

**PERILAKU LENTUR BAJA PROFIL C TUNGGAL  
DENGAN MENGGUNAKAN PERKUATAN TULANGAN  
ARAH VERTIKAL**

**TUGAS AKHIR SARJANA SRATA SATU**

Oleh:

**RONALD MARTIN SINAGA  
No. Mahasiswa : 10263 / TSS  
NPM : 00 02 10263**



**UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA**

**Fakultas Teknik  
Program Studi Teknik Sipil  
Tahun 2005**

**PENGESAHAN**

Tugas Akhir Sarjana Strata Satu, dengan topik,

**PERILAKU LENTUR BAJA PROFIL C TUNGGAL  
DENGAN MENGGUNAKAN PERKUATAN TULANGAN  
ARAH VERTIKAL**

Oleh:

**RONALD MARTIN SINAGA**  
No. Mahasiswa : 10263 / TSS  
NPM : 00 02 10263

telah diperiksa, disetujui, dan diuji oleh Pembimbing

Yogyakarta, 2005

Pembimbing I



(Ir. Haryanto Yoso Wigroho, M.T.)

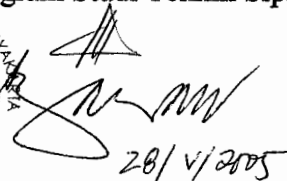
Pembimbing II



(Siswadi, S.T., M.T.)

Disahkan oleh :

Ketua Program Studi Teknik Sipil



20/11/2005  
(Ir. Wiryawan Sardjono P., M.T.)

**PENGESAHAN**

Tugas Akhir Sarjana Strata Satu, dengan topik,

**PERILAKU LENTUR BAJA PROFIL C TUNGGAL  
DENGAN MENGGUNAKAN PERKUATAN TULANGAN  
ARAH VERTIKAL**


Oleh:

**RONALD MARTIN SINAGA**  
No. Mahasiswa : 10263 / TSS  
NPM : 00 02 10263

telah diperiksa, disetujui, dan diuji oleh Penguji

Yogyakarta, 2005

Ketua : Ir. Haryanto Yoso Wigroho, M.T.

 28/5-05

Anggota : Sumiyati Gunawan, S.T., M.T.

 28/5/05

Anggota : Ir. Ch. Arief Sudiby

 28/5/05



*untuk  
bapak, ibu, dan keluargaku  
tercinta*

*for  
my dearest friends n A,  
our friendship is not going to lose by time or distance*

*“Sukses atau gagal bukanlah suatu ukuran,  
yang penting lakukanlah yang terbaik”*

*“Nikmati dan cintailah pekerjaan yang kamu lakukan  
niscaya kesuksesan ada di depan mata”*

*“Berdoa dan berusaha adalah kunci keberhasilan”*

*“Kasihilah sesamamu  
karena kasih lebih tinggi dari apapun di dunia”*

## KATA HANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena kasih dan karunia-Nya, penulis dapat melaksanakan penelitian Tugas Akhir ini dan menulis laporannya.

Tugas Akhir merupakan salah satu syarat dalam rangka menyelesaikan pendidikan tinggi Tingkat Sarjana Strata-1 pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta dan wajib untuk dilaksanakan oleh setiap mahasiswa.

Dalam pelaksanaan dan penulisan Tugas Akhir yang berjudul “Perilaku Lentur Baja Profil C Tunggal Dengan Menggunakan Perkuatan Tulangan Arah Vertikal”, penulis telah berusaha semaksimal mungkin untuk memperoleh hasil yang sebaik-baiknya sesuai dengan kemampuan dan pengetahuan yang penulis miliki selama belajar di bangku kuliah serta berpegang pada buku-buku referensi dan petunjuk yang terpakai. Penulis juga menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna mengingat keterbatasan pengetahuan dan pengalaman yang penulis miliki. Karena itu segala kritik dan saran dari semua pihak sangat diharapkan untuk penyempurnaan Tugas Akhir ini.

Pada kesempatan ini penulis juga ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membimbing dan banyak membantu dalam penyusunan tugas akhir ini.

1. Bapak Ir. Haryanto Yoso Wigroho, M.T., selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir yang telah memberi bimbingan selama pelaksanaan penelitian dan penulisan laporan tugas akhir ini.
2. Bapak Siswadi, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir yang telah memberi bimbingan selama pelaksanaan penelitian dan penulisan laporan tugas akhir ini.
3. Bapak Ir. Wiryawan Sarjono P., M.T., selaku ketua Program Studi Teknik Sipil.
4. Bapak Sukar selaku pctugas laboratorium Bahan Bangunan Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
5. Orangtua dan saudara penulis tercinta atas semua yang telah diberikan yang tidak bisa penulis ungkapkan.
6. Teman-teman yang telah banyak membantu dan memberikan dukungan kepada penulis serta semua pihak yang tidak mungkin penulis sebutkan satu persatu.

Akhir kata penulis berharap semoga hasil yang diperoleh dari penelitian ini dapat berguna bagi semua pihak yang memerlukan.

Yogyakarta, Maret 2005

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL.....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA HANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xv</b>
<b>ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN .....</b>	<b>xvi</b>
<b>INTISARI.....</b>	<b>xvii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Maksud Penelitian.....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Masalah dan Batasan Masalah .....	2
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>4</b>
<b>BAB III LANDASAN TEORI.....</b>	<b>7</b>
3.1. Pendahuluan .....	7
3.2. Balok .....	8
3.2.1. Lendutan pada balok .....	9
3.2.2. Kelengkungan balok.....	11



3.2.3. Hubungan momen dengan kelengkungan.....	12
3.3. Stabilitas Plat .....	18
3.3.1. Tekuk plat yang ditekan secara merata.....	19
3.3.2. Tegangan kritis plat yang ditekan secara merata .....	24
3.3.3. Batas rasio lebar terhadap tebal untuk mencegah tekuk plat dalam perencanaan tegangan kerja .....	26
3.4. Perencanaan Lentur.....	29
3.5. Alat Sambung Las.....	31
3.5.1. Kekuatan nominal las.....	32
3.6. Hipotesis .....	33
<b>BAB IV PELAKSANAAN PENELITIAN .....</b>	<b>34</b>
4.1. Metode Penelitian .....	34
4.2. Persiapan Bahan dan Alat.....	34
4.2.1. Bahan .....	35
4.2.2. Peralatan penelitian.....	35
4.3. Model Benda Uji.....	40
4.4. Pembuatan Benda Uji .....	42
4.5. Pengujian Benda Uji .....	42
4.5.1. Pengujian kuat tarik baja profil kanal C .....	43
4.5.2. Pengujian kuat tarik baja tulangan.....	43
4.5.3. Pengujian kuat geser las.....	44
4.5.4. Pengujian kuat lentur (Pembebanan profil kanal C)....	44
4.6. Kendala-Kendala Saat Pelaksanaan Penelitian.....	49

<b>BAB V HASIL PENELITIAN .....</b>	<b>51</b>
5.1. Pendahuluan.....	51
5.2. Hasil Pengujian Kuat Tarik Baja Dan Kuat Geser Las.....	51
5.2.1. Pengujian kuat tarik baja profil kanal C .....	51
5.2.2. Pengujian kuat tarik baja tulangan.....	52
5.2.3. Pengujian kuat geser las.....	52
5.3. Hasil Pengujian Kuat Lentur Balok Profil Kanal C.....	53
5.3.1. Hubungan beban-lendutan ( $P-\delta$ ) hasil pengujian .....	53
5.3.2. Hubungan beban-rotasi badan ( $P-\theta$ ) hasil pengujian...	56
5.3.3. Hubungan beban-kelengkungan ( $P-\phi$ ) hasil pengujian	59
5.3.4. Hubungan momen-lendutan ( $M-\delta$ ) hasil pengujian .....	62
5.3.5. Hubungan momen-rotasi badan ( $M-\theta$ ) hasil pengujian	65
5.3.6. Hubungan momen-kelengkungan ( $M-\phi$ ) hasil pengujian.....	68
5.3.7. Perilaku lentur balok profil kanal C.....	71
5.3.8. Perhitungan keekonomisan benda uji terhadap peningkatan kekuatannya.....	77
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>83</b>
6.1. Kesimpulan .....	83
6.2. Saran .....	84
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>86</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>87</b>

## DAFTAR TABEL

No. Tabel	Nama Tabel	Halaman
5.1	Hubungan Beban-Lendutan ( $P-\delta$ ) Hasil Pengujian Benda Uji Tanpa Perkuatan	54
5.2	Hubungan Beban-Lendutan ( $P-\delta$ ) Hasil Pengujian Benda Uji dengan Perkuatan $2,5h$	54
5.3	Hubungan Beban-Lendutan ( $P-\delta$ ) Hasil Pengujian Benda Uji dengan Perkuatan $2,0h$	54
5.4	Hubungan Beban-Lendutan ( $P-\delta$ ) Hasil Pengujian Benda Uji dengan Perkuatan $1,5h$	55
5.5	Hubungan Beban-Lendutan ( $P-\delta$ ) Hasil Pengujian Benda Uji dengan Perkuatan $1,0h$	55
5.6	Hubungan Beban-Rotasi Badan ( $P-\theta$ ) Hasil Pengujian Benda Uji Tanpa Perkuatan	57
5.7	Hubungan Beban-Rotasi Badan ( $P-\theta$ ) Hasil Pengujian Benda Uji dengan Perkuatan $2,5h$	57
5.8	Hubungan Beban-Rotasi Badan ( $P-\theta$ ) Hasil Pengujian Benda Uji dengan Perkuatan $2,0h$	57
5.9	Hubungan Beban-Rotasi Badan ( $P-\theta$ ) Hasil Pengujian Benda Uji dengan Perkuatan $1,5h$	58
5.10	Hubungan Beban-Rotasi Badan ( $P-\theta$ ) Hasil Pengujian Benda Uji dengan Perkuatan $1,0h$	58
5.11	Hubungan Beban-Kelengkungan ( $P-\phi$ ) Hasil Pengujian Benda Uji Tanpa Perkuatan	60
5.12	Hubungan Beban-Kelengkungan ( $P-\phi$ ) Hasil Pengujian Benda Uji dengan Perkuatan $2,5h$	60
5.13	Hubungan Beban-Kelengkungan ( $P-\phi$ ) Hasil Pengujian Benda Uji dengan Perkuatan $2,0h$	61
5.14	Hubungan Beban-Kelengkungan ( $P-\phi$ ) Hasil Pengujian Benda Uji dengan Perkuatan $1,5h$	61
5.15	Hubungan Beban-Kelengkungan ( $P-\phi$ ) Hasil Pengujian Benda Uji dengan Perkuatan $1,0h$	61
5.16	Hubungan Momen-Lendutan ( $M-\delta$ ) Hasil Pengujian Benda Uji Tanpa Perkuatan	63
5.17	Hubungan Momen-Lendutan ( $M-\delta$ ) Hasil Pengujian Benda Uji dengan Perkuatan $2,5h$	63
5.18	Hubungan Momen-Lendutan ( $M-\delta$ ) Hasil Pengujian Benda Uji dengan Perkuatan $2,0h$	64
5.19	Hubungan Momen-Lendutan ( $M-\delta$ ) Hasil Pengujian Benda Uji dengan Perkuatan $1,5h$	64
5.20	Hubungan Momen-Lendutan ( $M-\delta$ ) Hasil Pengujian Benda Uji dengan Perkuatan $1,0h$	64

No. Tabel	Nama Tabel	Halaman
5.21	Hubungan Momen-Rotasi Badan ( $M-\theta$ ) Hasil Pengujian Benda Uji Tanpa Perkuatan	66
5.22	Hubungan Momen-Rotasi Badan ( $M-\theta$ ) Hasil Pengujian Benda Uji dengan Perkuatan $2,5h$	66
5.23	Hubungan Momen-Rotasi Badan ( $M-\theta$ ) Hasil Pengujian Benda Uji dengan Perkuatan $2,0h$	66
5.24	Hubungan Momen-Rotasi Badan ( $M-\theta$ ) Hasil Pengujian Benda Uji dengan Perkuatan $1,5h$	67
5.25	Hubungan Momen-Rotasi Badan ( $M-\theta$ ) Hasil Pengujian Benda Uji dengan Perkuatan $1,0h$	67
5.26	Hubungan Momen-Kelengkungan ( $M-\phi$ ) Hasil Pengujian Benda Uji Tanpa Perkuatan	69
5.27	Hubungan Momen-Kelengkungan ( $M-\phi$ ) Hasil Pengujian Benda Uji dengan Perkuatan $2,5h$	69
5.28	Hubungan Momen-Kelengkungan ( $M-\phi$ ) Hasil Pengujian Benda Uji dengan Perkuatan $2,0h$	69
5.29	Hubungan Momen-Kelengkungan ( $M-\phi$ ) Hasil Pengujian Benda Uji dengan Perkuatan $1,5h$	70
5.30	Hubungan Momen-Kelengkungan ( $M-\phi$ ) Hasil Pengujian Benda Uji dengan Perkuatan $1,0h$	70
5.31	Perbandingan Kenaikan Tegangan Lentur Masing-Masing Benda Uji	76
5.32	Perbandingan Kenaikan Biaya Masing-Masing Benda Uji	81

## DAFTAR GAMBAR

No. Gambar	Nama Gambar	Halaman
2.1	Efek dari <i>cold-forming</i> pada kekuatan material	4
3.1	Penampang profil kanal	8
3.2	Balok berpenampang kanal C dengan perkuatan pada sisi sayap bebas	9
3.3a	Lendutan pada balok.	10
3.3b	Kekakuan dari grafik beban-lendutan	10
3.4	Kelengkungan dari sebuah balok yang melentur	11
3.5	Deformasi balok yang mengalami lentur murni	13
3.6	Penyebaran tegangan normal sebuah balok elastis linier	14
3.7	Titik-titik defleksi pada balok profil C	17
3.8	Hubungan momen ( $M$ ) dengan kelengkungan ( $\phi$ )	18
3.9	Plat yang ditekan secara merata	19
3.10	Koefisien tekuk untuk plat yang ditekan secara merata – tepi longitudinal bertumpuan sederhana	24
3.11	Koefisien tekuk elastis untuk tekanan pada plat segi empat datar	25
3.12	Perbandingan antara tekuk plat dan tekuk kolom	27
3.13	Defleksi tekuk pada elemen yang tidak diperkuat (jepit- bebas)	28
3.14	Defleksi tekuk pada elemen yang diperkuat (jepit- jepit)	29
4.1	<i>Universal Testing Machine</i> (UTM) Shimadzu UMH 30	36
4.2a	Tampak melintang <i>loading frame</i>	37
4.2b	Tampak memanjang <i>loading frame</i>	38
4.3	<i>Hydraulic jack</i>	39
4.4	Tumpuan sendi dan rol	39
4.5	<i>Dial gauge</i>	40
4.6	Model benda uji	41
4.7	Benda uji untuk kuat tarik profil kanal C	43
4.8	Benda uji untuk kuat tarik baja tulangan	44
4.9	Benda uji untuk uji kekuatan las	44
4.10	Jarak dan perletakan tumpuan/dukungan pada <i>loading frame</i>	45
4.11	Titik-titik pengukuran pada benda uji	46
4.12	Peletakan benda uji dan <i>hydraulic jack</i> pada <i>loading frame</i>	47
4.13	Peletakan <i>dial gauge</i> pada benda uji	48
5.1	Grafik hubungan beban-lendutan ( $P-\delta$ ) semua benda uji	56

No. Gambar	Nama Gambar	Halaman
5.2	Grafik hubungan beban-rotasi badan ( $P-\theta$ ) semua benda uji	59
5.3	Grafik hubungan beban-kelengkungan ( $P-\phi$ ) semua benda uji	62
5.4	Grafik hubungan momen-lendutan ( $M-\delta$ ) semua benda uji	65
5.5	Grafik hubungan momen-rotasi badan ( $M-\theta$ ) semua benda uji	68
5.6	Grafik hubungan momen-kelengkungan ( $M-\phi$ ) semua benda uji	71
5.7	Pembebanan profil kanal C	72
5.8	Grafik kenaikan tegangan lentur benda uji	77
5.9	Grafik kenaikan biaya benda uji	81
5.10	Perbandingan kenaikan biaya dan kenaikan tegangan lentur benda uji	82

## DAFTAR LAMPIRAN

No. Lampiran	Nama Lampiran	Halaman
1	Perhitungan Inersia Profil kanal C	87
2	Hasil Pengujian Kuat Tarik Baja dan Geser Las	88
3	Hasil Pengujian Pembebanan (Kuat Lentur) Benda Uji	92
4	Foto-Foto Hasil Penelitian	96



## ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

$A$	=	variasi jarak perkuatan
$b$	=	lebar
$b/t$	=	rasio lebar terhadap tebal
$E$	=	modulus elastisitas baja ( $2 \cdot 10^5$ MPa)
$EI$	=	kekakuan lentur
$f_b$	=	tegangan lentur
$F_{cr}$	=	tegangan kritis (MPa)
$f_y$	=	tegangan leleh (MPa)
$F_{EXX}$	=	kekuatan tarik material elektrode
$f_r$	=	tegangan residu (tegangan sisa)
$f_{yi}$	=	tegangan leleh <i>initial</i> (tegangan leleh yang sebenarnya)
$h$	=	tinggi
$I$	=	momen inersia
$Kl/r$	=	fungsi kelangsingan kolom
$k$	=	koefisien tekuk
$L$	=	jarak, panjang bentang
$M$	=	momen (kgm)
$N_x$	=	gaya tekan searah sumbu X
$P$	=	beban terpusat(kg)
$q$	=	beban merata
$R_{nw}$	=	kekuatan nominal persatuan panjang las, namun tidak melebihi kekuatan nominal per satuan panjang material dasar didekatnya
$t$	=	tebal
$t_e$	=	tebal efektif
$W$	=	modulus penampang
$WF$	=	<i>wide flange</i> (baja profil I dengan sayap lebar)
$y$	=	jarak garis netral ke serat tarik atau tekan
$\delta$	=	lendutan (mm)
$\Delta l$	=	pertambahan panjang (mm)
$\epsilon$	=	regangan
$\phi$	=	kelengkungan
$\lambda$	=	parameter kelangsingan
$\mu$	=	angka <i>poisson</i> (untuk baja = 0,3)
$\pi$	=	phi
$\theta$	=	rotasi pada badan profil (rad)
$\rho$	=	jari-jari kelengkungan
$\sigma$	=	tegangan



## INTISARI

**PERILAKU LENTUR BAJA PROFIL C TUNGGAL DENGAN MENGGUNAKAN PERKUATAN TULANGAN ARAH VERTIKAL**, Ronald Martin Sinaga, No. Mhs : 10263 tahun 2000, PPS Struktur, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Baja profil C sering digunakan sebagai balok gording dan mengalami pembebanan lentur. Baja profil kanal C mempunyai rasio lebar terhadap tebal ( $b/t$ ) yang tinggi sehingga menjadi tidak stabil (stabilitasnya rendah) dan rawan terhadap bahaya tekuk (*local buckling*) serta kemampuan lenturnya rendah. Bahaya tekuk lokal ini dapat dihindari dengan meningkatkan tegangan kritisnya dengan cara penambahan perkuatan tulangan arah vertikal sehingga baja profil kanal C menjadi lebih stabil.

Pada penelitian ini diuji perilaku lentur baja profil C dengan penambahan perkuatan tulangan arah vertikal yang kemudian akan dibandingkan dengan baja profil C tanpa perkuatan. Perkuatan tulangan diberikan pada sayap bebas baja profil C dengan variasi jarak kelipatan tingginya. Ada empat variasi jarak yang dilakukan yaitu  $h$ ,  $3/2h$ ,  $2h$ , dan  $5/2h$ .

Dari penelitian diperoleh tegangan leleh ( $f_y$ ) baja profil C sebesar 211,1509 MPa, tegangan leleh baja tulangan sebesar 357,9048 MPa, dan beban patah las sebesar 10,2024 KN. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa penambahan perkuatan tulangan arah vertikal dapat meningkatkan nilai tegangan lentur ( $f_b$ ) baja profil kanal C. Pada jarak perkuatan  $5/2h$  terjadi peningkatan nilai tegangan lentur sebesar 69,26%, pada jarak perkuatan  $2h$  peningkatan sebesar 109,34%, pada jarak perkuatan  $3/2h$  peningkatan sebesar 131,81%, dan pada jarak perkuatan  $1h$  peningkatan sebesar 153,34% terhadap nilai tegangan lentur baja profil C tanpa perkuatan yang nilainya sebesar 19,47 MPa.

**Kata kunci** : profil C, stabilitas, *local buckling*, tegangan lentur.