Gambar 5.9** Grafik Perbandingan Lendutan Teoritis dan Pengujian Benda Uji  
 $f_c' = 20$  Mpa

**Gambar 5.10** Grafik Perbandingan Lendutan Teoritis dan Pengujian Benda Uji  
 $f_c' = 25$  Mpa

**Gambar 5.11** Grafik Perbandingan Lendutan Teoritis dan Pengujian Benda Uji  
 $f_c' = 30$  Mpa

**Gambar 5.12** Grafik Perbandingan Lendutan Teoritis dan Pengujian Benda Uji  
Tanpa Tulangan  $f_c' = 25$  Mpa

**Gambar 5.13** Grafik Perbandingan Beban-Lendutan Dengan Variasi Mutu Beton

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran I** : Hasil Uji SSD, MHB, Berat Jenis Agregat, dan Nilai Faktor Kemungkinan.
- Lampiran II** : Data Hasil Uji Kuat Desak Beton.
- Lampiran III** : Data Hasil Uji Kuat Tarik Baja.
- Lampiran IV** : Perhitungan Mix Design.
- Lampiran V** : Perhitungan Beban Secara Teoritis.
- Lampiran VI** : Data Pengujian Beban dan Lendutan.
- Lampiran VII** : Data Lendutan Teoritis dan Pengujian.
- Lampiran VIII** : Foto-foto Penelitian.

## DAFTAR NOTASI

$f_c'$	Mutu beton rencana
$F_y$	Tegangan leleh baja
$H$	Tinggi benda uji
$T$	Tebal benda uji
$f_c$	Kuat tekan yang disyaratkan
$f_c$	Kuat tekan masing – masing benda uji
$f_{cm}$	Kuat tekan rata-rata semua benda uji
$k$	Faktor yang tergantung pada nilai kemungkinan.
$S_d$	Deviasi standar
$N$	Jumlah benda uji.
$E_c$	Modulus elastisitas
$A_s$	jumlah luas tulangan baja.
$a$	tinggi blok tegangan tekan beton
$c$	letak garis netral
$b$	lebar penampang
$d$	tinggi efektif
$\epsilon_s$	regangan baja
$M_n$	momen nominal
$M_u$	Momen ultimit
$M_D$	Momen akibat beban mati.
$M_L$	Momen akibat beban hidup

$M_l$	Momen akibat beban hidup
$F_r$	tegangan tarik maksimal
$I_g$	momen inersia
$Y_t$	panjang dari garis netral
$\Delta$	lendutan
$P$	beban
$L$	panjang
$I$	momen inersia

## INTISARI

Struktur beton box banyak digunakan untuk struktur bawah jalan/tanah sebagai penghubung jalan, saluran air, kabel telepon, pipa kabel listrik atau pipa gas. Beton box mempunyai keuntungan misalnya mudah dipindahkan dan pelaksanaannya. Kekurangan beton box misalnya mudah rusak dan ketahanan lamanya. Beban terpusat/berjalan yang disebabkan oleh kendaraan yang besar adalah salah satu beban yang mempengaruhi perilaku dan kekuatan beton box sehingga mengalami kerusakan karena tidak mampu menerima beban yang besar. Penelitian ini merupakan usaha untuk mengetahui perilaku kuat tekan beton box dengan melihat hubungan beban dan lendutan (  $P - \Delta$  ) serta kekakuan struktur beton box.

Dari hasil pengujian dapat diketahui beban rata-rata yang dapat ditahan oleh struktur beton box dengan tulangan  $f_c' = 20$  Mpa sebesar 19 kN,  $f_c' = 25$  Mpa mampu menahan beban sebesar 24,5 kN dan  $f_c' = 30$  Mpa mampu menahan beban sebesar 28 kN, sedangkan struktur beton box tanpa tulangan dapat menahan beban lebih kecil dari pada yang menggunakan tulangan hal ini dikarenakan beton tanpa tulangan hanya mampu menahan gaya tarik sebatas kuat tariknya betonnya saja. Nilai kekakuan rata-rata struktur beton box dengan tulangan untuk  $f_c' = 20$  Mpa adalah 2,422 kN/mm, untuk  $f_c' = 25$  Mpa adalah 1,426 kN/mm, untuk  $f_c' = 30$  Mpa adalah 1,3 kN/mm, dan untuk struktur beton box tanpa tulangan  $f_c' = 25$  Mpa adalah 4,01 kN/mm.

Dari hasil analisis yang diperoleh baik dari hitungan teoritis maupun pengujian di lapangan diketahui bahwa mutu beton yang semakin tinggi berpengaruh pada struktur beton box dalam menerima beban yang semakin besar dan sangat berpengaruh terhadap kekuatan, kekakuan, dan lendutan yang terjadi terhadap struktur beton box.

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Beton adalah pencampuran bahan agregat halus dan kasar, semen dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung. Beton mempunyai nilai tekan tinggi dan nilai tarik rendah sekaligus suatu bahan yang bersifat getas maka baja tulangan digunakan untuk menahan kuat tariknya. Dengan adanya kerja sama antara beton dan baja tulangan maka dinamakan beton bertulang.

Dalam dunia konstruksi sering kita jumpai beton bertulang dalam bangunan gedung, jembatan, dan lain-lain. Dengan kemajuan teknologi dunia konstruksi pada struktur beton dimungkinkan untuk memperoleh bentuk penampang dan mutu beton yang bervariasi. Hasil dari kemajuan teknologi, kita mengenal beton bertulang yang berongga dengan berbagai macam bentuk, mulai dari bulat hingga persegi.

Pada umumnya struktur beton bertulang berongga berbentuk kotak (*Beton Box*) digunakan pada struktur bawah jalan/tanah yang dipergunakan sebagai jalur penghubung untuk saluran air, kabel telepon, pipa kabel listrik atau pipa gas. Beton box mempunyai keuntungan misalnya dapat dipindahkan dan mudah dalam



pelaksanaannya. Kekurangan dari beton box misalnya mudah rusak dan ketahanan lamanya struktur itu sendiri.

Oleh karena itu penggunaan mutu beton yang bervariasi akan berpengaruh pada kekuatan beton box dengan hasil kuat desak/lentur yang optimal sehingga didapatkan struktur beton box yang bersifat ekonomis serta efisien.

### **1.2 Rumusan masalah**

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

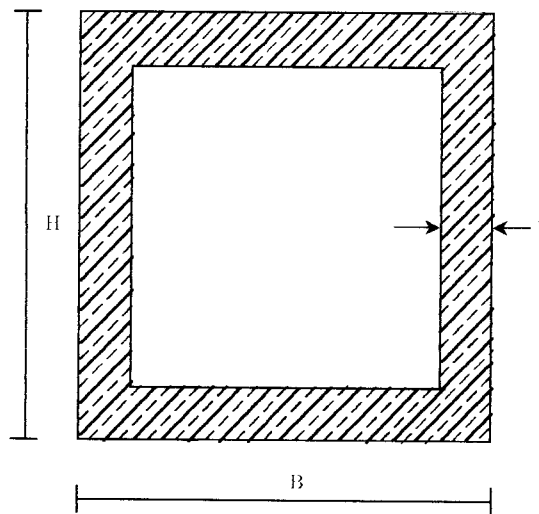
1. Mutu beton yang bagus dipengaruhi oleh bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan beton, sehingga perlu direncanakan komposisi bahan-bahan yang proporsional sehingga dapat dipelajari perilaku struktur beton box untuk mendapatkan mutu beton yang baik.
2. Beban terpusat adalah salah satu beban yang mempengaruhi perilaku dan kekuatan struktur beton box sehingga perlu adanya penelitian untuk mendapatkan kekuatan struktur beton box yang optimal dengan mutu beton yang baik.

### **1.3 Tujuan penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui perilaku struktur beton box yang ditekankan pada kekuatan lentur optimal dengan variasi mutu beton.
2. Untuk mengetahui hubungan beban dan lendutan, perbandingan lendutan teoritis dan lendutan pengujian serta kekakuan struktur beton box.

7. Dimensi sampel penelitian :
  - a. A, B, dan C yaitu  $L = 40$  cm,  $H = B = 75$  cm,  $t = 8$  cm.
  - b. D yaitu  $L = 40$  cm,  $H = B = 50$  cm,  $t = 8$  cm.
8. Pengujian pendahuluan kuat desak beton silinder setelah berumur 28 hari dan pengujian tarik baja.
9. Pengujian kuat lentur pada sampel menggunakan pembebanan statis secara bertahap setelah berumur 28 hari.
10. Penelitian ini hanya meninjau perilaku dan kekuatan pada struktur beton box.



**Gambar 1.1** Model Benda

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Teknologi beton terus berkembang seiring dengan tuntutan kebutuhan konstruksi yang semakin meningkat. Salah satu hal yang penting dan perlu mendapat perhatian dalam teknologi pembuatan beton adalah mengetahui pengertian beton dan bahan – bahan penyusun beton yaitu semen, pasir, air dan agregat baik agregat halus maupun agregat kasar.

#### **2.1 Pengertian Beton**

Beton adalah campuran semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, dan air, dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat (SKSNI T-15-1991-03, 1991). Massa padat ini pada proses pembuatannya sangat mudah diatur karena sebelum menjadi padat benda ini berbentuk pasta sehingga menyesuaikan dengan bentuk cetaknya.

Beton di dapat dari pencampuran bahan – bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu pecah atau bahan semacam lainnya, dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia, selama proses pengerasan beton berlangsung (Istimawan, 1994).

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

## **2.2 Bahan Penyusun Beton**

Bahan yang dipakai dalam pembuatan atau penyusunan beton terdiri dari semen, air, agregat halus, dan agregat kasar.

### **2.2.1 Semen**

Semen adalah bahan utama dalam pembuatan beton. Berfungsi untuk merekatkan butiran – butiran agregat. Semen mengisi kira – kira 10% dari volume beton (Tjokrodimulyo, 1992).

### **2.2.2 Air**

Air merupakan bahan dasar utama selain semen dalam pembuatan beton. Air dalam adukan beton memungkinkan adanya reaksi kimia pada semen yang menyebabkan pengikatan dan pengerasan serta berfungsi sebagai pelumas butir – butir agregat halus dan agregat kasar untuk memudahkan pelaksanaan dan pencetakan.

### **2.2.3 Agregat**

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi campuran beton. Walaupun sebagai pengisi, agregat sangat berpengaruh terhadap sifat – sifat betonnya, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan beton.

Agregat beton memiliki porsi yang besar dalam volume beton. Untuk mendapatkan beton yang baik, diperlukan agregat yang mempunyai kualitas agregat yang baik pula, agregat yang baik untuk pembuatan beton harus memenuhi persyaratan, yaitu (PBI, 1971) :

1. Harus bersifat kekal, berbutir tajam dan kuat.
2. Tidak mengandung lumpur lebih dari 5% untuk agregat halus dan 1% untuk agregat kasar.
3. Tidak mengandung bahan-bahan organik dan zat – zat yang reaktif alkali.
4. Harus terdiri dari butir – butir yang keras dan tidak berpori.

#### **a) Agregat Halus**

Agregat halus dapat berupa pasir alam, pasir olahan atau gabungan dari kedua pasir tersebut.

#### **b) Agregat Kasar**

Agregat kasar diperoleh dari alam dan juga dari proses memecah batu alam. Agregat alam dapat diklasifikasikan ke dalam sejarah terbentuknya peristiwa geologi, yaitu agregat beku, agregat sedimen dan agregat metamorf, yang kemudian dibagi menjadi kelompok – kelompok yang lebih kecil. Agregat pecahan diperoleh dengan memecah batu menjadi berukuran sesuai yang diinginkan dengan cara meledakkan, memecah, menyaring dan seterusnya.

### **2.3 Kumpulan Pustaka**

*Salmon Jonhson, (1994). Metode tekanan kerja menekankan perbedaan antara kekuatan dan kelayanan . Kekuatan berhubungan dengan keruntuhan akibat*

kelebihan beban. Kelayakan berhubungan dengan penampilan yang memuaskan yang dinyatakan dalam :

1. Lendutan yang berada dibawah batas kondisi dimana unsur-unsur non struktural tidak mengalami kerusakan.
2. Pengendalian retak agar tidak kelihatan supaya mencegah masuk air yang bisa mengakibatkan berkaratnya baja atau memburuknya beton.

*Edward G. Nawy, (1990).* Kemampuan layan ( *Serviceability* ) suatu ditentukan struktur oleh lendutan, retak, korosi tulangan dan rusaknya permukaan betonya. Rusaknya permukaan dapat dikurangi dengan kontrol yang baik pada waktu pengadukan , pengecoran dan perawatan beton.

*Istimawan Dipohusodo, (1999).* Gelagar balok yang menahan beban yang mengakibatkan timbulnya momen lentur akan terjadi deformasi ( regangan ) lentur di dalam balok tersebut pada kejadian momen positif regangan tekan terjadi dibagian atas dan regangan tarik dibagian bawah penampang. Regangan-regangan tersebut mengakibatkan tegangan-tegangan yang harus ditahan oleh balok. Agar stabilitas terjamin batang balaok sebagai bagian dari sistem yang menahan lentur harus kuat menahan tegangan tekan dan tarik tersebut.

*Ferdinanad L. Singer, (1985).* Mengatakan kekuatan bahan berkaitan dengan hubungan antara gaya luar yang bekerja dan pengaruhnya terhadap gaya

dalam benda. Sifat bahan suatu struktur mempengaruhi pemilihan dan ukuran yang memenuhi kekuatan dan kekakuan.

*Istimawan Dipohusodo, (1999)*. Pendekatan dan pengembangan metode perencanaan kekuatan didasarkan atas anggapan – anggapan sebagai berikut :

1. Bidang penampang rata sebelum terjadi lenturan, setelah terjadi lenturan bidang tetap rata tegak lurus pada sumbu bujur balok (*Prinsip Bernoulli*) sehingga regangan dalam penampang komponen struktur terdistribusi linier atau sebanding lurus terhadap jarak ke garis netral (*Prinsip Navier*).
2. Tegangan sebanding dengan regangan hanya sampai pada kira-kira beban sedang. Apabila tegangan yang timbul tidak sebanding lagi dengan regangan sehingga mengakibatkan distribusi tegangan tekan tidak linier lagi. Tegangan tekan maksimum sebagai kuat tekan lentur beton pada umumnya tidak terjadi pada serat tepi tekan terluar, tetapi agak masuk ke dalam.
3. Dalam memperhitungkan kapasitas momen ultimit komponen struktur, kuat tarik beton diabaikan (tidak diperhitungkan) dan seluruh gaya tarik dilimpahkan pada tulangan baja tarik.

## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1 Beton Bertulang

Beton bertulang merupakan gabungan dari dua jenis bahan yaitu campuran beton yang memiliki kuat tekan tinggi tetapi kuat tarik rendah. Dan batang baja yang ditanamkan dalam beton bertujuan untuk memberikan kuat tarik yang diperlukan. Beton dan baja dapat bekerja sama atas dasar beberapa alasan yaitu ( Istimawan Dipohosodo, 1999 ) :

1. Lekatan yang sempurna antara beton dan baja tulangan yang membungkusnya sehingga tidak terjadi pengelinciran.
2. Campuran beton mempunyai sifat kedap air sehingga mampu melindungi baja tulangan dari karat.
3. Angka kecepatan memuai yang hampir serupa yaitu 0,00001-0,00003 untuk beton, dan 0,000012 untuk baja per-derajat celcius ( $^{\circ}\text{C}$ ) sehingga tegangan antara baja dan beton yang dapat diabaikan.

Untuk mendapatkan mutu beton yang baik, disamping mendesain campuran beton secara baik dan teliti, perlu juga diperhatikan faktor-faktor dibawah ini ( Kardiyono, 1992 ) :



### 1. Faktor air semen

Faktor air semen ialah perbandingan berat air dan berat semen didalam campuran beton. Jika air semen dalam campuran beton terlalu banyak atau sedikit akan mempengaruhi kualitas beton.

### 2. Umur beton

Kekuatan beton akan bertambah sejalan dengan bertambahnya umur beton. Umur beton yang disyaratkan yaitu umur 28 hari.

### 3. Pengaruh agregat

Pengaruh agregat terutama dilihat dari bentuk agregat, permukaan dan ukuran agregat

Kuat tekan beton umumnya merupakan faktor penting dalam hitungan perancangan kekuatan struktur, variasi kuat tekan beton ini terjadi dari adukan ke adukan, maupun dari dalam satu adukan itu sendiri. Perbedaan kuat tekan itu terjadi akibat bervariasinya kualitas dan kuantitas bahan yang dipakai, selain faktor kualitas dan kuantitas kuat tekan individu benda uji berbeda juga karena perbedaan cara pengambilan contoh adukan dan cara pemadatan.

Rumus-rumus yang digunakan dalam menghitung kuat desak yang disyaratkan yaitu ( Kardiyono, 1992 ) :

$$f_c = f_{cm} - k \cdot S_d \quad (3.1)$$

$$k = 0,97 \text{ (dapat dari tabel distribusi normal)}$$

$$S_d = \left[ \frac{(f_c - f_{cm})^2}{n-1} \right]^{0.5} \quad (3.2)$$

- $f'c$  = Kuat tekan yang disyaratkan  
 $f_c$  = Kuat tekan masing – masing benda uji  
 $f_{cm}$  = Kuat rata-rata semua benda uji  
 $k$  = Faktor yang tergantung pada nilai kemungkinan.  
 $S_d$  = Deviasi standar  
 $N$  = Jumlah benda uji.

Sedangkan besarnya Modulus Elastis beton ( $E_c$ ) dihitung dengan rumus (Kardiyono, 1992) :

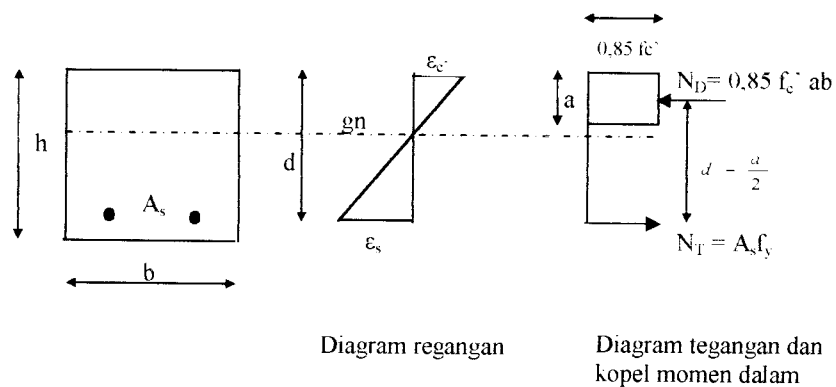
$$E_c = 4700\sqrt{f'c} \quad (3.3)$$

$f'c$  = Kuat tekan beton yang diisyaratkan

$E_c$  = Modulus elastisitas

### 3.2 Kapasitas Lentur Penampang Persegi Beton Bertulang Tunggal

Kapasitas momen nominal beton bertulang tunggal dapat dilakukan dengan mengasumsikan luas tulangan baja tarik telah leleh seperti tampak pada gambar 3.1 (Istimawan Dipohosodo, 1999)



**Gambar 3.1** Diagram Analisis Balok Bertulang Tunggal

Dimana dipakai persamaan keseimbangan  $\sum H = 0$

Gaya dalam untuk beton tekan ( $N_D$ ) = Gaya dalam untuk baja tarik ( $N_T$ )

$$(0,85 f_c') a \cdot b = A_s f_y \quad (3.4)$$

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \quad (3.5)$$

$$a = \beta \cdot c \quad (3.6)$$

dengan :

$\beta = 0,85$  untuk beton  $\leq 30$  MPa dan berkurang 0,008 setiap kenaikan

1 Mpa

$f_c'$  = mutu beton.

$f_y$  = tegangan leleh

$A_s$  = jumlah luas tulangan baja.

$a$  = tinggi blok tegangan tekan beton.

$c$  = letak garis netral.

$b$  = lebar penampang

Untuk mengecek kebenarannya maka digunakan segitiga sebangun pada diagram regangan, dimana regangan beton mencapai 0,003

$$\frac{0,003}{c} = \frac{\epsilon_s}{(d - c)} \quad (3.7)$$

dimana :

$d$  = tinggi efektif

$\epsilon_s$  = regangan baja

Menghitung momen nominal ( $M_n$ ) berdasarkan pada gaya beton tekan

$$Mn = N_D \left( d - \frac{a}{2} \right) \quad (3.8)$$

$$Mn = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \left( d - \frac{a}{2} \right) \quad (3.9)$$

Menghitung momen nominal ( Mn ) berdasarkan pada gaya tarik tulangan beton

$$Mn = N_T \left( d - \frac{a}{2} \right) \quad (3.10)$$

$$Mn = A_s \cdot f_y \left( d - \frac{a}{2} \right) \quad (3.11)$$

### 3.3 Pembatasan Penulangan Tarik

Dalam penampang beton bertulang kita mengenal dua kegagalan yaitu kegagalan akibat tulangan berlebihan (over reinforced) dan tulangan kurang (under reinforce). Di dalam perencanaan lebih baik kita menggunakan tulangan kurang (under reinforce) karena kegagalan ini akan diawali dengan lelehnya baja tulangan tarik yang berlangsung secara perlahan, sehingga memberikan tanda-tanda keruntuhan. untuk itu.

Maka dari itu SK SNI T-15-1991-03 menetapkan bahwa rasio penulangan maksimal ( $\rho_{maks}$ ) = 0,75 rasio penulangan seimbang ( $\rho_b$ )

Dimana :

$$\rho_b = \frac{0,85 \beta \cdot f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (3.12)$$

Metode yang dipakai untuk menghitung kekuatan lentur di dasarkan anggapan beton tarik mengalami retak, maka kemungkinan bahwa kekuatan

nominal ( $M_n$ ) dihitung dengan anggapan penampang retak dan tulangan sedikit lebih kecil dari momen retak ( $M_{cr}$ ) beton polos untuk penampang sama.

Agar terjadi keruntuhan daktail maka disyaratkan penggunaan tulangan minimum agar menghasilkan kekuatan sama dengan beton tanpa tulangan (Wang-Salmon, 1994)

$$\boxed{\text{Kekuatan balok beton bertulang}} \quad \approx \quad \boxed{\text{Kekuatan balok beton polos}}$$

$$(M_n) \quad \quad \quad (M_{cr})$$

$$M_n = A_s f_y (d - a/2) \quad (3.13)$$

$$M_{cr} = \frac{f_r I_g}{y_t} \quad (3.14)$$

Dimana :

$f_r$  = tegangan tarik maksimal (  $0,57 \sqrt{f_c'}$  )

$I_g$  = momen inersia

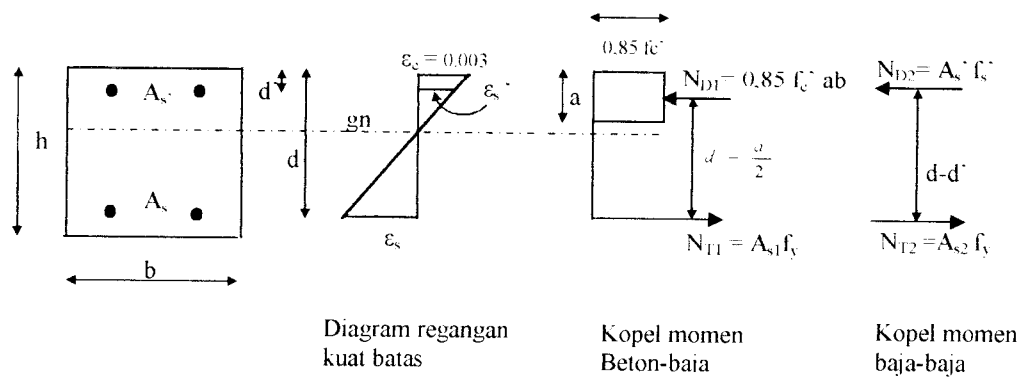
$y_t$  = panjang dari garis netral

Menurut SK SNI T-15-1991-03 diberikan ketentuan rasio minimum ( $\rho_{min}$ ) :

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \quad (3.15)$$

### 3.4 Kapasitas Lentur Penampang Persegi Beton Bertulang Rangkap

Kapasitas momen nominal balok beton bertulang rangkap dapat dilakukan dengan terlebih dahulu mengasumsikan luas tulangan baja tekan ( $A_s'$ ) dan baja tarik ( $A_s$ ) telah mencapai regangan luluh ( $\epsilon_s = \epsilon_s \geq \epsilon_y$ ) pada saat regangan tekan beton ( $\epsilon_c$ ) telah mencapai regangan maksimum sebesar 0,003 seperti tampak pada gambar 3.2 ( Istimawan Dipohosodo, 1999)



**Gambar 3.2** Diagram Analisis Balok Bertulang Rangkap

Tegangan baja tarik dan baja desak telah luluh ( $f_s = f_s' = f_y$ ) pada kondisi ini

$A_s = A_{s1} + A_{s2}$  dimana  $A_{s2} = A_s'$

Gaya dalam untuk beton tekan ( $N_{D1}$ ) dihitung menurut persamaan 3.16

$$N_{D1} = 0,85 f_c' ab \quad (3.16)$$

Gaya dalam baja untuk baja tekan ( $N_{D2}$ ) dihitung menurut persamaan 3.17

$$N_{D2} = A_s f_y \quad (3.17)$$

Gaya dalam untuk baja tarik ( $N_T$ ) dihitung menurut persamaan 3.18

$$N_T = A_s f_y \quad (3.18)$$

Persamaan keseimbangan untuk balok beton bertulang rangkap adalah :

$$N_{D1} + N_{D2} = N_T \quad (3.19)$$

Dari persamaan 3.19 diatas dapat diuraikan menjadi persamaan 3.20 yaitu :

$$0,85 f_c' ab + A_s' f_y = A_s f_y \quad (3.20)$$

Tinggi blok tegangan tekan beton untuk balok normal ( $a$ ) dapat dihitung dengan persamaan 3.21

$$a = \frac{(A_s - A_s') f_y}{0,85 f_c' b} \quad (3.21)$$

Letak atau posisi garis netral dari serat tekan terluar untuk balok normal (a) dapat dihitung dengan persamaan 3.22

$$c = \frac{a}{\beta_1} \quad (3.22)$$

Kontrol kebenaran asumsi diatas dilakukan dengan pemeriksaan regangan pada baja tulangan tekan ( $\varepsilon_s'$ ) dan tarik ( $\varepsilon_s$ ) menggunakan persamaan 3.23 dan 3.24

$$\varepsilon_s' = 0,003 \frac{c - d'}{c} \quad (3.23)$$

$$\varepsilon_s = 0,003 \frac{d - c}{c} \quad (3.24)$$

Jika asumsi awal yang digunakan salah, maka kondisi tulangan baja tekan belum luluh ( $\varepsilon_s' < \varepsilon_{s'}$ ) sedangkan baja tarik telah luluh ( $\varepsilon_s \geq \varepsilon_y$ ) pada saat regangan beton mencapai 0,003 maka Letak garis netral pada balok normal (c) dihitung dari keseimbangan gaya-gaya horizontal ( $\sum H = 0$ ) pada persamaan berikut :

$$N_{D1} + N_{D2} = N_T \quad (3.25)$$

$$0,85 f_c' a \cdot b + A_s \cdot f_s' = A_s f_y \quad (3.26)$$

Tinggi blok tegangan tekan beton normal (a) dan tegangan luluh baja tekan ( $f_s'$ ) dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$a = \beta c \quad (3.27)$$

$$f_s' = \varepsilon_s' E_s = \frac{(c - d')0,003}{c} E_s \quad (3.28)$$

dengan :  $E_s$  = Modulus elastistas baja = 200.000Mpa

dari substitusi persamaan 3.26 dan 3.28 dapat digunakan persamaan :

$$A_s f_y = 0,85 b c f_c' \beta + 0,003 \frac{c - d'}{c} E_s A_s \quad (3.29)$$

jika persamaan 3.19 dikalikan dengan  $c$  didapat persamaan 3.30

$$A_s f_y = 0,85 b c^2 f_c \beta + 0,003 \frac{c - d'}{c} E_s A_s c - 0,003 d' E_s A_s \quad (3.30)$$

dari persamaan 3.30 dimasukan nilai modulus elastis baja ( $E_s$ ) sehingga didapatkan persamaan 3.31.

$$(0,85 f_c b \beta_1) c^2 + (600 A_s - A_s f_y) - 600 d' A_s = 0 \quad (3.31)$$

Kapasitas momen nominal balok normal  $M_n$  dihitung dengan persamaan 3.32

$$M_n = 0,85 f_c a b \left( d - \frac{a}{2} \right) + A_s f_y (d - d') \quad (3.32)$$

### 3.5 Hubungan Beban – Lendutan

Untuk menghitung lendutan pada struktur beton box dengan sistem pembebanan terpusat pada gambar 3.3 dengan mengangap ujung - ujung bentang jepit pada struktur beton box, maka lendutannya sebagai berikut (Ferdinanad L. Singer, 1985) :

$$\Delta_1 = \frac{ML^2}{16EI} \quad (3.33)$$

$$\Delta_2 = \frac{PL^3}{192EI} \quad (3.34)$$

$$\Delta_3 = \frac{ML^2}{9\sqrt{3}EI} \quad (3.35)$$

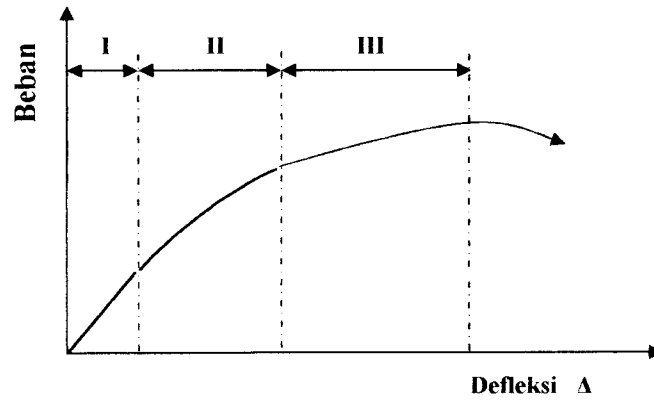
Dimana:

$\Delta$  = lendutan

P = beban

L = panjang

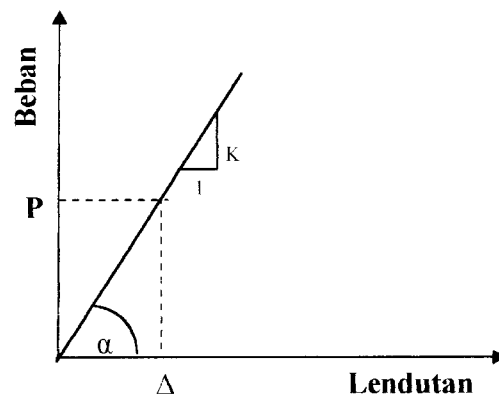




**Gambar 3.4** Grafik Hubungan Beban dan Defleksi pada Beton Bertulang

### 3.6 Kekakuan Struktur

Kekakuan ( $k$ ) dapat dihitung dari rasio beban ( $P$ ) terhadap terhadap lendutan ( $\Delta$ ) seperti pada persamaan 3.38. Hubungan beban ( $P$ ) dengan defleksi ( $\Delta$ ) diperoleh dari hasil uji pembebanan (Gere dan Timosheko, 1987). Hal ini sesuai dengan kurva hubungan beban – lendutan ( $P - \Delta$ ) yang ditampilkan seperti pada gambar 3.5



**Gambar 3.5** Hubungan Antara Beban ( $P$ ) dan Lendutan ( $\Delta$ )

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{P}{\Delta}$$

$$k = \operatorname{tg}\alpha \quad (3.36)$$

$$k = \frac{P}{\Delta} \quad (3.37)$$

### 3.7 Hipotesa

Dengan memperhatikan latar belakang, tinjauan pustaka, tujuan penelitian, dan teori, maka dapat dikemukakan hipotesa yaitu variasi mutu beton mempengaruhi kekuatan penampang struktur beton box.

## **BAB IV**

### **METODE PENELITIAN**

#### **4.1 Tinjauan Umum**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah beton bertulang berbentuk box, dimana pengecoran dilakukan serentak. Sehingga elemen-elemen struktur beton bertulang menjadi satu kesatuan yang monolit.

Pengujian yang akan dilakukan oleh peneliti meliputi pengujian pendahuluan yang terdiri dari pengujian kuat desak beton dan kuat tarik baja. Setelah dilakukan pengujian pendahuluan dilanjutkan dengan pengujian struktur beton box di Laboratorium Mekanika Rekayasa.

Sebelum pengujian dilakukan diperlukan beberapa persiapan agar penelitian dapat berjalan lancar. Persiapan yang akan dilakukan meliputi : persiapan bahan dan alat yang dipakai dalam pengujian, model benda uji, dan pembuatan benda uji.

#### **4.2 Persiapan Bahan dan Alat**

##### **4.2.1 Bahan**

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah :

- a. Semen

Semen yang digunakan adalah semen Portland merek Nusantara

b. Agregat

Agregat yang digunakan merupakan agregat kasar dan agregat halus yang berasal dari kali Krasak.

c. Baja tulangan

Baja tulangan yang akan digunakan adalah jenis baja polos dengan diameter 6 mm

d. Air

Air diambil dari laboratotium Bahan Konstruksi Teknik FTSP UII

e. Bekisting

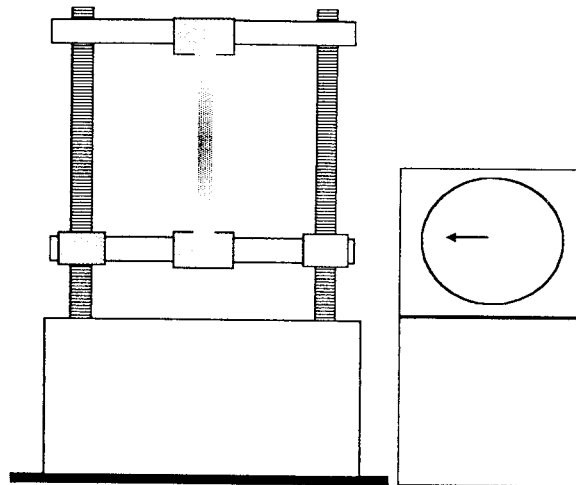
Terbuat dari kayu dan triplek yang digunakan untuk membuat cetakan sample.

#### **4.2.2 Peralatan Penelitian**

Beberapa alat-alat yang dipergunakan dalam penelitian meliputi alat untuk mempersiapkan material dan benda uji untuk pengujian. Peralatan yang dipakai tersebut berada di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik dan Struktur FTSP UII.

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

Alat yang digunakan adalah Universal Testing Material (UTM) merk shimitzu type UMH-30 dengan kapasitas 30 ton. Alat ini digunakan untuk mengetahui kuat tarik dan leleh baja, seperti terlihat pada Gambar 4.1



**Gambar 4.1** Mesin Uji Kuat Tarik

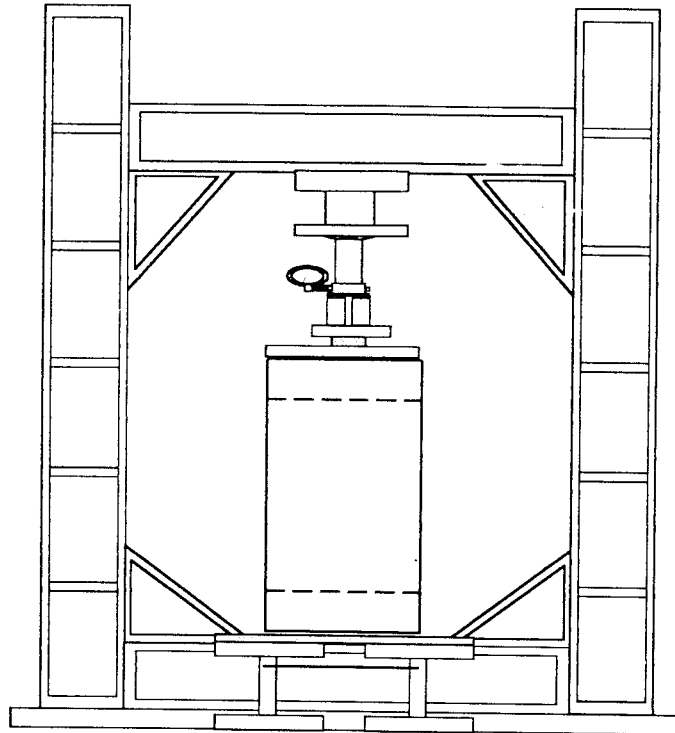
## 2. Mesin Uji Kuat Desak.

Mesin uji desak merk Control kapasitas 30 ton, digunakan untuk menguji kuat desak dan tarik belah silinder beton. Dalam pengujian desak beton, silinder beton ditekan pada ujungnya. Dimana tujuannya untuk memperoleh hubungan tegangan – regangan sehingga dapat diketahui nilai modulus elastis beton.

## 3. Loading Frame

Alat yang digunakan untuk keperluan uji pembebanan adalah *loading frame* yang terbuat dari bahan baja profil WF 450 x 200 x 9 x 14 mm. *Loading Frame* ini mempunyai bentuk portal segi empat yang diletakkan diatas lantai beton dengan perantara dari besi setebal 14 mm. Agar *Loading frame* ini stabil pada waktu pembebanan dilakukan maka pelat dasar di baut ke lantai beton dan kedua kolomnya dihubungkan oleh balok WF 450 x 200 x 9 x 14 mm. Susunan balok portal ini dapat diubah-ubah sesuai dengan bentuk dan ukuran dari model

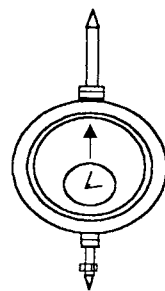
benda uji dengan cara melepas sambungan baut. Bentuk dari *Loading Frame* dapat dilihat pada Gambar 4.2



**Gambar 4.2** Loading Frame

#### 4. Dial Gauge

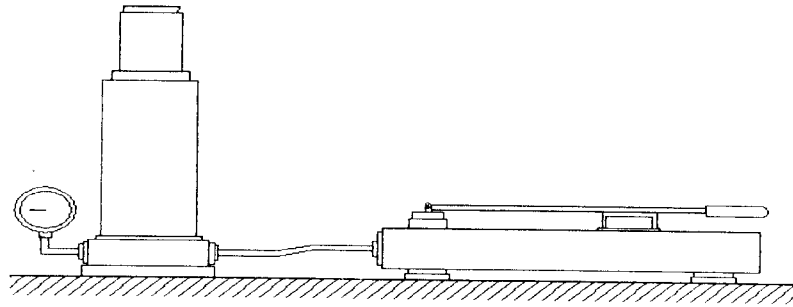
*Dial gauge* adalah alat yang digunakan untuk mengukur besarnya lendutan yang terjadi dengan kapasitas lendutan maksimum 50 mm dan ketelitian pembacaan dial 0,01 mm. Pada penelitian tugas akhir ini digunakan *Dial gauge* sebanyak empat buah.



**Gambar 4.3** Dial gauge

## 5. Hidraulick Jack

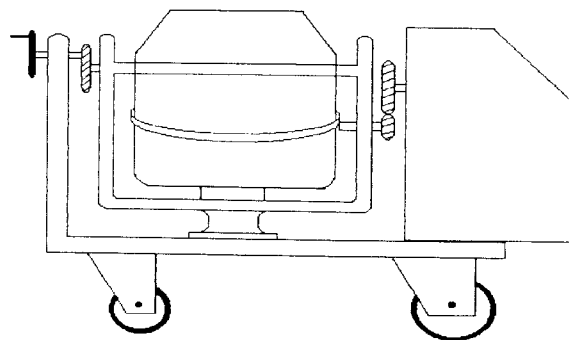
*Hidraulick jack* adalah alat yang digunakan untuk memberikan pembebanan pada pengujian lentur dengan beban sentris P yang mempunyai kapasitas maksimum 30 ton dan ketelitian pembacaan sebesar 0,5 ton. Alat tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.4



**Gambar 4.4** Hidraulic Jack

## 6. Mesin Aduk Beton

Mesin ini digunakan untuk mengaduk bahan susun beton seperti semen, kerikil dan air. Kecepatan putaran dapat diatur sehingga memudahkan bahan penyusun beton diaduk menjadi campuran yang homogen. Alat ini dapat dilihat pada Gambar 4.5



**Gambar 4.5** Mesin Aduk Beton

### 7. Kerucut Abrams

Pengukuran kelecakan adukan beton dalam percobaan slump (*slump test*) digunakan kerucut *Abrams*. Kerucut yang berlubang pada kedua ujungnya mempunyai diameter bawah 20 cm, diameter atas 10 cm, serta tinggi 30 cm. Alat ini juga dilengkapi tongkat baja berdiameter 1,6 cm, panjang 60 cm serta bagian ujung tongkat dibulatkan.

### 8. Saringan ( Ayakan )

Saringan dipakai untuk memperoleh diameter agregat maksimal 20 mm.

### 9. Timbangan

Timbangan digunakan untuk mengukur berat bahan penyusun beton (semen, pasir, agregat, dan air). Dalam penelitian ini digunakan timbangan merk Fagani kapasitas 150 Kg.

### 10. Mistar

Mistar dipakai untuk mengukur penurunan beton segar pada pengujian slump.

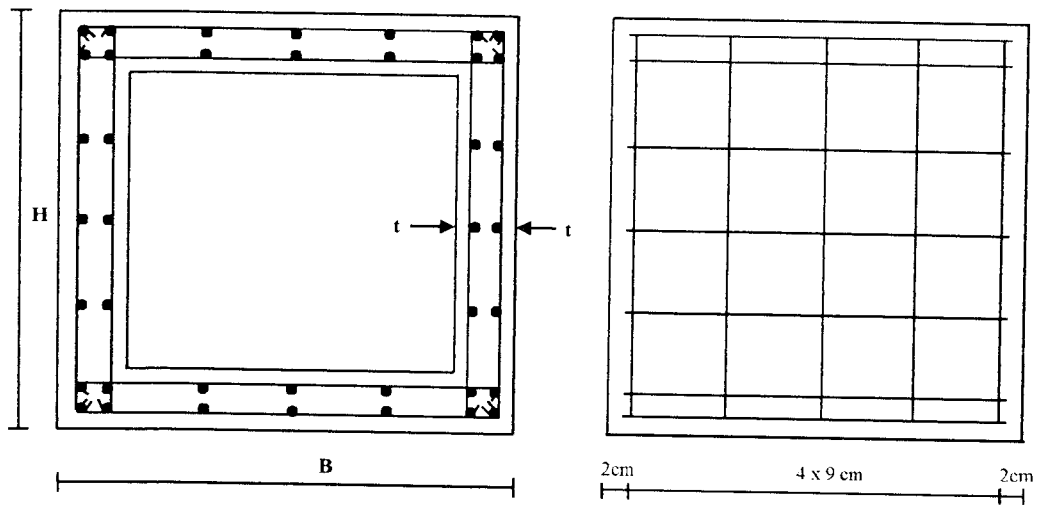
## 4.3 Model Benda Uji

Benda uji dalam penelitian ini beton bertulang dengan penampang berlubang berbentuk kotak atau box dengan dimensi sebagai berikut :

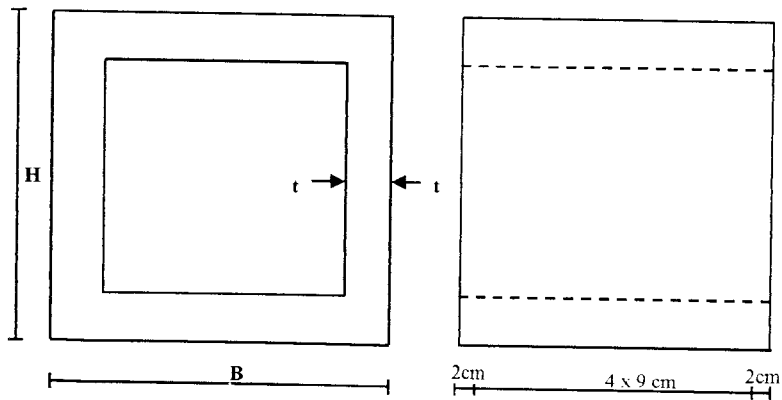
1. Sampel A :  $B = H = 75 \text{ cm}$ ,  $L = 40 \text{ cm}$ ,  $t = 8 \text{ cm}$  dengan tulangan rangkap berdiameter 6 mm dengan  $f_c' = 20 \text{ Mpa}$  sejumlah 2 buah.
2. Sampel B :  $B = H = 75 \text{ cm}$ ,  $L = 40 \text{ cm}$ ,  $t = 8 \text{ cm}$  dengan tulangan rangkap berdiameter 6 mm dengan  $f_c' = 25 \text{ Mpa}$  sejumlah 2 buah.



3. Sampel C :  $B = H = 75 \text{ cm}$ ,  $L = 40 \text{ cm}$ ,  $t = 8 \text{ cm}$  dengan tulangan rangkap berdiameter 6 mm dengan  $f_c' = 30 \text{ Mpa}$  sejumlah 2 buah.
4. Sampel D :  $B = H = 50 \text{ cm}$ ,  $L = 40 \text{ cm}$ ,  $t = 8 \text{ cm}$  tanpa tulangan dengan  $f_c' = 25 \text{ Mpa}$  sejumlah 2 buah.



Gambar 4.6 Model Benda Uji A, B, dan C



Gambar 4.7 Model Benda Uji D

#### 4.4 Pembuatan Benda Uji

Pelaksanaan pembuatan benda uji dilaksanakan di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik UII. Dalam membuat benda uji maka dilakukan dengan beberapa langkah yaitu :

1. Mempersiapkan bahan-bahan yang akan digunakan untuk membuat beton box.
2. Membuat bekesting beton box dimana kayu yang digunakan kayu kruing dan tripeks.
3. Merangkai baja tulangan baja yang sudah dipotong sesuai dengan ukuran-ukurannya.
4. Membuat adukan beton dengan *Concrete Mixer*, perencanaan mix design pada lampiran IV.
5. Melihat nilai slump beton ( 5 -7,5 cm).
6. Menuangkan adukan beton kedalam bekesting dan dipadatkan dengan batang besi dengan cara ditumbuk.

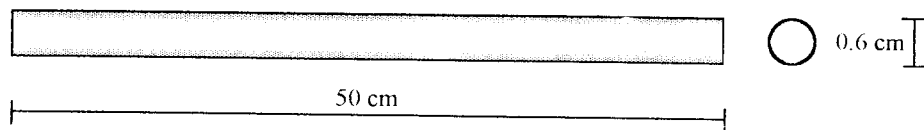
#### 4.5 Pengujian Benda Uji

Pada penelitian ini digunakan struktur beton box dengan mutu beton berbeda. Sebelum melakukan pengujian kuat tekan beton box yang sesungguhnya di laboratorium, perlu dilakukan pengujian pendahuluan. Pengujian pendahuluan bertujuan untuk mengetahui tegangan tarik baja ( $f_y$ ), tegangan desak ( $f_c$ ) beton dan nilai slump.

##### 4.5.1 Pengujian Kuat Tarik Baja

Pengujian kuat tarik baja dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Fakultas Teknik sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Tegangan tarik baja dapat diketahui dengan membagi batas luluh awal dengan luas rata-rata dari benda uji. Benda uji pendahuluan ini ada 6 buah, seperti terlihat pada Gambar 4.10



**Gambar 4.8** Model Benda Uji Kuat Tarik

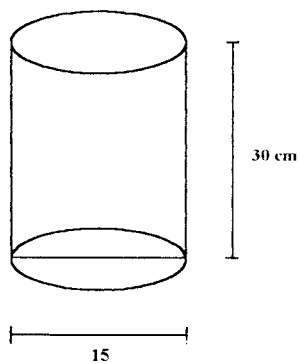
#### 4.5.2 Pengujian Slump

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengukur kelecakan adukan beton yang berguna dalam *workability* (kemudahan pengerjaan) beton. Pengujian dilakukan dengan corong *Abrams* yang berbentuk kerucut terpancung yang diisi tiga tahap / lapis beton. Setiap lapis ditusuk tongkat baja kurang lebih 25 kali. Setelah penuh, muka atas diratakan dan didiamkan selama 60 detik, kemudian tarik corong keatas secara perlahan-lahan. Setelah itu diukur penurunan permukaan atas adukan beton. Besar penurunan adukan beton disebut dengan nilai slump. Pengujian slump dilakukan tiga kali, nilai slump masing-masing antara 5-7,5 cm.

#### 4.5.3 Pengujian Kuat Desak Beton

Pengujian kuat desak beton dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Fakultas Teknik sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Tegangan desak dapat diketahui dengan membagi batas luluh awal dengan luas rata-rata dari benda uji.

Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm sejumlah 18 buah dan diuji berumur 28 hari. gambar seperti dibawah ini

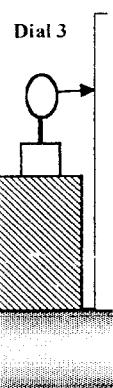


**Gambar 4.9** Benda Uji Kuat Desak Beton

#### 4.5.4 Pengujian Kuat Tekan Struktur Beton Box

Pengujian struktur beton box dilakukan setelah berumur 28 hari. Sebelum pengujian dilakukan maka terlebih dahulu dilakukan setting terhadap peralatan yang akan digunakan. Langkah penyetingan adalah sebagai berikut :

Meletakkan dukungan plat dibawah pada *Loading Frame* sepanjang 40 cm sesuai dengan panjang bentang benda uji. Setelah itu *Hidraulick Jack* diletakkan diatas beton box pada tengah bentang dengan diberi plat yang berfungsi untuk membagi beban menjadi beban merata kemudian dibawah, disamping kanan dan kiri benda uji diletakkan *Dial Gauge* sebanyak satu buah untuk mengukur lendutannya.



tekan  
lahan  
beban  
oleh  
bertan

## BAB V

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dari pengujian didapat data berupa kuat desak beton silinder, kuat tarik baja, kuat tekan dan defleksi beton box. Data tersebut di analisis untuk memperoleh pengaruh beton box terhadap hubungan beban – lendutan. Dari grafik beban lendutan didapat kuat beban dan perilaku beton box.

#### 5.1 Uji Kuat Desak Beton

Kekuatan desak beton rencana tergantung pada jenis campuran, sifat-sifat agregat serta kualitas dalam perawatannya. Kuat desak beton diketahui dari uji desak 18 silinder beton ukuran diameter 15 cm, tinggi 30 cm. Perawatan keras silinder dilakukan dengan cara merendam dalam bak air dan pengujian dilakukan setelah beton berumur 28 hari. Data hasil pengujian dapat dilihat pada lampiran II sedangkan hasil perhitungan uji tekan 18 silinde beton dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

**Tabel 5.1** Hasil Pengujian Kuat Desak Silinder  $f_c' = 20$  Mpa

Benda Uji	Mutu Beton Rencana ( Mpa )	Beban Max ( P ) Kg	Luas ( A ) $cm^2$	Kuat Tekan ( P/A ) ( $kg/cm^2$ )	Kuat Tekan ( Mpa )
1	20	51000	177,0963	287,9789	28,79789
2	20	54000	174,2779	309,85	30,98500
3	20	49000	167,3306	292,8335	29,28335
4	20	51000	171,9464	296,6041	29,66041

5	20	54000	182,0830	293,6568	29,36568
6	20	56000	177,0963	316,2121	31,62121

**Tabel 5.2** Hasil Pengujian Kuat Desak Silinder  $f_c' = 25$  Mpa

Benda Uji	Mutu Beton Rencana ( Mpa )	Beban Max ( P ) kg	Luas ( A ) $cm^2$	Kuat Tekan ( P/A ) $(kg/cm^2)$	Kuat Tekan ( Mpa)
1	25	57000	160,525	355,08	35,508
2	25	75000	181,366	412,85	41,285
3	25	57000	173,810	327,94	32,794
4	25	55000	173,557	316,99	31,699
5	25	65000	176,72	367,81	36,781
6	25	57500	178,131	322,79	32,279

**Tabel 5.3** Hasil Pengujian Kuat Desak Silinder  $f_c' = 30$  Mpa

Benda Uji	Mutu Beton Rencana ( Mpa )	Beban Max ( P ) kg	Luas ( A ) $cm^2$	Kuat Tekan ( P/A ) $(kg/cm^2)$	Kuat Tekan ( Mpa)
1	30	69000	170,7866	404,013	40,4013
2	30	77000	175,4495	438,8727	43,88727
3	30	67000	173,1102	387,0367	38,70367
4	30	58000	176,1543	329,3568	32,93568
5	30	71000	176,625	401,9816	40,19816
6	30	79000	188,5963	418,8841	41,88841

Anggapan kuat tekan hasil uji contoh beton mengikuti kurva distribusi normal yang menjadi dasar dari perancangan adukan beton. Mengasumsikan bahwa kemungkinan dari 6 benda uji ada 1 benda uji setiap mutu beton mempunyai kuat tekan dibawah nilai kuat tekan yang disyaratkan ( $f_c'$ ) dengan menggunakan rumus ( Kardiyono , 1992 )

$$f_c = f_{cm} - k \cdot S_d$$

$$k = 0,97 \text{ (dapat dari tabel distribusi normal)}$$

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum (f_c - f_{cm})^2}{N - 1}}$$

$$f_c = \text{Kuat tekan yang disyaratkan ( Kg/cm}^2 \text{)}$$

$$f_c = \text{Kuat tekan masing - masing benda uji ( Kg/cm}^2 \text{)}$$

$$f_{cm} = \text{Kuat rata-rata semua benda uji ( Kg/cm}^2 \text{)}$$

$$k = \text{Faktor yang tergantung pada nilai kemungkinan.}$$

$$S_d = \text{Deviasi standar ( Kg/cm}^2 \text{)}$$

$$N = \text{Jumlah benda uji.}$$

Berikut hasil perhitungan kuat tekan yang diisyaratkan ( $f_c$ ) berdasarkan rumus (Kardiyono, 1992) untuk setiap mutu beton :

### 1. $f_c = 20 \text{ Mpa}$

Interval sampel (kg/cm <sup>2</sup> )	Frekwensi (Ni)	Frekwensi relative (Ni/N)	Titik tengah interval (fc) (kg/cm <sup>2</sup> )	Jumlah kuat tekan benda uji ( $\sum f_c$ )	(fc-fcm)	(fc-fcm) <sup>2</sup>	$\sum (fc-fcm)^2$
250-300	4	0,67	275	1100	-16,67	277,89	1111,56
300-350	2	0,33	325	650	33,33	1110,89	2221,78
N = 6				$\sum = 1750$			$\sum = 3333,34$

$$f_{cm} = \frac{\sum f_c}{N}$$

$$f_{cm} = \frac{1750}{6} = 291,67$$

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum (f_c - f_{cm})^2}{N - 1}} = \sqrt{\frac{3333,34}{6 - 1}} = 25,82 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'c = f_{cm} - 0,97 \cdot S_d$$

$$f'c = 291,67 - 0,97 \cdot 25,82 = 266,6246 \text{ kg/cm}^2 = 26,66246 \text{ Mpa.}$$

## 2. $f'c = 25 \text{ Mpa}$

Interval sampel (kg/cm <sup>2</sup> )	Frekwensi (Ni)	Frekwensi relative (Ni/N)	Titik tengah interval (fc) (kg/cm <sup>2</sup> )	Jumlah kuat tekan benda uji (∑ fc)	(fc - fcm)	(fc - fcm) <sup>2</sup>	∑ (fc - fcm) <sup>2</sup>
300-350	3	0,5	325	975	-33,33	1110,889	3332,667
350-400	2	0,333	375	750	16,67	277,889	555,778
400-450	1	0,167	425	425	66,67	4444,889	4444,889
N = 6				∑ = 2150			∑ = 8333,334

$$f_{cm} = \frac{\sum fc}{N}$$

$$f_{cm} = \frac{2150}{6} = 358,333$$

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum (fc - f_{cm})^2}{N - 1}} = \sqrt{\frac{8333,334}{6 - 1}} = 40,825 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'c = f_{cm} - 0,97 \cdot S_d$$

$$f'c = 358,33 - 0,97 \cdot 40,825 = 318,730 \text{ kg/cm}^2 = 31,873 \text{ Mpa.}$$

## 3. $f'c = 30 \text{ Mpa}$

Interval sampel (kg/cm <sup>2</sup> )	Frekwensi (Ni)	Frekwensi relative (Ni/N)	Titik tengah interval (fc) (kg/cm <sup>2</sup> )	Jumlah kuat tekan benda uji (∑ fc)	(fc - fcm)	(fc - fcm) <sup>2</sup>	∑ (fc - fcm) <sup>2</sup>
300-350	1	0,167	325	325	-75	5625	5625
350-400	1	0,167	375	375	-25	625	625
400-450	4	0,666	425	1700	25	625	2500
N = 6				∑ = 2400			∑ = 8750



$$f_{cm} = \frac{\sum f_c}{N}$$

$$f_{cm} = \frac{2400}{6} = 400$$

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum (f_c - f_{cm})^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{8750}{6-1}} = 41,833 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_c = f_{cm} - 0,97 \cdot S_d$$

$$f_c = 400 - 0,97 \cdot 41,833 = 359,422 \text{ kg/cm}^2 = 35,9422 \text{ Mpa.}$$

Dengan melihat tabel diatas terdapat hasil kuat tekan yang disyaratkan yang bervariasi. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor antara lain : cara pengerjaan, pemadatan, factor air semen. Untuk mendapatkan mutu beton yang relatif sama, maka dibuat beberapa benda uji dan hasil pengujian kuat desak di rata – rata dan di dapat mutu betonnya.

Modulus Elastis beton dihitung dengan rumus

$$E_c = 4700 \sqrt{f'_c}$$

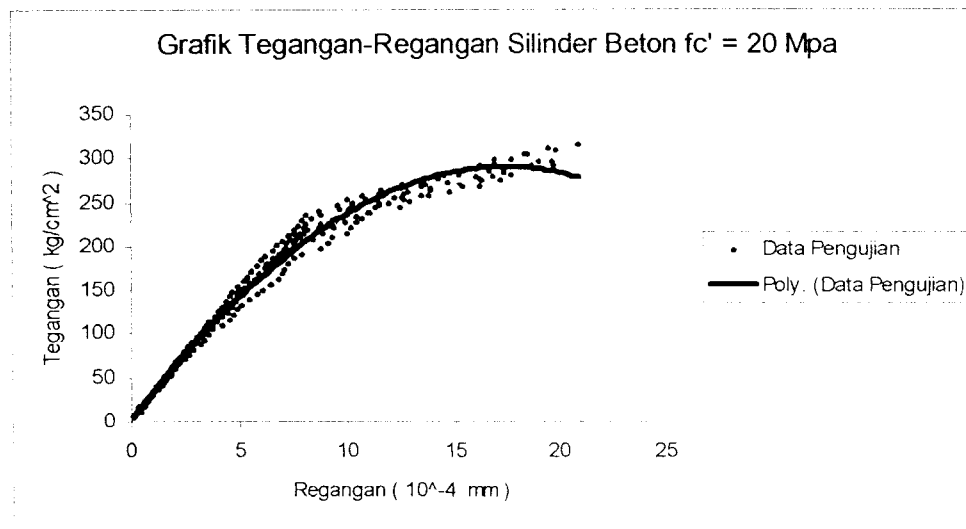
$E_c$  = Modulus Elastis beton ( Mpa )

$f'_c$  = Mutu beton yang disyaratkan ( Mpa )

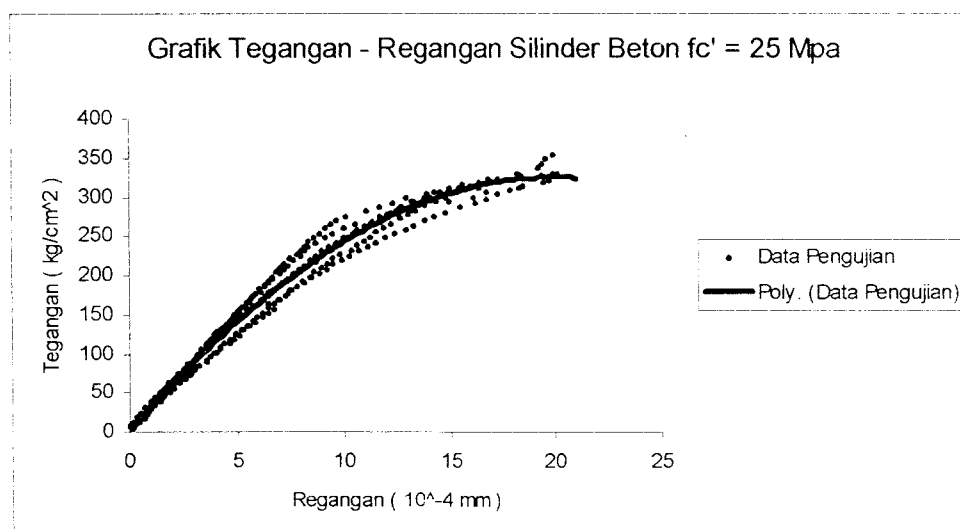
Hasil perhitungan modulus elastis beton yang tercantum dalam tabel 5.4

**Tabel 5.4** Modulus Elastis Beton

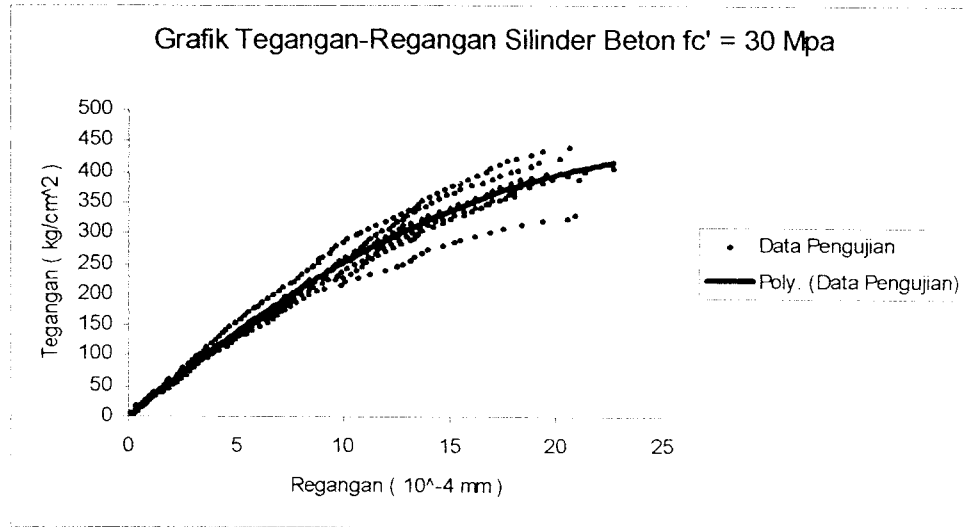
No	$f'_c$ ( Mpa )	$E_c$ ( Mpa )
1	26,66246	24.268,78121
2	31,873	26.534,40352
3	35,9422	28.177,35



**Gambar 5.1** Grafik Hubungan Tegangan–Regangan Silinder Beton  $f_c' = 20$  Mpa



**Gambar 5.2** Grafik Hubungan Tegangan–Regangan Silinder Beton  $f_c' = 25$  Mpa



**Gambar 5.3** Grafik Hubungan Tegangan–Regangan Silinder Beton  $f_c' = 30$  Mpa

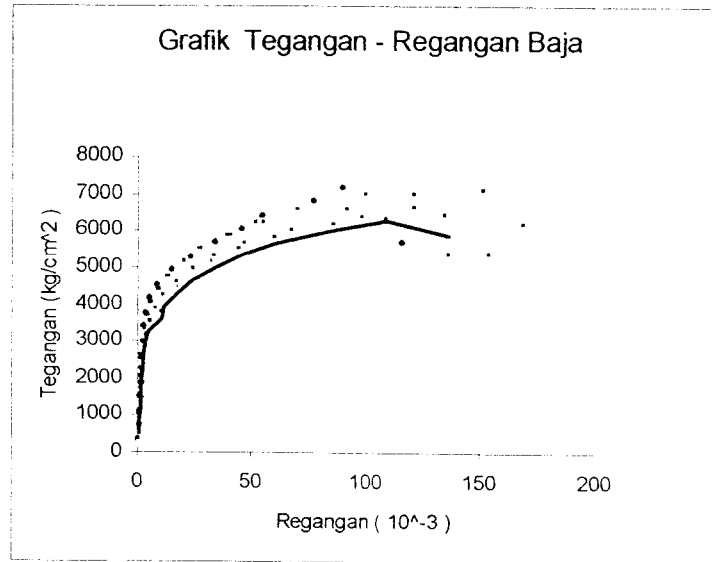
## 5.2 Uji Kuat Tarik Baja Tulangan

Untuk mengetahui kualitas baja tulangan yang terpasang pada model struktur beton box maka dilakukan uji tarik tulangan dengan diameter 0,6 cm. Data hasil pengujian dapat dilihat pada lampiran III. Hasil uji kuat tarik baja tulangan ditunjukkan pada tabel 5.5

**Tabel 5.5** Hasil uji kuat tarik baja tulangan

Benda Uji	Beban Leleh ( kg )	Kuat Leleh ( kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Leleh ( Mpa )	Kuat Leleh Rata - rata ( Mpa )
1	900	3406,4	340,64	306,615
2	800	2829,4	282,94	
3	850	2908,5	290,85	
4	900	3025,5	302,55	
5	800	2930,4	293,04	
6	900	3296,7	329,67	

Dari hasil penelitian diperoleh bahwa hasil uji tarik baja tulangan yang dipakai mempunyai kuat leleh sebesar  $3066,15 \text{ kg/cm}^2 = 306,615 \text{ Mpa}$ .



**Gambar 5.4** Grafik Hubungan Tegangan–Regangan Baja

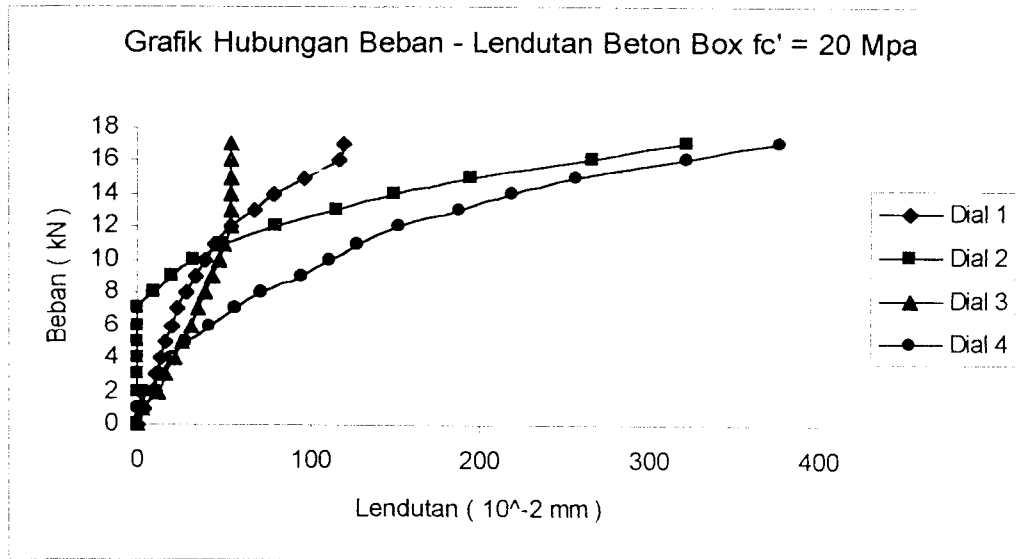
### 5.3 Hasil Pengujian Beton Box

Pelaksanaan pengujian struktur beton box dilakukan di Laboraturium Mekanika Rekayasa Falkutas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Dari hasil pengujian diperoleh data-data pembebanan dan lendutan yang dibaca dari dial dengan ketelitian 0,01mm, dari data-data tersebut diolah dengan menggunakan rumus yang ada sehingga menghasikan grafik hubungan beban – lendutan.

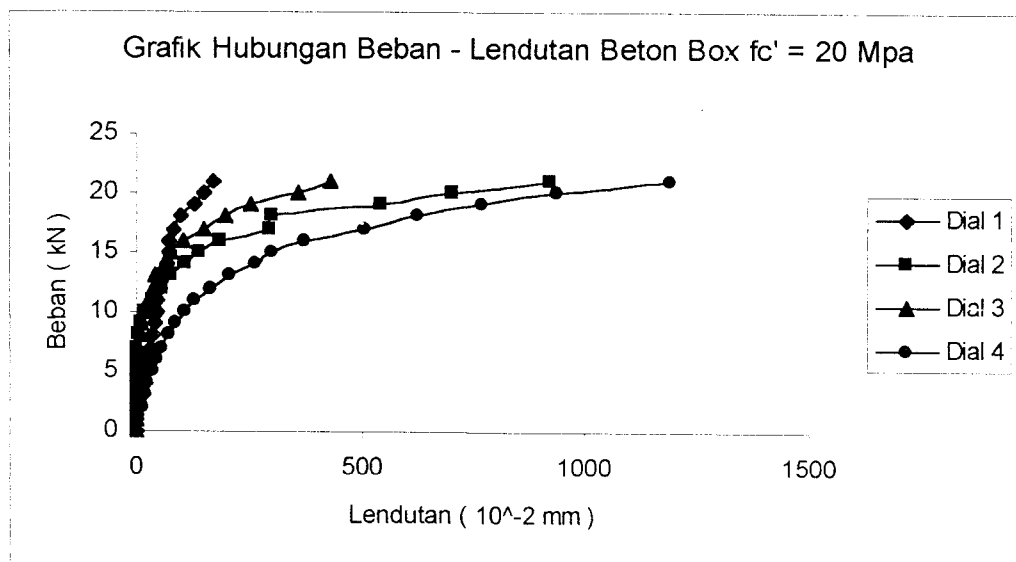
### **5.3.1 Hubungan Beban-Lendutan dari Hasil Pengujian**

Pada pengujian struktur beton box ini diberikan satu beban garis yang terletak pada tengah bentang kemudian secara bertahap diberi kenaikan beban sebesar 100 kg, kemudian lendutan yang terjadi dicatat. Data hasil pengujian dapat dilihat pada lampiran VI, sedangkan grafik hubungan beban-lendutan dari semua benda uji dapat dilihat pada grafik dibawah ini.

### Benda Uji A-1

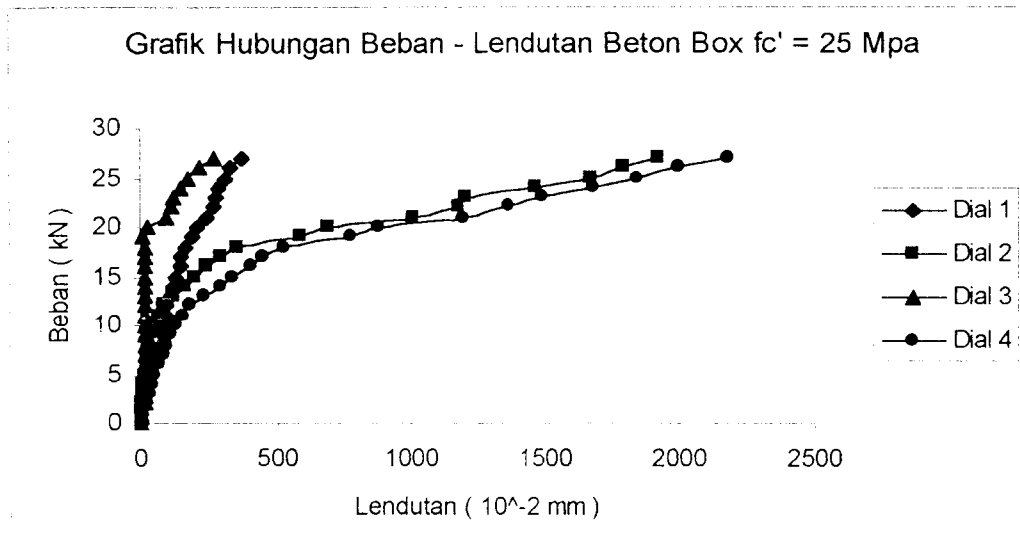


### Benda Uji A-2

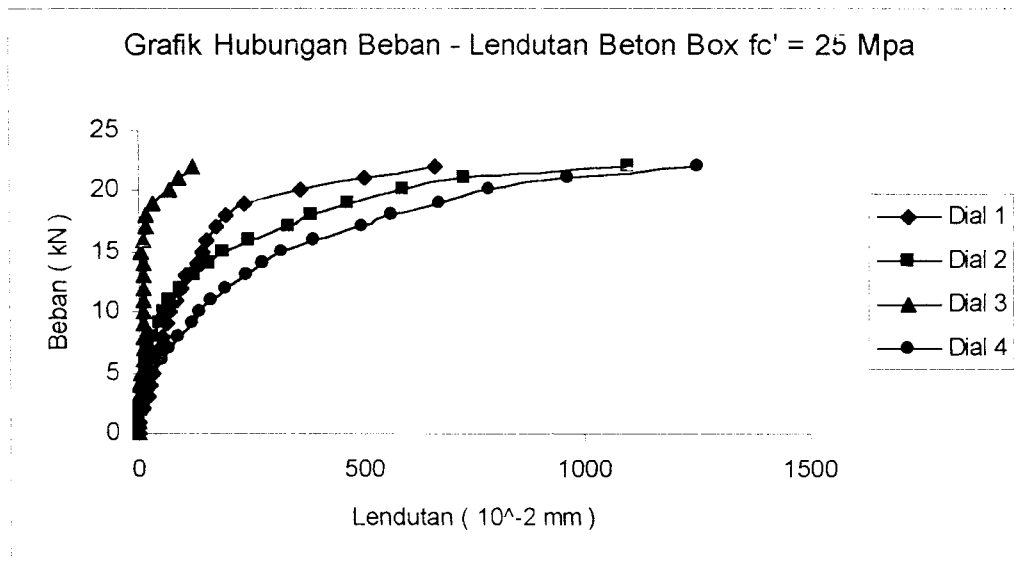


Gambar 5.5 Grafik Hubungan Beban-Lendutan Beton Box  $f_c' = 20$  Mpa

### Benda Uji B-1

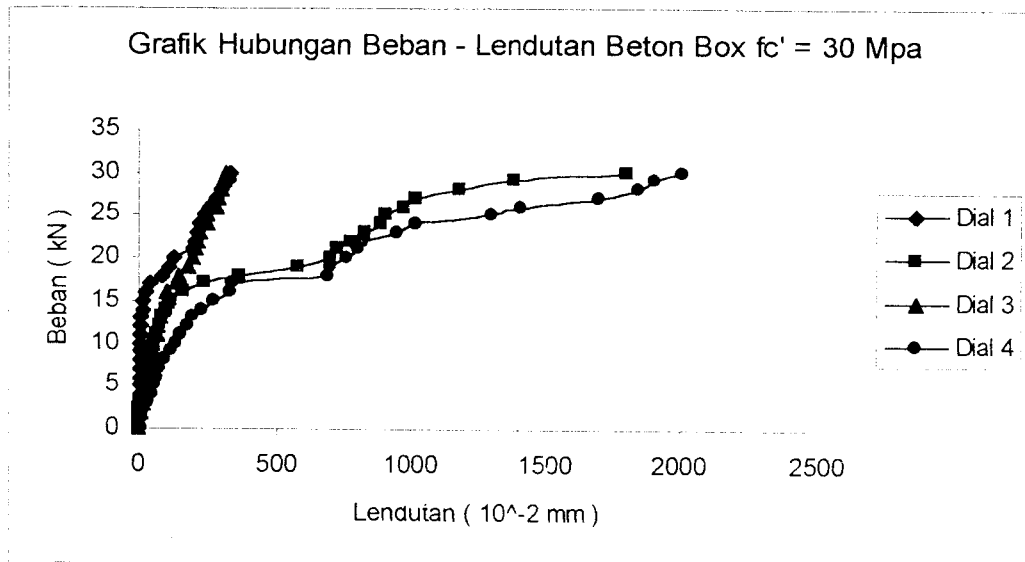


### Benda Uji B-2

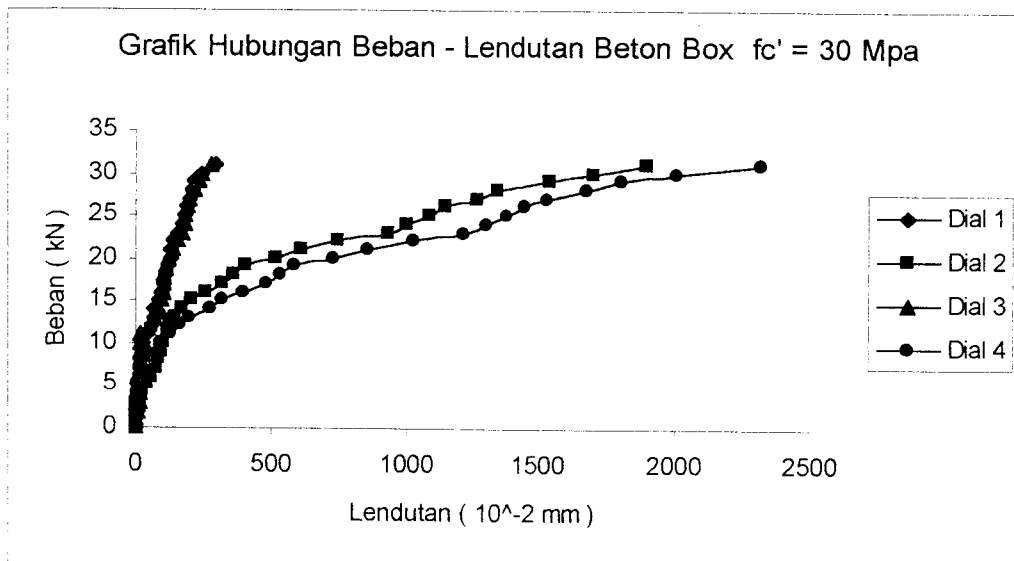


Gambar 5.6 Grafik Hubungan Beban-Lendutan Beton Box  $f_c' = 25 \text{ Mpa}$

### Benda Uji C-1



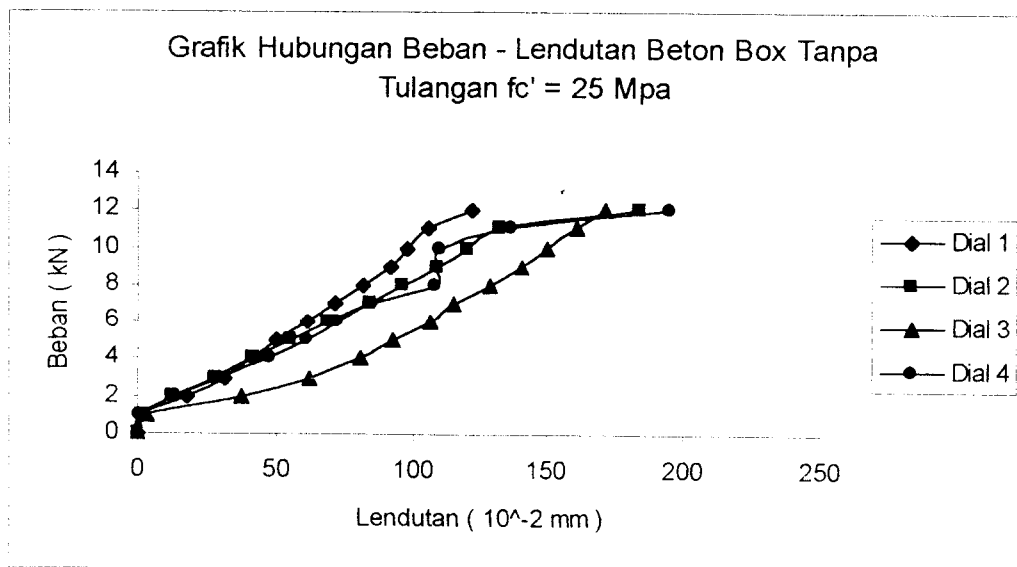
### Benda Uji C-2



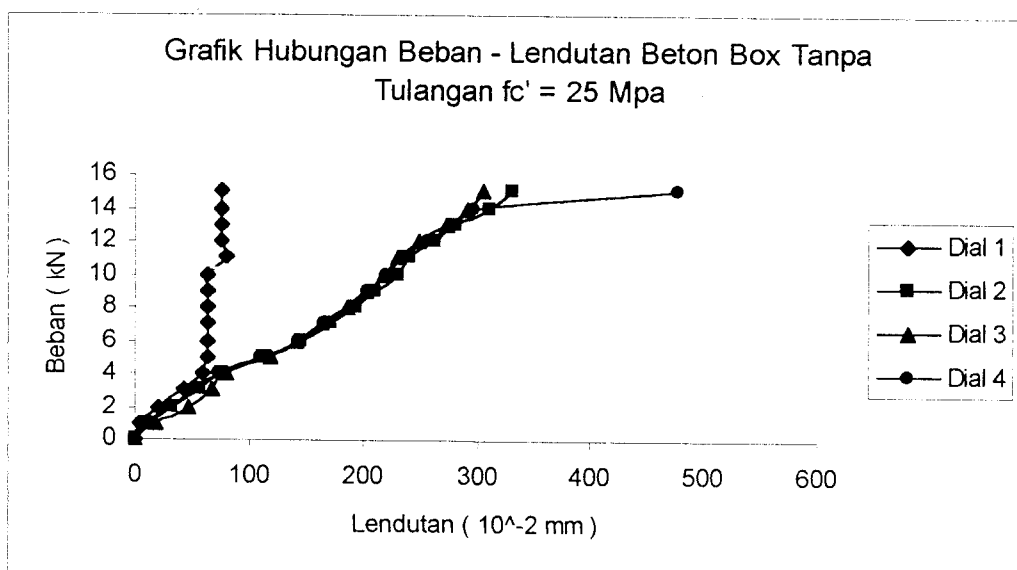
**Gambar 5.7** Grafik Hubungan Beban-Lendutan Beton Box  $f_c' = 30 \text{ Mpa}$



### Benda Uji D-1

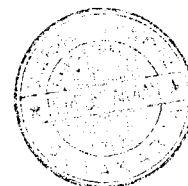


### Benda Uji D-2



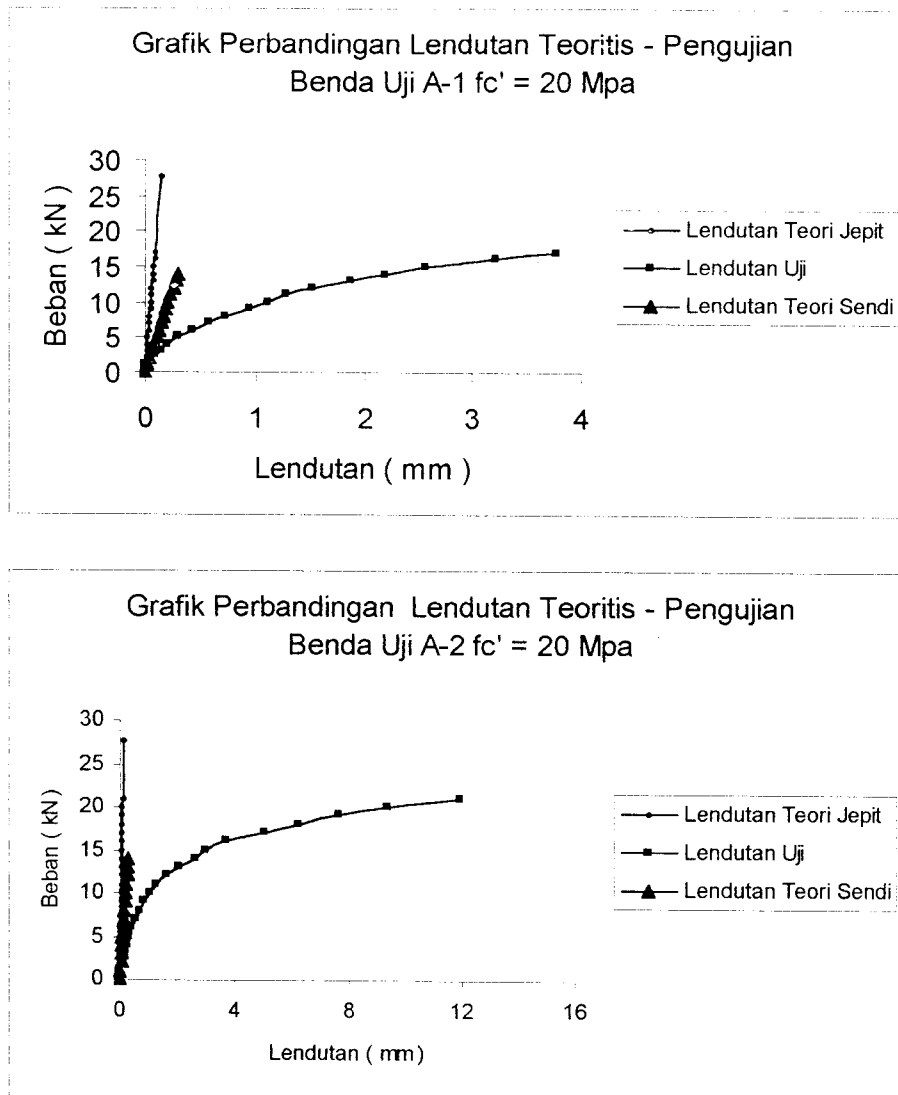
**Gambar 5.8** Grafik Hubungan Beban-Lendutan Beton Box Tanpa Tulangan

$f_c' = 25 \text{ Mpa}$

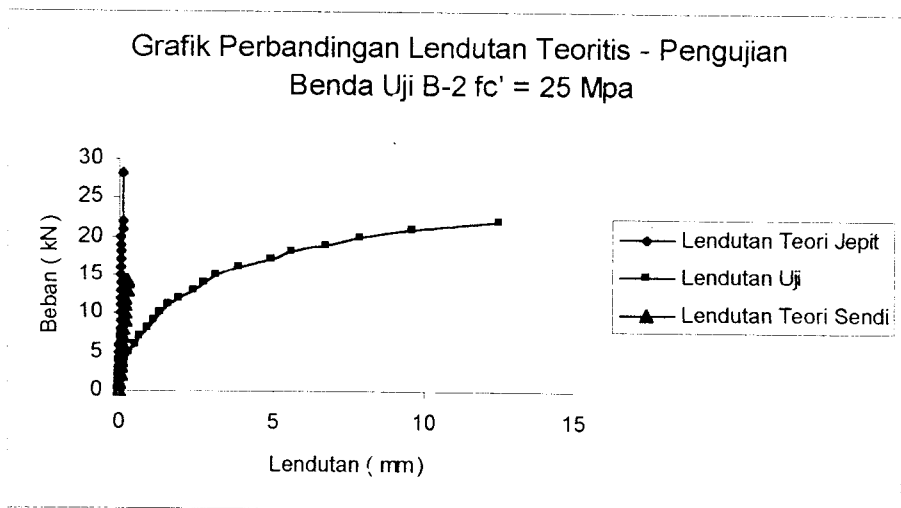
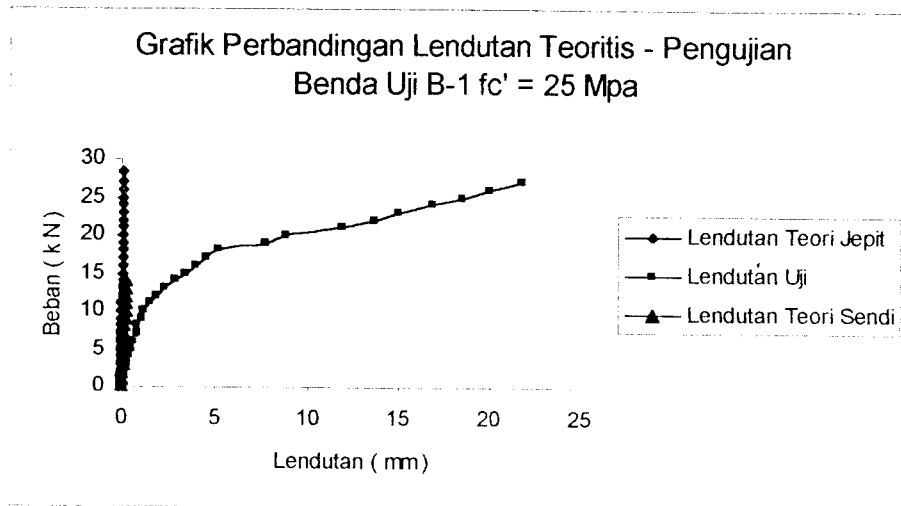


### 5.3.2 Perbandingan Hubungan Beban-Lendutan Teoritis dan Pengujian

Dari hasil pengujian kuat lentur beton box diperoleh hubungan beban-lendutan pengujian, kemudian dibandingkan dengan lendutan teoritis yang dihitung dengan menggunakan beban rencana berdasarkan persamaan. Hitungan beban rencana dapat dilihat pada lampiran

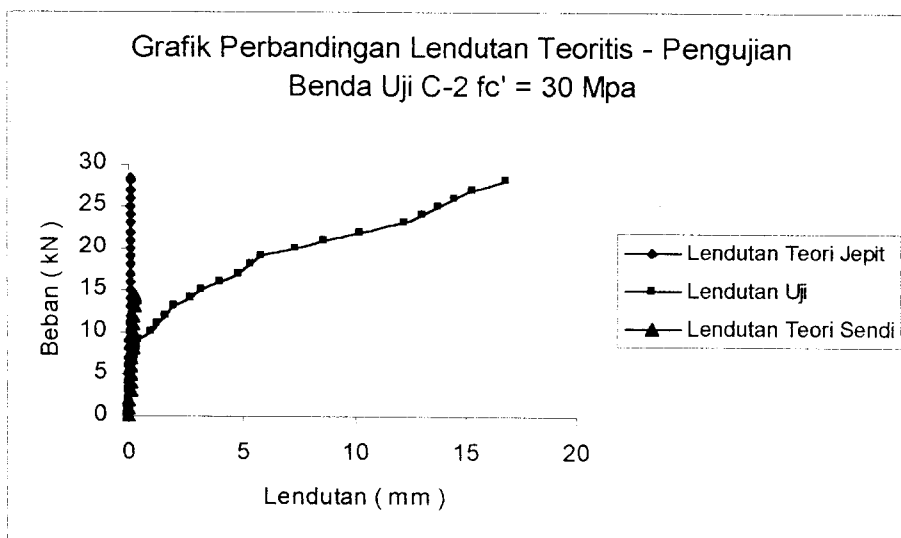
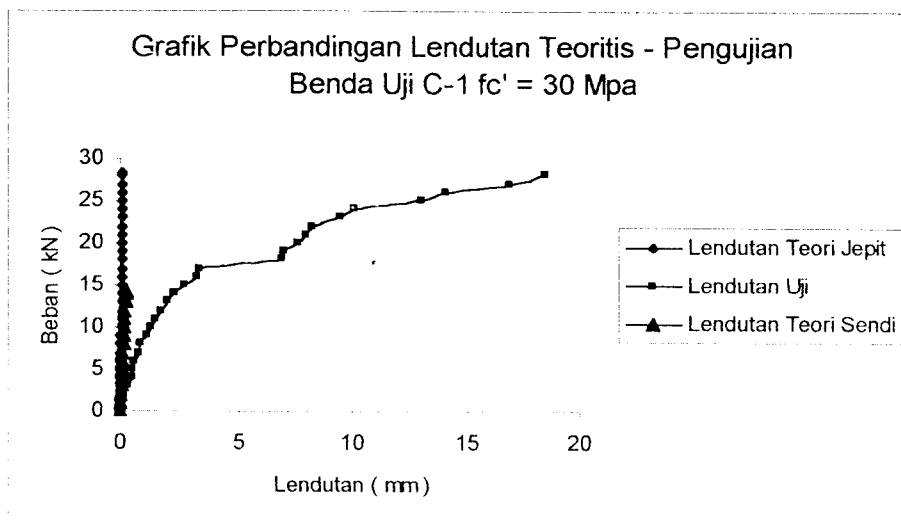


**Gambar 5.9** Grafik Perbandingan Lendutan Teoritis dan Pengujian  
Benda Uji  $f_c' = 20$  Mpa



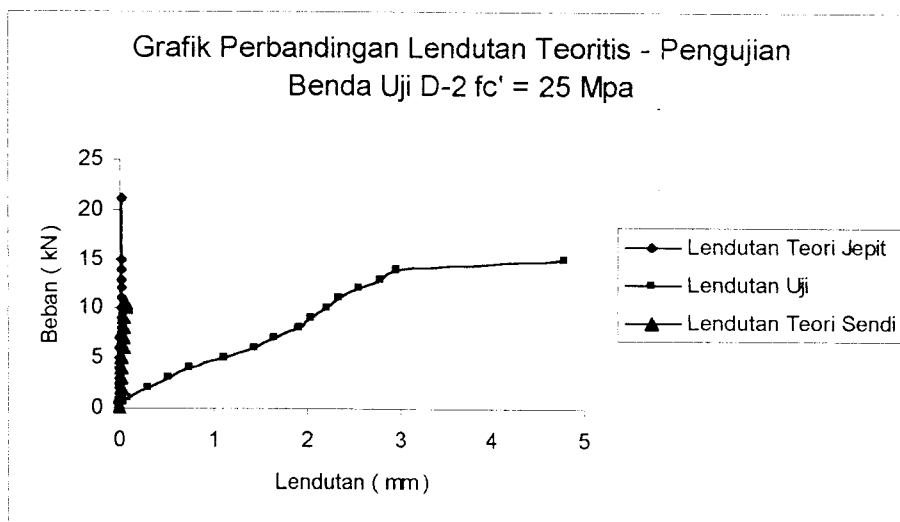
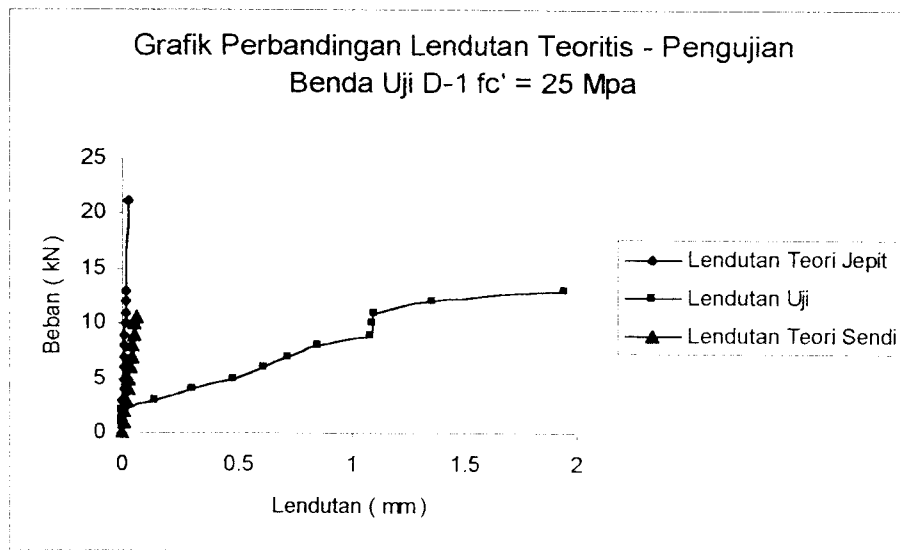
**Gambar 5.10** Grafik Perbandingan Lendutan Teoritis dan Pengujian

Benda Uji  $f_c' = 25$  Mpa



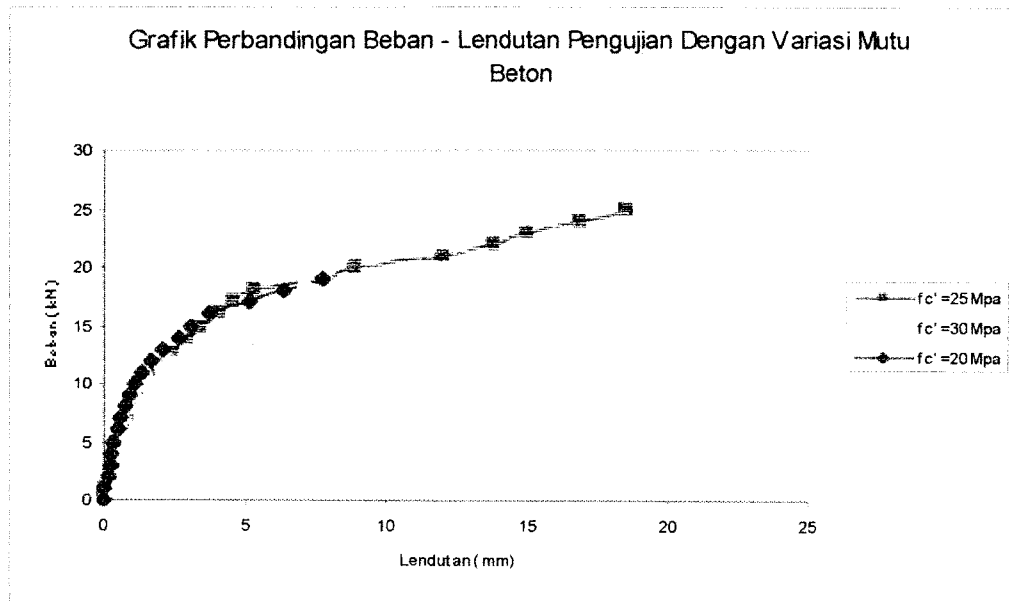
**Gambar 5.11** Grafik Perbandingan Lendutan Teoritis dan Pengujian

Benda Uji  $f_c' = 30 \text{ Mpa}$



**Gambar 5.12** Grafik Perbandingan Lendutan Teoritis dan Pengujian

Benda Uji Tanpa Tulangan  $f_c' = 25$  Mpa



**Gambar 5.13** Grafik Perbandingan Beban-Lendutan Dengan Variasi Mutu Beton

### 5.3.3 Analisis Data Hubungan Beban dengan Lendutan

Dari hasil grafik hubungan beban – lendutan diatas dan data pengujian pada lampiran VII maka dapat disimpulkan nilai kekakuan struktur beton box pada tabel 5.6.

**Tabel 5.6** Analisis Kekakuan Hubungan Beban - Lendutan

Benda Uji	$f'c$	Jenis Benda Uji	Beban ( P ) kN	Lendutan ( $\Delta$ ) mm	Kekakuan ( $P/\Delta$ ) kN/mm
A-1	20	Dengan tulangan	17	3,77	4,51
A-2	20		21	11,92	1,76
B-1	25		27	21,85	1,2357
B-2	25		22	12,5	1,76
C-1	30		28	20,05	1,4
C-2	30		28	23,2	1,207
D-1	25	Tanpa tulangan	12	1,95	6,154
D-2	25		15	4,785	3,135

Untuk nilai rata-rata hubungan beban-lendutan dapat dilihat pada grafik 3.15 maka dapat disimpulkan nilai kekakuan struktur beton box dengan variasi mutu beton pada tabel 5.7 dibawah ini.

**Tabel 5.7** Analisis Kekakuan Rata-Rata Hubungan Beban - Lendutan

Benda Uji	Jenis Benda Uji	Beban Rata-Rata ( P ) kN	Lendutan Rata-Rata ( $\Delta$ ) mm	Kekakuan Rata-Rata kN/mm
A	Dengan tulangan	19	7,845	2,422
B		24,5	17,175	1,426
C		28	21,625	1,3
D	Tanpa tulangan	13,5	3,3675	4,01

Dari tabel hubungan beban - lendutan juga dipakai untuk mencari nilai kekakuan ( $P/\Delta$ ) sehingga diketahui mutu beton berpengaruh pada kekakuan struktur beton box. Nilai kekakuan rata-rata untuk  $f_c' = 20$  Mpa adalah 2,422 kN/mm, untuk  $f_c' = 25$  Mpa adalah 1,426 kN/mm, untuk  $f_c' = 30$  Mpa adalah 1,3 kN/mm, dan untuk struktur beton box tanpa tulangan  $f_c'=25$  Mpa adalah 4,01 kN/mm.

## 5.4 Pembahasan

### 5.4.1 Kuat Desak Beton

Dari hasil pengujian kuat desak masing-masing silinder beton dapat dilihat pada lampiran II dan dihitung dengan rumus (3.1) dan (3.2) diperoleh kuat

desak beton yang memenuhi kuat desak beton yang direncanakan seperti pada tabel dibawah ini.

**Tabel 5.8** Mutu Beton

$f_c'$ ( Mpa )	$f_c$ ( Mpa )	$f_c$ ( $kg/cm^2$ )
20	26,66246	266,6246
25	31,873	318,730
30	35,9422	359,442

#### 5.4.2 Kuat Tarik Baja

Hasil perhitungan kuat leleh baja yang dapat dilihat pada lampiran III dan tabel 5.3 menunjukkan bahwa kuat leleh rata-rata benda uji baja adalah  $3066,15 kg/cm^2 = 306,615 Mpa$ . Maka dengan melihat tabel 5.8 baja tersebut termasuk baja lunak.

**Tabel 5.9** Klasifikasi Mutu Baja

Mutu	Jenis	Tegangan Leleh ( $kg/cm^2$ )
U <sub>22</sub>	Baja Lunak	2200
U <sub>24</sub>	Baja Lunak	2400
U <sub>32</sub>	Baja Sedang	3200
U <sub>39</sub>	Baja Keras	3900
U <sub>48</sub>	Baja Keras	4800

( Sumber : PBI : 71 )

#### 5.4.3 Kuat Tekan Stuktur Beton Box Berdasarkan Beban dan Lendutan

Dengan memperhatikan grafik hubungan beban-lendutan dari semua benda uji maka dapat disimpulkan bahwa semua benda uji memiliki perilaku dan kerusakan yang sama. Benda uji akan menahan beban yang terus meningkat sampai titik lelehnya baja tulangan yang diikuti dengan hancurnya beton. Setelah



itu kemampuan menahan beban akan menurun dengan diikuti semakin bertambahnya lendutan yang terjadi. Beton box dengan mutu beton yang semakin tinggi, beban yang ditahan semakin besar. Hal ini dapat dilihat dari grafik hubungan beban dan lendutan. Dari hasil pengujian dapat diketahui beban rata-rata yang dapat ditahan oleh beton  $f_c' = 20$  Mpa sebesar 19 kN,  $f_c' = 25$  Mpa mampu menahan beban sebesar 24,5 kN dan  $f_c' = 30$  Mpa mampu menahan beban sebesar 28 kN.

Struktur beton box tanpa tulangan dapat menahan beban lebih kecil dari pada yang menggunakan tulangan hal ini dikarenakan beton tanpa tulangan hanya mampu menahan gaya tarik sebatas kuat tariknya betonnya saja. Oleh karena itu dalam merencanakan digunakan tulangan. Dalam perencanaan menggunakan tulangan rangkap tetapi setelah dianalisis tulangan atas yang dianggap pada daerah tekan, berada pada daerah tarik sehingga dalam perhitungan menggunakan tulangan tunggal/tarik saja.

#### **5.4.4 Kuat Tekan Struktur Beton Box Berdasarkan Lendutan Teoritis dan Lendutan Uji**

Dari grafik perbandingan lendutan pengujian dan teoritis terlihat bahwa lendutan pengujian lebih besar dari lendutan teoritis. Salah satu faktor yang menyebabkan adalah penurunan pada sisi atas yang disebabkan oleh lendutan pada sisi samping ( pembacaan dial 1 dan 3 pada lampiran VI ) dan lendutan sendiri pada sisi atas struktur beton box. Dengan begitu lendutan yang terjadi pada

tengah bentang bertambah seiring semakin besarnya lendutan yang terjadi pada sisi-sisi- samping struktur beton box.

#### **5.4.5 Kekakuan Ditinjau dari Hubungan Beban dan Lendutan**

Dari tabel hubungan beban-lendutan juga dipakai untuk mencari nilai kekakuan ( $P/\Delta$ ) sehingga diketahui mutu beton berpengaruh pada kekakuan struktur beton box. Nilai kekakuan rata-rata untuk  $f'c = 20$  Mpa adalah 2,422 kN/mm, untuk  $f'c = 25$  Mpa adalah 1,426 kN/mm, untuk  $f'c = 30$  Mpa adalah 1,3 kN/mm, dan untuk struktur beton box tanpa tulangan  $f'c=25$  Mpa adalah 4,01 kN/mm.

Dari hasil analisis yang diperoleh baik dari hitungan teoritis maupun pengujian di lapangan diketahui bahwa mutu beton sangat berpengaruh terhadap kekuatan, kekakuan, dan lendutan yang terjadi terhadap struktur beton box.

#### **5.5 Analisis Kerusakan Benda Uji**

Kerusakan yang terjadi pada struktur beton box dalam pengujian mempunyai perilaku kerusakan yang hampir sama. Kerusakan yang terjadi berupa retak yang dimulai retak rambut, retak pertama terjadi pada tengah bentang atau dibawah beban kemudian diikuti retak pada pertemuan antar bentang pada sisi atas dan samping, hal ini dikarenakan menerima momen yang besar.

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan mengenai beton box sebagai berikut :

1. Semakin tinggi mutu beton yang direncanakan maka semakin besar pula beban yang dapat ditahan oleh struktur beton box. Beban rata-rata yang dapat ditahan  $f_c' = 20$  Mpa sebesar 19 kN,  $f_c' = 25$  Mpa sebesar 24,5 kN, dan  $f_c' = 30$  Mpa sebesar 28 kN.
2. Kekakuan yang didapat dalam pengujian semakin kecil karena terjadi penurunan pada sisi atas dan samping. Hal ini bertentangan dengan teori, karena kemungkinan terjadi kesalahan pengukuran lendutan.
3. Kerusakan terbesar yang disebabkan beban luar terjadi pada tengah bentang, hal ini disebabkan momen pada tengah bentang paling besar
4. Dari hasil pengujian dengan mutu beton yang semakin besar didapatkan modulus elastis yang semakin besar pula. Dengan menggunakan rumus :  $4700 \sqrt{f'_c}$

5. Struktur beton box tanpa tulangan menerima beban lebih kecil dibandingkan dengan struktur beton box yang menggunakan tulangan, hal ini disebabkan apabila beton ditambah dengan tulangan maka kekuatannya menjadi semakin besar dalam menerima beban.

## 6.2 Saran

Untuk melakukan penelitian lebih lanjut mengenai struktur beton box maka perlu dilakukan hal-hal sebagai berikut :

1. Perlu adanya pembaharuan tentang peraturan – peraturan yang telah ditentukan. Dalam penelitian ini menggunakan metode ACI.
2. Perlu penelitian dengan memperbanyak sampel benda uji sehingga didapat hasil yang signifikan dari struktur beton box yang ada di lapangan.
3. Perlu adanya penelitian tentang struktur beton box dengan panjang yang berbeda – beda yang diasumsikan sebagai balok.
4. Perlu penelitian dengan variasi mutu beton yang banyak sehingga didapat mutu beton yang benar – benar sesuai dalam perancangan.
5. Perlu melakukan penelitian dengan memperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhinya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ir. Kardiyono Tjokrodinuljo, ME, 1992, BAHAN BANGUNAN, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.
- Ir. Kardiyono Tjokrodinuljo, ME, 1992, TEKNOLOGI BETON, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.
- Istimawan Dipohusodo, 1994, STRUKTUR BETON BERTULANG, PT Gramedia, Jakarta.
- Ir. Kadir Aboe, MS, Bahan Kuliah STRUKTUR BETON BERTULANG I, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UII, Yogyakarta.
- Ir. L . Taulu dkk, 1990, MEKANIKA TANAH dan TEKNIK PONDASI, PT Pradanya Paramita, Jakarta.
- Wang – Salmon, 1994, DISAIN BETON BERTULANG, PT Erlangga, Jakarta.
- Ir. Gunawan, 1998, Diktat KONSTRUKSI BETON I, Delta Teknik Group, Jakarta.
- Gere dan Timosheko, 1987, MEKANIKA BAHAN, Erlangga, Jakarta.
- Ferdinanad L. Singer, 1985, KEKUATAN BAHAN, Erlangga, Jakarta
- Dep. Pek. Umum, 1971, PBB, DPU, Bandung.

# LAMPIRAN



# UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

## FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

KAMPUS : Jalan Kaliurang Km. 14,4 Tel. 895042, 895707, 896440, Fax. 895330, Yogyakarta 55584

Nomor : 31/Kajur.TS.20/Bg.Pn./IV/2003  
Lamp. : -  
Hal : BIMBINGAN TUGAS AKHIR  
Periode : III ( Maret - Agustus 2003 ).

FM-UII-AA-FPU-09  
Yogyakarta, 03 April 2003

Kepada Yth. :  
Bapak/Ibu : **Ir. H. Suharyatmo, MT.**  
Di - Yogyakarta.

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

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

1. Nama : **M. Rizqon Kurniawan**  
No. Mhs. : **98511027**  
Bidang Studi : **TS.**  
Tahun akademi : **2002/2003**
2. Nama : **Sri Purwantoro**  
No. Mhs. : **98511225**  
Bidang Studi : **TS.**  
Tahun akademi : **2002/2003**

Dapat diberikan petunjuk-petunjuk, pengarahan serta bimbingan dalam melaksanakan Tugas Akhir.

Kedua mahasiswa tersebut merupakan satu kelompok dengan dosen pembimbing sbb :

Dosen Pembimbing I : **Ir. H. Suharyatmo, MT.**  
Dosen Pembimbing II : **Ir. H. A. Kadir Aboe, MS.**

Dengan mengambil Topik/Judul :  
*Studi eksperimen perilaku beton box dengan dimensi variasi mutu beton*

Demikian atas bantuan serta kerjasamanya diucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

An. Dekan  
Ketua Jurusan Teknik Sipil,

Ir. H. Munadhir, MS.

**Tembusan :**

1. Dosen Pembimbing ybs.
2. Mahasiswa ybs.
3. Arsip/Jurusan Teknik Sipil.



# UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

## FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

KAMPUS : Jalan Kaliurang Km. 14,4 Tel. 895042, 895707, 896440, Fax. 895330, Yogyakarta 55584

Nomor : 31/Kapur.TS.20/Bg.Pn./TV/2003  
Lamp. : -  
Hal : BIMBINGAN TUGAS AKHIR  
Periode : III ( Maret - Agustus 2003 ).

FM-UII-AA-FPU-09  
Yogyakarta, 03 April 2003

Kepada Yth. :  
Bapak/Ibu. : **Ir. H. A. Kadir Aboe, MS.**  
Di - Yogyakarta.

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

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

- 1 Nama : **M. Rizqou Kurniawan**  
No. Mhs. : **98511027**  
Bidang Studi : **TS.**  
Tahun akademi : **2002/2003**
- 2 Nama : **Sri Purwantoro**  
No. Mhs. : **98511225**  
Bidang Studi : **TS.**  
Tahun akademi : **2002/2003**

Dapat diberikan petunjuk-petunjuk, pengarahan serta bimbingan dalam melaksanakan Tugas Akhir.

Kedua mahasiswa tersebut merupakan satu kelompok dengan dosen pembimbing sbb :

Dosen Pembimbing I : **Ir. H. Suharyatno, MT.**  
Dosen Pembimbing II : **Ir. H. A. Kadir Aboe, MS.**

Dengan mengambil Topik/Judul :

**Studi eksperimen perilaku beton box dengan dimensi variasi mutu beton**

Demikian atas bantuan serta kerjasamanya diucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

An. Dekan  
Ketua Jurusan Teknik Sipil,

Ir. H. Munadhir, MS.

Tembusan :

1. Dosen Pembimbing ybs.
2. Mahasiswa ybs.
3. Arsip/Jurusan Teknik Sipil.





### KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO.	N A M A	NO. MHS.	BID.STUDI
1	M.Rizqon Kurniawan	98511027	Teknik Sipil
2	Sri Purwanto	98511225	Teknik Sipil

**JUDUL TUGAS AKHIR :**

**Studi eksperimen perilaku beton box dengan ~~element~~ variasi mutu beton**

**PERIODE III : MARET - AGUSTUS  
TAHUN : 2002 / 2003**

No.	Kegiatan	Bulan Ke :					
		Mar.	Apr.	Mei.	Jun.	Jul.	Aug.
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. Suharyatmo, MT.**  
**Ir. H. A. Kadir Aboc, MS.**



Yogyakarta, 03 April 2003  
a.n. Dekan,  
  
**Ir. H. Munadhir, MS**

**Catatan.**

Seminar : .....  
Sidang : .....  
Pendadaran : .....



# **LAMPIRAN I**

**Hasil Uji SSD, MHB, Berat Jenis Agregat,  
dan Nilai Faktor Kemungkinan**



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

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

DATA PEMERIKSAAN  
 BERAT VOLUME AGREGAT HALUS " SSD "

Jenis benda uji : \_\_\_\_\_  
 Nama benda uji : \_\_\_\_\_  
 Asal : \_\_\_\_\_  
 Keperluan : \_\_\_\_\_

Di periksa oleh :  
 1. M. Rizqon Kurniawan  
 2. Sri Purwanono

Tanggal : 7 Juni 2003

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 ( $W_1$ )	4,4 Kg	5,4 Kg
Berat tabung + Agregat ( $W_2$ )	12,85 Kg	14,5 Kg
Volume tabung $\frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot t$	$5,2987 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$	$5,2987 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
Berat volume $\frac{W_2 - W_1}{V}$	1,603811 t/m <sup>3</sup>	1,737406 t/m <sup>3</sup>
Berat volume rata-rata	1,67005... t/m <sup>3</sup>	

Yogyakarta, \_\_\_\_\_

Mengetahui  
 Laboratorium BKT FTSP UII,



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

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

DATA PEMERIKSAAN  
 BERAT VOLUME AGREGAT KASAR " SSD "

Jenis benda uji : \_\_\_\_\_ Di periksa oleh :  
 Nama benda uji : \_\_\_\_\_ 1. M. Rizqon Kurniawan  
 Asal : \_\_\_\_\_ 2. Sri Purwantono  
 Keperluan : \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ Tanggal : 7 Juni 2003

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 ( $W_1$ )	4,4 Kg	5,4 Kg
Berat tabung + Agregat ( $W_2$ )	12,5 Kg	14,3 Kg
Volume tabung $\frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot t$	$5,29875 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$	$5,29875 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
Berat volume $\frac{W_2 - W_1}{V}$	1,528.6624 t/m <sup>3</sup>	1,79.2875 t/m <sup>3</sup>
Berat volume rata-rata	1,660.76.g. t/m <sup>3</sup>	

Yogyakarta, \_\_\_\_\_

Mengetahui

Laboratorium BKT FTSP UII,



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

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

DATA PEMERIKSAAN  
 MODULUS HALUS BUTIR PASIR

Jenis benda uji : \_\_\_\_\_ Di periksa oleh :  
 Nama benda uji : \_\_\_\_\_ 1. M. Rizwan Kurniawan  
 Asal : \_\_\_\_\_ 2. Sri Purwantono  
 Keperluan : \_\_\_\_\_  
 Tanggal : 7 Juni 2002

Saringan		Berat tertinggal gram		Berat tertinggal %		Berat kumulatif	
No	Ø lubang mm	I	II	I	II	I	II
1	40	—	—	.....	.....	.....	.....
2	20	—	—	.....	.....	.....	.....
3	10	—	—	.....	.....	.....	.....
4	4.75	90,65	93,55	4,533	4,678	4,533	4,678
5	2.36	114,65	117,63	5,732	5,882	10,265	10,56
6	1.18	368,60	379,25	18,43	18,963	28,695	29,523
7	0.600	550,1	558,63	27,505	27,932	56,200	57,415
8	0.300	392,90	395,7	19,645	19,785	75,845	77,240
9	0.150	284,89	278,20	14,245	13,91	90,09	91,150
10	Pan	187,71	167,64	9,386	8,322	-----	-----
<b>Jumlah</b>						265,62	270,606

Jumlah rata - rata 268,113

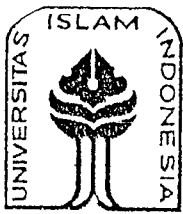
268,113

MODULUS HALUS BUTIR =  $\frac{\dots}{100} \times 100\% = \boxed{2,68}$

Yogyakarta, \_\_\_\_\_

Mengetahui

Laboratorium BKT FTSP UII



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



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

DATA PEMERIKSAAN  
MODULUS HALUS BUTIR KERIKIL

Jenis benda uji : \_\_\_\_\_  
Nama benda uji : \_\_\_\_\_  
Asal : \_\_\_\_\_  
Keperluan : \_\_\_\_\_

Di periksa oleh :  
1. M. Rizqon Kurniawan  
2. Sri Purwantono

Tanggal : 7 Juni 2003

No	Saringan Ø lubang mm	Berat tertinggal gram		Berat tertinggal %		Berat kumulatif	
		I	II	I	II	I	II
1	40	---	---	---	---	---	---
2	20	---	---	---	---	---	---
3	10	1600,86	1579,65	60,028	78,983	80,028	78,983
4	4.75	356,15	369,90	17,888	18,495	97,916	97,478
5	2.36	19,30	15,40	0,965	0,77	98,881	98,248
6	1.18	5,46	10,5	0,273	0,525	99,15	98,772
7	0.600	2,10	7,87	0,165	0,354	99,319	99,127
8	0.300	3,30	3,46	0,165	0,173	99,984	99,3
9	0.150	6,35	4,11	0,3775	0,205	99,801	99,50
10	P a n	2,18	2,11	0,109	0,106	-----	-----
Jumlah						674,57	671,409

Jumlah rata - rata 672,989

$$\text{MODULUS HALUS BUTIR} = \frac{672,989}{100} \times 100\% = \boxed{6,73}$$

Yogyakarta, \_\_\_\_\_

Mengetahui

Laboratorium BKT FTSP UII,



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jln. Kallurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta.

DATA PEMERIKSAAN  
 BERAT JENIS AGREGAT HALUS

Jenis benda uji : \_\_\_\_\_ Di periksa oleh :  
 Nama benda uji : \_\_\_\_\_ 1. M. Rizqon Kurniawan  
 Asal : \_\_\_\_\_ 2. Sri Purwantono  
 Keperluan : \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ Tanggal : 7 Juni 2003

ALAT – ALAT

1. Gelas ukur kap 1000 ml
2. Timbangan ketelitian 0.01 gram
3. Piring , Sendok , Lap, dan lain-lain

	BENDA UJI I		BENDA UJI II	
	Berat agregat ( W )	200...	Gram	200..
Volume air ( V <sub>1</sub> )	900...	Cc	900.	Cc
Volume air + Agregat ( V <sub>2</sub> )	982....	Cc	988.	Cc
Berat jenis ( BJ ) $\frac{W}{V_2 - V_1}$	2,43		2,27...	
Berat jenis rata – rata	2,3513			

Catatan :

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Yogyakarta, \_\_\_\_\_

Mengetahui  
 Laboratorium BKT FTSP UII,





LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

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

**DATA PEMERIKSAAN**  
**BERAT JENIS AGREGAT KASAR**

Jenis benda uji : \_\_\_\_\_  
Nama benda uji : \_\_\_\_\_  
Asal : \_\_\_\_\_  
Keperluan : \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Di periksa oleh :

1. M. Rizqon Kurnawan  
2. Sri Purwantono

Tanggal : 7 Juni 2003

**ALAT – ALAT**

1. Gelas ukur kap 1000 ml
2. Timbangan ketelitian 0.01 gram
3. Piring , Sendok , Lap, dan lain-lain

	BENDA UJI I		BENDA UJI II	
	Berat agregat ( W )	200...	Gram	200.
Volume air ( V <sub>1</sub> )	900...	Cc	900.	Cc
Volume air + Agregat ( V <sub>2</sub> )	980...	Cc	975.	Cc
<b>Berat jenis ( BJ )</b> $\frac{W}{V_2 - V_1}$	2,5		2,667	
Berat jenis rata – rata	2,583			

Catatan :

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Yogyakarta, \_\_\_\_\_

Mengetahui

Laboratorium BKT FTSP UII,



## **LAMPIRAN II**

### **Data Hasil Uji Kuat Desak Beton**

## TABEL HASIL PENGUJIAN KUAT DESAK BETON

### I. SILINDER BETON $f_c' = 20 \text{ Mpa}$

#### BENDA UJI I

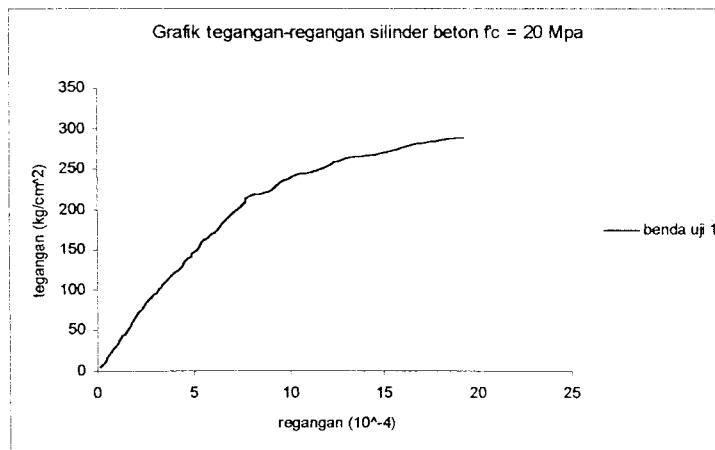
- Diameter ( $D$ ) = 15,02 cm

- Tinggi ( $L_0$ ) = 29,71 cm

- Luas Tampang ( $A$ ) = 177,0963 cm<sup>2</sup>

Beban (P) (kN)	Beban (P) (kg)	Tegangan (P/A) (kg/cm <sup>2</sup> )	Perpendekan ( $\Delta L$ ) (10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan ( $\Delta L/L_0$ ) (10 <sup>-4</sup> mm)
1	2	3	4	5
10	1000	5.661713	5	0.168862
20	2000	11.32343	10	0.337724
30	3000	16.98514	15	0.506586
40	4000	22.64685	20	0.675447
50	5000	28.30856	25	0.844309
60	6000	33.97028	30	1.013171
70	7000	39.63199	36	1.215805
80	8000	45.2937	42	1.41844
90	9000	50.95541	46	1.553529
100	10000	56.61713	50	1.688619
110	11000	62.27884	55	1.857481
120	12000	67.94055	60	2.026342
130	13000	73.60226	65	2.195204
140	14000	79.26398	72	2.431611
150	15000	84.92569	76	2.5667
160	16000	90.5874	82	2.769335
170	17000	96.24912	90	3.039514
180	18000	101.9108	95	3.208376
190	19000	107.5725	100	3.377237
200	20000	113.2343	108	3.647416
210	21000	118.896	115	3.883823
220	22000	124.5577	125	4.221547
230	23000	130.2194	130	4.390409
240	24000	135.8811	135	4.559271
250	25000	141.5428	145	4.896994
260	26000	147.2045	146	4.930767
270	27000	152.8662	155	5.234718
280	28000	158.528	160	5.40358
290	29000	164.1897	168	5.673759
300	30000	169.8514	175	5.910165

310	31000	175.5131	185	6.247889
320	32000	181.1748	190	6.416751
330	33000	186.8365	198	6.68693
340	34000	192.4982	205	6.923337
350	35000	198.1599	211	7.125971
360	36000	203.8217	220	7.429922
370	37000	209.4834	228	7.700101
380	38000	215.1451	230	7.767646
390	39000	220.8066	255	8.611955
400	40000	226.4685	270	9.118541
410	41000	232.1302	280	9.456265
420	42000	237.7919	295	9.96285
430	43000	243.4536	305	10.30057
440	44000	249.1154	340	11.48261
450	45000	254.7771	360	12.15805
460	46000	260.4388	375	12.66464
470	47000	266.1005	410	13.84667
480	48000	271.7622	450	15.19757
490	49000	277.4239	480	16.21074
500	50000	283.0856	515	17.39277
510	51000	288.7473	570	19.25025



$$\begin{aligned}
 \text{Kuat Desak} &= \frac{\text{Beban Maksimum}}{\text{Luas Tampang}} \\
 &= \frac{56000 \text{ kg}}{177,0963 \text{ cm}^2} \\
 &= 316,2121 \text{ kg/cm}^2 = 31,62121 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Modulus Elastis ( E )} &= 4700 \sqrt{f'c} \\ &= 26429,3876 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

**BENDA UJI 2**

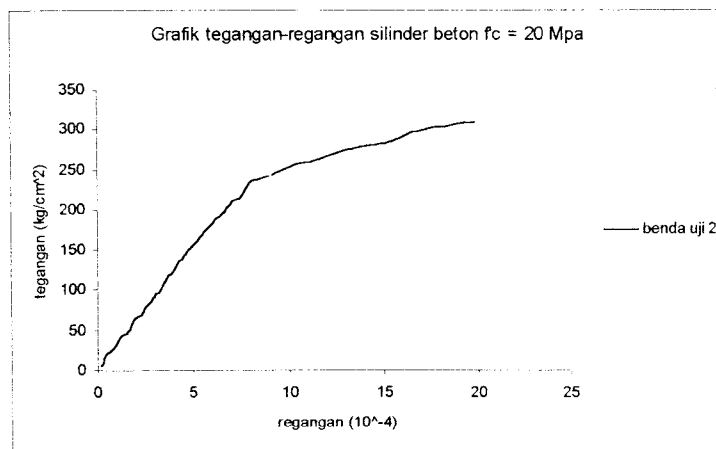
- Diameter ( D )                    14,8 cm.

- Tinggi ( Lo )                    30 cm.

- Luas Tampang ( A )            174,2779 cm<sup>2</sup>

Beban ( P ) ( kN )	Beban ( P ) ( kg )	Tegangan ( P/A ) ( kg/cm <sup>2</sup> )	Perpendekan ( ΔL ) ( 10 <sup>-3</sup> mm )	Regangan ( ΔL/Lo ) ( 10 <sup>-4</sup> mm )
1	2	3	4	5
10	1000	5.737962	5	0.166667
20	2000	11.47592	10	0.333333
30	3000	17.21389	11	0.366667
40	4000	22.95185	19	0.633333
50	5000	28.68981	24	0.8
60	6000	34.42777	30	1
70	7000	40.16574	35	1.166667
80	8000	45.9037	45	1.5
90	9000	51.64166	50	1.666667
100	10000	57.37962	53	1.766667
110	11000	63.11758	57	1.9
120	12000	68.85555	68	2.266667
130	13000	74.59351	72	2.4
140	14000	80.33147	75	2.5
150	15000	86.06943	83	2.766667
160	16000	91.80739	88	2.933333
170	17000	97.54536	95	3.166667
180	18000	103.2833	100	3.333333
190	19000	109.0213	105	3.5
200	20000	114.7592	108	3.6
210	21000	120.4972	115	3.833333
220	22000	126.2352	120	4
230	23000	131.9731	125	4.166667
240	24000	137.7111	130	4.333333
250	25000	143.4491	135	4.5
260	26000	149.187	140	4.666667
270	27000	154.925	148	4.933333
280	28000	160.6629	155	5.166667
290	29000	166.4009	160	5.333333

300	30000	172.1389	165	5.5
310	31000	177.8768	174	5.8
320	32000	183.6148	180	6
330	33000	189.3528	185	6.166667
340	34000	195.0907	195	6.5
350	35000	200.8287	200	6.666667
360	36000	206.5666	208	6.933333
370	37000	212.3046	215	7.166667
380	38000	218.0426	225	7.5
390	39000	223.7805	230	7.666667
400	40000	229.5185	235	7.833333
410	41000	235.2564	240	8
420	42000	240.9944	259	8.633333
430	43000	246.7324	285	9.5
440	44000	252.4703	300	10
450	45000	258.2083	321	10.7
460	46000	263.9463	348	11.6
470	47000	269.6842	375	12.5
480	48000	275.4222	400	13.33333
490	49000	281.1601	435	14.5
500	50000	286.8981	465	15.5
510	51000	292.6361	485	16.16667
520	52000	298.374	508	16.93333
530	53000	304.112	550	18.33333
540	54000	309.85	595	19.83333



$$\text{Kuat Desak} = \frac{\text{Beban Maksimum}}{\text{Luas Tampang}}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{54000 \text{ kg}}{174,2779 \text{ cm}^2} \\ &= 309,85 \text{ kg/cm}^2 = 30,985 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Modulus Elastis ( E )} &= 4700 \sqrt{f'c} \\ &= 26162,16065 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

**BENDA UJI 3**

- Diameter ( D ) = 14,6 cm.

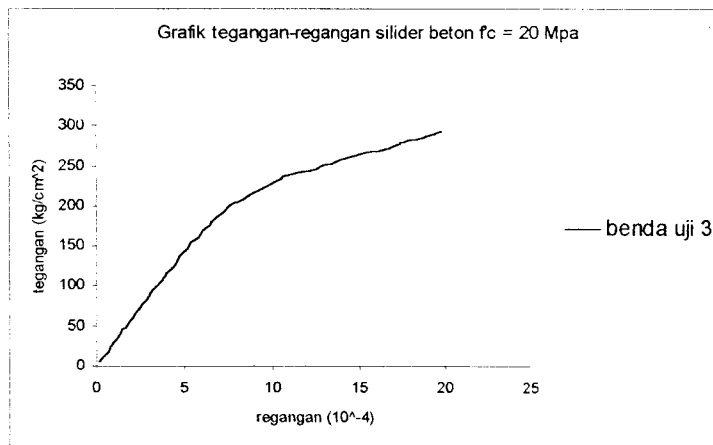
- Tinggi ( Lo ) = 29,39 cm.

- Luas Tampang ( A ) = 167,3306 cm<sup>2</sup>

Beban ( P ) ( kN )	Beban ( P ) ( kg )	Tegangan ( P/A ) ( kg/cm <sup>2</sup> )	Perpendekan ( ΔL ) ( 10 <sup>-3</sup> mm )	Regangan ( ΔL/Lo ) ( 10 <sup>-4</sup> mm )
1	2	3	4	5
10	1000	5.976193	5	0.170126
20	2000	11.95239	12	0.408302
30	3000	17.92858	19	0.646478
40	4000	23.90477	24	0.816604
50	5000	29.88097	30	1.020755
60	6000	35.85716	36	1.224906
70	7000	41.83335	42	1.429058
80	8000	47.80955	48	1.633209
90	9000	53.78574	54	1.83736
100	10000	59.76193	60	2.041511
110	11000	65.73813	65	2.211637
120	12000	71.71432	72	2.449813
130	13000	77.69051	78	2.653964
140	14000	83.66671	84	2.858115
150	15000	89.6429	90	3.062266
160	16000	95.61909	95	3.232392
170	17000	101.5953	102	3.470568
180	18000	107.5715	110	3.74277
190	19000	113.5477	116	3.946921
200	20000	119.5239	122	4.151072
210	21000	125.5001	130	4.423273
220	22000	131.4763	135	4.593399



230	23000	137.4524	140	4.763525
240	24000	143.4286	148	5.035726
250	25000	149.4048	155	5.273903
260	26000	155.381	160	5.444029
270	27000	161.3572	170	5.78428
280	28000	167.3334	175	5.954406
290	29000	173.3096	185	6.294658
300	30000	179.2858	190	6.464784
310	31000	185.262	200	6.805036
320	32000	191.2382	210	7.145288
330	33000	197.2144	220	7.485539
340	34000	203.1906	230	7.825791
350	35000	209.1668	245	8.336169
360	36000	215.143	260	8.846546
370	37000	221.1191	275	9.356924
380	38000	227.0953	290	9.867302
390	39000	233.0715	305	10.37768
400	40000	239.0477	321	10.92208
410	41000	245.0239	365	12.41919
420	42000	251.0001	380	12.92957
430	43000	256.9763	405	13.7802
440	44000	262.9525	435	14.80095
450	45000	268.9287	475	16.16196
460	46000	274.9049	504	17.14869
470	47000	280.8811	520	17.69309
480	48000	286.8573	553	18.81592
490	49000	292.8335	580	19.7346



$$\text{Kuat Desak} = \frac{\text{Beban Maksimum}}{\text{Luas Tampang}}$$

$$= \frac{49000 \text{ kg}}{167,3306 \text{ cm}^2}$$

$$= 292,8335 \text{ kg/cm}^2 = 29,28335 \text{ Mpa}$$

$$\text{Modulus Elastis ( E )} = 4700 \sqrt{f'c}$$

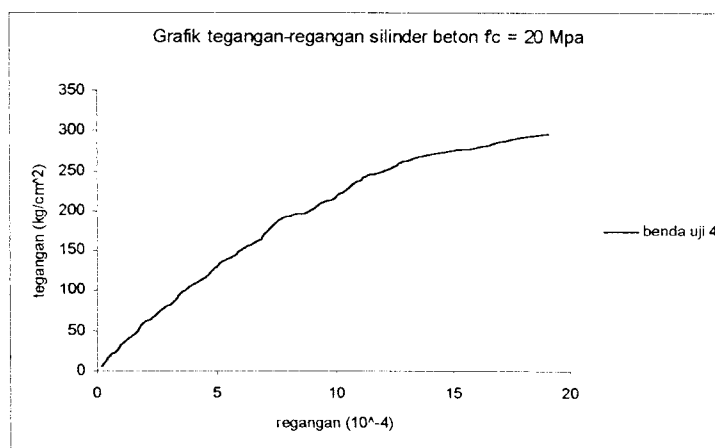
$$= 25433,62344 \text{ N/mm}^2$$

**BENDA UJI 4**

- Diameter ( D ) = 14,8 cm.
- Tinggi ( Lo ) = 29,7 cm.
- Luas Tampang ( A ) = 171,9464 cm<sup>2</sup>

Beban ( P ) ( kN )	Beban ( P ) ( kg )	Tegangan ( P/A ) ( kg/cm <sup>2</sup> )	Perpendekan ( ΔL ) ( 10 <sup>-3</sup> mm )	Regangan ( ΔL/Lo ) ( 10 <sup>-4</sup> mm )
1	2	3	4	5
10	1000	5.815766	5	0.16835
20	2000	11.63153	10	0.3367
30	3000	17.4473	15	0.505051
40	4000	23.26306	21	0.707071
50	5000	29.07883	26	0.875421
60	6000	34.8946	32	1.077441
70	7000	40.71036	40	1.346801
80	8000	46.52613	46	1.548822
90	9000	52.34189	52	1.750842
100	10000	58.15766	56	1.885522
110	11000	63.97342	64	2.154882
120	12000	69.78919	72	2.424242
130	13000	75.60496	78	2.626263
140	14000	81.42072	85	2.861953
150	15000	87.23649	94	3.164983
160	16000	93.05225	100	3.367003
170	17000	98.86802	106	3.569024
180	18000	104.6838	112	3.771044
190	19000	110.4996	124	4.175084
200	20000	116.3153	134	4.511785
210	21000	122.1311	140	4.713805
220	22000	127.9468	145	4.882155

230	23000	133.7626	151	5.084175
240	24000	139.5784	161	5.420875
250	25000	145.3941	171	5.757576
260	26000	151.2099	181	6.094276
270	27000	157.0257	191	6.430976
280	28000	162.8414	200	6.734007
290	29000	168.6572	205	6.902357
300	30000	174.473	210	7.070707
310	31000	180.2887	215	7.239057
320	32000	186.1045	222	7.474747
330	33000	191.9203	232	7.811448
340	34000	197.736	260	8.754209
350	35000	203.5518	270	9.090909
360	36000	209.3676	275	9.259259
370	37000	215.1833	295	9.93266
380	38000	220.9991	300	10.10101
390	39000	226.8149	310	10.43771
400	40000	232.6306	318	10.70707
410	41000	238.4464	328	11.04377
420	42000	244.2622	335	11.27946
430	43000	250.0779	355	11.95286
440	44000	255.8937	372	12.52525
450	45000	261.7095	380	12.79461
460	46000	267.5252	400	13.46801
470	47000	273.341	435	14.64646
480	48000	279.1568	475	15.99327
490	49000	284.9725	495	16.66667
500	50000	290.7883	530	17.84512
510	51000	296.6041	565	19.02357



$$\begin{aligned} \text{Kuat Desak} &= \frac{\text{Beban Maksimum}}{\text{Luas Tampang}} \\ &= \frac{51000 \text{ kg}}{171,9464 \text{ cm}^2} \\ &= 296,6041 \text{ kg/cm}^2 = 29,66041 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

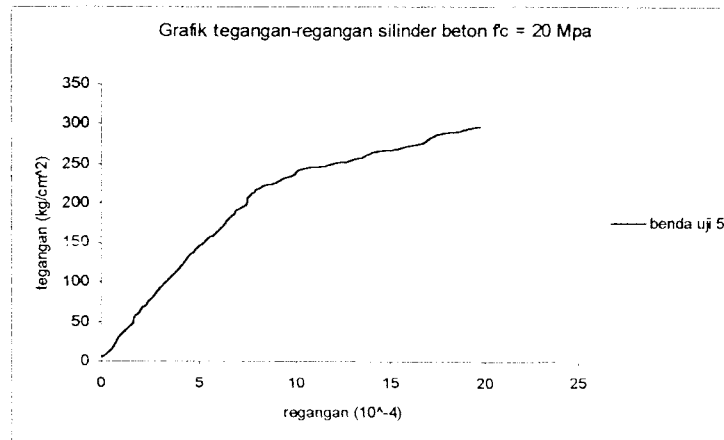
$$\begin{aligned} \text{Modulus Elastis ( E )} &= 4700 \sqrt{f'c} \\ &= 25596,84467 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

**BENDA UJI 5**

- Diameter ( D ) = 15,23 cm.
- Tinggi ( Lo ) = 29,71 cm.
- Luas Tampang ( A ) = 182,083 cm<sup>2</sup>

Beban ( P ) ( kN )	Beban ( P ) ( kg )	Tegangan ( P/A ) ( kg/cm <sup>2</sup> )	Perpendekan ( ΔL ) ( 10 <sup>-3</sup> mm )	Regangan ( ΔL/Lo ) ( 10 <sup>-4</sup> mm )
1	2	3	4	5
10	1000	5.492001	3	0.100976
20	2000	10.984	10	0.336587
30	3000	16.476	15	0.504881
40	4000	21.968	20	0.673174
50	5000	27.46	25	0.841468
60	6000	32.95201	30	1.009761
70	7000	38.44401	36	1.211713
80	8000	43.93601	42	1.413665
90	9000	49.42801	48	1.615618
100	10000	54.92001	50	1.682935
110	11000	60.41201	55	1.851229
120	12000	65.90401	60	2.019522
130	13000	71.39601	66	2.221474
140	14000	76.88801	72	2.423426
150	15000	82.38001	80	2.692696
160	16000	87.87201	84	2.827331
170	17000	93.36402	90	3.029283

180	18000	98.85602	96	3.231235
190	19000	104.348	102	3.433187
200	20000	109.84	110	3.702457
210	21000	115.332	115	3.870751
220	22000	120.824	120	4.039044
230	23000	126.316	126	4.240996
240	24000	131.808	132	4.442949
250	25000	137.3	140	4.712218
260	26000	142.792	145	4.880512
270	27000	148.284	153	5.149781
280	28000	153.776	160	5.385392
290	29000	159.268	168	5.654662
300	30000	164.76	175	5.890273
310	31000	170.252	182	6.125884
320	32000	175.744	190	6.395153
330	33000	181.236	195	6.563447
340	34000	186.728	203	6.832716
350	35000	192.22	210	7.068327
360	36000	197.712	220	7.404914
370	37000	203.204	222	7.472232
380	38000	208.696	225	7.573208
390	39000	214.188	234	7.876136
400	40000	219.68	240	8.078088
410	41000	225.172	260	8.751262
420	42000	230.664	274	9.222484
430	43000	236.156	295	9.929317
440	44000	241.648	300	10.09761
450	45000	247.14	342	11.51128
460	46000	252.632	375	12.62201
470	47000	258.124	400	13.46348
480	48000	263.616	413	13.90104
490	49000	269.108	456	15.34837
500	50000	274.6	485	16.32447
510	51000	280.092	500	16.82935
520	52000	285.584	515	17.33423
530	53000	291.076	555	18.68058
540	54000	296.568	585	19.69034



$$\begin{aligned} \text{Kuat Desak} &= \frac{\text{Beban Maksimum}}{\text{Luas Tampang}} \\ &= \frac{54000 \text{ kg}}{182,083 \text{ cm}^2} \\ &= 293,568 \text{ kg/cm}^2 = 29,6568 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Modulus Elastis (E)} &= 4700 \sqrt{f'_c} \\ &= 25595,28691 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

### **BENDA UJI 6**

- Diameter ( $D$ ) = 15,02 cm.

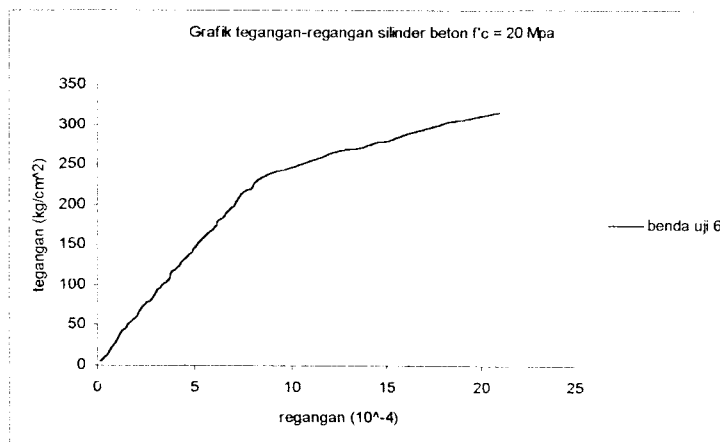
- Tinggi ( $L_o$ ) = 29,71 cm.

- Luas Tampang ( $A$ ) = 177,0963 cm<sup>2</sup>

Beban (P) (kN)	Beban (P) (kg)	Tegangan (P/A) (kg/cm <sup>2</sup> )	Perpendekan ( $\Delta L$ ) (10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan ( $\Delta L/L_o$ ) (10 <sup>-4</sup> mm)
1	2	3	4	5
10	1000	5.646645	5	0.168294
20	2000	11.29329	12	0.403904
30	3000	16.93994	18	0.605857

40	4000	22.58658	22	0.740491
50	5000	28.23323	26	0.875126
60	6000	33.87987	32	1.077078
70	7000	39.52652	36	1.211713
80	8000	45.17316	42	1.413665
90	9000	50.81981	47	1.581959
100	10000	56.46645	54	1.81757
110	11000	62.1131	60	2.019522
120	12000	67.75974	65	2.187816
130	13000	73.40639	70	2.356109
140	14000	79.05303	76	2.558061
150	15000	84.69968	84	2.827331
160	16000	90.34633	88	2.961966
170	17000	95.99297	95	3.197577
180	18000	101.6396	100	3.36587
190	19000	107.2863	108	3.63514
200	20000	112.9329	112	3.769774
210	21000	118.5796	118	3.971727
220	22000	124.2262	125	4.207338
230	23000	129.8728	130	4.375631
240	24000	135.5195	135	4.543925
250	25000	141.1661	145	4.880512
260	26000	146.8128	148	4.981488
270	27000	152.4594	154	5.18344
280	28000	158.1061	160	5.385392
290	29000	163.7527	168	5.654662
300	30000	169.3994	175	5.890273
310	31000	175.046	182	6.125884
320	32000	180.6927	185	6.22686
330	33000	186.3393	194	6.529788
340	34000	191.9859	200	6.73174
350	35000	197.6326	208	7.00101
360	36000	203.2792	212	7.135645
370	37000	208.9259	216	7.270279
380	38000	214.5725	223	7.50589
390	39000	220.2192	235	7.909795
400	40000	225.8658	238	8.010771
410	41000	231.5125	245	8.246382
420	42000	237.1591	260	8.751262
430	43000	242.8058	285	9.59273
440	44000	248.4524	305	10.2659
450	45000	254.099	322	10.8381
460	46000	259.7457	342	11.51128
470	47000	265.3923	365	12.28543
480	48000	271.039	405	13.63177
490	49000	276.6856	423	14.23763
500	50000	282.3323	453	15.24739
510	51000	287.9789	475	15.98788

520	52000	293.6256	501	16.86301
530	53000	299.2722	525	17.67082
540	54000	304.9188	550	18.51229
550	55000	310.5655	580	19.52205
560	56000	316.2121	620	20.86839



$$\begin{aligned}
 \text{Kuat Desak} &= \frac{\text{Beban Maksimum}}{\text{Luas Tampang}} \\
 &= \frac{56000 \text{ kg}}{177,0963 \text{ cm}^2} \\
 &= 316,2121 \text{ kg/cm}^2 = 31,62121 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus Elastis ( E )} &= 4700 \sqrt{f'c} \\
 &= 26429,3876 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$



## 2. SILINDER BETON $f_c' = 25 \text{ Mpa}$

### BENDA UJI I

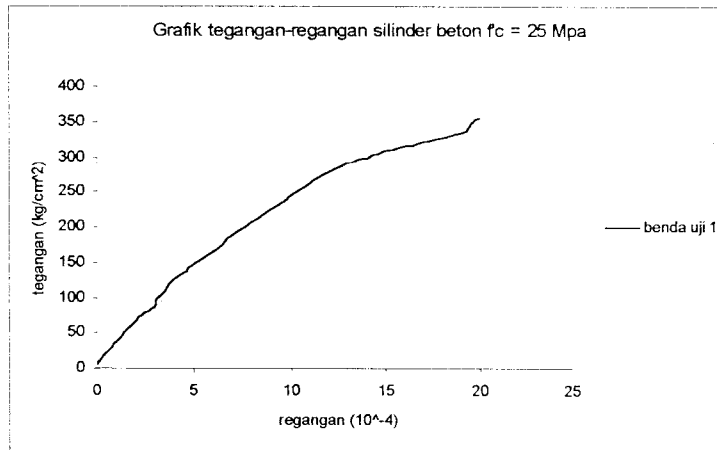
- Diameter ( $D$ ) = 14,3 cm

- Tinggi ( $L_0$ ) = 29,61 cm

- Luas Tampang ( $A$ ) = 160,525 cm<sup>2</sup>

Beban (P) (kN)	Beban (P) (kg)	Tegangan (P/A) (kg/cm <sup>2</sup> )	Perpendekan ( $\Delta L$ ) (10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan ( $\Delta L/L_0$ ) (10 <sup>-4</sup> mm)
1	2	3	4	5
10	1000	6.229559	0	0
20	2000	12.45912	5	0.168862
30	3000	18.68868	10	0.337724
40	4000	24.91824	16	0.540358
50	5000	31.1478	22	0.742992
60	6000	37.37736	28	0.945626
70	7000	43.60691	35	1.182033
80	8000	49.83647	41	1.384667
90	9000	56.06603	47	1.587302
100	10000	62.29559	54	1.823708
110	11000	68.52515	60	2.026342
120	12000	74.75471	66	2.228977
130	13000	80.98427	77	2.600473
140	14000	87.21383	86	2.904424
150	15000	93.44339	89	3.005741
160	16000	99.67295	92	3.107058
170	17000	105.9025	98	3.309693
180	18000	112.1321	105	3.546099
190	19000	118.3616	110	3.714961
200	20000	124.5912	117	3.951368
210	21000	130.8207	125	4.221547
220	22000	137.0503	135	4.559271
230	23000	143.2799	140	4.728132
240	24000	149.5094	150	5.065856
250	25000	155.739	160	5.40358
260	26000	161.9685	170	5.741304
270	27000	168.1981	180	6.079027
280	28000	174.4277	190	6.416751
290	29000	180.6572	195	6.585613
300	30000	186.8868	205	6.923337
310	31000	193.1163	215	7.26106
320	32000	199.3459	225	7.598784
330	33000	205.5755	235	7.936508
340	34000	211.805	245	8.274232

350	35000	218.0346	255	8.611955
360	36000	224.2641	264	8.915907
370	37000	230.4937	275	9.287403
380	38000	236.7233	285	9.625127
390	39000	242.9528	292	9.861533
400	40000	249.1824	300	10.13171
410	41000	255.4119	312	10.53698
420	42000	261.6415	325	10.97602
430	43000	267.871	335	11.31375
440	44000	274.1006	345	11.65147
450	45000	280.3302	360	12.15805
460	46000	286.5597	375	12.66464
470	47000	292.7893	390	13.17123
480	48000	299.0188	415	14.01554
490	49000	305.2484	430	14.52212
500	50000	311.478	455	15.36643
510	51000	317.7075	485	16.3796
520	52000	323.9371	510	17.22391
530	53000	330.1666	540	18.23708
540	54000	336.3962	570	19.25025
550	55000	342.6258	575	19.41912
560	56000	348.8553	580	19.58798
570	57000	355.0849	590	19.9257



$$\text{Kuat Desak} = \frac{\text{Beban Maksimum}}{\text{Luas Tampang}}$$

$$= \frac{57000 \text{ kg}}{160,525 \text{ cm}^2}$$

$$= 355,08 \text{ kg/cm}^2 = 35,508 \text{ Mpa}$$

$$\text{Modulus Elastis ( E )} = 4700 \sqrt{f'c}$$

$$= 28006,637 \text{ N/mm}^2$$

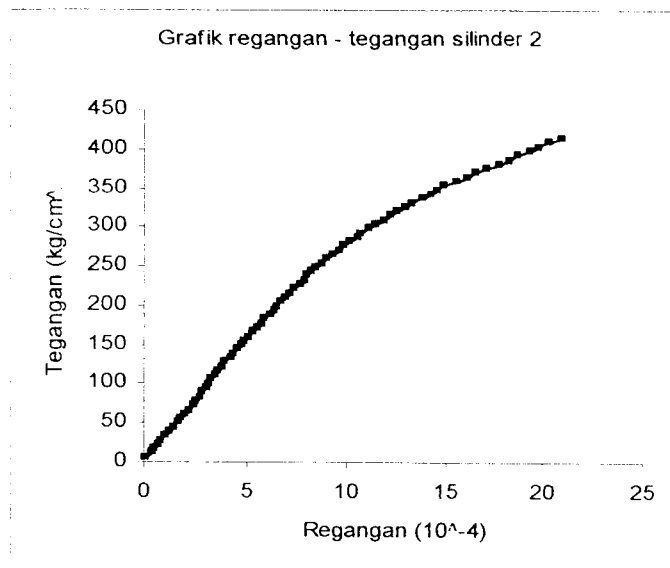
**BENDA UJI 2**

- Diameter ( D ) = 15,2 cm.
- Tinggi ( Lo ) = 31,09 cm.
- Luas Tampang ( A ) = 181.366 cm<sup>2</sup>

Beban ( P ) ( kN )	Beban ( P ) ( kg )	Tegangan ( P/A ) ( kg/cm <sup>2</sup> )	Perpendekan ( ΔL ) ( 10 <sup>-3</sup> mm )	Regangan ( ΔL/Lo ) ( 10 <sup>-4</sup> mm )
1	2	3	4	5
10	1000	5.513712603	5	0.1608234
20	2000	11.02742521	12	0.3859762
30	3000	16.54113781	16	0.5146349
40	4000	22.05485041	23	0.7397877
50	5000	27.56856302	28	0.9006111
60	6000	33.08227562	35	1.1257639
70	7000	38.59598822	40	1.2865873
80	8000	44.10970083	46	1.4795754
90	9000	49.62341343	52	1.6725635
100	10000	55.13712603	58	1.8655516
110	11000	60.65083864	65	2.0907044
120	12000	66.16455124	71	2.2836925
130	13000	71.67826384	77	2.4766806
140	14000	77.19197645	80	2.5731747
150	15000	82.70568905	86	2.7661628
160	16000	88.21940165	91	2.9269862
170	17000	93.73311426	96	3.0878096
180	18000	99.24682686	101	3.248633
190	19000	104.7605395	105	3.3772917
200	20000	110.2742521	111	3.5702798
210	21000	115.7879647	115	3.6989386
220	22000	121.3016773	121	3.8919267
230	23000	126.8153899	125	4.0205854

240	24000	132.3291025	133	4.2779029
250	25000	137.8428151	138	4.4387263
260	26000	143.3565277	145	4.6638791
270	27000	148.8702403	150	4.8247025
280	28000	154.3839529	155	4.9855259
290	29000	159.8976655	161	5.178514
300	30000	165.4113781	168	5.4036668
310	31000	170.9250907	175	5.6288196
320	32000	176.4388033	180	5.789643
330	33000	181.9525159	185	5.9504664
340	34000	187.4662285	194	6.2399485
350	35000	192.9799411	200	6.4329366
360	36000	198.4936537	205	6.5937601
370	37000	204.0073663	210	6.7545835
380	38000	209.5210789	216	6.9475716
390	39000	215.0347915	222	7.1405597
400	40000	220.5485041	230	7.3978771
410	41000	226.0622167	240	7.719524
420	42000	231.5759293	246	7.9125121
430	43000	237.0896419	251	8.0733355
440	44000	242.6033545	256	8.2341589
450	45000	248.1170671	265	8.523641
460	46000	253.6307797	275	8.8452879
470	47000	259.1444924	281	9.038276
480	48000	264.658205	290	9.3277581
490	49000	270.1719176	300	9.649405
500	50000	275.6856302	306	9.8423931
510	51000	281.1993428	316	10.16404
520	52000	286.7130554	330	10.614345
530	53000	292.226768	335	10.775169
540	54000	297.7404806	346	11.12898
550	55000	303.2541932	358	11.514957
560	56000	308.7679058	370	11.900933
570	57000	314.2816184	380	12.22258
580	58000	319.795331	390	12.544226
590	59000	325.3090436	403	12.962367
600	60000	330.8227562	415	13.348344
610	61000	336.3364688	430	13.830814
620	62000	341.8501814	445	14.313284
630	63000	347.363894	455	14.634931
640	64000	352.8776066	465	14.956578
650	65000	358.3913192	485	15.599871
660	66000	363.9050318	500	16.082342
670	67000	369.4187444	515	16.564812
680	68000	374.932457	530	17.047282
690	69000	380.4461696	550	17.690576
700	70000	385.9598822	568	18.26954
710	71000	391.4735948	580	18.655516

720	72000	396.9873074	600	19.29881
730	73000	402.50102	615	19.78128
740	74000	408.0147326	630	20.26375
750	75000	413.5284452	650	20.907044



$$\text{Kuat Desak} = \frac{\text{Beban Maksimum}}{\text{Luas Tampang}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{75000 \text{ kg}}{181,366 \text{ cm}^2} \\
 &= 412,848 \text{ kg/cm}^2 = 41,2848 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus Elastis ( E )} &= 4700 \sqrt{f'c} \\
 &= 30199,027 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Modulus Elastis ( E )} &= 4700 \sqrt{f'c} \\ &= 26913,40 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

**BENDA UJI 4**

- Diameter ( D ) = 14,88 cm.
- Tinggi ( Lo ) = 29,63 cm.
- Luas Tampang ( A ) = 173,557 cm<sup>2</sup>.

Beban ( P ) ( kN )	Beban ( P ) ( kg )	Tegangan ( P/A ) ( kg/cm <sup>2</sup> )	Perpendekan ( ΔL ) ( 10 <sup>-3</sup> mm )	Regangan ( ΔL/Lo ) ( 10 <sup>-4</sup> mm )
1	2	3	4	5
10	1000	5.761796	3	0.101249
20	2000	11.52359	10	0.337496
30	3000	17.28539	15	0.506244
40	4000	23.04718	20	0.674992
50	5000	28.80898	25	0.843739
60	6000	34.57078	30	1.012487
70	7000	40.33257	35	1.181235
80	8000	46.09437	40	1.349983
90	9000	51.85616	46	1.552481
100	10000	57.61796	51	1.721228
110	11000	63.37975	56	1.889976
120	12000	69.14155	62	2.092474
130	13000	74.90335	68	2.294971
140	14000	80.66514	75	2.531218
150	15000	86.42694	80	2.699966
160	16000	92.18873	86	2.902464
170	17000	97.95053	92	3.104961
180	18000	103.7123	97	3.273709
190	19000	109.4741	105	3.543706
200	20000	115.2359	110	3.712454
210	21000	120.9977	116	3.914951
220	22000	126.7595	124	4.184948
230	23000	132.5213	128	4.319946
240	24000	138.2831	135	4.556193
250	25000	144.0449	140	4.724941
260	26000	149.8067	145	4.893689
270	27000	155.5685	150	5.062437
280	28000	161.3303	157	5.298684

**BENDA UJI 3**

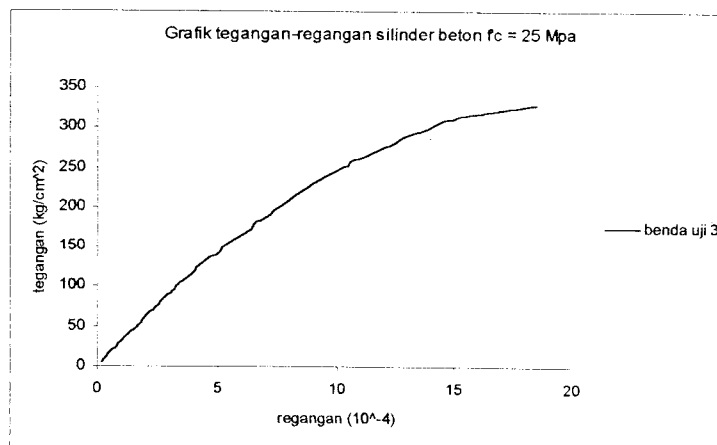
- Diameter ( $D$ ) = 14,88 cm.

- Tinggi ( $L_0$ ) = 29,8 cm.

- Luas Tampang ( $A$ ) = 173,81 cm<sup>2</sup>.

Beban (P) (kN)	Beban (P) (kg)	Tegangan (P/A) (kg/cm <sup>2</sup> )	Perpendekan ( $\Delta L$ ) (10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan ( $\Delta L/L_0$ ) (10 <sup>-4</sup> mm)
1	2	3	4	5
10	1000	5.753409	5	0.167785
20	2000	11.50682	10	0.33557
30	3000	17.26023	15	0.503356
40	4000	23.01364	21	0.704698
50	5000	28.76704	26	0.872483
60	6000	34.52045	33	1.107383
70	7000	40.27386	38	1.275168
80	8000	46.02727	45	1.510067
90	9000	51.78068	50	1.677852
100	10000	57.53409	55	1.845638
110	11000	63.2875	60	2.013423
120	12000	69.04091	65	2.181208
130	13000	74.79432	71	2.38255
140	14000	80.54772	77	2.583893
150	15000	86.30113	83	2.785235
160	16000	92.05454	89	2.986577
170	17000	97.80795	95	3.187919
180	18000	103.5614	100	3.355705
190	19000	109.3148	108	3.624161
200	20000	115.0682	115	3.85906
210	21000	120.8216	121	4.060403
220	22000	126.575	126	4.228188
230	23000	132.3284	133	4.463087
240	24000	138.0818	140	4.697987
250	25000	143.8352	150	5.033557
260	26000	149.5886	155	5.201342
270	27000	155.342	161	5.402685
280	28000	161.0954	170	5.704698
290	29000	166.8489	180	6.040268
300	30000	172.6023	190	6.375839
310	31000	178.3557	192	6.442953
320	32000	184.1091	201	6.744966
330	33000	189.8625	210	7.04698
340	34000	195.6159	218	7.315436
350	35000	201.3693	226	7.583893
360	36000	207.1227	233	7.818792

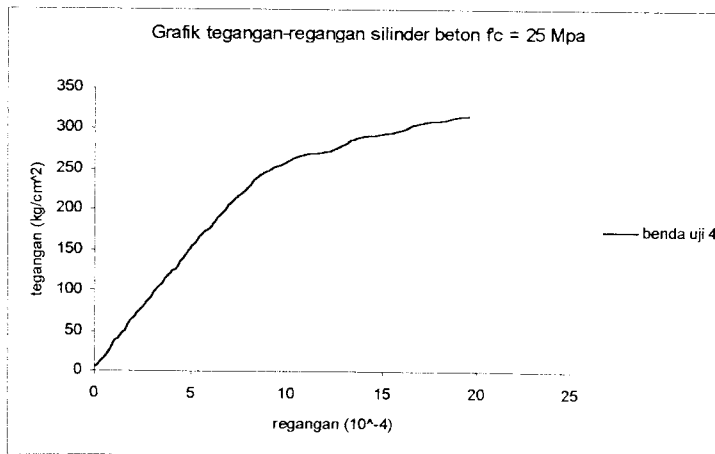
370	37000	212.8761	240	8.053691
380	38000	218.6295	250	8.389262
390	39000	224.3829	258	8.657718
400	40000	230.1364	266	8.926174
410	41000	235.8898	275	9.228188
420	42000	241.6432	287	9.630872
430	43000	247.3966	298	10
440	44000	253.15	310	10.40268
450	45000	258.9034	315	10.57047
460	46000	264.6568	335	11.24161
470	47000	270.4102	346	11.61074
480	48000	276.1636	358	12.01342
490	49000	281.917	370	12.41611
500	50000	287.6704	380	12.75168
510	51000	293.4239	395	13.25503
520	52000	299.1773	412	13.8255
530	53000	304.9307	425	14.26174
540	54000	310.6841	445	14.93289
550	55000	316.4375	465	15.60403
560	56000	322.1909	500	16.77852
570	57000	327.9443	550	18.45638



$$\begin{aligned}
 \text{Kuat Desak} &= \frac{\text{Beban Maksimum}}{\text{Luas Tampang}} \\
 &= \frac{57000 \text{ kg}}{173,81 \text{ cm}^2} \\
 &= 327,94 \text{ kg/cm}^2 = 32,794 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$



290	29000	167.0921	163	5.501181
300	30000	172.8539	170	5.737428
310	31000	178.6157	180	6.074924
320	32000	184.3775	185	6.243672
330	33000	190.1393	190	6.41242
340	34000	195.9011	196	6.614917
350	35000	201.6629	205	6.918664
360	36000	207.4247	210	7.087411
370	37000	213.1864	216	7.289909
380	38000	218.9482	225	7.593655
390	39000	224.71	234	7.897401
400	40000	230.4718	240	8.099899
410	41000	236.2336	245	8.268647
420	42000	241.9954	256	8.639892
430	43000	247.7572	270	9.112386
440	44000	253.519	280	9.449882
450	45000	259.2808	295	9.956126
460	46000	265.0426	311	10.49612
470	47000	270.8044	349	11.7786
480	48000	276.5662	371	12.52109
490	49000	282.328	389	13.12859
500	50000	288.0898	402	13.56733
510	51000	293.8516	443	14.95106
520	52000	299.6134	476	16.0648
530	53000	305.3752	496	16.73979
540	54000	311.137	542	18.29227
550	55000	316.8988	578	19.50726



$$\text{Kuat Desak} = \frac{\text{Beban Maksimum}}{\text{Luas Tampang}}$$

$$= \frac{55000 \text{ kg}}{173,557 \text{ cm}^2}$$

$$= 316,89 \text{ kg/cm}^2 = 31,689 \text{ Mpa}$$

$$\text{Modulus Elastis ( E )} = 4700 \sqrt{f'c}$$

$$= 26457,702 \text{ N/mm}^2$$

**BENDA UJI 5**

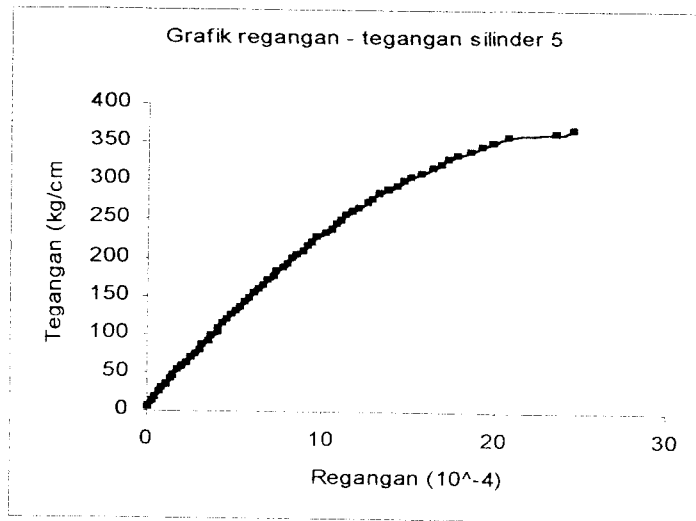
- Diameter ( D ) = 15 cm.

- Tinggi ( Lo ) = 29,65 cm.

- Luas Tampang ( A ) = 176,71 cm<sup>2</sup>

Beban ( P ) ( kN )	Beban ( P ) ( kg )	Tegangan ( P/A ) ( kg/cm <sup>2</sup> )	Perpendekan ( ΔL ) ( 10 <sup>-3</sup> mm )	Regangan ( ΔL/Lo ) ( 10 <sup>-4</sup> mm )
1	2	3	4	5
10	1000	5.658669081	3	0.1011804
20	2000	11.31733816	10	0.3372681
30	3000	16.97600724	15	0.5059022
40	4000	22.63467632	22	0.7419899
50	5000	28.29334541	28	0.9443508
60	6000	33.95201449	35	1.1804384
70	7000	39.61068357	42	1.4165261
80	8000	45.26935265	47	1.5851602
90	9000	50.92802173	55	1.8549747
100	10000	56.58669081	61	2.0573356
110	11000	62.24535989	68	2.2934233
120	12000	67.90402897	75	2.529511
130	13000	73.56269805	84	2.8330523
140	14000	79.22136713	90	3.0354132
150	15000	84.88003622	96	3.237774
160	16000	90.5387053	105	3.5413153
170	17000	96.19737438	112	3.777403
180	18000	101.8560435	120	4.0472175
190	19000	107.5147125	123	4.148398
200	20000	113.1733816	130	4.3844857
210	21000	118.8320507	136	4.5868465

220	22000	124.4907198	145	4.8903879
230	23000	130.1493889	152	5.1264755
240	24000	135.8080579	160	5.3962901
250	25000	141.466727	168	5.6661046
260	26000	147.1253961	175	5.9021922
270	27000	152.7840652	182	6.1382799
280	28000	158.4427343	190	6.4080944
290	29000	164.1014033	198	6.6779089
300	30000	169.7600724	205	6.9139966
310	31000	175.4187415	215	7.2512648
320	32000	181.0774106	222	7.4873524
330	33000	186.7360797	230	7.7571669
340	34000	192.3947488	238	8.0269815
350	35000	198.0534178	248	8.3642496
360	36000	203.7120869	254	8.5666105
370	37000	209.370756	265	8.9376054
380	38000	215.0294251	272	9.1736931
390	39000	220.6880942	280	9.4435076
400	40000	226.3467632	290	9.7807757
410	41000	232.0054323	305	10.286678
420	42000	237.6641014	315	10.623946
430	43000	243.3227705	325	10.961214
440	44000	248.9814396	332	11.197302
450	45000	254.6401086	340	11.467116
460	46000	260.2987777	350	11.804384
470	47000	265.9574468	362	12.209106
480	48000	271.6161159	375	12.647555
490	49000	277.274785	385	12.984823
500	50000	282.9334541	395	13.322091
510	51000	288.5921231	410	13.827993
520	52000	294.2507922	425	14.333895
530	53000	299.9094613	438	14.772344
540	54000	305.5681304	450	15.177066
550	55000	311.2267995	468	15.784148
560	56000	316.8854685	485	16.357504
570	57000	322.5441376	500	16.863406
580	58000	328.2028067	515	17.369309
590	59000	333.8614758	530	17.875211
600	60000	339.5201449	550	18.549747
610	61000	345.1788139	570	19.224283
620	62000	350.837483	590	19.89882
630	63000	356.4961521	615	20.74199
640	64000	362.1548212	700	23.608769
650	65000	367.8134903	730	24.620573



$$\begin{aligned}
 \text{Kuat Desak} &= \frac{\text{Beban Maksimum}}{\text{Luas Tampang}} \\
 &= \frac{65000 \text{ kg}}{176,71 \text{ cm}^2} \\
 &= 367,83 \text{ kg/cm}^2 = 36,783 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus Elastis ( E )} &= 4700 \sqrt{f' c} \\
 &= 28505,02535 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

**BENDA UJI 6**

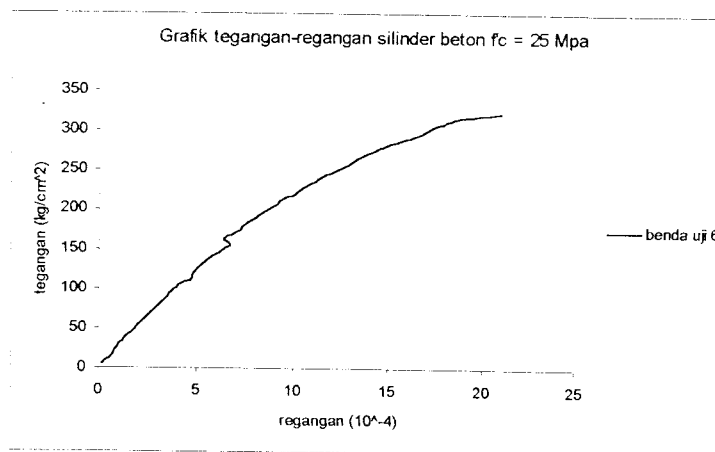
- Diameter ( $D$ ) = 15,06 cm.

- Tinggi ( $L_0$ ) = 29,78 cm.

- Luas Tampang ( $A$ ) = 178,13 cm<sup>2</sup>

Beban (P) (kN)	Beban (P) (kg)	Tegangan (P/A) (kg/cm <sup>2</sup> )	Perpendekan ( $\Delta L$ ) (10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan ( $\Delta L/L_0$ ) (10 <sup>-4</sup> mm)
1	2	3	4	5
10	1000	5.613846	5	0.167898
20	2000	11.22769	12	0.402955
30	3000	16.84154	20	0.671592
40	4000	22.45538	25	0.83949
50	5000	28.06923	30	1.007388
60	6000	33.68308	35	1.175285
70	7000	39.29692	40	1.343183
80	8000	44.91077	48	1.61182
90	9000	50.52461	55	1.846877
100	10000	56.13846	62	2.081934
110	11000	61.75231	70	2.350571
120	12000	67.36615	76	2.552048
130	13000	72.98	83	2.787105
140	14000	78.59384	90	3.022163
150	15000	84.20769	95	3.19006
160	16000	89.82154	105	3.525856
170	17000	95.43538	110	3.693754
180	18000	101.0492	117	3.928811
190	19000	106.6631	124	4.163868
200	20000	112.2769	139	4.667562
210	21000	117.8908	142	4.768301
220	22000	123.5046	150	5.036938
230	23000	129.1185	155	5.204835
240	24000	134.7323	163	5.473472
250	25000	140.3461	172	5.775688
260	26000	145.96	183	6.145064
270	27000	151.5738	191	6.4137
280	28000	157.1877	200	6.715917
290	29000	162.8015	192	6.44728
300	30000	168.4154	205	6.883815
310	31000	174.0292	215	7.21961
320	32000	179.6431	220	7.387508
330	33000	185.2569	230	7.723304
340	34000	190.8708	241	8.09268
350	35000	196.4846	252	8.462055
360	36000	202.0985	262	8.797851

370	37000	207.7123	273	9.167226
380	38000	213.3261	280	9.402283
390	39000	218.94	295	9.905977
400	40000	224.5538	305	10.24177
410	41000	230.1677	317	10.64473
420	42000	235.7815	331	11.11484
430	43000	241.3954	341	11.45064
440	44000	247.0092	355	11.92075
450	45000	252.6231	369	12.39087
460	46000	258.2369	383	12.86098
470	47000	263.8508	395	13.26394
480	48000	269.4646	410	13.76763
490	49000	275.0785	425	14.27132
500	50000	280.6923	440	14.77502
510	51000	286.3061	460	15.44661
520	52000	291.92	482	16.18536
530	53000	297.5338	499	16.75621
540	54000	303.1477	514	17.25991
550	55000	308.7615	533	17.89792
560	56000	314.3754	550	18.46877
570	57000	319.9892	588	19.7448
575	57500	322.7961	625	20.98724



$$\begin{aligned}
 \text{Kuat Desak} &= \frac{\text{Beban Maksimum}}{\text{Luas Tampang}} \\
 &= \frac{57500 \text{ kg}}{178,13 \text{ cm}^2} \\
 &= 322,79 \text{ kg/cm}^2 = 32,79 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Modulus Elastis ( E )} &= 4700 \sqrt{f'c} \\ &= 26913,40 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

### 3. SILINDER BETON $f_c' = 30 \text{ Mpa}$

#### BENDA UJI I

- Diameter ( $D$ ) = 14,9 cm

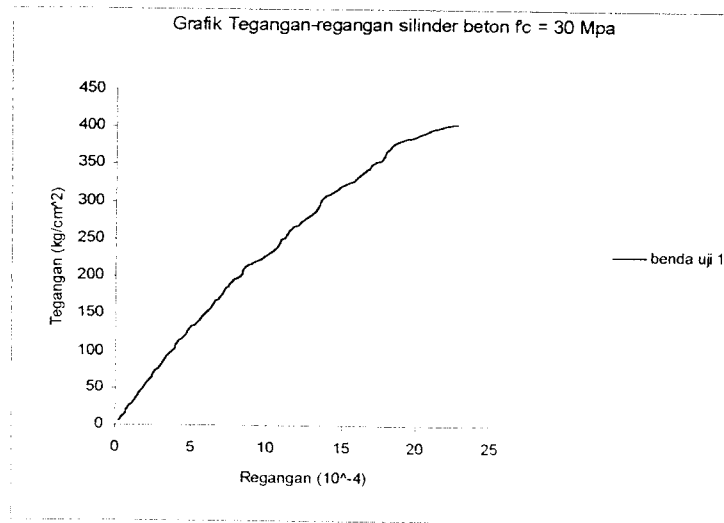
- Tinggi ( $L_0$ ) = 30 cm

- Luas Tampang ( $A$ ) = 170,7886 cm<sup>2</sup>

Beban (P) (kN)	Beban (P) (kg)	Tegangan (P/A) (kg/cm <sup>2</sup> )	Perpendekan ( $\Delta L$ ) (10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan ( $\Delta L/L_0$ ) (10 <sup>-4</sup> mm)
1	2	3	4	5
10	1000	5.85526	5	0.166667
20	2000	11.71052	12	0.4
30	3000	17.56578	19	0.633333
40	4000	23.42104	24	0.8
50	5000	29.2763	31	1.033333
60	6000	35.13156	37	1.233333
70	7000	40.98682	44	1.466667
80	8000	46.84208	51	1.7
90	9000	52.69734	58	1.933333
100	10000	58.5526	64	2.133333
110	11000	64.40786	72	2.4
120	12000	70.26312	77	2.566667
130	13000	76.11838	85	2.833333
140	14000	81.97364	90	3
150	15000	87.8289	96	3.2
160	16000	93.68416	103	3.433333
170	17000	99.53943	110	3.666667
180	18000	105.3947	118	3.933333
190	19000	111.2499	122	4.066667
200	20000	117.1052	130	4.333333
210	21000	122.9605	139	4.633333
220	22000	128.8157	146	4.866667
230	23000	134.671	157	5.233333
240	24000	140.5262	165	5.5
250	25000	146.3815	172	5.733333
260	26000	152.2368	180	6
270	27000	158.092	190	6.333333
280	28000	163.9473	195	6.5
290	29000	169.8025	204	6.8
300	30000	175.6578	210	7
310	31000	181.5131	216	7.2
320	32000	187.3683	225	7.5
330	33000	193.2236	230	7.666667
340	34000	199.0789	242	8.066667



350	35000	204.9341	252	8.4
360	36000	210.7894	257	8.566667
370	37000	216.6446	270	9
380	38000	222.4999	289	9.633333
390	39000	228.3552	300	10
400	40000	234.2104	310	10.33333
410	41000	240.0657	320	10.66667
420	42000	245.9209	326	10.86667
430	43000	251.7762	333	11.1
440	44000	257.6315	339	11.3
450	45000	263.4867	347	11.56667
460	46000	269.342	360	12
470	47000	275.1972	370	12.33333
480	48000	281.0525	380	12.66667
490	49000	286.9078	393	13.1
500	50000	292.763	400	13.33333
510	51000	298.6183	405	13.5
520	52000	304.4735	410	13.66667
530	53000	310.3288	425	14.16667
540	54000	316.1841	440	14.66667
550	55000	322.0393	450	15
560	56000	327.8946	470	15.66667
570	57000	333.7498	480	16
580	58000	339.6051	492	16.4
590	59000	345.4604	503	16.76667
600	60000	351.3156	510	17
610	61000	357.1709	529	17.63333
620	62000	363.0261	534	17.8
630	63000	368.8814	537	17.9
640	64000	374.7367	550	18.33333
650	65000	380.5919	564	18.8
660	66000	386.4472	595	19.83333
670	67000	392.3024	615	20.5
680	68000	398.1577	640	21.33333
690	69000	404.013	680	22.66667



$$\begin{aligned} \text{Kuat Desak} &= \frac{\text{Beban Maksimum}}{\text{Luas Tampang}} \\ &= \frac{69000 \text{ kg}}{170,7786 \text{ cm}^2} \\ &= 404,013 \text{ kg/cm}^2 = 40,4013 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Modulus Elastis (E)} &= 4700 \sqrt{f'_c} \\ &= 29874,14797 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

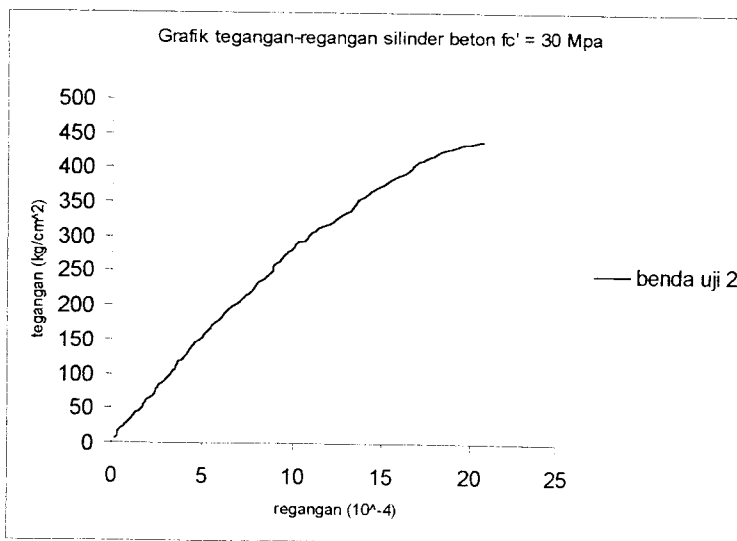
### **BENDA UJI 2**

- Diameter ( $D$ ) = 14,9 cm
- Tinggi ( $L_0$ ) = 30 cm
- Luas Tampang ( $A$ ) = 175,4495 cm<sup>2</sup>

Beban (P) (kN)	Beban (P) (kg)	Tegangan (P/A) (kg/cm <sup>2</sup> )	Perpendekan ( $\Delta L$ ) (10 <sup>-3</sup> mm)	Regangan ( $\Delta L/L_0$ ) (10 <sup>-4</sup> mm)
1	2	3	4	5
10	1000	5.699646	5	0.166667

20	2000	11.39929	10	0.333333
30	3000	17.09894	11	0.366667
40	4000	22.79858	19	0.633333
50	5000	28.49823	24	0.8
60	6000	34.19787	30	1
70	7000	39.89752	35	1.166667
80	8000	45.59717	45	1.5
90	9000	51.29681	50	1.666667
100	10000	56.99646	53	1.766667
110	11000	62.6961	57	1.9
120	12000	68.39575	68	2.266667
130	13000	74.09539	72	2.4
140	14000	79.79504	75	2.5
150	15000	85.49469	83	2.766667
160	16000	91.19433	88	2.933333
170	17000	96.89398	95	3.166667
180	18000	102.5936	100	3.333333
190	19000	108.2933	105	3.5
200	20000	113.9929	108	3.6
210	21000	119.6926	115	3.833333
220	22000	125.3922	120	4
230	23000	131.0919	125	4.166667
240	24000	136.7915	130	4.333333
250	25000	142.4911	135	4.5
260	26000	148.1908	140	4.666667
270	27000	153.8904	148	4.933333
280	28000	159.5901	155	5.166667
290	29000	165.2897	160	5.333333
300	30000	170.9894	165	5.5
310	31000	176.689	174	5.8
320	32000	182.3887	180	6
330	33000	188.0883	185	6.166667
340	34000	193.788	192	6.4
350	35000	199.4876	200	6.666667
360	36000	205.1872	208	6.933333
370	37000	210.8869	215	7.166667
380	38000	216.5865	225	7.5
390	39000	222.2862	230	7.666667
400	40000	227.9858	235	7.833333
410	41000	233.6855	240	8
420	42000	239.3851	250	8.333333
430	43000	245.0848	258	8.6
440	44000	250.7844	265	8.833333
450	45000	256.4841	265	8.833333
460	46000	262.1837	270	9
470	47000	267.8834	280	9.333333
480	48000	273.583	285	9.5
490	49000	279.2826	290	9.666667

500	50000	284.9823	300	10
510	51000	290.6819	305	10.16667
520	52000	296.3816	320	10.66667
530	53000	302.0812	325	10.83333
540	54000	307.7809	335	11.16667
550	55000	313.4805	346	11.53333
560	56000	319.1802	360	12
570	57000	324.8798	370	12.33333
580	58000	330.5795	380	12.66667
590	59000	336.2791	390	13
600	60000	341.9787	400	13.33333
610	61000	347.6784	405	13.5
620	62000	353.378	410	13.66667
630	63000	359.0777	420	14
640	64000	364.7773	430	14.33333
650	65000	370.477	442	14.73333
660	66000	376.1766	452	15.06667
670	67000	381.8763	463	15.43333
680	68000	387.5759	475	15.83333
690	69000	393.2756	488	16.26667
700	70000	398.9752	500	16.66667
710	71000	404.6748	505	16.83333
720	72000	410.3745	520	17.33333
730	73000	416.0741	530	17.66667
740	74000	421.7738	545	18.16667
750	75000	427.4734	565	18.83333
760	76000	433.1731	580	19.33333
770	77000	438.8727	620	20.66667



$$\begin{aligned}
 \text{Kuat Desak} &= \frac{\text{Beban Maksimum}}{\text{Luas Tampang}} \\
 &= \frac{77000 \text{ kg}}{175,4495 \text{ cm}^2} \\
 &= 438,8727 \text{ kg/cm}^2 = 43,88727 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

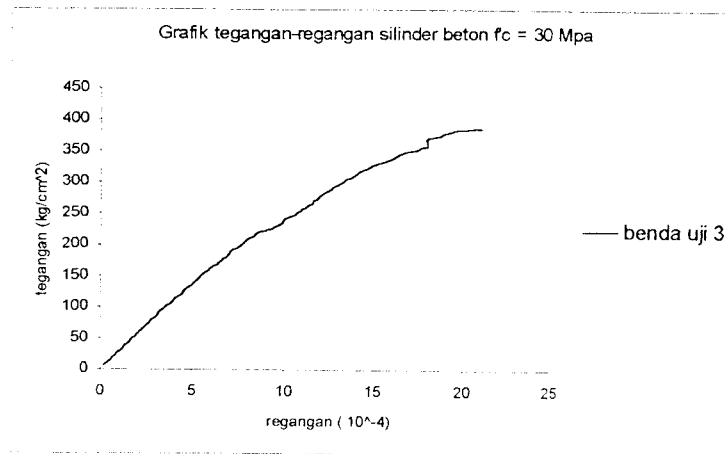
$$\begin{aligned}
 \text{Modulus Elastis ( E )} &= 4700 \sqrt{f'c} \\
 &= 31136,3099 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

### **BENDA UJI 3**

- Diameter ( D ) = 14,6 cm
- Tinggi ( Lo ) = 29,39 cm
- Luas Tampang ( A ) = 173,1102 cm<sup>2</sup>

Beban ( P ) ( kN )	Beban ( P ) ( kg )	Tegangan ( P/A ) ( kg/cm <sup>2</sup> )	Perpendekan ( ΔL ) ( 10 <sup>-3</sup> mm )	Regangan ( ΔL/Lo ) ( 10 <sup>-4</sup> mm )
1	2	3	4	5
10	1000	5.776667	5	0.170126
20	2000	11.55333	12	0.408302
30	3000	17.33	19	0.646478
40	4000	23.10667	24	0.816604
50	5000	28.88334	30	1.020755
60	6000	34.66	36	1.224906
70	7000	40.43667	42	1.429058
80	8000	46.21334	48	1.633209
90	9000	51.99	54	1.83736
100	10000	57.76667	60	2.041511
110	11000	63.54334	65	2.211637
120	12000	69.32001	72	2.449813
130	13000	75.09667	78	2.653964
140	14000	80.87334	84	2.858115
150	15000	86.65001	90	3.062266
160	16000	92.42667	95	3.232392
170	17000	98.20334	102	3.470568
180	18000	103.98	110	3.74277
190	19000	109.7567	116	3.946921
200	20000	115.5333	122	4.151072

210	21000	121.31	130	4.423273
220	22000	127.0867	135	4.593399
230	23000	132.8633	140	4.763525
240	24000	138.64	148	5.035726
250	25000	144.4167	155	5.273903
260	26000	150.1933	160	5.444029
270	27000	155.97	170	5.78428
280	28000	161.7467	175	5.954406
290	29000	167.5233	185	6.294658
300	30000	173.3	190	6.464784
310	31000	179.0767	200	6.805036
320	32000	184.8533	205	6.975162
330	33000	190.63	210	7.145288
340	34000	196.4067	220	7.485539
350	35000	202.1833	228	7.757741
360	36000	207.96	235	7.995917
370	37000	213.7367	245	8.336169
380	38000	219.5134	255	8.676421
390	39000	225.29	274	9.322899
400	40000	231.0667	285	9.697176
410	41000	236.8434	292	9.935352
420	42000	242.62	300	10.20755
430	43000	248.3967	310	10.54781
440	44000	254.1734	320	10.88806
450	45000	259.95	328	11.16026
460	46000	265.7267	338	11.50051
470	47000	271.5034	342	11.63661
480	48000	277.28	350	11.90881
490	49000	283.0567	360	12.24906
500	50000	288.8334	370	12.58932
510	51000	294.61	380	12.92957
520	52000	300.3867	388	13.20177
530	53000	306.1634	400	13.61007
540	54000	311.94	410	13.95032
550	55000	317.7167	420	14.29058
560	56000	323.4934	430	14.63083
570	57000	329.27	445	15.1412
580	58000	335.0467	460	15.65158
590	59000	340.8234	475	16.16196
600	60000	346.6	490	16.67234
610	61000	352.3767	510	17.35284
620	62000	358.1534	530	18.03334
630	63000	363.93	530	18.03334
640	64000	369.7067	530	18.03334
650	65000	375.4834	550	18.71385
660	66000	381.26	570	19.39435
670	67000	387.0367	620	21.09561



$$\begin{aligned} \text{Kuat Desak} &= \frac{\text{Beban Maksimum}}{\text{Luas Tampang}} \\ &= \frac{67000 \text{ kg}}{173,1102 \text{ cm}^2} \\ &= 387,0367 \text{ kg/cm}^2 = 38,70367 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Modulus Elastis (E)} &= 4700 \sqrt{f'_c} \\ &= 29239,76864 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

#### **BENDA UJI 4**

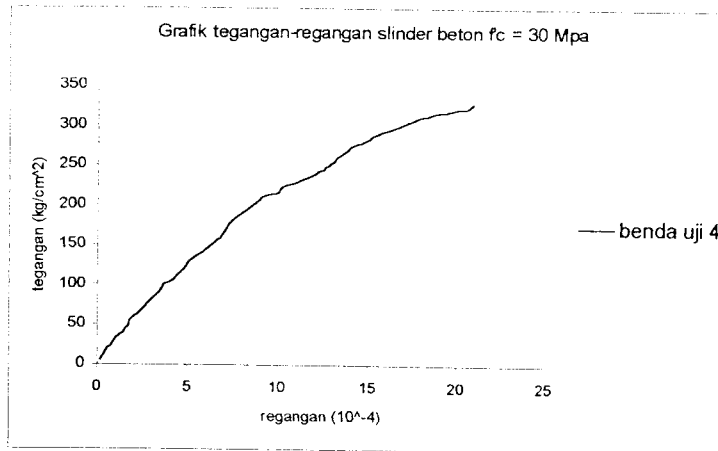
- Diameter ( $D$ ) = 14,8 cm
- Tinggi ( $L_0$ ) = 29,7 cm
- Luas Tampang ( $A$ ) = 176,1543  $\text{cm}^2$

Beban (P) (kN)	Beban (P) (kg)	Tegangan (P/A) ( $\text{kg/cm}^2$ )	Perpendekan ( $\Delta L$ ) ( $10^{-3} \text{ mm}$ )	Regangan ( $\Delta L/L_0$ ) ( $10^{-4} \text{ mm}$ )
1	2	3	4	5
10	1000	5.676841	5	0.16835
20	2000	11.35368	10	0.3367
30	3000	17.03052	15	0.505051

40	4000	22.70737	21	0.707071
50	5000	28.38421	26	0.875421
60	6000	34.06105	32	1.077441
70	7000	39.73789	40	1.346801
80	8000	45.41473	46	1.548822
90	9000	51.09157	52	1.750842
100	10000	56.76841	56	1.885522
110	11000	62.44525	64	2.154882
120	12000	68.1221	72	2.424242
130	13000	73.79894	78	2.626263
140	14000	79.47578	85	2.861953
150	15000	85.15262	94	3.164983
160	16000	90.82946	100	3.367003
170	17000	96.5063	106	3.569024
180	18000	102.1831	110	3.703704
190	19000	107.86	125	4.208754
200	20000	113.5368	134	4.511785
210	21000	119.2137	140	4.713805
220	22000	124.8905	145	4.882155
230	23000	130.5673	151	5.084175
240	24000	136.2442	161	5.420875
250	25000	141.921	171	5.757576
260	26000	147.5979	181	6.094276
270	27000	153.2747	191	6.430976
280	28000	158.9516	200	6.734007
290	29000	164.6284	205	6.902357
300	30000	170.3052	210	7.070707
310	31000	175.9821	215	7.239057
320	32000	181.6589	222	7.474747
330	33000	187.3358	232	7.811448
340	34000	193.0126	240	8.080808
350	35000	198.6894	250	8.417508
360	36000	204.3663	260	8.754209
370	37000	210.0431	270	9.090909
380	38000	215.72	295	9.93266
390	39000	221.3968	300	10.10101
400	40000	227.0737	318	10.70707
410	41000	232.7505	335	11.27946
420	42000	238.4273	355	11.95286
430	43000	244.1042	370	12.45791
440	44000	249.781	380	12.79461
450	45000	255.4579	390	13.13131
460	46000	261.1347	395	13.29966
470	47000	266.8115	405	13.63636
480	48000	272.4884	415	13.97306
490	49000	278.1652	435	14.64646
500	50000	283.8421	450	15.15152
510	51000	289.5189	460	15.48822



520	52000	295.1957	480	16.16162
530	53000	300.8726	500	16.83502
540	54000	306.5494	520	17.50842
550	55000	312.2263	545	18.35017
560	56000	317.9031	575	19.36027
570	57000	323.58	610	20.53872
580	58000	329.2568	620	20.87542



$$\begin{aligned}
 \text{Kuat Desak} &= \frac{\text{Beban Maksimum}}{\text{Luas Tampang}} \\
 &= \frac{58000 \text{ kg}}{176,1543 \text{ cm}^2} \\
 &= 329,3568 \text{ kg/cm}^2 = 32,93568 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus Elastis (E)} &= 4700 \sqrt{f'c} \\
 &= 26973,12 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

**BENDA UJI 5**

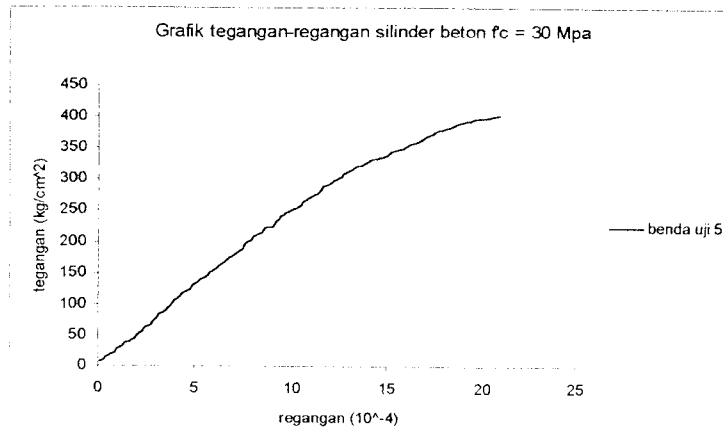
- Diameter ( $D$ ) = 15,23 cm

- Tinggi ( $L_0$ ) = 29,71 cm

- Luas Tampang ( $A$ ) = 176,625 cm<sup>2</sup>

Beban (P) (kN)	Beban (P) (kg)	Tegangan (P/A) (kg/cm <sup>2</sup> )	Perpendekan ( $\Delta L$ ) (10 <sup>-3</sup> mm)	Kegangan ( $\Delta L/L_0$ ) (10 <sup>-4</sup> mm)
1	2	3	4	5
10	1000	5.661713	3	0.100976
20	2000	11.32343	10	0.336587
30	3000	16.98514	15	0.504881
40	4000	22.64685	25	0.841468
50	5000	28.30856	30	1.009761
60	6000	33.97028	36	1.211713
70	7000	39.63199	48	1.615618
80	8000	45.2937	55	1.851229
90	9000	50.95541	60	2.019522
100	10000	56.61713	66	2.221474
110	11000	62.27884	72	2.423426
120	12000	67.94055	80	2.692696
130	13000	73.60226	85	2.86099
140	14000	79.26398	90	3.029283
150	15000	84.92569	96	3.231235
160	16000	90.5874	102	3.433187
170	17000	96.24912	110	3.702457
180	18000	101.9108	115	3.870751
190	19000	107.5725	120	4.039044
200	20000	113.2343	126	4.240996
210	21000	118.896	132	4.442949
220	22000	124.5577	140	4.712218
230	23000	130.2194	145	4.880512
240	24000	135.8811	153	5.149781
250	25000	141.5428	160	5.385392
260	26000	147.2045	168	5.654662
270	27000	152.8662	175	5.890273
280	28000	158.528	182	6.125884
290	29000	164.1897	190	6.395153
300	30000	169.8514	195	6.563447
310	31000	175.5131	203	6.832716
320	32000	181.1748	210	7.068327
330	33000	186.8365	220	7.404914
340	34000	192.4982	222	7.472232
350	35000	198.1599	225	7.573208
360	36000	203.8217	234	7.876136

370	37000	209.4834	240	8.078088
380	38000	215.1451	250	8.414675
390	39000	220.8068	255	8.582969
400	40000	226.4685	269	9.054191
410	41000	232.1302	272	9.155167
420	42000	237.7919	278	9.357119
430	43000	243.4536	285	9.59273
440	44000	249.1154	290	9.761023
450	45000	254.7771	304	10.23225
460	46000	260.4388	310	10.4342
470	47000	266.1005	318	10.70347
480	48000	271.7622	325	10.93908
490	49000	277.4239	335	11.27566
500	50000	283.0856	340	11.44396
510	51000	288.7473	345	11.61225
520	52000	294.4091	355	11.94884
530	53000	300.0708	365	12.28543
540	54000	305.7325	374	12.58835
550	55000	311.3942	380	12.79031
560	56000	317.0559	390	13.12689
570	57000	322.7176	405	13.63177
580	58000	328.3793	415	13.96836
590	59000	334.041	430	14.47324
600	60000	339.7028	445	14.97812
610	61000	345.3645	455	15.31471
620	62000	351.0262	470	15.81959
630	63000	356.6879	480	16.15618
640	64000	362.3496	495	16.66106
650	65000	368.0113	505	16.99764
660	66000	373.673	515	17.33423
670	67000	379.3347	530	17.83911
680	68000	384.9965	545	18.34399
690	69000	390.6582	560	18.84887
700	70000	396.3199	580	19.52205
710	71000	401.9816	620	20.86839



$$\begin{aligned} \text{Kuat Desak} &= \frac{\text{Beban Maksimum}}{\text{Luas Tampang}} \\ &= \frac{71000 \text{ kg}}{176,625 \text{ cm}^2} \\ &= 401,9816 \text{ kg/cm}^2 = 40,9816 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Modulus Elastis ( E )} &= 4700 \sqrt{f'c} \\ &= 29798,95 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

**BENDA UJI 6**

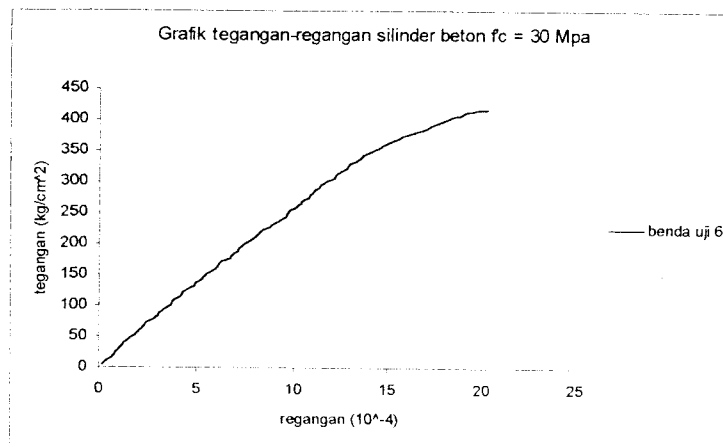
- Diameter ( $D$ ) = 15,02 cm

- Tinggi ( $L_0$ ) = 29,71 cm

- Luas Tampang ( $A$ ) = 188,5963 cm<sup>2</sup>

Beban ( P ) ( kN )	Beban ( P ) ( kg )	Tegangan ( P/A ) ( kg/cm <sup>2</sup> )	Perpendekan ( $\Delta L$ ) ( 10 <sup>3</sup> mm )	Regangan ( $\Delta L/L_0$ ) ( 10 <sup>-4</sup> mm )
1	2	3	4	5
10	1000	5.302331	5	0.168294
20	2000	10.60466	12	0.403904
30	3000	15.90699	18	0.605857
40	4000	21.20932	22	0.740491
50	5000	26.51165	26	0.875126
60	6000	31.81399	32	1.077078
70	7000	37.11632	36	1.211713
80	8000	42.41865	42	1.413665
90	9000	47.72098	47	1.581959
100	10000	53.02331	54	1.81757
110	11000	58.32564	60	2.019522
120	12000	63.62797	65	2.187816
130	13000	68.9303	70	2.356109
140	14000	74.23263	76	2.558061
150	15000	79.53496	84	2.827331
160	16000	84.8373	88	2.961966
170	17000	90.13963	95	3.197577
180	18000	95.44196	100	3.36587
190	19000	100.7443	108	3.63514
200	20000	106.0466	112	3.769774
210	21000	111.349	118	3.971727
220	22000	116.6513	125	4.207338
230	23000	121.9536	130	4.375631
240	24000	127.2559	135	4.543925
250	25000	132.5583	145	4.880512
260	26000	137.8606	148	4.981488
270	27000	143.1629	159	5.351733
280	28000	148.4653	160	5.385392
290	29000	153.7676	168	5.654662
300	30000	159.0699	175	5.890273
310	31000	164.3723	180	6.058566
320	32000	169.6746	185	6.22686
330	33000	174.9769	199	6.698081
340	34000	180.2793	200	6.73174
350	35000	185.5816	208	7.00101
360	36000	190.8839	212	7.135645

370	37000	196.1862	216	7.270279
380	38000	201.4886	225	7.573208
390	39000	206.7909	232	7.808819
400	40000	212.0932	238	8.010771
410	41000	217.3956	245	8.246382
420	42000	222.6979	250	8.414675
430	43000	228.0002	260	8.751262
440	44000	233.3026	270	9.087849
450	45000	238.6049	275	9.256143
460	46000	243.9072	285	9.59273
470	47000	249.2096	286	9.626388
480	48000	254.5119	292	9.828341
490	49000	259.8142	300	10.09761
500	50000	265.1165	310	10.4342
510	51000	270.4189	312	10.50151
520	52000	275.7212	320	10.77078
530	53000	281.0235	325	10.93908
540	54000	286.3259	330	11.10737
550	55000	291.6282	335	11.27566
560	56000	296.9305	342	11.51128
570	57000	302.2329	350	11.78055
580	58000	307.5352	360	12.11713
590	59000	312.8375	365	12.28543
600	60000	318.1399	372	12.52104
610	61000	323.4422	380	12.79031
620	62000	328.7445	385	12.9586
630	63000	334.0469	395	13.29519
640	64000	339.3492	400	13.46348
650	65000	344.6515	410	13.80007
660	66000	349.9538	418	14.06934
670	67000	355.2562	430	14.47324
680	68000	360.5585	440	14.80983
690	69000	365.8608	450	15.14642
700	70000	371.1632	460	15.483
710	71000	376.4655	475	15.98788
720	72000	381.7678	490	16.49276
730	73000	387.0702	505	16.99764
740	74000	392.3725	515	17.33423
750	75000	397.6748	530	17.83911
760	76000	402.9772	540	18.1757
770	77000	408.2795	560	18.84887
780	78000	413.5818	570	19.18546
790	79000	418.8841	600	20.19522



$$\begin{aligned} \text{Kuat Desak} &= \frac{\text{Beban Maksimum}}{\text{Luas Tampang}} \\ &= \frac{79000 \text{ kg}}{188,5963 \text{ cm}^2} \\ &= 418,8841 \text{ kg/cm}^2 = 41,8841 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Modulus Elastis ( E )} &= 4700 \sqrt{f'_c} \\ &= 30418,9904 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

## **LAMPIRAN III**

### **Data Hasil Uji Kuat Tarik Baja**

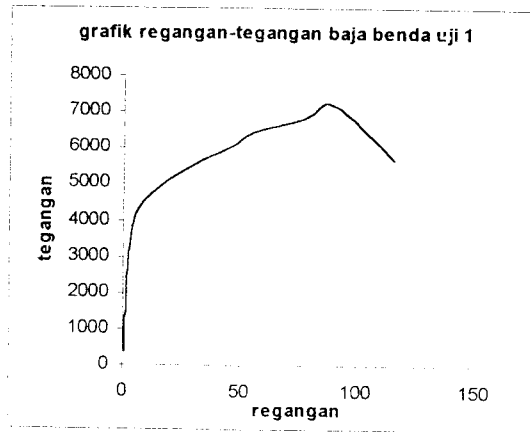


### TABEL HASIL PENGUJIAN KUAT TARIK BAJA TULANGAN

#### BENDA UJI 1

- Diameter benda uji ( $d_0$ ) = 0,58 cm
- Luas tampang awal ( $A_0$ ) = 0,2642 cm<sup>2</sup>
- Panjang ukur awal ( $L_0 = 5,64\sqrt{A_0}$ ) = 2,899 cm

Beban (P) (kg)	Perpanjangan ( $\Delta L$ ) (10 <sup>-2</sup> mm)	Tegangan (P/A <sub>0</sub> ) (kg/cm <sup>2</sup> )	Regangan (10 <sup>-4</sup> )
1	2	3	4
100	1.2	378.7879	0.413936
200	1.9	757.5758	0.655398
300	2.8	1136.364	0.96585
400	3.4	1515.152	1.172818
500	4.2	1893.939	1.448775
600	5	2272.727	1.724733
700	5.8	2651.515	2.00069
800	6.7	3030.303	2.311142
900	7.8	3409.091	2.690583
1000	9.6	3787.879	3.311487
1100	14.5	4166.667	5.001725
1200	24.7	4545.455	8.520179
1300	44	4924.242	15.17765
1400	68	5303.03	23.45636
1500	97.5	5681.818	33.63229
1600	133.5	6060.606	46.05036
1700	159.5	6439.394	55.01897
1800	224.5	6818.182	77.4405
1900	259.5	7196.97	89.51363
1500	100	5681.818	115.8



$$F_y = \frac{\text{Beban Leleh}}{\text{Luas Tampang } (A_o)}$$

$$= \frac{900}{0,264}$$

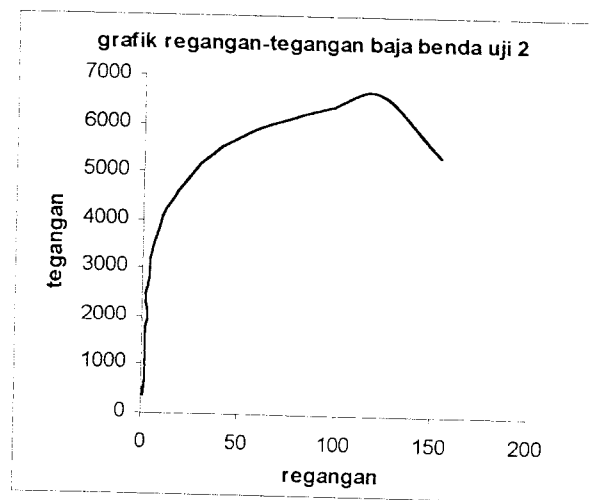
$$= 3406,4 \text{ kg/cm}^2 = 340,64 \text{ Mpa.}$$

**BENDA UJI 2**

- Diameter benda uji ( $d_o$ ) = 0,60 cm
- Luas tampang awal ( $A_o$ ) = 0,2827 cm<sup>2</sup>
- Panjang ukur awal ( $L_o = 5,64\sqrt{A_o}$ ) = 2,999 cm

Beban (P) (kg)	Perpanjangan ( $\Delta L$ ) (10 <sup>-2</sup> mm)	Tegangan (P/A <sub>o</sub> ) (kg/cm <sup>2</sup> )	Regangan (10 <sup>-4</sup> )
1	2	3	4
100	3	353.3569	1.000333
200	4.5	706.7138	1.5005

300	5.2	1060.071	1.733911
400	6.5	1413.428	2.167389
500	7.3	1766.784	2.434145
600	8.5	2120.141	2.834278
700	4.5	2473.498	1.5005
800	10.8	2826.855	3.6012
900	13	3180.212	4.334778
1000	16.9	3533.569	5.635212
1100	25.8	3886.926	8.602868
1200	35.6	4240.283	11.87062
1300	52	4593.64	17.33911
1400	75	4946.996	25.00834
1500	103	5300.353	34.34478
1600	143	5653.71	47.68256
1700	203	6007.067	67.68923
1800	295	6360.424	98.36612
1880	366	6643.11	122.0407
1520	97.5	5352.133	154.2



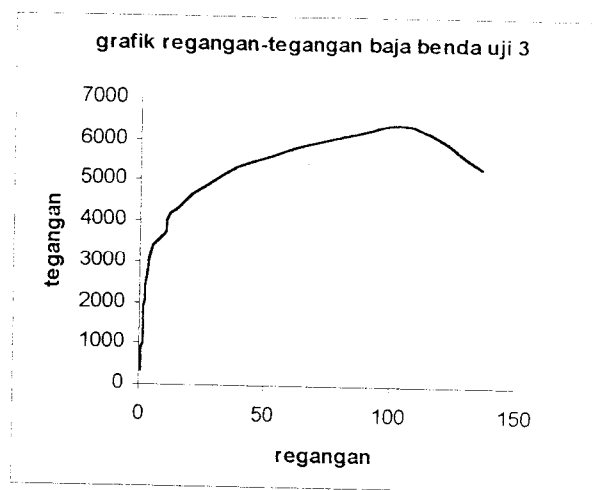
$$F_y = \frac{\text{Beban Leleh}}{\text{Luas Tampang (A}_o\text{)}} = \frac{800}{0,2827} = 2829,42 \text{ kg/cm}^2 = 282,942 \text{ Mpa.}$$

**BENDA UJI 3**

- Diameter benda uji ( $d_o$ ) = 0,61 cm
- Luas tampang awal ( $A_o$ ) = 0,2923 cm<sup>2</sup>
- Panjang ukur awal ( $L_o = 5,64\sqrt{A_o}$ ) = 3,048 cm

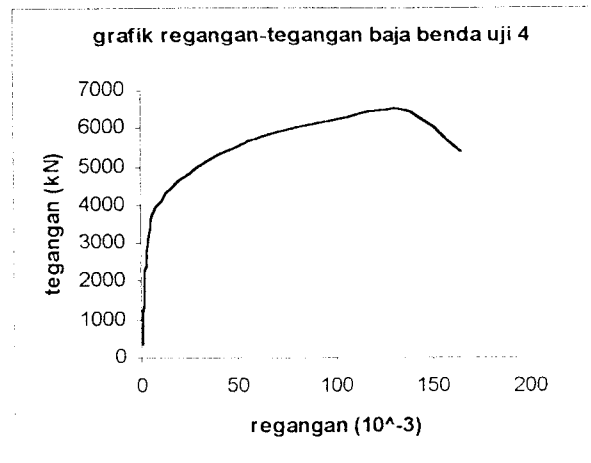
Beban (P) (kg)	Perpanjangan ( $\Delta L$ ) ( $10^{-2}$ mm)	Tegangan (P/A <sub>o</sub> ) (kg/cm <sup>2</sup> )	Regangan ( $10^{-4}$ )
1	2	3	4
100	2	342.4658	0.655953
200	3	684.9315	0.983929
300	3.5	1027.397	1.147917
400	4.4	1369.863	1.443096
500	5	1712.329	1.639882
600	6.1	2054.795	2.000656
700	7	2397.26	2.295835
800	8.2	2739.726	2.689406
900	10.5	3082.192	3.443752
1000	15	3424.658	4.919646
1100	32.7	3767.123	10.72483
1200	35	4109.589	11.47917
1300	52.2	4452.055	17.12037
1400	73.8	4794.521	24.20466

1500	101	5136.986	33.12561
1600	137.5	5479.452	45.09675
1700	185	5821.918	60.67563
1800	264	6164.384	86.58577
1850	333	6335.616	109.2161
1620	100	5352.133	136.5465



$$\begin{aligned}
 F_y &= \frac{\text{Beban Leleh}}{\text{Luas Tampang (A}_0\text{)}} \\
 &= \frac{850}{0.2923} = 2908,57 \text{ kg/cm}^2 = 290,857 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$





$$F_y = \frac{\text{Beban Leleh}}{\text{Luas Tampang (A}_o\text{)}}$$

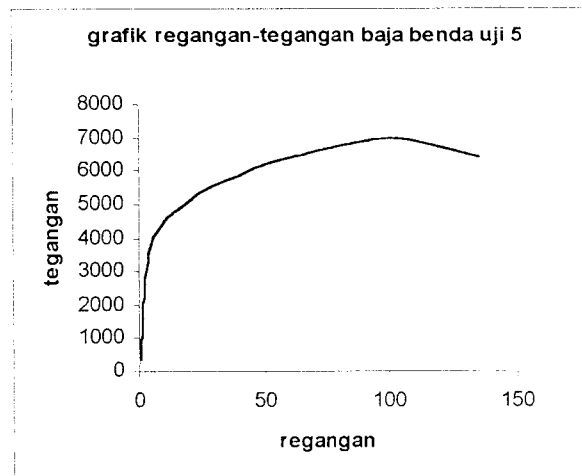
$$= \frac{900}{0,2923} = 3025,57 \text{ kg/cm}^2 = 302,557 \text{ Mpa.}$$

### BENDA UJI 5

- Diameter benda uji ( $d_o$ ) = 0,59 cm
- Luas tampang awal ( $A_o$ ) = 0,273 cm<sup>2</sup>
- Panjang ukur awal ( $L_o = 5,64\sqrt{A_o}$ ) = 2,945 cm

Beban (P) (kg)	Perpanjangan ( $\Delta L$ ) ( $10^{-2}$ mm)	Tegangan (P/ $A_o$ ) (kg/cm <sup>2</sup> )	Regangan ( $10^{-4}$ )
1	2	3	4
100	2.1	366.3004	0.712106
200	3	732.6007	1.017294
300	3.9	1098.901	1.322482

400	4.9	1465.201	1.66158
500	5.45	1831.502	1.848084
600	6.6	2197.802	2.238047
700	7.5	2564.103	2.543235
800	8.9	2930.403	3.017972
900	10.5	3296.703	3.560529
1000	13.5	3663.004	4.577823
1100	18.5	4029.304	6.273313
1200	27.3	4395.604	9.257375
1300	41	4761.905	13.90302
1400	60	5128.205	20.34588
1500	84	5494.505	28.48423
1600	117	5860.806	39.67447
1700	155	6227.106	52.56019
1800	207	6593.407	70.19329
1900	297	6959.707	100.7121
1750	90	6410.256	135.2564





$$F_y = \frac{\text{Beban Leleh}}{\text{Luas Tampang (Ao)}}$$

$$= \frac{800}{0,273}$$

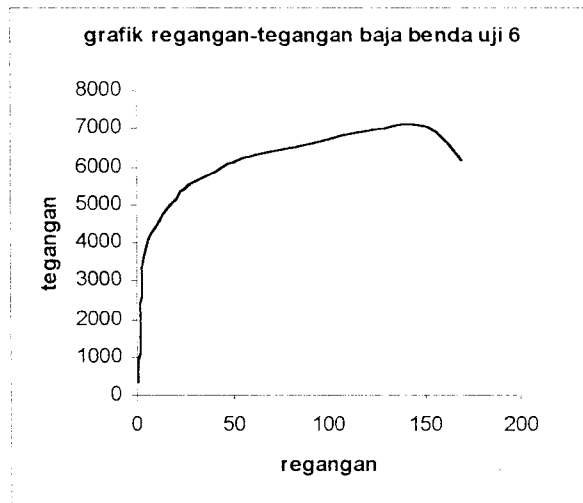
$$= 2930,40 \text{ kg/cm}^2 = 293,040 \text{ Mpa.}$$

**BENDA UJI 6**

- Diameter benda uji ( $d_o$ ) = 0,59 cm
- Luas tampang awal ( $A_o$ ) = 0,273 cm<sup>2</sup>
- Panjang ukur awal ( $L_o = 5,64\sqrt{A_o}$ ) = 2,945 cm

Beban (P) (kg)	Perpanjangan ( $\Delta L$ ) ( $10^{-2}$ mm)	Tegangan (P/Ao) (kg/cm <sup>2</sup> )	Regangan ( $10^{-4}$ )
1	2	3	4
100	2.8	366.3004	0.949153
200	3.8	732.6007	1.288136
300	4.5	1098.901	1.525424
400	5.2	1465.201	1.762712
500	6.1	1831.502	2.067797
600	7	2197.802	2.372881
700	7.9	2564.103	2.677966
800	8.9	2930.403	3.016949
900	9.9	3296.703	3.355932
1000	12.89	3663.004	4.369492
1100	17.6	4029.304	5.966102
1200	30.5	4395.604	10.33898

1300	40.2	4761.905	13.62712
1400	60	5128.205	20.33898
1500	80	5494.505	27.11864
1600	122	5860.806	41.35593
1700	163	6227.106	55.25424
1800	272	6593.407	92.20339
1900	360	6959.707	122.0339
1930	448	7069.597	151.8644
1680	125	6153.846	169.3654



$$\begin{aligned}
 F_y &= \frac{\text{Beban Leleh}}{\text{Luas Tampang (A}_o\text{)}} \\
 &= \frac{900}{0,273} = 3296,70 \text{ kg/cm}^2 = 329,67 \text{ Mpa.}
 \end{aligned}$$

# **LAMPIRAN IV**

## **Perhitungan Mix Design**

**PERENCANAAN MIX DESIGN**  
**BETON BOX DENGAN VARIASI MUTU BETON**

**1. Mutu Beton 20 Mpa**

$f_c' = 20 \text{ Mpa}$

Ukuran maksimum butiran kerikil = 20 mm

Berat volume agregat kasar ( SSD ) = 1,66

Berat jenis semen = 3,15

Berat jenis kerikil = 2,58

Berat jenis pasir = 2,35

Modulus halus butir = 2,68

1. Dihitung deviasi standar dari tabel 1 dengan data volume pekerjaan kecil dan mutu pekerjaan cukup, didapat :

$$S_d = 75 \text{ kg/cm}^2 = 7,5 \text{ Mpa}$$

$$M = 1,64 \cdot S_d = 1,64 \times 7,5 = 12,3 \text{ Mpa}$$

$$f'_{cr} \text{ ( kuat desak rata-rata )} = f_c' + m$$

$$= 20 + 12,3 = 32,3 \text{ Mpa}$$

2. Dihitung nilai  $f_{as}$  dengan tabel 2, untuk  $f'_{cr} = 32,3 \text{ Mpa}$

$$\text{Dengan interpolasi, } f_{as} = 0,44 + \frac{0,53 - 0,44}{28 - 35} (32,3 - 35) = 0,475$$

3. Dengan menggunakan tabel 3 untuk nilai slump = 5 – 7,5 mm dan agregat maksimal 20 mm, maka kebutuhan air = 0,1925 m<sup>3</sup> atau 192,5 liter

4. Dihitungan berat semen per m<sup>3</sup> beton

$$Fas = 0,475$$

$$\text{Berat semen ( pc )} = \frac{\text{berat air}}{fas} = \frac{0,1925}{0,475} = 0,4053 \text{ ton}$$

$$\text{Volume semen ( pc )} = \frac{\text{Berat semen}}{Bj.Pc} = \frac{0,4053}{3,15 \cdot 10^3} = 0,13 \text{ m}^3$$

5. Dihitungan volume kerikil berdasarkan ukuran butir maks 20 mm dan

mhb = 2,68 didapat

$$Vk = 0,624 \text{ m}^3$$

$$\text{Berat satuan kerikil} = 1,66$$

$$Wk = 1,66 \cdot 0,624 = 1,0658 \text{ ton} = 1065,8 \text{ kg}$$

6. Hitungan volume bahan

a. Volume absolut air = 0,1925 m<sup>3</sup>

b. Volume absolut kerikil =  $\frac{\text{berat kerikil}}{Bj. kerikil} = \frac{1,0658}{2,58} = 0,401 \text{ m}^3$

c. Volume absolut udara = 0,02 m<sup>3</sup>

Jumlah volume absolut air, semen, kerikil, dan udara : 1 m<sup>3</sup> beton

$$= \text{Vol. air} + \text{Vol. pc} + \text{Vol. kerikil} + \text{Vol udara terperangkap}$$

$$= 0,1925 + 0,13 + 0,401 + 0,02$$

$$= 0,7435 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume absolut pasir} = Vp = 1 - 0,7435 = 0,2565 \text{ m}^3$$

$$\text{Berat pasir } Wp = 0,2565 \cdot 2,35 = 0,603 \text{ ton}$$

7. Kontrol hubungan untuk 1 m<sup>3</sup> beton

$$\begin{aligned}\text{Berat beton} &= W_a + W_s + W_p + W_k \\ &= 0,1925 + 0,4053 + 0,603 + 1,0658 \\ &= 2,301 \text{ ton}\end{aligned}$$

8. Ditambah factor keamanan 10%:

a) Berat semen ( Ws )	= 0,4053 x 1,1 = 0,446 ton
b) Berat pasir ( Wp )	= 0,6030 x 1,1 = 0,6633 ton
c) Berat kerikil ( Wk )	= 1,0658 x 1,1 = 1,172 ton
d) Berat air ( Wa )	= 0,1925 x 1,1 = 0,211 m <sup>3</sup>

9. Digunakan :

a) Dimensi 75x75x8 cm sebanyak 2 buah dengan volume = 0,1715 m<sup>3</sup>  
dan 6 buah silinder dengan volume = 0,0318 m<sup>3</sup>, maka kebutuhan  
air, semen, pasir dan kerikil :

- $W_s = 0,4460 \times 0,20332 = 0,0906 \text{ ton}$
- $W_p = 0,6633 \times 0,20332 = 0,1348 \text{ ton}$
- $W_k = 1,1720 \times 0,20332 = 0,2383 \text{ ton}$
- $W_a = 0,2110 \times 0,20332 = 0,043 \text{ m}^3$

## 2. Mutu Beton 25 Mpa

$f_c' = 25 \text{ Mpa}$

Ukuran maksimum butiran kerikil = 20 mm

Berat volume agregat kasar ( SSD ) = 1,66

Berat jenis semen = 3,15

Berat jenis kerikil = 2,58

Berat jenis pasir = 2,35

Modulus halus butir = 2,68

1. Dihitung deviasi standar dari tabel 1 dengan data volume pekerjaan kecil dan mutu pekerjaan cukup, didapat :

$$S_d = 75 \text{ kg/cm}^2 = 7,5 \text{ Mpa}$$

$$M = 1,64 \cdot S_d = 1,64 \times 7,5 = 12,3 \text{ Mpa}$$

$$f'_{cr} \text{ ( kuat desak rata-rata )} = f'_c + m$$

$$= 25 + 12,3 = 37,3 \text{ Mpa}$$

2. Dihitungan nilai  $f_{as}$  dengan tabel 2, untuk  $f'_{cr} = 37,3 \text{ Mpa}$

$$\text{Dengan interpolasi, } f_{as} = 0,35 + \frac{0,44 - 0,35}{35 - 42} (37,3 - 42) = 0,41$$

3. Dengan menggunakan tabel 3 untuk nilai slump = 5 – 7,5 mm dan agregat maksimal 20 mm, maka kebutuhan air =  $0,1925 \text{ m}^3$  atau 192,5 liter

4. Dihitungan berat semen per  $\text{m}^3$  beton

$$F_{as} = 0,41$$

$$\text{Berat semen ( pc )} = \frac{\text{berat air}}{fas} = \frac{0,1925}{0,41} = 0,476 \text{ ton}$$

$$\text{Volume semen ( pc )} = \frac{\text{Berat semen}}{Bj.Pc} = \frac{476,41}{3,15 \cdot 10^3} = 0,149 \text{ m}^3$$

5. Dihitungan volume kerikil berdasarkan ukuran butir maks 20 mm dan, mhb = 2,68 didapat

$$V_k = 0,624 \text{ m}^3$$

$$\text{Berat satuan kerikil} = 1,66$$

$$W_k = 1,66 \cdot 0,624 = 1,0658 \text{ ton} = 1065,8 \text{ kg}$$

6. Hitungan volume bahan

a. Volume absolut air =  $0,1925 \text{ m}^3$

b. Volume absolut kerikil =  $\frac{\text{berat kerikil}}{Bj. kerikil} = \frac{1,0658}{2,58} = 0,401 \text{ m}^3$

c. Volume absolut udara =  $0,02 \text{ m}^3$

Jumlah volume absolut air, semen, kerikil, dan udara :  $1 \text{ m}^3$  beton

$$= \text{Vol. air} + \text{Vol. pc} + \text{Vol. kerikil} + \text{Vol udara terperangkap}$$

$$= 0,1925 + 0,1492 + 0,401 + 0,02$$

$$= 0,763 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume absolut pasir} = V_p = 1 - 0,763 = 0,237 \text{ m}^3$$

$$\text{Berat pasir } W_p = 0,237 \cdot 2,35 = 0,567 \text{ ton}$$

7. Kontrol hubungan untuk  $1 \text{ m}^3$  beton

$$\text{Berat beton} = W_a + W_s + W_p + W_k$$

$$= 0,1925 + 0,476 + 0,567 + 1,0658$$

$$= 2,30130 \text{ ton}$$



Diperkirakan betul, karena berat beton sebesar  $2300 \text{ kg/m}^3$

8. Ditambah factor keamanan 10%:

- a) Berat semen (  $W_s$  )      =  $0,476 \times 1,1 = 0,523 \text{ ton}$
- b) Berat pasir (  $W_p$  )      =  $0,567 \times 1,1 = 0,623 \text{ ton}$
- c) Berat kerikil (  $W_k$  )      =  $1,0658 \times 1,1 = 1,172 \text{ ton}$
- d) Berat air (  $W_a$  )        =  $0,1925 \times 1,1 = 0,211 \text{ m}^3$

9. Digunakan :

a) Dimensi  $75 \times 75 \times 8 \text{ cm}$  sebanyak 2 buah dengan volume =  $0,17152 \text{ m}^3$   
dan 3 buah silinder dengan volume =  $0,0159 \text{ m}^3$ , maka kebutuhan  
air, semen, pasir dan kerikil :

- $W_s = 0,523 \times 0,18742 = 0,0980 \text{ ton}$
- $W_p = 0,623 \times 0,18742 = 0,1167 \text{ ton}$
- $W_k = 1,172 \times 0,18742 = 0,2196 \text{ ton}$
- $W_a = 0,211 \times 0,18742 = 0,0395 \text{ m}^3$

b) Dimensi  $50 \times 50 \times 8 \text{ cm}$  sebanyak 2 buah dengan volume =  $0,1075 \text{ m}^3$   
dan 3 buah silinder dengan volume =  $0,0159 \text{ m}^3$ , maka kebutuhan  
air, semen, pasir dan kerikil :

- $W_s = 0,523 \times 0,2665 = 0,1394 \text{ ton}$
- $W_p = 0,623 \times 0,2665 = 0,1660 \text{ ton}$
- $W_k = 1,172 \times 0,2665 = 0,3123 \text{ ton}$
- $W_a = 0,211 \times 0,2665 = 0,056 \text{ m}^3$

Jadi kebutuhan seluruh bahan :

a)  $W_s = 0,1394 + 0,098 = 0,2374 \text{ ton}$

b)  $W_p = 0,1167 + 0,166 = 0,2827 \text{ ton}$

c)  $W_k = 0,2196 + 0,3123 = 0,5319 \text{ ton}$

d)  $W_a = 0,0395 + 0,0560 = 0,0955 \text{ m}^3$

### 3. Mutu Beton 30 Mpa

$$f_c' = 30 \text{ Mpa}$$

$$\text{Ukuran maksimum butiran kerikil} = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Berat volume agregat kasar ( SSD )} = 1,66$$

$$\text{Berat jenis semen} = 3,15$$

$$\text{Berat jenis kerikil} = 2,58$$

$$\text{Berat jenis pasir} = 2,35$$

$$\text{Modulus halus butir} = 2,68$$

1. Dihitung deviasi standar dari tabel 1 dengan data volume pekerjaan kecil dan mutu pekerjaan cukup, didapat :

$$S_d = 75 \text{ kg/cm}^2 = 7,5 \text{ Mpa}$$

$$M = 1,64.S_d = 1,64 \times 7,5 = 12,3 \text{ Mpa}$$

$$f_{cr} (\text{kuat desak rata-rata}) = f_c' + m$$

$$= 30 + 12,3 = 42,3 \text{ Mpa}$$

2. Dihitung nilai  $f_{as}$  dengan tabel 2, untuk  $f_{cr} = 42,3 \text{ Mpa}$

$$\text{Dengan } f_{as} = 0,35$$

3. Dengan menggunakan tabel 3 untuk nilai slump = 5 – 7,5 mm dan agregat maksimal 20 mm, maka kebutuhan air = 0,1925 m<sup>3</sup> atau 192,5 liter

4. Dihitungan berat semen per m<sup>3</sup> beton

$$F_{as} = 0,35$$

$$\text{Berat semen ( pc )} = \frac{\text{berat air}}{f_{as}} = \frac{0,1925}{0,35} = 0,55 \text{ ton}$$

$$\text{Volume semen ( pc )} = \frac{\text{Berat semen}}{\text{Bj.Pc}} = \frac{550}{3,15 \cdot 10^3} = 0,175 \text{ m}^3$$

5. Dihitungan volume kerikil berdasarkan ukuran butir maks 20 mm dan

mhb = 2,68 didapat

$$V_k = 0,624 \text{ m}^3$$

Berat satuan kerikil = 1,66

$$W_k = 1,66 \cdot 0,624 = 1,0658 \text{ ton} = 1065,8 \text{ kg}$$

6. Hitungan volume bahan

a. Volume absolut air =  $0,1925 \text{ m}^3$

b. Volume absolut kerikil =  $\frac{\text{berat kerikil}}{\text{Bj. kerikil}} = \frac{1,0658}{2,58} = 0,401 \text{ m}^3$

c. Volume absolut udara =  $0,02 \text{ m}^3$

Jumlah volume absolut air, semen, kerikil, dan udara :  $1 \text{ m}^3$  beton

= Vol. air + Vol. pc + Vol. kerikil + Vol udara terperangkap

$$= 0,1925 + 0,175 + 0,401 + 0,02$$

$$= 0,7885 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume absolut pasir} = V_p = 1 - 0,7885 = 0,2115 \text{ m}^3$$

$$\text{Berat pasir } W_p = 0,2115 \cdot 2,35 = 0,5 \text{ ton}$$

7. Kontrol hubungan untuk  $1 \text{ m}^3$  beton

Berat beton =  $W_a + W_s + W_p + W_k$

$$= 0,1925 + 0,55 + 0,5 + 1,0658$$

$$= 2,3083 \text{ ton}$$

Diperkirakan betul, karena berat beton sebesar  $2300 \text{ kg/m}^3$

8. Ditambah factor keamanan 10%:

a) Berat semen (  $W_s$  )      =  $0,5500 \times 1,1 = 0,605$  ton

b) Berat pasir (  $W_p$  )      =  $0,5000 \times 1,1 = 0,550$  ton

c) Berat kerikil (  $W_k$  )      =  $1,0658 \times 1,1 = 1,172$  ton

d) Berat air (  $W_a$  )      =  $0,1925 \times 1,1 = 0,211$  m<sup>3</sup>

9. Digunakan :

a) Dimensi 75x75x8 cm sebanyak 2 buah dengan volume =  $0,17152$  m<sup>3</sup>

dan 6 buah silinder dengan volume =  $0,0318$  m<sup>3</sup>, maka kebutuhan

air,semen, pasir dan kerikil :

- $W_s = 0,605 \times 0,20332 = 0,1230$  ton

- $W_p = 0,550 \times 0,20332 = 0,1120$  ton

- $W_k = 1,172 \times 0,20332 = 0,2383$  ton

- $W_a = 0,211 \times 0,20332 = 0,043$  m<sup>3</sup>

**Tabel 1.** Nilai Deviasi Standar ( Kg/cm<sup>2</sup> )

Volume Pekerjaan		Mutu Pelaksanaan		
	( m <sup>3</sup> )	Baik sekali	Baik	Cukup
Kecil	< 1000	45<S≤55	55<S≤65	65<S≤85
Sedang	1000 – 3000	35<S≤45	45<S≤55	55<S≤75
Besar	> 3000	25<S≤35	35<S≤45	45<S≤65

**Tabel 2.** Hubungan Fas dan Kuat Tekan Rata-rata Silinder Beton  
Pada Umur 28 Hari

Faktor air semen (Fas)	Perkiraan kuat tekan rata-rata (Mpa)
0,35	42
0,44	35
0,53	28
0,62	22,4
0,71	17,5
0,8	14

**Tabel 3.** Perkiraan Kebutuhan Air ( ltr )

Slam ( mm )	Ukuran maksimum agregat ( mm )		
	10	20	40
25 -50	206	182	162
75 – 100	226	203	177
150 – 175	240	212	188
Udara terperangkap	3 %	2 %	1 %

**Tabel 4.** Perkiraan Kebutuhan Agregat Kasar per-m<sup>3</sup> Beton

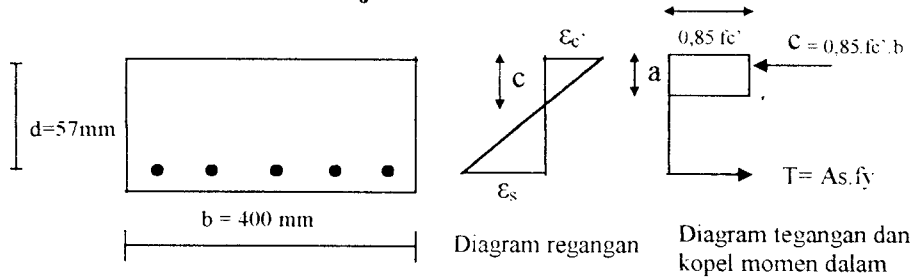
Ukuran maksimal agregat ( mm )	Modulus halus butir ( mhb ) pasir			
	2,4	2,6	2,8	3,0
10	0,46	0,44	0,42	0,40
20	0,65	0,63	0,61	0,59
40	0,76	0,74	0,72	0,70
80	0,84	0,82	0,80	0,78
150	0,90	0,88	0,86	0,84

# **LAMPIRAN V**

## **Perhitungan Beban Secara Teoritis**

## PERHITUNGAN BEBAN TEORITIS ( Tulangan Tunggal )

### 1. Model Benda Uji A-1 dan A-2



- Dengan menganggap bahwa tulangan tulangan tarik telah leleh

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{141,75 \cdot 306,615}{0,85 \cdot 26,66246 \cdot 400} = 4,8 \text{ mm}$$

$$Mn = A_s \cdot f_y \left( d - \frac{a}{2} \right) = 141,75 \cdot 306,615 \left( 57 - \frac{4,8}{2} \right) = 2373062,123 \text{ N} \cdot \text{mm} \\ = 2,3731 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- Dengan menganggap pada kedua ujung jepit

$$Mn = \frac{1}{8} p \cdot l$$

$$2,3731 \text{ kN} \cdot \text{m} = \frac{1}{8} p \cdot 0,75$$

$$P = 25,313 \text{ kN}$$

- Dengan menganggap pada kedua ujung sendi

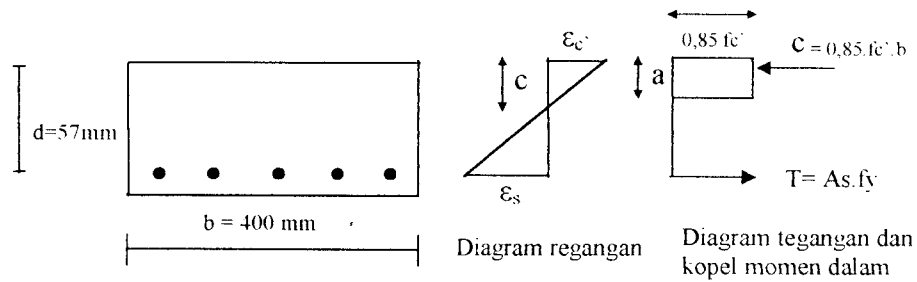
$$Mn = \frac{1}{4} p \cdot l$$

$$2,3731 \text{ kN} \cdot \text{m} = \frac{1}{4} p \cdot 0,75$$

$$P = 12,6565 \text{ kN}$$



## 2. Model Benda Uji B-1 dan B-2



- Dengan menganggap bahwa tulangan tulangan tarik telah leleh

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{141,75 \cdot 306,615}{0,85 \cdot 31,873 \cdot 400} = 4,011 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s \cdot f_y \left( d - \frac{a}{2} \right) = 141,75 \cdot 306,615 \left( 57 - \frac{4,011}{2} \right) = 2005000 \text{ N.mm}$$

$$= 2,005 \text{ kN.m}$$

- Dengan menganggap pada kedua ujung jepit

$$M_n = \frac{1}{8} p \cdot l$$

$$2,005 \text{ kN.m} = \frac{1}{8} p \cdot 0,75$$

$$P = 25,5 \text{ kN}$$

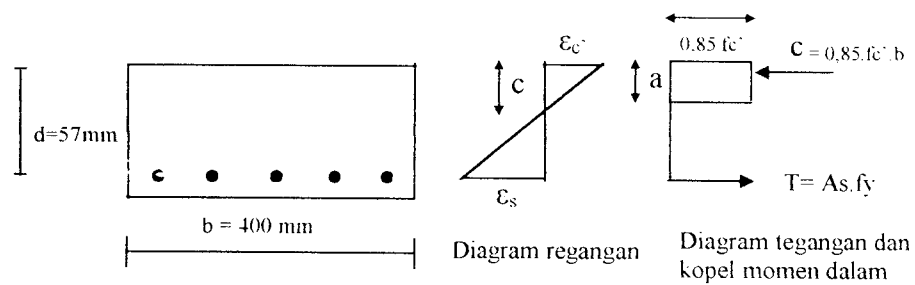
- Dengan menganggap pada kedua ujung sendi

$$M_n = \frac{1}{4} p \cdot l$$

$$2,005 \text{ kN.m} = \frac{1}{4} p \cdot 0,75$$

$$P = 12,75 \text{ kN}$$

### 3. Model Benda Uji C-1 dan C-2



- Dengan menganggap bahwa tulangan tarik telah leleh

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{141,75 \cdot 306,615}{0,85 \cdot 35 \cdot 9422,38 \cdot 400} = 3,556 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s \cdot f_y \left( d - \frac{a}{2} \right) = 141,75 \cdot 306,615 \left( 57 - \frac{3,556}{2} \right) = 1778300 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$= 1,7783 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- Dengan menganggap pada kedua ujung jepit

$$M_n = \frac{1}{8} p \cdot l$$

$$1,7783 \text{ kN} \cdot \text{m} = \frac{1}{8} p \cdot 0,75$$

$$P = 25,601 \text{ kN}$$

- Dengan menganggap pada kedua ujung sendi

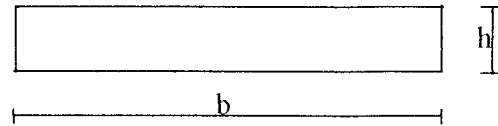
$$M_n = \frac{1}{4} p \cdot l$$

$$1,7783 \text{ kN} \cdot \text{m} = \frac{1}{4} p \cdot 0,75$$

$$P = 12,8005 \text{ kN}$$

**PERHITUNGAN BEBAN TEORITIS  
( Tanpa Tulangan )**

**4. Model Benda Uji D-1 dan D-2**



$$M_{cr} = \frac{f_r I_g}{y_t}$$

$$M_{cr} = \frac{0,57\sqrt{31,873} \cdot \frac{1}{12} \cdot 400 \cdot 80^3}{40}$$

$$M_{cr} = 1,323 \text{ kN.M}$$

- Dengan mengangap pada kedua ujung jepit

$$M_{cr} = \frac{1}{8} p l$$

$$1,323 \text{ N.M} = \frac{1}{8} 0,5 p$$

$$p = 21,168 \text{ kN}$$

- Dengan mengangap pada kedua ujung sendi

$$Mn = \frac{1}{4} p \cdot l$$

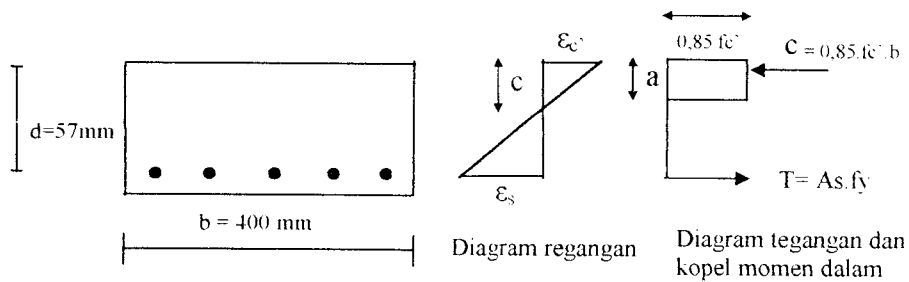
$$1,323 \text{ kN.m} = \frac{1}{4} p \cdot 0,75$$

$$P = 10,584 \text{ kN}$$

## PERHITUNGAN BEBAN RENCANA

### ( Tulangan Rangkap )

#### 1. Model benda uji A-1 dan A-2



Dengan menganggap tulangan baja tekan belum luluh dan baja tarik sudah luluh

$$Cc = 0,85 f' c . a . b$$

$$Cs = As' fs'$$

$$Cs = As' \frac{c - d'}{c} (2.10^5 - 0,003)$$

$$Cs = As' \frac{c - d'}{c} 600$$

$$T = As' fy$$

$$Cc + Cs - T = 0$$

$$0,85 f' c . \beta . b . c + As' \frac{c - d'}{c} . 600 - As' . fy . c = 0$$

$$0,85 f' c . \beta . b . c^2 + (600 . As' - As' . fy) c - 600 As' . d' = 0$$

$$0,85 . 26,66246 . 0,85 . 400 . c^2 + \left( 600 . 5 . \frac{1}{4} \pi . 6^2 - 5 . \frac{1}{4} \pi . 6^2 . 306,61 \right) c - 600 . 5 . \frac{1}{4} \pi . 6^2 . 23 = 0$$

$$7705,451c^2 + 41456,007c - 1950929,038 = 0$$

$$c = 13,45$$

$$a = \beta \cdot c$$

$$a = 0,85 \cdot 13,45$$

$$a = 11,4325$$

karena nilai  $c < d'$  maka anggapan salah dan semua tulangan terletak pada daerah tarik maka digunakan persamaan :

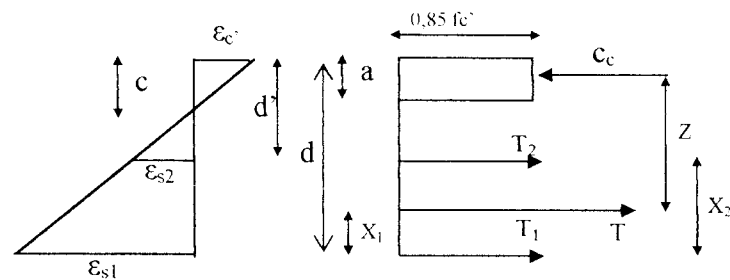


Diagram regangan

Diagram tegangan dan kopel momen dalam

$$\frac{\varepsilon_1}{(d-c)} = \frac{\varepsilon_2}{d'-c}$$

$$\frac{306,615}{(57-13,45)} = \frac{\varepsilon_2}{23-13,45}$$

$$\varepsilon_2 = 0,00034$$

$$f_s = 0,00034 \cdot 200000$$

$$f_s = 68$$

$$Cc - T_1 - T_2 = 0$$

$$0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b = A_s \cdot f_s + A_s \cdot f_y$$

$$0,85 \cdot 26,66246 \cdot 400 \cdot a = 141,372 \cdot 68 + 141,372 \cdot 306,615$$

$$a = 5,842 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta} = \frac{5,842}{0,85} = 6,873$$

Dengan coba - coba  $f_s = 68$

$$\frac{\varepsilon_1}{(d-c)} = \frac{\varepsilon_2}{d'-c}$$

$$\frac{306,615}{(57-6,873)} = \frac{\varepsilon_2}{(23-6,873)}$$

$$\varepsilon_s = 0,0005$$

$$f_s = 0,0005 \cdot 200000$$

$$f_s = 100 \neq 68$$

Dengan coba - coba  $f_s = 100$

$$0,85 \cdot 26,66426 \cdot 400 \cdot a = 141,372 \cdot 100 + 141,372 \cdot 306,615$$

$$a = 6,34$$

$$c = \frac{a}{\beta} = \frac{6,34}{0,85} = 7,46$$

$$\frac{\varepsilon_1}{(d-c)} = \frac{\varepsilon_2}{d'-c}$$

$$\frac{306,615}{(57-7,46)} = \frac{\varepsilon_2}{(23-7,46)}$$

$$\varepsilon_s = 0,0005$$

$$f_s = 0,0005 \cdot 200000$$

$$f_s = 100 = 100$$

$$T = T_1 + T_2$$

$$T = (As_1 \cdot fy) + (As_2 \cdot fs)$$

$$T = (141,372 \cdot 306,615) + (141,372 \cdot 100)$$

$$T = 57483,976$$

$$X_1 \cdot T = T_2 \cdot X_2$$

$$X_1 \cdot 57483,976 = 14419,944 \cdot 34$$

$$X_1 = 8,53$$

$$Z = d - X_1 - \frac{a}{2}$$

$$Mn = T \left( d - X_1 - \frac{a}{2} \right)$$

$$Mn = 57483,976 \left( 57 - 8,53 - \frac{6,34}{2} \right) = 2604024 \text{ Nmm}$$

$$Mn = 2,604024 \text{ kN.m}$$

Dengan mengangap pada kedua ujung jepit

$$2,604024 = \frac{1}{8} p \cdot 0,75$$

$$p = 27,78 \text{ kN}$$

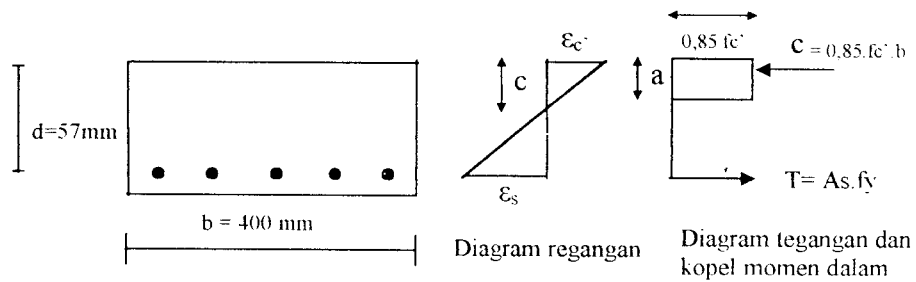
Dengan mengangap pada kedua ujung sendi

$$Mn = \frac{1}{4} p \cdot l$$

$$2,604024 \text{ kN.m} = \frac{1}{4} p \cdot 0,75$$

$$P = 13,89 \text{ kN}$$

## 2. Model Benda Uji B-1 dan B-2



Dengan mengangap tulangan baja tekan belum luluh dan baja tarik luluh

$$C_c = 0,85 f_c' c a b$$

$$C_s = A_s' f_s'$$

$$C_s = A_s' \frac{c - d'}{c} (2.10^5 - 0,003)$$

$$C_s = A_s' \frac{c - d'}{c} 600$$

$$T = A_s f_y$$

$$C_c + C_s - T = 0$$

$$0,85 f_c' c \beta b c + A_s' \frac{c - d'}{c} 600 - A_s f_y c = 0$$

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

$$0,85 \cdot 31,87 \cdot 0,8188 \cdot 400 \cdot c^2 + \left( 600 \cdot 5 \cdot \frac{1}{4} \pi \cdot 6^2 - 5 \cdot \frac{1}{4} \pi \cdot 6^2 \cdot 306,61 \right) c - 600 \cdot 5 \cdot \frac{1}{4} \pi \cdot 6^2 \cdot 23 = 0$$

$$8872,35 c^2 + 41456,007 c - 1950929,038 = 0$$

$$c = 12,5$$

$$a = \beta c$$



$$a = 0,8188.12,5$$

$$a = 10,235$$

karena nilai  $c < d'$  maka anggapan salah dan semua tulangan terletak pada daerah tarik maka digunakan persamaan :

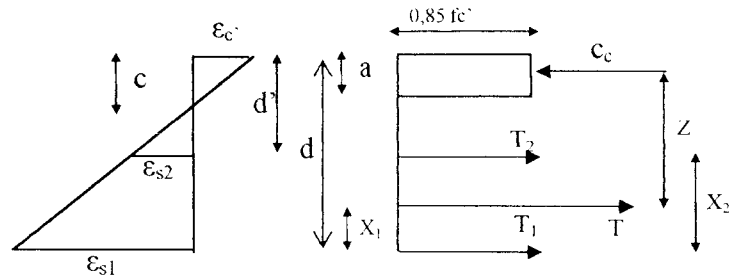


Diagram regangan

Diagram tegangan dan kopel momen dalam

$$\frac{\varepsilon_1}{(d - c)} = \frac{\varepsilon_2}{d' - c}$$

$$\frac{306,615}{(57 - 12,5)} = \frac{\varepsilon_2}{23 - 12,5}$$

$$\varepsilon_2 = 0,000362$$

$$f_s = 0,000362.200000$$

$$f_s = 72,347$$

$$Cc - T_1 - T_2 = 0$$

$$0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b = A_s \cdot f_s + A_s \cdot f_y$$

$$0,85 \cdot 31,873 \cdot 400 \cdot a = 141,372 \cdot 72,347 + 141,372 \cdot 306,615$$

$$a = 4,942$$

$$c = \frac{a}{\beta} = \frac{4,942}{0,8188} = 6,035$$

Dengan coba - coba  $f_s = 72,347$

$$\frac{\varepsilon_1}{(d-c)} = \frac{\varepsilon_2}{d'-c}$$

$$\frac{306,615}{(57-6,035)} = \frac{200000 \cdot \varepsilon_2}{(23-6,035)}$$

$$\varepsilon_s = 0,00051$$

$$f'_s = 0,00051 \cdot 200000$$

$$f'_s = 102 \neq 72,347$$

Dengan coba - coba  $f_s = 102$

$$0,85 \cdot 31,873 \cdot 400 \cdot a = 141,372 \cdot 102 + 141,372 \cdot 306,615$$

$$a = 5,331$$

$$c = \frac{a}{\beta} = \frac{5,331}{0,8188} = 6,51$$

$$\frac{\varepsilon_1}{(d-c)} = \frac{\varepsilon_2}{d'-c}$$

$$\frac{306,615}{(57-6,51)} = \frac{200000 \cdot \varepsilon_2}{(23-6,51)}$$

$$\varepsilon_s = 0,00051$$

$$f'_s = 0,00051 \cdot 200000$$

$$f'_s = 102 = 102$$

$$T = T_1 + T_2$$

$$T = (As_1 \cdot fy) + (As_2 \cdot fs)$$

$$T = (141,372 \cdot 306,615) + (141,372 \cdot 102)$$

$$T = 57766,7198$$

$$X_1 \cdot T = T_2 \cdot X_2$$

$$X_1 \cdot 57766,7198 = 14419,944 \cdot 34$$

$$X_1 = 8,487$$

$$Z = d - X_1 - \frac{a}{2}$$

$$Mn = T \left( d - X_1 - \frac{a}{2} \right)$$

$$Mn = 57766,7198 \left( 57 - 8,487 - \frac{5,331}{2} \right) = 2648500 \text{ N.mm}$$

$$Mn = 2,6485 \text{ kN.m}$$

Dengan menganggap pada kedua ujung jepit

$$2,6485 = \frac{1}{8} p \cdot 0,75$$

$$p = 28,25 \text{ kN}$$

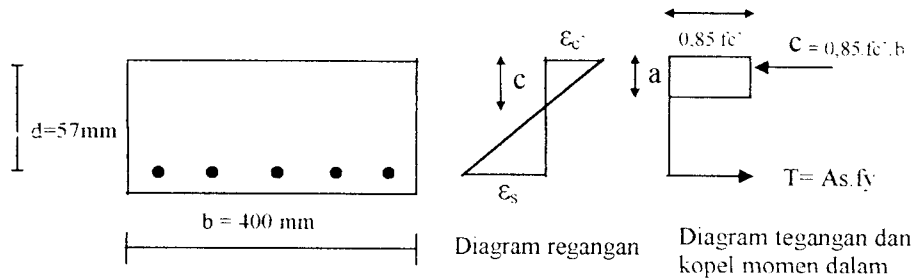
Dengan menganggap pada kedua ujung sendi

$$Mn = \frac{1}{4} p \cdot l$$

$$2,6485 \text{ kN.m} = \frac{1}{4} p \cdot 0,75$$

$$P = 14,125 \text{ kN}$$

### 3. Model Benda Uji C-1 dan C-2



Anggap tulangan baja tekan belum luluh dan baja tarik sudah luluh

$$C_c = 0,85 f'_c a b$$

$$C_s = A_s' f_s'$$

$$C_s = A_s' \frac{c - d'}{c} (2.10^5 - 0,003)$$

$$C_s = A_s' \frac{c - d'}{c} 600$$

$$T = A_s f_y$$

$$C_c + C_s - T = 0$$

$$0,85 f'_c \beta_1 b c + A_s' \frac{c - d'}{c} 600 - A_s f_y c = 0$$

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

$$0,85 \cdot 35,9422 \cdot 0,8025 \cdot 400 \cdot c^2 + \left( 600 \cdot 5 \cdot \frac{1}{4} \pi \cdot 6^2 - 5 \cdot \frac{1}{4} \pi \cdot 6^2 \cdot 306,61 \right) c - 600 \cdot 5 \cdot \frac{1}{4} \pi \cdot 6^2 \cdot 23 = 0$$

$$9806,37c^2 + 41456,007c - 1950929,038 = 0$$

$$c = 12,15$$

$$a = \beta_1 c$$

$$a = 0,8025 \cdot 12,15$$

$$a = 9,7504$$

karena nilai  $c < d'$  maka anggapan salah dan semua tulangan terletak pada daerah tarik maka digunakan persamaan :

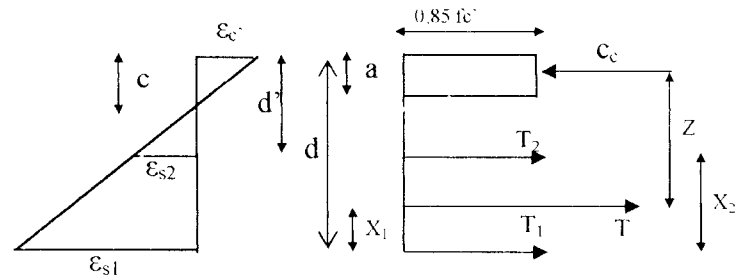


Diagram regangan

Diagram tegangan dan kopel momen dalam

$$\frac{\varepsilon_1}{(d - c)} = \frac{\varepsilon_2}{d' - c}$$

$$\frac{306,615}{(57 - 12,15)} = \frac{\varepsilon_2}{23 - 12,15}$$

$$\varepsilon_2 = 0,000371$$

$$f_s = 0,000371 \cdot 200000$$

$$f_s = 74,2$$

$$Cc - T_1 - T_2 = 0$$

$$0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b = A_s \cdot f_s + A_s \cdot f_y$$

$$0,85 \cdot 35,9422 \cdot 400 \cdot a = 141,372 \cdot 74,2 + 141,372 \cdot 306,615$$

$$a = 4,4055 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta} = \frac{4,4055}{0,8025} = 5,48972$$

Dengan coba - coba  $f_s = 74,2$

$$\frac{\varepsilon_1}{(d-c)} = \frac{\varepsilon_2}{d'-c}$$

$$\frac{306,615}{(57-5,48972)} = \frac{\varepsilon_2}{(23-5,48972)}$$

$$\varepsilon_s = 0,00052$$

$$f_s = 0,00052 \cdot 200000$$

$$f_s = 104 \neq 74,2$$

Dengan coba - coba  $f_s = 104$

$$0,85 \cdot 35,9422 \cdot 400 \cdot a = 141,372 \cdot 104 + 141,372 \cdot 306,615$$

$$a = 4,75$$

$$c = \frac{a}{\beta} = \frac{4,75}{0,8025} = 5,92$$

$$\frac{\varepsilon_1}{(d-c)} = \frac{\varepsilon_2}{d'-c}$$

$$\frac{306,615}{(57-5,92)} = \frac{\varepsilon_2}{(23-5,92)}$$

$$\varepsilon_s = 0,00052$$

$$f_s = 0,00052 \cdot 200000$$

$$f_s = 104 = 104$$

$$T = T_1 + T_2$$

$$T = (As_1 \cdot fy) + (As_2 \cdot fs)$$

$$T = (141,372 \cdot 306,615) + (141,372 \cdot 104)$$

$$T = 58049,464$$

$$X_1 \cdot T = T_2 \cdot X_2$$

$$X_1 \cdot 58049,464 = 14419,944 \cdot 34$$

$$X_1 = 8,446$$

$$Z = d - X_1 - \frac{a}{2}$$

$$Mn = T \left( d - X_1 - \frac{a}{2} \right)$$

$$Mn = 58049,464 \left( 57 - 8,446 - \frac{4,75}{2} \right) = 2681000 \text{ N.mm}$$

$$Mn = 2,681 \text{ kNm}$$

Dengan menganggap pada kedua ujung jepit

$$2,681 = \frac{1}{8} p \cdot 0,75$$

$$p = 28,6 \text{ kN}$$

Dengan menganggap pada kedua ujung sendi

$$Mn = \frac{1}{4} p \cdot l$$

$$2,681 \text{ kN.m} = \frac{1}{4} p \cdot 0,75$$

$$P = 14,3 \text{ kN}$$

## **LAMPIRAN VI**

### **Data Pengujian Beban dan Lendutan**



**TABEL HUBUNGAN BEBAN DAN LENDUTAN****Benda Uji A-1  $f_c' = 20$  Mpa ( dengan tulangan 75 x 75 x 40 )**

Beban	Dial 1	Dial 2	Dial 3	Dial 4
0	0	0	0	0
100	3.7	0	3	0
200	9	0	12	5
300	11.5	0	17	14
400	13	0	22	21
500	16	0	26	29
600	20	0	31	42
700	23	0	35	57
800	28	9	39	72
900	34	21	44	95
1000	39	32	48	112
1100	45.5	51	51	128
1200	54.5	80	54	152
1300	67.5	116	54.9	188
1400	79	149	54.9	219
1500	96	194	54.9	257
1600	116.5	267	54.9	322
1700	120	323	54.9	377

**Benda Uji A-2  $f_c' = 20$  Mpa ( dengan tulangan 75 X 75 X 40 )**

Beban	Dial 1	Dial 2	Dial 3	Dial 4
0	0	0	0	0
100	2.5	0	0	3
200	7	0	0	13
300	16	0	0	22
400	19	0	0	27
500	22.5	0	0	34
600	26	0	4	45
700	31	1	6	56
800	35	4	8	71
900	40	12	12	88
1000	45	22	19	109
1100	47.5	35	25	130
1200	50	55	34	166
1300	53	75	40	205
1400	69	110	60	261
1500	70	137	75	301
1600	72.5	186	104	369
1700	84	295	150	505
1800	100	297	198	626
1900	128	543	255	768
2000	148	699	355	939
2100	171	925	428	1192

**Benda Uji B-1  $f_c' = 25$  Mpa ( dengan tulangan 75 X 75 X 40 )**

Beban	Dial 1	Dial 2	Dial 3	Dial 4
0	0	0	0	0
100	4	0	0	9
200	14	4	18	25
300	19.5	8.5	10	35
400	25	12	11.5	44
500	35	15	12	53
600	42	22	14	65
700	51	28	15	83
800	57.5	33	15.2	93
900	67.5	41.5	16.1	112
1000	77	51	17	125
1100	91	68.5	18	155
1200	97.5	83	18.5	183
1300	109	123	18.5	235
1400	124	163	19	290
1500	133	197	19	337
1600	144	242	19	400
1700	150	292	19	450
1800	159	355	17	520
1900	190	584	11	770
2000	206	688	24	880
2100	244	1009	94	1190
2200	267	1179	111	1370
2300	279	1200	120	1499
2400	286	1469	146	1687
2500	312	1678	175	1846
2600	330	1799	215	2005
2700	367	1921	269	2185

**Benda Uji B-2  $f_c' = 25$  Mpa ( dengan tulangan 75 X 75 X 40 )**

Beban	Dial 1	Dial 2	Dial 3	Dial 4
0	0	0	0	0
100	1	0	0	0
200	12.5	4.5	0	2
300	18.5	8.5	0	12
400	24.2	12	0	20
500	31	14.5	3	31
600	37.2	16	10	50
700	44	20.5	11	68
800	51	30	11	90
900	61	44.5	11	116
1000	67.5	55	11	135
1100	80	69	11	159
1200	90.5	92	11	190
1300	103	126	11	238
1400	131	156	11	275

*Lampiran VI*

1500	138	183	4	313
1600	149.5	240	10	385
1700	168	329	16	495
1800	190	379	18	560
1900	230	464	33	670
2000	358	586	66	785
2100	499	725	86	963
2200	658	1098	120	1250

**Benda Uji C-1  $f_c' = 30$  Mpa ( dengan tulangan 75 X 75 X 40 )**

Beban	Dial 1	Dial 2	Dial 3	Dial 4
0	0	0	0	0
1	0	0	0	5
2	1	1	5	14
3	2	11	19	38
4	5	22.5	22.5	50
5	5	26.2	28	56
6	6	31	34	65
7	6	37.2	38	76
8	6	43	45	91
9	8	51.7	52	117
10	9	60	55	135
11	10	65.5	65.5	150
12	10	76	69	176
13	11	85	76	200
14	13	99	88.5	228
15	16	122	102	272
16	27	162	106	331
17	44	236	137	340
18	86	369	146	687
19	112	578	175	701
20	130	699	192	760
21	197	721	201	800
22	207	780	210	820
23	214	830	224	950
24	220	884	247	1012
25	243	903	250	1300
26	256	969	285	1404
27	280	1013	290	1694
28	302	1178	301	2005

**Benda Uji C-2  $f_c' = 30$  Mpa ( dengan tulangan 75 X 75 X 40 )**

Beban	Dial 1	Dial 2	Dial 3	Dial 4
0	0	0	0	0
1	1	0	1	0
2	5	0	9.5	0
3	12	9	13.5	4
4	14	29	13.5	7
5	16	47	13.5	10
6	18	64	13.5	16
7	19	75	13.5	25
8	20	83	13.5	34
9	21.5	93	13.5	46
10	22	104	14	97
11	40	122	18	126

*Lampiran VI*

12	56	132.5	52	165
13	69	146	70	195
14	72	171	89	270
15	85	208	95	320
16	90	258	101	395
17	105	318	104	476
18	110	360	107	530
19	120	400	114	580
20	125	514	120	730
21	130	610	134	860
22	135	748	157	1025
23	150	932	167	1220
24	168	1004	176	1301
25	179	1085	180	1380
26	189	1145	190	1450
27	200	1264	201	1530
28	203	1345	210	2320

**Benda Uji D-1  $f_c' = 25 \text{ Mpa}$  ( tanpa tulangan  $50 \times 50 \times 40$  )**

Beban	Dial 1	Dial 2	Dial 3	Dial 4
0	0	0	0	0
100	0	0	0	0
200	18	13	37	14
300	31.5	28	62	30
400	42	42	81	48
500	49.8	55	93	61
600	61.5	69	106	72
700	71.3	84	115	85
800	82	96	128	108
900	91.5	109	140	109
1000	98	120	150	110
1100	105.5	132	161	136
1200	122	184	171	195

**Benda Uji D-2  $f_c' = 25 \text{ Mpa}$  ( tanpa tulangan  $50 \times 50 \times 40$  )**

Beban	Dial 1	Dial 2	Dial 3	Dial 4
0	0	0	0	0
100	4	11	19	8
200	21	32	46	31
300	43	56	67	53
400	58	75	79	73.5
500	63	112	118	110.5
600	63.5	145	140	142.5
700	63.5	171	162	164
800	63.5	192.5	186	189.7
900	63.5	208.5	200.5	203.7
1000	63.5	229.4	217	220
1100	79.5	240	229	234.2
1200	76	263.3	249	256
1300	76	281.2	273	278.5
1400	76	311	291.5	297.5
1500	76	331	306	478.5

## **LAMPIRAN VII**

### **Data Lendutan Teoritis dan Pengujian**

TABEL HUBUNGAN LENDUTAN PENGUJIAN DAN TEORITIS

Benda Uji A-1  $f_c' = 20 \text{ Mpa}$ 

Beban Uji ( kN )	Beban Teori Jepit ( kN )	Beban Teori Sendi ( kN )	L ( mm )	EI ( kN.mm )	Lendutan Uji ( mm )	Lendutan Teori Jepit ( mm )	Lendutan Teori Sendi ( mm )
1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	0	750	419444053	0	0	0
1	1	1	750	419444053	0	0.005239	0.020954
2	2	2	750	419444053	0.05	0.010477	0.041908
3	3	3	750	419444053	0.14	0.015716	0.062862
4	4	4	750	419444053	0.21	0.020954	0.083816
5	5	5	750	419444053	0.29	0.026193	0.10477
6	6	6	750	419444053	0.42	0.031431	0.125724
7	7	7	750	419444053	0.57	0.03667	0.146679
8	8	8	750	419444053	0.72	0.041908	0.167633
9	9	9	750	419444053	0.95	0.047147	0.188587
10	10	10	750	419444053	1.12	0.052385	0.209541
11	11	11	750	419444053	1.28	0.057624	0.230495
12	12	12	750	419444053	1.52	0.062862	0.251449
13	13	13	750	419444053	1.88	0.068101	0.272403
14	14	13.89	750	419444053	2.19	0.073339	0.291052
15	15		750	419444053	2.57	0.078578	
16	16		750	419444053	3.22	0.083816	
17	17		750	419444053	3.77	0.089055	
	27.78		750	419444053		0.145562	

Benda Uji A-2  $f_c' = 20 \text{ Mpa}$ 

Benda Uji ( kN )	Beban Teori Jepit ( kN )	Beban Teori Sendi ( kN )	L ( mm )	EI ( kN.mm )	Lendutan Uji ( mm )	Lendutan Teori Jepit ( mm )	Lendutan Teori Sendi ( mm )
1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	0	750	419444053	0	0	0
1	1	1	750	419444053	0.03	0.005239	0.020954
2	2	2	750	419444053	0.13	0.010477	0.041908
3	3	3	750	419444053	0.22	0.015716	0.062862
4	4	4	750	419444053	0.27	0.020954	0.083816
5	5	5	750	419444053	0.34	0.026193	0.10477
6	6	6	750	419444053	0.45	0.031431	0.125724
7	7	7	750	419444053	0.56	0.03667	0.146679



*Lampiran VII*

8	8	8	750	419444053	0.71	0.041908	0.167633
9	9	9	750	419444053	0.88	0.047147	0.188587
10	10	10	750	419444053	1.09	0.052385	0.209541
11	11	11	750	419444053	1.3	0.057624	0.230495
12	12	12	750	419444053	1.66	0.062862	0.251449
13	13	13	750	419444053	2.05	0.068101	0.272403
14	14	13.89	750	419444053	2.61	0.073339	0.291052
15	15		750	419444053	3.01	0.078578	
16	16		750	419444053	3.69	0.083816	
17	17		750	419444053	5.05	0.089055	
18	18		750	419444053	6.26	0.094293	
19	19		750	419444053	7.68	0.099532	
20	20		750	419444053	9.39	0.10477	
21	21		750	419444053	11.92	0.110009	
	27.78		750	419444053		0.145526	

Benda Uji B-1  $f_c' = 25 \text{ Mpa}$ 

Beban Uji (kN)	Beban Teori Jepit (kN)	Beban Teori Sendi (kN)	L (mm)	EI (kN.mm)	Lendutan Uji (mm)	Lendutan Teori Jepit (mm)	Lendutan Teori Sendi (mm)
1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	0	750	452853760	0	0	0
1	1	1	750	452853760	0.09	0.004852	0.019408
2	2	2	750	452853760	0.25	0.009704	0.038816
3	3	3	750	452853760	0.35	0.014556	0.058225
4	4	4	750	452853760	0.44	0.019408	0.077633
5	5	5	750	452853760	0.53	0.02426	0.097041
6	6	6	750	452853760	0.65	0.029112	0.116449
7	7	7	750	452853760	0.83	0.033964	0.135857
8	8	8	750	452853760	0.93	0.038816	0.155265
9	9	9	750	452853760	1.12	0.043668	0.174674
10	10	10	750	452853760	1.25	0.04852	0.194082
11	11	11	750	452853760	1.55	0.053372	0.21349
12	12	12	750	452853760	1.83	0.058225	0.232898
13	13	13	750	452853760	2.35	0.063077	0.252306
14	14	14	750	452853760	2.9	0.067929	0.271714
15	15	14.125	750	452853760	3.37	0.072781	0.27414
16	16		750	452853760	4	0.077633	
17	17		750	452853760	4.5	0.082485	
18	18		750	452853760	5.2	0.087337	
19	19		750	452853760	7.7	0.092189	
20	20		750	452853760	8.8	0.097041	
21	21		750	452853760	11.9	0.101893	
22	22		750	452853760	13.7	0.106745	
23	23		750	452853760	14.99	0.111597	
24	24		750	452853760	16.87	0.116449	
25	25		750	452853760	18.46	0.121301	
26	26		750	452853760	20.05	0.126153	
27	27		750	452853760	21.85	0.131005	
	28.25		750	452853760		0.13707	

Benda Uji B-2  $f_c' = 25 \text{ Mpa}$ 

Beban Uji (kN)	Beban Teori Jepit (kN)	Beban Teori Sendi (kN)	L (mm)	EI (kN.mm)	Lendutan Uji (mm)	Lendutan Teori Jepit (mm)	Lendutan Teori Sendi (mm)
1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	0	750	452853760	0	0	0
1	1	1	750	452853760	0	0.004852	0.019408
2	2	2	750	452853760	0.02	0.009704	0.038816

Lampiran VII

3	3	3	750	452853760	0.12	0.014556	0.058225
4	4	4	750	452853760	0.2	0.019408	0.077633
5	5	5	750	452853760	0.31	0.02426	0.097041
6	6	6	750	452853760	0.5	0.029112	0.116449
7	7	7	750	452853760	0.68	0.033964	0.135857
8	8	8	750	452853760	0.9	0.038816	0.155265
9	9	9	750	452853760	1.16	0.043668	0.174674
10	10	10	750	452853760	1.35	0.04852	0.194082
11	11	11	750	452853760	1.59	0.053372	0.21349
12	12	12	750	452853760	1.9	0.058225	0.232898
13	13	13	750	452853760	2.38	0.063077	0.252306
14	14	14	750	452853760	2.75	0.067929	0.271714
15	15	14.125	750	452853760	3.13	0.072781	0.27414
16	16		750	452853760	3.85	0.077633	
17	17		750	452853760	4.95	0.082485	
18	18		750	452853760	5.6	0.087337	
19	19		750	452853760	6.7	0.092189	
20	20		750	452853760	7.85	0.097041	
21	21		750	452853760	9.63	0.101893	
22	22		750	452853760	12.5	0.106745	
	28.25		750	452853760		0.13707	

Benda Uji C-1  $f_c' = 30 \text{ Mpa}$ 

Beban Uji (kN)	Beban Teori Jepit (kN)	Beban Teori Sendi (kN)	L (mm)	EI (kN.mm)	Lendutan Uji (mm)	Lendutan Teori Jepit (mm)	Lendutan Teori Sendi (mm)
1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	0	750	480893440	0	0	0
1	1	1	750	480893440	0.05	0.004569	0.018277
2	2	2	750	480893440	0.14	0.009138	0.036553
3	3	3	750	480893440	0.38	0.013707	0.05483
4	4	4	750	480893440	0.5	0.018277	0.073106
5	5	5	750	480893440	0.56	0.022846	0.091383
6	6	6	750	480893440	0.65	0.027415	0.109659
7	7	7	750	480893440	0.76	0.031984	0.127936
8	8	8	750	480893440	0.91	0.036553	0.146212
9	9	9	750	480893440	1.17	0.041122	0.164489
10	10	10	750	480893440	1.35	0.045691	0.182765
11	11	11	750	480893440	1.5	0.05026	0.201042
12	12	12	750	480893440	1.76	0.05483	0.219318
13	13	13	750	480893440	2	0.059399	0.237595
14	14	14	750	480893440	2.28	0.063968	0.255871
15	15	14.3	750	480893440	2.72	0.068537	0.261354
16	16		750	480893440	3.31	0.073106	
17	17		750	480893440	3.4	0.077675	
18	18		750	480893440	6.87	0.082244	
19	19		750	480893440	7.01	0.086814	
20	20		750	480893440	7.6	0.091383	
21	21		750	480893440	8	0.095952	
22	22		750	480893440	8.2	0.100521	
23	23		750	480893440	9.5	0.10509	
24	24		750	480893440	10.12	0.109659	
25	25		750	480893440	13	0.114228	
26	26		750	480893440	14.04	0.118797	
27	27		750	480893440	16.94	0.123367	
28	28		750	480893440	20.05	0.127936	
	28.25		750	480893440		0.129078	

Benda Uji C-2  $f_c' = 30 \text{ Mpa}$ 

Beban Uji (kN)	Beban Teori Jepit (kN)	Beban Teori Sendi (kN)	L (mm)	EI (kN.mm)	Lendutan Uji (mm)	Lendutan Teori Jepit (mm)	Lendutan Teori Sendi (mm)
1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	0	750	480893440	0	0	0
1	1	1	750	480893440	0	0.004569	0.018277
2	2	2	750	480893440	0	0.009138	0.036553
3	3	3	750	480893440	0.04	0.013707	0.05483
4	4	4	750	480893440	0.07	0.018277	0.073106
5	5	5	750	480893440	0.1	0.022846	0.091383
6	6	6	750	480893440	0.16	0.027415	0.109659
7	7	7	750	480893440	0.25	0.031984	0.127936
8	8	8	750	480893440	0.34	0.036553	0.146212
9	9	9	750	480893440	0.46	0.041122	0.164489
10	10	10	750	480893440	0.97	0.045691	0.182765
11	11	11	750	480893440	1.26	0.05026	0.201042
12	12	12	750	480893440	1.65	0.05483	0.219318
13	13	13	750	480893440	1.95	0.059399	0.237595
14	14	14	750	480893440	2.7	0.063968	0.255871
15	15	14.3	750	480893440	3.2	0.068537	0.261354
16	16		750	480893440	3.95	0.073106	
17	17		750	480893440	4.76	0.077675	
18	18		750	480893440	5.3	0.082244	
19	19		750	480893440	5.8	0.086814	
20	20		750	480893440	7.3	0.091383	
21	21		750	480893440	8.6	0.095952	
22	22		750	480893440	10.25	0.100521	
23	23		750	480893440	12.2	0.10509	
24	24		750	480893440	13.01	0.109659	
25	25		750	480893440	13.8	0.114228	
26	26		750	480893440	14.5	0.118797	
27	27		750	480893440	15.3	0.123367	
28	28		750	480893440	23.20	0.127936	
	28.25		750	480893440		0.129078	

Benda Uji D-1  $f_c' = 25 \text{ Mpa}$  ( tanpa tulangan 50cm x 50cm x 8cm )

Beban Uji ( kN )	Beban Teori Jepit ( kN )	Beban Teori Sendi ( kN )	L ( mm )	EI ( kN.mm )	Lendutan Uji ( mm )	Lendutan Teori Jepit ( mm )	Lendutan Teori Sendi ( mm )
1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	0	500	452853760	0	0	0
1	1	0	500	452853760	0	0.001438	0
2	2	1	500	452853760	0	0.002875	0.005751
3	3	2	500	452853760	0.14	0.004313	0.011501
4	4	3	500	452853760	0.3	0.005751	0.017252
5	5	4	500	452853760	0.48	0.007188	0.023002
6	6	5	500	452853760	0.61	0.008626	0.028753
7	7	6	500	452853760	0.72	0.010063	0.034503
8	8	7	500	452853760	0.85	0.011501	0.040254
9	9	8	500	452853760	1.08	0.012939	0.046005
10	10	9	500	452853760	1.09	0.014376	0.051755
11	11	10	500	452853760	1.1	0.015814	0.057506
12	12	10.584	500	452853760	1.36	0.017252	0.060864
13	13		500	452853760	1.95	0.018689	
	21.168		500	452853760		0.030432	

Benda Uji D-2  $f_c' = 25 \text{ Mpa}$  ( tanpa tulangan 50cm x 50cm x 8cm )

Beban Uji ( kN )	Beban Teori Jepit ( kN )	Beban Teori Sendi ( kN )	L ( mm )	EI ( kN.mm )	Lendutan Uji ( mm )	Lendutan Teori Jepit ( mm )	Lendutan Teori Sendi ( mm )
1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	0	500	452853760	0	0	0
1	1	1	500	452853760	0.08	0.001438	0.005751
2	2	2	500	452853760	0.31	0.002875	0.011501
3	3	3	500	452853760	0.53	0.004313	0.017252
4	4	4	500	452853760	0.735	0.005751	0.023002
5	5	5	500	452853760	1.105	0.007188	0.028753
6	6	6	500	452853760	1.425	0.008626	0.034503
7	7	7	500	452853760	1.64	0.010063	0.040254
8	8	8	500	452853760	1.897	0.011501	0.046005
9	9	9	500	452853760	2.037	0.012939	0.051755
10	10	10	500	452853760	2.2	0.014376	0.057506
11	11	10.584	500	452853760	2.342	0.015814	0.060864
12	12		500	452853760	2.56	0.017252	
13	13		500	452853760	2.785	0.018689	
14	14		500	452853760	2.975	0.020127	
15	15		500	452853760	4.785	0.021565	
	21.168		500	452853760		0.030432	

<b>Benda Uji A</b> <b>fc' = 20 Mpa</b>	
<b>Beban Rata-Rata (kN )</b>	<b>Lendutan Rata-Rata (mm)</b>
0	0
1	0.03
2	0.13
3	0.22
4	0.27
5	0.34
6	0.45
7	0.56
8	0.71
9	0.88
10	1.09
11	1.3
12	1.66
13	2.05
14	2.61
15	3.01
16	3.69
17	5.05
18	6.26
19	7.68

<b>Benda Uji B</b> <b>fc' = 25 Mpa</b>	
<b>Beban Rata-Rata (kN )</b>	<b>Lendutan Rata-Rata (mm)</b>
0	0
1	0.09
2	0.25
3	0.35
4	0.44
5	0.53
6	0.65
7	0.83
8	0.93
9	1.12
10	1.25
11	1.55
12	1.83
13	2.35
14	2.9
15	3.37
16	4
17	4.5
18	5.2
19	7.7
20	8.8
21	11.9
22	13.7
23	14.99
24	16.87
24,5	18.46

<b>Benda Uji C</b> <b>fc' = 30 Mpa</b>	
<b>Beban Rata-Rata (kN )</b>	<b>Lendutan Rata-Rata (mm)</b>
0	0
1	0.05
2	0.14
3	0.38
4	0.5
5	0.56
6	0.65
7	0.76
8	0.91
9	1.17
10	1.35
11	1.5
12	1.76
13	2
14	2.28
15	2.72
16	3.31
17	3.4
18	6.87
19	7.01
20	7.6
21	8
22	8.2
23	9.5
24	10.12
25	13
26	14.04
27	16.94
28	22.2

# **LAMPIRAN VIII**

## **Foto-foto Penelitian**



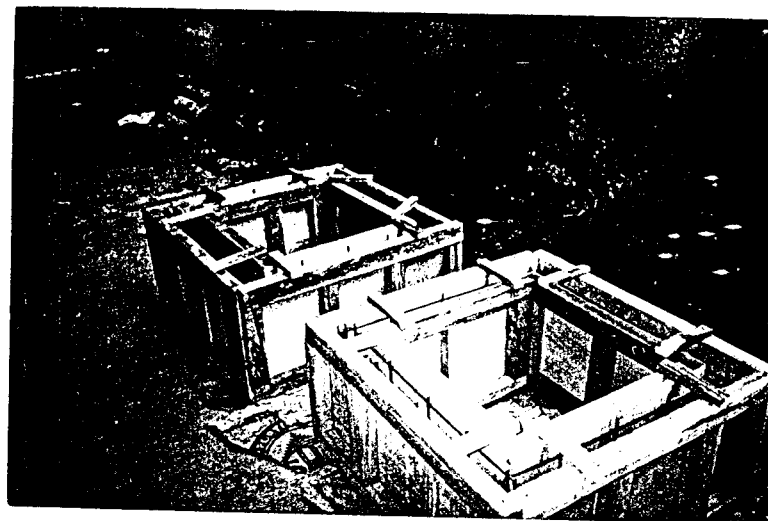


Foto 1 Bekesting Beton Box

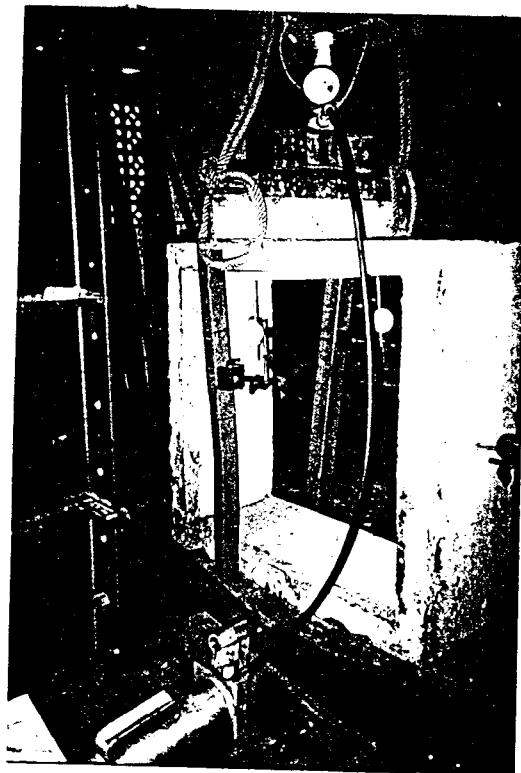
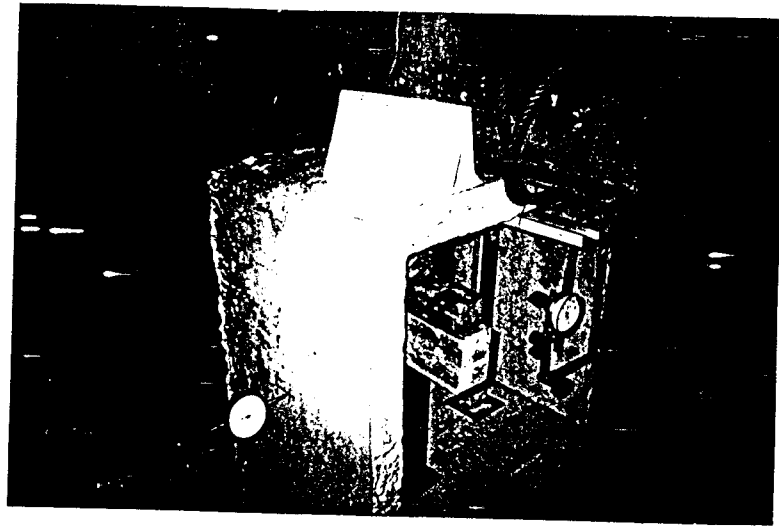


Foto 2 Pembebanan dan Perletakan Dial

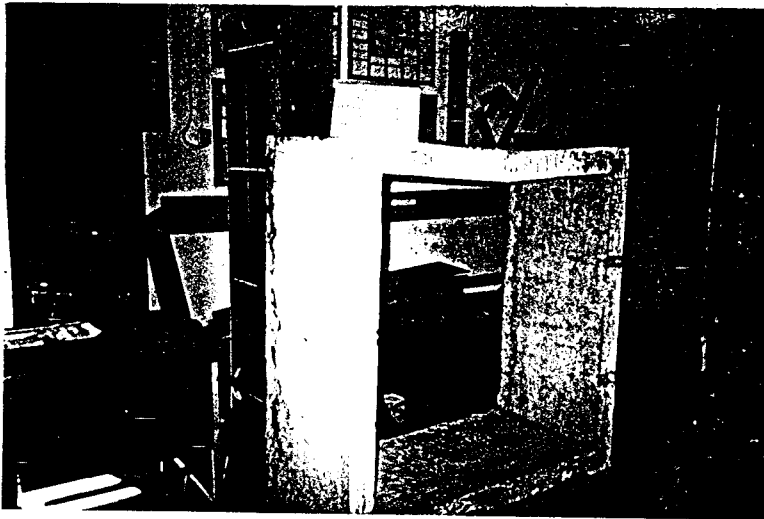


Foto 3 Kerusakan Pada Tengah Bentang

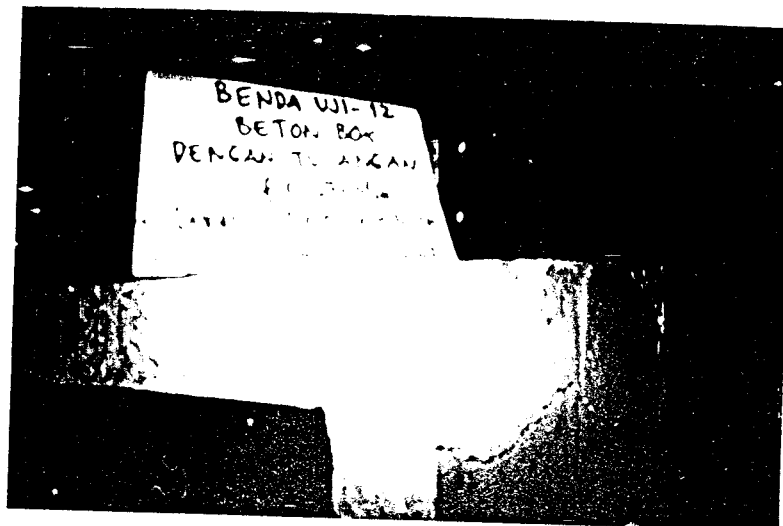
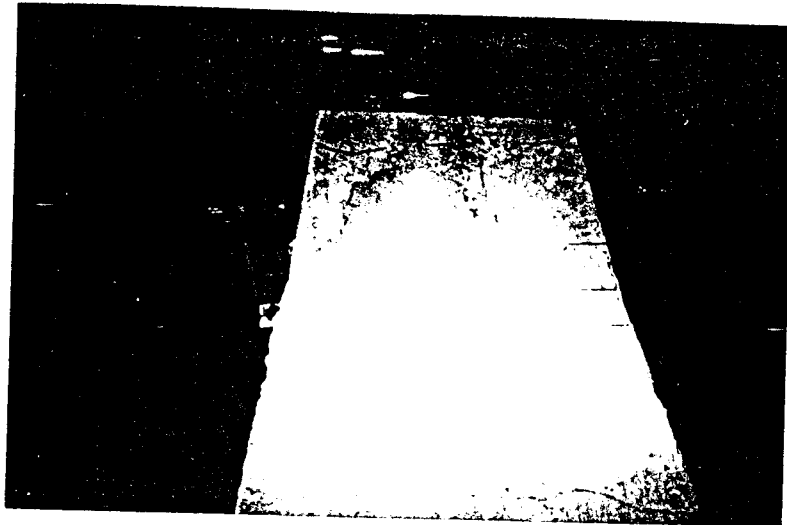


Foto 4 Kerusakan Pada Pertemuan Bentang

