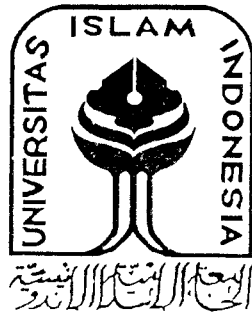


PEPPUSTAKAAN BUKU	
MADJID / BELI	
IGL TERIMA :	19-4-2001 0069608
NO. JUDUL :	
NO. INV. :	570/19/175
NO. BUKU :	07000.3211.001

TUGAS AKHIR

ANALISIS PARAMETER TEKUK LATERAL BALOK BAJA PROFIL I



Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia
untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh
derajat Sarjana Teknik Sipil

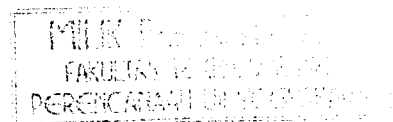
Oleh :

Nama : Adi Risdiyanto Priandaru
No. Mhs : 92 310 060
Nirm : 920051013114120060

Nama : Nana Rochmana
No. Mhs : 92 310 144
Nirm : 920051013114120144

TA
693.7
PRI
A
01

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2001



LEMBAR PENGESAHAN

**TUGAS AKHIR
ANALISIS PARAMETER TEKUK LATERAL
BALOK BAJA PROFIL I**

Oleh :

Nama : Adi Risdiyanto Priandaru
No. Mhs : 92 310 060
Nirm : 920051013114120060

Nama : Nana Rochmana
No. Mhs : 92 310 144
Nirm : 920051013114120144

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. H. Susastrawan, MS
Dosen Pembimbing I



Tanggal : 6 - 4 - 2007.

Ir. H. Suharyatmo, MT
Dosen Pembimbing II



Tanggal : 6/4/07

HALAMAN PERSEMBAHAN

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Tugas Akhir ini kupersembahkan :

♥ Untuk kedua orang tuaku tercinta yang selalu mendukungku, mendo'akanku, dan yang selalu bersabar pada semua kelakuanku, ... lindungi dan kasihilah mereka selalu ya Allah!!!

♥ Untuk kedua saudara mudaku, Henry Ardiyanto dan Adityas Budi Utomo, semoga TA ini dapat menjadi contoh dan semangat agar kalian berdua segera dapat menyelesaikan kuliah

♥ Buat partnerku, Nana Rochmana, kita berhasil, Na! Thank's buat kerjasamamu selama ini

♥ Buat sahabat-sahabatku : Deni Yohandi dan Yusnita Madjid. Thank's buat do'a dan dukungan kalian

♥ Buat teman-teman seangkatanku : Adjie, Yanti, Dewi, dan teman-teman B-2 92, serta Mbak Wriwit, Annas & Muti, Amry, yang selalu memberikan dukungan baik do'a maupun semangat agar aku cepet lulus dan selalu sukses

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Adi Risdianto Priandaru

... " Allah memberikan hikmah kepada siapa yang dikehendaki-Nya. Dan barangsiapa yang diberi hikmah, sungguh telah diberi kebajikan yang banyak. Dan tak ada yang dapat mengambil pelajaran kecuali orang-orang yang berakal. " ... (Q. S. Al Baqarah (2): 269)



".....Katakanlah, " Apakah sama orang yang mengetahui dengan orang yang tidak mengetahui?" Sesungguhnya orang yang berakallah yang dapat menerima pelajaran." QS Az Zumar : 9

Nana Rochmana mempersembahkan tugas akhir ini kepada :

Ayahanda dan ikunda tercinta yang telah mendidik, memberi dorongan , semangat dan doa yang tiada henti.

Kakak-kakakku tercinta : Teh Atin, mas Goen, Teh Ade dan fackri

Adik-adikku tersayang : Leily, Lucki, Dadan dan Sitta.

Teman-temanku : Adi, Ade, Sari, Dyah, Ester, Ika, Bouwo, Budi haker, teman-teman kost, teman-teman satu profesi dan teman-teman yang tidak dapat Nana Rochmana sebutkan satu persatu... terimakasih banyak buat dukungan dan bantuannya.

KATA PENGANTAR



السَّلَامُ عَلَيْكُمْ وَرَحْمَةُ اللَّهِ وَبَرَكَاتُهُ

Puji dan syukur atas Kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, serta salawat dan Salam kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Tugas akhir ini dilaksanakan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan jenjang Strata Satu (S-1) Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Terimakasih yang sebesar-besarnya kami ucapkan kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini, terutama kepada :

1. Bapak Ir. H. Susastrawan, MS, selaku Dosen Pembimbing I
2. Bapak Ir.H. Suharyatmo, MT, selaku Dosen Pembimbing II
3. Bapak Ir. Helmi Akbar Bale, MT, selaku Dosen Tamu
4. Bapak Ir. Widodo, MSCE, Ph.D, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia
5. Bapak Ir. Tadjuddin BM. Aris, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

6. Segenap staff Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
7. Rekan-rekan seprofesi dan semua pihak yang telah memberi masukan dan saran untuk penyelesaian Tugas Akhir ini.

Kami menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penyusun harapkan bagi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Akhir kata kami harapkan semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kami sendiri pada khususnya dan bagi semua pihak pada umumnya.

Billahitaufiq Walhidayah

وَالسَّلَامُ عَلَيْكُمْ وَرَحْمَةُ اللَّهِ وَبَرَكَاتُهُ

Yogyakarta, April 2001

Hormat kami

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR NOTASI	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
ABSTRAKSI	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	2
1.3 Manfaat	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Metode Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Baja	5
2.2 Jenis Baja Struktural	6
2.2.1 Baja Karbon	7

2.2.2	Baja Paduan Rendah Kekuatan Tinggi	8
2.2.3	Baja Paduan	8
2.3	Balok	9
2.4	Bentuk Penampang Balok Baja	10
2.5	Puntir	11
2.6	Beban	11
2.6.1	Beban Mati	11
2.6.2	Beban Hidup	12
2.7	Tekuk Lateral	12
BAB III	LANDASAN TEORI	14
3.1	Konsep Dasar	14
3.2	Persamaan Keseimbangan Energi.....	17
3.3	Metode Energi Pada Tekuk Lateral Balok	21
3.3.1	Persamaan Differensial untuk Tekuk Lateral	21
3.3.2	Persamaan Beban Terpusat Kritis	23
3.3.3	Persamaan Beban Merata Kritis.....	25
BAB IV	ANALISIS PARAMETER	30
4.1	Pengaruh Tinggi Balok (h)	30
4.1.1	Beban Terpusat	30
1.	Profil Ukuran $h = 90 \text{ cm}$; $t_b = 1,6 \text{ cm}$; $t_s = 2,8 \text{ cm}$; $b = 30 \text{ cm}$	30

2.	Profil Ukuran $h = 70 \text{ cm}$; $t_b = 1,6 \text{ cm}$; $t_s = 2,8 \text{ cm}$;	
	$b = 30 \text{ cm}$	32
3.	Profil Ukuran $h = 50 \text{ cm}$; $t_b = 1,6 \text{ cm}$; $t_s = 2,8 \text{ cm}$;	
	$b = 30 \text{ cm}$	33
4.1.2	Beban Merata	35
1.	Profil Ukuran $h = 90 \text{ cm}$; $t_b = 1,6 \text{ cm}$; $t_s = 2,8 \text{ cm}$;	
	$b = 30 \text{ cm}$	35
2.	Profil Ukuran $h = 70 \text{ cm}$; $t_b = 1,6 \text{ cm}$; $t_s = 2,8 \text{ cm}$;	
	$b = 30 \text{ cm}$	36
3.	Profil Ukuran $h = 50 \text{ cm}$; $t_b = 1,6 \text{ cm}$; $t_s = 2,8 \text{ cm}$;	
	$b = 30 \text{ cm}$	37
4.2	Pengaruh Tebal Pelat Sayap (t_s)	38
4.2.1	Beban Terpusat	38
1.	Profil Ukuran $t_s = 2,8 \text{ cm}$; $h = 70 \text{ cm}$; $t_b = 1,6 \text{ cm}$;	
	$b = 30 \text{ cm}$	38
2.	Profil Ukuran $t_s = 2,4 \text{ cm}$; $h = 70 \text{ cm}$; $t_b = 1,6 \text{ cm}$;	
	$b = 30 \text{ cm}$	39
3.	Profil Ukuran $t_s = 2,0 \text{ cm}$; $h = 70 \text{ cm}$; $t_b = 1,6 \text{ cm}$;	
	$b = 30 \text{ cm}$	40
4.2.2	Beban Merata	41
1	Profil Ukuran $t_s = 2,8 \text{ cm}$; $h = 70 \text{ cm}$; $t_b = 1,6 \text{ cm}$;	
	$b = 30 \text{ cm}$	41

2	Profil Ukuran $t_s = 2,4$ cm; $h = 70$ cm; $t_b = 1,6$ cm; $b = 30$ cm.....	42
3	Profil Ukuran $t_s = 2,0$ cm; $h = 70$ cm; $t_b = 1,6$ cm; $b = 30$ cm	43
4.3	Pengaruh Lebar Pelat Sayap (b).....	44
4.3.1	Beban Terpusat	44
1	Profil Ukuran $b = 30$ cm; $h = 70$ cm; $t_s = 2,8$ cm; $t_b = 1,6$ cm; $b = 30$ cm	44
2	Profil Ukuran $b = 25$ cm; $h = 70$ cm; $t_s = 2,8$ cm; $t_b = 1,6$ cm; $b = 30$ cm	44
3	Profil Ukuran $b = 20$ cm; $h = 70$ cm; $t_s = 2,8$ cm; $t_b = 1,6$ cm; $b = 30$ cm	46
4.3.2	Beban Merata	47
1	Profil Ukuran $b = 30$ cm; $h = 70$ cm; $t_s = 2,8$ cm; $t_b = 1,6$ cm; $b = 30$ cm	47
2	Profil Ukuran $b = 25$ cm; $h = 70$ cm; $t_s = 2,8$ cm; $t_b = 1,6$ cm; $b = 30$ cm	48
3	Profil Ukuran $b = 20$ cm; $h = 70$ cm; $t_s = 2,8$ cm; $t_b = 1,6$ cm; $b = 30$ cm	49
4.4	Pengaruh Tebal Pelat Badan (t_b)	50
4.4.1	Beban Terpusat	50
1	Profil Ukuran $t_b = 1,6$ cm; $h = 70$ cm; $t_s = 2,8$ cm; $b = 30$ cm	50

2	Profil Ukuran $t_b = 1,2$ cm; $h = 70$ cm; $t_s = 2,8$ cm; $b = 30$ cm	50
3	Profil Ukuran $t_b = 0,8$ cm; $h = 70$ cm; $t_s = 2,8$ cm; $b = 30$ cm	52
4.4.2	Beban Merata	53
1	Profil Ukuran $t_b = 1,6$ cm; $h = 70$ cm; $t_s = 2,8$ cm; $b = 30$ cm	53
2	Profil Ukuran $t_b = 1,2$ cm; $h = 70$ cm; $t_s = 2,8$ cm; $b = 30$ cm	53
3	Profil Ukuran $t_b = 0,8$ cm; $h = 70$ cm; $t_s = 2,8$ cm; $b = 30$ cm	54
4.5	Pengaruh Mutu Baja	55
4.5.1	Beban Terpusat	56
1	Profil Ukuran $h = 90$ cm; $t_s = 2,8$ cm; $t_b = 1,6$ cm; $b = 30$ cm	56
4.5.2	Beban Merata	56
1	Profil Ukuran $h = 90$ cm; $t_s = 2,8$ cm; $t_b = 1,6$ cm; $b = 30$ cm	56
BAB V	ANALISIS GRAFIK	68
5.1	Pengaruh Perubahan Tinggi Balok (h)	68
5.2	Pengaruh Perubahan Tebal Pelat Sayap (t_s)	69
5.3	Pengaruh Perubahan Lebar Pelat Sayap (b)	70
5.4	Pengaruh Perubahan Tebal Pelat Badan (t_b)	70

5.5	Pengaruh Perubahan Mutu Baja.....	71
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	72
6.1	Kesimpulan	72
6.2	Saran	73
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Bagan Alir Jalannya Penelitian	4
Gambar 2.1	Kurva Tegangan-Regangan	7
Gambar 2.2	Balok Dengan Sokongan Samping Hanya Diujung-ujungnya	13
Gambar 3.1	Kapasitas Momen Maksimum dari Balok	15
Gambar 3.2	Kestabilan	15
Gambar 3.3	Permukaan Stabilitas	16
Gambar 3.4	Tekuk Lateral dari Balok Kantilever	17
Gambar 3.5	Berbagai Konsep Energi	19
Gambar 3.6	Balok Profil I Dalam Posisi yang Sedikit Tertekuk	23
Gambar 3.7	Tekuk Lateral Balok I Akibat Beban Terpusat	23
Gambar 4.1	Grafik Nilai P Akibat Tekuk Lateral dan P Akibat Tegangan Leleh Terhadap Panjang Balok (L) Pada Kondisi h Berubah- ubah Akibat Beban Terpusat (P)	58
Gambar 4.2	Grafik Nilai q Akibat Tekuk Lateral dan q Akibat Tegangan Leleh Terhadap Panjang Balok (L) Pada Kondisi h Berubah- ubah Akibat Beban Merata (q)	59
Gambar 4.3	Grafik Nilai P Akibat Tekuk Lateral dan P Akibat Tegangan Leleh Terhadap Panjang Balok (L) Pada Kondisi t_c Berubah- ubah Akibat Beban Terpusat (P)	60

Gambar 4.4	Grafik Nilai q Akibat Tekuk Lateral dan q Akibat Tegangan Leleh Terhadap Panjang Balok (L) Pada Kondisi t_s Berubah- ubah Akibat Beban Merata (q)	61
Gambar 4.5	Grafik Nilai P Akibat Tekuk Lateral dan P Akibat Tegangan Leleh Terhadap Panjang Balok (L) Pada Kondisi b Berubah- ubah Akibat Beban Terpusat (P)	62
Gambar 4.6	Grafik Nilai q Akibat Tekuk Lateral dan q Akibat Tegangan Leleh Terhadap Panjang Balok (L) Pada Kondisi b Berubah- ubah Akibat Beban Merata (q)	63
Gambar 4.7	Grafik Nilai P Akibat Tekuk Lateral dan P Akibat Tegangan Leleh Terhadap Panjang Balok (L) Pada Kondisi t_b Berubah- ubah Akibat Beban Terpusat (P)	64
Gambar 4.8	Grafik Nilai q Akibat Tekuk Lateral dan q Akibat Tegangan Leleh Terhadap Panjang Balok (L) Pada Kondisi t_b Berubah- ubah Akibat Beban Merata (q)	65
Gambar 4.9	Grafik Nilai P Akibat Tekuk Lateral dan P Akibat Tegangan Leleh Terhadap Panjang Balok (L) Pada Kondisi Mutu Baja Berubah-ubah Akibat Beban Terpusat (P)	66
Gambar 4.10	Grafik Nilai q Akibat Tekuk Lateral dan q Akibat Tegangan Leleh Terhadap Panjang Balok (L) Pada Kondisi Mutu Baja Berubah-ubah Akibat Beban Merata (q)	67

DAFTAR NOTASI

A	: Luas penampang
b	: Lebar balok
E	: Modulus elastis baja
G	: Modulus geser
h	: Tinggi balok
I	: Momen inersia
I_x, I_y	: Momen inersia terhadap sumbu x dan y
I_ω	: Konstanta warping
J	: Konstanta puntir
L	: Panjang bentang balok
M	: Momen lentur
M_0	: Momen pada ujung balok
M_y	: Momen leleh
P	: Beban terpusat
q	: Beban merata
S	: Modulus penampang
S_x	: Modulus penampang untuk sumbu x
t_b	: Tebal pelat badan
t_s	: Tebal pelat sayap

u	: Defleksi pada pusat geser dalam arah x
U	: Energi regangan
V	: Energi potensial
W_e	: Kerja yang dilakukan oleh gaya-gaya luar
W_i	: Kerja yang dilakukan oleh gaya-gaya dalam
z	: Jarak ke titik pusat pada sumbu memanjang
σ	: Tegangan lentur
σ_y	: Tegangan leleh
ϕ	: Sudut putar
Π	: Potensial total

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Harga Tegangan Dasar
- Lampiran 2 TABEL HASIL PERHITUNGAN
- Tabel 4.1 Tabel Hasil Perhitungan Nilai P Akibat Tekuk Lateral dan P Akibat Tegangan Leleh Terhadap Panjang Balok (L) Pada Kondisi h Berubah-ubah Akibat Beban Terpusat
- Tabel 4.2 Tabel Hasil Perhitungan Nilai q Akibat Tekuk Lateral dan q Akibat Tegangan Leleh Terhadap Panjang Balok (L) Pada Kondisi h Berubah-ubah Akibat Beban Merata
- Tabel 4.3 Tabel Hasil Perhitungan Nilai P Akibat Tekuk Lateral dan P Akibat Tegangan Leleh Terhadap Panjang Balok (L) Pada Kondisi t_s Berubah-ubah Akibat Beban Terpusat
- Tabel 4.4 Tabel Hasil Perhitungan Nilai q Akibat Tekuk Lateral dan q Akibat Tegangan Leleh Terhadap Panjang Balok (L) Pada Kondisi t_s Berubah-ubah Akibat Beban Merata
- Tabel 4.5 Tabel Hasil Perhitungan Nilai P Akibat Tekuk Lateral dan P Akibat Tegangan Leleh Terhadap Panjang Balok (L) Pada Kondisi b Berubah-ubah Akibat Beban Terpusat

- Tabel 4.6 Tabel Hasil Perhitungan Nilai q Akibat Tekuk Lateral dan q Akibat Tegangan Leleh Terhadap Panjang Balok (L) Pada Kondisi b Berubah-ubah Akibat Beban Merata
- Tabel 4.7 Tabel Hasil Perhitungan Nilai P Akibat Tekuk Lateral dan P Akibat Tegangan Leleh Terhadap Panjang Balok (L) Pada Kondisi t_b Berubah-ubah Akibat Beban Terpusat
- Tabel 4.8 Tabel Hasil Perhitungan Nilai q Akibat Tekuk Lateral dan q Akibat Tegangan Leleh Terhadap Panjang Balok (L) Pada Kondisi t_b Berubah-ubah Akibat Beban Merata
- Tabel 4.9 Tabel Hasil Perhitungan Nilai P Akibat Tekuk Lateral dan P Akibat Tegangan Leleh Terhadap Panjang Balok (L) Pada Kondisi Mutu Baja Berubah-ubah Akibat Beban Terpusat
- Tabel 4.10 Tabel Hasil Perhitungan Nilai q Akibat Tekuk Lateral dan q Akibat Tegangan Leleh Terhadap Panjang Balok (L) Pada Kondisi Mutu Baja Berubah-ubah Akibat Beban Merata

ABSTRAKSI

Sayap tekan pada balok baja profil I yang menahan momen lentur, dapat dipandang sebagai kolom. Sayap yang tertekan ini akan tertekuk dalam arah sumbu lemahnya. Namun badan memberikan sokongan menerus untuk mencegah tekuk ini. Perlu diketahui bahwa badan yang menghubungkan sayap tekan dan sayap tarik tidak saja menopang sayap tekan, tetapi badan juga memberikan pengekangan momen dan geser yang menerus sepanjang pertemuan sayap dan badan. Jadi kekakuan lentur badan menyebabkan seluruh penampang ikut bekerja apabila pergerakan lateral terjadi.

Yang dimaksud dengan tekuk lateral adalah tekuk keluar bidang gambar yang disebabkan oleh momen lentur.

Beberapa parameter yang ditinjau yang mempengaruhi tekuk lateral pada balok baja profil I adalah :

1. Tinggi balok : h
2. Tebal pelat sayap : t_s
3. Lebar pelat sayap : b
4. Tebal pelat badan : t_b
5. Mutu baja : BJ 37 dan BJ 52

Berdasarkan hasil perhitungan pada analisis parameter dapat diambil kesimpulan, diantaranya adalah :

1. Penambahan mutu baja tidak mempengaruhi kemampuan balok dalam menahan tekuk lateral, hanya panjang pengaruh tekuk lateral terhadap leleh semakin kecil.
2. Perubahan tebal pelat badan ternyata tidak begitu mempengaruhi kemampuan balok dalam menahan tekuk lateral.

Secara umum bahwa tekuk lateral tidak dapat dikesampingkan dalam merancang suatu balok baja, terlebih untuk balok baja dengan panjang bentang lebih dari 6 meter. Analisis ini terbatas pada balok baja profil I dengan ukuran penampang yang ditentukan sendiri oleh penulis berdasarkan pada Tabel Profil Konstruksi Baja. Jika dalam perancangan diperlukan suatu balok baja profil I dengan ukuran penampang tertentu, maka perlu dilakukan analisis parameter lebih lanjut.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Baja merupakan logam hasil campuran besi dan karbon. Sifat-sifat mekanik baja dipengaruhi oleh banyaknya kandungan karbon dalam campuran. Baja memiliki banyak kelebihan dibandingkan beton. Karena kelebihananya, baja telah banyak digunakan pada struktur bangunan bertingkat diseluruh dunia termasuk Indonesia. Di Indonesia, struktur baja masih sedikit digunakan karena dianggap terlalu mahal. Disamping itu, struktur baja juga tidak tahan api dan cenderung mengalami tekuk.

Balok baja akan mengalami tekuk keluar bidang pembebanan apabila balok tidak didukung lateral, dikenal dengan tekuk lateral. Tekuk lateral perlu diperhatikan dalam mendisain balok tanpa dukungan lateral, karena kekakuan lentur balok pada bidang lentur lebih besar daripada kekakuan lentur lateralnya.

Dari beberapa profil baja yang ada, profil I lebih umum dipergunakan untuk balok karena mempunyai momen inersia dan modulus penampang lebih baik diantara profil lainnya.

1.2 Tujuan

Mengetahui pengaruh parameter balok baja profil I terhadap tekuk lateral balok pada saat mendisain balok baja, dengan pembebanan yang bekerja pada balok tersebut.

1.3 Manfaat

Mendapatkan hasil analisis mengenai beban kritis yang dapat ditahan oleh balok baja dan grafik hubungan pengaruh beban kritis yang menyebabkan tekuk lateral dengan panjang bentang balok tertentu, pada setiap parameter balok baja profil I yang ditinjau.

1.4 Batasan Masalah

1. Balok baja yang dianalisis adalah balok baja profil I, simetris ganda, dengan nilai EI konstan sepanjang balok baja.
2. Perletakan atau tumpuan balok I adalah tumpuan sederhana.
3. Balok didisain sebagai balok tanpa dukungan lateral sebagai asumsi kritis.
4. Parameter yang ditinjau yang mengakibatkan tekuk lateral : tinggi balok (h), tebal pelat sayap (t_s), lebar pelat sayap (b), tebal badan balok (t_b), panjang balok (L), dan mutu baja BJ 37 dan baja BJ 52.
5. Beban yang ditinjau adalah beban terbagi merata dan beban terpusat.
6. Dalam menentukan besarnya beban kritis maksimum yang dapat ditahan oleh balok menggunakan metode energi.
7. Balok berada pada kondisi tekuk lateral.

1.5 Metode Penelitian

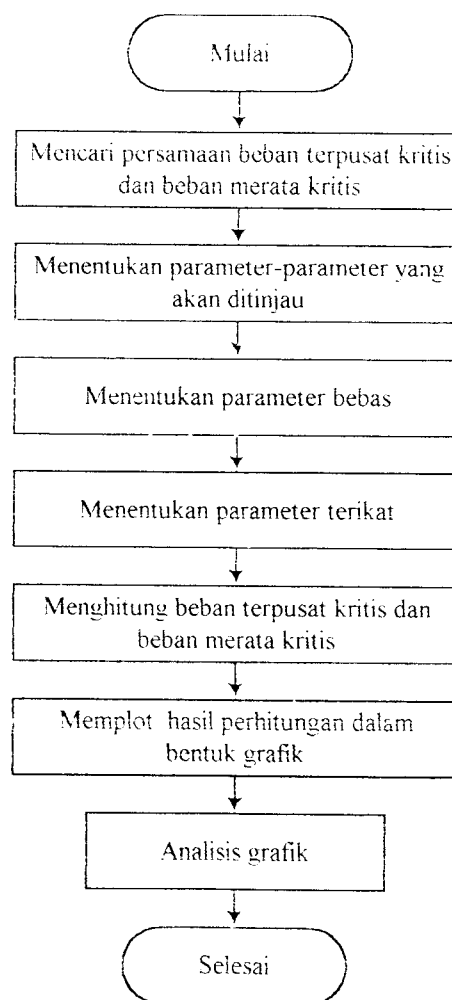
Penelitian ini merupakan studi pustaka yang akan menganalisis pengaruh parameter balok baja profil I terhadap tekuk lateral

Adapun tahap-tahap penelitian yang dilaksanakan adalah sebagai berikut :

1. Mencari persamaan beban terpusat kritis dan persamaan beban merata kritis.
Metode yang dipergunakan yaitu metode energi.
2. Menentukan parameter-parameter yang akan dianalisis, yaitu :
 - a) Tinggi balok (h), diambil $h=90$ cm, $h=70$ cm, $h=50$ cm.
 - b) Tebal sayap (t_s), diambil $t_s=2,8$ cm, $t_s=2,4$ cm, $t_s=2,0$ cm.
 - c) Lebar badan (b), diambil $b=30$ cm, $b=25$ cm, $b=20$ cm.
 - d) Tebal badan (t_b), diambil $t_b=1,6$ cm, $t_b=1,2$ cm, $t_b=0,8$ cm.
 - e) Panjang balok (L) untuk beban terpusat kritis diambil dari 0 s.d 1825 cm dengan interval jarak 25 cm.
 - f) Panjang balok (L) untuk beban merata kritis diambil dari 0 s.d 1600 cm dengan interval jarak 10 cm.
 - g) Mutu baja yang dipergunakan yaitu BJ 37 dengan tegangan leleh (σ_y)=2400 kg/cm² dan BJ 52 dengan tegangan leleh (σ_y)=3600 kg/cm².
3. Menentukan parameter terikat dan parameter bebas dari parameter-parameter tersebut di atas.
4. Menghitung beban kritis dari parameter-parameter yang sudah ditentukan parameter terikat dan parameter bebasnya dengan persamaan beban terpusat kritis dan beban merata kritis yang diperoleh.

5. Hasil perhitungan beban terpusat kritis dan beban merata kritis disusun dalam bentuk tabel.
6. Memplotkan hasil perhitungan beban terpusat kritis dan beban merata kritis tersebut dalam bentuk grafik.
7. Menganalisis grafik

Bagan alir dari tahapan penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1.1



Gambar 1.1 Bagan Alir Jalannya Penelitian

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Baja

Baja adalah logam campuran/paduan besi-karbon yang mungkin terkandung juga bahan campuran/paduan yang lain, terdapat ribuan logam campuran/paduan yang berbeda-beda dengan komposisi dan/atau perlakuan panas. Sifat-sifat mekanik baja dipengaruhi oleh kandungan karbonnya, yang umumnya kurang dari 1,0%. (Callister, W. D., Jr., 1994).

Selama periode pengenalan baja struktural sebagai bahan bangunan utama hingga tahun 1960, baja yang dipakai adalah baja karbon ("carbon steel") dengan sebutan baja ASTM ("American Society of Testing and Materials") A7, dan mempunyai tegangan leleh minimum yang ditetapkan ("minimum specified yield stress") sebesar 33 ksi. Baja struktural yang lain, seperti baja paduan ("alloy") rendah khusus tahan karat (A242) dan baja yang lebih mudah dilas (A373), telah ada di pasaran tetapi masih jarang dipergunakan untuk gedung. Perencanaan jembatan kadang-kadang memakai baja tersebut.

Sekarang banyaknya baja yang tersedia memungkinkan seorang perencana menaikkan kekuatan bahan pada daerah yang tegangannya besar, sehingga tidak perlu memperbesar ukuran batang. Perencana dapat memutuskan berdasarkan mana yang lebih disukai, kekakuan maksimum atau berat teringan. Sifat tahan

karat (untuk menghindari seringnya pengecatan) juga dapat merupakan faktor yang penting. Beberapa baja sekarang dioksidasi untuk membentuk lapisan pelindung yang padat. Lapisan ini mencegah oksidasi (korosi/karat) lebih lanjut dan mempunyai tekstur yang rata dengan warna merah-coklat tua yang menarik. Karena pengecatan tidak diperlukan, baja seperti ini (disebut baja lapuk/"weathering steel") mungkin lebih ekonomis walaupun biaya awalnya agak lebih mahal dari baja karbon tradisional.

Baja tertentu memiliki sifat kemampuan dilas yang lebih baik; beberapa lainnya lebih sesuai untuk tangki tekanan ("pressure vessels"), baik pada suhu diatas maupun dibawah suhu kamar.

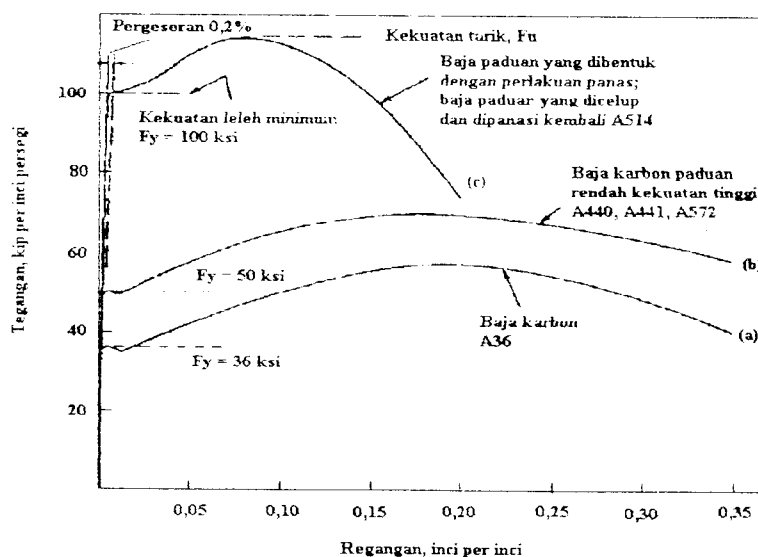
Baja struktural ditunjukkan dengan identifikasi ASTM, dan juga dengan banyak sebutan lain. Untuk tujuan perencanaan, tegangan leleh tarik adalah besaran yang digunakan oleh spesifikasi, seperti AISC, sebagai variabel sifat bahan untuk menetapkan tegangan ijin terhadap berbagai macam pembebanan. Istilah tegangan leleh dipakai sebagai kata umum untuk titik leleh, yaitu titik penyimpangan dari keadaan elastis sempurna yang dapat dilihat dengan jelas pada kebanyakan baja struktural; atau kekuatan leleh, yaitu tegangan pada regangan tetap tertentu untuk baja tanpa titik leleh yang jelas. (Salmon, C. G. & Johnson J. E., 1986).

2.2 Jenis Baja

Baja untuk pemakaian struktural yang digiling panas ("hot-rolled") dibedakan atas :

2.2.1 Baja Karbon

Adalah baja yang mengandung unsur bukan besi dengan persentase maksimum sebagai berikut : karbon 1,7%; mangan 1,65%; silikon 0,60%; dan tembaga 0,60%. Karbon dan mangan adalah unsur utama untuk menaikkan kekuatan besi murni. Kategori ini meliputi bahan dari besi acuan (“ingot”) yang tidak mengandung karbon sampai besi tuang yang mengandung karbon minimal 1,7%. Baja ini dibagi atas empat katagori : karbon rendah (kurang dari 0,15%); karbon lunak (0,15 – 0,29%); karbon sedang (0,30 – 0,59%); karbon tinggi (0,60 – 1,70%). Baja karbon struktural termasuk katagori karbon lunak, baja seperti A36 mengandung karbon maksimum yang berkisar antara 0,25 – 0,29% tergantung pada tebalnya. Baja karbon struktural ini memiliki titik leleh yang jelas seperti ditunjukkan pada kurva (a) pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Kurva tegangan-regangan
(Struktur Baja Disain dan Perilaku, Salmon, C.G & Johnson, J.E, 1986)

2.2.2 Baja Paduan Rendah Kekuatan Tinggi

Adalah baja yang tegangan lelehnya berkisar antara 40 – 70 ksi (275 – 480 Mpa) dengan titik leleh yang jelas seperti pada kurva (b) dalam gambar 2.1 (sama seperti untuk baja karbon). Baja ini diperoleh dari baja karbon dengan menambah unsur paduan seperti chrom, columbium, tembaga, mangan, molybdenum, nikel, fosfor, vanadium atau zirconium, agar beberapa sifat mekanisnya lebih baik. Baja paduan rendah kekuatan tinggi (“high-strength low-alloy steel”) dipakai pada kondisi penggilingan atau penormalan (tanpa perlakuan panas).

2.2.3 Baja Paduan

Baja paduan rendah dapat didinginkan dalam air (“quenched”) dan dipanasi kembali (“tempered”) untuk memperoleh kekuatan leleh sebesar 80 - 110 ksi (550 – 760 Mpa). Kekuatan leleh biasanya didefinisikan sebagai tegangan pada regangan tetap 0,2%, karena baja ini tidak menunjukkan titik leleh yang jelas. Kurva tegangan-regangan yang umum diperlihatkan pada kurva (c), gambar 2.1. Baja ini dapat dilas dengan prosedur yang sesuai, dan biasanya tidak membutuhkan perlakuan panas (“heat treatment”) setelah dilas. Untuk keperluan khusus, pengurangan tegangan (“stress relieving”) kadang-kadang dibutuhkan. Beberapa baja karbon, seperti baja tangki tekanan, dapat didinginkan dalam air dan dipanasi kembali untuk mendapatkan kekuatan leleh sebesar 80 ksi (550 Mpa), tetapi kebanyakan baja dengan kekuatan ini adalah baja paduan rendah. Baja paduan rendah ini umumnya mengandung karbon maksimal sebesar 0,20% untuk membatasi kekerasan mikrostruktur kasar (“martensit”) yang dapat

terbentuk selama perlakuan panas atau pengelasan, sehingga bahaya retak diperkecil.

Perlakuan panas terdiri dari pencelupan (pendinginan yang cepat dengan air atau minyak dengan suhu antara 1650°F (900°C) sampai 300 - 400°F); kemudian baja dipanasi kembali ke suhu minimal 1150°F (620°C) dan dibiarkan dingin. Pemanasan ulang, walaupun mengurangi kekuatan dan kekerasan bahan yang telah dicelup, sangat bermanfaat untuk menaikkan ketangguhan ("toughness") dan daktilitas. Pengurangan kekuatan dan kekerasan akibat kenaikan suhu diperkecil dengan pengerasan ("hardening") kedua akibat pengendapan senyawa karbon dan columbium, titanium atau vanadium yang halus. Pengendapan dimulai pada suhu kira-kira 950°F (510°C) dan dipercepat hingga 1250°F (680°C). Pemanasan ulang sampai dekat 1250°F untuk mendapatkan manfaat maksimum dari pengendapan senyawa karbon dapat menyebabkan baja berada dalam zone transformasi. Akibatnya, mikrostruktur baja menjadi lebih lemah seperti yang diperoleh tanpa pencelupan dan pemanasan ulang.

Ringkasnya, pencelupan menghasilkan martensit, yaitu mikrostruktur yang sangat keras, kuat dan getas; pemanasan kembali mengurangi sedikit kekuatan dan kekerasan tetapi menaikkan ketangguhan dan daktilitas. (Salmon, C. G. & Johnson J. E., 1986).

2.3 Balok

Balok adalah bagian konstruksi yang mengangkut beban transversal yang menghasilkan momen lentur dan gaya lintang dengan tahanan lentur sebagai parameter disain yang mempunyai arti penting. (Bowles, J. E., 1985).

Penampang balok yang paling umum ialah penampang sayap lebar (W) dan balok I (S), serta penampang I yang lebih kecil yang disebut "profil campuran" ("miscellaneous shape"/M). (Salmon, C. G. & Johnson J. E, 1986).

2.4 Bentuk Penampang Balok Baja

Dengan kemajuan teknologi pada dekade 1970-1980, telah dibuat beberapa bentuk penampang balok baja diantaranya bentuk I-WF ("Wide Flange"), "Structural Tees", profil kanal dan profil siku.

Dalam mendesain balok momen inersia (I) dan modulus penampang (S) merupakan hal penting. Tujuan desain utama adalah untuk mencari I dan S yang diperlukan untuk memikul beban, dengan konfigurasi penampang melintang yang mempunyai luas sekecil mungkin. Volume total material yang diperlukan untuk memikul beban diusahakan semimumum mungkin. Tujuan alternatif dalam desain adalah mengambil luas penampang tertentu, kemudian mencari bentuk penampang yang memberikan nilai I dan S yang diperlukan. Dengan demikian, akan diperoleh penampang yang memberikan kemampuan pikul momen eksternal (beban eksternal) semaksimal mungkin.

Penampang sayap lebar ("wide-flange") umum digunakan pada konstruksi gedung dimana tegangan lentur pada umumnya dominan dibandingkan dengan tegangan gesernya. Apabila gaya geser besar, maka semakin tebal penampang balok yang diperlukan. (Schodek, Daniel L., 1999).

2.5 Puntir

Puntir dapat dikategorikan menjadi dua tipe : puntir murni, atau sering disebut puntir Saint-Venant, dan puntir lengkungan (“warping torsion”).

1. Puntir murni (puntir St. Venant) mengasumsikan bahwa suatu bidang penampang lintang sebelum dikenai puntiran akan tetap berupa bidang dan bahwa hanya rotasi elemen saja yang terjadi selama puntiran berlangsung.
2. Puntir lengkungan lateral (“warping torsion”) adalah efek keluar bidang yang terjadi pada saat flens-nya mengalami displasemen lateral selama puntiran, analog dengan lenturan akibat beban lateral. (Salmon, C. G. & Johnson J. E., 1986).

2.6 Beban

Penentuan beban yang bekerja pada struktur atau elemen struktur secara tepat tidak selalu bisa dilakukan. Walaupun lokasi beban pada struktur diketahui, distribusi beban dari elemen ke elemen pada struktur biasanya membutuhkan anggapan dan pendekatan. Jenis beban yang paling umum dibahas berikut ini :

2.6.1 Beban Mati

Beban mati adalah beban kerja akibat gravitasi yang tetap posisinya, karena bekerja terus menerus dengan arah ke bumi tempat struktur didirikan. Semua benda yang tetap posisinya selama struktur berdiri dipandang sebagai beban mati.

2.6.2 Beban Hidup

Beban hidup adalah beban gravitasi pada struktur, yang besar dan lokasinya bervariasi.

Pembebanan balok akan terdiri dari kedua-dua beban mati dan beban hidup. Efek-efek pembebanan ini yang dinyatakan dalam apakah sederet beban yang terkonsentrasi (beban terpusat) atau sebuah pembebanan "uniform" (beban seragam atau beban terbagi merata) bergantung pada rencana kerangka umum dan letak balok. (Salmon, C. G. & Johnson J. E., 1986; & Bowles, J. E., 1985)

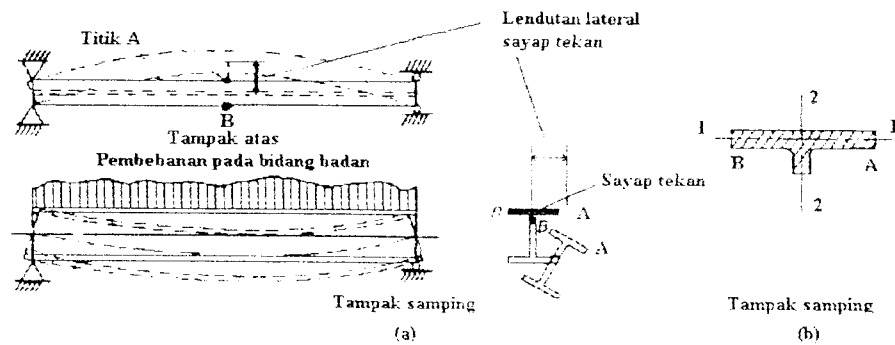
2.7 Tekuk Lateral

Tekuk lateral perlu diperhatikan dalam mendisain balok tanpa dukungan lateral, kekakuan lentur balok pada bidang lentur lebih besar daripada kekakuan lentur lateralnya. Selama beban masih dibawah nilai kritis, balok tetap stabil. Seiring bertambahnya beban hingga mencapai suatu kondisi dimana terjadi pembengkokan (dan puntir) sangat mungkin terjadi tekuk lateral. (Timoshenko, S. P. & Gere, J. M., 1961)

Secara kualitatif, kita dapat memandang sayap tekan balok sebagai kolom. Sayap segiempat yang berlaku sebagai kolom biasanya akan tertekuk dalam arah lemah akibat lentur terhadap suatu sumbu seperti 1-1 pada gambar 2.2; namun, badan memberi sokongan menerus untuk mencegah tekuk ini. Bila beban tekan diperbesar, sayap segiempat cenderung akan tertekuk oleh lentur terhadap sumbu 2-2 pada gambar 2.2. Tekuk mendadak sayap terhadap sumbu kuatnya dalam arah lateral disebut tekuk lateral ("lateral buckling"). Analog antara sayap tekan balok

dan kolom ditujukan hanya untuk menjabarkan kelakuan umum tekuk lateral.

(Salmon, C. G. & Johnson J. E, 1986).



Gambar 2.2 Balok dengan sokongan samping hanya di ujung-ujungnya
(Struktur Baja Disain dan Perilaku, Salmon, C. G. & Johnson J. E, 1986)

BAB III

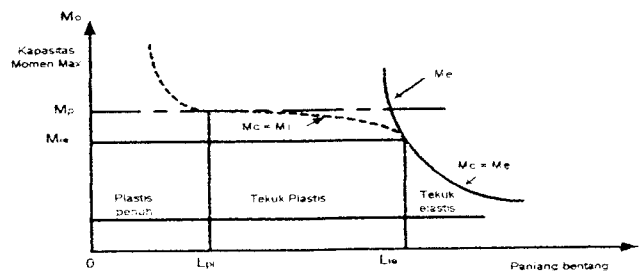
LANDASAN TEORI

3.1 Konsep Dasar

Keruntuhan pada balok dapat terjadi karena salah satu dari dua hal berikut ini :

1. Tegangan-tegangan yang terjadi pada balok melebihi kapasitas tegangan yang dapat diterima oleh material balok tersebut (untuk balok yang relatif besar).
2. Tegangan-tegangan yang terjadi pada balok menyebabkan balok berada dalam keadaan tidak stabil (untuk balok langsing).

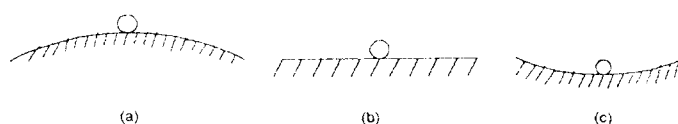
Ketidakstabilan pada balok biasanya dikenal sebagai masalah tekuk pada balok. Perilaku balok yang mengalami tekuk dapat diuraikan sebagai berikut :
Sebuah balok yang dikenai beban yang bertambah secara perlahan-lahan, akan mengalami lendutan pada arah beban yang diberikan sampai akhirnya balok tertekuk keluar bidang pembebanan. Tekuk yang terjadi pada balok ini dikenal sebagai tekuk lateral. Keruntuhan dari balok langsing lurus dimulai saat penambahan tegangan pada keadaan tekuk lateral elastis menyebabkan leleh. Sebuah balok lurus dengan ketebalan menengah dapat leleh sebelum beban tekuk tercapai, hal ini terjadi akibat pengaruh kombinasi tegangan momen dan tegangan sisa, dan leleh juga dapat terjadi setelah tekuk plastis dicapai. Seperti ditunjukkan dalam gambar 3.1



Gambar 3.1 Kapasitas Momen Maksimum dari Balok
(Theory of Beam-Columns, Chen, W. F. & Atsuta, T, 1977)

Beban yang menyebabkan balok dalam keadaan transisi antara tekuk atau tetap lurus inilah yang disebut beban kritis. Beban kritis pada balok ini tergantung pada dimensi balok, jenis perletakan balok dan karakteristik dari material balok. Untuk balok yang sangat pendek, beban tekuk plastis dapat lebih besar dari beban yang mengakibatkan keruntuhan plastis.

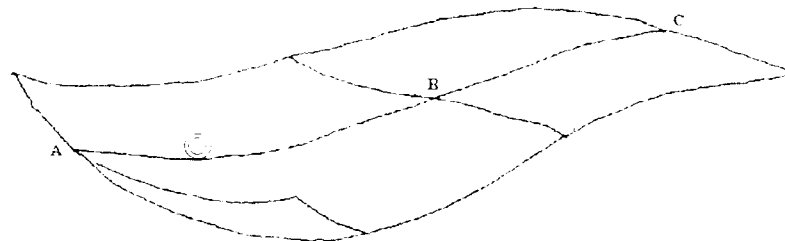
Tekuk pada balok merupakan masalah kestabilan. Konsep kestabilan sendiri dapat dijelaskan dengan keseimbangan bola dalam berbagai posisi, seperti terlihat pada gambar 3.2 berikut :



Gambar 3.2 Kestabilan
(Theory of Elastic Stability, Timoshenko & Gere, 1961)

Walaupun bola di atas berada dalam keadaan seimbang untuk setiap posisi, akan tetapi jika diperhatikan lebih teliti akan terdapat perbedaan yang mendasar. Jika bola yang terlihat pada gambar 3.2a diberi gangguan yang mengakibatkan bola bergeser, maka bola tersebut akan terus bergerak menjauhi posisi awalnya.

Keseimbangan seperti ini disebut dengan keseimbangan labil. Sedangkan bola yang terlihat pada gambar 3.2b, jika diberi gangguan yang mengakibatkan bola bergeser, maka bola tersebut akan tetap berada pada posisi setelah diganggu. Keseimbangan ini disebut dengan keseimbangan netral. Terakhir, bola pada gambar 3.2c, jika diberi gangguan yang menyebabkan bola bergeser sedikit dari posisi awalnya, maka bola tersebut kembali pada posisi awalnya setelah gangguan dihilangkan. Keseimbangan seperti ini disebut dengan keseimbangan stabil. Pada gambar 3.3 diperlihatkan bahwa bola berada dalam posisi seimbang jika terletak sepanjang garis ABC. Jika terletak antara A dan B, maka bola berada dalam keseimbangan stabil. Jika bola tepat berada pada titik B, bola berada dalam keseimbangan netral. Sedangkan jika bola terletak antara B dan C, maka bola berada dalam keadaan keseimbangan labil.

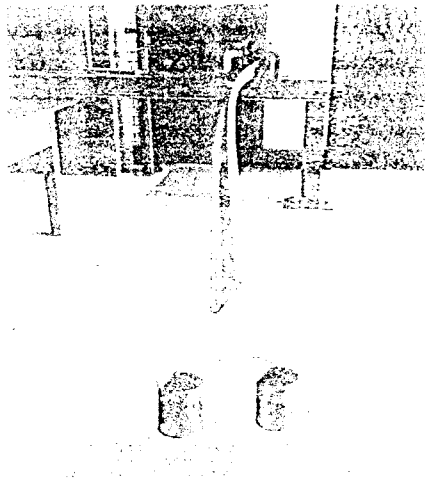


Gambar 3.3 Permukaan Stabilitas

Perilaku tekuk lateral pada balok hampir sama dengan perilaku bola diatas. Balok lurus akan tetap stabil jika beban yang diterimanya relatif kecil. Tetapi jika beban yang diterimanya terus membesar maka akan terjadi ketidakstabilan. Jika keseimbangan netral dianggap sebagai suatu keadaan transisi antara stabil dan labil, maka beban yang menyebabkan terjadinya keseimbangan netral ini disebut

dengan beban kritis. Sehingga dalam menentukan beban kritis yang dapat diterima oleh balok dapat digunakan konsep keseimbangan ini.

Jika sebuah balok dibengkokkan pada bidang pengaku utamanya, maka defleksi biasanya hanya terjadi dalam bidang tersebut. Bagaimanapun juga, jika balok tidak mempunyai kekakuan lateral yang cukup atau tidak mempunyai penyokong, maka balok dapat tertekuk keluar bidang pembebanannya, seperti ditunjukkan pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 Tekuk Lateral dari Balok Kantilever
(Theory of Beam-Columns, Chen, W. F. & Atsuta, T, 1977)

Beban yang menyebabkan terjadinya tekuk ini umumnya lebih kecil daripada kapasitas beban yang dapat diterima oleh balok, seperti ditunjukkan dalam gambar 3.1, yang menunjukkan variasi dari momen kapasitas terhadap kelangsingan.

3.2 Persamaan Kesetimbangan Energi

Untuk menganalisa tekuk lateral pada balok dapat dilakukan dengan metode energi. Dalam analisis ini digunakan metode energi untuk menghitung besarnya

beban kritis yang dapat diterima oleh balok. Terlebih dahulu akan ditinjau konsep dasar dari metode energi ini.

Jika sebuah struktur diberi gaya luar, maka struktur tersebut akan mengalami deformasi. Selama deformasi ini, gaya luar melakukan sejumlah kerja. Kerja yang dilakukan oleh sejumlah gaya luar didefinisikan sebagai hasil perkalian skalar dari vektor gaya P dengan vektor perpindahan s yang sehubungan dengan gaya tersebut. Besar skalar ini adalah positif jika arah dari kedua vektor tersebut sama. Jika gaya tetap konstan, kerja menjadi $W = P \cdot s$, sebaliknya jika gaya berubah selama perpindahan, maka kerja dihitung dari integral tertentu :

$$W = \int_{s_1}^{s_2} P \cdot ds \cdot \cos \alpha$$

Selama deformasi dari sebuah badan elastis, kerja yang dilakukan oleh gaya-gaya luar, W_e , dilawan oleh kerja yang dilakukan oleh gaya-gaya dalam, W_i . Jika didefinisikan energi sebagai kemampuan melakukan kerja, maka hukum konservasi energi mensyaratkan kerja dalam total adalah sama dan berlawanan dengan kerja luar total; sehingga dapat dituliskan :

$$W_e + W_i = 0 \quad (3.1)$$

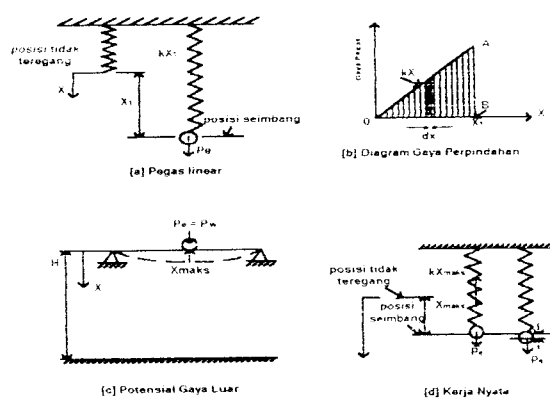
Ada beberapa tipe dari energi, yang disebut sebagai energi potensial, energi regangan, energi kinetik, dan sebagainya. Energi potensial didefinisikan sebagai kemampuan dari gaya untuk melakukan kerja karena dari posisi dari gaya tersebut. Energi potensial dari gaya-gaya dalam disebut energi regangan, U , yang besarnya sama dengan kerja negatif dari gaya-gaya dalam ($U = - W_i$). Energi potensial dari gaya-gaya luar, V , didefinisikan sebagai kerja negatif yang

dilakukan oleh gaya-gaya luar, dimana besarnya adalah tetap, antara posisi awal dan posisi akhir dari gaya-gaya luar. Potensial total Π dari sebuah sistem struktur terdiri dari energi regangan ditambah dengan energi potensial dari beban.

$$\Pi = U + V \quad (3.2)$$

Dalam analisa struktur dengan metode energi, mesti dibedakan antara kerja nyata dan kerja maya. Untuk menggambarkan perbedaan yang mendasar antara dua konsep ini, dapat dilihat sebuah pegas elastis dengan derajat kebebasan satu dalam gambar 3.5a. Untuk mempertahankan keseimbangan statis dari sistem, beban mesti diberikan dengan kecepatan rendah (perlahan-lahan), jika sebaliknya akan dihasilkan getaran. Selama proses pembebanan akan dihasilkan penambahan gaya pegas (gambar 3.5b). Kerja dilakukan oleh uluran pegas digambarkan sebagai luas dari segitiga OAB; maka :

$$W_i = - \int_0^{x_1} (k \cdot x) dx = - \frac{k \cdot x_1^2}{2} = - \frac{1}{2} P_{i \text{ maks}} \cdot x_{\text{ maks}} \quad (3.3)$$



Gambar 3.5 Berbagai konsep energi
(Teori dan Analisis Pelat Metode Klasik dan Numerik, Szilard, R., 1974)

Sehingga dapat dinyatakan bahwa kerja dalam nyata pada sebuah sistem elastis adalah sama dengan setengah kali nilai akhir dari gaya-gaya dalam dengan deformasi yang sehubungan.

Dengan cara yang sama, kerja nyata yang dilakukan oleh gaya luar dapat dituliskan sebagai :

$$W_e = \frac{1}{2} \cdot P_e \cdot X_{maks} \quad (3.4)$$

Jadi, kerja nyata dari gaya-gaya luar yang bekerja pada sebuah sistem elastis adalah setengah kali gaya-gaya tersebut dengan perpindahan akhir yang sehubungan dengannya.

Untuk menggambarkan konsep dari potensial, V , dari sebuah gaya luar, perhatikan berat dari sebuah badan, P_w , dalam medan gravitasi bumi, seperti terlihat pada gambar 3.5c. Jika badan tersebut ditempatkan pada sebuah tinggi datum H di atas permukaan bumi, maka beratnya dapat melakukan kerja total $P_w \cdot H$, asalkan penyokong struktur dilepas. Jika deformasi akhir dari struktur yang sehubungan dengan beban ini adalah x_{maks} , maka potensial dari gaya luar menjadi:

$$V = - P_e \cdot X_{maks} \quad (3.5)$$

Dimana tanda negatif menunjukkan kehilangan dari energi potensial ketika gaya bergerak dari posisi awal ke posisi akhirnya.

Pada kasus kerja maya, badan elastis selalu berada dalam keadaan seimbang. Sehingga sebuah badan yang diberikan nilai maksimum dari gaya luar statis, selalu telah mencapai keadaan akhir dari deformasinya, jika kondisi keseimbangan ini diganggu dengan menambahkan perpindahan kecil, berubah-

ubah, tetapi sesuai dengan syarat batasnya. Selama perpindahan maya ini semua gaya tetap dipegang konstan.

Sistem gaya pegas dengan derajat kebebasan gerak satu (gambar 3.5d) untuk menggambarkan sebuah struktur elastis, ke dalam sistem ini dimasukkan perpindahan maya dalam bentuk penambahan deformasi δx ; maka penambahan kerja dari pegas menjadi :

$$\delta W_i = -(k \cdot x_{\text{maks}}) \cdot \delta x = -P_{i \text{ maks}} \cdot \delta x \quad (3.6)$$

Dengan cara yang sama, penambahan kerja yang dilakukan oleh gaya luar adalah:

$$\delta W_e = P_e \cdot \delta x \quad (3.7)$$

3.3 Metode Energi Pada Tekuk Lateral

Energi regangan yang tersimpan pada saat terjadi tekuk terdiri dari dua komponen, yaitu komponen lentur pada arah sumbu x dan y dan komponen puntir yang terdiri dari "torsion St. Venant" dan "torsion warping". Pada masalah tekuk balok ini, variasi energi dihitung setelah terjadi tekuk, dan energi akibat lentur y diabaikan (akibat M_x) :

$$U = \frac{1}{2} EI_x \int_0^l \left[\frac{d^2 x}{dz^2} \right]^2 dz + \frac{1}{2} (GJ) \int_0^l \left[\frac{d\phi}{dz} \right]^2 dz + \frac{1}{2} EI_y \int_0^l \left[\frac{d^2 \phi}{dz^2} \right]^2 dz \quad (3.8)$$

3.3.1 Persamaan Differensial untuk Tekuk Lateral

Dengan mengacu Gambar 3.6, yang memperlihatkan balok dalam suatu posisi tertekuk, terlihat bahwa momen yang bekerja M_0 pada bidang yz akan meningkatkan komponen M_x , M_y , dan M_z , masing-masing menurut sumbu x , y , dan z . Ini berarti akan terdapat kurvatur lentur baik pada bidang $x-z$ maupun

$y'z'$ serta kurvatur puntir menurut sumbu z' . Dengan asumsi deformasi kecil, lentur pada bidang $y'z'$ (dengan memperhitungkan kosinus arahnya adalah 1 antara sumbu-sumbu y' dan y , dan z' dan z) dapat ditulis :

$$EI_x \frac{d^2v}{dz^2} = M_x' = M_0$$

dimana v adalah perpindahan pada arah y (lihat Gambar 3.6b).

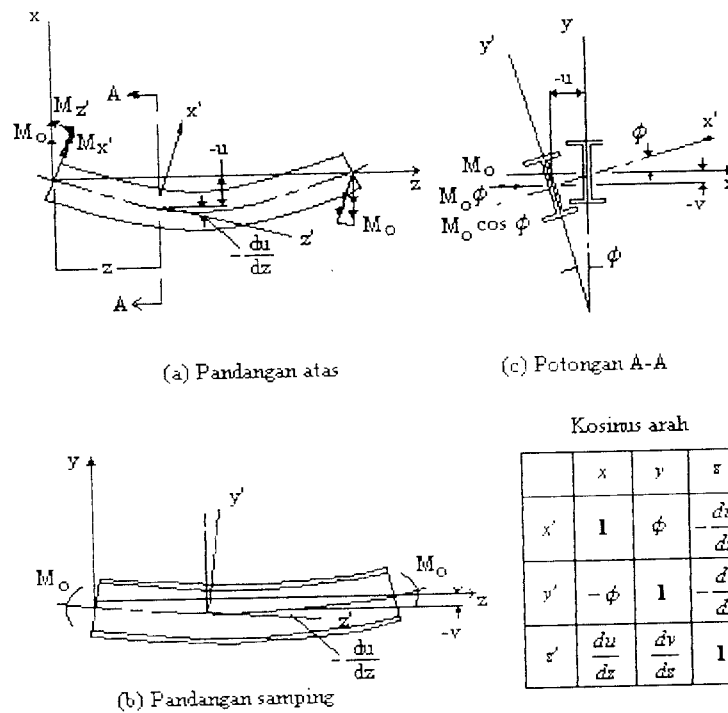
Demikian pula, kurvatur pada bidang $x'z'$ adalah :

$$EI_y \frac{d^2u}{dz^2} = M_y' = M_0 \cdot \phi$$

seperti terlihat dari Gambar 3.6c, dimana u merupakan pergeseran pada arah x .

Dari Gambar 3.6 dan kosinus arahnya, komponen puntir dari M_0 ketika balok tersebut sedikit tertekuk adalah sebanding dengan putaran sudut balok dalam bidang xz :

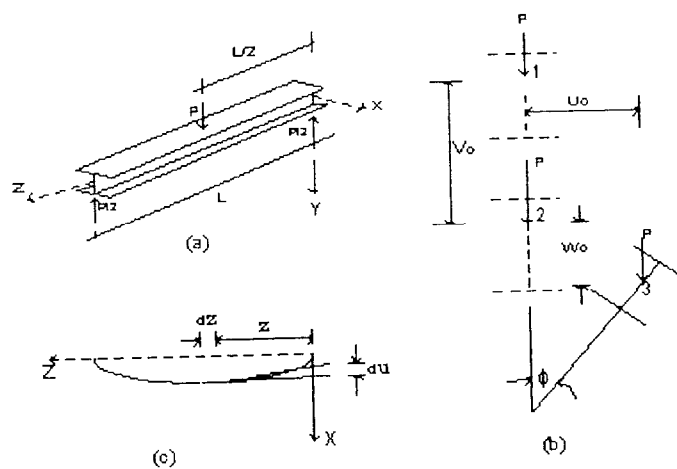
$$M_z' = - \frac{du}{dz} M_0$$



Gambar 3.6 Balok Profil I Dalam Posisi yang Sedikit Tertekuk
(Struktur Baja Desain dan Perilaku 2, Salmon, C. G. & Johnson, J. E., 1996)

3.3.2 Persamaan Beban Terpusat Kritis

Energi potensial akibat beban luar P terpusat akan diturunkan sebagai berikut :



Gambar 3.7 Tekuk Lateral Balok I Akibat Beban Terpusat

M_x dan M_y adalah momen yang timbul akibat P. Energi tekuk dihitung untuk gerakan dari 2 ke 3 (gambar 3.7b), yaitu dengan komponen perpindahan u_0 dan w_0 (ditengah bentang). Dari gambar 3.7c terlihat untuk elemen sepanjang dz didapat persamaan :

$$\frac{du}{dz} = \frac{M_y'}{EI_y} \cdot z \quad \text{atau} \quad du = \frac{M_y'}{EI_y} \cdot z \cdot dz \quad (3.9)$$

Untuk kondisi deformasi kecil, pertambahan dari deformasi vertikal dw yang sehubungan dengan du adalah :

$$dw = \phi \cdot du = \frac{M_y'}{EI_y} \cdot \phi \cdot z \cdot dz \quad (3.10)$$

sehingga :

$$w_0 = \int_0^l dw = \int_0^l \frac{M_y'}{EI_y} \cdot \phi \cdot z \cdot dz$$

dengan M_y' adalah komponen vektor momen dari M_x .

$$M_y' = -\phi M_x = +\phi \frac{P \cdot z}{2}, \text{ sehingga } M_x = -\frac{P \cdot z}{2}$$

$$w_0 = \int_0^l \frac{\phi^2 \cdot P \cdot z^2}{2 \cdot EI_y} dz \quad (3.11)$$

dan didapat energi potensial akibat beban luar P terpusat :

$$V = -P \cdot w_0 = -\int_0^l \frac{P^2 \cdot \phi^2 \cdot z^2}{2 \cdot EI_y} dz \quad (3.12)$$

sehingga energi potensial total adalah :

$$\Pi = U + V = \int_0^l \frac{EI_y}{2} \left[\frac{d^2 u}{dz^2} \right]^2 dz + \int_0^l \frac{GJ}{2} \left[\frac{d\phi^2}{dz} \right]^2 dz + \int_0^l \frac{EI_\omega}{2} \left[\frac{d^2 \phi}{dz^2} \right]^2 dz - \int_0^l \frac{P^2 \cdot z^2 \cdot \phi^2}{2EI_y} dz$$

$$\dots\dots\dots (3.13)$$

Hubungan antara u dan ϕ dicari dari persamaan differensial :

$$EI_y \frac{d^2 u}{dz^2} = M_y' = \frac{P \cdot z \cdot \phi}{2}$$

$$\frac{d^2 u}{dz^2} = \frac{P \cdot z \cdot \phi}{2 \cdot EI_y}$$

Jadi :

$$\Pi = U + V = - \int_0^L \frac{P^2 \cdot z^2 \cdot \phi^2}{4 \cdot EI_y} dz + \int_0^L \frac{GJ}{2} \left[\frac{d\phi}{dz} \right]^2 dz + \int_0^L \frac{EI_w}{2} \left[\frac{d^2 \phi}{dz^2} \right]^2 dz$$

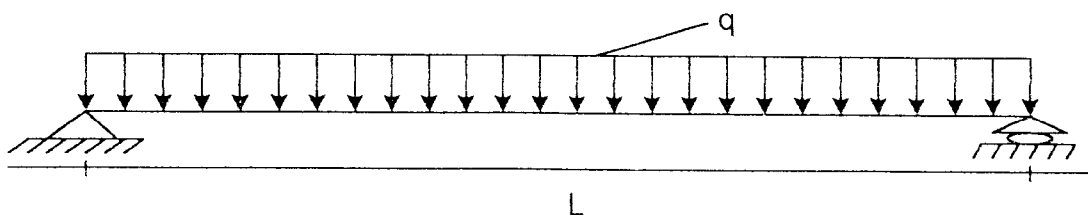
dengan ϕ adalah fungsi yang harus memenuhi kondisi batas, diambil

$$\phi = B \cdot \sin \frac{\pi z}{l}$$

Syarat agar struktur seimbang adalah $\frac{\partial \Pi}{\partial B} = 0$, dari sini didapatkan harga P kritis :

$$P_{cr} = \frac{4 \pi^2}{L^2} \sqrt{\frac{3}{\pi^2 + 6} EI_y \left[GJ + EI_w \frac{\pi^2}{L^2} \right]} \quad (3.14)$$

3.3.3 Persamaan Beban Merata Kritis



$$M_x = \frac{q}{2} (z^2 - L \cdot z)$$

Misalkan : $u = A \cdot \sin \frac{\pi z}{L}$

$$\phi = B \cdot \sin \frac{\pi z}{L}$$

Energi regangan yang tersimpan dalam struktur adalah :

$$U = \frac{1}{2} EI_y \int_0^L \left[\frac{d^2 u}{dz^2} \right]^2 dz + \frac{1}{2} GJ \int_0^L \left[\frac{d\phi}{dz} \right]^2 dz + \frac{1}{2} EI_w \int_0^L \left[\frac{d^2 \phi}{dz^2} \right]^2 dz$$

$$* \frac{1}{2} EI_y \int_0^L (u'')^2 dz = \frac{1}{2} \int_0^L EI_y \cdot A \cdot \frac{\pi^4}{L^4} \cdot \sin^2 \frac{\pi z}{L} dz$$

$$= \frac{EI_y \cdot \pi^4 \cdot A^2}{2 \cdot L^4} \int_0^L \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cdot \cos 2 \frac{\pi z}{L} \right) dz$$

$$= \frac{EI_y \cdot \pi^4 \cdot A^2}{2 \cdot L^4} \left[\frac{1}{2} \cdot z - \frac{1}{2} \cdot \frac{L}{2\pi} \cdot \sin 2 \frac{\pi z}{L} \right]_0^L$$

$$= \frac{EI_y \cdot \pi^4 \cdot A^2}{4 \cdot L^3}$$

$$* \frac{1}{2} EI_w \int_0^L (\phi'')^2 dz = \frac{1}{2} EI_w \int_0^L B^2 \cdot \frac{\pi^4}{L^4} \cdot \sin^2 \frac{\pi z}{L} dz$$

$$= \frac{EI_w \cdot \pi^4 \cdot B^2}{4 \cdot L^3}$$

$$* \frac{1}{2} GJ \int_0^L (\phi')^2 dz = \frac{1}{2} GJ \int_0^L B^2 \cdot \frac{\pi^2}{L^2} \cdot \cos^2 \frac{\pi z}{L} dz$$

$$= \frac{GJ \cdot B^2 \cdot \pi^2}{2 \cdot L^2} \int_0^L \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cdot \cos 2 \frac{\pi z}{L} \right) dz$$

$$= \frac{GJ \cdot B^2 \cdot \pi^2}{2 \cdot L} \left[\frac{1}{2} \cdot z + \frac{L}{4\pi} \cdot \sin 2 \frac{\pi z}{L} \right]_0^L$$

$$= \frac{GJ \cdot B^2 \cdot \pi^2}{4 \cdot L}$$

Energi potensial akibat beban luar q merata,

$$\begin{aligned}
 U &= \int_0^L M_v \cdot \phi \cdot \frac{d^2 u}{dz^2} dz \\
 &= \int_0^L \frac{q}{2} [z^2 - L \cdot z] \cdot B \cdot \sin \frac{\pi z}{L} \cdot \left[-A \cdot \frac{\pi^2}{L^2} \cdot \sin \frac{\pi z}{L} \right] dz \\
 &= -\frac{q \cdot \pi^2}{2 \cdot L^2} \cdot A \cdot B \int_0^L [z^2 - L \cdot z] \cdot \sin^2 \frac{\pi z}{L} dz \\
 &= -\frac{\pi^2 \cdot q}{2 \cdot L^2} \cdot A \cdot B \int_0^L z^2 \cdot \sin^2 \frac{\pi z}{L} dz + \frac{\pi^2 \cdot q}{2 \cdot L} \cdot A \cdot B \int_0^L z \cdot \sin^2 \frac{\pi z}{L} dz
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 * \int_0^L z^2 \cdot \sin^2 \frac{\pi z}{L} dz &= \int_0^L z^2 \left[\frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cdot \cos 2 \frac{\pi z}{L} \right] dz \\
 &= \frac{1}{6} \cdot L^3 - \frac{1}{2} \int_0^L z^2 \cdot \cos 2 \frac{\pi z}{L} dz \\
 &= \frac{L^3}{6} - \frac{1}{2} \cdot \frac{L}{2\pi} \cdot \left[z^2 \cdot \sin 2 \frac{\pi z}{L} \right]_0^L + \frac{L}{4\pi} \int_0^L 2 \cdot z \cdot \sin 2 \frac{\pi z}{L} dz \\
 &= \frac{L^3}{6} - L^2 \cdot \frac{z}{4\pi^2} \cdot \cos 2 \frac{\pi z}{L} \Big|_0^L + \frac{L^2}{4\pi^2} \int_0^L \cos 2 \frac{\pi z}{L} dz \\
 &= \frac{L^3}{6} - \frac{L^3}{4\pi^2} + \frac{L^3}{8\pi^3} \cdot \left[\sin 2 \frac{\pi z}{L} \right]_0^L \\
 &= \frac{L^3}{6} - \frac{L^3}{4\pi^2}
 \end{aligned}$$

$$* \int_0^L z \cdot \sin^2 \frac{\pi z}{L} dz = \int_0^L z \left[\frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cdot \cos 2 \frac{\pi z}{L} \right] dz$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{L^2}{4} - \frac{1}{2} \int_0^L z \cdot \cos 2 \frac{\pi z}{L} dz \\
&= \frac{L^2}{4} - \frac{L}{4\pi} \left[\sin 2 \frac{\pi z}{L} \right]_0^L + \frac{L}{4\pi} \int_0^L \sin 2 \frac{\pi z}{L} dz \\
&= \frac{L^2}{4\pi} - \frac{L}{8\pi^2} \left[\cos 2 \frac{\pi z}{L} \right]_0^L \\
&= \frac{L}{4} - \frac{L^2}{8\pi^2} (1-1) \\
&= \frac{L^2}{4}
\end{aligned}$$

Sehingga diperoleh energi potensial :

$$\begin{aligned}
U &= -\frac{\pi^2 \cdot q \cdot A \cdot B \cdot L^3}{2 \cdot L^2} \left[\frac{1}{6} - \frac{1}{4\pi^2} \right] + \frac{\pi^2 \cdot q \cdot A \cdot B \cdot L^2}{2 \cdot L} \cdot \frac{L^2}{4} \\
&= -\frac{\pi^2 \cdot q \cdot A \cdot B \cdot L}{2} \left[\frac{1}{6} - \frac{1}{4\pi^2} \right] + \frac{\pi^2 \cdot q \cdot A \cdot B \cdot L}{8} \\
&= \frac{\pi^2 \cdot q \cdot A \cdot B \cdot L}{8} \left[\frac{1}{3} + \frac{1}{\pi^2} \right]
\end{aligned}$$

Dan energi potensial total adalah :

$$\Pi = \frac{EI_y \cdot \pi^4 \cdot A^2}{4 \cdot L^3} + \frac{GJ \cdot \pi^2 \cdot B}{4 \cdot L} + \frac{EI_w \cdot \pi^4 \cdot B^2}{4 \cdot L^3} + \frac{\pi^2 \cdot q \cdot A \cdot B \cdot L}{8} \left[\frac{1}{3} + \frac{1}{\pi^2} \right]$$

$$\frac{\partial \Pi}{\partial A} = \frac{EI_y \cdot \pi^4 \cdot A}{2 \cdot L^3} + \frac{\pi^2 \cdot q \cdot B \cdot L}{8} \left[\frac{1}{3} + \frac{1}{\pi^2} \right]$$

$$\frac{\partial \Pi}{\partial B} = \frac{\pi^2 \cdot q \cdot A \cdot L}{8} \left[\frac{1}{3} + \frac{1}{\pi^2} \right] + \frac{GJ \cdot \pi^2 \cdot B}{2 \cdot L} + \frac{EI_w \cdot \pi^4 \cdot B}{2 \cdot L^3}$$

Determinan dari kedua persamaan ini harus sama dengan nol.

$$\begin{bmatrix} \frac{EI_y \cdot \pi^4}{2 \cdot L^3} & \frac{\pi^2 \cdot q \cdot L}{8} \left[\frac{1}{3} + \frac{1}{\pi^2} \right] \\ \frac{\pi^2 \cdot q \cdot L}{8} \left[\frac{1}{3} + \frac{1}{\pi^2} \right] & \frac{GJ \cdot \pi^2}{2 \cdot L} + \frac{EI_w \cdot \pi^4}{2 \cdot L^3} \end{bmatrix} = 0$$

$$\frac{EI_y \cdot \pi^4}{2 \cdot L^3} \cdot \frac{\pi^2}{L} \left[GJ + EI_w \cdot \frac{\pi^2}{L^2} \right] - \left\{ \frac{\pi^2 \cdot L}{8} \cdot \left[\frac{1}{3} + \frac{1}{\pi^2} \right] \right\}^2 = 0$$

$$\frac{\pi^2 \cdot q \cdot L}{8} \left[\frac{1}{3} + \frac{1}{\pi^2} \right] = \frac{\pi^3}{2 \cdot L^2} \sqrt{EI_y \left[GJ + EI_w \cdot \frac{\pi^2}{L^2} \right]}$$

$$q_{cr} = \frac{4 \cdot \pi}{\left[\frac{1}{3} + \frac{1}{\pi^2} \right] L^3} \sqrt{EI_y \left[GJ + EI_w \cdot \frac{\pi^2}{L^2} \right]} \quad (3.15)$$

BAB IV

ANALISIS PARAMETER

4.1 Pengaruh Tinggi Balok (h)

Untuk menghitung pengaruh h terhadap tekuk lateral, dipergunakan balok dengan mutu baja BJ 37 dengan ukuran penampang yang ditentukan sendiri oleh penulis.

Dalam menganalisis pengaruh h ini semua ukuran penampang yang lainnya yaitu lebar pelat sayap (b), tebal pelat badan (t_b), tebal pelat sayap (t_s) diambil konstan, sedangkan h berubah-ubah.

4.1.1 Beban Terpusat

1. Profil Ukuran $h=90$ cm; $t_b=1,6$ cm; $t_s=2,8$ cm; $b=30$ cm

Dari persamaan 3.14

$$P = \frac{4\pi^2}{L^2} \sqrt{\frac{3}{\pi^2 + 6} \cdot EI_y \left[GJ + EI_w \cdot \frac{\pi^2}{L^2} \right]}$$
$$P^2 = \frac{294,63}{L^6} \left[EI_y \cdot GJ \left(L^2 + \frac{\pi^2 \cdot EI_w}{GJ} \right) \right] \quad (4.1)$$

$$E = 2,1 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$G = \frac{E}{2(1 + \mu)} ; \mu = \text{poisson's ratio} = 0,3 \text{ untuk baja}$$

$$G = \frac{E}{2(1+0,3)} = 0,81 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} I_x &= 2 \left(\frac{1}{12} \cdot b \cdot t_s^3 \right) + \frac{1}{12} \cdot t_b \cdot (h - 2 t_s)^3 + 2 b \cdot t_s \cdot y^2 \\ &= 2 \left(\frac{1}{12} \cdot 30 \cdot 2,8^3 \right) + \frac{1}{12} \cdot 1,6 (90 - 2 \cdot 2,8)^3 + 2 \cdot 30 \cdot 2,8 \cdot 43,6^2 \\ &= 399632,5845 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$I_y = 2 \left(\frac{1}{12} \cdot t_s \cdot b^3 \right) = 2 \left(\frac{1}{12} \cdot 2,8 \cdot 30^3 \right) = 12600 \text{ cm}^4$$

$$I_o = \frac{1}{4} \cdot h^2 \cdot I_y = \frac{1}{4} \cdot 90^2 \cdot 12600 = 25515000 \text{ cm}^6$$

$$S_x = 2 I_x / h = 2 \cdot 399632,5845 / 90 = 8880,724 \text{ cm}^3$$

$$J = \frac{1}{3} (2 \cdot b \cdot t_s^3 + h \cdot t_b^3) = \frac{1}{3} (2 \cdot 30 \cdot 2,8^3 + 90 \cdot 1,6^3) = 561,92 \text{ cm}^4$$

Maka :

$$EI_x \cdot GJ = 2,1 \cdot 10^6 \cdot 12600 \cdot 0,81 \cdot 10^6 \cdot 561,92 = 1,2043 \cdot 10^{19} \text{ kg}^2 \cdot \text{cm}^4$$

$$\pi^2 \cdot EI_o = 3,14^2 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 25515000 = 5,288 \cdot 10^{14} \text{ kg} \cdot \text{cm}^4$$

$$GJ = 0,81 \cdot 10^6 \cdot 561,92 = 455155200 \text{ kg} \cdot \text{cm}^2$$

Hasil ini dimasukkan ke dalam persamaan 4.1, diperoleh :

$$P^2 = \frac{294,63}{L^6} \left[1,2043 \cdot 10^{19} \left(L^2 + \frac{5,288 \cdot 10^{14}}{455155200} \right) \right]$$

$$P^2 = \frac{1}{L^6} (3,55 \cdot 10^{21} \cdot L^2 + 4,12 \cdot 10^{27})$$

Persamaan ini kemudian diplot ke dalam gambar 4.1.

Data hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.1 (lampiran 2).

Pada saat leleh berlaku persamaan, yaitu :

$$M_o \text{ (maks)} = S_x \cdot \sigma_y$$

$$\frac{1}{4} P_{\text{maks}} \cdot L = S_x \cdot \sigma_y$$

$$\begin{aligned}
 P_{\text{maks}} &= 4 S_x \cdot \sigma_y / L \\
 &= 4 \cdot 8880,724 \cdot 2400 / L \\
 &= 85254950,4 / L
 \end{aligned}$$

Misalkan pada saat P_{maks} dicapai, terjadi leleh sehingga :

$$P_{\text{maks}} = P_y$$

Jadi :
$$P_y = 85254950,4 / L$$

Persamaan ini kemudian diplot kedalam gambar 4.1.

Data hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.1 (lampiran 2).

2. Profil Ukuran $h = 70 \text{ cm}$; $t_b = 1,6 \text{ cm}$; $t_s = 2,8 \text{ cm}$; $b = 30 \text{ cm}$

$$\begin{aligned}
 I_x &= 2 (1/12 \cdot 30 \cdot 2,8^3) + 1/12 \cdot 1,6 (70 - 2 \cdot 2,8)^3 + 2 \cdot 30 \cdot 2,8 \cdot 33,6^2 \\
 &= 225387,0379 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$I_y = 2 (1/12 \cdot 2,6 \cdot 30^3) = 12600 \text{ cm}^4$$

$$I_{xx} = 14 \cdot 70^2 \cdot 12600 = 15435000 \text{ cm}^6$$

$$S_x = 2 \cdot 225387,0379 / 70 = 6439,6297 \text{ cm}^3$$

$$J = 1/3 (2 \cdot 30 \cdot 2,8^3 + 70 \cdot 1,6^3) = 534,613 \text{ cm}^4$$

Maka :

$$EI_y \cdot GJ = 2,1 \cdot 10^6 \cdot 12600 \cdot 0,81 \cdot 10^6 \cdot 534,613 = 1,1458 \cdot 10^{19} \text{ kg}^2 \cdot \text{cm}^4$$

$$\pi^2 \cdot EI_{xx} = 3,14^2 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 15435000 = 3,199 \cdot 10^{14} \text{ kg} \cdot \text{cm}^4$$

$$GJ = 0,81 \cdot 10^6 \cdot 534,613 = 433036530 \text{ kg} \cdot \text{cm}^2$$

Hasil ini kemudian dimasukkan ke dalam persamaan 4.1, diperoleh :

$$P^2 = \frac{294,63}{L^6} \left[1,1458 \cdot 10^{19} \left(L^2 + \frac{3,199 \cdot 10^{14}}{433036530} \right) \right]$$

$$P^2 = \frac{1}{L^6} (3,3758 \cdot 10^{19} \cdot L^2 + 2,4938 \cdot 10^{27})$$

Persamaan ini diplot ke dalam gambar 4.1.

Data hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.1 (lampiran 2).

Pada saat leleh :

$$\begin{aligned} M_{o(\text{maks})} &= S_x \cdot \sigma_y \\ \frac{1}{4} P_{\text{maks}} \cdot L &= S_x \cdot \sigma_y \\ P_{\text{maks}} &= 4 S_x \cdot \sigma_y / L \\ &= 4 \cdot 6439,6297 \cdot 2400 / L \\ &= 61820444,68 / L \end{aligned}$$

Misalkan pada saat P_{maks} dicapai, terjadi leleh sehingga :

$$P_{\text{maks}} = P_y$$

$$\text{Jadi : } P_y = 61820464,68 / L$$

Persamaan ini diplot ke dalam gambar 4.1.

Data hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.1 (lampiran 2).

3. Profil Ukuran $h = 50 \text{ cm}$; $t_b = 1,6 \text{ cm}$; $t_s = 2,8 \text{ cm}$; $b = 30 \text{ cm}$

$$\begin{aligned} I_x &= 2 (1/12 \cdot 30 \cdot 2,8^3) + 1/12 \cdot 1,6 (50 - 2 \cdot 2,8)^3 + 2 \cdot 30 \cdot 2,8 \cdot 23,6^2 \\ &= 105349,49 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$I_y = 2 (1/12 \cdot 2,8 \cdot 30^3) = 12600 \text{ cm}^4$$

$$I_o = \frac{1}{4} \cdot 50^2 \cdot 12600 = 7875000 \text{ cm}^6$$

$$S_x = 2 \cdot 105349,49 / 50 = 4213,98 \text{ cm}^3$$

$$J = 1/3 (2 \cdot 30 \cdot 2,8^3 + 50 \cdot 1,6^3) = 507,307 \text{ cm}^4$$

Maka :

$$EI_y \cdot GJ = 2,1 \cdot 10^6 \cdot 12600 \cdot 0,81 \cdot 10^6 \cdot 507,307 = 1,0873 \cdot 10^{19} \text{ kg}^2 \cdot \text{cm}^4$$

$$\pi^2 \cdot EI_w = 3,14^2 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 7875000 = 1,632 \cdot 10^{14} \text{ kg} \cdot \text{cm}^4$$

$$GJ = 0,81 \cdot 10^6 \cdot 507,307 = 410918670 \text{ kg} \cdot \text{cm}^2$$

Hasil ini dimasukkan ke dalam persamaan 4.1, diperoleh :

$$P^2 = \frac{294,63}{L^2} \left[1,0873 \cdot 10^{21} \left(L^2 + \frac{1,632 \cdot 10^{14}}{410918670} \right) \right]$$

$$P^2 = \frac{1}{L^2} (3,2035 \cdot 10^{21} \cdot L^2 - 1,2723 \cdot 10^{27})$$

Persamaan ini diplot ke dalam gambar 4.1.

Data hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.1 (lampiran 2).

Pada saat leleh :

$$M_{y0} (\text{maks}) = S_{xy} \cdot \sigma_y$$

$$\frac{1}{4} P_{\text{maks}} \cdot L = S_{xy} \cdot \sigma_y$$

$$P_{\text{maks}} = 4 S_{xy} \cdot \sigma_y / L$$

$$= 4 \cdot 4213,98 \cdot 2400 / L$$

$$= 40454208 / L$$

Misalkan pada saat P_{maks} dicapai, terjadi leleh sehingga :

$$P_{\text{maks}} = P_y$$

Jadi :

$$P_y = 40454208 / L$$

Persamaan ini diplot ke dalam gambar 4.1.

Data hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.1 (lampiran 2).

4.1.2 Beban Merata

1. Profil Ukuran $h = 90 \text{ cm}$; $t_b = 1,6 \text{ cm}$; $t_s = 2,8 \text{ cm}$; $b = 30 \text{ cm}$

Dari persamaan 3.15

$$q = \frac{4\pi}{\left[\frac{1}{3} + \frac{1}{\pi^2}\right] L^3} \sqrt{EI_y \left[GJ + EI_w \cdot \frac{\pi^2}{L^2} \right]}$$

$$q = \frac{28,91}{L^3} \sqrt{EI_y \left[GJ + EI_w \cdot \frac{\pi^2}{L^2} \right]}$$

$$q^2 = \frac{835,86}{L^8} \left[EI_y \cdot GJ \left(L^2 + \frac{EI_w \cdot \pi^2}{GJ} \right) \right] \quad (4.2)$$

Dari perhitungan pada sub-subbab 4.1.1, poin 1. diperoleh :

$$EI_y \cdot GJ = 1,2043 \cdot 10^{19} \text{ kg}^2 \cdot \text{cm}^4$$

$$\pi^2 \cdot EI_w = 5,288 \cdot 10^{14} \text{ kg} \cdot \text{cm}^4$$

$$GJ = 455155200 \text{ kg} \cdot \text{cm}^2$$

Hasil ini dimasukkan ke dalam persamaan 4.2. diperoleh :

$$q^2 = \frac{835,86}{L^8} \left[1,2043 \cdot 10^{19} \left(L^2 + \frac{5,288 \cdot 10^{14}}{455155200} \right) \right]$$

$$q^2 = \frac{1}{L^8} (1,0066 \cdot 10^{22} \cdot L^2 - 1,1695 \cdot 10^{28})$$

Persamaan ini kemudian diplot ke dalam gambar 4.2.

Data hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.2 (lampiran 2).

Pada saat leleh :

$$M_o (\text{maks}) = S_x \cdot \sigma_y$$

$$1/8 q_{\text{maks}} \cdot L^2 = S_x \cdot \sigma_y$$

$$\begin{aligned}
 q_{\text{maks}} &= 8 S_x \cdot \sigma_y / L^2 \\
 &= 8 \cdot 8880,724 \cdot 2400 / L^2 \\
 &= 170509900,8 / L^2
 \end{aligned}$$

Misalkan pada saat q_{maks} dicapai, terjadi leleh sehingga :

$$q_{\text{maks}} = q_y$$

Jadi :

$$q_y = 170509900,8 / L^2$$

Persamaan ini diplot ke dalam gambar 4.2.

Data hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.2 (lampiran 2).

2. Profil Ukuran $h = 70 \text{ cm}$; $t_b = 1,6 \text{ cm}$; $t_s = 2,8 \text{ cm}$; $b = 30 \text{ cm}$

Dari perhitungan pada sub-subbab 4.1.1, poin 2, diperoleh :

$$EI_y \cdot GJ = 1,1458 \cdot 10^{19} \text{ kg}^2 \cdot \text{cm}^4$$

$$\pi^2 \cdot EI_c = 3,199 \cdot 10^{14} \text{ kg} \cdot \text{cm}^4$$

$$GJ = 433036530 \text{ kg} \cdot \text{cm}^2$$

Hasil ini dimasukkan ke dalam persamaan 4.2, diperoleh :

$$q^2 = \frac{835,86}{L^8} \left[1,1458 \cdot 10^{19} \left(L^2 + \frac{3,199 \cdot 10^{14}}{433036530} \right) \right]$$

$$q^2 = \frac{1}{L^8} (9,577 \cdot 10^{21} \cdot L^2 + 7,0751 \cdot 10^{27})$$

Persamaan ini kemudian diplot ke dalam gambar 4.2.

Data hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.2 (lampiran 2).

Pada saat leleh :

$$M_{o \text{ (maks)}} = S_x \cdot \sigma_y$$

$$1/8 q_{\text{maks}} \cdot L^2 = S_x \cdot \sigma_y$$

$$\begin{aligned}
 q_{\text{maks}} &= 8 S_x \cdot \sigma_y / L^2 \\
 &= 8 \cdot 6439,6297 \cdot 2400 / L^2 \\
 &= 123640890,2 / L^2
 \end{aligned}$$

Misalkan pada saat q_{maks} dicapai, terjadi leleh sehingga :

$$q_{\text{maks}} = q_y$$

Jadi :

$$q_y = 123640890,2 / L^2$$

Persamaan ini diplot ke dalam gambar 4.2.

Data hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.2 (lampiran 2).

3. Profil Ukuran $h = 50 \text{ cm}$; $t_b = 1,6 \text{ cm}$; $t_s = 2,8 \text{ cm}$; $b = 30 \text{ cm}$

Dari perhitungan pada sub-subbab 4.1.1, poin 3, diperoleh :

$$EI_y \cdot GJ = 1,0873 \cdot 10^{19} \text{ kg}^2 \cdot \text{cm}^4$$

$$\pi^2 \cdot EI_{\omega} = 1,632 \cdot 10^{14} \text{ kg} \cdot \text{cm}^4$$

$$GJ = 410918670 \text{ kg} \cdot \text{cm}^2$$

Hasil ini dimasukkan ke dalam persamaan 4.2, diperoleh :

$$q^2 = \frac{835,86}{L^8} \left[1,0873 \cdot 10^{19} \left(L^2 + \frac{1,632 \cdot 10^{14}}{410918670} \right) \right]$$

$$q^2 = \frac{1}{L^8} (9,088 \cdot 10^{21} \cdot L^2 + 3,6095 \cdot 10^{27})$$

Persamaan ini kemudian diplot ke dalam gambar 4.2.

Data hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.2 (lampiran 2).

Pada saat leleh :

$$M_{o \text{ (maks)}} = S_x \cdot \sigma_y$$

$$1/8 q_{\text{maks}} \cdot L^2 = S_x \cdot \sigma_y$$

$$\begin{aligned}
 q_{\text{maks}} &= 8 S_x \cdot \sigma_y / L^2 \\
 &= 8 \cdot 4213,98 \cdot 2400 / L^2 \\
 &= 80908416 / L^2
 \end{aligned}$$

Misalkan pada saat q_{maks} dicapai, terjadi leleh sehingga :

$$q_{\text{maks}} = q_y$$

Jadi :

$$q_y = 80908416 / L^2$$

Persamaan ini diplot ke dalam gambar 4.2.

Data hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.2 (lampiran 2).

4.2 Pengaruh Tebal Pelat Sayap (t_s)

Untuk menghitung pengaruh t_s terhadap tekuk lateral, dipergunakan balok dengan mutu baja BJ 37 dengan penampang ditentukan sendiri oleh penulis.

Dalam menganalisis pengaruh t_s ini, ukuran penampang yang lainnya yaitu h , t_b dan b adalah tetap. Sedangkan t_s berubah.

4.2.1 Beban Terpusat

1. Profil Ukuran $t_s = 2,8 \text{ cm}$; $h = 70 \text{ cm}$; $t_b = 1,6 \text{ cm}$; $b = 30 \text{ cm}$

Dari perhitungan pada sub-subbab 4.1.1, poin 2, diperoleh persamaan :

$$P^2 = \frac{1}{J^6} [3,3758 \cdot 10^{21} \cdot L^2 + 2,4938 \cdot 10^{27}]$$

dan

$$P_y = 61820445,12 / L$$

Kedua persamaan ini diplot ke dalam gambar 4.3.

Data hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.3 (lampiran 2).

2. Profil Ukuran $t_s = 2,4 \text{ cm}$; $h = 70 \text{ cm}$; $t_b = 1,6 \text{ cm}$; $b = 30 \text{ cm}$

$$E = 2,1 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$G = 0,81 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} I_x &= 2 \left(\frac{1}{12} \cdot 30 \cdot 2,4^3 \right) + \frac{1}{12} \cdot 1,6 \cdot (70 - 2 \cdot 2,4)^3 + 2 \cdot 30 \cdot 2,4 \cdot 33,8^2 \\ &= 201536,187 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$I_y = 2 \left(\frac{1}{12} \cdot 2,4 \cdot 30^3 \right) = 10800 \text{ cm}^4$$

$$I_\omega = \frac{1}{4} \cdot 70^2 \cdot 10800 = 13230000 \text{ cm}^6$$

$$S_x = 2 \cdot 201536,167 / 70 = 5758,177 \text{ cm}^3$$

$$J = \frac{1}{3} (2 \cdot 30 \cdot 2,4^4 + 70 \cdot 1,6^3) = 372,05 \text{ cm}^4$$

Maka :

$$EI_y \cdot GJ = 2,1 \cdot 10^6 \cdot 10800 \cdot 0,81 \cdot 10^6 \cdot 372,05 = 6,8348 \cdot 10^{18} \text{ kg}^2 \cdot \text{cm}^4$$

$$\pi^2 \cdot EI_\omega = 3,14^2 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 13230000 = 2,742 \cdot 10^{14} \text{ kg} \cdot \text{cm}^4$$

$$GJ = 0,81 \cdot 10^6 \cdot 372,05 = 301360500 \text{ kg} \cdot \text{cm}^2$$

Hasil ini dimasukkan ke dalam persamaan 4.1, diperoleh :

$$P^2 = \frac{294,63}{L^6} \left[6,8348 \cdot 10^{18} \left(L^2 + \frac{2,742 \cdot 10^{14}}{301360500} \right) \right]$$

$$P^2 = \frac{1}{L^6} (2,0317 \cdot 10^{21} \cdot L^2 + 1,8322 \cdot 10^{27})$$

Persamaan ini diplot ke dalam gambar 4.3.

Data hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.3 (lampiran 2).

Pada saat leleh :

$$M_{\sigma(\text{maks})} = S_x \cdot \sigma_y$$

$$\frac{1}{4} P_{\text{maks}} \cdot L = S_x \cdot \sigma_y$$

$$P_{\text{maks}} = 4 S_x \cdot \sigma_y / L$$

$$= 4 \cdot 5758,177 \cdot 2400 / L$$

$$= 55278497 / L$$

Misalkan pada saat P_{maks} dicapai, terjadi leleh sehingga :

$$P_{\text{maks}} = P_y$$

Jadi :

$$P_y = 55278497 / L$$

Persamaan ini diplot ke dalam gambar 4.3.

Data hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.3 (lampiran 2).

3. Profil Ukuran $t_s = 2,0 \text{ cm}$; $h = 70 \text{ cm}$; $t_b = 1,6 \text{ cm}$; $b = 30 \text{ cm}$

$$E = 2,1 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$G = 0,81 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

$$I_x = 2 \left(\frac{1}{12} \cdot 30 \cdot 2,0^3 \right) + \frac{1}{12} \cdot 1,6 \cdot (70 - 2 \cdot 2,0)^3 + 2 \cdot 30 \cdot 2,0 \cdot 34^2$$

$$= 177092,8 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 2 \left(\frac{1}{12} \cdot 2,0 \cdot 30^3 \right) = 9000 \text{ cm}^4$$

$$I_{\omega} = \frac{1}{4} \cdot 70^2 \cdot 9000 = 11025000 \text{ cm}^6$$

$$S_x = 2 \cdot 177092 / 70 = 5059,794 \text{ cm}^3$$

$$J = \frac{1}{3} (2 \cdot 30 \cdot 2,0^4 + 70 \cdot 1,6^3) = 255,5733 \text{ cm}^4$$

Maka :

$$EI_y \cdot GJ = 2,1 \cdot 10^6 \cdot 9000 \cdot 0,81 \cdot 10^6 \cdot 255,573 = 3,9125 \cdot 10^{18} \text{ kg}^2 \cdot \text{cm}^4$$

$$\pi^2 \cdot EI_{\omega} = 3,14^2 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 11025000 = 2,285 \cdot 10^{14} \text{ kg} \cdot \text{cm}^4$$

$$GJ = 0,81 \cdot 10^6 \cdot 255,573 = 207014130 \text{ kg.cm}^2$$

Hasil ini dimasukkan ke dalam persamaan 4.1, diperoleh :

$$P^2 = \frac{294,63}{L^6} \left[3,9125 \cdot 10^{18} \left(L^2 + \frac{2,285 \cdot 10^{14}}{207014130} \right) \right]$$

$$P^2 = \frac{1}{L^6} (1,1527 \cdot 10^{21} \cdot L^2 + 1,2724 \cdot 10^{27})$$

Persamaan ini diplot ke dalam gambar 4.3.

Data hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.3 (lampiran 2).

Pada saat leleh :

$$M_{y \text{ maks}} = S_x \cdot \sigma_y$$

$$\frac{1}{4} P_{\text{maks}} \cdot L = S_x \cdot \sigma_y$$

$$P_{\text{maks}} = 4 S_x \cdot \sigma_y / L$$

$$= 4 \cdot 5059,794 \cdot 2400 / L$$

$$= 48574022,4 / L$$

Misalkan pada saat P_{maks} dicapai, terjadi leleh sehingga :

$$P_{\text{maks}} = P_y$$

$$\text{Jadi : } P_y = 48574022,4 / L$$

Persamaan ini diplot ke dalam gambar 4.3.

Data hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.3 (lampiran 2).

4.2.2 Beban Merata

1. Profil Ukuran $t_s = 2,8 \text{ cm}$; $h = 70 \text{ cm}$; $t_b = 1,6 \text{ cm}$; $b = 30 \text{ cm}$

Dari perhitungan pada sub-subbab 4.1.2, poin 2, diperoleh persamaan :

$$q^2 = \frac{1}{L^8} (9,577 \cdot 10^{21} \cdot L^2 + 7,0751 \cdot 10^{27})$$

dan $q_v = 123640890,2 / L^2$

kedua persamaan ini diplot ke dalam gambar 4.4.

Data hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.4 (lampiran 2).

2. Profil Ukuran $t_s = 2,4 \text{ cm}$; $h = 70 \text{ cm}$; $t_b = 1,6 \text{ cm}$; $b = 30 \text{ cm}$

Dari perhitungan pada sub-subbab 4.2.1, poin 2, diperoleh persamaan :

$$EI_y + GJ = 6,8348 \cdot 10^{16} \text{ kg.cm}^4$$

$$\pi^2 \cdot EI_w = 2,742 \cdot 10^{14} \text{ kg.cm}^4$$

$$GJ = 301360500 \text{ kg.cm}^2$$

Hasil ini dimasukkan ke dalam persamaan 4.2, diperoleh :

$$q^2 = \frac{835,86}{L^8} \left[6,8348 \cdot 10^{16} \left(L^2 + \frac{2,742 \cdot 10^{14}}{301360500} \right) \right]$$

$$q^2 = \frac{1}{L^8} (5,7129 \cdot 10^{21} \cdot L^2 + 5,2 \cdot 10^{27})$$

Persamaan ini kemudian diplot ke dalam gambar 4.4.

Data hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.4 (lampiran 2).

Pada saat leleh :

$$M_{o(\text{maks})} = S_x \cdot \sigma_y$$

$$1/8 q_{\text{maks}} \cdot L^2 = S_x \cdot \sigma_y$$

$$q_{\text{maks}} = 8 S_x \cdot \sigma_y / L^2$$

$$= 8 \cdot 5758,177 \cdot 2400 / L^2$$

$$= 110556998 / L^2$$

Misalkan pada saat q_{maks} dicapai, terjadi leleh sehingga :

$$q_{\text{maks}} = q_y$$

Jadi :

$$q_y = 110556998,4 / L^2$$

Persamaan ini diplot ke dalam gambar 4.4.

Data hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.4 (lampiran 2).

3. Profil Ukuran $t_s = 2,0 \text{ cm}$; $h = 70 \text{ cm}$; $t_b = 1,6 \text{ cm}$; $b = 30 \text{ cm}$

Dari perhitungan pada sub-subbab 4.2.1, poin 3, diperoleh persamaan :

$$E I_y \cdot G J = 3,9125 \cdot 10^{16} \text{ kg.cm}^4$$

$$\pi^2 \cdot E I_w = 2,285 \cdot 10^{14} \text{ kg.cm}^4$$

$$G J = 207014130 \text{ kg.cm}^2$$

Hasil ini dimasukkan ke dalam persamaan 4.2, diperoleh :

$$q^2 = \frac{835,86}{L^8} \left[3,9125 \cdot 10^{16} \left(L^2 + \frac{2,285 \cdot 10^{14}}{207014130} \right) \right]$$

$$q^2 = \frac{1}{L^8} (3,27 \cdot 10^{21} \cdot L^2 + 3,6097 \cdot 10^{27})$$

Persamaan ini kemudian diplot ke dalam gambar 4.4.

Data hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.4 (lampiran 2).

Pada saat leleh :

$$M_o (\text{maks}) = S_x \cdot \sigma_y$$

$$1/8 q_{\text{maks}} \cdot L^2 = S_x \cdot \sigma_y$$

$$q_{\text{maks}} = 8 S_x \cdot \sigma_y / L^2$$

$$= 8 \cdot 5059,794 \cdot 2400 / L^2$$

$$= 97148044,8 / L^2$$

σ_y

Misalkan pada saat q_{maks} dicapai, terjadi leleh sehingga :

 I_x

$$q_{maks} = q_y$$

Jadi :

$$q_y = 97148044,8 / L^2$$

 I_y

Persamaan ini diplot ke dalam gambar 4.4.

 I_{ω}

Data hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.4 (lampiran 2).

 S_x

4.3 Pengaruh Lebar Pelat Sayap (b)

J

Untuk menghitung pengaruh b terhadap tekuk lateral, dipergunakan balok dengan mutu baja BJ 37 dengan ukuran penampang yang ditentukan sendiri oleh penulis.

M

 EI π^2

Dalam menganalisis pengaruh b ini, semua ukuran penampang yang lainnya, yaitu h, t_s , dan t_b diambil konstan, sedangkan b berubah-ubah.

G

H

4.3.1 Beban Terpusat

1. Profil Ukuran b = 30 cm; h = 70 cm; t_s = 2,8 cm; t_b = 1,6 cm

Dari perhitungan pada sub-subbab 4.1.1, poin 2, diperoleh persamaan :

P

$$P^2 = \frac{1}{L^6} [3,3758 \cdot 10^{21} \cdot L^2 + 2,4938 \cdot 10^{27}]$$

E

dan

$$P_y = 61820445,12 / L$$

F

Kedua persamaan ini diplot ke dalam gambar 4.5.

Data hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.5 (lampiran 2).

2. Profil Ukuran b = 25 cm; h = 70 cm; t_s = 2,8 cm; t_b = 1,6 cm

$$E = 2,1 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$G = 0,81 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} I_x &= 2 \left(\frac{1}{12} \cdot 25 \cdot 2,8^3 \right) + \frac{1}{12} \cdot 1,6 \cdot (70 - 2 \cdot 2,8)^3 + 2 \cdot 25 \cdot 2,8 \cdot 33,6^2 \\ &= 193757,8645 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$I_y = 2 \left(\frac{1}{12} \cdot 2,8 \cdot 25^3 \right) = 7291,6667 \text{ cm}^4$$

$$I_\omega = \frac{1}{4} \cdot 70^2 \cdot 7291,6667 = 8932291,707 \text{ cm}^6$$

$$S_x = 2 \cdot 193757,8646 / 70 = 5535,939 \text{ cm}^3$$

$$J = \frac{1}{3} (2 \cdot 25 \cdot 2,8^3 + 70 \cdot 1,6^3) = 461,44 \text{ cm}^4$$

Maka :

$$EI_y \cdot GJ = 2,1 \cdot 10^6 \cdot 7291,6667 \cdot 0,81 \cdot 10^6 \cdot 461,44 = 5,7233 \cdot 10^{18} \text{ kg}^2 \cdot \text{cm}^4$$

$$\pi^2 \cdot EI_\omega = 3,14^2 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 8932291,707 = 1,8513 \cdot 10^{14} \text{ kg} \cdot \text{cm}^4$$

$$GJ = 0,81 \cdot 10^6 \cdot 461,44 = 373766400 \text{ kg} \cdot \text{cm}^2$$

Hasil ini dimasukkan ke dalam persamaan 4.1, diperoleh :

$$P^2 = \frac{294,63}{L^6} \left[5,7233 \cdot 10^{18} \left(L^2 + \frac{1,851 \cdot 10^{14}}{373766400} \right) \right]$$

$$P^2 = \frac{1}{L^6} (1,6863 \cdot 10^{21} \cdot L^2 + 8,3522 \cdot 10^{26})$$

Persamaan ini diplot ke dalam gambar 4.5.

Data hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.5 (lampiran 2).

Pada saat leleh :

$$M_{o \text{ (maks)}} = S_x \cdot \sigma_y$$

$$\frac{1}{4} P_{\text{maks}} \cdot L = S_x \cdot \sigma_y$$

$$P_{\text{maks}} = 4 S_x \cdot \sigma_y / L$$

$$= 4 \cdot 5535,939 \cdot 2400 / L$$



$$= 53145014,4 / L$$

Misalkan pada saat P_{maks} dicapai, terjadi leleh sehingga :

$$P_{maks} = P_y$$

Jadi :

$$P_y = 53145014,4 / L$$

Persamaan ini diplot ke dalam gambar 4.5.

Data hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.5 (lampiran 2).

3. Profil Ukuran $b = 20$ cm; $h = 70$ cm; $t_s = 2,8$ cm; $t_b = 1,6$ cm

$$E = 2,1 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$G = 0,81 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

$$I_x = 2 \left(\frac{1}{12} \cdot 20 \cdot 2,8^3 \right) + \frac{1}{12} \cdot 1,6 (70 - 2 \cdot 2,8)^3 + 2 \cdot 20 \cdot 2,8 \cdot 33,6^2$$

$$= 162128,6912 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 2 \left(\frac{1}{12} \cdot 2,8 \cdot 20^3 \right) = 3733,333 \text{ cm}^4$$

$$I_{\omega} = \frac{1}{4} \cdot 70^2 \cdot 3733,333 = 4573332,925 \text{ cm}^6$$

$$S_x = 2 \cdot 162128,6912 / 70 = 4632,2483 \text{ cm}^3$$

$$J = \frac{1}{3} (2 \cdot 20 \cdot 2,8^3 + 70 \cdot 1,6^3) = 388,267 \text{ cm}^4$$

Maka :

$$EI_x \cdot GJ = 2,1 \cdot 10^6 \cdot 3733,333 \cdot 0,81 \cdot 10^6 \cdot 388,267 = 2,4657 \cdot 10^{18} \text{ kg}^2 \cdot \text{cm}^4$$

$$\pi^2 \cdot EI_{\omega} = 3,14^2 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 4573332,92 = 9,4692 \cdot 10^{13} \text{ kg} \cdot \text{cm}^4$$

$$GJ = 0,81 \cdot 10^6 \cdot 388,267 = 314496270 \text{ kg} \cdot \text{cm}^2$$

Hasil ini dimasukkan ke dalam persamaan 4.1, diperoleh :

$$P^2 = \frac{294,63}{L^6} \left[2,4657 \cdot 10^{18} \left(L^2 + \frac{9,4692 \cdot 10^{13}}{314496270} \right) \right]$$

$$P^2 = \frac{1}{L^6} (7,26469191 \cdot 10^{20} \cdot L^2 + 2,1873 \cdot 10^{26})$$

Persamaan ini diplot ke dalam gambar 4.5.

Data hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.5 (lampiran 2).

Pada saat leleh :

$$M_{o(maks)} = S_x \cdot \sigma_y$$

$$\frac{1}{4} P_{maks} \cdot L = S_x \cdot \sigma_y$$

$$P_{maks} = 4 S_x \cdot \sigma_y \cdot L$$

$$= 4 \cdot 4632,2483 \cdot 2400 / L$$

$$= 44469583,68 / L$$

Misalkan pada saat P_{maks} dicapai, terjadi leleh sehingga :

$$P_{maks} = P_y$$

$$\text{Jadi : } P_y = 44469583,68 \cdot L$$

Persamaan ini diplot ke dalam gambar 4.5.

Data hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.5 (lampiran 2).

4.3.2 Beban Merata

1. Profil Ukuran $b = 30 \text{ cm}$; $h = 70 \text{ cm}$; $t_c = 2,8 \text{ cm}$; $t_b = 1,6 \text{ cm}$

Dari perhitungan pada sub-subbab 4.1.2, poin 2, diperoleh persamaan :

$$q^2 = \frac{1}{L^8} (9,577 \cdot 10^{21} \cdot L^2 + 7,0751 \cdot 10^{27})$$

$$\text{dan } q_y = 123640890,2 / L^2$$

Kedua persamaan ini diplot ke dalam gambar 4.6.

Data hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.6 (lampiran 2).

2. Profil Ukuran $b = 25 \text{ cm}$; $h = 70 \text{ cm}$; $t_s = 2,8 \text{ cm}$; $t_b = 1,6 \text{ cm}$

Dari perhitungan pada sub-subbab 4.3.1, poin 3, diperoleh persamaan :

$$EI_y \cdot GJ = 5,7233 \cdot 10^{16} \text{ kg.cm}^4$$

$$\pi^2 \cdot EI_m = 1,8513 \cdot 10^{14} \text{ kg.cm}^4$$

$$GJ = 373766400 \text{ kg.cm}^2$$

Hasil ini dimasukkan ke dalam persamaan 4.2, diperoleh :

$$q^2 = \frac{835,86}{L^8} \left[5,7233 \cdot 10^{16} \left(L^2 + \frac{1,8513 \cdot 10^{14}}{373766400} \right) \right]$$

$$q^2 = \frac{1}{L^8} (4,7839 \cdot 10^{21} \cdot L^2 + 2,3695 \cdot 10^{27})$$

Persamaan ini kemudian diplot ke dalam gambar 4.6.

Data hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.6 (lampiran 2).

Pada saat leleh :

$$M_{o(\text{maks})} = S_x \cdot \sigma_y$$

$$1/8 q_{\text{maks}} \cdot L^2 = S_x \cdot \sigma_y$$

$$q_{\text{maks}} = 8 S_x \cdot \sigma_y / L^2$$

$$= 8 \cdot 5535,939 \cdot 2400 / L^2$$

$$= 106290028 / L^2$$

Misalkan pada saat q_{maks} dicapai, terjadi leleh sehingga :

$$q_{\text{maks}} = q_y$$

$$q_y = 106290028 / L^2$$

Jadi :

Persamaan ini diplot ke dalam gambar 4.6.

Data hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.6 (lampiran 2).

3. Profil Ukuran $b = 20 \text{ cm}$; $h = 70 \text{ cm}$; $t_s = 2,8 \text{ cm}$; $t_b = 1,6 \text{ cm}$

Dari perhitungan pada sub-subbab 4.3.1, poin 3, diperoleh persamaan :

$$EI_y \cdot GJ = 2,4657 \cdot 10^{16} \text{ kg.cm}^4$$

$$\pi^2 \cdot EI_w = 9,4788 \cdot 10^{13} \text{ kg.cm}^4$$

$$GJ = 314496027 \text{ kg.cm}^2$$

Hasil ini dimasukkan ke dalam persamaan 4.2. diperoleh :

$$q^2 = \frac{835,86}{L^8} \left[2,4657 \cdot 10^{16} \left(L^2 + \frac{9,4788 \cdot 10^{13}}{314496027} \right) \right]$$

$$q^2 = \frac{1}{L^8} (2,061 \cdot 10^{21} \cdot L^2 + 6,212 \cdot 10^{26})$$

Persamaan ini kemudian diplot ke dalam gambar 4.6.

Data hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.6 (lampiran 2).

Pada saat leleh :

$$M_y (\text{maks}) = S_x \cdot \sigma_y$$

$$1,8 q_{\text{maks}} \cdot L^2 = S_x \cdot \sigma_y$$

$$q_{\text{maks}} = 8 S_x \cdot \sigma_y / L^2$$

$$= 8 \cdot 4632,248 \cdot 2400 / L^2$$

$$= 88939161,6 / L^2$$

Misalkan pada saat q_{maks} dicapai, terjadi leleh sehingga :

$$q_{\text{maks}} = q_y$$

$$\text{Jadi : } q_y = 88939161,6 / L^2$$

Persamaan ini diplot ke dalam gambar 4.6.

Data hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.6 (lampiran 2).

4.4 Pengaruh Tebal Pelat Badan (t_b)

Untuk menghitung pengaruh t_b terhadap tekuk lateral, dipergunakan balok dengan mutu baja BJ 37 dengan penampang yang ditentukan sendiri oleh penulis.

Dalam menganalisis pengaruh t_b ini, semua ukuran penampang yang lainnya, yaitu b , t_s , dan h adalah konstan, sedangkan t_b berubah.

4.4.1 Beban Terpusat

1. Profil Ukuran $t_b = 1,6 \text{ cm}$; $h = 70 \text{ cm}$; $t_s = 2,8 \text{ cm}$; $b = 30 \text{ cm}$

Dari perhitungan pada sub-subbab 4.1.1, poin 2, diperoleh persamaan :

$$P^2 = \frac{1}{J_x^6} [3,3758 \cdot 10^{21} \cdot L^2 + 2,4938 \cdot 10^{27}]$$

Dan $P_y = 61820445,12 / L$

Kedua persamaan ini diplot ke dalam gambar 4.7.

Data hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.7 (lampiran 2).

2. Profil Ukuran $t_b = 1,2 \text{ cm}$; $h = 70 \text{ cm}$; $t_s = 2,8 \text{ cm}$; $b = 30 \text{ cm}$

$$E = 2,1 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$G = 0,81 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} I_x &= 2 \left(\frac{1}{12} \cdot 30 \cdot 2,8^3 \right) + \frac{1}{12} \cdot 1,2 \cdot (70 - 2 \cdot 2,8)^3 + 2 \cdot 30 \cdot 2,8 \cdot 33,6^2 \\ &= 216484,0384 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$I_y = 2 \left(\frac{1}{12} \cdot 2,8 \cdot 30^3 \right) = 12600 \text{ cm}^4$$

$$I_w = \frac{1}{4} \cdot 70^2 \cdot 12600 = 15435000 \text{ cm}^6$$

$$S_x = 2 \cdot 216484,0384 / 70 = 6185,258 \text{ cm}^3$$

2. Profil Ukuran $b = 25 \text{ cm}$; $h = 70 \text{ cm}$; $t_s = 2,8 \text{ cm}$; $t_b = 1,6 \text{ cm}$

Dari perhitungan pada sub-subbab 4.3.1, poin 3, diperoleh persamaan :

$$EI_y \cdot GJ = 5,7233 \cdot 10^{16} \text{ kg.cm}^4$$

$$\pi^2 \cdot EI_w = 1,8513 \cdot 10^{14} \text{ kg.cm}^4$$

$$GJ = 373766400 \text{ kg.cm}^2$$

Hasil ini dimasukkan ke dalam persamaan 4.2, diperoleh :

$$q^2 = \frac{835,86}{L^8} \left[5,7233 \cdot 10^{16} \left(L^2 + \frac{1,8513 \cdot 10^{14}}{373766400} \right) \right]$$

$$q^2 = \frac{1}{L^8} (4,7839 \cdot 10^{21} \cdot L^2 + 2,3695 \cdot 10^{27})$$

Persamaan ini kemudian diplot ke dalam gambar 4.6.

Data hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.6 (lampiran 2).

Pada saat leleh :

$$M_o (\text{maks}) = S_x \cdot \sigma_y$$

$$1/8 q_{\text{maks}} \cdot L^2 = S_x \cdot \sigma_y$$

$$q_{\text{maks}} = 8 S_x \cdot \sigma_y / L^2$$

$$= 8 \cdot 5535,939 \cdot 2400 / L^2$$

$$= 106290028 / L^2$$

Misalkan pada saat q_{maks} dicapai, terjadi leleh sehingga :

$$q_{\text{maks}} = q_y$$

$$\text{Jadi : } q_y = 106290028 / L^2$$

Persamaan ini diplot ke dalam gambar 4.6.

Data hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.6 (lampiran 2).

$$J = 1/3.(2.30.2,8^3 + 70.1,2^3) = 479,36 \text{ cm}^4$$

Maka :

$$EI_x \cdot GJ = 2,1 \cdot 10^6 \cdot 12600 \cdot 0,81 \cdot 10^6 \cdot 479,36 = 1,027 \cdot 10^{19} \text{ kg}^2 \cdot \text{cm}^4$$

$$\pi^2 \cdot EI_o = 3,14^2 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 15435000 = 3,1991 \cdot 10^{14} \text{ kg} \cdot \text{cm}^4$$

$$GJ = 0,81 \cdot 10^6 \cdot 479,36 = 388281600 \text{ kg} \cdot \text{cm}^2$$

Hasil ini dimasukkan ke dalam persamaan 4.1, diperoleh :

$$P^2 = \frac{294,63}{L^6} \left[1,027 \cdot 10^{19} \left(L^2 + \frac{3,1991 \cdot 10^{14}}{388281600} \right) \right]$$

$$P^2 = \frac{1}{L^6} (3,0259 \cdot 10^{21} \cdot L^2 + 2,493 \cdot 10^{26})$$

Persamaan ini diplot ke dalam gambar 4.7.

Data hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.7 (lampiran 2).

Pada saat leleh :

$$M_o \text{ (maks)} = S_x \cdot \sigma_y$$

$$1/4 P_{\text{maks}} \cdot L = S_x \cdot \sigma_y$$

$$P_{\text{maks}} = 4 S_x \cdot \sigma_y / L$$

$$= 4 \cdot 6185,258 \cdot 2400 / L$$

$$= 59378476,8 / L$$

Misalkan pada saat P_{maks} dicapai, terjadi leleh sehingga :

$$P_{\text{maks}} = P_y$$

Jadi : $P_y = 59378476,8 / L$

Persamaan ini diplot ke dalam gambar 4.7.

Data hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.7 (lampiran 2).

3. Profil Ukuran $t_b = 0,8 \text{ cm}$; $h = 70 \text{ cm}$; $t_s = 2,8 \text{ cm}$; $b = 30 \text{ cm}$

$$E = 2,1 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$G = 0,81 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} I_x &= 2 \left(\frac{1}{12} \cdot 30 \cdot 2,8^3 \right) + \frac{1}{12} \cdot 0,8 (70 - 2 \cdot 2,8)^3 + 2 \cdot 30 \cdot 2,8 \cdot 33,6^2 \\ &= 207581,0389 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$I_y = 2 \left(\frac{1}{12} \cdot 2,8 \cdot 30^3 \right) = 12600 \text{ cm}^4$$

$$I_\omega = \frac{1}{4} \cdot 70^2 \cdot 12600 = 15435000 \text{ cm}^6$$

$$S_x = 2 \cdot 207581,0389 / 70 = 5930,8868 \text{ cm}^3$$

$$J = \frac{1}{3} (2 \cdot 30 \cdot 2,8^3 + 70 \cdot 0,8^3) = 450,9867 \text{ cm}^4$$

Maka :

$$EI_y \cdot GJ = 2,1 \cdot 10^6 \cdot 12600 \cdot 0,81 \cdot 10^6 \cdot 450,9867 = 9,6658 \cdot 10^{18} \text{ kg}^2 \cdot \text{cm}^4$$

$$\pi^2 \cdot EI_\omega = 3,14^2 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 15435000 = 3,1991 \cdot 10^{14} \text{ kg} \cdot \text{cm}^4$$

$$GJ = 0,81 \cdot 10^6 \cdot 450,9867 = 365299227 \text{ kg} \cdot \text{cm}^2$$

Hasil ini dimasukkan ke dalam persamaan 4.1, diperoleh :

$$P^2 = \frac{294,63}{L^6} \left[9,6658 \cdot 10^{18} \left(L^2 + \frac{3,1991 \cdot 10^{14}}{365299227} \right) \right]$$

$$P^2 = \frac{1}{L^6} (2,8478 \cdot 10^{21} \cdot L^2 + 2,493 \cdot 10^{27})$$

Persamaan ini diplot ke dalam gambar 4.7.

Data hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.7 (lampiran 2).

Pada saat leleh :

$$M_{0 \text{ (maks)}} = S_x \cdot \sigma_y$$

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{4} P_{\text{maks}} \cdot L &= S_x \cdot \sigma_y \\
 P_{\text{maks}} &= 4 S_x \cdot \sigma_y / L \\
 &= 4 \cdot 5930,8868 \cdot 2400 / L \\
 &= 56936513,28 / L
 \end{aligned}$$

Misalkan pada saat P_{maks} dicapai, terjadi leleh sehingga :

$$P_{\text{maks}} = P_y$$

Jadi :
$$P_y = 56936513,28 / L$$

Persamaan ini diplot ke dalam gambar 4.7.

Data hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.7 (lampiran 2).

4.4.2 Beban Merata

1. Profil Ukuran $t_b = 1,6 \text{ cm}$; $h = 70 \text{ cm}$; $t_s = 2,8 \text{ cm}$; $b = 30 \text{ m}$

Dari perhitungan pada sub-subbab 4.1.2, poin 2, diperoleh persamaan :

$$q^2 = \frac{1}{L^8} (9,577 \cdot 10^{21} \cdot L^2 + 7,0751 \cdot 10^{27})$$

dan
$$q_y = 123640890,2 / L^2$$

Kedua persamaan ini diplot ke dalam gambar 4.8.

Data hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.8 (lampiran 2).

2. Profil Ukuran $t_b = 1,2 \text{ cm}$; $h = 70 \text{ cm}$; $t_s = 2,8 \text{ cm}$; $b = 30 \text{ m}$

Dari perhitungan pada sub-subbab 4.4.1, poin 2, diperoleh persamaan :

$$EI_y \cdot GJ = 1,027 \cdot 10^{19} \text{ kg.cm}^4$$

$$\pi^2 \cdot EI_\infty = 3,1991 \cdot 10^{14} \text{ kg.cm}^4$$

$$GJ = 388281600 \text{ kg.cm}^2$$

Hasil ini dimasukkan ke dalam persamaan 4.2, diperoleh :

$$q^2 = \frac{835,86}{L^8} \left[1,027 \cdot 10^{19} \left(L^2 + \frac{3,1991 \cdot 10^{14}}{388281600} \right) \right]$$

$$q^2 = \frac{1}{L^8} (8,5746 \cdot 10^{21} \cdot L^2 + 7,0727 \cdot 10^{27})$$

Persamaan ini kemudian diplot ke dalam gambar 4.8.

Data hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.8 (lampiran 2).

Pada saat leleh :

$$M_{y(\text{maks})} = S_x \cdot \sigma_y$$

$$1/8 q_{\text{maks}} \cdot L^2 = S_x \cdot \sigma_y$$

$$q_{\text{maks}} = 8 S_x \cdot \sigma_y / L^2$$

$$= 8 \cdot 6185,258 \cdot 2400 / L^2$$

$$= 118756953,6 / L^2$$

Misalkan pada saat q_{maks} dicapai, terjadi leleh sehingga :

$$q_{\text{maks}} = q_y$$

$$\text{Jadi : } q_y = 118756953,6 / L^2$$

Persamaan ini diplot ke dalam gambar 4.8.

Data hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.8 (lampiran 2).

3. Profil Ukuran $t_b = 0,8 \text{ cm}$; $h = 70 \text{ cm}$; $t_s = 2,8 \text{ cm}$; $b = 30 \text{ m}$

Dari perhitungan pada sub-subbab 4.4.1, poin 3, diperoleh persamaan :

$$EI_y \cdot GJ = 9,6658 \cdot 10^{18} \text{ kg.cm}^4$$

$$\pi^2 \cdot EI_\omega = 3,1991 \cdot 10^{14} \text{ kg.cm}^4$$

$$GJ = 365299227 \text{ kg.cm}^2$$

Hasil ini dimasukkan ke dalam persamaan 4.2, diperoleh :

$$q^2 = \frac{835,86}{L^8} \left[9,6658 \cdot 10^{18} \left(L^2 + \frac{3,1991 \cdot 10^{14}}{365299227} \right) \right]$$

$$q^2 = \frac{1}{L^8} (8,0793 \cdot 10^{21} \cdot L^2 + 7,0754 \cdot 10^{27})$$

Persamaan ini kemudian diplot ke dalam gambar 4.8.

Data hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.8 (lampiran 2).

Pada saat leleh :

$$M_o (\text{maks}) = S_x \cdot \sigma_y$$

$$1/8 q_{\text{maks}} \cdot L^2 = S_x \cdot \sigma_y$$

$$q_{\text{maks}} = 8 S_x \cdot \sigma_y / L^2$$

$$= 8 \cdot 5930,8868 \cdot 2400 / L^2$$

$$= 113873026,5 / L^2$$

Misalkan pada saat q_{maks} dicapai, terjadi leleh sehingga :

$$q_{\text{maks}} = q_y$$

$$\text{Jadi : } q_y = 113873026,5 / L^2$$

Persamaan ini diplot ke dalam gambar 4.8.

Data hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.8 (lampiran 2).

4.5 Pengaruh Mutu Baja

Untuk menghitung pengaruh mutu baja terhadap tekuk lateral, dipergunakan balok dengan mutu baja BJ 37 dan BJ 52 dengan ukuran penampang ditentukan sendiri oleh penulis.

Dalam PPBBI tahun 1984 (lihat lampiran 1), terlihat bahwa harga-harga E, G, μ adalah tetap. Oleh karena itu mutu baja hanya berpengaruh pada kekuatannya terhadap leleh.

Tegangan leleh dari baja yang dipakai adalah :

BJ 37 dengan $\sigma_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$

BJ 52 dengan $\sigma_y = 3600 \text{ kg/cm}^2$

4.5.1 Beban Terpusat

1. Profil Ukuran $h = 90 \text{ cm}$; $t_s = 2,8 \text{ cm}$; $t_b = 1,6 \text{ cm}$; $b = 30 \text{ cm}$

Dari perhitungan pada sub-subbab 4.1.1, poin 1, diperoleh :

$$P^2 = \frac{1}{L^6} [3,55 \cdot 10^{21} \cdot L^2 + 4,12 \cdot 10^{27}]$$

Untuk baja dengan mutu BJ 37 :

$$P_y = 48080800 / L$$

Untuk baja dengan mutu BJ 52 :

$$\begin{aligned} P_y &= 4 S_x \cdot \sigma_y / L = 4 \cdot 10216,75 \cdot 3600 / L \\ &= 147121200 / L \end{aligned}$$

ketiga persamaan ini diplot ke dalam gambar 4.9.

Data hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.9 (lampiran 2).

4.5.2 Beban Merata

1. Profil Ukuran $h = 90 \text{ cm}$; $t_s = 2,8 \text{ cm}$; $t_b = 1,6 \text{ cm}$; $b = 30 \text{ cm}$

Dari perhitungan pada sub-subbab 4.1.2, poin 1, diperoleh :

$$q^2 = \frac{1}{L^8} [1,0066 \cdot 10^{22} \cdot L^2 + 1,1695 \cdot 10^{28}]$$

Untuk baja dengan mutu BJ 37 :

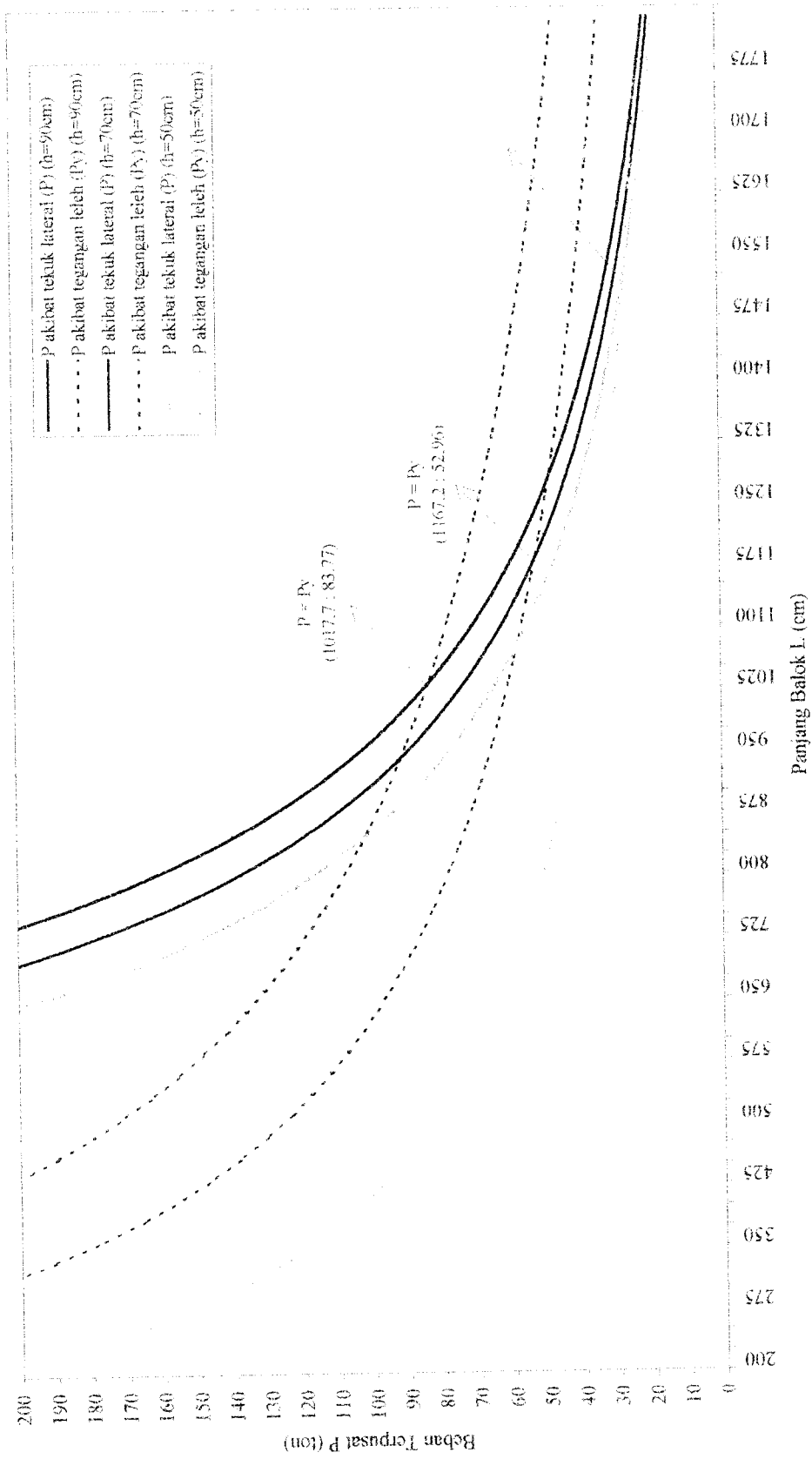
$$q_y = 196161600 / L^2$$

Untuk baja dengan mutu BJ 52 :

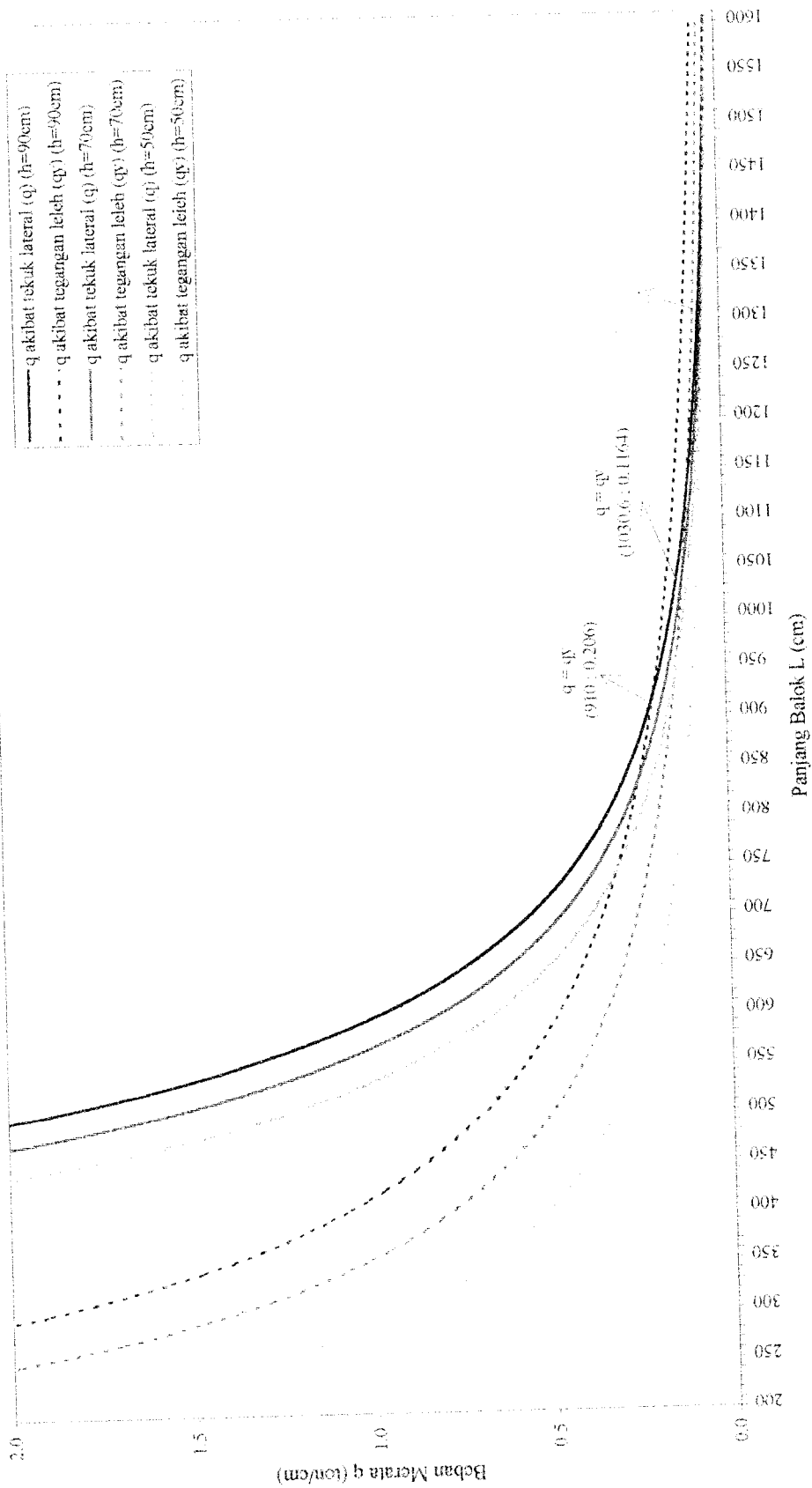
$$\begin{aligned} q_y &= 8 S_x \cdot \sigma_y / L^2 = 8 \cdot 10216,75 \cdot 3600 / L^2 \\ &= 294242400 / L^2 \end{aligned}$$

Ketiga persamaan ini diplot ke dalam gambar 4.10.

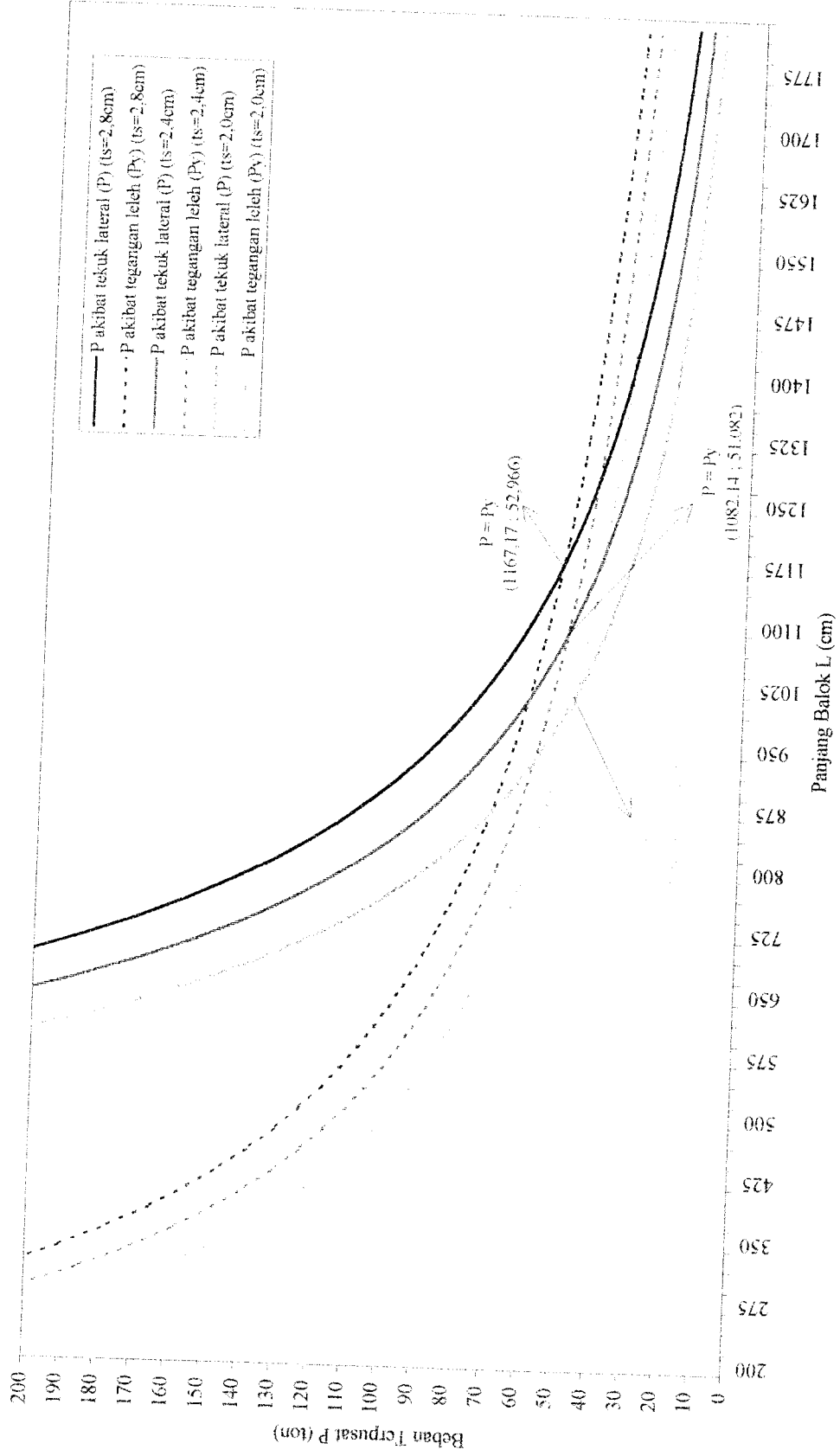
Data hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.10 (lampiran 2).



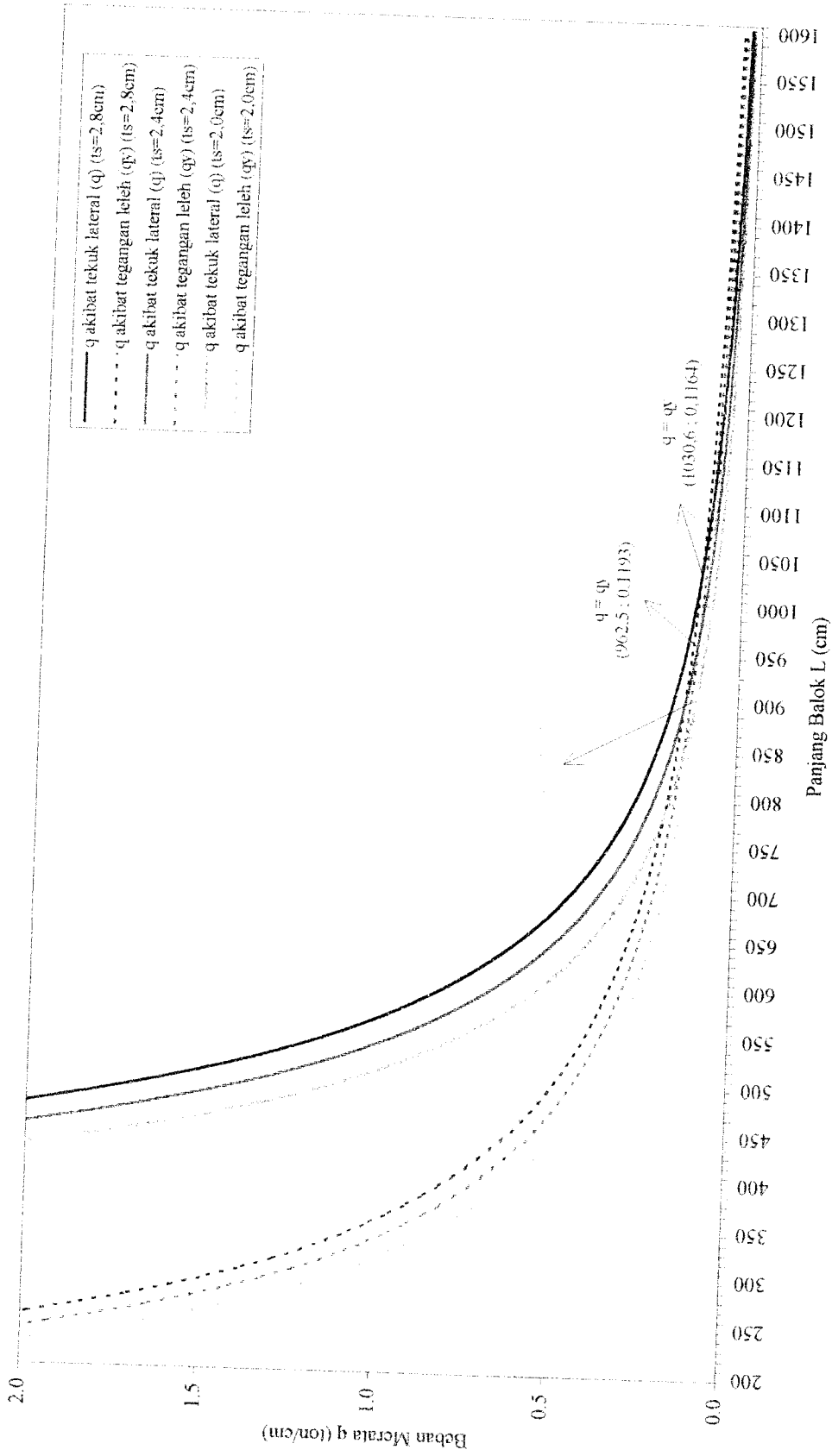
Gambar 4.1 Grafik Nilai P Akibat Tekuk Lateral dan P Akibat Tegangan Leleh Terhadap Panjang Balok (L) pada Kondisi h Berubah-ubah / Akibat Beban Terpusat (P)



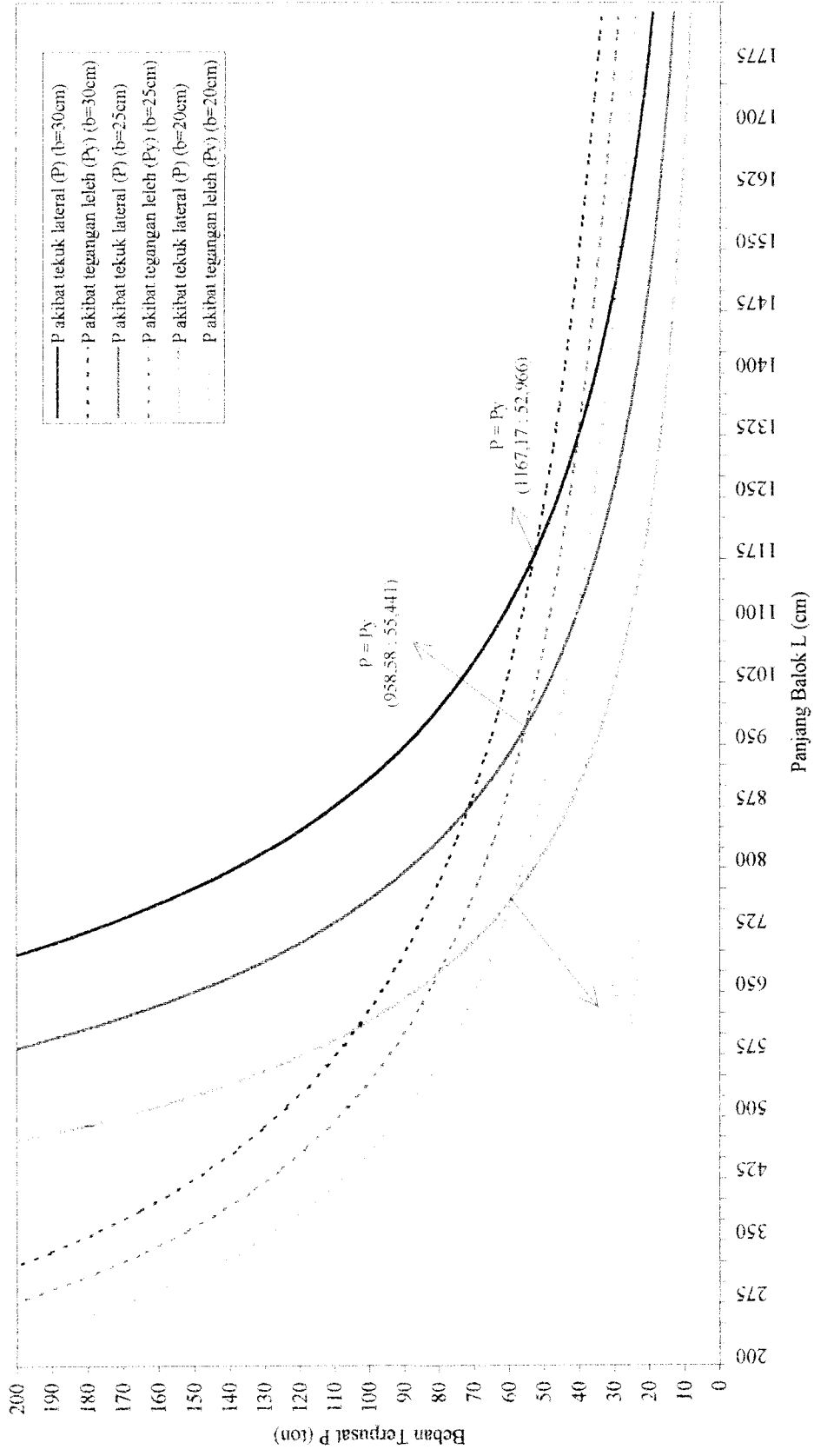
Gambar 4.2 Grafik Nilai q Akibat Tekuk Lateral dan q Akibat Tegangan Leleh Terhadap Panjang Balok (L) Pada Kondisi h Berubah-ubah Akibat Beban Merata (q)



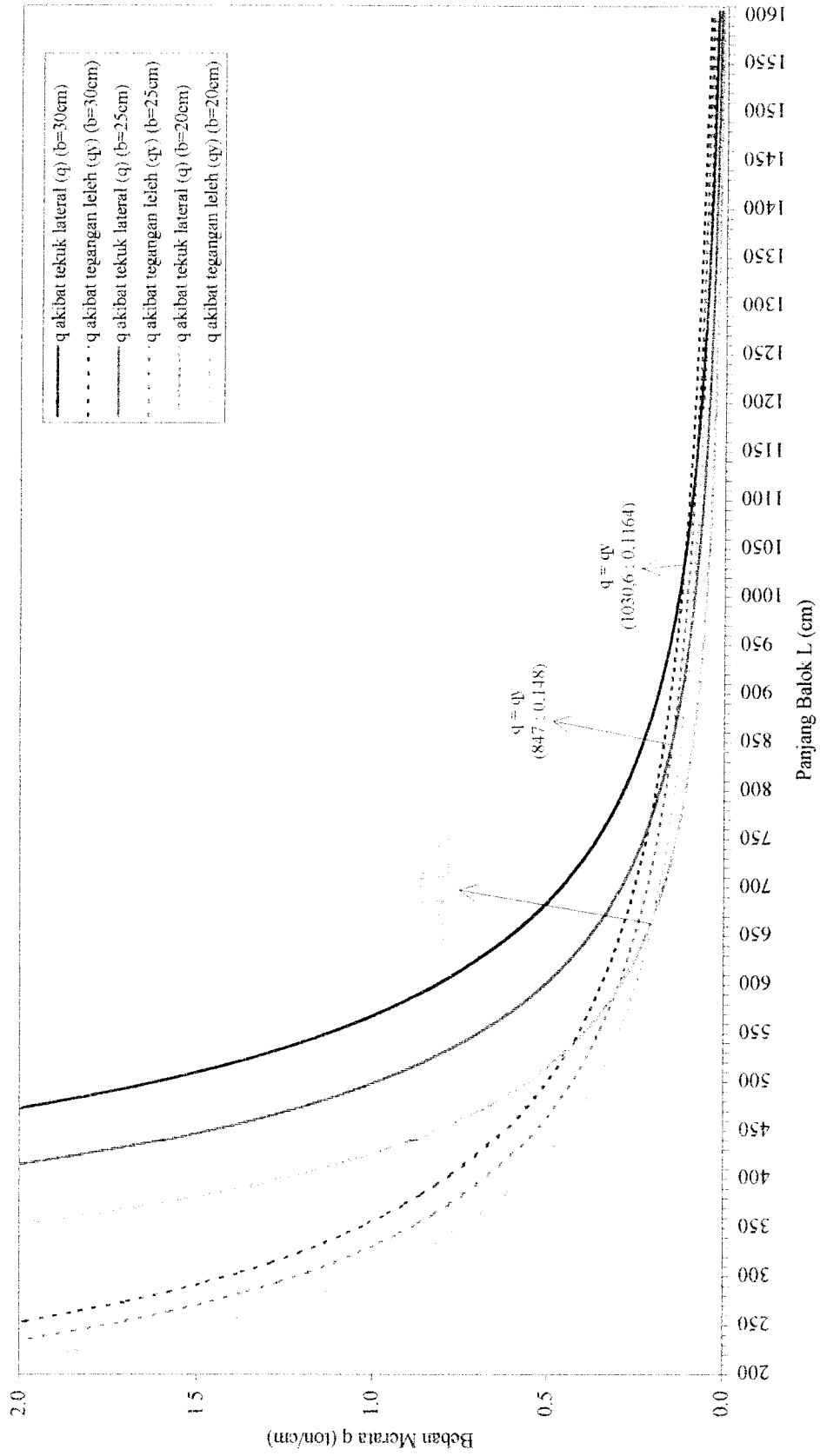
Gambar 4.3 Grafik Nilai P Akibat Tekuk Lateral dan P Akibat Tegangan Leleh Terhadap Panjang Balok (L) Pada Kondisi t_s Berubah-ubah Akibat Beban Terpusat (P)



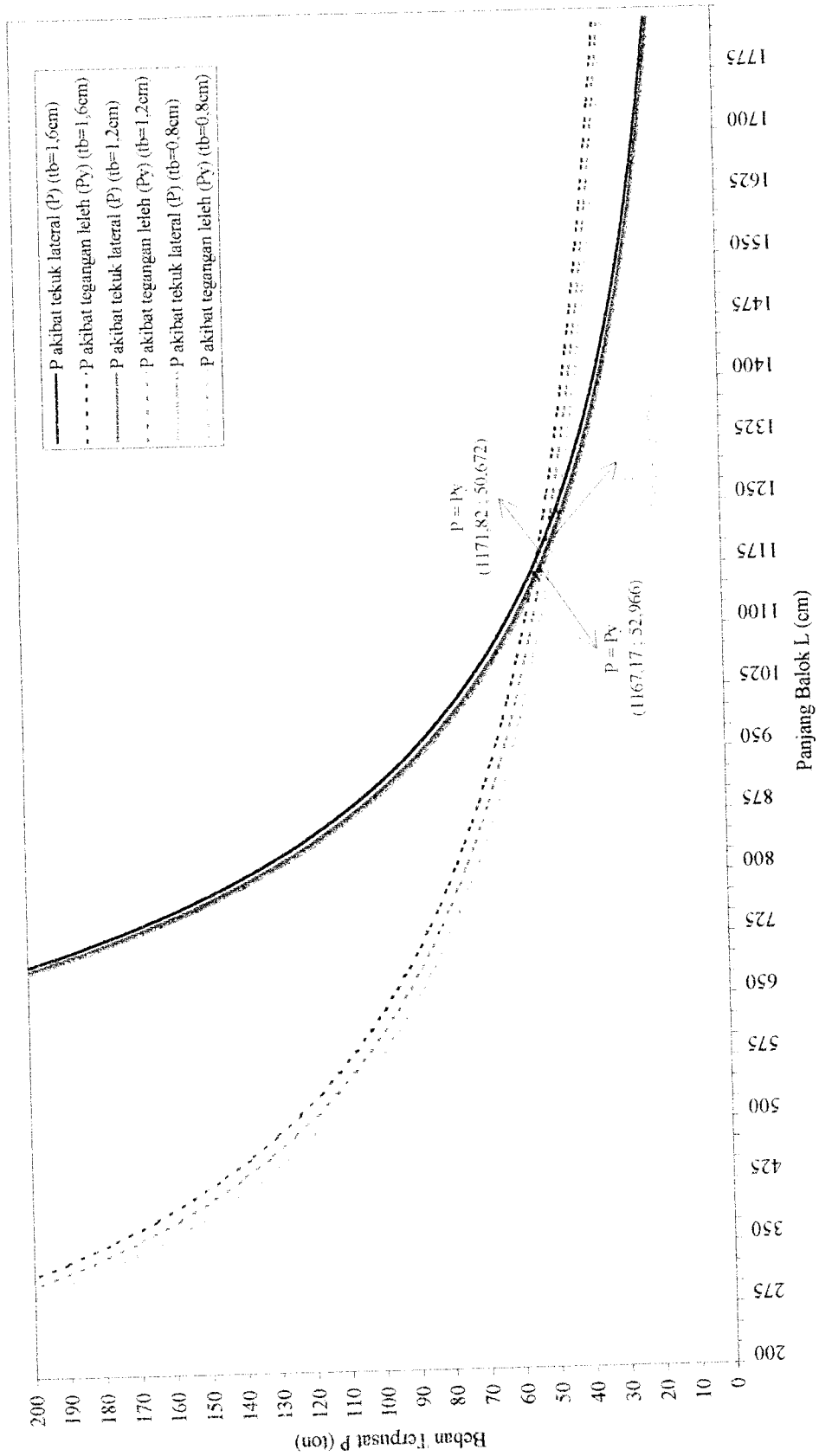
Gambar 4.4 Grafik Nilai q Akibat Tekuk Lateral dan q_k Akibat Tegangan Leleh Terhadap Panjang Balok (L) Pada Kondisi t_s Berubah-ubah Akibat Beban Merata (q)



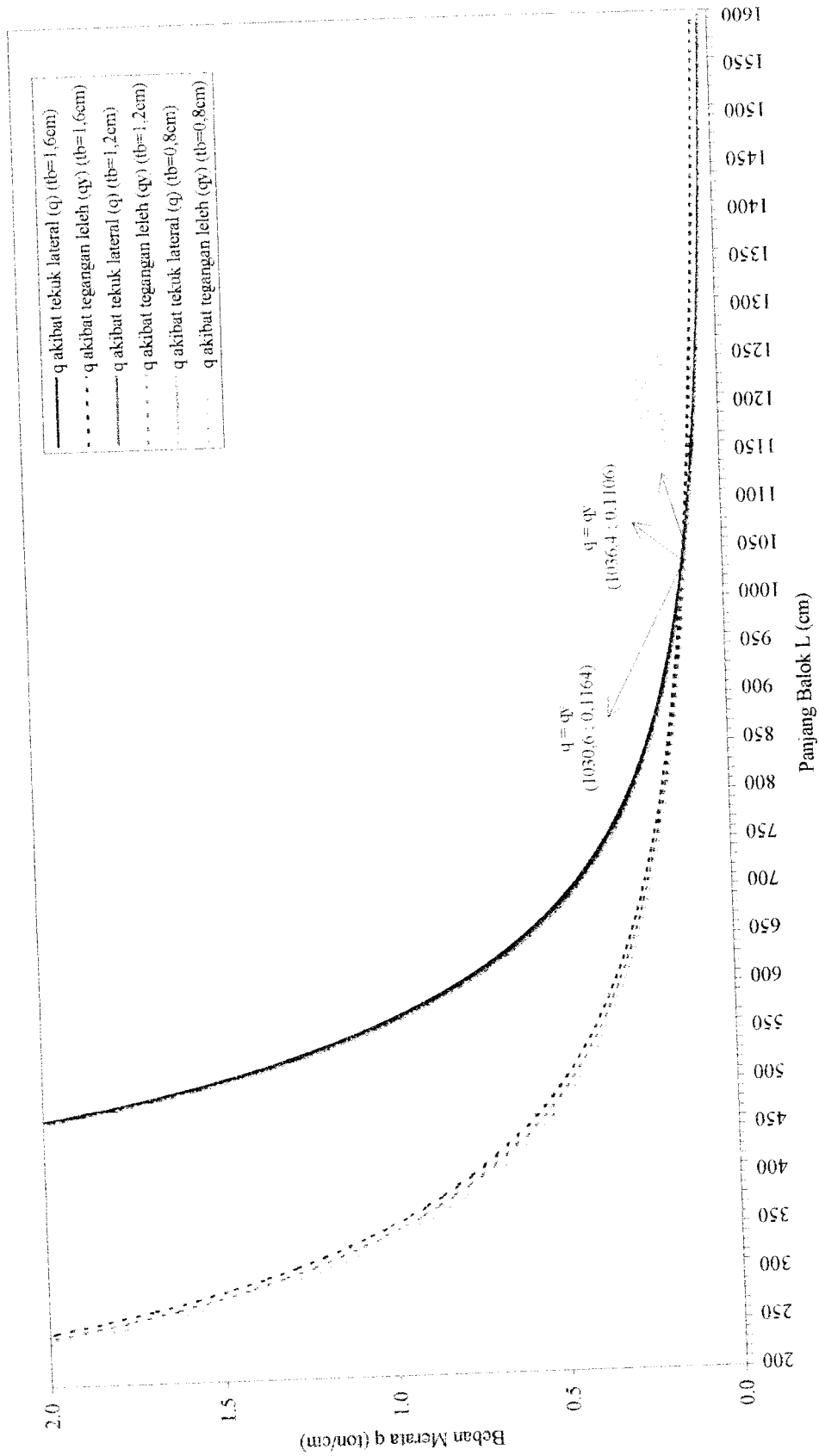
Gambar 4.5 Grafik Nilai P Akibat Tekuk Lateral dan P Akibat Tegangan Leleh Terhadap Panjang Balok (L) Pada Kondisi b Berubah-ubah Akibat Beban Terpusat (P)



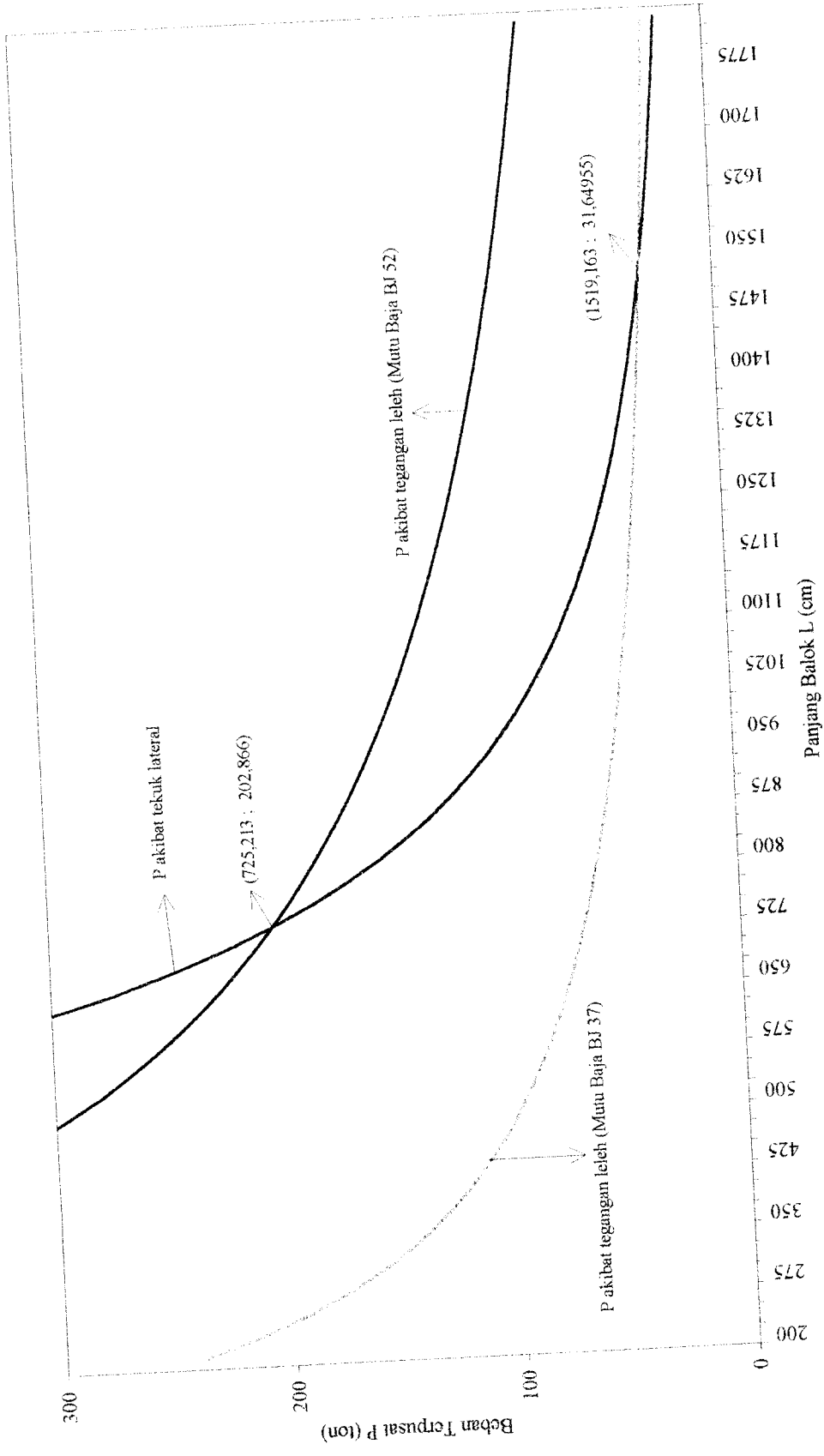
Gambar 4.6 Grafik Nilai q Akibat Tekuk Lateral dan q Akibat Tegangan Leleh Terhadap Panjang Balok (L) Pada Kondisi b Berubah-ubah Akibat Beban Merata (q)



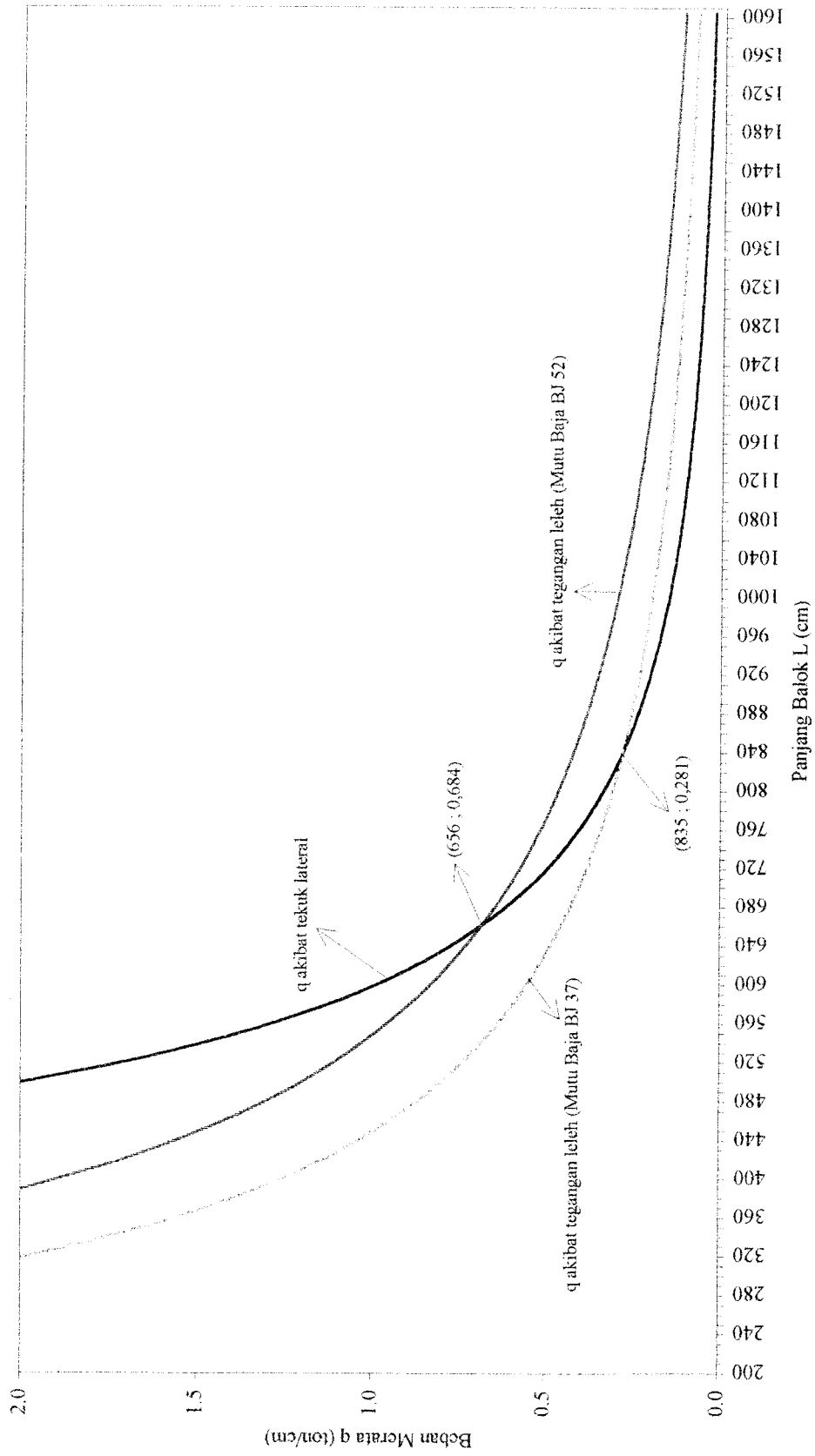
Gambar 4.7 Grafik Nilai P Akibat Tekuk Lateral dan P Akibat Tegangan Lelah Terhadap Panjang Balok (L) Pada Kondisi t_b Berubah-ubah Akibat Beban Terpusat (P)



Gambar 4.8 Grafik Nilai q Akibat Tekuk Lateral dan q Akibat Tegangan Leleh Terhadap Panjang Balok (L) Pada Kondisi t_b Berubah-ubah Akibat Beban Merata (q)



Gambar 4.9 Grafik Nilai P Akibat Tekuk Lateral dan P Akibat Tegangan Leleh Terhadap Panjang Balok (L) Pada Kondisi Mutu Baja Berubah-ubah Akibat Beban Terpusat (P)



Gambar 4.10 Grafik Nilai q Akibat Tekuk Lateral dan q Akibat Tegangan Leleh Terhadap Panjang Balok (L) Pada Kondisi Mutu Baja Berubah-ubah Akibat Beban Merata (q)

BAB V

ANALISIS GRAFIK

5.1 Pengaruh Perubahan Tinggi Balok (h)

Gambar 4.1, menunjukkan grafik nilai P akibat tekuk lateral dan P akibat tegangan leleh terhadap panjang balok pada kondisi h berubah-ubah akibat beban terpusat (P), terlihat tiga titik perpotongan akibat tekuk lateral dan leleh, untuk perubahan tinggi balok (h) yaitu : $h = 90$ cm, $h = 70$ cm, dan $h = 50$ cm menghasilkan perubahan panjang batas pengaruh (L) tekuk lateral terhadap leleh yang semakin besar harganya seiring dengan semakin kecilnya tinggi balok.

Yang dimaksud dengan panjang batas pengaruh (L) tekuk lateral terhadap leleh adalah panjang suatu balok yaitu apabila panjang balok lebih besar dari panjang batas tersebut, maka balok tersebut dalam perencanaannya harus diperhitungkan terhadap keruntuhan akibat tekuk lateral. Apabila panjang balok lebih kecil dari panjang batasnya, maka balok tersebut dalam perencanaannya harus diperhitungkan terhadap keruntuhan lelehnya.

Sebagai contoh pada gambar 4.1 untuk balok dengan $h = 90$ cm dapat dijelaskan lebih lanjut sebagai berikut :

Apabila panjang balok lebih besar dari 1017,7 cm, maka balok tersebut dalam perencanaannya harus memperhitungkan keruntuhan akibat tekuk lateral. Apabila panjang balok kurang dari 1017,7 cm, maka balok tersebut dalam

perencanaannya harus memperhitungkan keruntuhan akibat leleh, karena keruntuhan akibat leleh akan terjadi lebih dahulu daripada keruntuhan akibat tekuk lateral.

Penurunan harga tinggi balok (h) dengan menjaga harga parameter yang lainnya konstan ternyata juga mengakibatkan penurunan kemampuan balok terhadap tekuk lateral.

Untuk kasus perubahan tinggi balok (h) akibat beban terpusat (P) sama dampaknya dengan beban merata (q) (lihat gambar 4.2).

5.2 Pengaruh Perubahan Tebal Pelat Sayap (t_s)

Gambar 4.3, menunjukkan grafik nilai P akibat tekuk lateral dan P akibat tegangan leleh terhadap panjang balok pada kondisi t_s berubah-ubah akibat beban terpusat (P), terlihat tiga titik perpotongan akibat tekuk lateral dan leleh, untuk perubahan tebal pelat sayap (t_s), yaitu $t_s = 2,3$ cm ; $t_s = 2,4$ cm ; $t_s = 2,0$ cm yang menghasilkan perubahan panjang batas pengaruh (L) tekuk lateral terhadap leleh yang semakin kecil harganya seiring dengan bertambah kecilnya harga tebal pelat sayap (t_s). Dengan penurunan harga tebal pelat sayap (t_s) dan menjaga harga parameter lainnya konstan, ternyata mengakibatkan penurunan kemampuan balok terhadap tekuk lateral.

Untuk kasus perubahan tebal pelat sayap (t_s) akibat beban terpusat (P), memberikan dampak yang sama dengan akibat beban merata (q) (lihat gambar 4.4).

5.3 Pengaruh Perubahan Lebar Pelat Sayap (b)

Gambar 4.5, menunjukkan grafik nilai P akibat tekuk lateral dan P akibat tegangan leleh terhadap panjang balok pada kondisi b berubah-ubah akibat beban terpusat (P), terlihat tiga titik perpotongan akibat tekuk lateral dan leleh untuk perubahan lebar balok ini, yaitu : $b = 30$ cm; $b = 25$ cm; $b = 20$ cm, yang menghasilkan perubahan panjang batas pengaruh (L) tekuk lateral terhadap leleh yang semakin kecil harganya seiring dengan semakin kecilnya lebar pelat sayap (b). Dengan penurunan harga lebar pelat sayap (b) dan menjaga harga parameter lainnya konstan, ternyata mengakibatkan penurunan kemampuan balok terhadap tekuk lateral.

Untuk kasus perubahan lebar pelat sayap (b) ini, akibat beban terpusat (P) sama dampaknya dengan akibat beban merata (q) (lihat gambar 4.6).

5.4 Pengaruh Perubahan Tebal Pelat Badan (t_b)

Gambar 4.7, menunjukkan grafik nilai P akibat tekuk lateral dan P akibat tegangan leleh terhadap panjang balok pada kondisi t_b berubah-ubah akibat beban terpusat (P), terlihat tiga titik perpotongan akibat tekuk lateral dan akibat leleh untuk perubahan tebal pelat badan (t_b) ini, yaitu $t_b = 1,6$ cm ; $t_b = 1,2$ cm ; $t_b = 0,8$ cm, yang menghasilkan perubahan panjang batas pengaruh (L) tekuk lateral terhadap leleh yang semakin besar dengan semakin kecilnya tebal pelat badan (t_b). Dengan penurunan harga tebal pelat badan (t_b) dan menjaga harga parameter lainnya konstan, ternyata mengakibatkan berkurangnya kemampuan balok terhadap tekuk lateral.

Untuk kasus perubahan tebal pelat badan (t_b) akibat beban terpusat (P), sama dampaknya dengan akibat beban merata (q) (lihat gambar 4.8).

5.5 Pengaruh Perubahan Mutu Baja

Gambar 4.9, menunjukkan grafik nilai P akibat tekuk lateral dan P akibat tegangan leleh terhadap panjang balok pada kondisi mutu baja berubah-ubah akibat beban terpusat (P), terlihat dua titik perpotongan akibat tekuk lateral dan leleh. Untuk perubahan mutu baja BJ 37 dan BJ 52 menghasilkan perubahan panjang batas pengaruh (L) tekuk lateral terhadap leleh yang semakin kecil harganya dengan bertambah tingginya mutu baja.

Untuk kasus perubahan mutu baja akibat beban terpusat (P), sama dampaknya dengan akibat beban merata (q) (lihat gambar 4.10).

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

1. Perubahan tinggi balok (h), tebal pelat sayap (t_s), dan lebar pelat sayap (b) ternyata mempengaruhi kemampuan balok baja dalam menahan tekuk lateral.
2. Perubahan tebal pelat badan (t_b) ternyata tidak begitu mempengaruhi kemampuan balok baja dalam menahan tekuk lateral.
3. Peningkatan mutu baja tidak memberikan pengaruh terhadap kemampuan balok dalam menahan tekuk lateral dan panjang batas pengaruh tekuk lateral terhadap leleh akan bertambah kecil.
4. Dengan grafik-grafik yang dihasilkan dalam penelitian ini, dalam mendisain balok baja profil I dengan panjang bentang dan beban tertentu, dapat dengan mudah dalam menentukan ukuran profil yang harus digunakan.

Secara umum, bahwa tekuk lateral tidak dapat diabaikan dalam merancang sebuah balok baja, terlebih untuk balok dengan panjang bentang lebih besar dari 6 meter.

Kesimpulan yang didapat ini terbatas pada balok I dengan ukuran penampang yang ditentukan oleh penulis berdasarkan pada tabel profil untuk konstruksi baja oleh Ir. Rudi Gunawan, cetakan pertama yang diterbitkan oleh Kanisius, Yogyakarta.

6.2 **Saran**

Karena dalam tulisan ini hanya dibahas beberapa perubahan parameter dan hanya untuk balok I dengan perletakan sederhana maka untuk pembahasan lebih lanjut perlu untuk mempelajari perubahan-perubahan parameter lainnya dan kondisi perletakkan balok. Juga untuk kondisi pembebanan yang lainnya, seperti beban momen di kedua ujung balok dan sebagainya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Bowles, Joseph. E., 1985, **Disain Baja Konstruksi**, Erlangga, Jakarta.
2. Callister, W. D., Jr., 1994, **Materials Science and Engineering An Introduction**, Third Edition, John Wiley & Sons, Inc.
3. Chen, W.F., Atsuta, T., 1977, **Theory of Beam-Coloumns**, vol-2, Mc. Graw-Hill, New York.
4. Crawley, Stanley W., and Dillon, Robert M., 1977, **Steel Building Analysis & Design**, 2-nd edition, John Whitney & Sons, New York.
5. Gunawan, Rudy, 1988, **Tabel Profil Konstruksi Baja**, Kanisius, Yogyakarta.
6. McCormac, Jack, C., 1992, **Structural Steel Design**, Fourth Edition (ASD Method), Harper Collins, Inc.
7. Salmon, Charles G., and Johnson, John E., 1986, **Struktur Baja Disain dan Perilaku**, Edisi Kedua Jilid 1, Erlangga, Jakarta.
8. Salmon, C.G., and Johnson, John E., 1996, **Struktur Baja Disain dan Perilaku**, Jilid 2 Edisi Ketiga, Erlangga, Jakarta.
9. Schonek, Daniel L., 1999, **Struktur**, Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta.
10. Szilard, Rudolph, 1989, **Teori dan Analisis Pelat Metode Klasik dan Numerik**, Erlangga, Jakarta.
11. Timoshenko, S. P., and Gere, J. M., 1961, **Theory of Elastic Stability**, 2-nd edition, Mc. Graw-Hill, New York.
12. Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, 1984, **Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia**, Cetakan II.

LAMPIRAN

Harga Tegangan Dasar

Macam Baja	Tegangan Leleh		Tegangan Dasar	
	σ_l		$\bar{\sigma}$	
	Kg/cm ²	MPa	Kg/cm ²	Mpa
BJ 33	2000	200	1333	133,3
BJ 34	2100	210	1400	140
BJ 37	2400	240	1600	160
BJ 41	2500	250	1666	166,6
BJ 44	2800	280	1867	186,7
BJ 50	2900	290	1933	193,3
BJ 52	3600	360	2400	240

1	2	3
1250	50,340	68,204
1275	47,983	66,867
1300	45,788	65,581
1325	43,740	64,343
1350	41,826	63,152
1375	40,035	62,004
1400	38,357	60,896
1425	36,783	59,828
1450	35,304	58,797
1475	33,913	57,800
1500	32,603	56,837
1525	31,368	55,905
1550	30,202	55,003
1575	29,100	54,130
1600	28,058	53,284
1625	27,072	52,465
1650	26,137	51,670
1675	25,250	50,898
1700	24,408	50,150
1725	23,607	49,423
1750	22,846	48,717
1775	22,122	48,031
1800	21,431	47,364
1825	20,773	46,715

1	2	3
1250	45,127	49,456
1275	43,104	48,487
1300	41,214	47,554
1325	39,448	46,657
1350	37,793	45,793
1375	36,241	44,960
1400	34,784	44,157
1425	33,414	43,383
1450	32,125	42,635
1475	30,909	41,912
1500	29,762	41,214
1525	28,678	40,538
1550	27,653	39,884
1575	26,683	39,251
1600	25,763	38,638
1625	24,891	38,043
1650	24,063	37,467
1675	23,276	36,908
1700	22,528	36,365
1725	21,815	35,838
1750	21,137	35,326
1775	20,490	34,828
1800	19,872	34,345
1825	19,282	33,874

1	2	3
1250	40,567	32,363
1275	38,838	31,729
1300	37,219	31,119
1325	35,700	30,531
1350	34,273	29,966
1375	32,932	29,421
1400	31,668	28,896
1425	30,477	28,389
1450	29,353	27,899
1475	28,290	27,427
1500	27,285	26,969
1525	26,334	26,527
1550	25,431	26,099
1575	24,575	25,685
1600	23,762	25,284
1625	22,990	24,895
1650	22,254	24,518
1675	21,554	24,152
1700	20,887	23,797
1725	20,251	23,452
1750	19,643	23,117
1775	19,063	22,791
1800	18,509	22,475
1825	17,978	22,167

TABEL HASIL PERHITUNGAN

Tabel 4.1
Tabel Hasil Perhitungan
Nilai P Akibat Tekuk Lateral dan P Akibat Tegangan Leleh Terhadap Panjang Balok
Pada Kondisi h Berubah-ubah Akibat Beban Terpusat

h = 90 cm			h = 70 cm			h = 50 cm		
L	P	Py	L	P	Py	L	P	Py
1	2	3	1	2	3	1	2	3
200	8160,499	426,275	200	6409,017	309,102	200	4677,807	202,271
225	5756,685	378,911	225	4531,861	274,758	225	3325,058	179,796
250	4217,146	341,020	250	3328,485	247,282	250	2455,898	161,817
275	3185,359	310,018	275	2521,139	224,802	275	1871,310	147,106
300	2467,762	284,183	300	1958,983	206,068	300	1463,134	134,847
325	1953,050	262,323	325	1555,251	190,217	325	1169,104	124,474
350	1574,106	243,586	350	1257,603	176,630	350	951,629	115,583
375	1288,815	227,347	375	1033,181	164,855	375	787,087	107,878
400	1069,828	213,137	400	860,642	154,551	400	660,119	101,136
425	898,860	200,600	425	725,710	145,460	425	560,439	95,186
450	763,369	189,455	450	618,584	137,379	450	480,980	89,898
475	654,552	179,484	475	532,385	130,148	475	416,774	85,167
500	566,110	170,510	500	462,186	123,641	500	364,257	80,908
525	493,449	162,390	525	404,394	117,753	525	320,828	77,056
550	433,169	155,009	550	356,347	112,401	550	284,556	73,553
575	382,716	148,269	575	316,042	107,514	575	253,986	70,355
600	340,144	142,092	600	281,955	103,034	600	228,009	67,424
625	303,953	136,408	625	252,908	98,913	625	205,767	64,727
650	272,975	131,161	650	227,985	95,108	650	186,590	62,237
675	246,291	126,304	675	206,464	91,586	675	169,950	59,932
700	223,170	121,793	700	187,768	88,315	700	155,424	57,792
725	203,027	117,593	725	171,439	85,270	725	142,675	55,799
750	185,388	113,673	750	157,102	82,427	750	131,428	53,939
775	169,868	110,006	775	144,454	79,768	775	121,458	52,199
800	156,152	106,569	800	133,247	77,276	800	112,581	50,568
825	143,980	103,339	825	123,274	74,934	825	104,645	49,035
850	133,134	100,300	850	114,364	72,730	850	97,521	47,593
875	123,435	97,434	875	106,375	70,652	875	91,104	46,233
900	114,731	94,728	900	99,186	68,689	900	85,304	44,949
925	106,894	92,168	925	92,695	66,833	925	80,043	43,734
950	99,816	89,742	950	86,816	65,074	950	75,259	42,583
975	93,404	87,441	975	81,477	63,406	975	70,894	41,491
1000	87,579	85,255	1000	76,613	61,820	1000	66,901	40,454
1025	82,273	83,176	1025	72,171	60,313	1025	63,240	39,468
1050	77,427	81,195	1050	68,104	58,877	1050	59,874	38,528
1075	72,992	79,307	1075	64,371	57,507	1075	56,773	37,632
1100	68,923	77,505	1100	60,938	56,200	1100	53,909	36,777
1125	65,181	75,782	1125	57,772	54,952	1125	51,259	35,959
1150	61,733	74,135	1150	54,848	53,757	1150	48,802	35,178
1175	58,549	72,557	1175	52,141	52,613	1175	46,520	34,429
1200	55,604	71,046	1200	49,630	51,517	1200	44,396	33,712
1225	52,874	69,596	1225	47,298	50,466	1225	42,416	33,024

Tabel 4.2
Tabel Hasil Perhitungan
Nilai q Akibat Tekuk Lateral dan q Akibat Tegangan Leleh Terhadap Panjang Balok
Pada Kondisi h Berubah-ubah Akibat Beban Merata

h = 90 cm			h = 70 cm			h = 50 cm		
L	q	qy	L	q	qy	L	q	qy
1	2	3	1	2	3	1	2	3
200	68,743	4,263	200	53,975	3,091	200	39,395	2,023
210	56,652	3,866	210	44,522	2,804	210	32,562	1,835
220	47,116	3,523	220	37,064	2,555	220	27,165	1,672
230	39,515	3,223	230	31,115	2,337	230	22,854	1,529
240	33,394	2,960	240	26,322	2,147	240	19,377	1,405
250	28,420	2,728	250	22,425	1,978	250	16,546	1,295
260	24,344	2,522	260	19,230	1,829	260	14,222	1,197
270	20,978	2,339	270	16,590	1,696	270	12,299	1,110
280	18,178	2,175	280	14,392	1,577	280	10,696	1,032
290	15,834	2,027	290	12,551	1,470	290	9,351	0,962
300	13,859	1,895	300	10,999	1,374	300	8,215	0,899
310	12,185	1,774	310	9,682	1,287	310	7,250	0,842
320	10,758	1,665	320	8,560	1,207	320	6,426	0,790
330	9,537	1,566	330	7,597	1,135	330	5,719	0,743
340	8,486	1,475	340	6,769	1,070	340	5,108	0,700
350	7,577	1,392	350	6,052	1,009	350	4,580	0,660
360	6,788	1,316	360	5,429	0,954	360	4,119	0,624
370	6,101	1,246	370	4,886	0,903	370	3,717	0,591
380	5,499	1,181	380	4,411	0,856	380	3,365	0,560
390	4,971	1,121	390	3,993	0,813	390	3,054	0,532
400	4,506	1,066	400	3,624	0,773	400	2,780	0,506
410	4,095	1,014	410	3,298	0,736	410	2,536	0,481
420	3,730	0,967	420	3,009	0,701	420	2,320	0,459
430	3,406	0,922	430	2,751	0,669	430	2,127	0,438
440	3,116	0,881	440	2,521	0,639	440	1,955	0,418
450	2,858	0,842	450	2,315	0,611	450	1,800	0,400
460	2,626	0,806	460	2,131	0,584	460	1,661	0,382
470	2,418	0,772	470	1,965	0,560	470	1,536	0,366
480	2,230	0,740	480	1,815	0,537	480	1,423	0,351
490	2,061	0,710	490	1,680	0,515	490	1,320	0,337
500	1,907	0,682	500	1,557	0,495	500	1,227	0,324
510	1,768	0,656	510	1,446	0,475	510	1,142	0,311
520	1,642	0,631	520	1,345	0,457	520	1,065	0,299
530	1,527	0,607	530	1,252	0,440	530	0,995	0,288
540	1,422	0,585	540	1,168	0,424	540	0,930	0,277
550	1,327	0,564	550	1,091	0,409	550	0,871	0,267
560	1,239	0,544	560	1,021	0,394	560	0,817	0,258
570	1,159	0,525	570	0,956	0,381	570	0,767	0,249
580	1,085	0,507	580	0,897	0,368	580	0,722	0,241
590	1,017	0,490	590	0,842	0,355	590	0,679	0,232
600	0,955	0,474	600	0,792	0,343	600	0,640	0,225
610	0,897	0,458	610	0,745	0,332	610	0,604	0,217
620	0,844	0,444	620	0,702	0,322	620	0,570	0,210
630	0,795	0,430	630	0,662	0,312	630	0,539	0,204

1	2	3
640	0,750	0,416
650	0,707	0,404
660	0,668	0,391
670	0,632	0,380
680	0,598	0,369
690	0,566	0,358
700	0,537	0,348
710	0,510	0,338
720	0,484	0,329
730	0,460	0,320
740	0,437	0,311
750	0,416	0,303
760	0,397	0,295
770	0,378	0,288
780	0,361	0,280
790	0,344	0,273
800	0,329	0,266
810	0,314	0,260
820	0,301	0,254
830	0,288	0,248
840	0,275	0,242
850	0,264	0,236
860	0,253	0,231
870	0,243	0,225
880	0,233	0,220
890	0,224	0,215
900	0,215	0,211
910	0,206	0,206
920	0,198	0,201
930	0,191	0,197
940	0,184	0,193
950	0,177	0,189
960	0,171	0,185
970	0,164	0,181
980	0,158	0,178
990	0,153	0,174
1000	0,148	0,171
1010	0,142	0,167
1020	0,138	0,164
1030	0,133	0,161
1040	0,128	0,158
1050	0,124	0,155
1060	0,120	0,152
1070	0,116	0,149
1080	0,113	0,146
1090	0,109	0,144
1100	0,106	0,141
1110	0,102	0,138
1120	0,099	0,136
1130	0,096	0,134
1140	0,093	0,131

1	2	3
640	0,625	0,302
650	0,591	0,293
660	0,559	0,284
670	0,529	0,275
680	0,502	0,267
690	0,476	0,260
700	0,452	0,252
710	0,429	0,245
720	0,408	0,239
730	0,389	0,232
740	0,370	0,226
750	0,353	0,220
760	0,337	0,214
770	0,321	0,209
780	0,307	0,203
790	0,293	0,198
800	0,281	0,193
810	0,268	0,188
820	0,257	0,184
830	0,246	0,179
840	0,236	0,175
850	0,227	0,171
860	0,218	0,167
870	0,209	0,163
880	0,201	0,160
890	0,193	0,156
900	0,186	0,153
910	0,179	0,149
920	0,172	0,146
930	0,166	0,143
940	0,160	0,140
950	0,154	0,137
960	0,148	0,134
970	0,143	0,131
980	0,138	0,129
990	0,134	0,126
1000	0,129	0,124
1010	0,125	0,121
1020	0,121	0,119
1030	0,117	0,117
1040	0,113	0,114
1050	0,109	0,112
1060	0,106	0,110
1070	0,102	0,108
1080	0,099	0,106
1090	0,096	0,104
1100	0,093	0,102
1110	0,091	0,100
1120	0,088	0,099
1130	0,085	0,097
1140	0,083	0,095

1	2	3
640	0,510	0,198
650	0,484	0,191
660	0,458	0,186
670	0,435	0,180
680	0,413	0,175
690	0,393	0,170
700	0,374	0,165
710	0,356	0,161
720	0,339	0,156
730	0,324	0,152
740	0,309	0,148
750	0,295	0,144
760	0,282	0,140
770	0,270	0,136
780	0,258	0,133
790	0,247	0,130
800	0,237	0,126
810	0,227	0,123
820	0,218	0,120
830	0,209	0,117
840	0,201	0,115
850	0,193	0,112
860	0,186	0,109
870	0,179	0,107
880	0,172	0,104
890	0,166	0,102
900	0,160	0,100
910	0,154	0,098
920	0,148	0,096
930	0,143	0,094
940	0,138	0,092
950	0,133	0,090
960	0,129	0,088
970	0,125	0,086
980	0,120	0,084
990	0,116	0,083
1000	0,113	0,081
1010	0,109	0,079
1020	0,106	0,078
1030	0,102	0,076
1040	0,099	0,075
1050	0,096	0,073
1060	0,093	0,072
1070	0,090	0,071
1080	0,088	0,069
1090	0,085	0,068
1100	0,083	0,067
1110	0,080	0,066
1120	0,078	0,064
1130	0,076	0,063
1140	0,074	0,062

1	2	3
1150	0,090	0,129
1160	0,088	0,127
1170	0,085	0,125
1180	0,083	0,122
1190	0,080	0,120
1200	0,078	0,118
1210	0,076	0,116
1220	0,074	0,115
1230	0,072	0,113
1240	0,070	0,111
1250	0,068	0,109
1260	0,066	0,107
1270	0,064	0,106
1280	0,063	0,104
1290	0,061	0,102
1300	0,059	0,101
1310	0,058	0,099
1320	0,056	0,098
1330	0,055	0,096
1340	0,054	0,095
1350	0,052	0,094
1360	0,051	0,092
1370	0,050	0,091
1380	0,048	0,090
1390	0,047	0,088
1400	0,046	0,087
1410	0,045	0,086
1420	0,044	0,085
1430	0,043	0,083
1440	0,042	0,082
1450	0,041	0,081
1460	0,040	0,080
1470	0,039	0,079
1480	0,038	0,078
1490	0,037	0,077
1500	0,037	0,076
1510	0,036	0,075
1520	0,035	0,074
1530	0,034	0,073
1540	0,034	0,072
1550	0,033	0,071
1560	0,032	0,070
1570	0,031	0,069
1580	0,031	0,068
1590	0,030	0,067
1600	0,030	0,067

1	2	3
1150	0,080	0,093
1160	0,078	0,092
1170	0,076	0,090
1180	0,074	0,089
1190	0,072	0,087
1200	0,070	0,086
1210	0,068	0,084
1220	0,066	0,083
1230	0,064	0,082
1240	0,062	0,080
1250	0,061	0,079
1260	0,059	0,078
1270	0,058	0,077
1280	0,056	0,075
1290	0,055	0,074
1300	0,053	0,073
1310	0,052	0,072
1320	0,051	0,071
1330	0,050	0,070
1340	0,048	0,069
1350	0,047	0,068
1360	0,046	0,067
1370	0,045	0,066
1380	0,044	0,065
1390	0,043	0,064
1400	0,042	0,063
1410	0,041	0,062
1420	0,040	0,061
1430	0,039	0,060
1440	0,038	0,060
1450	0,037	0,059
1460	0,036	0,058
1470	0,036	0,057
1480	0,035	0,056
1490	0,034	0,056
1500	0,033	0,055
1510	0,033	0,054
1520	0,032	0,054
1530	0,031	0,053
1540	0,031	0,052
1550	0,030	0,051
1560	0,029	0,051
1570	0,029	0,050
1580	0,028	0,050
1590	0,028	0,049
1600	0,027	0,048

1	2	3
1150	0,071	0,061
1160	0,070	0,060
1170	0,068	0,059
1180	0,066	0,058
1190	0,064	0,057
1200	0,062	0,056
1210	0,061	0,055
1220	0,059	0,054
1230	0,058	0,053
1240	0,056	0,053
1250	0,055	0,052
1260	0,053	0,051
1270	0,052	0,050
1280	0,051	0,049
1290	0,049	0,049
1300	0,048	0,048
1310	0,047	0,047
1320	0,046	0,046
1330	0,045	0,046
1340	0,044	0,045
1350	0,043	0,044
1360	0,042	0,044
1370	0,041	0,043
1380	0,040	0,042
1390	0,039	0,042
1400	0,038	0,041
1410	0,037	0,041
1420	0,036	0,040
1430	0,036	0,040
1440	0,035	0,039
1450	0,034	0,038
1460	0,033	0,038
1470	0,033	0,037
1480	0,032	0,037
1490	0,031	0,036
1500	0,031	0,036
1510	0,030	0,035
1520	0,029	0,035
1530	0,029	0,035
1540	0,028	0,034
1550	0,028	0,034
1560	0,027	0,033
1570	0,027	0,033
1580	0,026	0,032
1590	0,026	0,032
1600	0,025	0,032

Tabel 4.3
Tabel Hasil Perhitungan
Nilai P Akibat Tekuk Lateral dan P Akibat Tegangan Leleh Terhadap Panjang Balok
Pada Kondisi t_s Berubah-ubah Akibat Beban Terpusat

ts = 2,8 cm			ts = 2,4 cm			ts = 2,0 cm		
L	P	Py	L	P	Py	L	P	Py
1	2	3	1	2	3	1	2	3
200	6409,017	309,102	200	5466,872	276,392	200	4538,908	242,870
225	4531,861	274,758	225	3860,973	245,682	225	3202,592	215,885
250	3328,485	247,282	250	2831,995	221,114	250	2346,666	194,296
275	2521,139	224,802	275	2142,032	201,013	275	1772,977	176,633
300	1958,983	206,068	300	1661,900	184,262	300	1373,941	161,913
325	1555,251	190,217	325	1317,303	170,088	325	1087,690	149,459
350	1257,603	176,630	350	1063,434	157,939	350	876,920	138,783
375	1033,181	164,855	375	872,168	147,409	375	718,218	129,531
400	860,642	154,551	400	725,241	138,196	400	596,382	121,435
425	725,710	145,460	425	610,439	130,067	425	501,248	114,292
450	618,584	137,379	450	519,379	122,841	450	425,843	107,942
475	532,385	130,148	475	446,179	116,376	475	365,272	102,261
500	462,186	123,641	500	386,626	110,557	500	316,033	97,148
525	404,394	117,753	525	337,652	105,292	525	275,573	92,522
550	356,347	112,401	550	296,979	100,506	550	242,000	88,316
575	316,042	107,514	575	262,900	96,137	575	213,895	84,477
600	281,955	103,034	600	234,112	92,131	600	190,174	80,957
625	252,908	98,913	625	209,610	88,446	625	170,005	77,718
650	227,985	95,108	650	188,612	85,044	650	152,737	74,729
675	206,464	91,586	675	170,502	81,894	675	137,859	71,962
700	187,768	88,315	700	154,791	78,969	700	124,965	69,391
725	171,439	85,270	725	141,086	76,246	725	113,728	66,999
750	157,102	82,427	750	129,069	73,705	750	103,886	64,765
775	144,454	79,768	775	118,482	71,327	775	95,224	62,676
800	133,247	77,276	800	109,113	69,098	800	87,567	60,718
825	123,274	74,934	825	100,786	67,004	825	80,770	58,878
850	114,364	72,730	850	93,358	65,034	850	74,712	57,146
875	106,375	70,652	875	86,705	63,175	875	69,294	55,513
900	99,186	68,689	900	80,727	61,421	900	64,429	53,971
925	92,695	66,833	925	75,336	59,761	925	60,048	52,512
950	86,816	65,074	950	70,461	58,188	950	56,091	51,131
975	81,477	63,406	975	66,039	56,696	975	52,504	49,820
1000	76,613	61,820	1000	62,015	55,278	1000	49,245	48,574
1025	72,171	60,313	1025	58,346	53,930	1025	46,276	47,389
1050	68,104	58,877	1050	54,990	52,646	1050	43,564	46,261
1075	64,371	57,507	1075	51,914	51,422	1075	41,081	45,185
1100	60,938	56,200	1100	49,088	50,253	1100	38,801	44,158
1125	57,772	54,952	1125	46,486	49,136	1125	36,705	43,177
1150	54,848	53,757	1150	44,085	48,068	1150	34,773	42,238
1175	52,141	52,613	1175	41,865	47,046	1175	32,988	41,340
1200	49,630	51,517	1200	39,808	46,065	1200	31,337	40,478
1225	47,298	50,466	1225	37,900	45,125	1225	29,806	39,652
1250	45,127	49,456	1250	36,126	44,223	1250	28,385	38,859
1275	43,104	48,487	1275	34,475	43,356	1275	27,062	38,097

1	2	3
1300	41,214	47,554
1325	39,448	46,657
1350	37,793	45,793
1375	36,241	44,960
1400	34,784	44,157
1425	33,414	43,383
1450	32,125	42,635
1475	30,909	41,912
1500	29,762	41,214
1525	28,678	40,538
1550	27,653	39,884
1575	26,683	39,251
1600	25,763	38,638
1625	24,891	38,043
1650	24,063	37,467
1675	23,276	36,908
1700	22,528	36,365
1725	21,815	35,838
1750	21,137	35,326
1775	20,490	34,828
1800	19,872	34,345
1825	19,282	33,874

1	2	3
1300	32,934	42,522
1325	31,495	41,720
1350	30,148	40,947
1375	28,887	40,203
1400	27,704	39,485
1425	26,593	38,792
1450	25,547	38,123
1475	24,563	37,477
1500	23,635	36,852
1525	22,759	36,248
1550	21,932	35,664
1575	21,149	35,097
1600	20,408	34,549
1625	19,705	34,018
1650	19,039	33,502
1675	18,406	33,002
1700	17,805	32,517
1725	17,233	32,046
1750	16,688	31,588
1775	16,169	31,143
1800	15,675	30,710
1825	15,203	30,290

1	2	3
1300	25,830	37,365
1325	24,680	36,660
1350	23,606	35,981
1375	22,600	35,327
1400	21,657	34,696
1425	20,773	34,087
1450	19,942	33,499
1475	19,159	32,932
1500	18,423	32,383
1525	17,728	31,852
1550	17,072	31,338
1575	16,452	30,841
1600	15,866	30,359
1625	15,311	29,892
1650	14,784	29,439
1675	14,285	28,999
1700	13,810	28,573
1725	13,360	28,159
1750	12,931	27,757
1775	12,522	27,366
1800	12,133	26,986
1825	11,762	26,616

Tabel 4.4
Tabel Hasil Perhitungan
Nilai q Akibat Tekuk Lateral dan q Akibat Tegangan Leleh Terhadap Panjang Balok
Pada Kondisi t_s Berubah-ubah Akibat Beban Merata

ts = 2,8 cm			ts = 2,4 cm			ts = 2,0 cm		
L	q	qy	L	q	qy	L	q	qy
1	2	3	1	2	3	1	2	3
200	53,975	3,091	200	46,041	2,764	200	38,225	2,429
210	44,522	2,804	210	37,960	2,507	210	31,504	2,203
220	37,064	2,555	220	31,585	2,284	220	26,204	2,007
230	31,115	2,337	230	26,502	2,090	230	21,978	1,836
240	26,322	2,147	240	22,408	1,919	240	18,575	1,687
250	22,425	1,978	250	19,080	1,769	250	15,810	1,554
260	19,230	1,829	260	16,353	1,635	260	13,544	1,437
270	16,590	1,696	270	14,099	1,517	270	11,673	1,333
280	14,392	1,577	280	12,225	1,410	280	10,116	1,239
290	12,551	1,470	290	10,654	1,315	290	8,812	1,155
300	10,999	1,374	300	9,331	1,228	300	7,714	1,079
310	9,682	1,287	310	8,209	1,150	310	6,783	1,011
320	8,560	1,207	320	7,252	1,080	320	5,990	0,949
330	7,597	1,135	330	6,433	1,015	330	5,310	0,892
340	6,769	1,070	340	5,728	0,956	340	4,725	0,840
350	6,052	1,009	350	5,118	0,903	350	4,220	0,793
360	5,429	0,954	360	4,588	0,853	360	3,781	0,750
370	4,886	0,903	370	4,126	0,808	370	3,399	0,710
380	4,411	0,856	380	3,722	0,766	380	3,064	0,673
390	3,993	0,813	390	3,367	0,727	390	2,770	0,639
400	3,624	0,773	400	3,054	0,691	400	2,511	0,607
410	3,298	0,736	410	2,777	0,658	410	2,282	0,578
420	3,009	0,701	420	2,532	0,627	420	2,079	0,551
430	2,751	0,669	430	2,313	0,598	430	1,899	0,525
440	2,521	0,639	440	2,118	0,571	440	1,738	0,502
450	2,315	0,611	450	1,944	0,546	450	1,594	0,480
460	2,131	0,584	460	1,788	0,522	460	1,465	0,459
470	1,965	0,560	470	1,647	0,500	470	1,349	0,440
480	1,815	0,537	480	1,520	0,480	480	1,244	0,422
490	1,680	0,515	490	1,406	0,460	490	1,150	0,405
500	1,557	0,495	500	1,302	0,442	500	1,065	0,389
510	1,446	0,475	510	1,208	0,425	510	0,987	0,374
520	1,345	0,457	520	1,123	0,409	520	0,917	0,359
530	1,252	0,440	530	1,045	0,394	530	0,853	0,346
540	1,168	0,424	540	0,974	0,379	540	0,794	0,333
550	1,091	0,409	550	0,909	0,365	550	0,741	0,321
560	1,021	0,394	560	0,850	0,353	560	0,692	0,310
570	0,956	0,381	570	0,796	0,340	570	0,648	0,299
580	0,897	0,368	580	0,746	0,329	580	0,606	0,289
590	0,842	0,355	590	0,700	0,318	590	0,569	0,279
600	0,792	0,343	600	0,657	0,307	600	0,534	0,270
610	0,745	0,332	610	0,618	0,297	610	0,502	0,261
620	0,702	0,322	620	0,582	0,288	620	0,472	0,253
630	0,662	0,312	630	0,548	0,279	630	0,445	0,245

1	2	3
640	0,625	0,302
650	0,591	0,293
660	0,559	0,284
670	0,529	0,275
680	0,502	0,267
690	0,476	0,260
700	0,452	0,252
710	0,429	0,245
720	0,408	0,239
730	0,389	0,232
740	0,370	0,226
750	0,353	0,220
760	0,337	0,214
770	0,321	0,209
780	0,307	0,203
790	0,293	0,198
800	0,281	0,193
810	0,268	0,188
820	0,257	0,184
830	0,246	0,179
840	0,236	0,175
850	0,227	0,171
860	0,218	0,167
870	0,209	0,163
880	0,201	0,160
890	0,193	0,156
900	0,186	0,153
910	0,179	0,149
920	0,172	0,146
930	0,166	0,143
940	0,160	0,140
950	0,154	0,137
960	0,148	0,134
970	0,143	0,131
980	0,138	0,129
990	0,134	0,126
1000	0,129	0,124
1010	0,125	0,121
1020	0,121	0,119
1030	0,117	0,117
1040	0,113	0,114
1050	0,109	0,112
1060	0,106	0,110
1070	0,102	0,108
1080	0,099	0,106
1090	0,096	0,104
1100	0,093	0,102
1110	0,091	0,100
1120	0,088	0,099
1130	0,085	0,097
1140	0,083	0,095

1	2	3
640	0,518	0,270
650	0,489	0,262
660	0,462	0,254
670	0,437	0,246
680	0,414	0,239
690	0,393	0,232
700	0,372	0,226
710	0,354	0,219
720	0,336	0,213
730	0,320	0,207
740	0,304	0,202
750	0,290	0,197
760	0,276	0,191
770	0,264	0,186
780	0,252	0,182
790	0,240	0,177
800	0,230	0,173
810	0,220	0,169
820	0,210	0,164
830	0,201	0,160
840	0,193	0,157
850	0,185	0,153
860	0,177	0,149
870	0,170	0,146
880	0,164	0,143
890	0,157	0,140
900	0,151	0,136
910	0,145	0,134
920	0,140	0,131
930	0,135	0,128
940	0,130	0,125
950	0,125	0,123
960	0,120	0,120
970	0,116	0,118
980	0,112	0,115
990	0,108	0,113
1000	0,104	0,111
1010	0,101	0,108
1020	0,098	0,106
1030	0,094	0,104
1040	0,091	0,102
1050	0,088	0,100
1060	0,085	0,098
1070	0,083	0,097
1080	0,080	0,095
1090	0,078	0,093
1100	0,075	0,091
1110	0,073	0,090
1120	0,071	0,088
1130	0,069	0,087
1140	0,067	0,085

1	2	3
640	0,419	0,237
650	0,396	0,230
660	0,374	0,223
670	0,354	0,216
680	0,335	0,210
690	0,317	0,204
700	0,301	0,198
710	0,285	0,193
720	0,271	0,187
730	0,258	0,182
740	0,245	0,177
750	0,233	0,173
760	0,222	0,168
770	0,212	0,164
780	0,202	0,160
790	0,193	0,156
800	0,184	0,152
810	0,176	0,148
820	0,169	0,144
830	0,161	0,141
840	0,155	0,138
850	0,148	0,134
860	0,142	0,131
870	0,136	0,128
880	0,131	0,125
890	0,125	0,123
900	0,121	0,120
910	0,116	0,117
920	0,111	0,115
930	0,107	0,112
940	0,103	0,110
950	0,099	0,108
960	0,096	0,105
970	0,092	0,103
980	0,089	0,101
990	0,086	0,099
1000	0,083	0,097
1010	0,080	0,095
1020	0,077	0,093
1030	0,075	0,092
1040	0,072	0,090
1050	0,070	0,088
1060	0,068	0,086
1070	0,065	0,085
1080	0,063	0,083
1090	0,061	0,082
1100	0,059	0,080
1110	0,058	0,079
1120	0,056	0,077
1130	0,054	0,076
1140	0,052	0,075

1	2	3
1150	0,080	0,093
1160	0,078	0,092
1170	0,076	0,090
1180	0,074	0,089
1190	0,072	0,087
1200	0,070	0,086
1210	0,068	0,084
1220	0,066	0,083
1230	0,064	0,082
1240	0,062	0,080
1250	0,061	0,079
1260	0,059	0,078
1270	0,058	0,077
1280	0,056	0,075
1290	0,055	0,074
1300	0,053	0,073
1310	0,052	0,072
1320	0,051	0,071
1330	0,050	0,070
1340	0,048	0,069
1350	0,047	0,068
1360	0,046	0,067
1370	0,045	0,066
1380	0,044	0,065
1390	0,043	0,064
1400	0,042	0,063
1410	0,041	0,062
1420	0,040	0,061
1430	0,039	0,060
1440	0,038	0,060
1450	0,037	0,059
1460	0,036	0,058
1470	0,036	0,057
1480	0,035	0,056
1490	0,034	0,056
1500	0,033	0,055
1510	0,033	0,054
1520	0,032	0,054
1530	0,031	0,053
1540	0,031	0,052
1550	0,030	0,051
1560	0,029	0,051
1570	0,029	0,050
1580	0,028	0,050
1590	0,028	0,049
1600	0,027	0,048

1	2	3
1150	0,065	0,084
1160	0,063	0,082
1170	0,061	0,081
1180	0,059	0,079
1190	0,057	0,078
1200	0,056	0,077
1210	0,054	0,076
1220	0,053	0,074
1230	0,051	0,073
1240	0,050	0,072
1250	0,049	0,071
1260	0,047	0,070
1270	0,046	0,069
1280	0,045	0,067
1290	0,044	0,066
1300	0,043	0,065
1310	0,042	0,064
1320	0,041	0,063
1330	0,040	0,063
1340	0,039	0,062
1350	0,038	0,061
1360	0,037	0,060
1370	0,036	0,059
1380	0,035	0,058
1390	0,034	0,057
1400	0,033	0,056
1410	0,033	0,056
1420	0,032	0,055
1430	0,031	0,054
1440	0,030	0,053
1450	0,030	0,053
1460	0,029	0,052
1470	0,028	0,051
1480	0,028	0,050
1490	0,027	0,050
1500	0,027	0,049
1510	0,026	0,048
1520	0,025	0,048
1530	0,025	0,047
1540	0,024	0,047
1550	0,024	0,046
1560	0,023	0,045
1570	0,023	0,045
1580	0,022	0,044
1590	0,022	0,044
1600	0,021	0,043

1	2	3
1150	0,051	0,073
1160	0,049	0,072
1170	0,048	0,071
1180	0,047	0,070
1190	0,045	0,069
1200	0,044	0,067
1210	0,043	0,066
1220	0,042	0,065
1230	0,040	0,064
1240	0,039	0,063
1250	0,038	0,062
1260	0,037	0,061
1270	0,036	0,060
1280	0,035	0,059
1290	0,034	0,058
1300	0,033	0,057
1310	0,033	0,057
1320	0,032	0,056
1330	0,031	0,055
1340	0,030	0,054
1350	0,029	0,053
1360	0,029	0,053
1370	0,028	0,052
1380	0,027	0,051
1390	0,027	0,050
1400	0,026	0,050
1410	0,025	0,049
1420	0,025	0,048
1430	0,024	0,048
1440	0,024	0,047
1450	0,023	0,046
1460	0,023	0,046
1470	0,022	0,045
1480	0,022	0,044
1490	0,021	0,044
1500	0,021	0,043
1510	0,020	0,043
1520	0,020	0,042
1530	0,019	0,042
1540	0,019	0,041
1550	0,019	0,040
1560	0,018	0,040
1570	0,018	0,039
1580	0,017	0,039
1590	0,017	0,038
1600	0,017	0,038

Tabel 4.5
Tabel Hasil Perhitungan
Nilai P Akibat Tekuk Lateral dan P Akibat Tegangan Leleh Terhadap Panjang Balok
Pada Kondisi b Berubah-ubah Akibat Beban Terpusat

b = 30 cm			b = 25 cm			b = 20 cm		
L	P	Py	L	P	Py	L	P	Py
1	2	3	1	2	3	1	2	3
200	6409,017	309,102	200	3755,563	265,725	200	1967,664	222,348
225	4531,861	274,758	225	2663,700	236,200	225	1403,312	197,643
250	3328,485	247,282	250	1962,843	212,580	250	1040,142	177,878
275	2521,139	224,802	275	1491,962	193,255	275	795,454	161,708
300	1958,983	206,068	300	1163,568	177,150	300	624,283	148,232
325	1555,251	190,217	325	927,313	163,523	325	500,728	136,829
350	1257,603	176,630	350	752,812	151,843	350	409,143	127,056
375	1033,181	164,855	375	620,977	141,720	375	339,691	118,586
400	860,642	154,551	400	519,406	132,863	400	285,970	111,174
425	725,710	145,460	425	439,794	125,047	425	243,689	104,634
450	618,584	137,379	450	376,439	118,100	450	209,898	98,821
475	532,385	130,148	475	325,335	111,884	475	182,522	93,620
500	462,186	123,641	500	283,610	106,290	500	160,069	88,939
525	404,394	117,753	525	249,169	101,229	525	141,452	84,704
550	356,347	112,401	550	220,458	96,627	550	125,861	80,854
575	316,042	107,514	575	196,306	92,426	575	112,685	77,338
600	281,955	103,034	600	175,822	88,575	600	101,457	74,116
625	252,908	98,913	625	158,316	85,032	625	91,819	71,151
650	227,985	95,108	650	143,252	81,762	650	83,486	68,415
675	206,464	91,586	675	130,205	78,733	675	76,236	65,881
700	187,768	88,315	700	118,838	75,921	700	69,892	63,528
725	171,439	85,270	725	108,880	73,303	725	64,309	61,337
750	157,102	82,427	750	100,112	70,860	750	59,371	59,293
775	144,454	79,768	775	92,353	68,574	775	54,984	57,380
800	133,247	77,276	800	85,458	66,431	800	51,069	55,587
825	123,274	74,934	825	79,304	64,418	825	47,560	53,903
850	114,364	72,730	850	73,790	62,524	850	44,403	52,317
875	106,375	70,652	875	68,832	60,737	875	41,554	50,822
900	99,186	68,689	900	64,357	59,050	900	38,972	49,411
925	92,695	66,833	925	60,306	57,454	925	36,627	48,075
950	86,816	65,074	950	56,626	55,942	950	34,489	46,810
975	81,477	63,406	975	53,275	54,508	975	32,535	45,610
1000	76,613	61,820	1000	50,215	53,145	1000	30,744	44,470
1025	72,171	60,313	1025	47,412	51,849	1025	29,099	43,385
1050	68,104	58,877	1050	44,839	50,614	1050	27,584	42,352
1075	64,371	57,507	1075	42,472	49,437	1075	26,186	41,367
1100	60,938	56,200	1100	40,289	48,314	1100	24,893	40,427
1125	57,772	54,952	1125	38,272	47,240	1125	23,694	39,529
1150	54,848	53,757	1150	36,404	46,213	1150	22,582	38,669
1175	52,141	52,613	1175	34,671	45,230	1175	21,546	37,846
1200	49,630	51,517	1200	33,060	44,288	1200	20,581	37,058
1225	47,298	50,466	1225	31,560	43,384	1225	19,681	36,302
1250	45,127	49,456	1250	30,161	42,516	1250	18,839	35,576
1275	43,104	48,487	1275	28,854	41,682	1275	18,050	34,878

1	2	3
1300	41,214	47,554
1325	39,448	46,657
1350	37,793	45,793
1375	36,241	44,960
1400	34,784	44,157
1425	33,414	43,383
1450	32,125	42,635
1475	30,909	41,912
1500	29,762	41,214
1525	28,678	40,538
1550	27,653	39,884
1575	26,683	39,251
1600	25,763	38,638
1625	24,891	38,043
1650	24,063	37,467
1675	23,276	36,908
1700	22,528	36,365
1725	21,815	35,838
1750	21,137	35,326
1775	20,490	34,828
1800	19,872	34,345
1825	19,282	33,874

1	2	3
1300	27,631	40,881
1325	26,485	40,109
1350	25,410	39,367
1375	24,400	38,651
1400	23,450	37,961
1425	22,554	37,295
1450	21,710	36,652
1475	20,913	36,031
1500	20,160	35,430
1525	19,447	34,849
1550	18,772	34,287
1575	18,132	33,743
1600	17,524	33,216
1625	16,947	32,705
1650	16,398	32,209
1675	15,876	31,728
1700	15,379	31,262
1725	14,905	30,809
1750	14,453	30,369
1775	14,021	29,941
1800	13,609	29,525
1825	13,214	29,121

1	2	3
1300	17,311	34,207
1325	16,617	33,562
1350	15,964	32,940
1375	15,349	32,342
1400	14,770	31,764
1425	14,223	31,207
1450	13,707	30,669
1475	13,218	30,149
1500	12,756	29,646
1525	12,317	29,160
1550	11,901	28,690
1575	11,506	28,235
1600	11,130	27,793
1625	10,773	27,366
1650	10,433	26,951
1675	10,109	26,549
1700	9,800	26,159
1725	9,505	25,779
1750	9,224	25,411
1775	8,954	25,053
1800	8,697	24,705
1825	8,450	24,367

Tabel 4.6
Tabel Hasil Perhitungan
Nilai q Akibat Tekuk Lateral dan q Akibat Tegangan Geser Terhadap Pnjang Balok
Pada Kondisi b Berubah-ubah Akibat Beban Merata

b = 30 cm			b = 25 cm			b = 20 cm		
L	q	qy	L	q	qy	L	q	qy
1	2	3	1	2	3	1	2	3
200	53,975	3,091	200	31,628	2,657	200	16,579	2,223
210	44,522	2,804	210	26,120	2,410	210	13,721	2,017
220	37,064	2,555	220	21,771	2,196	220	11,462	1,838
230	31,115	2,337	230	18,300	2,009	230	9,656	1,681
240	26,322	2,147	240	15,501	1,845	240	8,199	1,544
250	22,425	1,978	250	13,224	1,701	250	7,011	1,423
260	19,230	1,829	260	11,356	1,572	260	6,035	1,316
270	16,590	1,696	270	9,810	1,458	270	5,226	1,220
280	14,392	1,577	280	8,523	1,356	280	4,552	1,134
290	12,551	1,470	290	7,444	1,264	290	3,985	1,058
300	10,999	1,374	300	6,533	1,181	300	3,506	0,988
310	9,682	1,287	310	5,760	1,106	310	3,099	0,925
320	8,560	1,207	320	5,100	1,038	320	2,751	0,869
330	7,597	1,135	330	4,533	0,976	330	2,452	0,817
340	6,769	1,070	340	4,045	0,919	340	2,194	0,769
350	6,052	1,009	350	3,623	0,868	350	1,970	0,726
360	5,429	0,954	360	3,255	0,820	360	1,774	0,686
370	4,886	0,903	370	2,934	0,776	370	1,604	0,650
380	4,411	0,856	380	2,653	0,736	380	1,454	0,616
390	3,993	0,813	390	2,406	0,699	390	1,322	0,585
400	3,624	0,773	400	2,187	0,664	400	1,205	0,556
410	3,298	0,736	410	1,994	0,632	410	1,101	0,529
420	3,009	0,701	420	1,822	0,603	420	1,008	0,504
430	2,751	0,669	430	1,669	0,575	430	0,926	0,481
440	2,521	0,639	440	1,532	0,549	440	0,852	0,459
450	2,315	0,611	450	1,409	0,525	450	0,786	0,439
460	2,131	0,584	460	1,299	0,502	460	0,726	0,420
470	1,965	0,560	470	1,200	0,481	470	0,672	0,403
480	1,815	0,537	480	1,110	0,461	480	0,624	0,386
490	1,680	0,515	490	1,029	0,443	490	0,580	0,370
500	1,557	0,495	500	0,955	0,425	500	0,539	0,356
510	1,446	0,475	510	0,889	0,409	510	0,503	0,342
520	1,345	0,457	520	0,828	0,393	520	0,470	0,329
530	1,252	0,440	530	0,772	0,378	530	0,439	0,317
540	1,168	0,424	540	0,722	0,365	540	0,411	0,305
550	1,091	0,409	550	0,675	0,351	550	0,386	0,294
560	1,021	0,394	560	0,633	0,339	560	0,362	0,284
570	0,956	0,381	570	0,593	0,327	570	0,340	0,274
580	0,897	0,368	580	0,557	0,316	580	0,320	0,264
590	0,842	0,355	590	0,524	0,305	590	0,302	0,255
600	0,792	0,343	600	0,494	0,295	600	0,285	0,247
610	0,745	0,332	610	0,465	0,286	610	0,269	0,239
620	0,702	0,322	620	0,439	0,277	620	0,254	0,231
630	0,662	0,312	630	0,415	0,268	630	0,241	0,224

1	2	3
640	0,625	0,302
650	0,591	0,293
660	0,559	0,284
670	0,529	0,275
680	0,502	0,267
690	0,476	0,260
700	0,452	0,252
710	0,429	0,245
720	0,408	0,239
730	0,389	0,232
740	0,370	0,226
750	0,353	0,220
760	0,337	0,214
770	0,321	0,209
780	0,307	0,203
790	0,293	0,198
800	0,281	0,193
810	0,268	0,188
820	0,257	0,184
830	0,246	0,179
840	0,236	0,175
850	0,227	0,171
860	0,218	0,167
870	0,209	0,163
880	0,201	0,160
890	0,193	0,156
900	0,186	0,153
910	0,179	0,149
920	0,172	0,146
930	0,166	0,143
940	0,160	0,140
950	0,154	0,137
960	0,148	0,134
970	0,143	0,131
980	0,138	0,129
990	0,134	0,126
1000	0,129	0,124
1010	0,125	0,121
1020	0,121	0,119
1030	0,117	0,117
1040	0,113	0,114
1050	0,109	0,112
1060	0,106	0,110
1070	0,102	0,108
1080	0,099	0,106
1090	0,096	0,104
1100	0,093	0,102
1110	0,091	0,100
1120	0,088	0,099
1130	0,085	0,097
1140	0,083	0,095

1	2	3
640	0,392	0,259
650	0,371	0,252
660	0,352	0,244
670	0,334	0,237
680	0,317	0,230
690	0,301	0,223
700	0,286	0,217
710	0,272	0,211
720	0,259	0,205
730	0,247	0,199
740	0,236	0,194
750	0,225	0,189
760	0,215	0,184
770	0,205	0,179
780	0,196	0,175
790	0,188	0,170
800	0,180	0,166
810	0,172	0,162
820	0,165	0,158
830	0,159	0,154
840	0,152	0,151
850	0,146	0,147
860	0,141	0,144
870	0,135	0,140
880	0,130	0,137
890	0,125	0,134
900	0,120	0,131
910	0,116	0,128
920	0,112	0,126
930	0,108	0,123
940	0,104	0,120
950	0,100	0,118
960	0,097	0,115
970	0,094	0,113
980	0,090	0,111
990	0,087	0,108
1000	0,085	0,106
1010	0,082	0,104
1020	0,079	0,102
1030	0,077	0,100
1040	0,074	0,098
1050	0,072	0,096
1060	0,070	0,095
1070	0,068	0,093
1080	0,066	0,091
1090	0,064	0,089
1100	0,062	0,088
1110	0,060	0,086
1120	0,058	0,085
1130	0,056	0,083
1140	0,055	0,082

1	2	3
640	0,228	0,217
650	0,216	0,211
660	0,205	0,204
670	0,195	0,198
680	0,186	0,192
690	0,177	0,187
700	0,168	0,182
710	0,160	0,176
720	0,153	0,172
730	0,146	0,167
740	0,139	0,162
750	0,133	0,158
760	0,128	0,154
770	0,122	0,150
780	0,117	0,146
790	0,112	0,143
800	0,108	0,139
810	0,103	0,136
820	0,099	0,132
830	0,095	0,129
840	0,092	0,126
850	0,088	0,123
860	0,085	0,120
870	0,082	0,118
880	0,079	0,115
890	0,076	0,112
900	0,073	0,110
910	0,070	0,107
920	0,068	0,105
930	0,066	0,103
940	0,063	0,101
950	0,061	0,099
960	0,059	0,097
970	0,057	0,095
980	0,055	0,093
990	0,054	0,091
1000	0,052	0,089
1010	0,050	0,087
1020	0,049	0,085
1030	0,047	0,084
1040	0,046	0,082
1050	0,044	0,081
1060	0,043	0,079
1070	0,042	0,078
1080	0,040	0,076
1090	0,039	0,075
1100	0,038	0,074
1110	0,037	0,072
1120	0,036	0,071
1130	0,035	0,070
1140	0,034	0,068

1	2	3
1150	0,080	0,093
1160	0,078	0,092
1170	0,076	0,090
1180	0,074	0,089
1190	0,072	0,087
1200	0,070	0,086
1210	0,068	0,084
1220	0,066	0,083
1230	0,064	0,082
1240	0,062	0,080
1250	0,061	0,079
1260	0,059	0,078
1270	0,058	0,077
1280	0,056	0,075
1290	0,055	0,074
1300	0,053	0,073
1310	0,052	0,072
1320	0,051	0,071
1330	0,050	0,070
1340	0,048	0,069
1350	0,047	0,068
1360	0,046	0,067
1370	0,045	0,066
1380	0,044	0,065
1390	0,043	0,064
1400	0,042	0,063
1410	0,041	0,062
1420	0,040	0,061
1430	0,039	0,060
1440	0,038	0,060
1450	0,037	0,059
1460	0,036	0,058
1470	0,036	0,057
1480	0,035	0,056
1490	0,034	0,056
1500	0,033	0,055
1510	0,033	0,054
1520	0,032	0,054
1530	0,031	0,053
1540	0,031	0,052
1550	0,030	0,051
1560	0,029	0,051
1570	0,029	0,050
1580	0,028	0,050
1590	0,028	0,049
1600	0,027	0,048

1	2	3
1150	0,053	0,080
1160	0,052	0,079
1170	0,050	0,078
1180	0,049	0,076
1190	0,048	0,075
1200	0,046	0,074
1210	0,045	0,073
1220	0,044	0,071
1230	0,043	0,070
1240	0,042	0,069
1250	0,041	0,068
1260	0,040	0,067
1270	0,039	0,066
1280	0,038	0,065
1290	0,037	0,064
1300	0,036	0,063
1310	0,035	0,062
1320	0,034	0,061
1330	0,033	0,060
1340	0,032	0,059
1350	0,032	0,058
1360	0,031	0,057
1370	0,030	0,057
1380	0,030	0,056
1390	0,029	0,055
1400	0,028	0,054
1410	0,028	0,053
1420	0,027	0,053
1430	0,026	0,052
1440	0,026	0,051
1450	0,025	0,051
1460	0,025	0,050
1470	0,024	0,049
1480	0,024	0,049
1490	0,023	0,048
1500	0,023	0,047
1510	0,022	0,047
1520	0,022	0,046
1530	0,021	0,045
1540	0,021	0,045
1550	0,020	0,044
1560	0,020	0,044
1570	0,020	0,043
1580	0,019	0,043
1590	0,019	0,042
1600	0,018	0,042

1	2	3
1150	0,033	0,067
1160	0,032	0,066
1170	0,031	0,065
1180	0,030	0,064
1190	0,030	0,063
1200	0,029	0,062
1210	0,028	0,061
1220	0,027	0,060
1230	0,027	0,059
1240	0,026	0,058
1250	0,025	0,057
1260	0,025	0,056
1270	0,024	0,055
1280	0,024	0,054
1290	0,023	0,053
1300	0,022	0,053
1310	0,022	0,052
1320	0,021	0,051
1330	0,021	0,050
1340	0,020	0,050
1350	0,020	0,049
1360	0,019	0,048
1370	0,019	0,047
1380	0,019	0,047
1390	0,018	0,046
1400	0,018	0,045
1410	0,017	0,045
1420	0,017	0,044
1430	0,017	0,043
1440	0,016	0,043
1450	0,016	0,042
1460	0,016	0,042
1470	0,015	0,041
1480	0,015	0,041
1490	0,015	0,040
1500	0,014	0,040
1510	0,014	0,039
1520	0,014	0,038
1530	0,013	0,038
1540	0,013	0,038
1550	0,013	0,037
1560	0,013	0,037
1570	0,012	0,036
1580	0,012	0,036
1590	0,012	0,035
1600	0,012	0,035

Tabel 4.7
Tabel Hasil Perhitungan
Nilai P Akibat Tekuk Lateral dan P Akibat Tegangan Leleh Terhadap Panjang Balok
Pada Kondisi t_b Berubah-ubah Akibat Beban Terpusat

tb = 1,6 cm		
L	P	Py
1	2	3
200	6409,017	309,102
225	4531,861	274,758
250	3328,485	247,282
275	2521,139	224,802
300	1958,983	206,068
325	1555,251	190,217
350	1257,603	176,630
375	1033,181	164,855
400	860,642	154,551
425	725,710	145,460
450	618,584	137,379
475	532,385	130,148
500	462,186	123,641
525	404,394	117,753
550	356,347	112,401
575	316,042	107,514
600	281,955	103,034
625	252,908	98,913
650	227,985	95,108
675	206,464	91,586
700	187,768	88,315
725	171,439	85,270
750	157,102	82,427
775	144,454	79,768
800	133,247	77,276
825	123,274	74,934
850	114,364	72,730
875	106,375	70,652
900	99,186	68,689
925	92,695	66,833
950	86,816	65,074
975	81,477	63,406
1000	76,613	61,820
1025	72,171	60,313
1050	68,104	58,877
1075	64,371	57,507
1100	60,938	56,200
1125	57,772	54,952
1150	54,848	53,757
1175	52,141	52,613
1200	49,630	51,517
1225	47,298	50,466
1250	45,127	49,456
1275	43,104	48,487

tb = 1,2 cm		
L	P	Py
1	2	3
200	6390,956	296,892
225	4516,091	263,904
250	3314,507	237,514
275	2508,607	215,922
300	1947,645	197,928
325	1544,915	182,703
350	1248,124	169,653
375	1024,442	158,343
400	852,550	148,446
425	718,188	139,714
450	611,569	131,952
475	525,824	125,007
500	456,033	118,757
525	398,611	113,102
550	350,900	107,961
575	310,902	103,267
600	277,095	98,964
625	248,307	95,006
650	223,622	91,352
675	202,320	87,968
700	183,828	84,826
725	167,688	81,901
750	153,527	79,171
775	141,044	76,617
800	129,990	74,223
825	120,161	71,974
850	111,386	69,857
875	103,523	67,861
900	96,452	65,976
925	90,073	64,193
950	84,300	62,504
975	79,059	60,901
1000	74,289	59,378
1025	69,936	57,930
1050	65,952	56,551
1075	62,299	55,236
1100	58,940	53,980
1125	55,846	52,781
1150	52,989	51,633
1175	50,347	50,535
1200	47,897	49,482
1225	45,623	48,472
1250	43,508	47,503
1275	41,537	46,571

tb = 0,8 cm		
L	P	Py
1	2	3
200	6382,241	284,683
225	4508,390	253,051
250	3307,622	227,746
275	2502,393	207,042
300	1941,992	189,788
325	1539,740	175,189
350	1243,360	162,676
375	1020,037	151,831
400	848,460	142,341
425	714,377	133,968
450	608,008	126,526
475	522,486	119,866
500	452,898	113,873
525	395,659	108,451
550	348,115	103,521
575	308,270	99,020
600	274,604	94,894
625	245,945	91,098
650	221,379	87,595
675	200,188	84,350
700	181,799	81,338
725	165,755	78,533
750	151,683	75,915
775	139,283	73,466
800	128,307	71,171
825	118,550	69,014
850	109,844	66,984
875	102,045	65,070
900	95,034	63,263
925	88,712	61,553
950	82,993	59,933
975	77,803	58,396
1000	73,081	56,937
1025	68,773	55,548
1050	64,832	54,225
1075	61,219	52,964
1100	57,899	51,760
1125	54,841	50,610
1150	52,020	49,510
1175	49,410	48,457
1200	46,992	47,447
1225	44,748	46,479
1250	42,661	45,549
1275	40,718	44,656

1	2	3
1300	41,214	47,554
1325	39,448	46,657
1350	37,793	45,793
1375	36,241	44,960
1400	34,784	44,157
1425	33,414	43,383
1450	32,125	42,635
1475	30,909	41,912
1500	29,762	41,214
1525	28,678	40,538
1550	27,653	39,884
1575	26,683	39,251
1600	25,763	38,638
1625	24,891	38,043
1650	24,063	37,467
1675	23,276	36,908
1700	22,528	36,365
1725	21,815	35,838
1750	21,137	35,326
1775	20,490	34,828
1800	19,872	34,345
1825	19,282	33,874

1	2	3
1300	39,698	45,676
1325	37,979	44,814
1350	36,371	43,984
1375	34,863	43,184
1400	33,448	42,413
1425	32,118	41,669
1450	30,867	40,951
1475	29,688	40,257
1500	28,576	39,586
1525	27,526	38,937
1550	26,533	38,309
1575	25,594	37,701
1600	24,704	37,112
1625	23,861	36,541
1650	23,060	35,987
1675	22,300	35,450
1700	21,577	34,929
1725	20,889	34,422
1750	20,234	33,931
1775	19,610	33,453
1800	19,014	32,988
1825	18,446	32,536

1	2	3
1300	38,905	43,797
1325	37,211	42,971
1350	35,626	42,175
1375	34,141	41,408
1400	32,748	40,669
1425	31,438	39,955
1450	30,207	39,267
1475	29,047	38,601
1500	27,953	37,958
1525	26,921	37,335
1550	25,945	36,733
1575	25,022	36,150
1600	24,148	35,585
1625	23,320	35,038
1650	22,533	34,507
1675	21,787	33,992
1700	21,077	33,492
1725	20,402	33,007
1750	19,759	32,535
1775	19,147	32,077
1800	18,563	31,631
1825	18,005	31,198

Tabel 4.8
Tabel Hasil Perhitungan
Nilai q Akibat Tekuk Lateral dan q Akibat Tegangan Leleh Terhadap Panjang Balok
Pada Kondisi tb Berubah-ubah Akibat Beban Merata

tb = 1,6 cm			tb = 1,2 cm			tb = 0,8 cm		
L	q	qy	L	Q	Qy	L	Q	Qy
1	2	3	1	2	3	1	2	3
200	53,975	3,091	200	53,821	2,969	200	53,759	2,847
210	44,522	2,804	210	44,384	2,693	210	44,326	2,582
220	37,064	2,555	220	36,939	2,454	220	36,886	2,353
230	31,115	2,337	230	31,001	2,245	230	30,952	2,153
240	26,322	2,147	240	26,218	2,062	240	26,173	1,977
250	22,425	1,978	250	22,330	1,900	250	22,288	1,822
260	19,230	1,829	260	19,143	1,757	260	19,104	1,685
270	16,590	1,696	270	16,509	1,629	270	16,473	1,562
280	14,392	1,577	280	14,318	1,515	280	14,284	1,452
290	12,551	1,470	290	12,482	1,412	290	12,451	1,354
300	10,999	1,374	300	10,934	1,320	300	10,905	1,265
310	9,682	1,287	310	9,622	1,236	310	9,595	1,185
320	8,560	1,207	320	8,504	1,160	320	8,478	1,112
330	7,597	1,135	330	7,545	1,091	330	7,521	1,046
340	6,769	1,070	340	6,720	1,027	340	6,697	0,985
350	6,052	1,009	350	6,006	0,969	350	5,984	0,930
360	5,429	0,954	360	5,386	0,916	360	5,366	0,879
370	4,886	0,903	370	4,845	0,867	370	4,826	0,832
380	4,411	0,856	380	4,372	0,822	380	4,354	0,789
390	3,993	0,813	390	3,956	0,781	390	3,939	0,749
400	3,624	0,773	400	3,590	0,742	400	3,573	0,712
410	3,298	0,736	410	3,265	0,706	410	3,250	0,677
420	3,009	0,701	420	2,978	0,673	420	2,963	0,646
430	2,751	0,669	430	2,722	0,642	430	2,708	0,616
440	2,521	0,639	440	2,493	0,613	440	2,480	0,588
450	2,315	0,611	450	2,289	0,586	450	2,276	0,562
460	2,131	0,584	460	2,105	0,561	460	2,093	0,538
470	1,965	0,560	470	1,941	0,538	470	1,929	0,515
480	1,815	0,537	480	1,792	0,515	480	1,781	0,494
490	1,680	0,515	490	1,658	0,495	490	1,647	0,474
500	1,557	0,495	500	1,536	0,475	500	1,526	0,455
510	1,446	0,475	510	1,426	0,457	510	1,416	0,438
520	1,345	0,457	520	1,325	0,439	520	1,316	0,421
530	1,252	0,440	530	1,234	0,423	530	1,225	0,405
540	1,168	0,424	540	1,151	0,407	540	1,142	0,391
550	1,091	0,409	550	1,074	0,393	550	1,066	0,376
560	1,021	0,394	560	1,005	0,379	560	0,997	0,363
570	0,956	0,381	570	0,941	0,366	570	0,933	0,350
580	0,897	0,368	580	0,882	0,353	580	0,874	0,339
590	0,842	0,355	590	0,828	0,341	590	0,821	0,327
600	0,792	0,343	600	0,778	0,330	600	0,771	0,316
610	0,745	0,332	610	0,732	0,319	610	0,725	0,306
620	0,702	0,322	620	0,689	0,309	620	0,683	0,296
630	0,662	0,312	630	0,650	0,299	630	0,644	0,287

3
0,093
0,092
0,090
0,089
0,087
0,086
0,084
0,083
0,082
0,080
0,079
0,078
0,077
0,075
0,074
0,073
0,072
0,071
0,070
0,069
0,068
0,067
0,066
0,065
0,064
0,063
0,062
0,061
0,060
0,060
0,059
0,058
0,057
0,056
0,056
0,055
0,054
0,054
0,053
0,052
0,051
0,051
0,050
0,050
0,049
0,048

1
1
1
1

1	2	3
640	0,625	0,302
650	0,591	0,293
660	0,559	0,284
670	0,529	0,275
680	0,502	0,267
690	0,476	0,260
700	0,452	0,252
710	0,429	0,245
720	0,408	0,239
730	0,389	0,232
740	0,370	0,226
750	0,353	0,220
760	0,337	0,214
770	0,321	0,209
780	0,307	0,203
790	0,293	0,198
800	0,281	0,193
810	0,268	0,188
820	0,257	0,184
830	0,246	0,179
840	0,236	0,175
850	0,227	0,171
860	0,218	0,167
870	0,209	0,163
880	0,201	0,160
890	0,193	0,156
900	0,186	0,153
910	0,179	0,149
920	0,172	0,146
930	0,166	0,143
940	0,160	0,140
950	0,154	0,137
960	0,148	0,134
970	0,143	0,131
980	0,138	0,129
990	0,134	0,126
1000	0,129	0,124
1010	0,125	0,121
1020	0,121	0,119
1030	0,117	0,117
1040	0,113	0,114
1050	0,109	0,112
1060	0,106	0,110
1070	0,102	0,108
1080	0,099	0,106
1090	0,096	0,104
1100	0,093	0,102
1110	0,091	0,100
1120	0,088	0,099
1130	0,085	0,097
1140	0,083	0,095

1	2	3
640	0,613	0,290
650	0,579	0,281
660	0,548	0,273
670	0,519	0,265
680	0,491	0,257
690	0,466	0,249
700	0,442	0,242
710	0,420	0,236
720	0,399	0,229
730	0,380	0,223
740	0,362	0,217
750	0,345	0,211
760	0,329	0,206
770	0,314	0,200
780	0,299	0,195
790	0,286	0,190
800	0,274	0,186
810	0,262	0,181
820	0,251	0,177
830	0,240	0,172
840	0,230	0,168
850	0,221	0,164
860	0,212	0,161
870	0,203	0,157
880	0,195	0,153
890	0,188	0,150
900	0,180	0,147
910	0,174	0,143
920	0,167	0,140
930	0,161	0,137
940	0,155	0,134
950	0,149	0,132
960	0,144	0,129
970	0,139	0,126
980	0,134	0,124
990	0,130	0,121
1000	0,125	0,119
1010	0,121	0,116
1020	0,117	0,114
1030	0,113	0,112
1040	0,109	0,110
1050	0,106	0,108
1060	0,102	0,106
1070	0,099	0,104
1080	0,096	0,102
1090	0,093	0,100
1100	0,090	0,098
1110	0,087	0,096
1120	0,085	0,095
1130	0,082	0,093
1140	0,080	0,091

1	2	3
640	0,607	0,278
650	0,574	0,270
660	0,542	0,261
670	0,513	0,254
680	0,486	0,246
690	0,461	0,239
700	0,437	0,232
710	0,415	0,226
720	0,395	0,220
730	0,376	0,214
740	0,358	0,208
750	0,341	0,202
760	0,325	0,197
770	0,310	0,192
780	0,296	0,187
790	0,283	0,182
800	0,270	0,178
810	0,258	0,174
820	0,247	0,169
830	0,237	0,165
840	0,227	0,161
850	0,218	0,158
860	0,209	0,154
870	0,200	0,150
880	0,193	0,147
890	0,185	0,144
900	0,178	0,141
910	0,171	0,138
920	0,165	0,135
930	0,159	0,132
940	0,153	0,129
950	0,147	0,126
960	0,142	0,124
970	0,137	0,121
980	0,132	0,119
990	0,127	0,116
1000	0,123	0,114
1010	0,119	0,112
1020	0,115	0,109
1030	0,111	0,107
1040	0,107	0,105
1050	0,104	0,103
1060	0,101	0,101
1070	0,097	0,099
1080	0,094	0,098
1090	0,091	0,096
1100	0,089	0,094
1110	0,086	0,092
1120	0,083	0,091
1130	0,081	0,089
1140	0,078	0,088

Tabel 4.9
Tabel Hasil Perhitungan
Nilai P Akibat Tekuk Lateral dan P Akibat Tegangan Leleh Terhadap Panjang Balok
Pada Kondisi Mutu Baja Berubah-ubah Akibat Beban Terpusat

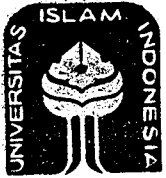
L	P	BJ 37 Py	BJ 52 Py
1	2	3	4
200	8160,499	240,404	735,606
225	5756,685	213,692	653,872
250	4217,146	192,323	588,485
275	3185,359	174,839	534,986
300	2467,762	160,269	490,404
325	1953,050	147,941	452,681
350	1574,106	137,374	420,346
375	1288,815	128,215	392,323
400	1069,828	120,202	367,803
425	898,860	113,131	346,168
450	763,369	106,846	326,936
475	654,552	101,223	309,729
500	566,110	96,162	294,242
525	493,449	91,582	280,231
550	433,169	87,420	267,493
575	382,716	83,619	255,863
600	340,144	80,135	245,202
625	303,953	76,929	235,394
650	272,975	73,970	226,340
675	246,291	71,231	217,957
700	223,170	68,687	210,173
725	203,027	66,318	202,926
750	185,388	64,108	196,162
775	169,868	62,040	189,834
800	156,152	60,101	183,902
825	143,980	58,280	178,329
850	133,134	56,566	173,084
875	123,435	54,949	168,139
900	114,731	53,423	163,468
925	106,894	51,979	159,050
950	99,816	50,611	154,864
975	93,404	49,314	150,894
1000	87,579	48,081	147,121
1025	82,273	46,908	143,533
1050	77,427	45,791	140,115
1075	72,992	44,726	136,857
1100	68,923	43,710	133,747
1125	65,181	42,738	130,774
1150	61,733	41,809	127,931
1175	58,549	40,920	125,210
1200	55,604	40,067	122,601
1225	52,874	39,250	120,099
1250	50,340	38,465	117,697
1275	47,983	37,710	115,389

1	2	3	4
1300	45,788	36,985	113,170
1325	43,740	36,287	111,035
1350	41,826	35,615	108,979
1375	40,035	34,968	106,997
1400	38,357	34,343	105,087
1425	36,783	33,741	103,243
1450	35,304	33,159	101,463
1475	33,913	32,597	99,743
1500	32,603	32,054	98,081
1525	31,368	31,528	96,473
1550	30,202	31,020	94,917
1575	29,100	30,527	93,410
1600	28,058	30,051	91,951
1625	27,072	29,588	90,536
1650	26,137	29,140	89,164
1675	25,250	28,705	87,834
1700	24,408	28,283	86,542
1725	23,607	27,873	85,288
1750	22,846	27,475	84,069
1775	22,122	27,088	82,885
1800	21,431	26,712	81,734
1825	20,773	26,346	80,614

Tabel 4.10
Tabel Hasil Perhitungan
Nilai q Akibat Tekuk Lateral dan q Akibat Tegangan Leleh Terhadap Panjang Balok
Pada Kondisi Mutu Baja Berubah-ubah Akibat Beban Merata

L	q	BJ 37 qy	BJ 52 qy
1	2	3	4
200	68,743	4,904	7,356
210	56,652	4,448	6,672
220	47,116	4,053	6,079
230	39,515	3,708	5,562
240	33,394	3,406	5,108
250	28,420	3,139	4,708
260	24,344	2,902	4,353
270	20,978	2,691	4,036
280	18,178	2,502	3,753
290	15,834	2,332	3,499
300	13,859	2,180	3,269
310	12,185	2,041	3,062
320	10,758	1,916	2,873
330	9,537	1,801	2,702
340	8,486	1,697	2,545
350	7,577	1,601	2,402
360	6,788	1,514	2,270
370	6,101	1,433	2,149
380	5,499	1,358	2,038
390	4,971	1,290	1,935
400	4,506	1,226	1,839
410	4,095	1,167	1,750
420	3,730	1,112	1,668
430	3,406	1,061	1,591
440	3,116	1,013	1,520
450	2,858	0,969	1,453
460	2,626	0,927	1,391
470	2,418	0,888	1,332
480	2,230	0,851	1,277
490	2,061	0,817	1,225
500	1,907	0,785	1,177
510	1,768	0,754	1,131
520	1,642	0,725	1,088
530	1,527	0,698	1,047
540	1,422	0,673	1,009
550	1,327	0,648	0,973
560	1,239	0,626	0,938
570	1,159	0,604	0,906
580	1,085	0,583	0,875
590	1,017	0,564	0,845
600	0,955	0,545	0,817
610	0,897	0,527	0,791
620	0,844	0,510	0,765
630	0,795	0,494	0,741

1	2	3	4
640	0,750	0,479	0,718
650	0,707	0,464	0,696
660	0,668	0,450	0,675
670	0,632	0,437	0,655
680	0,598	0,424	0,636
690	0,566	0,412	0,618
700	0,537	0,400	0,600
710	0,510	0,389	0,584
720	0,484	0,378	0,568
730	0,460	0,368	0,552
740	0,437	0,358	0,537
750	0,416	0,349	0,523
760	0,397	0,340	0,509
770	0,378	0,331	0,496
780	0,361	0,322	0,484
790	0,344	0,314	0,471
800	0,329	0,307	0,460
810	0,314	0,299	0,448
820	0,301	0,292	0,438
830	0,288	0,285	0,427
840	0,275	0,278	0,417
850	0,264	0,272	0,407
860	0,253	0,265	0,398
870	0,243	0,259	0,389
880	0,233	0,253	0,380
890	0,224	0,248	0,371
900	0,215	0,242	0,363
910	0,206	0,237	0,355
920	0,198	0,232	0,348
930	0,191	0,227	0,340
940	0,184	0,222	0,333
950	0,177	0,217	0,326
960	0,171	0,213	0,319
970	0,164	0,208	0,313
980	0,158	0,204	0,306
990	0,153	0,200	0,300
1000	0,148	0,196	0,294
1010	0,142	0,192	0,288
1020	0,138	0,189	0,283
1030	0,133	0,185	0,277
1040	0,128	0,181	0,272
1050	0,124	0,178	0,267
1060	0,120	0,175	0,262
1070	0,116	0,171	0,257
1080	0,113	0,168	0,252
1090	0,109	0,165	0,248
1100	0,106	0,162	0,243
1110	0,102	0,159	0,239
1120	0,099	0,156	0,235
1130	0,096	0,154	0,230
1140	0,093	0,151	0,226



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta

Propose 1 bl
TA 3 bl
Muz

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
1	ADIRISDIYANTO P.	92 310 060		TSS
2	NANA ROCHMANA	92 310 144		TSS

JUDUL TUGAS AKHIR : ...ANALISIS PARAMETER TEKUK LATERAL BAJA.....
PROFIL I.....

Dosen Pembimbing I : IR. H. SUSASTRAWAN MS
Dosen Pembimbing II : IR. H. SUHARYA MS, MT



Yogyakarta, 09 Mei 2000
Dekan,

IR. H. T. ADJUDDIN BM ARIS, MS

CATATAN - KONSULTASI

No.	Tanggal	Konsultasi ke :	KETERANGAN	Paraf
2	16/5/00	-	- Perbaiki sesuai petunjuk - grafik → profil standar → F_y → variabel → ?	
	29/5/00	-	Buat maska proposal	
	6/6/00	-	Perbaiki	
	22/8/00	-	Perbaiki Tabel 2	
	26/8/00	-	Dapat dilanjutkan Struktur → dibuat	DPT
	3/9/00	-	Perbaiki	
	17/9/00	-	Acc	

1	2	3	4
1150	0,090	0,148	0,222
1160	0,088	0,146	0,219
1170	0,085	0,143	0,215
1180	0,083	0,141	0,211
1190	0,080	0,139	0,208
1200	0,078	0,136	0,204
1210	0,076	0,134	0,201
1220	0,074	0,132	0,198
1230	0,072	0,130	0,194
1240	0,070	0,128	0,191
1250	0,068	0,126	0,188
1260	0,066	0,124	0,185
1270	0,064	0,122	0,182
1280	0,063	0,120	0,180
1290	0,061	0,118	0,177
1300	0,059	0,116	0,174
1310	0,058	0,114	0,171
1320	0,056	0,113	0,169
1330	0,055	0,111	0,166
1340	0,054	0,109	0,164
1350	0,052	0,108	0,161
1360	0,051	0,106	0,159
1370	0,050	0,105	0,157
1380	0,048	0,103	0,155
1390	0,047	0,102	0,152
1400	0,046	0,100	0,150
1410	0,045	0,099	0,148
1420	0,044	0,097	0,146
1430	0,043	0,096	0,144
1440	0,042	0,095	0,142
1450	0,041	0,093	0,140
1460	0,040	0,092	0,138
1470	0,039	0,091	0,136
1480	0,038	0,090	0,134
1490	0,037	0,088	0,133
1500	0,037	0,087	0,131
1510	0,036	0,086	0,129
1520	0,035	0,085	0,127
1530	0,034	0,084	0,126
1540	0,034	0,083	0,124
1550	0,033	0,082	0,122
1560	0,032	0,081	0,121
1570	0,031	0,080	0,119
1580	0,031	0,079	0,118
1590	0,030	0,078	0,116
1600	0,030	0,077	0,115