

# **ANALISIS PENENTUAN TEGANGAN REGANGAN LENTUR BALOK BAJA AKIBAT BEBAN TERPUSAT DENGAN METODE ELEMEN HINGGA**

**AFRIYANTO  
NRP : 0221040**

**Pembimbing : Yosafat Aji Pranata, ST., MT.**

**FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL  
UNIVERSITAS KRISTEN MARANATHA  
BANDUNG**

---

## **ABSTRAK**

Balok merupakan salah satu dari elemen struktur yang digunakan untuk memikul beban yang bekerja secara transversal dari panjangnya dan mentransfer beban tersebut ke kolom vertikal yang menumpunya. Sistem struktur balok-kolom banyak digunakan dalam perencanaan bangunan gedung, baik itu bertingkat rendah, maupun bertingkat sedang. Seiring dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan perangkat lunak komputer, metode analisis dan desain struktur banyak menggunakan bantuan perangkat lunak antara lain *SAP2000*, sebagai alat bantu dalam analisis tegangan-regangan dan perilaku yang terjadi untuk diverifikasi dengan hasil uji eksperimental laboratorium.

Tujuan penulisan Tugas Akhir ini adalah mempelajari perilaku balok baja IWF 150x75x5x7 dengan persamaan analitis dan metode elemen hingga, membandingkan hasil dengan uji eksperimental. Ruang lingkup yaitu beban yang bekerja adalah beban terpusat, perilaku yang ditinjau adalah tegangan lentur, regangan lentur, momen lentur dan lendutan maksimum, perangkat lunak menggunakan *SAP2000 nonlinear* versi 8.3.8, data hasil uji eksperimental menggunakan hasil penelitian sebelumnya [Pranata, 2008], beban yang ditinjau 602,5kg, 802,5kg, 1000,5kg, dan 1201kg, pemodelan metode elemen hingga secara 3D menggunakan lima variasi model *mesh*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa %-relatif perbedaan nilai tegangan-regangan lentur antara hasil eksperimental terhadap analitis berkisar antara 0,001%-3,793%. Sedangkan %-relatif perbedaan nilai tegangan lentur dan regangan lentur antara hasil eksperimental dengan simulasi metode elemen hingga berkisar antara 7,083%-12,684%, dan besar persen relatif untuk nilai tegangan lentur dan regangan lentur antara hasil analitis dengan simulasi metode elemen hingga berkisar antara 11,460%-11,912%. Secara umum hasil penelitian secara analitis dan metode elemen hingga dalam Tugas Akhir ini menghasilkan perbedaan relatif terhadap hasil uji eksperimental mendekati, perbedaan yang paling kecil 0,001% sedangkan perbedaan yang paling besar 12,684%.

# DAFTAR ISI

	Halaman
<b>SURAT KETERANGAN TUGAS AKHIR</b> .....	i
<b>SURAT KETERANGAN SELESAI TUGAS AKHIR</b> .....	ii
<b>ABSTRAK</b> .....	iii
<b>PRAKATA</b> .....	iv
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	ix
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvi
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang Penulisan.....	1
1.2 Tujuan Penulisan .....	3
1.3 Ruang Lingkup Penulisan .....	3
1.4 Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Material Baja.....	5
2.2 Balok Statis Tertentu.....	7
2.3 Analisis Gaya-gaya Dalam.....	8
2.3.1 Jenis Beban.....	8
2.3.2 Perjanjian Tanda.....	9
2.3.3 Reaksi.....	10
2.4 Lendutan Balok Statis Tertentu.....	10

2.5	Tegangan Regangan Lentur dengan Persamaan Analitis.....	11
2.6	Metode Elemen Hingga.....	16
2.6.1	Konsep Dasar Metode Elemen Hingga.....	16
2.6.2	Langkah langkah dalam Metode Elemen Hingga.....	17
2.6.3	Perangkat Lunak <i>SAP2000</i> .....	20
2.7	Simulasi Uji Eksperimental.....	23
2.7.1	Alat alat yang digunakan.....	23
2.7.2	Pengukuran Regangan Lentur.....	29
2.7.3	Persiapan Uji Eksperimental.....	30
2.7.4	Uji Eksperimental.....	30
2.7.6	Pembahasan Hasil Praktikum.....	37

### **BAB 3 STUDI KASUS DAN PEMBAHASAN DENGAN PERSAMAAN ANALITIS**

3.1	Beban 602,5 kg.....	39
3.1.1	Perhitungan Reaksi Tumpuan.....	40
3.1.2	Perhitungan Gaya gaya Dalam.....	41
3.1.3	Perhitungan Lendutan.....	46
3.1.4	Perhitungan Tegangan Lentur di titik E.....	47
3.1.5	Perhitungan Regangan Lentur di titik E.....	47
3.2	Beban 802,5 kg, 1000,5 kg dan 1201.....	47
3.2.1	Perhitungan Reaksi Tumpuan.....	47
3.2.2	Perhitungan Gaya-gaya Dalam.....	48
3.2.3	Perhitungan Lendutan.....	48
3.2.4	Perhitungan Tegangan Lentur di titik E.....	49

3.2.5	Perhitungan Regangan Lentur di titik E.....	49
3.3	Pembahasan.....	49
<b>BAB 4 PEMBAHASAN METODE ELEMEN HINGGA</b>		
4.1	Pemodelan Struktur.....	52
4.2	Variasi Model.....	60
4.3	Hasil Analitis Perangkat lunak <i>SAP2000</i> .....	64
4.4	Pembahasan.....	66
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>		
5.1	Kesimpulan.....	71
5.2	Saran.....	72
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>73</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>74</b>

## DAFTAR NOTASI

$b$	= Lebar penampang profil balok IWF, mm
$d$	= Tinggi penampang, mm
$E$	= Modulus elastisitas, MPa
$E_y$	= Modulus elastisitas, MPa
$H$	= Gaya normal
$h$	= Tinggi <i>web</i> bersih (tinggi balok dikurangi tebal <i>flens</i> ), mm
$h_w$	= Panjang <i>web</i> dikurangi jari-jari girasi, mm
$I_x$	= Momen inersia penampang terhadap sumbu-x, mm <sup>4</sup>
$L$	= Panjang bentang balok, mm
$M$	= Momen lentur, kgm
$P$	= Beban terpusat, kg
$q$	= Beban merata, kg/m
$t_f$	= Tebal <i>flens</i> , mm
$t_w$	= Tebal <i>web</i> , mm
$V$	= Gaya geser, kg
$\delta$	= Lendutan maksimum, mm
$\delta_{maks-P}$	= Lendutan maksimum balok statis tertentu dengan beban terpusat, mm
$\delta_{maks-w}$	= Lendutan maksimum balok statis tertentu dengan beban merata, mm
$\delta_{total}$	= Lendutan maksimum, mm
$\varepsilon$	= Regangan lentur
$\varepsilon_1$	= Regangan <i>gauge-1</i>
$\varepsilon_2$	= Regangan <i>gauge-2</i>

$\varepsilon_{A1}$  = Regangan lentur pada lokasi A1

$\varepsilon_{A2}$  = Regangan lentur pada lokasi A2

$\varepsilon_{B1}$  = Regangan lentur pada lokasi B1

$\varepsilon_{B2}$  = Regangan lentur pada lokasi B2

$\sigma$  = Tegangan lentur, N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_x$  = Tegangan dalam arah horizontal, N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_y$  = Tegangan dalam arah vertikal, N/mm<sup>2</sup>

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1	Jenis balok statis tertentu dan jenis beban.....8
Gambar 2.2	Perjanjian tanda gaya geser dan momen lentur .....9
Gambar 2.3	Lendutan balok statis tertentu .....10
Gambar 2.4	Kelengkungan balok yang melentur.....12
Gambar 2.5	Deformasi balok yang mengalami lentur .....13
Gambar 2.6	Tegangan normal balok dari bahan elastis linier .....14
Gambar 2.7	Pendekatan mencari luas dibawah kurva .....20
Gambar 2.8	Tahapan umum dalam pemodelan struktur .....21
Gambar 2.9	Sistem sumbu dengan kaidah tangan kanan .....21
Gambar 2.10	Sistem koordinat persegi ( <i>cartesian</i> ) dalam <i>SAP2000</i> .....22
Gambar 2.11	<i>Hung Ta instrument</i> .....23
Gambar 2.12	Alat instrumen <i>DC104R controller</i> .....24
Gambar 2.13	Skema sistem blok diagram. ....25
Gambar 2.14	<i>Setting</i> untuk koneksi <i>strain gauges</i> .....25
Gambar 2.15	<i>Setting</i> pemasangan <i>strain gauges</i> pada praktikum. ....26
Gambar 2.16	<i>Notebook</i> yang digunakan dalam praktikum.....26
Gambar 2.17	<i>Strain gauges</i> yang digunakan .....27
Gambar 2.18	<i>Slot</i> kabel sensor <i>strain gauges</i> pada <i>DC104R Controller</i> .....27
Gambar 2.19	Skema dan lokasi pemasangan <i>strain gauges</i> .....28
Gambar 2.20	Penulisan kode pada lokasi pemasangan <i>strain gauges</i> .....29
Gambar 2.21	Persiapan pada lokasi pemasangan <i>strain gauges</i> .....30

Gambar 2.22	Pemasangan kabel sensor <i>strain gauges</i> dengan bantuan <i>solder</i> ...	31
Gambar 2.23	Pemasangan <i>strain gauges</i> .....	31
Gambar 2.24	<i>Strain gauges</i> telah terpasang .....	31
Gambar 2.25	Kabel sensor dihubungkan pada DC104R <i>controller</i> .....	31
Gambar 2.26	Persiapan uji eksperimental.....	32
Gambar 2.27	Tumpuan .....	32
Gambar 2.28	Nilai regangan hasil uji UG-01 ( <i>output</i> instrumen DC104R) .....	35
Gambar 2.29	Nilai regangan hasil uji UG-02 ( <i>output</i> instrumen DC104R) .....	35
Gambar 2.30	Nilai regangan hasil uji UL-01 ( <i>output</i> instrumen DC104R).....	35
Gambar 2.31	Nilai regangan hasil uji UL-02 ( <i>output</i> instrumen DC104R).....	36
Gambar 2.32	Kurva beban-lendutan data dari instrumen <i>UTM</i> .....	36
Gambar 3.1	Penampang profil IWF.....	39
Gambar 3.2	Struktur balok yang ditinjau .....	40
Gambar 3.3	Segmen DA .....	41
Gambar 3.4	Segmen AE .....	42
Gambar 3.5	Segmen EC .....	43
Gambar 3.6	Segmen FB .....	44
Gambar 3.7	Segmen BC .....	45
Gambar 4.1	Tampilan perangkat lunak <i>SAP2000</i> .....	53
Gambar 4.2	<i>New Model</i> .....	53
Gambar 4.3	Penentuan <i>grid</i> dan <i>spacing</i> .....	54
Gambar 4.4	<i>Edit grid</i> data.....	54
Gambar 4.5	Koordinat sumbu-x .....	55
Gambar 4.6	Koordinat sumbu-y .....	55



Gambar 4.7	Koordinat sumbu-z.....	55
Gambar 4.8	Penentuan bahan.....	56
Gambar 4.9	Material <i>property</i> data.....	56
Gambar 4.10	<i>Area section</i> data .....	57
Gambar 4.11	<i>Area Section</i> data.....	57
Gambar 4.12	<i>Define load</i> .....	58
Gambar 4.13	Jenis perletakan sendi.....	58
Gambar 4.14	Jenis perletakan rol.....	59
Gambar 4.15	<i>Joint forces</i> .....	59
Gambar 4.16	Pemilhan jenis analisis .....	60
Gambar 4.17	<i>Analysis complete</i> .....	60
Gambar 4.18	Model <i>mesh</i> 1 pada <i>flens</i> .....	61
Gambar 4.19	Model <i>mesh</i> 1 pada <i>web</i> .....	61
Gambar 4.20	Model <i>mesh</i> 2 pada <i>flens</i> .....	61
Gambar 4.21	Model <i>mesh</i> 2 pada <i>web</i> .....	62
Gambar 4.22	Model <i>mesh</i> 3 pada <i>flens</i> .....	62
Gambar 4.23	Model <i>mesh</i> 3 pada <i>web</i> .....	62
Gambar 4.24	Model <i>mesh</i> 4 pada <i>flens</i> .....	63
Gambar 4.25	Model <i>mesh</i> 4 pada <i>web</i> .....	63
Gambar 4.26	Model <i>mesh</i> 5 pada <i>flens</i> .....	63
Gambar 4.27	Model <i>mesh</i> 5 pada <i>web</i> .....	64
Gambar 4.28	<i>Shell elemen ID</i> 43 .....	64
Gambar 4.29	<i>Shell elemen ID</i> 44 .....	64
Gambar 4.30	<i>Shell elemen ID</i> 45 .....	64

Gambar 4.31	<i>Shell elemen ID 46</i> .....	64
Gambar 4.32	<i>Joint displacement</i> .....	65

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1	Reaksi tumpuan.....47
Tabel 3.2	Gaya-gaya dalam.....48
Tabel 3.3	Lendutan di titik C.....48
Tabel 3.4	Tegangan lentur di titik E.....49
Tabel 3.5	Regangan lentur di titik E.....49
Tabel 3.6	Persen relatif perbedaan.....49
Tabel 4.1	Hasil analitis tegangan perangkat lunak <i>SAP2000</i> .....66
Tabel 4.2	Hasil analitis regangan perangkat lunak <i>SAP2000</i> .....66
Tabel 4.3	Hasil analitis lendutan perangkat lunak <i>SAP2000</i> .....66
Tabel 4.4	Perbedaan hasil tegangan.....69
Tabel 4.5	Perbedaan hasil regangan.....69
Tabel 4.6	Perbedaaan hasil lendutan.....69

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1	Diagram bagan alir penelitian.....75
Lampiran 2	Data hasil eksperimental.....76
Lampiran 3	Diagram gaya normal, gaya geser, momen lendutan.....82