

**STUDI PERBANDINGAN NILAI TEGANGAN DAN  
LENDUTAN HASIL PENGUJIAN LABORATORIUM DAN  
PERHITUNGAN KOMPUTER MENGGUNAKAN PROGRAM  
SAP2000 PADA JEMBATAN RANGKA BAJA**

**Andreas Susanto Y.  
NRP : 0021049**

**Pembimbing : Daud R. Wiyono, Ir., M.Sc.  
Ko Pembimbing : Anang Kristianto, ST., MT.**

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

---

**ABSTRAK**

Dalam zaman modern, perhitungan struktur dilakukan dengan bantuan komputer. Namun, untuk lebih meyakinkan dilakukan pengetesan/ pengujian pada struktur tersebut. Pada bulan Oktober tahun 2003 PT. Cigading Habeam Centre melakukan pengujian jembatan rangka baja skala penuh dengan menggunakan beban statis. Pengujian semacam ini merupakan kesempatan yang baik untuk membandingkan hasil uji laboratorium (aktual) dengan hasil perhitungan komputer (teoritis), dalam hal ini menggunakan SAP2000.

Konfigurasi jembatan yang diuji adalah tipe Warren dan berdasarkan lebarnya termasuk tipe B dengan bentang 50 m. Beban pengujian mengacu kepada Bridge Management System (BMS). Alat ukur regangan yang digunakan adalah strain gauge tipe *electronic resistance* dan *vibrating wire*, sedangkan pengukur lendutan menggunakan deflektometer tipe kawat dengan pengait, *Linear Variable Displacement Transducer* (LVDT), dan theodolit.

Dari hasil pengujian aktual dan SAP2000 disimpulkan bahwa perbedaan tegangan paling besar adalah 6,79 % terjadi pada batang diagonal, sedangkan perbedaan lendutan paling besar adalah 15,1 % pada titik 10. Kecenderungan perbedaan nilai lendutan ini semakin besar saat tahap pembebanan meningkat. Nilai tegangan aktual masih berada di bawah nilai tegangan leleh teoritisnya, yaitu 240 MPa untuk mutu baja SS400 dan 343 MPa untuk mutu baja SM490.

# DAFTAR ISI

	Halaman
<b>SURAT KETERANGAN TUGAS AKHIR .....</b>	<b>i</b>
<b>SURAT KETERANGAN SELESAI TUGAS AKHIR .....</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>iii</b>
<b>PRAKATA .....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Tujuan Penulisan .....	2
1.3 Pembatasan Masalah.....	3
1.4 Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Jembatan Rangka Baja.....	5
2.1.1 Umum.....	5
2.1.2 Jenis dan Komponen .....	6
2.1.3 Hubungan Tegangan-Regangan.....	10

2.2	Beban Jembatan .....	11
2.2.1	Beban Tetap ( <i>Permanent Loads</i> ) .....	11
2.2.2	Beban Lalu-Lintas ( <i>Traffic Loads</i> ) .....	12
2.3	Pengujian Struktur dan Komponen Struktur .....	17
2.3.1	Metoda Pengujian .....	17
2.3.2	Uji Pembebanan ( <i>Load Test</i> ).....	18
2.3.3	Alat Ukur yang Digunakan .....	18
2.4	Pemodelan Elemen <i>Frame</i> Pada SAP2000 .....	20
2.4.1	Sistem Koordinat.....	20
2.4.2	<i>End Release</i> .....	24
2.4.3	Beban Pada Struktur.....	25

### **BAB 3 PENGUJIAN LABORATORIUM OLEH**

<b>PT. CIGADING HABEAM CENTRE .....</b>	<b>30</b>	
3.1	Data Umum.....	30
3.2	Perhitungan Pembebanan .....	33
3.2.1	Desain.....	33
3.2.2	Aktual.....	38
3.3	Jenis Pengujian .....	44
3.4	Tahapan Pengujian .....	45
3.5	Hasil Pengujian Laboratorium.....	46
3.5.1	Tegangan.....	46
3.5.2	Lendutan.....	46

<b>BAB 4 PEMODELAN STRUKTUR MENGGUNAKAN</b>	
<b>PROGRAM SAP2000 .....</b>	<b>53</b>
4.1 Data Umum.....	53
4.2 Penomoran Titik dan Batang .....	56
4.3 <i>Frame Section</i> .....	56
4.4 Pembebanan.....	56
4.5 Hasil Perhitungan Komputer .....	56
4.5.1 Tegangan.....	56
4.5.2 Lendutan.....	56
<b>BAB 5 PEMBAHASAN HASIL PENGUJIAN LABORATORIUM DAN</b>	
<b>HASIL PERHITUNGAN KOMPUTER.....</b>	<b>75</b>
5.1 Tegangan .....	75
5.2 Lendutan .....	78
<b>BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>88</b>
6.1 Kesimpulan.....	88
6.2 Saran .....	90
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>91</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>92</b>

## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

$\alpha$	= faktor <i>strain hardening</i>
$\varepsilon$	= regangan
$\sigma$	= tegangan
BJBJ	= Balai Jembatan dan Bangunan Pelengkap Jalan
BMS	= <i>Bridge Management System</i>
CHC	= Cigading Habeam Centre
CSP	= <i>Corrugated Steel Plate</i>
DL	= <i>Dead Load</i>
E	= modulus elastisitas
KEL	= <i>Knife-Edge Load</i>
Kg	= kilogram
LC	= <i>Load Case</i>
LL	= <i>Live Load</i>
LVDT	= <i>Linear Variable Displacement Transducer</i>
N	= Newton
Pa	= Pascal
SAP	= <i>Structural Analysis Program</i>
SDL	= <i>Superimposed Dead Load</i>
SVW	= <i>Strain gauge Vibrating Wire</i>
SW	= <i>Self Weight</i>
UDL	= <i>Uniform Distributed Load</i>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Rangka batang Pratt .....	7
Gambar 2.2	Rangka batang Warren tanpa batang vertikal .....	7
Gambar 2.3	Rangka batang Warren dengan batang vertikal .....	7
Gambar 2.4	Rangka batang Warren <i>curved chord</i> .....	7
Gambar 2.5	Rangka batang Warren <i>sub-divided</i> .....	7
Gambar 2.6	Rangka batang Warren <i>curved chord sub-divided</i> .....	7
Gambar 2.7	Rangka batang K.....	8
Gambar 2.8	Jembatan Tipe A (1+7+1) m .....	8
Gambar 2.9	Jembatan Tipe B (0,5+6+0,5) m .....	8
Gambar 2.10	Jembatan Tipe C (0,5+4,5+0,5) m .....	9
Gambar 2.11	Komponen Jembatan Rangka.....	10
Gambar 2.12	Grafik Hubungan Tegangan – Regangan.....	11
Gambar 2.13	Beban Lajur “D” .....	13
Gambar 2.14	Beban “D” : UDL vs Panjang yang Dibebani.....	14
Gambar 2.15	Penyebaran Pembebanan pada Arah Melintang.....	15
Gambar 2.16	Pembebanan Truk "T" .....	16
Gambar 2.17	Alat Pengukur Regangan : Strain Gauge .....	19
Gambar 2.18	Alat Pengukur Perpindahan .....	19
Gambar 2.19	Theodolit .....	20
Gambar 2.20	Alat-alat Output.....	20
Gambar 2.21	Menentukan Sudut Putar <i>ang</i> .....	24
Gambar 2.22	<i>End Release</i> Pada <i>Frame</i> Elemen .....	25

Gambar 2.23	Menentukan Beban Terpusat Elemen .....	27
Gambar 2.24	Menentukan Beban Merata Pada Elemen .....	28
Gambar 2.25	Menentukan Beban Trapesium Pada Elemen .....	29
Gambar 3.1	Potongan Melintang <i>Steel Deck Plate (Corrugated Steel Plate)</i>	34
Gambar 3.2	Beban Tetap (Permanent Loads).....	36
Gambar 3.3	Beban Lalu-lintas ( <i>Traffic Loads</i> ) : UDL .....	37
Gambar 3.4	Beban Lalu-lintas ( <i>Traffic Loads</i> ) : KEL.....	38
Gambar 3.5	Pembebanan KEL Menggunakan Pelat Baja Berselang .....	41
Gambar 3.6	Skema Instrumentasi <i>Vibrating Wire Strain Gauge</i> .....	48
Gambar 4.1	Penomoran Titik Sisi Barat .....	57
Gambar 4.2	Penomoran Titik Sisi Timur.....	58
Gambar 4.3	Penomoran Titik Sisi Atas .....	59
Gambar 4.4	Penomoran Titik Sisi Bawah.....	60
Gambar 4.5	Penomoran Batang Sisi Barat .....	61
Gambar 4.6	Penomoran Batang Sisi Timur .....	62
Gambar 4.7	Penomoran Batang Sisi Atas.....	63
Gambar 4.8	Penomoran Batang Sisi Bawah Sebelah Utara .....	64
Gambar 4.9	Penomoran Batang Sisi Bawah Sebelah Selatan.....	65
Gambar 4.10	<i>Frame Section</i> Sisi Barat/Timur .....	66
Gambar 4.11	<i>Frame Section</i> Sisi Atas .....	67
Gambar 4.12	<i>Frame Section</i> Sisi Bawah .....	68
Gambar 4.13	Penempatan Beban Tetap (DLSDL) .....	69
Gambar 4.14	Penempatan Beban Lalu-lintas (UDL).....	70
Gambar 4.15	Penempatan Beban Lalu-lintas (KEL) .....	71

Gambar 5.1	Grafik Perbandingan Tegangan Aktual dan SAP2000 pada Batang Bawah .....	77
Gambar 5.2	Grafik Perbandingan Tegangan Aktual dan SAP2000 pada Batang Atas .....	77
Gambar 5.3	Grafik Perbandingan Tegangan Aktual dan SAP2000 pada Batang Diagonal.....	77
Gambar 5.4	Gambar Camber DL.....	79
Gambar 5.5	Gambar Camber DL+UDL 10%+KEL 5% .....	79
Gambar 5.6	Gambar Camber DL+UDL 25%+KEL 25% .....	79
Gambar 5.7	Gambar Camber DL+UDL 50%+KEL 50% .....	80
Gambar 5.8	Gambar Camber DL+UDL 75%+KEL 75% .....	80
Gambar 5.9	Gambar Camber DL+UDL 100%+KEL 100% .....	80
Gambar 5.10	Gambar Camber DL+UDL 125%+KEL 125% .....	81
Gambar 5.11	Gambar Camber DL+UDL 150%+KEL 150% .....	81
Gambar 5.12	Grafik Perbandingan Lendutan Aktual dan SAP2000 pada Titik 6.....	87



## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Data Dimensi Struktur .....	32
Tabel 3.2	Perhitungan Beban Merata Aktual.....	39
Tabel 3.3	Perhitungan Beban Garis Aktual.....	41
Tabel 3.4	Skema Pembebanan Aktual.....	42
Tabel 3.5	Rangkuman Perhitungan Pembebanan Desain dan Aktual.....	43
Tabel 3.6	Pembacaan <i>Vibrating Wire Strain Gauge</i> .....	47
Tabel 3.7	Perhitungan Regangan dan Tegangan Total pada Batang Bawah.....	49
Tabel 3.8	Perhitungan Regangan dan Tegangan Total pada Batang Atas .....	49
Tabel 3.9	Perhitungan Regangan dan Tegangan Total pada Batang Diagonal .....	49
Tabel 3.10	Pembacaan Theodolit.....	50
Tabel 4.1	Material .....	54
Tabel 4.2	<i>Frame Section</i> .....	54
Tabel 4.3	<i>Static Load Case</i> .....	55
Tabel 4.4	<i>Load Combination</i> .....	55
Tabel 4.5	Tegangan Hasil Perhitungan SAP2000.....	72
Tabel 4.6	Lendutan Hasil Perhitungan SAP2000 .....	73

Tabel 5.1	Perbandingan Tegangan Aktual dan SAP2000.....	76
Tabel 5.2	Perbandingan Lendutan Aktual dan SAP2000.....	82
Tabel 5.3	Persentase Rata-rata Perbedaan Lendutan Aktual dan SAP2000 untuk Setiap Titik .....	85
Tabel 5.4	Perbandingan Lendutan Aktual dan SAP2000 pada Titik 6 .....	86

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Denah Pembebanan Aktual.....	92
Lampiran 2	Skema Instrumentasi .....	103
Lampiran 3	Camber / Lawan Lendut.....	108
Lampiran 4	Daftar Welded H-Beam Ukuran Non Standard Produksi PT. Cigading Habeam Centre .....	110
Lampiran 5	Perhitungan Berat Volume.....	112
Lampiran 6	<i>Inspection Certificate</i> PT Cigading Habeam Centre.....	113
Lampiran 7	Output SAP2000 .....	115
Lampiran 8	Foto-foto Pengujian Jembatan Rangka Baja B-50.....	126