

# **SKRIPSI**

## **PENGARUH SAMBUNGAN BETON DAN TULANGAN LONGITUDINAL PADA JARAK SEPER-DUA BENTANG TERHADAP KEKUATAN BALOK**



**Disusun Oleh :**

**FRANCISCO NATALINO D.J.S DA SILVA**

**( 07.21.030 )**

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

**2013**



**LEMBAR PERSETUJUAN**

**SKRIPSI**

**PENGARUH SAMBUNGAN SAMBUNGAN BETON DAN TULANGAN  
LONGITUDINAL PADA JARAK 1/2 BENTANG TERHADAP  
KEKUATAN BALOK**

**Diajukan dan diterima untuk melengkapi tugas dan sebagai salah satu syarat  
mencapai gelar Sarjana Teknik Sipil Strata Satu (S-1)**

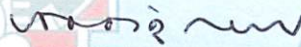
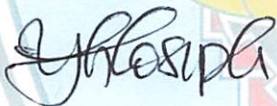
Disusun oleh :

**FRANCISCO NATALINO D.J.S.DA SILVA**

**07.21.030**

**Pembimbing I**

**Pembimbing II**



**(Yosimson P. Manaha, ST, MT)**

**(Ir. H. Sudirman Indra, MSc)**

**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 SAMBUNGAN BETON DAN TULANGAN  
LONGITUDINAL PADA JARAK 1/2 BENTANG TERHADAP  
KEKUATAN BALOK

### SKRIPSI

*Dipertahankan dihadapan Majelis Penguji Sidang Skripsi  
Jemjang Sarjana 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 :

**FRANCISCO NATALINO D.J.S.DA SILVA**

**07.21.030**

Disahkan oleh

Ketua

Sekretaris



( Ir. H. Hirijanto, MT )



( Lila Ayu Ratna, ST, MT )

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II



( Ir. Bambang Wedyantadji, MT )

Anggota Penguji



( Ir. Togi H. Nainggolan, MS )

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



**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL S-1**  
JL, Bendungan Sigura-Gura No.2 Tlpn.551951 – 551431  
MALANG

**PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : **Francisco Natalino D.J.S.da Silva**  
NIM : **07.21.030**  
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 1/2 BENTANG TERHADAP KEKUATAN BALOK**

Adalah benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan duplikat serta tidak mengutip atau menyadur seluruhnya karya orang lain, kecuali disebut dari sumber aslinya

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan tugas akhir ini hasil jiplakan atau mengambil karya tulis dan pemikiran orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut

Malang, September 2013  
Yang membuat pernyataan



(Francisco Natalino D.J.S.da Silva)

## **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 terselesainya Skripsi, ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sebanyak – banyaknya kepada :

- 1 Bapak Ir. Soeparno Djiwo, MT., selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
- 2 Bapak Dr. Ir. Kustamar, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan.
3. Bapak Ir. H. Hirijanto, MT selaku Ketua Prodi Teknik Sipil.
4. Bapak Ir Togi H. Nainggolan, MS, selaku Dosen Koordinator bidang Penelitian.
5. Bapak Yosimson P. Manaha, ST., MT, Selaku Dosen Pembimbing Skripsi.
6. Bapak Ir. H Sudirman Indra, MSc, Selaku Dosen Pembimbing Skripsi.
7. Rekan-rekan di Jurusan Teknik Sipil S-1.

8. Kedua orang tua saya yang tidak lelah memberikan semangat, materi dan doa.
9. 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 masukan dari pembaca sangat penulis harapkan.**

**Malang, Agustus 2013**

**Penyusun**

## ABSTRAK

**PENGARUH SAMBUNGAN BETON DAN TULANGAN LONGITUDINAL PADA JARAK SEPER-DUA BENTANG TERHADAP KEKUATAN BALOK.** Oleh : Francisco Natalino D.J.S da Silva, Program studi teknik sipil S-1, Insitut Teknologi Nasional Malang.

Dosen : Yosimson P. Manaha, ST., MT dan Ir. H. Sudirman Indra, MSc

Struktur bangunan gedung sering mengalami penundaan kelanjutan pembangunannya akibat kurangnya suplai beton, keterbatasan waktu, faktor biaya maupun bahan lain. Sehingga menimbulkan sambungan antara beton lama (beton yang sudah mengeras) dengan beton baru (pengecoran lanjutan) Hal ini akan berakibat fatal jika tidak diperhatikan pemberhentiannya.

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh sambungan beton dan tulangan longitudinal pada jarak seper-dua(1/2) bentang terhadap lendutan ,kuat lentur, kuat geser,dan kekuatan balok.

Untuk memverifikasi efektifitas seperti yang telah dilakukan perhitungan analisa teoritis, maka dilakukan pengujian eksperimen. Pengujian eksperimen tersebut memakai benda uji balok dengan dimensi 150 mm x 100 mm x 2000 mm ,tulangan tulangan longitudinal  $\Phi$  8mm dan tulangan geser  $\Phi$ 4.5mm dengan jumlah total 15 benda uji.

hasil parameter pengujian eksperimen balok tanpa sambungan dan balok sambungan beton dan tulangan longitudinal seper-dua (1/2) bentang dapat dilihat pada perbedaan beban  $P_{puncak}$  yaitu untuk balok beton tanpa sambungan 1090 Kg dan balok sambungan beton dan tulangan dengan jarak seper-dua (1/2) bentang 900 Kg. jadi dapat dipresentasikan untuk beban P 17.43 %, dan terjadi penurunan beban P sampai 23.3% ,Lendutan $_{puncak}$  4.89 % , lendutan $_{Runtuh}$  8.54 % ,kuat lentur $_{puncak}$  4.01 % , kuat lentur $_{runtuh}$  6.98 % dan kuat geser $_{puncak}$  3.9 % ,kuat geser $_{runtuh}$  6.82 %.

**Kata kunci :** Beban ,geser,lendutan,retak,sambungan.



## DAFTAR ISI

	Hal
Halaman Judul.....	i
Lembar Pengesahan.....	ii
Lembar Persetujuan.....	iii
Lembar Pernyataan keaslian skripsi.....	iv
Kata Pengantar.....	v
Abstrak.....	vii
Daftar Isi.....	viii
Daftar Tabel.....	xii
Daftar Grafik.....	xiv
Daftar Gambar.....	xv
Daftar Notasi.....	xvii
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
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
<b>BAB II. STUDI PUSTAKA</b>	
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. Dasar teori Analisa Lentur Penampang Persegi.....	16
2.8. Distribusi Tegangan Persegi Dari Whitney.....	17

2.9. Lentur Tulangan Tunggal.....	18
2.10. Lentur Tulangan Rangkap.....	20
2.11. Kekuatan Geser Dan Tulangan Geser.....	24
2.12. Perilaku Balok Akibat Gaya Geser.....	24
2.13. Persyaratan Perencanaan Tulangan Geser.....	28

### **BAB III. METODE PENELITIAN**

3.1. Parameter Penelitian .....	30
3.2. Model Analisa.....	31
3.3. Pengujian di Laboratorium.....	31
3.3.1. Spesifikasi Material .....	31
3.3.2 Benda Uji .....	31
3.3.3. Tempat Pengujian Silinder dan Balok .....	32
3.3.4. Alat dan Bahan Pengujian .....	32
3.4. Populasi dan Sampel.....	34
3.5. Umum.....	37
3.6. Analisa Hasil Laboratorium .....	37
3.6.1. Campuran Beton. ....	37
3.6.2. Data Dan Perhitungan Kuat Tekan Silinder. ....	38
3.6.3. Data Dan Perhitungan Kuat Tarik Baja.....	39
3.7. Analisis Teoritis.....	40
3.7.1. Kontrol Momen.....	41
3.7.2. Penulangan Geser.....	45
3.7.3. Perhitungan Lendutan.....	46
3.7.4. Perhitungan Kekuatan Lentur. ....	60
3.7.5. Perhitungan Kekuatan Geser. ....	63
3.7.6. Retak Awal. ....	67
3.7.7. Perhitungan lebar retak .....	68

### **BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

4.1. Analisis Eksperimen Lendutan.....	70
4.1.1. Balok Tanpa Sambungan Beton Dan tulangan .....	70

1. Balok Tanpa Sambungan Beton Dan tulangan (BTS-A) .....	71
2. Balok Tanpa Sambungan Beton Dan tulangan (BTS-B) .....	74
3. Balok Tanpa Sambungan Beton Dan tulangan(BTS-C) .....	78
4. Rata-rata balok Tanpa Sambungan Beton Dan tulangan (BTS)...	83
5. Penggabungan Teoritis dan Balok Tanpa Sambungan Beton Dan tulangan (BTS).....	87
4.1.2. Balok sambungan beton dan tulangan dengan Jarak Sambungan $\frac{1}{2}$ bentang.....	85
1. Balok sambungan beton dan tulangan dengan Jarak Sambungan $\frac{1}{2}$ bentang (1/2-A).....	89
2. Balok sambungan beton dan tulangan dengan Jarak Sambungan $\frac{1}{2}$ bentang (1/2-B) .....	94
3.Rata-rata Balok sambungan beton dan tulangan dengan Jarak Sambungan $\frac{1}{2}$ bentang.....	99
4. Penggabungan Teoritis dan rata-rata balok sambungan beton dan tulangan dengan Jarak Sambungan $\frac{1}{2}$ bentang .....	103
5. Penggabungan Teoritis,Rata-rata BTS dan Balok sambungan beton dan tulangan dengan Jarak Sambungan $\frac{1}{2}$ bentang.....	106
4.2.Perhitungan Kuat Lentur Eksperimen.....	109
4.2.1.Balok Beton Bertulang Tanpa Sambungan ( BTS ) Dari Perubahan Beban Terpusat (P).....	109
4.2.2.Sambungan Balok Beton Bertulang Dengan Jarak Seper-dua Bentang Dari Perubahan Beban Terpusat (P).....	113
4.3.Perhitungan Kuat Geser Eksperimen.....	120
4.3.1.Balok Beton Bertulang Tanpa Sambungan (BTS) Dari Perubahan Beban Terpusat (P).....	120
4.3.2.Balok dengan jarak sambungan Beton dan Tulangan $\frac{1}{2}$ bentang Dari Perubahan Beban Terpusat (P).....	124
4.4..Mekanisme Pola retak.....	131
1. Balok Beton Bertulan Tanpa Sambungan (BTS-A) .....	131

2. Balok Beton Bertulan Tanpa Sambungan (BTS-B).....	132
3. Balok Beton Bertulan Tanpa Sambungan (BTS-C).....	132
4. Balok dengan jarak sambungan Beton dan tulangan seper-dua bentang (1/2-A).....	133
4. Balok dengan jarak sambungan Beton dan tulangan seper-dua bentang (1/2-B).....	134

**BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1. Kesimpulan .....	136
5.2. Saran .....	137

<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>138</b>
----------------------------	------------

**LAMPIRAN-LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	: Proporsi Campuran beton Hasil Mix Desain .....	38
Tabel 3.2	: Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton .....	39
Tabel 3.3	: Pemeriksaan Mutu Baja $\varnothing 4$ .....	39
Tabel 3.4	: Pemeriksaan Mutu Baja $\varnothing 8$ .....	40
Tabel 3.5	: Hasil Analisa Teoritis Untuk Pembebanan Maksimum .....	45
Tabel 3.6	: Hasil Analisa Momen Inersia Penampang Retak .....	49
Tabel 3.7	: Hasil Analisa Momen Retak.....	50
Tabel 3.8	: Hasil Analisa Teoritis Lendutan .....	54
Tabel 3.9	: Kuat Lentur Teoritis .....	60
Tabel 3.10	: Kuat Geser Teoritis.....	64
Tabel 4.1	: Data Hasil Eksperimen Lendutan Balok Tanpa Sambungan A. ....	71
Tabel 4.2	: Data Hasil Eksperimen Lendutan Balok Tanpa Sambungan B.....	75
Tabel 4.3	: Data Hasil Eksperimen Lendutan Balok Tanpa Sambungan C.....	79
Tabel 4.4	: Hubungan Beban-Lendutan BTS A,B,C, Dan Rata-rata. ....	83
Tabel 4.5	: Penggabungan Teoritis dan rata-rata balok beton bertulang tanpa sambungan ( BTS ). .....	87
Tabel 4.6	: Data Hasil Eksperimen Lendutan Balok Dengan Jarak Sambungan Beton dan Tulangan 1/2 A. ....	90
Tabel 4.7	: Data Hasil Eksperimen Lendutan Balok Dengan Jarak Sambungan Beton dan Tulangan 1/2 B. ....	95
Tabel 4.8	: Data rata-rata hasil eksperimen balok beton dan tulangan dengan jarak $\frac{1}{2}$ bentang.....	99
Tabel 4.9	: Data hasil eksperimen rata-rata sambungan beton dan tulangan dengan jarak $\frac{1}{2}$ bentang dan Teoritis.....	103
Tabel 4.10	: Data hasil eksperimen rata-rata BTS,Sambungan balok dan tulangan dengan jarak (1/2) bentang danTeoritis.....	106
Tabel 4.11	Perbandingan Beban P dan Lendutan ( $\Delta$ ) Hasil eksperimen BTS dan sambungan seper-dua (1/2) bentang .....	109
Tabel 4.12	Kuat lentur Eksperimen balok beton bertulang tanpa sambungan	

(BTS) .....	110
Tabel 4.13 : Kuat Lentur Eksperimen rata-rata $\frac{1}{2}$ bentang.....	114
Tabel 4.14 : Penggabungan Kuat Lentur Teoritis,Eksperimen BTS,dan sambungan seper-dua bentang.....	117
Tabel 4.15 Perbandingan Beban P dan Kuat lentur (M) Hasil eksperimen BTS dan sambungan seper-dua ( $1/2$ ) bentang .....	119
Tabel 4.16 : Kuat Geser eksperimen Balok tanpa sambungan ( BTS) .....	121
Tabel 4.17 : Kuat Geser eksperimen Sambungan balok beton dan tulangan dengan jarak $\frac{1}{2}$ bentang.....	125
Tabel 4.18 Penggabungan Kuat Geser Teoritis ,Eksperimen rata-rata BTS dan Sambungan $\frac{1}{2}$ bentang rata-rata.....	128
Tabel 4.19 Perbandingan Beban P dan Kuat geser Hasil eksperimen BTS dan sambungan seper-dua ( $1/2$ ) bentang .....	130

## DAFTAR GRAFIK

Grafik 3.1. : Hubungan Beban-Lendutan Teoritis .....	59
Grafik 3.2 : Hubungan Beban-Kuat Lentur Teoritis.....	63
Grafik 3.3 : Hubungan Beban-Kuat Geser Teoritis .....	66
Grafik 4.1 : Hubungan Beban-Kuat Lendutan (BTS-A) .....	73
Grafik 4.2 : Hubungan Beban-Kuat Lendutan (BTS-B) .....	77
Grafik 4.3 : Hubungan Beban-Kuat Lendutan (BTS-C) .....	82
Grafik 4.4 : Hubungan Beban-Kuat Lendutan (BTS-A,B,C dan Rata-rata) .....	85
Grafik 4.5 : Hubungan Beban-Kuat Lendutan BTS Rata rata dan Teoritis .....	88
Grafik 4.6 : Hubungan Beban-Kuat Lendutan (1/2-A) .....	93
Grafik 4.7 : Hubungan Beban-Kuat Lendutan (1/2-B) .....	97
Grafik 4.8 : Hubungan Beban-Kuat Lendutan (1/2-A ,B Dan Rata-rata ) .....	103
Grafik 4.9 : Hubungan Beban-Kuat Lendutan (1/2 Rata-rata dan Teoritis ).....	104
Grafik 4.10: Hubungan Beban-Kuat Lendutan Rata-rata BTS, 1/2 rata-rata dan Teoritis .....	107
Grafik 4.11: Hubungan Beban-Kuat Lentur BTS Rata-rata .....	112
Grafik 4.12: Hubungan Beban-Kuat Lentur ½ Bentang Rata-rata .....	116
Grafik 4.13: Hubungan Beban-Kuat Lentur BTS Rata-rata dan Teoritis.....	118
Grafik 4.14: Hubungan Beban-Kuat Geser BTS Rata-rata .....	123
Grafik 4.15: Hubungan Beban-Kuat Geser ½ Bentang Rata-rata .....	126
Grafik 4.14: Hubungan Beban-Kuat Geser BTS, 1/2 Bentang Rata-rata dan Teoritis .....	129

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	: Model sambungan balok.....	7
Gambar 2.2	: Diagram tegangan regangan beton.....	10
Gambar 2.3	: Diagram tegangan regangan baja.....	12
Gambar 2.4	: Diagram tegangan regangan balok.....	13
Gambar 2.5	: Diagram tegangan regangan pada kondisi balanced.....	14
Gambar 2.6	: Distribusi tegangan whitney.....	17
Gambar 2.7	: Lentur tulangan tunggal.....	19
Gambar 2.8	: Diagram tegangan regangan lentur tulangan rangkap... ..	20
Gambar 2.9	: Kekuatan geser murni.....	24
Gambar 2.10	: perilaku geser dan elemen lentur.....	25
Gambar 2.11	: Filosofi tulangan geser.....	26
Gambar 2.12	: Flow chart perhitungan penulangan geser (dijadikan satu metodologi).....	29
Gambar 3.1	: Benda uji balok dan selinder.....	34
Gambar 3.2	: Penulangan pada jarak seper-dua sambungan beton.....	35
Gambar 3.3	: Proses pengujian lendutan.....	35
Gambar 3.4	: Bagan alir rencana penelitian.....	36
Gambar 3.5	: Penampang balok normal.....	41
Gambar 3.6	: Diagram regangan tegangan balok normal.....	44
Gambar 3.7	: Penampakan transformasi blok normal.....	46
Gambar 3.8	: Sketsa Penampakan balok.....	51
Gambar 4.1	: Pengujian kuat lentur balok beton bertulang tanpa sambungan (BTS-A).....	74
Gambar 4.2	: Pengujian kuat lentur balok beton bertulang tanpa sambungan (BTS-B).....	78
Gambar 4.3	: Pengujian kuat lentur balok beton bertulang tanpa sambungan (BTS-C).....	83
Gambar 4.4	: Pengujian kuat lentur sambungan balok beton dan tulangan dengan jarak seper-dua bentang (1/2-A ).....	94



Gambar 4.5	:Pengujian kuat lentur sambungan balok beton dan tulangan dengan jarak seper-dua bentang (1/2-B) .....	98
Gambar 4.6	:Pola retak balok beton bertulang tanpa (BTS-A).....	131
Gambar 4.7	:Pola retak balok beton bertulang tanpa (BTS-B).....	132
Gambar 4.8	:Pola retak balok beton bertulang tanpa (BTS-C).....	133
Gambar 2.31	:Pola retak balok dengan jarak sambungan beton dan tulangan (1/2) bentang .....	134
Gambar 2.31	:Pola retak balok dengan jarak sambungan beton dan tulangan (1/2) bentang .....	135

## DAFTAR NOTASI

$BTS$  = Balok Beton Bertulang Tanpa Sambungan

$B-1/2$  = Balok Dengan Jarak Sambungan beton Dan Tulangan 1/2 Bentang

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

$f_y$  = Kuat leleh tulangan longitudinal (MPa)

$A_g$  = Luas total penampang kolom ( $\text{mm}^2$ )

$\varepsilon_c$  = Regangan beton

$\varepsilon_y$  = Regangan baja tulangan

$f'_{lx}$  = Tegangan kekang efektif arah x penampang (MPa)

$f'_{ly}$  = Tegangan kekang efektif arah y penampang (MPa)

$\rho_x$  = Rasio luas penampang efektif sengkang terhadap inti beton terkekang arah x

$\rho_y$  = Rasio luas penampang efektif sengkang terhadap inti beton terkekang arah y

$K_e$  = Koefisien efektifitas pengekangan, penampang kolom persegi,  $K_e = 0,75$

$f'_{cc}$  = Kuat tekan beton terkekang (MPa)

$\varepsilon_{c0}$  = Regangan beton tidak terkekang pada saat tegangan maksimum

$\varepsilon'_{cc}$  = Regangan beton terkekang pada saat tegangan maksimum

$\varepsilon'_{cu}$  = Regangan beton ultimit

$\varepsilon_{sm}$  = Regangan baja tulangan pada tegangan tarik maksimum

$\varepsilon_{cm}$  = regangan beton terkekang maksimum

$E_s$  = Modulus elastisitas baja tulangan(MPa)

$E_c$  = Modulus elastisitas beton(MPa)

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

$A_s$  = Luas total tulangan longitudinal ( $\text{mm}^2$ )

- $K$  = Rasio kuat tekan beton terkekang  
 $h$  = Tinggi Balok (mm)  
 $b$  = Lebar Balok (mm)  
 $l$  = Panjang Balok (mm)  
 $q$  = Beban Sendiri balok ( $\text{Kg/cm}^2$ )  
 $V_u$  = Kuat Geser Balok (N)  
 $M$  = Kuat Lentur Balok (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 pengekanan 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. Perumusan Masalah**

Masalah penelitian yang telah diteliti adalah sebagai berikut :

- Apakah letak sambungan beton dan tulangan longitudinal dengan jarak 1/2 bentang berpengaruh terhadap lendutan ?
- Apakah letak sambungan beton dan tulangan longitudinal dengan jarak 1/2 bentang berpengaruh terhadap kekuatan lentur?
- Apakah letak sambungan beton dan tulangan longitudinal dengan jarak sambungan 1/2 bentang berpengaruh terhadap kekuatan geser?
- Apakah letak sambungan beton dan tulangan longitudinal dengan jarak sambungan 1/2 bentang berpengaruh terhadap perilaku retak dan keruntuhan?

## **1.3. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian yang telah diteliti adalah sebagai berikut :

- a. Mengetahui pengaruh letak sambungan beton dan tulangan longitudinal terhadap perilaku retak dan keruntuhan balok beton bertulang pada jarak sambungan 1/2 bentang.
- b. Mengetahui pengaruh letak sambungan beton dan tulangan longitudinal balok terhadap kekuatan lentur pada jarak sambungan 1/2 bentang.
- c. Mengetahui pengaruh letak sambungan beton dan tulangan longitudinal balok terhadap kekuatan geser pada jarak sambungan 1/2 bentang.
- d. Mengetahui pengaruh letak sambungan beton dan tulangan longitudinal balok terhadap lendutan pada jarak sambungan 1/2 bentang.

#### 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 kuat lentur, kuat geser, dan lendutan 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 pola retak pada sambungan balok 1/2 bentang”*

## BAB II

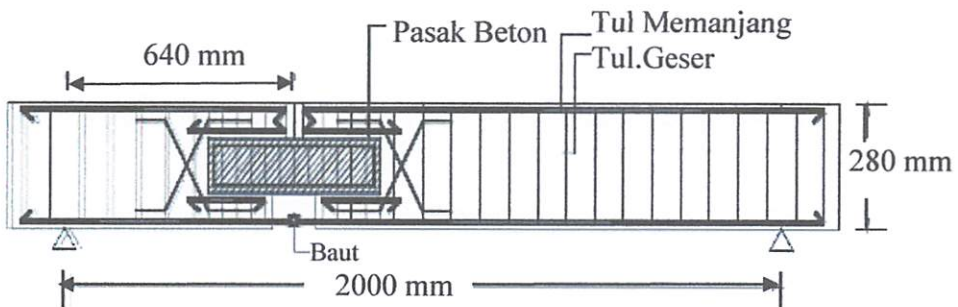
### STUDI PUSTAKA



#### 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 Balo



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  $1/2$  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.

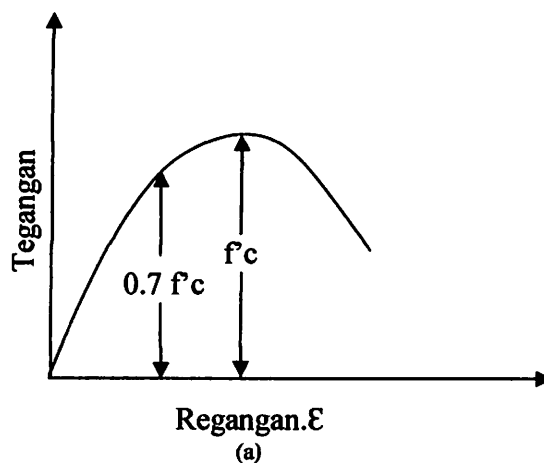
### **2.3. Metoda Perencanaan**

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*



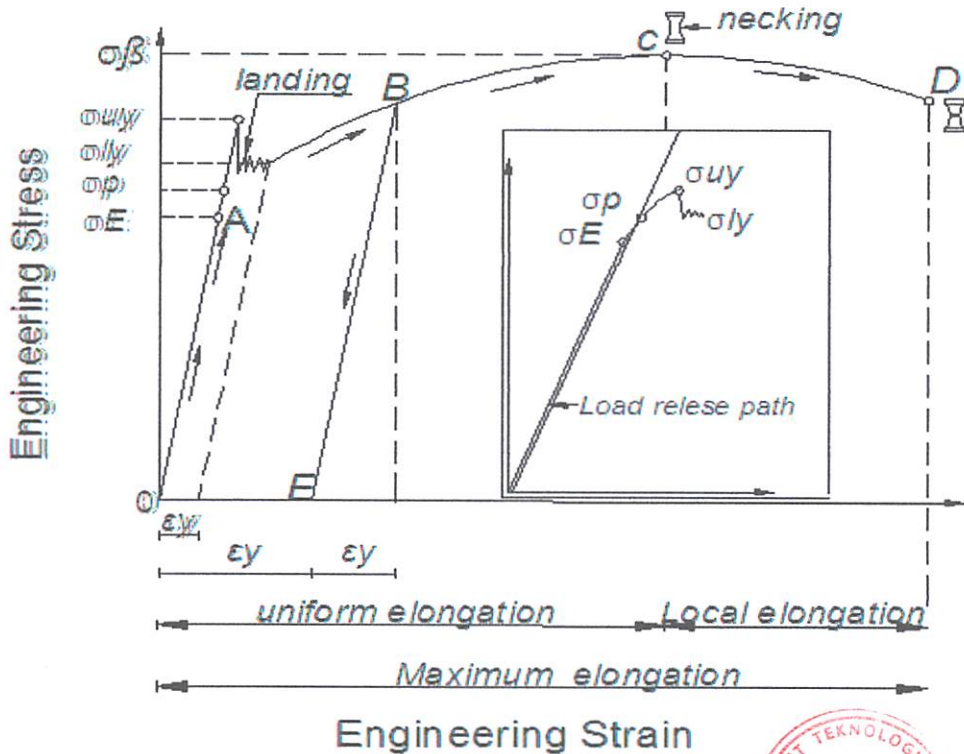
Karena sifat bahan beton yang hanya mempunyai nilai kuat tarik relatif rendah, maka pada umumnya hanya diperhitungkan bekerja dengan baik di daerah tekan pada penampangnya, dan hubungan tegangan regangan yang timbul karena pengaruh gaya tekan tersebut digunakan sebagai dasar pertimbangan.(jelaskan dengan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



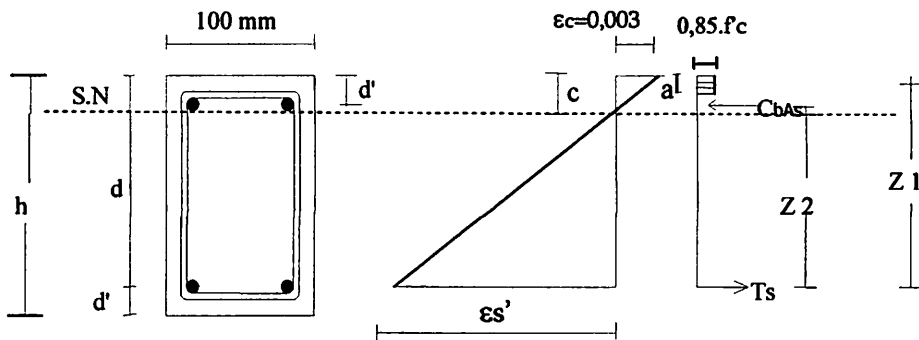
## 2.6. Prinsip-Prinsip Perencanaan

1. Pada dasarnya didalam 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 :

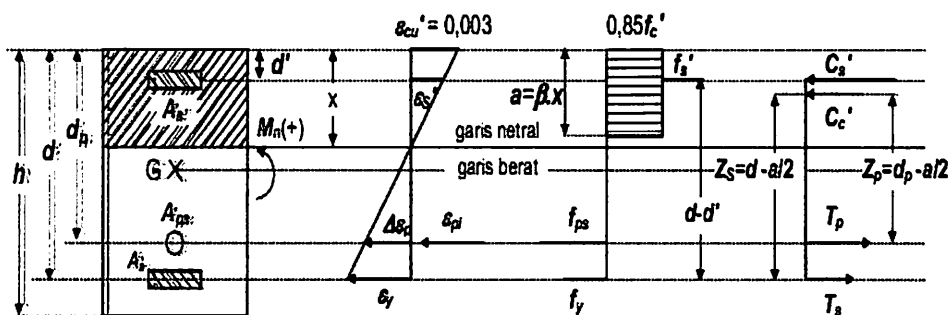
- a. **Kondisi balanced** ( $\epsilon_s = \epsilon_y$ ,  $A_s = A_{sb}$ ,  $\rho = \rho_b$ ,  $f_s = f_y$ ,  $\epsilon_{cu} = 0,003$ )

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**



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

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

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

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

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

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

$$\Leftrightarrow xb = \frac{0,003d}{\varepsilon y + 0,003} \cdot \frac{Es}{Es}$$

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

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

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

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

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

dengan ketentuan :

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

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

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 precana lebih kecil dari  $\rho_{balanced}$ , dengan  $\rho$  pasang lebih kecil dari  $\rho_{balanced}$  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. Dasar Teori Analisa Lentur Penampang Persegi

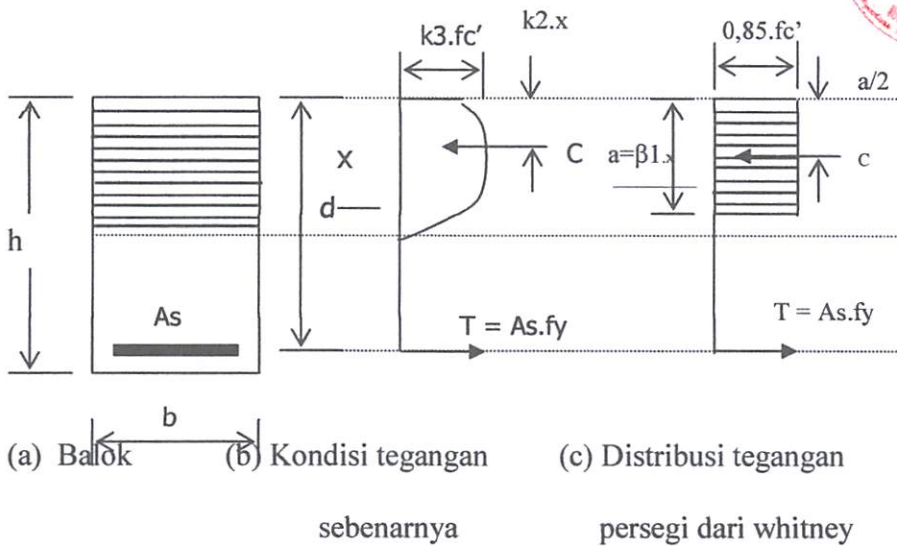
Sebagaimana diketahui bahwa metode perencanaan yang dipakai saat ini khususnya yang dituangkan didalam Peraturan beton (SNI 03-2847-2002). Secara mendasar metode kekuatan batas disini adalah dengan jalan mengalikan beban kerja dengan faktor tertentu ( $\lambda$ ) untuk mencakup kemungkinan pelampauan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

### 2.8. 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 2.6. Distribusi tegangan whitney



Seperti tercantum pada gambar 2.7 dipakai tegangan persegi dengan besar rata-rata  $0,85.fc'$  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

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

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

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

## 2.9. 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 :

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

$$T = As \cdot fy$$

$$Cc' = T$$

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

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

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

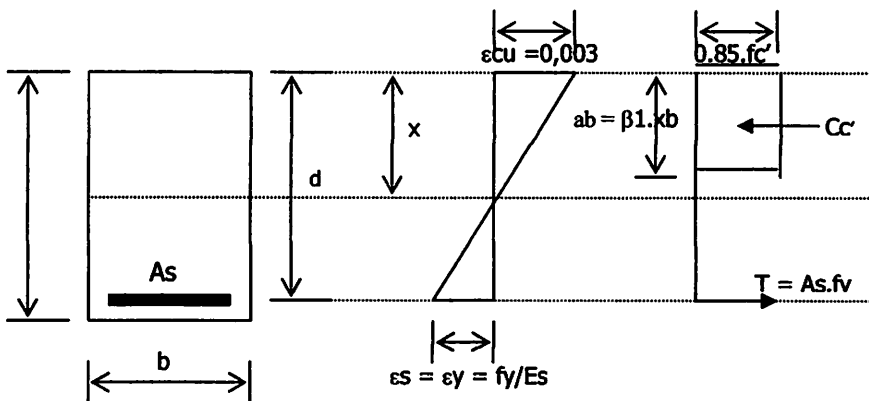
$$Mn = \rho \cdot b \cdot d \cdot fy \cdot \left( d - \frac{\rho}{2} \cdot \left( \frac{fy}{0,85 \cdot fc'} \right) \cdot d \right)$$

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

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

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

**Gambar 2.7. Lentur tulangan tunggal**



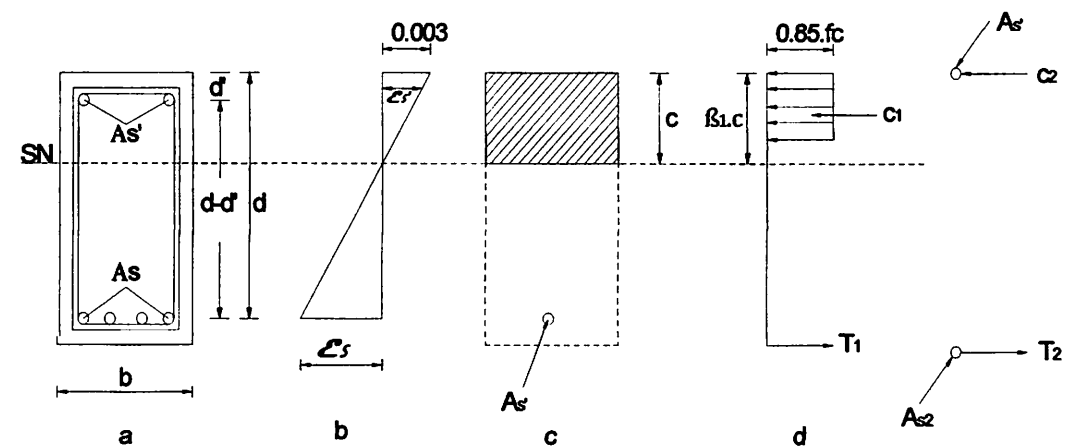
$C_c'$  dalam hal ini merupakan gaya yang disebabkan oleh bagian beton yang mengalami tekan,  $T$  adalah gaya yang ditimbulkan akibat adanya tulangan tarik terpasang sedangkan  $a$  merupakan tinggi blok tertekan untuk elemen beton yang mengalami tekan.

### 2.10. 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 2.8.** Diagram tegangan regangan lentur tulangan rangkap



(a) Penampang tulangan rangkap

(b) Diagram regangan

(c) Diagram tegangan

(d) Diagram tegangan

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 :

$$C_c' = T_1$$

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



adapun kemampuan penampang untuk memikul momen tulangan tunggal

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

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  $C_s'$  sama dengan  $T_2$  atau dapat dituliskan

$$C_s' = T_2$$

apabila tulangan tekan leleh maka,

$$A_s' \cdot f_y = A_{ss} \cdot f_y$$



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

$$Asc = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot x}{f_y}$$

3. Hitung Mnc

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

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

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

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

7. Hitung tulangan tekan perlu dan tulangan tarik tambahan

$$As' = \frac{Cs'}{(fs' - 0,85 \cdot f_c')} \quad Ass = \frac{T_2}{f_y}$$

8. Tulangan perlu

$$As = Asc + Ass$$

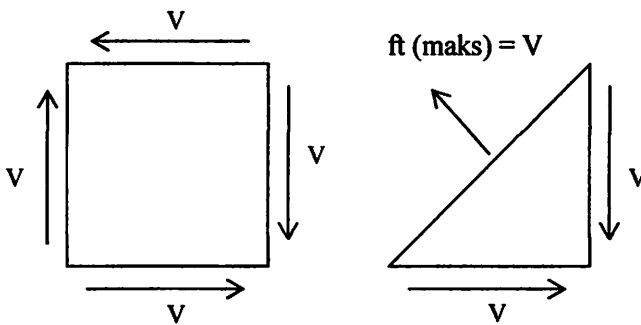
$$As' = As'$$

9. Kontrol kekuatan  $\phi \cdot Mn \geq Mu$

## 2.11. 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-variable yang mempengaruhi geser

**Gambar 2.9.** Keadaan geser murni



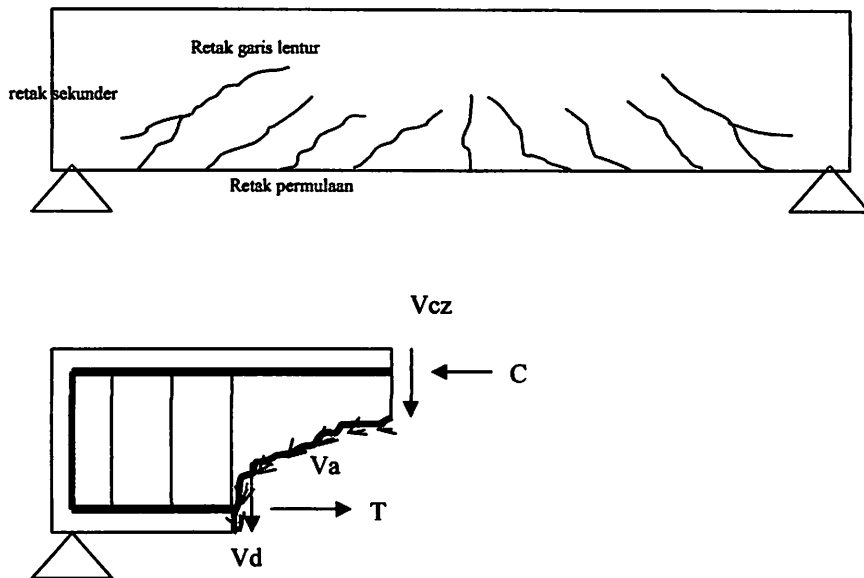
(yakni tidak ada tegangan tekan atau tarik pada muka elemen)

## 2.12. 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

senggang tertutup atau yang berbentuk U di arah vertikal atau miring untuk menutupi penulangan memanjang utama di sekeliling muka balok.

**Gambar 2.10** Perilaku geser pada elemen lentur



$$V_{cz} = \text{tahanan geser}$$

$$V_a = \text{gaya saling ikat agregat (geser permukaan)}$$

$$V_d = \text{gaya pasak}$$

Perlawanan geser setelah terjadi retak miring :

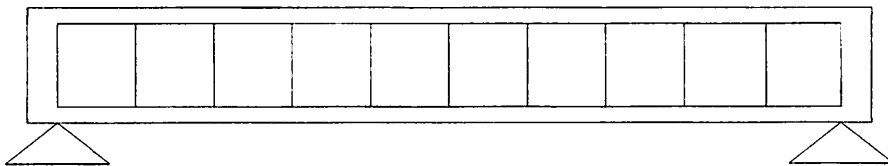
1. Perlawanan geser beton yang belum retak,  $V_{cz}$
2. Gaya ikat (interlock) antara agregat atau tranfer geser antar permukaan
3. Aksi pasak (dowel action),  $V_d$
4. Aksi pelengkung (arch action)  $\rightarrow$  Khusus balok tinggi
5. Perlawanan tulangan geser,  $V_s$  (bila ada)

Adapun fungsi tulangan geser (sengkang/begel) adalah :

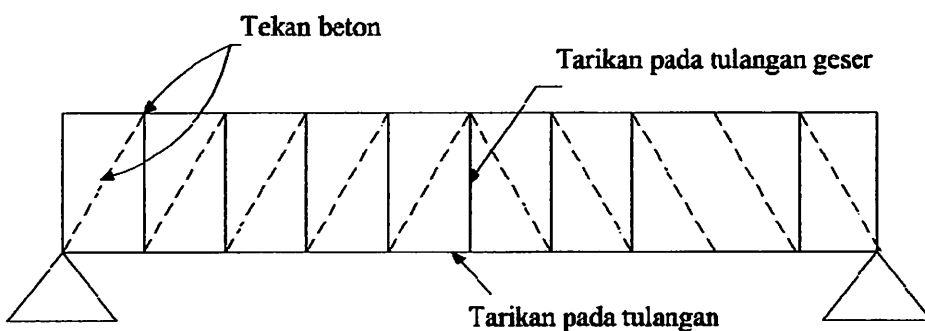
1. Memikul sebagian gaya geser,  $V_s$
2. Melawan pertumbuhan geser miring dan ikut menjaga terpeliharanya lekatan/geseran antara agregat
3. Mengikat batang tulangan memanjang untuk tetap di posisinya
4. Aksi pasak pada beton dan aksi ikan (confinement) sengkang meningkatkan kekuatan.

*Gambar 2.11. 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,

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

bila dihitung lebih rinci nilai  $V_c$ ,

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

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,

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

bila dihitung lebih rinci nilai  $V_c$ ,

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

dimana :

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

Adapun tulangan geser minimum yang harus terpasang,

$$A_v(\min) = \frac{b \cdot w \cdot S}{3 \cdot f_y}$$

sedangkan gaya geser minimum yang harus dimiliki oleh tulangan geser,

$$V_s(\min) = \frac{1}{3} \cdot b \cdot w \cdot d$$

### 2.13. 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)

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

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

3.  $\phi V_c < V_u \leq \phi(V_c + V_{s \min})$  (Tulangan geser minimum)

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

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

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

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

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

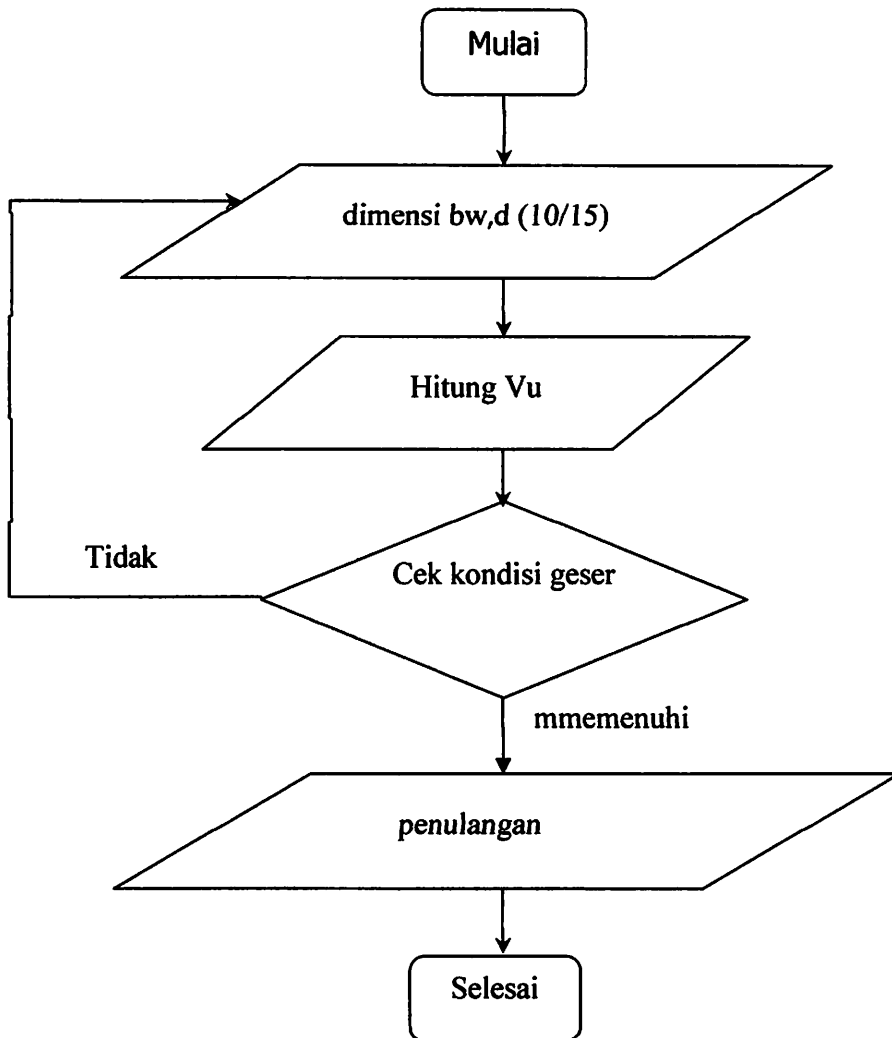
5.  $\phi\left(V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d\right) < V_u \leq \phi\left(V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d\right)$  (Perlu tulangan geser)

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

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

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

**Gambar 2.12.** Flow chart perhitungan penulangan geser(dijadikan satu metodologi)





## **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 kuat lentur, kuat geser, dan lendutan 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 akan 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 "1/2 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 "1/2 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 "1/2 bentang" balok dari tumpuan kiri.

### **3.3. Pengujian di Laboratorium**

#### **3.3.1. Spesifikasi Material**

Kuat tekan beton diperoleh dengan melakukan pengujian silinder beton berukuran 150 x 300 mm sebanyak 25 buah yang telah berumur 28 hari.

### **3.3.2. Benda Uji**

Pengujian yang telah dilakukan adalah pengujian benda uji silinder beton berukuran 150 x 300 mm, berumur 28 hari dan jumlah benda uji silinder beton sebanyak 25 buah. Selanjutnya dilakukan pengujian kuat lentur balok dan kuat geser balok berukuran 100 x 150 x 2000 mm sebanyak 15 buah.

### **3.3.3. Tempat Pengujian Silinder dan Balok**

Untuk menguji kuat lentur dan geser balok menggunakan alat pengujian kuat lentur yang ada di laboratorium beton program studi teknik sipil ITN Malang dan laboratorium beton program studi teknik sipil Universitas Brawijaya.

### **3.3.4. Alat dan Bahan Pengujian**

Untuk keperluan penelitian baik analisa pendahuluan maupun percobaan secara keseluruhan diperlukan peralatan dan bahan:

a. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Semen: Semen Gresik
2. Agregat halus (pasir): Pasir Lumajang
3. Agregat kasar (kerikil): batu pecah
4. Air: PDAM kota Malang

b. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Seperangkat saringan
2. Peralatan slump tes
3. Timbangan kapasitas 20 kg dengan ketelitian 0,1 gram (heavy duty solution balance)
4. Timbangan kapasitas 2610 gram dengan ketelitian 0,1 gram (triple beam balance)
5. Neraca
6. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu
7. Cetakan persegi panjang dengan ukuran 100x150x2000 mm
8. Cetakan silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300mm
9. Sekop
10. Talam dan cawan logam
11. Gelas ukur 1000 ml
12. Mesin abrasi los angeles
13. Mesin pengaduk beton dengan kapasitas 0,05 m<sup>3</sup>

14. Alat uji tekan beton dengan kapasitas 2000 kN (compressive machine test)
15. Alat uji tarik lentur
16. Mistar perata (stright edge)
17. Piknometer kapasitas 500 ml
18. Bak air untuk perendaman perawatan beton (moist curing)
19. Sikat baja halus
20. Termometer

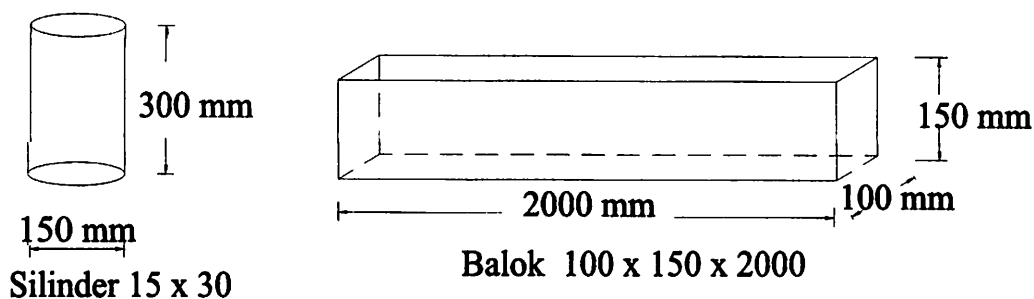


### **3.4. Populasi dan Sample**

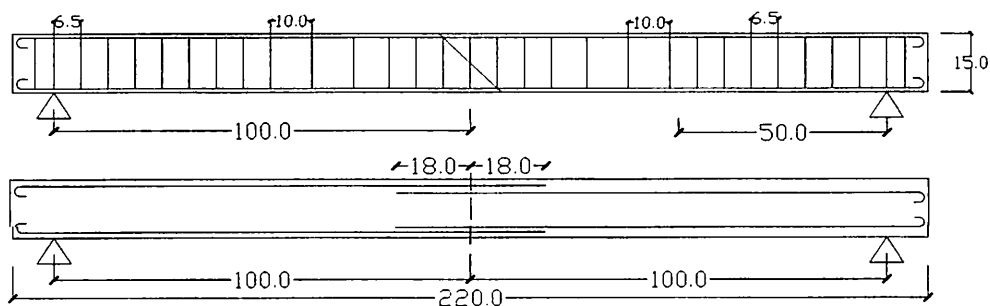
Populasi dan jumlah sample penelitian terdiri ;

1. Untuk benda uji silinder dibuat 5 buah saat pengecoran balok.
2. Benda uji balok bertulang tanpa disambung dibuat 2 buah benda uji dengan ukuran 100 x 150 mm
3. Ukuran sambungan balok 1/2 bentang dibuat sebanyak 2 buah benda uji.

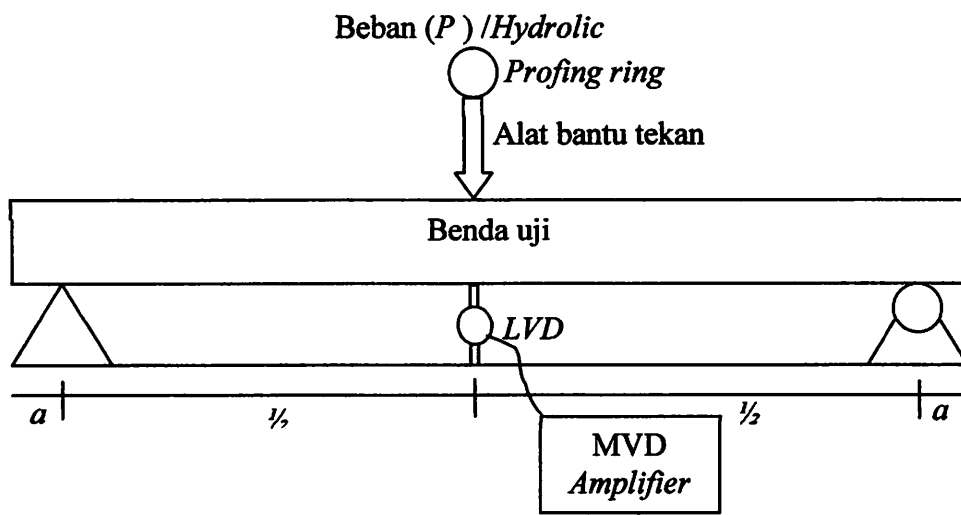
Gambar 3.1 benda uji balok dan Selinder



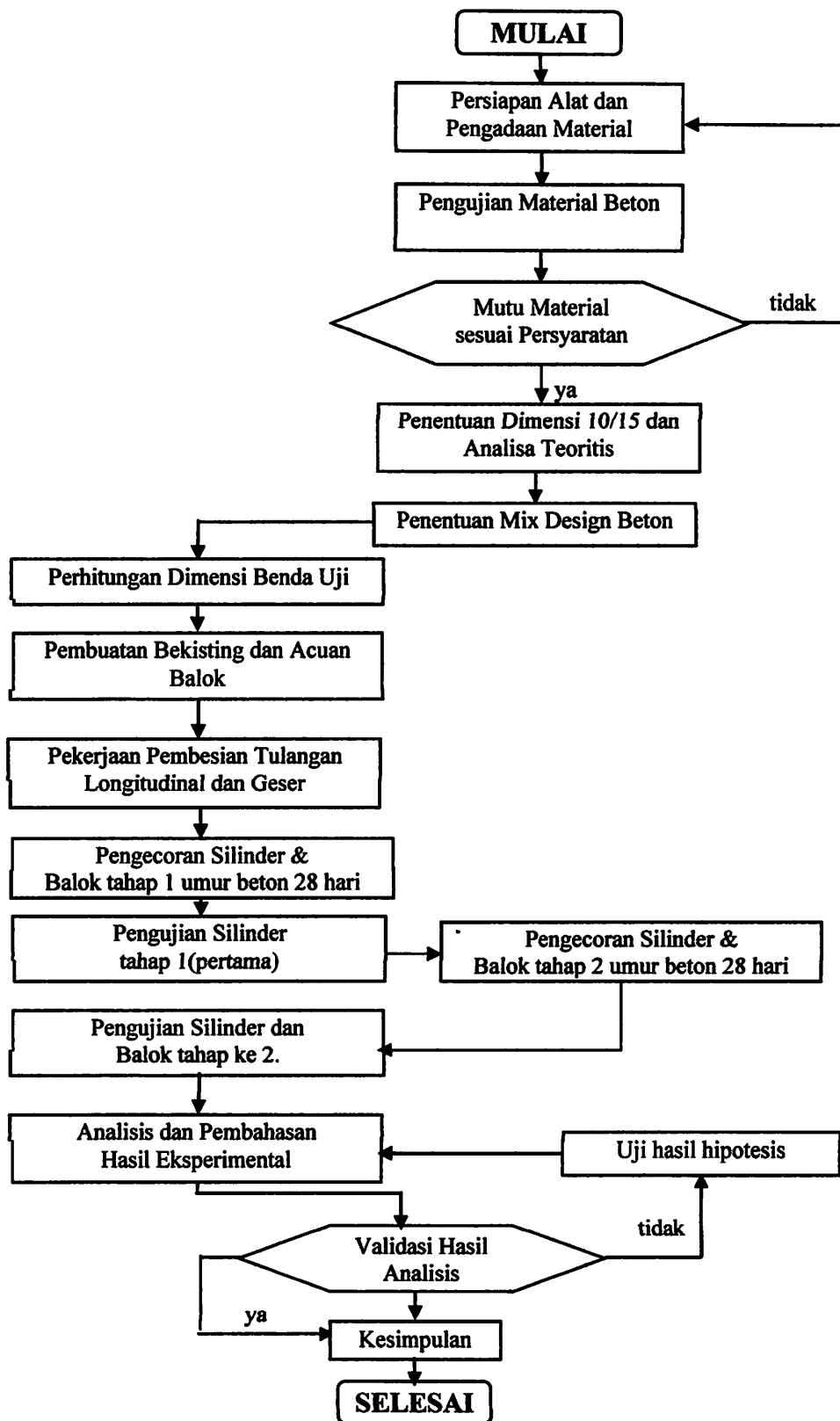
Gambar 3.2 penulangan pada jarak seper dua sambungan beton



Gambar 3.3 Proses pengujian lendutan



Gambar 3.4. Bagan alir 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. Kontrol momen
- b. Perhitungan beban

3. Analisis eksperimen

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

### **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 m<sup>3</sup> 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	Kg/m <sup>3</sup>
2	Semen	332,8	Kg/m <sup>3</sup>
3	Agregat Kasar	953,4	Kg/m <sup>3</sup>
4	Agregat halus	900,8	Kg/m <sup>3</sup>

### 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 akan dipakai dalam menganalisa data eksperimen, maka dilakukan pengujian kuat tekan beton menggunakan benda uji silinder dengan ukuran 150 x 300 mm. Pengujian dilakukan setelah beton silinder berumur 28 hari, dengan rincian ; 1 silinder untuk 1 balok tanpa sambungan (*ada 3 balok beton tanpa sambungan*) dan 5 silinder untuk 2 balok sambungan ½ bentang. 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	BTS_1	12.33	300	150	17678.571	350000	19.80
2	BTS-2	12.06	300	150	17678.571	320000	18.10
3	BTS- 3	12.66	300	150	17678.571	305000	17.25
	<b><i>Rata – rata</i></b>						<b><i>18.38</i></b>
4	1 per 2	12.33	300	150	17678.571	315000	17,82
5	1 per 2	12.33	300	150	17678.571	405000	22,93
6	1 per 2	12.15	300	150	17678.571	305000	17,25
	<b><i>Rata – rata</i></b>						<b><i>19.33</i></b>
7	1 per 2	12,17	300	150	17678.571	315000	17,82
8	1 per 2	12.07	300	150	17678.571	325000	18.38
	<b><i>Rata – rata</i></b>						<b><i>18.1</i></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 Ø 4mm

No	Spencimen	Luas	Beban Max	Tegangan Leleh	Tegangan Putus	Regangan
	Ø 4.	( mm <sup>2</sup> )	(Newto)	(fy)	(fs) Mpa	(%)
1	4.5	15.9	8761.2	510.509	550.87	27.733
2	4.5	15.9	8903.3	540.394	559.804	17.689
Rata-rata	4.5	15.9	8832.25	525.4515	555.337	22.711

Tabel 3.4 Pemeriksaan mutu baja Ø 8

No	Spencimen	Luas	Beban Max	Tegangan Leleh	Tegangan Putus	Regangan
	Ø 8	( mm <sup>2</sup> )	(Newto)	(fy)	(fs) Mpa	(%)
1	8	50.27	29591.1	408.256	558.696	144.533
2	8	50.27	25891.6	334.95	515.097	144
Rata-rata	8	50.27	27741.35	371.603	536.8965	144.2665

### 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.

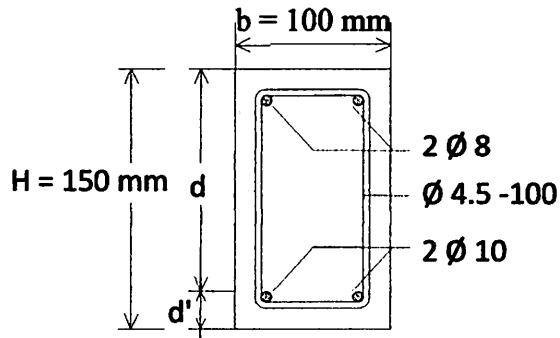
Data benda uji :

- Tipe : Beton bertulang
- Dimensi : 100 mm x 150 mm x 2000 mm

- Mutu beton ( $f_c'$ ) : 18.38 Mpa ( hasil kuat tekan )
- Mutu baja  $\varnothing 8$  ( $f_y$ ) : 371.603Mpa ( hasil uji tarik baja )
- Mutu baja  $\varnothing 4.5$  ( $f_y$ ) : 525.4515Mpa ( hasil uji tarik baja )
- Tulangan pokok :  $\varnothing 8$  mm sket 8 mm
- Tulangan sengkang :  $\varnothing 4$  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

*Gambar 3.5 Penampang balok normal*



- Data perencanaan :
- 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 - 371.603Mpa (hasil uji tarik baja)
  - Tulangan sengkang ( $f_y$ ):  $\emptyset$  4.5 mm - 525.4515Mpa ( hasil uji tarik baja )
  - $\beta_1$  : 0.85
  - q (beban merata) : b x h x Berat jenis beton
- $$= 0.1 \times 0.15 \times 2400$$
- $$= 36 \text{ Kg/m}$$
- $$= 360 \text{ N/m}$$
- $$= 0.36 \text{ N/mm}$$



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

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

$$= 18.5 \text{ mm}$$

➤  $d = h - d'$

$$= 150 - 18.5$$

$$= 131.5 \text{ mm}$$

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

$$= 2 \times \frac{1}{4} \times 3.14 \times 8^2 = 100.571$$

➤ Mencari nilai c

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

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

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

$$100.57 \cdot 371.603 \cdot c = 0.85 \cdot c^2 \cdot 100 \cdot 0.85 \cdot 18.38 + 100.57 \cdot (c - 18.5) \cdot 600$$

$$37372.645 \cdot c = 1327.955 \cdot c^2 + 60342 \cdot c - 1116342.857$$

$$0 = 1327.955 \cdot c^2 + 22970.213 \cdot c - 1116342.857 : 1327.955$$

$$0 = c^2 + 17.297 \cdot c - 840.648$$

Maka nilai  $c$  dengan rumus abc adalah :

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

$$c = \frac{-17.297 \pm \sqrt{17.297^2 - (4 \times 1 \times (-840.648))}}{2 \times 1}$$

$$c = 21.61 \text{ mm (memenuhi)}$$

$$c = -38.91 \text{ mm (tidak memenuhi)}$$

➤ Kontrol tulangan tekan

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

$$f_s' = \left(1 - \frac{18.5}{21.61}\right) \times 600$$

$$= 86.35 \leq 334.95$$

belum leleh  $f_s' \leq f_y$

➤  $a = \beta_1 \times c$

$$= 0.85 \times 21.61$$

$$= 18.37 \text{ mm}$$

$$\triangleright Cc = a \times b \times (0.85 \times fc')$$

$$= 18.37 \times 100 \times (0.85 \times 18.38)$$

$$= 28697.108 \text{ N}$$

$$\triangleright Cs = As' \times fs'$$

$$= 100.57 \times 86.35$$

$$= 8684.2195 \text{ N}$$

$$\triangleright Ts = As \times fy$$

$$= 100.57 \times 371.603$$

$$= 37372.114 \text{ N}$$

$$\triangleright Z1 = d - \frac{a}{2} = 131.5 - \frac{18.37}{2} = 122.315 \text{ mm}$$

$$\triangleright Z2 = d - d' = 131.5 - 18.5 = 113 \text{ mm}$$

$$\triangleright Mn = (Cc \times Z1) + (Cs \times Z2)$$

$$= (28697.108 \times 122.315) + (8684.2195 \times 113)$$

$$= 4491403.6 \text{ Nmm}$$

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

$$4491403.6 = \frac{1}{4} \times p \times 2000 + \frac{1}{8} \times 0.36 \times 2000^2$$

$$4491403.6 = 500 \times p + 180000$$

$$500 \times p = 4491403.6 - 180000$$

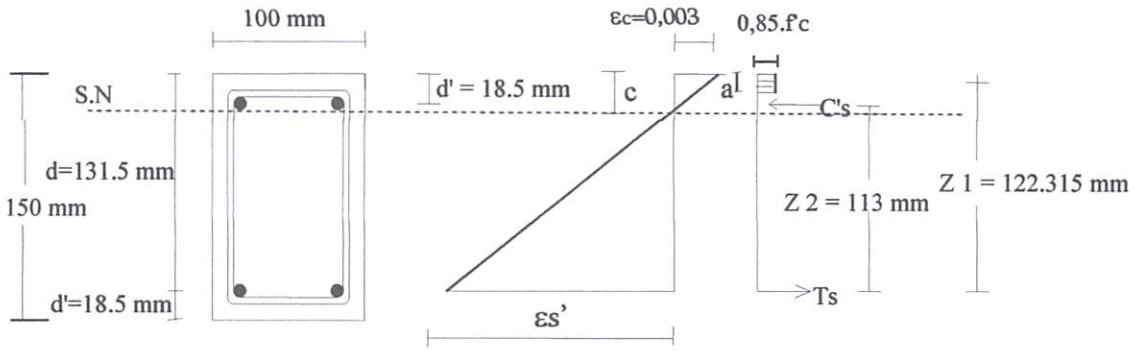
$$500p = 4311403.6$$

$$p = 8622.8071 \text{ N}$$

$$= 862.28071 \text{ Kg}$$

$$= 0.86228071 \text{ Ton}$$

Gambar 3.6 Diagram regangan dan tegangan balok normal



Tabel 3.5 hasil analisa teoritis untuk pembebanan maksimum.

No	Benda uji	Mn (Nmm)	a (mm)	b (mm)	L (mm)	q (N/mm)	Pmaks (N)	Pmaks (kg)
1	Normal	4491403.6	18.37	100	2000	0.36	8622.807	0.862281

### 3.7.2. Penulangan Geser

Data Perencanaan:

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

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

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

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

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

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

Kuat geser beton ( $V_c$ )



$$\begin{aligned}
 V_c &= \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times b \times d \\
 &= \frac{1}{6} \sqrt{18.38} \times 100 \times 113.5 \times 10^{-3} \\
 &= 8,1099348 \text{ Kg} \Leftrightarrow 810,99348 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{2} \times \emptyset \times V_c &= \frac{1}{2} \times 0,6 \times (810,9) \\
 &= 243,22980 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Karena } V_u &\geq \frac{1}{2} \times \emptyset \times V_c \\
 779,00671 &\geq 243,22980 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Maka tidak diperlukan tulangan geser

$$\begin{aligned}
 V_s \text{ min} &= \frac{1}{3} f_{cx} b \times d \\
 &= \frac{1}{3} \times 18,38 \times 100 \times 113.5 \times 10^{-3} \\
 &= 695,376 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

### 3.7.3. Perhitungan Lendutan

#### 1. Akibat beban teoritis

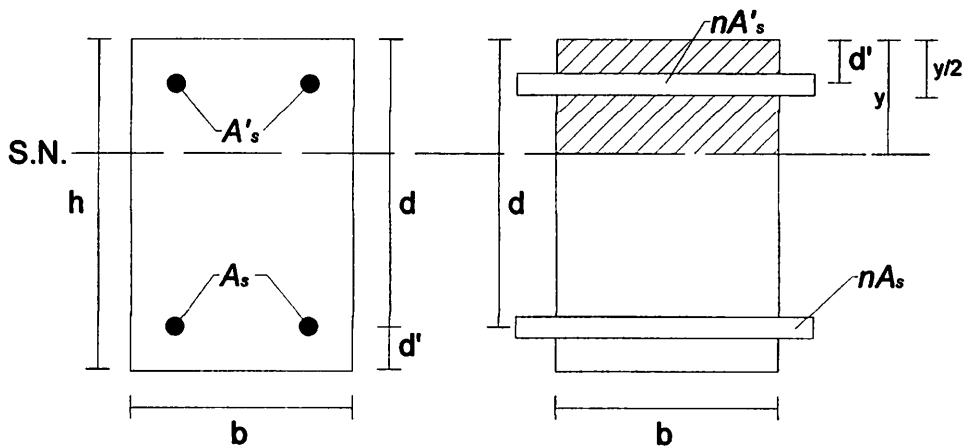
##### a. Letak garis netral penampang transformasi (c)

Data perhitungan :

$h$	$= 150 \text{ mm}$	$\emptyset_{\text{Tul. sengkang}}$	$= 4.5 \text{ mm}$
$b$	$= 100 \text{ mm}$	$\emptyset_{\text{Tul. utama}}$	$= 8 \text{ mm}$
$d_{\text{selimut}}$	$= 10 \text{ mm}$	$E_s$	$= 200000 \text{ Mpa}$

- Balok Normal

*Gambar 3.7 Penampang transformasi balok normal*



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

$$\begin{aligned} d' &= d_{\text{selimut}} + \varnothing_{\text{Tul. sengkang}} + \frac{1}{2}\varnothing_{\text{Tul. utama}} \\ &= 10 + 4.5 + \frac{1}{2}(8) = 18.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= h - d_{\text{selimut}} - \varnothing_{\text{Tul. sengkang}} - \frac{1}{2}\varnothing_{\text{Tul. utama}} \\ &= 150 - 10 - 4.5 - \frac{1}{2}(8) = 131.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Letak garis netral :

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

$$nAsd + nAs'd' + bc(1/2y) = bc^2 + nAsc + nAs'c$$

$$\frac{1}{2}bc^2 + nAs'c - nAs'd' - nAsd + nAsc = 0$$

Maka :

$$E_c = 4700\sqrt{f'_c} = 4700\sqrt{18.38} = 20149.794 \text{ MPa}$$

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

$$\frac{1}{2}(100)c^2 + 9.926 \times 100.57 \times c - 9.926 \times 100.57 \times 18.5 - 9.926 \times 100.57 \times 131.5 + 9.926 \times 100.57 \times c = 0$$

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

$$\begin{array}{r} 50c^2 + 1996.514c - 149738.673 = 0 \\ \hline c^2 + 39.93c - 2994.77 = 0 \end{array} : 50$$

Maka nilai  $c$  dengan rumus abc adalah :

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

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

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

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

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

Data perhitungan :

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

$$\begin{aligned} d' &= d_{selimut} + \emptyset_{Tul. \text{ sengkang}} + \frac{1}{2}\emptyset_{Tul. \text{ utama}} \\ &= 10 + 4.5 + \frac{1}{2}(8) = 18.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= h - d_{selimut} - \emptyset_{Tul. \text{ sengkang}} - \frac{1}{2}\emptyset_{Tul. \text{ utama}} \\ &= 150 - 10 - 4.5 - \frac{1}{2}(8) = 131.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

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

- Untuk balok beton Tanpa sambungan

$$\begin{aligned}
 I_{cr} &= 1/3 bc^3 + nAs (d - c)^2 + (n - 1)A's (d' - c)^2 \\
 &= \frac{1}{3} \times 100 \times 38.287^3 + 9.926 \times 100.57 \times (131.5 - 38.287)^2 \\
 &\quad + (9.926 - 1) \times 100.57 \times (38.287 - 18.5)^2 \\
 &= 10895633.17 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan selanjutnya di tabelkan sebagai berikut:



Tabel 3.6 Hasil analisa momen inersia penampang retak ( $I_{cr}$ )

No	Benda uji	$n$	$A_s$ ( $\text{mm}^2$ )	$A's$ ( $\text{mm}^2$ )	$b$ (m)	$d$ (m)	$d'$ (m)	$c$ (mm)	$I_{cr}$ ( $\text{mm}^4$ )
1	BN	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 :

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

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

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

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

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

$$= 1125387.433 \text{ Nmm}$$

Adapun hasil perhitungan kami tampilkan pada tabel di bawah ini.

*Tabel 3.7 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	BTS	18.38	3.001	28125000	150	75	1125387.433

e. Momen inersia efektif ( $I_e$ )

Momen inersia efektif dihitung berdasarkan rumus :

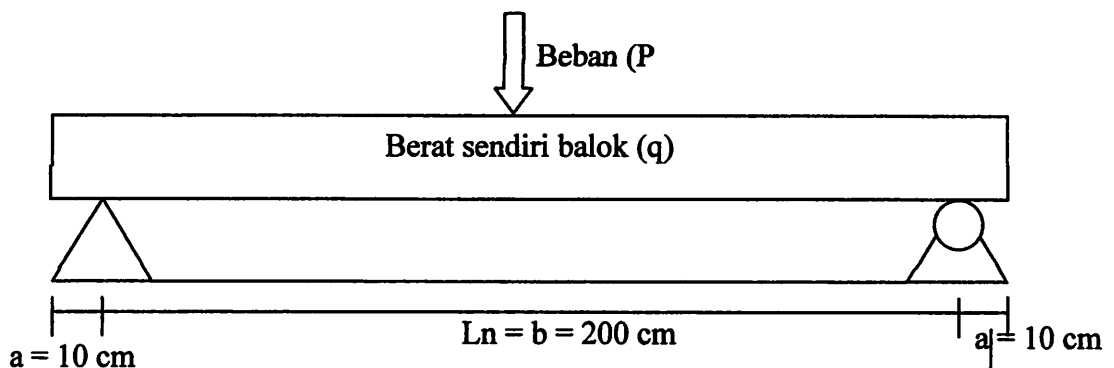
$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3\right] I_{cr} \leq I_g$$

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 4.6 pada kolom ke 10. Beban eksperimen

Gambar 3.8 Sketsa penempatan balok



a. Balok Normal

Data perhitungan :

$$E_c = 20149.794 \text{ MPa.}$$

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

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

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

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

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

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

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

$$P = 50 \text{ kg} = 50 \times 9,81 \text{ N} = 490,5 \text{ N}$$

maka :

$$M_a = (1/4 \times Pl) + (1/8 \times ql^2)$$

$$M_a = \left(\frac{1}{4} \times 490,5 \times 2000\right) + \left(\frac{1}{8} \times (0.36) \times 2000^2\right)$$

$$M_a = 245250 + 180000$$

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

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

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

Sehingga :

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

$$= \frac{490.5 \times (2000^3)}{48 \times 20149.794 \times 28125000} + \frac{5 \times 0.36 \times (2000)^4}{384 \times 20149.794 \times 28125000}$$

$$= .144 + 0.132 = 0.28 \text{ mm}$$

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

$$P = 200 \text{ kg} = 200 \times 9,81 = 1962 \text{ N}$$

maka :

$$M_a = (1/4 \times Pl) + (1/8 \times ql^2)$$

$$= (1/4 \times 2452.5 \times 2000) + (1/8 \times (0.36) \times 2000^2)$$

$$= 1226250 + 180000 = 1406250 \text{ N/mm} > M_{cr} = 1125387.433 \text{ N/mm}$$

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

$$I_e = \left(\frac{1125387.433}{1406250}\right)^3 \times 28125000 + \left[1 - \left(\frac{1125387.433}{1406250}\right)^3\right] \times 10895633.17$$

$$I_e = 19780434.14 \text{ mm}^4$$

Sehingga :

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

$$= \frac{2452.5 \times (2000^3)}{48 \times 20149.794 \times 19780434.14} + \frac{5 \times 0.36 \times (2000)^4}{384 \times 20149.794 \times 19780434.14}$$

$$= 1.025 + 0.188 = 1.21 \text{ mm}$$

Untuk perhitungan selanjutnya kami tampilkan dalam bentuk tabel pada tabel 3.8 dan hubungan antara beban-lendutannya kami tampilkan dalam grafik 3.1.





Tabel 3.8 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
2	0	0	0.36	2000	180000.00	1125387.43	11006917.97	28125000	28125000.00	20149.79	0.13
3	50	490.5	0.36	2000	425250.00	1125387.43	11006917.97	28125000	28125000.00	20149.79	0.28
4	100	981	0.36	2000	670500.00	1125387.43	11006917.97	28125000	28125000.00	20149.79	0.42
5	150	1471.5	0.36	2000	915750.00	1125387.43	11006917.97	28125000	28125000.00	20149.79	0.57
Retak awal	200	1962.00	0.36	2000	1161000.00	1125387.43	11006917.97	28125000	28125000.00	20149.79	0.71
6	250	2452.5	0.36	2000	1406250.00	1125387.43	11006917.97	28125000	19780434.14	20149.79	1.21
7	300	2943	0.36	2000	1651500.00	1125387.43	11006917.97	28125000	16423502.85	20149.79	1.71
8	350	3433.5	0.36	2000	1896750.00	1125387.43	11006917.97	28125000	14582370.44	20149.79	2.20
9	400	3924	0.36	2000	2142000.00	1125387.43	11006917.97	28125000	13489495.89	20149.79	2.68
10	450	4414.5	0.36	2000	2387250.00	1125387.43	11006917.97	28125000	12800278.39	20149.79	3.14
11	500	4905	0.36	2000	2632500.00	1125387.43	11006917.97	28125000	12344302.05	20149.79	3.59
12	550	5395.5	0.36	2000	2877750.00	1125387.43	11006917.97	28125000	12030687.27	20149.79	4.02
13	600	5886	0.36	2000	3123000.00	1125387.43	11006917.97	28125000	11807941.61	20149.79	4.44
14	650	6376.5	0.36	2000	3368250.00	1125387.43	11006917.97	28125000	11645399.49	20149.79	4.85
15	700	6867	0.36	2000	3613500.00	1125387.43	11006917.97	28125000	11524021.03	20149.79	5.25
16	750	7357.5	0.36	2000	3858750.00	1125387.43	11006917.97	28125000	11431558.42	20149.79	5.65
17	800	7848	0.36	2000	4104000.00	1125387.43	11006917.97	28125000	11359889.14	20149.79	6.04
18	850	8338.5	0.36	2000	4349250.00	1125387.43	11006917.97	28125000	11303481.79	20149.79	6.43
19	862.281	8458.98	0.36	2000	4409488.31	1125387.43	11006917.97	28125000	11291492.94	20149.79	6.53

**Keterangan pengisian kolom pada Tabel 3.8**

➤ 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 10/15 ( q ) N/mm

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

$$q = b \times h \times 2400$$

*dimana :      b = lebar balok (mm)*

*h = Tebal balok (mm)*

*2400 = berat beton normal (Kg/m<sup>3</sup>)*

➤ Kolom 5

Panjang Balok ( L ) mm

➤ Kolom 6

Momen ( M ) Nmm. ( Nomor Urut 2 )

$$\frac{1}{8} \times q \times l^2$$

Momen ( M ) Nmm. ( Nomor Urut 3 s/d 17 )

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

Dimana :  $q$  = Beban merata (N/mm)

$P$  = Beban Terpusat (N)

$l$  = Panjang Balok (mm)

➤ Kolom 7

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

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

Dimana :

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

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

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

$f_r$  = Modulus keruntuhan lentur beton ( Mpa)

$I_g$  = Momen inersia penampang bruto beton terhadap garis sumbu, dengan pengabaikan tulangan ( $\text{mm}^4$ )

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

$h =$  Tinggi balok (mm)

➤ Kolom 8

Momen inersia penampang retak transformasi ( $I_{cr}$ ) mm<sup>4</sup>

$$I_{cr} = 1/3 bc^3 + nAs(d - c)^2 + (n - 1)A's(d' - c)^2$$

➤ Kolom 9

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

$$I_g = bh^3/12$$

Dimana:  $b =$  lebar balok (mm)

$h =$  tebal balo (mm)

➤ Kolom 10

Momen inersia efektif ( $I_e$ ) mm<sup>4</sup> ( Nomor urut 2 s/d 5 )

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

Momen inersia efektif ( $I_e$ ) mm<sup>4</sup> ( Nomor urut 6 s/d 17 )

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

Dimana :

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

$M$  = Momen (Nmm)

$I_g$  = Momen inersia penampang bruto beton terhadap garis sumbu, dengan pengabaikan tulangan ( $mm^4$ )

$I_{cr}$  = Perhitungan momen inersia penampang retak transformasi balok ( $mm^4$ )

➤ Kolom 11

Modulus Elastisitas Beton ( $E_c$ ) MPa

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

Dimana :  $f'_c$  = Kuat tekan beton (Mpa)

➤ Kolom 12

Defleksi yang terjadi pada balok ( $\Delta$ ) mm ( Nomor urut 2 )

$$\Delta = \frac{5ql^4}{384E_cI_e}$$

Defleksi yang terjadi pada blok ( $\Delta$ ) mm ( Nomor urut 3 s/d 17 )

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

Dimana  $\Delta$  = Lendutan (mm)

$P$  = Beban terpusat (Kg)

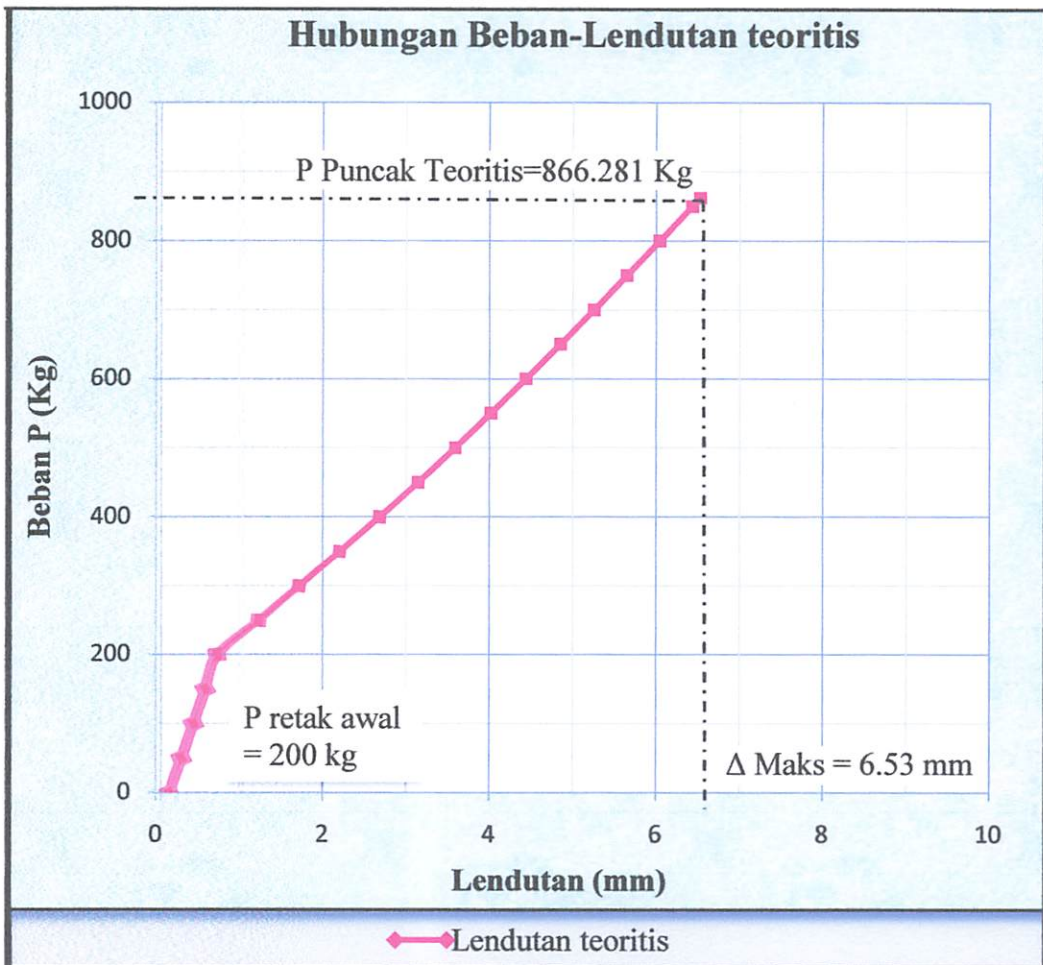
$l_n$  = Panjang balok ( mm)

$E_c$  = Modulus elastisitas beton ( Mpa)

$I_e$  = Momen inersia efektif untuk perhitungan  
Lendutan

$q$  = Berat beban merata balok 10/15 ( N/mm)

Grafik 3.1 hubungan beban – lendutan teoritis



Kurva 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 3.8 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.

### 3.7.4. Perhitungan Kekuatan Lentur

#### Balok teoritis

Data perencanaan : Panjang balok (l) = 2000 mm

Beban merata 10/15 (q) = 0.36 N/mm

$$\begin{aligned}
 M_2 &= \frac{1}{8} \times q \times l^2 + \frac{1}{4} \times p \times l \\
 &= \frac{1}{8} \times 0.36 \times 2000^2 + \frac{1}{4} \times 490.5 \times 2000 \\
 &= 425250 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$



Untuk perhitungan selanjutnya, dilampirkan pada tabel 3.9

Tabel 3.9. Kuat Lentur Teoritis

No	Beban (P) (Kg)	Beban (P) (N)	q (N/mm)	L (mm)	Kuat Lentur (Nmm)	Δ (mm)
1	2	3	4	5	6	7
2	0	0.0	0.36	2000	180000.00	0.13
3	50	490.5	0.36	2000	425250.00	0.28
4	100	981.0	0.36	2000	670500.00	0.42
5	150	1471.5	0.36	2000	915750.00	0.57
6	200	1962.0	0.36	2000	1161000.00	0.71
7	250	2452.5	0.36	2000	1406250.00	1.21
8	300	2943.0	0.36	2000	1651500.00	1.71
9	350	3433.5	0.36	2000	1896750.00	2.20
10	400	3924.0	0.36	2000	2142000.00	2.68

11	450	4414.5	0.36	2000	2387250.00	3.14
12	500	4905.0	0.36	2000	2632500.00	3.59
13	550	5395.5	0.36	2000	2877750.00	4.02
14	600	5886.0	0.36	2000	3123000.00	4.44
15	650	6376.5	0.36	2000	3368250.00	4.85
16	700	6867.0	0.36	2000	3613500.00	5.25
17	750	7357.5	0.36	2000	3858750.00	5.65
18	800	7848	0.36	2000	4104000.00	6.04
19	850	8339	0.36	2000	4349250.00	6.43
20	862	8459	0.36	2000	4409488.31	6.53

Keterangan pengisian kolom pada Tabel 3.9.

➤ Kolom 1

Nomor urut.

➤ Kolom 2

Beban ( P ) Kg

➤ Kolom 3

Beban merata ( q ) Kg/mm

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

*dimana : b = Lebar balok (mm)*

*h = Tebal balok (mm)*

➤ Kolom 4

Panjang balok ( l ) mm

➤ Kolom 5

Kuat Lentur ( M ) Kgmm

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



Dimana:  $q$  = Beban merata (Kg/mm)  
 $l$  = Panjang balok (mm)  
 $P$  = *Beban terpusat (Kg)*

➤ Kolom 6

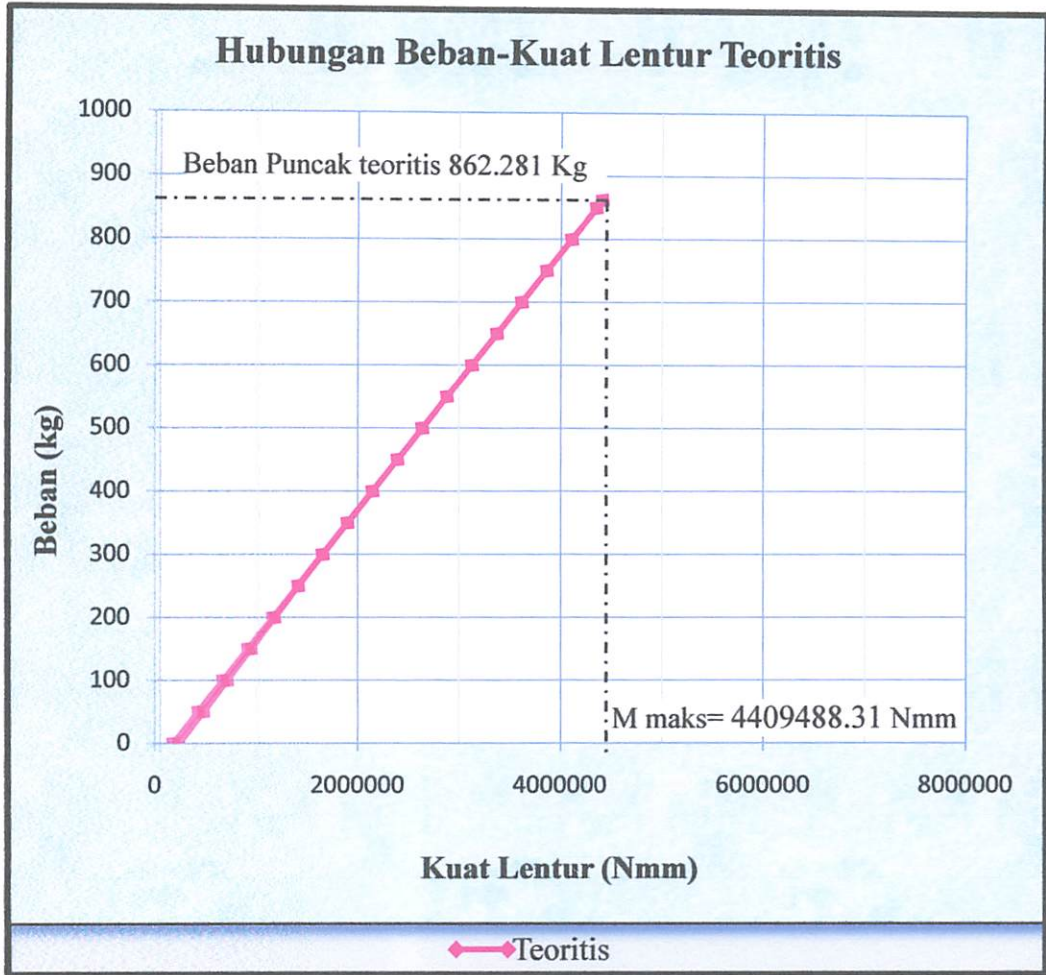
Defleksi yang terjadi pada balok ( $\Delta$ ) mm

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

Dimana  $\Delta$  = *Lendutan (mm)*  
 $P$  = *Beban terpusat (Kg)*  
 $l_n$  = *Panjang balok (mm)*  
 $E_c$  = *Modulus elastisitas beton (Mpa)*  
 $I_e$  = *Momen inersia efektif untuk perhitungan Lendutan*  
 $q$  = *Berat beban merata balok 10/15 (N/mm)*

Kurva momen - lendutan balok beton yang terlihat pada grafik 3.2 di bawah ini adalah hasil analisa teoritis yang digambarkan dengan cara menghubungkan angka-angka pada Tabel 3.9 yaitu angka-angka pada kolom 6 untuk arah horisontal (Kuat lentur) dan kolom 2 untuk arah vertikal (Beban P).

Grafik 3.2. Hubungan Beban – Kuat lentur teoritis



### 3.7.5. Perhitungan Kekuatan Geser ( $V_u$ )

Data perencanaan : Panjang balok ( $l$ ) = 2000 mm

Beban merata 10/15 ( $q$ ) = 0.36 N/mm

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

$$= \left( \frac{1}{2} \times 490.5 + \frac{1}{2} \times 0.36 \times 2000 \right)$$

$$= 605.25 \text{ N}$$

Untuk perhitungan selanjutnya, dilampirkan pada *tabel 3.10*.

Tabel 3.10 Kuat Geser Teoritis

No	Beban ( Kg )	Beban (P) (N)	q (N/mm)	L (mm)	Kuat Geser (N)	$\Delta$ (mm)
1	2	3	4	5	6	7
1	0	0.0	0.36	2000	360	0.13
2	50	490.5	0.36	2000	605.25	0.28
3	100	981.0	0.36	2000	850.5	0.42
4	150	1471.5	0.36	2000	1095.75	0.57
5	200	1962.0	0.36	2000	1341	0.71
6	250	2452.5	0.36	2000	1586.25	1.21
7	300	2943.0	0.36	2000	1831.5	1.71
8	350	3433.5	0.36	2000	2076.75	2.20
9	400	3924.0	0.36	2000	2322	2.68
10	450	4414.5	0.36	2000	2567.25	3.14
11	500	4905.0	0.36	2000	2812.5	3.59
12	550	5395.5	0.36	2000	3057.75	4.02
13	600	5886.0	0.36	2000	3303	4.44
14	650	6376.5	0.36	2000	3548.25	4.85
15	700	6867.0	0.36	2000	3793.5	5.25
16	750	7357.5	0.36	2000	4038.75	5.65
17	800	7848.0	0.36	2000	4284	6.04
18	850	8338.5	0.36	2000	4529.25	6.43
19	862.281	8459.0	0.36	2000	4589.488	6.53

pengisian kolom pada Tabel 3.10

➤ Kolom 1

No urut

➤ Kolom 2

Beban ( P ) Kg

➤ Kolom 3

Beban merata (  $q$  ) Kg/mm

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

➤ Kolom 4

Panjang balok (  $l$  ) mm

➤ Kolom 5

Kuat geser balok (  $V_u$  ) Kg

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

Dimana  $P$  = Beban terpusat ( Kg)

$q$  = Berat merata balok 10/15 ( N/mm)

➤ Kolom 6

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

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

Dimana  $\Delta$  = Lendutan ( mm)

$P$  = Beban terpusat ( Kg)

$l_n$  = Panjang balok ( mm)

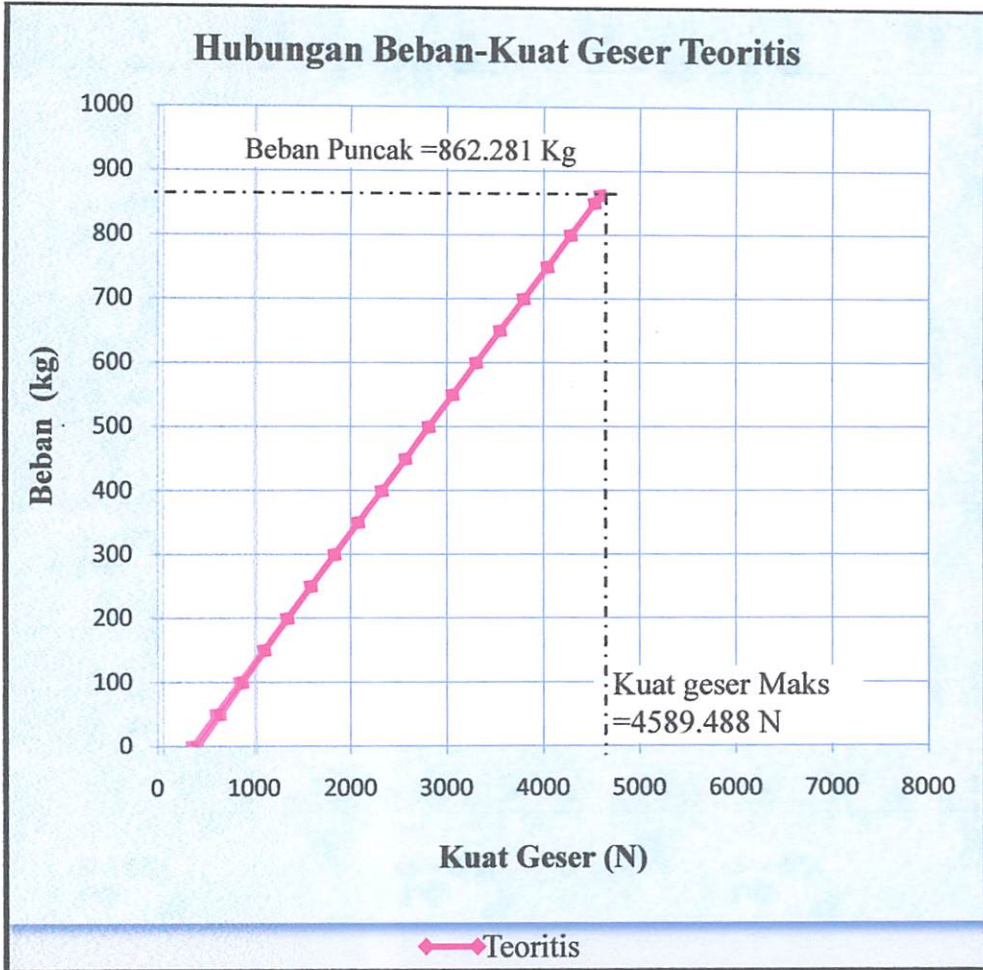
$E_c$  = Modulus elastisitas beton ( Mpa)

$I_e$  = Momen inersia efektif untuk perhitungan

Lendutan

$q$  = Berat merata balok 10/15 ( N/mm)

Grafik 3.3 hubungan Beban- Kuat Geser teoritis



Kurva geser - lendutan balok beton yang terlihat pada grafik 3.3 di atas ini adalah hasil analisa teoritis yang digambarkan dengan cara menghubungkan angka-angka pada Tabel 3.10 yaitu angka-angka pada kolom 2 untuk arah horisontal (Beban P) dan kolom 6 untuk arah vertikal (Kuat geser).

### 3.7.6. Retak awal

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

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

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

$p$  = Beban terpusat (N)

$l$  = Panjang balok (mm)

$q$  = Berat merata balok 10/15 (N/mm)

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 :

$$\begin{aligned} P &= 4 \times (M_{cr} - 1/8ql^2)/l_n \\ &= (4 \times (1125387.433 - (1/8 \times (0.36) \times 2000^2)))/2000 \\ &= 1962 \text{ N} \end{aligned}$$

Pada keseluruhan balok, secara teoritis retak awal terjadi pada saat beban yang bekerja sebesar 1962 N.

### 3.7.7. Perhitungan 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 :

$$\begin{aligned} b &= 100 \text{ mm} & \varnothing_{\text{Tul. utama}} &= 8 \text{ mm} \\ h &= 150 \text{ mm} & \varnothing_{\text{Tul. sengkang}} &= 4.5 \text{ mm} \\ f_y &= 334.95 \text{ MPa} & d_{\text{selimut}} &= 10 \text{ mm} \\ d &= h - d_{\text{selimut}} - \varnothing_{\text{Tul. sengkang}} - 1/2 \varnothing_{\text{Tul. utama}} \\ &= 150 - 10 - 4.5 - 1/2(8) = 131.5 \text{ mm} \\ d_c &= d_{\text{selimut}} + \varnothing_{\text{Tul. sengkang}} + 1/2 \varnothing_{\text{Tul. utama}} \\ &= 10 + 4.5 + 1/2(8) = 18.5 \text{ mm} \\ f_s &= 60\% f_y = 60\% (334.95) = 200.97 \text{ MPa} \\ c &= \text{Letak garis netral diukur dari serat tekan terluar. Nilainya diambil dari} \\ &\text{perhitungan momen yaitu } 20.65 \text{ mm} \\ \beta &= (h-c)/(d-c) \\ &= (150-20.65)/(131.5-20.65) \\ &= 1.167 \\ A &= \frac{bh_r}{\text{jumlah tulangan baja}} \end{aligned}$$

Dimana :

$$hr = 2d_c = 2 \times 18.5 = 37 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan baja daerah tarik = 2 buah

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

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

$$\begin{aligned} \omega &= 11 \times 10^{-6} 1.167 * 200.97 \sqrt[3]{18.5 * 1850} \\ &= 0.083 \text{ mm} \end{aligned}$$



## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Analisis Eksperimen

##### 4.1.1. Balok beton bertulang tanpa sambungan

###### 1. Balok beton bertulang tanpa sambungan A

Proses pengujian kuat lentur terhadap benda uji balok BTS A, yaitu balok diberikan 2 buah tumpuan sendi dengan jarak 2,2 m. Masing – masing tumpuan diletakkan sejauh 0.1 m dari ujung balok. Kemudian balok diberikan beban terpusat ( $P$ ) secara konstan dengan kenaikan 50 Kg tiap pembebanan. Pembebanan dilakukan secara kontinyu hingga balok mengalami lenturan maksimal akibat beban puncak.

Mekanisme keruntuhan balok beton bertulang tanpa sambungan (BTS-A) diawali dengan terjadinya retak arah vertikal balok pada saat beban mencapai  $P=200\text{ Kg}$  dengan besar defleksi  $\Delta = 0.78\text{ mm}$ , kemudian lebar retak bertambah seiring dengan penambahan beban tekan  $P$  hingga beban puncak  $P = 1100\text{ Kg}$  dengan besar defleksi  $\Delta = 8,95\text{ mm}$ . 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 menjadi  $P = 1060\text{ Kg}$  dengan besar defleksi  $\Delta = 8,95\text{ mm}$ . Untuk selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Data hasil eksperimen Balok beton bertulang tanpa sambungan

(BTS-A)

Benda uji		BTS-A	
Tanggal pengujian		11/2/2013	
Tul. Tekan		2Ø8	
No.	Beban (Kg)	Bacaan MVD	Defleksi (mm)
1	2	3	4
2	0	0	0
3	50	21	0.21
4	100	32	0.32
5	150	45	0.45
6	200 retak awal	62	0.62
7	250	105	1.05
8	300	158	1.58
9	350	198	1.98
10	400	255	2.55
11	450	298	2.98
12	500	352	3.52
13	550	395	3.95
14	600	454	4.54
15	650	494	4.94
16	700	549	5.49
17	750	594	5.94
18	800	640	6.40
19	850	692	6.92
20	900	728	7.28
21	950	765	7.65
22	1000	798	7.98
23	1050	839	8.39
24	1100	895	8.95
25	1090	1002	10.02
26	1080	1017	10.17
27	1070	1024	10.24
28	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

✓ Defleksi yang terjadi pada balok (  $\Delta$  ) mm ( Nomor urut 2 )

$$\Delta = \frac{5ql^4}{384E_c I_e}$$

*Dimana*       $\Delta$       = *Lendutan ( mm )*

*L*              = *Panjang balok ( mm )*

*E<sub>c</sub>*            = *Modulus elastisitas beton ( Mpa )*

*I<sub>e</sub>*            = *Momen inersia efektif untuk perhitungan*

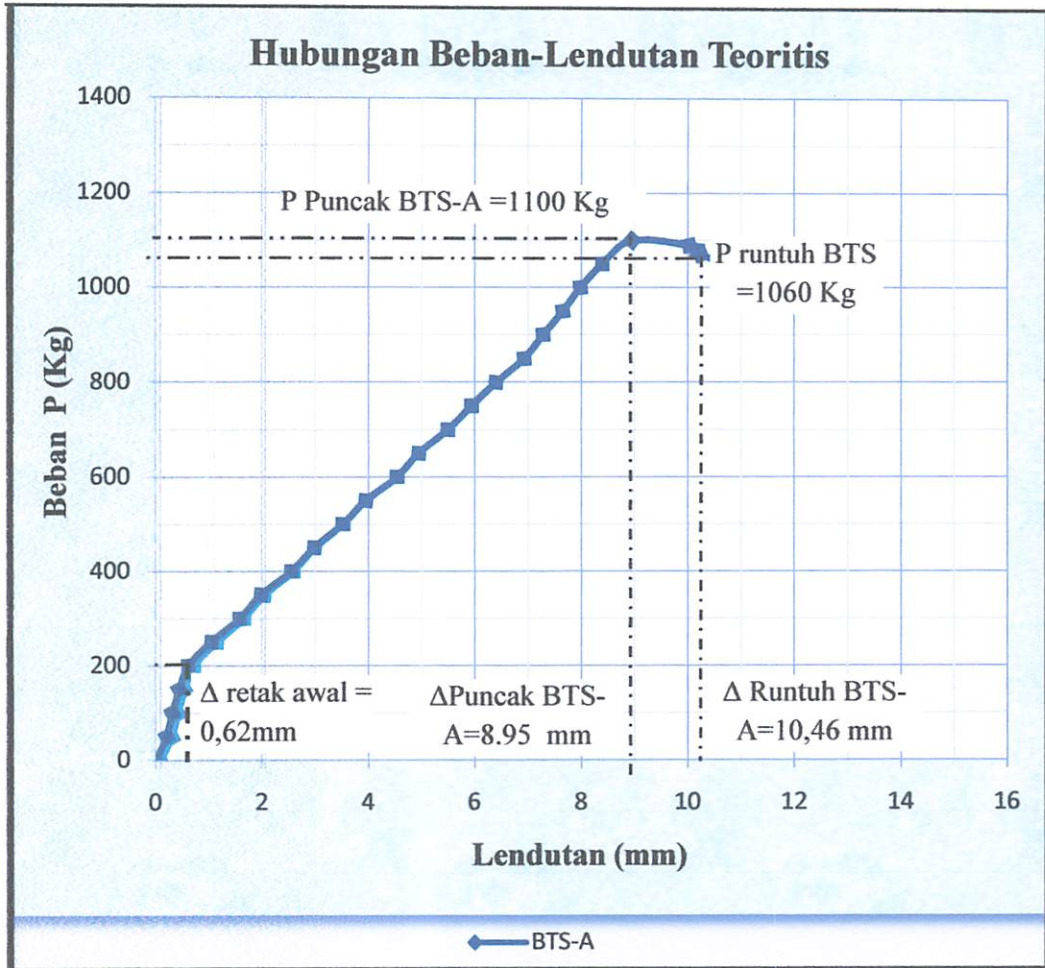
*Lendutan*

*q*             = *Berat merata balok 10/15 ( N/mm )*

✓ Defleksi yang terjadi pada balok (  $\Delta$  ) mm ( Nomor urut 3 s/d 28 )

$$\Delta = ((\text{Bacaan MVD nomor urut 3} - \text{Bacaan MVD nomor urut (2)}) \times 0.01 + \text{Defleksi Nomor urut 2})$$

Grafik 4.1. Hubungan beban – lendutan (BTS-A)



Kurva beban-lendutan Balok beton bertulang tanpa sambungan (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).

Gambar 4.1. Pengujian Kuat lentur Balok beton bertulang tanpa sambungan

(BTS-A)



gambar ini diambil pada saat beban telah melewati beban puncak  $P = 1100$  Kg dan beban tekan tetap diberikan hingga beban turun menjadi  $P = 1060$  Kg.

## 2. Beton bertulang tanpa sambungan (BTS-B)

Proses pengujian kuat lentur terhadap benda uji balok BTS B, yaitu balok diberikan 2 buah tumpuan sendi dengan jarak 2,2 m. Masing – masing tumpuan diletakkan sejauh 0.1 m dari ujung balok. Kemudian balok diberikan beban terpusat (P) secara konstan dengan kenaikan 50 Kg tiap pembebanan. Pembebanan dilakukan secara kontinyu hingga balok mengalami lenturan maksimal akibat beban puncak.

Mekanisme keruntuhan Balok beton bertulang tanpa sambungan (BTS-B) diawali dengan terjadinya retak arah vertikal balok pada saat beban mencapai  $P=100$  Kg dengan besar defleksi  $\Delta = 0.38$  mm, kemudian lebar retak bertambah seiring dengan penambahan beban

tekan  $P$  hingga beban puncak  $P = 1070 \text{ Kg}$  dengan besar defleksi  $\Delta = 9,99 \text{ mm}$ . 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 menjadi  $P = 960 \text{ Kg}$  dengan besar defleksi  $\Delta = 11.78 \text{ mm}$ . Untuk selengkapnya dapat dilihat pada grafik 4.2.

Tabel 4.2. Data hasil eksperimen Balok beton bertulang tanpa sambungan

(BTS-B)

Benda uji		BTS-B	
Tanggal pengujian		11/2/2013	
Tul. Tekan		2Ø8	
No.	Beban (Kg)	Bacaan MVD	Defleksi (mm)
1	2	3	4
2	0	0	0.00
3	50	24	0.24
4	100	38	0.38
5	150	68	0.68
6	200	84	0.84
7	250	132	1.32
8	300	179	1.79
9	350	225	2.25
10	400	275	2.75
11	450	328	3.28
12	500	372	3.72
13	550	424	4.24
14	600	465	4.65
15	650	525	5.25
16	700	580	5.80
17	750	625	6.25
18	800	660	6.60

19	850	722	7.22
20	900	749	7.49
21	950	799	7.99
22	1000	839	8.39
23	1050	869	8.69
24	1070	999	9.99
25	1020	1119	11.19
26	1000	1142	11.42
27	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

- Defleksi yang terjadi pada balok (  $\Delta$  ) mm ( Nomor urut 2 )

$$\Delta = \frac{5ql^4}{384E_cI_e}$$

Dimana  $\Delta$  = Lendutan ( mm )

$l$  = Panjang balok ( mm )

$E_c$  = Modulus elastisitas beton ( Mpa )

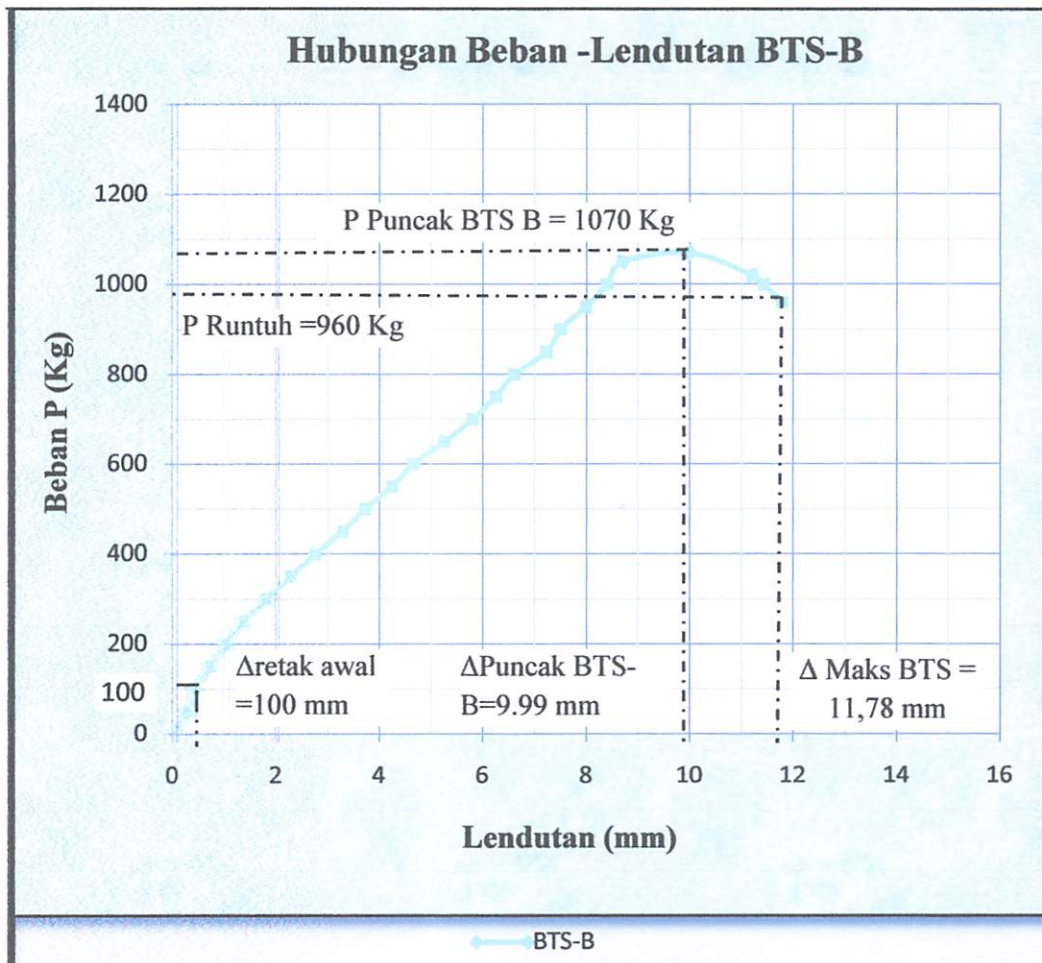
$I_e$  = Momen inersia efektif untuk perhitungan

Lendutan

$q$  = Berat merata balok 10/15 (N/mm)

- Defleksi yang terjadi pada balok ( $\Delta$ ) mm ( Nomor urut 4s/d 27 )  $\Delta$  = Bacaan MVD nomor urut 3 - Bacaan MVD nomor urut 2 x 0.01 + Defleksi Nomor urut 2

Grafik 4.2. Hubungan beban – lendutan (BTS-B)





Kurva beban - lendutan Balok beton bertulang tanpa sambungan (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).

*Gambar 4.2. Pengujian Kuat lentur Balok beton bertulang tanpa sambungan (BTS-B- B)*



Gambar ini diambil pada saat beban telah melewati beban puncak  $P = 1070$  Kg dan beban tekan tetap diberikan hingga beban turun menjadi  $P = 960$ .

### **3. Balok beton bertulang tanpa sambungan (BTS-C)**

Proses pengujian kuat lentur terhadap benda uji balok BTS C, yaitu balok diberikan 2 buah tumpuan sendi dengan jarak 2,2 m. Masing – masing tumpuan diletakkan sejauh 0.1 m dari ujung balok. Kemudian balok diberikan beban terpusat (P) secara konstan dengan

kenaikan 50 Kg tiap pembebanan. Pembebanan dilakukan secara kontinyu hingga balok mengalami lenturan maksimal akibat beban puncak.

Mekanisme keruntuhan Balok beton bertulang tanpa sambungan (BTS-C) diawali dengan terjadinya retak arah vertikal balok pada saat beban mencapai  $P=150 \text{ Kg}$  dengan besar defleksi  $\Delta = 0.51 \text{ mm}$ , kemudian lebar retak bertambah seiring dengan penambahan beban tekan  $P$  hingga beban puncak  $P = 1150 \text{ Kg}$  dengan besar defleksi  $\Delta = 8,30 \text{ mm}$ . 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 menjadi  $P = 1080 \text{ Kg}$  dengan besar defleksi  $\Delta = 11.38 \text{ mm}$ . Untuk selengkapnya dapat dilihat pada grafik 4.3.

*Tabel 4.3 Data hasil eksperimen Balok beton bertulang tanpa sambungan (BTS-C)*

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



8	300	155	1.55
9	350	215	2.15
10	400	265	2.65
11	450	310	3.10
12	500	355	3.55
13	550	398	3.98
14	600	442	4.42
15	650	490	4.90
16	700	545	5.45
17	750	598	5.98
18	800	650	6.50
19	850	690	6.90
20	900	725	7.25
21	950	768	7.68
22	1000	800	8.00
23	1050	830	8.30
24	1100	864	8.64
25	1150	976	9.76
26	1090	1125	11.25
27	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

- Defleksi yang terjadi pada balok (  $\Delta$  ) mm ( Nomor urut 2 )

$$\Delta = \frac{5ql^4}{384E_c I_e}$$

*Dimana*       $\Delta$       = *Lendutan (mm)*

*l*              = *Panjang balok (mm)*

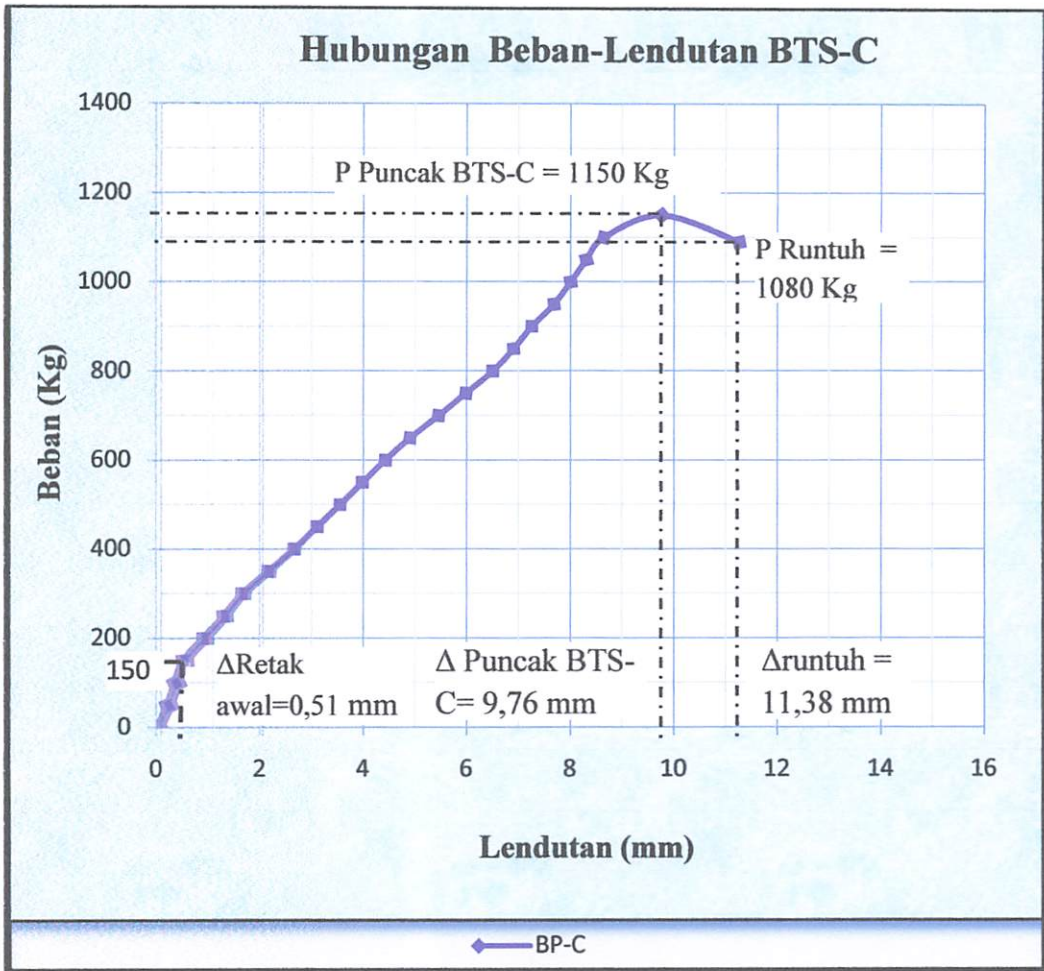
*E<sub>c</sub>*          = *Modulus elastisitas beton (Mpa)*

*I<sub>e</sub>*          = *Momen inersia efektif untuk perhitungan  
Lendutan*

*q*            = *Berat merata balok 10/15 (N/mm)*

- Defleksi yang terjadi pada balok (  $\Delta$  ) mm ( Nomor urut 3 s/d 27 )  $\Delta =$  Bacaan MVD nomor urut 3 - Bacaan MVD nomor urut 2 ) x 0.01) + Defleksi Nomor urut 2

Grafik 4.3 Hubungan beban – lendutan Balok beton bertulang tanpa sambungan (BTS-C)



Kurva beban - lendutan Balok beton bertulang tanpa sambungan (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).

Gambar 4.3 Pengujian Kuat lentur ( BTS-C)



gambar ini diambil pada saat beban telah melewati beban puncak  $P = 1150 \text{ Kg}$  dan beban tekan tetap diberikan hingga beban turun menjadi  $P = 1080 \text{ Kg}$

#### 4. Rata – rata balok beton bertulang tanpa sambungan ( BTS )

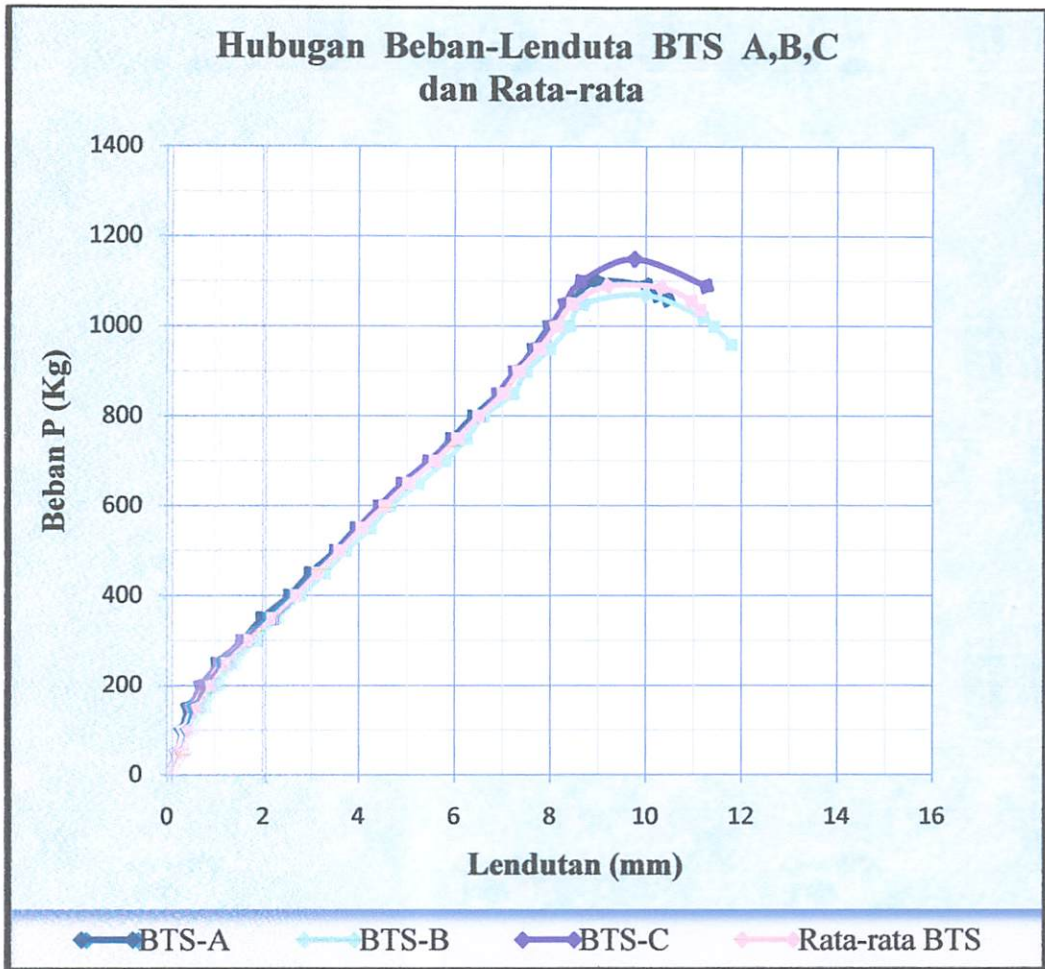
Tabel 4.4 Hubungan Beban Lentutan BTS (A,B,C) dan Rata – rata

No.	Beban (Kg)			Defleksi (mm)			Rata-rata (BTS)	
	BTS A	BTS B	BTS C	BTS A	BTS B	BTS C	Beban (kg)	Defleksi (mm)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	0	0	0	0	0	0	0	0
3	50	50	50	0.21	0.24	0.20	50	0.22
4	100	100	100	0.32	0.38	0.35	100	0.35
5	150	150	150	0.45	0.68	0.51	150	0.55
6	200	200	200	0.78	0.98	0.70	200	0.82
7	250	250	250	1.05	1.32	1.09	250	1.15
8	300	300	300	1.58	1.79	1.55	300	1.64

9	350	350	350	1.98	2.25	2.15	350	2.13
10	400	400	400	2.55	2.75	2.65	400	2.65
11	450	450	450	2.98	3.28	3.10	450.	3.12
12	500	500	500	3.52	3.72	3.55	500.	3.60
13	550	550	550	3.95	4.24	3.98	550	4.06
14	600	600	600	4.54	4.65	4.42	600	4.54
15	650	650	650	4.94	5.25	4.90	650	5.03
16	700	700	700	5.49	5.80	5.45	700	5.58
17	750	750	750	5.94	6.25	5.98	750	6.06
18	800	800	800	6.40	6.60	6.50	800	6.50
19	850	850	850	6.92	7.22	6.90	850	7.01
20	900	900	900	7.28	7.49	7.25	900	7.34
21	950	950	950	7.65	7.99	7.68	950	7.77
22	1000	1000	1000	7.98	8.39	8.00	1000	8.12
23	1050	1050	1050	8.39	8.69	8.30	1050	8.46
24	1100	1070	1100	8.95	9.99	8.64	1090.	9.19
25	1090	1020	1150	10.02	11.19	9.76	1086.67	10.32
26	1080	1000	1090	10.17	11.42	11.25	1056.67	10.95
27	1070	960	1080	10.24	11.78	11.38	1036.67	11.13

Hasil eksperimen yang diperoleh adalah besar beban tekan ( $P$ ) dan besar defleksi yang diukur menggunakan alat LVDT dan dilakukan pembacaan nilai defleksi menggunakan alat MVD amplifier. Hasil eksperimen dan tabel angka-angka hasil pengamatan dapat dilihat pada tabel 4.4 di atas.

Grafik 4.4 hubungan beban – lendutan Balok beton bertulang tanpa sambungan A,B,C dan Rata-rata



Kurva beban - lendutan Balok beton bertulang tanpa sambungan rata-rata dan (BTS-A, BTS-B, BTS-C) yang terlihat pada Grafik 4.4 di atas ini 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 rataa-rata) dan kolom 8 untuk arah vertikal (Beban rata-rata).



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

Kurva hasil analisa eksperimen Balok beton bertulang tanpa sambungan A mempunyai nilai Beban (  $P$  ) maksimum sebesar 1100 Kg dan mengalami penurunan beban hingga 1060 Kg, dengan nilai defleksi maksimum sebesar 10.24 mm.

Kurva hasil analisa eksperimen Balok beton bertulang tanpa sambungan B mempunyai nilai Beban (  $P$  ) maksimum sebesar 1070 Kg dan mengalami penurunan beban hingga 960 Kg, dengan nilai defleksi maksimum sebesar 11.78 mm.

Kurva hasil analisa eksperimen Balok beton bertulang tanpa sambungan C mempunyai nilai Beban (  $P$  ) maksimum sebesar 1150 Kg dan mengalami penurunan beban hingga 1060 Kg, dengan nilai defleksi maksimum sebesar 11.38 mm.

Dari penggabungan kurva diatas terjadi perhimpitan antar balok beton tanpa sambungan A,B,C dan balok tanpa sambungan rata-rata dan memiliki sudut yang hampir sama pula tetapi pada beban terjadi perbedaan yaitu balok tanpa sambungan C lebih besar jika dibandingkan dengan Balok tanpa sambungan A,B dan rata-rata balok tanpa sambungan, sedangkan pada lendutan balok tanpa

sambungan B lebih besar dan memiliki daktalitas yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan balok tanpa sambungan A,C dan rata-rata.

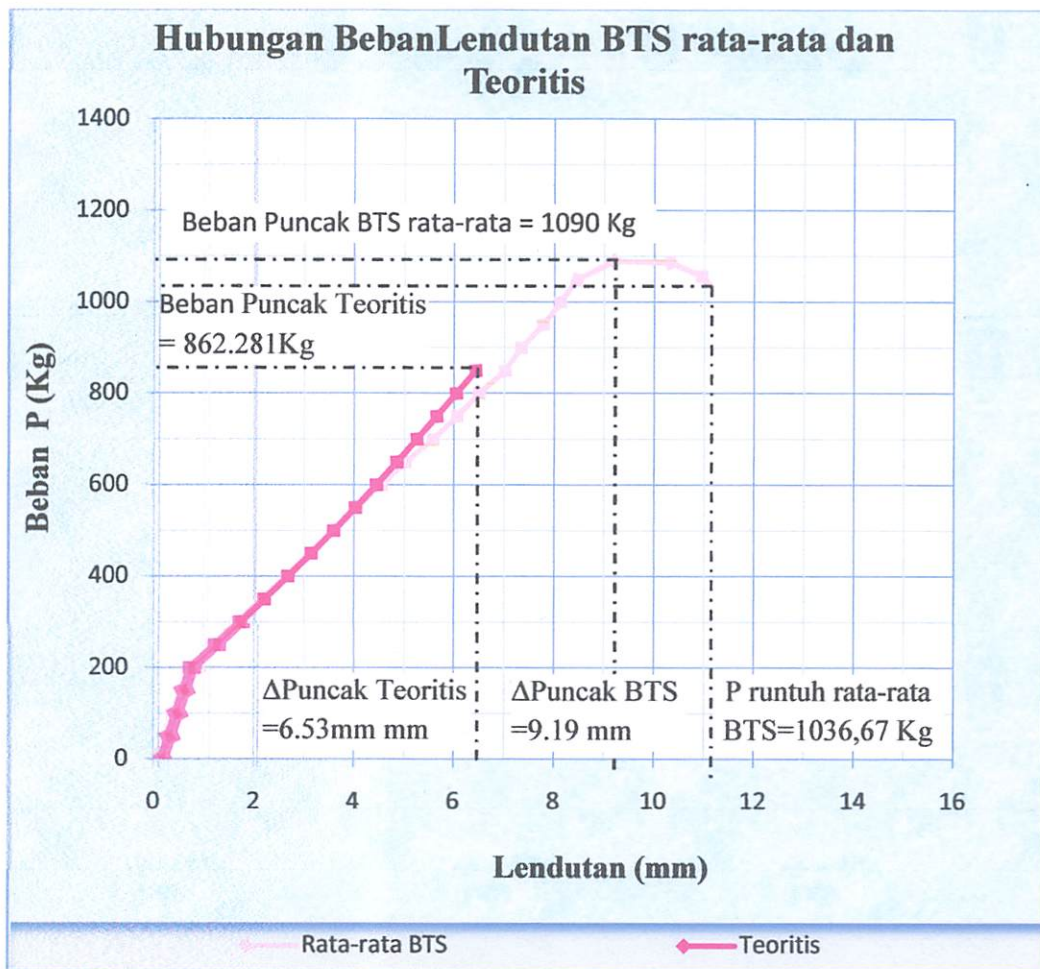
**5. Penggabungan Teoritis dan Balok beton bertulang tanpa sambungan (BTS) rata-rata**

*Tabel 4.5 hubungan beban – lendutan Balok beton bertulang tanpa sambungan( BTS) ,rata-rata dan Teoritis*

No.	Beban (Kg)		Defleksi (mm)	
	Rata-rata BTS	Teoritis	Rata-rata (BTS)	Teoritis
1	2	3	4	5
2	0	0	0	0.13
3	50	50	0.22	0.28
4	100	100	0.35	0.42
5	150	150	0.55	0.57
6	200	200	0.82	0.71
7	250	250	1.15	1.21
8	300	300	1.64	1.71
9	350	350	2.13	2.20
10	400	400	2.65	2.68
11	450	450.	3.12	3.14
12	500	500.	3.60	3.59
13	550	550	4.06	4.02
14	600	600	4.54	4.44
15	650	650	5.03	4.85
16	700	700	5.58	5.25
17	750	750	6.06	5.65
18	800	800	6.50	6.04
19	850	850	7.01	6.43
20	900	862.281	7.34	6.53
21	950		7.77	
22	1000		8.12	
23	1050		8.46	
24	1090		9.19	

25	1086.667		10.32
26	1056.666667		10.95
27	1036.666667		11.13

Grafik 4.5. Hubungan Beban-Lendutan Balok beton bertulang tanpa sambungan rata-rata dan teoritis



Hubungan beban-lendutan balok tanpa sambungan rata-rata dan teoritis pada graafik 4.5 di atas terjadi perbedaan, dimana balok tanpa sambungan rata-rata mengalami retak awal pada beban (P) 150 Kg dengan besar defleksi ( $\Delta$ ) 0.55 mm. Beban puncak terjadi pada P = 1090 Kg dengan besar defleksi  $\Delta = 9.19$  mm,

dan beban akan terus diberikan hingga P minimum 1036.67 Kg dengan besar defleksi  $\Delta$  11.13 mm.

Kurva balok beton teoritis mengalami retak awal pada beban ( P ) 200 Kg dengan besar defleksi (  $\Delta$  ) 0.71 mm. Beban puncak terjadi pada P = 862.281 Kg dengan besar defleksi  $\Delta$  = 6.53 mm.

Dari penggabungan kurva diatas terjadi perhimpitan antar balok beton tanpa sambungan rata-rata dan teoritis,memiliki sudut yang hampir sama,tetapi pada beban dan lendutan terjadi perbedaan yaitu balok tanpa sambungan rata- rata lebih besar karena terjadi penambahan P hingga puncak dan bertambahnya P sampai terjadi penurunan,memiliki lendutan yg lebih besar dan daktalitas yang tinggi jika dibandingkan dengan teoritis.

#### **4.1.2. Balok sambungan beton dan tulangan dengan jarak sambungan seper-dua ( 1/2 ) bentang**

##### **1. Balok sambungan beton dan tulangan dengan jarak sambungan seper-dua bentang( 1/2- A)**

Proses pengujian kuat lentur terhadap benda uji Balok Sambungan Beton dan Tulangan dengan Jarak Sambunganseper-dua bentang ( 1/2 -A) , yaitu balok diberikan 2 buah tumpuan sendi dengan jarak 2,2 m. Masing – masing tumpuan diletakkan sejauh 0.1 m dari ujung balok. Kemudian balok diberikan beban terpusat (P) secara konstan dengan kenaikan 50 Kg tiap pembebanan.Pembebanan dilakukan secara kontinyu hingga balok mengalami lenturan maksimal akibat beban puncak.

Mekanisme keruntuhan balok dengan jarak sambungan beton dan tulangan  $\frac{1}{2}$  bentang (B 1/2-A) diawali dengan terjadinya retak arah vertikal balok pada saat beban mencapai  $P=150$  Kg dengan besar defleksi  $\Delta = 0.52$  mm, kemudian lebar retak bertambah seiring dengan penambahan beban tekan  $P$  hingga beban puncak  $P = 900$  Kg dengan besar defleksi  $\Delta = 8,78$  mm. Seperti terlihat dalam Gambar 4.4, gambar ini diambil pada saat beban telah melewati beban puncak  $P = 900$  Kg dan beban tekan tetap diberikan hingga beban turun menjadi  $P = 780$  Kg dengan besar defleksi  $\Delta = 10.19$  mm. Untuk selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.6.

*Tabel 4.6 Data hasil eksperimen balok sambungan beton dan tulangan dengan jarak seper-dua bentang (1/2 – A)*

Benda uji		B 1/2- A	
Tanggal pengujian		11/2/2013	
Tul. Tekan		2Ø8	
No.	Beban (Kg)	Bacaan MVD	Defleksi (mm)
1	2	3	4
2	0	0	0
3	50	21	0.21
4	100	39	0.39
5	150	52	0.52
6	200	69	0.69
7	250	135	1.35
8	300	176	1.76
9	350	224	2.24
10	400	294	2.94
11	450	343	3.43
12	500	386	3.86
13	550	439	4.39
14	600	484	4.84

15	650	532	5.32
16	700	587	5.87
17	750	646	6.46
18	800	711	7.11
19	850	756	7.56
20	900	878	8.78
21	870	952	9.52
22	850	966	9.66
23	800	998	9.98
24	780	1019	10.19

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

- Defleksi yang terjadi pada balok (  $\Delta$  ) mm ( Nomor urut 2 )

$$\Delta = \frac{5ql^4}{384E_cI_e}$$

Dimana  $\Delta$  = Lendutan ( mm )

$l$  = Panjang balok ( mm )

$E_c$  = Modulus elastisitas beton ( Mpa)

$I_e$  = Momen inersia efektif untuk perhitungan

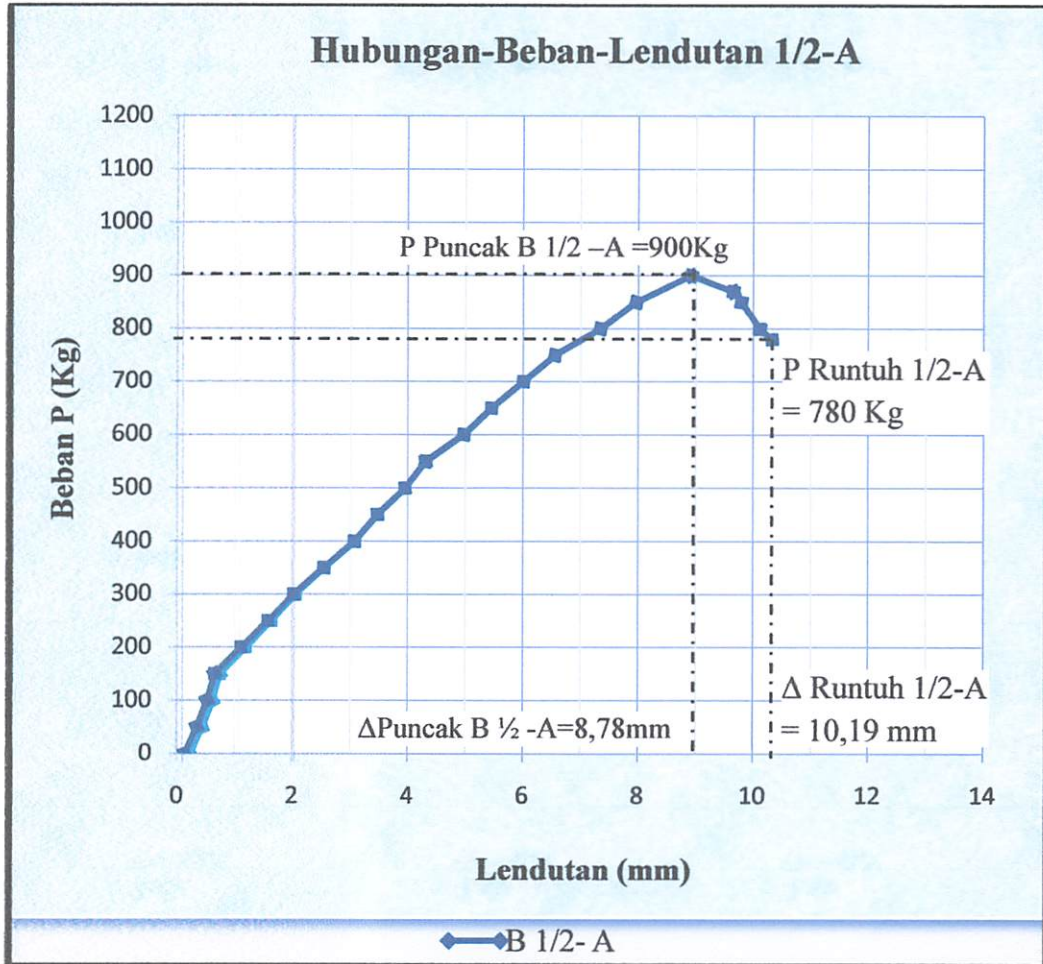
Lendutan

$q$  = Berat merata balok 10/15 ( N/mm)

- Defleksi yang terjadi pada balok ( $\Delta$ ) mm (Nomor urut 3 s/d 24)

$\Delta = (($  Bacaan MVD nomor urut 3 - Bacaan MVD nomor urut (2) x 0.01)+ Defleksi Nomor urut 2

Grafik 4.6 Hubungan beban – lendutan balok sambungan beton dan tulangan dengan jarak seper-dua bentang (1/2-A)



Kurva beban – lendutan sambungan balok beton dan tulangan dengan jarak seper-dua bentang (B 1/2-A) yang terlihat pada grafik 4.6 di atas 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).



Gambar 4.4 Pengujian Kuat lentur sambungan balok beton dan tulangan dengan jarak seper-dua bentang ( $1/2- A$ )



, gambar ini diambil pada saat beban telah melewati beban puncak  $P = 900 \text{ Kg}$  dan beban tekan tetap diberikan hingga beban turun menjadi  $P = 780 \text{ Kg}$ .

## 2. Balok sambungan beton dan tulangan dengan jarak sambungan seper-dua bentang ( $1/2- B$ )

Proses pengujian kuat lentur terhadap benda uji Balok Sambungan Beton dan Tulangan dengan Jarak Sambunganseper-dua bentang ( $1/2 -B$ ), yaitu balok diberikan 2 buah tumpuan sendi dengan jarak 2,2 m. Masing – masing tumpuan diletakkan sejauh 0.1 m dari ujung balok. Kemudian balok diberikan beban terpusat ( $P$ ) secara konstan dengan kenaikan 50 Kg tiap pembebanan.Pembebanan dilakukan secara kontinyu hingga balok mengalami lenturan maksimal akibat beban puncak.

Mekanisme keruntuhan balok dengan jarak sambungan beton dan tulangan 1/2 bentang (B 1/2-B) diawali dengan terjadinya retak arah vertikal balok pada saat beban mencapai  $P=150$  Kg dengan besar defleksi  $\Delta = 0.55$  mm, kemudian lebar retak bertambah seiring dengan penambahan beban tekan  $P$  hingga beban puncak  $P = 920$  Kg dengan besar defleksi  $\Delta = 9.41$  mm. Seperti terlihat dalam Gambar 4.5, gambar ini diambil pada saat beban telah melewati beban puncak  $P = 920$  Kg dan beban tekan tetap diberikan hingga beban turun menjadi  $P = 810$  Kg dengan besar defleksi  $\Delta = 10.17$  mm. Untuk selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.7.

*Tabel 4.7 Data hasil eksperimen sambungan balok beton dan tulangan dengan jarak seper-dua bentang 1/2 B*

Benda uji		B 1/2 - B	
Tanggal pengujian		11/2/2013	
Tul. Tekan		2Ø8	
No.	Beban (Kg)	Bacaan MVD	Defleksi (mm)
1	2	3	4
2	0	0	0.00
3	50	20	0.20
4	100	38	0.38
5	150	55	0.55
6	200	74	0.74
7	250	111	1.11
8	300	173	1.73
9	350	235	2.35
10	400	271	2.71
11	450	309	3.09
12	500	368	3.68

13	550	410	4.10
14	600	469	4.69
15	650	538	5.38
16	700	589	5.89
17	750	637	6.37
18	800	723	7.23
19	850	804	8.04
20	900	869	8.69
21	920	941	9.41
22	900	979	9.79
23	860	991	9.91
24	810	1017	10.17

Keterangan pengisian kolom pada Tabel 4.7

➤ Kolom 1

Nomor urut

➤ Kolom 2

Beban ( P ) Kg

➤ Kolom 3

Bacaan MVD yang dilakukan di laboratorium Universitas Brawijaya Malang.

➤ Kolom 4

- Defleksi yang terjadi pada balok (  $\Delta$  ) mm ( Nomor urut 2 )

$$\Delta = \frac{5ql^4}{384E_cI_e}$$

Dimana  $\Delta$  = Lendutan ( mm )

$l$  = Panjang balok ( mm )

$E_c$  = Modulus elastisitas beton ( Mpa )

$I_e$  = Momen inersia efektif untuk perhitungan

Lendutan

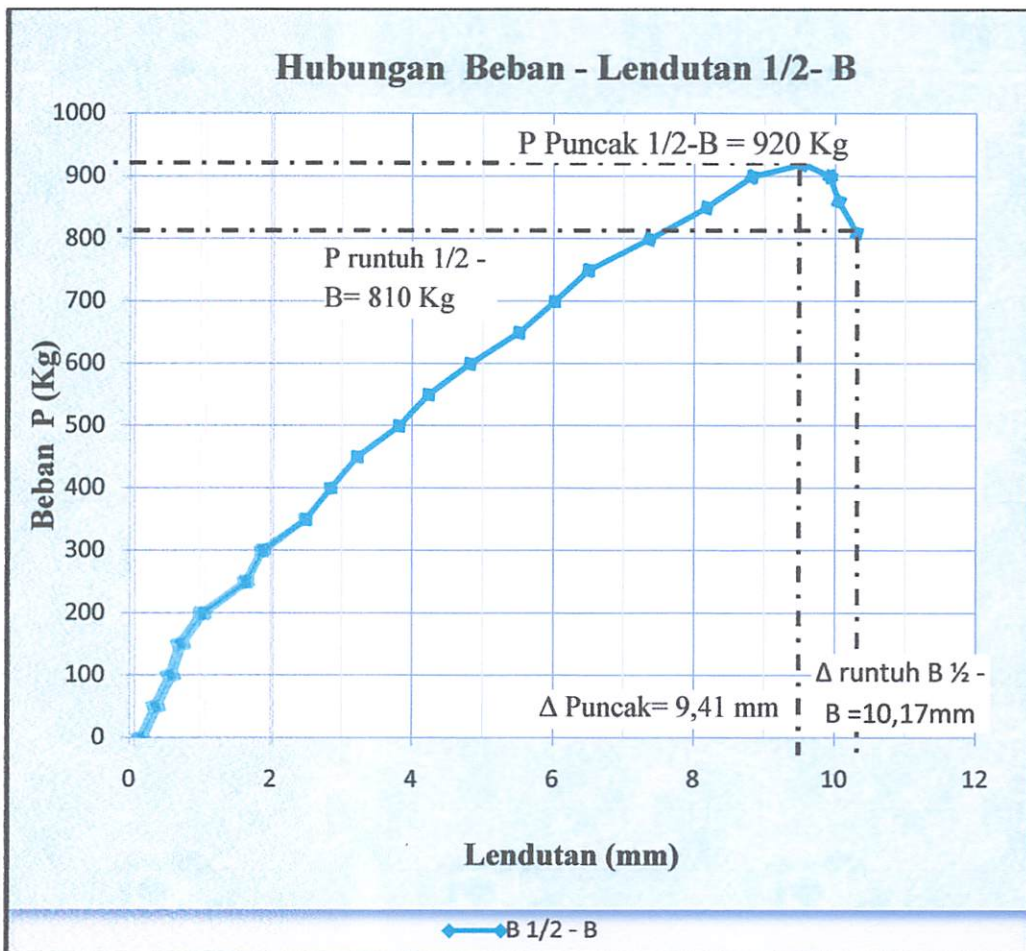
$q$  = Berat merata balok 10/15 ( N/mm)

- Defleksi yang terjadi pada balok (  $\Delta$  ) mm ( Nomor urut 3 s/d 24 )

$$\Delta = (( \text{Bacaan MVD nomor urut 3} - \text{Bacaan MVD nomor urut 2} ) \times$$

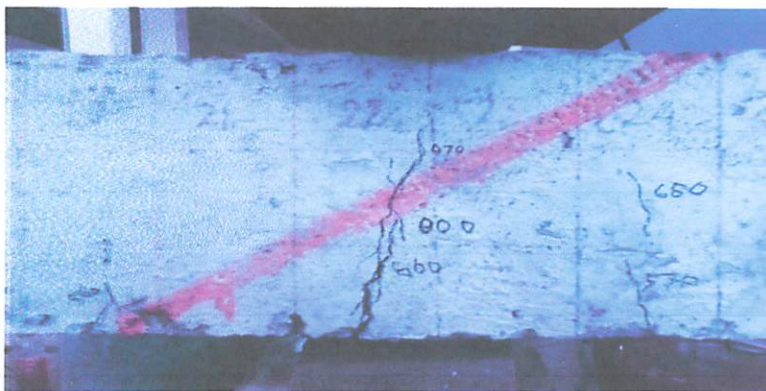
$$0.01) + \text{Defleksi Nomor urut 2}$$

Grafik 4.7 Hubungan beban – lendutan balok sambungan beton dan tulangan dengan jarak seper-dua bentang (1/2-B)



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

*Gambar 4.5 Pengujian Kuat lentur sambungan balok beton dan tulangan dengan jarak seper-dua bentang (1/2- B)*



gambar ini diambil pada saat beban telah melewati beban puncak  $P = 920 \text{ Kg}$  dan beban tekan tetap diberikan hingga beban turun menjadi  $P = 810 \text{ Kg}$ .

**3. Rata-rata-sambungan Balok beton dan tulangan dengan jarak seper-dua (1/2) bentang.**

*Tabel 4.8. Data rata-rata hasil eksperimen balok beton dan tulangan dengan jarak sambungan seper-dua bentang( 1/2- A) dann (1/2- B)*

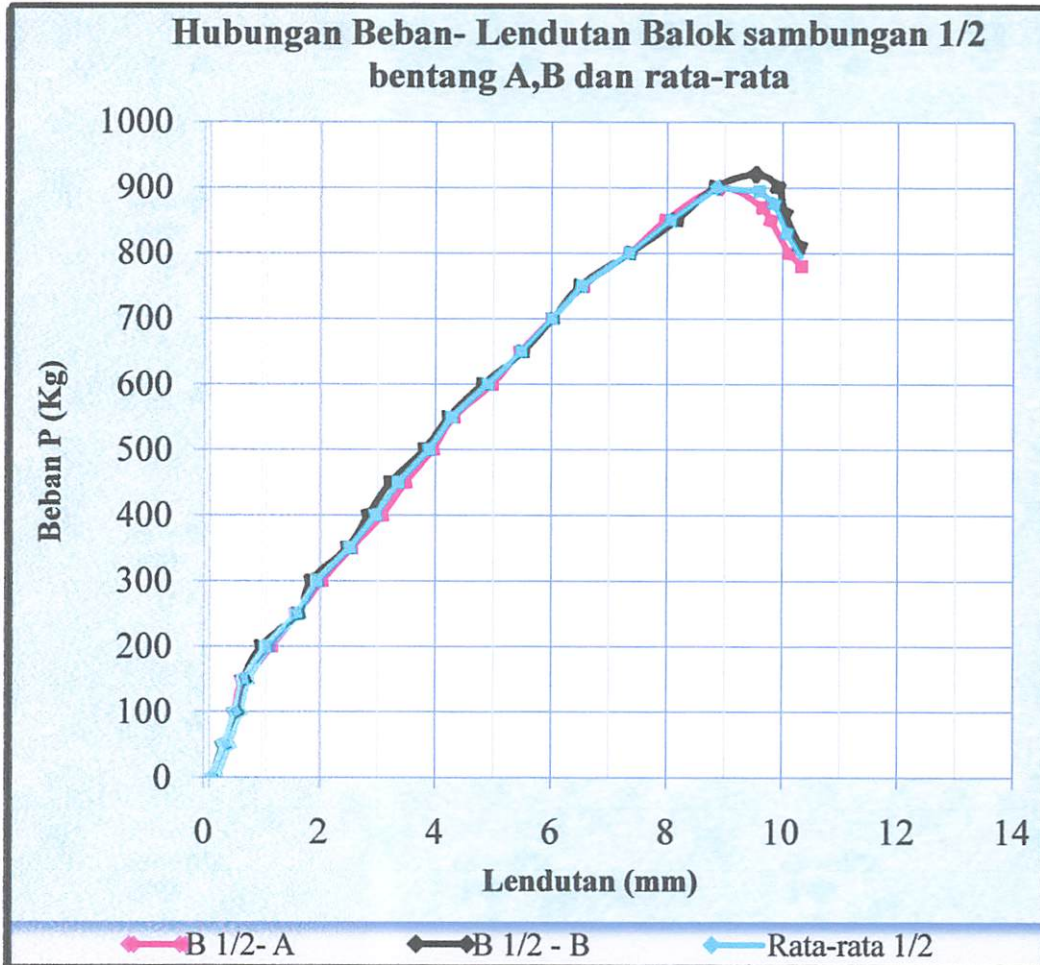
No.	Beban (Kg)		Defleksi (mm)		Rata-rata	
	Balok 1/2 A	Balok 1/2 B	Balok 1/2 A	Balok 1/2 B	Beban (Kg)	Defleksi (mm)
1	2	3	4	5	6	7
2	0	0	0.00	0.00	0	0.00
3	50	50	0.21	0.20	50	0.21
4	100	100	0.39	0.38	100	0.39
5	150	150	0.52	0.55	150	0.54
6	200	200	0.69	0.74	200	0.72
7	250	250	1.35	1.11	250	1.23
8	300	300	1.76	1.73	300	1.75
9	350	350	2.24	2.35	350	2.30
10	400	400	2.94	2.71	400	2.83
11	450	450	3.43	3.09	450	3.26
12	500	500	3.86	3.68	500	3.77
13	550	550	4.39	4.10	550	4.25
14	600	600	4.84	4.69	600	4.77
15	650	650	5.32	5.38	650	5.35
16	700	700	5.87	5.89	700	5.88
17	750	750	6.46	6.37	750	6.42
18	800	800	7.11	7.23	800	7.17
19	850	850	7.56	8.04	850	7.80
20	900	900	8.78	8.69	900	8.74
21	870	920	9.52	9.41	895	9.47
22	850	900	9.66	9.79	875	9.73
23	800	860	9.98	9.91	830	9.95
23	780	810	10.19	10.17	795	10.18



Hasil eksperimen yang diperoleh adalah besar beban tekan ( $P$ ) dan besar defleksi yang diukur menggunakan alat LVDT dan dilakukan pembacaan nilai defleksi menggunakan alat MVD amplifier. Hasil eksperimen dan tabel angka-angka hasil pengamatan dapat dilihat pada tabel 4.8 di atas.

Kurva beban - lendutan balok sambungan beton dan tulangan dengan jarak seper-dua  $1/2$  bentang ( $1/2$ -A )dan ( $1/2$ -B) yang terlihat pada grafik 4.8 di bawah ini adalah hasil analisa eksperimen yang digambarkan dengan cara menghubungkan angka-angka pada Tabel 4.8 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 sambungan balok dan tulangan dengan jarak sepe-dua bentang (1/2) – A, B dan rata-rata



Berdasarkan bentuk kurva gabungan dalam grafik4.8, terlihat ada perbedaan nilai  $P$  (beban) dan  $\Delta$  (Lendutan) pada kurva eksperimen sambungan Balok dan tulangan dengan jarak sambungan sepe-dua bentang (1/2), sehingga rincian perbedaan nilai  $P$  (beban) dan  $\Delta$  (Lendutan) dapat diuraikan sebagai berikut :



Kurva hasil analisa eksperimen sambungan balok beton dan tulangan seper-dua( 1/2- A) mempunyai nilai Beban ( P ) maksimum sebesar 900 Kg dengan defleksi 8,78 mm dan mengalami penurunan beban hingga 780 Kg, dengan nilai defleksi maksimum sebesar 10.19 mm.

Kurva hasil analisa eksperimen sambungan balok beton dan tulangan seper-dua( 1/2- B) mempunyai nilai Beban ( P ) maksimum sebesar 920 Kg dengan defleksi 9,41 mm dan mengalami penurunan beban hingga 810 Kg, dengan nilai defleksi maksimum sebesar 10.17 mm.

Dari penggabungan kurva diatas terjadi perhimpitan antar sambungan balok beton dan tulangan seper-dua (1/2) bentang A,B dan rata-rata dan memiliki sudut yang hampir sama tetapi pada beban terjadi perbedaan yaitu balok sambungan balok beton dan tulangan seper-dua (1/2) bentang B lebih besar jika dibandingkan dengan sambungan balok beton dan tulangan seper-dua (1/2) bentang A dan rata-rata sedangkan pada lendutan sambungan balok beton dan tulangan seper-dua (1/2) bentang A lebih besar dan memiliki daktilitas yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan balok tanpa sambungan B, dan rata-rata.

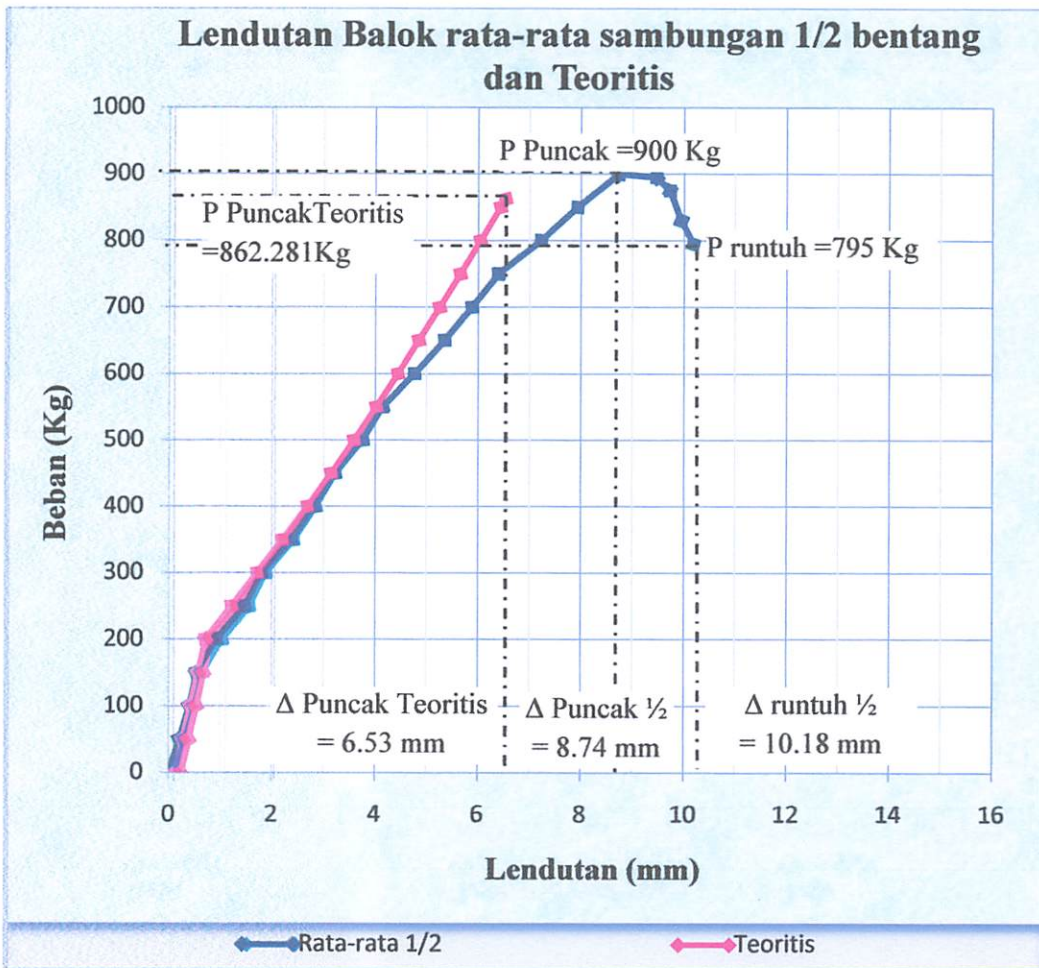
**4. Penggabungan Teoritis dan rata-rata sambungan beton dan tulangan dengan jarak seper-dua (1/2) bentang**

*Tabel 4.9. Data hasil eksperimen rata-rata sambungan balok beton dan tulangan dengan jarak seper-dua (1/2) bentang dan teoritis*

No	Beban (Kg)	Defleksi (mm)	Beban (Kg)	Defleksi (mm)
	Teoritis	Teoritis	Rata-rata balok 1/2 bentang	Rata-rata balok 1/2 bentang
1	2	3	4	5
2	0	0.13	0	0.00
3	50	0.28	50	0.21
4	100	0.42	100	0.39
5	150	0.57	150	0.54
6	200	0.71	200	0.72
7	250	1.21	250	1.23
8	300	1.71	300	1.75
9	350	2.20	350	2.30
10	400	2.68	400	2.83
11	450	3.14	450	3.26
12	500	3.59	500	3.77
13	550	4.02	550	4.25
14	600	4.44	600	4.77
15	650	4.85	650	5.35
16	700	5.25	700	5.88
17	750	5.65	750	6.42
18	800	6.04	800	7.17
19	850	6.43	850	7.80
20	862.281	6.53	900	8.74
21			895	9.47
22			875	9.73
23			830	9.95
24			795	10.18



Grafik 4.9 Hubungan rata-rata beban – lendutan eksperien sambungan balok dan tulangan dengan jarak sambungan seper-dua bentang ( $1/2$ ) dan Teoritis



Hubungan beban-lendutan rata-rata sambungan balok beton dan tulangan dengan jarak seper-dua ( $1/2$ ) bentang dan teoritis pada grafik 4.9 di atas terjadi perbedaan, dimana balok sambungan  $1/2$  bentang rata-rata mengalami retak awal pada beban (P) 150 Kg dengan besar defleksi ( $\Delta$ ) 0.54mm. Beban puncak terjadi

pada  $P = 900$  Kg dengan besar defleksi  $\Delta = 8.74$  mm, dan beban akan terus diberikan hingga  $P$  minimum 795 Kg dengan besar defleksi  $\Delta 10.18$ mm.

Kurva perhitungan teoritis mengalami retak awal pada beban ( $P$ ) 200 Kg dengan besar defleksi ( $\Delta$ ) 0.71 mm. Beban puncak terjadi pada  $P = 862.281$  Kg dengan besar defleksi  $\Delta = 6.53$  mm. Dan tidak mengalami penurunan karena beban  $P$  hanya sampai di puncak.

Dari penggabungan kurva diatas terjadi perbedaan dan antara sambungan rata-rata balok beton dan tulangan seper-dua ( $1/2$ ) bentang dan teoritis yaitu teoritis memiliki sudut kurva naik yang lebih besar dibandingkan dengan eksperimen sehingga terjadi lendutan-nya lebih kecil jika dibandingkan dengan eksperimen dan beban eksperimen teoritis lebih kecil dan tidak terjadi penurunan karna tidak terjadinya penambahan beban seperti beban eksperimen sambungan balok beton dan tulangan dengan jarak seper-dua ( $1/2$ ) bentang, memiliki daktilitas yang lebih baik jika dibandingkan teoritis.

karena terjadi penambahan  $P$  hingga puncak dan bertambahnya  $P$  sampai terjadi penurunan ,memiliki lendutan yg lebih besar dan daktilitas yang tinggi jika dibandingkan dengan teoritis.

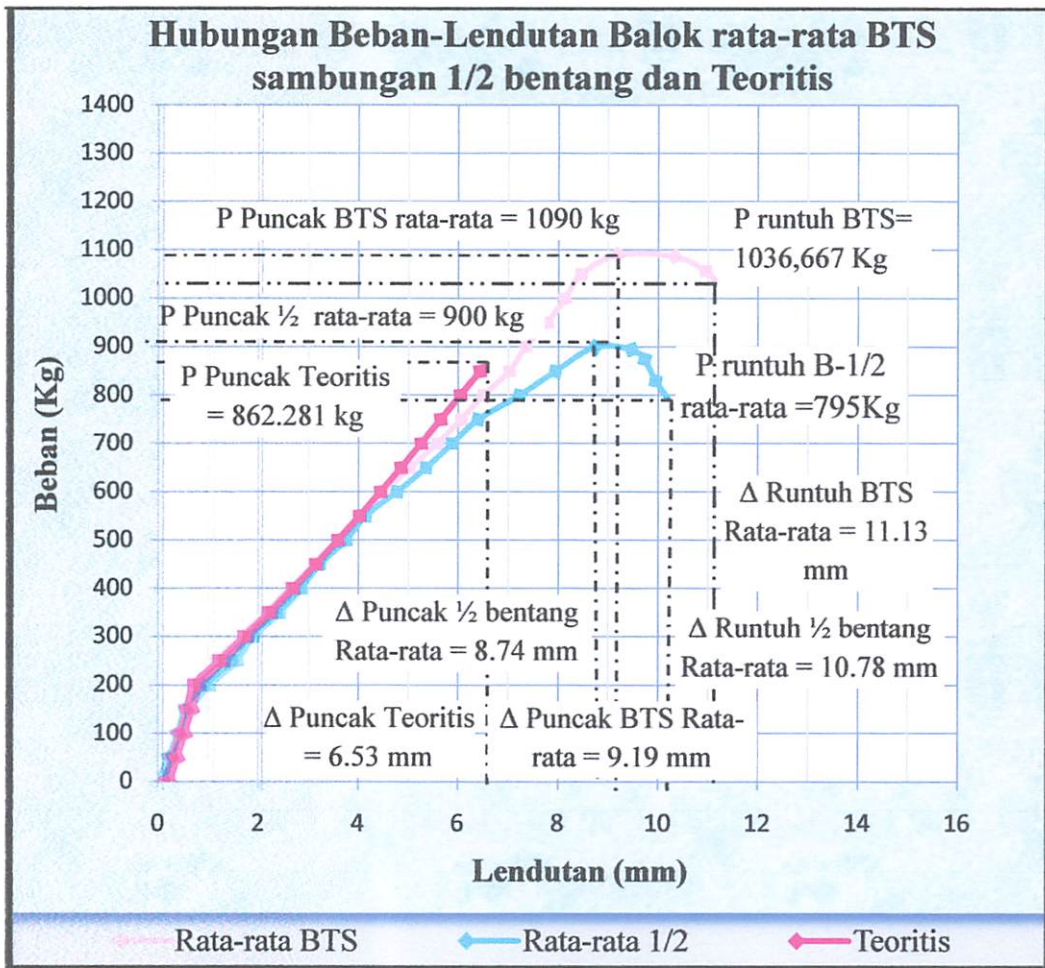
**5. Penggabungan Teoritis, rata-rata BTS dan rata-rata balok ½ bentang**

*Tabel 4.10. Data hasil eksperimen rata-rata Balok tanpa sambungan, sambungan balok beton dan tulangan dengan jarak seper-dua (1/2) bentang dan teoritis*

No	Beban (Kg)	Defleksi (mm)	Beban (Kg)	Defleksi (mm)	Defleksi (mm)	Beban (Kg)
	Teoritis	Teoritis	Rata-rata balok 1/2 bentang	Rata-rata balok 1/2 bentang	Rata-rata BTS	Rata-rata BTS
1	2	3	4	5	6	7
2	0	0.13	0	0	0	0
3	50	0.28	50	0.21	0.22	50
4	100	0.42	100	0.39	0.35	100
5	150	0.57	150	0.54	0.55	150
6	200	0.71	200	0.72	0.82	200
7	250	1.21	250	1.23	1.15	250
8	300	1.71	300	1.75	1.64	300
9	350	2.20	350	2.30	2.13	350
10	400	2.68	400	2.83	2.65	400
11	450	3.14	450	3.26	3.12	450
12	500	3.59	500	3.77	3.60	500
13	550	4.02	550	4.25	4.06	550
14	600	4.44	600	4.77	4.54	600
15	650	4.85	650	5.35	5.03	650
16	700	5.25	700	5.88	5.58	700
17	750	5.65	750	6.42	6.06	750
18	800	6.04	800	7.17	6.50	800
19	850	6.43	850	7.80	7.01	850
20	862.281	6.53	900	8.74	7.34	900
21			895	9.47	7.77	950
22			875	9.73	8.12	1000
23			830	9.95	8.46	1050
24			795	10.18	9.19	1090
25					10.32	1086.67
26					10.95	1056.67
27					11.13	1036.67

Hubungan beban–Lendutan Teoritis,Rata-rata Balok beton tanpa sambungan dan balok beton dengan jarak sambungan beton dan tulangan 1/2 bentang rata-rata yang terlihat pada grafik 4.10 di bawah ini adalah hasil analisa teoritis yang digambarkan dengan cara menghubungkan angka-angka pada Tabel 4.10 .

Grafik4.10. Hubungan beban– lendutan balok Tanpa sambungan rata-rata, 1/2 rata-rata, dan Teoritis



Hubungan beban-lendutan rata-rata sambungan balok beton dan tulangan sepe-dua bentang ( $1/2$ ), balok rata-rata tanpa sambungan dan teoritis pada grafik 4.10 di atas terjadi perbedaan,

Kurva rata-rata BTS mengalami retak awal pada beban ( $P$ ) 150 Kg dengan besar defleksi ( $\Delta$ ) 0.55 mm. Beban puncak terjadi pada  $P = 1090$  Kg dengan besar defleksi  $\Delta = 9,19$  mm, dan beban akan terus diberikan hingga  $P$  minimum 1036.67 Kg dengan besar defleksi  $\Delta$  11.13 mm.

Kurva rata-rata balok sambungan beton dan tulangan dengan jarak sepe-dua bentang ( $1/2$ ) mengalami retak awal pada beban ( $P$ ) 150 Kg dengan besar defleksi ( $\Delta$ ) 0.54 mm. Beban puncak terjadi pada  $P = 900$  Kg dengan besar defleksi  $\Delta = 8.74$  mm.

Kurva dari hasil perhitungan teoritis mengalami retak awal pada beban ( $P$ ) 200 Kg dengan besar defleksi ( $\Delta$ ) 0.71 mm. Beban puncak terjadi pada  $P = 862.281$  Kg dengan besar defleksi  $\Delta = 6.53$  mm.

Dari penggabungan kurva diatas terjadi perhimpitan antar balok beton tanpa sambungan rata-rata, sambungan balok beton dan tulangan sepe-dua ( $1/2$ ) bentang rata-rata dan teoritis yaitu, memiliki sudut yang hampir sama, tetapi pada beban dan lendutan terjadi perbedaan yaitu balok tanpa sambungan rata-rata lebih besar karena terjadi penambahan  $P$  sampai puncak dan bertambahnya beban  $P$  sampai terjadi penurunan, memiliki lendutan yg lebih besar dan daktalitas yang tinggi jika dibandingkan dengan. sambungan balok beton dan tulangan sepe-dua



(1/2) bentang rata-rata dan teoritis. untuk perbedaannya dapat dilihat pada tabel presentase 4.11 di bawah ini.

Tabel 4.11 Perbandingan Beban P dan Lendutan(  $\Delta$ ) hasil Analisa eksperimen Balok tanpa sambungan(BTS) dan sambungan seper-dua (1/2) bentang

No	Tipe Balok	Beban (P) Puncak (Kg)	Beban (P) runtuh (Kg)	$\Delta$ Puncak	$\Delta$ Runtuh	Perbedaan (%)			
						(P) Puncak (Kg)	(P) runtuh (Kg)	$\Delta$ Puncak	$\Delta$ Runtuh
1	Eksperimen (BTS)	1090	1036.67	9.19	11.13	17.43119	23.312	4.89	8.54
2	Eksperimen sambungan 1/2 bentang	900	795	8.74	10.18				

## 4.2. Perhitungan Kuat Lentur Eksperimen

### 4.2.1. Balok Tanpa Sambungan (BTS)

#### Perubahan Beban Terpusat (P)

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

$q = 0,36 \text{ N/mm}$

$E_c = 20149,794 \text{ Mpa}$

$I_e = 28125000 \text{ N/mm}$

$\Delta = 0,22 \text{ (pada beban 50kg)}$

Mencari nilai P dari data hasil eksperimen lendutan (  $\Delta$  )

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



$$0,22 = \frac{P \cdot (2000^3)}{48 \cdot 20149,794 \cdot 28125000} + \frac{5 \cdot 0,36 \cdot (2000)^4}{384 \cdot 20149,794 \cdot 28125000}$$

$$0,22 = P \cdot 0,000294 + 0,132342$$

$$P = 298,06 \text{ N}$$

Jadi :

$$\begin{aligned} M_2 &= \frac{1}{8} \cdot q \cdot l^2 + \frac{1}{4} \cdot p \cdot l \\ &= \frac{1}{8} \cdot 0,36 \cdot 2000^2 + \frac{1}{4} \cdot 298,06 \cdot 2000 \\ &= 329030,552 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan selanjutnya, dilampirkan pada *tabel 4.12*

*Tabel 4.12. Kuat Lentur Eksperimen Balok Tanpa Sambungan rata-rata*

No	Beban (P) (kg)	Beban eksperimen (P) (N)	q (N/mm)	L (mm)	Kuat Lentur (Nmm)	Defleksi rata-rata
1	2	3	4	5	6	7
1	0,00	0,000	0,36	2000	180000,000	0,00
2	50,00	298,06	0,36	2000	329030,552	0,22
3	100,00	740,097	0,36	2000	550048,605	0,35
4	150,00	1408,819	0,36	2000	884409,250	0,55
5	200,00	1938,228	0,36	2000	1149113,875	0,82
6	250,00	2308,116	0,36	2000	1334057,992	1,15
7	300,00	2806,353	0,36	2000	1583176,583	1,64
8	350,00	3299,293	0,36	2000	1829646,635	2,13
9	400,00	3871,788	0,36	2000	2115893,983	2,65
10	450,00	4378,318	0,36	2000	2369159,030	3,12
11	500,00	4917,704	0,36	2000	2638852,202	3,60
12	550,00	5450,402	0,36	2000	2905201,145	4,06
13	600,00	6026,389	0,36	2000	3193194,522	4,54
14	650,00	6631,809	0,36	2000	3495904,736	5,03
15	700,00	7324,279	0,36	2000	3842139,328	5,58
16	750,00	7920,685	0,36	2000	4140342,263	6,06
17	800,00	8477,078	0,36	2000	4418538,817	6,50
18	850,00	9134,260	0,36	2000	4747129,946	7,01

19	900,00	9540,741	0,36	2000	4950370,661	7,34
20	950,00	10096,417	0,36	2000	5228208,589	7,77
21	1000,00	10542,145	0,36	2000	5451072,540	8,12
22	1050,00	10972,697	0,36	2000	5666348,555	8,46
23	1090,00	11940,239	0,36	2000	6150119,297	9,19
24	1086,67	13488,571	0,36	2000	6924285,451	10,32
25	1056,67	14330,196	0,36	2000	7345097,973	10,95
26	1036,67	14582,233	0,36	2000	7471116,696	11,13

Keterangan pengisian kolom pada Tabel 4.12

➤ Kolom 1

Nomor urut

➤ Kolom 2

Beban ( P ) Kg

➤ Kolom3

Beban eksperimen ( P ) N

➤ Kolom 4

Beban merata ( q ) Nmm

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

➤ Kolom 5

Panjang bentang balok ( L ) mm

➤ Kolom 6

Kuat Lentur ( M ) Kgmm

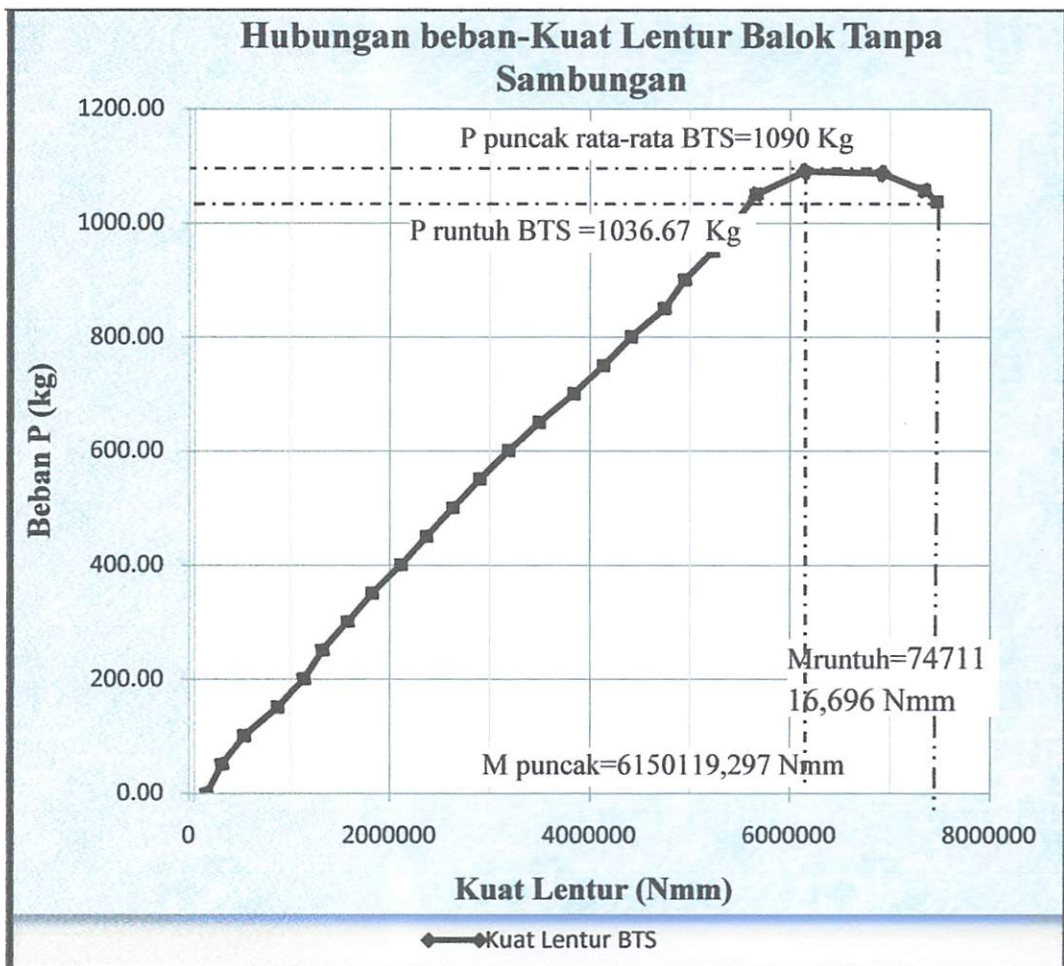
$$M = \frac{1}{8} \times q \times l^2 + \frac{1}{4} \times p \times l$$

➤ Kolom 7

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

Hubungan beban – kuat lentur balok beton tanpa sambungan yang terlihat pada grafik 4.11. di bawah ini adalah hasil analisa eksperimen yang digambarkan dengan cara menghubungkan angka-angka pada Tabel 4.12 yaitu angka-angka pada kolom 6 untuk arah horisontal (Kuat lentur) dan kolom 2 untuk arah vertikal (Beban teoritis).

Grafik 4.11. Hubungan Beban – Kuat Lentur balok tanpa sambungan rata-rata



Analisa kuat lentur balok tanpa sambungan didapat dengan mengolah data dari hasil eksperimen lendutan rata-rata dengan cara menurunkan rumus lendutan

untuk mempresentasikan nilai beban P eksperimen dari beban q dan lendutan eksperimen, sehingga memperoleh nilai kuat lentur berdasarkan beban P eksperimen. Dan terlihat pada beban ( P ) maksimum 1090 Kg, mengalami kuat lentur sebesar 6150119,3 Nmm, sedangkan pada beban minimum 1036.67 Kg, mengalami kuat lentur sebesar 7428008,0 Nmm. Data selengkapnya bisa dilihat pada tabel 4.12. dan grafik 4.11

#### 4.2.2. Balok dengan jarak sambungan beton dan tulangan seper-dua bentang (1/2)

##### Perubahan Beban Terpusat (P)

Data perencanaan :	l	= 2000 mm
	q	= 0,36 N/mm
	Ec	= 20149,794 Mpa
	Ie	= 28125000 N/mm
	Δ	= 0,21 (pada beban 50kg)

Mencari nilai P dari data hasil eksperimen lendutan ( Δ )

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

$$0,21 = \frac{P \cdot (2000^3)}{48 \cdot 20149,794 \cdot 28125000} + \frac{5 \cdot 0,36 \cdot (2000)^4}{384 \cdot 20149,794 \cdot 28125000}$$

$$0,21 = P \cdot 0,000294 + 0,132342$$

$$P = 298,06 \text{ N}$$

Jadi :

$$\begin{aligned}
 M_2 &= \frac{1}{8} \cdot q \cdot l^2 + \frac{1}{4} \cdot p \cdot l \\
 &= \frac{1}{8} \cdot 0,36 \cdot 2000^2 + \frac{1}{4} \cdot 298,06 \cdot 2000 \\
 &= 312029.163 \text{Nmm}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan selanjutnya, dilampirkan pada *tabel 4.13*.

*Tabel 4.13. Kuat Lentur Eksperimen Balok dengan jarak sambungan beton dan tulangan seper-dua bentang (1/2) rata-rata*

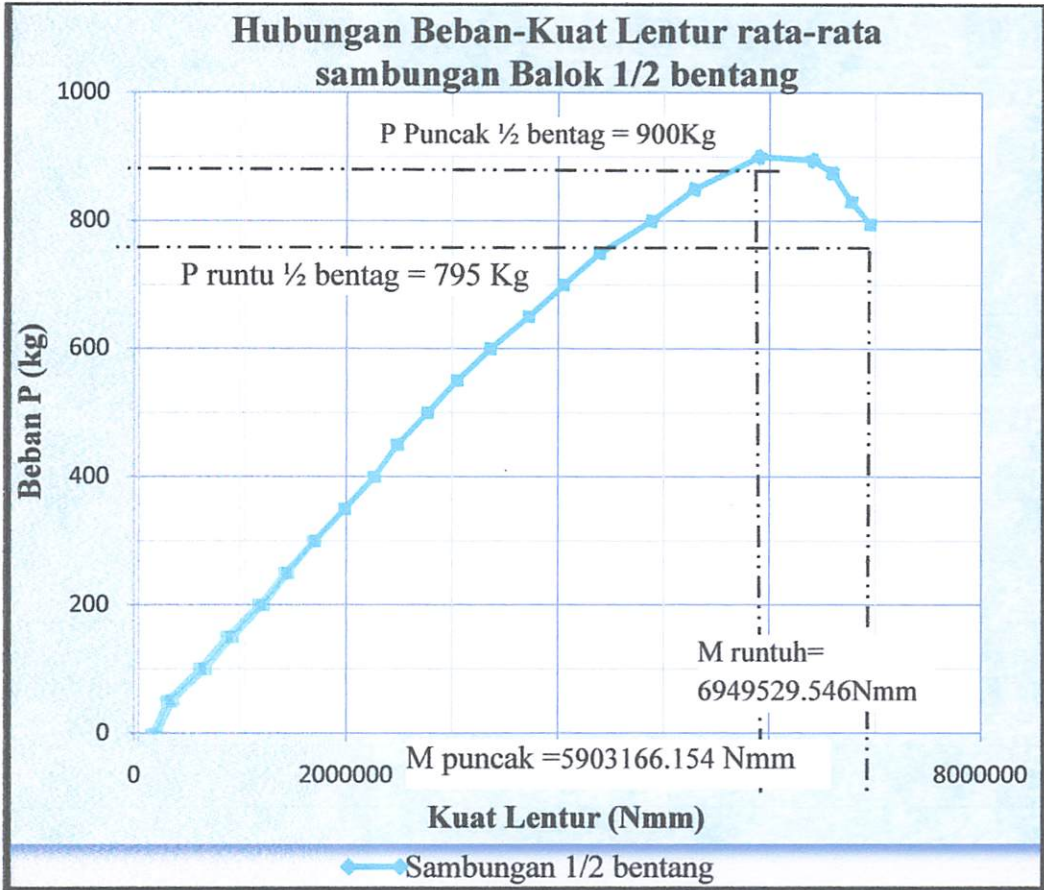
No	Beban (P) (kg)	Beban eksperimen (P) (N)	q (N/mm)	L (mm)	Kuat Lentur (Nmm)	Defleksi rata- rata
1	2	4	5	6	7	8
2	0	0.000	0.36	2000	180000.000	0
3	50	264.06	0.36	2000	312029.163	0.21
4	100	876.108	0.36	2000	618054.160	0.39
5	150	1386.150	0.36	2000	873074.991	0.54
6	200	1998.200	0.36	2000	1179099.988	0.72
7	250	2491.459	0.36	2000	1425729.477	1.23
8	300	3024.767	0.36	2000	1692383.549	1.75
9	350	3604.878	0.36	2000	1982439.151	2.3
10	400	4165.343	0.36	2000	2262671.687	2.83
11	450	4594.973	0.36	2000	2477486.679	3.26
12	500	5176.389	0.36	2000	2768194.477	3.77
13	550	5731.605	0.36	2000	3045802.350	4.25
14	600	6359.488	0.36	2000	3359743.836	4.77
15	650	7082.342	0.36	2000	3721171.041	5.35
16	700	7742.251	0.36	2000	4051125.313	5.88
17	750	8422.833	0.36	2000	4391416.730	6.42
18	800	9397.253	0.36	2000	4878626.664	7.17
19	850	10209.300	0.36	2000	5284650.225	7.8
20	900	11446.332	0.36	2000	5903166.154	8.74
21	895	12444.624	0.36	2000	6402311.900	9.47

22	875	12818.875	0.36	2000	6589437.503	9.73
23	830	13172.712	0.36	2000	6766356.207	9.95
24	795	13539.059	0.36	2000	6949529.546	10.18

Hubungan beban – kuat lentur balok beton dengan jarak sambungan beton dan tulangan 1/2 bentang rata-rata yang terlihat pada grafik 4.12 di bawah ini adalah hasil analisa eksperimen yang digambarkan dengan cara menghubungkan angka-angka pada Tabel 4.13 yaitu angka-angka pada kolom 6 untuk arah horisontal (Kuat lentur) dan kolom 2 untuk arah vertikal (Beban teoritis).

Dan terlihat pada beban maksimum 900 Kg, mengalami kuat lentur sebesar 8516.4326Nmm, sedangkan pada beban minimum 795 Kg, mengalami kuat lentur sebesar 9981.3414Nmm.

Grafik 4.12. Hubungan Beban – Kuat Lentur balok dengan jarak sambungan beton dan tulangan seper-dua bentang (1/2) rata-rata



Analisa kuat lentur balok dengan jarak sambungan beton dan tulangan seper-dua bentang (1/2) didapat dengan mengolah data dari hasil eksperimen lendutan rata-rata dengan cara menurunkan rumus lendutan untuk mempresentasikan nilai beban P eksperimen dari beban q dan lendutan eksperimen, sehingga memperoleh nilai kuat lentur berdasarkan beban P eksperimen. Dan terlihat pada beban maksimum 900 Kg, mengalami kuat lentur sebesar 5903166.154 Nmm, sedangkan pada beban minimum 795 Kg, mengalami kuat lentur sebesar 6949529.546 Nmm. Data selengkapnya bisa dilihat pada tabel 4.13. dan grafik 4.12

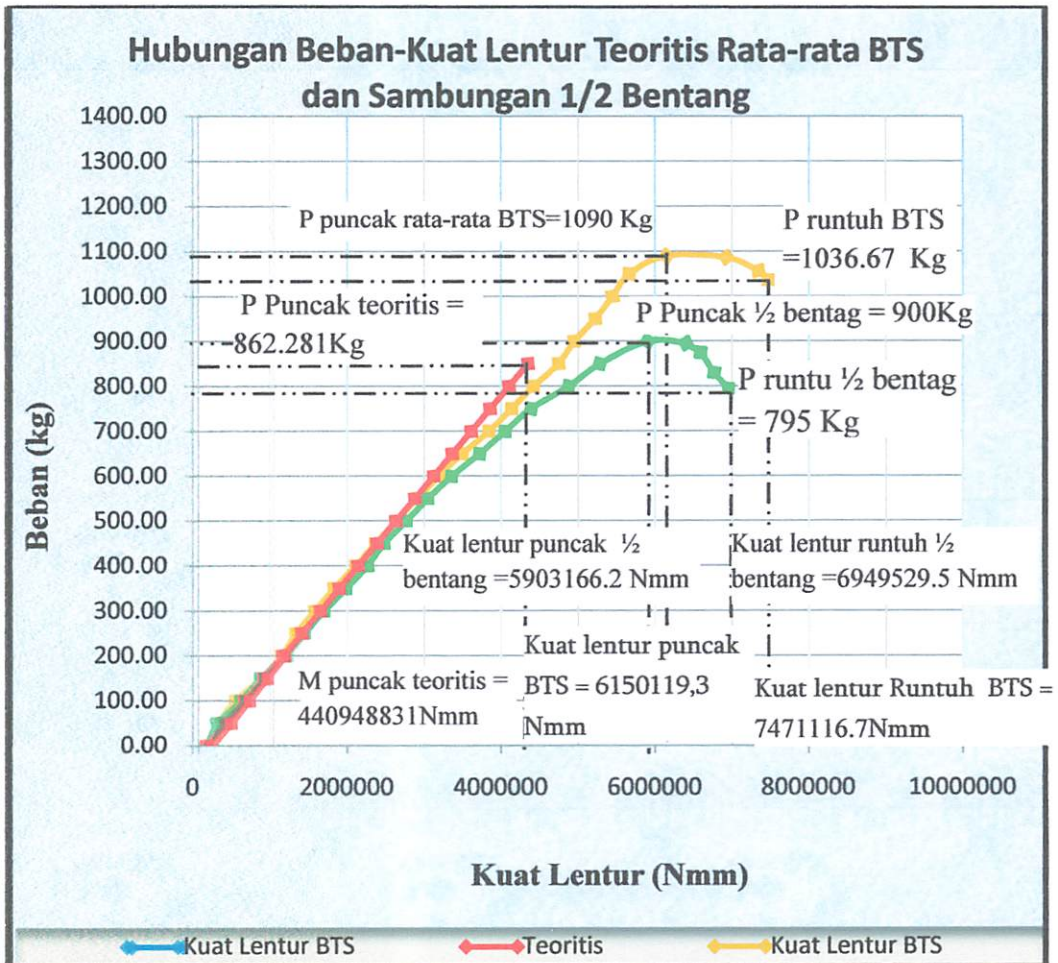
Tabel 4.14. Penggabungan Kuat Lentur teoritis, Eksperimen Balok beton bertulang tanpa sambungan, Balok dengan jarak sambungan beton dan tulangan seper-dua bentang (1/2) rata-rata)

No	Beban (P) (kg)			Beban eksperimen (P) (N)			q (N/mm)	L (mm)	Kuat Lentur (Nmm)			Defleksi rata-rata		
	Teoritis	BTS	1/2 Bentang	Teoritis	BTS	1/2 Bentang			Teoritis	BTS	1/2 Bentang	Teoritis	BTS	1/2 Bentang
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
2	0	0	0	0	0	0	0.36	2000	180000	180000	180000	0.13	0.00	0
3	50	50	50	490.5	298.0611	264.0583	0.36	2000	425250	329030.55	312029.16	0.28	0.22	0.21
4	100	100	100	981	740.0972	876.1083	0.36	2000	670500	550048.61	618054.16	0.42	0.35	0.39
5	150	150	150	1471.5	1408.819	1386.15	0.36	2000	915750	884409.25	873074.99	0.57	0.55	0.54
6	200	200	200	1962	1938.228	1998.2	0.36	2000	1161000	1149113.9	1179100	0.71	0.82	0.72
7	250	250	250	2452.5	2308.116	2491.459	0.36	2000	1406250	1334058	1425729.5	1.21	1.15	1.23
8	300	300	300	2943	2806.353	3024.767	0.36	2000	1651500	1583176.6	1692383.5	1.71	1.64	1.75
9	350	350	350	3433.5	3299.293	3604.878	0.36	2000	1896750	1829646.6	1982439.2	2.20	2.13	2.3
10	400	400	400	3924	3871.788	4165.343	0.36	2000	2142000	2115894	2262671.7	2.68	2.65	2.83
11	450	450	450	4414.5	4378.318	4594.973	0.36	2000	2387250	2369159	2477486.7	3.14	3.12	3.26
12	500	500	500	4905	4917.704	5176.389	0.36	2000	2632500	2638852.2	2768194.5	3.59	3.60	3.77
13	550	550	550	5395.5	5450.402	5731.605	0.36	2000	2877750	2905201.1	3045802.4	4.02	4.06	4.25
14	600	600	600	5886	6026.389	6359.488	0.36	2000	3123000	3193194.5	3359743.8	4.44	4.54	4.77
15	650	650	650	6376.5	6631.809	7082.342	0.36	2000	3368250	3495904.7	3721171	4.85	5.03	5.35
16	700	700	700	6867	7324.279	7742.251	0.36	2000	3613500	3842139.3	4051125.3	5.25	5.58	5.88
17	750	750	750	7357.5	7920.685	8422.833	0.36	2000	3858750	4140342.3	4391416.7	5.65	6.06	6.42
18	800	800	800	7848	8477.078	9397.253	0.36	2000	4104000	4418538.8	4878626.7	6.04	6.50	7.17
19	850	850	850	8338.5	9134.26	10209.3	0.36	2000	4349250	4747129.9	5284650.2	6.43	7.01	7.8
20	862.281	900	900	8458.98	9540.741	11446.33	0.36	2000	4409488.31	4950370.7	5903166.2	6.53	7.34	8.74
21		950	895		10096.42	12444.62	0.36	2000		5228208.6	6402311.9		7.77	9.47
22		1000	875		10542.15	12818.88	0.36	2000		5451072.5	6589437.5		8.12	9.73
23		1050	830		10972.7	13172.71	0.36	2000		5666348.6	6766356.2		8.46	9.95
24		1090	795		11940.24	13539.06	0.36	2000		6150119.3	6949529.5		9.19	10.18
25		1086.67			13488.57		0.36	2000		6924285.5			10.32	
26		1056.67			14330.2		0.36	2000		7345098			10.95	
27		1036.67			14582.23		0.36	2000		7471116.7			11.13	



Penggabungan Hubungan beban – kuat lentur Teoritis, Balok beton bertulang tanpa sambungan rata-rata, Sambungan balok beton dengan jarak sambungan beton dan tulangan 1/2 bentang rata-rata yang terlihat pada grafik 4.13 di bawah ini adalah hasil analisa eksperimen yang digambarkan dengan cara menghubungkan angka-angka pada Tabel 4.14

Grafik 4.13.. Hubungan Beban – Kuat Lentur balok dengan jarak sambungan beton dan tulangan seper-dua bentang (1/2) rata-rata, BTS rata-rata dan teoritis



Dari penggabungan kurva diatas terjadi perhimpitan antar balok beton tanpa sambungan rata-rata, sambungan balok beton dan sambungan beton dan tulangan dengan jarak seper-dua ( $1/2$ ) bentang rata-rata dan teoritis yaitu,memiliki sudut yang hampir sama,tetapi pada beban dan kuat lentur terjadi perbedaan yaitu balok tanpa sambungan rata- rata lebih besar karena terjadi penambahan beban puncak dan seiring bertambahnya beban P sampai terjadi penurunan,sehingga mengakibatkan momen yang lebih besar dibandingkan dengan. sambungan balok beton dan tulangan seper-dua ( $1/2$ ) bentang rata-rata untuk selengkapnyadapat dilihat pada tabel 4.15

*Tabel 4.15. Perbandingan Beban P dan Kuat Lentur hasil Analisa eksperimen Balok tanpa sambungan(BTS)dan sambungan seper-dua ( $1/2$ ) bentang*

No	Tipe Balok	Beban (P) Puncak (Kg)	Beban (P) runtuh (Kg)	Kuat lentur Puncak (Nmm)	Kuat lentur runtuh (Nmm)	Perbedaan (%)			
						(P) Puncak	(P) runtuh	Kuat Lentur Puncak	Kuat Lentur runtuh
1	Eksperimen ( BTS)	1090	1036.67	6150119.3	7471116.7				
2	Eksperimen sambungan $1/2$ bentang	900	795	5903166.2	6949529.56	17.43	23.312	4.01	6.98

### 4.3. Perhitungan Kuat Geser Eksperimen

#### 4.3.1. Balok Beton Bertulang Tanpa Sambungan (BTS)

- Perubahan Beban Terpusat (P)

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

$$Q = 0,36 \text{ N/mm}$$

$$E_c = 20149,794 \text{ Mpa}$$

$$I_e = 28125000 \text{ N/mm}$$

$$\Delta = 0,22 \text{ (pada beban 50kg)}$$

Mencari nilai P dari data hasil eksperimen lendutan ( $\Delta$ )

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

$$0,22 = \frac{P \cdot (2000^3)}{48 \cdot 20149,794 \cdot 28125000} + \frac{5 \cdot 0,36 \cdot (2000)^4}{384 \cdot 20149,794 \cdot 28125000}$$

$$0,22 = P \cdot 0,000294 + 0,132342$$

$$P = 298,06 \text{ N}$$

Jadi :

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

$$= \left( \frac{1}{2} \cdot 298,06 + \frac{1}{2} \cdot 0,36 \cdot 2000 \right)$$

$$= 509,0306 \text{ N}$$

Untuk perhitungan selanjutnya, dilampirkan pada *tabel 4.16*

Tabel 4.16 Kuat Geser Eksperimen Balok Tanpa Sambungan rata-rata

No	Beban (P) (kg)	Beban eksperimen (P) (N)	q (N/mm)	L (mm)	Kuat Geser (N)	Defleksi rata-rata
1	2	4	5	6	7	8
1	0.00	0.00	0.36	2000	360	0.00
2	50.00	298.06	0.36	2000	509.0306	0.22
3	100.00	740.10	0.36	2000	730.0486	0.35
4	150.00	1408.82	0.36	2000	1064.409	0.55
5	200.00	1938.23	0.36	2000	1329.114	0.82
6	250.00	2308.12	0.36	2000	1514.058	1.15
7	300.00	2806.35	0.36	2000	1763.177	1.64
8	350.00	3299.29	0.36	2000	2009.647	2.13
9	400.00	3871.79	0.36	2000	2295.894	2.65
10	450.00	4378.32	0.36	2000	2549.159	3.12
11	500.00	4917.70	0.36	2000	2818.852	3.60
12	550.00	5450.40	0.36	2000	3085.201	4.06
13	600.00	6026.39	0.36	2000	3373.195	4.54
14	650.00	6631.81	0.36	2000	3675.905	5.03
15	700.00	7324.28	0.36	2000	4022.139	5.58
16	750.00	7920.68	0.36	2000	4320.342	6.06
17	800.00	8477.08	0.36	2000	4598.539	6.50
18	850.00	9134.26	0.36	2000	4927.13	7.01
19	900.00	9540.74	0.36	2000	5130.371	7.34
20	950.00	10096.42	0.36	2000	5408.209	7.77
21	1000.00	10542.15	0.36	2000	5631.073	8.12
22	1050.00	10972.70	0.36	2000	5846.349	8.46
23	1090.00	11940.24	0.36	2000	6330.119	9.19
24	1086.67	13488.57	0.36	2000	7104.285	10.32
25	1056.67	14330.20	0.36	2000	7525.098	10.95
26	1036.67	14582.23	0.36	2000	7651.117	11.13

Keterangan pengisian kolom pada Tabel 4.16

➤ Kolom 1

Nomor urut

➤ Kolom 2

Beban ( P ) Kg

➤ Kolom 3

Beban eksperimen ( P ) N

➤ Kolom 4

Beban merata ( q ) Nmm

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

➤ Kolom 5

Panjang bentang balok ( L ) mm

➤ Kolom 6

Kuat geser balok (  $V_u$  ) N

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

Dimana : P = Beban terpusat (Kg)

q = Beban merata 10/15 (Kg/mm)

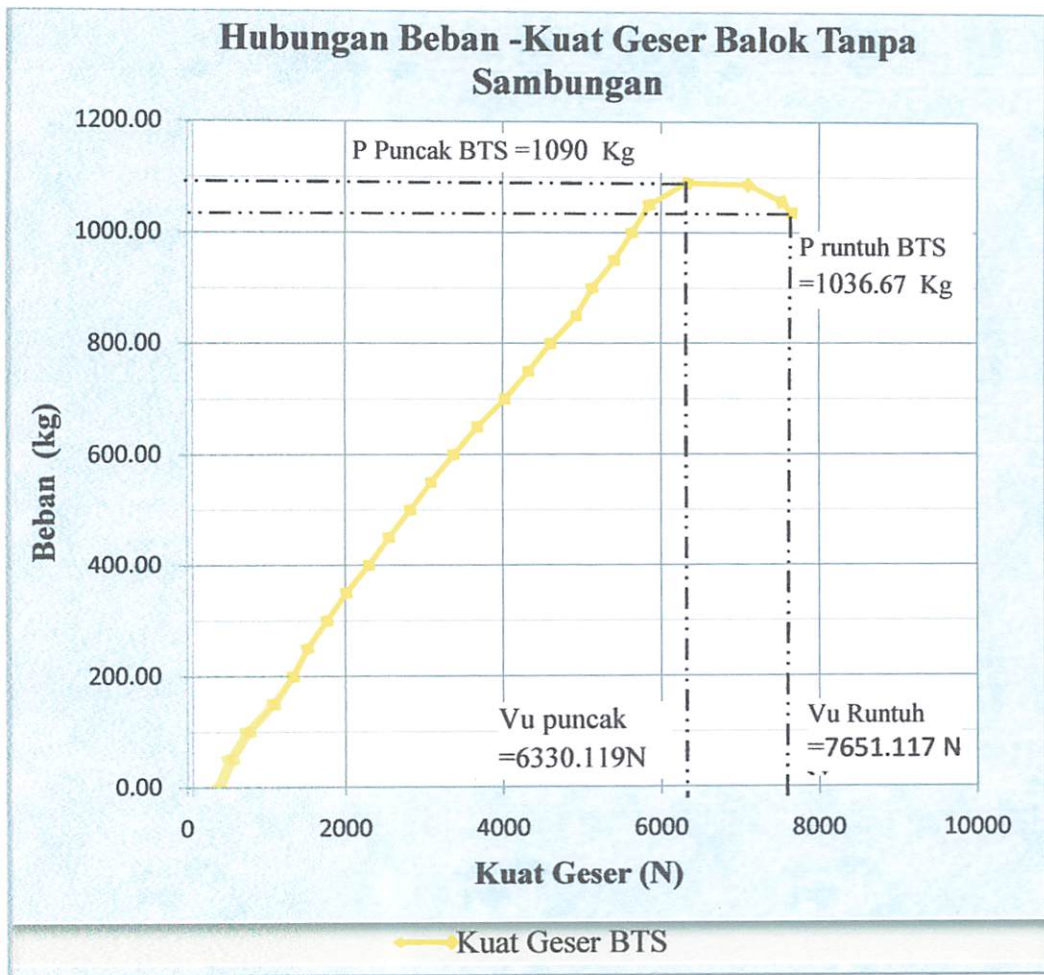
l = Panjang Balok ( mm)

➤ Kolom 7

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

Hubungan beban – kuat geser balok beton tanpa sambungan rata-rata yang terlihat pada Grafik 4.14 di bawah ini adalah hasil analisa teoritis yang digambarkan dengan cara menghubungkan angka-angka pada Tabel 4.15 yaitu angka-angka pada kolom 6 untuk arah horisontal (Kuat geser) dan kolom 2 untuk arah vertikal (Beban teoritis).

Grafik 4.14 Hubungan Beban – Kuat Geser balok tanpa sambungan rata-rata



Analisa kuat geser balok tanpa sambungan didapat dengan mengolah data dari hasil eksperimen lendutan rata-rata dengan cara menurunkan rumus lendutan untuk mempresentasikan nilai beban P eksperimen dari beban q dan lendutan eksperimen, sehingga memperoleh nilai kuat geser berdasarkan beban P eksperimen. Dan terlihat pada beban maksimum 1090 Kg, mengalami kuat geser sebesar 6330.119 N sedangkan pada beban minimum 1036.67 Kg, mengalami kuat geser sebesar

7651.117 N. Data selengkapnya bisa dilihat pada tabel 4.16. dan grafik 4.14

#### 4.3.2. Balok dengan jarak sambungan beton dan tulangan seper-dua bentang (1/2)

- **Perubahan Beban Terpusat (P)**

Data perencanaan :l = 2000 mm  
q = 0,36 N/mm  
Ec = 20149,794 Mpa  
Ie = 28125000 N/mm  
 $\Delta = 0,21$  (pada beban 50kg)

Mencari nilai P dari data hasil eksperimen lendutan ( $\Delta$ )

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

$$0,21 = \frac{P \cdot (2000^3)}{48 \cdot 20149,794 \cdot 28125000} + \frac{5 \cdot 0,36 \cdot (2000)^4}{384 \cdot 20149,794 \cdot 28125000}$$

$$0,21 = P \cdot 0,000294 + 0,132342$$

$$P = 264.0583264 \text{ N}$$

Jadi :

$$\begin{aligned} V_u &= \left( \frac{1}{2} \times p + \frac{1}{2} \times q \times l \right) \\ &= \left( \frac{1}{2} \cdot 264.0583264 + \frac{1}{2} \cdot 0,36 \cdot 2000 \right) \\ &= 492.0292 \text{ N} \end{aligned}$$



Untuk perhitungan selanjutnya, dilampirkan pada *tabel 4.17*

*Tabel 4.17. Kuat Geser Eksperimen Balok dengan jarak sambungan beton dan tulangan seper-dua bentang (1/2 rata-rata*

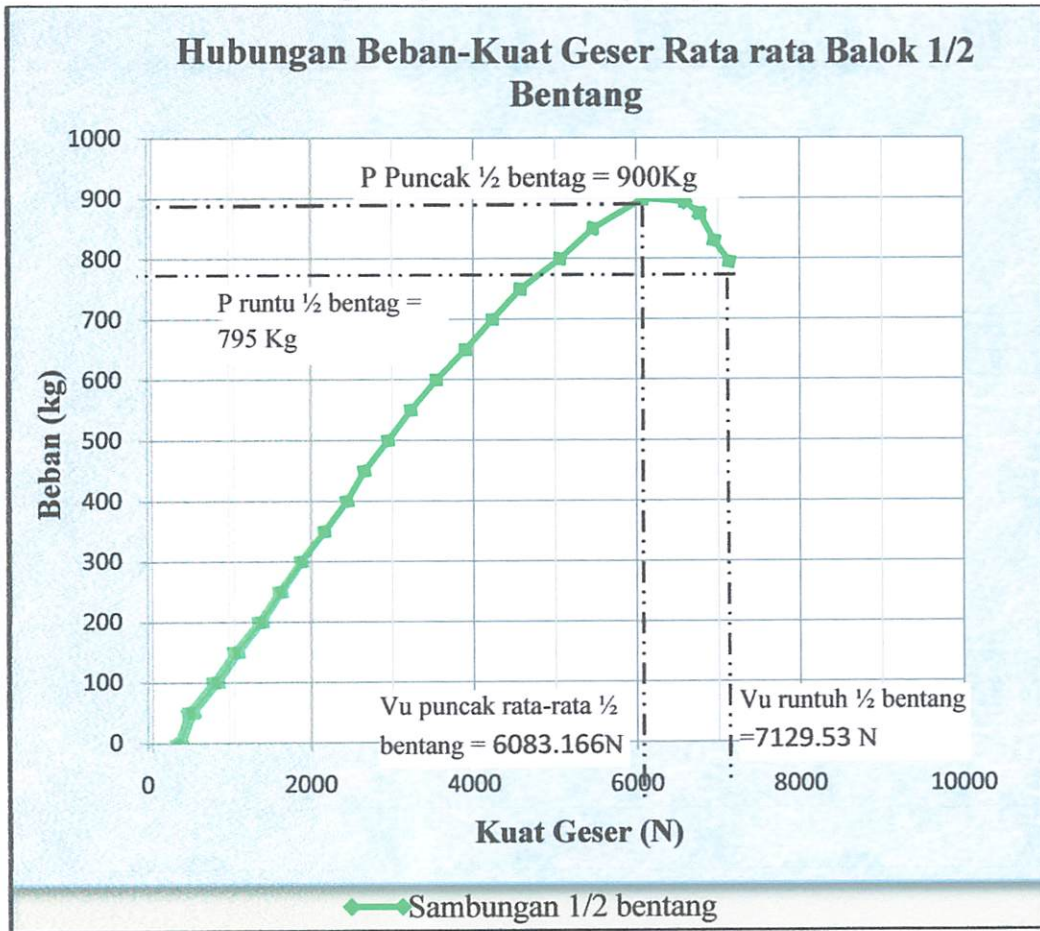
No	Beban (P) (kg)	Beban eksperimen (P) (N)	q (N/mm)	L (mm)	Kuat Geser (Kg)	Defleksi rata- rata
1	2	4	5	6	7	8
1	0.00	0	0.36	2000	360	0.00
2	50.00	264.0583	0.36	2000	492.0292	0.21
3	100.00	876.1083	0.36	2000	798.0542	0.39
4	150.00	1386.15	0.36	2000	1053.075	0.54
5	200.00	1998.200	0.36	2000	1359.1	0.72
6	250.00	2491.459	0.36	2000	1605.729	1.23
7	300.00	3024.767	0.36	2000	1872.384	1.75
8	350.00	3604.878	0.36	2000	2162.439	2.30
9	400.00	4165.343	0.36	2000	2442.672	2.83
10	450.00	4594.973	0.36	2000	2657.487	3.26
11	500.00	5176.389	0.36	2000	2948.194	3.77
12	550.00	5731.605	0.36	2000	3225.802	4.25
13	600.00	6359.488	0.36	2000	3539.744	4.77
14	650.00	7082.342	0.36	2000	3901.171	5.35
15	700.00	7742.251	0.36	2000	4231.125	5.88
16	750.00	8422.833	0.36	2000	4571.417	6.42
17	800.00	9397.253	0.36	2000	5058.627	7.17
18	850.00	10209.3	0.36	2000	5464.65	7.80
19	900.00	11446.33	0.36	2000	6083.166	8.74
20	895.00	12444.62	0.36	2000	6582.312	9.47
21	875.00	12818.88	0.36	2000	6769.438	9.73
22	830.00	13172.71	0.36	2000	6946.356	9.95
23	795.00	13539.06	0.36	2000	7129.53	10.18

Hubungan beban–Kuat geser balok beton dengan jarak sambungan beton dan tulangan 1/2 bentang rata-rata yang terlihat pada grafik 4.15 di bawah ini



adalah hasil analisa teoritis yang digambarkan dengan cara menghubungkan angka-angka pada Tabel 4.17 yaitu angka-angka pada kolom 6 untuk arah horisontal (Kuat geser) dan kolom 2 untuk arah vertikal (Beban teoritis).

Grafik 4.15 Hubungan beban – kuat geser balok dengan jarak sambungan beton dan tulangan seper-dua bentang (1/2) rata-rata



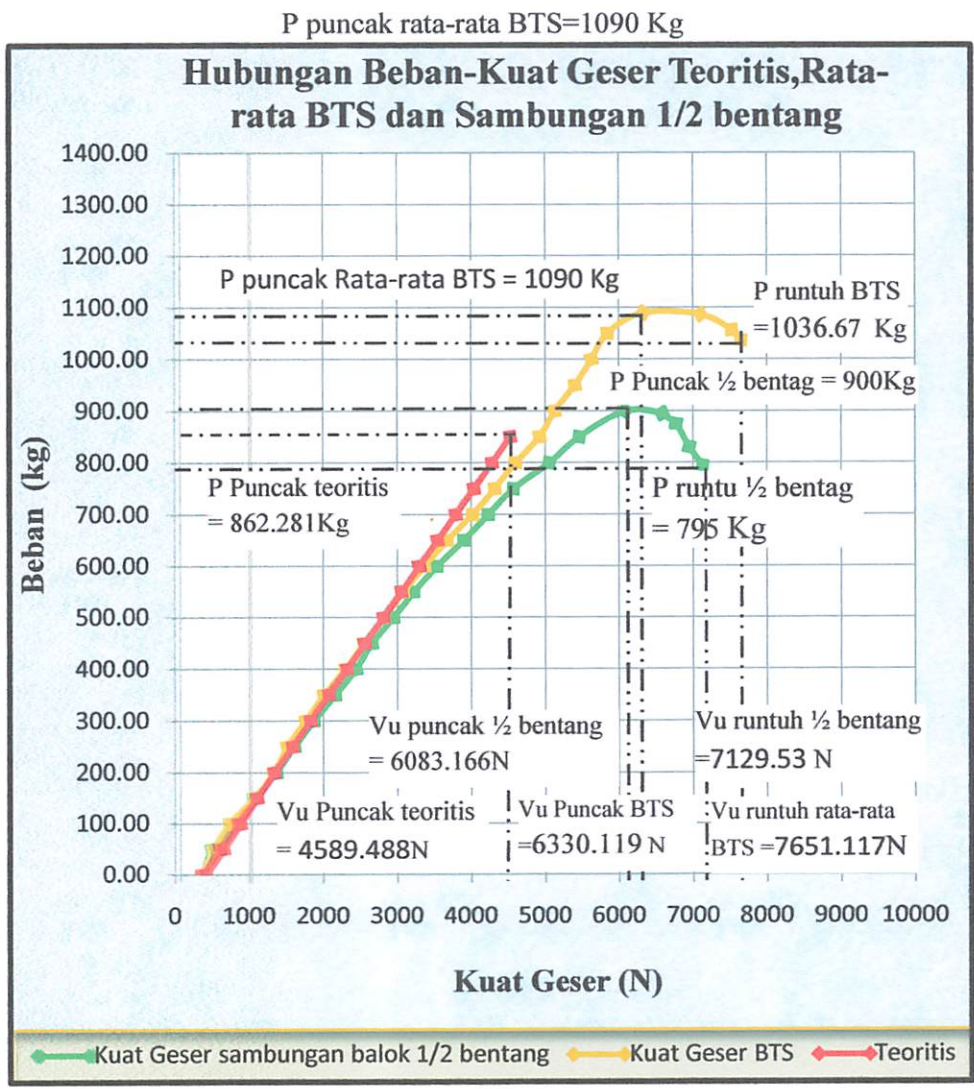
Analisa kuat geser balok dengan jarak sambungan beton dan tulangan seper-dua bentang (1/2) didapat dengan mengolah data dari hasil eksperimen lendutan rata-rata dengan cara menurunkan rumus lendutan untuk mempresentasikan nilai beban P eksperimen dari beban q dan lendutan eksperimen, sehingga memperoleh nilai kuat geser berdasarkan beban P

eksperimen. Dan terlihat pada beban maksimum 900 Kg, mengalami kuat geaer sebesar 6083.166 N, sedangkan pada beban minimum 795 Kg, mengalami kuat geser sebesar 7129.53 N. Data selengkapnya bisa dilihat pada tabel 4.17. dan grafik 4.15



Hubungan beban–Kuat geser Teoritis,Rata-rata Balok beton tanpa sambungan dan balok beton dengan jarak sambungan beton dan tulangan 1/2 bentang rata-rata yang terlihat pada grafik 4.16 di bawah ini adalah hasil analisa teoritis yang digambarkan dengan cara menghubungkan angka-angka pada Tabel 4.18 .

Grafik 4.16. Hubungan beban – kuat geser balok dengan jarak sambungan beton dan tulangan seper-dua bentang (1/2) rata-rata, BTS rata-rata dan teoritis



Dari penggabungan kurva diatas terjadi perhimpitan antar balok beton tanpa sambungan rata-rata, sambungan balok beton dan tulangan seper-dua (1/2) bentang rata-rata dan teoritis yaitu,memiliki sudut yang hampir sama,tetapi pada beban dan kuat geser memiliki perbedaan yaitu balok tanpa sambungan rata-rata memiliki kuat geser yang lebih besar karena terjadi penambahan beban P sampai puncak dan seiring bertambahnya P sampai terjadi penurunan,sehingga mengakibatkan kuat geser yang lebih besar jika dibandingkan dengan Teoritis dan sambungan balok beton dan tulangan dengan jarak seper-dua (1/2) bentang. untuk selengkapnyadapat dilihat pada tabel 4.19

*Tabel 4.19. Perbandingan Beban P dan Kuat Geser hasil Analisa eksperimen Balok tanpa sambungan(BTS)dan sambungan seper-dua (1/2) bentang*

No	Tipe Balok	Beban (P) Puncak (Kg)	Beban (P) runtuh (Kg)	Kuat Geser Puncak (N)	Kuat Geser runtuh (N)	Perbedaan (%)			
						(P) Puncak	(P) runtuh	Kuat Geser Puncak	Kuat Geser runtuh
1	Eksperimen ( BTS)	1090	1036.67	6330.12	7651.12				
2	Eksperimen sambungan 1/2 bentang	900	795	6083.16	7129.53	17.43	23.31	3.90124	6.82

#### 4.4. Mekanisme Pola Retak

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

Proses pengujian lendutan, kuat lentur, geser terhadap keseluruhan benda uji balok, diberikan perlakuan yang sama yaitu balok diberikan 2 buah tumpuan sendi dengan jarak 2 m. Kemudian balok diberikan beban terpusat (P) secara kontinyu dengan kenaikan 50 Kg tiap pembebanan. Pembebanan dilakukan secara kontinyu hingga balok mengalami lenturan maksimal akibat beban puncak.

Mekanisme pola 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 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*



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

Mekanisme pola 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 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*



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

Mekanisme pola 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 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 3.6 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*



#### **4. Balok dengan jarak sambungan beton dan tulangan seper-dua (1/2-A) bentang**

Mekanisme pola retak balok dengan jarak sambungan beton dan tulangan seper-dua bentang A, diawali dengan retak membelah arah ke atas balok dengan panjang  $\pm 5,4$  cm pada sambungan balok di posisi 22 kotak dari tumpuan kiri saat beban mencapai  $P = 150$  Kg. Kemudian lendutan bertambah seiring dengan penambahan beban hingga mencapai beban puncak sebesar 900 Kg. Retak yang terjadi berupa retak lentur dengan lebar retak akhir yang dihasilkan sebesar 5,8 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 beton dan tulangan seper-dua (1/2-A) bentang



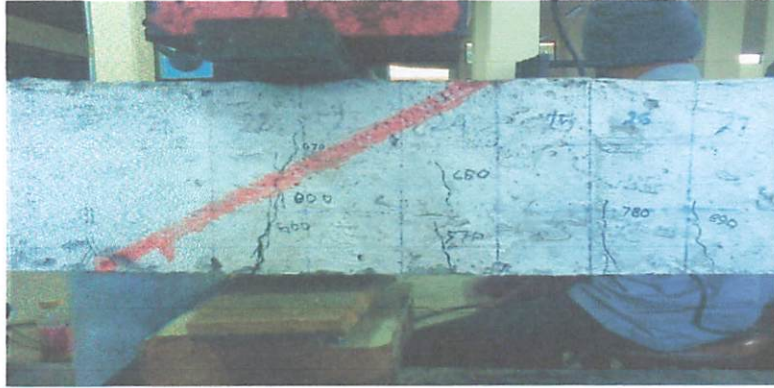
**5. Balok dengan jarak sambungan beton dan tulangan seper-dua  
(1/2-B) bentang**

Mekanisme pola retak balok dengan jarak sambungan beton dan tulangan seper-dua bentang B, diawali dengan retak membelah arah ke atas balok dengan panjang  $\pm 5,2$  cm pada sambungan balok di posisi 22 kotak dari tumpuan kiri saat beban mencapai  $P = 150$  Kg. Kemudian lendutan bertambah seiring dengan penambahan beban hingga mencapai beban puncak sebesar 920 Kg. Retak yang terjadi berupa retak lentur dengan lebar retak akhir yang dihasilkan sebesar 4.7 mm yang terdapat pada kotak 21 dari tumpuan kiri, seperti terlihat pada gambar 4.10 di bawah ini.





Gambar 4.10. Pola retak balok dengan jarak sambungan beton dan tulangan  
seper-dua ( $1/2-B$ ) bentang



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisis balok dimensi 100mm x 150mm, dengan tulangan longitudinal  $\varnothing$  8mm dan tulangan sengkang 4,5mm, dengan bentang 2000mm, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Berdasarkan nilai beban - lendutan dimana untuk balok tanpa sambungan dapat menerima beban ( P ) maksimum = 1090 Kg dengan besar defleksi  $\Delta$  = 9,19 mm, dan pada balok sambungan 1/2 bentang terjadi penurunan nilai beban ( P ) maksimum = 900 Kg dengan besar defleksi  $\Delta$  = 10.18 mm. jadi dapat di presentasikan terjadi perbedaan antara rata –rata BTS dan rata-rata sambungan  $\frac{1}{2}$  bentang adalah untuk lendutan puncak 4.89 % dan untuk lendutan runtuh 8.54 %.
2. Berdasarkan nilai beban - kuat lentur balok tanpa sambungan yg di ambil nilai beban – kuat lentur balok tanpa sambungan yg di ambil dari nilai beban ( P ) eksperimen dengan nilai ( P ) maksimum = 1090 Kg mendapatkan nilai kuat lentur = 6150119,297 Nmm, dan pada balok sambungan 1/2 bentang terjadi penurunan nilai ( P ) maksimum = 900 Kg dengan kuat lentur = 5903166.154Nmm. . jadi dapat di presentasikan terjadi perbedaan antara rata –rata BTS dan rata-rata sambungan  $\frac{1}{2}$  bentang adalah 4.01 % untuk kuat lentur<sub>puncak</sub> dan kuat lentur<sub>runtuh</sub> 6.98 %.
3. Berdasarkan nilai beban - kuat geser balok tanpa sambungan yg di ambil dari nilai beban ( P ) eksperimen maksimum = 1090 Kg mendapatkan nilai kuat

geser = 6330.119 N, dan pada balok sambungan  $\frac{1}{2}$  bentang terjadi penurunan nilai ( P ) maksimum = 900 Kg dengan kuat geser = 6083.166 N. Yaitu terjadi perbedaan antara rata –rata BTS dan rata-rata sambungan  $\frac{1}{2}$  bentang adalah 3.90 % untuk kuat geser <sub>puncak</sub> dan kuat geser<sub>runtuh</sub> 6.82 %.

4. Posisi retak awal yang terjadi terhadap balok tanpa sambungan terjadi ditengah bentang atau retak awal diposisi pemberian beban terpusat, sedangkan balok dengan sambungan seper-dua ( $\frac{1}{2}$  bentang retak awalnya lebih mendekati terhadap posisi sambungan.

## 5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka kami dapat memberikan saran-saran untuk penelitian tingkat lanjut sebagai berikut;

1. Pembuatan benda uji sangat menentukan ketepatan hasil penelitian, antara lain dari segi kualitas, perawatan, maupun mobilisasi benda uji.
2. Memperbanyak variasi tulangan dan jumlah benda uji
3. Perlu diadakannya penelitian lanjutan dengan menggunakan lem beton pada sambungan.

## DAFTAR PUSAKA

- Nurchahyo Arif,0321011,2003,**Studi Penelitian Pengaruh Bahan Tambahan (Bond Crete) Terhadap Elemen Lentur (Balok) Antara Beton Lama Dan Baru Dengan Sambungan Miring Pada Jarak Sepertiga Panjang Balok**,ITN Malang
- G. Ngawi, Edward **Beton Bertulang,Suatu Pendekatan Dasar**,PT. Refika Aditama,Bandung 1998
- Badan Standardisasi Nasional, 2002, **Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung SNI 03-1726-2002**, Bandung.
- Badan Standardisasi Nasional, 2002, **Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung SNI 03-2848-2002**, Bandung.
- Imran, L., Kamaludin dan Hanafiah, “**Perilaku Sambungan Antara Elemen Beton**
- Priskasari E, dkk, **Kekuatan Lekatan (Bond) dan Panjang Penyaluran Tulangan Cold Rolled & Twisted Bar Pada Beton Mutu Tinggi**, Penelitian Hibah Bersaing, 2010
- P Dwi Setiawan Rully, 0721015,2007,**Studi Penelitian Perkuatan kolom Beton Bertulang Bulat Dengan Menggunakan Fine Mesh Ø 4-50**,ITN Malang
- B Setiawan., 2006, **Tinjauan Kekuatan Dan Analisis Teoritis Model Sambungan Untuk Momen Dan Geser Pada Balok Beton Bertulang**, Ums Surakarta



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
 Jl. Bendungan Sigura-gura 2  
 Jl. Raya Karanglo Km. 2  
 Malang

# UJIAN SKRIPSI PRODI TEKNIK SIPIL S-1

## FORM REVISI / PERBAIKAN BIDANG Penelitian

Nama : F Natalindo DJS DS

NIM : 0721030

Hari / tanggal : 120-8-2013

Perbaikan materi Skripsi meliputi :

Analisa hal. A2

Rumusan hal 69

Rumusan Masalah, Tujuan & batasan masalah  
~~Harus~~ Harus SINKRON

Mutu Baja Hsl pengujian

Perbaikan Skripsi harus diselesaikan selambatnya 14 hari terhitung sejak pelaksanaan Ujian  
 Sanakan. Bila melebihi masa 14 hari, maka tidak dapat diikuti Yudisium.

Selesai Akhir telah diperbaiki dan disetujui :

Malang, \_\_\_\_\_ 2013

Dosen Penguji

Malang, 20-8-2013

Dosen Penguji

  
Bambang Widyantodji



**FORM REVISI / PERBAIKAN**

BIDANG Struktur

Nama : FRANSISCO N-D-J

NIM : 0721030

Hari / tanggal : Rabu / 21 Agst 2013

Perbaiki materi Skripsi meliputi :

1.) Analisa Hg Retak  $\rightarrow \frac{1}{2} L$  (71)  
 Cek laporan  
 Momen lentur lebih  
 Jelas lagi di bab IV

Perbaikan Skripsi harus diselesaikan selambatnya 14 hari terhitung sejak pelaksanaan Ujian dilaksanakan. Bila melebihi masa 14 hari, maka tidak dapat diikuti Yudisium.

Gas Akhir telah diperbaiki dan disetujui :

Malang, 21-155 2013  
 Dosen Penguji

[Signature]

Malang, 21 Agst 2013  
 Dosen Penguji

[Signature]  
Toqi HNO

**LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI**



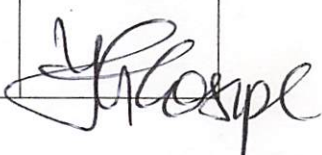
**PENGARUH SAMBUNGAN BETON DAN TULANGAN LONGITUDINAL PADA  
JARAK SEPERDUA BENTANG TERHADAP KEKUATAN BALOK**

NAMA : Francisco Natalino D.J.S. Da Silva

NIM : 07.21.030

JURUSAN : TEKNIK SIPIL S-1

DOSEN PEMBIMBING : Yosimson P. Manaha, ST., MT

No.	Tanggal	Keterangan	Paraf
	25/03-13	<ul style="list-style-type: none"><li>- Bab I <del>dit</del> di Cetak lagi</li><li>- Bab II dicetak lagi</li><li>rumus <math>\Sigma</math> geser.</li><li>- Hitungan Bab III lengkap</li><li>dg gambar gaya <math>\Sigma</math> nya</li></ul>	
	02/04-13	<ul style="list-style-type: none"><li>- Hitungan teoritis di Cetak lagi for gaya <math>\Sigma</math> dalam &amp; satuan <math>\Sigma</math> nya</li><li>- Bab. perhitungan hasil Experiment di cetak dg rumus <math>\Sigma</math> yg ada</li></ul>	
	06/04-13	<ul style="list-style-type: none"><li>- Rumus teoritis untuk Tegangan - regangan beton di Cetak lagi</li></ul>	



# 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 Seper- Dua Bentang Terhadap Kekuatan Balok

NAMA : Francisco Natalino D.J.S.da Silva

NIM : 07.21.030

JURUSAN : TEKNIK SIPIL S-1

DOSEN PEMBIMBING : Yosimson P. Manaha, ST., MT

No.	Tanggal	Keterangan	Paraf
	18/04-13.	- Kurva Hub. T <sub>cg</sub> - regang - " " P - M - " " P - Δ - " " P - V di cet lagi, Review & pakai teori yg benar & telat di cet.	
	08/05-13.	- Foto & di beritaskan uraian & grafik & diberitaskan uraian pd laporan TA, - Kurva Hub. T <sub>cg</sub> - reg apa perlu di pakai karena foto semua Bab I.?	





# 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 Seper-Dua Bentang Terhadap Kekuatan Balok

NAMA : Francisco Natalino D.J.S.da Silva

NIM : 07.21.030

JURUSAN : TEKNIK SIPIL S-1

DOSEN PEMBIMBING : Yosimson P. Manaha, ST., MT

No.	Tanggal	Keterangan	Paraf
	28/05-13	- Hebranga P-19 di cek lagi - Hebr. P-V di cek lagi - Kesan p teoritis pakai nilai Pmax yg telah di cari	
	13/06-13.	- nilai p-teoritis tdk boleh <del>diper</del> di naikan sebarang karena telah dihitung kekuatan balok teoritis yg minus yg batu! - cek lagi cara menentukan p-ef peuh (kenapa Ec dipakai yg teoritis)	



# 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 Seper- Dua Bentang Terhadap Kekuatan Balok

NAMA : Francisco Natalino D.J.S.da Silva

NIM : 07.21.030

JURUSAN : TEKNIK SIPIL S-1

DOSEN PEMBIMBING : Yosimson P. Manaha, ST., MT

No.	Tanggal	Keterangan	Paraf
	25/06-13	- Nilai P teoritis belum bisa di terima! - Nilai P eks belum bisa di terima, karena pakai Ec teoritis - Cek lagi semua P-M & P-V	
	02/07-13	cek lagi Ec & berimpulan lihat tumpukan perelitia	
	04/07-13	- cek lagi berimpulan - cek lagi campuran & tabel yg di butuhkan	



# 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 Seper- Dua Bentang Terhadap Kekuatan Balok

NAMA : Francisco Natalino D.J.S.da Silva

NIM : 07.21.030

JURUSAN : TEKNIK SIPIL S-1

DOSEN PEMBIMBING : Yosimson P. Manaha, ST., MT

No.	Tanggal	Keterangan	Paraf
	09/07-13	- Sempurnakan grafik <sup>2</sup> & Validasi penelitian di sempurnakan	
	12/07-13	- Sempurnakan semua nya - Dapat maju seminar hasil (Acc) - Asistensikan materi presentasi seminar hasil (power point) sdr.	

**LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI**

**PENGARUH SAMBUNGAN BETON DAN TULANGAN LONGITUDINAL PADA  
JARAK SEPERDUA BENTANG TERHADAP KEKUATAN BALOK**

NAMA : Francisco Natalino D.J.S. Da Silva

NIM : 07.21.030

JURUSAN : TEKNIK SIPIL S-1

DOSEN PEMBIMBING : Ir. H. Sudirman Indra, MSc

No.	Tanggal	Keterangan	Paraf
	3/04. 013	cek al. yg. ser keseluruhan - Pelina . - $\phi 4$ ? $\phi 8$ ?	A
	12/06. 013	- Keterangan gambar & lay out - Foto : Perawatan up & lay out - But Ryint mka ser keseluruhan	A



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 Seper-  
Dua Bentang Terhadap Kekuatan Balok

NAMA : Francisco Natalino D.J.S da Silva

NIM : 07.21.030

JURUSAN : TEKNIK SIPIL S-1

DOSEN PEMBIMBING : Ir. H. Sudirman Indra, MSc

No.	Tanggal	Keterangan	Paraf
	16/03'013	- Pahami tabel Peta - jumlah get. ruts. $z = P$ - Rumus luas $a$ ukur $b_2$ b.  - Hura-hura tabel - gambar & jumlah per kondisi beban $P >$ - Skema $\gamma$ tumpuan tait	
	19/07'013	- Ace ringkasan tumpuan tait - cel. kubus. seen kesel	

**LAMPIRAN L2.1**  
**PERANCANGAN CAMPURAN BETON**

No	Uralan	Tabel, Perhitungan, Peraturan	Nilai
1	Kuat tekan yang disyaratkan	Ditetapkan	20 MPa pada umur 28 hari
2	Standar Deviasi	Ditetapkan	Bagian Cacat 10% 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



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

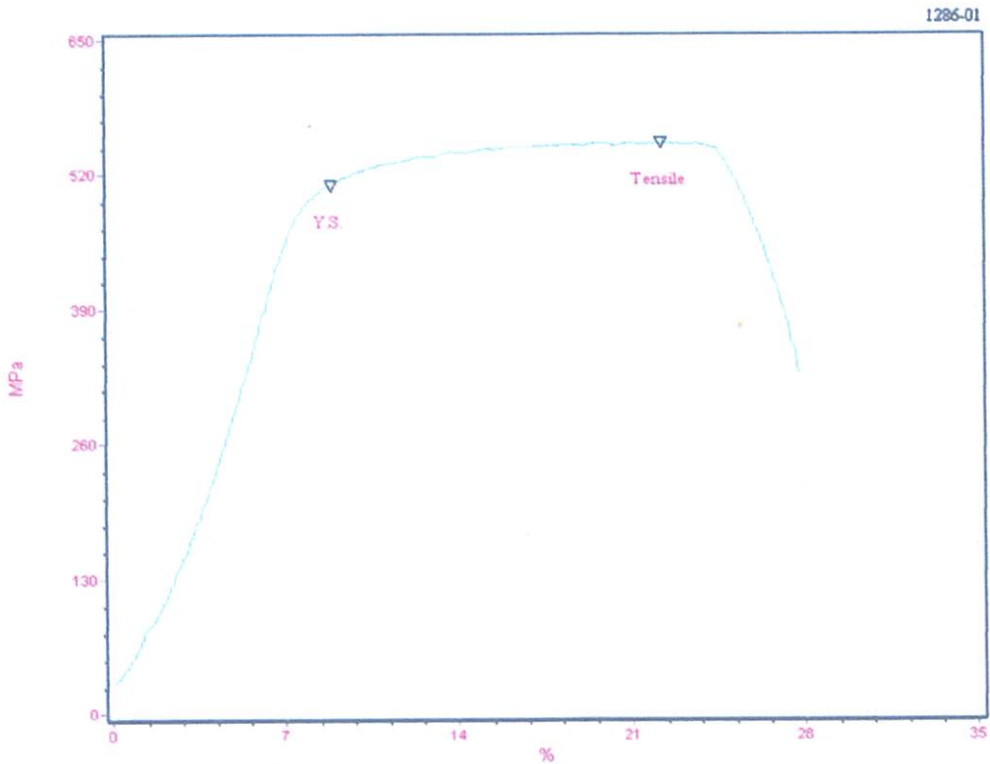
Test No : 1286

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

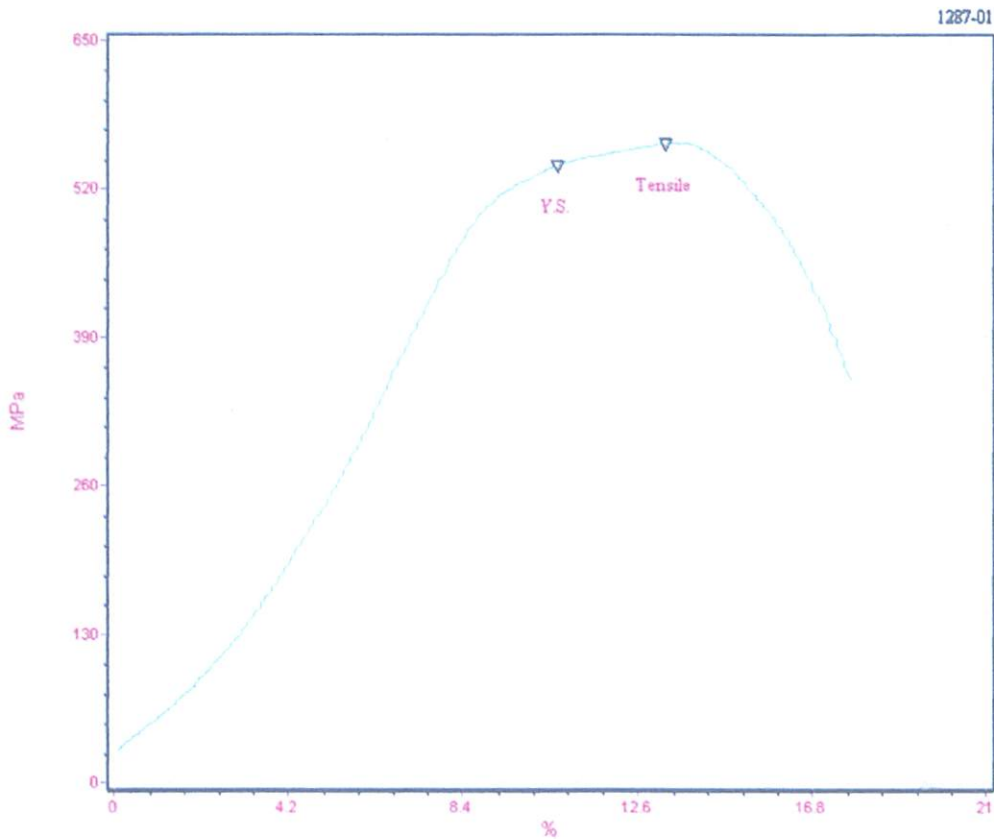


INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI JURUSAN TEKNIK MESIN\*  
**LABORATORIUM PENGUJIAN MATERIAL**  
Jl. Raya Karanglo Km. 2 Telp. (0341) 417636 Ext. 511 Malang

TEST REPORT

Test No : 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 :  
  
**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

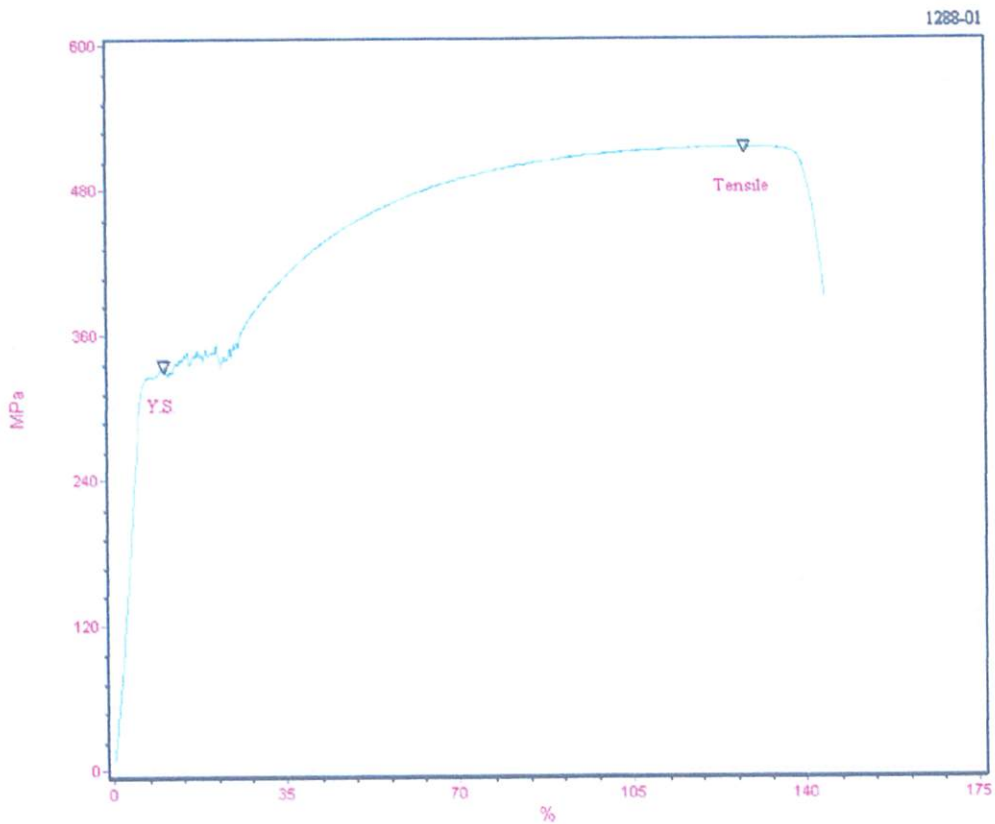
Test No : 1288

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

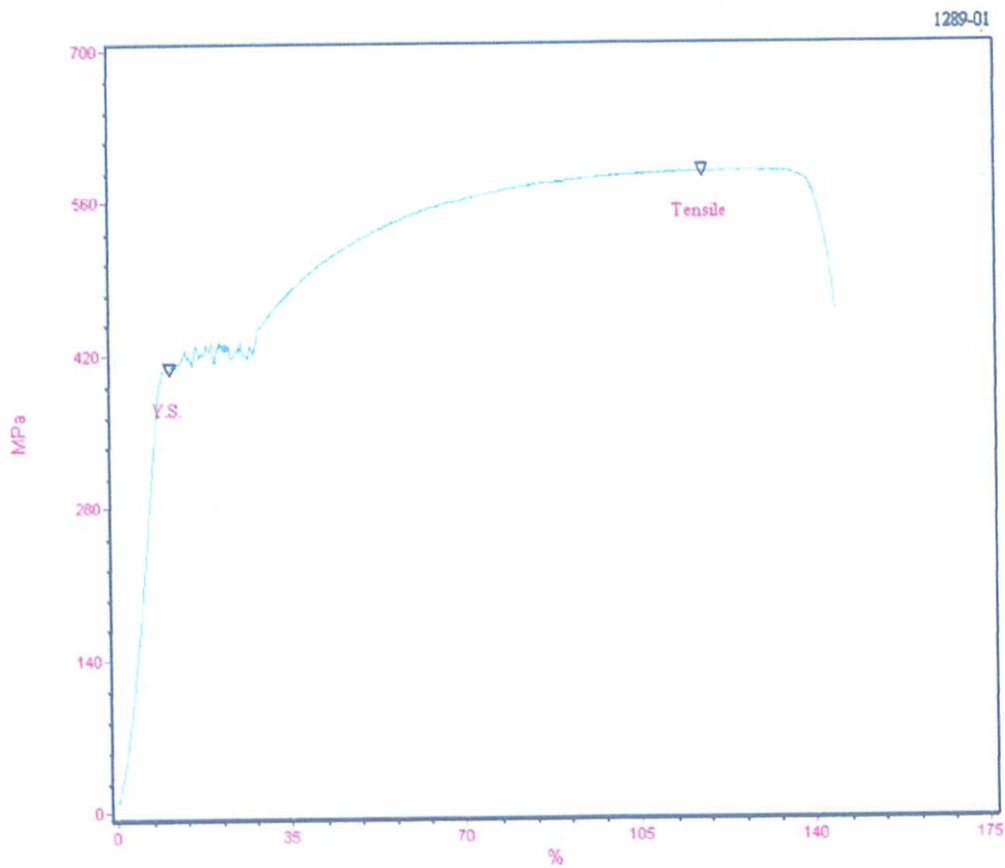
Test No : 1289

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

*Pengerjaan bekisting balok*



*Pengerjaan Tulangan*



*Pengecoran tahap 1*



*Pengecoran tahap 2*



*Pengujian kuat tekan silinder*



*Pengujian kuat lentur balok*





SURAT KETERANGAN

No : 025 /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 : **Fransisco Natalino**

NIM : **07 21 030**

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 2013  
Kepala Laboratorium



Prof. Dr. Ir. Sri Murni Dewi, MS  
NIP 195112111981032001