

TUGAS AKHIR
STUDI KOMPARASI ANALISIS KAPASITAS
LENTUR DAN GESER GELAGAR PELAT DENGAN
METODE ASD-AISC DAN METODE LRFD-AISC



Disusun oleh :

Nama : ARIFAWANSYAH
No. Mhs : 92 310 198
NIRM : 920051013114120198

Nama : HARI DODI S.
No.Mhs : 92310216
NIRM : 920051013114120216

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1998

TUGAS AKHIR
STUDI KOMPARASI ANALISIS KAPASITAS
LENTUR DAN GESER GELAGAR PELAT DENGAN
METODE ASD-AISC DAN METODE LRFD-AISC

Disusun dan diajukan untuk memenuhi syarat ujian akhir
guna memperoleh gelar sarjana jenjang strata 1
jurusan Teknik Sipil Pada
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UII

Disusun oleh :

ARIFAWANSYAH

No. Mhs : 92 310 198

NIRM : 920051013114120198

HARI DODI SANTOSO

No.Mhs : 92 310 216

NIRM : 920051013114120216

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1998

TUGAS AKHIR
STUDI KOMPARASI ANALISIS KAPASITAS
LENTUR DAN GESER GELAGAR PELAT DENGAN
METODE ASD-AISC DAN METODE LRFD-AISC

Disusun oleh :

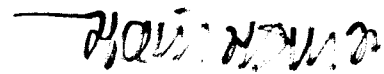
ARIFAWANSYAH
No. Mhs : 92 310 198
NIRM : 920051013114120198

HARI DODI SANTOSO
No.Mhs : 92 310 216
NIRM : 920051013114120216

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. H. A. Halim Hasmar, MT .

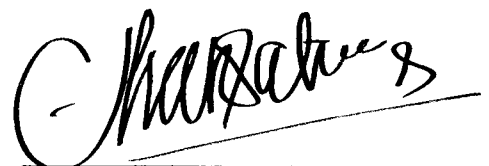
Dosen Pembimbing I



Tanggal: 4.11.98.

Ir. Suharyatmo, MT

Dosen Pembimbing II



Tanggal: 3-11-98

Kupersembahkan Tugas Akhir ini buat:

Papa dan Mama,

Ade'ku Yuli Budiati

dan kelima adik adikku Iyoi, Wawan,

Andri, Iman dan Eksa

Bapak dan Ibu Dirman serta Mba' Umi

PRAKATA

Assalamualaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah, kami panjatkan kehadirat Allah-SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, tak lupa shalawat serta salam kami haturkan pada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang amat kasih pada umatnya, sehingga laporan Tugas Akhir yang dilaksanakan sebagai syarat untuk memenuhi jenjang strata satu (S-1) pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia dapat diselesaikan.

Disadari bahwa Tugas Akhir ini belum sempurna, masih ada kekurangan yang perlu diperbaiki dan disempurnakan. Juga berbagai masalah yang belum bisa dibahas karena keterbatasan waktu dan kemampuan.

Selama penyelesaian Tugas Akhir banyak diperoleh bimbingan dan saran dari berbagai pihak. Untuk itu perkenankanlah ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Widodo, MSCE., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
2. Bapak Ir. Tadjuddin BMA, MS., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
3. Bapak Ir. A. Halim Hasmar, MT., selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberi bimbingan dan pengarahan serta saran dalam penyelesaian Tugas Akhir.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR NOTASI	xii
ABSTRAK	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Pokok Masalah	2
1.3 Maksud dan Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Keaslian Penelitian	4
1.6 Metode Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Konsep Dasar	7
2.2 Metode Desain	8
2.3 Konsep Desain Kemungkinan	9
2.4 Desain Struktur	11
2.4.1 Metode <i>Allowable Stress Design</i> (ASD)	12
2.4.2 Metode <i>Load and Resistance Factor Design</i> (LRFD)	14
2.5 Tinjauan Umum Gelagar Pelat	17
2.5.1 Tipe-tipe Gelagar Pelat	17
2.5.2 Elemen-elemen Gelagar Pelat	18
2.5.3 <i>Buckling Mode</i> dalam Gelagar Pelat	19

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	75
5.1 Kesimpulan	75
5.2 Saran	75
DAFTAR PUSTAKA	77
LAMPIRAN	

4. Bapak Ir. Suharyatmo, MT., selaku Dosen pembimbing II
5. Dosen dan karyawan Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
6. Kedua orang tua yang telah memberi bantuan moril dan materiil atas selesainya Tugas Akhir.
7. Teman-teman Wahyu, Fikri, Muda, Sholeh, Ian, Ulin, Winarno, Agung, Asrul, Iphung, Aqi yang telah memberi dorongan moril atas selesainya Tugas Akhir.
8. Semua pihak yang tidak sempat disebutkan satu persatu, yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir.

Semoga Allah SWT membalas semua amal baik yang telah diberikan dan semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi semua.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, September 1998

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Alir Penelitian	5
Gambar 1.2 Diagram Alir Analisis	6
Gambar 2.1 Distribusi frekwensi beban Q dan resistensi R	10
Gambar 2.2 Index reabilitas β	10
Gambar 2.3 Daerah perencanaan aman dan gagal	12
Gambar 2.4 Tipe-tipe tipikal gelagar pelat	18
Gambar 2.5 Tipikal gelagar pelat	18
Gambar 2.6 Macam-macam tekuk	20
Gambar 2.7 Pelat badan dalam keadaan momen murni	22
Gambar 2.8 Hubungan stabilitas elastis untuk tekuk lentur badan	22
Gambar 2.9 Hubungan antara tanda-tanda dari momen lentur dan kelengkungan ..	27
Gambar 2.10 Balok dengan daerah pusat berada dalam keadaan lentur murni	28
Gambar 2.11 Balok dibawah beban biaksial dan uniaksial	28
Gambar 2.12 Pemakian metode irisan pada balok	29
Gambar 2.13 Deformasi elemen balok akibat lentur	31
Gambar 2.14 Arah gaya geser	39
Gambar 2.15 Sampel peristiwa geser murni dan tercampur	39
Gambar 2.16 Tegangan geser dalam badan balok dari sebuah balok flens lebar ..	40
Gambar 2.17 Distribusi tegangan	44
Gambar 2.18 Aksi medan tarik	45
Gambar 2.19 Kapasitas geser yang tersedia dengan memperhitungkan kekuatan pasca tekuk	46
Gambar 3.1 Hubungan antara kapasitas lentur tak terfaktor dengan tebal badan untuk $L_b = 40$ ft dan $h_c = 100$ in	57
Gambar 3.2 Hubungan antara kapasitas lentur terfaktor dengan tebal badan untuk $L_b = 40$ ft dan $h_c = 100$ in	57

Gambar 3.3 Hubungan antara kapasitas lentur ASD dengan LRFD dengan tebal badan untuk $L_b = 40$ ft dan $h_c = 100$ in.....	58
Gambar 3.4 Hubungan antara nilai rasio LRFD/ASD dengan tebal badan untuk $L_b = 40$ ft dan $h_c = 100$ in.....	58
Gambar 3.5 Hubungan antara kapasitas lentur tak terfaktor dengan tebal badan untuk $L_b = 80$ ft dan $h_c = 100$ in	59
Gambar 3.6 Hubungan antara kapasitas lentur terfaktor dengan tebal badan untuk $L_b = 80$ ft dan $h_c = 100$ in.....	59
Gambar 3.7 Hubungan antara kapasitas lentur ASD dengan LRFD dengan tebal badan untuk $L_b = 80$ ft dan $h_c = 100$ in.....	60
Gambar 3.8 Hubungan antara nilai rasio LRFD/ASD dengan tebal badan untuk $L_b = 80$ ft dan $h_c = 100$ in	60
Gambar 3.9 Hubungan antara kapasitas lentur tak terfaktor dengan tebal badan untuk $L_b = 100$ ft dan $h_c = 100$ in.....	61
Gambar 3.10 Hubungan antara kapasitas lentur terfaktor dengan tebal badan untuk $L_b = 100$ ft dan $h_c = 100$ in.....	61
Gambar 3.11 Hubungan antara kapasitas lentur ASD dengan LRFD dengan tebal badan untuk $L_b = 100$ ft dan $h_c = 100$ in.....	62
Gambar 3.12 Hubungan antara nilai rasio LRFD/ASD dengan tebal badan untuk $L_b = 100$ ft dan $h_c = 100$ in	63
Gambar 3.13 Hubungan antara kapasitas lentur tak terfaktor dengan tebal badan untuk $L_b = 130$ ft dan $h_c = 100$ in.....	63
Gambar 3.14 Hubungan antara kapasitas lentur terfaktor dengan tebal badan untuk $L_b = 130$ ft dan $h_c = 100$ in.....	63
Gambar 3.15 Hubungan antara kapasitas lentur ASD dengan LRFD dengan tebal badan untuk $L_b = 130$ ft dan $h_c = 100$ in.....	64
Gambar 3.16 Hubungan antara nilai rasio LRFD/ASD dengan tebal badan untuk $L_b = 130$ ft dan $h_c = 100$ in.....	64

Gambar 3.17 Hubungan antara kapasitas lentur tak terfaktor dengan tebal badan untuk $L_b = 150$ ft dan $h_c = 100$ in	65
Gambar 3.18 Hubungan antara kapasitas lentur terfaktor dengan tebal badan untuk $L_b = 150$ ft dan $h_c = 100$ in.....	65
Gambar 3.19 Hubungan antara kapasitas lentur ASD dengan LRFD dengan tebal badan untuk $L_b = 150$ ft dan $h_c = 100$ in.....	66
Gambar 3.20 Hubungan antara nilai rasio LRFD/ASD dengan tebal badan untuk $L_b = 150$ ft dan $h_c = 100$ in	66
Gambar 3.21 Hubungan antara kapasitas geser tak terfaktor dengan tebal badan untuk $L_b = 40$ ft dan $h_c = 100$ in.....	67
Gambar 3.22 Hubungan antara kapasitas geser terfaktor dengan tebal badan untuk $L_b = 40$ ft dan $h_c = 100$ in.....	67
Gambar 3.23 Hubungan antara kapasitas geser ASD dengan LRFD dengan tebal badan untuk $L_b = 40$ ft dan $h_c = 100$ in.....	68
Gambar 3.24 Hubungan antara nilai rasio LRFD/ASD dengan tebal badan untuk $L_b = 40$ ft dan $h_c = 100$ in.....	68
Gambar 4.1 Hubungan antara nilai rasio Momen LRFD / Momen ASD dengan panjang bentang untuk $h_c = 100$ in	70
Gambar 4.2 Hubungan antara nilai rasio geser LRFD/ ASD dengan panjang bentang untuk $h_c = 100$ in dan $a = 200$ in	71

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Faktor keamanan untuk ASD.....	14
Tabel 2.2 Faktor reduksi kekuatan bahan.....	17
Tabel 2.3 Pembatasan h_c / t_w maksimum	21
Tabel 3.1 Rasio kapasitas lentur metode ASD dan LRFD $L_b = 40$ ft, $h_c = 100$ ft, $b_f = 35$ ft, $t_f = 2,5$ in	57
Tabel 3.2 Rasio kapasitas lentur metode ASD dan LRFD $L_b = 80$ ft, $h_c = 100$ ft, $b_f = 35$ ft, $t_f = 2,5$ in	59
Tabel 3.3 Rasio kapasitas lentur metode ASD dan LRFD $L_b = 100$ ft, $h_c = 100$ ft, $b_f = 35$ ft, $t_f = 2,5$ in	61
Tabel 3.4 Rasio kapasitas lentur metode ASD dan LRFD $L_b = 130$ ft, $h_c = 100$ ft, $b_f = 35$ ft, $t_f = 2,5$ in	63
Tabel 3.5 Rasio kapasitas lentur metode ASD dan LRFD $L_b = 150$ ft, $h_c = 100$ ft, $b_f = 35$ ft, $t_f = 2,5$ in	65
Tabel 3.6 Rasio kapasitas geser metode ASD dan LRFD $L_b = 40$ ft, $h_c = 100$ ft, $b_f = 35$ ft, $t_f = 2,5$ in	67
Tabel 4.1 Rasio kapasitas rata-rata metode ASD.....	70
Tabel 4.2 Rasio kapasitas Geser rata-rata metode ASD dan LRFD.....	72

DAFTAR NOTASI

umbu x	a	= jarak antar pengaku
umbu y	α	= rasio tegangan leleh baja badan terhadap tegangan leleh baja sayap
lentur	A_f	= luas sayap gelagar pelat
ujung bent	A_g	= luas bruto gelagar
terfaktor	A_w	= luas badan gelagar pelat
faktor	A_r	= rasio luas penampang lintang badan terhadap luas penampang sayap tekan
tan momen	Δl	= penambahan atau pemendekan serat balok
bilan badan	bf	= lebar sayap gelagar pelat
x	β	= rasio luas penampang lintang badan terhadap luas penampang salah satu sayap
x yang dia	β_w	= angka kelangsingan badan dari rasio tinggi badan terhadap tebal badan
x yang dia	C_1	= faktor untuk memperhitungkan pengurangan ukuran sayap pada daerah yang lebih rendah dari momen maksimum
li	C_2	= faktor untuk memperhitungkan pengurangan tebal pelat badan pada daerah pengurangan gaya geser
ampang ke	C_b	= koefisien lentur
ampang ke	C_v	= koefisien geser
	D	= tinggi gelagar
	E	= modulus elastisitas balok
	ϵ	= regangan
	F_b	= tegangan ijin lentur
	F_y	= tegangan leleh baja
	F_{cr}	= tegangan tekuk pada sayap tarik
	F_{yf}	= tegangan leleh baja pada sayap
	F_{yt}	= tegangan leleh sayap tekan
	F_{yw}	= tegangan leleh baja pada badan

ABSTRAK

Gelagar pelat terutama dikehendaki untuk struktur lentur dengan bentang panjang, sehingga akan memberikan penggunaan bahan yang lebih ekonomis dibandingkan dengan yang bisa diperoleh dari balok profil giling. Gelagar pelat dipergunakan jika kapasitas profil giling sudah tidak mencukupi. Sekarang ini untuk mendesain baja struktur dipergunakan dua metode desain, desain tegangan kerja (yang diacu oleh AISC sebagai *Allowable Stress Design = ASD*) dan desain keadaan batas (yang diacu oleh AISC sebagai *Load and Resistance Factor Design = LRFD*). Desain tegangan kerja telah menjadi metode utama selama 100 tahun terakhir. Akhir akhir ini, desain struktural telah bergeser menuju prosedur desain yang lebih rasional dan berdasarkan pada probabilitas yang disebut sebagai desain keadaan batas. Meskipun demikian, pentinglah bahwa desainer memahami kedua metode desain tersebut, karena banyak struktur akan tetap didesain dengan metode ASD dan desainer mungkin kerap kali harus mengevaluasi struktur-struktur yang didesain di masa lalu. Penelitian analisis kapasitas lentur dan geser pada gelagar pelat dengan metode ASD dan metode LRFD menunjukkan bahwa pada bentang 40 ft sampai dengan 150 ft, analisis kapasitas lentur dengan metode *Load and Resistance Factor Design* memberikan layanan antara 1 % sampai dengan 30 % lebih besar dibandingkan dengan metode *Allowable Stress Design*. Untuk analisis kapasitas geser dengan metode *Load and Resistance Factor Design* memberikan layanan sebesar 11,1% lebih besar dibandingkan dengan metode *Allowable Stress Design*. Dari penelitian analisis kapasitas lentur dan geser pada gelagar pelat, didapatkan bahwa metode LRFD memberikan struktur yang lebih efisien dibandingkan dengan metode ASD.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gelagar pelat adalah balok yang dibentuk dari elemen-elemen pelat untuk mencapai penataan bahan yang lebih efisien dibandingkan dengan yang bisa diperoleh dari balok profil giling (*rolled shape*). Gelagar pelat akan lebih ekonomis bila panjang bentang sedemikian rupa hingga biaya untuk keperluan tertentu bisa dihemat dalam perencanaan. Bentuk yang paling umum terdiri dari dua pelat sayap tebal dimana diantaranya dilas terhadap pelat badan yang relatif tipis. Pada titik-titik beban terpusat atau reaksi badan gelagar biasanya diperkuat dengan pengaku dukung untuk mendistribusikan gaya-gaya lokal terpusat kedalam badan. Pengaku longitudinal dan pengaku antara tengah dapat ditambahkan untuk memberikan peranan yang sungguh berbeda terutama menambah kuat tekuk dan oleh karena itu dapat meningkatkan keefektifan badan dalam menahan geser, momen, atau tegangan-tegangan kombinasinya.

Gelagar pelat terutama dikehendaki untuk jembatan-jembatan jalan raya, gelagar pelat tersebut terutama untuk memberikan penglihatan tak terbatas dan mengurangi problem-problem jarak ruangan dalam simpangan lalu lintas dan jembatan penyeberang bersusun yang kompleks. Gelagar pelat juga sering dipakai dalam berbagai tipe bangunan dan pabrik industri untuk mendukung beban-beban

berat.

Pada dekade sekarang bentang ekonomis maksimum pada gelagar pelat telah diperoleh sebagian dengan reduksi tebal badan yang diperlukan, dimana diakibatkan oleh pemakaian konsep medan tarik yang mengijinkan pemanfaatan kekuatan tekuk purna badan girder

1.2 Pokok Masalah

Salah satu faktor yang sangat berpengaruh terhadap suatu desain adalah harus memberikan keamanan yang cukup terhadap kemungkinan kelebihan beban atau *over load* dan kurangnya kekuatan atau *under strength* (Salmon dan Johnson, 1992).

Berbagai filosofi suatu desain haruslah mengacu hal diatas tersebut, diantaranya pada metode *Allowable Stress Design* (ASD) dan pada metode *Load and Resistance Factor Design* (LRFD). Pada metode *Allowable Stress Design* didasarkan pada filosofi sederhana dan logis yang didasarkan atas tegangan yang diijinkan (*allowable stress*) yang biasanya diambil sebesar dua pertiga atau sekitar enam puluh persen dari tegangan leleh baja atau *yield stress* (Salmon dan Johnson, 1992), jadi dalam *Allowable Stress Design* nilai tegangan yang diijinkan diambil sebagai persentase nilai tegangan leleh baja. Struktur harus direncanakan sedemikian rupa sehingga tegangan kerja yang diakibatkan oleh aksi beban kerja yang dihitung secara mekanika tidak melampaui tegangan ijin yang ditetapkan (Spiegel dan Limbrunner, 1991).

Metode *Load and Resistance Factor Design* perencanaan beban kerja dikalikan dengan beberapa faktor beban yang dinamakan beban berfaktor (*load factor*) yang besarnya bervariasi seperti besarnya 1.2 untuk beban mati, 1.6 untuk

beban hidup, 1.5 untuk beban gempa. Selain faktor beban juga ada faktor reduksi kekuatan bahan, faktor reduksi kekuatan bahan digunakan untuk memperhitungkan variasi perbedaan kekuatan bahan yang diperhitungkan dengan kekuatan bahan yang sebenarnya (Salmon dan Johnson, 1992).

1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan mengadakan penelitian pada studi komparasi gelagar pelat dengan metode *Allowable Stress Design* dan metode *Load and Resistance Factor Design* adalah sebagai berikut:

1. Menghitung kapasitas geser dan kapasitas lentur gelagar pelat profil I las dengan metode *Allowable Stress Design*.
2. Menghitung kapasitas geser dan kapasitas lentur gelagar pelat profil I las dengan metode *Load and Resistance Factor Design*.
3. Membandingkan antara metode *Allowable Stress Design* dan metode *Load and Resistance Factor Design* dengan menggunakan profil I las, serta pengaruh kelangsingan badan, panjang bentang terhadap kapasitas lentur dan kapasitas geser yang dihasilkan.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam tugas akhir pada analisis kapasitas lentur dan geser gelagar pelat dengan metode ASD dan metode LRFD adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan dilakukan hanya dengan menggunakan beban mati dan beban hidup.
2. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan bentang tunggal (*simple beam*) dengan asumsi tumpuan sendi dan rol.
3. Profil yang digunakan adalah profil I Las (non hibrida).

4. Perhitungan dilakukan dengan panjang bentang 40 ft, 80 ft, 100 ft, 130 ft dan 150 ft.
5. Perhitungan pada bentang 40 ft dilakukan dengan manual sedangkan untuk bentang selanjutnya dipakai dengan komputer.
6. Analisa perhitungan gelagar pelat menggunakan teori elastis.
7. Perbandingan dalam perhitungan metode *Allowable Stress Design* dan *Load and Resistance Factor Design* profil tampang I hanya ditujukan untuk mencari persentase kapasitas momen lentur dan kapasitas geser.
8. Tinggi gelagar pelat diambil antara 1/10 sampai dengan 1/25 panjang bentang gelagar pelat.
9. Variasi tebal badan diambil 0,31 in, 0,34 in, 0,38 in, dan 0,42 in.

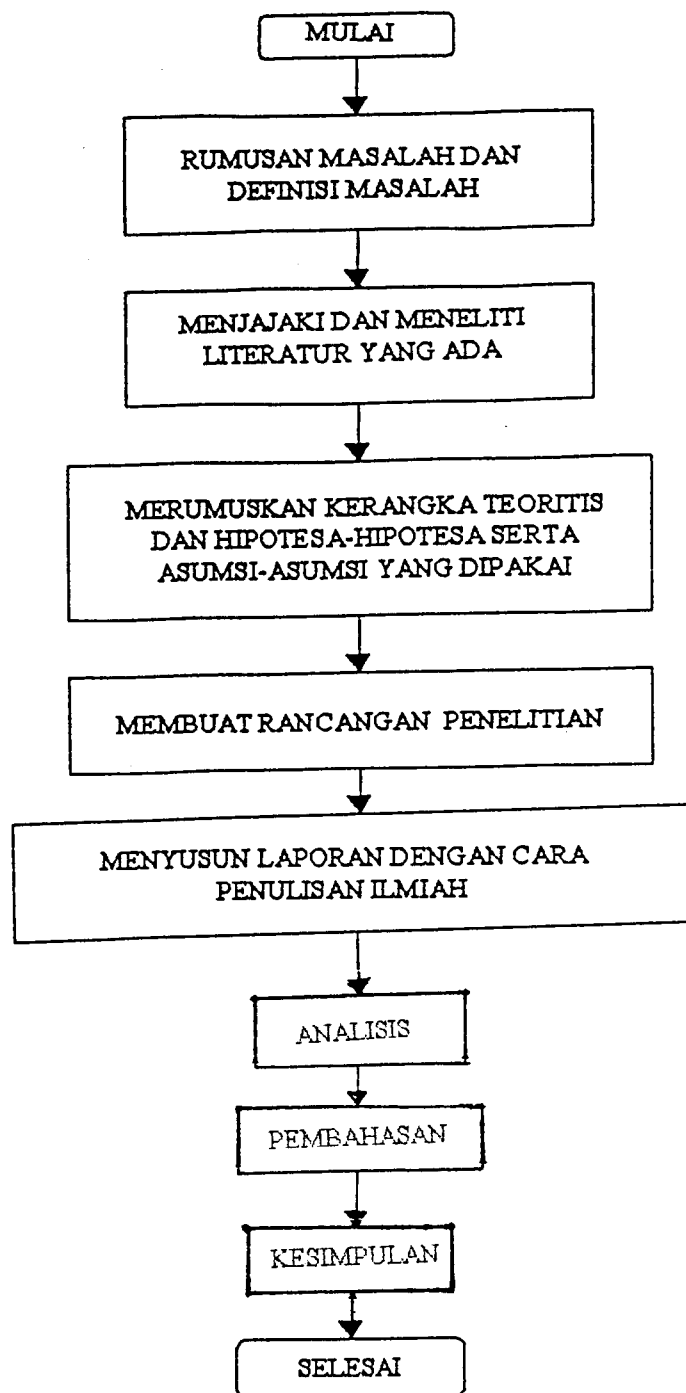
1.5 Keaslian Penelitian

Sejauh pengetahuan yang ada, judul penulisan yang diketengahkan belum pernah dijadikan tema ataupun judul sebagai bahan tugas akhir oleh mahasiswa Teknik Sipil pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

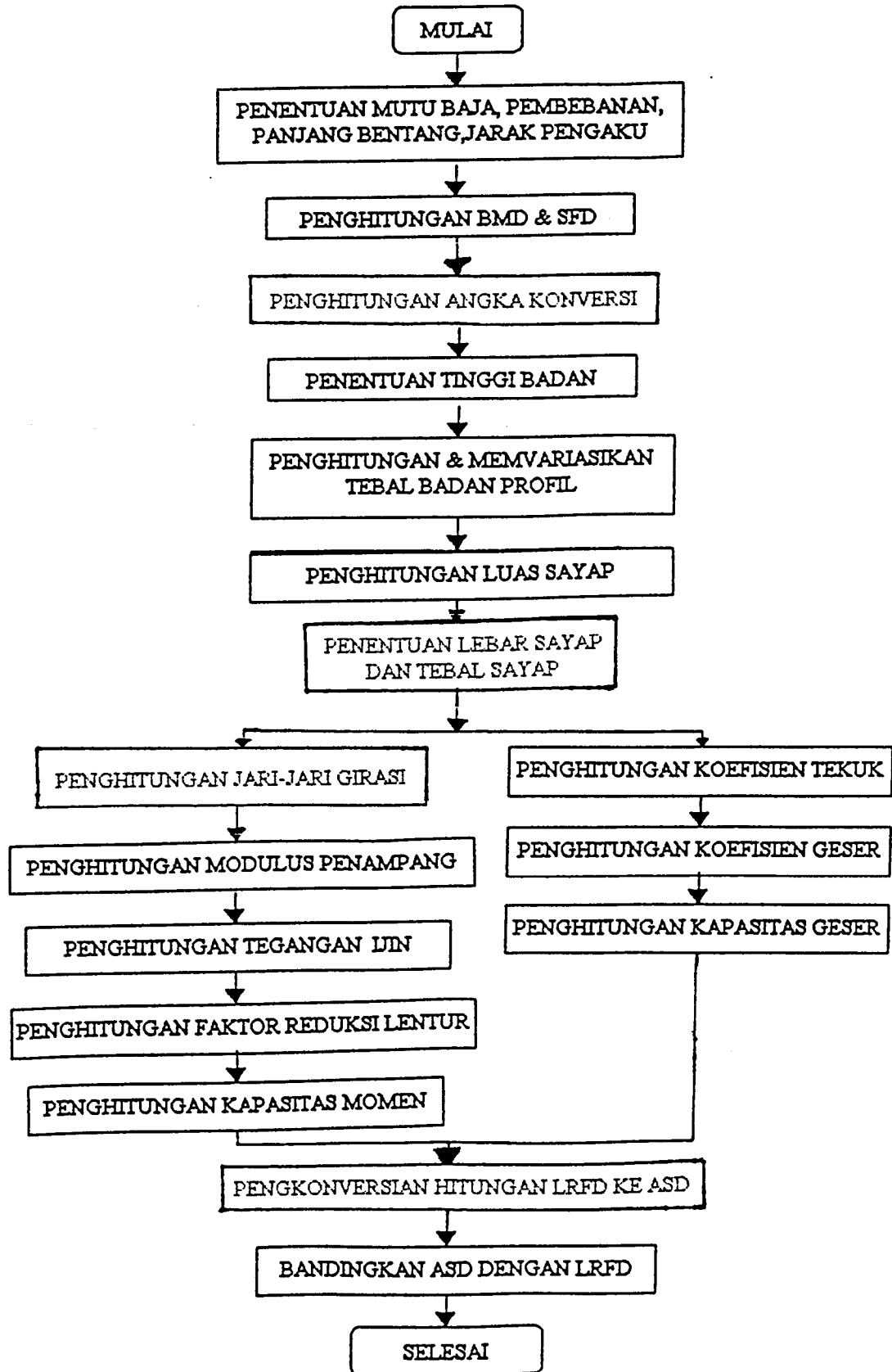
Keaslian penelitian tema tugas akhir dengan judul studi komparasi analisis kapasitas geser dan lentur gelagar pelat dengan metode ASD dan metode LRFD dapat dipertanggung-jawabkan, sehingga dengan adanya tema dalam tugas akhir tersebut, akan dapat sebagai pengetahuan tentang struktur baja khususnya gelagar pelat baik secara teori maupun praktek dilapangan.

1.6 Metode Penelitian

Penelitian Tugas Akhir didasarkan pada studi literatur mengenai analisis struktur gelagar pelat. Langkah langkah penelitian dan analisis digambarkan dalam diagram alir sebagai berikut:



Gambar 1.1 Diagram alir penelitian



Gambar 1.2 Diagram alir analisis

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konsep Dasar

Dalam mendesain suatu struktur dianggap terdiri dari dua bagian, yaitu desain fungsional dan desain kerangka kerja struktural. Desain fungsional akan menjamin tercapainya hasil-hasil yang dikehendaki, sedangkan desain kerangka kerja struktural berarti pemilihan susunan serta ukuran-ukuran elemen struktur yang tepat, sehingga beban-beban layanan bekerja dengan aman.

Prosedur desain struktur secara garis besar dapat digambarkan sebagai berikut (Salmon dan Johnson, 1992):

1. Perencanaan

Perencanaan adalah penentuan fungsi-fungsi yang akan dilayani oleh struktur yang bersangkutan. Tentukan kriteria-kriteria untuk mengukur apakah desain yang dihasilkan telah optimum.

2. Konfigurasi struktur pendahuluan

Susunan-susunan dari elemen-elemen yang akan melayani fungsi-fungsi pada langkah perencanaan.

3. Penentuan beban-beban rencana

4. Pemilihan batang pendahuluan

Pemilihan dimensi profil yang memenuhi kriteria obyektif, seperti berat atau biaya

minimum dilakukan berdasarkan keputusan dari langkah perencanaan, konfigurasi struktur pendahuluan dan penentuan beban rencana.

5. Analisis

Analisis struktural dengan membuat model beban-beban dan kerangka kerja struktural untuk mendapatkan gaya-gaya internal dan defleksi yang dikehendaki.

6. Evaluasi

Apakah semua persyaratan kekuatan dan kemampuan kerja telah terpenuhi dan apakah hasilnya sudah optimum. Bandingkan dengan kriteria-kriteria yang telah ditentukan sebelumnya.

7. Redesain.

Sebagai dari evaluasi diperlukannya pengulangan bagian mana saja dari langkah satu sampai dengan enam. Langkah-langkah tersebut merupakan suatu proses iteratif. Namun dengan mengingat bahwa konfigurasi struktural dan pembebanan luar telah ditentukan sebelumnya.

8. Keputusan akhir

Penentuan apakah desain optimum telah tercapai apa belum.

2.2 Metode Desain

Beberapa metode desain diantaranya adalah desain tegangan kerja yang diacu oleh *AISC* sebagai *Allowable Stress Design* dan desain keadaan batas yang diacu oleh *AISC* sebagai *Load and Resistance Factor Design*. Desain tegangan kerja telah menjadi filosofi utama selama hampir seratus tahun (Salmon dan Johnson 1992). Desain tegangan kerja didasarkan pada filosofi sederhana dan logis yang didasarkan atas tegangan yang diijinkan (*allowable stress*) yang biasanya diambil

sebesar dua pertiga atau enam puluh persen dari tegangan leleh besi baja (*yield stress, F_y*). Jadi dalam *Allowable Stress Design* nilai-nilai tegangan yang diijinkan diambil sebagai prosentase dari nilai F_y . Beban rencana struktur tidak diberi faktor beban tersendiri. Selama dua puluh tahun, desain struktural telah bergeser menuju prosedur desain yang lebih rasional dan berdasarkan pada probabilitas yang disebut sebagai desain keadaan batas (*limit states*). Desain keadaan batas meliputi metode yang umumnya disebut sebagai desain kekuatan ultimit (*ultimit strength design*), desain kekuatan (*strength design*), desain batas (*limit design*), dan sekarang menjadi desain faktor resistensi dan beban layanan (*load and resistance factor design*).

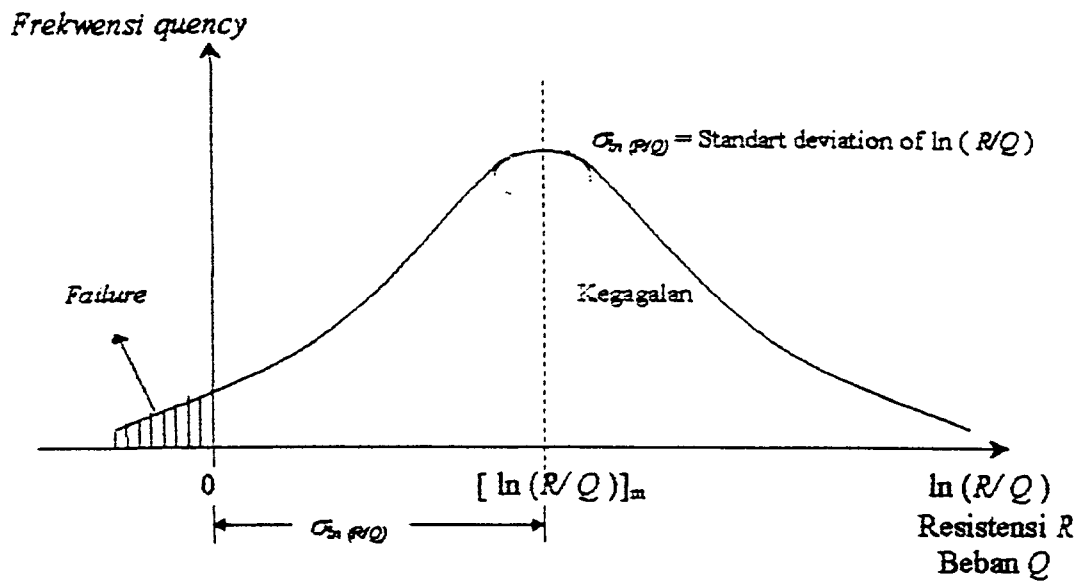
Berbagai metode desain haruslah memberikan keamanan yang cukup terhadap kemungkinan kelebihan beban (*over load*) atau berkurangnya kekuatan (*under strength*). Selama hampir tiga puluh tahun telah berkembang studi mengenai unsur-unsur yang menentukan keamanan struktural. Alasan yang utama berasal dari keinginan untuk menyelidiki kemungkinan terjadinya kegagalan pada batang, penyambungan atau sistem dengan menggunakan berbagai metode probabilitas.

2.3. Konsep Desain Kemungkinan

Istilah keadaan batas lebih disukai dari pada kegagalan, keadaan batas berarti kondisi-kondisi dimana suatu struktur berhenti memenuhi fungsi yang diharapkan darinya. Keadaan batas pada umumnya dibagi menjadi dua kategori, kekuatan (*strenght*), dan kemampuan layanan (*service ability*) (Salmon dan Johnson 1992).

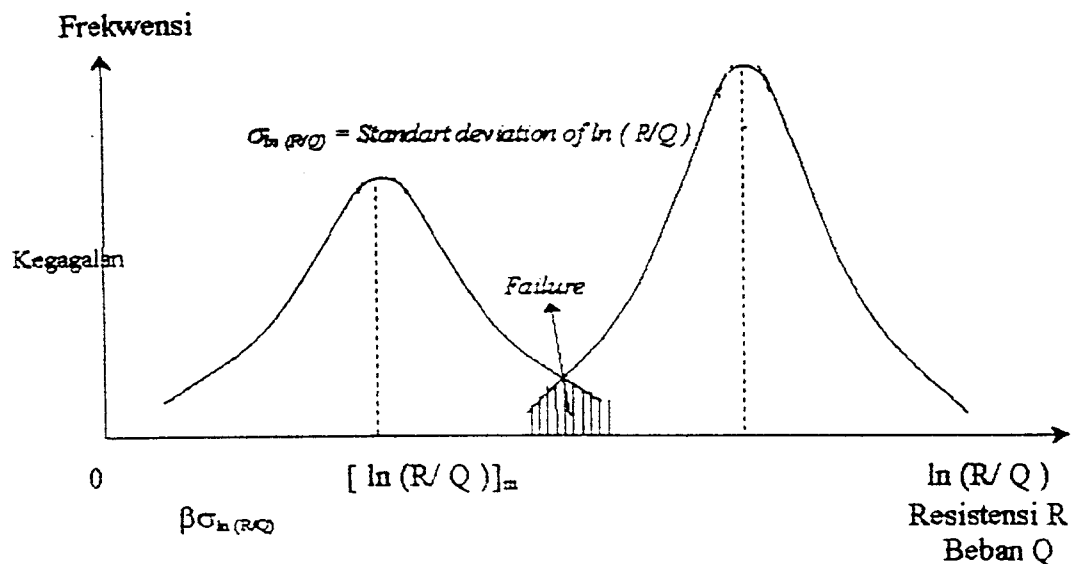
Pada umumnya hampir mustahil untuk melakukan analisis menyeluruh terhadap semua ketidakpastian yang mungkin akan mempengaruhi pencapaian keadaan batas.

kemudian ditentukan metode yang lebih sederhana dengan penaksiran keamanan struktur berdasarkan probabilitas, yakni dengan metode reliabilitas momen kedua ordo pertama mengasumsikan beban Q dan R secara acak. Dalam gambar 2.1 akan terlihat distribusi frekwensi tipikal dari variabel yang acak.



Gambar 2.1 Distribusi frekwensi beban Q dan resistensi R

(Salmon dab Johnson, 1992)



Gambar 2.2 Indeks reliabilitas β (Salmon dan Johnson, 1992)

Jika resistensi R melebihi beban Q , akan terdapat suatu margin keamanan. Apabila R tidak melebihi Q dalam jumlah besar, ada kemungkinan bahwa R kurang dari Q , seperti terlihat pada bagian yang diarsir, dimana kurva R dan Q saling menutupi. Selanjutnya kegagalan struktur (pencapaian keadaan batas) dapat didefinisikan dengan membandingkan R dan Q , atau dalam bentuk logaritma $\ln (R/Q)$ seperti gambar 2.2, dimana jarak diantara garis kegagalan dinilai rata-rata dari fungsi $\ln (R/Q)$ didefinisikan sebagai perkalian β dengan standar deviasi σ dari fungsi tersebut. Pengali β disebut indeks kehandalan (*index reliability*) semakin besar β semakin besar pula margin keamanannya.

Menurut Pinkham terdapat beberapa manfaat dari indeks reliabilitas (β).

1. Indeks β dapat menjadi petunjuk konsistensi keamanan bagi berbagai komponen dan sistem yang menggunakan metode metode desain tradisional.
2. Indeks β dapat digunakan untuk menetapkan metode-metode baru yang akan memiliki margin keamanan yang konsisten.
3. Indeks β dapat pula digunakan untuk secara rasional menganekaragamkan margin-margin keamanan untuk komponen dan sistem kebutuhan keamanannya lebih besar atau lebih kecil dari pada yang digunakan dalam situasi biasa.

2.4 Desain Stuktur

Desain struktur dapat didefinisikan sebagai suatu paduan dari sains dan seni, yang mengkombinasikan perasaan intuitif seorang insinyur yang berpengalaman mengenai perilaku struktur dengan pengetahuan yang mendalam mengenai prinsip-prinsip statika dinamika, mekanika bahan dan analisis struktural untuk menciptakan suatu struktur yang aman dan ekonomis sehingga dapat berfungsi seperti yang

diharapkan (Salmon dan Johnson, 1992).

2.4.1 Metode *Allowable Stress Design (ASD-AISC)*

Metode *Allowable Stress Design* adalah metode yang beranggapan bahwa tegangan leleh pada baja merupakan keadaan kritis. Struktur harus direncanakan sedemikian rupa sehingga tegangan kerja yang diakibatkan oleh aksi beban kerja yang dihitung secara mekanika tidak melampaui tegangan ijin yang telah ditetapkan.

Dalam mendesain suatu struktur dipakai faktor keamanan untuk membatasi beban yang bekerja sehingga tidak melampaui kekuatan bahan konstruksi. Peraturan-peraturan konstruksi *ASD* membatasi bahan dalam kondisi elastis dengan faktor-faktor keamanan yang berbeda untuk bermacam-macam kasus keruntuhan batang. Secara umum faktor keamanan dapat didefinisikan sebagai berikut.

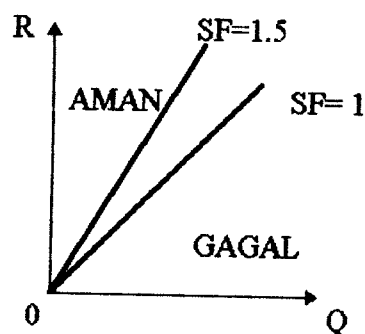
$$FS = R/Q \quad (2.1)$$

dimana :

R = kekuatan bahan.

Q = beban yang bekerja.

Persamaan 2.1 membedakan dua dasar perencanaan yang terlihat pada gambar 2.3 berikut.



Gambar 2.3 Daerah perencanaan aman dan gagal (Salmon dan Johnson, 1992)

Daerah perancangan kegagalan kadang-kadang tidak menunjukkan keadaan kegagalan fisik yang sebenarnya. Daerah perancangan kegagalan disebabkan oleh adanya kekuatan konstruksi yang diakibatkan oleh parameter desain seperti beban, kekuatan bahan, pelaksanaan konstruksi dan tingkat profesionalisme perancangan konstruksi.

Pengembangan spesifikasi desain untuk memberikan nilai yang tepat pada batas keamanan, kehandalan dan kemungkinan runtuh harus diambil berdasarkan faktor-faktor seperti berikut (Gaylord, 1992) :

1. Varian dari material dengan respek untuk kekuatan.
2. Ketidakpastian dalam memperkirakan beban pada keamanan, untuk kemungkinan perubahan pada masa depan.
3. Ketelitian mengenai gaya-gaya internal dalam variasi bagian struktur yang ditentukan.
4. Kemungkinan kemerosotan akibat korosi dan sebab-sebab lain.
5. Tingkat kerusakan dan korban jiwa yang mungkin terjadi akibat keruntuhan
6. Kualitas kecakapan.

Pada metode ASD keamanan struktur ditentukan berdasarkan hal-hal berikut :

a. Tegangan ijin

Tegangan ijin adalah tegangan yang tidak boleh dilampaui oleh tegangan-tegangan perencanaan. Metode ASD tegangan ijin diperoleh dari tegangan leleh dibagi faktor keamanan dengan tegangan leleh yang diperoleh dari mutu baja yang digunakan.

$$\frac{\text{Tegangan leleh}}{\text{Tegangan keamanan}} = \frac{F_y}{F_s} \quad (2.2)$$

b. Koefisien keamanan

Koefisien keamanan adalah suatu nilai yang dipakai untuk mendapatkan tegangan ijin dalam perencanaan, yang memberikan nilai keamanan pada perencanaan. Menurut metode ASD, koefisien keamanan sangat bergantung kepada kondisi profil. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut:

Tabel 2.1 Faktor keamanan untuk ASD (Spiegel dan Limbruner, 1991)

Keadaan Batang	Faktor keamanan
Tarik	1,67
Tekan	1,67-3,84
Lentur	1,5 – 1,67
Geser	2,5

Jika ditinjau dari indeks kehandalan atau keamanan, perancangan konstruksi baja elastis, metode ASD dengan bermacam-macam faktor keamanan tidak akan memberikan keseragaman kehandalan konstruksi.

2.4.2 Metode *Load and Resistance Factor Design (LRFD-AISC)*

Metode LRFD, beban rencana dikalikan dengan beberapa faktor yang dinamakan beban terfaktor (*load factor*), struktur atau unsurnya kemudian diproporsikan sedemikian rupa sehingga mencapai kekuatan ultimit pada saat beban terfaktor bekerja. Metode LRFD, untuk mendapatkan keamanan pada struktur, harus direncanakan untuk memikul beban cadangan diatas beban yang diharapkan bekerja dibawah beban normal. Kapasitas cadangan yang demikian disediakan untuk

memperhitungkan beberapa faktor. Faktor-faktor tersebut dapat dikelompokkan dalam dua kategori yaitu faktor yang berhubungan dengan pelampauan beban (faktor beban) dan faktor yang berhubungan dengan kekurangan kekuatan (reduksi keamanan).

Dalam mendesain struktur dengan metode *LRFD* digunakan *provisi* keamanan untuk membatasi dari keruntuhan dan juga untuk memberikan struktur yang ekonomis. Untuk mencapai faktor keamanan yang cukup maka kepentingan relatif dari beberapa hal ditetapkan antara lain yaitu (Salmon dan Johnson, 1992) :

1. Akibat keruntuhan.
2. Reliabilitas dari pengerjaan dan pemeriksaan.
3. Ekspektasi dan besarnya pelampauan beban.
4. Pentingnya sesuatu di dalam struktur.
5. Kesempatan peringatan sebelum keruntuhan.

Dengan menetapkan prosentase untuk hal-hal diatas dan dengan mengevaluasi kondisi lingkungan untuk satu situasi, faktor yang memadai untuk keamanan dapat ditentukan untuk setiap hal. Metode *LRFD* menetapkan *provisi* keamanan sebagai berikut:

a. Faktor beban (γ)

Faktor beban digunakan untuk memperhitungkan ketidakpastian besaran beban yang terjadi, antara lain:

1. Variasi berat sendiri konstruksi, beban mati yang lain, seperti peralatan, finishing, partisi, plambing, dukting, instalasi listrik dan lain-lain.
2. Variasi beban hidup yang dipengaruhi oleh perilaku pemakai ruang.
3. Variasi warisan ketidakpastian (*inherent uncertainty*) dari beban lingkungan untuk beban lingkungan seperti angin, gelombang, arus dan gempa.
4. variasi dari idealisme dari distribusi beban.

Berangkat dari ketidakpastian tersebut, maka telah dilakukan berbagai penelitian diantaranya oleh Ellingwood pada tahun 1980 dibawah *National Bureau of Standart (NBS)*. Dari penelitian Ellingwood ini kemudian dimasukkan kedalam standar LRFD 1986.

Faktor-faktor beban yang diusulkan oleh Ellingwood adalah sebagai berikut :

1. $Y_D = 1.2$ untuk beban mati.
2. $Y_L = 1.6$ untuk beban hidup.
3. $Y_W = 1.3$ untuk beban angin.
4. $Y_E = 1.5$ untuk beban gempa.
5. $Y_{DA} = 1,6$ untuk beban salju.
6. $Y_{LA} = 0.5$ untuk beban air hujan.

b. Faktor reduksi kekuatan bahan (ϕ)

Faktor ϕ digunakan untuk memperhitungkan variasi perbedaan kekuatan bahan yang diperhitungkan dengan kekuatan bahan yang sebenarnya. Faktor ϕ juga diperkenalkan untuk menjembatani faktor beban yang direkomendasikan dengan tingkat atau target kehandalan diinginkan yang dinyatakan dengan indeks kehandalan atau keamanan (β). Tujuan dari faktor ϕ adalah untuk memperhitungkan ketidakpastian dari hal berikut (Salmon dan Johnson, 1992):

1. Variasi dalam pelaksanaan konstruksi seperti dimensi, *workship, quality, control* dan lain-lain.
2. Variasi keahlian perancang konstruksi dalam interpolasi terhadap metode perancangan.

Berikut disajikan tabel untuk faktor (ϕ) menurut LRFD

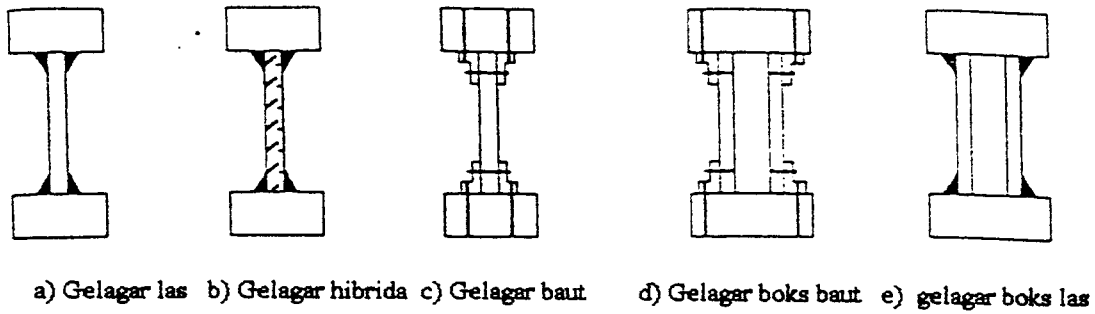
Tabel 2.2 Faktor reduksi kekuatan bahan (Salmon dan Johnson, 1992)

Komponen	ϕ	Keterangan
1 Batang Baja		
Tarik leleh	0.90	Penampang bersih
Tarik putus	0.75	
Tekan	0.85	
Lentur	0.90	
Lentur komposit	0.95	
2. Sambungan baja		
Baut Tarik	0.75	
Baut Geser	0.6-0.65	
Las Tarik	0.90	
Las Geser	0.80	

2.5 Tinjauan Umum Gelagar Pelat

2.5.1 Tipe-tipe Gelagar Pelat

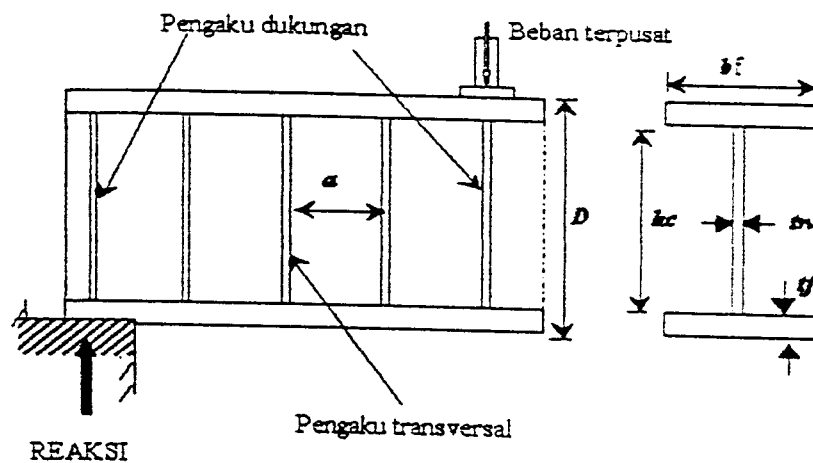
Gelagar pelat pada pokoknya adalah bagian konstruksi rangka dimana sayap merupakan batang tepi atas dan batang tepi bawah dan badan tersebut membentuk bagian konstruksi, karena bagian-bagian konstruksi dibuat dari kumpulan pelat yang relatif tipis, maka teori stabilitas adalah elemen pokok dari desain (Salmon dan Johnson, 1992). Dari bermacam-macam tipe gelagar pelat yang ada maka dapat diambil gelagar pelat yang sering digunakan (Galambos, Lin dan Johnston, 1992).



Gambar 2.4 Tipe-tipe gelagar pelat (Salmon dan Johnson,1996)

2.5.2 Elemen-elemen Gelagar Pelat

Secara umum elemen-elemen gelagar pelat dapat digambarkan sebagai berikut (Bowles, 1985).



Gambar 2.5. Komponen tipikal gelagar pelat (Bowles, 1985)

dimana :

bf = lebar sayap

tf = tebal sayap

tw = tebal badan

hc = tinggi badan

D = tinggi gelagar

a = jarak antar pengaku.

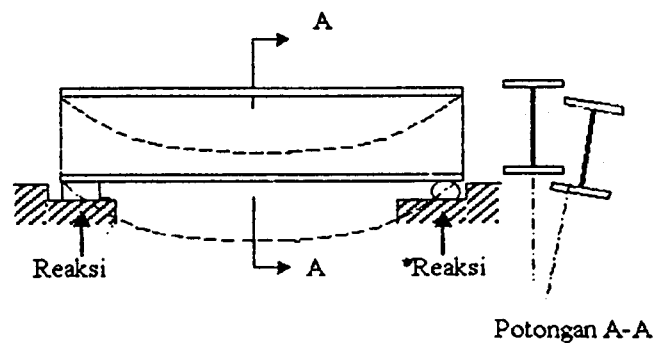
Fungsi dari masing-masing elemen adalah sebagai berikut (Spiegel dan Limbrunner, 1991) :

1. Pelat sayap (*flens*) berfungsi terutama untuk mendukung momen.
2. Pelat badan berfungsi mendukung sebagian kecil momen dan fungsi utamanya mendukung gaya geser.
3. Pengaku transversal berfungsi terutama untuk memperkuat pelat badan yang tipis sehingga dapat mencegah peristiwa tekuk.
4. Pengaku dukungan berfungsi menyalurkan beban terpusat keseluruhan tinggi pelat badan dan dipasang pada tempat-tempat beban terpusat maupun reaksi dukungan.

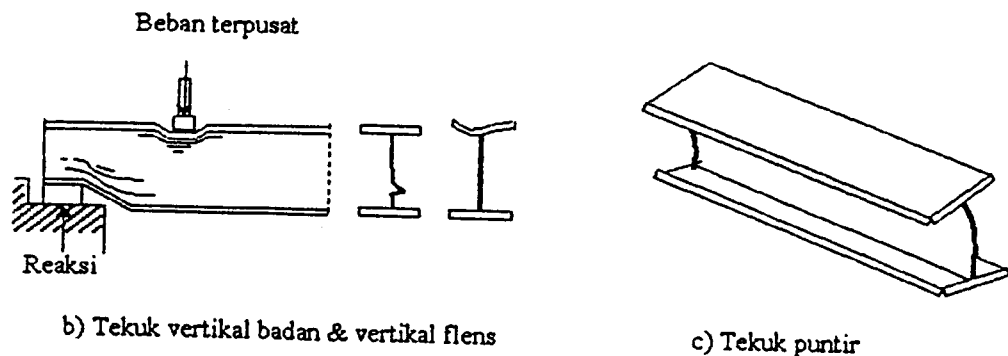
2.5.3 *Buckling Mode* dalam Gelagar Pelat

Tekuk (*buckling*) dalam gelagar pelat terjadi karena kapasitas pada gelagar pelat baik pada sayap maupun badan gelagar tidak lagi mampu mendukung beban yang diterimanya baik beban terpusat maupun beban merata. Kegagalan tersebut dapat berupa

1. Tekuk lateral.
2. Tekuk puntir.
3. Tekuk vertikal (tekuk vertikal badan dan tekuk vertikal sayap).



a) Tekuk lateral



Gambar 2.2. Macam-macam tekuk (Salmon dan Johnson, 1996)

2.5.4 Keadaan Batas Tekuk Sayap Vertikal

Batas maksimum pada kerampingan badan balok hc/tw (tinggi badan gelagar /tebal badan gelagar) akan didasarkan pada kekakuan yang dibutuhkan dalam badan balok untuk mencegah terjadinya sayap tekan mengalami tekuk secara vertikal. Untuk mencegah tekuk torsi pada sayap dibutuhkan suatu kekakuan lentur dari badan balok disepanjang sambungan sayap ke badan.

Suatu taksiran konservatif dari hc/tw maksimum untuk mencegah tekuk vertikal, Basler (1992) memberikan hc/tw sebagai

$$\frac{hc}{tw} \text{ maksimum} \leq \frac{13.800}{\sqrt{F_{yf}(F_{yf} + 16,5)}} \quad (2.3)$$

Persamaan 2.3 dikembangkan tanpa memperhatikan penempatan pengaku. Frost dan Schilling menunjukkan bahwa hc/tw dapat secara konservatif diterima dalam desain sebesar 250 ($F_{yw} = 100 \text{ ksi}$) bila $a/hc < 1.0$, dan 200 untuk a/hc diantara 1.0 dan 1.5. Pembatasan 200 dapat diberikan untuk tegangan-tegangan leleh sayap lainnya sebagai $2000/F_{yf}$ untuk $a/hc \leq 1,5$. Persamaan 2.3 bila dibulatkan menjadi.

$$\frac{hc}{tw} \text{ maksimum} \leq \frac{14.000}{\sqrt{F_y f (F_y f + 16,5)}} \quad (2.4)$$

yang merupakan pembatasan umum Apendiks G1 LRFD ($F_y f$ dalam ksi), dengan adanya pengaku transversal (pengaku antara), rasio yang lebih tinggi diijinkan. Berdasarkan rekomendasi Komite Gabungan ASCE-AASHO, subkomite 1 untuk desain gelagar hibrida, Apendiks G1 LRFD memberikan nilai hc/tw dengan jarak pengaku a terhadap tinggi balok hc tidak melebihi 1.5 atau $a/hc < 1,5$ sebagai berikut:

$$\frac{hc}{tw} \text{ maksimum} \leq \frac{2000}{\sqrt{F_y f}} \quad (2.5)$$

Batas hc/tw maksimum dalam *Allowable Stress Design* identik dengan yang ada dalam *Load and Resistance Factor Design*. Nilai-nilai untuk persamaan 2.4 dan persamaan 2.5 diberikan dalam tabel 2.3.

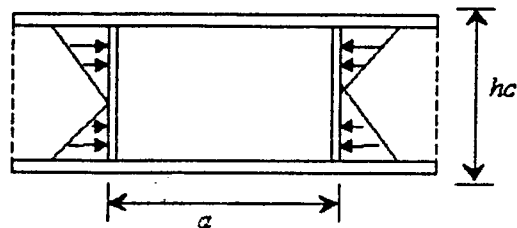
Tabel 2.3 . Pembatasan hc/tw maksimum- Apendiks G1 LRFD dan ASD-G1

F_y (ksi)	hc/tw untuk persamaan 2.4 untuk $a/hc > 1.5$	hc/tw untuk persamaan 2.5. untuk $a/hc \leq 1.5$	F_y (Mpa)
36	322	333	248
42	282	309	290
45	266	298	310
50	243	283	345
55	223	270	379
60	207	258	414
65	192	248	448
100	130	200	689

2.5.5 Keadaan Batas Tekuk Lentur Badan

Karena badan gelagar pelat biasanya memiliki rasio sebesar hc/tw , tekuk mungkin terjadi akibat lentur pada bidang badan (gambar 2.7). Rasio kerampingan λ_r yang lebih tinggi darinya memungkinkan terjadi tekuk dikembangkan sebagai berikut ini. Lagipula,

setelah tekuk elastis terjadi, masih ada kekuatan pasca tekuk. Bila gelagar pelat diproporsikan sehingga dapat memikul beban dengan paling efisien badan akan mengalami tekuk sebelum kekuatan momen nominal gelagar tercapai.



Gambar 2.7 Pelat badan dalam keadaan momen murni (Salmon dan Johnson, 1996)

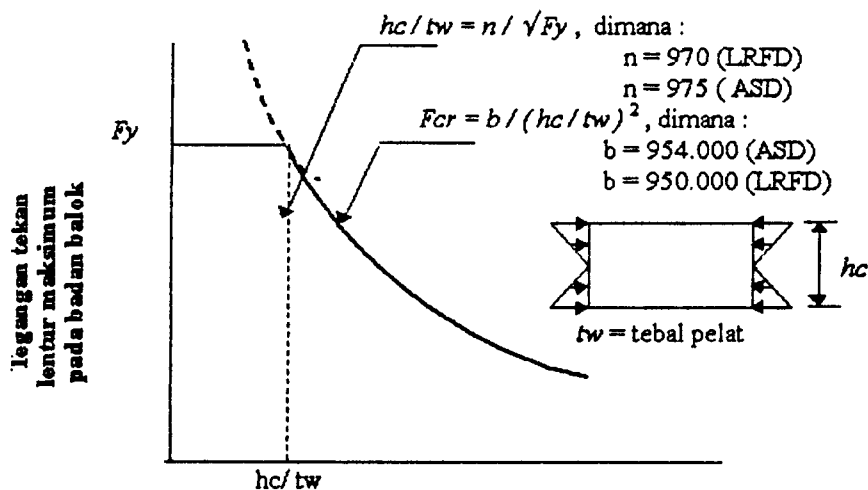
Rasio kelangsingan badan (hc/tw) dibatasi untuk mencegah terjadinya tekuk lentur pada bidang badan sebesar.

a. Untuk *Load and Resistance Factor Design*

$$\frac{hc}{tw} \leq \frac{970}{\sqrt{F_{cr}}} \quad (2.6)$$

b. Untuk *Allowable Stress Design*

$$\frac{hc}{tw} \leq \frac{760}{\sqrt{F_b}} \quad (2.7)$$



Gambar 2.8 Hubungan stabilitas elastis untuk tekuk lentur badan (Salmon dan Johnson, 1996)

2.5.6 Proporsi Penampang

Penampang lintang gelagar harus dipilih sedemikian rupa sehingga dapat secara layak melakukan fungsinya dan memerlukan biaya yang minimum. Persyaratan fungsi dapat diringkas sebagai berikut (Salmon dan Johnson, 1996) :

1. Kekuatan menahan momen lentur (modulus penampang S_x yang cukup).
2. Kekakuan vertikal untuk memenuhi setiap batasan defleksi (momen inersia I_x yang cukup).
3. Kekakuan lateral untuk mencegah tekuk torsi lokal dari sayap tekan (penopang lateral cukup atau rasio L_b/r_T rendah).
4. Kekuatan menahan geser (luas pelat badan cukup).
5. Kekakuan untuk meningkatkan kekuatan paska tekuk (*post buckling*) dan tekuk dari pelat badan (berkaitan dengan rasio hc/tw dan a/hc).

Untuk memenuhi persyaratan fungsi proporsi penampang dengan biaya yang minimum, diasumsikan dalam uraian selanjutnya bahwa biaya minimum ekuivalen dengan berat minimum.

2.5.7 Perencanaan Luas Pelat Sayap

Perencanaan luas pelat sayap untuk mendesain pendahuluan diberikan ekspresi sederhana untuk luas pelat sayap yang diperlukan. Secara umum dapat dituliskan sebagai berikut.

$$A_f = \frac{M}{f \cdot hc} - \frac{A_w}{6} \quad (2.8)$$

dimana :

A_f = luas sayap

hc = tinggi badan gelagar

$$A_w = hc.t_w$$

$f = F_y f$, tegangan leleh baja pada sayap untuk LRFD, atau

$= F_b$, tegangan ijin lentur baja untuk ASD

$M = M_u / \phi$, momen beban layanan terfaktor dibagi dengan $\phi = 0.9$ untuk LRFD, atau

$=$ momen beban layanan (tak terfaktor) untuk ASD.

2.5.8 Perencanaan Tinggi Gelagar Optimum

Variasi dalam penampang lintang gelagar akan ditentukan sebagai fungsi dari tinggi pelat badan guna memberikan tinggi atau kedalaman penampang yang akan memberikan luas penampang minimum.

Luas bruto rata-rata A_g dari gelagar untuk seluruh bentangan dapat diekspresikan sebagai.

$$A_g = 2.C_1 A_f + C_2 hc.t_w \quad (2.9)$$

dimana :

$C_1 =$ faktor untuk memperhitungkan pengurangan ukuran sayap pada daerah yang lebih rendah dari momen maksimum.

$C_2 =$ faktor untuk memperhitungkan pengurangan tebal pelat badan pada daerah pengurangan gaya geser.

Substitusikan persamaan 2. 9 ke dalam persamaan 2. 8 memberikan.

$$A_g = 2.C_1 \left(\frac{M}{f.h.c} - \frac{h.c.t_w}{6} \right) + C_2 h.c.t_w. \quad (2.10)$$

untuk memperoleh luas bruto rata-rata minimum,

$$\frac{\partial A_g}{\partial h.c} = 0. \quad (2.11)$$

a. Kasus 1, tidak ada pembatasan tinggi, diinginkan hc/tw yang besar. Asumsikan bahwa

$\beta w = \text{konstan} = h/tw$; $tw = hc/\beta w$. Persamaan 2.10 menjadi.

$$A_g = 2.C_1 \left(\frac{M}{f hc} - \frac{hc^2}{6\beta w} \right) + C_2 \frac{hc^2}{\beta w} \quad (2.12)$$

$$\frac{\partial A_g}{\partial hc} = 0 = \frac{-2C_1.M.f}{f^2.hc^2} - \frac{4.C_1.hc}{6.\beta w} + \frac{2.C_2.hc}{\beta w} \quad (2.13)$$

$$0 = -6.C_1.M.\beta w - 2.C_1.hc^3.f + 6.C_2.hc^3.f. \quad (2.14)$$

yang mana :

$$hc = \sqrt[3]{\frac{3.M.C_1.\beta w}{f(3C_2 - C_1)}} \quad (2.15)$$

dan jika mengabaikan reduksi penampang di daerah yang tegangannya rendah, $C_2 =$

$C_1 = 1$, persamaan 2.15 menjadi.

$$hc = \sqrt[3]{\frac{3.M.\beta w}{2.f}} \quad (2.16)$$

b. Kasus 2, tebal pelat badan minimum; $tw = \text{konstan}$ dengan mendiferensiasi

persamaan 2.16 $\partial A_g / \partial hc = 0$, memberikan.

$$\frac{-2.C_1.M.f}{f^2.hc^2} - \frac{C_1.tw}{3} + C_2.tw = 0. \quad (2.17)$$

$$hc = \sqrt{\frac{6.M.C_1}{f.tw(3C_2 - C_1)}} \quad (2.18)$$

Jika $C_2 = C_1 = 1$, $tw = \text{konstan}$.

$$hc = \sqrt{\frac{3.M}{f.tw}} \quad (2.19)$$

c. Kasus 3, geser besar yang mengendalikan luas pelat badan; $A_w = \text{konstan} = \text{luas pelat badan}$, $hctw$. Persamaan 2.10 menjadi.

$$A_g = 2.C_1 \left(\frac{M}{f.hc} - \frac{hctw}{6} \right) + C_2.hctw. \quad (2.20)$$

dimana :

hc =tinggi badan gelagar

β_w =angka kelangsingan badan yaitu hc/tw

$M = Mu / \phi$, momen beban layanan terfaktor dibagi dengan $\phi = 0.9$ untuk LRFD, atau

= momen beban layanan (tak terfaktor) untuk ASD

f = tegangan rata-rata pada sayap dengan menggunakan Fcr sebagai nilai seret terluar bilamana kekuatan momen nominal dicapai menurut LRFD, atau

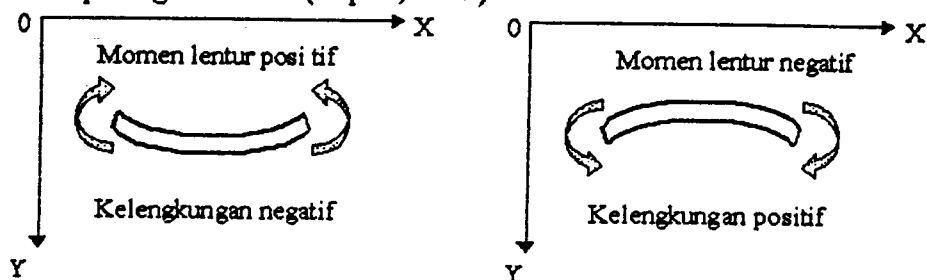
= tegangan rata-rata pada flens dengan menggunakan Fb sebagai nilai ijin serat terluar menurut ASD.

2.6 Analisa Lentur

2.6.1 Tinjauan Lentur Secara Umum

Batang struktural yang didesain untuk menahan gaya-gaya yang bekerja dalam arah transversal terhadap sumbunya disebut balok. Balok yang memiliki sebuah penyangga sendi (*pin support*) pada salah satu ujungnya dan sebuah penyangga rol (*rol support*) pada ujung yang lainnya dinamakan balok sederhana (*simple beam*). Karena balok tersebut berupa konstruksi datar (*planar structure*) maka bila balok tersebut dibebani oleh sebuah gaya melintang maka balok tersebut akan melentur atau

melengkung. Lentur dari balok tersebut searah dengan arah pembebanan yaitu bila arah beban keatas maka lentur tersebut menuju keatas dan bila arah beban beban kebawah maka arah lentur menuju kebawah. Untuk membedakan arah pelengkungan atau lenturan tersebut maka diadakan perjanjian tanda (*sign conventions*) untuk membedakan momen lentur maupun arah lengkungan. Agar lebih jelas dapat diilustrasiakan pada gambar 2.9 (Popov, 1989)



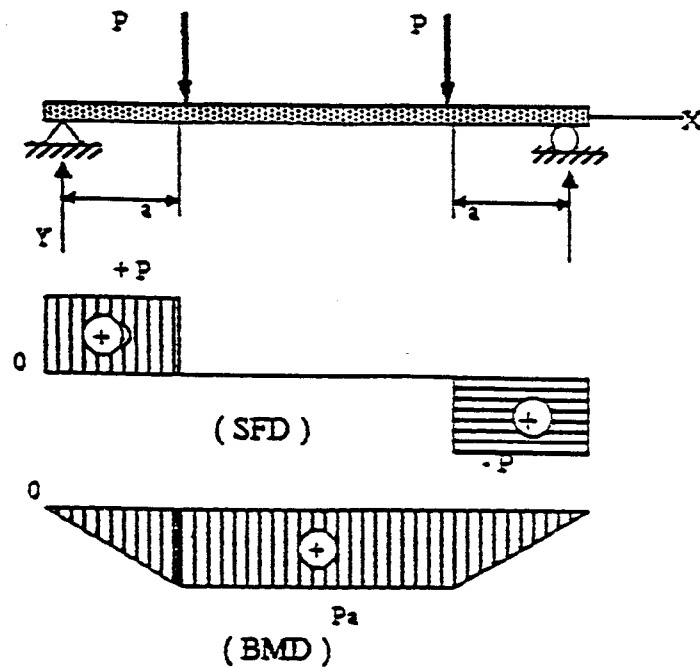
Gambar 2.9 Hubungan antara tanda-tanda dari momen lentur dan kelengkungan (Popov, 1989)

Menurut penyebabnya atau asalnya lentur dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu (Gere dan Timoshenko, 1987):

1. Lentur murni (*pure bending*) yaitu suatu kejadian pada benda atau materi yang diakibatkan oleh bekerjanya suatu momen pada benda tersebut konstan dan gaya lintangnya nol
2. Lentur tak merata (*nonuniform bending*) yaitu suatu kejadian pada benda atau materi yang diakibatkan oleh bekerjanya suatu momen pada benda tersebut berubah atau tidak konstan bila bergerak sepanjang sumbu balok yang disebabkan dengan adanya kehadiran gaya-gaya lintang.

Untuk mengilustrasikan definisi lentur dapat meninjau sebuah balok sederhana yang dibebani secara simetris oleh dua gaya P pada gambar 2.10. Daerah antara beban-beban P tidak memiliki gaya lintang dan hanya dikenakan suatu momen lentur konstan yang sama dengan Pa , karena itu daerah terpusat dari balok ini berada

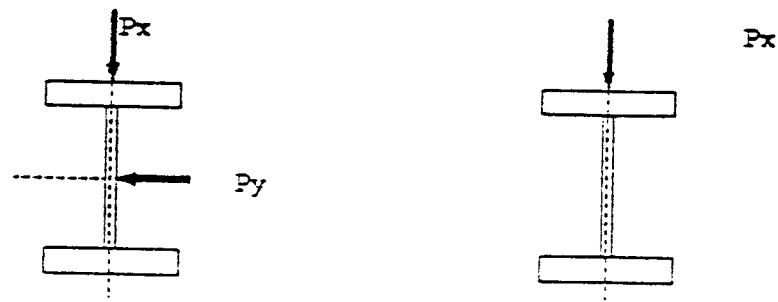
dalam keadaan lentur murni. Daerah-daerah yang panjangnya a didekat ujung-ujung balok berada dalam keadaan lentur tak merata karena momen lentur tak konstan dan terdapat gaya-gaya lintang.



Gambar 2.10 Balok dengan daerah pusat berada dalam keadaan lentur murni
(Popov, 1989)

Lentur menurut arah pembebanan dapat dibagi menjadi dua macam yaitu:

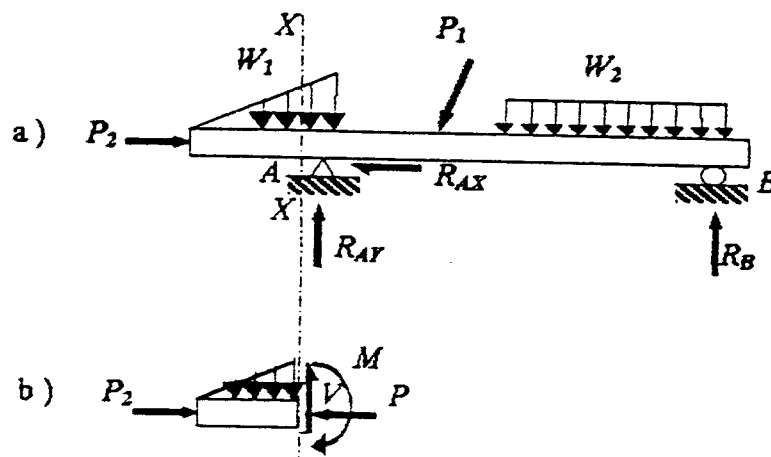
1. Lentur biaksial (lentur tak simetris) yaitu lentur yang terjadi bersamaan terhadap kedua sumbu horisontal dan sumbu vertikal penampang.
2. Lentur uniaksial (lentur simetris) yaitu lentur yang terjadi terhadap salah satu sumbu utama penampang.



Gambar 2.11 Balok dibawah beban biaksial dan beban uniaksial (Popov, 1989)

2.6.2 Perilaku Lentur Pada Balok

Penentuan gaya geser dan aksial pada sebuah irisan balok melingkapi dua syarat statistika yang harus dipenuhi oleh segmen. Gaya-gaya tersebut memenuhi persamaan $\sum F_x = 0$ dan $\sum F_y = 0$. Syarat keseimbangan statis yang tinggal untuk persoalan *planar* adalah $\sum M_z = 0$. Pada umumnya, syarat keseimbangan statis dipenuhi hanya dengan membentuk sebuah kopel atau momen perlawanan dalam (*internal resisting moment*) pada luas penampang dari irisan untuk menghadapi momen yang disebabkan oleh gaya-gaya luar. Momen perlawanan dalam hal tersebut haruslah bekerja dalam arah yang berlawanan dengan momen luar untuk memenuhi persamaan $\sum M_z = 0$. Demikian pula dari persamaan yang sama diperoleh bahwa besar momen perlawanan dalam adalah sama dengan momen luar (Popov, 1989). Momen-momen perlawanan cenderung untuk melenturkan balok dalam bidang beban dan yang biasa diartikan sebagai momen lentur (*bending moment*).



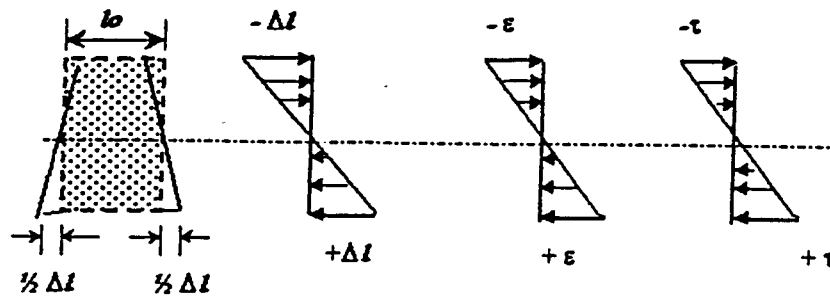
Gambar 2.12 Pemakaian metode irisan pada balok (Popov, 1989)

Momen lentur dalam M dapat ditunjukkan dalam gambar 2.12. Momen lentur dapat dibentuk hanya dalam penampang balok dan setara dengan sebuah kopel. Untuk menentukan momen lentur perlu dijaga keseimbangan segmennya, jumlah

momen yang disebabkan oleh gaya-gaya dapat dibuat disekitar tiap titik dalam bidang, hal ini dilakukan dengan menjumlahkan semua gaya dikalikan dengan lengan termasuk gaya P dan V . Untuk mengeluarkan momen yang disebabkan oleh gaya-gaya dari penjumlahan, lebih baik dalam persoalan numerik sebagai titik disekitar mana momen-momen tersebut dijumlahkan. Pada titik disekitar mana momen-momen tersebut dijumlahkan kedua gaya V dan P tersebut mempunyai lengan yang panjangnya adalah nol, yang terletak pada titik berat daerah penampang dari balok.

Disamping meninjau segmen sebelah kiri irisan $X-X$, maka segmen sebelah kanan balok seperti dalam gambar 2.12, dapat pula digunakan untuk menentukan momen lentur dalam. Sudah diterangkan diatas, momen dalam sama dengan momen luar gaya-gaya terpakai, termasuk gaya-gaya reaksi. Penjumlahan momen lebih baik dibuat disekitar titik berat irisan pada potongan tersebut. Dalam gambar 2.12 momen perlawanan dapat ditafsirkan secara fisis sebagai suatu tarikan pada serat atas dan dorongan pada serat yang lebih bawah. Bila beban W_1 dalam gambar 2.12 bekerja dalam arah yang berlawanan, maka momen perlawanan dalam gambar 2.12 akan terbalik. Hal tersebut dari keadaan yang serupa memerlukan penggunaan kaidah tanda untuk momen lentur. Kaidah tanda untuk momen lentur berhubungan dengan tindakan fisis yang tertentu dari balok tersebut. Seperti dalam gambar 2.44 momen-momen dalam tersebut menunjukkan tarik pada bagian atas balok dan menekan bagian yang paling bawah. Hal tersebut cenderung untuk memperbesar panjang permukaan atas dari balok dan memperpendek bagian permukaan yang lebih rendah. Kejadian yang terus menerus dari momen seperti tersebut disepanjang balok membuat balok tersebut berubah bentuk melengkung keatas yaitu tahanan air. Momen lentur yang demikian diberi tanda negatif. Sebaliknya momen positif didefinisikan sebagai yang menghasilkan tekan disebelah atas dan tarik disebelah lebih bawah dari

suatu penampang balok. Dalam keadaan demikian balok tersebut dianggap mempunyai bentuk menyimpan air (Popov, 1989).



Gambar 2.13 Deformasi elemen-elemen balok akibat lentur (Popov, 1989)

dimana :

l_0 = panjang balok sebelum melentur

Δl = pemanjangan atau pemendekan serat balok

ϵ = $\Delta l / l_0$

σ = tegangan lentur yang terjadi

= $E \cdot \epsilon$, dengan E adalah modulus elastis balok

2.6.3 Tinjauan Kapasitas Lentur Metode *Allowable Stress Design*

Dalam mendisain balok pada metode *Allowable Stress Design* nilai tegangan ijin sangat menentukan. Karena tegangan ijinnya didasarkan pada pengaruh faktor seperti berikut:

1. Geometri tampang (yang didasarkan pada lebar/tebal sayap, kedalam/tebal badan sayap).
2. Tahanan lateral (jarak antara pengukuh lateral).

Geometri tampang dengan perbandingan lebar sayap dan tebal sayap.

a. Jika $bf/2tf \leq 65/\sqrt{F_y}$, maka penampang kompak

$$F_b = 0.66 F_y \quad (2.21)$$

b. Jika $65/\sqrt{F_y} < bf/2tf \leq 95/\sqrt{F_y}$, maka penampang kompak sebagian.

$$F_b = F_y (0.79 - 0.002 (bf/2tf) \sqrt{F_y}) \quad (2.22)$$

c. Jika $bf/2tf > 95/\sqrt{F_y}$, maka penampang tidak kompak.

$$F_b = 0.6 F_y \quad (2.23)$$

Gelagar pelat dengan *Lateral Support* pada jarak tertentu.

a. Jika $L_b \leq L_c$ maka

$$F_b = 0.66 F_y \quad (2.24)$$

dengan nilai L_c sebagai berikut:

$$L_{c1} = \frac{76. bf^2}{\sqrt{F_y}} \quad (2.25)$$

$$L_{c2} = \frac{20.000}{F_y \left(\frac{D}{A_f} \right)} \quad (2.26)$$

dimana:

bf = lebar sayap

hc = tinggi badan gelagar

A_f = luas sayap desak atau $bf \cdot tf$

F_y = tegangan leleh baja.

Nilai yang kecil diantara L_{c1} dan L_{c2} dinamakan L_c .

b. Jika $L_c \leq L_b \leq L_u$ maka

$$F_b = 0.6 F_y \quad (2.27)$$

dengan nilai dari L_u sebagai berikut :

$$Lu_1 = \frac{20.000}{F_y \left(\frac{D}{A_f} \right)} \quad (2.28)$$

$$Lu_2 = r_T \sqrt{\frac{102.10^3 \cdot C_b}{F_y}} \quad (2.29)$$

Nilai yang terbesar diantara Lu_1 dan Lu_2 dinamakan Lu .

c. Jika $Lu_2 < Lb / r_T < Lu_3$ atau,

$$\sqrt{\frac{102.10^3 \cdot C_b}{F_y}} < \frac{Lb}{r_T} < \sqrt{\frac{510.10^3 \cdot C_b}{F_y}} \quad (2.30)$$

Maka digunakan peralihan linear antara $0,66 F_y$ dan $0,6 F_y$

$$Fb = \frac{12.10^3 \cdot C_b}{Lb \cdot (D/A_f)} \quad (2.31)$$

$$Fb = \left[\frac{2}{3} - \frac{F_y (Lb/r_T)^2}{1530.10^3 \cdot C_b} \right] F_y \quad (2.32)$$

Dari kedua nilai Fb tersebut diambil yang terbesar tetapi lebih kecil dari $0,6 F_y$

d. Jika $Lb / r_T > Lu_3$ atau,

$$\frac{Lb}{r_T} > \sqrt{\frac{510.10^3 \cdot C_b}{F_y}} \quad (2.33)$$

Maka digunakan nilai Fb dibawah ini yang terbesar tetapi lebih kecil dari $0,6 F_y$.

$$Fb = \frac{170.10^3 \cdot C_b}{(Lb/r_T)^2} \quad (2.34)$$

$$Fb = \frac{12.10^3 \cdot C_b}{Lb \cdot (D/A_f)} \quad (2.35)$$

Dengan nilai C_b sebagai berikut:

$$C_b = 1,75 + 1,05(M_1/M_2) + 0,3(M_1/M_2)^2 \quad (2.36)$$

dimana :

M_1/M_2 = momen yang bekerja pada ujung bentang, dengan M_1 adalah momen terkecil. Bila ratio kelangsingan badan $(hc / tw) > 760 \sqrt{F_b}$ maka untuk memperhitungkan efek tekuk dari pelat badan yang ramping dan kemampuannya yang tereduksi untuk memikul bagian elastis dari momen lenturnya, digunakan faktor reduksi sebagai berikut,

$$R_{pe} = 1 - 0,0005 \cdot a_r \cdot \left(\frac{hc}{tw} - \frac{760}{\sqrt{F_b}} \right) \quad (2.37)$$

dimana:

R_{pg} = faktor reduksi untuk kestabilan badan

$a_r = A_w / A_f$, dengan A_f adalah luas sayap tekan

hc = dua kali jarak dari sumbu netral kemuka dalam sayap tekan minus fillet atau radius sudut

= h , tinggi pelat badan untuk gelagar pelat berprofil I yang simetris

tw = tebal badan gelagar pelat.

Kekuatan momen nominal M_n dari gelagar pelat badan yang ramping dikontrol oleh keadaan batas pelelehan pada sayap tarik atau keadaan batas tekuk pada sayap tarik saja, dan untuk keadaan batas tekuk pada sayap tekan ASD tidak memberikan perincian kekuatan momen nominalnya.

$$M_n = F_b \cdot S_{xt} \cdot R_{pg} \quad (2.38)$$

dimana:

R_{pg} = faktor reduksi untuk kestabilan badan

Fb = tegangan ijin lentur

Sxt = modulus penampang yang diacukan ke sayap tarik atau
 $= Ix / Yt$

Ix = momen inersia terhadap sumbu x

Yt = jarak dari pusat berat penampang keserat terluar tekan.

Untuk gelagar hibrida kekuatan momen Mn yang dinyatakan dalam persamaan diatas dikalikan dengan suatu faktor reduksi Re , sehingga persamaan tersebut menjadi,

$$Mn = Fb \cdot Rpg \cdot Re \quad (2.39)$$

dimana:

$$Re = \frac{12 + \beta (3\alpha - \alpha^3)}{12 + 2\beta}$$

$\beta = Aw / Af$, rasio luas penampang lintang badan terhadap luas penampang salah satu sayap.

$\alpha = Fyw / Fyf$, rasio tegangan leleh baja badan terhadap tegangan leleh baja

2.6.4 Tinjauan Kapasitas Lentur Metode *Load and Resistance Factor Design*

Penentuan tegangan kritis Fcr yang akan digunakan dapat diperoleh dengan membagi kekuatan nominal Mn dengan modulus penampang Sx untuk badan yang ramping. Fcr maksimum adalah Fy yaitu tegangan leleh pada sayapnya. Untuk keadaan batas tekuk puntir lateral, Apendiks G1 LRFD memberikan .

a. Untuk $\lambda \leq \lambda_p$, atau

$$\left(\lambda = \frac{L_b}{r} \right) \leq \left(\lambda_p = \frac{300}{\sqrt{F_{yf}}} \right) \quad (2.40)$$

dengan

$$Fcr = Fyf \quad (2.41)$$

b. Untuk $\lambda_p < \lambda \leq \lambda_r$, atau

$$\left(\lambda_p = \frac{300}{\sqrt{F_{yf}}} \right) < \left(\lambda = \frac{L_o}{r_T} \right) \leq \left(\lambda_r = \frac{756}{\sqrt{F_{yf}}} \right) \quad (2.42)$$

dengan $F_{cr} = C_b \cdot F_{yf} \left[1 - \frac{1}{2} \left(\frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right) \right] \leq F_{yf}$. (2.43)

c. Untuk $\lambda > \lambda_r$, atau

$$\left(\lambda = \frac{L_o}{r_T} \right) > \left(\lambda_r = \frac{756}{\sqrt{F_{yf}}} \right) \quad (2.44)$$

dengan $F_{cr} = \frac{286 \cdot 10^3 \cdot C_b}{(L_o/r_T)^2}$ (2.45)

Untuk keadaan batas tekuk lokal sayap, Apendiks G1 LRFD memberikan :

a. Untuk $\lambda \leq \lambda_p$, atau

$$\left(\lambda = \frac{b_f}{2t_f} \right) \leq \left(\lambda_p = \frac{150}{\sqrt{F_{yf}}} \right) \quad (2.46)$$

dengan $F_{cr} = F_{yf}$ (2.47)

b. Untuk $\lambda_p < \lambda \leq \lambda_r$, atau

$$\left(\lambda_p = \frac{65}{\sqrt{F_{yf}}} \right) < \left(\lambda = \frac{b_f}{2t_f} \right) \leq \left(\lambda_r = \frac{150}{\sqrt{F_{yf}}} \right) \quad (2.48)$$

dengan $F_{cr} = F_{yf} \left[1 - \frac{1}{2} \left(\frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right) \right] \leq F_{yf}$. (2.49)

c. Untuk $\lambda > \lambda_r$, atau

$$\left(\lambda = \frac{b_f}{2t_f} \right) > \left(\lambda_r = \frac{150}{\sqrt{F_{yf}}} \right) \quad (2.50)$$

dengan

$$F_{cr} = \frac{11.200}{(b_f/2t_f)} \quad (2.51)$$

Bila rasio kelangsingan badan (hc/tw) $> 970/\sqrt{F_y}$ digunakan faktor reduksi sebagai berikut.

$$R_{pg} = 1 - 0.0005 \cdot a_r \left(\frac{hc}{tw} - \frac{970}{\sqrt{F_{cr}}} \right) \quad (2.52)$$

dimana:

R_{pg} = faktor reduksi untuk kestabilan badan

$a_r = A_w/A_f$, dimana A_f adalah luas sayap tekan

hc = dua kali jarak dari sumbu netral kemuka dalam sayap tekan minus *fillet*
atau radius sudut

= h , tinggi pelat badan untuk gelagar pelat berprofil I yang simetris

tw = tebal badan gelagar pelat.

Kekuatan momen nominal M_n dari gelagar pelat badan yang ramping dikontrol oleh keadaan batas pelelehan pada sayap tarik atau keadaan batas tekuk pada sayap tarik atau keadaan batas tekuk pada sayap tekan yaitu sebagai berikut:

1. Untuk tekuk sayap tarik

$$M_n = F_{cr} \cdot S_{xt} \cdot R_{pg} \quad (2.53)$$

2. Untuk pelelehan sayap tekan

$$M_n = F_{yt} \cdot S_{xc} \cdot R_{pg} \quad (2.54)$$

dimana:

F_{cr} = tegangan tekuk pada sayap tarik

F_{yt} = tegangan leleh sayap tekan

S_{xc} = modulus penampang yang diacukan ke sayap tekan, atau $= I_x / Y_c$

S_{xt} = modulus penampang yang diacukan ke sayap tarik, atau $= I_x / Y_t$

I_x = momen inersia terhadap sumbu x

Y_t = jarak dari pusat berat penampang keserat terluar tarik

Y_c = jarak dari pusat berat penampang keserat terluar tekan.

Untuk gelagar hibrida kekuatan momen M_n yang dinyatakan dalam persamaan diatas dikalikan dengan suatu faktor reduksi R_e , sehingga persamaan tersebut menjadi

$$M_n = F_s \cdot S_x \cdot R_{pg} \cdot R_e \quad (2.55)$$

dimana:

$$R_e = 1 - 0,1 (1,3 + \beta) (0,81 - \alpha)$$

$\beta = A_w / A_f$, rasio luas penampang lintang badan terhadap luas penampang salah satu sayap

$\alpha = F_{yw} / F_{yf}$, rasio tegangan leleh baja badan terhadap tegangan leleh baja sayap.

2.7 Analisis Geser

2.7.1 Tinjauan Geser Secara Umum

Pada umumnya jika sebuah gaya bekerja memotong atau menggunting sebuah permukaan maka dapat disebut gaya geser. Gaya geser tersebut akan menimbulkan tegangan geser pada arah melintang dan atau arah memanjang.

Gaya geser menurut arahnya dapat dibedakan menjadi dua yaitu (Popov,1989)

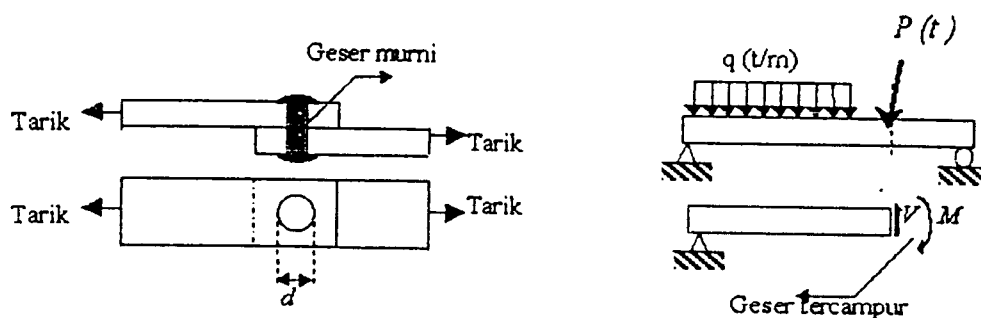
1. Gaya geser horisontal.
2. Gaya geser vertikal.



Gambar 2.14 Arah gaya geser (Gere dan Timoshenko, 1987)

Menurut penyebabnya atau asalnya gaya geser dapat dikelompokkan dalam dua macam (Gere dan Timoshenko, 1987).

1. Geser murni yaitu peristiwa geseran yang disebabkan oleh gaya geser yang bekerja pada batang.
2. Geser tercampur yaitu peristiwa geseran yang disebabkan selain oleh gaya.



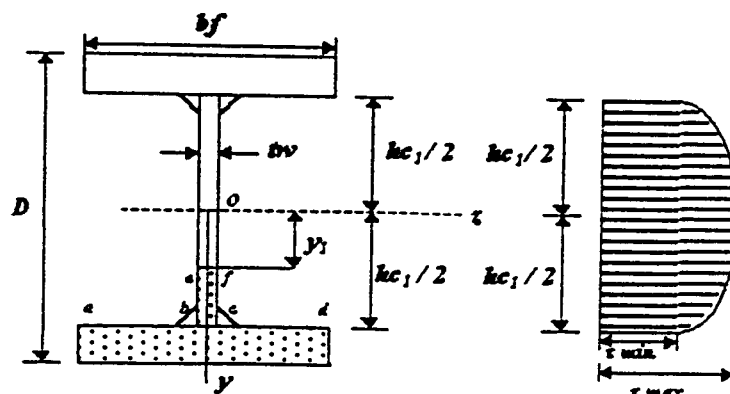
Gambar 2.15 Sampel peristiwa geser murni dan geser tercampur (Gere dan Timoshenko, 1987).

Pada kasus diatas bidang geser adalah bagian luasan yang harus menahan gaya geser. Untuk sambungan seperti gambar 2.15 luas bidang gesernya adalah $F = 1/4 \cdot \pi \cdot d^2$, maka kasus diatas dapat disebut sebagai geser murni. Pada simple beam akibat beban maka balok menerima gaya geser dan momen lentur yang mengakibatkan timbulnya tegangan geser pada serat-serat balok tersebut. Untuk kasus tersebut dapat disebut sebagai geser tercampur.

2.7.2 Analisa Geser pada Balok Sayap Lebar

Apabila sebuah balok berbentuk sayap lebar (gambar 2.16) dikenakan sebuah gaya lintang V maka akan timbul tegangan-tegangan geser diseluruh penampang.

Karena bentuknya, maka distribusi tegangan yang timbul lebih rumit daripada dalam kasus balok empat persegi panjang. Sebagai misal dalam sayap balok, tegangan-tegangan geser bekerja pada penampang baik dalam arah horisontal dan arah vertikal. Tetapi sebagian besar gaya lintang V diambil oleh tegangan-tegangan geser dalam badan balok (*web*) sehingga dapat ditentukan tegangan-tegangan tersebut yang mana mengandung tegangan geser maksimum dengan menggunakan teknik yang sama seperti yang digunakan untuk balok balok empat persegi panjang.



Gambar 2.16 Tegangan-tegangan geser dalam badan balok dari sebuah balok flens lebar (Popov, 1989)

Tegangan geser pada kedudukan ef dalam badan balok (gambar 2.16) akan dibuat anggapan yang sama seperti dalam kasus balok empat persegi panjang, yakni tegangan-tegangan gesernya bekerja sejajar sumbu y dan terdistribusi merata sepanjang tebal t_w dari badan balok. Maka penurunan yang dilakukan dalam bagian sebelumnya akan tetap berlaku dan rumusnya tegangan geser adalah $\tau = V.Q/Ib$, pada umumnya akan tetap terpakai. Tetapi lebar b sekarang menjadi tebal t_w dari badan balok dan luas yang dipergunakan untuk menghitung momen pertama Q menjadi luas antara ef dan ujung bawah dari penampang (yaitu, daerah terarsir dari gambar 2.16). Daerah terarsir terdiri atas dua buah empat persegi panjang (abaikan efek dari tampang segitiga atau *fillet* kecil pada titik sambung dari badan balok dan sayap). Empat persegi panjang yang pertama adalah sayap yang mana luasnya

$$Af = bf \left(\frac{D}{2} - \frac{hc_1}{2} \right) \quad (2.56)$$

Empat persegi panjang yang kedua adalah bagian dari badan balok antara ef dan sayap, yang memiliki luas

$$Aw = tw \left(\frac{hc_1}{2} - y_1 \right) \quad (2.57)$$

Momen-momen pertama dari luas-luas ini terhadap sumbu netral diperoleh dengan mengalikan luas dengan jarak dari sumbu z ke titik berat dari luar, sehingga didapat.

$$Q = bf \left(\frac{D}{2} - \frac{hc_1}{2} \right) \left(\frac{hc_1}{2} + \frac{D/2 - hc_1/2}{2} \right) + tw \left(\frac{hc_1}{2} - y_1 \right) \left(y_1 + \frac{hc_1 - y_1}{2} \right) \quad (2.58)$$

atau, setelah menyederhanakannya

$$Q = \frac{bf}{8} (D^2 - hc_1^2) + \frac{tw}{8} (hc_1^2 - 4y_1^2) \quad (2.59)$$

Oleh karena itu, tegangan geser τ dalam badan balok adalah

$$\tau = \frac{V \cdot Q}{I tw} = \frac{V}{8 I tw} [b(hc_1^2 - hc_1^2) + tw(hc_1^2 - 4y_1^2)] \quad (2.60)$$

Dari persamaan 2.60 kemudian dapat dilihat bahwa τ berubah secara kwadratis dalam ketinggian dari badan balok, seperti diperlihatkan oleh grafik dalam gambar 2.16. Dengan memperkenalkan pernyataan-pernyataan berikut untuk momen lembam I

$$I = \frac{bf \cdot D^3}{12} - \frac{(bf - tw)hc_1^3}{12} = \frac{1}{12} (bf \cdot D^3 - bf \cdot hc_1^3 + tw \cdot hc_1^3) \quad (2.61)$$

Maka persamaan 2.60 dapat ditulis dalam bentuk

$$\tau = \frac{3V (bf \cdot D^2 - bf \cdot hc_1^2 + tw \cdot hc_1^2 - 4tw \cdot y_1^2)}{2tw (bf \cdot D^3 - bf \cdot hc_1^3 + tw \cdot hc_1^3)} \quad (2.62)$$

dimana τ dinyatakan dalam dimensi-dimensi dari penampang.

Tegangan geser maksimum terjadi pada sumbu netral ($y_1 = 0$) dan tegangan geser minimum dalam dalam balok terjadi pada titik sambung dengan sayap ($y_1 = \pm hc_1/2$). Jadi akan didapatkan

$$\tau_{\min} = \frac{V}{8Jtw} (D^2 - hc_1^2) = \frac{3Vbf(D^2 - hc_1^2)}{2tw(bf.D^3 - bf.hc_1^3 + tw.hc_1^3)} \quad (2.63)$$

dan

$$\tau_{\max} = \frac{V}{8Jtw} (bf.D^2 - bf.hc_1^2 + tw.hc_1^2)$$

$$= \frac{3V(bf.D^2 - bf.hc_1^2 + tw.hc_1^2)}{2tw(bf.D^3 - bf.hc_1^3 + tw.hc_1^3)} \quad (2.64)$$

Tegangan geser maksimum dalam balok khususnya dari 10 persen hingga 60 persen lebih besar daripada tegangan geser minimum, yang mana tergantung pada dimensi-dimensi dari balok (Gere dan Timoshenko, 1987).

Gaya lintang total yang dipikul badan balok dapat ditentukan dengan mengalikan luas diagram tegangan dengan lebar tw dari badan balok. Luas diagram tegangan terdiri dari atas dua bagian, yaitu empat persegi panjang dengan luas $hc_1 \tau_{\min}$ dan luas suatu segmen parabolik dengan luas :

$$\frac{2}{3} (hc_1) (\tau_{\max} - \tau_{\min}) \quad (2.65)$$

Jadi gaya lintang dalam balok adalah

$$V_{\text{badan}} = hc_1 \cdot \tau_{\min} tw + \frac{2}{3} (hc_1) (\tau_{\max} - \tau_{\min}) tw = \frac{tw hc_1}{3} (2\tau_{\max} + \tau_{\min}) \quad (2.66)$$

Untuk balok-balok dengan proporsi-proporsi yang khas, tegangan geser dalam badan balok sekitar 90 persen hingga 98 persen dari gaya lintang total yang mana sisanya diambil oleh gaya geser dalam sayap (Gere dan Timoshenko, 1987).

Dalam pelaksanaan desain lazim untuk menghitung suatu pendekatan bagi tegangan geser maksimumnya dengan membagi gaya lintang total dengan luas badan balok. Tegangan tersebut menyatakan suatu tegangan geser rata-rata dalam badan balok.

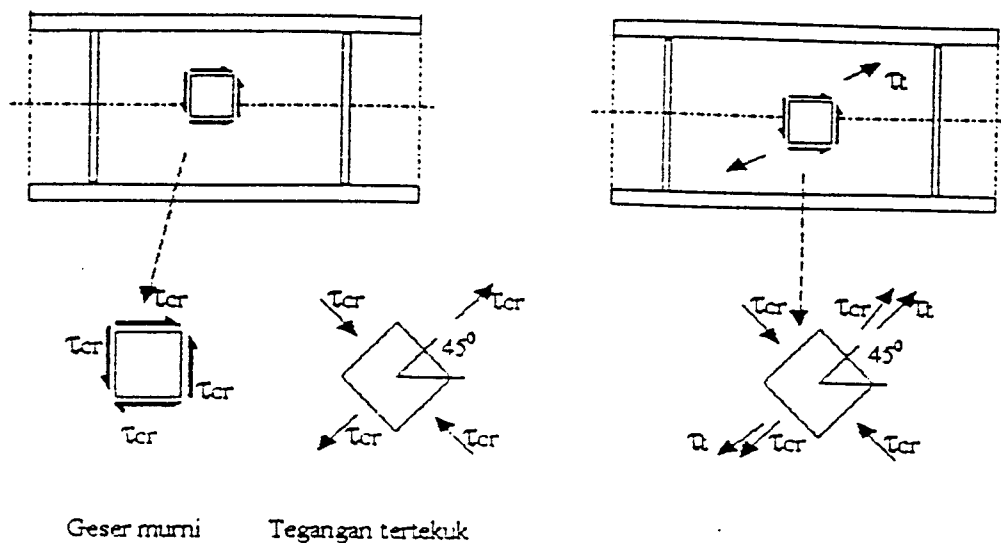
$$\tau_{rata} = \frac{V}{tw.hc_1} \quad (2.67)$$

Untuk balok-balok sayap lebar yang khas, besar tegangan rata-rata tidak melebihi ± 10 persen dari tegangan geser maksimum sebenarnya.

Teori sederhana yang dipersembahkan, cukup teliti untuk dipergunakan dalam menghitung tegangan geser dalam badan balok. Tetapi untuk meninjau distribusi tegangan dalam sayap, maka anggapan bahwa tegangan geser konstan sepanjang lebar bf dari sayap tidak lagi benar. Sebagai misal, pada gambar 2.16 bahwa untuk $y_1 = hc_1/2$, tegangan geser pada permukaan bebas ab dan cd , haruslah nol, sedangkan sepanjang hubungan bc , tegangannya adalah τ_{min} . Pengamatan menunjukkan bahwa, pada sambungan badan balok dan sayap, distribusi lebih rumit, suatu hukum yang tidak dapat diteliti analisa sederhana (Gere & Timoshenko, 1987). Tegangan-tegangan akan menjadi sangat besar pada titik sambung jika sudut-sudut internalnya berbentuk persegi sehingga tampang *fillet* atau segitiga dipergunakan untuk mengurangi tegangan, seperti diperlihatkan dalam gambar 2.16. Dikarenakan sifat terlokalisir dari distribusi tegangan, maka rumus tegangan geser tidak memberikan hasil yang teliti untuk tegangan-tegangan geser vertikal dalam sayap. Tetapi rumus tegangan geser dapat dipergunakan untuk menghitung tegangan-tegangan geser horisontal pada sayap.

2.7.3 Tinjauan Kuat Geser pada Gelagar Pelat

Tipikal pada penampang-penampang berprofil-I, pelat badan memikul sebagian besar geser. Karena sifat gelagar pelat yang memiliki pelat badan yang tipis ($hc/tw > 970/\sqrt{F_y}$, untuk LRFD atau $hc/tw > 760/\sqrt{F_y}$, untuk ASD), stabilitas merupakan hal utama yang harus diperhatikan. Suatu panel pelat badan dengan panjang a diantara pengaku-pengaku transversalnya dan memiliki tinggi bersih hc diantara tumpuan-tumpuan pelat longitudinal (yakni diantara sayap-sayap dan pengaku longitudinal, atau antara pengaku-pengaku longitudinal) yang terletak didaerah geser yang tinggi dan momen lentur yang rendah, kekuatan tekuk panel tersebut dapat diselidiki dengan mengasumsikannya sebagai geser saja (geser murni), seperti terlihat pada gambar 2.17.



a) Ketika hampir tertekuk

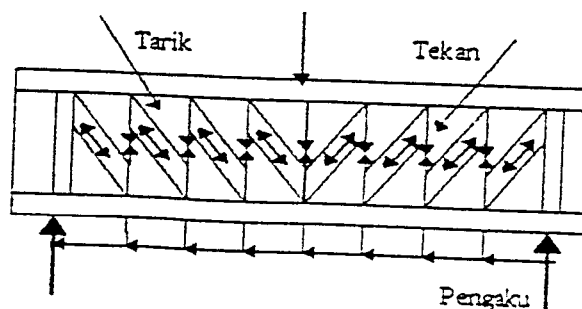
b) Pada keadaan geser batas

Gambar 2.17 Distribusi tegangan (Salmon dan Johnson, 1996)

Kemampuan suatu gelagar pelat untuk berperilaku dengan suatu cara yang mirip dengan sebuah rangka batang menurut Basler (1992) merupakan dasar pemakaian aksi medan tarik yaitu gaya-gaya tarik yang dipikul oleh aksi membran dari

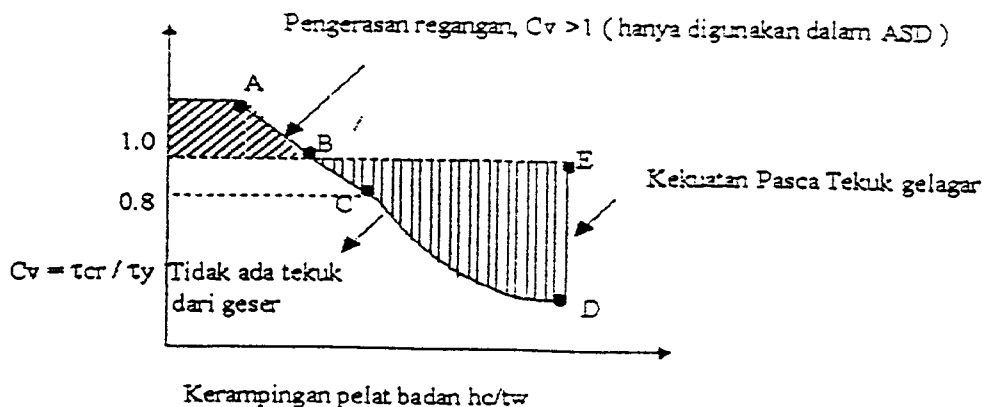
badan gelagar, sedangkan gaya-gaya tekan dipikul oleh pengaku transversal. Karya Basler (1992) mengantarkan pada suatu teori yang sesuai dengan pengujian dan memberikan kriteria untuk memastikan bahwa dapat terjadi aksi rangka batang. Pemasukan aksi rangka batang memperbesar kekuatan geser dari kekuatan tekuk ($ABCD$ pada gambar 2.19) hingga mendekati suatu kondisi yang sejalan dengan leleh geser dalam teori balok klasik (ABE dalam gambar 2.19).

Kekuatan geser nominal V_n dapat dinyatakan sebagai jumlah dari kekuatan tekuk V_{cr} dan kekuatan pasca tekuk V_{tf} dari aksi tarik lapangan. Kekuatan geser V_{tf} yang berasal dari aksi medan tarik dalam badan gelagar menimbulkan suatu pita gaya-gaya tarik yang terjadi setelah badan tersebut mengalami tekuk akibat tekan diagonal (tegangan-tegangan utama dalam teori balok biasa). Keseimbangan dipertahankan melalui transfer gaya kepengaku vertikal. Dengan naiknya beban gelagar, sudut medan tarik berubah untuk mengakomodasikan kapasitas menahan beban terbesar.



Gambar 2.18 Aksi medan tarik (Salmon dan Johnson, 1996)





Gambar 2.19 Kapasitas geser yang tersedia dengan memperhitungkan kekuatan pasca tekuk (Salmon dan Johnson, 1996)

2.7.4 Tinjauan Kuat Geser Metode *Allowable Stress Design*

a. Koefisien tekuk (k)

- Untuk $a/hc \leq 1$

$$k = 4 + \frac{5,34}{(a/hc)^2} \quad (2.68)$$

- Untuk $a/hc > 1$

$$k = \frac{4}{(a/hc)^2} + 5,34 \quad (2.69)$$

b. Koefisien geser (cv)

- Tekuk elastis akibat geser murni (atau ratio $hc/tw > 237 \sqrt{k/Fy}$)

$$cv = \frac{45.000 k}{Fy (hc/tw)^2} \quad (2.70)$$

- Tekuk in elastis akibat geser murni (atau $190 \sqrt{k/Fy} < hc/tw \leq 237 \sqrt{k/Fy}$)

$$cv = \frac{190}{(hc/tw)} \sqrt{\frac{k}{Fy}} \quad (2.71)$$

- Leleh geser (atau $hc/tw < 190 \sqrt{k/Fy}$)

$$cv = 1 \quad (2.72)$$

c. Kekuatan geser nominal

Kekuatan geser nominal V_u dari suatu gelagar berdasarkan tekuk tak elastik atau elastik badan dapat dinyatakan

d. Kekuatan geser termasuk aksi medan tarik

$$V_u = 0.6 F_y A_w \left[c_v + \frac{1 - c_v}{1.15 \sqrt{1 + (a/hc)^2}} \right] \quad (2.74)$$

2.7.5 Tinjauan Kuat Geser Metode *Load and Resistance Factor Design*

a. Koefisien tekuk (k)

$$k = 5 + \frac{5}{(a/hc)^2} \quad (2.75)$$

b. Koefisien geser (c_v)

- Tekuk elastik akibat geser murni (atau ratio $hc/tw > 234 \sqrt{k/F_y}$)

$$c_v = \frac{187}{(hc/tw)} \sqrt{\frac{k}{F_y}} > 0.8 \quad (2.76)$$

- Tekuk in elastis akibat geser murni (atau $187 \sqrt{k/F_y} < hc/tw \leq 234 \sqrt{k/F_y}$)

$$c_v = \frac{44.000.k}{F_y (hc/tw)^2} \leq 0.8 \quad (2.77)$$

- Leleh geser (atau $hc/tw [187 \sqrt{k/F_y}$)

$$c_v = 1 \quad (2.78)$$

c. Kekuatan geser nominal

Kekuatan geser nominal V_u dari suatu gelagar berdasarkan tekuk tak elastik atau elastik badan dapat dinyatakan

$$V_u = 0.6 F_y c_v A_w \quad (2.79)$$

d. Kekuatan geser termasuk aksi medan tarik

$$V_u = \frac{F_y A_w}{2.89} \left[cv + \frac{1 - cv}{1.15 \sqrt{1 + (a/hc)^2}} \right] \quad (2.80)$$

BAB III

ANALISIS STRUKTUR DAN HASIL ANALISIS

3.1 Data Beban dan Respon Beban

Pada analisis struktur sebelum menganalisa kapasitas lentur dan geser, terlebih dahulu dilakukan analisa bentang seperti pada gambar 3.1 dengan maksud untuk mendapatkan korelasi pembebanan atau penyetaraan pembebanan. Perhitungan pelat yang membebani balok sesuai dengan beban yang direncanakan dan menjadi beban mati yang bekerja pada struktur balok tersebut. Adapun beban-beban hidup yang bekerja diambil sesuai dengan Peraturan Muatan Indonesia tahun 1983.

Beban dan momen maksimum yang terjadi sesungguhnya pada struktur gelagar pelat adalah sebagai berikut:

a. Beban yang bekerja

- Akibat beban mati (q_D) = 3,5 kip/ft
- Akibat beban hidup (q_L) = 2 kip/ft

b. Momen dan gaya lintang akibat beban luar

Untuk panjang bentang (L_b) = 40 ft

- Akibat beban mati

$$\text{Momen } (M_D) = 1/8 \cdot q_D \cdot L_b^2 = 1/8 \cdot 3,5 \cdot 40^2 = 700 \text{ kip ft}$$

$$\text{Gaya lintang } (V_D) = 1/2 \cdot q_D \cdot Lb = 1/2 \cdot 3,5 \cdot 40 = 70 \text{ kip}$$

- Akibat beban hidup

$$\text{Momen } (M_L) = 1/8 \cdot q_L \cdot Lb^2 = 1/8 \cdot 2 \cdot 40^2 = 400 \text{ kip ft}$$

$$\text{Gaya lintang } (V_L) = 1/2 \cdot q_L \cdot Lb = 1/2 \cdot 2 \cdot 40 = 40 \text{ kip}$$

Didapat M dan V maksimum untuk masing-masing metode yaitu sebagai berikut:

a. Metode *Allowable Stress Design*

$$\text{Momen } (M) = M_D + M_L = 700 + 400 = 1100 \text{ kip ft}$$

$$\text{Gaya Lintang } (V) = V_D + V_L = 70 + 40 = 110 \text{ kip}$$

b. Metode *Load and Resistance Factor Design*

$$\text{Momen } (M) = 1.2 M_D + 1.6 M_L = 1,2 \cdot 700 + 1,6 \cdot 400 = 1480 \text{ kip ft}$$

$$\text{Gaya Lintang } (V) = 1.2 V_D + 1.6 V_L = 1,2 \cdot 70 + 1,6 \cdot 40 = 148 \text{ kip}$$

Perbandingan momen dan gaya lintang yang terjadi sesungguhnya antara metode ASD dan LRFD dipakai untuk menyetarakan momen dan gaya lintang perencanaan metode LRFD terhadap perencanaan metode ASD. Besarnya nilai banding M dan V adalah sebagai berikut.

$$e = \frac{\text{Gaya lintang atau momen untuk LRFD}}{\text{Gaya lintang atau momen untuk ASD}}$$

Maka hasil korelasi dari dua metode menjadi :

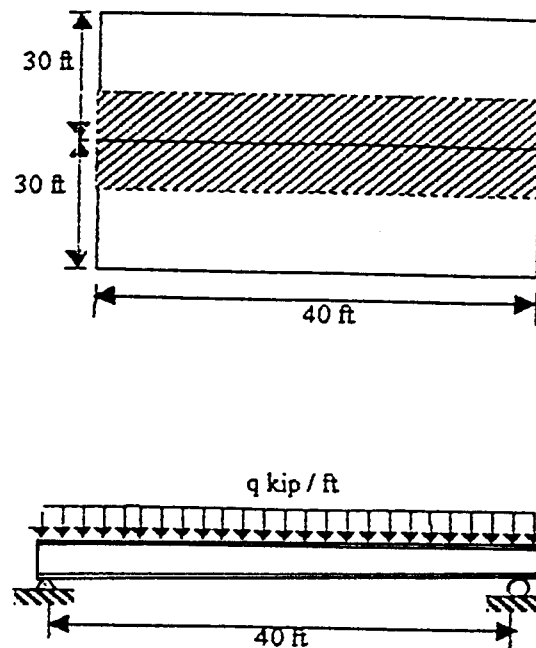
1. untuk momen (M) :

$$e = \frac{1480}{1100} = 1,3455$$

2. untuk gaya lintang (V) :

$$e = \frac{148}{110} = 1,3455$$

Dengan menyetarakan hasil yang didapat dari perencanaan metode LRFD terhadap metode ASD, penentuan tingkat efisiensi dari kedua metode dapat dihasilkan.



Gambar 3.1 Denah struktur portal

3.2 Analisis Kapasitas Lentur

Analisis kapasitas lentur terhadap gelagar pelat dengan panjang bentang 40 ft, 80 ft, 100 ft, 130 ft dan 150 ft. Adapun mutu baja yang digunakan $F_y = 36$ Ksi dengan lebar sayap (bf) = 35 in dan tebal sayap (tf) = 2,5 in. Tinggi gelagar hanya sebagai rancangan untuk menganalisis kapasitas lentur dan kapasitas geser saja, bukan untuk merencanakan tinggi gelagar yang aman baik pada metode ASD dan

LRFD. Sehingga dalam penentuan tinggi gelagar ini diambil antara $1/10 L_b$ sampai $1/25 L_b$ bentang terpanjang dari gelagar pelat yang akan dianalisis.

$$h_c = 1/15 L_b = 1/15 \cdot 130 \text{ ft} = 8,66667 \text{ ft} = 104 \text{ in}$$

Maka digunakan $h_c = 100 \text{ in}$, Untuk tebal badan (tw) didapatkan dari perhitungan rasio h_c/tw maksimum dengan rasio h_c/tw minimum sebagai berikut :

Asumsi :

$$F_{cr} = 0,5 \cdot F_y = 0,5 \cdot 36 = 18 \text{ ksi}$$

$$F_b = 0,5 (0,6 \cdot F_y) = 10,8 \text{ ksi}$$

$$\frac{h_c}{tw} \max \leq \frac{970}{\sqrt{F_{cr}}} = \frac{h_c}{tw} \leq \frac{970}{\sqrt{18}} = \frac{h_c}{tw} \leq 228,63$$

$$\text{Didapat } tw \text{ maksimum} = 0,43739 \text{ in}$$

$$\frac{h_c}{tw} \max \leq \frac{970}{\sqrt{F_b}} = \frac{h_c}{tw} \max \leq \frac{970}{\sqrt{10,8}} = \frac{h_c}{tw} \leq 231,2606$$

$$\text{Didapat } tw \text{ maksimum} = 0,4324 \text{ in}$$

$$\frac{h_c}{tw} \min = \frac{14000}{\sqrt{F_y (F_y + 16.5)}} = \frac{14000}{\sqrt{36(36 + 16.5)}} = 322,03$$

$$\text{Didapat } tw \text{ minimum} = 0,3105 \text{ in}$$

Variasi tebal badan (tw) yaitu 0.31 in, 0.34 in, 0.38 in, 0.48 in. Dalam bab III, akan disajikan perhitungan secara manual untuk panjang bentang 40 ft dengan tebal badan (tw) 0.31 in, sedangkan perhitungan untuk panjang bentang 80 ft, 100 ft, 130 ft, 150 ft dengan tebal badan 0.31 in, 0.34 in, 0.38 in, 0.42 in, dilakukan dengan program komputer. Hasil perhitungan komputer tersebut kemudian ditabelkan dan nilai-nilai dari perhitungan metode LRFD dikonversikan terhadap metode ASD dengan membagi dengan nilai konversi.

3.2.1 Analisis Kapasitas Lentur Dengan Metode ASD

Untuk panjang bentang 40 ft dengan tebal badan 0,31 in

a. Perhitungan radius girasi (r_T), dengan tebal badan (t_w) = 0.31 in

$$\text{Momen inersia sayap } (I_y) = 1/12 \cdot t_f \cdot b_f^3 = 1/12 \cdot 2,5 \cdot 35^3 = 8932,3 \text{ in}^4$$

$$\text{Luas badan } (A_w) = h_c \cdot t_w = 100 \cdot 0,31 = 31 \text{ in}^2$$

$$\text{Luas sayap } (A_f) = b_f \cdot t_f = 35 \cdot 2,5 = 87,5 \text{ in}^2$$

$$\text{Radius girasi } (r_T) = \sqrt{\left(\frac{I_{\text{sayap}}}{A_f + \frac{1}{6} A_w} \right)} = \sqrt{\left(\frac{8932,3}{87,5 + \frac{1}{6} \cdot 31} \right)} = 9,817929 \text{ in}$$

b. Perhitungan modulus penampang elastis (S_x)

Momen Inersia gelagar (I_x)

$$\begin{aligned} \text{Momen inersia gelagar } I_x &= \frac{1}{12} b_f \cdot D^3 - \frac{1}{12} (b_f - t_w) h_c^3 \\ &= \frac{1}{12} \cdot 35 \cdot 105^3 - \frac{1}{12} \cdot (35 - 0.31) \cdot 100^3 \\ &= 485572,9167 \text{ in}^4 \end{aligned}$$

$$S_x = \frac{I_x}{\left(\frac{D}{2} \right)} = \frac{485572,9167}{\left(\frac{105}{2} \right)} = 9249,007937 \text{ in}^3$$

c. Perhitungan tegangan lentur ijin (F_b)

$$L_b = 40 \cdot 12 = 480 \text{ in}$$

$$r_T \sqrt{\left(\frac{102.000 \times C_b}{F_b} \right)} = 9,817929 \times \sqrt{\left(\frac{102.000 \times 1,75}{36} \right)} = 691,4792 \text{ in}$$

$$L_b < r_T \sqrt{\left(\frac{102.000 \times C_b}{F_b} \right)}$$

Maka dipakai tegangan lentur ijin $F_b = 0,6 F_y = 0,6 \cdot 36 = 21,6$ Ksi

d. Perhitungan faktor reduksi tekuk lentur badan (R_{pg})

$$R_{pg} = 1 - 0,0005 \cdot \frac{A_w}{A_f} \left(\frac{hc}{tw} - \frac{760}{\sqrt{F_b}} \right)$$

$$= 1 - 0,0005 \cdot \frac{31}{87,5} \left(\frac{100}{0,31} - \frac{760}{\sqrt{21,6}} \right) = 0,971825$$

e. Perhitungan momen ijin (M)

$$M = F_b S_x R_{pg}$$

$$M = 21,6 \cdot 9249,007937 \cdot 0,971258 = 194149,7295 \text{ kip in} = 16179,1441 \text{ Kip ft}$$

3.2.2 Analisis Kapasitas Lentur Dengan Metode LRFD

Untuk panjang bentang 40 ft dengan tebal badan 0,31 in

a. Perhitungan tegangan kritik (F_{cr})

$$\frac{L_b}{r_T} = \frac{40 \cdot 12}{9,817929} = 48,8798 < \frac{300}{\sqrt{F_y}} = \frac{300}{\sqrt{36}} = 50$$

Maka dipakai tegangan kritik $F_{cr} = F_y = 36$ Ksi

b. Perhitungan faktor reduksi tekuk lentur badan (R_{pg})

$$R_{pg} = 1 - 0,0005 \cdot \frac{A_w}{A_f} \left(\frac{hc}{tw} - \frac{970}{\sqrt{F_{cr}}} \right) = 1 - 0,0005 \cdot \frac{31}{87,5} \left(\frac{100}{0,31} - \frac{970}{\sqrt{36}} \right) = 0,971495$$

c. Penghitungan momen nominal (M_n)

$$M_n = F_{cr} \cdot S_x \cdot R_{pg}$$

$$= 36 \cdot 9249,007937 \cdot 0,971495$$

$$= 323474,8036 \text{ kip in}$$

$$= 26956,0949 \text{ kip ft}$$

d. Penghitungan momen ultimit (M_u)

$$M_u = \phi M_n = 0,9 \cdot 26956,0949 = 24260,48541 \text{ kip ft}$$

Nilai M_u setelah disetarakan terhadap metode ASD adalah

$$M_{u_{setara}} = M_u / e = 24260,48541 / 1,3455 = 18030,83271 \text{ kip ft}$$

3.3 Analisis Kapasitas Geser

Analisis kapasitas geser terhadap gelagar pelat dengan panjang bentang 40 ft, 80 ft, 100 ft, 130 ft dan 150 ft. Adapun mutu baja yang digunakan $F_y = 36$ Ksi dengan lebar sayap (bf) = 35 in, tebal sayap (tf) = 2,5 in, dan tinggi badan (hc) = 100 in, sedangkan jarak pengaku (a) = 200 in. Dalam perhitungan analisis kapasitas geser tebal badan divariasikan sebesar 0.31 in, 0.34 in, 0.38 in, 0.42 in.

3.3.1 Analisis Kapasitas Geser Dengan Metode ASD

Untuk panjang bentang 40 ft dengan tebal badan 0,31 in

a. Perhitungan koefisien tekuk (k)

$$k = \frac{4}{\left(\frac{a}{hc}\right)^2} + 5,34 = \frac{4}{\left(\frac{200}{100}\right)^2} + 5,34 = 6,34$$

b. Penghitungan C_v

$$C_v = \frac{45.000 \cdot k}{\left(\frac{hc}{tw}\right)^2 F_y} = \frac{45.000 \cdot 6,34}{\left(\frac{100}{0,31}\right)^2 \cdot 36} = 0,0762$$

c. Penghitungan kapasitas geser (V)

$$V = \frac{C_v \cdot F_y \cdot A_w}{2,89} = \frac{0,0762 \cdot 36 \cdot 31}{2,89} = 29,4253 \text{ kip}$$

3.3.2 Analisis Kapasitas Geser Dengan Metode LRFD

Untuk panjang bentang 40 ft dengan tebal badan 0,31 in

a. Perhitungan koefisien tekuk (k)

$$k = \frac{5}{\left(\frac{a}{hc}\right)^2} + 5 = \frac{5}{\left(\frac{200}{100}\right)^2} + 5 = 6,34$$

b. Perhitungan C_v

$$C_v = \frac{44.000.k}{\left(\frac{hc}{tw}\right)^2 F_y} = \frac{44.000.6,34}{\left(\frac{100}{0,31}\right)^2 .36} = 0,0762$$

c. Perhitungan kapasitas geser nominal (V_n)

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \cdot F_y \cdot C_v A_w \\ &= 0,6 \cdot 36 \cdot 0,0734 \cdot 31 = 49,1486 \text{ Kip} \end{aligned}$$

d. Perhitungan kapasitas geser ultimit (V_u)

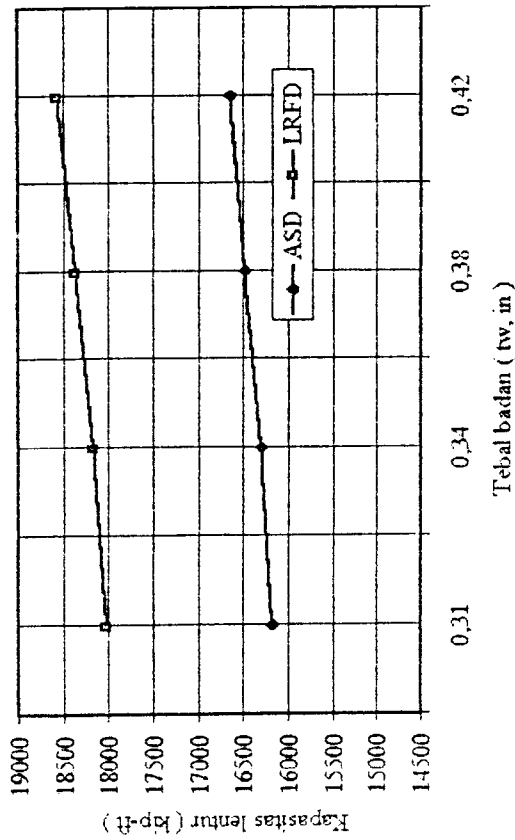
$$V_u = \phi V_n = 0,9 \cdot 49,1486 = 44,2338 \text{ kip}$$

Nilai V_u setelah disetarakan terhadap metode ASD adalah

$$V_{u_{sekarang}} = V_u / \phi = 44,2338 / 1,3455 = 32,8754 \text{ Kip}$$

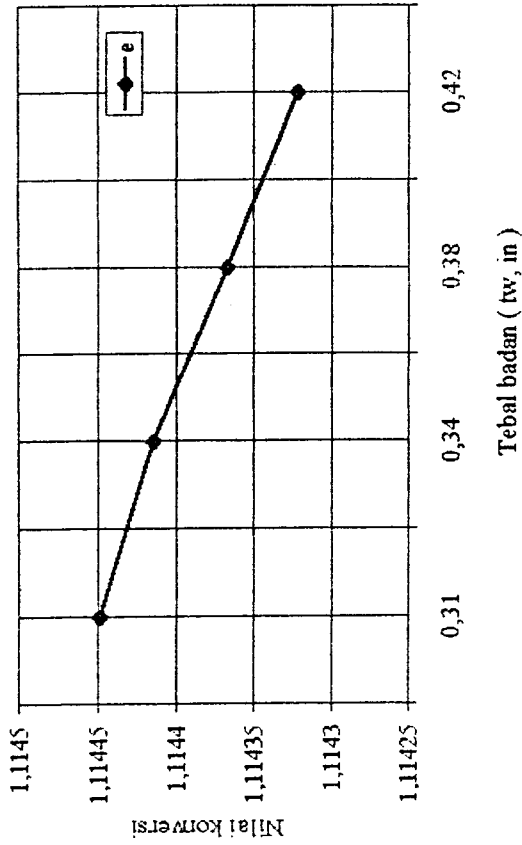
Contoh perhitungan di atas mulai dari kapasitas lentur sampai kapasitas geser kemudian dianalisis dengan variasi panjang bentang 40 ft, 80 ft, 100 ft, 130 ft, 150 ft dan variasi tebal badan 0.31 in, 0.34 in, 0.38 in, 0.42 in. Hasil dan perhitungan ditabelkan dan digambar kurva / grafik yang dapat dilihat pada halaman berikut .

KURVA KAPASITAS LENTUR ASD DAN LRFD



Gambar 3.3 Hubungan antara kapasitas lentur ASD dan LRFD dengan tebal badan untuk $L_b = 40$ ft dan $h_c = 100$ in

KURVA RASIO MOMEN LRFD/ASD

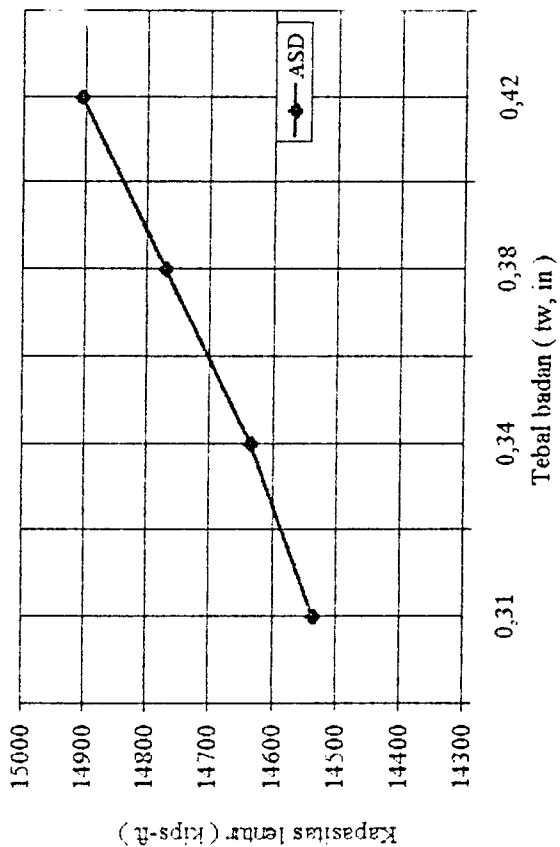


Gambar 3.4 Hubungan antara nilai rasio LRFD/ASD dengan tebal badan untuk $L_b = 40$ ft dan $h_c = 100$ in

Tabel 3.2 Rasio kapasitas lentur metode ASD dan LRFD dengan $L_b = 30$ ft, $h_c = 100$ in, $bf = 35$ in, $tf = 2,5$ in

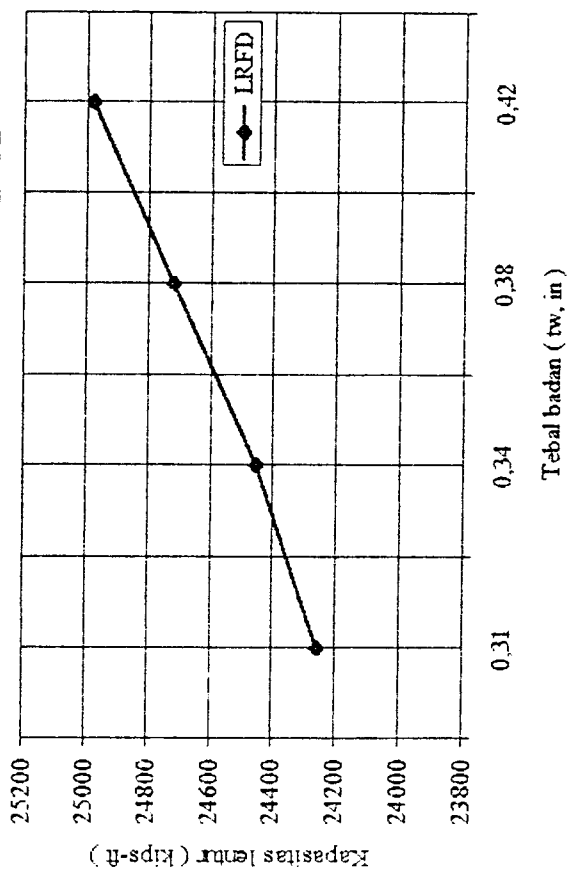
tw (in)	MOMEN LUAR (kip-ft)		MOMEN DALAM (kip-ft)		MOMEN DALAM / MOMEN LUAR		RASIO LRFD / ASD	ANGKA KONVERSI	MOMEN DALAM LRFD DIKONVERSIKAN	RASIO LRFD / ASD
	ASD (tak terfaktor)	LRFD (terfaktor)	ASD	LRFD	ASD	LRFD				
1	2	3	4	5	4/2	5/3	7/6	3/2	5/8	9/4
0,31	4400	5920	14534,63965	24260,48541	3,30333	4,09805	1,66915	1,3455	18030,83271	1,2405421
0,34	4400	5920	14635,3032	24454,9633	3,32621	4,13091	1,67096	1,3455	18175,3722	1,2418856
0,38	4400	5920	14769,8772	24715,36748	3,35679	4,17489	1,67336	1,3455	18368,90931	1,243674
0,42	4400	5920	14904,8292	24977,03893	3,38746	4,21909	1,67577	1,3455	18563,38828	1,245461
							Rata rata=1,67231			Rata rata=1,2428906

KAPASITAS LENTUR ASD



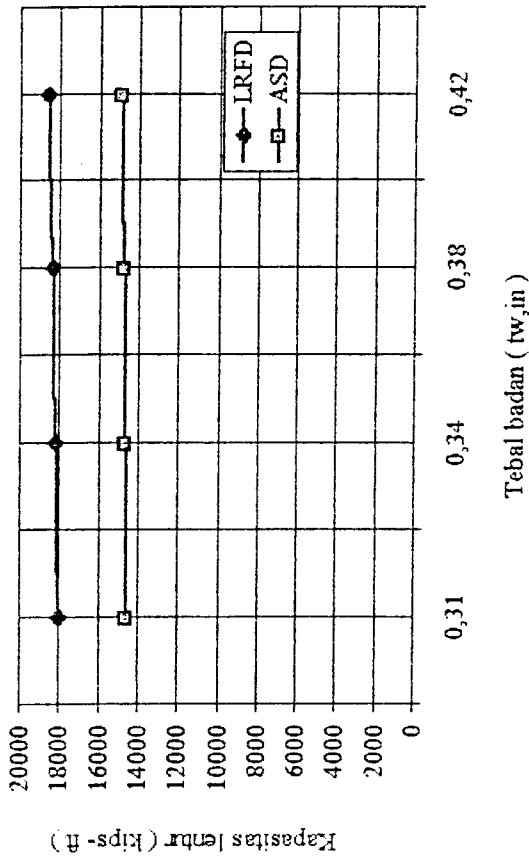
Gambar 3.5 Hubungan antara kapasitas lentur tak terfaktor dengan tebal badan untuk $L_b = 80$ ft dan $h_c = 100$ in

KURVA KAPASITAS LENTUR LRFD



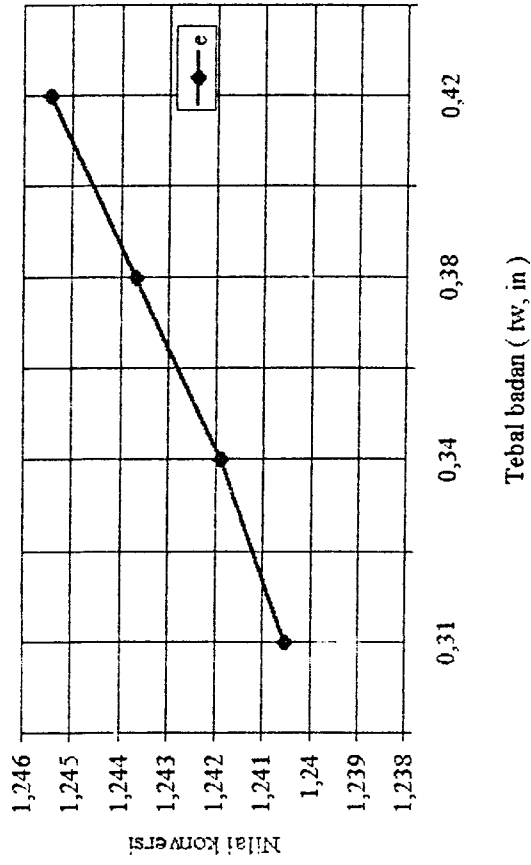
Gambar 3.6 Hubungan antara kapasitas lentur terfaktor dengan tebal badan untuk $L_b = 80$ ft dan $h_c = 100$ in

KURVA KAPASITAS LENTUR ASD DAN LRFD



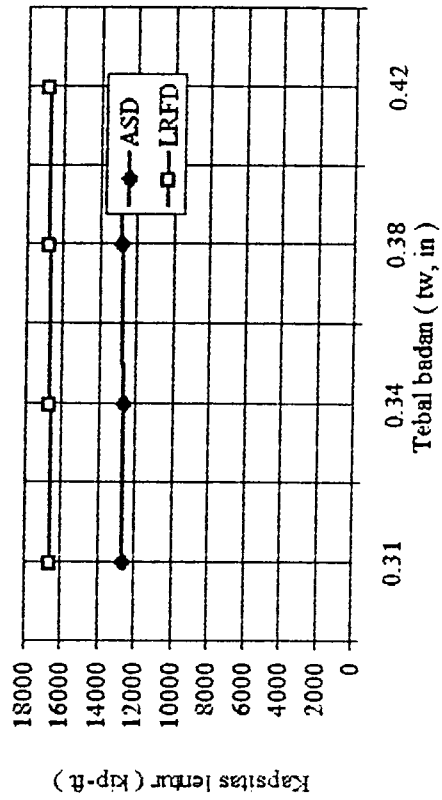
Gambar 3.7 Hubungan antara kapasitas lentur tak terfaktor dengan tebal badan untuk $L_b = 80$ ft dan $h_c = 100$ in

KURVA RASIO MOMEN LRFD/ASD



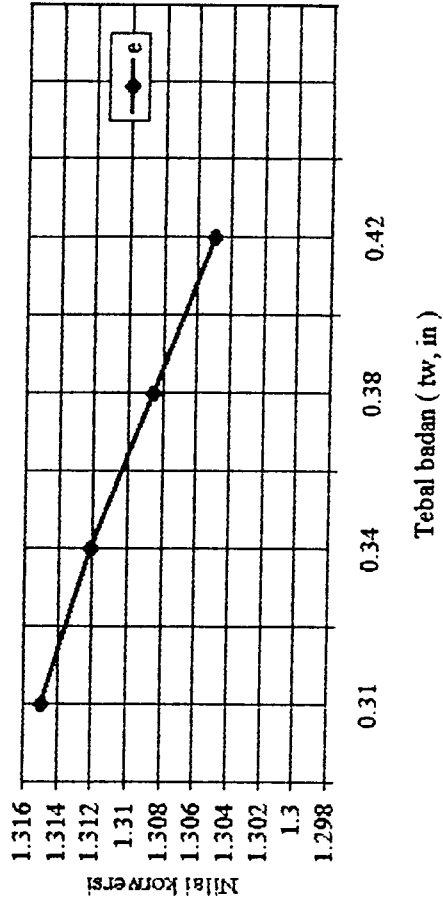
Gambar 3.8 Hubungan antara nilai rasio LRFD/ASD dengan tebal badan untuk $L_b = 80$ ft dan $h_c = 100$ in

KURVA KAPASITAS LENTUR ASD DAN LRFD



Gambar 3.11 Hubungan antara kapasitas lentur ASD dan LRFD dengan tebal badan untuk $L_b = 100$ ft dan $h_c = 100$ in

KURVA RASIO MOMEN LRFD/ASD

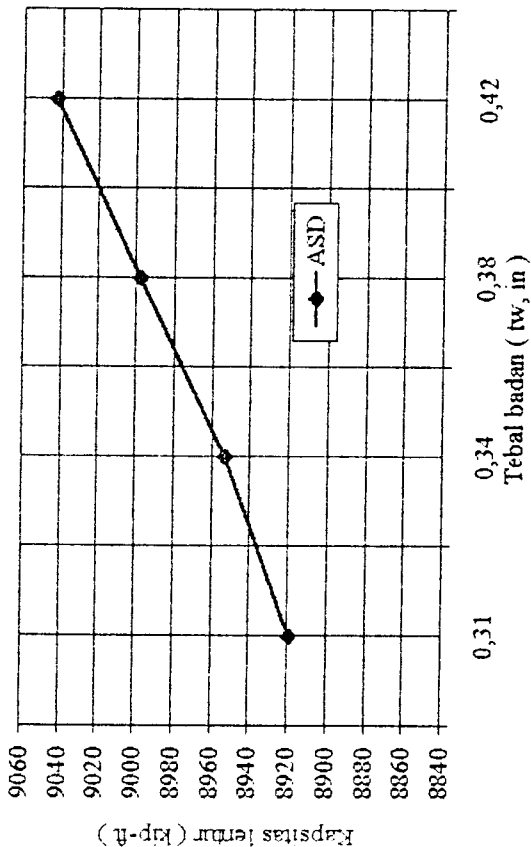


Gambar 3.12 Hubungan antara nilai rasio LRFD/ASD dengan tebal badan untuk $L_b = 100$ ft dan $h_c = 100$ in

Tabel 3.4 Rasio kapasitas lentur metode ASD dan LRFD dengan $L_b = 130$ ft, $h_c = 100$ in, $b_f = 35$ in, $t_f = 2,5$ in

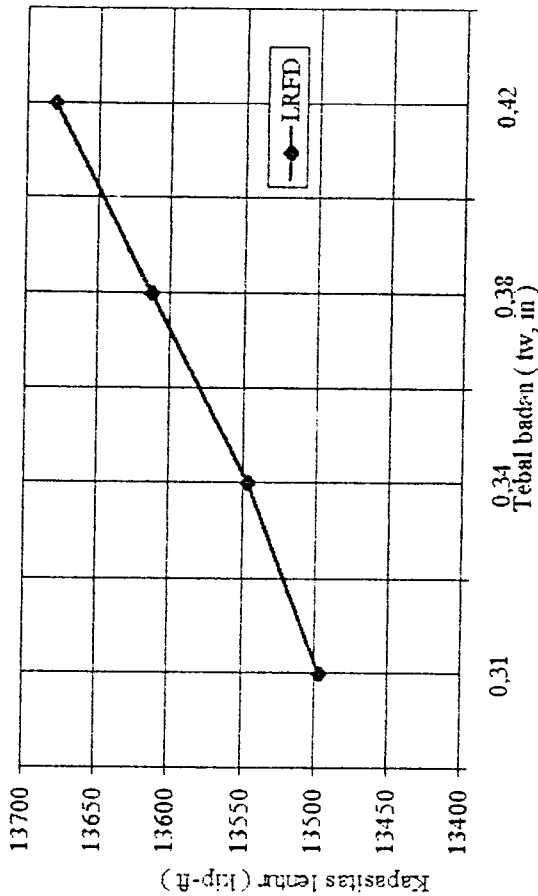
tw (in)	MOMEN LUAR (kip-ft)		MOMEN DALAM (kip-ft)		MOMEN DALAM / MOMEN LUAR		RASIO LRFD / ASD	ANGKA KONVERSI	MOMEN DALAM LRFD DIKONVERSIKAN	RASIO LRFD / ASD
	ASD (tak terfaktor)	LRFD (terfaktor)	ASD	LRFD	ASD	LRFD				
1	2	3	4	5	$\frac{4}{3}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{7}{6}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{9}{4}$
0,31	11618,75	15632,5	8919,424043	13496,43533	0,767675	0,863357	1,513151	1,3455	10030,79549	1,124601
0,34	11618,75	15632,5	8952,745912	13546,02487	0,770543	0,866653	1,513058	1,3455	10067,65133	1,124532
0,38	11618,75	15632,5	8997,466987	13612,58564	0,774392	0,870788	1,512935	1,3455	10117,12051	1,124441
0,42	11618,75	15632,5	9042,523766	13679,65721	0,77827	0,875078	1,512814	1,3455	10166,96932	1,124351
							Rata rata = 1,512989			rata rata = 1,124481

KURVA KAPASITAS LENTUR ASD



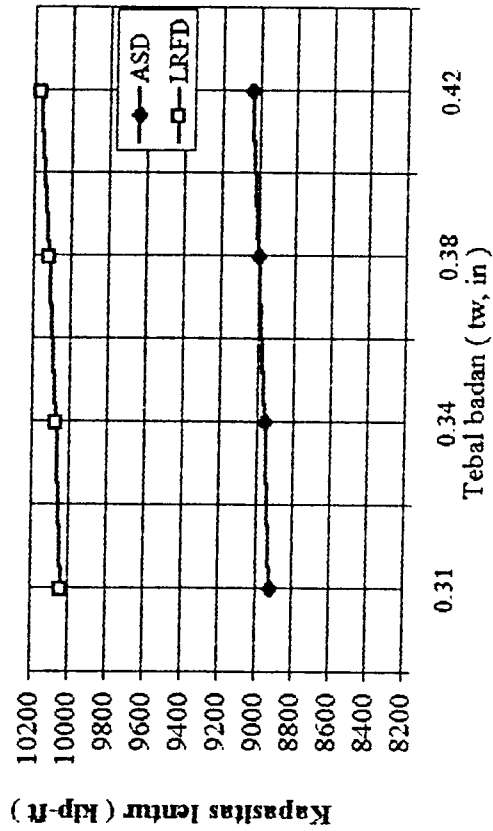
Gambar 3.13 Hubungan antara kapasitas lentur tak terfaktor dengan tebal badan untuk $L_b = 130$ ft dan $h_c = 100$ in

KURVA KAPASITAS LENTUR LRFD



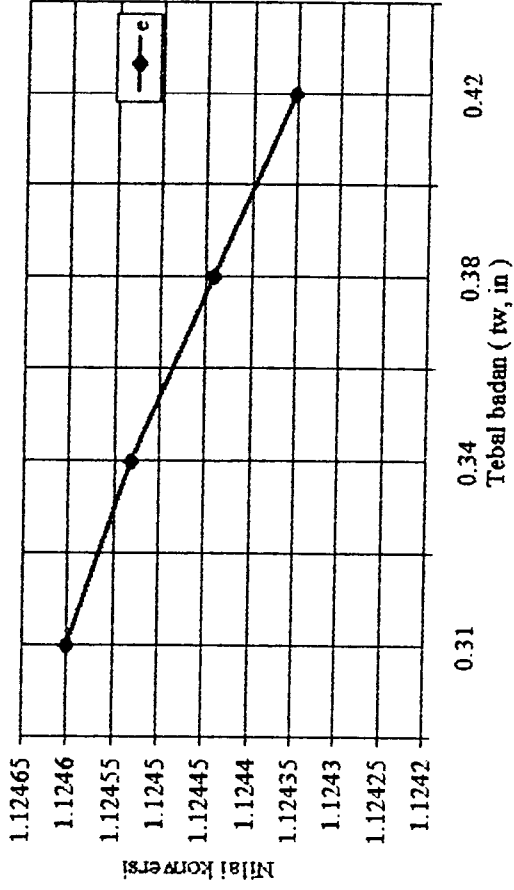
Gambar 3.14 Hubungan antara kapasitas lentur terfaktor dengan tebal badan untuk $L_b = 130$ ft dan $h_c = 100$ in

KURVA KAPASITAS LENTUR LRFD DAN ASD



Gambar 3.15 Hubungan antara kapasitas lentur ASD dan LRFD dengan tebal badan untuk $L_b = 130$ ft dan $h_c = 100$ in

KURVA RASIO MOMEN LRFD/ASD



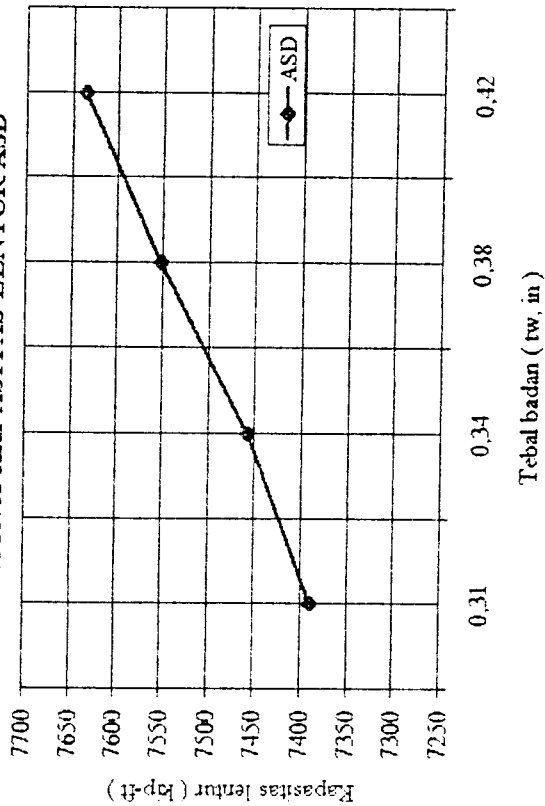
Gambar 3.16 Hubungan nilai rasio LRFD/ASD dengan tebal badan untuk $L_b = 130$ ft dan $h_c = 100$ in

lentur

Tabel 3.5 Rasio kapasitas lentur metode ASD dan LRFD dengan $L_b = 150$ ft, $h_c = 100$ in, $b_f = 35$ in, $t_f = 2,5$ in

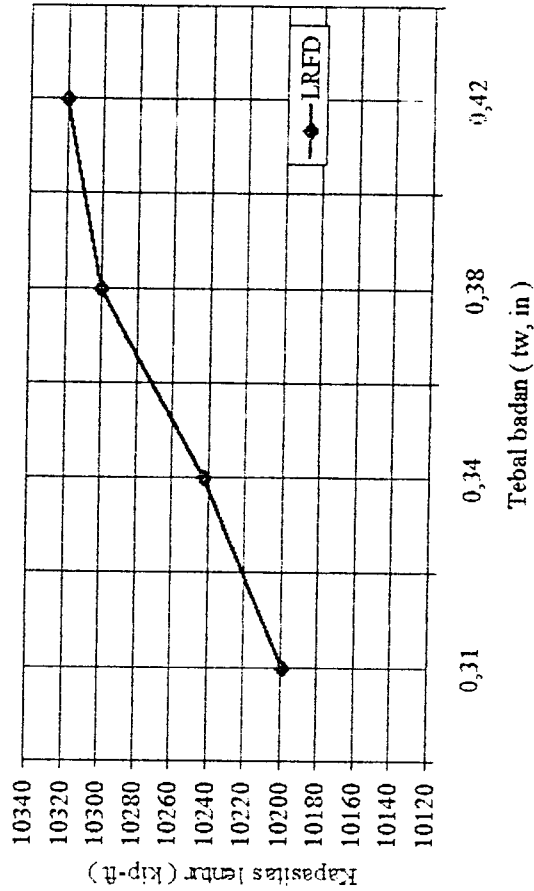
tw (in)	MOMEN LUAR (kip-ft)		MOMEN DALAM (kip-ft)		MOMEN DALAM MOMEN LUAR		RASIO $\frac{LRFD}{ASD}$	ANGKA KONVERSI	MOMEN DALAM LRFD DIKONVERSIKAN		RASIO $\frac{LRFD}{ASD}$
	ASD (tak terfaktor)	LRFD (terfaktor)	ASD	LRFD	ASD	LRFD			LRFD	ASD	
1	2	3	4	5	$\frac{4}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{7}{6}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{9}{4}$	
0,31	15468,75	20812,5	7388,756255	10198,64435	0,477657	0,490025	1,380292	1,3455	7579,817428	1,025858	
0,34	15468,75	20812,5	7458,2737	10241,99121	0,482151	0,492108	1,373239	1,3455	7612,033601	1,020616	
0,38	15468,75	20812,5	7551,457872	10300,17664	0,488175	0,494903	1,363998	1,3455	7655,278068	1,013748	
0,42	15468,75	20812,5	7634,869938	10319,75035	0,493567	0,495844	1,35166	1,3455	7669,825604	1,004578	
							Rata rata = 1,367297			Rata rata = 1,0162	

KURVA KAPASITAS LENTUR ASD

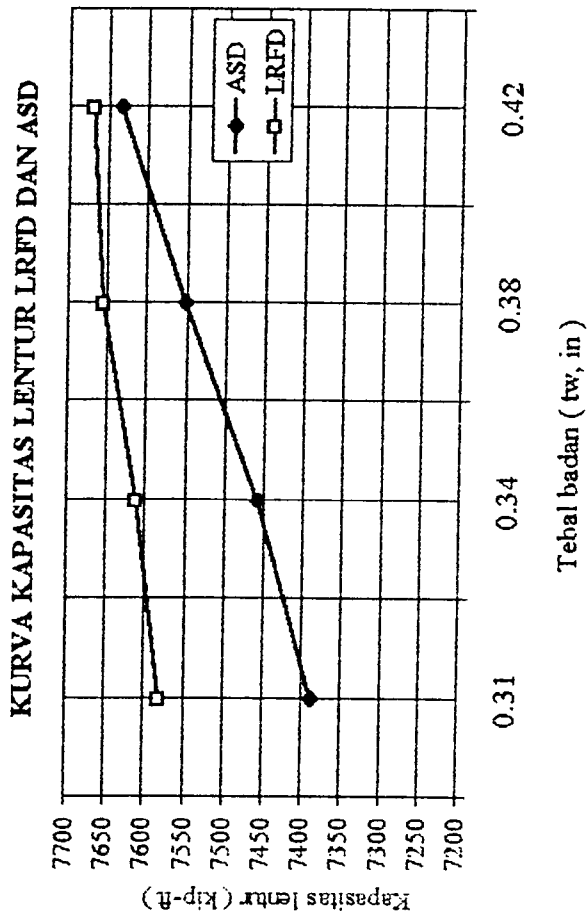


Gambar 3.17 Hubungan antara kapasitas lentur tak terfaktor dengan tebal badan untuk $L_b = 150$ ft dan $h_c = 100$ in

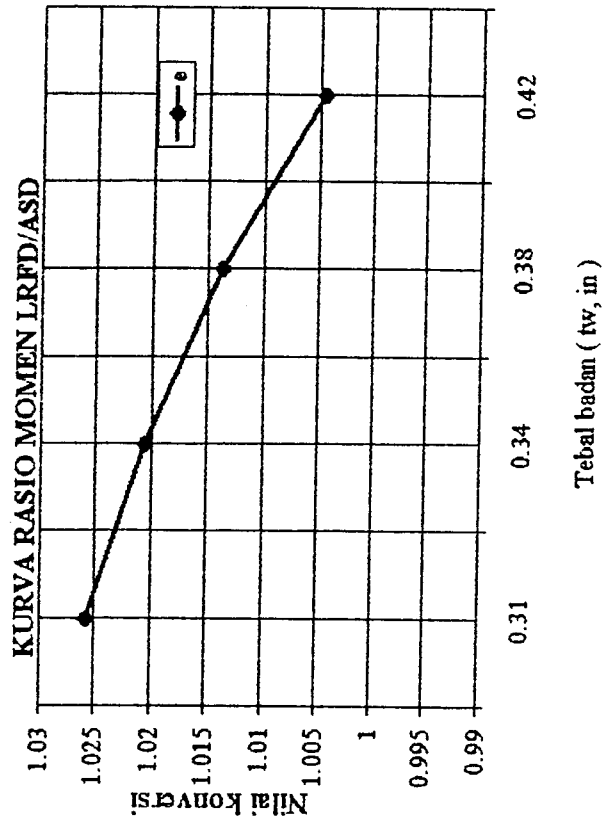
KURVA KAPASITAS LENTUR LRFD



Gambar 3.18 Hubungan antara kapasitas lentur terfaktor dengan tebal badan untuk $L_b = 150$ ft dan $h_c = 100$ in



Gambar 3.19 Hubungan antara kapasitas lentur ASD dan LRFD dengan tebal badan untuk $L_b = 150$ ft, $h_c = 100$ in

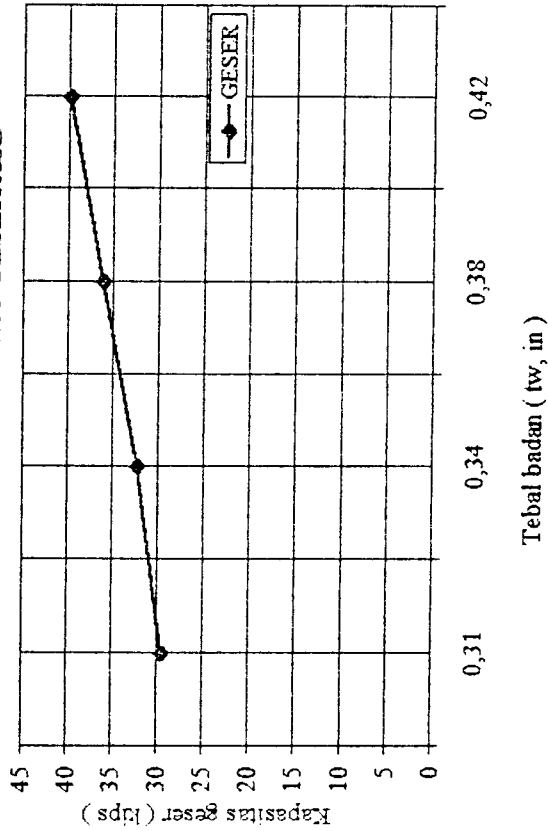


Gambar 3.20 Hubungan antara nilai rasio LRFD/ASD dengan tebal badan untuk $L_b = 150$ ft dan $h_c = 100$ in

Tabel 3.7 Rasio kapasitas geser metode ASD dan LRFD dengan $L_b = 40$ ft, $h_c = 100$ in, $b_f = 35$ in, $t_f = 2,5$ in

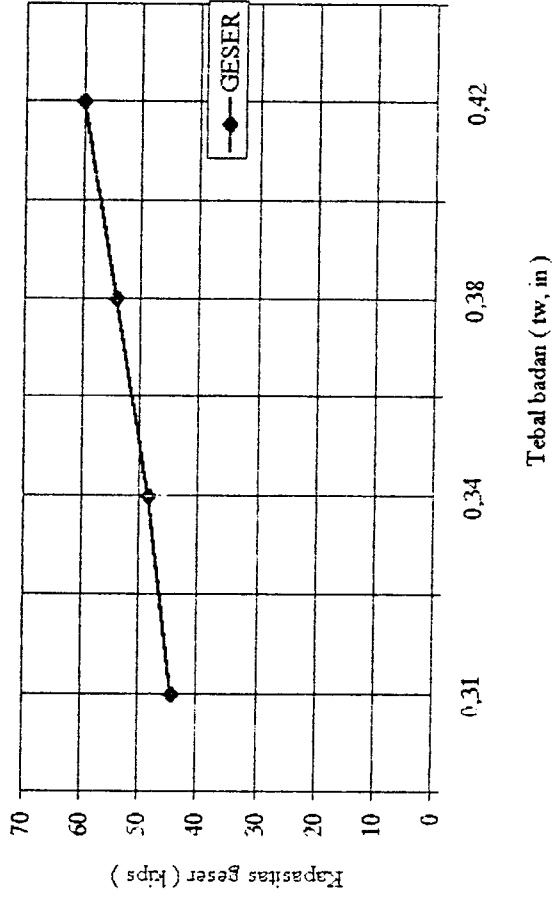
tw (in)	GESER LUAR (kip)		GESER DALAM (kip)		GESER DALAM GESER LUAR		RASIO $\frac{LRFD}{ASD}$	ANGKA KONVERSI	GESER DALAM LRFD DIKONVERSIKAN	RASIO $\frac{LRFD}{ASD}$
	ASD (tak terfaktor)	LRFD (terfaktor)	ASD	LRFD	ASD	LRFD				
1	2	3	4	5	$\frac{4}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{7}{6}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{9}{4}$
0,31	110	148	29,425329	44,2338	0,2675	0,2989	1,503258	1,3455	32,8754	1,117248
0,34	110	148	32,272941	48,5145	0,2934	0,3278	1,503258	1,3455	36,0569	1,117248
0,38	110	148	36,069758	54,2221	0,3279	0,3664	1,503258	1,3455	40,2989	1,117248
0,42	110	148	39,866574	59,9297	0,3624	0,4049	1,503258	1,3455	44,5409	1,117248
							Rata rata = 1,503258		Rata rata = 1,117248	

KURVA KAPASITAS GESER ASD



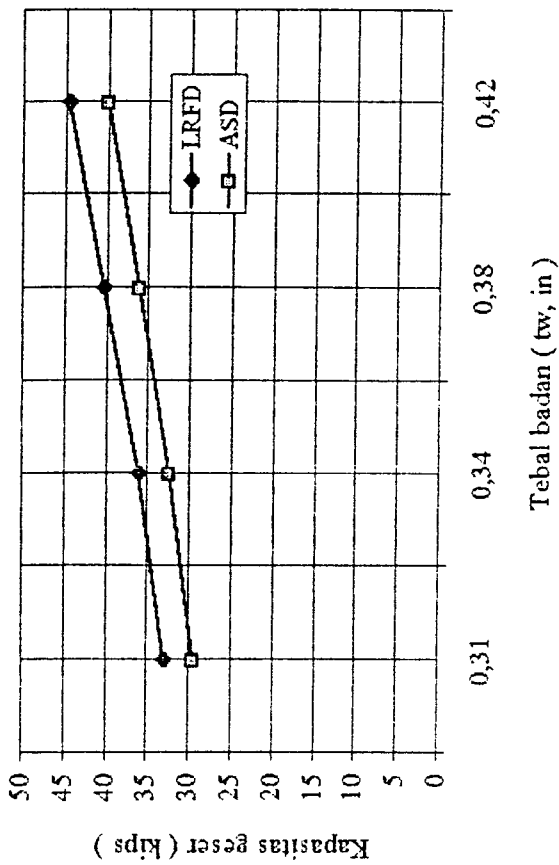
Gambar 3.22 Hubungan antara kapasitas geser tak terfaktor dengan tebal badan untuk $L_b = 40$ ft dan $h_c = 100$ in

KURVA KAPASITAS GESER LRFD



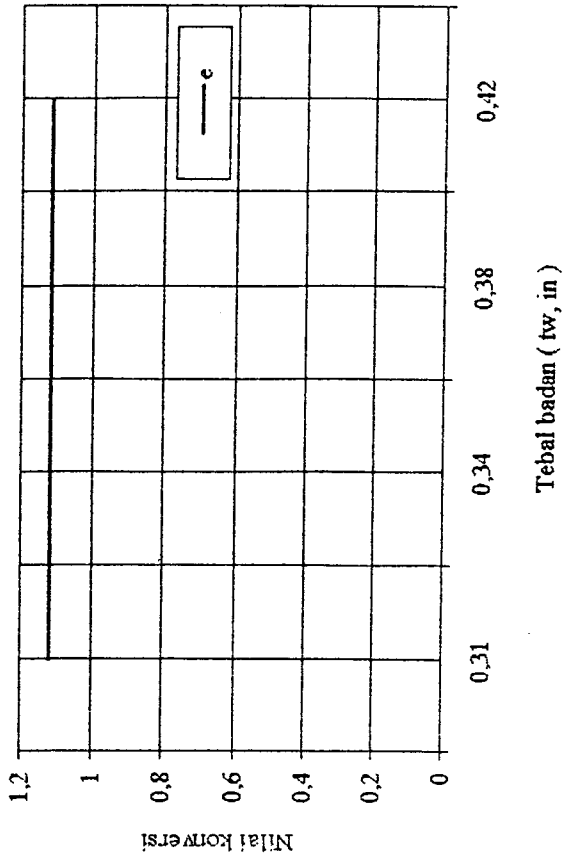
Gambar 3.23 Hubungan antara kapasitas geser terfaktor dengan tebal badan untuk $L_b = 40$ ft dan $h_c = 100$ in

KURVA KAPASITAS GESER ASD
DAN LRFD



Gambar 3.23 Hubungan antara kapasitas geser tak terfaktor dengan tebal badan untuk $L_b = 40$ ft dan $h_c = 100$ in

KURVA RASIO GESER LRFD / ASD



Gambar 3.24 Hubungan antara kapasitas geser terfaktor dengan tebal badan untuk $L_b = 40$ ft dan $h_c = 100$ in

BAB IV

PEMBAHASAN

4.1 Pembahasan

Pembahasan dilakukan untuk menganalisa kapasitas lentur dan geser, guna mendapatkan tingkat efisiensi perencanaan dengan metode *Load and Resistance Factor Design* (LRFD) dan *Allowable Stress Design* (ASD). Untuk menganalisa kapasitas lentur dan geser dapat dilihat pada tabel 4.1, tabel 4.2, gambar 4.1, dan gambar 4.2.

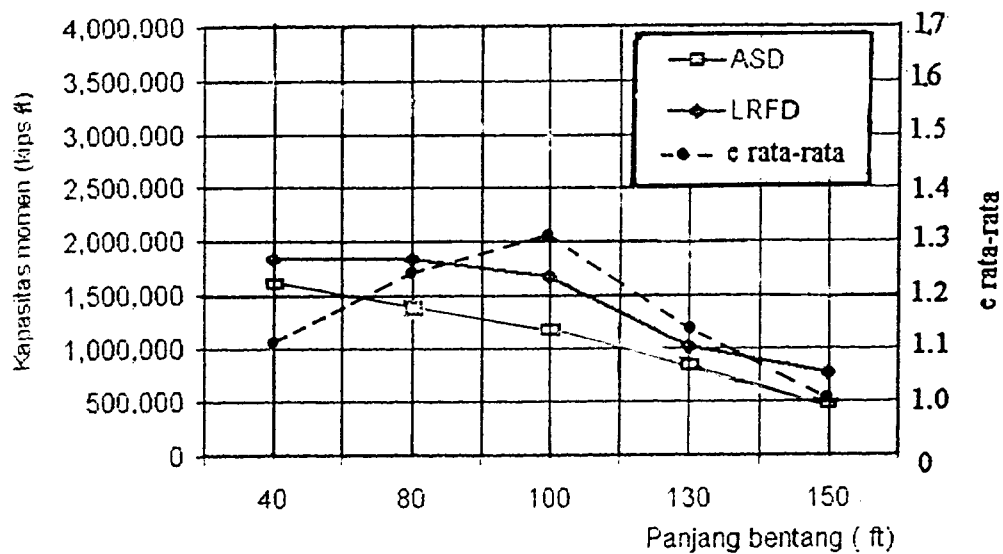
4.1.1 Analisis Kapasitas Lentur

Analisis kapasitas lentur pada gelagar pelat dilakukan untuk mendapatkan kapasitas momen. Hasil dari analisis digambarkan grafik hubungan antara tebal badan (tw) dengan kapasitas momen. Analisis dilakukan pada gelagar plat profil I dengan $F_y = 36$ Ksi dengan panjang bentang 40 ft, 80 ft, 100 ft, 130 ft dan 150 ft, serta koefisien bending $C_b = 1,75$. Pada gambar 3.1 sampai gambar 3.21 dapat dilihat perilaku hubungan antara kapasitas momen dengan variabel tebal badan dan hubungan antara kapasitas momen dengan variabel tebal badan dan hubungan antara kapasitas momen dengan variabel panjang bentang. Kemudian dari tabel 4.1 didapatkan rasio (e) kapasitas rata-rata momen metode LRFD dan ASD, seperti berikut :

Tabel 4.1 Hubungan rasio kapasitas momen rata-rata metode ASD dan LRFD

Lb (ft)	Momen LRFD rata-rata (kips-ft)	Momen ASD rata-rata (kips-ft)	e rata-rata
1	2	3	2/3
40	18284,63879	16407,78507	1,114388
80	18284,63879	14711,16231	1,242891
100	16688,46764	12746,25493	1,309284
130	10095,63562	8978,04021	1,124481
150	7629,23868	7508,33944	1,016201

KURVA RASIO KAPASITAS LENTUR



Gambar 4.1 Kurva rasio kapasitas lentur LRFD/ASD rata-rata dengan panjang bentang

Dari tabel 4.1 dan gambar 4.1 didapat analisa seperti berikut :

1. Dalam membandingkan antara kedua metode yaitu metode ASD dan metode LRFD tidak dapat langsung dilakukan dengan membandingkan hasil dari kapasitas momen, hal tersebut karena rumus dan ketentuan yang berbeda, sehingga harus dikonversikan dahulu.
2. Pada bentang 40 ft sampai 80 ft kapasitas momen rata-rata metode LRFD tidak mengalami perubahan nilai (konstan) sepanjang bentang tersebut.
3. Pada bentang 80 ft sampai 100 ft kapasitas momen rata-rata metode LRFD mengalami penurunan sebesar 79,8085 kips atau turun sebesar 5%/ft.
4. Pada bentang 100 ft sampai 130 ft kapasitas momen rata-rata metode LRFD mengalami penurunan sebesar 219,76067 kips atau turun sebesar 3,334%/ft.
5. Pada bentang 130 ft sampai 150 ft kapasitas momen rata-rata metode LRFD mengalami penurunan sebesar 123,31997 kips atau turun sebesar 5%/ft.
6. Pada bentang 40 ft sampai 80 ft kapasitas momen rata-rata metode ASD mengalami penurunan sebesar 42,4155 kips atau turun sebesar 2,5%/ft.
7. Pada bentang 80 ft sampai 100 ft kapasitas momen rata-rata metode ASD mengalami penurunan sebesar 98,2453 kips atau turun sebesar 5%/ft.
8. Pada bentang 100 ft sampai 130 ft kapasitas momen rata-rata metode ASD mengalami penurunan sebesar 125,6071 kips atau turun sebesar 3,334%/ft.
9. Pada bentang 130 ft sampai 150 ft kapasitas momen rata-rata metode ASD mengalami penurunan sebesar 123,31997 kips atau turun sebesar 5%/ft.
10. Layanan kapasitas momen rata-rata metode LRFD pada bentang 40 ft sampai 150 ft lebih besar daripada metode ASD yaitu untuk bentang 40 ft sebesar 11.4388%,

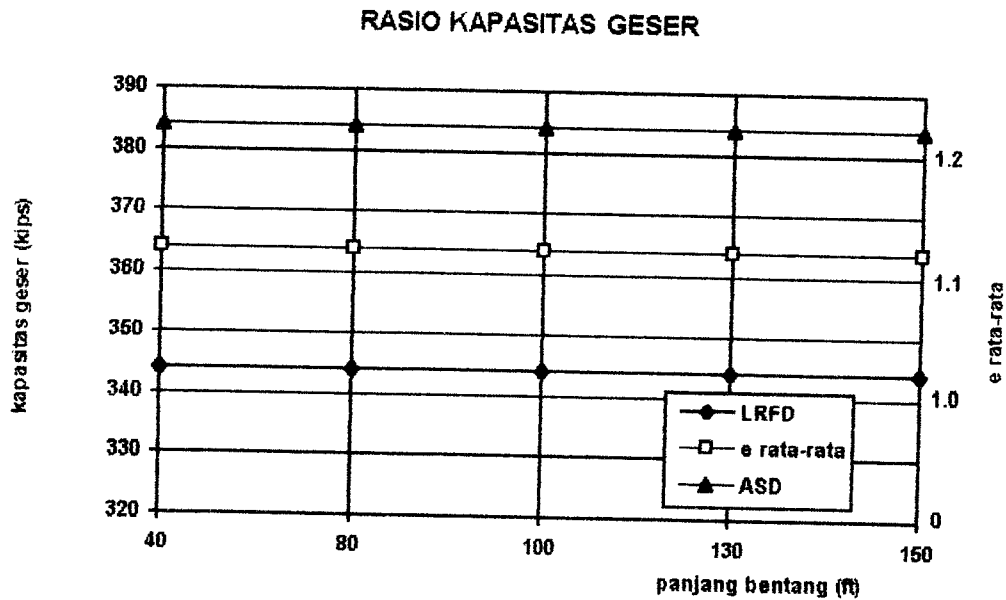
untuk bentang 80 ft sebesar 24,2891 %, untuk bentang 100 ft sebesar 30,9284 %, untuk bentang 130 ft sebesar 12,4481 %, untuk bentang 150 ft sebesar 1,6201 %.

4.1.2 Analisis Kapasitas Geser

Analisis kapasitas geser pada gelagar pelat dilakukan untuk mendapatkan kapasitas geser. Hasil dari analisis digambarkan grafik hubungan antara tebal badan dan kapasitas geser dan panjang bentang dengan kapasitas geser. Analisis dilakukan pada gelagar profil I dengan $F_y = 36$ ksi dengan panjang bentang 40 ft, 80 ft, 100 ft, 130 ft dan 150 ft serta jarak pengaku $a = 200$ in. Pada gambar 3.22 sampai gambar 3.26 dapat dilihat perilaku hubungan antara kapasitas geser dengan variabel tebal badan dan hubungan antara kapasitas geser dengan variabel panjang bentang. Kemudian dari tabel 4.2 didapatkan rasio (e) kapasitas rata-rata geser metode LRFD dan metode ASD seperti berikut :

Tabel 4.2 Hubungan rasio kapasitas geser rata-rata metode ASD dan LRFD

L_b (ft)	Geser LRFD rata-rata (kips)	Geser ASD rata-rata (kips)	e rata-rata
1	2	3	2/3
40	38,443025	34,4086	1,11725
80	38,443025	34,4086	1,11725
100	38,443025	34,4086	1,11725
130	38,443025	34,4086	1,11725
150	38,443025	34,4086	1,11725



Gambar 4.2. Kurva rasio kapasitas geser LRFD/ASD rata-rata dengan panjang bentang

Dari tabel 4.2 dan gambar 4.2 didapat analisa seperti berikut :

1. Dalam membandingkan antara kedua metode yaitu metode ASD dan metode LRFD tidak dapat langsung dilakukan dengan membandingkan hasil dari kapasitas geser, hal tersebut karena rumus dan ketentuan yang berbeda, sehingga harus dikonversikan dahulu.
2. Pada bentang 40 ft sampai 150 ft kapasitas geser rata-rata metode LRFD tidak mengalami perubahan nilai (konstan) sepanjang bentang tersebut dengan nilai sebesar 38,443025 kips.
3. Pada bentang 40 ft sampai 150 ft kapasitas geser rata-rata metode ASD tidak mengalami perubahan nilai (konstan) sepanjang bentang tersebut dengan nilai sebesar 34,4086 kips.

4. Layanan kapasitas geser rata-rata metode LRFD pada bentang 40 ft sampai 150 ft lebih besar daripada metode ASD yaitu sebesar 11.725 %.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan uraian dari bab I sampai bab III, serta hasil pembahasan pada bab IV dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Perencanaan dengan metode LRFD lebih besar mendukung baik kapasitas momen maupun geser dibandingkan dengan metode ASD.
2. Dengan bertambahnya variabel panjang bentang dalam perencanaan gelagar pelat maka rasio nilai perbandingan antara metode LRFD dengan metode ASD dalam menahan kapasitas momen akan semakin kecil.
3. Nilai e rata-rata (perbandingan momen LRFD dan ASD) maksimum terjadi pada bentang 100 ft.
4. Dengan bertambahnya variabel panjang bentang gelagar pelat tidak berpengaruh pada besarnya persentase penambahan kapasitas geser metode LRFD terhadap metode ASD dengan kata lain efisiensi metode LRFD terhadap metode ASD konstan.

5.2 Saran

1. Dalam merencanakan struktur balok khususnya gelagar pelat disarankan untuk merencanakan dengan metode LRFD karena akan lebih efisien dalam menahan beban dan momen bila dibandingkan metode ASD.

2. Sehubungan dengan perencanaan dengan metode LRFD maka perlu diadakan pengawasan yang lebih teliti baik sewaktu perencanaan maupun dalam pelaksanaan dilapangan.
3. Untuk hasil analisis yang lebih baik dan sempurna maka sebaiknya analisis kapasitas lentur dan geser tidak dilakukan terhadap satu profil gelagar pelat saja tetapi dapat dilakukan terhadap tipe-tipe lain seperti gelagar boks, gelagar hibrida dan lain-lain, sehingga akan didapat variasi kapasitas lentur dan geser yang mewakili jenis dan tipe dari gelagar yang lain. Dengan demikian dapat dihasilkan nilai perbandingan kapasitas antara metode ASD dan metode LRFD secara umum yang bisa mewakili semua tipe gelagar pelat.

DAFTAR PUSTAKA

1. Bowles, J.E., 1985, **DESAIN BAJA KONTRUKSI** , Penerbit Erlangga, Jakarta.
2. Gaylord, E.H., Gaylord, C.N. dan Stallmeyer, J.E., 1992, **STELL STRUCTURES**, Edisi tiga, MC Graw-Hill Book Co, New York.
3. Johnston, B.G., Lin, F.J. dan Galambos, T.V., 1980, **BASIC STELL DESIGN**, Edisi dua, Penerbit Yustadi, Jakarta.
4. Popov, E.P., 1989, **MECHANICS OF MATERIALS**, Edisi dua, Penerbit Erlangga, Jakarta.
5. Rokach, A.J., 1991, **STRUCTURAL STEEL DESIGN**, MC Graw-Hill Book Co, New York.
6. Salmon, C.G. dan Johnson, J.E.,1980, **STRUKTUR BAJA DESAIN DAN PERILAKU** , Jilid dua, Edisi dua, Penerbit Erlangga, Jakarta.
7. Salmon, C.G. dan Johnson, J.E., 1996, **STRUKTUR BAJA DESAIN DAN PERILAKU** , Jilid dua, Edisi tiga, PT. Granmedia Pustaka Utama, Jakarta.
8. Spiegel, L. dan Limbrunner, G.F. 1991, **DESAIN BAJA STRUKTURAL TERAPAN**, Jilid satu, Penerbit PT. Eresco, Bandung.
9. -----, 1989, **MANUAL OF STELL CONSTRUCTION**, Edisi sembilan, AISC, New York.
10. -----, 1984, **PERATURAN PERENCANAAN BANGUNAN BAJA INDONESIA**, Penerbit Yayasan Lembaga Penyelidikan Bangunan Indonesia, Bandung.



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

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
1.	Arifawansyah	95 317 198		Struktur
2.	Hari Dodi Santoso	95 317 018		Struktur

JUDUL TUGAS AKHIR : STUDI KOMPARASI ANALISIS KAPASITAS LENTUR DAN GE-
SERANG PELANGGARAN PELANGGARAN TEGANGAN METODE ALLOWABLE STRESS
DESIGN DAN METODE LOAD AND RESISTANCE FACTOR
DESIGN.

Dosen Pembimbing I : : IR. H.A. HALIM HASMAR, MT
Dosen Pembimbing II : : IR. SUHARIZATUN, MT

1



2



Yogyakarta, 09 Mei 1998

Dekan,
Ketua Jurusan Teknik Sipil.

IR. H. TADJUDIN BRAL, MS

ANALISIS KAPASITAS LENTUR

$$L_b = 40.12$$

Analisis Kapasitas Lentur Dengan Metode ASD

1. Untuk panjang bentang 40 ft

- Untuk panjang bentang 40 ft dengan tebal badan 0,31 in
- Perhitungan radius girasi (r_T), dengan tebal badan (t_w) = 0.31 in

$$\text{Momen inersia sayap } (I_y) = 1/12 \cdot t_f \cdot b_f^3 = 1/12 \cdot 2,5 \cdot 35^3 = 8932,3 \text{ in}^4$$

$$\text{Luas badan } (A_w) = h_c \cdot t_w = 100 \cdot 0,31 = 31 \text{ in}^2$$

$$\text{Luas sayap } (A_f) = b_f \cdot t_f = 35 \cdot 2,5 = 87,5 \text{ in}^2$$

$$\text{Radius girasi } (r_T) = \sqrt{\frac{I_y \text{ sayap}}{A_f + \frac{1}{6} A_w}} = \sqrt{\frac{8932,3}{87,5 + \frac{1}{6} \cdot 31}} = 9,817929 \text{ in}$$

- Perhitungan modulus penampang elastis (S_x)

Momen Inersia gelagar (I_x)

$$\text{Momen inersia gelagar } I_x = \frac{1}{12} b_f \cdot D^3 - \frac{1}{12} (b_f - t_w) \cdot h_c^3$$

$$= \frac{1}{12} \cdot 35 \cdot 105^3 - \frac{1}{12} \cdot (35 - 0.31) \cdot 100^3$$

$$= 485572,9167 \text{ in}^4$$

$$S_x = \frac{I_x}{\left(\frac{D}{2}\right)} = \frac{485572,9167}{\left(\frac{105}{2}\right)} = 9249,007937 \text{ in}^3$$

- Perhitungan tegangan lentur ijin (F_b)

$$L_b = 40.12 = 480 \text{ in}$$

$$r_r \sqrt{\left(\frac{102.000 \times C_b}{F_b}\right)} = 9,817929 \times \sqrt{\left(\frac{102.000 \times 1,75}{36}\right)} = 691,4792 \text{ in}$$

Maka dipakai tegangan lentur ijin $F_b = 0,6 F_y = 0,6 \cdot 36 = 21,6 \text{ Ksi}$

- Perhitungan faktor reduksi tekuk lentur badan (R_{pg})

$$R_{pg} = 1 - 0,0005 \cdot \frac{A_w}{A_f} \left(\frac{hc}{tw} - \frac{760}{\sqrt{F_b}} \right)$$

$$= 1 - 0,0005 \cdot \frac{31}{87,5} \left(\frac{100}{0,31} - \frac{760}{\sqrt{21,6}} \right) = 0,971825$$

- Perhitungan momen ijin (M)

$$M = F_b S_x R_{pg}$$

$$M = 21,6 \cdot 9249,007937 \cdot 0,971258 = 194149,7295 \text{ kip in} = 16179,1441 \text{ Kip ft}$$

2. Untuk panjang bentang 40 ft dengan tebal badan 0,34 in

- Perhitungan radius girasi (r_r), dengan tebal badan (tw) = 0,34 in

$$\text{Momen inersia sayap } (I_y) = \frac{1}{12} \cdot tf \cdot bf^3 = \frac{1}{12} \cdot 2,5 \cdot 35^3 = 8932,3 \text{ in}^4$$

$$\text{Luas badan } (A_w) = hc \cdot tw = 100 \cdot 0,34 = 34 \text{ in}^2$$

$$\text{Luas sayap } (A_f) = bf \cdot tf = 35 \cdot 2,5 = 87,5 \text{ in}^2$$

$$\text{Radius girasi } (r_r) = \sqrt{\left(\frac{I_y \text{ sayap}}{A_f + \frac{1}{6} A_w}\right)} = \sqrt{\left(\frac{8932,3}{87,5 + \frac{1}{6} \cdot 34}\right)} = 9,791548$$

- Perhitungan modulus penampang elastis (S_x)

Momen Inersia gelagar (I_x)

$$\text{Momen inersia gelagar } I_x = \frac{1}{12} bf \cdot D^3 - \frac{1}{12} (bf - tw) \cdot hc^3$$

$$= \frac{1}{12} \cdot 35 \cdot 105^3 - \frac{1}{12} \cdot (35 - 0.34) \cdot 100^3$$

$$= 488072,9032 \text{ in}^4$$

$$S_x = \frac{I_x}{\left(\frac{D}{2}\right)} = \frac{488072,9032}{\left(\frac{105}{2}\right)} = 9296,626984 \text{ in}^3$$

- Perhitungan tegangan lentur ijin (F_b)

$$\frac{L_b}{r_T} = \frac{40.12}{9,791548} = 49,0218707 < \sqrt{\left(\frac{102000 \cdot C_b}{F_b}\right)} = \sqrt{\frac{102000 \cdot 1,75}{36}} = 70,4154$$

Maka dipakai tegangan lentur ijin $F_b = 0,6 F_y = 0,6 \cdot 36 = 21,6 \text{ Ksi}$

- Perhitungan faktor reduksi tekuk lentur badan (R_{pg})

$$R_{pg} = 1 - 0,0005 \cdot \frac{A_w}{A_f} \cdot \left(\frac{h_c}{t_w} - \frac{760}{\sqrt{F_b}} \right)$$

$$= 1 - 0,0005 \cdot \frac{34}{87,5} \cdot \left(\frac{100}{0,34} - \frac{760}{\sqrt{21,6}} \right) = 0,974628$$

- Perhitungan momen ijin (M)

$$M = F_b S_x R_{pg}$$

$$M = 21,6 \cdot 9296,626984 \cdot 0,974628 / 12 = 16309,35366 \text{ Kip ft}$$

3. Untuk panjang bentang 40 ft dengan tebal badan 0,38 in

- Perhitungan radius girasi (r_r), dengan tebal badan (t_w) = 0.38 in

$$\text{Momen inersia sayap } (I_y) = 1/12 \cdot t_f \cdot b_f^3 = 1/12 \cdot 2,5 \cdot 35^3 = 8932,3 \text{ in}^4$$

$$\text{Luas badan } (A_w) = h_c \cdot t_w = 100 \cdot 0,38 = 38 \text{ in}^2$$

$$\text{Luas sayap } (A_f) = b_f \cdot t_f = 35 \cdot 2,5 = 87,5 \text{ in}^2$$

$$\text{Radius girasi } (r_r) = \sqrt{\left(\frac{I_y \text{ sayap}}{A_f + \frac{1}{6} \cdot A_w} \right)} = \sqrt{\left(\frac{8932,3}{87,5 + \frac{1}{6} \cdot 38} \right)} = 9,756703 \text{ in}$$

- Perhitungan modulus penampang elastis (S_x)

Momen Inersia gelagar (I_x)

$$\begin{aligned} \text{Momen inersia gelagar } I_x &= \frac{1}{12} b_f \cdot D^3 - \frac{1}{12} (b_f - t_w) \cdot h_c^3 \\ &= \frac{1}{12} \cdot 35 \cdot 105^3 - \frac{1}{12} \cdot (35 - 0,38) \cdot 100^3 \\ &= 491406,25 \text{ in}^4 \end{aligned}$$

$$S_x = \frac{I_x}{\left(\frac{D}{2} \right)} = \frac{49406,25}{\left(\frac{105}{2} \right)} = 9360,119048 \text{ in}^3$$

- Perhitungan tegangan lentur ijin (F_b)

$$\frac{L_b}{r_r} = \frac{40 \cdot 12}{9,756703} = 49,196947 < \sqrt{\left(\frac{102000 \cdot C_b}{F_y} \right)} = \sqrt{\left(\frac{102000 \cdot 1,75}{36} \right)} = 70,4154$$

Maka dipakai tegangan lentur ijin $F_b = 0,6 F_y = 0,6 \cdot 36 = 21,6 \text{ Ksi}$

- Perhitungan faktor reduksi tekuk lentur badan (R_{pg})

$$R_{pg} = 1 - 0,0005 \cdot \frac{A_w}{A_f} \left(\frac{hc}{tw} - \frac{760}{\sqrt{F_b}} \right)$$

$$= 1 - 0,0005 \cdot \frac{38}{87,5} \left(\frac{100}{0,38} - \frac{760}{\sqrt{21,6}} \right) = 0,978366$$

- Perhitungan momen ijin (M)

$$M = F_b S_x R_{pg}$$

$$M = 21,6 \cdot 9360,119048 \cdot 0,978366 / 12 = 16483,71395 \text{ Kip ft}$$

4. Untuk panjang bentang 40 ft dengan tebal badan 0,42 in

- Perhitungan radius girasi (r_T), dengan tebal badan (tw) = 0,42 in

$$\text{Momen inersia sayap } (I_y) = 1/12 \cdot t_f \cdot b_f^3 = 1/12 \cdot 2,5 \cdot 35^3 = 8932,3 \text{ in}^4$$

$$\text{Luas badan } (A_w) = hc \cdot tw = 100 \cdot 0,42 = 42 \text{ in}^2$$

$$\text{Luas sayap } (A_f) = b_f \cdot t_f = 35 \cdot 2,5 = 87,5 \text{ in}^2$$

$$\text{Radius girasi } (r_T) = \sqrt{\left(\frac{I_y \text{ sayap}}{A_f + \frac{1}{6} A_w} \right)} = \sqrt{\left(\frac{8932,3}{87,5 + \frac{1}{6} \cdot 42} \right)} = 9,722227 \text{ in}$$

- Perhitungan modulus penampang elastis (S_x)

Momen Inersia gelagar (I_x)

$$\text{Momen inersia gelagar } I_x = \frac{1}{12} b_f \cdot D^3 - \frac{1}{12} (b_f - tw) \cdot hc^3$$

$$= \frac{1}{12} \cdot 35 \cdot 105^3 - \frac{1}{12} \cdot (35 - 0,42) \cdot 100^3$$

$$= 494739,5833 \text{ in}^4$$

$$S_x = \frac{I_x}{\left(\frac{D}{2}\right)} = \frac{494739,5833}{\left(\frac{105}{2}\right)} = 9423,611111 \text{ in}^3$$

c. Perhitungan tegangan lentur ijin (F_b)

$$\frac{L_b}{r_T} = \frac{40.12}{9,722227} = 49,371404 < \sqrt{\left(\frac{102000.C_b}{F_y}\right)} = \sqrt{\left(\frac{102000.1,75}{36}\right)} = 70,4154$$

Maka dipakai tegangan lentur ijin $F_b = 0,6 F_y = 0,6 \cdot 36 = 21,6 \text{ Ksi}$

- Perhitungan faktor reduksi tekuk lentur badan (R_{pg})

$$R_{pg} = 1 - 0,0005 \cdot \frac{A_w}{A_f} \left(\frac{hc}{tw} - \frac{760}{\sqrt{F_b}} \right)$$

$$= 1 - 0,0005 \cdot \frac{42}{87,5} \left(\frac{100}{0,42} - \frac{760}{\sqrt{21,6}} \right) = 0,9821034$$

- Perhitungan momen ijin (M)

$$M = F_b S_x R_{pg}$$

$$M = 21,6 \cdot 9423,611111 \cdot 0,9821034 / 12 = 16658,92848 \text{ Kip ft}$$

2. Untuk panjang bentang 80 ft

1. Untuk panjang bentang 80 ft dengan tebal badan 0,31 in

- Perhitungan radius girasi (r_T), dengan tebal badan (tw) = 0,31 in

$$\text{Momen inersia sayap } (I_y) = 1/12 \cdot tf \cdot bf^3 = 1/12 \cdot 2,5 \cdot 35^3 = 8932,3 \text{ in}^4$$

$$\text{Luas badan } (A_w) = hc \cdot tw = 100 \cdot 0,31 = 31 \text{ in}^2$$

$$\text{Luas sayap } (A_f) = bf \cdot tf = 35 \cdot 2,5 = 87,5 \text{ in}^2$$

$$\text{Radius girasi } (r_T) = \sqrt{\left(\frac{I_{\text{sayap}}}{A_f + \frac{1}{6} A_w} \right)} = \sqrt{\left(\frac{8932,3}{87,5 + \frac{1}{6} \cdot 31} \right)} = 9,817929 \text{ in}$$

- Perhitungan modulus penampang elastis (S_x)

Momen Inersia gelagar (I_x)

$$\text{Momen inersia gelagar } I_x = \frac{1}{12} bf \cdot D^3 - \frac{1}{12} (bf - tw) \cdot hc^3$$

$$= \frac{1}{12} \cdot 35 \cdot 105^3 - \frac{1}{12} \cdot (35 - 0,31) \cdot 100^3$$

$$= 485572,9167 \text{ in}^4$$

$$S_x = \frac{I_x}{\left(\frac{D}{2} \right)} = \frac{485572,9167}{\left(\frac{105}{2} \right)} = 9249,007937 \text{ in}^3$$

- Perhitungan tegangan lentur ijin (F_b)

$$\frac{Lb}{r_T} = \frac{80 \cdot 12}{9,817929} = 97,780298 < \sqrt{\left(\frac{510000 \cdot 1,75}{36} \right)} = 157,4537$$

$$\frac{Lb}{r_T} > \sqrt{\left(\frac{102000 \cdot 1,75}{36} \right)} = 70,4154$$

Maka dipakai tegangan lentur ijin

$$F_b = \left[2/3 - \frac{F_y \cdot (Lb/r_T)^2}{1530000 \cdot C_b} \right] \cdot F_y = \left[2/3 - \frac{36 \cdot (97,780298)^2}{1530000 \cdot 1,75} \right] 36 = 19,3722 \text{ Ksi}$$

- Perhitungan faktor reduksi tekuk lentur badan (R_{pg})

$$R_{pg} = 1 - 0,0005 \cdot \frac{A_w}{A_f} \left(\frac{hc}{tw} - \frac{760}{\sqrt{F_b}} \right)$$

$$= 1 - 0,0005 \cdot \frac{31}{87,5} \left(\frac{100}{0,31} - \frac{760}{\sqrt{19,3722}} \right) = 0,973445$$

- Perhitungan momen ijin (M)

$$M = F_b \cdot S_x \cdot R_{pg}$$

$$M = 19,3722 \cdot 9249,007937 \cdot 0,973445 / 12 = 14534,63829 \text{ Kip ft}$$

2. Untuk panjang bentang 80 ft dengan tebal badan 0,34 in

- Perhitungan radius girasi (r_T), dengan tebal badan (tw) = 0.34 in

$$\text{Momen inersia sayap } (I_y) = 1/12 \cdot tf \cdot bf^3 = 1/12 \cdot 2,5 \cdot 35^3 = 8932,3 \text{ in}^4$$

$$\text{Luas badan } (A_w) = hc \cdot tw = 100 \cdot 0,34 = 34 \text{ in}^2$$

$$\text{Luas sayap } (A_f) = bf \cdot tf = 35 \cdot 2,5 = 87,5 \text{ in}^2$$

$$\text{Radius girasi } (r_T) = \sqrt{\frac{I_y \text{ sayap}}{A_f + \frac{1}{6} A_w}} = \sqrt{\frac{8932,3}{87,5 + \frac{1}{6} \cdot 34}} = 9,791548$$

- Perhitungan modulus penampang elastis (S_x)

Momen Inersia gelagar (I_x)

$$\text{Momen inersia gelagar } I_x = \frac{1}{12} bf \cdot D^3 - \frac{1}{12} (bf - tw) \cdot hc^3$$

$$= \frac{1}{12} \cdot 35 \cdot 105^3 - \frac{1}{12} \cdot (35 - 0.34) \cdot 100^3$$

$$= 488072,9032 \text{ in}^4$$

$$S_x = \frac{I_x}{\left(\frac{D}{2}\right)} = \frac{488072,9032}{\left(\frac{105}{2}\right)} = 9296,626984 \text{ in}^3$$

- Perhitungan tegangan lentur ijin (F_b)

$$\frac{L_b}{r_T} = \frac{80.12}{9,791548} = 98,043741 > \sqrt{\left(\frac{102000 \cdot C_b}{F_b}\right)} = \sqrt{\frac{102000 \cdot 1,75}{36}} = 70,4154$$

$$< \sqrt{\left(\frac{510000 \cdot 1,75}{36}\right)} = 157,4537$$

$$F_b = \left[2/3 - \frac{F_y \cdot (L_b/r_T)^2}{1530000 \cdot C_b} \right] F_y = \left[2/3 - \frac{36 \cdot (98,043741)^2}{1530000 \cdot 1,75} \right] 36 = 19,347191 \text{ Ksi}$$

Maka dipakai tegangan lentur ijin $F_b = 19,347191$ ksi

- Perhitungan faktor reduksi tekuk lentur badan (R_{pg})

$$R_{pg} = 1 - 0,0005 \cdot \frac{A_w}{A_f} \cdot \left(\frac{hc}{tw} - \frac{760}{\sqrt{F_b}} \right)$$

$$= 1 - 0,0005 \cdot \frac{34}{87,5} \cdot \left(\frac{100}{0,34} - \frac{760}{\sqrt{19,34191}} \right) = 0,976427$$

- Perhitungan momen ijin (M)

$$M = F_b S_x R_{pg}$$

$$M = 19,347191 \cdot 9296,626984 \cdot 0,976427 / 12 = 14635,30304 \text{ Kip ft}$$

3. Untuk panjang bentang 80 ft dengan tebal badan 0.38 in

- Perhitungan radius girasi (r_T), dengan tebal badan (tw) = 0.38 in

$$\text{Momen inersia sayap } (I_y) = 1/12 \cdot tf \cdot bf^3 = 1/12 \cdot 2,5 \cdot 35^3 = 8932,3 \text{ in}^4$$

$$\text{Luas badan } (A_w) = hc \cdot tw = 100 \cdot 0,38 = 38 \text{ in}^2$$

$$\text{Luas sayap } (A_f) = bf \cdot tf = 35 \cdot 2,5 = 87,5 \text{ in}^2$$

$$\text{Radius girasi } (r_T) = \sqrt{\left(\frac{I_y \text{ sayap}}{A_f + \frac{1}{6} A_w} \right)} = \sqrt{\left(\frac{8932,3}{87,5 + \frac{1}{6} \cdot 38} \right)} = 9,756703 \text{ in}$$

- Perhitungan modulus penampang elastis (S_x)

Momen Inersia gelagar (I_x)

$$\begin{aligned} \text{Momen inersia gelagar } I_x &= \frac{1}{12} bf \cdot D^3 - \frac{1}{12} (bf - tw) \cdot hc^3 \\ &= \frac{1}{12} \cdot 35 \cdot 105^3 - \frac{1}{12} \cdot (35 - 0,38) \cdot 100^3 \\ &= 491406,25 \text{ in}^4 \end{aligned}$$

$$S_x = \frac{I_x}{\left(\frac{D}{2} \right)} = \frac{49406,25}{\left(\frac{105}{2} \right)} = 9360,119048 \text{ in}^3$$

- Perhitungan tegangan lentur ijin (F_b)

$$\begin{aligned} \frac{Lb}{r_T} = \frac{80 \cdot 12}{9,756703} = 98,393894 &< \sqrt{\left(\frac{102000 \cdot C_b}{F_y} \right)} = \sqrt{\left(\frac{102000 \cdot 1,75}{36} \right)} = 70,4154 \\ &> \sqrt{\left(\frac{510000 \cdot 1,75}{36} \right)} = 157,4537. \end{aligned}$$

$$F_b = \left[2/3 - \frac{F_y \cdot (Lb/r_T)^2}{1530000 \cdot C_b} \right] F_y = \left[2/3 - \frac{36 \cdot (98,393894)^2}{1530000 \cdot 1,75} \right] 36 = 19,313897 \text{ Ksi}$$

Maka dipakai tegangan lentur ijin $F_b = 19,313897$ Ksi

- Perhitungan faktor reduksi tekuk lentur badan (R_{pg})

$$R_{pg} = 1 - 0,0005 \cdot \frac{A_w}{A_f} \left(\frac{hc}{tw} - \frac{760}{\sqrt{F_b}} \right)$$

$$= 1 - 0,0005 \cdot \frac{38}{87,5} \left(\frac{100}{0,38} - \frac{760}{\sqrt{19,313897}} \right) = 0,980408$$

- Perhitungan momen ijin (M)

$$M = F_b S_x R_{pg}$$

$$M = 19,313897 \cdot 9360,119048 \cdot 0,980408 / 12 = 14769,87717 \text{ Kip ft}$$

4. Untuk panjang bentang 80 ft dengan tebal badan 0,42 in

- Perhitungan radius girasi (r_T), dengan tebal badan (tw) = 0,42 in

$$\text{Momen inersia sayap } (I_y) = 1/12 \cdot t_f \cdot b_f^3 = 1/12 \cdot 2,5 \cdot 35^3 = 8932,3 \text{ in}^4$$

$$\text{Luas badan } (A_w) = hc \cdot tw = 100 \cdot 0,42 = 42 \text{ in}^2$$

$$\text{Luas sayap } (A_f) = b_f \cdot t_f = 35 \cdot 2,5 = 87,5 \text{ in}^2$$

$$\text{Radius girasi } (r_T) = \sqrt{\frac{I_y \text{ sayap}}{A_f + \frac{1}{6} A_w}} = \sqrt{\frac{8932,3}{87,5 + \frac{1}{6} \cdot 42}} = 9,722227 \text{ in}$$

- Perhitungan modulus penampang elastis (S_x)

Momen Inersia gelagar (I_x)

$$\text{Momen inersia gelagar } I_x = \frac{1}{12} b_f \cdot D^3 - \frac{1}{12} (b_f - tw) \cdot hc^3$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{12} \cdot 35 \cdot 105^3 - \frac{1}{12} \cdot (35 - 0,42) \cdot 100^3 \\
 &= 494739,5833 \text{ in}^4
 \end{aligned}$$

$$S_x = \frac{I_x}{\left(\frac{D}{2}\right)} = \frac{494739,5833}{\left(\frac{105}{2}\right)} = 9423,611111 \text{ in}^3$$

d. Perhitungan tegangan lentur ijin (F_b)

$$\begin{aligned}
 \frac{L_b}{r_T} = \frac{80 \cdot 12}{9,722227} = 98,742808 &> \sqrt{\left(\frac{102000 \cdot C_b}{F_y}\right)} = \sqrt{\left(\frac{102000 \cdot 1,75}{36}\right)} = 70,4154 \\
 &< \sqrt{\left(\frac{510000 \cdot 1,75}{36}\right)} = 157,4537
 \end{aligned}$$

$$F_b = \left[2/3 - \frac{F_y \cdot (L_b/r_T)^2}{1530000 \cdot C_b} \right] \cdot F_y = \left[2/3 - \frac{36 \cdot (98,742808)^2}{1530000 \cdot 1,75} \right] \cdot 36 = 19,280603 \text{ Ksi}$$

Maka dipakai tegangan lentur ijin $F_b = 19,280603$ Ksi

- Perhitungan faktor reduksi tekuk lentur badan (R_{pg})

$$\begin{aligned}
 R_{pg} &= 1 - 0,0005 \cdot \frac{A_w}{A_f} \left(\frac{hc}{tw} - \frac{760}{\sqrt{F_b}} \right) \\
 &= 1 - 0,0005 \cdot \frac{42}{87,5} \left(\frac{100}{0,42} - \frac{760}{\sqrt{19,280606}} \right) = 0,984397
 \end{aligned}$$

- Perhitungan momen ijin (M)

$$M = F_b S_x R_{pg}$$

$$M = 19,280603 \cdot 9423,611111 \cdot 0,984397/12 = 14904,82919 \text{ Kip ft}$$

2. Untuk panjang bentang 100 ft

1. Untuk panjang bentang 100 ft dengan tebal badan 0,31 in

- Perhitungan radius girasi (r_T), dengan tebal badan (t_w) = 0.31 in

$$\text{Momen inersia sayap (} I_y \text{)} = 1/12 \cdot t_f \cdot b_f^3 = 1/12 \cdot 2,5 \cdot 35^3 = 8932,3 \text{ in}^4$$

$$\text{Luas badan (} A_w \text{)} = h_c \cdot t_w = 100 \cdot 0,31 = 31 \text{ in}^2$$

$$\text{Luas sayap (} A_f \text{)} = b_f \cdot t_f = 35 \cdot 2,5 = 87,5 \text{ in}^2$$

$$\text{Radius girasi (} r_T \text{)} = \sqrt{\frac{I_{\text{sayap}}}{A_f + \frac{1}{6} \cdot A_w}} = \sqrt{\frac{8932,3}{87,5 + \frac{1}{6} \cdot 31}} = 9,817929 \text{ in}$$

- Perhitungan modulus penampang elastis (S_x)

Momen Inersia gelagar (I_x)

$$\text{Momen inersia gelagar } I_x = \frac{1}{12} b_f \cdot D^3 - \frac{1}{12} (b_f - t_w) \cdot h_c^3$$

$$= \frac{1}{12} \cdot 35 \cdot 105^3 - \frac{1}{12} \cdot (35 - 0.31) \cdot 100^3$$

$$= 485572,9167 \text{ in}^4$$

$$S_x = \frac{I_x}{\left(\frac{D}{2}\right)} = \frac{485572,9167}{\left(\frac{105}{2}\right)} = 9249,007937 \text{ in}^3$$

- Perhitungan tegangan lentur ijin (F_b)

$$\frac{Lb}{r_T} = \frac{100 \cdot 12}{9,817929} = 122,225370 < \sqrt{\frac{510000 \cdot 1,75}{36}} = 157,4537$$

$$\frac{Lb}{r_T} > \sqrt{\frac{102000 \cdot 1,75}{36}} = 70,4154$$

Maka dipakai tegangan lentur ijin

$$F_b = \left[2/3 - \frac{F_y \cdot (L_b/r_T)^2}{1530000 \cdot C_b} \right] F_y = \left[2/3 - \frac{36 \cdot (122,225370)^2}{1530000 \cdot 1,75} \right] 36 = 16,769002 \text{ Ksi}$$

- Perhitungan faktor reduksi tekuk lentur badan (R_{pg})

$$R_{pg} = 1 - 0,0005 \cdot \frac{A_w}{A_f} \cdot \left(\frac{hc}{tw} - \frac{760}{\sqrt{F_b}} \right)$$

$$= 1 - 0,0005 \cdot \frac{31}{87,5} \cdot \left(\frac{100}{0,31} - \frac{760}{\sqrt{16,769002}} \right) = 0,975733$$

- Perhitungan momen ijin (M)

$$M = F_b \cdot S_x \cdot R_{pg}$$

$$M = 16,769002 \cdot 9249,007937 \cdot 0,975733 / 12 = 12611,07522 \text{ Kip ft}$$

2. Untuk panjang bentang 100 ft dengan tebal badan 0,34 in

- Perhitungan radius girasi (r_T), dengan tebal badan (tw) = 0,34 in

$$\text{Momen inersia sayap } (I_y) = 1/12 \cdot t_f \cdot b_f^3 = 1/12 \cdot 2,5 \cdot 35^3 = 8932,3 \text{ in}^4$$

$$\text{Luas badan } (A_w) = hc \cdot tw = 100 \cdot 0,34 = 34 \text{ in}^2$$

$$\text{Luas sayap } (A_f) = b_f \cdot t_f = 35 \cdot 2,5 = 87,5 \text{ in}^2$$

$$\text{Radius girasi } (r_T) = \sqrt{\frac{I_{\text{sayap}}}{A_f + \frac{1}{6} A_w}} = \sqrt{\frac{8932,3}{87,5 + \frac{1}{6} \cdot 34}} = 9,791548$$

- Perhitungan modulus penampang elastis (S_x)

Momen Inersia gelagar (I_x)

$$\text{Momen inersia gelagar } I_x = \frac{1}{12} b_f \cdot D^3 - \frac{1}{12} (b_f - tw) \cdot hc^3$$

$$= \frac{1}{12} \cdot 35 \cdot 105^3 - \frac{1}{12} \cdot (35 - 0.34) \cdot 100^3$$

$$= 488072,9032 \text{ in}^4$$

$$S_x = \frac{I_x}{\left(\frac{D}{2}\right)} = \frac{488072,9032}{\left(\frac{105}{2}\right)} = 9296,626984 \text{ in}^3$$

- Perhitungan tegangan lentur ijin (F_b)

$$\frac{L_b}{r_T} = \frac{100.12}{9.791548} = 122,55467 > \sqrt{\left(\frac{102000 \cdot C_b}{F_b}\right)} = \sqrt{\frac{102000 \cdot 1,75}{36}} = 70,4154$$

$$< \sqrt{\left(\frac{510000 \cdot 1,75}{36}\right)} = 157,4537$$

$$F_b = \left[2/3 - \frac{F_y \cdot (L_b/r_T)^2}{1530000 \cdot C_b} \right] F_y = \left[2/3 - \frac{36 \cdot (122,55467)^2}{1530000 \cdot 1,75} \right] 36 = 16,729985 \text{ Ksi}$$

Maka dipakai tegangan lentur ijin $F_b = 16,729985$ ksi

- Perhitungan faktor reduksi tekuk lentur badan (R_{pg})

$$R_{pg} = 1 - 0,0005 \cdot \frac{A_w}{A_f} \left(\frac{h_c}{t_w} - \frac{760}{\sqrt{F_b}} \right)$$

$$= 1 - 0,0005 \cdot \frac{34}{87,5} \left(\frac{100}{0,34} - \frac{760}{\sqrt{16,729985}} \right) = 0,978957$$

- Perhitungan momen ijin (M)

$$M = F_b S_x R_{pg}$$

$$M = 116,729985 \cdot 9296,626984 \cdot 0,978957 / 12 = 12688,30065 \text{ Kip ft}$$

3. Untuk panjang bentang 100 ft dengan tebal badan 0,38 in

- Perhitungan radius girasi (r_T), dengan tebal badan (t_w) = 0.38 in

$$\text{Momen inersia sayap } (I_y) = 1/12 \cdot t_f \cdot b_f^3 = 1/12 \cdot 2,5 \cdot 35^3 = 8932,3 \text{ in}^4$$

$$\text{Luas badan } (A_w) = h_c \cdot t_w = 100 \cdot 0,38 = 38 \text{ in}^2$$

$$\text{Luas sayap } (A_f) = b_f \cdot t_f = 35 \cdot 2,5 = 87,5 \text{ in}^2$$

$$\text{Radius girasi } (r_T) = \sqrt{\frac{I_y \text{ sayap}}{A_f + \frac{1}{6} A_w}} = \sqrt{\frac{8932,3}{87,5 + \frac{1}{6} \cdot 38}} = 9,756703 \text{ in}$$

- Perhitungan modulus penampang elastis (S_x)

Momen Inersia gelagar (I_x)

$$\begin{aligned} \text{Momen inersia gelagar } I_x &= \frac{1}{12} b_f \cdot D^3 - \frac{1}{12} (b_f - t_w) \cdot h_c^3 \\ &= \frac{1}{12} \cdot 35 \cdot 105^3 - \frac{1}{12} \cdot (35 - 0,38) \cdot 100^3 \\ &= 491406,25 \text{ in}^4 \end{aligned}$$

$$S_x = \frac{I_x}{\left(\frac{D}{2}\right)} = \frac{49406,25}{\left(\frac{105}{2}\right)} = 9360,119048 \text{ in}^3$$

- Perhitungan tegangan lentur ijin (F_b)

$$\begin{aligned} \frac{L_b}{r_T} = \frac{100 \cdot 12}{9,756703} = 122,992367 &> \sqrt{\frac{102000 \cdot C_b}{F_y}} = \sqrt{\frac{102000 \cdot 1,75}{36}} = 70,4154 \\ &< \sqrt{\frac{510000 \cdot 1,75}{36}} = 157,4537. \end{aligned}$$

$$F_b = \left[2/3 - \frac{F_y \cdot (Lb/r_T)^2}{1530000 \cdot Cb} \right] F_y = \left[2/3 - \frac{36 \cdot (122,92367)^2}{1530000 \cdot 1,75} \right] 36 = 16,677964 \text{ Ksi}$$

Maka dipakai tegangan lentur ijin $F_b = 16,677964$ Ksi

- Perhitungan faktor reduksi tekuk lentur badan (R_{pg})

$$\begin{aligned} R_{pg} &= 1 - 0,0005 \cdot \frac{A_w}{A_f} \left(\frac{hc}{tw} - \frac{760}{\sqrt{F_b}} \right) \\ &= 1 - 0,0005 \cdot \frac{38}{87,5} \left(\frac{100}{0,38} - \frac{760}{\sqrt{16,677964}} \right) = 0,983267 \end{aligned}$$

- Perhitungan momen ijin (M)

$$M = F_b S_x R_{pg}$$

$$M = 16,677964 \cdot 9360,119048 \cdot 0,983267 / 12 = 12791,29861 \text{ Kip ft}$$

4. Untuk panjang bentang 100 ft dengan tebal badan 0,42 in

- Perhitungan radius girasi (r_T), dengan tebal badan (tw) = 0,42 in

$$\text{Momen inersia sayap } (I_y) = 1/12 \cdot tf \cdot bf^3 = 1/12 \cdot 2,5 \cdot 35^3 = 8932,3 \text{ in}^4$$

$$\text{Luas badan } (A_w) = hc \cdot tw = 100 \cdot 0,42 = 42 \text{ in}^2$$

$$\text{Luas sayap } (A_f) = bf \cdot tf = 35 \cdot 2,5 = 87,5 \text{ in}^2$$

$$\text{Radius girasi } (r_T) = \sqrt{\left(\frac{I_y \text{ sayap}}{A_f + \frac{1}{6} A_w} \right)} = \sqrt{\left(\frac{8932,3}{87,5 + \frac{1}{6} \cdot 42} \right)} = 9,722227 \text{ in}$$

- Perhitungan modulus penampang elastis (S_x)

Momen Inersia gelagar (I_x)

$$\text{Momen inersia gelagar } I_x = \frac{1}{12} bf \cdot D^3 - \frac{1}{12} (bf - tw) \cdot hc^3$$

$$= \frac{1}{12} \cdot 35 \cdot 105^3 - \frac{1}{12} \cdot (35 - 0,42) \cdot 100^3$$

$$= 494739,5833 \text{ in}^4$$

$$S_x = \frac{I_x}{\left(\frac{D}{2}\right)} = \frac{494739,5833}{\left(\frac{105}{2}\right)} = 9423,611111 \text{ in}^3$$

e. Perhitungan tegangan lentur ijin (F_b)

$$\frac{L_b}{r_T} = \frac{100 \cdot 12}{9,722227} = 123,4285108 > \sqrt{\left(\frac{102000 \cdot C_b}{F_y}\right)} = \sqrt{\left(\frac{102000 \cdot 1,75}{36}\right)} = 70,4154$$

$$< \sqrt{\left(\frac{510000 \cdot 1,75}{36}\right)} = 157,4537$$

$$F_b = \left[2/3 - \frac{F_y \cdot (L_b/r_T)^2}{1530000 \cdot C_b} \right] F_y = \left[2/3 - \frac{36 \cdot (123,428518)^2}{1530000 \cdot 1,75} \right] 36 = 16,625943 \text{ Ksi}$$

Maka dipakai tegangan lentur ijin $F_b = 16,625943 \text{ Ksi}$

- Perhitungan faktor reduksi tekuk lentur badan (R_{pg})

$$R_{pg} = 1 - 0,0005 \cdot \frac{A_w}{A_f} \left(\frac{h_c}{t_w} - \frac{760}{\sqrt{F_b}} \right)$$

$$= 1 - 0,0005 \cdot \frac{42}{87,5} \left(\frac{100}{0,42} - \frac{760}{\sqrt{16,625943}} \right) = 0,987590$$

- Perhitungan momen ijin (M)

$$M = F_b S_x R_{pg}$$

$$M = 16,625943 \cdot 9423,611111 \cdot 0,987590 / 12 = 12894,34569 \text{ Kip ft}$$

2. Untuk panjang bentang 130 ft

1. Untuk panjang bentang 130 ft dengan tebal badan 0,31 in

- Perhitungan radius girasi (r_T), dengan tebal badan (t_w) = 0.31 in

$$\text{Momen inersia sayap } (I_y) = 1/12 \cdot t_f \cdot b_f^3 = 1/12 \cdot 2,5 \cdot 35^3 = 8932,3 \text{ in}^4$$

$$\text{Luas badan } (A_w) = h_c \cdot t_w = 100 \cdot 0,31 = 31 \text{ in}^2$$

$$\text{Luas sayap } (A_f) = b_f \cdot t_f = 35 \cdot 2,5 = 87,5 \text{ in}^2$$

$$\text{Radius girasi } (r_T) = \sqrt{\left(\frac{I_{\text{sayap}}}{A_f + \frac{1}{6} \cdot A_w} \right)} = \sqrt{\left(\frac{8932,3}{87,5 + \frac{1}{6} \cdot 31} \right)} = 9,817929 \text{ in}$$

- Perhitungan modulus penampang elastis (S_x)

Momen Inersia gelagar (I_x)

$$\text{Momen inersia gelagar } I_x = \frac{1}{12} b_f \cdot D^3 - \frac{1}{12} (b_f - t_w) \cdot h_c^3$$

$$= \frac{1}{12} \cdot 35 \cdot 105^3 - \frac{1}{12} \cdot (35 - 0,31) \cdot 100^3$$

$$= 485572,9167 \text{ in}^4$$

$$S_x = \frac{I_x}{\left(\frac{D}{2} \right)} = \frac{485572,9167}{\left(\frac{105}{2} \right)} = 9249,007937 \text{ in}^3$$

- Perhitungan tegangan lentur ijin (F_b)

$$\frac{L_b}{r_T} = \frac{130 \cdot 12}{9,817929} = 158,89293 > \sqrt{\left(\frac{510000 \cdot 1,75}{36} \right)} = 157,4537$$

Maka dipakai tegangan lentur ijin

$$F_b = \frac{170000.C_b}{\left(\frac{L_b}{r_T}\right)^2} = \frac{170000.1,75}{(158,892930)^2} = 11,783595 \text{ Ksi}$$

- Perhitungan faktor reduksi tekuk lentur badan (R_{pg})

$$R_{pg} = 1 - 0,0005 \cdot \frac{A_w}{A_f} \left(\frac{hc}{tw} - \frac{760}{\sqrt{F_b}} \right)$$

$$= 1 - 0,0005 \cdot \frac{31}{87,5} \left(\frac{100}{0,31} - \frac{760}{\sqrt{11,783595}} \right) = 0,982076$$

- Perhitungan momen ijin (M)

$$M = F_b S_x R_{pg}$$

$$M = 11,783595 \cdot 9249,007937 \cdot 0,982076 / 12 = 8919,424043 \text{ Kip ft}$$

2. Untuk panjang bentang 130 ft dengan tebal badan 0,34 in

- Perhitungan radius girasi (r_T), dengan tebal badan (tw) = 0,34 in

$$\text{Momen inersia sayap } (I_y) = 1/12 \cdot t_f \cdot b_f^3 = 1/12 \cdot 2,5 \cdot 35^3 = 8932,3 \text{ in}^4$$

$$\text{Luas badan } (A_w) = hc \cdot tw = 100 \cdot 0,34 = 34 \text{ in}^2$$

$$\text{Luas sayap } (A_f) = b_f \cdot t_f = 35 \cdot 2,5 = 87,5 \text{ in}^2$$

$$\text{Radius girasi } (r_T) = \sqrt{\frac{I_y \text{ sayap}}{A_f + \frac{1}{6} A_w}} = \sqrt{\frac{8932,3}{87,5 + \frac{1}{6} \cdot 34}} = 9,791548$$

- Perhitungan modulus penampang elastis (S_x)

Momen Inersia gelagar (I_x)

$$\text{Momen inersia gelagar } I_x = \frac{1}{12} b_f \cdot D^3 - \frac{1}{12} (b_f - tw) \cdot hc^3$$

$$= \frac{1}{12} \cdot 35 \cdot 105^3 - \frac{1}{12} \cdot (35 - 0.34) \cdot 100^3$$

$$= 488072,9032 \text{ in}^4$$

$$S_x = \frac{I_x}{\left(\frac{D}{2}\right)} = \frac{488072,9032}{\left(\frac{105}{2}\right)} = 9296,626984 \text{ in}^3$$

- Perhitungan tegangan lentur ijin (F_b)

$$\frac{L_b}{r_T} = \frac{130.12}{9,791548} = 159,32108 > \sqrt{\left(\frac{510000 \cdot C_b}{F_b}\right)} = \sqrt{\frac{510000 \cdot 1,75}{36}} = 157,4537$$

Maka dipakai tegangan lentur ijin F_b

$$F_b = \frac{170000 \cdot C_b}{\left(\frac{L_b}{r_T}\right)^2} = \frac{170000 \cdot 1,75}{(159,321080)^2} = 11,720347 \text{ Ksi}$$

- Perhitungan faktor reduksi tekuk lentur badan (R_{pg})

$$R_{pg} = 1 - 0,0005 \cdot \frac{A_w}{A_f} \cdot \left(\frac{h_c}{t_w} - \frac{760}{\sqrt{F_b}} \right)$$

$$= 1 - 0,0005 \cdot \frac{34}{8 \cdot 5} \cdot \left(\frac{100}{0,34} - \frac{760}{\sqrt{11,720347}} \right) = 0,985988$$

- Perhitungan momen ijin (M)

$$M = F_b S_x R_{pg}$$

$$M = 11,720347 \cdot 9296,626984 \cdot 0,985988 / 12 = 8952,745912 \text{ Kip ft}$$

3. Untuk panjang bentang 130 ft dengan tebal badan 0,38 in

- Perhitungan radius girasi (r_r), dengan tebal badan (tw) = 0.38 in

$$\text{Momen inersia sayap } (I_y) = 1/12 \cdot tf \cdot bf^3 = 1/12 \cdot 2,5 \cdot 35^3 = 8932,3 \text{ in}^4$$

$$\text{Luas badan } (A_w) = hc \cdot tw = 100 \cdot 0,38 = 38 \text{ in}^2$$

$$\text{Luas sayap } (A_f) = bf \cdot tf = 35 \cdot 2,5 = 87,5 \text{ in}^2$$

$$\text{Radius girasi } (r_r) = \sqrt{\frac{I_{y \text{ sayap}}}{A_f + \frac{1}{6} A_w}} = \sqrt{\frac{8932,3}{87,5 + \frac{1}{6} \cdot 38}} = 9,756703 \text{ in}$$

- Perhitungan modulus penampang elastis (S_x)

Momen Inersia gelagar (I_x)

$$\begin{aligned} \text{Momen inersia gelagar } I_x &= \frac{1}{12} bf \cdot D^3 - \frac{1}{12} (bf - tw) \cdot hc^3 \\ &= \frac{1}{12} \cdot 35 \cdot 105^3 - \frac{1}{12} \cdot (35 - 0,38) \cdot 100^3 \\ &= 491406,25 \text{ in}^4 \end{aligned}$$

$$S_x = \frac{I_x}{\left(\frac{D}{2}\right)} = \frac{49406,25}{\left(\frac{105}{2}\right)} = 9360,119048 \text{ in}^3$$

- Perhitungan tegangan lentur ijin (F_b)

$$\frac{L_b}{r_r} = \frac{130 \cdot 12}{9,756703} = 159,890078 > \sqrt{\frac{510000 \cdot C_b}{F_y}} = \sqrt{\frac{510000 \cdot 1,75}{36}} = 157,4537$$

Maka dipakai tegangan lentur ijin F_b

$$F_b = \left(\frac{170000 \cdot C_b}{\left(\frac{L_b}{r_T} \right)^2} \right) = \frac{170000 \cdot 1,75}{(159,890078)^2} = 11,637078 \text{ Ksi}$$

- Perhitungan faktor reduksi tekuk lentur badan (R_{pg})

$$R_{pg} = 1 - 0,0005 \cdot \frac{A_w}{A_f} \cdot \left(\frac{hc}{tw} - \frac{760}{\sqrt{F_b}} \right)$$

$$= 1 - 0,0005 \cdot \frac{38}{87,5} \cdot \left(\frac{100}{0,38} - \frac{760}{\sqrt{11,637078}} \right) = 0,991234$$

- Perhitungan momen ijin (M)

$$M = F_b S_x R_{pg}$$

$$M = 11,637078 \cdot 9360,119048 \cdot 0,991234 / 12 = 8997,466987 \text{ Kip ft}$$

4. Untuk panjang bentang 130 ft dengan tebal badan 0,42 in

- Perhitungan radius girasi (r_T), dengan tebal badan (tw) = 0,42 in

$$\text{Momen inersia sayap } (I_y) = 1/12 \cdot tf \cdot bf^3 = 1/12 \cdot 2,5 \cdot 35^3 = 8932,3 \text{ in}^4$$

$$\text{Luas badan } (A_w) = hc \cdot tw = 100 \cdot 0,42 = 42 \text{ in}^2$$

$$\text{Luas sayap } (A_f) = bf \cdot tf = 35 \cdot 2,5 = 87,5 \text{ in}^2$$

$$\text{Radius girasi } (r_T) = \sqrt{\left(\frac{I_{ysayap}}{A_f + \frac{1}{6} A_w} \right)} = \sqrt{\left(\frac{8932,3}{87,5 + \frac{1}{6} \cdot 42} \right)} = 9,722227 \text{ in}$$

- Perhitungan modulus penampang elastis (S_x)

Momen Inersia gelagar (I_x)

$$\begin{aligned} \text{Momen inersia gelagar } I_x &= \frac{1}{12} b f \cdot D^3 - \frac{1}{12} (b f - t w) \cdot h c^3 \\ &= \frac{1}{12} \cdot 35 \cdot 105^3 - \frac{1}{12} \cdot (35 - 0,42) \cdot 100^3 \\ &= 494739,5833 \text{ in}^4 \end{aligned}$$

$$S_x = \frac{I_x}{\left(\frac{D}{2}\right)} = \frac{494739,5833}{\left(\frac{105}{2}\right)} = 9423,61111 \text{ in}^3$$

- Perhitungan tegangan lentur ijin (F_b)

$$\frac{L_b}{r_T} = \frac{13012}{9,722227} = 160,457064 > \sqrt{\left(\frac{510000 \cdot C_b}{F_y}\right)} = \sqrt{\left(\frac{510000 \cdot 1,75}{36}\right)} = 157,4537$$

$$F_b = \frac{170000 \cdot C_b}{\left(\frac{L_b}{r_T}\right)^2} = \frac{170000 \cdot 1,75}{(160,457064)^2} = 11,554982 \text{ Ksi}$$

Maka dipakai tegangan lentur ijin $F_b = 11,554982$ Ksi

- Perhitungan faktor reduksi tekuk lentur badan (R_{pg})

$$\begin{aligned} R_{pg} &= 1 - 0,0005 \cdot \frac{A_w}{A_f} \left(\frac{h c}{t w} - \frac{760}{\sqrt{F_b}} \right) \\ &= 1 - 0,0005 \cdot \frac{42}{87,5} \left(\frac{100}{0,42} - \frac{760}{\sqrt{11,554982}} \right) = 0,996516 \end{aligned}$$

- Perhitungan momen ijin (M)

$$M = F_b S_x R_{pg}$$

$$M = 11,554982 \cdot 9423,611111 \cdot 0,996516/12 = 9042,52376 \text{ Kip ft}$$

5. Untuk panjang bentang 150 ft

1. Untuk panjang bentang 150 ft dengan tebal badan 0,31 in

- Perhitungan radius girasi (r_T), dengan tebal badan (tw) = 0.31 in

$$\text{Momen inersia sayap } (I_y) = 1/12 \cdot tf \cdot bf^3 = 1/12 \cdot 2,5 \cdot 35^3 = 8932,3 \text{ in}^4$$

$$\text{Luas badan } (A_w) = hc \cdot tw = 100 \cdot 0,31 = 31 \text{ in}^2$$

$$\text{Luas sayap } (A_f) = bf \cdot tf = 35 \cdot 2,5 = 87,5 \text{ in}^2$$

$$\text{Radius girasi } (r_T) = \sqrt{\left(\frac{I_{\text{sayap}}}{A_f + \frac{1}{6} A_w} \right)} = \sqrt{\left(\frac{8932,3}{87,5 + \frac{1}{6} \cdot 31} \right)} = 9,817929 \text{ in}$$

- Perhitungan modulus penampang elastis (S_x)

Momen Inersia gelagar (I_x)

$$\begin{aligned} \text{Momen inersia gelagar } I_x &= \frac{1}{12} bf \cdot D^3 - \frac{1}{12} (bf - tw) hc^3 \\ &= \frac{1}{12} \cdot 35 \cdot 105^3 - \frac{1}{12} \cdot (35 - 0,31) \cdot 100^3 \\ &= 485572,9167 \text{ in}^4 \end{aligned}$$

$$S_x = \frac{I_x}{\left(\frac{D}{2} \right)} = \frac{485572,9167}{\left(\frac{105}{2} \right)} = 9249,007937 \text{ in}^3$$

- Perhitungan tegangan lentur ijin (F_b)

$$\frac{Lb}{r_T} = \frac{150.12}{9,817929} = 183,33805 > \sqrt{\left(\frac{510000.1,75}{36}\right)} = 157,4537$$

$$F_b = \frac{12000.Cb}{Lb\left(\frac{D}{Af}\right)} = \frac{12000.1,75}{150.12\left(\frac{105}{87,5}\right)} = 9,722222 \text{Ksi}$$

Maka dipakai tegangan lentur ijin $F_b = 9,722222$ ksi

- Perhitungan faktor reduksi tekuk lentur badan (R_{pg})

$$R_{pg} = 1 - 0,0005 \cdot \frac{A_w}{A_f} \cdot \left(\frac{hc}{tw} - \frac{760}{\sqrt{F_b}} \right)$$

$$= 1 - 0,0005 \cdot \frac{31}{87,5} \cdot \left(\frac{100}{0,31} - \frac{760}{\sqrt{9,722222}} \right) = 0,986034$$

- Perhitungan momen ijin (M)

$$M = F_b S_x R_{pg}$$

$$M = 9,722222 \cdot 9249,007937 \cdot 0,986034 / 12 = 7388,756255 \text{ Kip ft}$$

2. Untuk panjang bentang 150 ft dengan tebal badan 0,34 in

- Perhitungan radius girasi (r_T), dengan tebal badan (tw) = 0.34 in

$$\text{Momen inersia sayap (} I_y \text{)} = 1/12 \cdot tf \cdot bf^3 = 1/12 \cdot 2,5 \cdot 35^3 = 8932,3 \text{ in}^4$$

$$\text{Luas badan (} A_w \text{)} = hc \cdot tw = 100 \cdot 0,34 = 34 \text{ in}^2$$

$$\text{Luas sayap (} A_f \text{)} = bf \cdot tf = 35 \cdot 2,5 = 87,5 \text{ in}^2$$

$$\text{Radius girasi (} r_T \text{)} = \sqrt{\left(\frac{I_{\text{sayap}}}{A_f + \frac{1}{6}A_w}\right)} = \sqrt{\left(\frac{8932,3}{87,5 + \frac{1}{6}.34}\right)} = 9,791548$$

- Perhitungan modulus penampang elastis (S_x)

Momen Inersia gelagar (I_x)

$$\begin{aligned} \text{Momen inersia gelagar } I_x &= \frac{1}{12} b f \cdot D^3 - \frac{1}{12} (b f - t w) h c^3 \\ &= \frac{1}{12} \cdot 35 \cdot 105^3 - \frac{1}{12} \cdot (35 - 0.34) \cdot 100^3 \\ &= 488072,9032 \text{ in}^4 \end{aligned}$$

$$S_x = \frac{I_x}{\left(\frac{D}{2}\right)} = \frac{488072,9032}{\left(\frac{105}{2}\right)} = 9296,626984 \text{ in}^3$$

- Perhitungan tegangan lentur ijin (F_b)

$$\frac{L_b}{r_T} = \frac{150.12}{9,791548} = 183,83201 > \sqrt{\left(\frac{510000 \cdot C_b}{F_b}\right)} = \sqrt{\frac{510000 \cdot 1,75}{36}} = 157,4537$$

$$F_b = \frac{12000 \cdot C_b}{L_b \cdot \left(\frac{D}{A_f}\right)} = \frac{120000 \cdot 1,75}{150.12 \cdot \left(\frac{105}{87,5}\right)} = 9,722222$$

Maka dipakai tegangan lentur ijin $F_b = 9,722222$ ksi

- Perhitungan faktor reduksi tekuk lentur badan (R_{pg})

$$\begin{aligned} R_{pg} &= 1 - 0,0005 \cdot \frac{A_w}{A_f} \cdot \left(\frac{h c}{t w} - \frac{760}{\sqrt{F_b}}\right) \\ &= 1 - 0,0005 \cdot \frac{34}{87,5} \cdot \left(\frac{100}{0,34} - \frac{760}{\sqrt{9,722222}}\right) = 0,990213 \end{aligned}$$

- Perhitungan momen ijin (M)

$$M = Fb Sx Rpg$$

$$M = 9,722222 \cdot 9296,626984 \cdot 0,990213 / 12 = 7458,2737 \text{ Kip ft}$$

3. Untuk panjang bentang 150 ft dengan tebal badan 0,38 in

- Perhitungan radius girasi (r_T), dengan tebal badan (tw) = 0.38 in

$$\text{Momen inersia sayap } (I_y) = 1/12 \cdot tf \cdot bf^3 = 1/12 \cdot 2,5 \cdot 35^3 = 8932,3 \text{ in}^4$$

$$\text{Luas badan } (Aw) = hc \cdot tw = 100 \cdot 0,38 = 38 \text{ in}^2$$

$$\text{Luas sayap } (Af) = bf \cdot tf = 35 \cdot 2,5 = 87,5 \text{ in}^2$$

$$\text{Radius girasi } (r_T) = \sqrt{\left(\frac{I_{ysayap}}{Af + \frac{1}{6}Aw} \right)} = \sqrt{\left(\frac{8932,3}{87,5 + \frac{1}{6} \cdot 38} \right)} = 9,756703 \text{ in}$$

- Perhitungan modulus penampang elastis (Sx)

Momen Inersia gelagar (I_x)

$$\begin{aligned} \text{Momen inersia gelagar } I_x &= \frac{1}{12} bf \cdot D^3 - \frac{1}{12} (bf - tw) \cdot hc^3 \\ &= \frac{1}{12} \cdot 35 \cdot 105^3 - \frac{1}{12} \cdot (35 - 0,38) \cdot 100^3 \\ &= 491406,25 \text{ in}^4 \end{aligned}$$

$$Sx = \frac{I_x}{\left(\frac{D}{2} \right)} = \frac{49406,25}{\left(\frac{105}{2} \right)} = 9360,119048 \text{ in}^3$$

- Perhitungan tegangan lentur ijin (Fb)

$$\frac{Lb}{r_T} = \frac{150 \cdot 12}{9,756703} = 184,488494 > \sqrt{\left(\frac{510000 \cdot Cb}{F_y} \right)} = \sqrt{\left(\frac{510000 \cdot 1,75}{36} \right)} = 157,4537$$

$$Fb = \left(\frac{12000.Cb}{Lb \cdot \left(\frac{D}{Af} \right)} \right) = \frac{12000 \cdot 1,75}{150 \cdot 12 \cdot \left(\frac{105}{87,5} \right)} = 9,722222 Ksi$$

Maka dipakai tegangan lentur ijin $Fb=9,722222$ ksi

- Perhitungan faktor reduksi tekuk lentur badan (Rpg)

$$Rpg = 1 - 0,0005 \cdot \frac{Aw}{Af} \cdot \left(\frac{hc}{tw} - \frac{760}{\sqrt{Fb}} \right)$$

$$= 1 - 0,0005 \cdot \frac{38}{87,5} \cdot \left(\frac{100}{0,38} - \frac{760}{\sqrt{9,722222}} \right) = 0,995784$$

- Perhitungan momen ijin (M)

$$M = Fb Sx Rpg$$

$$M = 9,722222 \cdot 9360,119048 \cdot 0,995784 / 12 = 7551,457872 \text{ Kip ft}$$

4. Untuk panjang bentang 150 ft dengan tebal badan 0,42 in

- Perhitungan radius girasi (r_T), dengan tebal badan (tw) = 0,42 in

$$\text{Momen inersia sayap } (I_y) = 1/12 \cdot tf \cdot bf^3 = 1/12 \cdot 2,5 \cdot 35^3 = 8932,3 \text{ in}^4$$

$$\text{Luas badan } (Aw) = hc \cdot tw = 100 \cdot 0,42 = 42 \text{ in}^2$$

$$\text{Luas sayap } (Af) = bf \cdot tf = 35 \cdot 2,5 = 87,5 \text{ in}^2$$

$$\text{Radius girasi } (r_T) = \sqrt{\left(\frac{I_{ysayap}}{Af + \frac{1}{6}Aw} \right)} = \sqrt{\left(\frac{8932,3}{87,5 + \frac{1}{6} \cdot 42} \right)} = 9,722227 \text{ in}$$

- Perhitungan modulus penampang elastis (Sx)

Momen Inersia gelagar (I_x)

$$\text{Momen inersia gelagar } I_x = \frac{1}{12} bf \cdot D^3 - \frac{1}{12} (bf - tw) hc^3$$

$$= \frac{1}{12} \cdot 35 \cdot 105^3 - \frac{1}{12} \cdot (35 - 0,42) \cdot 100^3$$

$$= 494739,5833 \text{ in}^4$$

$$S_x = \frac{I_x}{\left(\frac{D}{2}\right)} = \frac{494739,5833}{\left(\frac{105}{2}\right)} = 9423,611111 \text{ in}^3$$

- Perhitungan tegangan lentur ijin (F_b)

$$\frac{L_b}{r_T} = \frac{150 \cdot 12}{9,722227} = 185,142766 > \sqrt{\left(\frac{510000 \cdot C_b}{F_y}\right)} = \sqrt{\left(\frac{510000 \cdot 1,75}{36}\right)} = 157,4537$$

Maka dipakai tegangan lentur ijin

$$F_b = \frac{12000 \cdot C_b}{L_b \cdot \left(\frac{D}{A_f}\right)} = \frac{120000 \cdot 1,75}{150 \cdot 12 \cdot \left(\frac{105}{87,5}\right)} = 9,722222 \text{ Ksi}$$

- Perhitungan faktor reduksi tekuk lentur badan (R_{pg})

$$R_{pg} = 1 - 0,0005 \cdot \frac{A_w}{A_f} \left(\frac{h_c}{t_w} - \frac{760}{\sqrt{F_b}} \right)$$

$$= 1 - 0,0005 \cdot \frac{42}{87,5} \left(\frac{100}{0,42} - \frac{760}{\sqrt{9,722222}} \right) = 1$$

- Perhitungan momen ijin (M)

$$M = F_b S_x R_{pg}$$

$$M = 9,722222 \cdot 9423,611111 / 12 = 7634,869938 \text{ Kip ft}$$

1. Untuk panjang bentang 40 ft

1. Untuk panjang bentang 40 ft dengan tebal badan 0,31 in

- Perhitungan tegangan kritis (F_{cr})

$$\frac{Lb}{r_T} = \frac{40.12}{9,817929} = 48,8798 < \frac{300}{\sqrt{F_y}} = \frac{300}{\sqrt{36}} = 50$$

Maka dipakai tegangan kritis $F_{cr} = F_y = 36$ Ksi

- Perhitungan faktor reduksi tekuk lentur badan (R_{pg})

$$R_{pg} = 1 - 0,0005 \frac{A_w}{A_f} \left(\frac{hc}{tw} - \frac{970}{\sqrt{F_{cr}}} \right) = 1 - 0,0005 \cdot \frac{31}{87,5} \left(\frac{100}{0,31} - \frac{970}{\sqrt{36}} \right) = 0,971495$$

- Penghitungan momen nominal (M_n)

$$\begin{aligned} M_n &= F_{cr} \cdot S_x \cdot R_{pg} \\ &= 36 \cdot 9249,007937 \cdot 0,971495 \\ &= 26956,0949 \text{ kip ft} \end{aligned}$$

- Penghitungan momen ultimit (M_u)

$$M_u = \phi M_n = 0,9 \cdot 26956,0949 = 24260,48541 \text{ kip ft}$$

Nilai M_u setelah disetarakan terhadap metode ASD adalah

$$M_{u_{setara}} = M_u / e = 24260,48541 / 1,3455 = 18030,83271 \text{ kip ft}$$

2. Untuk panjang bentang 40 ft dengan tebal badan 0,32 in

- Perhitungan tegangan kritis (F_{cr})

$$\frac{Lb}{r_T} = \frac{40.12}{9,791548} = 49,021871 < \frac{300}{\sqrt{F_y}} = \frac{300}{\sqrt{36}} = 50$$

Maka dipakai tegangan kritik $F_{cr} = F_y = 36$ Ksi

- Perhitungan faktor reduksi tekuk lentur badan (R_{pg})

$$R_{pg} = 1 - 0,0005 \frac{A_w}{A_f} \left(\frac{hc}{tw} - \frac{970}{\sqrt{F_{cr}}} \right) = 1 - 0,0005 \cdot \frac{34}{87,5} \left(\frac{100}{0,34} - \frac{970}{\sqrt{36}} \right) = 0,974267$$

- Penghitungan momen nominal (M_n)

$$\begin{aligned} M_n &= F_{cr} \cdot S_x \cdot R_{pg} \\ &= 36 \cdot 9296,626984 \cdot 0,974267/12 \\ &= 27172,18144 \text{ kip ft} \end{aligned}$$

- Penghitungan momen ultimit (M_u)

$$M_u = \phi M_n = 0,9 \cdot 27172,18144 = 24454,9633 \text{ kip ft}$$

Nilai M_u setelah disetarakan terhadap metode ASD adalah

$$M_{u_{setara}} = M_u / e = 24454,9633 / 1,3455 = 18175,3722 \text{ kip ft}$$

3. Untuk panjang bentang 40 ft dengan tebal badan 0,38 in

- Perhitungan tegangan kritik (F_{cr})

$$\frac{L_b}{r_y} = \frac{40 \cdot 12}{9,756703} = 49,196947 < \frac{300}{\sqrt{F_y}} = \frac{300}{\sqrt{36}} = 50$$

Maka dipakai tegangan kritik $F_{cr} = F_y = 36$ Ksi

- Perhitungan faktor reduksi tekuk lentur badan (R_{pg})

$$R_{pg} = 1 - 0,0005 \frac{A_w}{A_f} \left(\frac{hc}{tw} - \frac{970}{\sqrt{F_{cr}}} \right) = 1 - 0,0005 \cdot \frac{38}{87,5} \left(\frac{100}{0,38} - \frac{970}{\sqrt{36}} \right) = 0,977962$$

- Penghitungan momen nominal (M_n)

$$\begin{aligned} M_n &= F_{cr} \cdot S_x \cdot R_{pg} \\ &= 36 \cdot 9360,119048 \cdot 0,977962/12 \end{aligned}$$

$$= 27461,51942 \text{ kip ft}$$

- Penghitungan momen ultimit (Mu)

$$Mu = \phi Mn = 0,9 \cdot 27461,51942 = 24715,36748 \text{ kip ft}$$

Nilai Mu setelah disetarakan terhadap metode ASD adalah

$$Mu_{setara} = Mu / e = 24715,36748 / 1,3455 = 18368,90931 \text{ kip ft}$$

4. Untuk panjang bentang 40 ft dengan tebal badan 0,42 in

- Perhitungan tegangan kritik (Fcr)

$$\frac{Lb}{r_T} = \frac{40 \cdot 12}{9,722227} = 49,371404 < \frac{300}{\sqrt{Fy}} = \frac{300}{\sqrt{36}} = 50$$

Maka dipakai tegangan kritik $Fcr = Fy = 36 \text{ Ksi}$

- Perhitungan faktor reduksi tekuk lentur badan (Rpg)

$$Rpg = 1 - 0,0005 \frac{Aw}{Af} \left(\frac{hc}{tw} - \frac{970}{\sqrt{Fcr}} \right) = 1 - 0,0005 \cdot \frac{42}{87,5} \left(\frac{100}{0,42} - \frac{970}{\sqrt{36}} \right) = 0,981657$$

- Penghitungan momen nominal (Mn)

$$Mn = Fcr \cdot Sx \cdot Rpg$$

$$= 36 \cdot 9423,611111 \cdot 0,981657$$

$$= 27752,26548 \text{ kip ft}$$

- Penghitungan momen ultimit (Mu)

$$Mu = \phi Mn = 0,9 \cdot 27752,2648 = 24977,03893 \text{ kip ft}$$

Nilai Mu setelah disetarakan terhadap metode ASD adalah

$$Mu_{setara} = Mu / e = 24977,03893 / 1,3455 = 18563,38828 \text{ kip ft}$$

2. Untuk panjang bentang 80 ft

1. Untuk panjang bentang 80 ft dengan tebal badan 0,31 in

- Perhitungan tegangan kritik (F_{cr})

$$\lambda = \frac{Lb}{r_T} = \frac{80.12}{9,817929} = 97,780296 > \lambda_p = \frac{300}{\sqrt{F_y}} = \frac{300}{\sqrt{36}} = 50$$

$$\lambda < \lambda_r = \frac{756}{\sqrt{F_y}} = \frac{756}{\sqrt{36}} = 126$$

$$F_{cr} = C_b \cdot F_y \left[1 - 0,5 \left(\frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right) \right] \leq F_y$$

$$F_{cr} = 1,75.36 \left[1 - 0,5 \left(\frac{97,780296 - 50}{126 - 50} \right) \right] = 43,196325 \leq 36$$

Maka dipakai tegangan kritik $F_{cr} = F_y = 36$ Ksi

- Perhitungan faktor reduksi tekuk lentur badan (R_{pg})

$$R_{pg} = 1 - 0,0005 \frac{A_w}{A_f} \left(\frac{hc}{tw} - \frac{970}{\sqrt{F_{cr}}} \right) = 1 - 0,0005 \cdot \frac{31}{87,5} \left(\frac{100}{0,31} - \frac{970}{\sqrt{36}} \right) = 0,971495$$

- Penghitungan momen nominal (M_n)

$$\begin{aligned} M_n &= F_{cr} \cdot S_x \cdot R_{pg} \\ &= 36 \cdot 9249,007937 \cdot 0,971495 \\ &= 26956,0949 \text{ kip ft} \end{aligned}$$

- Penghitungan momen ultimit (M_u)

$$M_u = \phi M_n = 0,9 \cdot 26956,0949 = 24260,48541 \text{ kip ft}$$

Nilai M_u setelah disetarakan terhadap metode ASD adalah

$$\text{Mu}_{\text{setara}} = \text{Mu} / e^{-0.15} = 24260,48541 / 1,3455 = 18030,83271 \text{ kip ft}$$

2. Untuk panjang bentang 80 ft dengan tebal badan 0,32 in

- Perhitungan tegangan kritis (F_{cr})

$$\lambda = \frac{Lb}{r_T} = \frac{80.12}{9,791548} = 98,0437414 > \lambda_p = \frac{300}{\sqrt{F_y}} = \frac{300}{\sqrt{36}} = 50$$

$$\lambda < \lambda_r = \frac{756}{\sqrt{F_y}} = \frac{756}{\sqrt{36}} = 126$$

$$F_{cr} = C_b \cdot F_y \cdot \left[1 - 0,5 \cdot \left(\frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right) \right] \leq F_y$$

$$F_{cr} = 1,75 \cdot 36 \cdot \left[1 - 0,5 \cdot \left(\frac{98,0437414 - 50}{126 - 50} \right) \right] = 43,087133 \leq 36$$

Maka dipakai tegangan kritis $F_{cr} = F_y = 36$ Ksi

- Perhitungan faktor reduksi tekuk lentur badan (R_{pg})

$$R_{pg} = 1 - 0,0005 \frac{A_w}{A_f} \left(\frac{hc}{tw} - \frac{970}{\sqrt{F_{cr}}} \right) = 1 - 0,0005 \cdot \frac{34}{87,5} \left(\frac{100}{0,34} - \frac{970}{\sqrt{36}} \right) = 0,974267$$

- Penghitungan momen nominal (M_n)

$$\begin{aligned} M_n &= F_{cr} \cdot S_x \cdot R_{pg} \\ &= 36 \cdot 9296,626984 \cdot 0,974267/12 \\ &= 27172,18144 \text{ kip ft} \end{aligned}$$

- Penghitungan momen ultimit (M_u)

$$M_u = \phi M_n = 0,9 \cdot 27172,18144 = 24454,9633 \text{ kip ft}$$

Nilai M_u setelah disetarakan terhadap metode ASD adalah

$$\text{Mu}_{\text{setara}} = \text{Mu} / e^{-0.15} = 24454,9633 / 1,3455 = 18175,3722 \text{ kip ft}$$

3. Untuk panjang bentang 80 ft dengan tebal badan 0,38 in

- Perhitungan tegangan kritik (F_{cr})

$$\lambda = \frac{Lb}{r_T} = \frac{80.12}{9,756703} = 98,40068 > \lambda_p = \frac{300}{\sqrt{F_y}} = \frac{300}{\sqrt{36}} = 50$$

$$\lambda < \lambda_r = \frac{756}{\sqrt{F_y}} = \frac{756}{\sqrt{36}} = 126$$

$$F_{cr} = C_b \cdot F_y \cdot \left[1 - 0,5 \cdot \left(\frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right) \right] \leq F_y$$

$$F_{cr} = 1,75 \cdot 36 \cdot \left[1 - 0,5 \cdot \left(\frac{98,40068 - 50}{126 - 50} \right) \right] = 42,93919 \leq 36$$

Maka dipakai tegangan kritik $F_{cr} = F_y = 36$ Ksi

- Perhitungan faktor reduksi tekuk lentur badan (R_{pg})

$$R_{pg} = 1 - 0,0005 \frac{A_w}{A_f} \left(\frac{hc}{tw} - \frac{970}{\sqrt{F_{cr}}} \right) = 1 - 0,0005 \cdot \frac{38}{87,5} \left(\frac{100}{0,38} - \frac{970}{\sqrt{36}} \right) = 0,977962$$

- Penghitungan momen nominal (M_n)

$$\begin{aligned} M_n &= F_{cr} \cdot S_x \cdot R_{pg} \\ &= 36 \cdot 9360,119048 \cdot 0,977962/12 \\ &= 27461,51942 \text{ kip ft} \end{aligned}$$

- Penghitungan momen ultimit (M_u)

$$M_u = \phi M_n = 0,9 \cdot 27461,51942 = 24715,36748 \text{ kip ft}$$

Nilai M_u setelah disetarakan terhadap metode ASD adalah

$$M_{u_{setara}} = M_u / e = 24715,36748 / 1,3455 = 18368,90931 \text{ kip ft}$$

4. Untuk panjang bentang 80 ft dengan tebal badan 0,42 in

- Perhitungan tegangan kritik (F_{cr})

$$\lambda = \frac{Lb}{r_T} = \frac{80.12}{9.722227} = 98,742809 > \lambda_p = \frac{300}{\sqrt{F_y}} = \frac{300}{\sqrt{36}} = 50$$

$$\lambda < \lambda_r = \frac{756}{\sqrt{F_y}} = \frac{756}{\sqrt{36}} = 126$$

$$F_{cr} = C_b \cdot F_y \cdot \left[1 - 0,5 \cdot \left(\frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right) \right] \leq F_y$$

$$F_{cr} = 1,75 \cdot 36 \cdot \left[1 - 0,5 \cdot \left(\frac{98,742809 - 50}{126 - 50} \right) \right] = 42,797388 \leq 36$$

Maka dipakai tegangan kritik $F_{cr} = F_y = 36$ Ksi

- Perhitungan faktor reduksi tekuk lentur badan (R_{pg})

$$R_{pg} = 1 - 0,0005 \cdot \frac{A_w}{A_f} \cdot \left(\frac{hc}{tw} - \frac{970}{\sqrt{F_{cr}}} \right) = 1 - 0,0005 \cdot \frac{42}{87,5} \cdot \left(\frac{100}{0,42} - \frac{970}{\sqrt{36}} \right) = 0,981657$$

- Penghitungan momen nominal (M_n)

$$\begin{aligned} M_n &= F_{cr} \cdot S_x \cdot R_{pg} \\ &= 36 \cdot 9423,611111 \cdot 0,981657 / 12 \\ &= 27752,26548 \text{ kip ft} \end{aligned}$$

- Penghitungan momen ultimit (M_u)

$$M_u = \phi M_n = 0,9 \cdot 27752,2648 = 24977,03893 \text{ kip ft}$$

Nilai M_u setelah disetarakan terhadap metode ASD adalah

$$M_{u_{setara}} = M_u / e = 24977,03893 / 1,3455 = 18563,38828 \text{ kip ft}$$

3. Untuk panjang bentang 100 ft

1. Untuk panjang bentang 100 ft dengan tebal badan 0,31 in

- Perhitungan tegangan kritik (F_{cr})

$$\lambda = \frac{Lb}{r_T} = \frac{100.12}{9,817929} = 122,22537 > \lambda_p = \frac{300}{\sqrt{F_y}} = \frac{300}{\sqrt{36}} = 50$$

$$\lambda < \lambda_r = \frac{756}{\sqrt{F_y}} = \frac{756}{\sqrt{36}} = 126$$

$$F_{cr} = C_b \cdot F_y \cdot \left[1 - 0,5 \cdot \left(\frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right) \right] \leq F_y$$

$$F_{cr} = 1,75 \cdot 36 \cdot \left[1 - 0,5 \cdot \left(\frac{122,22537 - 50}{126 - 50} \right) \right] = 33,064485 \text{ Ksi} \leq 36 \text{ Ksi}$$

Maka dipakai tegangan kritis $F_{cr} = F_y = 33,064485$ Ksi

- Perhitungan faktor reduksi tekuk lentur badan (R_{pg})

$$R_{pg} = 1 - 0,0005 \frac{A_w}{A_f} \left(\frac{hc}{tw} - \frac{970}{\sqrt{F_{cr}}} \right) = 1 - 0,0005 \cdot \frac{31}{87,5} \left(\frac{100}{0,31} - \frac{970}{\sqrt{33,064485}} \right) = 0,972739$$

- Penghitungan momen nominal (M_n)

$$\begin{aligned} M_n &= F_{cr} \cdot S_x \cdot R_{pg} \\ &= 33,064485 \cdot 9249,007937 \cdot 0,972739/12 \\ &= 24789,75356 \text{ kip ft} \end{aligned}$$

- Penghitungan momen ultimit (M_u)

$$M_u = \phi M_n = 0,9 \cdot 24789,75356 = 22310,7782 \text{ kip ft}$$

Nilai M_u setelah disetarakan terhadap metode ASD adalah

$$M_{u_{setara}} = M_u / e = 22310,7782 / 1,3455 = 16581,76685 \text{ kip ft}$$

2. Untuk panjang bentang 100 ft dengan tebal badan 0,32 in

- Perhitungan tegangan kritis (F_{cr})

$$\lambda = \frac{L_b}{r_t} = \frac{100 \cdot 12}{9,791548} = 122,554676 > \lambda_p = \frac{300}{\sqrt{F_y}} = \frac{300}{\sqrt{36}} = 50$$

$$\lambda < \lambda_r = \frac{756}{\sqrt{F_y}} = \frac{756}{\sqrt{36}} = 126$$

$$F_{cr} = C_b \cdot F_y \left[1 - 0,5 \left(\frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right) \right] \leq F_y$$

$$F_{cr} = 1,75 \cdot 36 \left[1 - 0,5 \left(\frac{122,554676 - 50}{126 - 50} \right) \right] = 32,927996 \text{ Ksi}$$

Maka dipakai tegangan kritik $F_{cr} = F_y = 32,927996$ Ksi

- Perhitungan faktor reduksi tekuk lentur badan (R_{pg})

$$R_{pg} = 1 - 0,0005 \frac{A_w}{A_f} \left(\frac{hc}{tw} - \frac{970}{\sqrt{F_{cr}}} \right) = 1 - 0,0005 \cdot \frac{34}{87,5} \left(\frac{100}{0,34} - \frac{970}{\sqrt{32,927996}} \right) = 0,975699$$

- Penghitungan momen nominal (M_n)

$$\begin{aligned} M_n &= F_{cr} \cdot S_x \cdot R_{pg} \\ &= 32,927996 \cdot 9296,626984 \cdot 0,975699/12 \\ &= 24890,02426 \text{ kip ft} \end{aligned}$$

- Penghitungan momen ultimit (M_u)

$$M_u = \phi M_n = 0,9 \cdot 24890,02426 = 22401,02183 \text{ kip ft}$$

Nilai M_u setelah disetarakan terhadap metode ASD adalah

$$M_{u_{setara}} = M_u / e = 22401,02183 / 1,3455 = 16648,84566 \text{ kip ft}$$

3. Untuk panjang bentang 100 ft dengan tebal badan 0,38 in

- Perhitungan tegangan kritik (F_{cr})

$$\lambda = \frac{L_b}{r_T} = \frac{80 \cdot 12}{9,756703} = 122,992367 > \lambda_p = \frac{300}{\sqrt{F_y}} = \frac{300}{\sqrt{36}} = 50$$

$$\lambda < \lambda_r = \frac{756}{\sqrt{F_y}} = \frac{756}{\sqrt{36}} = 126$$

$$F_{cr} = C_b \cdot F_y \cdot \left[1 - 0,5 \cdot \left(\frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right) \right] \leq F_y$$

$$F_{cr} = 1,75 \cdot 36 \cdot \left[1 - 0,5 \cdot \left(\frac{122,992367 - 50}{126 - 50} \right) \right] = 32,746585 \text{ Ksi}$$

Maka dipakai tegangan kritik $F_{cr} = F_y = 32,746585$ Ksi

- Perhitungan faktor reduksi tekuk lentur badan (R_{pg})

$$R_{pg} = 1 - 0,0005 \frac{A_w}{A_f} \left(\frac{hc}{tw} - \frac{970}{\sqrt{F_{cr}}} \right) = 1 - 0,0005 \cdot \frac{38}{87,5} \left(\frac{100}{0,38} - \frac{970}{\sqrt{32,746585}} \right) = 0,979664$$

- Penghitungan momen nominal (M_n)

$$M_n = F_{cr} \cdot S_x \cdot R_{pg}$$

$$= 32,746585 \cdot 9360,119048 \cdot 0,979664 / 12$$

$$= 25023,22561 \text{ kip ft}$$

- Penghitungan momen ultimit (M_u)

$$M_u = \phi M_n = 0,9 \cdot 25023,22561 = 22520,90305 \text{ kip ft}$$

Nilai M_u setelah disetarakan terhadap metode ASD adalah

$$M_{u_{setara}} = M_u / e = 22520,90305 / 1,3455 = 16737,94355 \text{ kip ft}$$

4. Untuk panjang bentang 100 ft dengan tebal badan 0,42 in

- Perhitungan tegangan kritik (F_{cr})

$$\lambda = \frac{L_b}{r_t} = \frac{100 \cdot 12}{9,722227} = 123,42851 > \lambda_p = \frac{300}{\sqrt{F_y}} = \frac{300}{\sqrt{36}} = 50$$

$$\lambda < \lambda_r = \frac{756}{\sqrt{F_y}} = \frac{756}{\sqrt{36}} = 126$$

$$F_{cr} = C_b \cdot F_y \cdot \left[1 - 0,5 \left(\frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right) \right] \leq F_y$$

$$F_{cr} = 1,75 \cdot 36 \cdot \left[1 - 0,5 \left(\frac{123,42851 - 50}{126 - 50} \right) \right] = 32,565815 \leq 36$$

Maka dipakai tegangan kritik $F_{cr} = F_y = 32,56581$ Ksi

- Perhitungan faktor reduksi tekuk lentur badan (R_{pg})

$$R_{pg} = 1 - 0,0005 \frac{A_w}{A_f} \left(\frac{hc}{tw} - \frac{970}{\sqrt{F_{cr}}} \right) = 1 - 0,0005 \cdot \frac{42}{87,5} \left(\frac{100}{0,42} - \frac{970}{\sqrt{32,56581}} \right) = 0,983652$$

- Penghitungan momen nominal (M_n)

$$M_n = F_{cr} \cdot S_x \cdot R_{pg}$$

$$= 32,56581 \cdot 9423,611111 \cdot 0,983652 / 12$$

$$= 25155,8815 \text{ kip ft}$$

- Penghitungan momen ultimit (M_u)

$$M_u = \phi M_n = 0,9 \cdot 25155,8815 = 22640,29335 \text{ kip ft}$$

Nilai M_u setelah disetarakan terhadap metode ASD adalah

$$M_{u_{setara}} = M_u / \phi = 22640,29335 / 1,3455 = 16826,67659 \text{ kip ft}$$

4. Untuk panjang bentang 130 ft

1. Untuk panjang bentang 130 ft dengan tebal badan 0,31 in

- Perhitungan tegangan kritik (F_{cr})

$$\lambda = \frac{L_b}{r_T} = \frac{130 \cdot 12}{9,817929} = 158,89298$$

$$\lambda > \lambda_r = \frac{756}{\sqrt{F_y}} = \frac{756}{\sqrt{36}} = 126$$

$$F_{cr} = \frac{286000 \cdot C_b}{\left(\frac{L_b}{r_T}\right)^2} = \frac{286000 \cdot 1,75}{(158,89298)^2} = 19,824166 \text{ Ksi}$$

Maka dipakai tegangan kritis $F_{cr} = 19,824166$ Ksi

- Perhitungan faktor reduksi tekuk lentur badan (R_{pg})

$$R_{pg} = 1 - 0,0005 \frac{A_w}{A_f} \left(\frac{hc}{tw} - \frac{970}{\sqrt{F_{cr}}} \right) = 1 - 0,0005 \cdot \frac{31}{87,5} \left(\frac{100}{0,31} - \frac{970}{\sqrt{19,824166}} \right) = 0,981449$$

- Penghitungan momen nominal (M_n)

$$\begin{aligned} M_n &= F_{cr} \cdot S_x \cdot R_{pg} \\ &= 19,824166 \cdot 9249,007937 \cdot 0,981449/12 \\ &= 14996,03926 \text{ kip ft} \end{aligned}$$

- Penghitungan momen ultimit (M_u)

$$M_u = \phi M_n = 0,9 \cdot 14996,03926 = 13496,43533 \text{ kip ft}$$

Nilai M_u setelah disetarakan terhadap metode ASD adalah

$$M_{u \text{ setara}} = M_u / e = 13496,43533 / 1,3455 = 10030,79549 \text{ kip ft}$$

2. Untuk panjang bentang 130 ft dengan tebal badan 0,32 in

- Perhitungan tegangan kritis (F_{cr})

$$\lambda = \frac{Lb}{r_T} = \frac{130.12}{9,791548} = 159,32108$$

$$\lambda > \lambda_r = \frac{756}{\sqrt{F_y}} = \frac{756}{\sqrt{36}} = 126$$

$$F_{cr} = \frac{286000 \cdot 1,75}{(159,32108)^2} = 19,717761 \text{ Ksi}$$

Maka dipakai tegangan kritik $F_{cr} = F_y = 19,717761$ Ksi

- Perhitungan faktor reduksi tekuk lentur badan (R_{pg})

$$R_{pg} = 1 - 0,0005 \frac{A_w}{A_f} \left(\frac{hc}{tw} - \frac{970}{\sqrt{F_{cr}}} \right) = 1 - 0,0005 \cdot \frac{34}{87,5} \left(\frac{100}{0,34} - \frac{970}{\sqrt{19,717761}} \right) = 0,985298$$

- Penghitungan momen nominal (M_n)

$$M_n = F_{cr} \cdot S_x \cdot R_{pg}$$

$$= 19,717761 \cdot 9296,626984 \cdot 0,985298/12$$

$$= 15051,13874 \text{ kip ft}$$

- Penghitungan momen ultimit (M_u)

$$M_u = \phi M_n = 0,9 \cdot 15051,13874 = 13546,02487 \text{ kip ft}$$

Nilai M_u setelah disetarakan terhadap metode ASD adalah

$$M_{u_{setara}} = M_u / e = 13546,02487 / 1,3455 = 10067,65133 \text{ kip ft}$$

3. Untuk panjang bentang 130 ft dengan tebal badan 0,38 in

- Perhitungan tegangan kritik (F_{cr})

$$\lambda = \frac{Lb}{r_T} = \frac{130.12}{9,756703} = 159,890078$$

$$\lambda < \lambda_r = \frac{756}{\sqrt{F_y}} = \frac{756}{\sqrt{36}} = 126$$

$$F_{cr} = \frac{286000 \cdot 1,75}{(159,890078)^2} = 19,577672 \text{ Ksi}$$

Maka dipakai tegangan kritik $F_{cr} = F_y = 19,577672$ Ksi

- Perhitungan faktor reduksi tekuk lentur badan (R_{pg})

$$R_{pg} = 1 - 0,0005 \frac{A_w}{A_f} \left(\frac{hc}{tw} - \frac{970}{\sqrt{F_{cr}}} \right) = 1 - 0,0005 \cdot \frac{38}{87,5} \left(\frac{100}{0,38} - \frac{970}{\sqrt{19,577672}} \right) = 0,990460$$

- Penghitungan momen nominal (M_n)

$$\begin{aligned} M_n &= F_{cr} \cdot S_x \cdot R_{pg} \\ &= 19,577672 \cdot 9360,119048 \cdot 0,990460 / 12 \\ &= 15125,09516 \text{ kip ft} \end{aligned}$$

- Penghitungan momen ultimit (M_u)

$$M_u = \phi M_n = 0,9 \cdot 15125,09516 = 13612,58564 \text{ kip ft}$$

Nilai M_u setelah disetarakan terhadap metode ASD adalah

$$M_{u \text{ setara}} = M_u / e = 13612,58564 / 1,3455 = 10117,12051 \text{ kip ft}$$

4. Untuk panjang bentang 130 ft dengan tebal badan 0,42 in

- Perhitungan tegangan kritik (F_{cr})

$$\lambda = \frac{L_b}{r_T} = \frac{130 \cdot 12}{9,722227} = 160,457064$$

$$\lambda < \lambda_r = \frac{756}{\sqrt{F_y}} = \frac{756}{\sqrt{36}} = 126$$

$$F_{cr} = \frac{286000 \cdot 1,75}{(160,457064)^2} = 19,439559 \text{ Ksi}$$

Maka dipakai tegangan kritik $F_{cr} = F_y = 19,439559 \text{ Ksi}$

- Perhitungan faktor reduksi tekuk lentur badan (R_{pg})

$$R_{pg} = 1 - 0,0005 \frac{A_w}{A_f} \left(\frac{hc}{tw} - \frac{970}{\sqrt{F_{cr}}} \right) = 1 - 0,0005 \cdot \frac{42}{87,5} \left(\frac{100}{0,42} - \frac{970}{\sqrt{19,439559}} \right) = 0,995658$$

- Penghitungan momen nominal (M_n)

$$\begin{aligned} M_n &= F_{cr} \cdot S_x \cdot R_{pg} \\ &= 19,439559 \cdot 9423,611111 \cdot 0,995658 / 12 \\ &= 15199,61912 \text{ kip ft} \end{aligned}$$

- Penghitungan momen ultimit (M_u)

$$M_u = \phi M_n = 0,9 \cdot 15199,61912 = 13679,65721 \text{ kip ft}$$

Nilai M_u setelah disetarakan terhadap metode ASD adalah

$$M_{u \text{ setara}} = M_u / e = 13679,65721 / 1,3455 = 10166,96932 \text{ kip ft}$$

5. Untuk panjang bentang 150 ft

1. Untuk panjang bentang 150 ft dengan tebal badan 0,31 in

- Perhitungan tegangan kritik (F_{cr})

$$\lambda = \frac{L_b}{r_T} = \frac{150 \cdot 12}{9,817929} = 183,33805$$

$$\lambda > \lambda_r = \frac{756}{\sqrt{I_y}} = \frac{756}{\sqrt{36}} = 126$$

$$F_{cr} = \frac{286000.Cb}{\left(\frac{Lb}{r_T}\right)^2} = \frac{286000.1,75}{(183,33805)^2} = 14,890143Ksi \quad \text{LAMPIRAN 46}$$

Maka dipakai tegangan kritik $F_{cr} = 14,890143$ Ksi

- Perhitungan faktor reduksi tekuk lentur badan (R_{pg})

$$R_{pg} = 1 - 0,0005 \frac{A_w}{A_f} \left(\frac{hc}{tw} - \frac{970}{\sqrt{F_{cr}}} \right) = 1 - 0,0005 \cdot \frac{31}{87,5} \left(\frac{100}{0,31} - \frac{970}{\sqrt{14,890143}} \right) = 0,987386$$

- Penghitungan momen nominal (M_n)

$$\begin{aligned} M_n &= F_{cr} \cdot S_x \cdot R_{pg} \\ &= 14,890143 \cdot 9249,007937 \cdot 0,987386/12 \\ &= 11331,82706 \text{ kip ft} \end{aligned}$$

- Penghitungan momen ultimit (M_u)

$$M_u = \phi M_n = 0,9 \cdot 11331,82706 = 10198,64435 \text{ kip ft}$$

Nilai M_u setelah disetarakan terhadap metode ASD adalah

$$M_{u \text{ setara}} = M_u / e = 10198,64435 / 1,3455 = 7579,817428 \text{ kip ft}$$

2. Untuk panjang bentang 150 ft dengan tebal badan 0,32 in

- Perhitungan tegangan kritik (F_{cr})

$$\lambda = \frac{Lb}{r_T} = \frac{150.12}{9,791548} = 183,83201$$

$$\lambda > \lambda_r = \frac{756}{\sqrt{F_y}} = \frac{756}{\sqrt{36}} = 126$$

$$F_{cr} = \frac{286000.1,75}{(183,83201)^2} = 14810230Ksi$$

Maka dipakai tegangan kritik $F_{cr} = F_y = 14,810230$ Ksi

- Perhitungan faktor reduksi tekuk lentur badan (R_{pg})

$$R_{pg} = 1 - 0,0005 \frac{A_w}{A_f} \left(\frac{hc}{tw} - \frac{970}{\sqrt{F_{cr}}} \right) = 1 - 0,0005 \cdot \frac{34}{87,5} \left(\frac{100}{0,34} - \frac{970}{\sqrt{14,810230}} \right) = 0,991827$$

- Penghitungan momen nominal (M_n)

$$M_n = F_{cr} \cdot S_x \cdot R_{pg}$$

$$= 14,810230 \cdot 9296,626984 \cdot 0,991827 / 12$$

$$= 11379,99023 \text{ kip ft}$$

- Penghitungan momen ultimit (M_u)

$$M_u = \phi M_n = 0,9 \cdot 11379,99023 = 10241,99121 \text{ kip ft}$$

Nilai M_u setelah disetarakan terhadap metode ASD adalah

$$M_{u \text{ setara}} = M_u / e = 10241,99121 / 1,3455 = 7612,033601 \text{ kip ft}$$

3. Untuk panjang bentang 150 ft dengan tebal badan 0,38 in

- Perhitungan tegangan kritik (F_{cr})

$$\lambda = \frac{Lb}{r_T} = \frac{150 \cdot 12}{9,756703} = 184,488494$$

$$\lambda > \lambda_r = \frac{756}{\sqrt{F_y}} = \frac{756}{\sqrt{36}} = 126$$

$$F_{cr} = \frac{286000 \cdot 1,75}{(184,488494)^2} = 14,705016 \text{ Ksi}$$

Maka dipakai tegangan kritik $F_{cr} = F_y = 14,705016$ Ksi

- Perhitungan faktor reduksi tekuk lentur badan (R_{pg})

$$R_{pg} = 1 - 0,0005 \frac{A_w}{A_f} \left(\frac{hc}{tw} - \frac{970}{\sqrt{F_{cr}}} \right) = 1 - 0,0005 \cdot \frac{38}{87,5} \left(\frac{100}{0,38} - \frac{970}{\sqrt{14,705016}} \right) = 0,997784$$

- Penghitungan momen nominal (M_n)

$$\begin{aligned} M_n &= F_{cr} \cdot S_x \cdot R_{pg} \\ &= 14,705016 \cdot 9360,119048 \cdot 0,997784 / 12 \\ &= 11444,64071 \text{ kip ft} \end{aligned}$$

- Penghitungan momen ultimit (M_u)

$$M_u = \phi M_n = 0,9 \cdot 11444,64071 = 10300,17664 \text{ kip ft}$$

Nilai M_u setelah disetarakan terhadap metode ASD adalah

$$M_{u \text{ setara}} = M_u / e = 10300,17664 / 1,3455 = 7655,278068 \text{ kip ft}$$

4. Untuk panjang bentang 150 ft dengan tebal badan 0,42 in

- Perhitungan tegangan kritis (F_{cr})

$$\lambda = \frac{L_b}{r_T} = \frac{150 \cdot 12}{9,722227} = 185,142766$$

$$\lambda < \lambda_r = \frac{756}{\sqrt{F_y}} = \frac{756}{\sqrt{36}} = 126$$

$$F_{cr} = \frac{286000 \cdot 1,75}{(185,142766)^2} = 14,601268 \text{ Ksi}$$

Maka dipakai tegangan kritis $F_{cr} = F_y = 14,601268$ Ksi

- Perhitungan faktor reduksi tekuk lentur badan (R_{pg})

$$R_{pg} = 1 - 0,0005 \frac{A_w}{A_f} \left(\frac{h_c}{t_w} - \frac{970}{\sqrt{F_{cr}}} \right) = 1 - 0,0005 \cdot \frac{42}{87,5} \left(\frac{100}{0,42} - \frac{970}{\sqrt{14,601268}} \right) = 1$$

- Penghitungan momen nominal (M_n)

$$\begin{aligned}M_n &= F_{cr} \cdot S_x \cdot R_{pg} \\ &= 14,601268 \cdot 9423,611111 \cdot 1 / 12 \\ &= 11,466389 \text{ kip ft}\end{aligned}$$

- Penghitungan momen ultimit (M_u)

$$M_u = \phi M_n = 0,9 \cdot 11,466389 = 10319,75035 \text{ kip ft}$$

Nilai M_u setelah disetarakan terhadap metode ASD adalah

$$M_{u \text{ setara}} = M_u / e = 10319,75035 / 1,3455 = 7669,825604 \text{ kip ft}$$

ANALISIS KAPASITAS GESER

Analisis Kapasitas Geser Dengan Metode ASD

1. Untuk panjang bentang 40 ft dengan tebal badan 0,31 in

- Perhitungan koefisien tekuk (k)

$$k = \frac{4}{\left(\frac{a}{hc}\right)^2} + 5,34 = \frac{4}{\left(\frac{200}{100}\right)^2} + 5,34 = 6,34$$

- Penghitungan C_v

$$C_v = \frac{45.000.k}{\left(\frac{hc}{tw}\right)^2 F_y} = \frac{45.000.6,34}{\left(\frac{100}{0,31}\right)^2 .36} = 0,0762$$

- Penghitungan kapasitas geser (V)

$$V = \frac{C_v.F_y.A_w}{2,89} = \frac{0,0762.36.31}{2,89} = 29,4253.kip$$

2. Untuk panjang bentang 40 ft dengan tebal badan 0,34 in

- Perhitungan koefisien tekuk (k)

$$k = \frac{4}{\left(\frac{a}{hc}\right)^2} + 5,34 = \frac{4}{\left(\frac{200}{100}\right)^2} + 5,34 = 6,34$$

- Penghitungan C_v

$$C_v = \frac{45.000.k}{\left(\frac{hc}{tw}\right)^2 F_y} = \frac{45.000.6,34}{\left(\frac{100}{0,34}\right)^2 .36} = 0,091613$$

- Penghitungan kapasitas geser (V)

$$V = \frac{C_v.F_y.A_w}{2,89} = \frac{0,091613.36.34}{2,89} = 32,272941.kip$$

3. Untuk panjang bentang 40 ft dengan tebal badan 0,38 in

- Perhitungan koefisien tekuk (k)

$$k = \frac{4}{\left(\frac{a}{hc}\right)^2} + 5,34 = \frac{4}{\left(\frac{200}{100}\right)^2} + 5,34 = 6,34$$

- Penghitungan C_v

$$C_v = \frac{45.000.k}{\left(\frac{hc}{tw}\right)^2 F_y} = \frac{45.000.6,34}{\left(\frac{100}{0,38}\right)^2 .36} = 0,114437$$

- Penghitungan kapasitas geser (V)

$$V = \frac{C_v.F_y.A_w}{2,89} = \frac{0,114437.36.38}{2,89} = 36,069758.kip$$

4. Untuk panjang bentang 40 ft dengan tebal badan 0,42 in

- Perhitungan koefisien tekuk (k)

$$k = \frac{4}{\left(\frac{a}{hc}\right)^2} + 5,34 = \frac{4}{\left(\frac{200}{100}\right)^2} + 5,34 = 6,34$$

- Penghitungan C_v

$$C_v = \frac{45.000.k}{\left(\frac{hc}{tw}\right)^2 F_y} = \frac{45.000.6,34}{\left(\frac{100}{0,42}\right)^2 .36} = 0,139797$$

- Penghitungan kapasitas geser (V)

$$V = \frac{C_v.F_y.A_w}{2,89} = \frac{0,139797.36.42}{2,89} = 39,866574.kip$$

Analisis Kapasitas Geser Dengan Metode LRFD

1. Untuk panjang bentang 40 ft dengan tebal badan 0,31 in

- Perhitungan koefisien tekuk (k)

$$k = \frac{5}{\left(\frac{\alpha}{hc}\right)^2} + 5 = \frac{5}{\left(\frac{200}{100}\right)^2} + 5 = 6,25$$

- Perhitungan C_v

$$C_v = \frac{44.000.k}{\left(\frac{hc}{tw}\right)^2 Fy} = \frac{44.000.6,25}{\left(\frac{100}{0,31}\right)^2 .36} = 0,0734$$

- Perhitungan kapasitas geser nominal (V_n)

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \cdot Fy \cdot C_v \cdot Aw \\ &= 0,6 \cdot 36 \cdot 0,0734 \cdot 31 = 49,1486 \text{ Kip} \end{aligned}$$

- Perhitungan kapasitas geser ultimit (V_u)

$$V_u = \phi V_n = 0,9 \cdot 49,1486 = 44,2338 \text{ kip}$$

Nilai V_u setelah disetarakan terhadap metode ASD adalah

$$V_{u_{setara}} = V_u / e = 44,2338 / 1,3455 = 32,8754 \text{ Kip}$$

2. Untuk panjang bentang 40 ft dengan tebal badan 0,34 in

- Perhitungan koefisien tekuk (k)

$$k = \frac{5}{\left(\frac{\alpha}{hc}\right)^2} + 5 = \frac{5}{\left(\frac{200}{100}\right)^2} + 5 = 6,25$$

- Perhitungan C_v

$$C_v = \frac{44.000.k}{\left(\frac{hc}{tw}\right)^2 Fy} = \frac{44.000.6,25}{\left(\frac{100}{0,34}\right)^2 .36} = 0,08831$$

- Perhitungan kapasitas geser nominal (V_n)

$$V_n = 0,6 \cdot F_y \cdot C_v \cdot A_w$$

$$= 0,6 \cdot 36 \cdot 0,08831 \cdot 34 = 53,905 \text{ Kip}$$

- Perhitungan kapasitas geser ultimit (V_u)

$$V_u = \phi V_n = 0,9 \cdot 53,905 = 48,5145 \text{ kip}$$

Nilai V_u setelah disetarakan terhadap metode ASD adalah

$$V_{u \text{ setara}} = V_u / e = 48,5145 / 1,3455 = 36,0569 \text{ Kip}$$

3. Untuk panjang bentang 40 ft dengan tebal badan 0,38 in

- Perhitungan koefisien tekuk (k)

$$k = \frac{5}{\left(\frac{a}{hc}\right)^2} + 5 = \frac{5}{\left(\frac{200}{100}\right)^2} + 5 = 6,25$$

- Perhitungan C_v

$$C_v = \frac{44.000 \cdot k}{\left(\frac{hc}{tw}\right)^2 F_y} = \frac{44.000 \cdot 6,25}{\left(\frac{100}{0,38}\right)^2 \cdot 36} = 0,110306$$

- Perhitungan kapasitas geser nominal (V_n)

$$V_n = 0,6 \cdot F_y \cdot C_v \cdot A_w$$

$$= 0,6 \cdot 36 \cdot 0,110306 \cdot 38 = 60,246778 \text{ Kip}$$

- Perhitungan kapasitas geser ultimit (V_u)

$$V_u = \phi V_n = 0,9 \cdot 60,246778 = 54,2221 \text{ kip}$$

Nilai V_u setelah disetarakan terhadap metode ASD adalah

$$V_{u \text{ setara}} = V_u / e = 54,2221 / 1,3455 = 40,2989 \text{ Kip}$$

4. Untuk panjang bentang 40 ft dengan tebal badan 0,42 in

- Perhitungan koefisien tekuk (k)

$$k = \frac{5}{\left(\frac{a}{hc}\right)^2} + 5 = \frac{5}{\left(\frac{200}{100}\right)^2} + 5 = 6,25$$

- Perhitungan C_v

$$C_v = \frac{44.000.k}{\left(\frac{hc}{tw}\right)^2 F_y} = \frac{44.000.6,25}{\left(\frac{100}{0,42}\right)^2 .36} = 0,13475$$

- Perhitungan kapasitas geser nominal (V_n)

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \cdot F_y \cdot C_v \cdot A_w \\ &= 0,6 \cdot 36 \cdot 0,13475 \cdot 42 = 66,588556 \text{ Kip} \end{aligned}$$

- Perhitungan kapasitas geser ultimit (V_u)

$$V_u = \phi V_n = 0,9 \cdot 66,588556 = 59,9297 \text{ kip}$$

Nilai V_u setelah disetarakan terhadap metode ASD adalah

$$V_{u \text{ setara}} = V_u / \phi = 59,9297 / 1,3455 = 44,5409 \text{ Kip}$$