

# **SKRIPSI**

**PENGARUH SAMBUNGAN BETON DAN TULANGAN LONGITUDINAL  
PADA JARAK 1/6 BENTANG TERHADAP KEKUATAN BALOK**



**Disusun Oleh :**

**M. VIANEY M. PUTRA**

**( 07.21.007 )**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2013**

SECRET

COMMUNIST INFLUENCE IN THE UNITED STATES  
AND THE NATIONAL SECURITY CENTER ON 1954

SECRET  
ACTING IN THE  
(YOU...)

SECRET  
MANAGEMENT AND THE NATIONAL SECURITY  
EVALUATE NATIONAL SECURITY MATTERS  
SECRET

**LEMBAR PERSETUJUAN  
SKRIPSI**

**PENGARUH SAMBUNGAN BETON DAN TULANGAN LONGITUDINAL  
PADA JARAK 1/6 BENTANG TERHADAP KEKUATAN BALOK**

*Disusun dan Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana  
Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang*

**Disusun Oleh :  
M. VIANEY M. PUTRA  
0721007**

**Menyetujui :**

**Dosen Pembimbing I**



**( Ir. A. Agus Santoso, MT )**

**Dosen Pembimbing II**



**( Ir. Ester Priskasari, MT )**

**Mengetahui,**

**Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1**



**Ir. H. Hirijanto, MT**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2013**

## LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH SAMBUNGAN BETON DAN TULANGAN LONGITUDINAL  
PADA JARAK 1/6 BENTANG TERHADAP KEKUATAN BALOK

### SKRIPSI

Dipertahankan Dihadapan Majelis Penguji Sidang Skripsi Jenjang  
Strata Satu (S -1)

Pada Hari : Rabu

Tanggal : 21 Agustus 2013

Dan Diterima Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan  
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Disusun Oleh :  
M. VIANEY M. PUTRA  
0721007

Disahkan Oleh :

Ketua



Ir. H. Hirijanto, MT

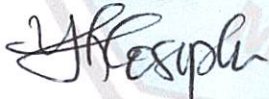
Sekretaris



Lila Ayu Ratna Winanda, ST, MT

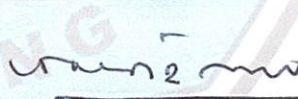
Anggota Penguji :

Penguji I



Yosimson P. Manaha, ST, MT

Penguji II



Ir. H. Sudirman Indra, MSc

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2013

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

**Nama** : M. VIANEY M. PUTRA  
**NIM** : 67.21.007  
**Program Studi** : Teknik Sipil S-1  
**Fakultas** : Teknik Sipil dan Perencanaan

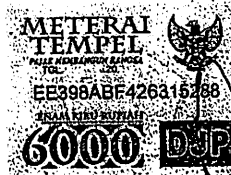
Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya dengan judul:

**PENGARUH SAMBUNGAN BETON DAN TULANGAN  
LONGITUDINAL PADA JARAK 1/6 BENTANG TERHADAP  
KEKUATAN BALOK**

Adalah asli karya saya sendiri dan bukan merupakan duplikat serta tidak mengutip hasil karya orang lain, kecuali yang disebut dari sumber asli dan tercantum dalam daftar pustaka.

**Malang, September 2013**

**Yang membuat pernyataan**



**M. VIANEY M. PUTRA**

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur senantiasa penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan kekuatan dan kelapangan sehingga Skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik dan tepat waktu.

Skripsi ini dimasukkan untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana (S1) di jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan di Institut Teknologi nasional Malang

Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam laporan ini, untuk itu penulis mengharapkan koreksi dan saran demi perbaikan sehingga berguna bagi banyak orang.

Atas terselesaikannya Skripsi, ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sebanyak – banyaknya kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Kustamar, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan.
2. Bapak Ir. H. Hirijanto, MT selaku Ketua Prodi Teknik Sipil.
3. Bapak Ir Togi H. Nainggolan, MS, selaku Dosen Koordinator bidang Penelitian.
4. Bapak Ir. A. Agus Santoso, MT Selaku Dosen Pembimbing Skripsi.
5. Ibu Ir. Ester Priskasari, MT Selaku Dosen Pembimbing Skripsi.
6. Rekan-rekan di Jurusan Teknik Sipil S-1.
7. Kedua orang tua saya yang tidak lelah memberikan semangat, materi dan doa.
8. Dan semua pihak yang telah membantu hingga terselesaikannya skripsi ini.

**Semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas kebaikan anda semua.Amin.**

**Akhir kata dari penyusun. Jika ada kekurangan dalam hal isi maupun tata tulis, saran dan masukkan dari pembaca sangat penulis harapkan.**

**Malang, Juli 2013**

**Penyusun**

## ABSTRAK

**PENGARUH SAMBUNGAN BETON DAN TULANGAN LONGITUDINAL PADA JARAK 1/6 BENTANG TERHADAP KEKUATAN BALOK.** Oleh : M. Vianey M. Putra. Program Studi Teknik Sipil S-1. Institut Teknologi Nasional Malang. Dosen Pembimbing : Ir. A. Agus Santoso, MT dan Ir. Ester Priskasari, MT.

Struktur bangunan gedung sering mengalami penundaan kelanjutan pembangunannya akibat faktor biaya maupun bahan. Hal ini menyebabkan terjadinya sambungan pada beton dan tulangan yang sudah dibuat sebelumnya. Apabila letak dan jarak yang dibuat pada sambungan beton baru dan beton lama berada pada posisi yang tidak sesuai, maka akan berakibat fatal pada konstruksi yang dikerjakan secara bertahap tersebut.

Untuk mengetahui letak dan jarak sambungan yang aman pada sambungan balok beton, maka dilakukan pengujian eksperimental.. Pengujian eksperimental tersebut memakai benda uji balok dengan dimensi 100 mm x 150 mm x 2000 mm dengan 2 variasi, yakni balok tanpa disambung dan balok dengan jarak sambungan beton dan tulangan seperenam bentang, dengan jumlah total benda uji 5 buah. Masalah yang diteliti pada penelitian ini meliputi pengaruh letak sambungan beton dan tulangan longitudinal pada jarak seperenam bentang terhadap lendutan, kuat lentur, kuat geser dan perilaku retak. Tujuannya adalah meneliti efektifitas sambungan beton lama dan beton baru pada jarak seperenam bentang.

Berdasarkan parameter lendutan, kuat lentur, kuat geser, dan perilaku retak balok tanpa sambungan dan balok dengan jarak sambungan seperenam bentang didapat perbedaan Beban  $P_{maks}$  3.67 %,  $P_{runtuh}$  5.47 %, Lendutan  $\Delta_{maks}$  8.81 %,  $\Delta_{runtuh}$  -0.36 %, Kuat lentur  $M_{maks}$  8.74 %,  $M_{runtuh}$  -0.56 %, Kuat geser  $V_{c_{maks}}$  8.49 %,  $V_{c_{runtuh}}$  -0.54 %.

Dari hasil pengujian sambungan beton dan tulangan longitudinal pada jarak 1/6 bentang, tidak berpengaruh terhadap kekuatan balok. Sehingga dapat diaplikasikan pada konstruksi bangunan, khususnya balok beton.

**Kata kunci:** beban, kuat geser, kuat lentur, lendutan, sambungan



## DAFTAR ISI

	Hal
Halaman Judul	
Lembar Persetujuan Skripsi .....	i
Lembar Pengesahan Skripsi.. .....	ii
Lembar Keaslian Skripsi.. .....	iii
Kata Pengantar .....	iv
Abstrak .....	vi
Daftar Isi.....	vii
Daftar Tabel.....	x
Daftar Grafik .....	xi
Daftar Gambar .....	xii
Daftar Notasi.....	xiv

### BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan Penelitian .....	3
1.4. Ruang Lingkup Masalah .....	4
1.5. Manfaat Penelitian. ....	5
1.6. Hipotesis Penelitian.....	6

### BAB II. STUDI PUSTAKA

2.1. Beberapa Penelitian Terdahulu .....	7
2.2. Pengekangan Pada Beton .....	8
2.3. Metoda Perencanaan .....	9
2.4. Kuat Beton Terhadap Gaya Tekan .....	10
2.5. Baja Tulangan .....	11
2.6. Prinsip-prinsip Perencanaan.....	12
2.7. Sambungan batang dan kawat ulir dalam kondisi tarik.....	17

2.8. Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik.....	20
2.9. Dasar teori Analisa Lentur Penampang Persegi.....	22
2.10. Distribusi Tegangan Persegi Dari Whitney.....	23
2.11. Lentur Tulangan Tunggal.....	25
2.12. Lentur Tulangan Rangkap.....	26
2.13. Kekuatan Geser Dan Tulangan Geser.....	30
2.14. Perilaku Balok Akibat Gaya Geser.....	31
2.15. Persyaratan Perencanaan Tulangan Geser.....	35

### BAB III. METODE PENELITIAN

3.1. Parameter Penelitian.....	41
3.2. Model Analisa.....	42
3.3. Waktu Dan Tempat Penelitian.....	42
3.4. Pengujian di Laboratorium.....	43
3.4.1. Benda Uji.....	43
3.4.2. Persiapan Bahan.....	46
3.4.3. Pembuatan Sample.....	46
3.4.4. Perawatan Benda Uji.....	49
3.4.5. Proses Pengujian.....	50
3.5. Umum.....	54
3.6. Analisis Hasil Laboratorium.....	55
3.6.1. Campuran Beton.....	55
3.6.2. Data Dan Perhitungan Kuat Tekan Silinder.....	55
3.6.3. Data Dan Perhitungan Kuat Tarik Baja.....	56
3.7. Analisis Teoritis.....	57
3.7.1. Kontrol Momen.....	58
3.7.2. Penulangan Geser.....	63
3.7.3. Perhitungan Lendutan.....	64
3.7.4. Retak Awal.....	71
3.7.5. Lebar Retak.....	72
3.8. Perhitungan Kuat Lentur Teoritis.....	82
3.9. Perhitungan Kuat Geser Teoritis.....	84

**BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

4.1. Analisis Eksperimen Lendutan ..... 88

    4.1.1. Balok Tanpa Sambungan Beton Dan tulangan ..... 88

    4.1.2. Balok dengan Jarak Sambungan Beton Dan tulangan 1/6..... 105

4.2. Perhitungan Kuat Lentur Eksperimen ..... 119

4.3. Perhitungan Kuat Geser Eksperimen ..... 134

4.4. Mekanisme Perilaku Retak..... 149

**BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1. Kesimpulan ..... 155

5.2. Saran..... 156

**DAFTAR PUSTAKA ..... 158**

**LAMPIRAN-LAMPIRAN**

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1	: Panjang lewatan tarik.....	19
Tabel 3.1	: Proporsi Campuran beton Hasil Mix Desain.....	55
Tabel 3.2	: Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton .....	56
Tabel 3.3	: Pemeriksaan Mutu Baja .....	56
Tabel 3.4	: Hasil Analisa Teoritis Untuk Pembebanan Maksimum .....	62
Tabel 3.5	: Hasil Analisa Momen Inersia Penampang Retak .....	67
Tabel 3.6	: Hasil Analisa Momen Retak .....	68
Tabel 3.7	: Hasil Analisa Teoritis Lendutan.....	74
Tabel 3.8	: Kuat Lentur Teoritis .....	80
Tabel 3.9	: Kuat Geser Teoritis.....	82
Tabel 4.1	: Data Hasil Eksperimen Lendutan Balok Tanpa Sambungan A.....	89
Tabel 4.2	: Data Hasil Eksperimen Lendutan Balok Tanpa Sambungan B. ....	93
Tabel 4.3	: Data Hasil Eksperimen Lendutan Balok Tanpa Sambungan C.....	97
Tabel 4.4	: Hubungan Beban-Lendutan BTS A,B,C, Dan Rata-rata. ....	101
Tabel 4.5	: Data Hasil Eksperimen Lendutan Balok Dengan Jarak Sambungan Beton dan Tulangan 1/6 A.....	105
Tabel 4.6	: Data Hasil Eksperimen Lendutan Balok Dengan Jarak Sambungan Beton dan Tulangan 1/6 B.....	109
Tabel 4.7	: Hubungan Beban-Lendutan B-1/6 A,B, Dan Rata-rata. ....	114
Tabel 4.8	: Perbandingan Beban maks dan Lendutan maks BTS Dan B-1/6 bentang.....	119
Tabel 4.9	: Kuat Lentur Eksperimen BTS Rata-rata.....	122
Tabel 4.10	: Kuat Lentur Eksperimen B-1/6 Rata-rata.....	128
Tabel 4.11	: Perbandingan Beban maks dan Kuat Lentur maks BTS dan B-16 bentang.....	134
Tabel 4.12	: Kuat Geser Eksperimen BTS Rata-rata.....	137
Tabel 4.13	: Kuat Geser Eksperimen B-1/6 Rata-rata.....	143
Tabel 4.14	: Perbandingan Beban maks dan Kuat Geser maks BTS dan B-1/6 bentang.....	149

## DAFTAR GRAFIK

Grafik 3.1	: Hubungan Beban-Lendutan Teoritis.....	79
Grafik 3.2	: Hubungan Beban-Kuat Lentur Teoritis.....	83
Grafik 3.3	: Hubungan Beban-Kuat Geser Teoritis.....	87
Grafik 4.1	: Hubungan Beban-Lendutan Balok Tanpa Sambungan A.....	91
Grafik 4.2	: Hubungan Beban-Lendutan Balok Tanpa Sambungan B.....	95
Grafik 4.3	: Hubungan Beban-Lendutan Balok Tanpa Sambungan C.....	99
Grafik 4.4	: Hubungan Beban-Lendutan Balok Tanpa Sambungan A,B,C, dan Rata-rata.....	102
Grafik 4.5	: Hubungan Beban-Lendutan BTS Rata-rata Dan Teoritis.....	104
Grafik 4.6	: Hubungan Beban-Lendutan Balok Dengan Jarak Sambungan $1/6$ A.....	107
Grafik 4.7	: Hubungan Beban-Lendutan Balok Dengan Jarak Sambungan $1/6$ B.....	112
Grafik 4.8	: Hubungan Beban-Lendutan Balok Dengan Jarak Sambungan $1/6$ A, B, dan Rata-rata.....	116
Grafik 4.9	: Hubungan Beban-Lendutan BTS Rata-rata, B- $1/6$ Rata-rata, dan Teoritis.....	117
Grafik 4.10	: Hubungan Beban-Kuat Lentur Balok Tanpa Sambungan Rata-rata.....	125
Grafik 4.11	: Hubungan Beban-Kuat Lentur Balok Dengan Jarak Sambungan $1/6$ Bentang Rata-rata.....	131
Grafik 4.12	: Hubungan Beban-Kuat Lentur Teoritis, BTS dan B- $1/6$ Rata-rata.....	132
Grafik 4.13	: Hubungan Beban-Kuat Geser Balok Tanpa Sambungan Rata-rata.....	140
Grafik 4.14	: Hubungan Beban-Kuat Geser Balok Dengan Jarak Sambungan $1/6$ Bentang Rata-rata.....	146
Grafik 4.15	: Hubungan Beban-Kuat Geser Teoritis, BTS dan B- $1/6$ Rata-rata.....	147

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	: Model Sambungan Balok.....	7
Gambar 2.2	: Diagram Tegangan-Regangan Beton.....	10
Gambar 2.3	: Diagram Tegangan-Regangan Baja Tulangan.....	12
Gambar 2.4	: Diagram Tegangan-Regangan Balok.....	13
Gambar 2.5	: Diagram Tegangan-Regangan Pada Kondisi Balanced.....	15
Gambar 2.6	: Sambungan batang dalam kondisi tarik.....	18
Gambar 2.7	: Detail kaitan untuk penyaluran kait standard.....	21
Gambar 2.8	: Distribusi Tegangan Whitney.....	23
Gambar 2.9	: Lentur Tulangan Tunggal.....	26
Gambar 2.10	: Diagram Tegangan-Regangan Lentur Tulangan Rangkap.....	27
Gambar 2.11	: Keadaan Geser Murni.....	31
Gambar 2.12	: Perilaku Geser Pada Elemen Lentur.....	32
Gambar 2.13	: Filosofi Tulangan Geser.....	33
Gambar 2.14	: Flow Chart Perhitungan Penulangan Geser.....	37
Gambar 2.15	: Flow Chart Perhitungan Lendutan.....	38
Gambar 2.16	: Flow Chart Perhitungan Kuat Lentur.....	39
Gambar 2.17	: Flow Chart Perhitungan Kuat Geser.....	40
Gambar 3.1	: Penulangan Pada Balok Tanpa Sambungan.....	44
Gambar 3.2	: Penulangan Pada Balok Dengan Jarak Sambungan 1/6 Bentang.....	45
Gambar 3.3	: Proses Pengujian Lendutan.....	52
Gambar 3.4	: Bagan Alir Rencana Penelitian.....	53
Gambar 3.5	: Penampang Balok Normal.....	58
Gambar 3.6	: Diagram Tegangan Regangan Balok Normal.....	62
Gambar 3.7	: Penampang Transformasi Balok Normal.....	64
Gambar 3.8	: Sketsa Penempatan Balok.....	69
Gambar 4.1	: Pengujian Kuat Lentur Balok Tanpa Sambungan A.....	92
Gambar 4.2	: Pengujian Kuat Lentur Balok Tanpa Sambungan B.....	96
Gambar 4.3	: Pengujian Kuat Lentur Balok Tanpa Sambungan C.....	100

Gambar 4.4	: Pengujian Kuat Lentur Balok Dengan Jarak Sambungan 1/6 A.....	108
Gambar 4.5	: Pengujian Kuat Lentur Balok Dengan Jarak Sambungan 1/6 B.....	113
Gambar 4.6	: Pola Retak Balok Tanpa Sambungan A.....	150
Gambar 4.7	: Pola Retak Balok Tanpa Sambungan B.....	151
Gambar 4.8	: Pola Retak Balok Tanpa Sambungan C.....	152
Gambar 4.9	: Pola Retak Balok Dengan Jarak Sambungan 1/6 bentang A....	153
Gambar 4.10	: Pola Retal Balok Dengan Jarak Sambungan 1/6 bentang B.....	154

## DAFTAR NOTASI

*BTS* = Balok Tanpa Sambungan

*B-1/6* = Balok Dengan Jarak Sambungan beton Dan Tulangan 1/6 Bentang

*n* = Perbandingan Modulus elastisitas baja terhadap modulus elastisitas beton

*h* = Tinggi Balok (mm)

*b* = Lebar Balok (mm)

*l* = Panjang Balok (mm)

$\phi$  = Diameter tulangan baja (mm)

*q* = Beban Sendiri (N/mm)

*P* = Beban (N)

*A* = Luas benda uji (mm<sup>2</sup>)

*d* = Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tarik tulangan (mm)

*d'* = Jarak dari serat tekan terluar ke titik berat tulangan tekan (mm)

*y* = Jarak sumbu netral penampang ke serat paling tertekan (mm)

*A<sub>s</sub>* = Luas tulangan tekan (mm<sup>2</sup>)

*Z* = Besaran pembatas distribusi tulangan lentur (mm)

*C<sub>c</sub>* = Gaya tekan beton (N)

*C<sub>s</sub>* = Gaya tekan baja (N)

*M<sub>n</sub>* = Momen nominal (Nmm)

*M<sub>cr</sub>* = Momen retak pada beton (Nmm)

$\Delta$  = Defleksi yang terjadi pada balok (mm)

*I<sub>cr</sub>* = Momen inersia penampang retak transformasi (mm<sup>4</sup>)

*I<sub>g</sub>* = Momen inersia penampang utuh (mm<sup>4</sup>)



$I_e$  = Momen inersia (Nmm)

$f_r$  = Modulus keruntuhan lentur beton (MPa)

$y_t$  = Jarak dari sumbu pusat penampang bruto, dengan mengabaikan keberadaan tulangan, ke serat tarik terluar (mm)

$f'_c$  = Kuat tekan beton rencana (MPa)

$f_y$  = Kuat leleh tulangan longitudinal (MPa)

$\varepsilon_c$  = Regangan beton

$\varepsilon_y$  = Regangan baja tulangan

$E_s$  = Modulus elastisitas baja tulangan(MPa)

$E_c$  = Modulus elastisitas beton(MPa)

$V_u$  = Gaya Geser terfaktor pada penampang (N)

$V_c$  = Kuat geser nominal (N)

$M_a$  = Momen (Nmm)

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar belakang**

Dewasa ini banyak pembangunan dan proyek-proyek besar yang dibangun serta direncanakan dengan desain yang indah serta kuat. Proyek-proyek tersebut biasanya membutuhkan suplai kebutuhan cor beton yang tidak sedikit dan terus-menerus agar pengecoran dapat diselesaikan tanpa hambatan, namun banyak juga pengecoran proyek dihentikan ditengah jalan entah karena kurangnya suplai beton cor, karena keterlambatan bahan ke lapangan, keterbatasan waktu, dana, atau alasan lain, sehingga menimbulkan sambungan antar beton lama (beton yang mulai mengeras) dengan beton baru (pengecoran lanjutan). Sambungan tersebut dapat berakibat fatal jika tidak diperhatikan pemberhentiannya dan biasanya sambungan beton lama (yang sudah mulai mengeras) dengan beton baru hanya diberi air semen sebagai pengikat atau bahkan permukaan beton lama dikasarkan guna terjadinya pengikatan antara beton lama yang sudah mengeras dengan beton baru.

Perancangan struktur balok beton bertulang tahan gempa sesuai dengan SNI 03-2847-2002 mensyaratkan bahwa pemakaian tulangan pengekang dan tulangan longitudinal untuk mencapai daktilitas yang disyaratkan. Pendetailan khusus dalam bentuk pengekangan diberikan terutama di daerah yang mempunyai potensi terjadinya sendi plastis (pada semua ujung balok dan semua ujung kolom), sesuai dengan konsep perancangan struktur tahan gempa saat ini, terutama pada bangunan

yang didesain sebagai Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) Yaitu sistem rangka ruang dalam, dimana komponen-komponen struktur dan joint-jointnya menahan gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser dan aksial, sistem ini pada dasarnya memiliki daktilitas penuh dan wajib digunakan di zona resiko gempa tinggi yaitu di zona 5 hingga zona 6. Struktur harus direncanakan menggunakan sistem penahan beban lateral yang memenuhi persyaratan *detailing* yang khusus dan mempunyai daktilitas penuh.

Sering sambungan antara beton lama dan beton baru pada balok dilaksanakan tanpa menggunakan bahan perekat beton. Pada penelitian ini akan dilakukan penyambungan beton lama dan beton baru tanpa menggunakan bahan perekat beton (*bond crete*), mengingat harga dari perekat beton tersebut cukup mahal dan masih langkahnya bahan perekat tersebut jika pembangunan dilaksanakan di luar jawa. Sambungan tulangan longitudinal perlu diperhatikan panjang penyaluran dan pengekan pada daerah penyambungan tersebut serta yang terpenting adalah letak atau lokasi sambungan dari beton balok dan tulangan longitudinal di sepanjang balok tersebut.

Penelitian mengenai pengaruh letak penyambungan beton dan tulangan longitudinal balok masih sangat jarang dilakukan, sehingga penulis merasa sangat perlu untuk melakukan penelitian ini, dan diharapkan hasil penelitian ini dapat menghasilkan kesimpulan mengenai letak sambungan beton dan tulangan longitudinal balok, terutama balok beton bertulang yang dirancang sebagai Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) di wilayah gempa kuat.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Masalah penelitian yang telah diteliti adalah sebagai berikut :

- Apakah letak sambungan beton dan tulangan longitudinal balok pada jarak  $1/6$  bentang berpengaruh terhadap lendutan ?
- Apakah letak sambungan beton dan tulangan longitudinal balok pada jarak  $1/6$  bentang berpengaruh terhadap kekuatan lentur ?
- Apakah letak sambungan beton dan tulangan longitudinal balok pada jarak  $1/6$  bentang berpengaruh terhadap kekuatan geser ?
- Apakah letak sambungan beton dan tulangan longitudinal pada balok dengan jarak  $1/6$  bentang berpengaruh terhadap perilaku retak dan keruntuhan balok beton bertulang ?

## **1.3. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian yang telah diteliti adalah sebagai berikut :

- a. Mengetahui pengaruh letak sambungan beton dan tulangan longitudinal balok pada jarak sambungan  $1/6$  bentang terhadap lendutan.
- b. Mengetahui pengaruh letak sambungan beton dan tulangan longitudinal balok pada jarak sambungan  $1/6$  bentang terhadap kekuatan lentur.
- c. Mengetahui pengaruh letak sambungan beton dan tulangan longitudinal balok pada jarak sambungan  $1/6$  bentang terhadap kekuatan geser.

- d. Mengetahui pengaruh letak sambungan beton dan tulangan longitudinal pada balok dengan jarak  $1/6$  bentang terhadap perilaku retak dan keruntuhan balok beton bertulang.

#### 1.4. Ruang Lingkup Masalah

Adapun ruang lingkup masalah dari penelitian ini yang bertujuan untuk memfokuskan pada permasalahan pokok, yaitu sebagai berikut :

- a. Balok persegi dengan penampang  $b = 100$  mm dan  $h = 150$  mm
- b. Panjang balok  $L = 2000$  mm
- c. Selimut beton balok = 10 mm.
- d. Kuat tekan beton  $f'_c = 18.38$  MPa.
- e. Tulangan geser balok  $\varnothing 4,5$  mm
- f. Tulangan longitudinal balok  $\varnothing 8$  mm
- g. Pengujian silinder dan balok tahap pertama yang dilakukan pada beton umur 28 hari dan setelah itu dilakukan pengujian tahap kedua yang dilakukan pada beton umur 28 hari.
- h. Jarak sengkang disesuaikan dengan SNI 03-2847-2002 Pasal 23.3.3 :  
Sengkang tertutup pertama harus dipasang tidak lebih dari 50 mm dari muka tumpuan. Jarak maksimum antara sengkang tertutup tidak boleh melebihi ( a )  $d/4$ , ( b ) delapan kali diameter terkecil tulangan memanjang, ( c ) 24 kali diameter bentang tulangan sengkang tertutup, dan ( d ) 300 mm.

## **1.5. Manfaat Penelitian**

### **1. Bagi Peneliti :**

- Sebagai prasyarat penyusun untuk menempuh jenjang strata satu dan memperoleh kelulusan strata satu.
- Merupakan kesempatan yang baik untuk menerapkan teori yang ada, khususnya mengenai beton, guna menambah wawasan dan pengetahuan.
- Dapat memahami proses pembuatan beton dengan benda uji sesuai ketentuan yang berlaku.
- Memberikan gambaran umum tentang perilaku beton di lapangan jika nantinya menggunakan metode yang diteliti.

### **2. Bagi Lembaga Pendidikan :**

Laporan hasil penelitian ini dapat menambah perbendaharaan kepustakaan, khususnya mengenai masalah beton, sehingga dapat digunakan sebagai bahan tambahan dalam proses akademik.

### **3. Bagi Perencana dan Pelaksana Proyek**

Memberikan sumbangan informasi tentang pengaruh variasi sambungan terhadap kekuatan beton, sehingga dapat membantu perencana dan pelaksana proyek untuk memperkirakan kekuatan struktur suatu bangunan.

## 1.6. Hipotesis penelitian

Hipotesis penelitian merupakan jawaban sementara terhadap pertanyaan yang diajukan dalam rumusan masalah. Jawaban sementara ini masih kurang lengkap, sehingga memerlukan pengujian berdasarkan fakta empirik yang dikumpulkan. Pada penelitian ini digunakan Hipotesis alternatif (  $H_a$  ), sehingga rumusan hipotesisnya adalah :

*“Keterkaitan besaran geser, lentur, lendutan dan perilaku retak pada sambungan balok 1/6 bentang”*



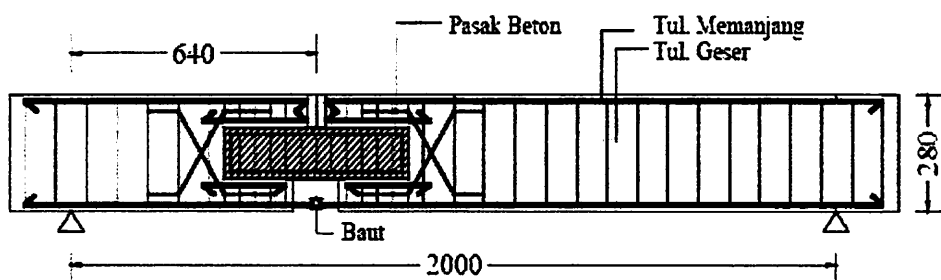
## BAB II

### STUDI PUSTAKA

#### 2.1. Beberapa Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang meneliti tentang letak sambungan pada balok beton bertulang maupun beton pracetak yaitu Budi Setiawan (2006) dengan judul: Tinjauan Kekuatan Dan Analisis Teoritis Model Sambungan Untuk Momen Dan Geser Pada Balok Beton Bertulang, Universitas Muhammadiyah Surakarta yang menganalisa secara teoritis kekuatan dan model sambungan untuk momen dan geser balok beton bertulang. Salah satu upaya untuk mempertahankan kemampuan balok dalam mendukung beban pada bagian sambungan momen dan geser, yaitu dibuat sistem penyambungan dengan menggunakan pasak beton pada sisi tengah balok, serta menyambung bagian tulangan tariknya dengan baut, seperti terlihat pada Gambar 2.1.

*Gambar 2.1. Model Sambungan Balok*





Penelitian tentang pengaruh bahan tambahan (bond crete) antara beton lama dan beton baru pernah dilakukan oleh Arif Nurcahyo (2003) dengan judul: Penelitian Tentang Pengaruh Bahan Tambahan (Bond Crete) Terhadap Elemen Lentur (Balok) Antara Beton Lama Dan Beton Baru Dengan Sambungan Miring, Institut Teknologi Nasional Malang, yang menganalisa tentang pengaruh penggunaan bahan tambahan (bond crete) untuk merekatkan antara beton lama dan beton baru.

Perbedaan penelitian ini dengan peneliti di atas adalah Penelitian ini menggunakan sambungan tulangan memanjang balok dan tulangan geser sesuai persyaratan seperti pada umumnya pelaksanaan penyambungan tulangan balok yang dilaksanakan di lapangan, tanpa menggunakan sambungan pasak kayu atau pasak beton. Penelitian ini juga menempatkan sambungan pada beberapa bagian sepanjang bentang balok yaitu 1/6 bentangan balok dengan panjang penyaluran tulangan memanjang mengikuti SNI 03-2847-2002. Serta pada daerah penyambungan beton tidak menggunakan perekat beton seperti bond crete dan fine mesh.

## **2.2. Pengekangan Pada Beton**

Pengekangan pada beton perlu dilakukan dengan mengacu pada SNI 03-2847-2002 pasal 23.3.3 agar elemen struktur balok tidak mengalami kegagalan akibat geser. Keruntuhan beton akibat beban tekan biasanya ditandai oleh adanya penambahan volume yang tidak terkontrol. Dengan adanya mekanisme pembatasan gerakan yang bekerja pada beton, proses keruntuhan yang terjadi dapat diperlambat/dikontrol. Tulangan transversal sangat berperan dalam mengekang pengembangan

lateral yang terjadi akibat beban tekan aksial, mengurangi bahaya pecah (*splitting*) beton, mencegah terjadinya keruntuhan geser pada balok, dan mencegah *premature buckling* tulangan longitudinal yang dapat mempengaruhi kekuatan dan daktilitas penampang balok beton bertulang. Semakin besar beban yang bekerja terhadap balok, semakin banyak pula kebutuhan tulangan transversal yang diperlukan agar struktur balok tersebut lebih kuat dan daktil.

Sengkang persegi hanya memberikan gaya kekang di daerah sudut karena ditahan oleh tulangan longitudinal pada sudut-sudut sengkang. Sedangkan tekanan pada sisi sengkang cenderung membengkokkan bagian ujung sengkang ke arah luar. Sengkang persegi juga memberikan peningkatan kekuatan dan daktilitas pada beton, untuk itulah telah diadakan berbagai modifikasi bentuk sengkang persegi dengan berbagai macam pola pengekangan.

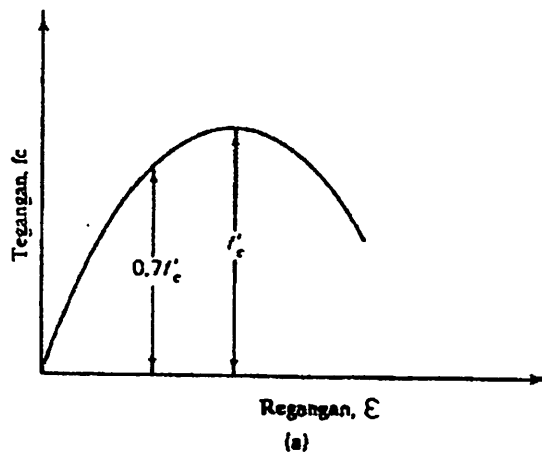
### **2.3. Metoda Perencanaan**

Setelah itu dikembangkan metode kekuatan batas (Metoda Ultimate) dengan anggapan (1) Bidang penampang rata sebelum terjadinya lentur tetap rata setelah terjadinya lentur dan tetap berkedudukan tegak lurus pada sumbu bujur balok, oleh karena itu nilai regangan dalam penampang komponen struktur terdistribusi linier atau sebanding lurus terhadap jarak ke garis netral, (2) tegangan sebanding dengan regangan pada kondisi tegangan beton tekan  $1/2f_c'$ , apabila beban terus meningkat tegangan yang terjadi tidak linier dengan regangan, (3) dalam perhitungan kapasitas momen ultimate kuat tarik beton diabaikan dan seluruh gaya tarik dibebankan seluruhnya kepada tulangan tarik.

## 2.4. Kuat Beton terhadap gaya tekan

Dalam kaitan terhadap metoda perencanaan sebenarnya adalah berkaitan dengan asumsi-asumsi yang dipergunakan sesuai dengan pembahasan diatas. Untuk bahan beton perhatian sebenarnya terutama dipusatkan kepada persoalan bagaimanakah perilaku komponen struktur beton bertulang pada waktu menahan berbagai beban diantaranya ialah gaya aksial, lenturan, gaya geser, puntiran ataupun merupakan gabungan dari gaya-gaya tersebut tergantung pada hubungan tegangan regangan yang terjadi di dalam beton seperti tampak pada gambar 2.2.

*Gambar 2.2. Diagram tegangan regangan beton*



Karena sifat bahan beton yang hanya mempunyai nilai kuat tarik relatif rendah, maka pada umumnya hanya diperhitungkan bekerja dengan baik di daerah tekan pada penampangnya, dan hubungan tegangan regangan yang timbul karena pengaruh gaya tekan tersebut digunakan sebagai dasar pertimbangan.(jelaskan dengan singkat untuk mutu beton).

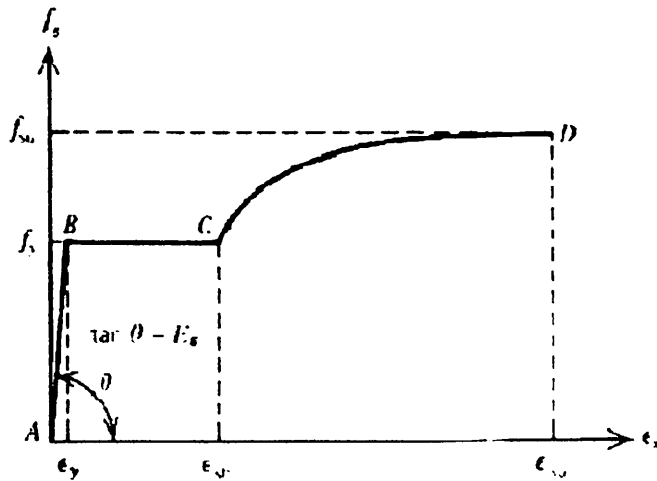
Kuat tekan beton diwakili oleh tegangan tekan maksimum  $f_c'$  dengan satuan  $N/mm^2$  (MPa). Kuat tekan beton umur 28 hari berkisar antara nilai 10-65 MPa. Untuk Struktur Beton Bertulang pada umumnya menggunakan beton dengan kuat tekan berkisar 17-30 MPa, sedangkan untuk beton prategang dipergunakan beton dengan kuat tekan lebih tinggi, berkisar 30-45 MPa. Untuk keadaan dan keperluan khusus, beton ready mix sanggup mencapai nilai kuat tekan 62 MPa dengan pengawasan cukup ketat di laboratorium.

## 2.5. Baja Tulangan

Didalam kaitan dengan struktur beton bertulang maka sifat fisik baja tulangan yang paling penting untuk dipergunakan dalam perhitungan perencanaan beton bertulang adalah tegangan leleh ( $f_y$ ) dan Modulus Elastisitas ( $E_s$ ). Suatu hubungan tegangan regangan baja tulangan dapat dilihat pada gambar 2.3. Tegangan Leleh dalam hal ini didefinisikan sebagai tegangan baja pada saat mana meningkatnya tegangan tidak disertai lagi dengan peningkatan regangannya. Di dalam perencanaan atau analisis beton bertulang umumnya nilai tegangan leleh baja tulangan diketahui atau ditentukan pada awal perhitungan.



**Gambar 2.3. Diagram tegangan regangan baja tulangan**

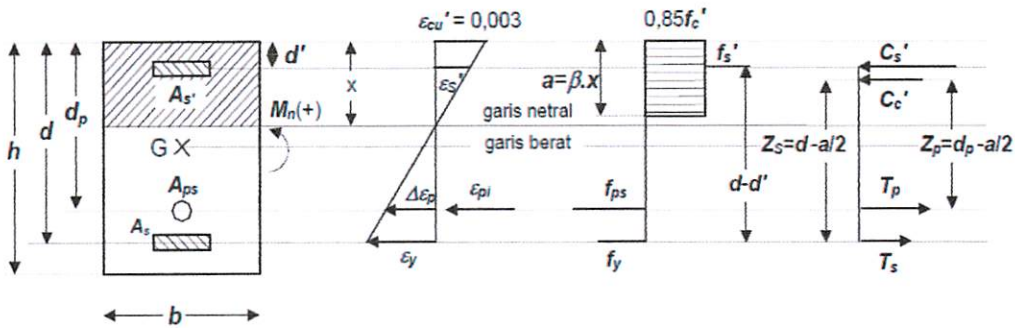


## 2.6. Prinsip-Prinsip Perencanaan

1. Pada dasarnya di dalam perencanaan komponen struktur yang dibebani lentur atau aksial atau kombinasi beban lentur dan aksial harus dipenuhi ketentuan yang tertera di dalam SNI 03-2847-2002 pasal 20.7

Perencanaan penampang yang dibebani lentur atau aksial atau kombinasi beban lentur dan aksial harus didasarkan atas kompatibilitas tegangan dan regangan dengan menggunakan rumus SNI 03-2847-2002 pasal 20.7.4

Gambar 2.4. Diagram tegangan regangan balok



2. Kondisi regangan seimbang terjadi pada penampang ketika tulangan tarik tepat mencapai regangan yang berhubungan dengan tegangan leleh yang ditentukan  $f_y$  pada saat yang bersamaan dengan bagian beton yang tertekan mencapai regangan batas asumsi 0,003
3. Untuk komponen struktur lentur, dan untuk komponen struktur yang dibebani kombinasi lentur dan aksial tekan dimana kuat rencana  $\phi P_n$  kurang dari nilai yang terkecil antara  $0,1 \cdot f_c' \cdot A_g$  dan  $\rho P_b$  rasio tulangan yang ada tidak boleh melampaui  $0,75 \rho_b$  yang menghasilkan kondisi regangan seimbang untuk penampang yang mengalami lentur tanpa beban aksial. Untuk komponen struktur dengan tulangan tekan, bagian  $\rho_b$  yang disamakan dengan tulangan tekan tidak perlu direduksi dengan factor 0,75
4. Peningkatan kekuatan komponen struktur lentur boleh dilakukan dengan menambahkan pasangan tulangan tekan dan tulangan tarik secara bersamaan.

Kondisi perencanaan sendiri dibagi atas beberapa bagian :

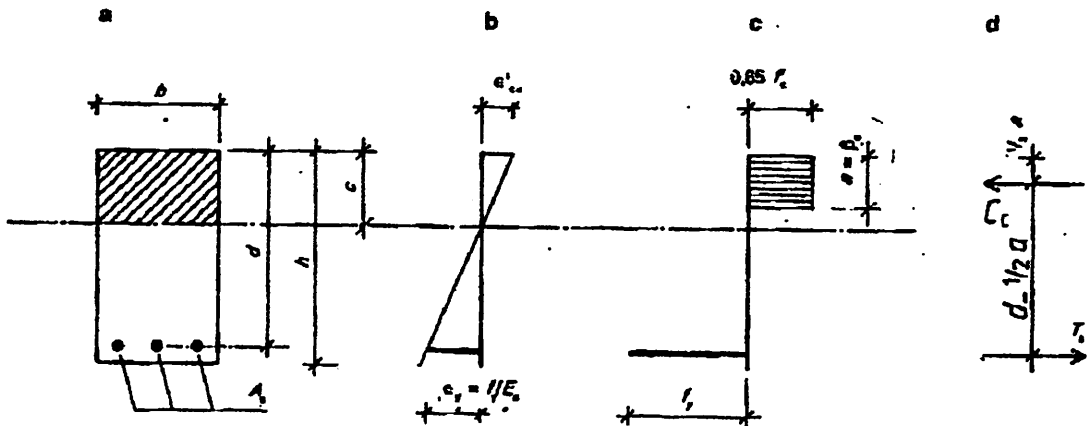
a. *Kondisi balanced* ( $\epsilon_s = \epsilon_y$ ,  $A_s = A_{sb}$ ,  $\rho = \rho_b$ ,  $f_s = f_y$ ,  $\epsilon_{cu} = 0,003$ )

Tulangan tarik mulai leleh tepat pada saat beton mencapai regangan batasnya dan akan hancur karena tekan. Pada awal terjadinya keruntuhan, regangan tekan yang diijinkan pada serat tepi yang tertekan 0,003, sedangkan regangan baja sama dengan regangan lelehnya yaitu  $\epsilon_y = f_y/E_s$ .

Apabila akan dilakukan perencanaan struktur dengan kondisi balanced mempunyai pengertian bahwa tegangan baja yang terjadi sama dengan tegangan lelehnya atau dengan kata lain baja tarik (tulangan tarik) tepat mencapai tegangan leleh. Untuk menjadikan kondisi tersebut maka penulangan terpasang ( $\rho$  pada struktur rencana sedemikian rupa direncanakan sama dengan  $\rho$  balanced dengan  $x$  rencana juga sebesar  $x$  balanced. Dengan kata lain juga bisa disampaikan bahwa struktur yang direncanakan dalam kondisi balanced akan menjadikan lelehnya tulangan tarik bersamaan dengan hancurnya beton.

$$x_b = \frac{0.003}{0.003 + \frac{f_y}{200.000}} \cdot (d) = \frac{600}{600 + f_y} (d)$$

Gambar 2.5. Diagram tegangan regangan pada kondisi balanced



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

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

$$\Leftrightarrow f_s = 600 \frac{(d - xb)}{xb}$$

$$\Leftrightarrow \frac{\epsilon_y}{0,003} = \frac{(d - xb)}{xb}$$

$$\Leftrightarrow \epsilon_y = 0,003 \left( \frac{d}{xb} - 1 \right)$$

$$\Leftrightarrow \frac{0,003d}{xb} = \epsilon_y + 0,003$$

$$\Leftrightarrow xb = \frac{0,003d}{\epsilon_y + 0,003} \cdot \frac{E_s}{E_s}$$

$$\Leftrightarrow xb = \frac{600}{f_y + 600} \cdot d$$



$$\Leftrightarrow ab = \beta_1 \cdot xb$$

$$\Leftrightarrow ab = \beta_1 \cdot \left\{ \frac{600}{600 + f_y} d \right\}$$

$$\Leftrightarrow 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot ab = \rho \cdot b \cdot d \cdot f_y$$

$$\Leftrightarrow \rho b = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y}$$

dengan ketentuan :

$$\beta_1 = 0,85 \quad f_c' \leq 30 \text{Mpa}$$

$$\beta_1 = 0,85 - \frac{0,005}{7} \cdot (f_c' - 30) \quad f_c' > 30 \text{ Mpa}$$

b. **Kondisi Under Reinforced** ( $f_s > f_y$ ,  $A_s < A_{sb}$ ,  $f_s = f_y$ ,  $\epsilon_{cu} = 0,003$ )

Keruntuhan ditandai dengan terjadinya leleh pada tulangan tarik. Tulangan ini terus bertambah panjang dengan bertambahnya regangan ( $\epsilon_s$ ) diatas regangan leleh ( $\epsilon_y$ ).

Untuk perencanaan pada kondisi undereinforced sedemikian rupa dibuat prencana lebih kecil dari pbalanced, dengan  $\rho$  pasang lebih kecil dari pbalanced sehingga jumlah tulangan relatif sedikit sehingga tulangan akan meleleh sebelum beton hancur, yang menghasilkan suatu ragam keruntuhan daktail (ductile) dengan deormasi besar.

**c. Kondisi Over Reinforced** ( $f_s < f_y$ ,  $A_s > A_{sb}$ ,  $f_s = f_y$ ,  $\epsilon_{cu} = 0,003$ )

Kehancuran ditandai dengan hancurnya beton yang tertekan. Pada awal keruntuhan, regangan baja ( $\epsilon_s$ ) yang terjadi masih lebih kecil dari pada regangan lelehnya ( $\epsilon_y$ )

Pada kondisi ini tulangan terpasang relatif banyak yang akan menyebabkan tulangan untuk tetap berada pada kondisi elastis pada saat terjadinya kehancuran beton, yang menghasilkan ragam keruntuhan getas (brittle).

**2.7. Sambungan batang dan kawat ulir dalam kondisi tarik**

Sebagaimana diketahui bahwa metode perencanaan yang dipakai saat ini khususnya yang dituangkan didalam Peraturan beton (SNI 03-2847-2002)-14.15 adalah sebagai berikut :

1. Panjang minimum sambungan lewatan tarik harus diambil berdasarkan persyaratan kelas yang sesuai tetapi tidak kurang dari 300 mm. Ketentuan masing-masing kelas sambungan tersebut adalah:

Sambungan kelas A ..... **1,0  $l_d$**

Sambungan kelas B ..... **1,3  $l_d$**

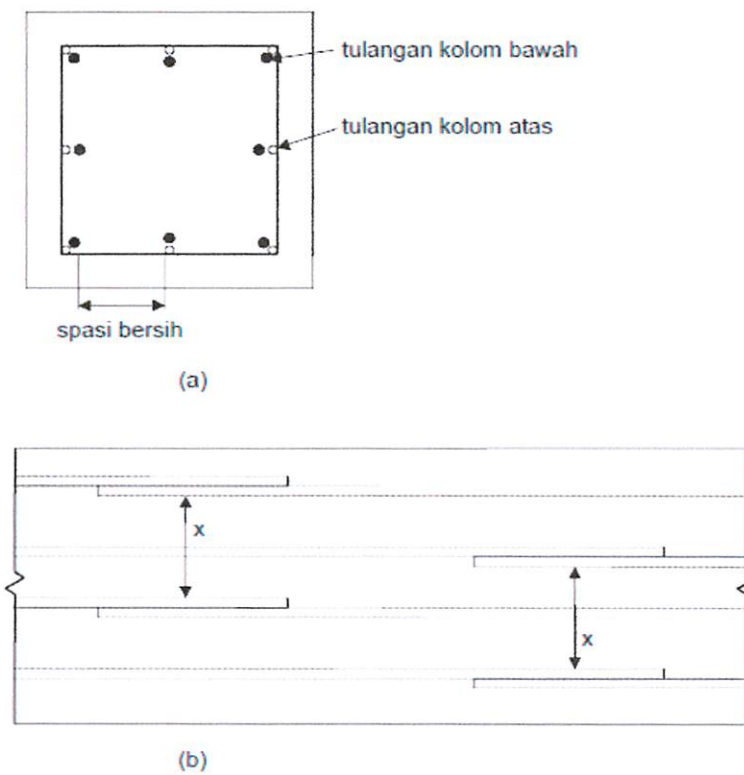
dimana  $l_d$  adalah panjang penyaluran tarik untuk kuat leleh  $f_y$  yang sesuai dengan 14.2, tanpa diberi faktor modifikasi berdasarkan 14.2(5).

2. Sambungan lewatan tulangan ulir dan kawat ulir dalam kondisi tarik harus menggunakan sambungan Kelas B dengan perkecualian sambungan Kelas A diperbolehkan apabila:

(a) luas tulangan terpasang paling sedikit dua kali dari yang dibutuhkan berdasarkan analisis pada keseluruhan panjang sambungan, dan (b) paling banyak hanya setengah dari keseluruhan tulangan disambung di dalam daerah panjang lewatan perlu (Tabel 12).

3. Sambungan mekanis atau sambungan las yang digunakan pada kondisi dimana luas tulangan terpasang kurang dari dua kali luas yang diperlukan berdasarkan analisis harus memenuhi ketentuan 14.14(3(2)) atau 14.14(3(4)).

**Gambar 2.6.** Sambungan batang dalam kondisi tarik



*Tabel 2.1. Panjang lewatan tarik*

$\frac{A_s \text{ terpasang}}{A_s \text{ perlu}}$	Persentase maksimum $A_s$ yang disambung di dalam daerah panjang lewatan perlu	
	50 %	100 %
$\geq 2$	Kelas A	Kelas B
$< 2$	Kelas B	Kelas B

4. Sambungan mekanis atau sambungan las yang tidak memenuhi persyaratan 14.14(3(2)) atau 14.14(3(4)) diperbolehkan untuk batang D-16 atau lebih kecil apabila luas tulangan terpasang tidak kurang dari dua kali luas perlu berdasarkan analisis, dan memenuhi persyaratan-persyaratan berikut:

- Sambungan harus ditempatkan berselang seling dengan jarak paling tidak 600 mm dan sedemikian hingga setiap irisan penampang dapat mengembangkan paling tidak dua kali gaya tarik yang dihitung pada irisan penampang tersebut tetapi tidak kurang dari 140 MPa untuk luas tulangan total terpasang.
- Dalam menghitung besarnya gaya tarik yang terjadi pada setiap irisan penampang, tulangan yang disambung boleh dianggap mempunyai kekuatan yang sama dengan kuat sambungan yang disyaratkan. Tulangan yang tidak disambung harus dianggap mempunyai kekuatan sebesar bagian dari  $f_y$  yang besarnya ditentukan oleh rasio panjang penyaluran aktual yang terpasang terhadap  $l_d$  yang diperlukan untuk mengembangkan kuat leleh  $f_y$  yang disyaratkan.

5. Sambungan pada “komponen struktur pengikat tarik” harus dibuat dengan sambungan mekanis penuh atau sambungan las penuh berdasarkan 14.14(3(2)) atau 14.14(3(4)) dan sambungan pada batang yang bersebelahan harus ditempatkan berselang seling dengan jarak paling tidak 750 mm.

**2.8. Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik**

Menurut Peraturan beton (SNI 03-2847-2002)-14.5, tentang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik adalah sebagai berikut :

1) Panjang penyaluran  $l_{dh}$ , dalam mm, untuk batang ulir dalam kondisi tarik yang berakhir pada suatu kait standar (lihat 9.1) harus dihitung dengan mengalikan panjang penyaluran dasar  $l_{hb}$  pada 14.5(2) dengan faktor atau faktor-faktor modifikasi yang berlaku yang sesuai dengan 14.5(3), tetapi  $l_{dh}$  tidak boleh kurang dari  $8d_b$  ataupun 150 mm (Gambar 2.7).

2) Panjang penyaluran dasar  $l_{hb}$  untuk suatu batang berkait dengan  $f_y$  sama dengan 400 MPa harus diambil sebesar .....  $100.d_b / \sqrt{f'c}$ .

3) Panjang penyaluran dasar  $l_{hb}$  harus dikalikan dengan faktor atau faktor-faktor yang berlaku untuk,

- Kuat leleh batang

Batang dengan  $f_y$  selain 400 MPa.....  $f_y / 400$

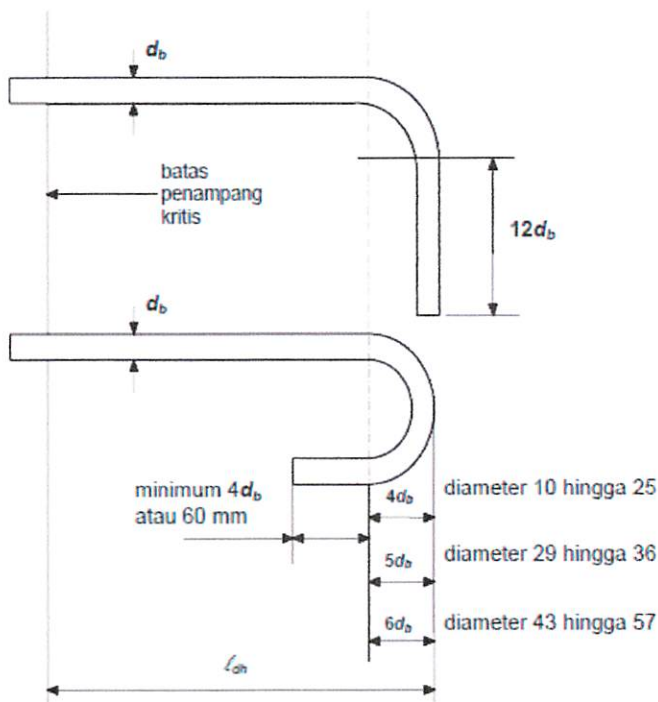
- Selimut beton

Untuk batang D-36 dan yang lebih kecil, dengan tebal selimut samping (normal terhadap bidang kait) tidak kurang dari 60 mm, dan untuk kait 90 derajat, dengan tebal selimut terhadap kait tidak kurang dari 50 mm ..... 0,7

- Sengkang atau sengkang ikat

Untuk batang D-36 dan yang lebih kecil dengan kait yang secara vertikal atau horizontal berada di dalam daerah yang dilingkupi sengkang atau sengkang ikat yang dipasang sepanjang panjang penyaluran  $l_{dh}$  dengan spasi tidak melebihi  $3d_b$  dimana  $d_b$  adalah diameter batang berkait ..... 0,8

*Gambar 2.7. Detail kaitan untuk penyaluran kait standard*



- Tulangan lebih

Bila pengangkuran atau penyaluran untuk  $f_y$  tidak secara khusus diperlukan, maka tulangan dalam komponen struktur lentur yang dipasang dengan jumlah yang lebih banyak dari yang diperlukan berdasarkan analisis..... ( $A_s$  perlu)/( $A_s$  terpasang)

- Beton agregat ringan ..... 1,3
- Tulangan berlapis epoksi ..... 1,2

4) Untuk batang yang disalurkan dengan kait standar pada ujung yang tidak menerus dari komponen struktur dengan kedua selimut samping serta selimut atas (atau bawah) terhadap kait kurang dari 60 mm, batang berkait harus dilingkupi dengan sengkang atau sengkang pengikat di sepanjang panjang-penyaluran  $l_{db}$  dengan spasi tidak lebih dari  $3d_b$ , dimana  $d_b$  adalah diameter batang berkait. Untuk kondisi ini faktor pada 14.5(3(3)) tidak boleh digunakan.

5) Kait tidak boleh dianggap efektif untuk batang dalam kondisi tekan.

## 2.9. Dasar Teori Analisa Lentur Penampang Persegi

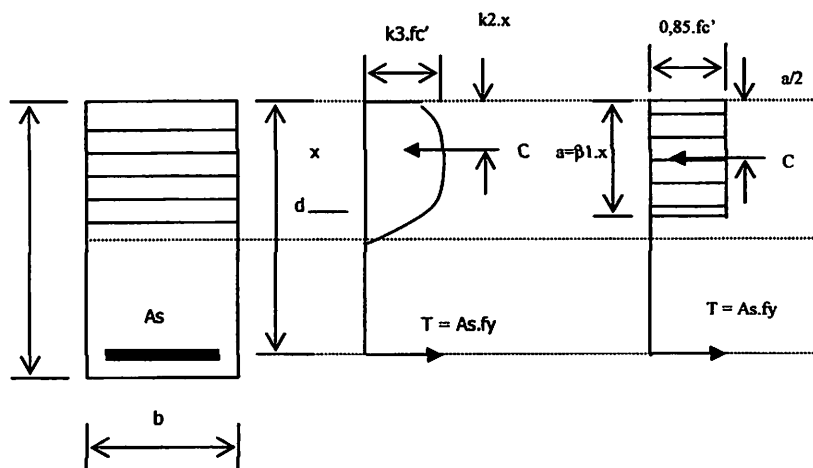
Sebagaimana diketahui bahwa metode perencanaan yang dipakai saat ini khususnya yang dituangkan didalam Peraturan beton (SNI 03-2847-2002). Secara mendasar metode kekuatan batas disini adalah dengan jalan mengalikan beban kerja dengan faktor tertentu ( $\lambda$ ) untuk mencakup kemungkinan pelampauan beban dan variasi dari pemisalan yang digunakan didalam perencanaan. Kekuatan rencana

(Kekuatan ultimit) dari suatu penampang diperoleh dengan jalan mengalikan kekuatan nominal dengan suatu faktor reduksi kekuatan ( $\phi$ ) untuk memperhitungkan variasi yang merugikan dari kekuatan bahan, pengerjaan, dimensi, pengendalian dan tingkat pengawasan, sekalipun semuanya masih dalam batas toleransi yang dapat diterima.

### 2.10. Distribusi Tegangan Persegi dari Whitney

Pada tahun 1930-an Whitney menyarankan penggunaan dari suatu distribusi tegangan tekan pengganti yang berbentuk persegi yang lebih sederhana dari distribusi tegangan sebelumnya yang berbentuk parabola.

*Gambar 2.8. Distribusi tegangan whitney*



(a) Balok                      (b) Kondisi tegangan                      (c) Distribusi tegangan  
 sebenarnya                      persegi dari whitney



Seperti tercantum pada gambar 2.7 dipakai tegangan persegi dengan besar rata-rata  $0,85.f_c'$  dengan tinggi  $a = \beta_1.x$ , sedemikian hingga  $a/2 = k_2.x$ . Menurut ACI 318-83M besarnya  $\beta_1$  ditetapkan sebagai berikut :

$$\beta_1 = 0,85 \quad \text{untuk } f_c' \leq 30 \text{ MPa}$$

$$\beta_1 = 0,85 - \frac{0,05}{7} \cdot (f_c' - 30) \quad \text{untuk } f_c' > 30 \text{ MPa}$$

tetapi nilai  $\beta_1$  tidak boleh diambil kurang dari pada 0,65 (ACI 10.2.7.3)

Dengan menggunakan tegangan persegi ekuivalen, kekuatan lentur  $M_n$  dapat diperoleh dengan menggunakan gambar 6 sebagai berikut :

$$C = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a$$

$$T = A_s \cdot f_y$$

dengan menggunakan prinsip keseimbangan dengan memisalkan tulangan mencapai leleh ebelum hancurnya beton maka didapatkan

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

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

$$M_n = A_s \cdot f_y \left( d - 0,59 \frac{A_s \cdot f_y}{f_c' \cdot b} \right)$$

## 2.11. Lentur Tulangan Tunggal

Pada dasarnya lentur tulangan tunggal memiliki pengertian tulangan terpasang hanya pada daerah yang mengalami tarik sedangkan pada daerah yang mengalami tekan hanya dipasang tulangan praktis. Penerapan lentur tulangan tunggal bisa pada elemen balok bisa juga untuk elemen pelat.

Persamaan kekuatan momen tulangan tunggal mengacu terhadap gambar 2.8 adalah sebagai berikut :

$$Cc' = 0,85 \cdot fc' \cdot a \cdot b$$

$$T = As \cdot fy$$

$$Cc' = T$$

$$Mn = T \left( d - \frac{a}{2} \right) \text{ atau } Cc' \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$0,85 \cdot fc' \cdot a \cdot b = \rho \cdot b \cdot d \cdot fy$$

$$a = \rho \cdot \left( \frac{fy}{0,85 \cdot fc'} \right) \cdot d$$

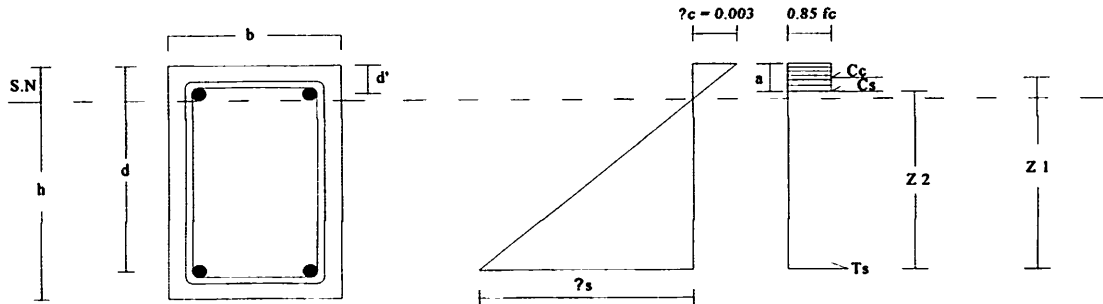
$$Mn = \rho \cdot b \cdot d \cdot fy \cdot \left( d - \frac{\rho}{2} \cdot \left( \frac{fy}{0,85 \cdot fc'} \right) \cdot d \right)$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fc'}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \rho \cdot fy \cdot \left( 1 - \frac{1}{2} \rho \cdot m \right)$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right)$$

**Gambar 2.9. Lentur tulangan tunggal**



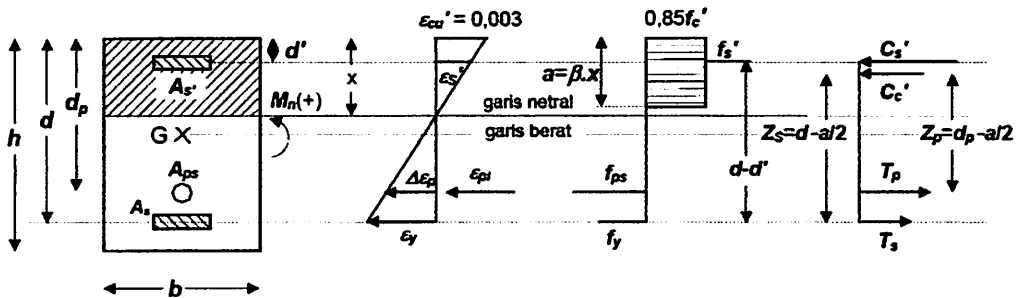
$C_c'$  dalam hal ini merupakan gaya yang disebabkan oleh bagian beton yang mengalami tekan,  $T$  adalah gaya yang ditimbulkan akibat adanya tulangan tarik terpasang sedangkan  $a$  merupakan tinggi blok tertekan untuk elemen beton yang mengalami tekan.

### 2.12. Lentur Tulangan Rangkap

Definisi : Lentur tulangan rangkap merupakan salah satu metoda atau cara perencanaan tulangan lentur yang mana kemampuan penampang untuk memikul lentur merupakan kombinasi dari tulangan tarik ( $A_s$ ) dan tulangan tekan ( $A_s'$ ) dikalikan lengannya.

Adapun langkahnya bisa dilakukan dengan melakukan coba-coba garis netral ( $x$ ) sampai dengan tulangan tarik sudah tidak mampu lagi untuk memikul momen akibat beban luar, sehingga diperlukan adanya tulangan tekan.

**Gambar 2.10.** Diagram tegangan regangan lentur tulangan rangkap



Di dalam perencanaan tulangan rangkap ini pada prinsipnya penampang beton yang tertekan dibuat sekecil mungkin dengan cara membuat posisi garis netral yang letaknya lebih mendekati pada tulangan tekan atau  $A_s'$  dengan tetap memperhatikan komposisi tulangan tarik ( $A_s$ ) dan tulangan tekan ( $A_s'$ )

Seperti terlihat pada gambar 2.9. (c) sebenarnya merupakan komponen tegangan tulangan tunggal dengan komponen beton tertekan  $C_c'$  dan komponen tulangan tarik  $T_1$  dengan tetap memperhatikan prinsip keseimbangan bahwa  $C_c'$  sama dengan  $T_1$  atau dalam arti lain dapat dituliskan persamaan matematikanya sebagai berikut :

$$C_c' = T_1$$

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

adapun kemampuan penampang untuk memikul momen tulangan tunggal

$$Mn_1 = Cc' \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

Apabila ternyata kemampuan penampang tulangan tunggal tidak mampu memikul momen yang terjadi yang diakibatkan beban luar dan beban dirinya sendiri

maka diperlukan bantuan tulangan tekan seperti terlihat pada gambar 2.9 (d). Dalam hal ini juga berlaku prinsip keseimbangan yang mana  $Cs'$  sama dengan  $T_2$  atau dapat dituliskan

$$Cs' = T_2$$

apabila tulangan tekan leleh maka,

$$As'.fy = Ass.fy$$

kemampuan pikul momen bila tulangan tekan leleh,

$$Mn_2 = Ass.fy(d - d'')$$

apabila tulangan tekan tidak leleh maka,

$$As'.fs' = Ass.fy$$

kemampuan pikul terhadap momen bila tulangan tekan tidak leleh,

$$Mn_2 = Ass.fs'(d - d'')$$

Kemampuan total penampang yang direncanakan tulangan rangkap untuk memikul momen merupakan penjumlahan kemampuan momen akibat penampang beton tertekan  $Cc'$  dengan akibat tulangan tekan  $Cs'$  sehingga,

$$Mn = Mn_1 + Mn_2$$

Adapun tinggi blok beton tertekan bisa diperoleh dengan,

$$C = T$$

$$C = Cc' + Cs'$$

$$T = T_1 + T_2$$

$$a = \frac{(As - As')fy}{0,85.fc'b}$$

atau,

$$a = \frac{As.fy - As'.fs'}{0,85.fc'b}$$

Adapun langkah perencanaan tulangan rangkap sebagai berikut:

1. Ambil suatu harga  $x \leq 0,75 Xb$

$$xb = \frac{600}{600 + fy} . d$$

2. Ambil Asc berdasarkan x Rencana

$$Asc = \frac{0,85.\beta_1.fc'b.x}{fy}$$

3. Hitung Mnc

$$Mnc = Asc.fy \left( d - \frac{\beta_1.x}{2} \right)$$

4. Hitung Mn – Mnc

Apabila :  $Mn - Mnc > 0$  Perlu tulangan tekan

$Mn - Mnc \leq 0$  Tidak perlu tulangan tekan

5. Bila perlu tulangan tekan maka

$$Cs' = T_2 = \frac{Mn - Mnc}{(d - d'')}$$

6. Kontrol tulangan tekan leleh

$$f_s' = \left(1 - \frac{d''}{x}\right) 600 \geq f_y \quad \text{leleh } f_s' = f_y$$

$$f_s' = \left(1 - \frac{d''}{x}\right) 600 < f_y \quad \text{tidak leleh } f_s' = f_s'$$

7. Hitung tulangan tekan perlu dan tulangan tarik tambahan

$$A_s' = \frac{C_s'}{(f_s' - 0,85 \cdot f_c')} \quad A_{ss} = \frac{T_2}{f_y}$$

8. Tulangan perlu

$$A_s = A_{sc} + A_{ss}$$

$$A_s' = A_s'$$

9. Kontrol kekuatan

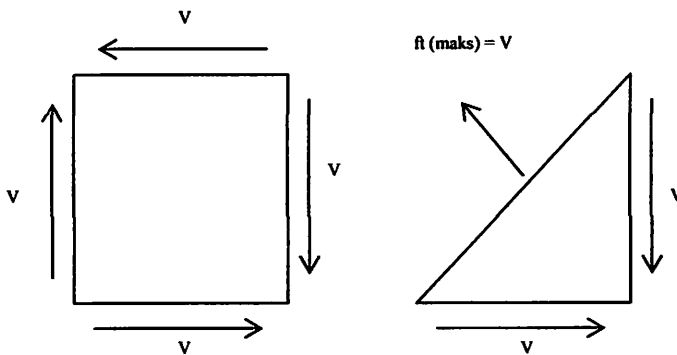
$$\phi \cdot M_n \geq M_u$$

### 2.13. Kekuatan Geser Dan Tulangan Geser

Salah satu jenis keruntuhan yang kemungkinan terjadi pada elemen struktur adalah keruntuhan geser (*Shear Failure*) yang dalam hal ini keruntuhan geser didefinisikan sebagai keruntuhan tarik di arah retak miring. Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan geser dan pembentukan dari retak miring adalah begitu banyak dan rumit sehingga suatu kesimpulan yang pasti mengenai mekanisme yang betul dari retak miring akibat geser yang tinggi, sangat sukar untuk ditetapkan. Bresler dan MagGregor memperkenalkan hubungan yang sistematis mengenai konsep

geser vertikal dan horisontal dan kemungkinan terjadinya retak miring dan variable-variabel yang mempengaruhi geser

**Gambar 2.11. Keadaan geser murni**



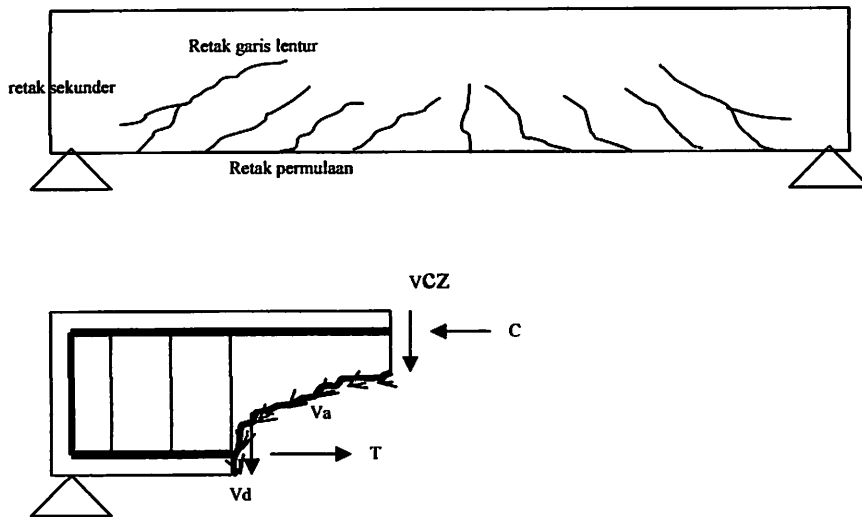
*(yakni tidak ada tegangan tekan atau tarik pada muka elemen)*

#### **2.14. Perilaku balok akibat gaya geser**

Untuk kasus balok akibat adanya tegangan geser yang tinggi akan mengakibatkan terjadinya retak miring. Untuk mencegah pembentukan retak miring digunakan penulangan transversal yang dikenal dengan penulangan geser, yang berbentuk sengkang tertutup atau yang berbentuk U di arah vertikal atau miring untuk menutupi penulangan memanjang utama di sekeliling muka balok.



**Gambar 2.12. Perilaku geser pada elemen lentur**



$V_{cz}$  = tahanan geser

$V_a$  = gaya saling ikat agregat (geser permukaan)

$V_d$  = gaya pasak

Perlawanan geser setelah terjadi retak miring :

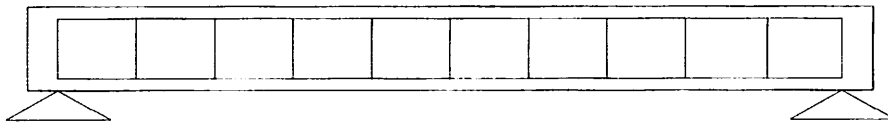
1. Perlawanan geser beton yang belum retak,  $V_{cz}$
2. Gaya ikat (interlock) antara agregat atau transfer geser antar permukaan
3. Aksi pasak (dowel action),  $V_d$
4. Aksi pelengkung (arch action) -> Khusus balok tinggi
5. Perlawanan tulangan geser,  $V_s$  (bila ada)

Adapun fungsi tulangan geser (sengkang/begel) adalah :

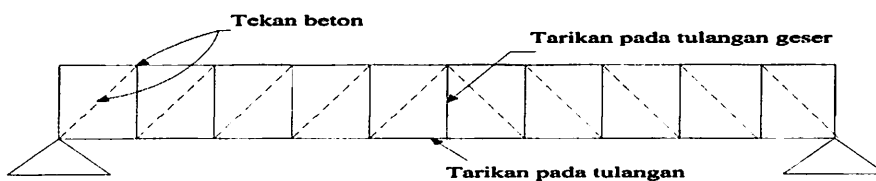
1. Memikul sebagian gaya geser,  $V_s$
2. Melawan pertumbuhan geser miring dan ikut menjaga terpeliharanya lekatan/geseran antara agregat
3. Mengikat batang tulangan memanjang untuk tetap di posisinya
4. Aksi pasak pada beton dan aksi ikan (confinement) sengkang meningkatkan kekuatan.

**Gambar 2.13. Filosofi tulangan geser**

(a) Balok dengan sengkang



(b) Aksi rangka batang dalam beton



Kekuatan geser Nominal beton bertulang  $V_n$  pada dasarnya merupakan kombinasi kekuatan antara geser yang mampu dipikul beton  $V_c$  dengan kekuatan geser yang mampu dipikul oleh baja tulangan  $V_s$  atau dalam persamaan dapat dituliskan :

$$V_n = V_c + V_s$$

dalam hal ini besarnya  $V_c$  adalah,

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

bila dihitung lebih rinci nilai  $V_c$ ,

$$V_c = \left[ \frac{1}{7} \left( \sqrt{f_c'} + 120 \rho_w \cdot \frac{V_u \cdot d}{M_u} \right) \right] b_w \cdot d \leq 0,3 \sqrt{f_c'} b_w \cdot d$$

dimana :

$$\rho_w = \frac{A_s}{b \cdot d} \quad ; \quad \frac{V_u \cdot d}{M_u} \leq 1$$

apabila pada suatu elemen struktur bekerja gaya geser, lentur dan tekan atau dengan kata lain disebut balok kemampuan geser yang mampu dipikul beton balok adalah,

$$V_c = 2 \left( 1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g} \right) \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

bila dihitung lebih rinci nilai  $V_c$ ,

$$V_c = \left[ \frac{1}{7} \left( \sqrt{f_c'} + 120 \rho_w \cdot \frac{V_u \cdot d}{M_m} \right) \right] b_w \cdot d \leq 0,3 \sqrt{f_c'} b_w \cdot d \sqrt{1 + \frac{0,3 \cdot N_u}{A_g}}$$

dimana :

$$M_m = M_u - N_u \cdot \left( \frac{4h - d}{8} \right)$$

Adapun tulangan geser minimum yang harus terpasang,

$$A_v(\min) = \frac{bw.S}{3.f_y}$$

sedangkan gaya geser minimum yang harus dimiliki oleh tulangan geser,

$$V_s(\min) = \frac{1}{3}.bw.d$$

### 2.15. Persyaratan perencanaan tulangan geser

Perencanaan tulangan geser pada dasarnya dibagi atas beberapa kondisi sebagai berikut :

1.  $V_u \leq 0,5.\phi.V_c$  (Tidak perlu tulangan geser menurut teori)
2.  $0,5.\phi.V_c < V_u \leq \phi.V_c$  (Tulangan geser minimum)

$$A_v(\min) = \frac{bw.S}{3.f_y} ; V_s(\min) = \frac{1}{3}.bw.d$$

$$S_{maks} \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S_{maks} \leq 600mm$$

3.  $\phi.V_c < V_u \leq \phi(V_c + V_s \min)$  (Tulangan geser minimum)

$$A_v(\min) = \frac{bw.S}{3.f_y} ; V_s(\min) = \frac{1}{3}.bw.d$$

$$S_{maks} \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S_{maks} \leq 600mm$$

4.  $\phi(V_c + V_s \min) < V_u \leq \phi\left(V_c + \frac{1}{3}\sqrt{f_c'}.bw.d\right)$  (Perlu tulangan geser)

$$\phi.V_{sperlu} = V_u - \phi.V_c ; V_s = \frac{A_v.f_y.d}{S}$$

$$S_{maks} \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S_{maks} \leq 600mm$$

5.  $\phi \left( V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} . b w . d \right) < V_u \leq \phi \left( V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} . b w . d \right)$  (Perlu tulangan geser)

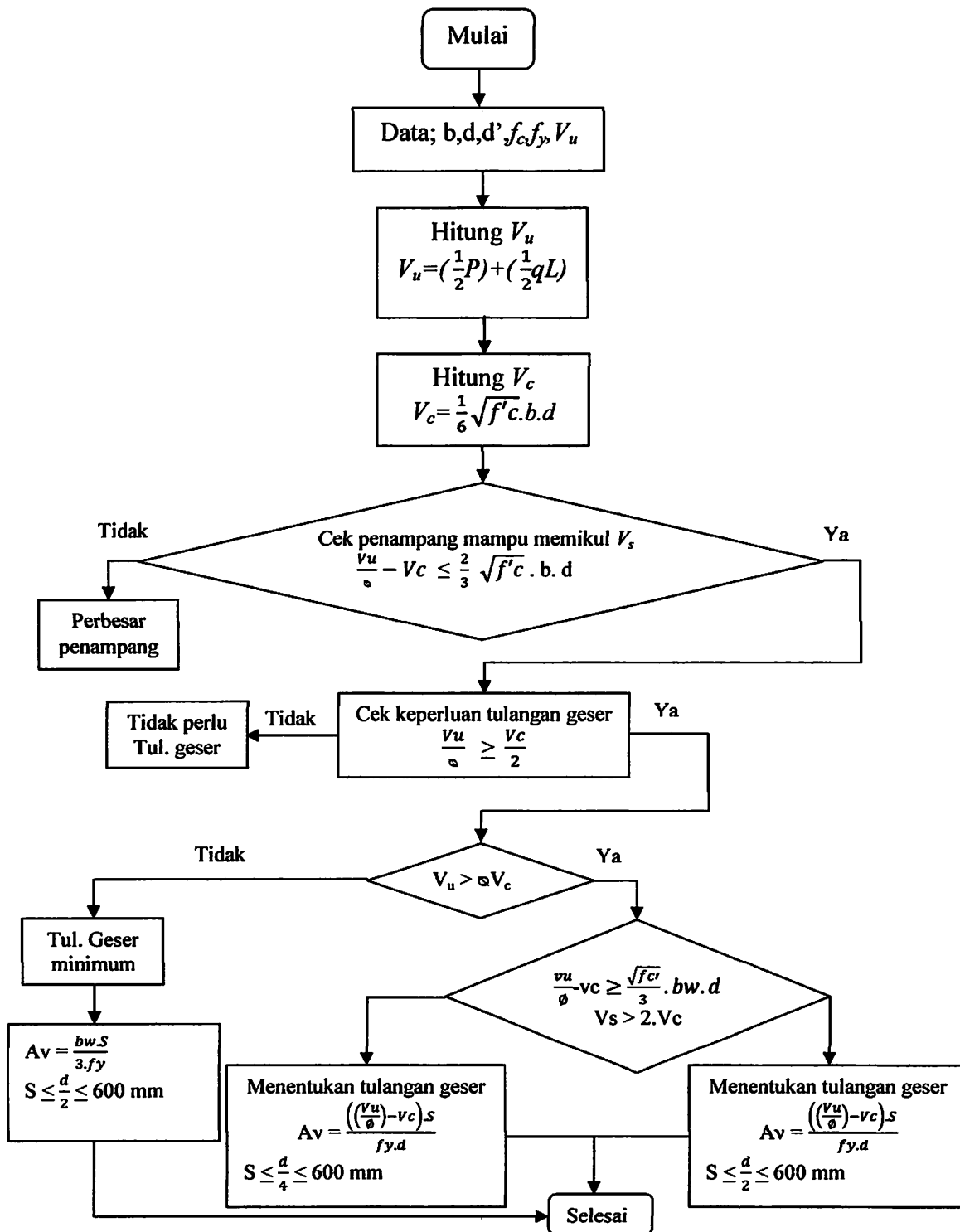
$$\phi . V_{perlu} = V_u - \phi . V_c ; V_s = \frac{A_v . f_y . d}{S}$$

$$S_{maks} \leq \frac{d}{4} ; S_{maks} \leq 300mm$$

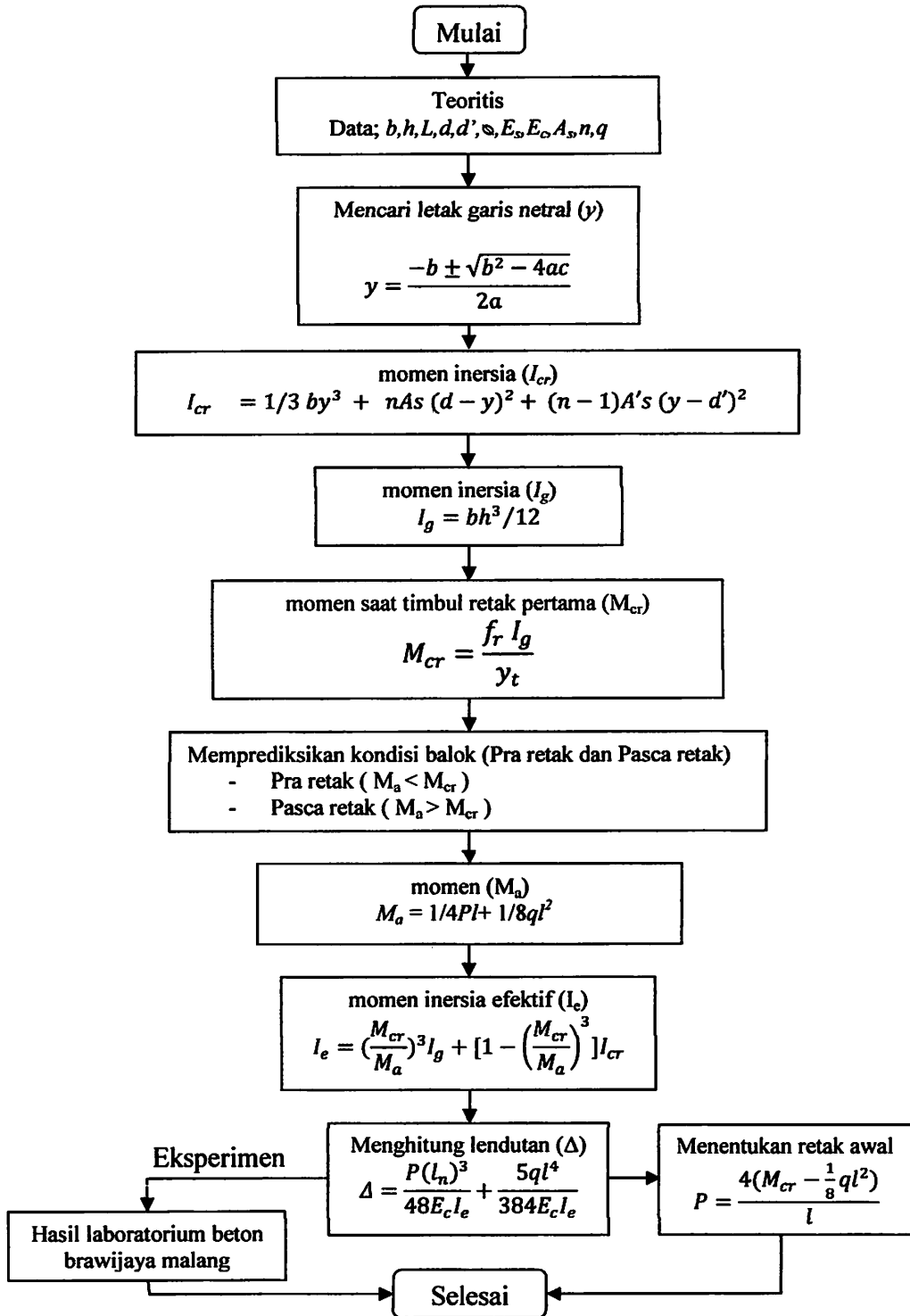
6.  $V_s > \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} . b w . d$  (Perbesar penampang)



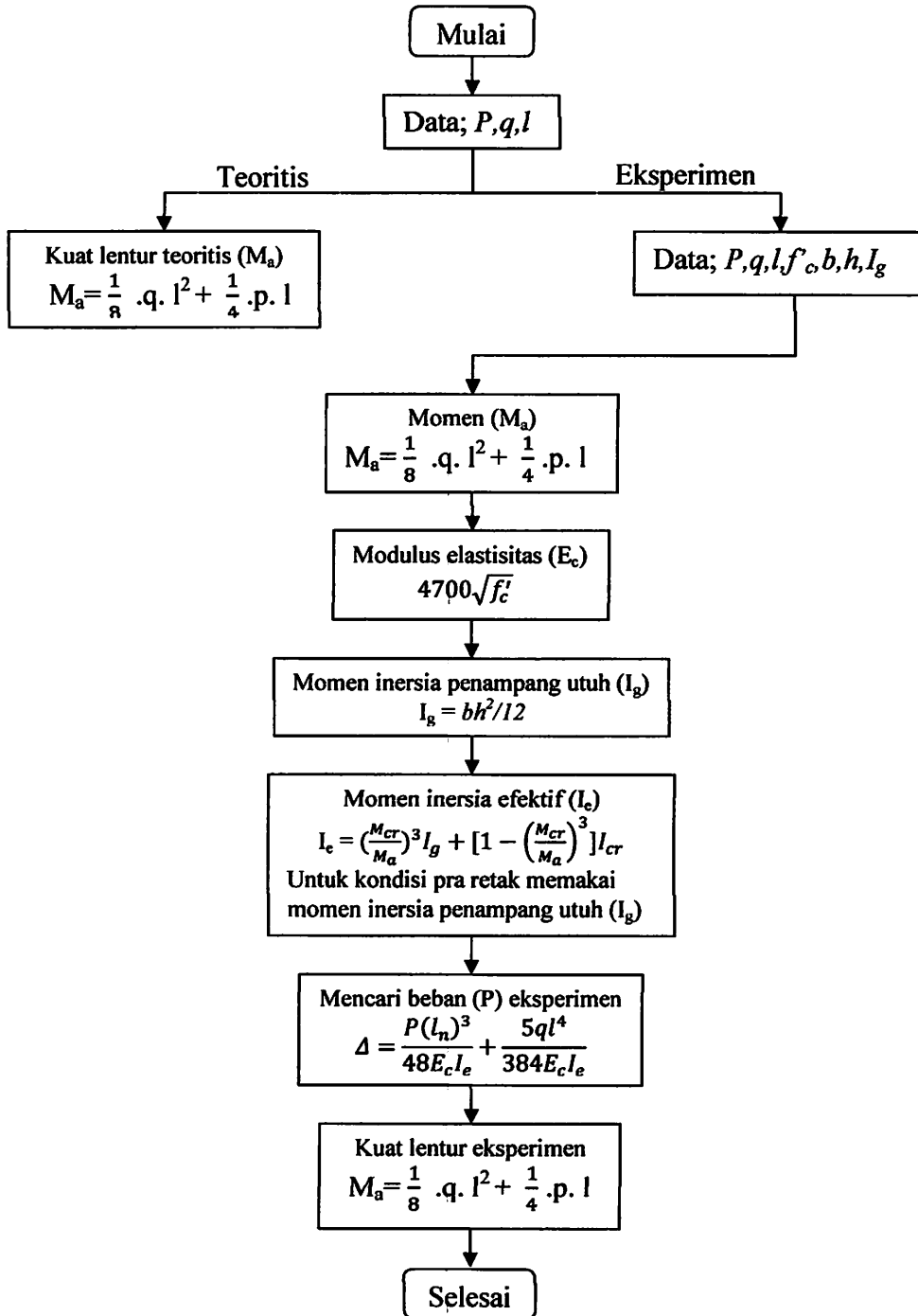
Gambar 2.14. Flow chart perhitungan penulangan geser



Gambar 2.15. flow chart perhitungan lendutan

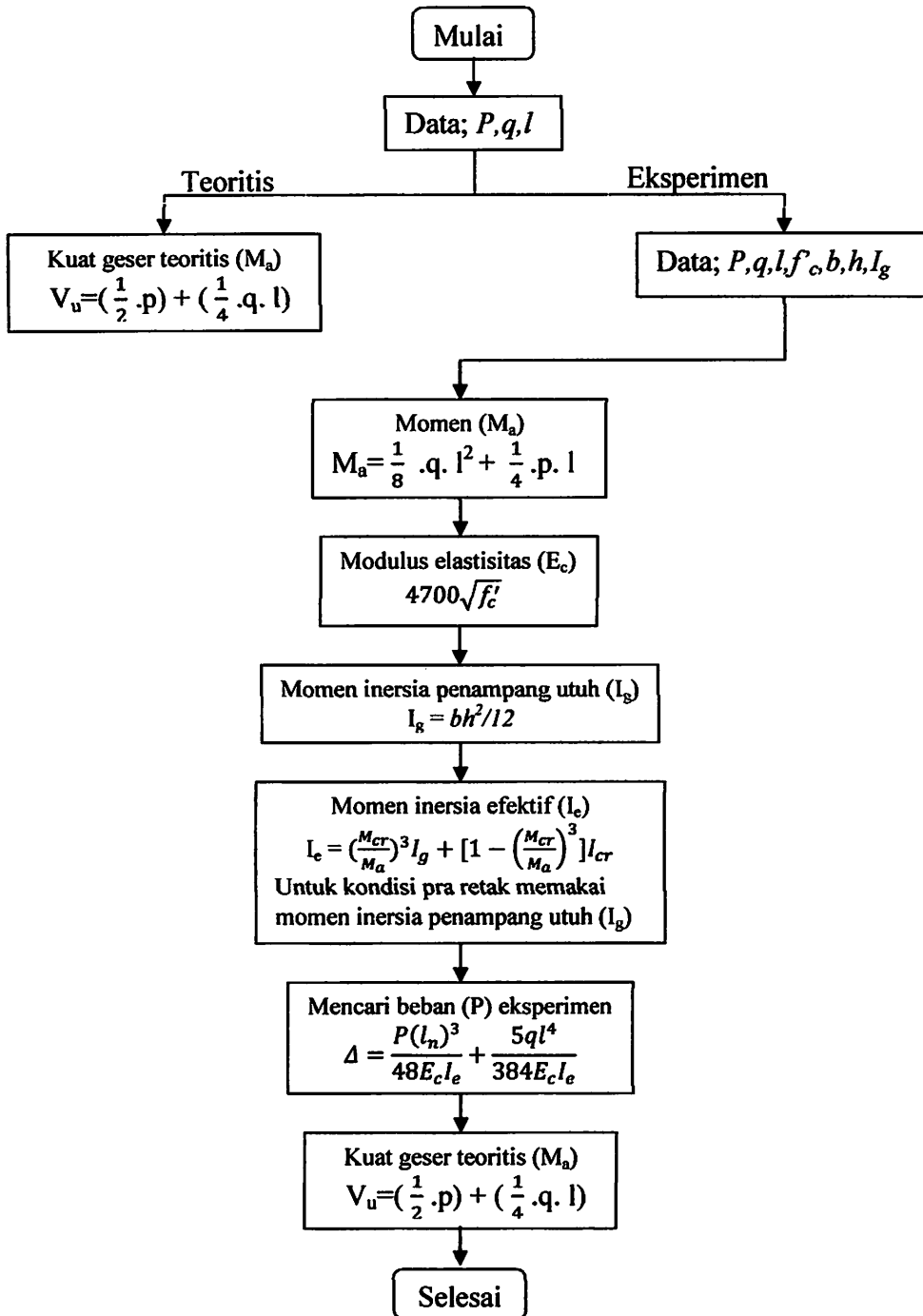


Gambar 2.16. flow chart perhitungan kuat lentur





Gambar 2.17. flow chart perhitungan kuat geser



## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1. Parameter Penelitian**

Parameter perancangan yang telah dipakai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Balok persegi dengan penampang  $b = 100$  mm dan  $h = 150$  mm
- b. Panjang balok  $L = 2000$  mm
- c. Selimut beton balok = 10 mm.
- d. Kuat tekan beton  $f'_c = 18.38$  MPa.
- e. Tulangan geser balok  $\varnothing 4,5$  mm
- f. Tulangan longitudinal balok  $\varnothing 8$  mm
- g. Pengujian silinder dan balok tahap pertama yang dilakukan pada beton umur 28 hari dan setelah itu dilakukan pengujian tahap kedua yang dilakukan pada beton umur 28 hari.
- h. Jarak sengkang disesuaikan dengan SNI 03-2847-2002 Pasal 23.3.3 :  
Sengkang tertutup pertama harus dipasang tidak lebih dari 50 mm dari muka tumpuan. Jarak maksimum antara sengkang tertutup tidak boleh melebihi ( a )  $d/4$ , ( b ) delapan kali diameter terkecil tulangan memanjang, ( c ) 24 kali diameter bentang tulangan sengkang tertutup, dan ( d ) 300 mm.

### **3.2. Model Analisa**

Model analisa yang telah dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Analisa perilaku balok beton bertulang yang tidak disambung.
- b. Analisa perilaku pola retak dan jenis keruntuhan balok beton bertulang yang disambung pada jarak "1/6 bentang" balok dari tumpuan kiri.
- c. Analisa kuat lentur balok beton bertulang yang tidak disambung.
- d. Analisa kuat lentur balok beton bertulang yang disambung pada jarak "1/6 bentang" balok dari tumpuan kiri.
- e. Analisa kuat geser balok beton bertulang yang tidak disambung.
- f. Analisa kuat geser balok beton bertulang yang disambung pada jarak "1/6 bentang" balok dari tumpuan kiri.

### **3.3. Waktu dan Tempat Penelitian**

Waktu pelaksanaan : November 2012 – Februari 2013

Tempat pelaksanaan : 1. Laboratorium Bahan Konstruksi dan Bahan Jalan  
Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional  
Malang.

2. Laboratorium Uji Material Jurusan Teknik Mesin  
Institut Teknologi Nasional Malang.

3. Laboratorium Struktur dan Uji Bahan Konstruksi  
Universitas Brawijaya Malang.

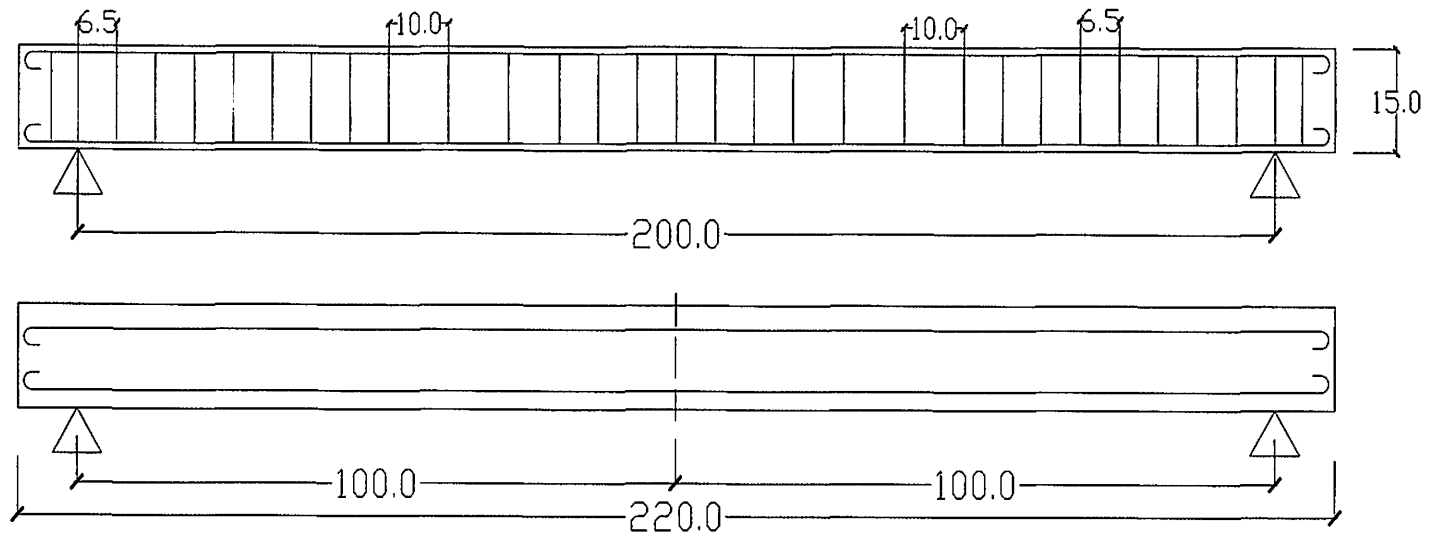
### **3.4. Pengujian di Laboratorium**

#### **3.4.1. Benda Uji**

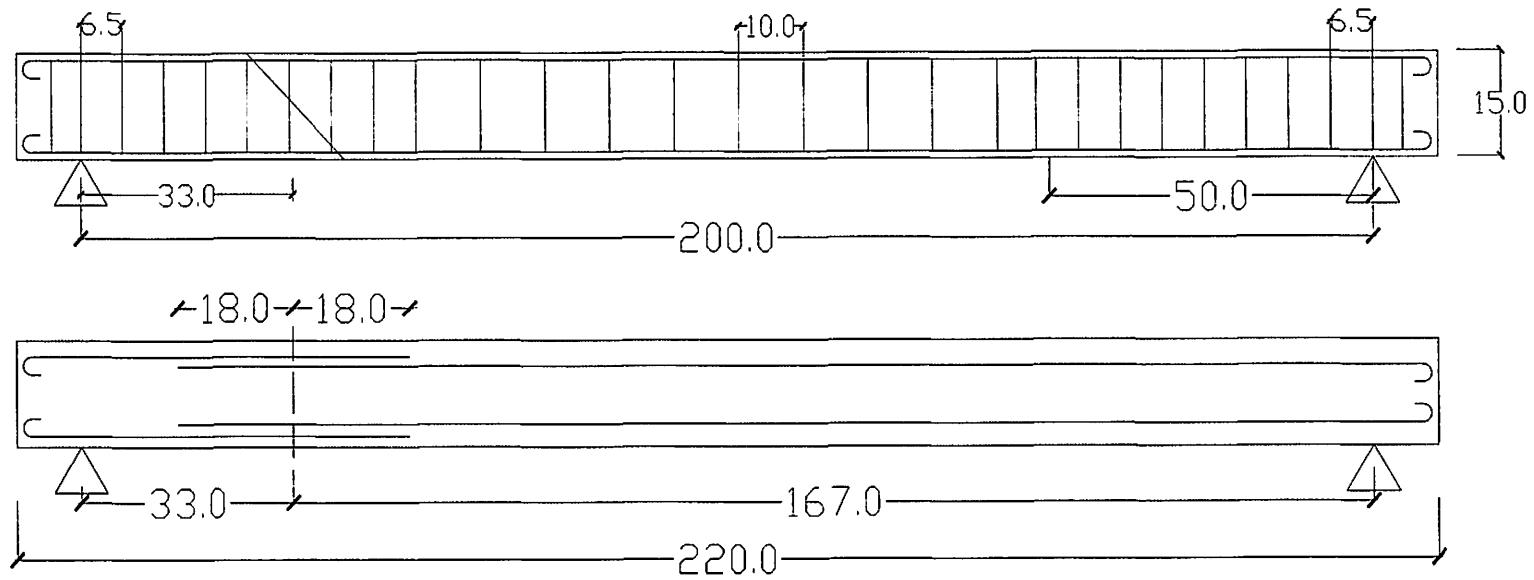
Benda uji berupa balok bertulang berbentuk persegi panjang dengan ukuran 100 x 150 x 2000 mm dengan dua macam variasi dan selinder dengan ukuran 150 x 300 mm, yaitu :

1. Tiga buah sampel balok tanpa sambungan.
2. Dua buah sampel balok dengan jarak sambungan beton dan tulangan  $1/6$  bentang.
3. Pada setiap pembuatan satu benda uji balok, diambil juga satu buah benda uji silinder beton.

**Gambar 3.1 penulangan pada balok tanpa sambungan (BTS)**



**Gambar 3.2 penulangan pada balok dengan jarak sambungan 1/6 bentang (B-1/6)**



### **3.4.2. Persiapan Bahan**

Sebelum melakukan eksperimen, bahan-bahan yang digunakan harus memenuhi ketentuan pengujian Standar Nasional Indonesia (SNI), yaitu :

1. Pengujian agregat halus
  - a. Pengujian kadar Lumpur
  - b. Pengujian berat isi.
  - c. Pengujian kadar air
  - d. Pengujian berat jenis (*specifi grafity*)
  - e. Pengujian gradasi
2. Pegujian agregat kasar
  - a. Pengujian berat jenis (*specifi grafity*)
  - b. Pengujian gradasi
  - c. Pengujian abrasi
  - d. Pengujian berat isi
3. Perencanaan adukan beton
4. Pengujian kuat tarik baja.

### **3.4.3. Pembuatan Sample**

1. Tahapan pembuatan campuran beton
  - a. Menentukan kuat desak rencana
  - b. Menentukan faktor air semen
  - c. Menentukan nilai *slump*
  - d. Menetapkan kebutuhan air

- e. Menentukan kebutuhan semen
- f. Menetapkan volume agregat kasar per meter kubik beton.
- g. Menghitung kebutuhan pasir

## 2. Langkah-langkah pembuatan benda uji silinder

- a. Melakukan penimbangan bahan-bahan, seperti : semen, pasir, kerikil, sesuai dengan kebutuhan rencana campuran adukan beton.
- b. Memasukan semen, pasir, kerikil, air sedikit demi sedikit ke dalam molen, kemudian molen dihidupkan  $\pm$  20 menit. Pada saat molen mulai berputar diusahakan selalu dalam keadaan miring sekitar  $45^{\circ}$ , agar campuran beton merata.
- c. Setelah campuran beton terlihat merata, dituang secukupnya dan dilakukan pengujian nilai *slump* dengan menggunakan kerucut Abrams.
- d. Mempersiapkan cetakan-cetakan silinder dengan terlebih dahulu diolesi dengan oli.
- e. Mengeluarkan campuran beton dari molen, dan ditampung pada talam.
- f. Masukkan campuran ke dalam cetakan dengan memakai cetok, kemudian ditusuk-tusuk dan diketok-ketok sisi agar tidak keropos/gagal.
- g. Campuran yang telah dicetak diletakkan ditempat yang terlindung dari sinar matahari dan hujan, didiamkan selama 24 jam.
- h. Cetakan dapat dibuka dengan memberikan kode atau keterangan pada setiap sampel uji.



### 3. Langkah-langkah pembuatan balok uji

- a. Pembuatan benda uji balok dengan dua variasi, yang pertama merupakan balok tanpa sambungan 3 buah, dan yang kedua balok dengan jarak sambungan beton dan tulangan  $1/6$  bentang sebanyak 2 buah.
- b. Setelah alat dan bahan disiapkan serta rencana campuran beton telah dibuat, dilakukan penimbangan bahan-bahan sesuai proporsi yang telah ditentukan.
- c. Bahan penyusun beton diaduk menjadi satu berturut-turut, agregat kasar, agregat halus, semen, dan air sedikit demi sedikit sampai campuran rata. Proporsi bahan-bahan ini disesuaikan dengan kapasitas molen yang dipakai.
- d. Untuk mengetahui kelayakan adukan, dilakukan pengujian nilai *slump* dengan kerucut abrams dengan diameter atas 100 mm, diameter bawah 200 mm, dan tinggi 300 mm, yang dilengkapi tongkat penumbuk dari baja dengan diameter 16 mm. Pelaksanaan percobaan *slump* dilakukan dengan cara kerucut ditekan kebawah pada penyokong-penyokong kakinya sambil diisi adukan beton. Pengisian adukan beton dibuat tiga lapis adukan, dan tiap lapis ditumbuk  $\pm 25$  kali. Bagian atas kerucut diratakan dan didiamkan  $\pm 30$  detik, kemudian kerucut Abrams diangkat perlahan-lahan secara tegak lurus dan diletakkan disamping adukan tersebut, selisih tinggi tersebut dinamakan *slump*.

- e. Sebelum dilakukan pengecoran, terlebih dahulu disiapkan tulangan untuk balok. Untuk tulangan pokok pada daerah tarik dan tekan dipakai tulangan dengan diameter 8 mm dan untuk tulangan sengkang 4 mm.
- f. Adukan beton dituangkan kedalam cetakan balok yang telah dibersihkan dan telah diolesi oli dan pada setiap sisi sudut bagian dalam cetakan balok yang dianggap bocor dilakukan penyumbatan dengan selotip dan kertas semen basah agar adukan beton tidak menetes/merembes keluar. Sisi bekisting balok diketok-ketok dengan menggunakan palu, sehingga terjadi pemadatan yang sempurna dan gelembung udara yang tertangkap akan keluar.
- g. Cetakan dibuka setelah terjadi pengerasan

#### **3.4.4. Perawatan Benda Uji**

Perawatan benda uji meliputi berbagai cara, antara lain :

1. Beton dibasahi terus menerus dengan air
2. Beton direndam dalam air dengan suhu  $23^0 - 28^0C$
3. Beton diselimuti dengan karung goni basah, plastik film atau kertas perawatan tahan air.

Pada penelitian ini, untuk balok uji dilakukan dengan cara menyirami balok uji dengan air hingga dianggap basah secara merata sampai sehari sebelum benda uji tersebut dilakukan pengujian (*28 hari*). Perawatan terhadap beton akan memperbaiki beberapa segi dari kualitasnya. Kekuatan beton akan

bertambah selama terdapat cukup air yang bisa menjamin berlangsungnya hidrasi semen secara baik.

### **3.4.5. Proses Pengujian**

Proses pengujian kuat tarik baja, kuat tekan silinder dan kuat lentur dilakukan adalah sebagai berikut :

#### **a. Pengujian Kuat Tarik Tulangan**

Pengujian kuat tarik tulangan baja dilakukan di Laboratorium Uji Material, Jurusan Teknik Mesin Institut Teknologi Nasional, Malang. Data yang diambil pada pengujian tarik baja adalah beban maksimum, beban patah, batas luluh awal. Tegangan tarik tulangan baja dapat diketahui dengan cara membagi batas luluh awal dengan luas rata-rata dari diameter tulangan baja.

#### **b. Pengujian Kuat Tekan Silinder**

Pengujian kuat desak dilakukan dengan benda uji silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Langkah-langkah pengujian sebagai berikut :

1. Mencatat dimensi benda uji yaitu diameter dan tingginya kemudian menimbang benda uji.
2. Meletakkan benda uji diatas mesin uji desak, lalu dihidupkan dan dilakukan pembebanan secara berangsur-angsur.
3. Mencatat beban maksimum yang terjadi, dimana benda uji mulai telah mengalami kehancuran.

Kuat desak beton dapat diketahui dengan cara membagi beban ultimit yang dicapai dengan luas permukaan bagian yang didesak.

c. Pengujian Kuat Lentur

Pelaksanaan pengujian kuat lentur balok dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Benda uji diletakan pada frame dan diberikan mesin pemberi gaya transversal dengan kekuatan maksimum 5 ton yang berupa *hydraulic jack* dengan perlakuan sendi dan rol.
2. Pada mesin *hydraulic jack*, diberikan alat ukur pembebanan yaitu proving ring..
3. Diatas balok diletakan satu set alat bantu tekan dengan berat 19,4 kg.
4. *Hydraulic jack* dioperasikan hingga posisi proving ring menyentuh permukaan alat bantu tekan dan dalam posisi terkunci rapat.
5. Dial digital (LVDT) diletakan tepat dibawah permukaan balok yang mengalami pembebanan dimana posisinya tepat berada di tengah bentang. Kemudian dihubungkan dengan alat baca digital (MVD *Amplifier*).
6. Pengujian siap dilakukan. Gaya/beban diberikan secara perlahan-lahan beban konstan dan beban dinaikkan secara berangsur-angsur hingga pada batas tertentu sampai pada tegangan maksimum, sehingga benda uji akan mengalami retak, lendutan maksimum dan patah.

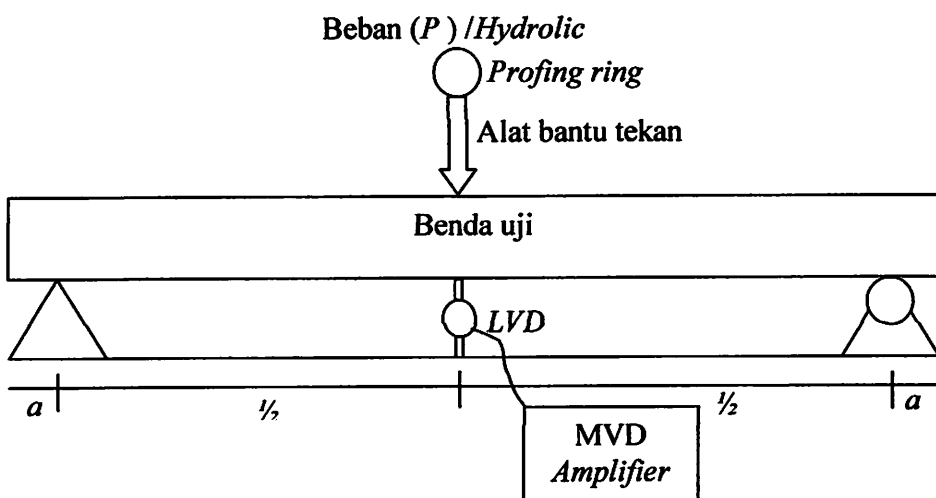
7. Retak yang terjadi ditandai pada benda uji saat pengujian, dengan spidol dan diberi keterangan mengenai besar beban yang terjadi. Sehingga retakan yang terjadi dapat terekam dengan baik menurut jenjang-jenjang proses pemberian beban dilakukan.
8. Lentur dicatat dengan membaca alat baca digital (MVD *Amplifier*) yang terhubung dengan dial digital (LVDT). Beban-beban dicatat agar dapat diperoleh hubungan dengan lendutan yang terjadi.

Variabel-variabel yang diukur dalam proses pengujian :

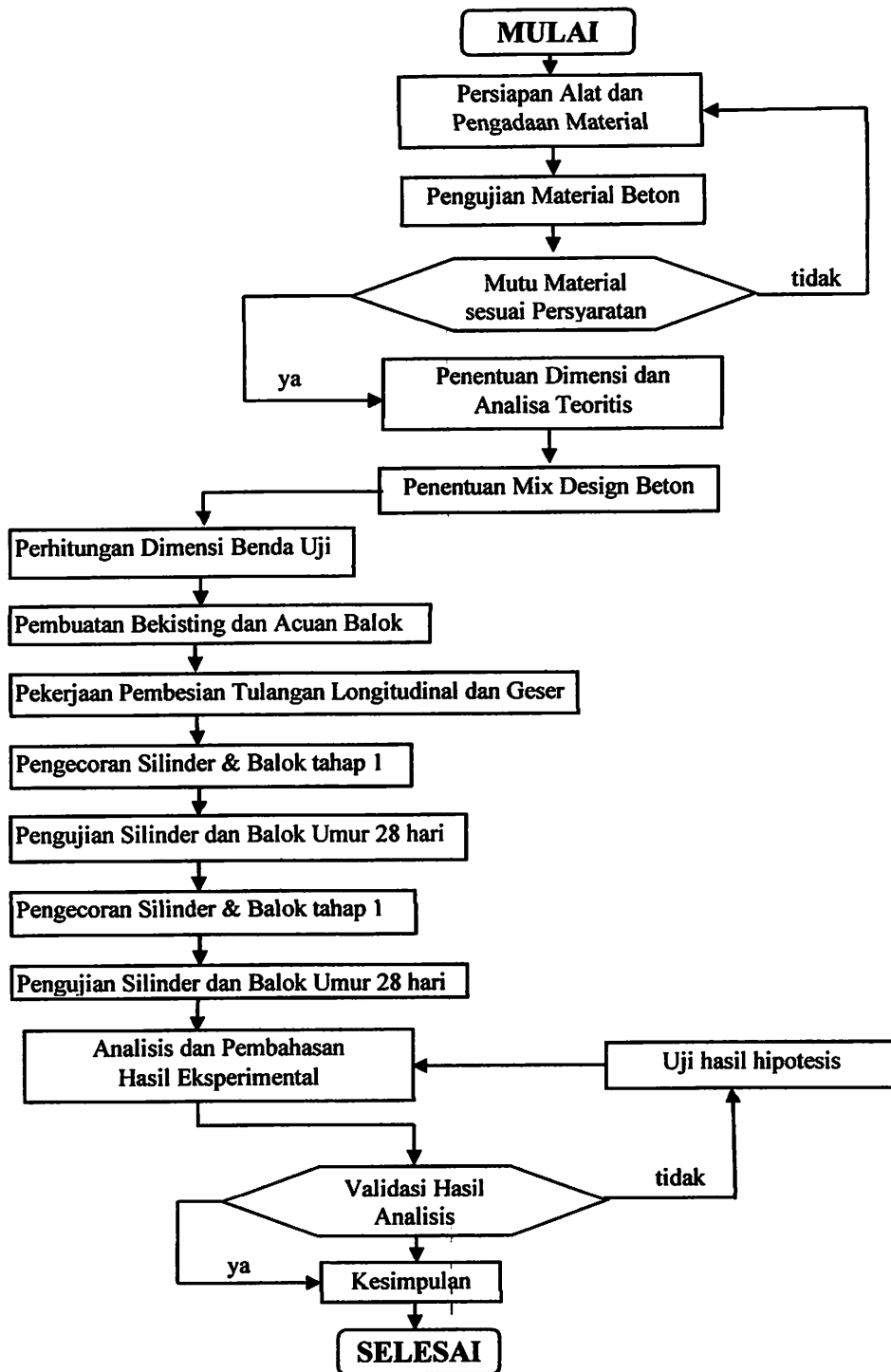
Lendutan (*deflection*), didapat dengan pencatatan pembacaan alat baca digital (MVD *Amplifier*) yang terhubung dengan dial digital (LVDT).

Dengan skala 1 satuan MVD *Amplifier* = 0.01 mm.

**Gambar 3.3** proses pengujian lendutan



Gambar 3.4 Bagan alir rencana penelitian



### **3.5. Umum**

Data hasil penelitian dibagi menjadi tiga bagian sebagai berikut :

**1. Analisis hasil laboratorium.**

Yang terdiri dari ;

- a. Campuran beton
- b. Kuat tekan beton
- c. Kuat tarik baja

**2. Analisis teoritis**

Yang terdiri dari ;

- a. Kontrrol momen
- b. Perhitungan beban
- c. Penulangan geser
- d. Lendutan
- e. Kuat lentur
- f. Kuat geser

**3. Analisis eksperimen**

- a. Lendutan
- b. Kuat lentur
- c. Kuat geser
- d. Perilaku retak dan keruntuhan balok beton bertulang

### 3.6. Analisis Hasil Laboratorium

#### 3.6.1. Campuran beton

Kuat tekan beton mutu normal direncanakan sebesar  $f'c = 18.38$  Mpa dengan pengadukan menggunakan molen. Mix desain diperhitungkan menggunakan SNI 03-2847-2002, S-2002, SNI DT-91-0008-2007 dan ACI - MCP 211.1-91 – 2005 tentang Tata Cara Pembuatan Rencana Beton Normal.

Dengan menggunakan material Semen Gresik tipe PPC, pasir dari lumajang, kerikil, dan air. Hasil perancangan campuran beton untuk  $1 \text{ m}^3$  dengan komposisi material seperti terlihat pada tabel 3.1. Hasil perancangan campuran beton selengkapnya dapat dilihat pada lampiran A.

*Tabel 3.1 Proporsi campuran beton hasil mix design*

No	Material	Volume	Satuan
1	Air	193	$\text{Kg/m}^3$
2	Semen	332,8	$\text{Kg/m}^3$
3	Agregat Kasar	953,4	$\text{Kg/m}^3$
4	Agregat halus	900,8	$\text{Kg/m}^3$

#### 3.6.2. Data dan perhitungan kuat tekan silinder

Pelaksanaan pengujian berdasarkan standar SNI 03-1974-1990 Tentang Metode Pengujian Kuat Tekan Beton. Alat uji yang digunakan adalah *Universal Testing Mechine (UTM)*. Untuk mendapatkan kuat tekan beton ( $f'c$ ) yang telah dipakai dalam menganalisa data eksperimen, maka dilakukan pengujian kuat tekan beton menggunakan benda uji silinder dengan ukuran  $150 \times 300$  mm. Pengujian



dilakukan setelah beton silinder berumur 28 hari, dengan rincian ; 1 silinder untuk 1 balok polos (*ada 3 balok polos*) dan 5 silinder untuk 2 balok sambungan. Total ada 8 buah silinder. Hasil kuat tekan silinder yang diperoleh dengan perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 3.2.

**Tabel 3.2 Hasil pengujian kuat tekan beton**

No	Kode	Berat	Tinggi	Diameter	Luas silinder	Beban Max	Kuat tekan	
	silinder	(Kg)	(mm)	(mm)	(mm <sup>2</sup> )	(N)	(Mpa)	
1	Polos 1	12.33	300	150	17678.571	350000	19.80	
2	Polos 2	12.06	300	150	17678.571	320000	18.10	
3	Polos 3	12.66	300	150	17678.571	305000	17.25	
4	<b>Rata – rata</b>							<b>18.38</b>
5	1 per 6	12.74	300	150	17678.571	325000	18.38	
6	1 per 6	12.43	300	150	17678.571	360000	20.36	
7	1 per 6	12.28	300	150	17678.571	295000	16.69	
8	<b>Rata – rata</b>							<b>18.47</b>
9	1 per 6	11.98	300	150	17678.571	325000	18.38	
10	1 per 6	12.14	300	150	17678.571	330000	18.67	
11	<b>Rata – rata</b>							<b>18.53</b>

### 3.6.3. Data dan perhitungan kuat tarik baja

Berdasarkan pengujian kuat tarik baja yang telah dilakukan, diperoleh data – data sebagai berikut :

**Tabel 3.3 Pemeriksaan mutu baja**

No	Specimen	Luas	Beban max	Tegangan leleh	Tegangan Putus	Regangan
	Ø 4	(mm <sup>2</sup> )	(Newton)	(fy) Mpa	(fs) Mpa	(%)
1	4.5mm	15.9	8761.2	510.509	550.87	27.733
2	4.5mm	15.9	8903.3	540.394	559.804	17.689

No	Specimen	Luas	Beban max	Tegangan leleh	Tegangan Putus	Regangan
	Ø 8	(mm <sup>2</sup> )	(Newton)	(fy) Mpa	(fs) Mpa	(%)
1	8mm	50.27	29591.1	408.256	588.696	144.533
2	8mm	50.27	25891.6	334.95	515.097	144

### 3.7. Analisis Teoritis

Data yang kami perhitungkan diperoleh dari hasil eksperimen awal yang berupa kuat tarik baja dan kuat tekan beton yang diperoleh dari benda uji silinder setiap balok.

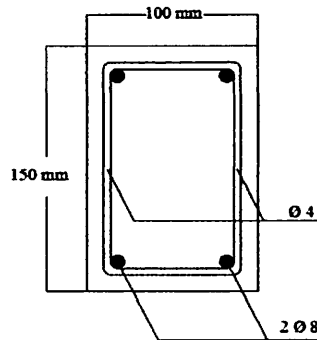
Data benda uji :

- Tipe : Beton bertulang
- Dimensi : 100 mm x 150 mm x 2000 mm
- Mutu beton ( $f'c$ ) : 18.38 Mpa ( hasil kuat tekan )
- Mutu baja Ø 8 ( $fy$ ) : 334,95 Mpa ( hasil uji tarik baja )
- Mutu baja Ø 4.5 ( $fy$ ) : 510,509 Mpa ( hasil uji tarik baja )
- Tulangan pokok : Ø 8 mm sket 8 mm
- Tulangan sengkang : Ø 4 mm sket 4.5 mm
- Selimut beton : 10 mm
- Modulus Elastisitas baja ( $E_s$ ) : 200000 Mpa. ( SNI-03-2847-2002, pasal 10.5.2, hal 54 )
- Regangan maks. Beton ( $\epsilon'c$ ) : 0.003 ( SNI-03-2847-2002, pasal 12.2.3, hal 69 )

### 3.7.1. Kontrol momen

Data yang dipakai dalam penelitian ini adalah :

*Gambar 3.5 Penampang balok normal*



- Tinggi balok : 150 mm
- Lebar balok : 100 mm
- Panjang balok : 2000 mm
- Tebal selimut beton : 10 mm
- Mutu beton ( $f'_c$ ) : 18.38 Mpa
- Tulangan pokok ( $f'_y$ ) : Ø 8 mm - 334,95 Mpa ( hasil uji tarik baja )
- Tulangan sengkang ( $f'_y$ ) : Ø 4.5 mm - 510,509 Mpa ( hasil uji tarik baja )
- $\beta_1$  : 0.85
- q (beban merata) : b x h x Berat jenis beton  
= 0.1 x 0.15 x 2400  
= 36 Kg/m  
= 360 N/m  
= 0.36 N/mm

➤  $d' = \text{tebal selimut beton} + \text{diameter sengkang} + \frac{1}{2} \cdot \text{diameter tulangan tarik}$

$$= 10 + 4.5 + 0.5 \times 8$$

$$= 18.5 \text{ mm}$$

➤  $d = h - d'$

$$= 150 - 18.5$$

$$= 131.5 \text{ mm}$$

➤  $A_s = A_{s'} = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$

$$= 2 \times \frac{1}{4} \times 3.14 \times 8^2$$

$$= 100.571$$

➤ Mencari nilai  $x$

$$f_s' = \left(1 - \frac{d'}{c}\right) \times 600$$

$$A_s \cdot f_y = (0.85 \cdot c) \cdot b \cdot 0.85 \cdot f_c + A_{s'} \cdot \left(\frac{x-d}{x} \cdot 600\right)$$

$$A_s \cdot f_y \cdot c = 0.85 \cdot c^2 \cdot b \cdot 0.85 \cdot f_c + A_{s'} \cdot (c - d') \cdot 600$$

$$100.57 \times 334.95 \times C = 0.85 \times C^2 \times 100 \times 0.85 \times 18.38 + 100.57 \times (C - 18.5) \times$$

$$600$$

$$33685.92 \times C = 1327.955 \times C^2 + 60342 \times C - 1116327$$

$$0 = 1327.955 \times C^2 + 26656.08 - 1116327 : 1327.955$$

$$0 = C^2 + 20.07 - 840.64$$

Maka nilai  $c$  dengan rumus abc adalah :

$$C = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$y = \frac{20.07 \pm \sqrt{20.07^2 - (4 \times 1 \times (-840.64))}}{2 \times 1}$$

$c = 20.65$  mm (memenuhi)

$c = -40.72$  mm (tidak memenuhi)

➤ Kontrol tegangan tulangan tekan

$$f_s' = \left(1 - \frac{d'}{c}\right) \times 600$$

$$f_s' = \left(1 - \frac{18.5}{20.65}\right) \times 600$$

$$= 62.47 < 334.95 \quad \text{belum leleh } f_s' < f_y$$

➤  $a = \beta_1 \times C$

$$= 0.85 \times 20.65$$

$$= 17.55 \text{ mm}$$

➤  $C_c = a \times b \times (0.85 \times f_c)$

$$= 17.55 \times 100 \times (0.85 \times 18.38)$$

$$= 27418.365 \text{ N}$$

$$\triangleright C_s = A's \times f's$$

$$= 100.57 \times 62.47$$

$$= 6282.607 \text{ N}$$

$$\triangleright T_s = A_s \times f_y$$

$$= 100.57 \times 334.95$$

$$= 33685.92 \text{ N}$$

$$\triangleright Z_1 = d - \frac{a}{2} = 131.5 - \frac{17.55}{2} = 122.725 \text{ mm}$$

$$\triangleright Z_2 = d - d' = 131.5 - 18.5 = 113 \text{ mm}$$

$$\triangleright M_n = (C_c \times Z_1) + (C_s \times Z_2)$$

$$= (27418.365 \times 122.725) + (6282.607 \times 113)$$

$$= 4074853.436 \text{ Nmm}$$

$$\triangleright M_n = \frac{1}{4} \times p \times L + \frac{1}{8} \times q \times L^2$$

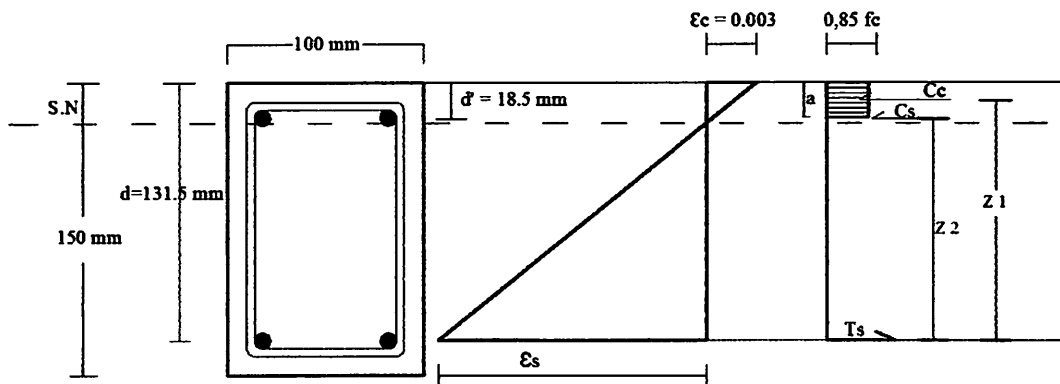
$$4074853.436 = \frac{1}{4} \times p \times 2000 + \frac{1}{8} \times 0.36 \times 2000^2$$

$$4074853.436 = 500 \times p + 180000$$

$$500 \times p = 4074853.436 - 180000$$

$$\begin{aligned}
 p &= 7789.706872 \text{ N} \\
 &= 778.9706872 \text{ Kg} \\
 &= 0.7789706872 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

**Gambar 3.6 Diagram tegangan dan regangan balok normal**



**Tabel 3.4 .Hasil analisa teoritis untuk pembebanan maksimum.**

No	Benda uji	Mn (Nmm)	a (mm)	b (mm)	L(mm)	q (Nmm)	Pmaks (Ton)
1	Teoritis	4074853.436	17.55	100	2000	0.36	0.7789

### 3.7.2. Penulangan Geser

Data Perencanaan:

$$b = 100 \text{ mm}$$

$$d = 113.5 \text{ mm}$$

$$\phi = 1.25$$

$$L = 2000 \text{ mm}$$

$$f'c = 18.38 \text{ Mpa}$$

$$fy = 510, 509 \text{ Mpa}$$

➤ Mencari gaya geser rencana  $V_u$ ,

$$\begin{aligned} V_u &= \left(\frac{1}{2} \times q \times L\right) + \left(\frac{1}{2} \times P\right) \\ &= \left(\frac{1}{2} \times 0.36 \times 2000\right) + \left(\frac{1}{2} \times 7789.7\right) = 4254.85 \text{ N} \end{aligned}$$

➤ Kapasitas geser yang dapat dipikul ( $V_c$ ),

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'c} \times b \times d \\ &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{18.38} \times 100 \times 131.5 \\ &= 9396.091 \text{ N} \end{aligned}$$

➤ Cek apakah penampang mampu memikul gaya geser rencana,

$$\begin{aligned} \frac{V_u}{\phi} - V_c &\leq \frac{2}{3} \sqrt{f'c} \times b \times d \\ \frac{4254.85}{1.25} - (9396.091) &\leq \frac{2}{3} \sqrt{18.38} \times 100 \times 131.5 \\ 5992.211 \text{ N} &\leq 37534.36 \text{ N} \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

Jadi penampang kuat memikul gaya geser rencana, tidak perlu diperbesar.



➤ Cek keperluan tulangan geser

$$\frac{Vu}{s} \geq \frac{Vc}{2}$$

$$\frac{4254.85}{1.25} \geq \frac{9396.091}{2}$$

3403.88 N  $\leq$  4698.045 N, Tidak perlu tulangan geser.

### 3.7.3. Perhitungan Lendutan

1. Akibat beban teoritis

a. Letak garis netral penampang transformasi ( $y$ )

Data perhitungan :

$h = 150 \text{ mm}$

$\varnothing_{\text{Tul. sengkang}} = 4.5 \text{ mm}$

$b = 100 \text{ mm}$

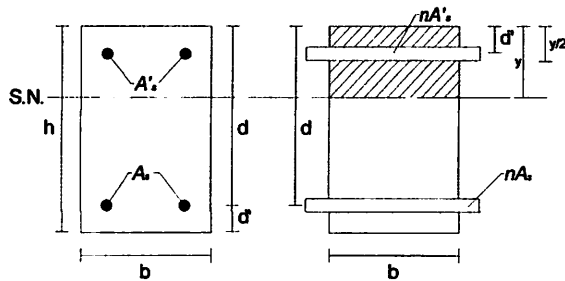
$\varnothing_{\text{Tul. utama}} = 8 \text{ mm}$

$d_{\text{selimut}} = 10 \text{ mm}$

$E_s = 200000 \text{ Mpa}$

- Balok Normal

*Gambar 3.7 Penampang transformasi balok normal*



$$A_s / A'_s = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 8^2 = 100.57 \text{ mm}^2$$

$$d' = d_{\text{selimut}} + \emptyset_{\text{Tul. sengkang}} + \frac{1}{2}\emptyset_{\text{Tul. utama}}$$

$$= 10 + 4.5 + \frac{1}{2}(8) = 18.5 \text{ mm}$$

$$d = h - d_{\text{selimut}} - \emptyset_{\text{Tul. sengkang}} - \frac{1}{2}\emptyset_{\text{Tul. utama}}$$

$$= 150 - 10 - 4.5 - \frac{1}{2}(8) = 131.5 \text{ mm}$$

Letak garis netral :

$$\frac{nAsd + nAs'd' + by(1/2y)}{by + nAs + nAs'} = y$$

$$nAsd + nAs'd' + by(1/2y) = by^2 + nAsy + nAs'y$$

$$\frac{1}{2}by^2 + nAs'y - nAs'd' - nAsd + nAsy = 0$$

Maka :

$$Ec = 4700\sqrt{f'_c} = 4700\sqrt{18.38} = 20149.79 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{200000}{20149.794} = 9.926$$

$$\frac{1}{2}(100)y^2 + 9.926 \times 100.57 \times y - 9.926 \times 100.57 \times 18.5 - 9.926 \times 100.57 \times$$

$$131.5 + 9.926 \times 100.57 \times y = 0$$

$$50y^2 + 998.257y - 18467.76967 - 131270.9033 + 998.257y = 0$$

$$50y^2 + 1996.514y - 149738.673 = 0$$

$$\frac{50y^2 + 1996.514y - 149738.673}{50} = 0$$

$$y^2 + 39.93y - 2994.77 = 0$$

Maka nilai  $y$  dengan rumus abc adalah :

$$y = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$y = \frac{-39.93 \pm \sqrt{39.93^2 - (4 \times 1 \times (-2994.77))}}{2 \times 1}$$

$$y = 38.287 \text{ mm (memenuhi)}$$

$$y = -78.217 \text{ mm (tidak memenuhi)}$$

b. Momen inersia penampang retak transformasi ( $I_{cr}$ )

Data perhitungan :

$$A_s/A'_s = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 8^2 = 100.57 \text{ mm}^2$$

$$d' = d_{selimut} + \emptyset_{Tul. \text{ sengkang}} + \frac{1}{2}\emptyset_{Tul. \text{ utama}}$$

$$= 10 + 4.5 + \frac{1}{2}(8) = 18.5 \text{ mm}$$

$$d = h - d_{selimut} - \emptyset_{Tul. \text{ sengkang}} - \frac{1}{2}\emptyset_{Tul. \text{ utama}}$$

$$= 150 - 10 - 4.5 - \frac{1}{2}(8) = 131.5 \text{ mm}$$

Perhitungan momen inersia penampang retak transformasi ( $I_{cr}$ ) balok normal di hitung dengan rumus :

- Untuk balok normal dan variasi

$$I_{cr} = \frac{1}{3} b y^3 + n A_s (d - y)^2 + (n - 1) A'_s (y - d')^2$$

$$= \frac{1}{3} \times 100 \times 38.287^3 + 9.926 \times 100.57 \times (131.5 - 38.287)^2 + (9.926 - 1) \times 100.57 \times (38.287 - 18.5)^2$$

$$= 10895633.17 \text{ mm}^4$$

Hasil perhitungan di tabelkan sebagai berikut:

*Tabel 3.5 Hasil analisa momen inersia penampang retak ( $I_{cr}$ )*

No	Benda uji	$n$	$A_s$ (mm <sup>2</sup> )	$A's$ (mm <sup>2</sup> )	$b$ (mm)	$d$ (mm)	$d'$ (mm)	$y$ (mm)	$I_{cr}$ (mm <sup>4</sup> )
1	Teoritis	9.926	100.57	100.57	100	131.5	18.5	38.287	10895633.17

c. Momen inersia penampang utuh ( $I_g$ )

Karena ukuran penampang semua balok adalah sama, maka nilai momen inersia penampang utuh adalah :

$$I_g = bh^3/12$$

Dimana :

$$b = 100 \text{ mm} , h = 150 \text{ mm}$$

maka :

$$I_g = 1/12 \times 100 \times 150^3$$

$$I_g = 28125000 \text{ mm}^4$$

d. Momen saat timbul retak pertama kali ( $M_{cr}$ )

Momen retak dihitung berdasarkan rumus :

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

Dimana :

$$f_r = 0.7 \sqrt{f'_c} = 3.001 \text{ Mpa}$$

$$I_g = 100 \times 150^3 / 12 = 28125000 \text{ mm}^4$$

$$y_t = \frac{h}{2} = \frac{150}{2} = 75 \text{ mm}$$

Jadi,

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

$$M_{cr} = \frac{3.001 \times 28125000}{75}$$

$$= 1125387.433 \text{ Nmm}$$

Adapun hasil perhitungan kami tampilkan pada tabel di bawah ini.

**Tabel 3.6 Hasil analisa momen retak ( $M_{cr}$ )**

No	Benda uji	$f'_c$ (MPa)	$f_r$ (MPa)	$I_g$ (mm <sup>4</sup> )	$h$ (mm)	$Y_t$ (mm)	$M_{cr}$ (Nmm)
1	Teoritis	18.38	3.001	28125000.00	150	75	1125387.433

e. Momen inersia efektif ( $I_e$ )

Momen inersia efektif dihitung berdasarkan rumus :

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3\right] I_{cr} \leq I_g$$

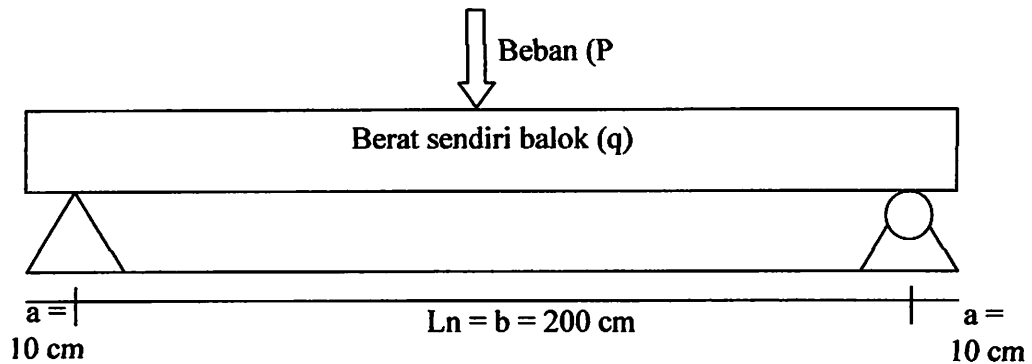
Dimana, pembebanan yang bekerja adalah beban sendiri serta beban terpusat dan diprediksi balok telah mengalami retak ( $M_a > M_{cr}$ ). Untuk momen beban terbagi rata, karena panjang overstick lebih kecil dari tinggi balok, maka kondisi overstick diabaikan. Digunakan kondisi tanpa overstick. Sehingga nilai  $M_a$  adalah :

$$M_a = 1/4Pl + 1/8ql^2$$

Adapun hasil perhitungan kami tampilkan pada tabel 3.7 pada kolom ke 10.

Beban eksperimen.

**Gambar 3.8** Sketsa penempatan balok



a. Balok normal

Data perhitungan :

$$E_c = 20149.79\text{ MPa.}$$

$$M_{cr} = 1125387.433\text{ N/mm}$$

$$I_{cr} = 10895633.17\text{ mm}^4$$

$$I_g = 28125000\text{ mm}^4$$

$$q = 0.36\text{ N/mm}$$

$$l/b = 2000\text{ mm}$$

Dengan prediksi balok mengalami dua kondisi yaitu kondisi praretak dan kondisi pasca retak. Maka, untuk hitunganya adalah :

➤ Untuk kondisi praretak ( $M_a < M_{cr}$ )

$$P = 50\text{ kg} = 50 \times 10 = 500\text{ N}$$

maka :

$$M_a = \left(\frac{1}{4} \times Pl\right) + \left(\frac{1}{8} \times ql^2\right)$$

$$M_a = \left(\frac{1}{4} \times 500 \times 2000\right) + \left(\frac{1}{8} \times (0.36) \times 2000^2\right)$$

$$M_a = 250000 + 180000$$

$$M_a = 425250 \text{ N/mm}$$

$$= 425250 \text{ N/mm} < M_{cr} = 1125387.433 \text{ N/mm}$$

$$I_e = I_g = 28125000 \text{ mm}^4$$

Sehingga :

$$\Delta = \frac{P(l_n)^3}{48E_c I_e} + \frac{5ql^4}{384E_c I_e}$$

$$= \frac{500 \times (2000^3)}{48 \times 20149.794 \times 28125000} + \frac{5 \times 0.36 \times (2000)^4}{384 \times 20149.794 \times 28125000}$$

$$= 0.144 + 0.132 = 0.28 \text{ mm}$$

➤ Untuk kondisi pascaretak ( $M_a > M_{cr}$ )

$$P = 250 \text{ kg} = 250 \times 10 = 2500 \text{ N}$$

maka :

$$M_a = \left(\frac{1}{4} \times P l\right) + \left(\frac{1}{8} \times q l^2\right)$$

$$= \left(\frac{1}{4} \times 2500 \times 2000\right) + \left(\frac{1}{8} \times (0.36) \times 2000^2\right)$$

$$= 1250000 + 180000 = 1430000 \text{ N/mm} > M_{cr} = 1125387.433 \text{ N/mm}$$

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3\right] I_{cr}$$

$$I_e = \left(\frac{1125387.433}{1430000}\right)^3 \times 28125000 + \left[1 - \left(\frac{1125387.433}{1430000}\right)^3\right] \times 10895633.17$$

$$I_e = 19293469.17 \text{ mm}^4$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} \Delta &= \frac{P(l_n)^3}{48E_cI_e} + \frac{5ql^4}{384E_cI_e} \\ &= \frac{2500 \times (2000^3)}{48 \times 20149.794 \times 19293469.17} + \frac{5 \times 0.36 \times (2000)^4}{384 \times 20149.794 \times 19293469.17} \\ &= 1.071 + 0.192 = 1.26 \text{ mm} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan selanjutnya kami tampilkan dalam bentuk tabel pada tabel 3.7 dan hubungan antara beban-lendutannya kami tampilkan dalam grafik 3.1.

#### 3.7.4. Retak awal

Retak awal yang terjadi diperhitungkan berdasarkan momen retak dimana yang menjadi acuan retak awal adalah beban yang bekerja. Maka berdasarkan rumus :

$$M_{cr} = \left(\frac{1}{4}Pl + \frac{1}{8}ql^2\right) \rightarrow P = \frac{4(M_{cr} - \frac{1}{8}ql^2)}{l}$$

Nilai beban saat terjadi retak awal dapat diketahui. Karena momen retak semua balok sama, maka perhitungan sebagai berikut:

$$M_{cr} = 1125387.433 \text{ Nmm} \quad l_n = 2000 \text{ mm} \quad q = 0.36 \text{ N/mm}$$

maka :



$$\begin{aligned}
P &= 4 \times (M_{cr} - 1/8ql^2)/l_n \\
&= (4 \times (1125387.433 - (1/8 \times (0.36) \times 2000^2)))/2000 \\
&= 2000 \text{ N}
\end{aligned}$$

Pada keseluruhan balok, secara teoritis retak awal terjadi pada saat beban yang bekerja sebesar 2000 N.

### 3.7.5. Lebar Retak

Perhitungan retak mengacu pada SNI 03-2847-2002 pasal 12.6 butir 4. Yaitu :

$$\omega = 11 \times 10^{-6} \beta f_s^3 \sqrt{d_c A}$$

Dengan pertimbangan penampang balok dan parameter perhitungan yang digunakan untuk setiap benda uji secara umum sama, yaitu :

$$\begin{aligned}
b &= 100 \text{ mm} & \emptyset_{\text{Tul. utama}} &= 8 \text{ mm} \\
h &= 150 \text{ mm} & \emptyset_{\text{Tul. sengkang}} &= 4,5 \text{ mm} \\
f_y &= 334,95 \text{ MPa} & d_{\text{selimut}} &= 10 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d &= h - d_{\text{selimut}} - \emptyset_{\text{Tul. sengkang}} - 1/2 \emptyset_{\text{Tul. utama}} \\
&= 150 - 10 - 4,5 - 1/2(8) = 131,5 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d_c &= d_{\text{selimut}} + \emptyset_{\text{Tul. sengkang}} + 1/2 \emptyset_{\text{Tul. utama}} \\
&= 10 + 4,5 + 1/2(8) = 18,5 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$f_s = 60\% f_y = 60\% (334,95) = 200,97 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}\beta &= (h-c)/(d-c) \\ &= (150 - 20,65) / (131,5 - 20,65) \\ &= 1,167 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$A = \frac{bh_r}{\text{jumlah tulangan baja}}$$

Dimana :

$$hr = 2d_c = 2 \times 18,5 = 37 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan baja daerah tarik = 2 buah

$$A = \frac{100 \times 37}{2} = 1850 \text{ mm}^2$$

maka analisis teoritis retak,

$$\begin{aligned}\omega &= 11 \cdot 10^{-6} \cdot \beta \cdot f_s \cdot \sqrt[3]{d_c \cdot A} \\ &= 11 \cdot 10^{-6} \cdot 1,167 \cdot 200,97 \cdot \sqrt[3]{18,5 \cdot 1850} \\ &= 0,0838 \text{ mm}\end{aligned}$$



*Tabel 3.7 Hasil analisa teoritis lendutan ( $\Delta$ )*

No	Beban (P) (Kg)	Beban (P) (N)	Beban (q) (N/mm)	L (mm)	M (Nmm)	M <sub>cr</sub> (Nmm)	I <sub>cr</sub> (mm <sup>4</sup> )	I <sub>g</sub> (mm <sup>4</sup> )	I <sub>e</sub> (mm <sup>4</sup> )	E <sub>c</sub> (Mpa)	$\Delta$ (mm)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	0.36	2000	180000	1125387.43	10895633.17	28125000	28125000.00	20149.79	0.13
2	50	500	0.36	2000	430000	1125387.43	10895633.17	28125000	28125000.00	20149.79	0.28
3	100	1000	0.36	2000	680000	1125387.43	10895633.17	28125000	28125000.00	20149.79	0.43
4	150	1500	0.36	2000	930000	1125387.43	10895633.17	28125000	28125000.00	20149.79	0.57
Retak awal	200	2000	0.36	2000	1180000	1125387.43	10895633.17	28125000	28125000.00	20149.79	0.72
5	250	2500	0.36	2000	1430000	1125387.43	10895633.17	28125000	19293469.17	20149.79	1.26
6	300	3000	0.36	2000	1680000	1125387.43	10895633.17	28125000	16074653.98	20149.79	1.78
7	350	3500	0.36	2000	1930000	1125387.43	10895633.17	28125000	14311520.79	20149.79	2.28
8	400	4000	0.36	2000	2180000	1125387.43	10895633.17	28125000	13265947.93	20149.79	2.77
9	450	4500	0.36	2000	2430000	1125387.43	10895633.17	28125000	12607053.47	20149.79	3.25
10	500	5000	0.36	2000	2680000	1125387.43	10895633.17	28125000	12171399.45	20149.79	3.70
11	550	5500	0.36	2000	2930000	1125387.43	10895633.17	28125000	11871909.23	20149.79	4.15
12	600	6000	0.36	2000	3180000	1125387.43	10895633.17	28125000	11659282.79	20149.79	4.58
13	650	6500	0.36	2000	3430000	1125387.43	10895633.17	28125000	11504178.79	20149.79	5.00
14	700	7000	0.36	2000	3680000	1125387.43	10895633.17	28125000	11388389.31	20149.79	5.41
15	750	7500	0.36	2000	3930000	1125387.43	10895633.17	28125000	11300207.06	20149.79	5.82
16	778.97	7789.7	0.36	2000	4074850	1125387.43	10895633.17	28125000	11258578.00	20149.79	6.05

**Keterangan pengisian kolom pada Tabel 3.7.**

➤ Kolom 1

Nomor urut.

➤ Kolom 2

Beban ( P ) Kg, Pemberian beban dengan kelipatan 50 Kg

➤ Kolom 3

Beban ( P ) N, besar beban pada kolom 2 dikonversikan ke satuan Newton ( N )

➤ Kolom 4

Beban merata ( q ) N/mm

$$q = b \times h \times \text{Berat jenis beton}$$

$$q = 100 \times 150 \times 2400$$

$$= 0.36 \text{ N/mm}$$

➤ Kolom 5

Panjang Balok ( L ) mm

➤ Kolom 6

Momen ( M ) Nmm. ( Nomor Urut 1 )

$$\frac{1}{8} \times q \times l^2 = \frac{1}{8} \times 0.36 \times 2000^2 = 180000 \text{ Nmm}$$

Momen ( M ) Nmm. ( Nomor Urut 2 s/d 16 )

$$\frac{1}{8} \times q \times l^2 + \frac{1}{4} \times p \times l = \frac{1}{8} \times 0.36 \times 2000^2 + \frac{1}{4} \times 500 \times 2000 = 430000 \text{ Nmm}$$

➤ Kolom 7

Momen saat timbul retak pertama kali ( $M_{cr}$ ) Nmm

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

Dimana :

$$f_r = 0.7 \sqrt{f_c'} = 3.001 \text{ Mpa}$$

$$I_g = 100 \times 150^3 / 12 = 28125000 \text{ mm}^4$$

$$y_t = \frac{h}{2} = \frac{150}{2} = 75 \text{ mm}$$

$$M_{cr} = \frac{3.001 \times 28125000}{75}$$

$$= 1125387.43 \text{ Nmm}$$

➤ Kolom 8

Momen inersia penampang retak transformasi ( $I_{cr}$ )  $\text{mm}^4$

Dimana :

$$y = 38.287 \text{ mm}$$

$$d = 131.5 \text{ mm}$$

$$n = 9.926$$

$$d' = 18.5 \text{ mm}$$

$$A_s = 100.57 \text{ mm}^2$$

$$b = 100 \text{ mm}$$

$$I_{cr} = 1/3 by^3 + nA_s (d - y)^2 + (n - 1)A's (y - d')^2$$

$$I_{cr} = 1/3 100.38,287^3 + 9,926.100,57 (131,5 - 38,287)^2 +$$

$$(9,926 - 1)100,57 (38,287 - 18,5)^2$$

$$= 10895633,17 \text{ mm}^4$$

➤ Kolom 9

Momen inersia penampang utuh ( $I_g$ ) mm<sup>4</sup>

$$I_g = bh^3/12$$

$$= 100 \times 150^3/12$$

$$= 28125000 \text{ mm}^4$$

➤ Kolom 10

- Momen inersia efektif ( $I_e$ ) mm<sup>4</sup> ( Nomor urut 1 s/d 4 ),

Nilainya diambil dari  $I_g$ , karena penampang masih dalam keadaan utuh.

- Momen inersia efektif ( $I_e$ ) mm<sup>4</sup> ( Nomor urut 5 s/d 16 ),

Setelah balok retak. Contoh pada beban 2500 N :

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3\right] I_{cr}$$

$$I_e = \left(\frac{1125387,43}{1430000}\right)^3 28125000 + \left[1 - \left(\frac{1125387,43}{1430000}\right)^3\right] 10895633,17$$

$$I_e = 19293469,17 \text{ mm}^4$$

➤ Kolom 11

Modulus Elastisitas Beton ( $E_c$ ) MPa

Dimana  $f_c = 18,38 \text{ MPa}$

$$E_c = 4700\sqrt{f_c}$$

$$= 4700\sqrt{18,38}$$

$$= 20149,79 \text{ MPa}$$

➤ Kolom 12

Lendutan yang terjadi pada balok (  $\Delta$  ) mm ( Nomor urut 1 )

$$\Delta = \frac{5qb^4}{384E_cI_e} = \frac{5 \times 0,36 \times 100^4}{384 \times 20149,79 \times 28125000} = 0,13 \text{ mm}$$

lendutan yang terjadi pada balok (  $\Delta$  ) mm ( Nomor urut 2 s/d 16 )

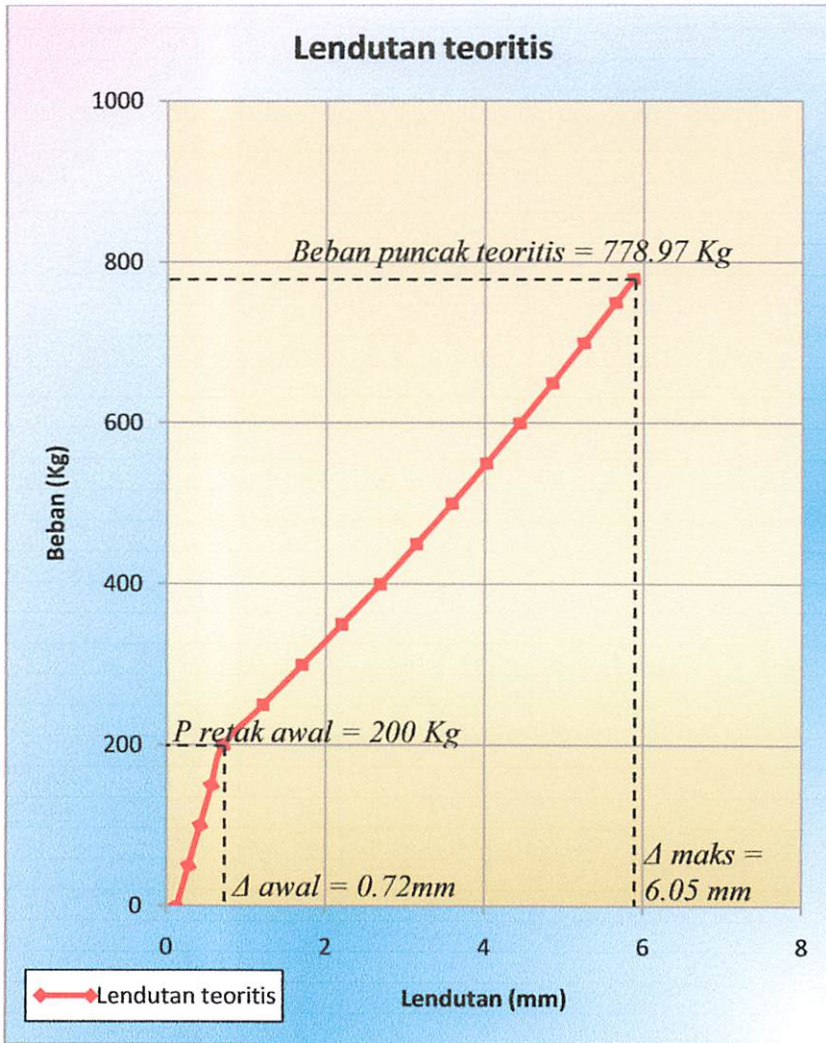
misalkan pada beban 500 N :

$$\Delta = \frac{P(l_n)^3}{48E_cI_e} + \frac{5ql^4}{384E_cI_e}$$

$$\Delta = \frac{500(2000)^3}{48 \times 20149,79 \times 28125000} + \frac{5 \times 0,36 \times 2000^4}{384 \times 20149,79 \times 28125000}$$

$$\Delta = 0,28 \text{ mm}$$

Grafik 3.1 hubungan beban – lendutan teoritis



Grafik hubungan beban - lendutan balok beton yang terlihat pada Grafik 3.1 di atas adalah hasil analisa teoritis yang digambarkan dengan cara menghubungkan angka-angka pada Tabel 3.7 yaitu angka-angka pada kolom 12 untuk arah horisontal (Lendutan) dan kolom 2 untuk arah vertikal (Beban). Sedangkan terlihat pada beban ( P ) 200 Kg, terjadi retak pertama pada balok beton dengan besar lendutan ( $\Delta$ ) 0.72 mm dan beban puncak berada pada beban 778.97 Kg dengan besar lendutan 6.05 mm.



### 3.8. Perhitungan Kuat Lentur Teoritis

Data perencanaan :  $l = 2000 \text{ mm}$

$q = 0.36 \text{ N/mm}$

$$\begin{aligned}
 M_2 &= \frac{1}{8} \times q \times l^2 + \frac{1}{4} \times p \times l \\
 &= \frac{1}{8} \times 0.36 \times 2000^2 + \frac{1}{4} \times 500 \times 2000 \\
 &= 430000 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan selanjutnya, dilampirkan pada *tabel 3.8*.

*Tabel 3.8 Kuat Lentur Teoritis*

Beban (Kg)	Beban (N)	Beban merata (q) (N/mm)	Panjang (L) (mm)	Lendutan ( $\Delta$ ) (mm)	Kuat lentur (Nmm)
1	2	3	4	5	6
0	0	0.36	2000	0.13	180000
50	500	0.36	2000	0.28	430000
100	1000	0.36	2000	0.43	680000
150	1500	0.36	2000	0.57	930000
200	2000	0.36	2000	0.72	1180000
250	2500	0.36	2000	1.26	1430000
300	3000	0.36	2000	1.78	1680000
350	3500	0.36	2000	2.28	1930000
400	4000	0.36	2000	2.77	2180000
450	4500	0.36	2000	3.25	2430000
500	5000	0.36	2000	3.70	2680000
550	5500	0.36	2000	4.15	2930000
600	6000	0.36	2000	4.58	3180000
650	6500	0.36	2000	5.00	3430000
700	7000	0.36	2000	5.41	3680000
750	7500	0.36	2000	5.82	3930000
778.97	7789.7	0.36	2000	6.05	4074850

Keterangan pengisian kolom pada Tabel 3.8.

➤ Kolom 1

Beban ( P ) Kg

➤ Kolom 2

Beban (P) N

➤ Kolom 3

lendutan yang terjadi pada balok (  $\Delta$  ) mm, misalkan pada beban 2500 N :

Dimana :

$$\text{Panjang (L)} = 2000 \text{ mm}$$

$$\text{Beban merata (q)} = 0.36 \text{ N/mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Modulus elastisitas (Ec)} &= 4700\sqrt{f'_c} \\ &= 4700\sqrt{18,38} \\ &= 20149,79 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen inersia efektif (Ie)} &= \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3\right] I_{cr} \\ &= \left(\frac{1125387,43}{1430000}\right)^3 28125000 + \\ &\quad \left[1 - \left(\frac{1125387,43}{1430000}\right)^3\right] 10895633,17 \\ &= 19293469,17 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

Jadi besar lendutan pada beban 2500 N adalah :

$$\Delta = \frac{P(l_n)^3}{48E_c I_e} + \frac{5ql^4}{384E_c I_e}$$

$$\Delta = \frac{2500(2000)^3}{48 \times 20149,79 \times 19293469,17} + \frac{5 \times 0,36 \times 2000^4}{384 \times 20149,79 \times 19293469,17}$$

$$= 0,72 \text{ mm}$$

➤ Kolom 4

Panjang balok ( L ) mm

➤ Kolom 5

Beban merata ( q ) N/mm

$$q = b \times h \times \text{Berat jenis beton}$$

$$= 100 \times 150 \times 2400$$

$$= 0.36 \text{ N/mm}$$

➤ Kolom 6

Kuat Lentur ( M ) Nmm, misalkan pada beban 2500 N :

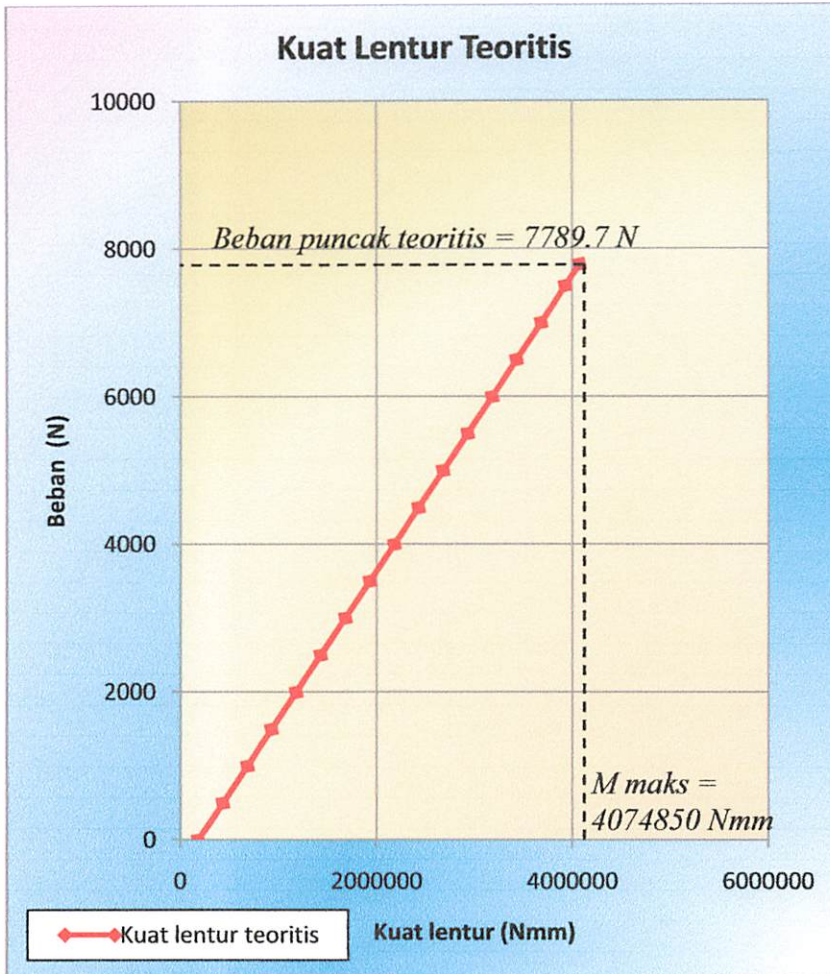
$$M = \frac{1}{8} \times q \times l^2 + \frac{1}{4} \times p \times l$$

$$= \frac{1}{8} \times 0,36 \times 2000^2 + \frac{1}{4} \times 2500 \times 2000$$

$$= 1430000 \text{ Nmm}$$



Grafik 3.2 hubungan Beban - Kuat lentur teoritis



Grafik hubungan beban - kuat lentur balok beton yang terlihat pada Grafik 3.2 di bawah ini adalah hasil analisa teoritis yang digambarkan dengan cara menghubungkan angka-angka pada Tabel 3.8 yaitu angka-angka pada kolom 6 untuk arah horisontal (Kuat lentur  $Nmm$ ) dan kolom 2 untuk arah vertikal (Beban  $N$ ). Sedangkan terlihat pada beban puncak 7789.7 N dengan besar kuat lentur 4074850  $Nmm$ .

### 3.9. Perhitungan Kuat Geser Teoritis

Data perencanaan :  $l = 2000 \text{ mm}$

$q = 0.36 \text{ N/mm}$

$$\begin{aligned} V_u &= \left(\frac{1}{2} \times p\right) + \left(\frac{1}{2} \times q \times l\right) \\ &= \left(\frac{1}{2} \times 500\right) + \left(\frac{1}{2} \times 0.36 \times 2000\right) \\ &= 610 \text{ N} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan selanjutnya, dilampirkan pada *tabel 3.9*.

**Tabel 3.9 Kuat Geser Teoritis**

Beban ( Kg )	Beban ( N )	Beban merata (q) ( N/mm )	Panjang (L) (mm)	Lendutan (Δ) (mm)	Kuat Geser (N)
1	2	3	4	5	6
0	0	0.36	2000	0.13	360
50	500	0.36	2000	0.28	610
100	1000	0.36	2000	0.43	860
150	1500	0.36	2000	0.57	1110
200	2000	0.36	2000	0.72	1360
250	2500	0.36	2000	1.26	1610
300	3000	0.36	2000	1.78	1860
350	3500	0.36	2000	2.28	2110
400	4000	0.36	2000	2.77	2360
450	4500	0.36	2000	3.25	2610
500	5000	0.36	2000	3.70	2860
550	5500	0.36	2000	4.15	3110
600	6000	0.36	2000	4.58	3360
700	7000	0.36	2000	5.41	3860
750	7500	0.36	2000	5.82	4110
778.97	7789.7	0.36	2000	6.05	4254.85

Keterangan pengisian kolom pada Tabel 3.9.

➤ Kolom 1

Beban ( P ) Kg

➤ Kolom 2

Beban (P) N

➤ Kolom 3

lendutan yang terjadi pada balok (  $\Delta$  ) mm, misalkan pada beban 2500 N :

Dimana :

$$\text{Panjang (L)} = 2000 \text{ mm}$$

$$\text{Beban merata (q)} = 0.36 \text{ N/mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Modulus elastisitas (Ec)} &= 4700\sqrt{f'_c} \\ &= 4700\sqrt{18,38} \\ &= 20149,79 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen inersia efektif (Ie)} &= \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3\right] I_{cr} \\ &= \left(\frac{1125387,43}{1430000}\right)^3 28125000 + \\ &\quad \left[1 - \left(\frac{1125387,43}{1430000}\right)^3\right] 10895633,17 \\ &= 19293469,17 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

Jadi besar lendutan pada beban 2500 N adalah :

$$\Delta = \frac{P(l_n)^3}{48E_c I_e} + \frac{5ql^4}{384E_c I_e}$$

$$\Delta = \frac{2500(2000)^3}{48 \times 20149,79 \times 19293469,17} + \frac{5 \times 0,36 \times 2000^4}{384 \times 20149,79 \times 19293469,17}$$

$$= 0,72 \text{ mm}$$

➤ Kolom 4

Panjang balok ( l ) mm

➤ Kolom 5

Beban merata ( q ) N/mm

$$q = b \times h \times \text{Berat jenis beton}$$

$$= 100 \times 150 \times 2400$$

$$= 0.36 \text{ N/mm}$$

➤ Kolom 6

Kuat Geser (  $V_u$  ) N, misalkan pada beban 2500 N :

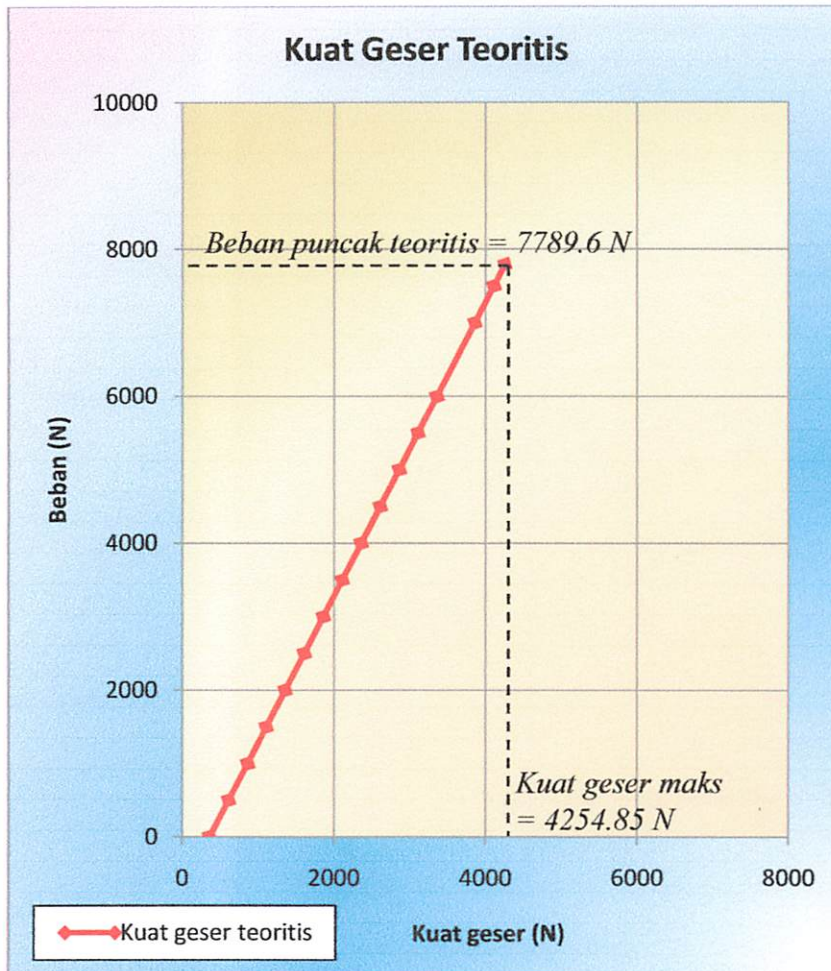
$$V_u = \left(\frac{1}{2} \times p\right) + \left(\frac{1}{2} \times q \times l\right)$$

$$= \left(\frac{1}{2} \times 2500\right) + \left(\frac{1}{2} \times 0,36 \times 2000\right)$$

$$= 1610 \text{ N}$$



Gambar 3.3 hubungan beban - kuat geser teoritis



Grafik hubungan beban - kuat geser balok beton yang terlihat pada Grafik 3.3 di bawah ini adalah hasil analisa teoritis yang digambarkan dengan cara menghubungkan angka-angka pada Tabel 3.9 yaitu angka-angka pada kolom 6 untuk arah horisontal (Kuat geser  $N$ ) dan kolom 2 untuk arah vertikal (Beban  $N$ ). Sedangkan terlihat pada beban puncak 7789.7 N dengan besar kuat geser 4254.85 N.



## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Analisis Eksperimen Lendutan

Parameter perancangan yang telah dipakai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Tinggi balok : 150 mm
- Lebar balok : 100 mm
- Panjang balok : 2000 mm
- Tebal selimut beton : 10 mm
- Mutu beton ( $f'c$ ) : 18.38 Mpa
- Tulangan pokok ( $f'y$ ) :  $\emptyset$  8 mm - 334,95 Mpa ( hasil uji tarik baja )
- Tulangan sengkang ( $f'y$ ) :  $\emptyset$  4.5 mm - 510,509 Mpa ( hasil uji tarik baja )

#### 4.1.1. Balok Tanpa Sambungan Beton Dan Tulangan

##### 1. Balok Tanpa Sambungan A (BTS-A)

Mekanisme keruntuhan balok tanpa sambungan pada beton dan tulangan BTS-A diawali dengan terjadinya retak arah vertikal pada tengah balok atau pada kotak 22 pada saat beban mencapai  $P=200$  Kg dengan besar lendutan  $\Delta = 0.78$  mm, kemudian lebar dan jumlah retak bertambah seiring dengan penambahan beban tekan  $P$  hingga beban puncak  $P = 1100$  Kg dengan besar lendutan  $\Delta = 8.95$  mm. Pada saat ini, balok sudah dalam

keadaan elastis puncak, namun beban masih terus diberikan hingga keadaan plastis dan balok runtuh. Untuk selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.1. di bawah ini.

*Tabel 4.1 Data hasil eksperimen lendutan balok tanpa sambungan A (BTS-A)*

<b>Benda uji</b>		<b>: BTS-A</b>	
<b>Tanggal pengujian</b>		<b>: 11/2/2013</b>	
<b>Tul. Tekan</b>		<b>: 2Ø8</b>	
<b>No.</b>	<b>Beban (Kg)</b>	<b>Bacaan MVD</b>	<b>Lendutan (mm)</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
1	0	0	0.00
2	50	21	0.21
3	100	32	0.32
4	150	45	0.45
Retak awal	200	78	0.78
6	250	105	1.05
7	300	158	1.58
8	350	198	1.98
9	400	255	2.55
10	450	298	2.98
11	500	352	3.52
12	550	395	3.95
13	600	454	4.54
14	650	494	4.94
15	700	549	5.49
16	750	594	5.94
17	800	640	6.40
18	850	692	6.92
19	900	728	7.28
20	950	765	7.65
21	1000	798	7.98
22	1050	839	8.39
23	1100	895	8.95
24	1090	1002	10.02

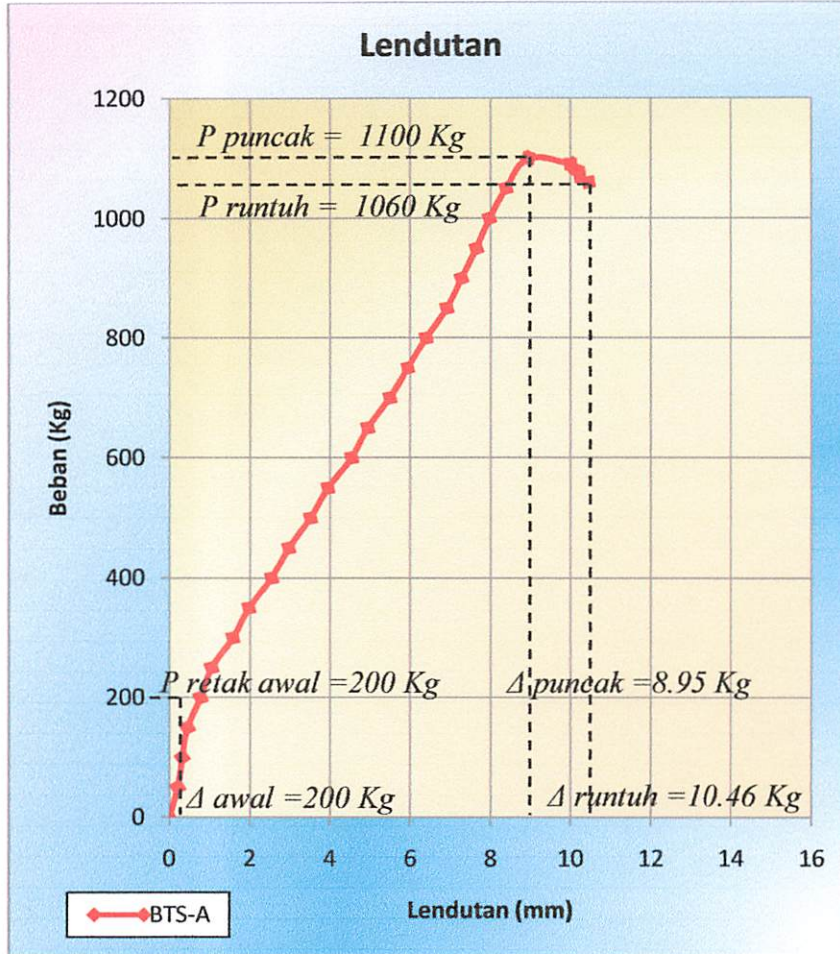
25	1080	1017	10.17
26	1070	1024	10.24
27	1060	1046	10.46

Keterangan pengisian kolom pada Tabel 4.1.

- Kolom 1  
Nomor urut
- Kolom 2  
Beban ( P ) Kg
- Kolom 3  
Bacaan MVD yang dilakukan di laboratorium Universitas Brawijaya Malang.
- Kolom 4  
Lendutan yang terjadi pada balok (  $\Delta$  ) mm ( Nomor urut 2 s/d 27 )  
$$\Delta = (( \text{Bacaan MVD nomor urut 2} - \text{Bacaan MVD nomor urut 1} ) \times 0.01) +$$
  
lendutan Nomor urut 1



Grafik 4.1 Hubungan beban – lendutan balok tanpa sambungan A (BTS-A)



Grafik hubungan beban - lendutan balok tanpa sambungan beton dan tulangan A (BTS-A) yang terlihat pada Grafik 4.1 di atas adalah hasil analisa eksperimen yang digambarkan dengan cara menghubungkan angka-angka pada Tabel 4.1 yaitu angka-angka pada kolom 4 untuk arah horisontal (Lendutan) dan kolom 2 untuk arah vertikal (Beban).

Seperti terlihat dalam Gambar 4.1, gambar ini diambil pada saat beban telah melewati beban puncak  $P = 1100 \text{ Kg}$  dan beban tekan tetap diberikan hingga beban turun dan balok dinyatakan runtuh pada  $P = 1060 \text{ Kg}$  dengan besar lendutan  $\Delta = 10.46 \text{ mm}$ .

**Gambar 4.1** Pengujian Kuat lentur balok tanpa sambungan A (BTS-A)



Kondisi fisik balok pada keadaan ini bila dilihat secara visual, terjadi retak akhir pada tengah balok yang lebarnya  $\pm 3.92 \text{ mm}$ , dan retak-retak lain yang terjadi pada sisi balok baik dari tumpuan kiri maupun tumpuan kanan. Sedangkan retak yang terjadi pada benda uji ini diakibatkan oleh 2 hal, yaitu retak akibat momen lentur dan gaya geser. Bagian yang menerima lentur dan geser, materialnya mengalami tegangan utama biaksial dengan orientasi diagonal, sehingga retaknya pun terbentuk diagonal pada daerah yang mengalami tegangan tarik. Keruntuhan balok akibat geser (akibat tegangan biaksial) bersifat getas dan terjadinya tiba-tiba. Berbeda dengan keruntuhan lentur yang bersifat duktail, didahului dengan timbulnya lendutan besar yang dapat digunakan sebagai pertanda. Oleh karena itu, dalam perencanaan struktur, semua elemen harus didesain

sedemikian agar kekuatan gesernya lebih besar dari yang diperlukan sehingga dapat dijamin bahwa keruntuhan lentur akan terjadi terlebih dahulu.

## 2. Balok Tanpa Sambungan B (BTS-B)

Mekanisme keruntuhan balok tanpa sambungan beton dan tulangan BTS-B diawali dengan terjadinya retak arah vertikal pada tengah balok atau pada kotak 23 pada saat beban mencapai  $P=100 \text{ Kg}$  dengan besar lendutan  $\Delta = 0.38 \text{ mm}$ , kemudian lebar dan jumlah retak bertambah seiring dengan penambahan beban tekan  $P$  hingga beban puncak  $P = 1070 \text{ Kg}$  dengan besar lendutan  $\Delta = 9.99 \text{ mm}$ . Pada saat ini, balok sudah dalam keadaan elastis puncak, namun beban masih terus diberikan hingga keadaan plastis dan balok runtuh. Untuk selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.2 di bawah ini.

**Tabel 4.2 Data hasil eksperimen lendutan balok tanpa sambungan B (BTS-B)**

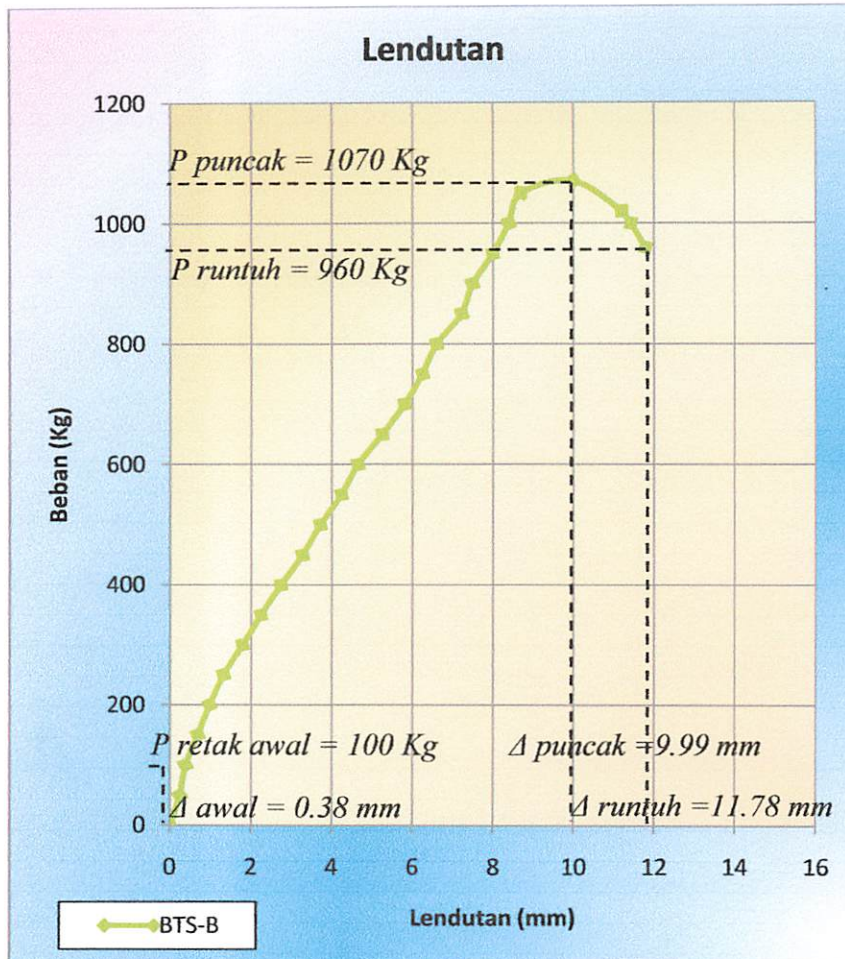
Benda uji		BTS-B	
Tanggal pengujian		11/2/2013	
Tul. Tekan		2Ø8	
No.	Beban (Kg)	Bacaan MVD	Lendutan (mm)
1	2	3	4
1	0	0	0.00
2	50	24	0.24
Retak awal	100	38	0.38
4	150	68	0.68
5	200	98	0.98
6	250	132	1.32
7	300	179	1.79
8	350	225	2.25

9	400	275	2.75
10	450	328	3.28
11	500	372	3.72
12	550	424	4.24
13	600	465	4.65
14	650	525	5.25
15	700	580	5.80
16	750	625	6.25
17	800	660	6.60
18	850	722	7.22
19	900	749	7.49
20	950	799	7.99
21	1000	839	8.39
22	1050	869	8.69
23	1070	999	9.99
24	1020	1119	11.19
25	1000	1142	11.42
26	960	1178	11.78

Keterangan pengisian kolom pada Tabel 4.2.

- Kolom 1  
Nomor urut
- Kolom 2  
Beban ( P ) Kg
- Kolom 3  
Bacaan MVD yang dilakukan di laboratorium Universitas Brawijaya Malang.
- Kolom 4  
Lendutan yang terjadi pada balok (  $\Delta$  ) mm ( Nomor urut 2 s/d 26 )  
 $\Delta = (( \text{Bacaan MVD nomor urut 2} - \text{Bacaan MVD nomor urut 1} ) \times 0.01) +$   
lendutan Nomor urut 1

**Grafik 4.2** Hubungan beban – lendutan balok tanpa sambungan B (BTS-B)



Grafik hubungan beban - lendutan balok tanpa sambungan beton dan tulangan B (BTS-B) yang terlihat pada Grafik 4.2 di atas adalah hasil analisa eksperimen yang digambarkan dengan cara menghubungkan angka-angka pada Tabel 4.2 yaitu angka-angka pada kolom 4 untuk arah horisontal (Lendutan) dan kolom 2 untuk arah vertikal (Beban).



Seperti terlihat dalam Gambar 4.2, gambar ini diambil pada saat beban telah melewati beban puncak  $P = 1070 \text{ Kg}$  dan beban tekan tetap diberikan hingga beban turun dan balok dinyatakan runtuh pada  $P = 960 \text{ Kg}$  dengan besar lendutan  $\Delta = 11.78 \text{ mm}$ .

**Gambar 4.2** Pengujian Kuat lentur balok tanpa sambungan B (BTS-B)



Kondisi fisik balok pada keadaan ini bila dilihat secara visual, terjadi retak akhir pada tengah balok yang lebarnya  $\pm 3.25 \text{ mm}$ , dan retak-retak lain yang terjadi pada sisi balok baik dari tumpuan kiri maupun tumpuan kanan. Sedangkan retak yang terjadi pada benda uji ini diakibatkan oleh 2 hal, yaitu retak akibat momen lentur dan gaya geser. Bagian yang menerima lentur dan geser, materialnya mengalami tegangan utama biaksial dengan orientasi diagonal, sehingga retaknya pun terbentuk diagonal pada daerah yang mengalami tegangan tarik. Keruntuhan balok akibat geser (akibat tegangan biaksial) bersifat getas dan terjadinya tiba-tiba. Berbeda dengan keruntuhan lentur yang bersifat duktail, didahului dengan timbulnya lendutan besar yang dapat digunakan sebagai pertanda. Oleh karena itu, dalam perencanaan struktur, semua elemen harus didesain

sedemikian agar kekuatan gesernya lebih besar dari yang diperlukan sehingga dapat dijamin bahwa keruntuhan lentur akan terjadi terlebih dahulu.

### 3. Balok Tanpa Sambungan C (BTS-C)

Mekanisme keruntuhan balok tanpa sambungan beton dan tulangan BTS-C diawali dengan terjadinya retak arah vertikal pada tengah balok atau pada kotak 24 pada saat beban mencapai  $P=150\text{ Kg}$  dengan besar lendutan  $\Delta = 0.51\text{ mm}$ , kemudian lebar dan jumlah retak bertambah seiring dengan penambahan beban tekan  $P$  hingga beban puncak  $P = 1150\text{ Kg}$  dengan besar lendutan  $\Delta = 9.76\text{ mm}$ . Pada saat ini, balok sudah dalam keadaan elastis puncak, namun beban masih terus diberikan hingga keadaan plastis dan balok runtuh. Untuk selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.3 di bawah ini.

**Tabel 4.3 Data hasil eksperimen lendutan balok tanpa sambungan C (BTS-C)**

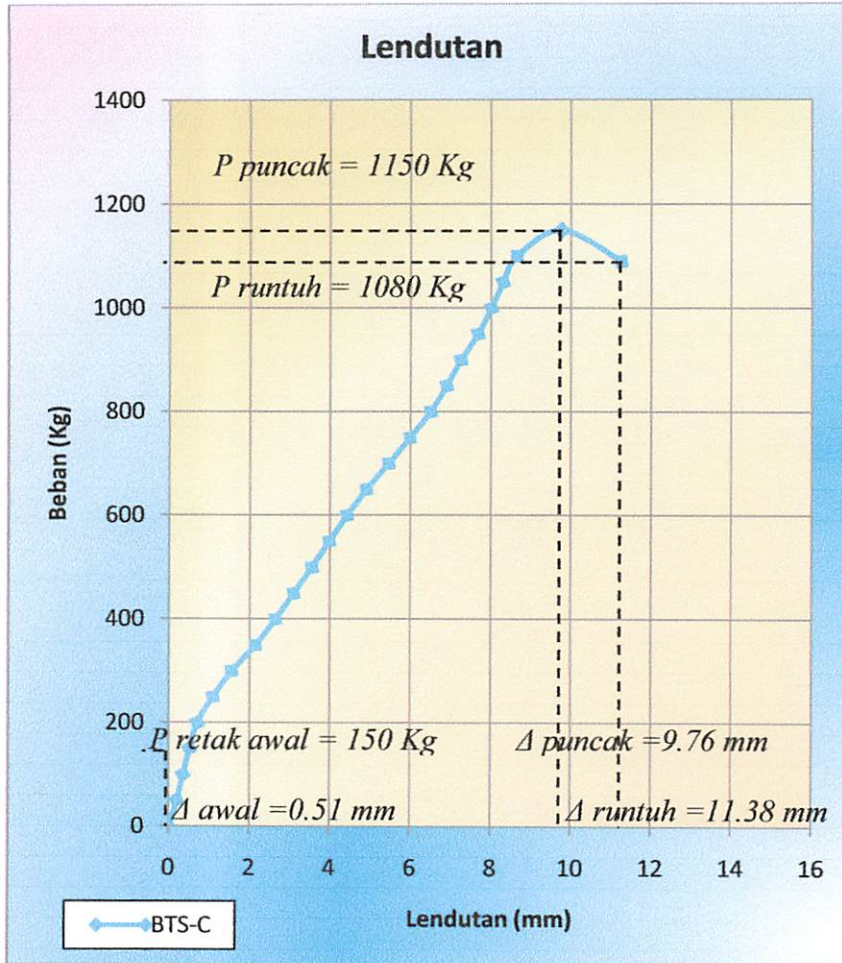
<b>Benda uji</b>		<b>: BTS-C</b>	
<b>Tanggal pengujian</b>		<b>: 11/2/2013</b>	
<b>Tul. Tekan</b>		<b>: 2Ø8</b>	
<b>No.</b>	<b>Beban (Kg)</b>	<b>Bacaan MVD</b>	<b>Lendutan (mm)</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
1	0	0	0.00
2	50	20	0.20
3	100	35	0.35
Retak awal	150	51	0.51
5	200	70	0.70
6	250	109	1.09
7	300	155	1.55

8	350	215	2.15
9	400	265	2.65
10	450	310	3.10
11	500	355	3.55
12	550	398	3.98
13	600	442	4.42
14	650	490	4.90
15	700	545	5.45
16	750	598	5.98
17	800	650	6.50
18	850	690	6.90
19	900	725	7.25
20	950	768	7.68
21	1000	800	8.00
22	1050	830	8.30
23	1100	864	8.64
24	1150	976	9.76
25	1090	1125	11.25
26	1080	1138	11.38

Keterangan pengisian kolom pada Tabel 4.3.

- Kolom 1  
Nomor urut
- Kolom 2  
Beban ( P ) Kg
- Kolom 3  
Bacaan MVD yang dilakukan di laboratorium Universitas Brawijaya Malang.
- Kolom 4  
Lendutan yang terjadi pada balok (  $\Delta$  ) mm ( Nomor urut 2 s/d 26 )  
$$\Delta = (( \text{Bacaan MVD nomor urut 2} - \text{Bacaan MVD nomor urut 1} ) \times 0.01) +$$
  
lendutan Nomor urut 1

**Grafik 4.3 Hubungan beban – lendutan balok tanpa sambungan C (BTS-C)**



Grafik hubungan beban - lendutan balok tanpa sambungan beton dan tulangan C (BTS-C) yang terlihat pada grafik 4.3 di atas adalah hasil analisa eksperimen yang digambarkan dengan cara menghubungkan angka-angka pada Tabel 4.3 yaitu angka-angka pada kolom 4 untuk arah horisontal (Lendutan) dan kolom 2 untuk arah vertikal (Beban).

Seperti terlihat dalam Gambar 4.3, gambar ini diambil pada saat beban telah melewati beban puncak  $P = 1150 \text{ Kg}$  dan beban tekan tetap diberikan hingga beban turun dan balok dinyatakan runtuh pada  $P = 1080 \text{ Kg}$  dengan besar lendutan  $\Delta = 11.38 \text{ mm}$ .

**Gambar 4.3** Pengujian Kuat lentur balok tanpa sambungan C (BTS-C)



Kondisi fisik balok pada keadaan ini bila dilihat secara visual, terjadi retak akhir pada tengah balok yang lebarnya  $\pm 3.36 \text{ mm}$ , dan retak-retak lain yang terjadi pada sisi balok baik dari tumpuan kiri maupun tumpuan kanan. Sedangkan retak yang terjadi pada benda uji ini diakibatkan oleh 2 hal, yaitu retak akibat momen lentur dan gaya geser. Bagian yang menerima lentur dan geser, materialnya mengalami tegangan utama biaksial dengan orientasi diagonal, sehingga retaknya pun terbentuk diagonal pada daerah yang mengalami tegangan tarik. Keruntuhan balok akibat geser (akibat tegangan biaksial) bersifat getas dan terjadinya tiba-tiba. Berbeda dengan keruntuhan lentur yang bersifat duktail, didahului dengan timbulnya lendutan besar yang dapat digunakan sebagai pertanda. Oleh karena itu, dalam perencanaan struktur, semua elemen harus didesain

sedemikian agar kekuatan gesernya lebih besar dari yang diperlukan sehingga dapat dijamin bahwa keruntuhan lentur akan terjadi terlebih dahulu.

#### 4. Gabungan hubungan beban – lendutan Balok Tanpa Sambungan (BTS)

Tabel 4.4. di bawah ini merupakan gabungan dari hubungan beban dan lendutan Balok Tanpa Sambungan (BTS) A, B, dan C. Dan kemudian dari hasil ketiga benda uji ini, diambil nilai beban dan lendutan rata – ratanya.

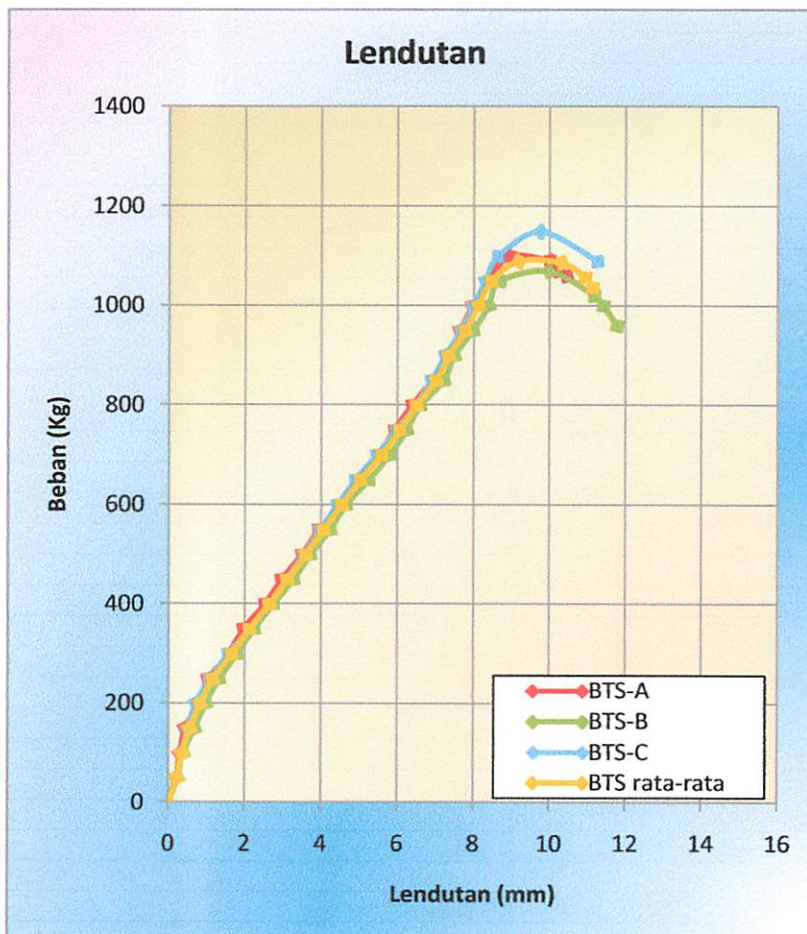
*Tabel 4.4 hubungan beban – lendutan BTS A,B,C, dan rata-rata*

No.	Beban (Kg)			Lendutan (mm)			Rata-rata	
	BTS A	BTS B	BTS C	BTS A	BTS B	BTS C	Beban (kg)	Lendutan (mm)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	50	50	50	0.21	0.24	0.20	50.00	0.22
3	100	100	100	0.32	0.38	0.35	100.00	0.35
4	150	150	150	0.45	0.68	0.51	150.00	0.55
5	200	200	200	0.78	0.98	0.70	200.00	0.82
6	250	250	250	1.05	1.32	1.09	250.00	1.15
7	300	300	300	1.58	1.79	1.55	300.00	1.64
8	350	350	350	1.98	2.25	2.15	350.00	2.13
9	400	400	400	2.55	2.75	2.65	400.00	2.65
10	450	450	450	2.98	3.28	3.10	450.00	3.12
11	500	500	500	3.52	3.72	3.55	500.00	3.60
12	550	550	550	3.95	4.24	3.98	550.00	4.06
13	600	600	600	4.54	4.65	4.42	600.00	4.54
14	650	650	650	4.94	5.25	4.90	650.00	5.03
15	700	700	700	5.49	5.80	5.45	700.00	5.58
16	750	750	750	5.94	6.25	5.98	750.00	6.06
17	800	800	800	6.40	6.60	6.50	800.00	6.50
18	850	850	850	6.92	7.22	6.90	850.00	7.01
19	900	900	900	7.28	7.49	7.25	900.00	7.34
20	950	950	950	7.65	7.99	7.68	950.00	7.77

21	1000	1000	1000	7.98	8.39	8.00	1000.00	8.12
22	1050	1050	1050	8.39	8.69	8.30	1050.00	8.46
23	1100	1070	1100	8.95	9.99	8.64	1090.00	9.19
24	1090	1020	1150	10.02	11.19	9.76	1086.67	10.32
25	1080	1000	1090	10.17	11.42	11.25	1056.67	10.95
26	1070	960	1080	10.24	11.78	11.38	1036.67	11.13
27	1060			10.46				

Hasil eksperimen yang diperoleh adalah besar beban tekan ( $P$ ) dan besar lendutan yang diukur menggunakan alat LVDT dan dilakukan pembacaan nilai lendutan menggunakan alat MVD amplifier.

**Grafik 4.4** hubungan beban – lendutan BTS A,B,C, dan rata-rata BTS



Grafik hubungan beban - lendutan balok tanpa sambungan beton dan tulangan BTS-A, BTS-B, BTS-C, dan Rata-rata yang terlihat pada grafik 4.4 di atas adalah hasil analisa eksperimen yang digambarkan dengan cara menghubungkan angka-angka pada Tabel 4.4 yaitu angka-angka pada kolom 9 untuk arah horisontal (Lendutan rata-rata) dan kolom 8 untuk arah vertikal (Beban rata-rata).

Berdasarkan bentuk grafik 4.4 di atas, terlihat ada perbedaan nilai  $P$  (beban) dan  $\Delta$  (Lendutan) pada kurva balok eksperimen Balok tanpa sambungan A,B,C,dan rata-rata sehingga rincian perbedaan nilai  $P$  (beban) dan  $\Delta$  (Lendutan) dapat diuraikan sebagai berikut :

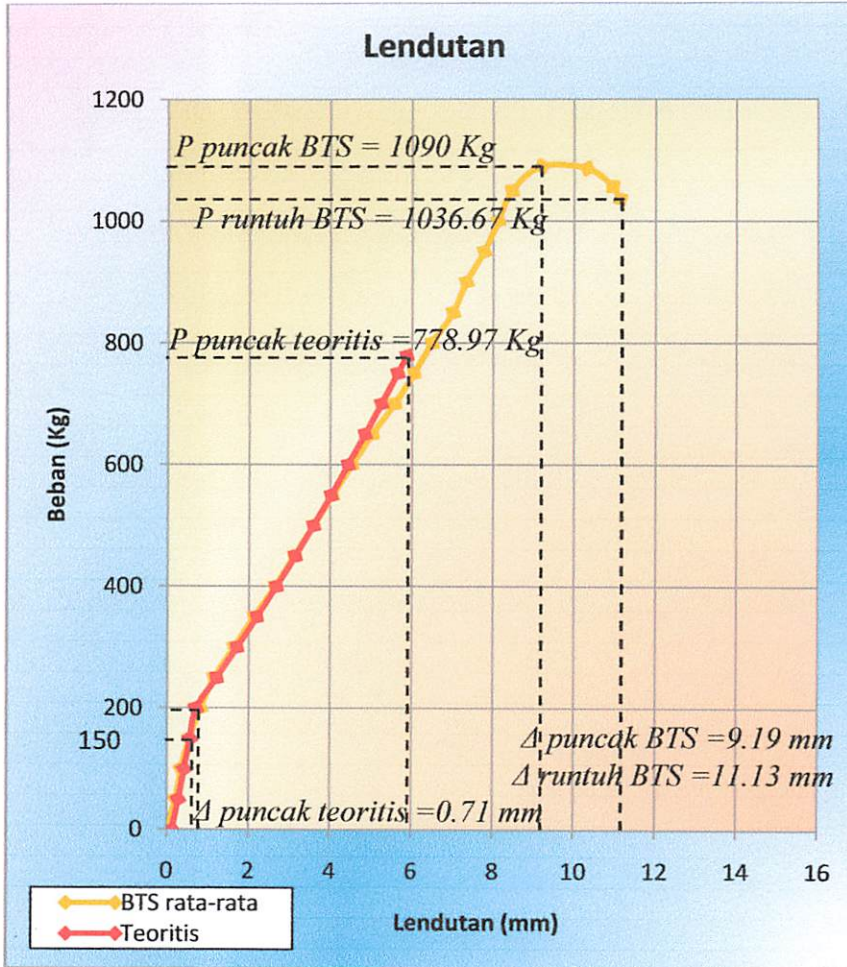
Grafik hasil analisa eksperimen Balok tanpa sambungan A (BTS-A) mempunyai nilai Beban ( $P$ ) maksimum sebesar 1100 Kg dan mengalami penurunan beban hingga 1060 Kg, dengan nilai lendutan maksimum sebesar 10.46 mm.

Grafik hasil analisa eksperimen Balok tanpa sambungan B (BTS-B) mempunyai nilai Beban ( $P$ ) maksimum sebesar 1070 Kg dan mengalami penurunan beban hingga 960 Kg, dengan nilai lendutan maksimum sebesar 11.78 mm.

Grafik hasil analisa eksperimen Balok tanpa sambungan C (BTS-C) mempunyai nilai Beban ( $P$ ) maksimum sebesar 1150 Kg dan mengalami penurunan beban hingga 1080 Kg, dengan nilai lendutan maksimum sebesar 11.38 mm.



Grafik 4.5. hubungan Beban-Lendutan BTS rata-rata dan teoritis.



Hubungan beban-lendutan balok tanpa sambungan rata-rata dan teoritis pada grafik 4.5 di atas terjadi perbedaan, dimana balok tanpa sambungan rata-rata mengalami retak awal pada beban ( P ) 150 Kg dengan besar lendutan (  $\Delta$  ) 0.55 mm. Beban puncak terjadi pada P = 1090 Kg dengan besar lendutan  $\Delta$  = 9.19 mm, dan beban akan terus diberikan hingga P minimum 1036.67 Kg dengan besar lendutan  $\Delta$  11.13 mm.

Grafik balok beton teoritis mengalami retak awal pada beban ( P ) 200 Kg dengan besar lendutan (  $\Delta$  ) 0.72 mm. Beban puncak terjadi pada P = 778.97 Kg dengan besar lendutan  $\Delta = 6.05$  mm.

#### 4.1.2. Balok dengan jarak sambungan beton dan tulangan ( 1/6 ) bentang

##### 1. Balok Dengan Jarak Sambungan 1/6 (B-1/6) A

Mekanisme keruntuhan balok dengan jarak sambungan beton dan tulangan 1/6 bentang (B 1/6-A) diawali dengan terjadinya retak arah vertikal pada tengah balok atau pada kotak 24 pada saat beban mencapai  $P=250$  Kg dengan besar lendutan  $\Delta = 0.84$  mm, kemudian lebar dan jumlah retak bertambah seiring dengan penambahan beban tekan  $P$  hingga beban puncak  $P = 1090$  Kg dengan besar lendutan  $\Delta = 9.23$  mm. Pada saat ini, balok sudah dalam keadaan elastis puncak, namun beban masih terus diberikan hingga keadaan plastis dan balok runtuh. Untuk selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.5 di bawah ini.

*Tabel 4.5 Data hasil eksperimen lendutan balok dengan jarak sambungan beton dan tulangan 1/6 A*

<b>Benda uji</b>		<b>: B 1/6 - A</b>	
<b>Tanggal pengujian</b>		<b>: 11/2/2013</b>	
<b>Tul. Tekan</b>		<b>: 2Ø8</b>	
<b>No.</b>	<b>Beban (Kg)</b>	<b>Bacaan MVD</b>	<b>Lendutan (mm)</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
1	0	0	0.00
2	50	22	0.22

3	100	34	0.34
4	150	46	0.46
5	200	68	0.68
Retak awal	250	84	0.84
7	300	138	1.38
8	350	182	1.82
9	400	233	2.33
10	450	279	2.79
11	500	322	3.22
12	550	366	3.66
13	600	412	4.12
14	650	453	4.53
15	700	494	4.94
16	750	532	5.32
17	800	572	5.72
18	850	616	6.16
19	900	659	6.59
20	950	698	6.98
21	1000	736	7.36
22	1050	798	7.98
23	1060	812	8.12
24	1070	840	8.40
25	1080	857	8.57
26	1090	923	9.23
27	1080	958	9.58
28	1070	1018	10.18
29	1060	1045	10.45
30	1050	1074	10.74
31	1040	1118	11.18

Keterangan pengisian kolom pada Tabel 4.5.

- Kolom 1  
Nomor urut
- Kolom 2  
Beban ( P ) Kg

➤ Kolom 3

Bacaan MVD yang dilakukan di laboratorium Universitas Brawijaya Malang.

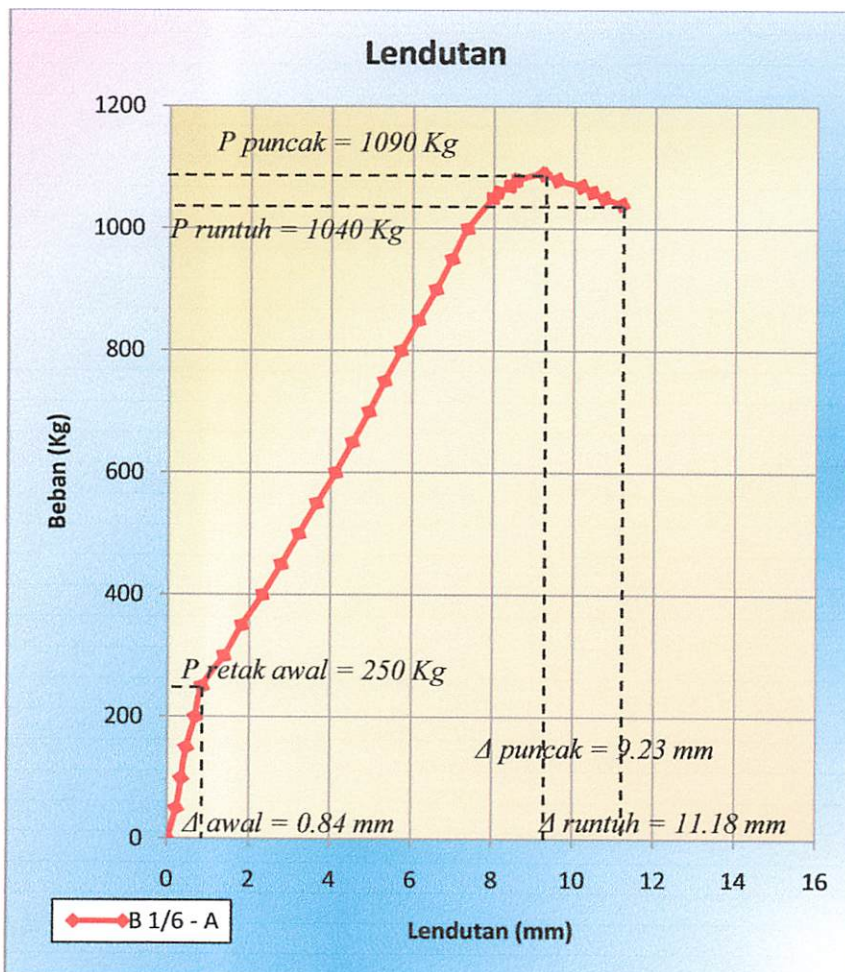
➤ Kolom 4

Lendutan yang terjadi pada balok (  $\Delta$  ) mm ( Nomor urut 2 s/d 31 )

$$\Delta = (( \text{Bacaan MVD nomor urut 2} - \text{Bacaan MVD nomor urut 1} ) \times 0.01) +$$

lendutan nomor urut 1

**Grafik 4.6** hubungan beban – lendutan balok dengan jarak sambungan (1/6) A



Grafik hubungan beban - lendutan balok dengan jarak sambungan beton dan tulangan 1/6 bentang (B 1/6-A) yang terlihat pada Grafik 4.6 di atas adalah hasil analisa eksperimen yang digambarkan dengan cara menghubungkan angka-angka pada Tabel 4.5 yaitu angka-angka pada kolom 4 untuk arah horisontal (Lendutan) dan kolom 2 untuk arah vertikal (Beban).

Seperti terlihat dalam Gambar 4.4, gambar ini diambil pada saat beban telah melewati beban puncak  $P = 1050 \text{ Kg}$  dan beban tekan tetap diberikan hingga beban turun dan dinyatakan balok runtuh pada  $P = 900 \text{ Kg}$  dengan besar lendutan  $\Delta = 11.89 \text{ mm}$ .

**Gambar 4.4** Pengujian Kuat lentur balok dengan jarak sambungan (1/6) A



Kondisi fisik balok pada keadaan ini bila dilihat secara visual, terjadi retak akhir pada tengah balok yang lebarnya  $\pm 4.45 \text{ mm}$ , dan retak-retak lain yang terjadi pada sisi balok baik dari tumpuan kiri maupun tumpuan kanan. Sedangkan retak yang terjadi pada benda uji ini diakibatkan oleh 2 hal, yaitu retak akibat momen lentur dan gaya geser. Bagian yang menerima lentur dan geser, materialnya mengalami tegangan utama biaksial

dengan orientasi diagonal, sehingga retaknya pun terbentuk diagonal pada daerah yang mengalami tegangan tarik. Keruntuhan balok akibat geser (akibat tegangan biaksial) bersifat getas dan terjadinya tiba-tiba. Berbeda dengan keruntuhan lentur yang bersifat daktail, didahului dengan timbulnya lendutan besar yang dapat digunakan sebagai pertanda. Oleh karena itu, dalam perencanaan struktur, semua elemen harus didesain sedemikian agar kekuatan gesernya lebih besar dari yang diperlukan sehingga dapat dijamin bahwa keruntuhan lentur akan terjadi terlebih dahulu.

## 2. Balok Dengan Jarak Sambungan 1/6 (B-1/6) B

Mekanisme keruntuhan balok dengan jarak sambungan beton dan tulangan 1/6 bentang (B 1/6-B) diawali dengan terjadinya retak arah vertikal pada tengah balok atau pada kotak 24 pada saat beban mencapai  $P=250 \text{ Kg}$  dengan besar lendutan  $\Delta = 0.97 \text{ mm}$ , kemudian lebar dan jumlah retak bertambah seiring dengan penambahan beban tekan  $P$  hingga beban puncak  $P = 1050 \text{ Kg}$  dengan besar lendutan  $\Delta = 8.78 \text{ mm}$ . Untuk selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.6 di bawah ini.

**Tabel 4.6** Data hasil eksperimen lendutan balok dengan jarak sambungan tulangan 1/6 B

<b>Benda uji</b> : B 1/6 - B			
<b>Tanggal pengujian</b> : 11/2/2013			
<b>Tul. Tekan</b> : 2Ø8			
No.	Beban (Kg)	Bacaan MVD	Lendutan (mm)
1	2	3	4
1	0	0	0.00
2	50	21	0.21
3	100	36	0.36

4	150	52	0.52
5	200	74	0.74
Retak awal	250	97	0.97
7	300	153	1.53
8	350	216	2.16
9	400	272	2.72
10	450	304	3.04
11	500	365	3.65
12	550	402	4.02
13	600	440	4.40
14	650	503	5.03
15	700	523	5.23
16	750	577	5.77
17	800	598	5.98
18	850	672	6.72
19	900	693	6.93
20	950	741	7.41
21	1000	780	7.80
22	1050	878	8.78
23	1040	1029	10.29
24	1030	1058	10.58
25	1020	1085	10.85
26	1010	1102	11.02
27	1000	1130	11.30
28	950	1167	11.67
29	900	1189	11.89

Keterangan pengisian kolom pada Tabel 4.6.

- Kolom 1  
Nomor urut
- Kolom 2  
Beban ( P ) Kg

➤ Kolom 3

Bacaan MVD yang dilakukan di laboratorium Universitas Brawijaya Malang.

➤ Kolom 4

Lendutan yang terjadi pada balok (  $\Delta$  ) mm ( Nomor urut 2 s/d 29 )

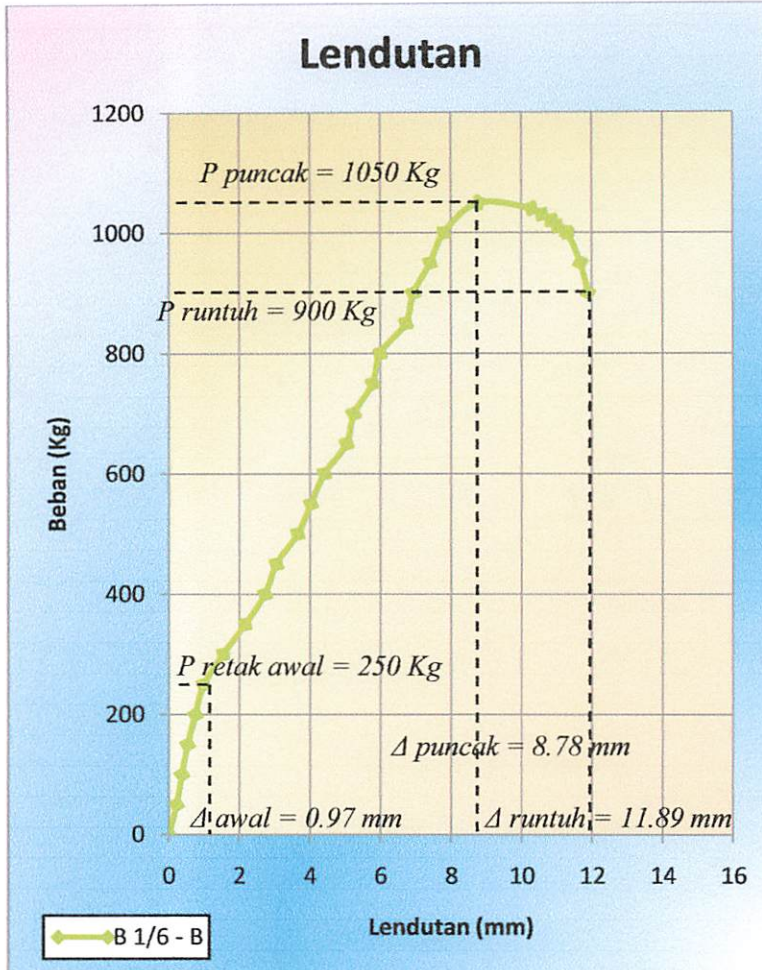
$$\Delta = (( \text{Bacaan MVD nomor urut 2} - \text{Bacaan MVD nomor urut 1} ) \times 0.01) +$$

lendutan nomor urut 1.

Grafik hubungan beban - lendutan balok dengan jarak sambungan beton dan tulangan 1/6 bentang (B 1/6-B) yang terlihat pada Grafik 4.7 di bawah ini adalah hasil analisa eksperimen yang digambarkan dengan cara menghubungkan angka-angka pada Tabel 4.6 yaitu angka-angka pada kolom 4 untuk arah horisontal (Lendutan) dan kolom 2 untuk arah vertikal (Beban).

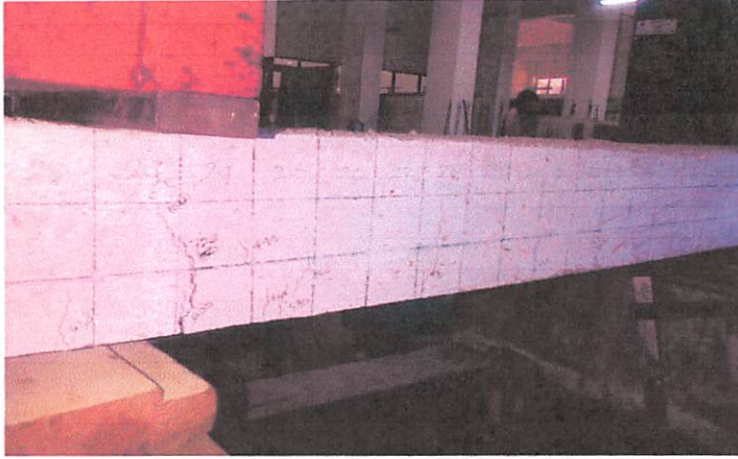


**Grafik 4.7.** Hubungan beban – lendutan balok dengan jarak sambungan (1/6) B



Seperti terlihat dalam Gambar 4.5, gambar ini diambil pada saat beban telah melewati beban puncak  $P = 1050$  Kg dan beban tekan tetap diberikan hingga beban turun dan dinyatakan balok runtuh pada  $P = 900$  Kg dengan besar lendutan  $\Delta = 11.89$  mm.

*Gambar 4.5 Pengujian Kuat lentur balok dengan jarak sambungan (1/6) B*



Kondisi fisik balok pada keadaan ini bila dilihat secara visual, terjadi retak akhir pada tengah balok yang lebarnya  $\pm 5.41$  mm, dan retak-retak lain yang terjadi pada sisi balok baik dari tumpuan kiri maupun tumpuan kanan. Sedangkan retak yang terjadi pada benda uji ini diakibatkan oleh 2 hal, yaitu retak akibat momen lentur dan gaya geser. Bagian yang menerima lentur dan geser, materialnya mengalami tegangan utama biaksial dengan orientasi diagonal, sehingga retaknya pun terbentuk diagonal pada daerah yang mengalami tegangan tarik. Keruntuhan balok akibat geser (akibat tegangan biaksial) bersifat getas dan terjadinya tiba-tiba. Berbeda dengan keruntuhan lentur yang bersifat daktail, didahului dengan timbulnya lendutan besar yang dapat digunakan sebagai pertanda. Oleh karena itu, dalam perencanaan struktur, semua elemen harus didesain sedemikian agar kekuatan gesernya lebih besar dari yang diperlukan sehingga dapat dijamin bahwa keruntuhan lentur akan terjadi terlebih dahulu.

### 3. Gabungan balok dengan jarak sambungan beton dan tulangan (1/6)

Tabel 4.7. di bawah ini merupakan gabungan dari hubungan beban dan lendutan Balok Tanpa Sambungan (B-1/6) A, B, dan C. Dan kemudian dari hasil ketiga benda uji ini, diambil nilai beban dan lendutan rata – ratanya.

*Tabel 4.7 hubungan beban – lendutan Balok 1/6 A,B, dan rata-rata*

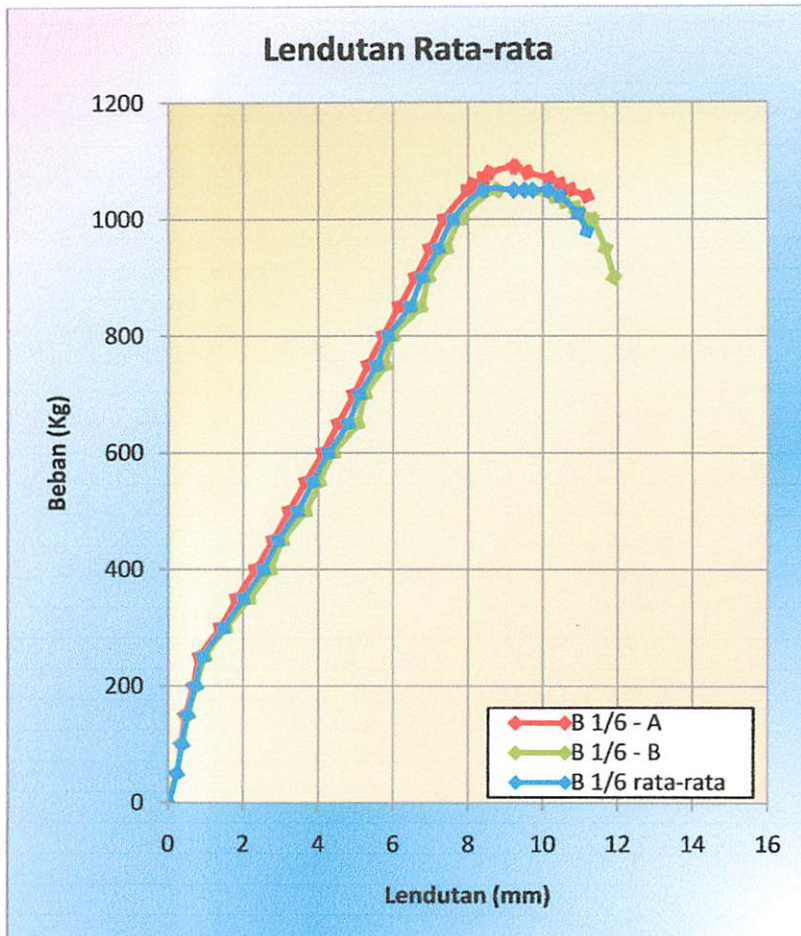
No.	Beban (Kg)		Lendutan (mm)		Rata-rata	
	Balok 1/6 A	Balok 1/6 B	Balok 1/6 A	Balok 1/6 B	Beban (Kg)	Lendutan (mm)
1	2	3	4	5	6	7
1	0	0	0.00	0.00	0	0.00
2	50	50	0.22	0.21	50	0.22
3	100	100	0.34	0.36	100	0.35
4	150	150	0.46	0.52	150	0.49
5	200	200	0.68	0.74	200	0.71
6	250	250	0.84	0.97	250	0.91
7	300	300	1.38	1.53	300	1.46
8	350	350	1.82	2.16	350	1.99
9	400	400	2.33	2.72	400	2.53
10	450	450	2.79	3.04	450	2.92
11	500	500	3.22	3.65	500	3.44
12	550	550	3.66	4.02	550	3.84
13	600	600	4.12	4.40	600	4.26
14	650	650	4.53	5.03	650	4.78
15	700	700	4.94	5.23	700	5.09
16	750	750	5.32	5.77	750	5.55
17	800	800	5.72	5.98	800	5.85
18	850	850	6.16	6.72	850	6.44
19	900	900	6.59	6.93	900	6.76
20	950	950	6.98	7.41	950	7.20
21	1000	1000	7.36	7.80	1000	7.58
22	1050	1050	7.98	8.78	1050	8.38
23	1060	1040	8.12	10.29	1050	9.21
24	1070	1030	8.40	10.58	1050	9.49
25	1080	1020	8.57	10.85	1050	9.71

26	1090	1010	9.23	11.02	1050	10.13
27	1080	1000	9.58	11.30	1040	10.44
28	1070	950	10.18	11.67	1010	10.93
29	1060	900	10.45	11.89	980	11.17

Hasil eksperimen yang diperoleh adalah besar beban tekan ( $P$ ) dan besar lendutan yang diukur menggunakan alat LVDT dan dilakukan pembacaan nilai lendutan menggunakan alat MVD amplifier. Hasil eksperimen dan tabel angka-angka hasil pengamatan dapat dilihat pada tabel 4.7 di atas.

Grafik hubungan beban - lendutan balok dengan jarak sambungan beton dan tulangan 1/6 bentang A dan B yang terlihat pada Grafik 4.8 di bawah ini adalah hasil analisa eksperimen yang digambarkan dengan cara menghubungkan angka-angka pada Tabel 4.7 yaitu angka-angka pada kolom 7 untuk arah horisontal (Lendutan rata-rata) dan kolom 6 untuk arah vertikal (Beban rata-rata).

**Grafik 4.8** Hubungan beban – lendutan eksperimen balok dengan jarak sambungan tulangan 1/6 (B-1/6) A, B, dan (B-1/6) rata-rata

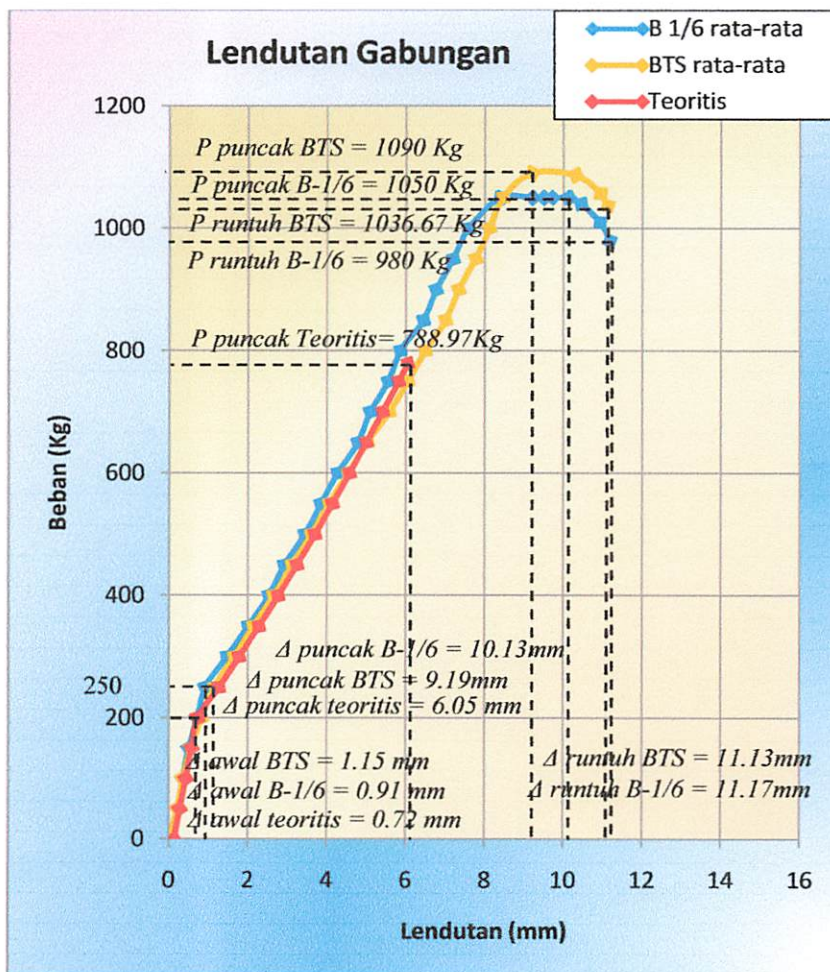


Berdasarkan bentuk grafik 4.8 di atas, terlihat ada perbedaan nilai  $P$  (beban) dan  $\Delta$  (Lendutan) pada kurva balok eksperimen Balok dengan jarak sambungan beton dan tulangan 1/6 bentang sehingga rincian perbedaan nilai  $P$  (beban) dan  $\Delta$  (Lendutan) dapat diuraikan sebagai berikut :

Grafik hasil analisa eksperimen Balok 1/6 A mempunyai nilai Beban ( P ) maksimum sebesar 1090 Kg dan mengalami penurunan beban hingga 1060 Kg, dengan nilai lendutan maksimum sebesar 10.45 mm.

Grafik hasil analisa eksperimen Balok 1/6 B mempunyai nilai Beban ( P ) maksimum sebesar 1050 Kg dan mengalami penurunan beban hingga 900 Kg, dengan nilai lendutan maksimum sebesar 11.89 mm.

**Grafik 4.9.** Hubungan Beban-Lendutan BTS rata-rata, 1/6 rata-rata dan teoritis.



Hubungan beban-lendutan Balok tanpa sambungan rata-rata, 1/6 rata-rata dan teoritis pada grafik 4.9 di atas terjadi perbedaan, dimana balok tanpa sambungan rata-rata mengalami retak awal pada beban ( P ) 250 Kg dengan besar lendutan (  $\Delta$  ) 1.15 mm. Beban puncak terjadi pada P = 1090 Kg dengan besar lendutan  $\Delta$  = 9.19 mm, dan beban akan terus diberikan hingga P minimum 1036.67 Kg dengan besar lendutan  $\Delta$  11.3 mm.

Grafik balok dengan jarak sambungan beton dan tulangan 1/6 bentang rata-rata mengalami retak awal pada beban ( P ) 250 Kg dengan besar lendutan (  $\Delta$  ) 0.91 mm. Beban puncak terjadi pada P = 1050 Kg dengan besar lendutan  $\Delta$  = 10.13 mm, dan beban akan terus diberikan hingga P minimum 980 Kg dengan besar lendutan  $\Delta$  11.17 mm.

Grafik balok beton teoritis mengalami retak awal pada beban ( P ) 200 Kg dengan besar lendutan (  $\Delta$  ) 0.72 mm. Beban puncak terjadi pada P = 788.97 Kg dengan besar lendutan  $\Delta$  = 6.05 mm.

#### **4. Perbandingan Lendutan BTS dan B-1/6**

Berdasarkan hasil eksperimen di laboratorium, didapat perbedaan nilai beban maksimum dan lendutan maksimum pada balok tanpa sambungan (BTS) dengan balok dengan jarak sambungan beton dan tulangan 1/6 bentang (B-1/6). Perbedaannya kami tampilkan dalam bentuk persentase seperti pada tabel 4.8 di bawah ini :

**Tabel 4.8. Perbandingan Beban -lendutan BTS dan B-1/6 bentang**

<b>Parameter</b>	<b>BTS</b>	<b>B-1/6</b>	<b>Persentase (%)</b>
<b>P maks (Kg)</b>	1090	1050	<b>3.67</b>
<b>Lendutan maks (mm)</b>	9.19	8.38	<b>8.81</b>
<b>P runtuh (Kg)</b>	1036.67	980	<b>5.47</b>
<b>Lendutan runtuh (mm)</b>	11.13	11.17	<b>-0.36</b>

Persentase perbedaan nilai beban maksimum dan lendutan maksimum antara balok tanpa sambungan (BTS) dan balok dengan jarak sambungan 1/6 bentang (B-1/6) seperti terlihat pada tabel 4.8 di atas, terlihat persentase  $P_{maks}$  3.67 % dan  $\Delta_{maks}$  8.81 % sedangkan  $P_{runtuh}$  5.47 % dan  $\Delta_{runtuh}$  -0.36 %. Jadi dapat disimpulkan bahwa jarak sambungan 1/6 bentang aman dan efektif bila diaplikasikan pada balok tanpa sambungan atau pada pembangunan sebuah konstruksi beton bertulang, khususnya pada balok beton.

## **4.2. Perhitungan Kuat Lentur Eksperimen**

### **1. Balok Tanpa Sambungan (BTS) Rata-rata**

Parameter perancangan yang telah dipakai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Tinggi balok : 150 mm
- Lebar balok : 100 mm
- Panjang balok : 2000 mm
- Tebal selimut beton : 10 mm



- Mutu beton ( $f'c$ ) : 18.38 Mpa
- Tulangan pokok ( $f'y$ ) :  $\emptyset$  8 mm - 334,95 Mpa ( hasil uji tarik baja )
- Tulangan sengkang ( $f'y$ ) :  $\emptyset$  4.5 mm - 510,509 Mpa ( hasil uji tarik baja )
- $\beta 1$  : 0.85
- q (beban merata) : b x h x Berat jenis beton  
 $= 0.1 \times 0.15 \times 2400$   
 $= 36 \text{ Kg/m}$   
 $= 360 \text{ N/m}$   
 $= 0.36 \text{ N/mm}$

Dalam perhitungan kuat lentur eksperimen balok tanpa sambungan (BTS) rata-rata, beban (P) yang dipakai adalah beban eksperimen yang terjadi pada saat pengujian balok dilakukan. Berhubung data yang di dapat dari pengujian adalah besar lendutan dengan beban yang diberikan dilakukan secara manual (*hidrolik*), sehingga cara mengetahui pemberian beban yang sebenarnya terjadi pada saat pengujian ialah sebagai berikut ;

*Misalkan pada beban 500 N :*

➤ Momen yang terjadi pada balok ( $M_a$ )

$$\begin{aligned}
 M_a &= \left(\frac{1}{8} \times q \times l^2\right) + \left(\frac{1}{4} \times p \times l\right) \\
 &= \left(\frac{1}{8} \times 0.36 \times 2000^2\right) + \left(\frac{1}{4} \times 500 \times 2000\right) \\
 &= 430000 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

➤ Modulus elastisitas ( $E_c$ )

$$\begin{aligned} E_c &= 4700 \times \sqrt{f'_c} \\ &= 4700 \times \sqrt{18.38} \\ &= 20149.79 \text{ MPa} \end{aligned}$$

➤ Momen inersia penampang utuh ( $I_g$ )

$$\begin{aligned} I_g &= bh^2/12 \\ &= 100 \times 150^2/12 \\ &= 28125000 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

➤ Momen saat timbul retak pertama kali ( $M_{cr}$ )

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

Dimana :  $f_r = 0.7 \sqrt{f'_c} = 3.001 \text{ Mpa}$

$$I_g = 100 \times 150^3 / 12 = 28125000 \text{ mm}^4$$

$$y_t = \frac{h}{2} = \frac{150}{2} = 75 \text{ mm}$$

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

$$M_{cr} = \frac{3.001 \times 28125000}{75}$$

$$= 1125387.433 \text{ Nmm}$$

➤ Momen inersia efektif ( $I_e$ )

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3\right] I_{cr}$$

Karena terjadi pada beban sebelum retak atau pada penampang masih dalam keadaan utuh, maka menggunakan momen inersia penampang utuh ( $I_g$ ) .

Sehingga besar beban (P) eksperimen dicari dengan rumus lendutan seperti di bawah ini :

$$\Delta = \frac{P(L_n)^3}{48E_c I_e} + \frac{5ql^4}{384E_c I_e}$$

$$0.22 = \frac{P(2000^3)}{48 \times 20149.79 \times 28125000} + \frac{5 \times 0.36 \times (2000^4)}{384 \times 20149.79 \times 28125000}$$

$$P = \frac{0.22 - 0.13234213}{0.00029409}$$

$$P = 286.73 \text{ N}$$

Jadi pada lendutan 0.22 mm terjadi beban sebesar 286.73 N, dengan besar kuat lentur ;

$$\begin{aligned} M_2 &= \frac{1}{8} \times q \times l^2 + \frac{1}{4} \times p \times l \\ &= \frac{1}{8} \times 0.36 \times 2000^2 + \frac{1}{4} \times 286.73 \times 2000 \\ &= 323363.42 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan selanjutnya, dilampirkan pada *tabel 4.9*.

**Tabel 4.9.** Kuat lentur eksperimen balok tanpa sambungan(BTS) rata-rata.

Beban teoritis ( Kg )	Beban teoritis ( N )	Beban eksperimen ( Kg )	Beban eksperimen ( N )	Beban merata (q) ( N/mm )	Panjang (L) (mm)	Lendutan (Δ) rata-rata (mm)	Kuat lentur (Nmm)
1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	0	0	0	2000	0.00	0
50	500	28.67	286.73	0.36	2000	0.22	323363.42
100	1000	74.01	740.10	0.36	2000	0.35	550048.61
150	1500	140.88	1408.82	0.36	2000	0.55	884409.25

200	2000	183.82	1838.23	0.36	2000	0.82	1099113.88
250	2500	230.06	2300.55	0.36	2000	1.15	1330275.91
300	3000	279.13	2791.27	0.36	2000	1.64	1575635.08
350	3500	327.67	3276.66	0.36	2000	2.13	1818328.50
400	4000	384.13	3841.31	0.36	2000	2.65	2100652.54
450	4500	434.07	4340.74	0.36	2000	3.12	2350369.33
500	5000	487.31	4873.09	0.36	2000	3.60	2616547.37
550	5500	539.91	5399.09	0.36	2000	4.06	2879543.64
600	6000	596.82	5968.21	0.36	2000	4.54	3164104.01
650	6500	656.67	6566.66	0.36	2000	5.03	3463329.52
700	7000	725.15	7251.47	0.36	2000	5.58	3805736.05
750	7500	784.12	7841.22	0.36	2000	6.06	4100609.19
800	8000	841.36	8413.58	0.36	2000	6.50	4386792.15
850	8500	904.15	9041.54	0.36	2000	7.01	4700767.93
900	9000	944.34	9443.44	0.36	2000	7.34	4901719.39
950	9500	999.31	9993.15	0.36	2000	7.77	5176574.08
1000	10000	1043.40	10434.04	0.36	2000	8.12	5397018.46
1050	10500	1085.99	10859.95	0.36	2000	8.46	5609972.93
1090	10900	1181.76	11817.57	0.36	2000	9.19	6088783.42
1086.667	10866.6667	1330.40	13304.01	0.36	2000	10.32	6832006.62
1056.667	10566.6667	1418.43	14184.30	0.36	2000	10.95	7272151.74
1036.667	10366.6667	1443.39	14433.85	0.36	2000	11.13	7396926.56

**Keterangan pengisian kolom pada Tabel 4.9.**

➤ Kolom 1

Beban teoritis (Kg) rata-rata

➤ Kolom 2

Beban teoritis (N) rata-rata

➤ Kolom 3

Beban eksperimen (Kg) rata-rata, misalkan pada lendutan 0.22 mm :

$$\Delta = \frac{P(l_n)^3}{48E_c I_e} + \frac{5ql^4}{384E_c I_e}$$

$$0.22 = \frac{P(2000^3)}{48 \times 20149.79 \times 28125000} + \frac{5 \times 0.36 \times (2000^4)}{384 \times 20149.79 \times 2812500}$$

$$P = \frac{0.22 - 0.13234213}{0.00029409}$$

$$P = 286.73 \text{ N} \rightarrow 28.673 \text{ Kg}$$

➤ Kolom 4

Beban eksperimen (N) rata-rata

Seperti terlihat pada kolom 3 di atas

➤ Kolom 5

Beban merata ( q ) N/mm

$$\begin{aligned} q &= b \times h \times \text{Berat jenis beton} \\ &= 100 \times 150 \times 2400 \\ &= 0.36 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

➤ Kolom 6

Panjang balok ( L ) mm

➤ Kolom 7

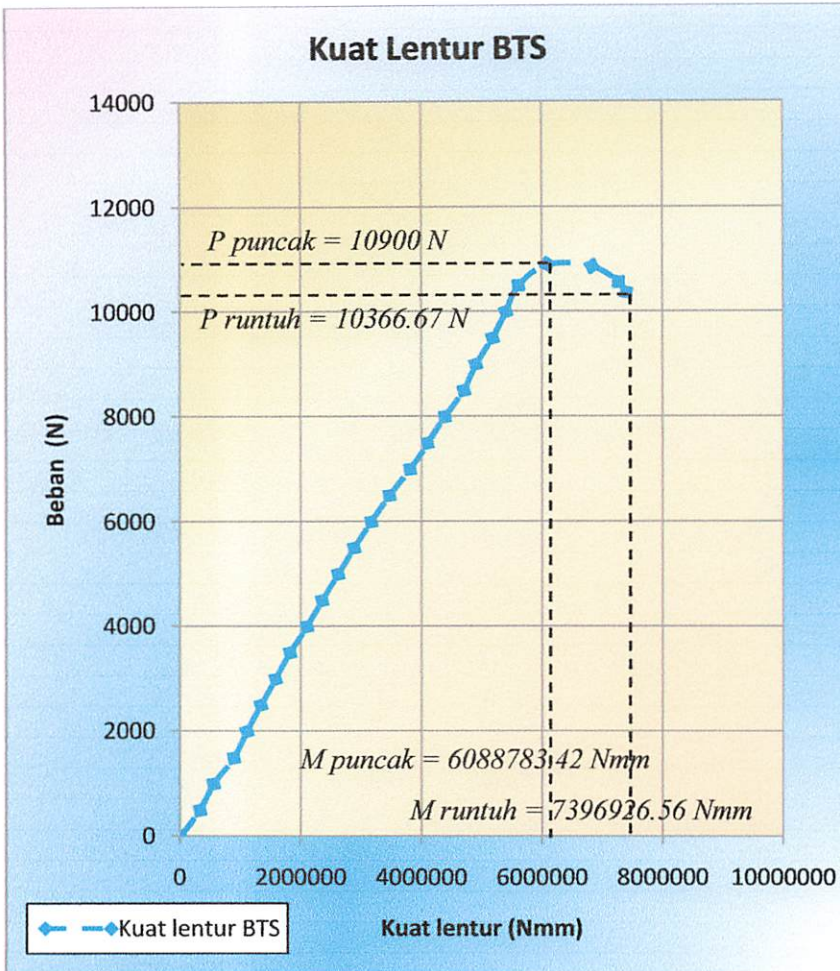
Lendutan yang terjadi pada balok ( Δ ) mm tanpa sambungan rata-rata

➤ Kolom 8

Kuat Lentur ( M ) Nmm, misalkan pada lendutan 0.22 mm :

$$\begin{aligned} M &= \frac{1}{8} \times q \times l^2 + \frac{1}{4} \times p \times l \\ &= \frac{1}{8} \times 0.36 \times 2000^2 + \frac{1}{4} \times 286.73 \times 2000 \\ &= 323363.42 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Grafik 4.10 hubungan beban – kuat lentur balok tanpa sambungan (BTS) rata-rata.



Grafik hubungan beban – kuat lentur balok beton tanpa sambungan yang terlihat pada Grafik 4.10 di atas adalah hasil analisa eksperimen yang digambarkan dengan cara menghubungkan angka-angka pada Tabel 4.9 yaitu angka-angka pada kolom 8 untuk arah horisontal (Kuat lentur  $Nmm$ ) dan kolom 4 untuk arah vertikal (Beban eksperimen  $N$ ). Dan terlihat pada beban maksimum 10900 N, mengalami kuat lentur sebesar 6088783.42

Nmm, sedangkan pada beban runtuh 10366.67 N, mengalami kuat lentur sebesar 7396926.56 Nmm.

## 2. Balok dengan jarak sambungan 1/6 bentang rata-rata

Dalam perhitungan kuat lentur eksperimen balok dengan jarak sambungan 1/6 bentang (B-1/6) rata-rata, beban (P) yang dipakai adalah beban eksperimen yang terjadi pada saat pengujian balok dilakukan. Berhubung data yang di dapat dari pengujian adalah besar lendutan dengan beban yang diberikan dilakukan secara manual (*hidrolik*), sehingga cara mengetahui pemberian beban yang sebenarnya terjadi pada saat pengujian ialah sebagai berikut ;

*Misalkan pada beban 500 N :*

➤ Momen yang terjadi pada balok ( $M_a$ )

$$\begin{aligned}M_a &= \left(\frac{1}{8} \times q \times l^2\right) + \left(\frac{1}{4} \times p \times l\right) \\&= \left(\frac{1}{8} \times 0.36 \times 2000^2\right) + \left(\frac{1}{4} \times 500 \times 2000\right) \\&= 430000 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

➤ Modulus elastisitas ( $E_c$ )

$$\begin{aligned}E_c &= 4700 \times \sqrt{f'c} \\&= 4700 \times \sqrt{18.38} \\&= 20149.79 \text{ MPa}\end{aligned}$$

- Momen inersia penampang utuh ( $I_g$ )

$$\begin{aligned} I_g &= bh^2/12 \\ &= 100 \times 150^2/12 \\ &= 28125000 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- Momen saat timbul retak pertama kali ( $M_{cr}$ )

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

Dimana :  $f_r = 0.7 \sqrt{f'_c} = 3.001 \text{ Mpa}$

$$I_g = 100 \times 150^3 / 12 = 28125000 \text{ mm}^4$$

$$y_t = \frac{h}{2} = \frac{150}{2} = 75 \text{ mm}$$

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

$$M_{cr} = \frac{3.001 \times 28125000}{75}$$

$$= 1125387.433 \text{ Nmm}$$

- Momen inersia efektif ( $I_e$ )

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3\right] I_{cr}$$

Karena terjadi pada beban sebelum retak atau pada penampang masih dalam keadaan utuh, maka menggunakan momen inersia penampang utuh ( $I_g$ ) .

Sehingga besar beban (P) eksperimen dicari dengan rumus lendutan seperti di bawah ini :

$$\Delta = \frac{P(l_n)^3}{48E_c I_e} + \frac{5ql^4}{384E_c I_e}$$



$$0.22 = \frac{P(2000^3)}{48 \times 20149.79 \times 28125000} + \frac{5 \times 0.36 \times (2000^4)}{384 \times 20149.79 \times 28125000}$$

$$P = \frac{0.22 - 0.13234213}{0.00029409}$$

$$P = 286.72 \text{ N}$$

Jadi pada lendutan 0.22 mm terjadi beban sebesar 286.72 N, dengan besar kuat lentur ;

$$\begin{aligned} M_2 &= \frac{1}{8} \times q \times l^2 + \frac{1}{4} \times p \times l \\ &= \frac{1}{8} \times 0.36 \times 2000^2 + \frac{1}{4} \times 286.72 \times 2000 \\ &= 323363.4 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan selanjutnya, dilampirkan pada *tabel 4.10*.

**Tabel 4.10.** Kuat lentur eksperimen Balok dengan jarak sambungan 1/6 bentang rata-rata

Beban teoritis ( Kg )	Beban teoritis ( N )	Beban eksperimen ( Kg )	Beban eksperimen ( N )	Beban merata (q) ( N/mm )	Panjang (L) (mm)	Lendutan (Δ) rata-rata (mm)	Kuat Lentur (Nmm)
1	2	3	4	5	6	8	7
0	0	0	0	0	2000	0.00	0
50	500	28.67	286.73	0.36	2000	0.22	323363.4
100	1000	74.01	740.10	0.36	2000	0.35	550048.6054
150	1500	121.61	1216.14	0.36	2000	0.49	788068.0475
200	2000	146.42	1464.20	0.36	2000	0.71	912098.5994
250	2500	170.83	1708.31	0.36	2000	0.91	1034154.361
300	3000	242.56	2425.64	0.36	2000	1.46	1392819.538
350	3500	303.72	3037.17	0.36	2000	1.99	1698584.815
400	4000	363.89	3638.89	0.36	2000	2.53	1999442.511

450	4500	402.60	4025.96	0.36	2000	2.92	2192981.282
500	5000	463.38	4633.83	0.36	2000	3.44	2496913.402
550	5500	508.67	5086.69	0.36	2000	3.84	2723343.694
600	6000	557.68	5576.80	0.36	2000	4.26	2968398.18
650	6500	621.79	6217.92	0.36	2000	4.78	3288959.266
700	7000	656.83	6568.28	0.36	2000	5.09	3464138.494
750	7500	714.08	7140.78	0.36	2000	5.55	3750388.488
800	8000	752.72	7527.23	0.36	2000	5.85	3943612.935
850	8500	826.56	8265.61	0.36	2000	6.44	4312805.913
900	9000	866.17	8661.67	0.36	2000	6.76	4510834.209
950	9500	921.62	9216.18	0.36	2000	7.20	4788090.76
1000	10000	970.61	9706.05	0.36	2000	7.58	5033026.249
1050	10500	1075.30	10753.00	0.36	2000	8.38	5556498.013
1050	10500	1185.59	11855.92	0.36	2000	9.21	6107958.139
1050	10500	1223.69	12236.93	0.36	2000	9.49	6298462.546
1050	10500	1253.10	12531.04	0.36	2000	9.71	6445518.58
1050	10500	1308.58	13085.84	0.36	2000	10.13	6722919.735
1040	10400	1350.70	13506.95	0.36	2000	10.44	6933477.238
1010	10100	1418.78	14187.85	0.36	2000	10.93	7273923.056
980	9800	1451.61	14516.11	0.36	2000	11.17	7438054.512

**Keterangan pengisian kolom pada Tabel 4.10.**

➤ Kolom 1

Beban teoritis (Kg) rata-rata

➤ Kolom 2

Beban teoritis (N) rata-rata

➤ Kolom 3

Beban eksperimen (Kg) rata-rata, misalkan pada lendutan 0.22 mm :

$$\Delta = \frac{P(l_n)^3}{48E_c I_e} + \frac{5ql^4}{384E_c I_e}$$

$$0.22 = \frac{P(2000^3)}{48 \times 20149.79 \times 28125000} + \frac{5 \times 0.36 \times (2000^4)}{384 \times 20149.79 \times 28125000}$$

$$P = \frac{0.22 - 0.13234213}{0.00029409}$$

$$P = 286.73 \text{ N} \rightarrow 28.673 \text{ Kg}$$

➤ Kolom 4

Beban eksperimen (N) rata-rata

Seperti terlihat pada kolom 3 di atas

➤ Kolom 5

Beban merata ( q ) N/mm

$$\begin{aligned} q &= b \times h \times \text{Berat jenis beton} \\ &= 100 \times 150 \times 2400 \\ &= 0.36 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

➤ Kolom 6

Panjang balok ( L ) mm

➤ Kolom 7

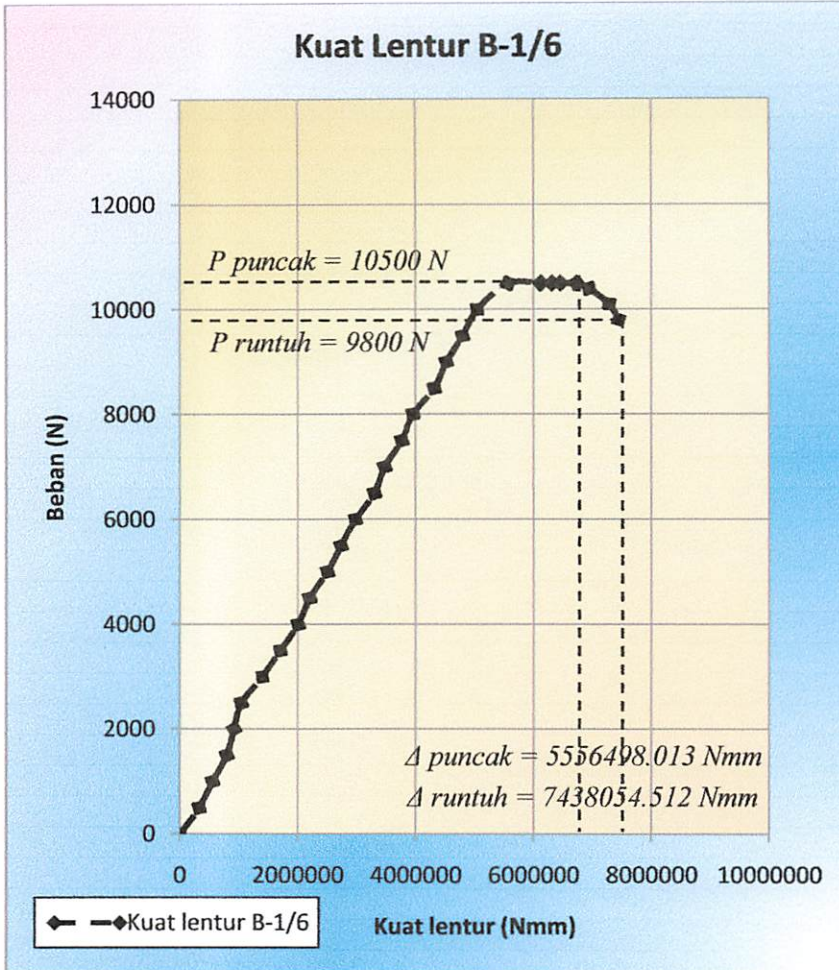
Lendutan yang terjadi pada balok ( Δ ) mm tanpa sambungan rata-rata

➤ Kolom 8

Kuat Lentur ( M ) Nmm, misalkan pada lendutan 0.22 mm :

$$\begin{aligned} M &= \frac{1}{8} \times q \times l^2 + \frac{1}{4} \times p \times l \\ &= \frac{1}{8} \times 0.36 \times 2000^2 + \frac{1}{4} \times 286.73 \times 2000 \\ &= 323363.42 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Grafik 4.11 hubungan beban – kuat lentur balok dengan jarak sambungan 1/6 rata-rata

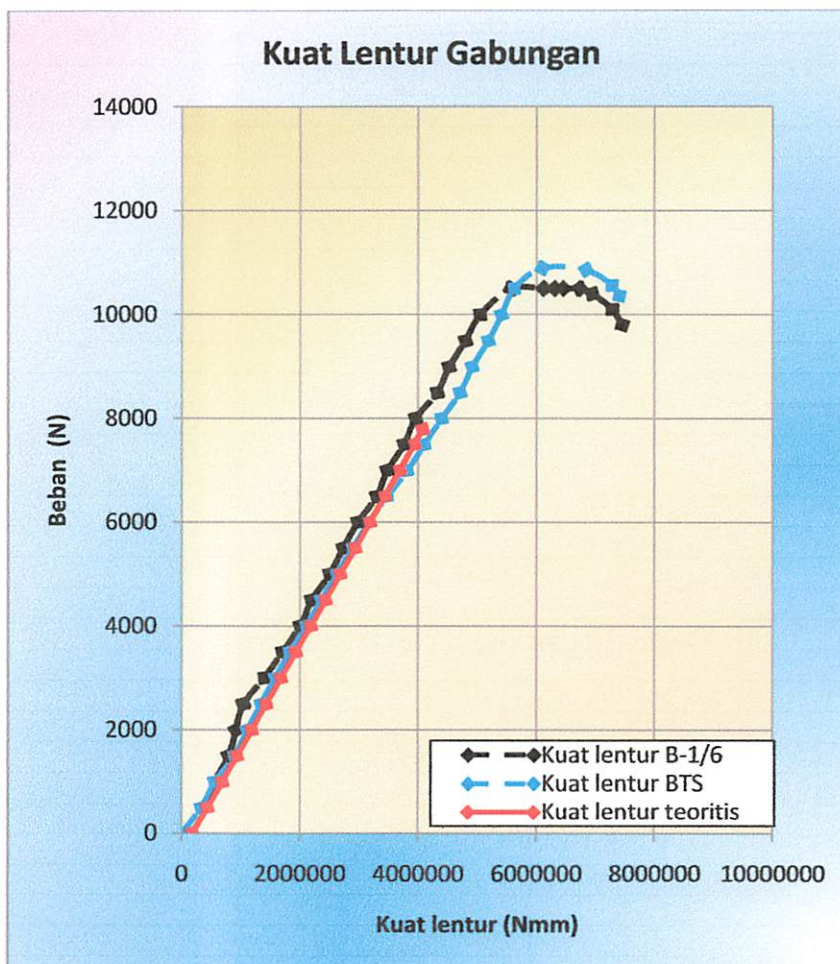


Grafik hubungan beban – kuat lentur balok beton dengan jarak sambungan beton dan tulangan 1/6 bentang rata-rata yang terlihat pada grafik 4.11 di atas adalah hasil analisa eksperimen yang digambarkan dengan cara menghubungkan angka-angka pada Tabel 4.10 yaitu angka-angka pada kolom 8 untuk arah horisontal (Kuat lentur  $Nmm$ ) dan kolom 4 untuk arah vertikal (Beban teoritis  $N$ ). Dan terlihat pada beban maksimum 10500 N, mengalami kuat lentur sebesar 5556498.013 Nmm, sedangkan pada beban minimum 9800 N, mengalami kuat lentur sebesar 7438054.512 Nmm.

### 3. Gabungan Kuat Lentur Teoritis Dan Eksperimen

Grafik hubungan beban – kuat lentur balok tanpa sambungan beton dan tulangan rata-rata, balok dengan jarak sambungan beton dan tulangan 1/6 bentang, dan teoritis yang terlihat pada grafik 4.12 di bawah adalah hasil analisa eksperimen yang digambarkan dengan cara menghubungkan angka-angka pada Tabel 4.9 dan 4.10.

*Grafik 4.12. Hubungan Beban- Kuat Lentur teoritis, BTS, dan B-1/6 rata-rata*



Berdasarkan bentuk grafik 4.12 di atas, terlihat ada perbedaan nilai  $P$  (beban) dan  $M$  (Kuat lentur) pada kurva BTS rata-rata, B-1/6 rata-rata, dan teoritis sehingga rincian perbedaan nilai  $P$  (beban) dan  $M$  (Kuat lentur) dapat diuraikan sebagai berikut :

Grafik hasil analisa eksperimen Balok tanpa sambungan (BTS) rata-rata mempunyai nilai Beban ( $P$ ) maksimum sebesar 10900 N dengan besar kuat lentur 6088783.42 Nmm. Dan beban runtuhnya sebesar 10366.67 N dengan besar kuat lentur 7396926.56 Nmm.

Grafik hasil analisa eksperimen Balok dengan jarak sambungan 1/6 bentang (B-1/6) rata-rata mempunyai nilai Beban ( $P$ ) maksimum sebesar 10500 N dengan besar kuat lentur 5556498.01 Nmm. Dan beban runtuhnya sebesar 9800 N dengan besar kuat lentur 7438054.51 Nmm.

Grafik hasil analisa teoritis mempunyai nilai beban ( $P$ ) maksimum 7889.7 N dengan besar kuat lentur 4074850 Nmm.

#### **4. Perbandingan kuat lentur BTS dan B-1/6 bentang**

Berdasarkan hasil eksperimen di laboratorium, didapat perbedaan nilai beban maksimum dan kuat lentur maksimum pada balok tanpa sambungan (BTS) dengan balok dengan jarak sambungan beton dan tulangan 1/6 bentang (B-1/6). Perbedaannya kami tampilkan dalam bentuk persentase seperti pada tabel 4.11 di bawah ini :

**Tabel 4.11. Perbandingan beban - kuat lentur BTS dan B-1/6 bentang**

<b>Parameter</b>	<b>BTS</b>	<b>B-1/6</b>	<b>Persentase (%)</b>
<b>P maks (N)</b>	10900	10500	<b>3.67</b>
<b>Kuat lentur maks (Nmm)</b>	6088783.42	5556498.01	<b>8.74</b>
<b>P runtuh (N)</b>	10366.67	9800	<b>5.47</b>
<b>Kuat lentur runtuh (Nmm)</b>	7396926.56	7438054.51	<b>-0.56</b>

Persentase perbedaan nilai beban maksimum dan kuat lentur maksimum antara balok tanpa sambungan (BTS) dan balok dengan jarak sambungan 1/6 bentang (B-1/6) seperti terlihat pada tabel 4.11 di atas, terlihat persentase  $P_{maks}$  3.67 % dan  $M_{maks}$  8.74 % sedangkan  $P_{runtuh}$  5.47 % dan  $M_{runtuh}$  -0.56 %. Jadi dapat disimpulkan bahwa jarak sambungan 1/6 bentang aman dan efektif bila diaplikasikan pada balok tanpa sambungan atau pada pembangunan sebuah konstruksi beton bertulang, khususnya pada balok beton.

### **4.3. Perhitungan Kuat Geser Eksperimen**

#### **1. Balok Tanpa Sambungan (BTS) rata-rata**

Parameter perancangan yang telah dipakai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Tinggi balok : 150 mm
- Lebar balok : 100 mm
- Panjang balok : 2000 mm

- Tebal selimut beton : 10 mm
- Mutu beton ( $f'c$ ) : 18.38 Mpa
- Tulangan pokok ( $f'y$ ) : Ø 8 mm - 334,95 Mpa ( hasil uji tarik baja )
- Tulangan sengkang ( $f'y$ ) : Ø 4.5 mm - 510,509 Mpa ( hasil uji tarik baja )
- $\beta 1$  : 0.85
- q (beban merata) : b x h x Berat jenis beton  
 = 0.1 x 0.15 x 2400  
 = 36 Kg/m  
 = 360 N/m  
 = 0.36 N/mm

Dalam perhitungan kuat geser eksperimen balok tanpa sambungan (BTS) rata-rata, beban (P) yang dipakai adalah beban eksperimen yang terjadi pada saat pengujian balok dilakukan. Berhubung data yang di dapat dari pengujian adalah besar lendutan dengan beban yang diberikan dilakukan secara manual (*hidrolik*), sehingga cara mengetahui pemberian beban yang sebenarnya terjadi pada saat pengujian ialah sebagai berikut ;

*Misalkan pada beban 500 N :*

➤ Momen yang terjadi pada balok ( $M_a$ )

$$\begin{aligned}
 M_a &= \left(\frac{1}{8} \times q \times l^2\right) + \left(\frac{1}{4} \times p \times l\right) \\
 &= \left(\frac{1}{8} \times 0.36 \times 2000^2\right) + \left(\frac{1}{4} \times 500 \times 2000\right)
 \end{aligned}$$



$$= 430000 \text{ Nmm}$$

➤ Modulus elastisitas ( $E_c$ )

$$\begin{aligned} E_c &= 4700 \times \sqrt{f'_c} \\ &= 4700 \times \sqrt{18.38} \\ &= 20149.79 \text{ MPa} \end{aligned}$$

➤ Momen inersia penampang utuh ( $I_g$ )

$$\begin{aligned} I_g &= bh^2/12 \\ &= 100 \times 150^2/12 \\ &= 28125000 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

➤ Momen saat timbul retak pertama kali ( $M_{cr}$ )

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

Dimana :  $f_r = 0.7 \sqrt{f'_c} = 3.001 \text{ Mpa}$

$$I_g = 100 \times 150^3 / 12 = 28125000 \text{ mm}^4$$

$$y_t = \frac{h}{2} = \frac{150}{2} = 75 \text{ mm}$$

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

$$M_{cr} = \frac{3.001 \times 28125000}{75}$$

$$= 1125387.433 \text{ Nmm}$$

➤ Momen inersia efektif ( $I_e$ )

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3\right] I_{cr}$$

Karena terjadi pada beban sebelum retak atau pada penampang masih dalam keadaan utuh, maka menggunakan momen inersia penampang utuh ( $I_g$ ) .

Sehingga besar beban (P) eksperimen dicari dengan rumus lendutan seperti di bawah ini :

$$\Delta = \frac{P(L_n)^3}{48E_c I_e} + \frac{5ql^4}{384E_c I_e}$$

$$0.22 = \frac{P(2000^3)}{48 \times 20149.79 \times 28125000} + \frac{5 \times 0.36 \times (2000^4)}{384 \times 20149.79 \times 28125000}$$

$$P = \frac{0.22 - 0.13234213}{0.000294094}$$

$$P = 286.72 \text{ N}$$

Jadi pada lendutan 0.22 mm terjadi beban sebesar 286.72 N, dengan besar kuat geser ;

$$\begin{aligned} V_u &= \left(\frac{1}{2} \times p\right) + \left(\frac{1}{2} \times q \times l\right) \\ &= \left(\frac{1}{2} \times 286.72\right) + \left(\frac{1}{2} \times 0.36 \times 2000\right) \\ &= 503.36 \text{ N} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan selanjutnya, dilampirkan pada *tabel 4.12*.

**Tabel 4.12. Kuat Geser Eksperimen Balok Tanpa Sambungan (BTS) rata-rata**

Beban teoritis ( Kg )	Beban teoritis ( N )	Beban eksperimen ( Kg )	Beban eksperimen ( N )	Beban merata (q) ( N/mm )	Panjang (L) (mm)	Lendutan (Δ) rata-rata (mm)	Kuat Geser (N)
1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	0	0.00	0	2000	0.00	0
50	500	28.67	286.73	0.36	2000	0.22	503.36
100	1000	74.01	740.10	0.36	2000	0.35	730.05

150	1500	140.88	1408.82	0.36	2000	0.55	1064.41
200	2000	183.82	1838.23	0.36	2000	0.82	1279.11
250	2500	230.06	2300.55	0.36	2000	1.15	1510.28
300	3000	279.13	2791.27	0.36	2000	1.64	1755.64
350	3500	327.67	3276.66	0.36	2000	2.13	1998.33
400	4000	384.13	3841.31	0.36	2000	2.65	2280.65
450	4500	434.07	4340.74	0.36	2000	3.12	2530.37
500	5000	487.31	4873.09	0.36	2000	3.60	2796.55
550	5500	539.91	5399.09	0.36	2000	4.06	3059.54
600	6000	596.82	5968.21	0.36	2000	4.54	3344.10
700	7000	725.15	7251.47	0.36	2000	5.58	3985.74
750	7500	784.12	7841.22	0.36	2000	6.06	4280.61
800	8000	841.36	8413.58	0.36	2000	6.50	4566.79
850	8500	904.15	9041.54	0.36	2000	7.01	4880.77
900	9000	944.34	9443.44	0.36	2000	7.34	5081.72
950	9500	999.31	9993.15	0.36	2000	7.77	5356.57
1000	10000	1043.40	10434.04	0.36	2000	8.12	5577.02
1050	10500	1085.99	10859.95	0.36	2000	8.46	5789.97
1090	10900	1181.76	11817.57	0.36	2000	9.19	6268.78
1086.67	10866.667	1330.40	13304.01	0.36	2000	10.32	7012.01
1056.67	10566.667	1418.43	14184.30	0.36	2000	10.95	7452.15
1036.67	10366.667	1443.39	14433.85	0.36	2000	11.13	7576.93

**Keterangan pengisian kolom pada Tabel 4.12.**

➤ Kolom 1

Beban teoritis (Kg) rata-rata

➤ Kolom 2

Beban teoritis (N) rata-rata

➤ Kolom 3

Beban eksperimen (Kg) rata-rata

$$\Delta = \frac{P(l_n)^3}{48E_c I_e} + \frac{5ql^4}{384E_c I_e}$$

$$0.22 = \frac{P(2000^3)}{48 \times 20149.79 \times 28125000} + \frac{5 \times 0.36 \times (2000^4)}{384 \times 20149.79 \times 2812500}$$

$$P = \frac{0.22 - 0.13234213}{0.00029409}$$

$$P = 286.73 \text{ N} \rightarrow 28.673 \text{ Kg}$$

➤ Kolom 4

Beban eksperimen (N) rata-rata

Seperti terlihat pada kolom 3 di atas

➤ Kolom 5

Beban merata ( q ) N/mm

$$\begin{aligned} q &= b \times h \times \text{Berat jenis beton} \\ &= 100 \times 150 \times 2400 \\ &= 0.36 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

➤ Kolom 6

Panjang balok ( L ) mm

➤ Kolom 7

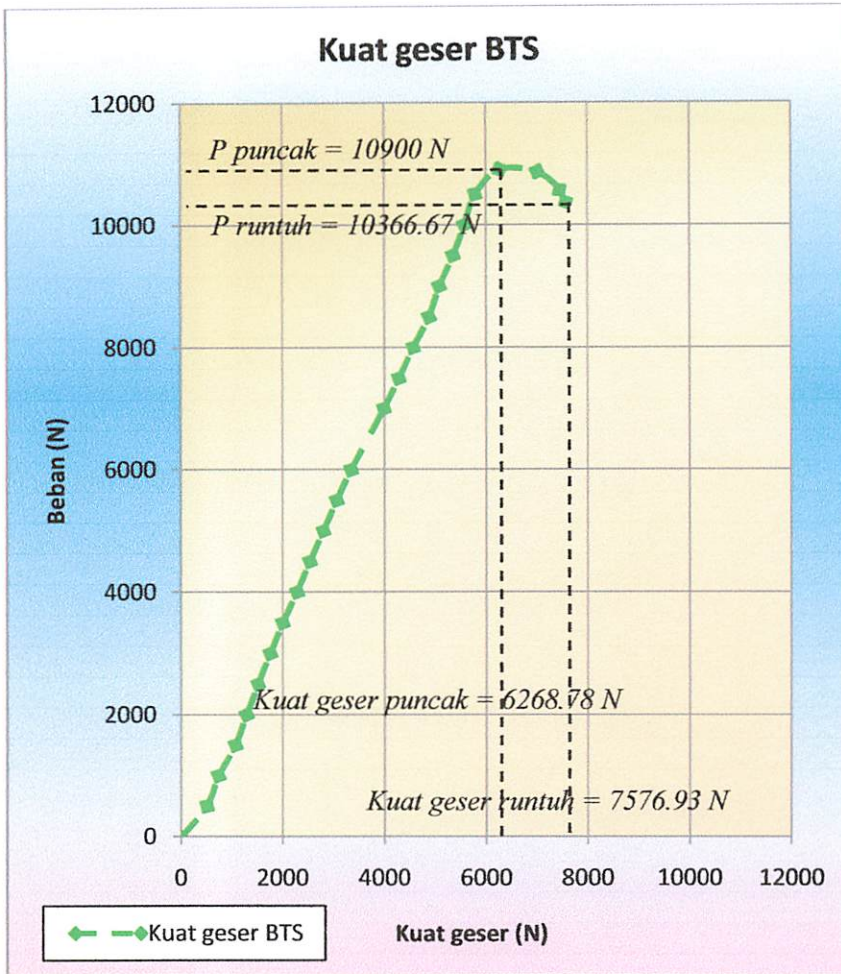
Lendutan yang terjadi pada balok ( Δ ) mm sambungan 1/6 rata-rata

➤ Kolom 8

Kuat Geser ( Vu ) Nmm

$$\begin{aligned} V_u &= \left(\frac{1}{2} \times p\right) + \left(\frac{1}{2} \times q \times l\right) \\ &= \left(\frac{1}{2} \times 286.72\right) + \left(\frac{1}{2} \times 0.36 \times 2000\right) \\ &= 503.36 \text{ N} \end{aligned}$$

Grafik 4.13. hubungan beban – kuat geser balok tanpa sambungan (BTS) rata-rata



Grafik hubungan beban – kuat geser balok beton tanpa sambungan rata-rata yang terlihat pada Grafik 4.13 di atas adalah hasil analisa teoritis yang digambarkan dengan cara menghubungkan angka-angka pada Tabel 4.12 yaitu angka-angka pada kolom 8 untuk arah horisontal (Kuat geser  $N$ ) dan kolom 4 untuk arah vertikal (Beban eksperimen  $N$ ). Dan terlihat pada beban maksimum 10900 N, mengalami kuat geser sebesar 6268.78 N, sedangkan pada beban minimum 10366.67 N, mengalami kuat geser sebesar 7576.93 N.

## 2. Balok Dengan Jarak Sambungan 1/6 Bentang rata-rata

Dalam perhitungan kuat geser eksperimen balok dengan jarak sambungan 1/6 bentang (B-1/6) rata-rata, beban (P) yang dipakai adalah beban eksperimen yang terjadi pada saat pengujian balok dilakukan. Berhubung data yang di dapat dari pengujian adalah besar lendutan dengan beban yang diberikan dilakukan secara manual (*hidrolik*), sehingga cara mengetahui pemberian beban yang sebenarnya terjadi pada saat pengujian ialah sebagai berikut ;

*Misalkan pada beban 500 N :*

➤ Momen yang terjadi pada balok ( $M_a$ )

$$\begin{aligned}M_a &= \left(\frac{1}{8} \times q \times l^2\right) + \left(\frac{1}{4} \times p \times l\right) \\&= \left(\frac{1}{8} \times 0.36 \times 2000^2\right) + \left(\frac{1}{4} \times 500 \times 2000\right) \\&= 430000 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

➤ Modulus elastisitas ( $E_c$ )

$$\begin{aligned}E_c &= 4700 \times \sqrt{f'c} \\&= 4700 \times \sqrt{18.38} \\&= 20149.79 \text{ MPa}\end{aligned}$$

➤ Momen inersia penampang utuh ( $I_g$ )

$$\begin{aligned}I_g &= bh^2/12 \\&= 100 \times 150^2/12 \\&= 28125000 \text{ mm}^4\end{aligned}$$

➤ Momen saat timbul retak pertama kali ( $M_{cr}$ )

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

Dimana :  $f_r = 0.7 \sqrt{f_c'} = 3.001 \text{ Mpa}$

$$I_g = 100 \times 150^3 / 12 = 28125000 \text{ mm}^4$$

$$y_t = \frac{h}{2} = \frac{150}{2} = 75 \text{ mm}$$

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

$$M_{cr} = \frac{3.001 \times 28125000}{75}$$

$$= 1125387.433 \text{ Nmm}$$

➤ Momen inersia efektif ( $I_e$ )

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3\right] I_{cr}$$

Karena terjadi pada beban sebelum retak atau pada penampang masih dalam keadaan utuh, maka menggunakan momen inersia penampang utuh ( $I_g$ ) .

Sehingga besar beban (P) eksperimen dicari dengan rumus lendutan seperti di bawah ini :

$$\Delta = \frac{P(l_n)^3}{48E_c I_e} + \frac{5ql^4}{384E_c I_e}$$

$$0.22 = \frac{P(2000^3)}{48 \times 20149.79 \times 28125000} + \frac{5 \times 0.36 \times (2000^4)}{384 \times 20149.79 \times 2812500}$$

$$P = \frac{0.22 - 0.13234213}{0.000294094}$$

$$P = 286.72 \text{ N}$$

Jadi pada lendutan 0.22 mm terjadi beban sebesar 286.72 N, dengan besar kuat geser ;

$$\begin{aligned} V_u &= \left( \frac{1}{2} \times p + \frac{1}{2} \times q \times l \right) \\ &= \left( \frac{1}{2} \times 286.72 + \frac{1}{2} \times 0.36 \times 2000 \right) \\ &= 503.36 \text{ N} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan selanjutnya, dilampirkan pada *tabel 4.13*.

**Tabel 4.13. Kuat Geser Eksperimen Balok dengan jarak sambungan 1/6 bentang rata-rata**

Beban teoritis ( Kg )	Beban teoritis ( Kg )	Beban eksperimen ( Kg )	Beban eksperimen ( N )	Beban merata (q) ( N/mm )	Panjang (L) (mm)	Lendutan (Δ) rata-rata (mm)	Kuat Geser (N)
1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	0	0	0	2000	0	0
50	500	28.67	286.73	0.36	2000	0.22	503.36
100	1000	74.01	740.10	0.36	2000	0.35	730.05
150	1500	121.61	1216.14	0.36	2000	0.49	968.07
200	2000	146.42	1464.20	0.36	2000	0.71	1092.10
250	2500	170.83	1708.31	0.36	2000	0.91	1214.15
300	3000	242.56	2425.64	0.36	2000	1.46	1572.82
350	3500	303.72	3037.17	0.36	2000	1.99	1878.58
400	4000	363.89	3638.89	0.36	2000	2.53	2179.44
450	4500	402.60	4025.96	0.36	2000	2.92	2372.98
500	5000	463.38	4633.83	0.36	2000	3.44	2676.91
550	5500	508.67	5086.69	0.36	2000	3.84	2903.34
600	6000	557.68	5576.80	0.36	2000	4.26	3148.40
700	7000	656.83	6568.28	0.36	2000	5.09	3644.14
750	7500	714.08	7140.78	0.36	2000	5.55	3930.39
800	8000	752.72	7527.23	0.36	2000	5.85	4123.61
850	8500	826.56	8265.61	0.36	2000	6.44	4492.81



900	9000	866.17	8661.67	0.36	2000	6.76	4690.83
950	9500	921.62	9216.18	0.36	2000	7.20	4968.09
1000	10000	970.61	9706.05	0.36	2000	7.58	5213.03
1050	10500	1075.30	10753.00	0.36	2000	8.38	5736.50
1050	10500	1185.59	11855.92	0.36	2000	9.21	6287.96
1050	10500	1223.69	12236.93	0.36	2000	9.49	6478.46
1050	10500	1253.10	12531.04	0.36	2000	9.71	6625.52
1050	10500	1308.58	13085.84	0.36	2000	10.13	6902.92
1040	10400	1350.70	13506.95	0.36	2000	10.44	7113.48
1010	10100	1418.78	14187.85	0.36	2000	10.93	7453.92
980	9800	1451.61	14516.11	0.36	2000	11.17	7618.05

**Keterangan pengisian kolom pada Tabel 4.13.**

➤ Kolom 1

Beban teoritis (Kg) rata-rata

➤ Kolom 2

Beban teoritis (N) rata-rata

➤ Kolom 3

Beban eksperimen (Kg) rata-rata

$$\Delta = \frac{P(l_n)^3}{48E_c I_e} + \frac{5ql^4}{384E_c I_e}$$

$$0.22 = \frac{P(2000^3)}{48 \times 20149.79 \times 28125000} + \frac{5 \times 0.36 \times (2000^4)}{384 \times 20149.79 \times 28125000}$$

$$P = \frac{0.22 - 0.13234213}{0.00029409}$$

$$P = 286.73 \text{ N} \rightarrow 28.673 \text{ Kg}$$

➤ Kolom 4

Beban eksperimen (N) rata-rata

Seperti terlihat pada kolom 3 di atas

➤ Kolom 5

Beban merata ( q ) N/mm

$$q = b \times h \times \text{Berat jenis beton}$$

$$= 100 \times 150 \times 2400$$

$$= 0.36 \text{ N/mm}$$

➤ Kolom 6

Panjang balok ( L ) mm

➤ Kolom 7

Lendutan yang terjadi pada balok ( Δ ) mm sambungan 1/6 rata-rata

➤ Kolom 8

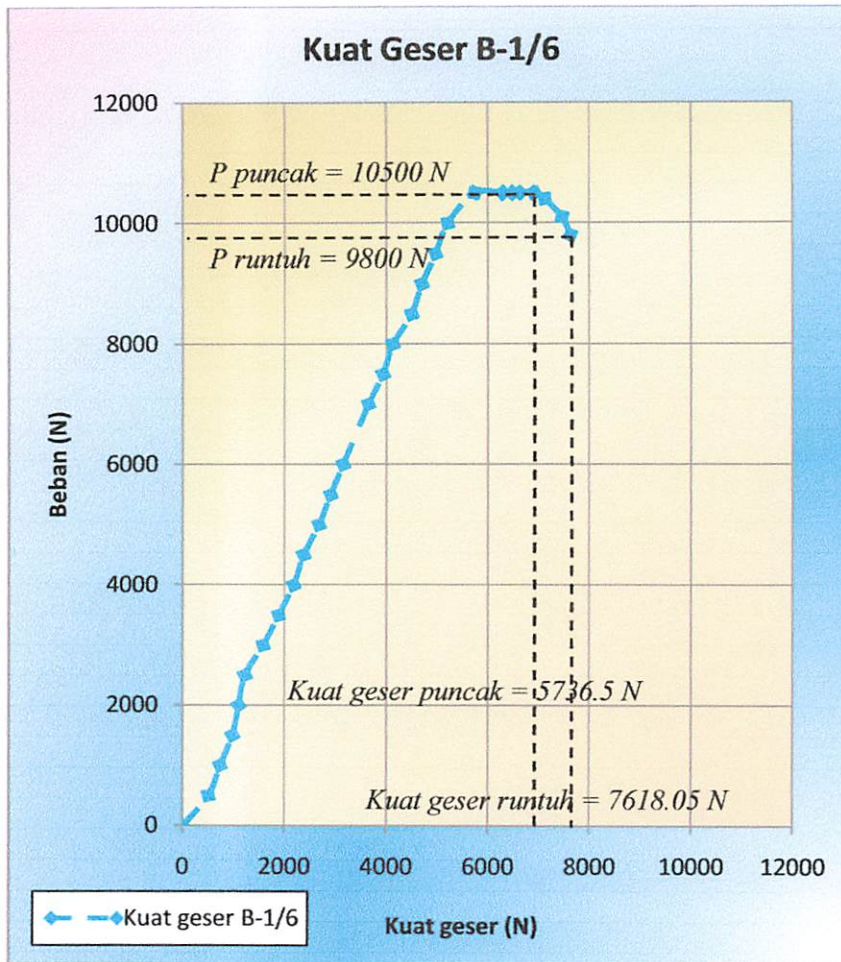
Kuat Geser ( Vu ) Nmm

$$Vu = \left(\frac{1}{2} \times p\right) + \left(\frac{1}{2} \times q \times l\right)$$

$$= \left(\frac{1}{2} \times 286.72\right) + \left(\frac{1}{2} \times 0.36 \times 2000\right)$$

$$= 503.36 \text{ N}$$

Grafik 4.14. Hubungan beban – kuat geser balok dengan jarak sambungan 1/6 rata-rata

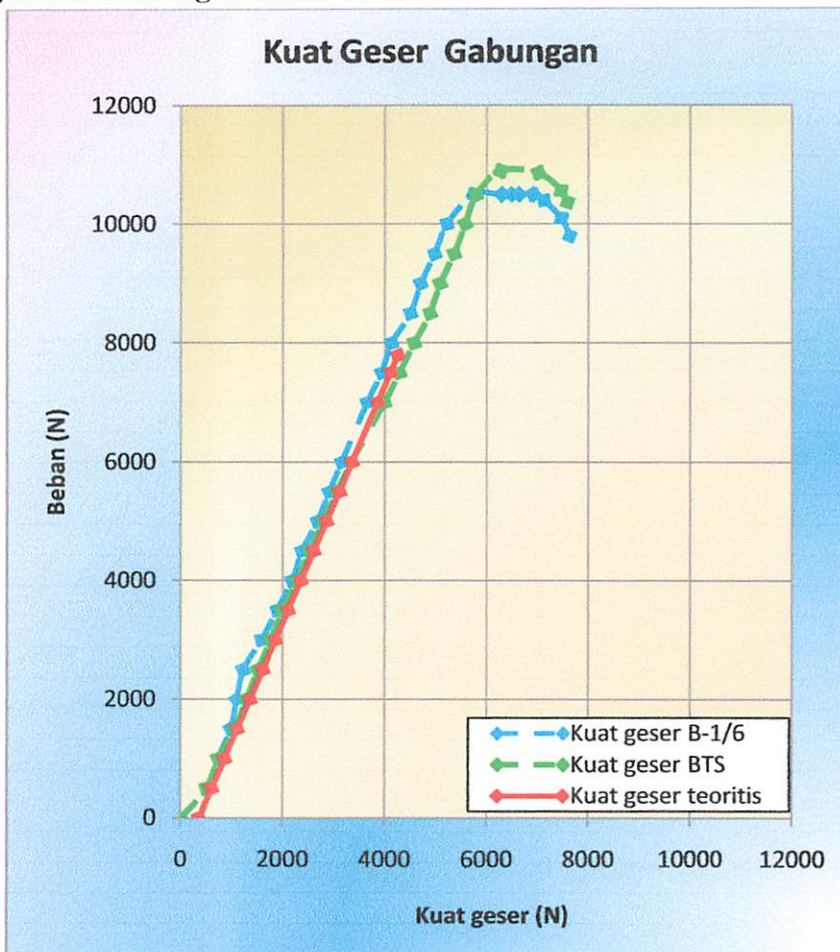


Grafik hubungan beban – Kuat geser balok beton dengan jarak sambungan beton dan tulangan 1/6 bentang rata-rata yang terlihat pada Grafik 4.14 di atas adalah hasil analisa teoritis yang digambarkan dengan cara menghubungkan angka-angka pada Tabel 4.13 yaitu angka-angka pada kolom 8 untuk arah horisontal (Kuat geser  $N$ ) dan kolom 4 untuk arah vertikal (Beban eksperimen  $N$ ). Dan terlihat pada beban maksimum 10500  $N$ , mengalami kuat geser sebesar 5736.50  $N$ , sedangkan pada beban minimum 9800  $N$ , mengalami kuat geser sebesar 7618.05  $N$ .

### 3. Gabungan Kuat Geser Teoritis Dan Eksperimen

Grafik hubungan beban – kuat geser balok tanpa sambungan beton dan tulangan rata-rata, balok dengan jarak sambungan beton dan tulangan 1/6 bentang, dan teoritis yang terlihat pada grafik 4.15 di bawah adalah hasil analisa eksperimen yang digambarkan dengan cara menghubungkan angka-angka pada Tabel 4.12 dan 4.13.

*Grafik 4.15. Hubungan Beban- Kuat Geser teoritis,BTS, dan B-1/6 rata-rata*



Berdasarkan bentuk grafik 4.14 di atas, terlihat ada perbedaan nilai  $P$  (beban) dan Kuat geser pada kurva BTS rata-rata, B-1/6 rata-rata, dan teoritis sehingga rincian perbedaan nilai  $P$  (beban) dan kuat geser dapat diuraikan sebagai berikut :

Grafik hasil analisa eksperimen Balok tanpa sambungan (BTS) rata-rata mempunyai nilai Beban ( $P$ ) maksimum sebesar 10900 N dengan besar kuat geser 6268.78 N. Dan beban runtuhnya sebesar 10366.67 N dengan besar kuat lentur 7576.93 N.

Grafik hasil analisa eksperimen Balok dengan jarak sambungan 1/6 bentang (B-1/6) rata-rata mempunyai nilai Beban ( $P$ ) maksimum sebesar 10500 N dengan besar kuat geser 5736.5 N. Dan beban runtuhnya sebesar 9800 N dengan besar kuat lentur 7618.05 N.

Grafik hasil analisa teoritis mempunyai nilai beban ( $P$ ) maksimum 7889.7 N dengan besar kuat lentur 4074850 N

#### **4. Perbandingan kuat geser BTS dan B-1/6 bentang**

Berdasarkan hasil eksperimen di laboratorium, didapat perbedaan nilai beban maksimum dan kuat geser maksimum pada balok tanpa sambungan (BTS) dengan balok dengan jarak sambungan beton dan tulangan 1/6 bentang (B-1/6). Perbedaannya kami tampilkan dalam bentuk persentase seperti pada tabel 4.14 di bawah ini :

**Tabel 4.14. Perbandingan beban maks-kuat geser maks BTS dan B-1/6 bentang**

<b>Parameter</b>	<b>BTS</b>	<b>B-1/6</b>	<b>Persentase (%)</b>
<b>P maks (N)</b>	10900	10500	<b>3.67</b>
<b>Kuat geser maks (N)</b>	6268.78	5736.5	<b>8.49</b>
<b>P runtuh (N)</b>	10366.67	9800	<b>5.47</b>
<b>Kuat geser runtuh (N)</b>	7576.93	7618.05	<b>-0.54</b>

Persentase perbedaan nilai beban maksimum dan kuat geser maksimum antara balok tanpa sambungan (BTS) dan balok dengan jarak sambungan 1/6 bentang (B-1/6) seperti terlihat pada tabel 4.14 di atas, terlihat persentase  $P_{maks}$  3.67 % dan  $V_{c_{maks}}$  8.49 % sedangkan  $P_{runtuh}$  5.47 % dan  $V_{c_{runtuh}}$  -0.54 %. Jadi dapat disimpulkan bahwa jarak sambungan 1/6 bentang aman dan efektif bila diaplikasikan pada balok tanpa sambungan atau pada pembangunan sebuah konstruksi beton bertulang, khususnya pada balok beton.

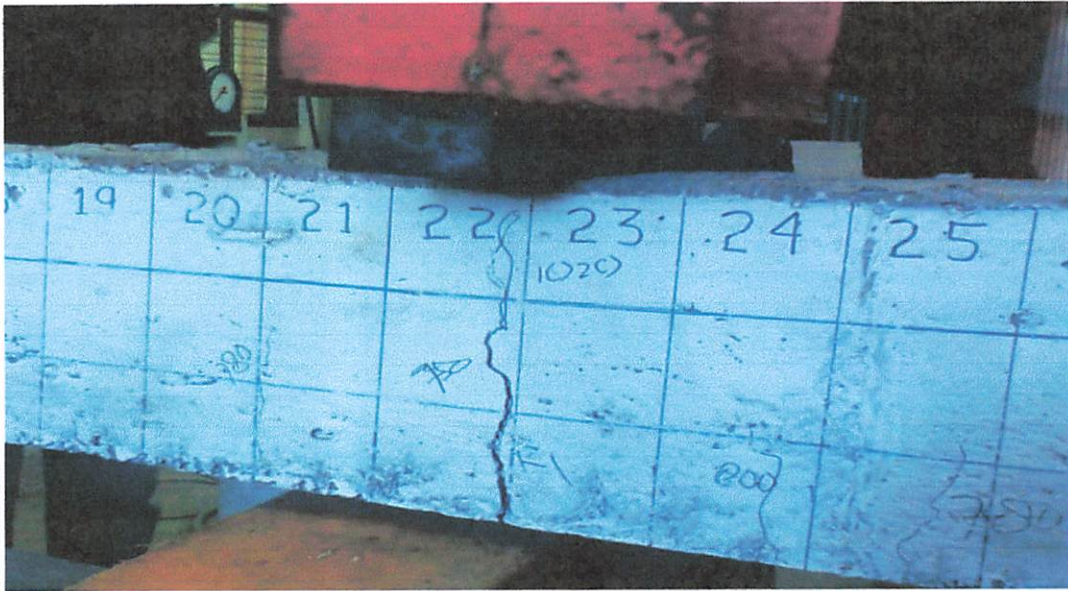
#### **4.4. Mekanisme Perilaku Retak**

##### **1. Balok Tanpa Sambungan (BTS)**

Mekanisme perilaku retak balok BTS-A, diawali dengan retak membelah arah ke atas balok dengan panjang  $\pm 5.2$  cm pada tengah balok di posisi 22 kotak dari tumpuan kiri saat beban mencapai  $P = 200$  Kg. Kemudian lendutan dan jumlah retak bertambah seiring dengan penambahan beban hingga mencapai beban puncak sebesar 1100 Kg. Retak yang terjadi berupa retak lentur dengan lebar retak akhir yang dihasilkan sebesar

3.92 mm yang terdapat pada kotak 22 dari tumpuan kiri, seperti terlihat pada gambar 4.6 di bawah ini.

**Gambar 4.6** Pola retak balok tanpa sambungan (BTS)-A



Mekanisme perilaku retak balok BTS-B, diawali dengan retak membelah arah ke atas balok dengan panjang  $\pm 6.7$  cm pada tengah balok di posisi 23 kotak dari tumpuan kiri saat beban mencapai  $P = 100$  Kg. Kemudian lendutan dan jumlah retak bertambah seiring dengan penambahan beban hingga mencapai beban puncak sebesar 1070 Kg. Retak yang terjadi berupa retak lentur dengan lebar retak akhir yang dihasilkan sebesar 3.25 mm yang terdapat pada kotak 23 dari tumpuan kiri, seperti terlihat pada gambar 4.7 di bawah ini.

**Gambar 4.7** Pola retak balok tanpa sambungan (BTS)-B



Mekanisme perilaku retak balok BTS-C, diawali dengan retak membelah arah ke atas balok dengan panjang  $\pm 4.8$  cm pada tengah balok di posisi 24 kotak dari tumpuan kiri saat beban mencapai  $P = 150$  Kg. Kemudian lendutan dan jumlah retak bertambah seiring dengan penambahan beban hingga mencapai beban puncak sebesar 1150 Kg. Retak yang terjadi berupa retak lentur dengan lebar retak akhir yang dihasilkan sebesar 3.36 mm yang terdapat pada kotak 24 dari tumpuan kiri, seperti terlihat pada gambar 4.8 di bawah ini.



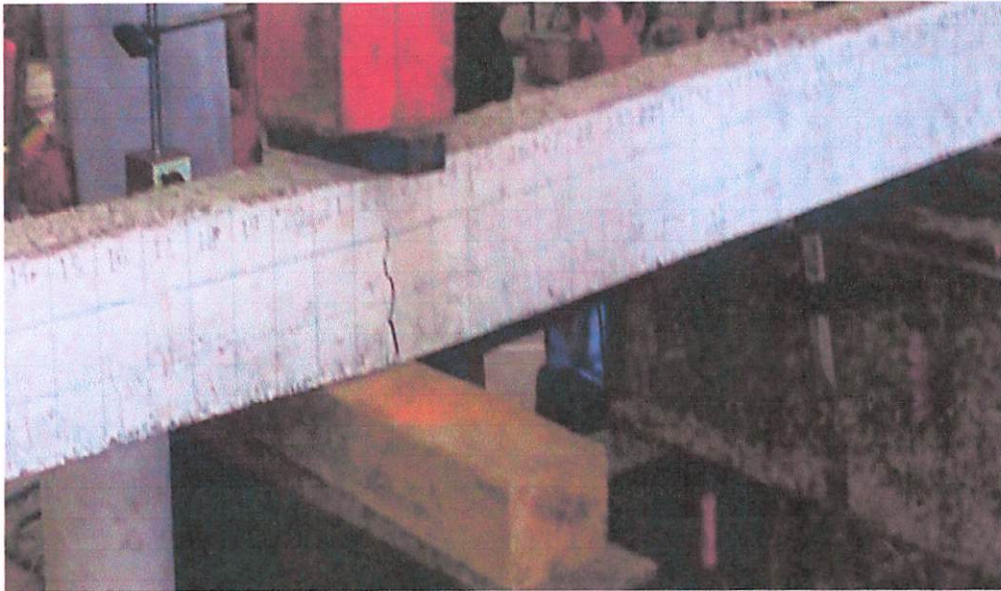
*Gambar 4.8 Pola retak balok tanpa sambungan (BTS)-C*



## **2. Balok Dengan Jarak Sambungan 1/6 Bentang (B-1/6)**

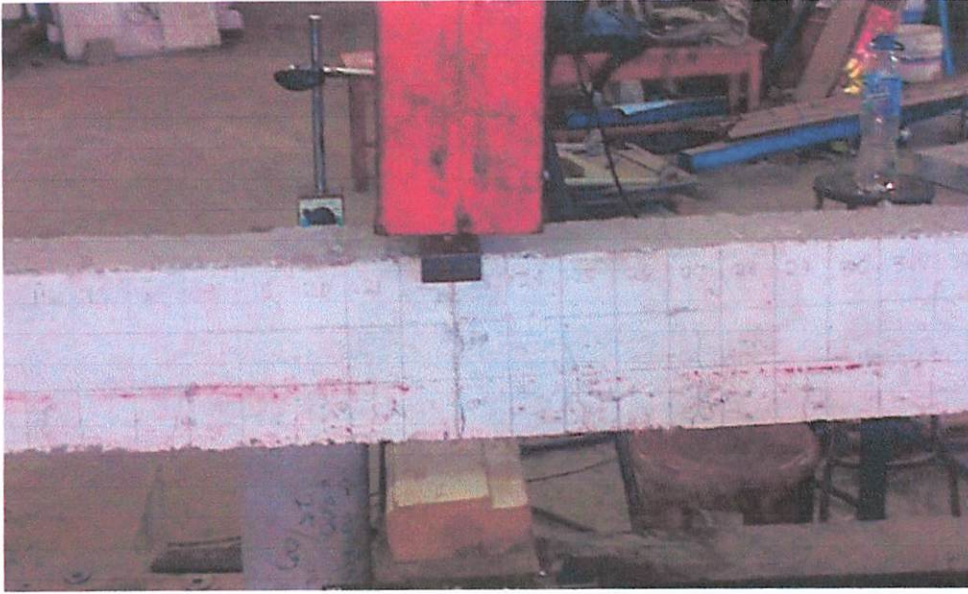
Mekanisme perilaku retak balok B-1/6 A, diawali dengan retak membelah arah ke atas balok dengan panjang  $\pm 4.3$  cm pada tengah balok di posisi 22 kotak dari tumpuan kiri saat beban mencapai  $P = 250$  Kg. Kemudian lendutan dan jumlah retak bertambah seiring dengan penambahan beban hingga mencapai beban puncak sebesar 1090 Kg. Retak yang terjadi berupa retak lentur dengan lebar retak akhir yang dihasilkan sebesar 4.45 mm yang terdapat pada kotak 22 dari tumpuan kiri, seperti terlihat pada gambar 4.9 di bawah ini.

**Gambar 4.9** Pola retak balok dengan jarak sambungan  $1/6$  bentang (B-1/6 A)



Mekanisme perilaku retak balok B-1/6 B, diawali dengan retak membelah arah ke atas balok dengan panjang  $\pm 6.2$  cm pada tengah balok di posisi 22 kotak dari tumpuan kiri saat beban mencapai  $P = 250$  Kg. Kemudian lendutan dan jumlah retak bertambah seiring dengan penambahan beban hingga mencapai beban puncak sebesar 1050 Kg. Retak yang terjadi berupa retak lentur dengan lebar retak akhir yang dihasilkan sebesar 5.41 mm yang terdapat pada kotak 22 dari tumpuan kiri, seperti terlihat pada gambar 4.10 di bawah ini.

*Gambar 4.10 Pola retak balok dengan jarak sambungan 1/6 bentang (B-1/6 B)*



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Hasil penelitian pengaruh sambungan beton dan tulangan longitudinal pada jarak 1/6 bentang (B-1/6) dan balok tanpa sambungan (BTS) terhadap kekuatan balok. Dengan dimensi balok 2000 x 150 x 100 mm dan diameter ( $\phi$ ) tulangan longitudinal 8 mm, diameter ( $\phi$ ) tulangan sengkang 4.5 mm, memberikan beberapa kesimpulan mencakup keterkaitan besaran lendutan, kuat lentur, kuat geser, dan pola retak balok sebagai berikut:

1. Berdasarkan persentase perbandingan nilai lendutan ( $\Delta$ ) rata-rata BTS dan B-1/6 adalah  $\Delta_{maks}$  8.81 % dan  $\Delta_{runtuh}$  -0.36 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa balok dengan jarak sambungan 1/6 bentang tidak berpengaruh terhadap kekuatan balok. Jadi dapat digunakan sebagai jarak sambungan yang aman dan efektif pada balok beton.
2. Berdasarkan persentase perbandingan nilai kuat lentur (M) rata-rata BTS dan B-1/6 adalah  $M_{maks}$  8.74 % dan  $M_{runtuh}$  -0.56 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa balok dengan jarak sambungan 1/6 bentang tidak berpengaruh terhadap kekuatan balok. Jadi dapat digunakan sebagai jarak sambungan yang aman dan efektif pada balok beton.
3. Berdasarkan persentase perbandingan nilai kuat geser ( $V_c$ ) rata-rata BTS dan B-1/6 adalah  $V_{c_{maks}}$  8.49 % dan  $V_{c_{runtuh}}$  -0.54 %. Sehingga dapat disimpulkan

bahwa balok dengan jarak sambungan  $1/6$  bentang tidak berpengaruh terhadap kekuatan balok. Jadi dapat digunakan sebagai jarak sambungan yang aman dan efektif pada balok beton.

4. Perilaku retak akibat sambungan beton dan tulangan  $1/6$  bentang (B- $1/6$ ) rata-rata tidak mengalami perbedaan dengan balok tanpa sambungan (BTS) rata-rata. Retak awal yang terjadi pada beban 2500 N dan posisi retak awal terjadi pada tengah balok atau pada pemberian beban terpusat, jadi dapat dikatakan bahwa B- $1/6$  tidak berpengaruh terhadap perilaku retak, terlebih pada retak awal balok.

## 5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka kami dapat memberikan saran-saran untuk penelitian tingkat lanjut sebagai berikut;

1. Untuk penelitian tingkat lanjut, mengenai pembuatan benda uji yang sangat menentukan ketepatan hasil penelitian, antara lain dari segi kualitas, perawatan, maupun mobilisasi benda uji harus lebih diperhatikan secara detail.
2. Mengenai penggunaan alat pengamatan yang lebih detail menentukan keakuratan hasil penelitian.
3. Penentuan dimensi benda uji baik ukuran balok maupun letak sambungan beton dan tulangan sangat mempengaruhi analisa baik secara teoritis maupun eksperimen.

4. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan variasi diameter tulangan yang jauh lebih banyak misalkan  $\emptyset 10$  , $\emptyset 12$ , $\emptyset 13$ , $\emptyset 16$ , $\emptyset 19$  untuk masing-masing sambungan beton dan tulangan.
5. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan dimensi balok yang berbeda, selain 10/15 dengan panjang 2 meter seperti dalam penelitian ini. Misalkan balok 20/30, 20/40 dan lain-lain dengan variasi panjang bentang.



## DAFTAR PUSTAKA

- ACI Commite 318, 2005, **Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary (ACI 318-05)**, New York : American Concrete Institute.
- Badan Standardisasi Nasional, 2002, **Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung SNI 03-1726-2002**, Bandung.
- Imran, I.,Kamaludin dan Hanifah, 1999, **Perilaku Sambungan Antar Elemen Beton**
- Ngawi G. Edward, 1998, **Beton Bertulang (Suatu Pendekatan Dasar)** , PT. Refika Aditama, Bandung.
- Nurchahyo A.,2003, **Penelitian Tentang Pengaruh Bahan Tambahan (Bond Crete) Terhadap Elemen Lentur (Balok) Antara Beton Lama Dan Beton Baru Dengan Sambungan Miring**, ITN Malang.
- Purwono R., Tawio, Imran I., Raka I. G. P., 2007, **Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung SNI 03-2847-2002** **dolenkapi Penjelasan (S-2002)**, ITS Surabaya.
- Setiawan B., 2006, **Tinjauan Kekuatan Dan Analisis Teoritis Model Sambungan Untuk Momen Dan Geser Pada Balok Beton Bertulang**, Ums Surakarta.



# LAMPIRAN





**LABORATORIUM STRUKTUR DAN JALAN RAYA  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Lamp. Lap. No :  
Pekerjaan :  
Dihitung :  
Dikerjakan :  
Tanggal :

### BERAT ISI AGREGAT KASAR

LEPAS / GEMBUR			I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)		20620	20860	20870
B.	Berat tempat (gr)		7910	7910	7910
C.	Berat benda uji (gr)		12710	12950	12960
D.	Isi tempat (cm <sup>3</sup> )		10000	10000	10000
E.	Berat isi benda uji (gr/cm <sup>3</sup> )		1.271	1.295	1.296
F.	Berat isi benda uji rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )		1.287		

PADAT			I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)		21960	22020	21810
B.	Berat tempat (gr)		7910	7910	7910
C.	Berat benda uji (gr)		14050	14110	13900
D.	Isi tempat (cm <sup>3</sup> )		10000	10000	10000
E.	Berat isi benda uji (gr/cm <sup>3</sup> )		1.405	1.411	1.39
F.	Berat isi benda uji rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )		1.402		





**LABORATORIUM STRUKTUR DAN JALAN RAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Lamp. Lap. No :

Pekerjaan :

Dihitung :

Dikerjakan :

Tanggal :

## BERAT ISI AGREGAT HALUS

LEPAS / GEMBUR		I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)	7650	7650	7650
B.	Berat tempat (gr)	3570	3570	3570
C.	Berat benda uji (gr)	4080	4080	4080
D.	Isi tempat (cm <sup>3</sup> )	3000	3000	3000
E.	Berat isi benda uji (gr/cm <sup>3</sup> )	1.36	1.36	1.36
F.	Berat isi benda uji rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )	1.36		

PADAT		I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)	7850	7800	7660
B.	Berat tempat (gr)	3570	3570	3570
C.	Berat benda uji (gr)	4280	4230	4290
D.	Isi tempat (cm <sup>3</sup> )	3000	3000	3000
E.	Berat isi benda uji (gr/cm <sup>3</sup> )	1.43	1.41	1.43
F.	Berat isi benda uji rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )	1.42		



**LABORATORIUM STRUKTUR DAN JALAN RAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Lamp. Lap. No :  
Pekerjaan :

Dihitung :  
Dikerjakan :  
Tanggal :

### BERAT ISI SEMEN

LEPAS / GEMBUR		I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)	7010	7010	6930
B.	Berat tempat (gr)	3560	3560	3560
C.	Berat benda uji (gr)	3450	3450	3370
D.	Isi tempat (cm <sup>3</sup> )	3000	3000	3000
E.	Berat isi benda uji (gr/cm <sup>3</sup> )	1.15	1.15	1.123
F.	Berat isi benda uji rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )	1.14		

PADAT		I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)	7330	7310	7320
B.	Berat tempat (gr)	3560	3560	3560
C.	Berat benda uji (gr)	3830	3750	3760
D.	Isi tempat (cm <sup>3</sup> )	3000	3000	3000
E.	Berat isi benda uji (gr/cm <sup>3</sup> )	1.276	1.25	1.253
F.	Berat isi benda uji rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )	1.26		





**LABORATORIUM STRUKTUR DAN JALAN RAYA  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

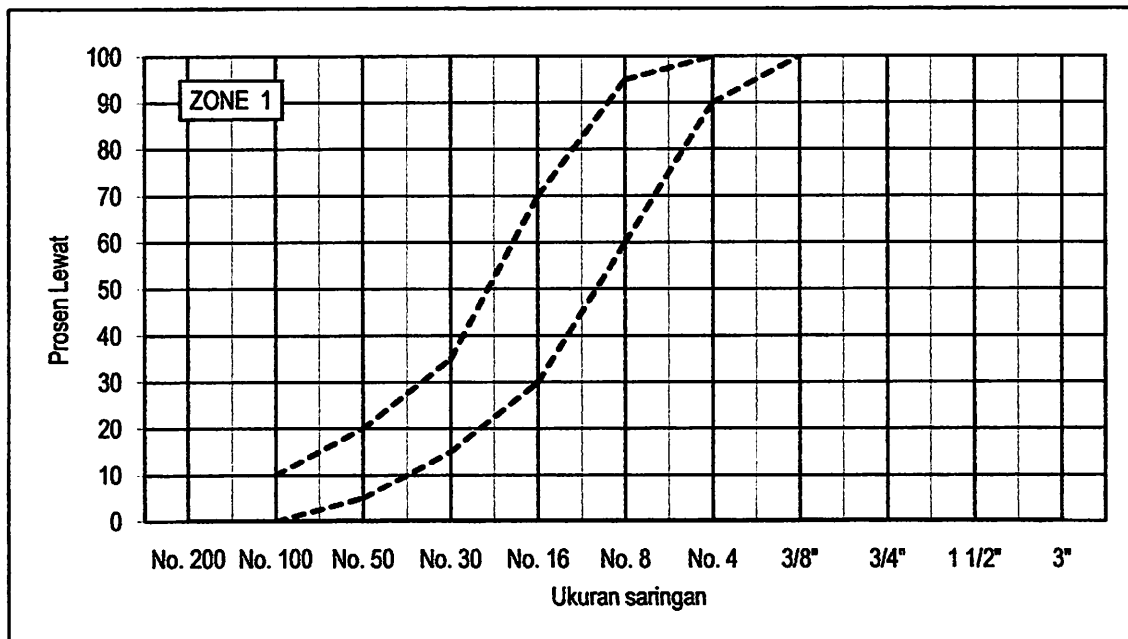
Lamp. Surat / Lap. No :  
Pekerjaan :

Dihitung :  
Dikerjakan :  
Tanggal :

## ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS

Berat contoh kering : gr

Ukuran saringan	Berat tertahan	Prosen tertahan	Kumulatif	
			tertahan	lewat
76.2 mm (3")	-			
38.1 mm (1 1/2")	-			
19.1 mm (3/4")	-			
9.6 mm (3/8")	464.90			
4.75 mm (No. 4)	1250.40			
2.36 mm (No. 8)	3030.90			
1.18 mm (No. 16)	3644.60			
0.6 mm (No. 30)	2957.10			
0.3 mm (No. 50)	2880.10			
0.15 mm (No. 100)	1146.50			
0.075 mm (No. 200)	147.30			
pan	13.30			







**LABORATORIUM STRUKTUR DAN JALAN RAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Lamp. Surat / Lap. N :  
Pekerjaan :

Dihitung :  
Dikerjakan :  
Tanggal :

### KADAR AIR AGREGAT KASAR

		ASLI		SSD	
	Nomor test	2A	3A	Merah	Biru
A.	Berat tempat (gr)	2540	2500	251.9	289.3
B.	Berat tempat + contoh (gr)	20290	20440	5000	4650
C.	Berat tempat + contoh kering oven (gr)	19350	19620	4860	4490
D.	Kadar air = $\frac{B - C}{C - A} \times 100\%$ (%)	5.59	4.79	3.04	3.81
E.	Kadar air rata-rata (%)	5.19		3.42	

### KADAR AIR AGREGAT HALUS

		ASLI		SSD	
	Nomor test	KI	M	KB	KC
A.	Berat tempat (gr)	2530	2370	205	165.6
B.	Berat tempat + contoh (gr)	19450	19240	1149.4	1100.6
C.	Berat tempat + contoh kering oven (gr)	18290	18170	1091.3	1044.1
D.	Kadar air = $\frac{B - C}{C - A} \times 100\%$ (%)	7.36	6.77	6.56	6.43
E.	Kadar air rata-rata (%)	7.07		6.49	



**LABORATORIUM STRUKTUR DAN JALAN RAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Lamp.Lap. No :  
Pekerjaan :

Dihitung :  
Dikerjakan :  
Tanggal :

### BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT KASAR

		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	B <sub>k</sub>	4850	4860	4855
Berat contoh kering permukaan jenuh	B <sub>j</sub>	5000.1	5000.2	5000.15
Berat contoh di dalam air	B <sub>a</sub>	3059.3	3041.7	3050.5
Berat Jenis (bulk)	$\frac{B_k}{B_j - B_a}$	2.50	2.48	2.49
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{B_j}{B_j - B_a}$	2.58	2.55	2.56
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{B_k}{B_k - B_a}$	2.71	2.67	2.69
Penyerapan (absorpsi)	$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$	3.09	2.88	2.99





**LABORATORIUM STRUKTUR DAN JALAN RAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Lamp. Lap. No :  
Pekerjaan :

Dihitung :  
Dikerjakan :  
Tanggal :

## BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT HALUS

		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	Bk	461.1	465.1	463.1
Berat contoh kering permukaan jenuh	Bj	500	500	500
Berat piknometer diisi air pada 25°C	B	677.4	666.9	672.15
Berat piknometer + contoh + air (25°C)	Bt	973.1	964.5	968.8
Berat Jenis (bulk)	$\frac{Bk}{(B + B_j - B_t)}$	2.257	2.298	2.28
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{B_j}{(B + B_j - B_t)}$	2.447	2.470	2.46
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{Bk}{(B + B_k - B_t)}$	2.788	2.777	2.78
Penyerapan (absorpsi)	$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$	8.436	7.504	7.97







**LABORATORIUM STRUKTUR DAN JALAN RAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Lamp. Surat No. : Tanggal penerimaan :  
Sumber contoh : Tanggal pengerjaan :  
Jenis Contoh : Tanggal selesai :  
Dikerjakan oleh : Diperiksa oleh :

**PENGUJIAN KEAUSAN AGREGAT**  
**dengan Mesin Abrasi Los Angeles ( 500 Putaran)**

AASHTO T 96 - 77

Gradasi pemeriksaan		B (fraksi 10 - 20 mm)			
Saringan		I		II	
Lolos	tertahan	Berat sebelum	Berat sesudah	Berat sebelum	Berat sesudah
76.20 mm (3")	63.50 mm (2,5")				
63.50 mm (2,5")	50.80 mm (2")				
50.80 mm (2")	37.50 mm (1,5")				
37.50 mm (1,5")	25.40 mm (1")				
25.40 mm (1")	19.00 mm (3/4")				
19.00 mm (3/4")	12.50 mm (1/2")		2500		
12.50 mm (1/2")	9.50 mm (3/8")		2500		
9.50 mm (3/8")	6.30 mm (1/4")				
6.30 mm (1/4")	4.75 mm (No. 4)				
4.75 mm (No. 4)	2.38 mm (No. 8)				
Berat tertahan saringan no 12					
Jumlah berat					

		I	II	
a	Berat benda uji semula	5000		gram
b	Berat benda uji tertahan saringan No.12 (& No.4)	4102.6		gram
	Keausan : $\frac{a-b}{a} \times 100 \%$	17.95		%

**LAMPIRAN L2.1**  
**PERANCANGAN CAMPURAN BETON**

No	Uraian	Tabel, Perhitungan, Peraturan	Nilai
1	Kuat tekan yang disyaratkan	Ditetapkan	20 MPa pada umur 28 hari
2	Standar Deviasi	Ditetapkan	1,03 N/mm <sup>2</sup>
3	Nilai tambah (margin)		$k = 1,34 \times 1,03 = 1,38 \text{ N/mm}^2$
4	Kekuatan tekan rata-rata yang ditargetkan	SNI Ps.7.3.2.1 (Prs.1)	$f_{cr} = f_c + 1,34 \times s$
		SNI Ps.7.3.2.1 (Prs.2)	$f_{cr} = 20 + 1,34 \times 1,03 = 21,38 \text{ N/mm}^2$
			$f_{cr} = f_c + 2,33 \times s - 3,5$
			$f_{cr} = 20 + 2,33 \times 1,03 - 3,5 = 18,89 \text{ N/mm}^2$
5	Kekuatan tekan rata-rata yang dipakai	SNI Ps.7.3.2.1 (Prs.1)	21,38 N/mm <sup>2</sup>
6	Jenis semen	Ditetapkan	Semen Gresik
7	Jenis Agregat kasar	Ditetapkan	Batu Pecah (ukuran maksimum = 20mm)
8	Jenis Agregat halus	Ditetapkan	Pasir Lumajang
9	Faktor Air semen	SNI DT-91-0008-2007	0,58
10	Nilai slump	MCP 211.1-91 Tabel A1.5.3.1	80 mm
11	Ukuran agregat maksimum	MCP 211.1-91 Tabel A1 5.3.3	25 mm
12	Kadar air bebas	MCP 211.1-91 Tabel A1 5.3.3	193 kg/m <sup>3</sup>
13	Kadar udara bebas	MCP 211.1-91 Tabel A1 5.3.3	1,5% per-m <sup>3</sup>
14	Jumlah semen	(12) / (9) MCP pasal 6.3.5 step 5	$193/0,58 = 332,8 \text{ kg/m}^3$
15	Berat jenis semen	Pengujian Lab. Beton ITN	3150 kg/m <sup>3</sup>
16	Berat jenis agregat halus	Pengujian Lab. Beton ITN	2617 kg/m <sup>3</sup>
17	Berat jenis agregat kasar	Pengujian Lab. Beton ITN	2490 kg/m <sup>3</sup>
18	Berat Volume Agregat Kasar	Pengujian Lab. Beton ITN	1402 kg/m <sup>3</sup>
19	Jumlah presentasi agregat kasar	MCP 211.1-91 Tabel A1 5.3.6	Didapat 0,68 atau 68%
20	Berat Jenis Beton	MCP 211.1-91 Tabel A1 5.3.7.1	2380 kg/m <sup>3</sup>
21	Jumlah Agregat Kasar	(19) x (18)	$0,68 \times 1402 = 953,4 \text{ kg}$
<b>Sehingga didapat :</b>			
22	Air	(12)	193 kg
23	Semen	(14)	332,8 kg
24	Agregat Kasar	(21)	953,4 kg
25	Total	(22) + (23) + (24)	1479,2 kg
26	Agregat Halus	(20) - (25)	$2380 - 1479,2 = 900,8 \text{ kg}$
<b>Volume padat mutlak dengan jumlah Air, Semen dan Agregat Kasar :</b>			
27	Volume Air	(12) / 1000	$193/1000 = 0,193 \text{ m}^3$
28	Volume Semen	(23) / (15)	$332,8/3150 = 0,105 \text{ m}^3$
29	Volume Agregat Kasar	(21) / (17)	$953,4/2490 = 0,382 \text{ m}^3$
30	Volume Udara	(13)	$1,5\% \times 1 = 0,015 \text{ m}^3$
31	Total Volume padat	(27) + (28) + (29) + (30)	0,695 m <sup>3</sup>
32	Volume padat dari pasir	1 - (31)	$1 - 0,695 = 0,305 \text{ m}^3$
33	Berat Agregat halus gradient	(32) x (16)	$0,305 \times 2617 = 798,2 \text{ kg}$

**Maka didapat Campuran Beton :**

	Agregat	Berdasarkan Massa beton	Berdasarkan Gradient
34	Air	193 kg/m <sup>3</sup>	193 kg/m <sup>3</sup>
35	Semen	332,8 kg/m <sup>3</sup>	332,8 kg/m <sup>3</sup>
36	Agregat Kasar	953,4 kg/m <sup>3</sup>	953,4 kg/m <sup>3</sup>
37	Agregat Halus	900,8 kg/m <sup>3</sup>	798,2 kg/m <sup>3</sup>

**Referensi**

- 1 SNI 03-2847-2002 dan S-2002 dan SNI DT-91-0008-2007
- 2 ACI - MCP 211.1-91 - 2005

**Pengujian kuat tekan beton tahap 1 (satu)**

No	Kode	Berat	Tinggi	Diameter	Luas silinder	Beban Max	Kuat tekan	
	silinder	(Kg)	(mm)	(mm)	(mm <sup>2</sup> )	(N)	(Mpa)	
1	Polos 1	12.33	300	150	17678.571	350000	19.80	
2	Polos 2	12.06	300	150	17678.571	320000	18.10	
3	Polos 3	12.66	300	150	17678.571	305000	17.25	
<b>Rara-rata</b>		<b>37.05</b>	<b>Rata-rata</b>				<b>18.38</b>	
4	1 per 2	12.33	300	150	17678.571	315000	17.82	
5	1 per 2	12.33	300	150	17678.571	360000	20.36	
6	1 per 2	12.15	300	150	17678.571	305000	17.25	
							18.47	
7	1 per 3	11.67	300	150	17678.571	310000	17.54	
8	1 per 3	11.61	300	150	17678.571	355000	20.08	
9	1 per 3	12.52	300	150	17678.571	305000	17.25	
							18.29	
10	1 per 4	12.41	300	150	17678.571	360000	20.36	
11	1 per 4	12.20	300	150	17678.571	315000	17.82	
12	1 per 4	12.25	300	150	17678.571	315000	17.82	
							18.67	
13	1 per 5	11.95	300	150	17678.571	320000	18.10	
14	1 per 5	12.42	300	150	17678.571	325000	18.38	
15	1 per 5	12.36	300	150	17678.571	320000	18.10	
							18.19	
16	1 per 6	12.74	300	150	17678.571	325000	18.38	
17	1 per 6	12.43	300	150	17678.571	360000	20.36	
18	1 per 6	12.28	300	150	17678.571	295000	16.69	
<b>Rara-rata</b>		<b>37.45</b>	<b>Rata-rata</b>				<b>18.47</b>	

**Pengujian kuat tekan beton tahap2 (dua)**

No	Kode	Berat	Tinggi	Diameter	Luas silinder	Beban Max	Kuat tekan	
	silinder	(Kg)	(mm)	(mm)	(mm <sup>2</sup> )	(N)	(Mpa)	
1	1 per 2	12.17	300	150	17678.571	325000	18.38	
2	1 per 2	12.07	300	150	17678.571	315000	17.82	
							18.10	
3	1 per 3	12.14	300	150	17678.571	315000	17.82	
4	1 per 3	12.14	300	150	17678.571	330000	18.67	
							18.24	
5	1 per 4	11.99	300	150	17678.571	330000	18.67	
6	1 per 4	12.82	300	150	17678.571	320000	18.10	
							18.39	
7	1 per 5	11.97	300	150	17678.571	325000	18.38	
8	1 per 5	12.43	300	150	17678.571	320000	18.10	
							18.24	
9	1 per 6	11.98	300	150	17678.571	325000	18.38	
10	1 per 6	12.14	300	150	17678.571	330000	18.67	
<b>Rata-rata</b>		<b>24.12</b>	<b>Rata-rata</b>				<b>18.53</b>	

Pengujian kuat tekan beton tahap 1 (satu)							
No	Kode	Berat	Tinggi	Diameter	Luas silinder	Beban Max	Kuat tekan
	silinder	(Kg)	(mm)	(mm)	(mm <sup>2</sup> )	(N)	(Mpa)
1	Polos 1	12.33	300	150	17678.571	350000	19.7979803
2	Polos 2	12.06	300	150	17678.571	320000	18.1010105
3	Polos 3	12.66	300	150	17678.571	305000	17.2525257
<b>Rara-rata</b>		<b>37.05</b>	<b>Rata-rata</b>				<b>18.38</b>

4	1 per 6	12.74	300	150	17678.571	325000	18.38
5	1 per 6	12.43	300	150	17678.571	360000	20.36
6	1 per 6	12.28	300	150	17678.571	295000	16.69
<b>Rara-rata</b>		<b>37.45</b>	<b>Rata-rata</b>				<b>18.47</b>

Pengujian kuat tekan beton tahap 2 (dua)							
7	1 per 6	11.98	300	150	17678.571	325000	18.38
8	1 per 6	12.14	300	150	17678.571	330000	18.67
<b>Rata-rata</b>		<b>24.12</b>	<b>Rata-rata</b>				<b>18.53</b>
<b>Rata-rata berat</b>		<b>32.87333</b>					





INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI JURUSAN TEKNIK MESIN  
**LABORATORIUM PENGUJIAN MATERIAL**  
Jl. Raya Karanglo Km. 2 Telp. (0341) 417636 Ext. 511 Malang

### TEST REPORT

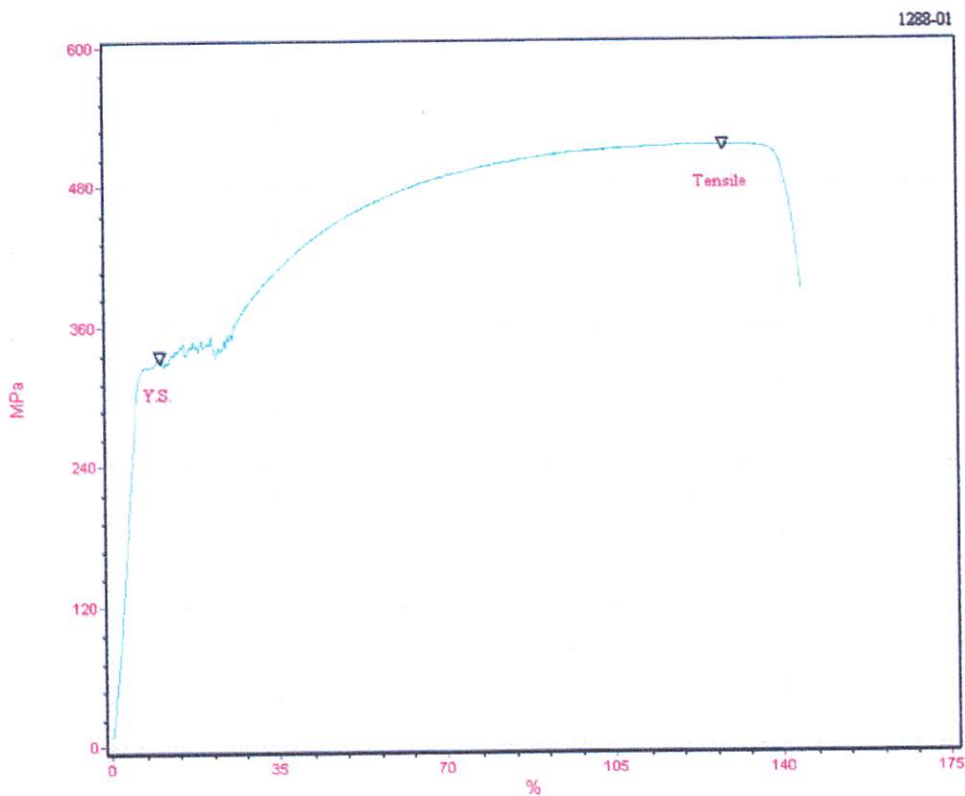
Test No : 1288

Standard : ASTM A370

Test Description : Tensile

Test Date : 11/12/2012

NO.	SPECIMEN	Area mm <sup>2</sup>	Max. Force Newton	Yield Strength M.Pa	Tensile Strength M.Pa	Elongation %
1	Besi Polos 8 (A)	50.27	25891.60	334.950	515.097	144.000



Kepala Laboratorium :



**I Komang Astana Widi, ST.MT**

NIP Y. 1030400405



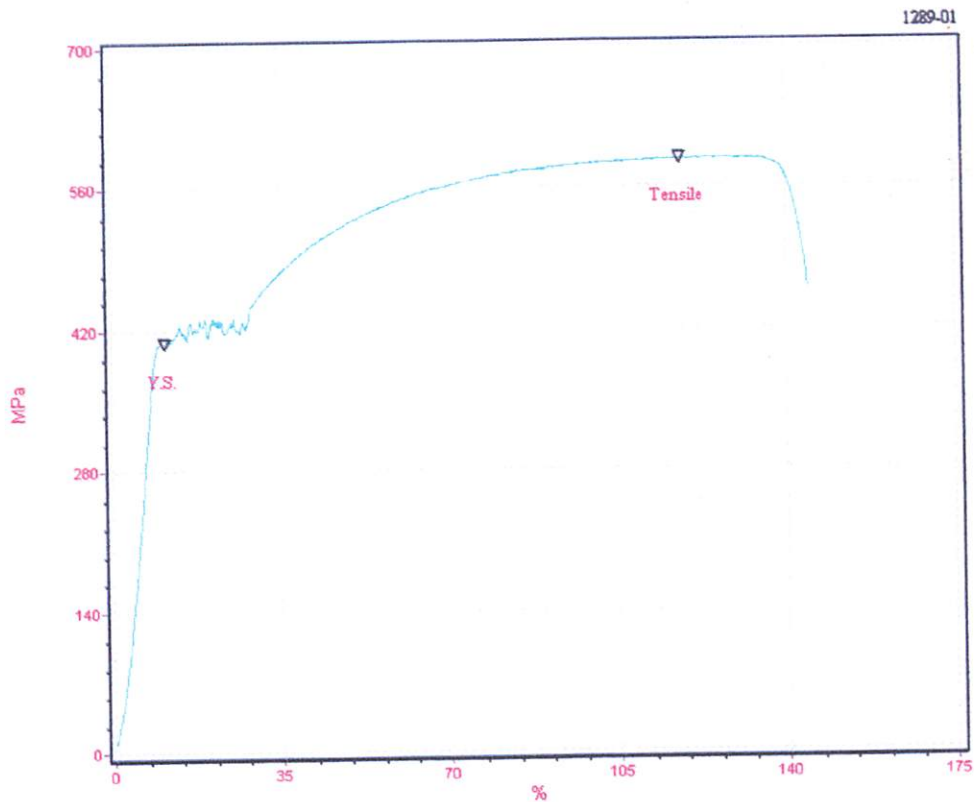


INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI JURUSAN TEKNIK MESIN  
**LABORATORIUM PENGUJIAN MATERIAL**  
Jl. Raya Karanglo Km. 2 Telp. (0341) 417636 Ext. 511 Malang

### TEST REPORT

Test No : 1289      Standard : ASTM A370      Test Description : Tensile      Test Date : 11/12/2012

NO.	SPECIMEN	Area mm <sup>2</sup>	Max. Force Newton	Yield Strength M.Pa	Tensile Strength M.Pa	Elongation %
1	Besi Polos 8 (B)	50.27	29591.10	408.256	588.696	144.533



Kepala Laboratorium :

**I Komang Astana Widi, ST, MT**  
NIP Y. 1030400405



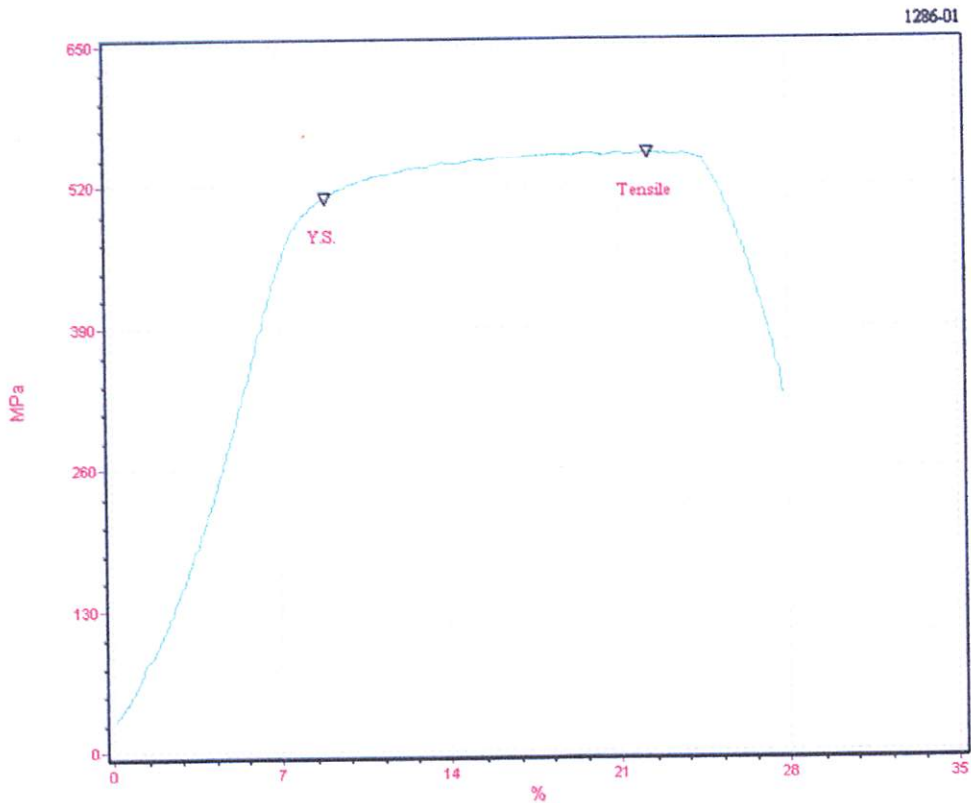


INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI JURUSAN TEKNIK MESIN  
**LABORATORIUM PENGUJIAN MATERIAL**  
Jl. Raya Karanglo Km. 2 Telp. (0341) 417636 Ext. 511 Malang

### TEST REPORT

Test No : 1286      Standard : ASTM A370      Test Description : Tensile      Test Date : 11/12/2012

NO.	SPECIMEN	Area mm <sup>2</sup>	Max. Force Newton	Yield Strength M.Pa	Tensile Strength M.Pa	Elongation %
1	Besi Polos 4 (A)	15.90	8761.20	510.509	550.870	27.733



Kepala Laboratorium :



**I Komang Astana Widi, ST, MT**

NIP Y. 1030400405

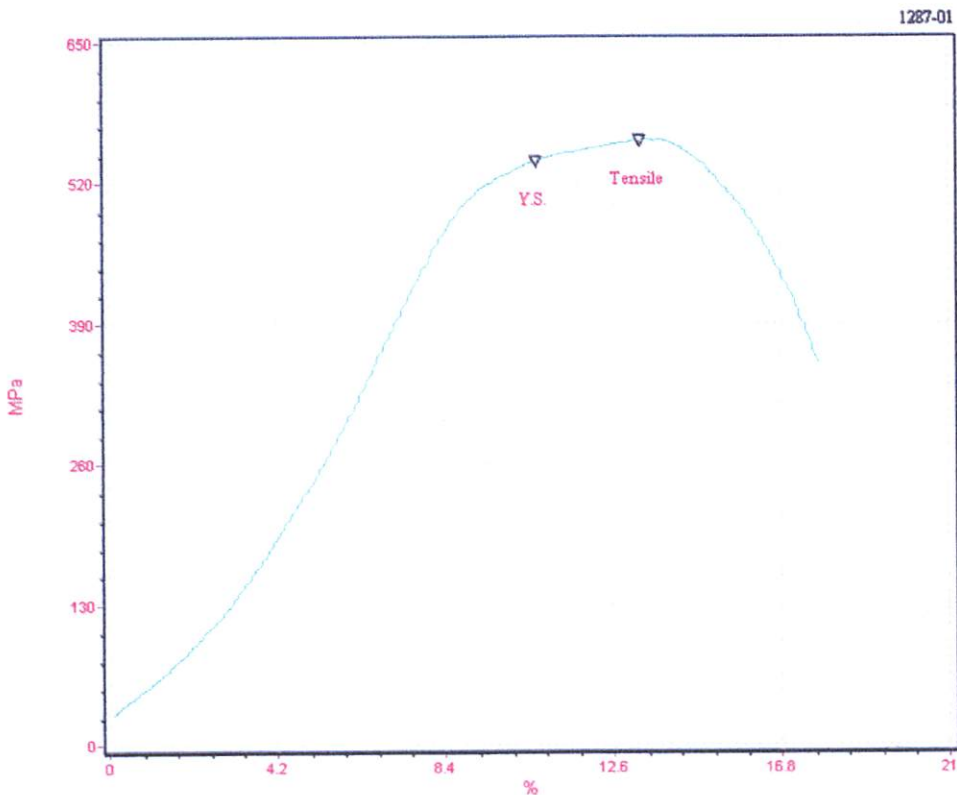




### TEST REPORT

Test No : 1287      Standard : ASTM A370      Test Description : Tensile      Test Date : 12/11/2012

NO.	SPECIMEN	Area mm <sup>2</sup>	Max. Force Newton	Yield Strength M.Pa	Tensile Strength M.Pa	Elongation %
1	Besi Polos 4 (B)	15.90	8903.30	540.394	559.804	17.689



Kepala Laboratorium :

**I Komang Astana Widi, ST, MT**  
NIP Y. 1030400405



*Persiapan bahan campuran beton*



*Pengerjaan bekisting balok*



*Pengerjaan Tulangan*



*Pengecoran tahap 1*



*Pengecoran tahap 2*



*Pengujian kuat tekan silinder*



*Pengujian kuat lentur balok*



Concrete mixer



Alat uji tekan silinder



Hidrolik uji lentur balok



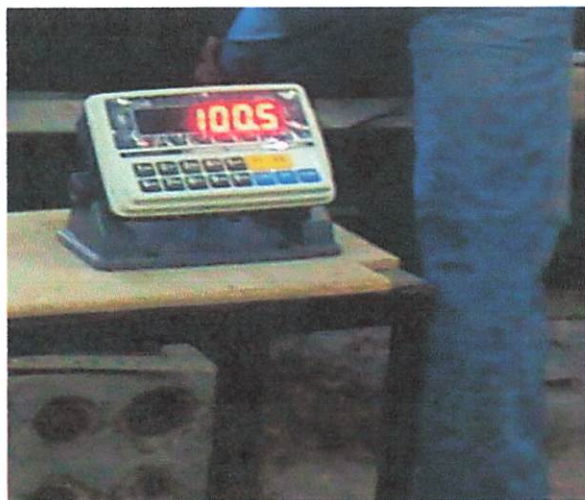
Hidrolik proving ring



Dial (LVDT)



MVD amplifier





**JURUSAN TEKNIK SIPIL S-1**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

---

**LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI**

**Pengaruh Sambungan Beton Dan Tulangan Longitudinal Pada Jarak  
Seperenam Bentang Terhadap Kekuatan Balok**

**NAMA** : M. Vianey M. Putra  
**NIM** : 07.21.007  
**JURUSAN** : TEKNIK SIPIL S-1  
**DOSEN PEMBIMBING** : Ir. A. Agus Santosa, MT

No.	Tanggal	Keterangan	Paraf
1	11/3 - '13	Betulkan perh. M alihut beban P x 2.	
2	21/3 - '13	— " —	
3	4/4 - '13	- Perbaiki perh. P x jaya geser dan M.	
4	12/4 - '13	- sd skr. pembahasan teoritis & eksperimen. lanjutkan	



JURUSAN TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

Pengaruh Sambungan Beton Dan Tulangan Longitudinal Pada Jarak  
Seperenam Bentang Terhadap Kekuatan Balok

NAMA : M. Vianey M. Putra  
NIM : 07.21.007  
JURUSAN : TEKNIK SIPIL S-1  
DOSEN PEMBIMBING : Ir. A. Agus Santosa, MT

No.	Tanggal	Keterangan	Paraf
5	22/5 - 13	- faktor reduksi. Kekuatan & faktor beban tidak perlu dimasukkkan.	
6	28/5 - 13	- Lanjutkan kesimpulan dan saran.	
7	11/6 - 13	- Perbaiki kesimpulan.	
8	24/7 - 13	- Perbaiki ketikan yg salah pd kesimpulan. Ayo. bisa seminar baik	



**JURUSAN TEKNIK SIPIL S-1**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

---

**LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI**

**Pengaruh Sambungan Beton Dan Tulangan Longitudinal Pada Jarak  
Seperenam Bentang Terhadap Kekuatan Balok**

**NAMA** : M. Vianey M. Putra

**NIM** : 07.21.007

**JURUSAN** : TEKNIK SIPIL S-1

**DOSEN PEMBIMBING** : Ir. Ester Priskasari, MT

No.	Tanggal	Keterangan	Paraf
		Belahan perlubangan betonis - seruan dengan fe'	
		lul batas ter gangguan untuk plastis	
		pembahasannya juga menanam pilkan def dan Meg	





**JURUSAN TEKNIK SIPIL S-1**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

**Pengaruh Sambungan Beton Dan Tulangan Longitudinal Pada Jarak  
Seperenam Bentang Terhadap Kekuatan Balok**

**NAMA** : M. Vianey M. Putra  
**NIM** : 07.21.007  
**JURUSAN** : TEKNIK SIPIL S-1  
**DOSEN PEMBIMBING** : Ir. Ester Priskasari, MT

No.	Tanggal	Keterangan	Paraf
		<p>lanjutan ke i mpulaa u pembacaan hasil dan teoritis acc maju seminar hasil</p>	



**FORM REVISI / PERBAIKAN**

**BIDANG**           PENELITIAN          

Nama :           M. VIANEY M. PUTRA          

NIM :           07. 21. 007          

Hari / tanggal :           Senin / 29 Oktbr 2012          

Perbaikan materi Proposal Skripsi meliputi :

- Keangkuhan
- permasalahan
- ketikan
- diagram alir

Perbaikan Proposal Skripsi harus diselesaikan **selambatnya 14 hari terhitung sejak pelaksanaan Seminar Proposal Skripsi dilaksanakan**

Proposal telah diperbaiki dan disetujui :

Malang, \_\_\_\_\_ 20  
 Dosen Pembahas

( \_\_\_\_\_ )

Malang, \_\_\_\_\_ 20  
 Dosen Pembahas

( \_\_\_\_\_ )



FORM REVISI / PERBAIKAN

BIDANG PENELITIAN

Nama : M. VIANEY M. PUTRA

NIM : 07. 21. 007

Hari : tanggal : senin / 29 okt 2012

Perbaikan materi Proposal Skripsi meliputi :

1. Perumusan Masalah
2. R. Masalah
3. Tujuan
4. Hipotesis
5. Penelitian sebelumnya
6. Mtj

Perbaikan Proposal Skripsi harus diselesaikan selambatnya 14 hari terhitung sejak pelaksanaan Seminar Proposal Skripsi dilaksanakan.

Proposal telah diperbaiki dan disetujui :

Malang, 12 Nov 2012  
 Dosen Pembahas

Malang, 29 okt 2012  
 Dosen Pembahas

[Signature]  
 (TAMBAH)

[Signature]  
 (TAMBAH)



## FORM REVISI / PERBAIKAN

BIDANG           PENELITIAN          

Nama :           M. YIANEY M. PUTRA          

NIM :           07. 21. 007          

Hari / tanggal :           Senin / 29 Oktober 2012          

Perbaikan materi Proposal Skripsi meliputi :

- Manfaat penelitian di lengkapi  
  cf. Mahasiswa, lembaga dan  
  masyarakat

- Teori di sempurnakan lagi

Perbaikan Proposal Skripsi harus diselesaikan selambatnya 14 hari terhitung sejak pelaksanaan Seminar Proposal Skripsi dilaksanakan

Proposal telah diperbaiki dan disetujui :

Malang, \_\_\_\_\_ 20

Dosen Pembahas

( \_\_\_\_\_ )

Malang, \_\_\_\_\_ 20

Dosen Pembahas

( \_\_\_\_\_ )



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
 Jl. Bendungan Sigura-gura 2  
 Jl. Raya Karanglo Km 2  
 Malang

# SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI PRODI TEKNIK SIPIL S-1

## FORM REVISI / PERBAIKAN

BIDANG PENELITIAN

Nama : M. VIANEY M. PUTRA

NIM : 07.21.007

Hari / tanggal : Senin / 29 - oktbr 2012

Perbaikan materi Proposal Skripsi meliputi :

- Perbaiki smpai catukan

Perbaikan Proposal Skripsi harus diselesaikan selambatnya 14 hari terhitung sejak pelaksanaan Seminar Proposal Skripsi dilaksanakan.

Proposal telah diperbaiki dan disetujui :

Malang. 1 - 11 - 2012  
 Dosen Pembahas

Malang. 29 - 6 - 2012  
 Dosen Pembahas

A. Agus S.

FORM REVISI / PERBAIKAN  
BIDANG penelitian Struktur

Nama : M. Vianey M. putra.  
NIM : 07.21.007  
Hari tanggal : Ramis 25 Juli 2013

Perbaikan materi Seminar Hasil Tugas Akhir meliputi :

- 52/08  
- Abstrak di perbaiki perulasanya  
- Bab I di cek lagi → masih seperti proposal  
- Bab II di sempurnakan → Flow chart lentur, geser, torsi, retak  
- Bab III di cek lagi sesuai retak dengan prosedur pelaksanaan penelitian  
- Bab IV semua hasil di sesuaikan dg data awal, seperti: P-teoris.  
- Grafik 2 di simpulkan (validasi) masing-masing  
04/08  
- kesimpulan di cek lagi (perbedaannya sesuaikan dg pujucannya.  
02/08

Perbaikan Seminar Hasil Skripsi harus diselesaikan selambatnya 14 hari terhitung sejak pelaksanaan Seminar. Bila melebihi 14 hari, maka tidak dapat diikuti Ujian Skripsi.

Pengumpulan berkas untuk Ujian Skripsi dengan menyertakan lembar pengesahan dari Dosen Pembahas dan Kaprodi

Skripsi telah diperbaiki dan disetujui :


Malang, 03-08 2013

Dosen Pembahas

  
Yasmien P.M.

Malang, 25-07-2013

Dosen Pembahas

  
Yasmien P. Mancha

FORM REVISI / PERBAIKAN

BIDANG Penelitian Struktur

Nama : M. Vianey M. Putra

NIM : 07. 21. 007

Hari tanggal : Kamis , 25 Juli 2013

Perbaiki materi Seminar Hasil Tugas Akhir mengenai:

EC. ex peni

kur per.

Kempe Hrd pool penet tura  
du. m.

Ace

Perbaikan Seminar Hasil Skripsi harus diselesaikan selambatnya 14 hari terhitung sejak pelaksanaan Seminar. Bila melebihi 14 hari, maka tidak dapat diikuti Ujian Skripsi.

*Pengumpulan berkas untuk Ujian Skripsi dengan menyertakan lembar pengesahan dari Dosen Pembahas dan Kaprodi*

Skripsi telah diperbaiki dan disetujui :

Malang. 31 - 07 2013  
Dosen Pembahas

Malang. 25 - 07 2013  
Dosen Pembahas

31  
07/13

( Ir. H. Sudirman Indra, MSc. )

( Ir. H. Sudirman Indra, MSc. )



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
 Jl. Bendungan Siguru-guru 2  
 Jl. Raya Karanglo Km. 2  
 Malang

# UJIAN SKRIPSI PRODI TEKNIK SIPIL S-1

## FORM REVISI / PERBAIKAN BIDANG STRUKTUR

Nama : M. VIANEY M. PUTRA  
 NIM : 07.21.007  
 Hari / tanggal : RABU / 21 agustus 2013

Perbaikan materi Skripsi meliputi :

- \*1) Beralihkan teori? beton yg berkaitan dg judul skripsi sdh awalnya :  
 - panjang penyuluran, panjang kait, dll.
- \*2) beton? di edit lagi

Acc <sup>30/08-13</sup>

Perbaikan Skripsi harus diselesaikan selambatnya 14 hari terhitung sejak pelaksanaan Ujian dilaksanakan. Bila melebihi masa 14 hari, maka tidak dapat diikutkan Yudisium.

Revisi Akhir telah diperbaiki dan disetujui :

Malang, 30-08- 2013  
 Dosen Penguji

(Yosinson Manaha)

Malang, 21-08- 2013  
 Dosen Penguji

(Yosinson Manaha)





INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
 Jl. Bendungan Sijura-gura 2  
 Jl. Raya Karanglo Km. 2  
 Malang

# UJIAN SKRIPSI PRODI TEKNIK SIPIL S-1

## FORM REVISI / PERBAIKAN BIDANG STRUKTUR

Nama : M. VIANEY M. PUTRA

NIM : 07.21.007

Hari / tanggal : Rabu / 21 Agustus 2013

Perbaikan materi Skripsi meliputi :

~~Ref~~ ~~Ref~~      Refrensi      Ya keteknik      &      persent  
 suby      & tabsh

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

26  
 08 013

Perbaikan Skripsi harus diselesaikan selambatnya 14 hari terhitung sejak pelaksanaan Ujian dilaksanakan. Bila melebihi masa 14 hari, maka tidak dapat diikuti Yudisium.

Tugas Akhir telah diperbaiki dan disetujui :

Malang, \_\_\_\_\_ 2013

Dosen Penguji

*[Handwritten signature]*

( \_\_\_\_\_ )

Malang, 28/08 2013

Dosen Penguji

*[Handwritten signature]*

( \_\_\_\_\_ )



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG  
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145  
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Nomor : ITN- 2111.04/21/B/TA/I/Gjl 2013  
Lampiran : -  
Perihal : **Bimbingan Skripsi**

21 Nopember 2012

Kepada Yth : **Bpk./ Ibu Ir. A. Agus Santosa, MT**  
Dosen Institut Teknologi Nasional Malang  
Di -

**MALANG**

Dengan Hormat,

Bersama ini kami beritahukan, bahwa sesuai dengan kesediaan saudara/i. atas permohonan dari Mahasiswa :

Nama : **M. Vianey M. Putra**  
Nim : **0721007**  
Prodi : **Teknik Sipil ( S-1 )**

Untuk dapat Membimbing Skripsi dan Mendampingi Seminar Skripsi dengan judul :  
***"Pengaruh Sambungan Beton dan Tulangan Longitudinal Pada Jarak Seperenam Bentang Terhadap Kekuatan Balok"***.

Maka dengan ini kami menugaskan Saudara sebagai dosen pembimbing Skripsi.  
Waktu penyelesaian Skripsi tersebut selama 6 ( Enam ) bulan terhitung mulai tanggal :  
**21 Nopember 2012** <sup>1</sup>/<sub>a</sub> **20 Mei 2013**. Apabila melebihi batas waktu yang telah di tentukan tetapi belum selesai, maka mahasiswa yang bersangkutan wajib memperpanjang masa bimbingannya.

Demikian atas perhatiannya kami di sampaikan banyak terima kasih.

Ketua Program Studi Teknik Sipil (S-1)  
Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan

  
**Ir. H. Hirijanto, MT**  
NIP. 101 88 00182

Tembusan Kepada Yth :  
1. Arsip.



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG  
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145  
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Nomor : ITN- 2111.04/21/B/TA/I/Gjl 2013  
Lampiran : -  
Perihal : **Bimbingan Skripsi**

21 Nopember 2012

Kepada Yth : **Bpk./ Ibu Ir. Ester Priskasari, MT**  
Dosen Institut Teknologi Nasional Malang  
Di -

**MALANG**

Dengan Hormat,

Bersama ini kami beritahukan, bahwa sesuai dengan kesediaan saudara/i. atas permohonan dari Mahasiswa :

Nama : **M. Vianey M. Putra**  
Nim : **0721007**  
Prodi : **Teknik Sipil ( S-1 )**

Untuk dapat Membimbing Skripsi dan Mendampingi Seminar Skripsi dengan judul :  
***"Pengaruh Sambungan Beton dan Tulangan Longitudinal Pada Jarak Seperenam Bentang Terhadap Kekuatan Balok"***.

Maka dengan ini kami menugaskan Saudara sebagai dosen pembimbing Skripsi.

Waktu penyelesaian Skripsi tersebut selama 6 ( Enam ) bulan dihitung mulai tanggal :  
**21 Nopember 2012** <sup>1</sup>/<sub>a</sub> **20 Mei 2013**. Apabila melebihi batas waktu yang telah di tentukan tetapi belum selesai, maka mahasiswa yang bersangkutan wajib memperpanjang masa bimbingannya.

Demikian atas perhatiannya kami di sampaikan banyak terima kasih.

Ketua Program Studi Teknik Sipil (S-1)  
Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan



**Ir. H. Hirijanto, MT**  
NIP. 101 88 00182

Tembusan Kepada Yth :  
1. Arsip.



SURAT KETERANGAN

No : *033* /LBK.FT/II/2013

Yang bertanda tangan di bawah ini, Kepala Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Menerangkan bahwa :

Nama : **M.Vianey M. Putra**

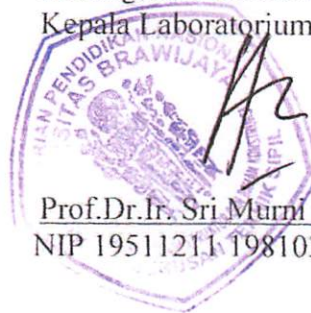
NIM : **07 21 007**

Lembaga : **Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil ITN Malang**

Telah melakukan Uji balok di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi pada tanggal 11 – 19 Februari 2013

Demikian Surat Keterangan ini untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Malang, 25 Februari 201  
Kepala Laboratorium



Prof. Dr. Ir. Sri Murni Dewi, MS  
NIP 19511211 198103 2 001



## **KATA PERSEMBAHAN**

Puji syukur senantiasa penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan kekuatan dan kelapangan sehingga Skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Skripsi ini dimasukkan untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana (S1) di jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan di Institut Teknologi nasional Malang.

Atas terselesaikannya Skripsi, ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sebanyak – banyaknya kepada :

1. Tuhan Yesus, Mama Bunda, dan Nagi Tanah tercinta yang telah memberi Rahmat dan Restu dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Alm. Adikku (M. Yohanes M. Putra) tercinta yang saya sangat yakin selalu ada di sampingku untuk menjaga dan menjauhiku dari marabahaya selama di tanah rantau.
3. Orang tuaku tercinta yang selalu memberi dukungan dan semangat dengan doa maupun materi.
4. Tunanganku tersayang Anna Maria Fernandez yang selalu setia mendampingi dari pertama menginjakan kaki di ITN malang hingga selesai. Semoga 'Na' cepat Wisuda juga.
5. Pak Togi Nainggolan, Pak Agus Santoso, Bu Ester Priskasari, Pak Simpson P. Manaha, Pak Bambang W, Pak Sudirman Indra, yang sudah membantu dan membimbing saya dalam menyelesaikan skripsi ini. Serta

Mas Mahfud dan Pak Thomas yang sudah membantu dalam mengerjakan pengujian di Lab.

6. Teman-temanku ; Eddy Nicotine, Angelus Shinoda, yang sudah rela menyediakan kosnya, kopinya, rokoknya selama mengerjakan skripsi ini. Kading Kiply, Febroz, Yogurt, Bedo, Jopenk, Hobby, Natus, Lucky, yang sudah menemani saya dengan tidak mengenal waktu, semoga amal kebbaikannya dibalas oleh Yang Maha Kuasa dan untuk teman-teman yang masih bergelut di Kampus biru ITN Malang, semoga cepat menyusul saya.

Keberhasilan yang didapat dengan kerja keras dan penuh perjuangan senantiasa akan bertahan lama dan selalu menemui jalan keluar bila bersimpang pada jalan buntu. Semoga Tuhan selalu menyertai kita semua.

Malang, September 2013

Putra Flores Timur

M. Vianey M. Putra, ST