PERPUSTAKAAN FTSP UII
HADIAH/BELI
TGL. TERIMA : 3 Des 2007
NO. JUDUL : 2645
NO. INV. : 5120002645001
NO. INDUK. : 002645

TUGAS AKHIR

KAPASITAS LENTUR GELAGAR PELAT PENAMPANG I DAN PENAMPANG DOBEL DELTA DENGAN RASIO TINGGI TERHADAP LEBAR 5,3

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Jogjakarta Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Sipil



Disusun Oleh :

Muchamad Abdul Kholiq
02 511 051

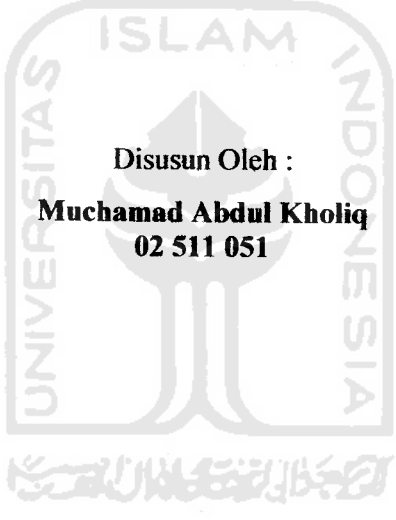
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
JOGJAKARTA
2007

MILIK PERPUSTAKAAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN UII YOGYAKARTA

HALAMAN PENGESAHAN
TUGAS AKHIR

KAPASITAS LENTUR GELAGAR PELAT PENAMPANG I DAN PENAMPANG DOBEL DELTA DENGAN RASIO TINGGI TERHADAP LEBAR 5,3

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Jogjakarta Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Sipil



Disusun Oleh :

Muchamad Abdul Kholiq
02 511 051

Telah Diperiksa dan Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing :

Ir. Fatkhurrohman N, MT
Tanggal : 10/05 · 2007

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

" Bila pergi membawa bekal, bila mati membawa amal"

"Dan tiadalah kehidupan dunia ini melainkan senda gurau dan main-main. Dan sesungguhnya akhirat itulah yang sebenarnya kehidupan, kalau mereka mengetahui". (Al 'Ankabuut : 64)

"Dan hendakiah ada di antara kamu segolongan umat yang menyeru kepada kebajikan, menyuruh kepada yang ma'ruf dan mencegah dari yang munkar, merekaiah orang-orang yang beruntung. ". (Ali 'Imran : 104)

PERSEMBAHAN

Tugas akhir ini kupersembahkan kepada :

1. Ayahnda dan Ibunda tercinta
2. Kakanda dan Keluarga besarku tersayang
3. Sahabat-sahabatku
4. Pembaca sekalian

KATA PENGANTAR

بسم الله الرحمن الرحيم

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayah-Nya laporan tugas akhir dengan judul "kapasitas lentur gelagar pelat I dan Dobel Delta dengan rasio tinggi terhadap lebar (h/b = 5,3)" dapat terselesaikan dengan baik. Shalawat dan salam senantiasa tercurahkakn kepada junjungan Nabi Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat dan para pengikutnya sampai akhir jaman.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu prasyarat untuk menyelesaikan jenjang strata satu (S1) pada jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Selain itu, sebagai sarana bagi mahasiswa untuk dapat mengaplikasikan ilmu dan pengetahuan yang telah didapat selama mengikuti perkuliahan di Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan jurusan Teknik Sipil.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini tidak lepas dari sumbangan pemikiran berbagai pihak yang sangat membantu, sehingga penulis dapat menyelesaikan semua hambatan yang terjadi selama penyusunan hingga selesainya tugas akhir ini. Maka pada kesempatan ini dengan penuh hormat dan kerendahan hati penyusun mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu, yaitu:

1. Bapak Ir Fatkhurrohman N, MT selaku Dosen Pembimbing yang banyak memberikan arahan-arahan dan motivasi sehingga laporan ini dapat terselesaikan.
2. Ayahnda, Ibunda, Serta Kakanda yang selalu senantiasa memberikan Do'a dan memberikan motivasi baik riil maupun Nonriil hingga laporan ini terselesaikan.
3. Prof. Dr. Edi Suandi Hamid, MEc, selaku Rektor Universitas Islam Indonesia Jogjakarta
4. Bapak DR. Ir. H. Ruzardi, MS, Selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Ir H Faizol AM, MS Selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
6. Staf Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.
7. Bapak Aris, Selaku penjaga laboratorium mekanika rekayasa yang banyak membantu selama penelitian dilakukan dilaboratorium hingga selesai
8. Bapak, Ibu Bengkel Candi Indah yang telah membantu membuat sampel gelagar pelat I dan Pelat Dobel Delta
9. Saudara Batra selaku temen satu penelitian yang banyak membantu hingga laporan ini dapat terselesaikan
10. Temen-temen Civil UII dan kawan-kawan kampus yang banyak membantu melaksanakan uji laboratorium.
11. Anak-anak Kame House yang memberikan saran dan motivasi.

Akhirnya besar harapan penyusunan laporan ini dapat berguna bagi pembaca pada umumnya-. Jika ada kesalahan-kesalahan dalam penulisan laporan mohon dimaafkan. Besar harapan penyusun dari pembaca untuk memberikan kritik dan saran untuk kesempurnaan laporan ini.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb

Yogyakarta, April 2007

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i

HALAMAN PENGESAHAN ii

MOTO PERSEMBAHAN iii

KATA PENGANTAR iv

DAFTAR ISI vii

DAFTAR GAMBAR xi

DAFTAR TABEL xiv

DAFTAR NOTASI xvi

DAFTAR LAMPIRAN xx

ABSTRAKSI xxi

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Tujuan Penelitian 2

1.3 Manfaat Penelitian 3

1.4 Batasan Masalah.....3

1.5 Keaslian Penelitian.....4

1.6 Lokasi Penelitian 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gelagar Pelat 5

2.2. Bentuk Penampang 5

2.2.1 Bentuk Penampang I 5

2.2.2 Bentuk Penampang Dobel Delta 5

2.3 Tegangan Kritis Pelat..... 6

2.4 Tekuk Pada Sayap 6

2.5 Tekuk Pada Badan 7

2.6 Tekuk Puntir Lateral 7

2.7 Kapasitas Lentur Gelagar Pelat 7

2.8 Kelangsingan Batas Elemen Pelat 8

2.9 Hubungan Beban Deformasi 8

2.10 Hubungan Momen-Kelengkungan 8

2.11 Koefisien Pelat Asembeling 8

2.12 Aksi Medan Tarik 9

2.13 Desain Plastis Gelagar Pelat 9

BAB III LANDASAN TEORI

3.1. Gelagar Pelat..... 9

3.2. Tegangan Pada Penampang Gelagar Pelat 9

3.3 Penampang I dan Dobel Delta..... 12

3.4 Tegangan Kritis Pelat.....16

3.5 Tekuk Elastis Pelat Akibat Tekan.....16

3.6 Tekuk Elastis Akibat Lentur Murni.....19

3.7 Tekuk Elastis Akibat Geser.....21

3.8 Rasio Kelangsingan Batas Pelat Sayap.....22

3.9 Rasio Kelangsingan Batas Pelat Badan.....23

3.10 Momen Batas Gelagar Pelat.....24

3.11 Kapasitas Geser 25

3.12 Momen Batas Berdasarkan Tekuk Lokal 26

3.13 Momen Batas Berdasarkan Tekuk Puntir 28

3.14 Karakteristik Gelagar Pelat.....31

3.15 Lendutan Gelagar Pelat. 34

3.16 Desain Plastis Gelagar Pelat 37

3.17 Hipotesa.....39

BAB IV PELAKSANAAN PENELITIAN

4.1 Tahap-tahap penelitian.....41

4.2 Bahan 42

4.3 Peralatan 42

4.4 Model Benda Uji 45

4.5 Pembuatan Benda Uji 46

4.6 Set Up Peralatan 47

4.7 Pelaksanaan Pembebanan 47

4.8 Uji Kuat Tarik Baja dan Kuat Tarik Las 48

4.9 Analisis Benda Uji 48

4.10 Pengambilan Kesimpulan 48

BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil pengujian 49

5.1.1 Hasil Pengujian Kuat Tarik Baja 49

5.1.2 Hasil Pengujian Kuat Tarik Las 50

5.1.3 Hasil Pengujian Kuat Lentur Gelagar Pelat Penampang I dan Dobel Delta 51

5.1.4 Hubungan Beban Lendutan Gelagar Penampang I dan

Dobel Delta 52

5.1.5 Rasio Nilai Momen Batas (Mcr) Gelagar Penampang I dan dobel Delta 59

5.1.6 Nilai Tegangan Kritis (Fcr) Gelagar I dan Dobel Delta 60

5.1.7 Nilai Koefisien Tekuk 61

5.1.8 Nilai Kelengkungan Gelagar I dan Dobel Delta 62

5.1.9 Rasio Mn/My terhadap h/tw Gelagar I dan Dobel Delta 66

5.2 Pembahasan 66

5.2.1 Kerusakan Pelat I dan Dobel Delta 66

5.2.2 Hubungan Beban – Lendutan Pengujian 67

5.2.3 Rasio Momen Batas (Mcr) Pelat I dan Dobel Delta.....70

5.2.4 Rasio Nilai Tegangan Kritis (Fcr) Gelagar Pelat I dan Dobel Delta 72

5.2.5 Rasio Nilai Koefisien Tekuk Pelat I dan Dobel Delta.....74

5.2.6 Rasio Momen Batasd Terhadap Momen Leleh Versus Kelangsingan 76

5.2.7 Perbandingan Tekuk Lokal Terhadap Tekuk Puntir Lateral Terhadap Kerusakan Pelat 78

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulam.....80

6.2 Saran.....81

DAFTAR PUSTAKA.....82

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Gelagar pelat dengan beban transversal..... 11

Gambar 3.2 Gambar penampang I dan penampang dobel delta..... 13

Gambar 3.3a Grafik rasio inersia Ix gelagar I dan dobel delta..... 15

Gambar 3.3b Grafik rasio inersia Iy gelagar I dan dobel delta..... 16

Gambar 3.4 Pelat memikul tekanan merata..... 17

Gambar 3.5 Koefisien tekuk pelat dengan kondisi tumpuan bervariasi.... 18

Gambar 3.6a Koefisien Tekuk Pelat Dalam Lentur Murni..... 19

Gambar 3.6b Koefisien tekuk lokal untuk batang lentur penampang I..... 21

Gambar 3.7 Pelat memikul tegangan geser 22

Gambar 3.8 Kurva Parameter Kelangsingan Pelat Panjang..... 23

Gambar 3.9 Rasio Momen Batas Terhadap Momen Leleh Versus Kelangsingan.....25

Gambar 3.10 Gambar Detail Penampang I dan Penampang Dobel Delta.... 27

Gambar 3.11 Grafik Rasio Momen Batas Berdasarkan Tekuk Lokal Pada Pelat Penampang I dan Dobel Delta..... 28

Gambar 3.12 Grafik Rasio Momen Batas Berdasarkan Tekuk Puntir Pada Pelat Penampang I dan Dobel Delta..... 31

Gambar 3.13 Gelagar pelat dengan beban terpusat P..... 31

Gambar 3.14 Contoh kurva beban-deformasi 32

Gambar 3.15 Kurva Momen Kelengkungan 34

Gambar 3.16 Kurva Elastis 34

Gambar 3.17 Aksi Momen Akibat Beban Terpusat 36

Gambar 3.18 Distribusi Momen Lentur 38

Gambar 4.1 Bagan alir pelaksanaan penelitian 41

Gambar 4.2 Portal pemikul beban 42

Gambar 4.3 Dial gauge 43

Gambar 4.4 Dukungan sendi dan rol 43

Gambar 4.5 Hidraulic Jack 44

Gambar 4.6 Universal Testing Machine (UTM)..... 44

Gambar 4.7 Model gelagar penampang I dan Dobel Delta..... 45

Gambar 4.8 Benda uji kuat tarik 45

Gambar 4.9 Benda uji kuat tarik las 46

Gambar 4.10 Set Up Peralatan 47

Gambar 5.1 Sampel uji tarik baja..... 49

Gambar 5.2 Grafik kuat tarik baja Fy dan Fu pada pelat 3 mm 50

Gambar 5.3 Sampel uji tarik las 51

Gambar 5.4 Grafik Hubungan Beban dan Lendutan Penampang I..... 54

Gambar 5.5 Grafik Hubungan Beban dan Lendutan Penampang Dobel Delta 56

Gambar 5.6 Grafik Perbandingan Lendutan ditengah bentang Gelagar I dan Gelagar Dobel Delta 57

Gambar 5.7 Grafik rasio momen terhadap momen leleh versus rasio kelengkungan terhadap kelengkungan leleh Penampang 63

Gambar 5.8 Grafik rasio momen terhadap momen leleh versus rasio kelengkungan terhadap kelengkungan leleh Penampang Dobel Delta 64

Gambar 5.9 Grafik perbandingan M/My vs Φ/Φy antara gelagar Penampang I dengan gelagar penampang Dobel Delta 65

Gambar 5.10 Grafik Nilai Beban dan Lendutan Gelagar I 68

Gambar 5.11 Grafik Nilai Beban dan Lendutan Gelagar Dobel Delta 69

Gambar 5.12 Grafik rasio Momen batas gelagar pelat Dobel Delta terhadap penampang I dengan variasi h/b yang berbeda..... 72

Gambar 5.13 Kurva Parameter Kelangsingan Panjang 74

Gambar 5.14 Koefisien tekuk lokal pada batang lentur 75

Gambar 5.15 Koefisien tekuk pelat dalam lentur murni 76

Gambar 5.16 Hubungan Momen Batas Terhadap Momen Leleh Versus Kelangsingan 77

DAFTAR TABEL

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Kuat Tari Baja..... 49

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Kuat Tarik Las.....51

Tabel 5.3 Hasil pengujian gelagar pelat penampang I.....53

Tabel 5.4 Perhitungan Fy dan Fu hasil uji penampang I 54

Tabel 5.5 Hasil pengujian gelagar pelat penampang Dobel Delta.....55

Tabel 5.6 Perhitungan Fy dan Fu hasil uji penampang Dobel Delta..... 56

Tabel 5.7 Kekakuan Gelagar Pelat I dengan berbagai variasi h/b 58

Tabel 5.8 Kekakuan Gelagar Pelat Dobel Delta dengan variasi h/b 58

Tabel 5.9 Nilai Momen Kritis (Mcr) Pengujian I dan Dobel Delta 59

Tabel 5.10 Nilai Momen Kritis (Mcr) Teoritis I dan Dobel Delta 59

Tabel 5.11 Nilai Sx pada Gelagar Pelat I dan Dobel Delta 60

Tabel 5.12 Nilai Tegangan kritis (Fcr) hasil uji I dan dobel delta.....60

Tabel 5.13 Nilai koefisien tekuk (k) sayap gelagar pelat I dan Dobel Delta. 61

Tabel 5.14 Nilai koefisien tekuk (k) badan gelagar pelat I dan Dobel Delta.61

Tabel 5.15 Nilai Kelengkungan Gelagar Pelat I 62

Tabel 5.16 Nilai Kelengkungan Dobel Delta 63

Tabel 5.17 Hubungan Mn/My terhadap h/tw gelagar I dan Dobel Delta 66

Tabel 5.18 Nilai Beban - Lendutan Gelagar I..... 67

Tabel 5.19 Nilai Beban dan Lendutan Gelagar Dobel Delta 68

Tabel 5.20 Nilai Momen Kritis Gelagar Pelat I dan Dobel Delta..... 71

Tabel 5.21 Nilai Momen Kritis Gelagar Pelat I dan Dobel Delta Secara Teoritis..... 71

Tabel 5.22 Nilai Tegangan Kritis (Fcr) Gelagar Pelat I dan Dobel Delta..... 73

Tabel 5.23 Momen Batas Terhadap Tekuk Lokal dengan Tekuk Lateral Gelagar Pelat I..... 78

Tabel 5.24 Momen Batas Terhadap Tekuk Lokal Versus Tekuk Lateral Gelagar Pelat Dobel Delta..... 78

DAFTAR NOTASI

a	=	Jarak antar pengaku
Ab	=	Abrutc = Luas penampang lintang bruto
Ae	=	Luas efektif
Apb	=	Luas kontak pengaku
Aw	=	Luasan badan
b	=	Lebar pelat sayap
bE	=	Lebar efek dimana tegangan maksimum dapat dianggap semua yang dapat memberikan kapasitas tebal yang tepat
bf	=	Lebar Flens
Cb	=	Faktor untuk menghitung gradient momen kekuatab balok, Nilainya 1,0-2,3
Cc	=	Rasio kerampingan KL/r yang memisahkan antara kolom Panjang dan pendek ASD
Cw	=	Konstanta kelengkungan puntir
d	=	Tinggi gelagar
Dw	=	Kedalaman badan
e	=	Eksentrisitas badan
E	=	Modulus elastisitas bahan.
f	=	Tegangan karena geser langsung
fa	=	Tegangan tarik aksial beban layan.
fb	=	Tegangan lentur dalam layan
fc	=	Tegangan merata beban layan
fv	=	Tegangan geser beban layan

Fa	=	Tewgangan aksial beban layan yang disajikan dalam ASD
Fb	=	Tegangan lentur ijin.
Fcr	=	Tegangan kritis
Fs	=	Faktor keamanan
Fv	=	Tegangan geser
Fy	=	Tegangan leleh
Fyw	=	Tegangan leleh untuk bahan
G	=	Modulus elastisitas geser
h	=	Kedalaman, tinggi pelat
I	=	Momen inersia
Ix	=	Momen inersia sumbu kuat
Iy	=	Momen inersia sumbu lemah
k	=	Koefisien tekuk pelat
L	=	Panjang bentang
Lb	=	Panjang tanpa penopang lateral
m	=	Momen puntir beban layan terdistribusi merata
Mcr	=	Momen kritis
Mp	=	Kekuatan momen elastis
Mu	=	Momen beban layan terfaktor
Mx	=	Momen berdasarkan arah sumbu kuat
My	=	Momen berdasarkan arah sumbu lemah
Mz	=	Momen lentur puntir arah z menurut sumbu batang
P	=	Beban aksial layan

Pn	=	Kekuatan nominal batanbg tekan yang dibebani aksial
Pu	=	Beban aksial terfaktor
Sx	=	Modulus penampang elastis
t	=	Tebal pelat
tf	=	Tebal pelat sayap
tw	=	Tebal pelat badan
V	=	Tegangan geser
Vn	=	Kekuatan nominal geser
Vu	=	Kekuatan geser terfaktor
y	=	Defleksi pada sumbu lokasi z sepanjang bentang
z	=	Modulus elastic
Zx	=	Modulus elastic sumbu Z
γ	=	Istilah umum untuk factor kelebihan badan
ε	=	Regangan
εt	=	Regangan total
εx	=	Regangan arah x
εy	=	Regangan pada saat tegangan leleh
Δ	=	Defleksi
Δy	=	Lendutan pada saat beban maksimum
$\Delta total$	=	Defleksi total
λ	=	Rasio kerampingan untuk pelat
λc	=	parameter kerampingan
λp	=	Rasio kerampingan maksimum pelat kompak

μ`	=	Rasio poison
ϕ	=	Kelengkungan
σ	=	Tegangan
τ	=	Tegangan geser
τcr	=	Tegangan tekuk geser
τ y	=	Tegangan leleh geser
θ	=	Sudut rotasi
ρ	=	Rasio luas penampang lintang badan Aw terhadap luas penampang Af salah satu sayap
π	=	Konstanta ($\frac{22}{7}$)

DAFTAR LAMPIRAN

1. Lampiran 1 Lembar Konsultasi Tugas Akhir
2. Lampiran 2 Hasil Uji Tarik Baja Dan Uji Tarik Las..... 1
3. Lampiran 3 Perhitungan Benda Uji..... 5
4. Lampiran 4 Hasil Pembebanan Benda Uji..... 20
5. Lampiran 5 Perhitungan Koefisien Tekuk Hasil Uji..... 23
6. Lampiran 6 Perhitungan Momen Kelengkungan..... 30
7. Lampiran 7 Perhitungan Rasio Momen Nominal (Mn) terhadap Momen Leleh (My)..... 33
8. Lampiran 8 Foto-foto Hasil Penelitian..... 34

ABSTRAKSI

Gelagar pelat penampang I adalah gelagar yang memiliki penampang yang terdiri dari dua pelat sayap yang dihubungkan secara menerus dengan pelat badan, ketiga komponen tersebut terbuat dari pelat baja yang dirangkai dengan menggunakan las. Pelat sayap yang memiliki tebal 3mm dan pelat badan 2mm. Dalam penelitian ini disiapkan pula gelagar pelat hasil modifikasi gelagar pelat I yang memiliki dimensi yang sama, hanya saja ada sedikit tambahan pada pelat pengaku yang dihubungkan ujung pelat sayap dengan pelat badan yang memiliki ketebalan 2mm dan membentuk sudut 45°, gelagar ini disebut gelagar pelat dobel delta. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kapasitas lentur, nilai beban-deformasi (P-Δ), momen-kelengkungan (M-Ø) dan rasio kapasitas lentur gelagar pelat (Mcr). Hasil penelitian ini diperoleh bahwa kekuatan gelagar pelat dobel delta meningkat sangat signifikan dibandingkan gelagar pelat I, kekuatan gelagar dobel delta meningkat 1,73 kali terhadap gelagar I, nilai tegangn kritis (Fcr) gelagar dobel delta meningkat 1,29 kali terhadap Fcr gelagar I, nilai koefisien tekuk (k) pelat sayap gelagar dobel delta meningkat 1,29 kali dan pelat badan meningkat 0,85 kali terhadap k gelagar I, serta nilai Mn/My gelagar dobel delta meningkat 1,29 kali terhadap Mn/My gelagar I. Dengan menambah bahan material, dapat meningkatkan kekuatan 1,73 kali. Hal ini dapat dipertimbangkan dalam perencanaan sebuah gelagar pelat.

Kata Kunci = Gelagar pelat I dan Dobel Delta, beban-lendutan, tegangan kritis, momen kritis, koefisien tekuk pelat.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gelagar pelat adalah suatu balok yang dibuat dari elemen pelat untuk mendapatkan susunan bahan yang lebih efisien ketimbang yang mungkin diperoleh dari balok tempa. Gelagar pelat dapat berupa konstruksi keling, baut, atau las. Gelagar penampang I terdiri dari dua pelat sayap yang dihubungkan dengan las secara menerus dengan pelat badan. Fungsi pelat sayap yaitu untuk mendukung momen, sedangkan pelat badan untuk mendukung gaya geser. Gelagar pelat penampang I penampangnya tergolong langsing sehingga momen batasnya dibatasi oleh tekuk *(buckling)* yang terjadi sebelum penampangnya leleh. Ragam tekuk yang mungkin terjadi pada gelagar penampang I dapat berupa: (1) tekuk badan *(web local buckling),* (2) tekuk sayap *(flens local buckling)* dan (3) tekuk puntir lateral *(lateral torsional buckling).* Tekuk sayap dipengaruhi oleh rasio kelangsingan pelat sayap ($b/2t_f$), tekuk badan dipengaruhi oleh rasio kelangsingan pelat badan (d/t_w), dan tekuk puntir lateral dipengaruhi oleh rasio panjang bentang antara dua tumpuan lateral jari-jari inersia minimumnya (L_b/r_y).

Pada pelat sayap gelagar I pembebanan hanya ditumpu pada salah satu sisinya, sehingga berpotensi mengalami tekuk, oleh karena itu kelangsingan sayap dibatasi. Guna mencegah tekuk puntir lateral di tempat-tempat tertentu pada

penampang yang tertekan dipasang dukungan lateral. Tekuk lokal dan tekuk puntir yang terjadi pada gelagar pelat penampang I menunjukkan momen batas gelagar I belum maksimal dan masih mungkin ditingkatkan.

Untuk meningkatkan momen batas gelagar pelat penampang I digunakan cara dengan memodifikasi penampang I menjadi penampang dobel delta. Pada gelagar penampang I ditambah pelat-pelat penopang yang menguhubungkan sisi-sisi luar pelat sayap dengan pelat badan. Dengan begitu kekuatan pelat badan dan sayap dapat ditingkatkan serta dapat meningkatkan momen inersia (Ix) dan (Iy), sehingga momen batas dapat ditingkatkan. Dengan penambahan bahan tersebut maka biaya pebuatan akan bertambah. Jika peningkatan kekuatan dapat diwujudkan dengan penambahan bahan tersebut maka penggunaan gelagar pelat dobel delta sebagai komponen struktur alternatif dapat digunakan, sehingga diharapkan memperoleh gelagar yang lebih ekonomis dan efisien.

Momen batas gelagar pelat penampang dobel delta dapat dianalisis berdasarkan teori stabilitas pelat dan kekuatan bahan, namun hingga sekarang belum tersedia formula praktis untuk keperluan ini. Untuk mengetahui kapasitas batas gelagar pelat penampang dobel delta dan rasio kapasitas batas gelagar dobel delta terhadap kapasitas batas gelagar I perlu dilakukan penelitian ekperimental.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian perilaku lentur gelagar pelat penampang dobel delta yaitu:

1. Mendapatkan nilai kekuatan gelagar pelat penampang dobel delta terhadap gelagar pelat penampang I.

2. Mendapatkan nilai kekakuan gelagar pelat penampang dobel delta terhadap gelagar pelat penampang I.
3. Mendapatkan nilai momen kritis (M_{cr}) gelagar pelat penampang dobel delta terhadap gelagar pelat penampang I.
4. Mendapatkan nilai tegangan kritis (F_{cr}) gelagar pelat penampang dobel delta terhadap gelagar pelat penampang I.
5. Mendapatkan koefisien tekuk gelagar pelat penampang dobel delta dan gelagar pelat penampang I.
6. Mendapatkan nilai hubungan momen nominal terhadap momen leleh (M_n/M_y) pada rasio kelangsingan (h/t).

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian eksperimental ini yaitu:

1. Merupakan pengembangan pengetahuan yang telah ada, khususnya tentang momen nominal dan perilaku lentur gelagar pelat penampang dobel delta.
2. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam perencanaan agar lebih ekonomis dan efisien khususnya pada struktur lentur bentang panjang.
3. Menyempurnakan penelitian terdahulu tenteng gelagar pelat I dan dobel delta

1.4 Batasan Masalah

Perilaku kapasitas lentur gelagar pelat mencakup persoalan yang cukup luas dan dipengaruhi oleh banyak faktor, karena itu penelitian ini dibatasi untuk keadaan-keadaan berikut:

1. Gelagar pelat penampang dobel delta dan penampang I prismatis, dukungan sederhana (sendi- rol) dan memikul beban terpusat statis pada sepertiga bentang,
2. Tinggi dan lebar penampang dobel delta sama dengan tinggi dan lebar penampang, dengan rasio tinggi terhadap lebar $(\frac{h}{b}) = 5{,}3$
3. Tebal sayap dan tebal badan penampang dobel delta sama dengan penampang,
4. Gelagar pelat dibuat dari pelat-pelat yang dihubungkan dengan las dan mengabaikan efek tegangan residu akibat pengelasan.

1.5 Keaslian Penelitian

Berdasarkan studi pustaka, penelitian gelagar pelat I dan pelat dobel delta pernah dilaksanakan. Dalam penelitian ini digunakan rasio tinggi terhadap lebar yang berbeda dengan penelitian terdahulu yaitu 5,3. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa penelitian ini asli.

1.6. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dan pengujian sample dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Gelagar Pelat

(Taly, 1998) mengemukakan definisi gelagar pelat, yaitu balok yang penampangnya simetris terhadap bidang badan, mempunyai sayap sama atau tidak sama, berbadan tipis sehingga kekuatannya dibatasi oleh tekuk lentur dan tekuk geser. Hal ini juga dikemukakan oleh *(Bowles, 1985)* gelagar pelat pada pokoknya yaitu bagian konstruksi rangka yang sayapnya berupa batang tepi atas dan batang tepi bawah dan badan yang membentuk suatu konstruksi.

2.2 Bentuk Penampang

Bentuk penampang yang digunakan antara lain:

2.2.1 Bentuk Penampang I

(Taly, 1998) Penampang gelagar pelat yang sederhana adalah penampang I, terdiri dari dua sayap yang relatip tebal dihubungkan menerus dengan pelat badan yang langsing.

2.2.2 Bentuk Penampang Dobel Delta

(Taly, 1998) Penampang gelagar pelat yang lain berupa penampang dobel delta, yaitu merupakan modifikasi dari penampang I dengan cara menambah

batang penopang yang digunakan sebagai penghubung tepi-tepi pelat sayap dengan pelat badan. ***(Salmon dan Johnson, 1996)*** menyatakan gelagar delta memberikan rigiditas lateral yang sempurna untuk bentang-bentang panjang yang tak berpanumpu lateral.

2.3. Tegangan Kritis Pelat

(Tall, 1974) dan ***(Edwin at. All, 1992)*** menyatakan bahwa tegangan kritis elastis elemen pelat dipengaruhi oleh nilai koefisien tekuk pelat (k), modulus elastisitas (E) dan rasio lebar terhadap tebal (b/t). Nilai tegangan kritis yang terjadi berbanding lurus terhadap nilai koefisien tekuk (k) dan modulus elastisitasnya (E), namun berbanding terbalik dengan nilai kuadrat rasio lebar terhadap tebal sayap pelat (b/t). Sehingga semakin lebar pelat sayapnya maka semakin kecil nilai tegangan kritisnya dan berlaku sebaliknya.

2.4. Tekuk Pada Sayap

(S.H Marcus, 1977), mengemukakan bahwa Tekuk pada sayap adalah tekuk yang terjadi akibat beban maksimal yang ditumpu dan pelat tersebut tidak patah, meskipun dilihat bukan suatu masalah besar namun kestabilan gelagar tersebut sudah tidak bisa diandalkan. Ada 2 macam tekuk pada sayap yaitu: tekuk pada sayap yang telah diperkaku dan tekuk pada sayap yang belum diperkaku. Hal ini dikemukakan juga oleh ***(Tall, 1996)*** yaitu tekuk pada sayap dipengaruhi oleh rasio kelangsingan, rasio b/t pada keadan elastis dan rasio b/t terhadap kekuatan tekuk lateral *(post buckling strength)*.

2.5 Tekuk Pada Badan

(Salmon dan Johnson, 1996) berpendapat tekukan badan merupakan sebuah distorsi badan diluar bidang yang diakibatkan oleh gabungan nilai banding d/tw yang besar dan tegangan lentur. Tekukan badan dikontrol baik dengan membatasi nilai banding d/tw maupun dengan dengan membatasi tegangan yang dapat digunakan untuk nilai bading d/tw yang diberikan.

2.6. Tekuk puntir lateral

(S.H Ma-cus, 1977), menyatakan bahwa tekuk puntir lateral terjadi tergantung kekuatan bajanya, dimana sepanjang pertemuan pelat sayap terhadap pelat badan tidak dijepit atau tidak ada penopangnya (*bracing*). Bracing yang dipasang sempurna berguna untuk mencegah tekuk lateral akibat perilaku plastis.

2.7. Kapasitas Lentur Gelagar Pelat

(Salmon dan Johnson, 1996) mengemukakan kekuatan nominal tereduksi (M_n) dipengaruhi oleh fungsi rasio luas badan terhadap terhadap luas sayap (A_w/A_f), rasio tinggi badan terhadap tebal (h/t_w), rasio panjang total terhadap jari-jari girasi (L/r_y) dan rasio lebar sayap terhadap tebal (b/t_f). Pengaruh rasio tinggi terhadap lebar adalah semakin besar lebar yang kita gunakan maka akan semakin kecil rasio yang didapat, begitu juga sebaliknya. Sehingga akan mempengaruhi kapaasitas gelagar tersebut.

2.8. Kelangsingan Batas Elemen Pelat

(Salmon dan Johnson, 1996) mengemukakan bahwa kelangsingan pelat sayap perlu dibatasi agar dapat mencapai tegangan kritis yang nilainya sama dengan tegangan leleh. Kelangsingan pelat badan perlu dibatasi agar pelat tersebut mempunyai kekuatan cukup untuk mencegah tekuk vertikal sayap. Pelenturan gelagar menimbulkan komponen gaya vertikal dan mengakibatkan tekanan pada tepi-tepi badan yang berhubungan dengan sayap.

2.9. Hubungan Beban-deformasi

(Timoshenko dan Kriger, 1988) menyatakan kekakuan suatu struktur sebagai rasio beban deformasi (P/Δ).

2.10. Hubungan Momen-Kelengkungan

(Timoshenko dan Gere, 1961) menyatakan hubungan momen dengan kelengkungan. Kelengkungan struktur berbanding lurus dengan momen, berbanding terbalik dengan modulus elastis bahan dan momen inersia penampang.

Perilaku struktur (karakteristik) balok yang beban tranversal dapat diketaui dapat dikehahui berdasarkan kurva beban-deformasi $(P-\Delta)$ dan kurva momen-kelengkungan $(M-\varphi)$

2.11. Koefisien Pelat Assembling

(N.S Trahair dan M Bradford, 1988) menyatakan bahwa Perakitan pelat girder yang mengalami tekuk local dapat dicek melalui hubungan antara rasio b/d

dengan koefisien tekuk local pada sayap yang terjadi. Dimana b adalah lebar ½ pelat sayap, d adalah tinggi pelat badan, k adalah koefisien tekuk pelat, T adalah tebal pelat sayap, dan t adalah tebal pelat badan. Secara teoritis, semakin besar nilai rasio b/d maka nilai koefisien tekuk local semakin besar sehingga membentuk grafik T/t.

2.12 Aksi Medan Tarik

(Salmon dan Johnson, 1996), menyatakan bahwa aksi medan tarik adalah gaya tarik yang dipikul oleh membran dari badan sedangkan gaya tekan dipikul oleh pengaku. Dikemukakan juga oleh *(L. Spiegel dan Limbrunner, 1991)*, bahwa setelah panel badan yang tipis yang diperkaku tertekuk oleh tegangan geser, panel tersebut masih mampu menahan beban, badan yang tertekuk memikul tarik diagonal dan pengaku mengalami gaya tekan, perilaku ini disebut aksi medan tarik

2.13 Desain Plastis Gelagar Pelat

(L. Spiegel dan Limbrunner, 1991) menyatakan bahwa metode desain plastis memanfaatkan kekuatan cadangan balok baja yang ada setelah tercapai leleh pada beberapa lokasi. Teori plastis menggunakan hubungan tegangan-regangan yang meliputi juga daerah plastis hingga mencapai *strain hardening.*

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Gelagar Pelat.

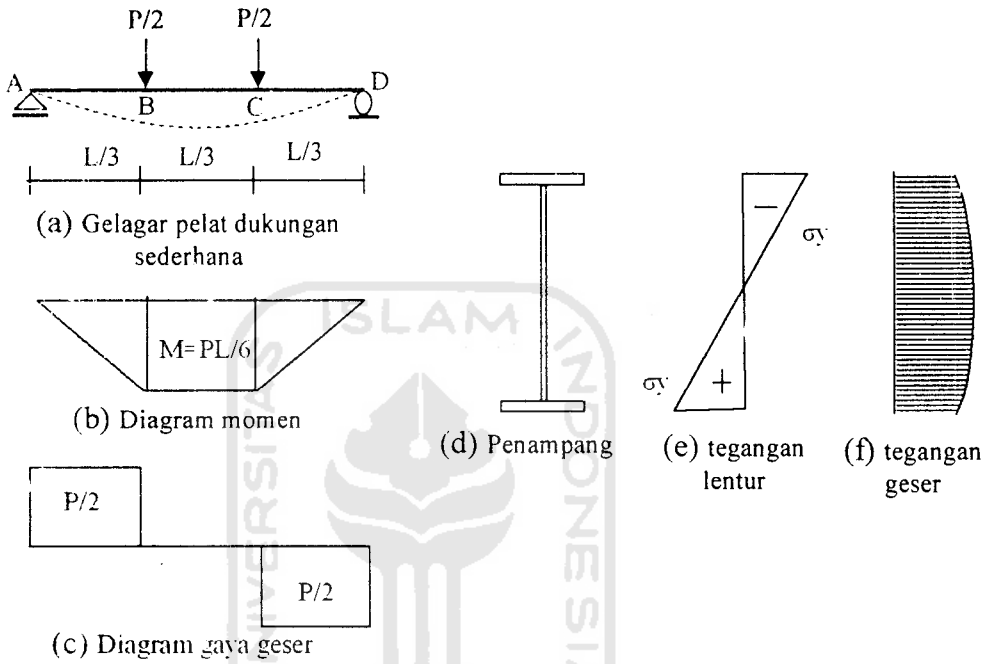
Gelagar pelat merupakan komponen struktural yang memikul momen lentur dan gaya geser. Gelagar pelat didefinisikan sebagai balok yang penampangnya simetris terhadap bidang badan, mempunyai sayap sama atau tidak sama, berbadan tipis sehingga kekuatannya dibatasi oleh tekuk lentur dan tekuk geser.

Pada gelagar pelat penampang I pada pelat sayap diasumsikan sebagai pelat dalam kondisi jepit bebas pada salah satu sisinya dan sisi yang lain bebas. Penambahan pelat penopang pada pelat sayap yang menghubungkan pelat badan bertujuan untuk menambah kekakuan pelat sayap. Hal ini dikarenakan karena pelat sayap diasumsikan pada kondisi jepit-jepit pada sisinya. Selain itu, dengan menambah penopang yang menghubungkan sisi luar sayap dan badan mengakibatkan pengurangan tinggi pada pelat badan, sehingga kondisi badan akan semakin kaku.

3.2 Tegangan Pada Penampang Gelagar Pelat.

Gelagar Pelat dengan tumpuan sederhana yang menerima beban transversal (Gambar 3.1a) akan memikul momen lentur murni dan gaya geser (Gambar 3.1b dan 3.1c). Jika beban P melalui pusat geser *(shear centre)*

penampang dobel delta (Gambar 3.1d) menerima tegangan lentur (Gambar 3.1e) dan tegangan geser (Gambar 3.1f). Dalam keadaan elastis, distribusi tegangan lentur diperlihatkan pada (Gambar 3.1e).



Gambar 3.1. Gelagar Pelat Dengan Beban Transversal

Dari Gambar (3.1) dijelaskan bahwa sebuah balok sederhana yang diberikan beban sebesar $\frac{P}{2}$ pada jarak yang sama dan terletak pada jarak $\frac{1}{3}$ bentang. Pembebanan pada balok mengakibatkan terjadinya gaya geser (bentang AB dan CD) sebesar $\frac{P}{2}$ dan terjadi juga momen lentur murni (bentang BC) sebesar $\frac{1}{6}$ PL. Lentur murni terjadi karena pada bentang tengah tidak terjadi gaya geser. Pada Gambar (3.1d) terlihat bahwa penampang pelat mengalami tegangan,

yaitu tegangan lentur dan tegangan geser pada pelat sayap Gambar (3.1e) dan pelat badannya Gambar (3.1f).

Tegangan yang terjadi pada saat keadaan elastis dapat dihitung dengan persamaan (3.1a dan 3.1b) yang diturunkan oleh *Timoshenko* dan *Gere (1961)* yaitu :

$$\sigma = \pm \frac{M.y}{I} \tag{3.1a}$$

$$\sigma = \frac{M(d/2)}{I} \tag{3.1b}$$

dengan M = momen, y = jarak serat ke sumbu netral dan I = momen inersia.

Distribusi tegangan geser diperlihatkan pada Gambar 3.1f, nilai tegangan geser dapat dihitung dengan persamaan (3.2a) sebagai berikut yaitu :

$$v = \frac{V.Q}{I.b} \tag{3.2a}$$

dengan V = gaya geser, Q = momen statis luasan dan B = lebar penampang.

Bila semua gaya geser dianggap dipikul oleh badan penampang gelagar pelat, maka tegangan geser dapat dihitung rata-rata, dengan persamaan tegangan rata-rata (3.2b) sebagai berikut yaitu :

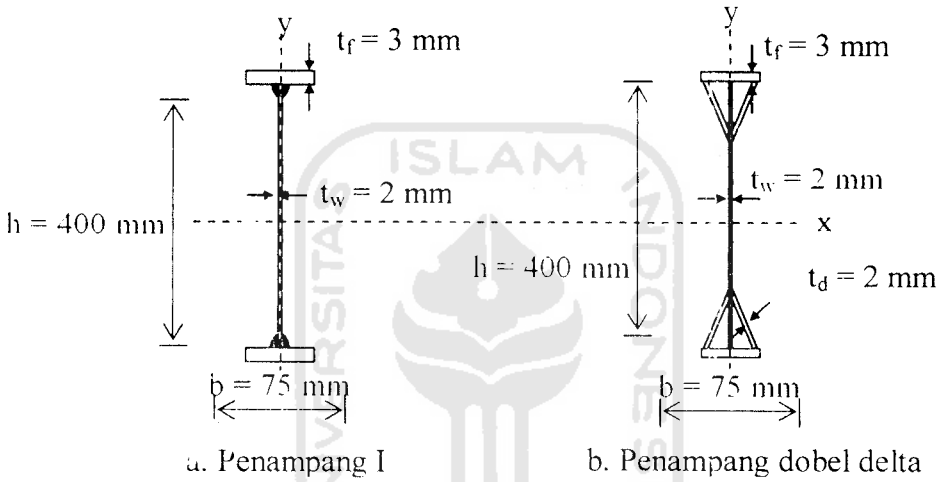
$$v = \frac{V}{d.t_w} \tag{3.2b}$$

dengan V = gaya geser, d = tinggi penampang dan t_w = tebal badan penampang.

3.3 Penampang I dan Dobel Delta.

Penampang I adalah konfigurasi elemen pelat yang terdiri dari 2 pelat sayap dengan ketebalan yang ditentukan, dihubungkan secara menerus dengan

pelat badan yang langsing. Sedangkan penampang dobel delta merupakan hasil modifikasi dari penampang I yang ditambah dengan batang penopang yang menghubungkan tepi – tepi pelat sayap dengan pelat badan. Setip penampang pasti memiliki sumbu simetri. Yaitu sumbu lemah (sumbu Y) dan sumbu kuat (sumbu X), pada penampang I dan penampang dobel delta dapat kita ketahui sumbu simetrinya pada gambar (3.2) di bawah ini, yaitu:



Gambar 3.2 (a) Penampang I dan (b). Penampang Dobel Delta

Apabila kedua penampang tersebut mempunyai tinggi dan lebar sama dan dibuat dari pelat yang tebalnya sama maka dapat kita ketahui pula bahwa momen–momen inersia penampang dobel delta secara teoritis lebih besar dibanding momen inersia penampang I. secara teoritis momen inersia (I_x dan I_y) penampang tersebut dapat dihitung dengan persamaan (3.2) dan persamaan (3.2) yaitu:

Momen inersia terhadap sumbu x, yaitu $$I_x = \int_0^A y^2 dA \qquad (3.3a)$$

Momen inersia terhadap sumbu y, yaitu $$I_y = \int_0^A x^2 dA \qquad (3.3b)$$

Momen inersia sumbu kuat (I_{xI}) dan sumbu lemah (I_{yI}) pada penampang I dengan badan yang langsing dan tersusun dari pelat-pelat segi empat dapat dituliskan pada persamaan sebagai berikut yaitu :

$$I_{xI} = \frac{1}{12} t_w.(h)^3 + \frac{1}{6} b.t_f^{\ 3} + 2.b.t_f.(\frac{h}{2} + \frac{t_f}{2})^2 \qquad (3.3c)$$

$$I_{yI} = \frac{1}{12} h.t_w^{\ 3} + \frac{1}{6} t_f.b^3 \qquad (3.3d)$$

Pada pelat penampang Dobel Delta merupakan modifikasi dari pelat penampang I dengan menambahkan penopang pada sisi luar dan badan yang membentuk sudut 45^0, secara teoritis momen inersia pada penampang Dobel Delta hampir sama dengan penampang I hanya pada penampang dobel delta menambahkan perhitungan pada pelat penopang. Secara umum pada penampang Dobel Delta dapat ditulis pada persamaan sebagai berikut yaitu :

$$I_{xDD} = I_{xI} + \left(\frac{1}{24} t_w.b^3 + 2.t_w.b.(\frac{h}{2} - \frac{b}{4})^2 \right) \qquad (3.4a)$$

$$I_{yDD} = I_{yI} + \frac{1}{6} t_w.b^3 \qquad (3.4b)$$

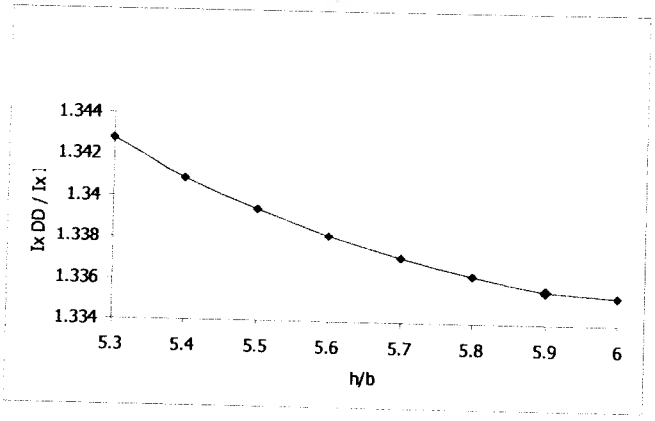
Dari persamaan (3.3c) terhadap (3.4a) dan persamaan (3.3d) terhadap (3.4b) akan didapatkan rasio nilai peningkatan inersia pada penampang Dobel Delta terhadap Penampang I yang dinyatakan dalam bentuk sebagai berikut yaitu :

$$\frac{I_{xDD}}{I_{xI}} = 1 + \left(\frac{\frac{1}{24} t_w.h^3 + 2.t_w.b.(\frac{h}{2} - \frac{b}{4})^2}{\frac{1}{12} t_w.(h)^3 + \frac{1}{6} b.t_f^{\ 3} + 2.b.t_f.(\frac{h}{2} + \frac{t_f}{2})^2} \right) \qquad (3.5a)$$

$$\frac{I_{yDD}}{I_{yI}} = 1 + \left(\frac{\frac{1}{6} t_w b^3}{\frac{1}{12} h t_w^{\ 3} + \frac{1}{6} t_f b^3} \right) \qquad (3.5b)$$

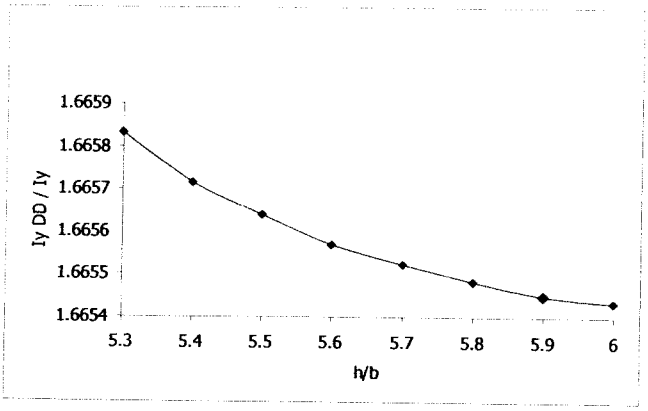
Bila ditetapkan b = 5,3 h dan t_f = 1,5 t_w dengan h = 400mm dan t_f = 3mm rasio momen inersia penampang dobel delta terhadap momen inersia penampang I untuk Inersia sumbu x $\left(\frac{I_{xDD}}{I_{xI}} \right)$ adalah 1,34 dan untuk Inersia sumbu y $\left(\frac{I_{yDD}}{I_{yI}} \right)$ adalah 1,6658. Sedangkan Rasio luas penampang I terhadap penampang Dobel Delta adalah $\left(\frac{A_d}{A_i} \right)$ adalah 1,34. Dan untuk rasio Radius Girasi untuk Inersia sumbu x penampang I terhadap penampang Dobel Delta adalah $\left(\frac{r_{xDD}}{r_{xI}} \right)$ adalah 1,001 dan untuk untuk Inersia sumbu y adalah $\left(\frac{r_{yDD}}{r_{yI}} \right)$ adalah 1,115.

Penambahan pelat penopang pada pelat badan dan sisi pelat sayap secara teoritis akan meningkatkan momen inersia sumbu lemah dan sumbu kuat. Rasio momen inersia (I_x) gelagar pelat dobel delta terhadap pelat I pada berbagai nilai h/b dapat dilihat pada gambar 3.3a berikut ini:



Gambar 3.3a Grafik Perbandingan Rasio momen inersia x (I_x) gelagar pelat dobel delta terhadap pelat I pada berbagai nilai h/b.

Rasio momen inersia (I_y) gelagar pelat dobel delta terhadap pelat I pada berbagai nilai h/b dapat dilihat pada gambar 3.3b berikut ini:



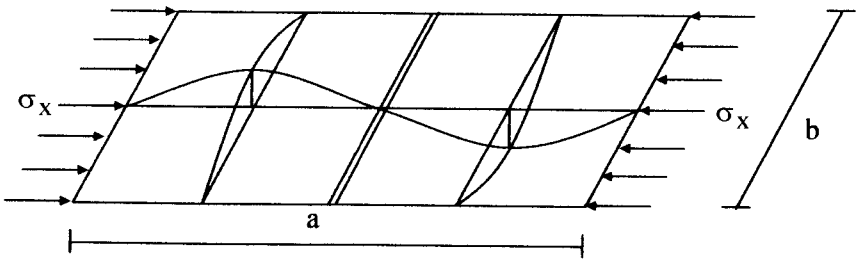
Gambar 3.3b Grafik Perbandingan Rasio momen inersia y (I_y) gelagar pelat dobel delta terhadap pelat I pada berbagai nilai h/b.

3.4 Tegangan Kritis Pelat.

Tegangan kritis pelat adalah tegangan yang mengakibatkan pelat menjadi tidak stabil, tegangan ini membatasi kapasitas momen (momen batas) pada gelagar penampang I dan penampang Dobel Delta. Faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya tegangan kritis antara lain sebagai berikut yaitu : aspek rasio, kondisi tegangan, dan jenis tegangan.

3.5 Tekuk Elastis Pelat Akibat Tekan.

Elemen pelat yang menerima tegangan tekan berpotensi mengalami tekuk. Keseimbangan pelat *isotropic* yang ditumpu sederhana pada keempat sisinya Gambar(3.4).



Gambar 3.4. Pelat Memikul Tekanan Merata

Keseimbangan pelat ini telah dinyatakan dengan persamaan (3.6a) yaitu:

$$D\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^4}+2\frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2}+\frac{\partial^4 w}{\partial y^4}\right)=q \qquad (3.6a)$$

Bila pelat diasumsikan memiliki kelangsingan dan dikonfigurasikan dengan beban normal (q) maka keadaan batas stabilitas menjadi :

$$q=-Nx\frac{\delta^4 \omega}{\delta x^2} \qquad (3.6b)$$

Bila persamaan (3.6a) disubstitusikan dengan persamaan (3.6b), maka didapatkan persamaan sebagai berikut yaitu :

$$\left(\frac{\partial^4 w}{\partial x^4}+2\frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2}+\frac{\partial^4 w}{\partial y^4}\right)=-\frac{Nx}{D}\frac{\delta^2 \omega}{\delta x^2} \qquad (3.7)$$

Dengan $D = Et^2/12(1-\mu^2)$ menunjukan kekuatan lentur pelat, E menunjukan modulus elastisitas bahan, dan μ menunjukan nilai banding *poison* dan $Nx=\frac{D\pi^2}{b^2}\left(\frac{1}{m}\frac{a}{b}+m\frac{b}{a}\right)^2$. Persamaan (3.7) disederhanakan lagi berdasarkan penelitian oleh (*Salmon* dan *Johnson*, 1996) sehingga didapatkan tegangan kritis, yaitu dapat dilihat pada persamaan (3.8a) berikut ini :

$$F_{cr}=\frac{k.\pi^2.E}{12(1-\mu^2)(b/t)^2} \qquad (3.8a)$$

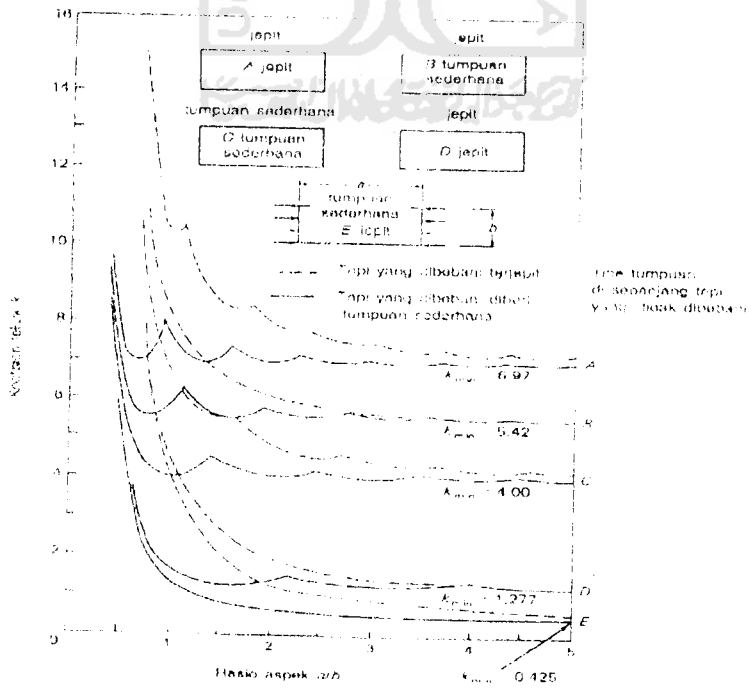
Dengan k = koefisien tekuk pelat yang bergantung pada kondisi tumpuan pelat, jenis tegangan, dan aspek rasio.

Dari persamaan diatas tampak bahwa tegangan kritis berbanding terbalik dengan kuadrat kelangsingan, sehingga semakin besar kelangsingan pelat badan dan sayap maka semakin kecil tegangan kritisnya begitu pula sebaliknya.

Koefisien tekuk pelat yang ditumpu keempat sisinya dan memikul beban merata dapat diselesaikan dengan persaman sebagai berikut yaitu :

$$k = \left(\frac{1}{m}\frac{a}{b} + m\frac{b}{a} \right) \qquad (3.8b)$$

Dengan m = jumlah gelombang sinus pada arah gaya, (a/b) = rasio panjang terhadap lebar pelat. Bila koefisien tekuk pada pelat yang memikul beban merata dengan kondisi tepi atau kondisi tumpuan yang bervariasi dapat dilihat pada penjelasan Gambar (3.5) yaitu :



Gambar 3.5. Koefisien tekuk pelat dengan kondisi tumpuan bervariasi

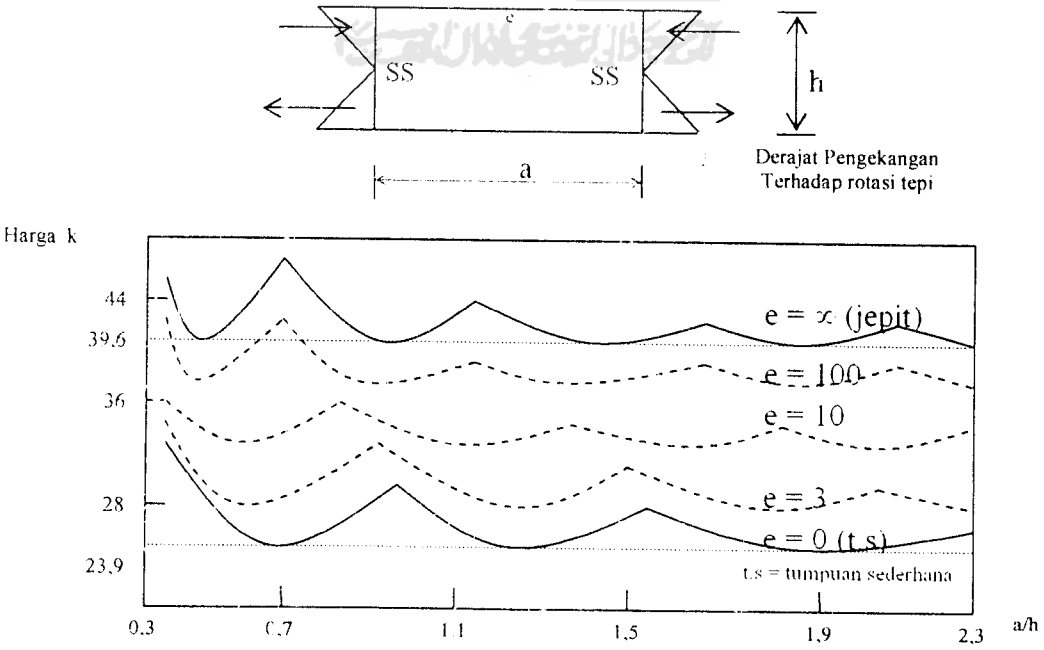
Pada Gambar (3.5) menunjukan pelat berpenampang I dimana elemen pelat sayap hanya ditumpu pada salah satu sisinya dan diasumsikan bertumpu pada sendi maka nilai kekakuannya (k) = 0.425, sedangkan pada penampang

Dobel Delta kedua sisi elemen sayap baik sisi luar dan sisi dalam elemen sayap ditumpu oleh pelat dengan mengasumsikan gelagar memiliki tumpuan sederhana maka nilai k = 4. hal ini dinyatakan oleh *Timoshenko* dan *Gere* (1961).

3.6 Tekuk Elastis Akibat Lentur Murni.

Gelagar pelat biasanya direncanakan memiliki penampang yang langsing, baik pada elemen sayap dan elemen badan pelat. Karena elemen badan gelagar memiliki rasio (h/tw) kemungkinan tekuk terjadi akibat lentur pada bidang badan.

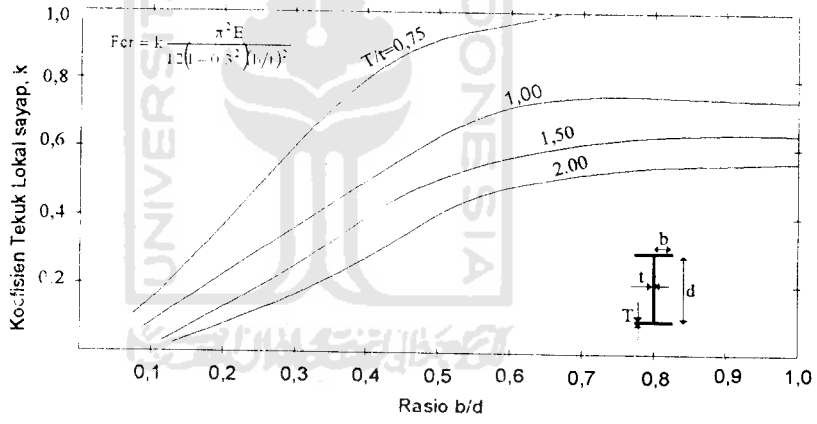
Pengembangan nilai koefisien tekuk badan akibat lentur murni oleh *Timoshenko* dan *Gere* (1961) dijelaskan pada Gambar (3.6a) sebagai berikut yaitu:



Gambar 3.6a Koefisien Tekuk Pelat Dalam Lentur Murni

Pada Gambar (3.6a) dijelaskan bahwa bila mengambil nilai (a/h) dengan rasio sembarang, dan pada pelat badan diasumsikan pelat ditumpu pada balok sederhana maka nilai derajat pengekangan pelat badan adalah 23,9. Bila tumpuan pelat badan diasumsikan jepit sempurna maka nilai derajat pengekangan adalah 39,6.

Tekuk lokal pada elemen plat dapat menyebabkan kegagalan dini *(premature collapse)* pada keseluruhan penampang. Pada Gambar 3.6b menunjukkan nilai koefisien tekuk lokal pada pelat tipis bentuk penampang I pada kondisi lentur.



Gambar 3.6b Koefisien tekuk lokal untuk batang lentur penampang I
(N.S Tharair dan M Bradford)

Pada Gambar 3.6b dapat dilihat nilai koefisien tekuk lokal pada pelat tipis penampang I. Nilai koefisien tekuk pada pelat dipengaruhi oleh rasio lebar sayap terhadap tinggi badan (b/d) dan tebal sayap terhadap tebal badan (T/t). Dari gambar diatas dapat dijelaskan bahwa untuk mendapatkan nilai koefisien tekuk yang besar diperlukan lebar sayap yang semakin panjang dan tebal sayap yang semakin besar sehingga akan tercapai nilai koefisien tekuk yang besar.

3.7 Tekuk Elastis Akibat Geser.

Tegangan kritis elastis pelat-pelat yang menerima tegangan geser dinyatakan pada persamaan ebagai berikut yaitu :

$$F_{cr} = \frac{k.\pi^2 E}{12(1-\mu^2)\left(\frac{b}{t}\right)^2} \tag{3.9}$$

Dengan b = sisi pendek pelat. Koefisien tekuk pelat yang memikul geser bergantung kepada (a/h), dimana (a/h) merupakan rasio jarak bentang terhadap lebar, yang dinyatakan pada persamaan sebagai berikut yaitu :

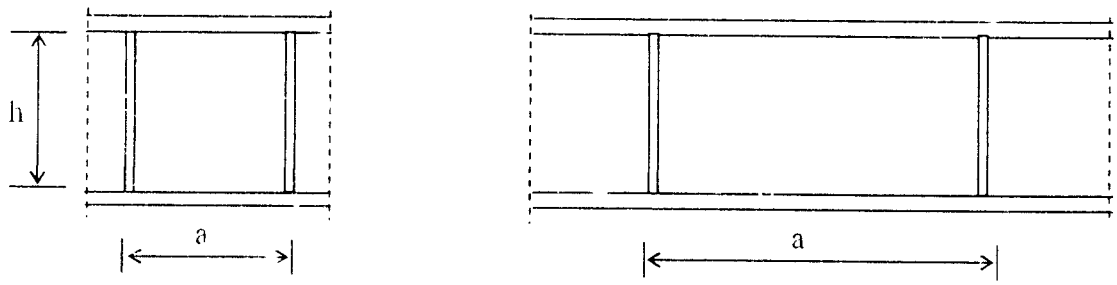
Nilai k untuk kasus (a/h) ≤ 1 Gambar (3.6a) adalah

$$k = 4 + \frac{5{,}34}{(a/h)^2} \tag{3.10a}$$

Nilai k pada kasus a / h ≥ 1 (Gambar 3.6b) adalah

$$k = \frac{4}{(a/h)^2} + 5{,}34 \tag{3.10b}$$

Agar persamaan (3.10a) dan persamaan (3.10b) dapat dipahami maka dapat dijelaskan pada Gambar (3.6) sebagai berikut yaitu :



(a) a/h < 1 (b) a/h > 1

Gambar 3.7. Pelat Memikul Tegangan Geser

3.8 Rasio Kelangsingan Batas Pelat Sayap.

Rasio kelangsingan pelat sayap penampang I harus dibatasi dengan tujuan dari tegangan sayap tekan dapat mencapai leleh. Rasio kelangsingan pelat sayap dapat ditentukan dengan menyamakan persamaan (3.11) dengan tegangan leleh, menjadi :

$$F_{cr} = \frac{k.\pi^2.E}{12(1-\mu^2)(b/t)^2} \leq F_y \qquad (3.11)$$

Masing-masing ruas persamaan (3.12) dibagi tegangan leleh, maka akan didapat persamaan menjadi :

$$\frac{F_{cr}}{F_y} = \frac{k.\pi^2.E}{12(1-\mu^2)(b/t)^2 F_y} \qquad (3.12)$$

Parameter kelangsingan dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut yaitu :

$$\lambda^2 = \frac{F_y}{F_{cr}} \qquad (3.13)$$

Bila persamaan (3.12) disubstitusikan kedalam persamaan (3.13) maka akan didapat persamaan baru yang menunjukan rasio kelangsingan batas pelat sayap yaitu :

$$\frac{b}{t} = \sqrt{\frac{\lambda.k\pi^2 E}{12(1-\mu^2)F_y}} \qquad (3.14)$$

Agar diperoleh kepastian pelat sayap mencapai tegangan leleh digunakan parameter kelangsingan berdasarkan hasil penelitian, λ_c = 0,7 untuk lebih jelas perhatikan Gambar 3.8 *(Ostapenko, 1974)* berikut ini:

yang menyatakan kelangsingan batas pelat badan dengan menggunakan satuan Mpa, yaitu :

$$\frac{h}{t_w} = \frac{96500}{\sqrt{F_{yf}(F_{yf}+114)}} \tag{3.16}$$

Kelangsingan pelat badan yang diberi pengaku boleh melebihi (h/t_w) yang didapat dari persamaan (3.16) dan boleh digunakan hingga (h/t_w) mencapai persamaan (3.17) dengan menggunakan satuan Mpa, yaitu:

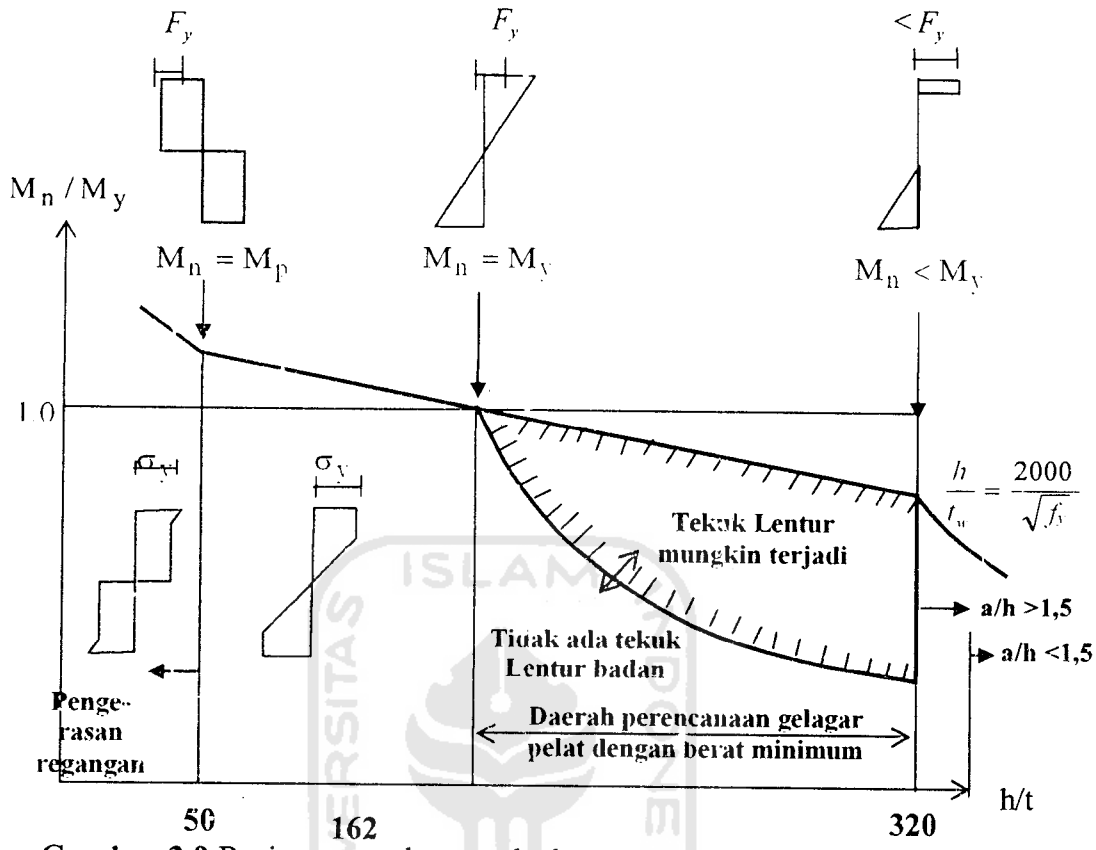
$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{5250}{\sqrt{F_{yf}}} \tag{3.17}$$

3.10 Momen Batas Gelagar Pelat.

Momen batas gelagar pelat oleh *Salmon* dan *Johnson* (1990) dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut yaitu :

$$M_{cr} = f\left(\frac{h}{t_w}, \frac{b}{t_f}, \frac{A_w}{A_f}, \frac{L_b}{r_r}\right) \tag{3.18}$$

Dengan (h/t_w) = kelangsingan pelat badan, (b/t_f) = kelangsingan pelat sayap, (A_w/A_f) = rasio luas badan terhadap luas sayap dan (L_b/r_y) = rasio jarak bentang terhadap jari-jari inersia minimum. Bila tekuk sayap dan tekuk puntir lateral dapat dicegah, maka momen batas gelagar pelat merupakan fungsi dari persamaan (h/t_w) dan persamaan (A_w/A_f). Momen batas gelagar pelat penampang I fungsi (h/t_w) ditunjukan pada Gambar 3.9. daerah perencanaan gelagar pelat yang efisien yaitu antara $162<h/t<320$.



Gambar 3.9 Rasio momen batas terhadap momen leleh versus kelangsingan

3.11 Kapasitas Geser

Untuk menentukan kapasitas geser gelagar pelat digunakan rasio tegangan geser kritis terhadap tegangan geser leleh Persamaan (3.19a), yaitu:

$$C_v = \frac{\tau_{cr}}{\tau_y} \qquad (3.19a)$$

dengan τ_y = tegangan leleh geser. Dalam keadaan badan gelagar mengalami tekuk geser elastis nilai C_v menjadi

$$F_{cr} = \frac{k.\pi^2.E}{12(1-\mu^2)(h/t)^2} \qquad (3.19a)$$

$$\tau_y = 0{,}6F_y \qquad (3.19a)$$

$$F_{cr} = \frac{k.\pi^2.E}{12(1-\mu^2)(h/t)^2 0{,}6F_y} \tag{3.19a}$$

$$C_v = \frac{303000k}{(h/t_w)^2 F_y} \tag{3.20}$$

Pada keadaan badan gelagar mengalami tekuk geser tidak elastis nilai C_v adalah

$$C_v = \frac{491}{(h/t_w)^2}\sqrt{\frac{k}{F_y}} \tag{3.21}$$

Kuat tekuk pelat badan dengan menyertakan kuat pelat pasca tekuk adalah jumlah kuat tekuk kritis V_{ci} ditambah kuat geser pasca tekuk (V_{if}), jadi

$$V_n = V_{cr} + V_{if} \tag{3.22}$$

Jumlah kuat tekuk kritis (V_{cr}) dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut yaitu

$$V_{cr} = F_y.h.t.C_v \tag{3.26}$$

kekuatan geser V_{tf} akibat aksi medan tarik pada pelat badan menimbulkan jalur gaya tarik yang terjadi setelah badan tertekuk akibat tekanan diagonal. Keseimbangan dipertahankan dengan pemindahan tegangan pengaku vertikal. Bila beban diperbesar maka sudut tarik berubah untuk mengakomodasi daya pikul terbesar. Jumlah kuat geser dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut yaitu :

$$V_{tf} = F_t \frac{ht}{2}\left[\frac{1}{\sqrt{1+(a/h)^2}}\right] \tag{3.27}$$

3.12 Momen Batas Berdasarkan Tekuk Lokal.

Momen batas gelagar penampang I berdasarkan kondisi tekuk lokal merupakan momen maksimum yang dipikul gelagar pelat akibat pelat sayap atau

pelat badan yang tertekuk. Momen gelagar penampang I adlah momen batas pelat sayap ditambah momen batas pelat badan, dinyatakan dengan persamaan :

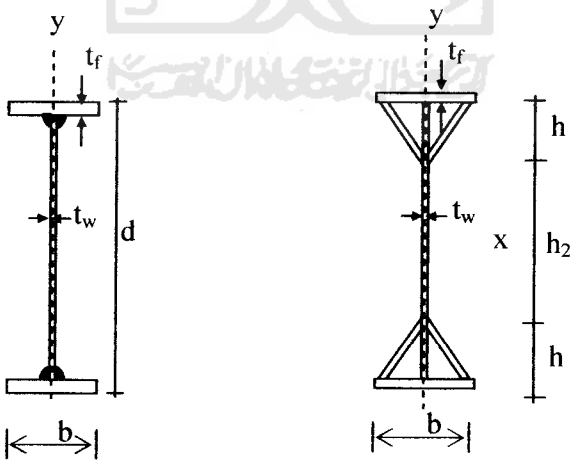
$$M_{crI} = b.t_f.F_{crf}.(h+t_f) + \frac{1}{4}t_w.h^2.F_{crw} \tag{3.23}$$

Momen batas gelagar pelat dobel delta berdasarkan kondisi batas tekuk lokal adalah jumlah momen batas pelat sayap, pelat badan dan ditambah pelat-pelat penopang, dihitung dengan persamaan (3.24), yaitu:

$$M_{crDD}=t_f.b(d-t_f)F_{cr1}+2t_w\sqrt{\left(\frac{b}{2}\right)^2+\left(\frac{b}{2}\right)^2}.(h-\left(\frac{b}{2}\right)).F_{cr2}+(\frac{b}{2}t_w)F_{cr3}(h-h_1)+\frac{1}{4}t_w(h_2)^2F_{cr4} \tag{3.24}$$

Rasio momen batas gelagar dobel delta terhadap momen batas gelagar I berdasrkan kondisi batas tekuk lokal ditunjukkan pada persamaan (3.25) yaitu:

$$\frac{M_{crDD}}{M_{crI}} = \frac{t_f.b(d-t_f)F_{cr1}+2t_w\sqrt{\left(\frac{b}{2}\right)^2+\left(\frac{b}{2}\right)^2}.(h-\left(\frac{b}{2}\right)).F_{cr2}+(\frac{b}{2}t_w)F_{cr3}(h-h_1)+\frac{1}{4}t_w(h_2)^2F_{cr4}}{bt_f(h+t_f)F_{crf}+\frac{1}{4}t_w(h)^2F_{crw}} \tag{3.25}$$

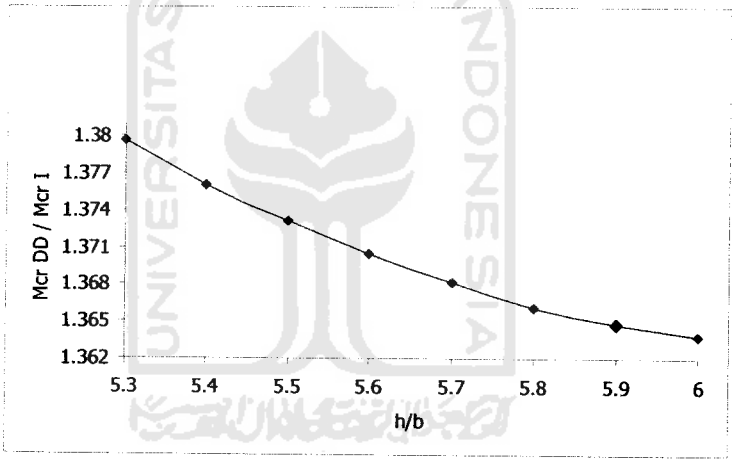


Penampang I Penampang dobel

Gambar 3. 10. Bentuk dan ukuran Penampang I dan Penampang Dobel Delta

Dari gambar 3.10 dapat kita ketahui lebih detail ada sedikit perbedaan kedua penampang. Gelagar pelat dobel delta merupakan modifikasi dari penampang I yaitu dengan menambah penopang yang menghubungkan tepi pelat sayap dengan pelat badannya dengan membentuk sudut 45° dan memiliki 1/3 bentang (1/3 d) namun dari keduanya memiliki lebar (b) dan tinggi (d) yang sama.

Bila dipakai nilai (h/b) divariasikan berdasarkan persamaan (3.25) maka akan didapatkan grafik perbandingan momen batas berdasarkan tekuk lokal dengan tinggi tetap (h) dan lebar (b) bervariasi yaitu dijelaskan pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11 Grafik perbandingan momen batas pelat penampang I dan Dobel Delta berdasarkan tekuk lokal dengan nilai h/b yang bervariasi

3.13 Momen Batas Berdasarkan Tekuk Puntir.

Momen batas gelagar pelat berdasarkan tekuk puntir lateral merupakan fungsi dari momen inersia sumbu lemah, panjang bentang antar dukungan lateral (L_b), Konstanta puntir / koefisien warping (C_w), Modulus Geser (G), dan momen

inersia polar (J), dinyatakan oleh *Timoshenko* dan *Gere* (1961) dinyatakan dengan persamaan :

$$M_{cr} = \frac{\pi}{L}\sqrt{\left(\frac{\pi E}{L}\right)^2 C_w I_y + E.I_y.GJ} \tag{3.26}$$

Dengan C_w = koefisien puntir, G = modulus geser, L_b = panjang bentang antara dukungan lateral, I_y = momen inersia sumbu y atau momen inersia sumbu lemah, E = modulus elastisitas bahan, dan J = Konstanta puntir. Persamaan (3.26) dapat digunakan untuk menghitung momen batas gelagar penampang I dan penampang dobel delta.

Konstanta punter gelagar pelat penampang I dinyatakan dengan C_w nilainya didekati dengan persamaan (3.27a)

$$C_w = I_f \frac{h^2}{4} \tag{3.27a}$$

Nilai C_w untuk gelagar pelat penampang I dan dobel delta berturut-turut dinyatakan dengan C_{wi} dan C_{wd}.

Nilai C_w untuk penampang I dinyatakan dengan persamaan (3.27b)

$$C_{wI} = \frac{1}{12} t_f (b^3)\left(\frac{h^2}{4}\right) \tag{3.27b}$$

Nilai C_w penampang dobel delta pada prinsipnya sama dengan penampang I hanya menambahkan pada penopang, persamaan dapat didekati dengan persamaan (3.27c).

$$C_{wDD} = \frac{1}{12} t_f (b^3)\left(\frac{h^2}{4}\right) + \frac{1}{6} t_w \left(\frac{b}{2}\right)\left(\frac{h}{2} - \frac{b}{4}\right)^2 \tag{3.27c}$$

Momen inersia polar J dihitung dengan persamaan 3.28a (*Salmon* dan *Johnson*, 1990), yaitu:

$$J = \sum \frac{1}{3} b_t^3 \tag{3.28a}$$

Nilai J penampang I dihitung dengan persamaan

$$J_I = \frac{1}{3} d.t_w^3 + 2\frac{1}{3} b.t_f^3 \tag{3.28b}$$

Nilai J penampang dobel delta dihitung dengan persamaan

$$J_{DD} = \frac{1}{3} d.t_w^3 + 2\frac{1}{3} b.t_f^3 + 4.(0{,}7b)t_w^3 \tag{3.28c}$$

Nilai modulus geser (G) pada penampang I dan penampang Dobel Delta secara prinsip sama. dapat didekati dengan persamaan sebagai berikut yaitu,

$$G = \frac{E}{2(1+\mu)} \tag{3.29}$$

Dengan nilai μ = nilai poisson ratio (0,3), E = modulus elastisitas bahan ($2{,}1 \times 10^5$)

Rasio momen batas gelagar pelat penampang dobel delta terhadap penampang I dinyatakan dengan persamaan (3.30):

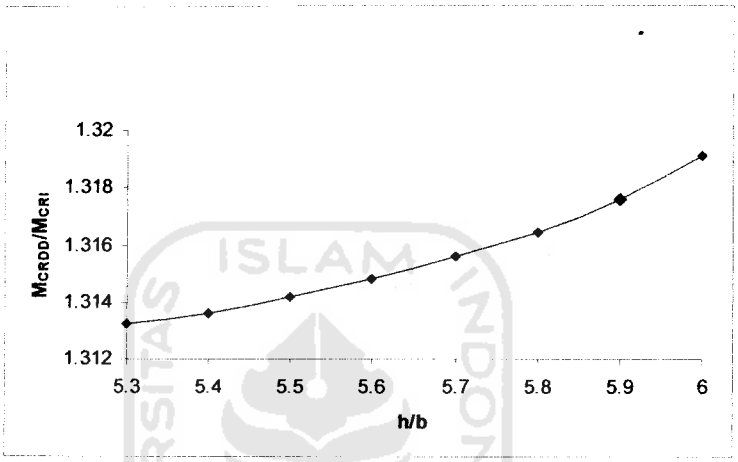
$$\frac{M_{crDD}}{M_{crI}} = \frac{\sqrt{\left(\frac{\pi E}{L_b}\right)^2 C_{wDD} I_{yDD} + EI_{yDD} GJ_{DD}}}{\sqrt{\left(\frac{\pi E}{L_b}\right)^2 C_{wI} I_{yI} + EI_{yI} GJ_I}} \tag{3.30}$$

Dengan nilai : Lb = Panjang bentang penopang lateral (1550 mm), nilai h = 5 b dan $t_f = 1{,}5\ t_w$

Maka momen batas yang didapat berdasarkan tekuk puntir penampang dobel delta terhadap penampang I adalah:

$$\frac{M_{crd}}{M_{cri}} \approx 1.31$$

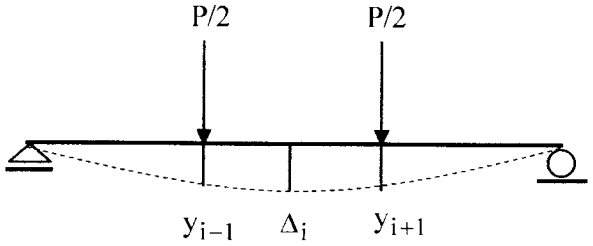
Bila dipakai nilai (h/b) divariasikan berdasarkan persamaan (3.30) maka akan didapatkan grafik perbandingan momen batas berdasarkan tekuk puntir dengan tinggi tetap (h) dan lebar (b) bervariasi yaitu dijelaskan pada Gambar 3.12 .



Gambar 3.12 Grafik perbandingan momen batas pelat penampang I dan Dobel Delta berdasarkan tekuk puntir dengan nilai h/b yang bervariasi

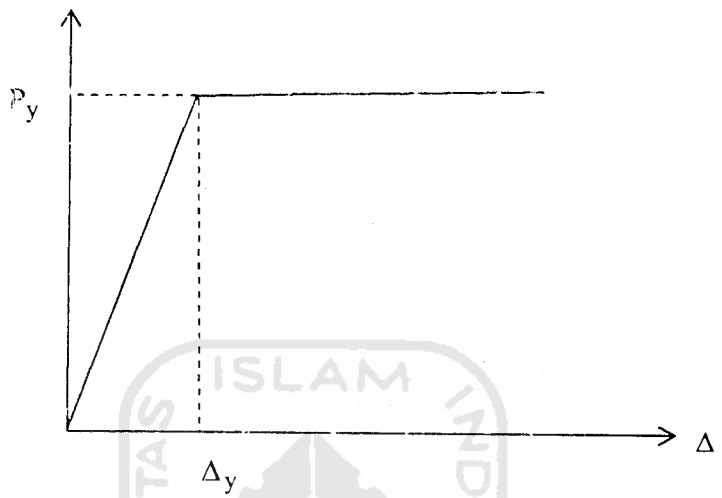
3.14 Karakteristik Gelagar Pelat.

Beban transversal P pada gelagar pelat Gambar (3.13). meimbulkan momen dan gaya geser, lendutan dan pelenturan. Karakteristik gelagar pelat dapat diketahui dari kurva beban-lendutan ($P-\Delta$ hasil) dan kurva momen kelengkungan ($M-\varphi$) hasil eksperimen.



Gambar 3.13. Gelagar pelat dengan beban terpusat P

Jika beban P dikerjakan bertahap hingga balok runtuh dan pada setiap tahap pembenanan lendutan maksimumnya diukur didapat kurva beban-lendutan. Contoh kurva beban lendutan ditunjukkan pada Gambar 3.14.



Gambar 3.14. Contoh kurva beban-deformasi

Kekakuan gelagar yang masih elastis dihitung dengan Persamaan

$$k = \frac{P_y}{\Delta_y} \qquad (3.31).$$

Kelengkungan balok dapat ditentukan berdasarkan pendekatan metode *Central difference* dengan bantuan lendutan di tiga penampang yang berurutan yang jaraknya sama. Mengamati Gambar (3.14) dapat diperoleh $\frac{dy}{dx}$ didekati dengan Persamaan (3.32), yaitu :

$$\frac{dy}{dx} = \frac{y_{i+1} - y_{i-1}}{2\Delta x} \qquad (3.32)$$

Turunan dari persamaan (3.32) ditunjukan pada persamaan sebagai berikut :

$$\varphi = \frac{d^2y}{dx^2} = \frac{(2\Delta x)\frac{d}{dx}(y_{i+1} - y_{i-1}) - (y_{i+1} + y_{i-1})\frac{dy}{dx}(2\Delta x)}{(2\Delta x)^2} \qquad (3.33)$$

Jika(2Δx) adalah konstanta, maka :

$$\frac{d}{dx}(2\Delta x) = 0 \tag{3.34}$$

Substitusi persamaan (3.33) dan persamaan (3.34) maka diperoleh persamaan sebagai berikut yaitu

$$\varphi = \frac{d^2y}{dx^2} = \frac{(2\Delta x)\dfrac{d}{dx}(y_{i+1} - y_{i-1})}{(2\Delta x)^2} \tag{3.35}$$

$$\varphi = \frac{d^2y}{dx^2} = \frac{y_{i+2} - 2y_i + y_{i-2}}{(2\Delta x)^2} \tag{3.36}$$

Sehingga persamaan (3.36) disederhanakan menjadi persamaan :

$$\varphi = \frac{d^2y}{dx^2} = \frac{y_{i+1} - 2y_i + y_{i-1}}{(\Delta x)^2} \tag{3.37}$$

Persamaan merupakan pendekatan kelengkungan, dimana kelengkungan ($d_2\frac{y}{dx}$) pada suatu titik dapat diukur dengan lendutan yang terjadi pada tiga titik yang berurutan (yi-1;yi;yi+1) yang masing-masing berjarak sama (Δ_x) maka :

Momen yang bekerja pada balok mengakibatkan balok melengkung, dalam keadaan gelagar masih elastis hubungan- momen kelengkungan dan faktor kekakuan (EI) menurut ***Timoshenko dan Gere*** *(1961)* adalah

$$\frac{d_y^2}{dx^2} = \frac{M}{EI} \tag{3.38}$$

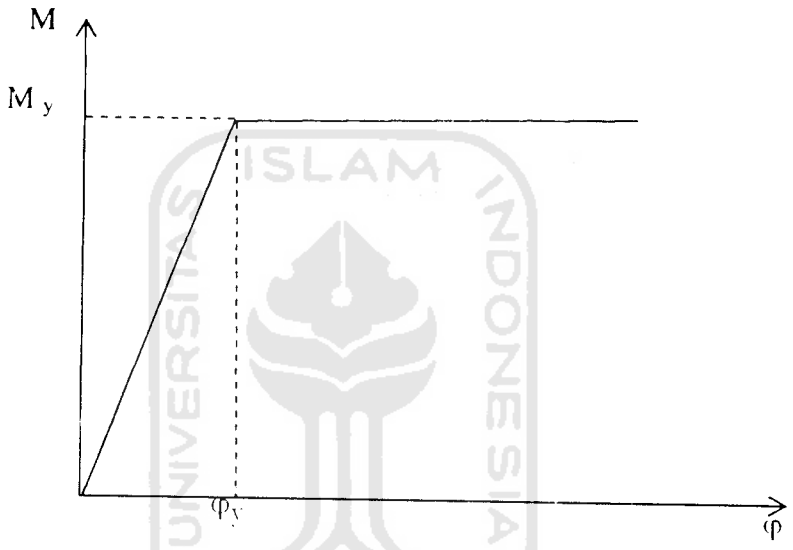
mengacu pada Gambar (3.13) didapatkan momen :

$$M = \frac{1}{6}PL \tag{3.39}$$

Kelengkungan hasil eksperimen dapat dihitung dengan persamaan sebagai erikut yaitu :

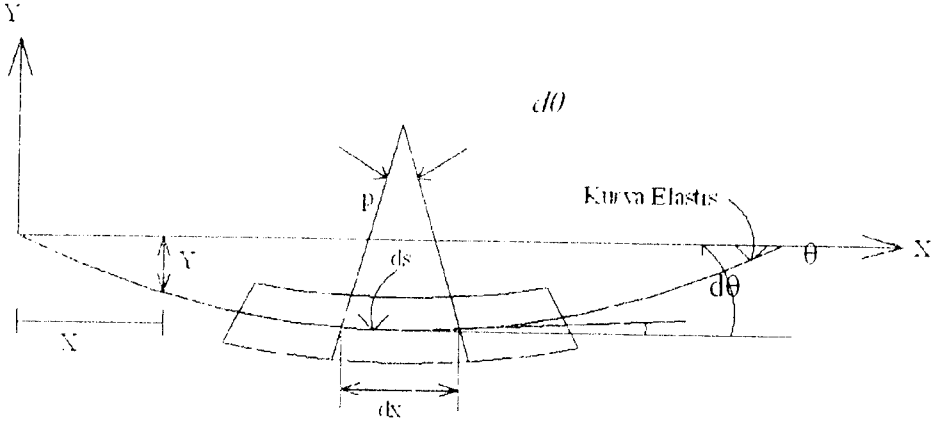
$$\phi = \frac{\varepsilon}{h/2} \tag{3.40}$$

Dimana ε = regangan dan h = tinggi pelat badan. Sehingga dengan menggunakan persamaan diatas didapatkan kurva momen kelengkungan sebagai berikut yaitu :



Gambar 3.15 Kurva Momen Kelengkungan

3.15 Lendutan Gelagar Pelat



Gambar 3.16 Kurva Elastis

Gambar (3.16) menunjukan permukaan netral balok yang melendut atau disebut dengan kurva elastis balok dimana ditetapkan lendutan tegak y dari setiap titik dengan terminologi koordinat x. Bila ditinjau variasi θ dalam panjang diferensial ds yang disebabkan lenturan balok maka :

$$ds = pd\theta \tag{3.41}$$

Dimana ρ adalah jari-jari kurva sepanjang *ds*, karena kurva elastis datar maka didekatkan dengan *dx*, maka :

$$\frac{1}{\rho} = \frac{d^2y}{dx^2} \tag{3.42}$$

dengan mengambil rumus lentur maka akan diperoleh hubungan : :

$$\frac{1}{p} = \frac{M}{EI} \tag{3.43}$$

Dengan ρ didekati dengan persamaan :

$$\rho = \left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}} \tag{3.44}$$

Persamaan (3.44) disubstitusikan dengan persamaan (3.43) maka akan didapatkan persamaan :

$$\frac{\frac{d^2y}{dx^2}}{\left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}} = \frac{M}{EI} \tag{3.45}$$

Karena nilai *dy/dx* sangat kecil, maka dapat dianggap diabaikan, maka :

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{M}{EI} \tag{3.46}$$

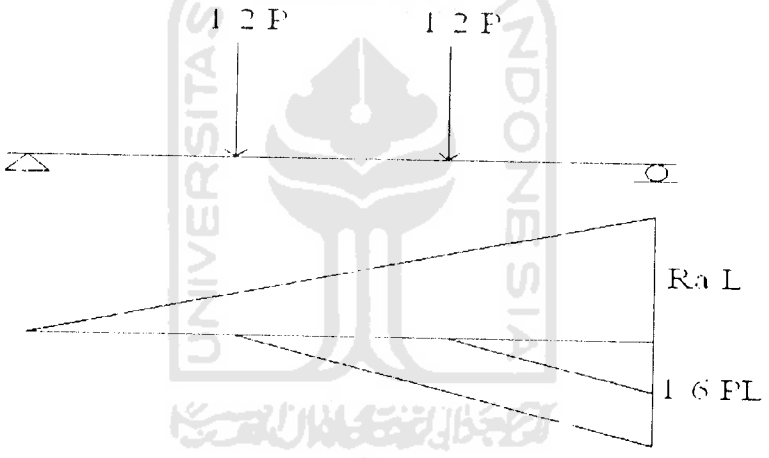
Bila Persamaan (3.46) diintegrasikan dengan *EI* konstan maka :

$$EI\frac{dy}{dx} = \int Mdx + C_1 \tag{3.47}$$

Bila persamaan (3.47) diintegrasikan maka :

$$EI\frac{dy}{dx} = \int Mdxdx + C_1x + C_2 \tag{3.48}$$

Bila sebuah balok diberikan pembebanan pada $\frac{1}{3}$ bentang dengan beban statik sebesar $\frac{1}{2}$P, maka didapatkan momen pada tengah bentang. Untuk lebih jelas lihat Gambar 3.17.



Gambar 3.17 Aksi Momen Akibat Beban Terpusat

Berdasarkan Gambar 3.17 didapatkan penurunan lendutan berdasarkan metode luas bidang momen yaitu :

$$\Delta t = (\frac{P}{2}\frac{L^2}{2})(\frac{L}{3}) - (\frac{P}{2}\frac{4L^2}{18})(\frac{2L}{9}) - (\frac{P}{2}\frac{L^2}{18})(\frac{L}{9}) \tag{3.49}$$

Bila persamaan (3.49) disederhanakan maka :

$$\Delta t = (\frac{PL^3}{12}) - (\frac{8PL^3}{324}) - (\frac{PL^3}{324}) \tag{3.50}$$

Bila persamaan (3.50) disederhanakan dan diambil jarak setengah bentang maka :

$$\Delta t = (\frac{18PL^3}{648}) \tag{3.51}$$

Lendutan pada setengah bentang dapat diturunkan dengan persamaan :

$$\Delta t = (\frac{PL^3}{96}) - (\frac{PL^3}{2592}) \tag{3.52}$$

Bila persamaan (3.52) disederhanakan maka :

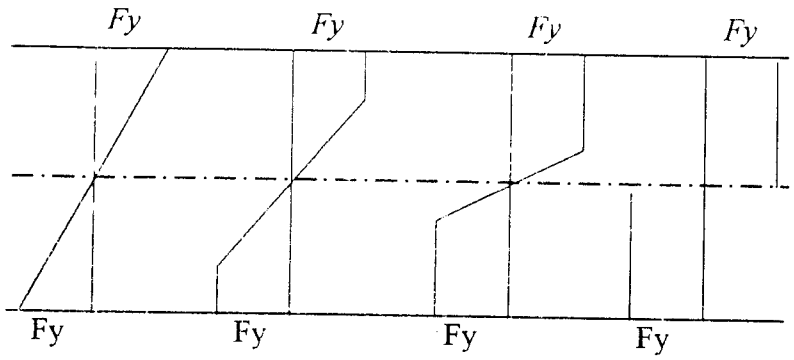
$$\Delta t = (\frac{26PL^3}{2592}) \tag{3.53}$$

Bila persamaan (3.51) dikurangi dengan persamaan (3.53) maka didapatkan lendutan maksimum yaitu :

$$\Delta_{AB} = \frac{23PL^3}{1296EI} \tag{3.54}$$

3.16 Desain Plastis Gelagar Pelat

Metode desain plastis memafaatkan kekuatan cadangan balok baja yang ada setelah tegangan leleh tercapai hingga pada saat akan mencapai *strain hardening*. Selang waktu hingga mencapai *strain hardening* secara teoritis memungkinkan elemen struktur baja menahan tegangan tambahan, akan tetapi deformasi dan regangannya sudah sedemikian besarnya sehingga struktur tersebut sudak tidak stabil. Sehingga asumsi yang digunakan pada desain plastis adalah regangannya belum mencapai *strain hardening*. adapun 4 bentuk umum distribusi momen lentur yang terjadi menurut sebagai berikut:



a. $M \leq M_y$ b. $M > M_y$ c. $M > M_y$ d. $M = M_p$

Gambar 3.18 Distribusi Tegangan Lentur

Pada Gambar (3.18a) adalah merupakan bentuk umum distribusi momen lentur dan dibatasi hingga tegangan lentur maksimum mencapai *Fy*. Artinya, serat terluar pada balok baja telah mencapai *Fy* sedangkan bagian yang lain masih ada yang mengalami tegangan < *Fy*. Momen tahanan balok pada kondisi ini dapat dicari:

$$M_y = F_y x S_x \tag{3.55}$$

Dimana M_y = Momen leleh

F_y = Tegangan leleh

S_x = Modulus penampang elastis

Apabila momen diperbesar lagi, maka serat terluar yang telah mencapai tegangan leleh dahulu, akan terus mengalami tegangan leleh dan pada saat yang sama mengalami pembesaran regangan. Akan tetapi regangan tersebut tidak sebanding dengan tegangan yang dialami, jadi momen tahanan tambahan yang diperlukan diperoleh dari serat-serat yang mendekati sumbu netral, seperti terlihat pada Gambar (3.18b). Proses ini dapat diteruskan dengan semakin banyak bagian penampang tersebut yang mengalami tegangan leleh seperti terlihat pada Gambar (3.18c). hingga akhirnya dicapai distribusi tegangan segiempat plastis seperti pada

Gambar (3.18d). Pada bagian akhir ini, digambarkan bahwa regangan yang terjadi begitu besar dan hingga semua bagian penampang telah mencapai leleh. Momen yang terjadi pada bagian ini disebut Momen Plastis. Momen plastis dapat dihitung dengan persamaan:

$$M_p = F_y z \tag{3.56}$$

Yaitu M_p = Momen plastis

Z = Modulus penampang plastis

F_y = Tegangan leleh

3.17 Hipotesa

Berdasarkan tinjauan pustaka dan landasan teori diatas dapat diambil hipotesa sementara dimana bila diasumsikan h = 5,3 b dan tf = 1,5 tw, maka akan didapat hipotesa sementara sebagai berikut :

1. Rasio inersia sumbu lemah dan rasio inersia sumbu kuat penampang I dan Penampang Dobel Delta berdasarkan hipotesa sementara yaitu

$$\frac{I_{xDD}}{I_{xI}} = 1{,}34 \text{ dan } \frac{I_{yDD}}{I_{yI}} = 1{,}6658$$

   Grafik rasio momen inersia I_x dan I_y gelagar pelat dobel delta terhadap pelat I pada berbagai nilai h/b dapat dilihat pada gambar 3.3a dan gambar 3.3b. Jadi, semakin besar nilai h/b maka rasio inersia x dan inersia y akan semakin kecil.

2. Rasio momen batas berdasarkan tekuk lokal penampang I dan penampang Dobel Delta adalah :

$$\frac{M_{crd}}{M_{cri}} \approx 1,38$$

Grafik perbandingan momen batas berdasarkan tekuk lokal dengan tinggi tetap (h) dan lebar (b) be variasi dapat dilihat pada gambar 3.11. Jadi, semakin besar nilai h/b maka rasio momen bebas berdasarkan tekuk lokal akan semakin kecil.

3. Rasio momen batas berdasarkan tekuk puntir penampang I dan penampang Dobel Delta adalah :

$$\frac{M_{crd}}{M_{cri}} \approx 1,31$$

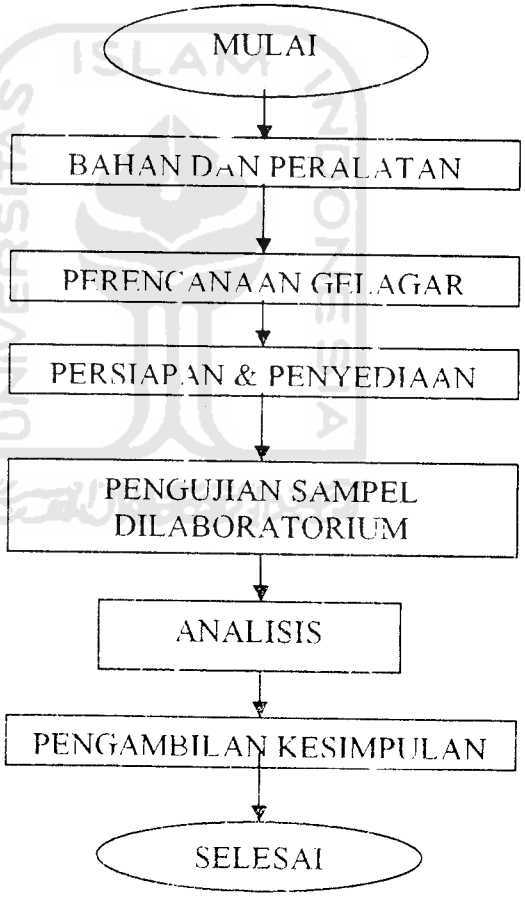
Grafik perbandingan momen batas berdasarkan tekuk punter dengan tinggi tetap (h) dan lebar (b) bervariasi dapat dilihat pada gambar 3.12. Jadi, semakin besar nilai h/b maka rasio momen batas berdasarkan tekuk puntir akan semakin besar.

BAB IV

PELAKSANAAN PENELITIAN

4.1. Tahap-tahap Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan melalui tahapan sepeti yang tersaji pada bagan alir Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Bagan alir pelaksanaan penelitian

4.2. Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah:

a. Pelat baja tebal 3 mm digunakan untuk sayap serta pelat tebal 2 mm digunakan untuk badan dan penopang.

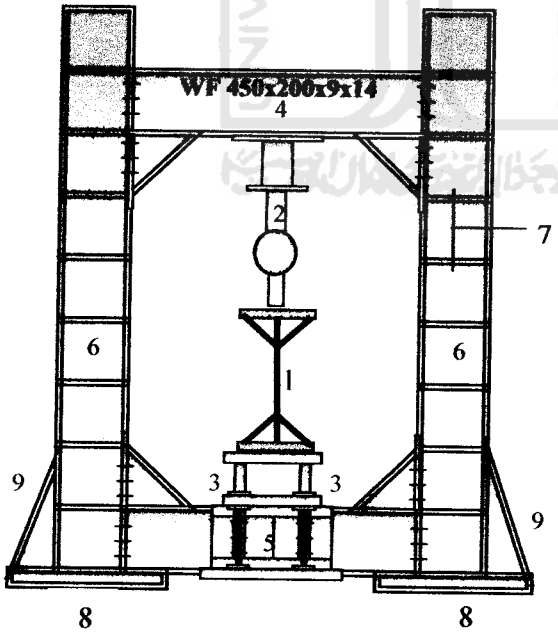
b. Penyambungan antar pelat digunakan las.

4.3. Peralatan

Peralatan yang digunakan antara lain:

a. **Portal Pemikul Beban**

Portal pemikul beban *(loading frame)* adalah portal baja yang dibuat dari profil WF 450 x 200 x 9 x 14 mm. Posisi balok portal dapat diatur ketinggiannya menyesuaikan model benda uji yang akan dilaksanakan pengujian. Sketsa fisik alat ini dapat dilihat pada Gambar 4.2.



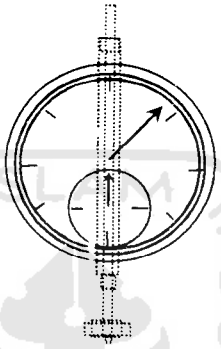
Keterangan:

1. Model Balok
2. Hydraulic Jack
3. Dukungan
4. Balok Portal (dapat diatur ketinggiannya)
5. Balok Lintang
6. Kolom
7. Pengaku
8. Plat Dasar
9. Angkur

Gambar 4.2. Portal pemikul beban

b. ***Dial Gauge***

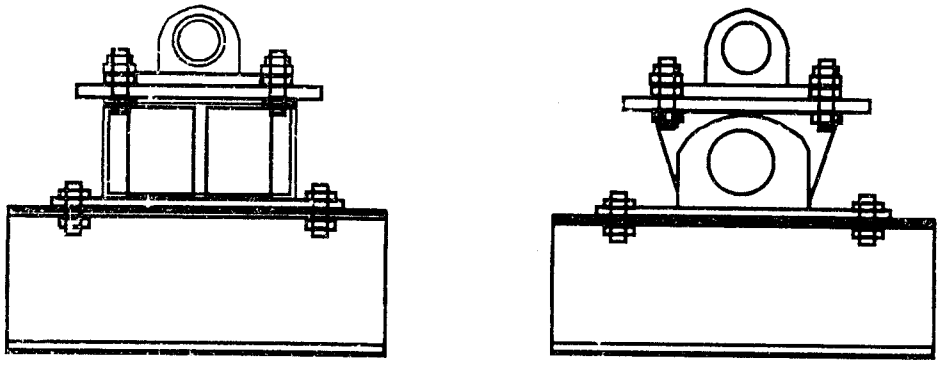
Alat ini digunakan untuk mengukur deformasi pada benja uji. Dalam penelitian digunakan 4 (empat) *Dial gauge* kapasitas ukur maksimal 50 mm dengan ketelitian 0,01 mm, pada pengujian balok kecil dipakai *dial gauge* dengan kapasitas lendutan maksimal 20mm dan ketelitian 0,01mm. Dalam penelitian ini digunakan 4 buah *dial gauge*. Sketsa Dial gauge ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 *Dial Gauge*

c. Tumpaun Sendi dan Rol

Ujung-ujung benda uji gelagar pelat ditumpu sederhana, satu ujung ditumpu oleh sendi, ujung yang lain ditumpu oleh rol. Bentuk fisik tumpuan sendi dan rol ditunjukkan pada pada Gambar 4.4a dan 4.4b

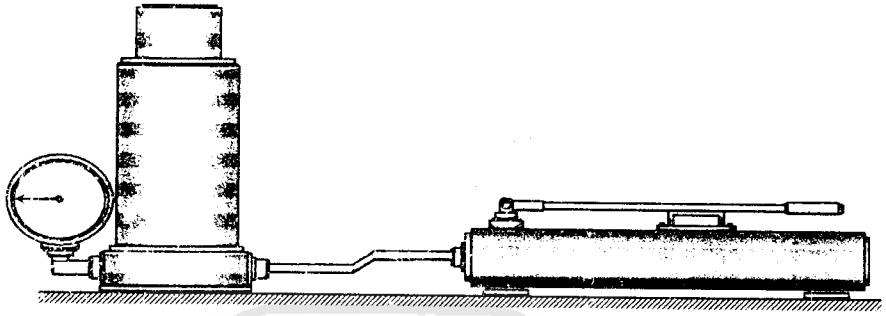


(a) Dukungan sendi *(b) Dukungan rol*

Gambar 4.4 *Dukungan Sendi dan Rol*

d. Hydraulic Jack

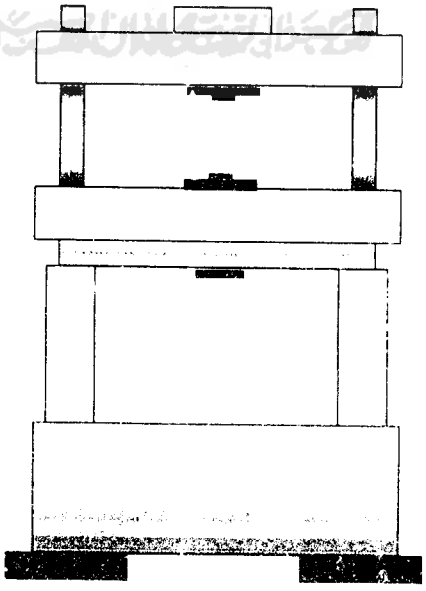
Alat ini digunakan sebagai pembangkit beban tranversal pada gelagar pelat. Kapasitas maksimal hydraulic jack yang digunakan adalah 300 kN dengan ketelitian 0,5 ton (lihat Gambar 4.5)



Gambar 4.5. *Hidraulic Jack*

e. Mesin Uji Kuat Tarik

Mesin ini digunakan untuk mengetahui seberapa besar kuat tarik pelat baja yang digunakan. Alat ini bernama *Universal Testing Machine* (UTM) merk Shimitsu type UMH-330 dengan kapasitas 30 ton, seperti Gambar 4.6.



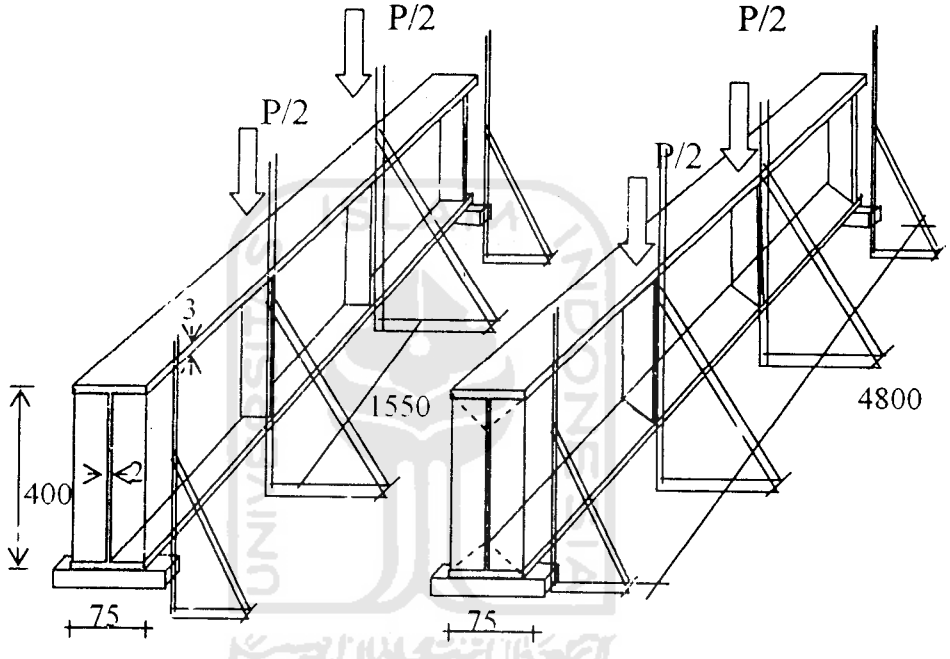
Gambar 4.6 *Universal testing Machine* (UTM)

4.4 Model Benda Uji

Model benda uji yang digunakan antara lain :

a. Benda Uji Gelagar Pelat Penampang I dan Dobel delta

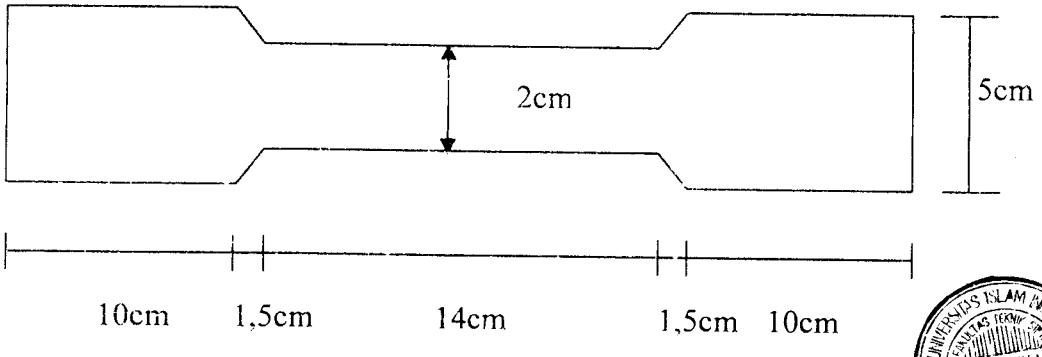
Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini berupa gelagar pelat penampang I dan dobel delta



Gambar 4.7 Model gelagar (a) perampang I (b) penampang dobel delta

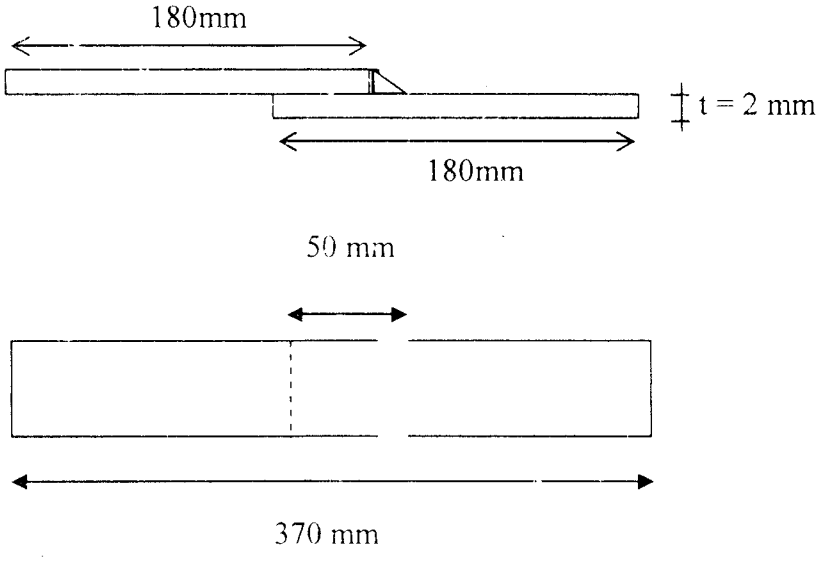
b. Benda Uji Tarik Pelat dan Tarik Las

Benda uji tarik pelat yang digunakan ada dua buah, yaitu pelat 2 mm dan 3mm:



Gambar 4.8 Benda Uji Kuat Tarik

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL
PERPUSTAKAAN
YOGYAKARTA



Gambar 4.9 Benda Uji Tarik Las

4.5 Pembuatan Benda Uji

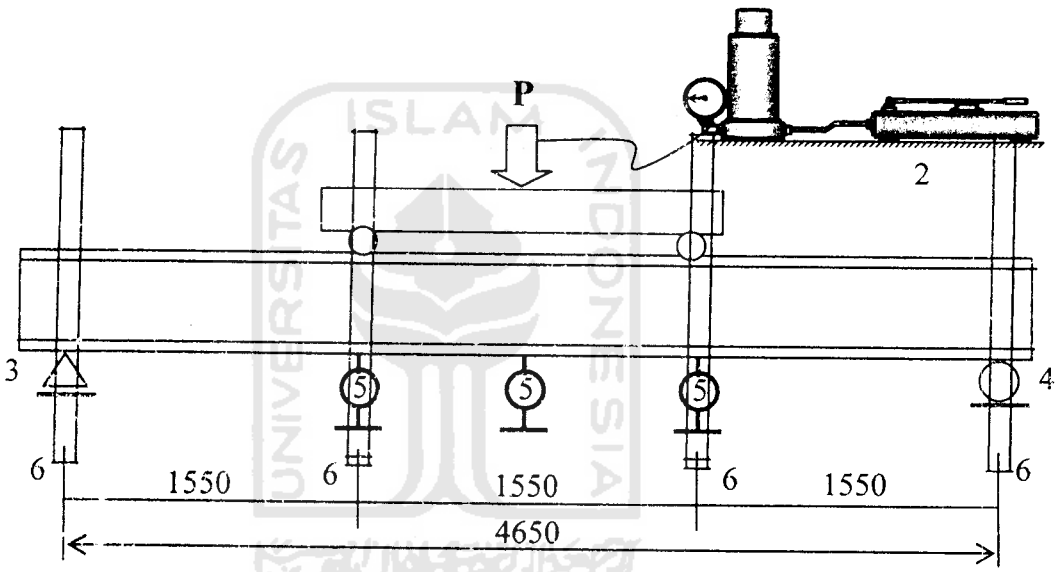
Sebelum melakukan pembuatan benda uji, dilakukan perhitungan dimensi gelagar terlebih dahulu baik gelagar I maupun gelagar dobel delta. Tahapan pembuatan benda uji sebagai berikut:

1. Pengukuran dan pemotongan pelat sesuai dimensi gelagar yang akan dibuat.
2. Penyambungan antar pelat dilakukan dengan menggunakan las listrik.
3. Pengelasan dilakukan secara menerus sepanjang pertemuan antar pelat.
4. Setelah selesai, beri pelat 2 buah pada sepertiga bentang sebagai dudukan pemberian beban namun pengelasan tidak secara menerus.
5. Pembuatan bracing untuk menyangga gelagar agar tidak terjadi puntir saat terjadi pembebanan.

4.6 Set Up peralatan

Set up peralatan pada pengujian ini ditunjukan pada Gambar 4.10.

1. Benda uji gelagar pelat diletakkan di bawah portal pemikul beban, ujung-ujungnya ditumpu oleh sendi dan rol,
2. Pada benda uji dipasang 3 (tiga) dial gauge pada arah transversal dan 3 (tiga) dial gauge pada arah lateral,
3. Pembangkit beban *(Hidraulic Jack)* dipasang diatas benda uji.



1. gelagar pelat
2. hydraulic jack
3. dukunga sendi
4. dukungan rol
5. dial arah lateral
6. Lateral Suport

Gambar 4.10 Set Up Peralatan

4.7 Pelaksanaan Pembebanan

1. Beban tranversal diberikan pada gelagar melalui hydraulik jack, pembebanan awal 3 kN,
2. Lendutan pada titik 1 hingga 6 akibat beban 3 kN dibaca pada dial 1 hingga 6,

3. Beban P ditingkatkan menjadi 6 kN, lendutan pada titik 1 hingga 6 dibaca pada dial,
4. Prosedur seperti di atas terus diulangi hingga gelagar rusak.

4.8 Uji Kuat Tarik Baja dan Kuat Tarik Las

1. Pemasangan benda uji pada alat uji tarik Universal Testing Machine (UTM) merk himitsu type UMH-300 dengan kapasitas 30 ton.
2. Benda uji disetting sehingga siap dipakai dalam pengujian, kemudian diatur kapasitasnya.
3. Kemudian dilakukan pembacaan beban pada kondisi leleh, beban maksimum dan beban pada saat patah.

4.9 Analisis Benda Uji

1. Menghimpun data-data yang diperoleh saat pengujian.
2. Hasil yang didapat saat pengujian dimasukkan kedalam rumus-rumus yang telah di kumpulkan pada landasan teori.
3. Kemudian hasil dari analisa tersebut ditampilkan kedalam bentuk tabel dan grafik dalam bentuk perbandingan antara penampang I dengan Dobel Delta.

4.10 Pengambilan Kesimpulan

Setelah memperoleh hasil dari analasis benda uji, maka hasil tersebut dibandingkan antara penampang I dengan Dobel Delta. Dari kedua hasil tersebut dapat diambil kesimpulan mengenai perubahan yang terjadi dengan mengacu pada tujuan penelitian.

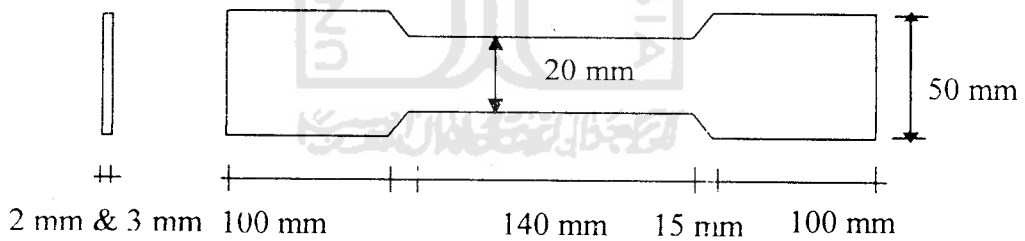
BAB V

HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Pengujian

5.1.1 Hasil Pengujian Kuat Tarik Baja.

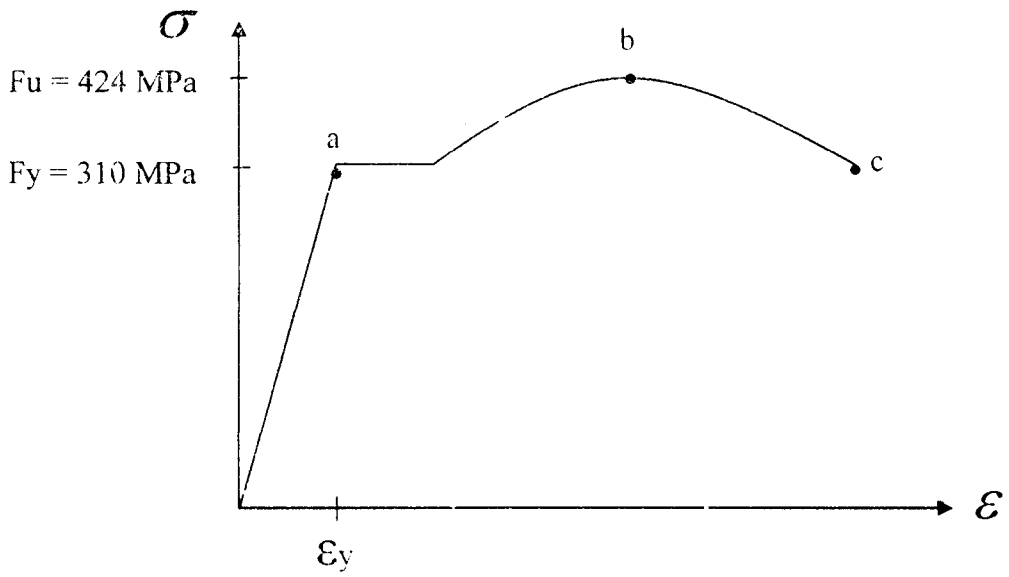
Pelat baja yang digunakan untuk pengujian memiliki ketebalan 2 mm dan 3 mm, seperti pada Gambar 5.1. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan alat bernama *Universal Testing Machine* (UTM) merk Shimitzu type UMH 30 di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Dari pengujian ini, didapatkan data hasil kuat tarik baja pada Tabel 5.1



Gambar 5.1 Sampel uji tarik baja

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Kuat Tarik Baja

No	Benda Uji	Lebar (mm)	Luas (mm^2)	Beban Leleh (N)	Beban Maks (N)	Beban Patah (N)	Fy (MPa)	Fu (MPa)
1	Pelat 2 mm	20	40	11994	14193	2230	300	355
2	Pelat 3 mm	20	60	18716,5	25467,5	18915	310	424

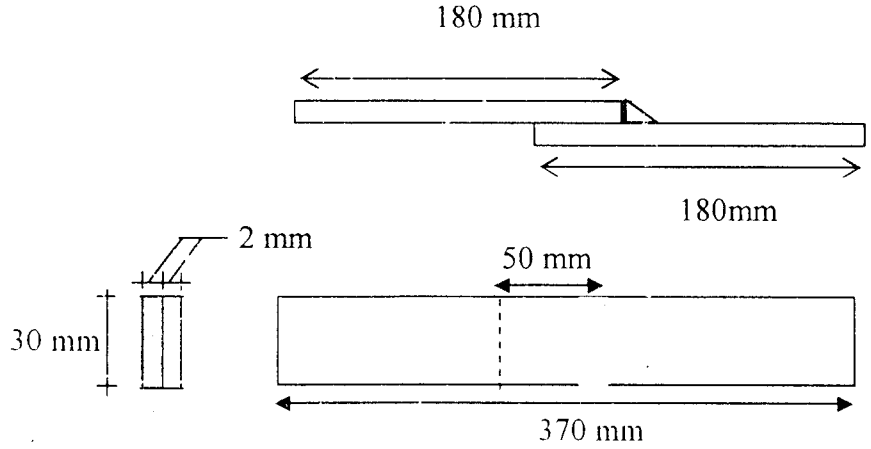


Gambar 5.2 Grafik kuat tarik baja Fy dan Fu pada pelat 3 mm (tanpa skala)

Dari hasil pengujian didapatkan nilai tegangan leleh pelat 3 mm lebih besar daripada pelat 2mm. Oleh karena itu digunakan 2 macam F_y, yaitu F_y=300Mpa untuk pelat badan dan penopang sedangkan F_y=310 Mpa untuk pelat sayap. Dan didapatkan pula nilai F_u/F_y pelat 2 mm yaitu 1.22, sedangkan pelat 3 mm yaitu F_u/F_y = 1,38. Niali F_u/F_y pelat 3mm lebih besar daripada F_u/F_y pelat 2mm, sehingga dapat disimpulkan bahwa pelat 2mm lebih besar kuat tariknya dibandingkan dengan pelat 3mm. Hasil perhitungan kuat tarik baja dapat dilihat pada Lampiran.

5.1.2 Hasil Pengujian Kuat Tarik Las

Pengujian kuat tarik las ini juga dilaksanakan dengan menggunakan alat bernama *Universal Testing Machine* (UTM) merk Shimitzu type UMH 30 di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Dari pengujian ini didapatkan hasil sebagai berikut:



Gambar 5.3 Sampel uji tarik las

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Kuat Tarik Las

Lebar Las (mm)	Tebala Las (mm)	Luas (mm^2)	P Maksimum (N)	Fu (Mpa)
30	1,41	42,43	17972,1	424

Dari hasil pengujian didapatkan nilai kuat tarik las sebesar 424 MPa. Dapat diambil kesimpulan bahwa nilai kuat tarik las sebesar 424 MPa memenuhi persyaratan las Spesifikasi SMAW yaitu E60XX yang kekuatan tariknya berkisar 415 MPa. Perhitungan kuat tarik las dapat dilihat pada lampiran.

5.1.3 Hasil Pengujian Kuat Lentur Gelagar Pelat Penampang I dan Dobel Delta

Pelaksanaan penelitian telah dilaksanakan pada tanggal 16 dan 17 Juni 2006 di Laboratorium Mekanika Rekayasa, Universitas Islam Indonesia. Pengujian ini terdiri atas pengujian kekuatan gelagar pelat penampang I dan penampang dobel delta dengan menggunakan Hidrolck Jack sebagai pemberi beban berkapasitas 350 kN. Segala persiapan pengujian termasuk alat-alat yang

membantu, antara lain kunci-kunci mur baut, tang jepit, palu, alat Dial yang berguna untuk mengetahui besarnya nilai lendutan yang terjadi akibat pembebanan, pengaku-pengaku (bracing) yang dipasang disamping kiri maupun kanan benda uji dengan jarak sepertiga bentang (1550 mm). Hal ini dimaksudkan agar benda uji tidak mengalami tekuk puntir lateral.

5.1.4 Hubungan Beban – Lendutan Gelagar Penampang I dan Dobel Delta.

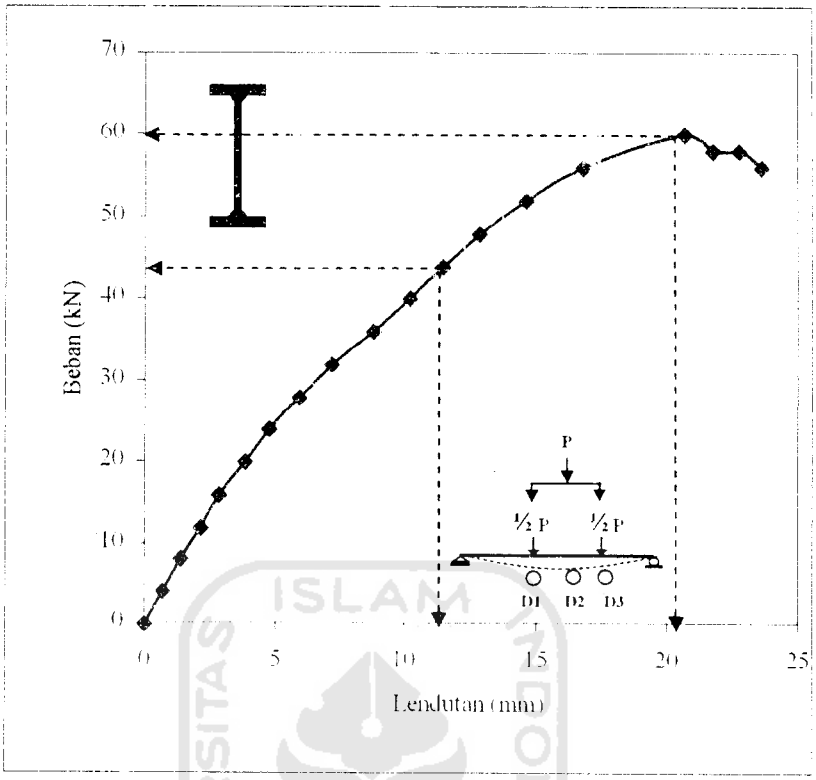
Beban yang diberikan secara kontinu pada setiap 4 kN, membuat gelagar tersebut mengalami lendutan. Apabila beban yang diberikan telah mencapai maksimum, maka pembebanan dihentikan. Pembebanan telah mencapai maksimum ditandai dengan tidak bertambahnya nilai beban yang tertera pada Hidrolick Jack meskipun pemompaan terus dilanjutkan. Jika setelah mencapai maksimum dan pemompaan diteruskan, maka akan terjadi nilai penurunan beban. Angka penurunan beban juga dapat dijadikan bukti kekuatan gelagar pasca tekuk. Nilai lendutan dapat dibaca pada dial yang telah terpasang pada ketiga tempat, yaitu ujung-ujung 1/3 bentang (dial 1 dan dial 3) serta 1/2 bentang gelagar (dial 2). Dimana nilai pada dial 2 harus lebih besar dari pada nilai di dial 3, sebab momen yang terjadi di dial 2 lebih besar. Begitu pula nilai lendutan dial 1 dan dial 3 juga harus sama untuk menunjukkan ketepatan jarak menaruh beban ke gelagar.

Dari pengujian gelagar pelat penampang I didapatkan nilai lendutan pada Tabel 5.3 berikut ini.

Tabel 5.3 Hasil uji pembebanan gelagar pelat penampang I

Beban	Lendutan (mm)		
kN	Dial 1	Dial 2	Dial 3
0	0,00	0,00	0,00
4	0,20	0,70	0,65
8	0,47	1,36	1,29
12	1,31	2,15	1,99
16	2,21	2,90	2,71
20	3,17	3,87	3,62
24	3,47	4,81	4,53
28	4,40	5,98	5,58
32	5,62	7,21	6,74
36	7,35	8,85	8,28
40	8,44	10,24	9,57
44	9,55	11,48	10,72
48	11,20	12,85	11,94
52	12,50	14,63	13,62
56	14,55	16,80	15,54
60	18,50	20,67	18,63
58	19,21	21,74	19,26
58	20,20	22,76	19,92
56	21,20	23,62	20,45

Adapun grafik hubungan beban-lendutan pada pengujian gelagar pelat penampang I dapat dilihat pada Gambar 5.4 berikut ini.



Gambar 5.4 Hubungan Beban dan Lendutan Penampang I

Dari Tabel 5.3 didapatkan pembebanan maksimum bahwa nilai pada dial tengah atau dial 2 (20,67 mm) lebih besar dari pada nilai dial 1 (18,5 mm) dan dial 3 (18,63 mm), serta nilai P_y = 44 kN (Δ_y = 11,48 mm) didapat juga nilai P_u = 60 kN (Δ_u = 20,67 mm). Hal ini menunjukkan bahwa lendutan terbesar terletak pada 1/2 bentang. Namun nilai dial 1 dan dial 3 tidak memiliki nilai yang sama, hal ini disebabkan karena penempatan alat dial yang agak bergeser dari 1/3 bentang gelagar. Dari hasil uji didapatkan nilai Fy dan Fu seperti pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Perhitungan Fy dan Fu hasil uji penampang I

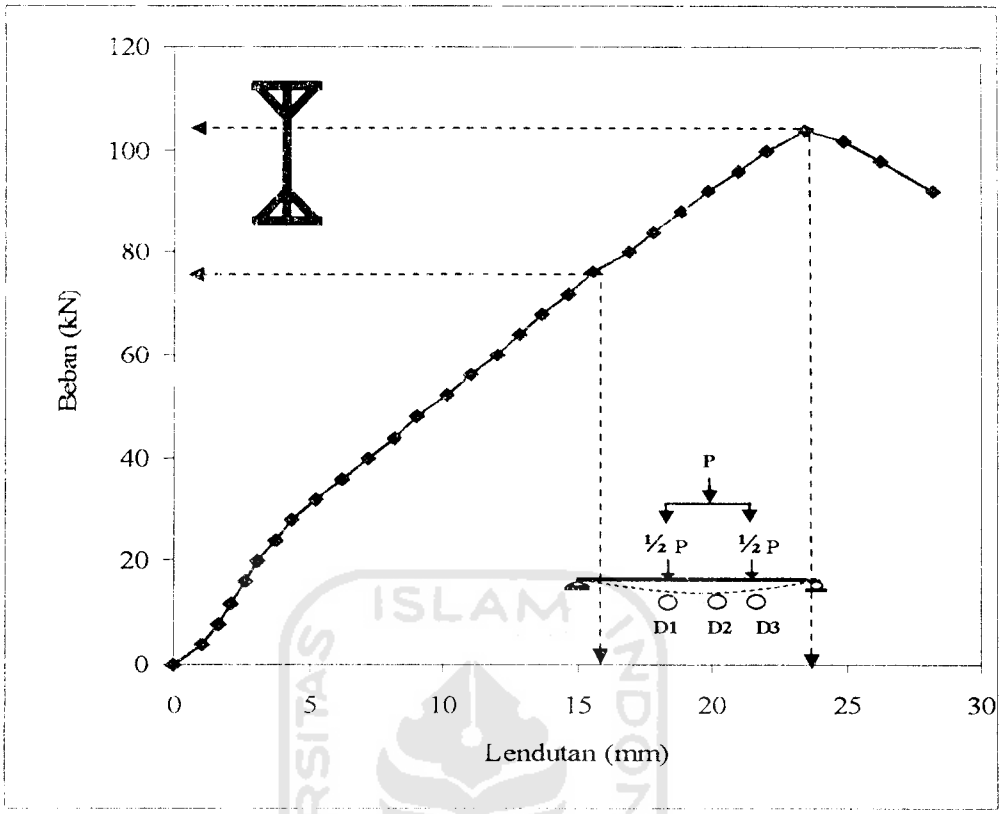
Py (kN)	Pu (kN)	My (kNmm)	Mu (kNmm)	Sx (mm^3)	Fy=My/Sx Mpa	Fu=Mu/Sx Mpa
44	60	34100	46500	143117,89	238,3	324,9

Dari pengujian gelagar pelat penampang Dobel Delta didapatkan nilai lendutan pada tabel 5.5 berikut ini.

Tabel 5.5 Hasil uji pembebanan gelagar pelat penampang Dobel Delta

Beban	Lendutan (mm)		
kN	Dial 1	Dial 2	Dial 3
0	0	0	0
4	1,01	1,06	0,94
8	1,53	1,62	1,79
12	1,92	2,08	1,96
16	2,38	2,61	2,82
20	2,82	3,10	2,99
24	3,35	3,76	3,80
28	3,90	4,37	4,10
32	4,69	5,29	5,02
36	5,50	6,23	5,97
40	6,36	7,21	6,93
44	7,22	8,23	7,92
48	7,91	8,99	8,83
52	8,95	10,12	9,85
56	9,76	11,03	10,83
60	10,71	12,05	11,83
64	11,50	12,88	12,78
68	12,25	13,70	13,10
72	13,13	14,65	14,00
76	14,01	15,59	14,92
80	15,19	16,89	15,98
84	16,02	17,79	16,90
88	17,03	18,89	17,87
92	17,94	19,86	18,85
96	18,96	20,95	19,81
100	19,95	22,05	20,85
104	21,19	23,43	21,93
102	22,60	24,90	23,05
98	23,85	26,27	24,25
92	25,60	28,18	25,92

Grafik Hubungan Beban-Lendutan pada Dial 2 pengujian gelagar pelat penampang dobel delta dapat dilihat pada Gambar 5.5 sebagai berikut ini.



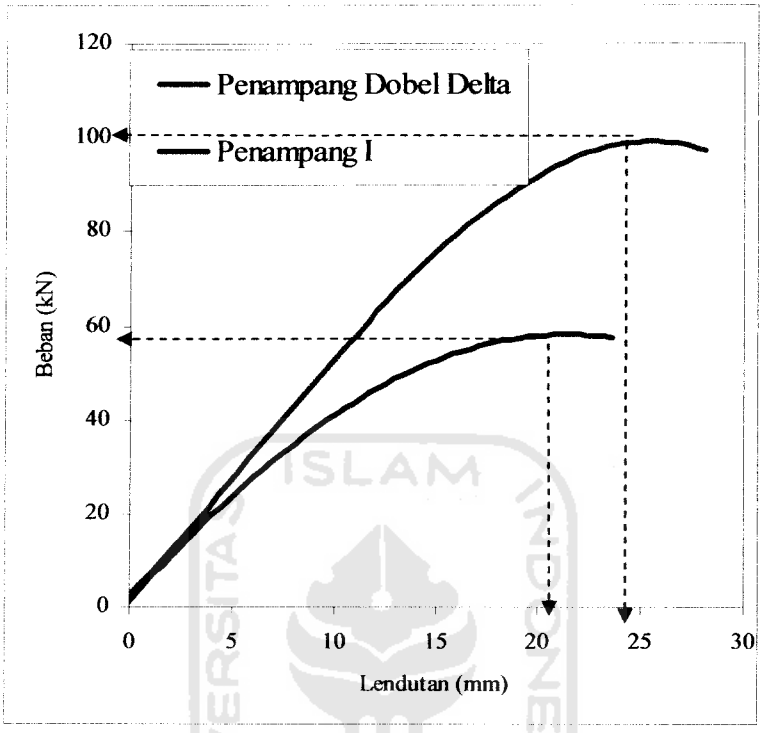
Gambar 5.5 Hubungan Beban dan Lendutan Penampang Dobel Delta

Dari Tabel 5.5 didapatkan bahwa nilai dial tengah atau dial 2 (28,88 mm) lebih besar dari pada dial 1 (26,25 mm) dan dial 3 (26,78 mm), serta nilai P_y = 55 kN (Δ_y = 10,65 mm) didapat juga nilai P_u = 104 kN (Δ_u = 28,88 mm). Hal ini menunjukkan bahwa lendutan terbesar terletak pada 1/2 bentang. Namun nilai dial 1 dan dial 3 tidak memiliki nilai yang sama, hal ini disebabkan karena penempatan alat dial yang agak bergeser dari 1/3 bentang gelagar. Dari hasil uji didapatkan nilai Fy dan Fu seperti yang dijelaskan pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Perhitungan Fy dan Fu hasil uji penampang Dobel Delta

Py (kN)	Pu (kN)	My (kNmm)	Mu (kNmm)	Sx (mm^3)	Fy=My/Sx Mpa	Fu=Mu/Sx Mpa
76	104	58125	80600	192085,25	306,6	419,6

Pada Pelat I dan Dobel Delta diambil nilai dial 2 dan dibuat perbandingan lendutan, maka akan didapat grafik pada Gambar 5.6 sebagai berikut:



Gambar 5.6 Grafik Perbandingan Lendutan ditengah bentang Gelagar I dan Gelagar Dobel Delta

Dari Gambar 5.6 dapat diketahui bahwa gelagar pelat I dapat menahan lendutan sebesar 20,67 mm dan mampu menahan beban 60 kN, sedangkan pada gelagar pelat Dobel Delta lendutan yang terjadi sebesar 23,43 mm dan mampu menahan beban 104 kN.

Dari Gambar 5.6 juga dapat menunjukkan bahwa apabila kedua gelagar tersebut diberi beban yang sama, maka gelagar pelat dobel delta memiliki nilai lendutan yang lebih kecil dibandingkan gelagar I. Misalkan kedua gelagar diberi beban 60 kN, maka gelagar I mendapatkan lendutan sebesar 20,67 mm sedangkan

gelagar dobel delta didapatkan lendutan sebesar 12,05 mm. Sehingga dengan adanya penambahan pelat penopang pada gelagar I dapat meningkatkan kekuatan gelagar, yaitu sebesar 1,7 kali.

Dari data pembebanan maksimum yang didapat dari pengujian laboratorium kemudian dapat digunakan untuk mencari nilai kekakuan gelagar pelat. Nilai kekakuan untuk profil I dan gelagar dobel delta dapat di tunjukan pada Tabel 5.7 dan Tabel 5.8 sebagai berikut:

Tabel 5.7 Kekakuan Gelagar Pelat I dengan berbagai variasi h/b

Nilai I	h/b=5,3	h/b=6
Beban (kN)	44	40
Lendutan (mm)	11,48	11,8
Kekakuan (kN/mm)	3,83	3,38

Tabel 5.8 Kekakuan Gelagar Pelat Dobel Delta dengan berbagai variasi h/b

Nilai I	h/b=5,3	h/b=6
Beban (kN)	76	70
Lendutan (mm)	15,59	14,8
Kekakuan (kN/mm)	4,87	4,72

Dari perhitungan kekakuan diatas tampak jelas bahwa tejadi peningkatan kekakuan dari sebesar 3,83 kN/mm untuk gelagar pelat I dan menjadi sebesar 4,87 kN/mm untuk gelagar pelat dobel delta. Data ini menunjukkan bahwa dengan memodifikasi pelat I menjadi Pelat Dobel Delta dapat meningkatkan kekakuan gelagar pelat hingga 1,27 kali.

5.1.5 Rasio Nilai Momen Batas (Mcr) Gelagar Penampang I dan Dobel Delta.

Dari hasil pengujian gelagar pelat, diperoleh P_{maks} pada masing-masing penampang yaitu untuk gelagar pelat penampang I = 60 kN, sedangkan untuk gelagar pelat dobel delta = 104 kN. Dari beban tersebut dapat kita peroleh momen maksimum dengan persamaan 5.2 berikut. Dari pengujian gelagar pelat penampang I dan Dobel Delta didapatkan nilai momen kritis pada Tabel 5.9 berikut ini:

Tabel 5.9 Nilai Momen Kritis (Mcr) Pengujian I dan Dobel Delta

Pengujian	**h/b=5,3**	**h/b=6**
I (kN.mm)	46500	43400
Dobel Delta (kN.mm)	80600	71300
Rasio Mcr $_{DD/I}$	1,73	1,64

Untuk nilai momen kritis teoritis gelagar pelat I dan gelagar pelat dobel delta dapat dilihat dari Tabel 5.10 berikut ini:

Tabel 5.10 Nilai Momen Kritis (Mcr) Teoritis I dan Dobel Delta

Pengujian	h/b=5,3	h/b=6
I (kN.mm)	52537,250	49164,140
Dobel Delta (kN.mm)	69448,156	61783,775
Rasio Mcr $_{DD/I}$	1,32	1,26

5.1.6 Nilai Tegangan Kritis (Fcr)

Setelah momen didapatkan dan inersia kedua profil telah diketahui, maka dapat dihitung nilai tegangan kritis (Fcr) dan nilai Sx yang ditunjukkan pada Tabel 5.11 sebagai berikut :

Tabel 5.11 Nilai Sx pada Gelagar Pelat I dan Dobel Delta

Profil	I_x (mm^4)	Sx (mm^3)
I	29052930,82	143117,89
Dobel Delta	38993306,65	192085,25

Karena nilai modulus Sx dari kedua profil sudah diketahui, maka dapat diperoleh nilai tegangan kritis (Fcr) gelagar pelat penampang I dan Dobel Delta pada Tabel 5.12 sebagai berikut:

Tabel 5.12 Nilai Tegangan kritis (Fcr) hasil uji I dan dobel delta

Variasi	h/b=5,3	h/b=6
I (MPa)	324,91	329,41
Dobel Delta (MPa)	419,61	405,90
Fcr_{DD} / Fcr_I	1,29	1,23

Nilai Tegangan kritis gelagar pelat I dan dobel delta hasil pengujian mempunyai nilai lebih besar dari Fy (310 MPa), maka gelagar pelat I dan dobel delta mengalami kondisi plastis

5.1.7 Nilai Koefisien Tekuk.

Dari hasil pengujian yang diperoleh, didapat beban maksimum (P) dan tegangan kritis (Fcr), sehingga dapat diperoleh pula nilai koefisien tekuk (k) hasil penelitian.

Secara teoritis nilai koefisien tekuk (k) untuk gelagar pelat I diasumsikan sebagai tumpuan sederhana adalah 0,425 pada sayap, sedangkan pada pelat badan adalah 23,9. Demikian pula nilai k gelagar pelat dobel delta adalah 4 pada sayap dan 23,9 pada badan. Dengan meningkatkan nilai koefisien tekuk pelat, maka dapat dibuktikan pula bahwa gelagar pelat dobel delta lebih kaku dan lebih kuat. Untuk mengetahui hasil dari penelitian yang telah dilaksanakan, dapat dilihat pada tabel 5.13 dan tabel 5.14 sebagai berikut:

Tabel 5.13 Nilai koefisien tekuk (k) sayap gelagar pelat I dan Dobel Delta

Variasi	h/h=5,3	h/b=6
Sayap I	0,2675	0,146
Dobel Delta	68,4742	48,47

Tabel 5.14 Nilai koefisien tekuk (k) badan gelagar pelat I dan Dobel Delta

Variasi	h/b=5,3	h/b=6
Sayap I	0,3454	0,146
Dobel Delta	58,3789	33,79

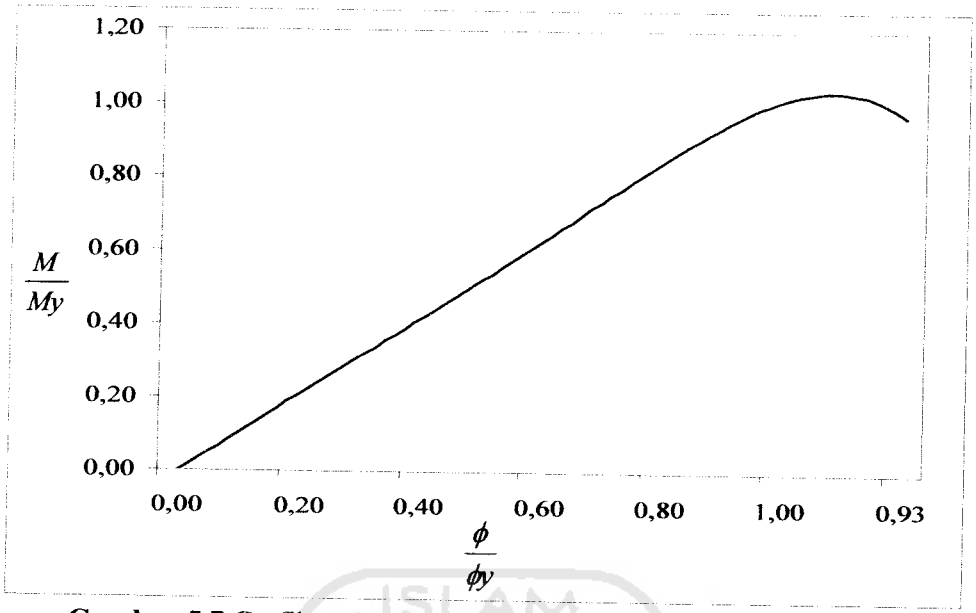
5.1.8 Nilai Kelengkungan Pelat I dan Dobel Delta

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan didapatkan beban maksimum yang masih dapat dipikul oleh gelagar I maupun gelagar Dobel Delta. Dari data-data ini akan didapatkan nilai kelengkungannya. Nilai kelengkunan hasil uji pelat I dapat dilihat pada Tabel 5.15 sebagai berikut:

Tabel 5.15 Nilai Kelengkungan Gelagar Pelat I

Beban (kN)	Momen (kN.mm)	σcr (Mpa)	Regangan	Kelengkungan (1/mm)	M/My	Φ/Φy
0	0	0,00	0,0000	0,0000000	0,0000	0,0000
4	3100	21,66	0,0001	0,0000005	0,0699	0,0667
8	6200	43,32	0,0002	0,0000010	0,1397	0,1333
12	9300	64,98	0,0003	0,0000015	0,2096	0,2000
16	12400	86,64	0,0004	0,0000021	0,2795	0,2667
20	15500	108,30	0,0005	0,0000026	0,3494	0,3333
24	18600	129,96	0,0006	0,0000031	0,4192	0,4000
28	21700	151,62	0,0007	0,0000036	0,4891	0,4667
32	24800	173,28	0,0008	0,0000041	0,5590	0,5333
36	27900	194,94	0,0009	0,0000046	0,6289	0,6000
40	31000	216,60	0,0010	0,0000052	0,6987	0,6667
44	34100	238,27	0,0011	0,0000057	0,7686	0,7333
48	37200	259,93	0,0012	0,0000062	0,8385	0,8000
52	40300	281,59	0,0013	0,0000067	0,9083	0,8667
56	43400	303,25	0,0014	0,0000072	0,9782	0,9333
60	46500	324,91	0,0015	0,0000077	1,0481	1,0000
58	44950	314,08	0,0015	0,0000075	1,0132	0,9667
58	44950	314,08	0,0015	0,0000075	1,0132	0,9667
56	43400	303,25	0,0014	0,0000072	0,9782	0,9333

Dari hasil pehitungan momen kelengkungan Tabel 5.15 dapat ditunjukkan pada Gambar 5.7 sebagai berikut.



Gambar 5.7 Grafik rasio momen terhadap momen leleh versus rasio kelengkungan terhadap kelengkungan leleh Penampang I

Dari pengujian gelagar pelat dobel delta juga didapatkan nilai kelengkungan yang dapat dilihat pada Tabel 5.16 sebagai berikut.

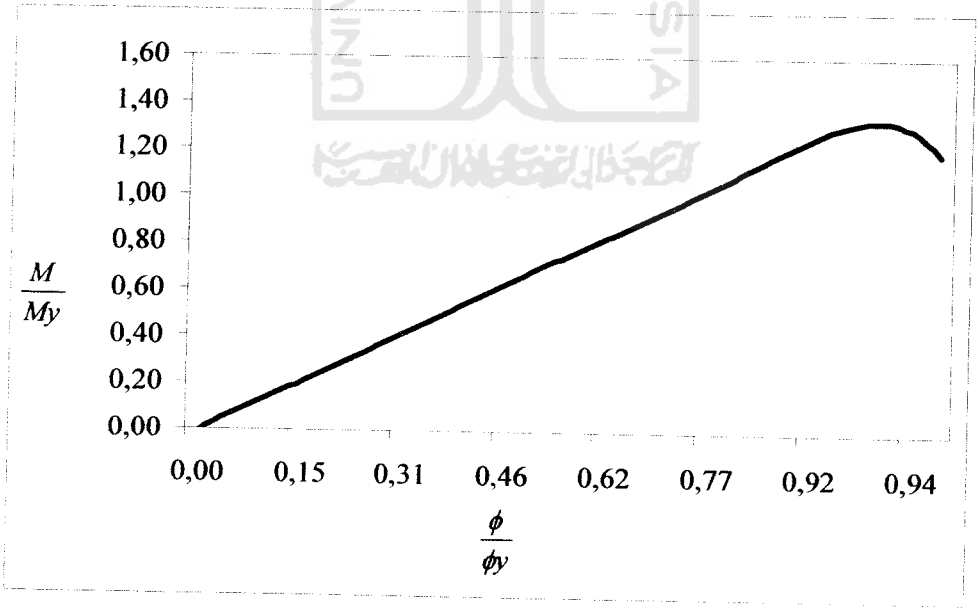
Tabel 5.16 Nilai Kelengkungan Dobel Delta

Beban (kN)	Momen (kN.mm)	σcr (Mpa)	Regangan	Kelengkungan (1/mm)	M/My	Φ/Φy
0	0	0,00	0,0000	0,0000000	0,0000	0,0000
4	3100	21,66	0,0001	0,0000005	0,0521	0,0385
8	6200	43,32	0,0002	0,0000010	0,1041	0,0769
12	9300	64,98	0,0003	0,0000015	0,1562	0,1154
16	12400	86,64	0,0004	0,0000021	0,2082	0,1538
20	15500	108,30	0,0005	0,0000026	0,2603	0,1923
24	18600	129,96	0,0006	0,0000031	0,3124	0,2308
28	21700	151,62	0,0007	0,0000036	0,3644	0,2692
32	24800	173,28	0,0008	0,0000041	0,4165	0,3077
36	27900	194,94	0,0009	0,0000046	0,4685	0,3462
40	31000	216,60	0,0010	0,0000052	0,5206	0,3846
44	34100	238,27	0,0011	0,0000057	0,5727	0,4231
48	37200	259,93	0,0012	0,0000062	0,6247	0,4615
52	40300	281,59	0,0013	0,0000067	0,6768	0,5000
56	43400	303,25	0,0014	0,0000072	0,7288	0,5385

Lanjutan

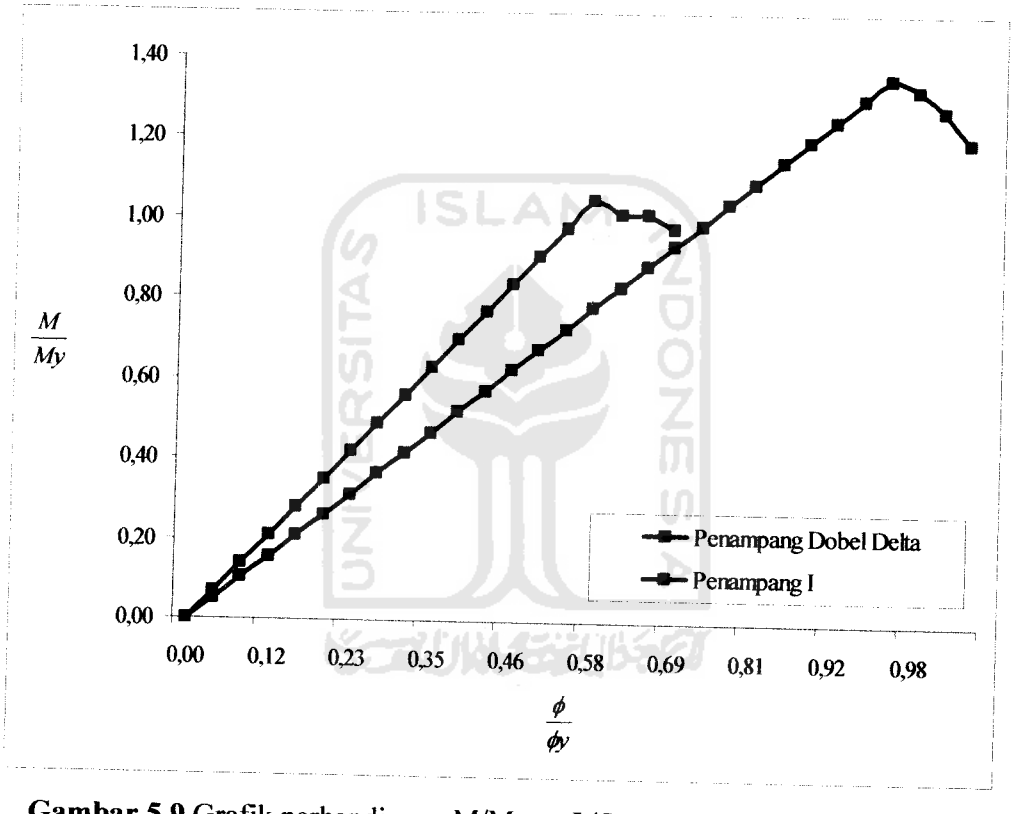
Beban (kN)	Momen (kN.mm)	σcr (Mpa)	Regangan	Kelengkungan (1/mm)	M/My	Φ/Φy
60	46500	324,91	0,0015	0,0000077	0,7809	0,5769
64	49600	346,57	0,0017	0,0000083	0,8330	0,6154
68	52700	368,23	0,0018	0,0000088	0,8850	0,6538
72	55800	389,89	0,0019	0,0000093	0,9371	0,6923
76	58900	411,55	0,0020	0,0000098	0,9891	0,7308
80	62000	433,21	0,0021	0,0000103	1,0412	0,7692
84	65100	454,87	0,0022	0,0000108	1,0933	0,8077
88	68200	476,53	0,0023	0,0000113	1,1453	0,8462
92	71300	498,19	0,0024	0,0000119	1,1974	0,8846
96	74400	519,85	0,0025	0,0000124	1,2494	0,9231
100	77500	541,51	0,0026	0,0000129	1,3015	0,9615
104	80600	563,17	0,0027	0,0000134	1,3536	1,0000
102	79050	552,34	0,0026	0,0000132	1,3275	0,9808
98	75950	530,68	0,0025	0,0000126	1,2755	0,9423
92	71300	498,19	0,0024	0,0000119	1,1974	0,8846

Dari hasil pehitungan momen kelengkungan Tabel 5.16 dapat ditunjukkan pada Gambar 5.8 sebagai brikut.



Gambar 5.8 Grafik rasio momen terhadap momen leleh versus rasio kelengkungan terhadap kelengkungan leleh Penampang Dobel Delta

Dari kedua Grafik tersebut (Gambar 5.7 dan Gambar 5.8) dapat dibuat grafik perbandingan antara kelengkungan Pelat I dengan pelat dobel delta, yaitu dapat dilihat pada gambar 5.9. Hubungan momen kelengkungan yang terjadi pada gelagar penampang I dan penampang dobel delta memiliki perilaku yang tidak jauh beda dengan kuat lentur grafik hubungan beban lendutan.



Gambar 5.9 Grafik perbandingan M/M_y vs Φ/Φ_y antara gelagar penampang I dengan gelagar penampang Dobel Delta

Dari Gambar 5.9 dapat disimpulkan bahwa Penampang Dobel Delta memiliki nilai kelengkungan yang lebih rendah dibandingkan dengan penmapang I, karena regangan yang didapat lebih kecil.

5.1.9 Rasio Mn/My terhadap h/tw pada Gelagar I dan Dobel Delta

Dari hasil pengujian, diperoleh rasio Mn/My terhadap h/tw seperti yang dijelaskan pada Tabel 5.17 sebegai berikut:

Tabel 5.17 Hubungan Mn/My terhadap h/tw gelagar I dan Dobel Delta

Benda Uji	Mn/My		Rasio
	I	Dobel Delta	$(Mn/My)_{DD/I}$
h/b=5,3	1,05	1,35	1,29
h/b=6	1,06	1,31	1,24

Tampak bahwa dari Tabel 5.17 bahwa, rasio Mn/My gelagar I dengan gelagar Dobel Delta memiliki nilai 1. Hal ini terjadi karena nilai tegangan kritis (Fcr) gelagar I sama dengan gelagar Dobel delta dan keduanya memiliki nilai Fcr lebih besar dari Fy (310 Mpa). Selain itu bisa dikatakan bahwa nilai rasio Mn/My berbanding lurus dengan rasio tegangan kritis (Fcr) dan berbanding terbalik dengan rasio h/tw.

5.2 Pembahasan

5.2.1 Kerusakan Pelat I dan Dobel Delta.

Setelah dilakukan pengujian gelagar pelat I dan gelagar pelat Dobel Delta terdapat kerusakan-kerusakan yang dapat dilihat pada lampiran. Hasil pengujian menunjukan bahwa pelat sayap pada gelagar pelat penampang I mengalami *buckling*. ini berarti, pada pelat sayap penampang I mengalami tekuk lokal dan sedikit mengalami tekuk puntir. Pada pelat Dobel Delta pelat sayap tidak mengalami tekuk lokal.

Dari kerusakan-kerusakan yang terjadi dapat diambil kesimpulan bahwa dengan memodifikasi pelat I menjadi pelat Dobel Delta akan menghindari gelagar pelat mengalami tekuk lokal (*local buckling*) pada pelat sayap sehingga akan dapat meningkatkan kekuatan pada pelat sayap gelagar pelat. Agar lebih jelas untuk mengetahui tingkat kerusakan pelat hasil uji dapat dilihat pada lampiran pada laporan tugas akhir ini.

5.2.2 Hubungan Beban – Lendutan Pengujian.

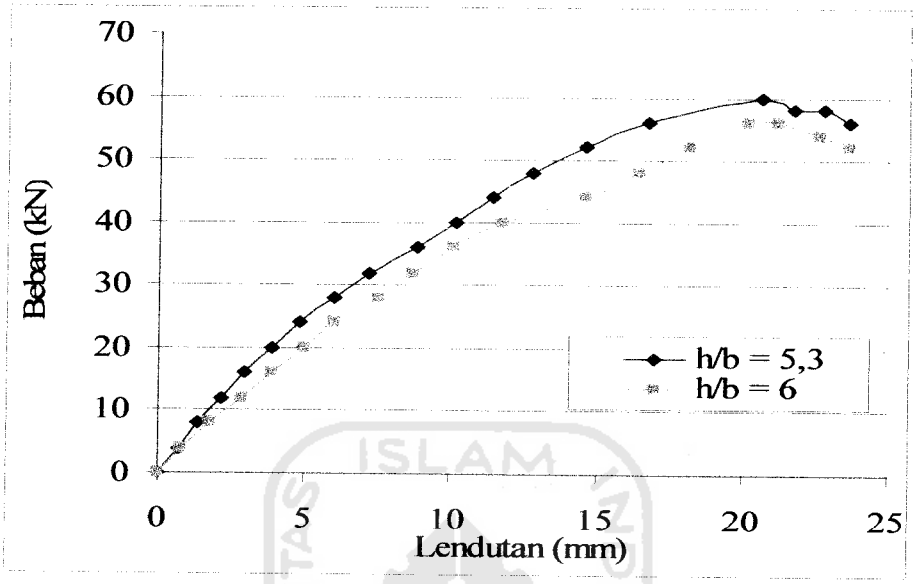
Dari pengujian yang telah dilakukan, bahan uji mengalami tekuk lokal pada sayap gelagar, baik penampang I maupun Dobel Delta. Hal ini dapat dilihat pada lampiran laporan ini. Nilai beban dan lendutan dapat dilihat pada Tabel 5.18 dan 5.17 dibawah ini, yaitu:

Tabel 5.18 Nilai Beban - Lendutan Gelagar I

Nilai i	h/b=4	h/b=5	h/b=5,3	h/b=5,7	h/b=6
Beban (kN)	42	36	60	31,5	56
Lendutan (mm)	18.82	18.2	20,67	15,16	20,14
Kekakuan (kN/mm)	2,23	1,97	2,90	2,07	2,78

Dari Tabel 5.18 dapat disimpulkan bahwa semakin besar rasio tinggi terhadap lebar suatu gelagar I maka semakin kecil beban yang dapat didukung dan semakin kecil pula lendutan yang terjadi. Nilai kekakuan pun dapat dicari dengan membagi faktor beban terhadap lendutan yang terjadi, dapat disimpulkan pula bahwa semakin besar rasio tinggi terhadap lebar suatu gelagar maka semakin kecil nilai kekakuannya. Data selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran laporan ini.

Adapun Grafik Beban-Lendutan yang terjadi pada gelagar I setiap kenaikan beban 4 kN dapat dilihat pada gambar 5.10 berikut ini:



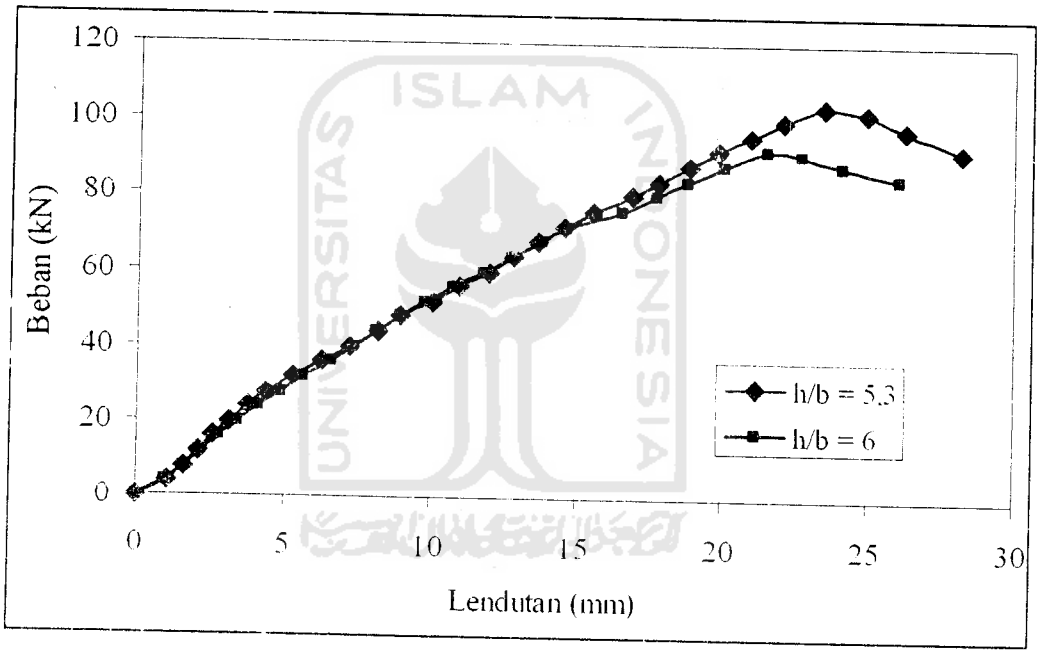
Gambar 5.10 Nilai Beban dan Lendutan Gelagar I

Setelah dilakukan pengujian, didapat nilai kenaikan beban setiap 4 kN hingga beban maksimum. Semakin besar beban yang diberikan maka semakin besar pula lendutan yang terjadi. Hal ini terjadi pada pelaksanaan kedua macam gelagar I yaitu Kholiq dengan h/b=5,3 dan Batra dengan h/b=6. Nilai beban dan lendytan gelagar dobel delta dapat dilihat pada Tabel 5.19 berikut ini.

Tabel 5.19 Nilai Beban dan Lendutan Gelagar Dobel Delta

Nilai DD	h/b=4	h/b=5	h/b=5,3	h/b=5,7	h/b=6
Beban	82,5	84	104	49,5	92
Lendutan	19,7	22,19	23,43	13,86	21,49
Kekakuan (kN/mm)	4,18	3,78	4,43	3,57	4,28

Dari Tabel 5.17 menunjukkan bahwa karakteristik nilai beban maksimum dan lendutan yang terjadi pada gelagar dobel delta sama dengan karakteristik nilai gelagar I yaitu semakin besar rasio tinggi terhadap lebar gelagar maka semakin kecil beban maksimum yang dapat dipikul dan semakin kecil pula lendutan yang terjadi. Data selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran laporan ini. Adapun grafik beban-lendutan yang terjadi pada gelagar dobel delta setiap kenaikan beban 4 kN dapat dilihat pada gambar 5.11 berikut ini:



Gambar 5.11 Nilai Beban dan Lendutan Gelagar Dobel Delta

Dalam pengujian ini, benda uji dengan rasio h/b=5.3 pada gelagar I mampu menahan beban maksimum hingga 60 kN dengan lendutan yang terjadi akibat beban sebesar 20,67 mm. Sedangkan gelagar dobel delta mampu menahan beban maksimum hingga 104 kN dengan lendutan yang terjadi sebesar 23,43 mm. Sehingga dapat ditarik pernyataan bahwa dengan memodifikasi Gelagar I menjadi Gelagar Dobel Delta, dapat meningkatkan kekuatan sebesar 1,73 kali. Dari

peningkatan yang sebesar itu, modifikasi yang dilakukan hanya meningkatan inersia sumbu kuat Ix = 1,34 kali dan sumbu lemah Iy=1,67 kali. Inersia meningkat dikarenakan adanya penambahan bahan yang terjadi, dengan penambahan bahan yang cukup ekonomis dapat meningkatkan kekuatan sebesar 1,73 kali lipat. Dilihat dari besarnya beban yang ditumpu dan lendutan yang terjadi, kekuatan gelagar pelat dobel delta meningkat 1,53 kali terhadap gelagar pelat I

Dari penelitian yang dilakukan bersama saudara Batra dapat disimpulkan bahwa semakin lebar pelat sayap dengan tebal dan tinggi yang sama akan meningkatkan kekakuan pada pelat dan akan semakin kuat kemampuan pelat dalam menerima beban yang terjadi.

5.2.3 Rasio Nilai Momen Batas (Mcr) Gelagar Penampang I dan Dobel Delta.

Berdasarkan perhitungan pada Tabel 5.9 didapatkan momen batas (Mcr) pada gelagar pelat Dobel Delta adalah 80600 kN.mm dan pada pelat I adalah 46500 kN.mm. Dari hasil ini terbukti bahwa dengan memodifikasi pelat I dengan menambahkan pelat penopang pada sisi pelat dapat meningkatkan momen batas sampai 1,73 kali.

Selain pada hasil uji nyata telah dibuktikan juga secara teoritis bahwa pada pelat I nilai momen kritis adalah 38979,25 kNmm sedangkan pada pelat Dobel Delta nilai momen kritis adalah sebesar 53867,33 kNmm. Rasio momen kritis berdasarkan hasil perhitungan teoritis pada Tabel 5.10 adalah sebesar 1,38 kali.

Penelitian yang dilaksanakan oleh saudara Batra dan penelitian sebelumnya dengan menggunakan variasi lebar yang berbeda dapat meningkatkan nilai tegangan kritis baik pada pelat I dan pada pelat Dobel Delta.

Sehingga, dapat disimpulkan bahwa semakin lebar pelat sayap akan meningkatkan momen batas pelat dan secara teoritis akan meningkatkan momen batas pada pelat dan telah terbukti bahwa nilai uji nyata di Laboratorium lebih besar daripada nilai uji secara teoritis.

Nilai momen kritis dari hasil uji Gelagar Pelat I dan Dobel Delta dapat dilihat pada tabel 5.20 sebagai berikut:

Tabel 5.20 Nilai Momen Kritis Gelagar Pelat I dan Dobel Delta

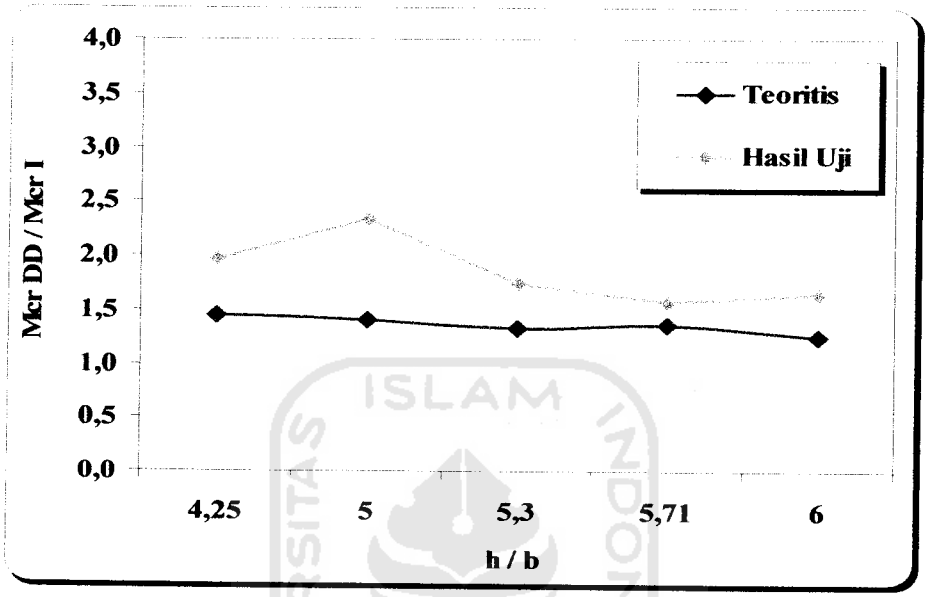
Variasi	h/b=4,25	h/b=5	h/b=5,3	h/b=5,71	h/b=6
I (kNmm)	32550	27900	46500	24412,5	43400
Dobel Delta (kNmm)	63937,5	65100	80600	38362,5	71300
M_{crDD}/M_{crI}	1,96	2,33	1,73	1,57	1,64

Hasil dari perhitungan momen kritis secara teoritis Gelagar Pelat I dan Dobel Delta dapat kita lihat pada tabel 5.21 sebagai berikut

Tabel 5.21 Nilai Momen Kritis Gelagar Pelat I dan Dobel Delta Secara Teoritis

Variasi	h/b=4,25	h/b=5	h/b=5,3	h/b=5,71	h/b=6
I (kNmm)	44262,58	40369,60	52109,25	37588,90	49164,14
Dobel Delta (kNmm)	64436,35	56684,85	68414,61	51042,40	61783,78
M_{crDD} / M_{crI}	1,46	1,41	1,31	1,36	1,26

Dari kedua tabel tersebut (tabel 5.20 dan 5.21) dapat dibuat grafik rasio Momen batas gelagar pelat penampang Dobel Delta terhadap gelagar pelat penampang I, seperti pada gambar 5.12 berikut ini:



Gambar 5.12 Grafik perbandingan Teori dengan hasil uji tentang rasio Momen batas gelagar pelat penampang Dobel Delta terhadap gelagar pelat penampang I dengan variasi h/b yang berbeda

Dari Gambar 5.12 dapat dinyatakan bahwa dengan memperbesar lebar sayap maka akan meningkatkan rasio momen batas suatu gelagar pelat. Dan juga, nilai rasio hasil uji lebih besar dibandingkan dengan teoritisnya karena benda uji mengalami residu.

5.2.4 Rasio Nilai Tegangan Kritis (Fcr) Gelagar Pelat I dan Dobel Delta

Berdasarkan tabel 5.6 diperoleh nilai tegangan kritis (Fcr) untuk gelagar pelat I =.324,91 MPa dan tegangan kritis Dobel Delta = 419,6 Mpa. Maka rasio tegangan kritis gelagar pelat I dengan pengaku : gelagar pelat dobel delta dengan

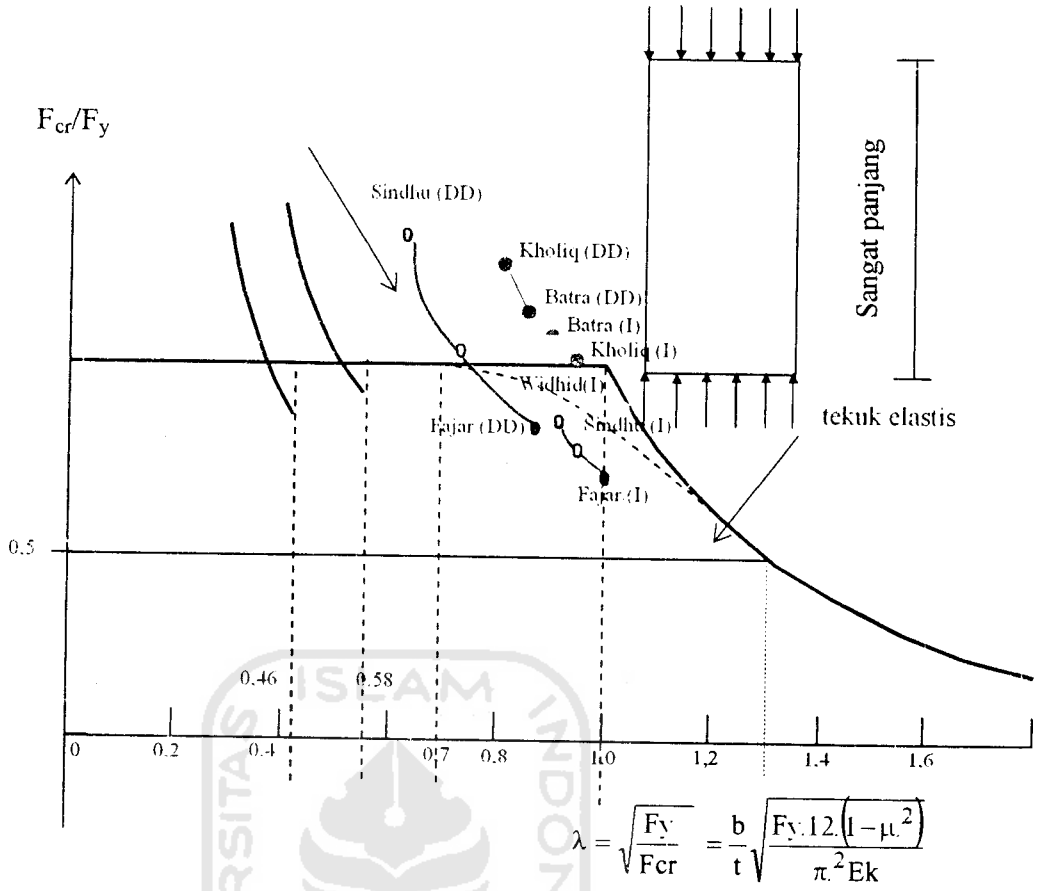
pengaku = 1,29. Dengan penambahan penopang pada sayap atas dan sayap bawah maka akan meningkatkan nilai tegangan kritis (Fcr)

Tabel 5.22 Nilai Tegangan Kritis (Fcr) Gelagar Pelat I dan Dobel Delta

Variasi	h/b=4,25	h/b=5	h/b=5,3	h/b = 5,7	h/b = 6
I	196,85	187,81	324,91	178,78	329,4
Dobel Delta	286,21	230	419,6	210,05	405,8
Rasio Fcr	1,17	1,22	1,29	1,17	1,23

Dari nilai Tabel 5.22, dapat disimpulkan bahwa dengan ditambahkannya pengaku pada kedua sayap penampang I, dapat meningkatkan nilai tegangan kritis (Fcr). Fcr pada penampang I memiliki nilai yang lebih kecil dari pada penampang dobel delta, hal itu disebabkan karena Koefisien tekuk yang dimiliki penampang I lebih kecil dibandingkan dengan penampang dobel delta baik sayap maupun badan.

Untuk dapat membuktikan kebenaran penelitian yang telah dilakukan dapat dijelaskan pada Gambar grafik oleh ***Ostapenko (1971)*** yang menunjukan parameter kelangsingan terhadap rasio tegangan kritis pelat. Perhatikan Gambar (5.13) dibawah sebagai berikut yaitu :



Gambar 5.13 Kurva Parameter Kelangsingan Panjang

Dari Gambar 5.13 dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai tegangan kritisnya maka kelangsingan pelat semakin kecil. Dengan meningkatnya tegangan kritis pelat akan meningkatkan kekakuan gelagar. Gambar 5.13 juga menunjukan bahwa pemberian pelat penopang pada sisi pelat sayap dan pelat badan akan meningkatkan nilai tegangan kritis pelat. Jadi, pemberian pelat penopang pada sisi pelat sayap dan pelat badan akan meningkatkan kekuatan pelat.

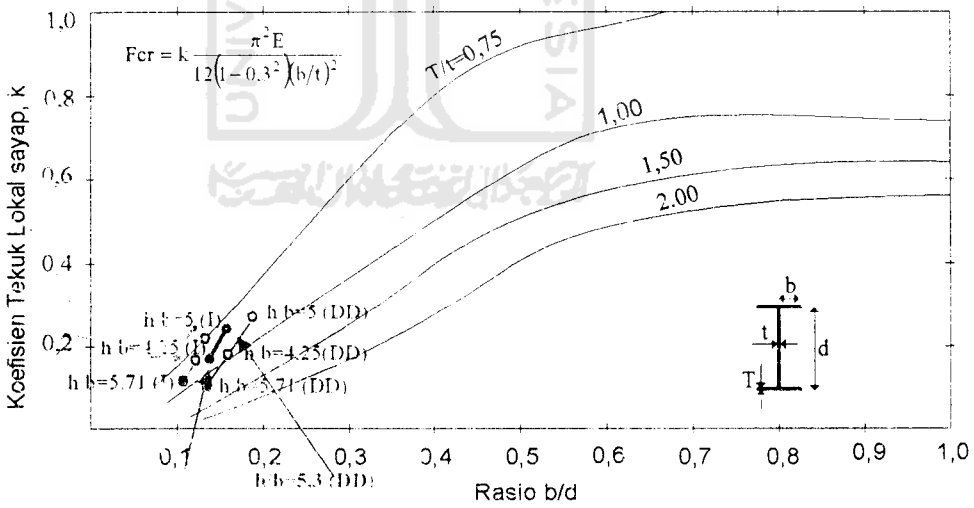
5.2.5 Rasio Nilai Koefisien Tekuk (k) Gelagar Pelat I dan Dobel Delta.

Dengan mengamati tabel 5.9 dan tabel 5.10 didapatkan nilai koefisien tekuk pada pelat sayap adalah 0,2675 untuk pelat I dan pada pelat dobel delta nilai

koefisien tekuk adalah 0,3454. Pada pelat badan nilai koefisien tekuk penampang I adalah 68,4742 dan pada pelat Dobel delta adalah sebesar 58,3789. Dari data tersebut dapat diketahui peningkatan kekakuan pada pelat sayap 1,29 dan pada pelat badan 0,85

Pada penelitian yang diuji oleh saudara **Batra** dengan variasi lebar yang lebih kecil didapatkan bahwa nilai koefisien tekuk pada pelat sayap dan pelat badan akan semakin menurun. Hal ini menunjukan bahwa semakin lebar pelat sayap akan meningkatkan koefisien tekuk pelat sayap maupun pelat badan.

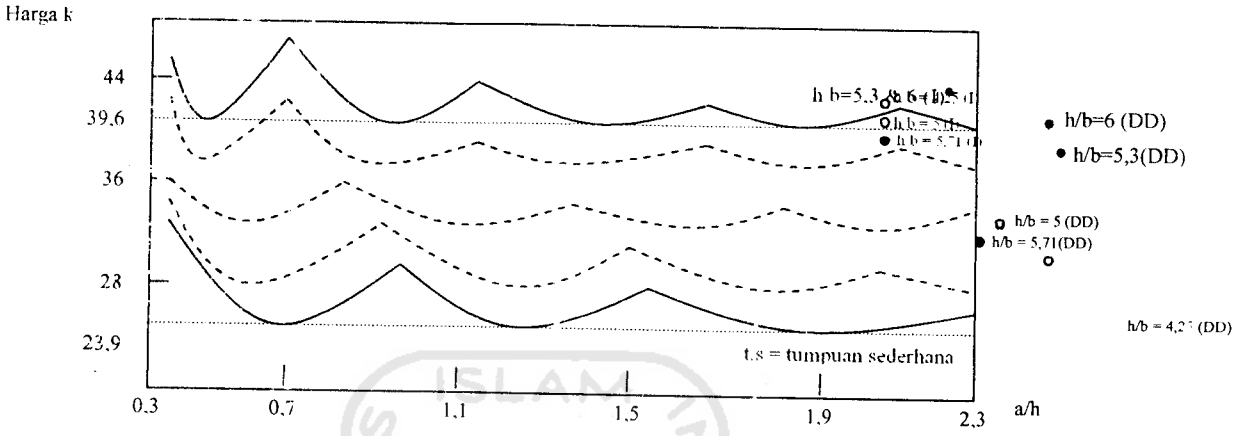
Untuk mengetahui kebenaran penelitian yang telah dilakukan dapat dibuktikan pada penelitian yang telah dilakukan oleh ***N.S Tharair dan M.A Bradford*** **(1988)** yang ditunjukan pada gambar sebagai berikut yaitu :



Gambar 5.14 Koefisien tekuk lokal pada batang lentur

Gambar 5.14 menunjukan bahwa nilai koefisien tekuk pelat dobel delta meningkat daripada pelat I. Hal ini menunjukan bahwa dengan meningkatnya nilai faktor tekuk maka akan meningkatkan tegangan kritis pelat.

Untuk mengetahui kebenaran penelitian nilai koefisien tekuk pada pelat badan dapat dibuktikan pada penelitian yang telah ditetapkan yaitu pada gambar nilai koefisien tekuk terhadap nilai a/h sebagai berikut yaitu :



Gambar 5.15. Koefisien tekuk pelat dalam lentur murni

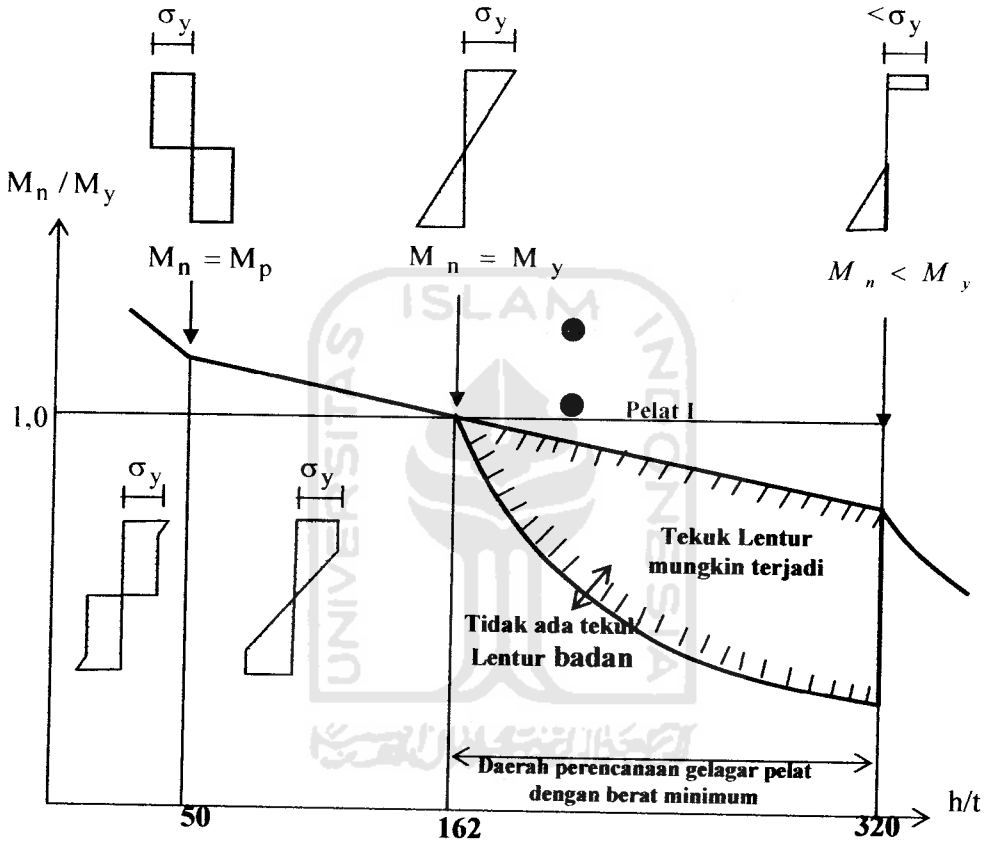
Dari Gambar 5.15 terbukti bahwa nilai kekakuan tekuk pada pelat badan melebihi nilai minimal yang telah diasumsikan awal perencanaan yaitu lebih besar dari 23,9 sehingga menunjukan kebenaran dalam penelitian..

5.2.6 Rasio Momen Batas Terhadap Momen Leleh Versus Kelangsingan.

Setelah didapat nilai momen kritis pada pengujian maka akan didaptkan nilai rasio memen batas terhadap momen lelehnya. Pada perhitungan tercantum pada Tabel 5.17 didapatkan nilai Mn/My pada pelat penempang I adalah sebesar 1,05 dan pada pelat penampang Dobel Delta adalah sebesar 1,35. Sehingga didapat momen batas terhadap momen leleh adalah sebesar 1,29 kali.

Dari penelitian yang diuji oleh Saudara Batra dengan variasi lebar yang lebih kecil didapatkan bahwa nilai rasio momen batas terhadap momen leleh akan semakin kecil. Hal ini ditunjukan pada Tabel 5.17 pada laporan ini.

Untuk mengetahui kebenaran penelitian yang telah dilakukan maka berdasarkan grafik momen batas terhadap momen leleh versus kelangsingan (Gambar 5.16) yang ditetapkan oleh peneliti terdahulu mamka dapat dilakukan pengecekan sebagai berikut yaitu



Gambar 5.16 Hubungan Momen Batas Terhadap Momen Leleh Versus Kelangsingan

Gambar 5.16 menunjukan bahwa pelat I dan Pelat Dobel Delta pada rasio h/b= 5,3 masih mengalami lentur pada badan. Hal ini menunjukan pelat penampang Dobel Delta dan penampang I semi kompak.

5.2.7 Perbandingan Tekuk Lokal Terhadap Nilai Momen Puntir Lateral Terhadap Kerusakan Pelat.

Berdasarkan teori menunjukan bahwa perencanaan gelagar pelat dengan pelat badan dan pelat sayap yang tipis akan mengalami dua kerusakan yaitu kerusakan tekuk lokal pada pelat sayap dan mengalami tekuk puntir lateral. Berdasarkan analisis teoritis didapatkan nilai tekuk lokal pelat I dan Pelat Dobel Delta yang di tunjukkan dalam tabel 5.23 dan tabel 5.24 sebagai berikut :

Tabel 5.23 Momen Batas Terhadap Tekuk Lokal dengan Tekuk Lateral Gelagar Pelat I

Variasi	Mcr Tekuk Puntir Lateral (N.mm)	Mcr Tekuk Lokal (N.mm)
h/b = 5,3	26453545,09	52537250
h/b = 6	18187220,02	49164140

Dari Tabel 5.23 diatas dapat disimpulkan bahwa pelat I cenderung mengalami tekuk puntir lateral hal ini ditunjukan dengan nilai momen berdasarkan tekuk puntir lateral lebih kecil dari momen berdasarkan tekuk lokal. Terbukti bahwa berdasarkan analisis teoritis menunjukan pelat Dobel Delta mengalami tekuk puntir lateral. Untuk lebih memperkuat hasil penelitian dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 5.24 Momen Batas Terhadap Tekuk Lokal Versus Tekuk Lateral Gelagar Pelat Dobel Delta

Variasi	Mcr Tekuk Puntir Lateral (Nmm)	Mcr Tekuk Lokal (Nmm)
h/b = 5,3	34741131,46	69448156
h/b = 6	25448022,85	61783775

Dari Tabel 5.24 Diatas dapat disimpulkan bahwa pelat Dobel Delta cenderung mengalami tekuk puntir lateral hal ini ditunjukan dengan nilai momen berdasarkan tekuk puntir lateral lebih kecil dari momen berdasarkan tekuk lokal. Terbukti bahwa berdasarkan analisis teoritis menunjukan pelat Dobel Delta mengalami tekuk puntir lateral. Untuk lebih memperkuat hasil penelitian dapat dilihat pada lampiran.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan uraian pembahasan yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Dilihat dari besarnya beban yang ditumpu dan lendutan yang terjadi, kekuatan gelagar pelat dobel delta meningkat 1,53 kali terhadap gelagar pelat I.
2. Dengan menambahkan pelat penopang maka kekakuan gelagar pelat dobel delta meningkat 1,27 kali terhadap gelagar pelat I.
3. Penambahan pelat penopang pada sisi pelat sayap dan pelat badan pada gelagar penampang I terbukti dapat meningkatkan momen kritis (Mcr) gelagar pelat penampang Dobel Delta terhadap penampang I hingga 1,73 kali.
4. Nilai tegangan kritis (Fcr) pada gelagar pelat dobel delta meningkat sebesar 1,29 terhadap gelagar pelat I.
5. Penambahan pengaku pada gelagar pelat dobel delta dapat meningkatkan nilai koefisien tekuk pada sayap sebesar 1,29 kali dan koefisien tekuk pada badan 0,85 terhadap gelagar pelat I.
6. Rasio Mn/My yang dimiliki gelagar pelat dobel delta menunjukkan peningkatan sebesar 1,29 kali terhadap gelagar pelat I.

6.2 Saran

Untuk melakukan penelitian lebih lanjut tentang gelagar pelat penampang I dan gelagar pelat penampang dobel delta, maka harus pertimbangkan hal-hal sebagai berikut:

1. Perlu diperhatikan pada pembuatan sample dan saat penyetingan hingga pengujian dilaksanakan agar didapat data yang lebih sempurna.
2. Pada pemasangan dukungan lateral (lateral support) hendaknya dipasang rata dan kuat terhadap gelagar, agar beban sempurna menekan gelagar dan tidak terjadi keruntuhan lateral.
3. Pada penelitian lebih lanjut dapat lakukan perubahan variasi-variasi sampel.
4. Konsentrasi tidak dibatasi dengan panjang gelagar pelat sehingga akan tampak lebih jelas lendutan yang terjadi apabila gelagar lebih panjang.
5. Memberikan penambahan dial saat pengujian pada badan gelagar pelat agar mendapatkan data lendutan lateral yang lebih baik.
6. Pengelasan sample pelat harus benar-benar diperhatikan agar pelat tidak mengalami residu.

DAFTAR PUSTAKA

Charles G. Salmon dan John E. Johnson, Wira, 1996, STRUKTUR BAJA 1 dan 2 Edisi Ketiga, Gramedia, Jakarta.

Edwin H. Gaylord, Jr, 1992, DESIGN OF STEEL STRUCTURES, McGraw-Hill Companies.Inc,Singapore

Friedrich Bleich, 1952, BUCKLING STRENGTH OF METAL STRUCTURES, United Engineering Trustees, Inc, USA

Gere dan Timoshenko, Hans J. Wospakrik, 1987, MEKANIKA BAHAN Edisi kedua Versi SI Jilid 1, Erlangga, Jakarta.

Hand Book of Mechanics, Materials and Structures, Alexander Blake,1985, John Willey & Sons, Inc, USA.

Joseph E. Bowles, 1985, DISAIN BAJA KONSTRUKSI, Erlangga, Jakarta

Load and Resistance Factor Design Spesification For Structural Steel Building (AISC), 2000, American Institute of Steel Construction, USA.

L. Spiegel dan Limbrunner, 1991, DESAIN BAJA STRUKTURAL TERAPAN, PT Eresco, Bandung

Michael Bruneau, att all, 1998, DUCTILE DESIGN OF STEEL STRUCTURES, McGraw-Hill Companies. Inc, New York.

Stephen P. Timoshenko, James M. Gere, 1961, THEORY OF ELASTIC STABILITY, McGraw-Hill Book Company, Inc. New York.

Suharyanto, Jurnal TEKNISIA, STABILITAS Balok dan Kolom, 2001, FTSP UII, Jogjakarta

S. Timoshenko, S. Woinowsky, Krieger, S. Hindarko, 1988, TEORI PELAT DAN CANGKANG Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta.

LAMPIRAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN : TEKNIK SIPIL, ARSITEKTUR, TEKNIK LINGKUNGAN
KAMPUS : Jalan Kaliurang KM 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707, 896440. Fax: 895330
Email : dekanat@ftsp.uii.ac.id. Yogyakarta Kode Pos 55584

FM-UII-AA-FPU-09

Nomor : 165 /Kajur.TS.20/ Bg.Pn./ XII /2006 Jogjakarta, 11-Dec-06
Lamp. : -
H a l : BIMBINGAN TUGAS AKHIR
Periode Ke : II (Des.06 - Mei.07)

Kepada .
Yth. Bapak / Ibu : Fatkhurrohman N,Ir,MT
di –

Jogjakarta

Assalamu'alaikum Wr.Wb.
Dengan ini kami mohon dengan hormat kepada Bapak / Ibu Agar Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan tersebut di bawah ini :

Na m a	:	Muchamad Abdul Kholik
No. Mhs.	:	02 511 051
Bidang Studi	:	Teknik Sipil
Tahun Akademi	:	2006 - 2007

dapat diberikan petunjuk- petunjuk, pengarahan serta bimbingan dalam melaksanakan Tugas Akhir. Kedua Mahasiswa tersebut merupakan satu kelompok dengan dosen pembimbing sebagai berikut :

Dosen Pembimbing I	:	Fatkhurrohman N,Ir,MT
Dosen Pembimbing II	:	Fatkhurrohman N,Ir,MT

Dengan Mengambil Topik /Judul :

Rasio Kapasitas Lentur Gelagar Pelat Penampang I Dan Penampang Dobel Delta Dengan Rasio Tinggi Terhadap Lebar (h/b) : ~~6~~ 5,3

Demikian atas bantuan serta kerjasamanya diucapkan terima kasih

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

An.Dekan
Ketua Jurusan Teknik Sipil

Ir.H. Faisol AM,MS

Tembusan
1) Dosen Pembimbing ybs
2) Mahasiswa ybs
3) Arsip. 11-Dec-06
4) Sampai Akhir Mei 2007

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JL.KALIURANG KM.14,4 TELP.895042
EMAIL : FTSP.UII.AC.ID JOGJAKARTA KODE POS 55584

FM-UII-AA-FPU-09

UNTUK MAHASISWA

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

	NAMA	NO.MHS.	BID.STUDI
)	Muchamad Abdul Kholik	02 511 051	Teknik Sipil

JUDUL TUGAS AKHIR

Rasio Kapasitas Lentur Gelagar Pelat Penampang I Dan Penampang Dobel Delta Dengan Rasio Tinggi terhadap Lebar (h/b) : ~~6~~ 5,3

PERIODE KE	:	II (Des.06- Mei.07)
TAHUN	:	2006 - 2007
Sampai Akhir Mei 2007		

No.	Kegiatan	Bulan Ke :					
		Des.	Jan.	Peb.	Mar.	Apr.	Mei.
1	Pendaftaran						
2	Penentuan Dosen Pembimbing						
3	Pembuatan Proposal						
4	Seminar Proposal						
5	Konsultasi Penyusunan TA.						
6	Sidang - Sidang						
7	Pendadaran						

Dosen Pembimbing I : Fatkhurrohman N,Ir,MT

Dosen Pembimbing II : Fatkhurrohman N,Ir,MT



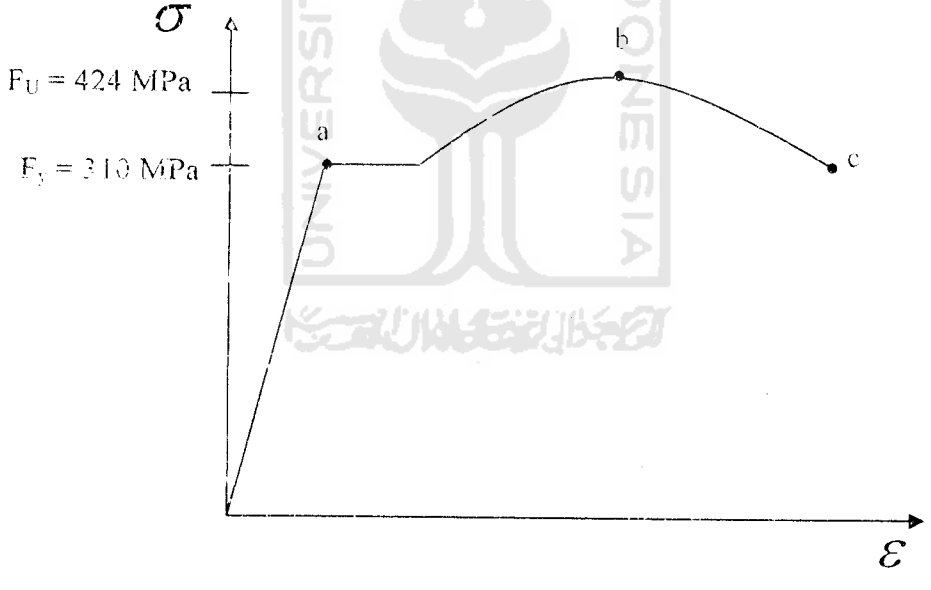
Jogjakarta ,11-Dec-06
a.n. Dekan

Ir.H.Faisol AM, MS

Catatan	:	
Seminar	:	
Sidang	:	
Pendadaran	:	

HASIL HITUNGAN UJI TARIK BAJA DAN UJI TARIK LAS

Pengujian ini dilakukan untuk melihat seberapa besar kekuatan tarik pelat baja dengan tebal 2mm dan 3mm. pengujian dilakukan di Laboratorium Bahan Konsruksi Teknik Universitas Islam Indonesia Jogjakarta. Adapun grafik (tanpa skala) yang digunakan sebagai acuan dalam menentukan kuat tarik baja (tebal=3mm) sebagai berikut:



Keterangan:

a = Beban mencapai titik leleh

b = Beban maksimum

c = Beban patah akibat kuat tarik

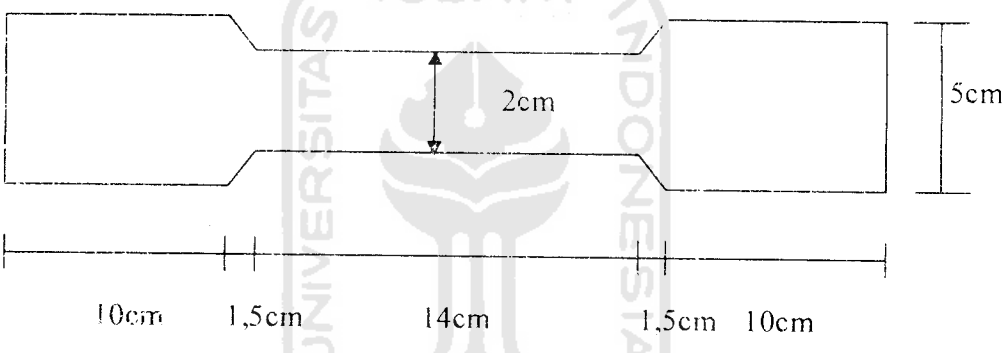
Persamaan yang mendukung teori tersebut adalah:

$$F_y = \frac{Bebanluluh}{A}$$

$$F_u = \frac{Bebanmaksimum}{A}$$

1. Uji Tarik Baja

a. **Pelat Baja 2mm**



Gambar benda uji tarik

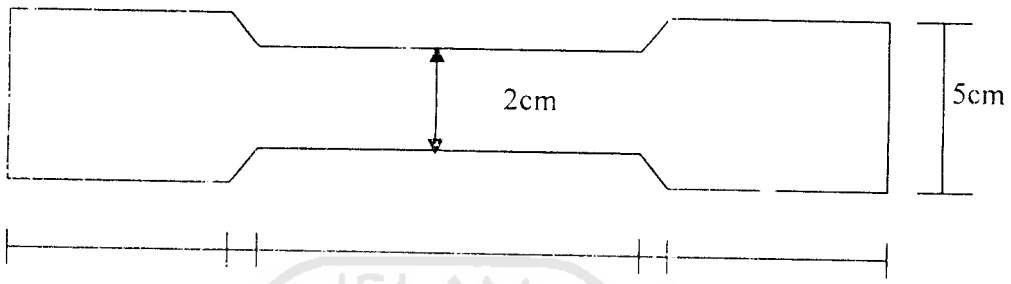
Diketahui bahwa:

T = 0,2 cm

A = 2 cm x 0,2 cm = 0,4 cm^2 = 40 mm^2

P leleh (N)	P maks (N)	P patah (N)	$F_y = \frac{P_{leleh}}{A}$ (N/mm^2)	$F_u = \frac{P_{max}}{A}$ (N/mm^2)
11994	14193	2230	300	355

b. **Pelat Baja 3mm**



Gambar benda uji tarik

Diketahui bahwa:

T = 0,3 cm

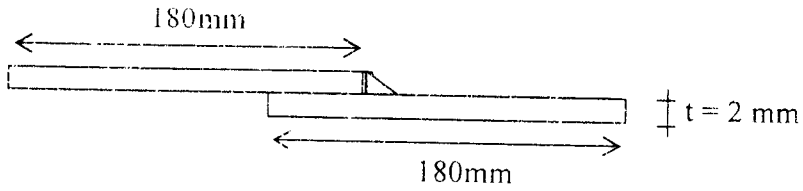
A = 2 cm x 0,3 cm = 0,6 cm^2 = 60 mm^2

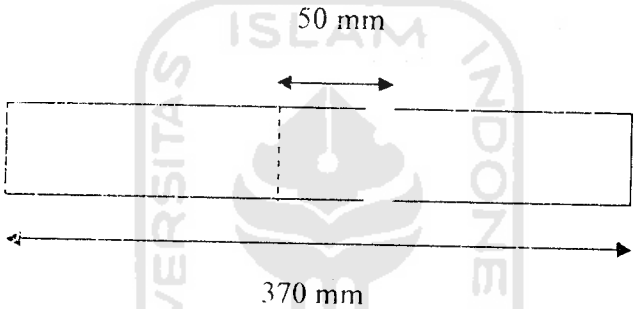
Tabel hasil uji tarik baja

P leleh (N)	P maks (N)	P patah (N)	$F_y = \frac{P_{leleh}}{A}$ (N/mm^2)	$F_u = \frac{P_{max}}{A}$ (N/mm^2)
18716,5	25467,5	18915	310	425

2. Uji Tarik Las

a. Pelat Baja 2mm





Diketahui:

Lebar las = 3 cm = 30 mm

Ketebalan Las (h) = $t \times \cos 45^{\circ} = t \times 0{,}5\sqrt{2}$ = $2 \times 0{,}5\ \sqrt{2}$ = 1,41 mm

Luasan (A) = 1,41 mm x 30 mm = 42,43 mm^2

Tabel hasil uji las

P maks	**Fu = $\frac{P_{max}}{A}$ (N/mm^2 atau Mpa)**
17972,1	424

PERHITUNGAN BENDA UJI

1. Perhitungan Luas, Titik Berat Dan inersia Penampang

1.1. Perhitungan Luas dan Titik Berat Penampang I dan Dobel Delta.

Diketahui :

h = 400 mm

B = 75 mm

t_w = 2 mm

t_f = 3 mm

d = 406 mm

❖ **Penampang I.**

Pelat Sayap

A_1 = 2 x (75 x 3) = 450 mm^2

A_2 = 400 x 2 = 800 mm^2.

A_{total} = 1250 mm^2.

❖ **Penampang Dobel Delta.**

A_1 = 2 x (75 x 3) = 450 mm^2

A_2 = 400 x 2 = 800 mm^2.

A_3 = 4 x (2 x $\sqrt{37.5^2 + 37.5^2}$) = 424.26 mm^2.

A_{total} = 1674,26 mm^2.

Titik Berat Penampang I ≈ Penampang Dobel Delta.

X_1 = 200 mm.

Y_1 = 37.5 mm

1.2. Perhitungan Inersia Sumbu Kuat dan Lemah Penampang I dan Dobel Delta.

❖ **Penampang I.**

Momen Inersia Sumbu Kuat

$$I_{xI} = \frac{1}{12} t_w .(h)^3 + \frac{1}{6} b.t_f^3 + 2.b.t_f .(\frac{h}{2} + \frac{t_f}{2})^2$$

$$I_{xI} = \frac{1}{12} 2(400)^3 + \frac{1}{6} 75.3^3 + 2(75.3)x\left(\frac{400}{2} + \frac{3}{2}\right)^2$$

$$I_{xI} = 29052930.82 \text{ mm4.}$$

Momen Inersia Sumbu Lemah

$$I_{yI} = \frac{1}{12}(d)t_w^3 + \frac{1}{6} t_f b^3$$

$$I_{yI} = \frac{1}{12}(400)2^3 + \frac{1}{6}3(75^3)$$

$$I_{yI} = 211204.1667 \text{ mm}^4.$$

❖ **Penampang Dobel Delta.**

Momen Inersia Sumbu Kuat

$$I_{xDD} = I_{xI} + \left(\frac{1}{24} t_w .b^3 + 2.t_w .b.(\frac{h}{2} - \frac{b}{4})^2\right)$$

$$I_{xDD} = 29052930.82 + \frac{1}{24}(2)75^3 + 2(2)(75)(\frac{400}{2} - \frac{75}{4})^2$$

$$I_{xDD} = 38993306.65 \text{ mm4.}$$

Momen Inersia Sumbu Lemah

$$I_{yDD} = I_{yI} + \frac{1}{6}(t_w)b^3$$

$$I_{yDD} = 211204.1667 + \frac{1}{6}(2)75^3$$

$$I_{yDD} = 351829.1667 \text{ mm}^4.$$

1.2. Perhitungan Inersia Sumbu Kuat dan Lemah Penampang I dan Dobel Delta.

❖ **Penampang I.**

Momen Inersia Sumbu Kuat

$$I_{xI} = \frac{1}{12} t_w .(h)^3 + \frac{1}{6} b.t_f^{\ 3} + 2.b.t_f \left(\frac{h}{2} + \frac{t_f}{2}\right)^2$$

$$I_{xI} = \frac{1}{12} 2(400)^3 + \frac{1}{6} 75.3^3 + 2(75.3)x\left(\frac{400}{2} + \frac{3}{2}\right)^2$$

$$I_{xI} = 29052930.82 \text{ mm4.}$$

Momen Inersia Sumbu Lemah

$$I_{yI} = \frac{1}{12}(d)t_w^{\ 3} + \frac{1}{6} t_f b^3$$

$$I_{yI} = \frac{1}{12}(400)2^3 + \frac{1}{6}3(75^3)$$

$$I_{yI} = 211204.1667 \text{ mm}^4.$$

❖ **Penampang Dobel Delta.**

Momen Inersia Sumbu Kuat

$$I_{xDD} = I_{xI} + \left(\frac{1}{24} t_w .h^3 + 2.t_w .b.\left(\frac{h}{2} - \frac{b}{4}\right)^2\right)$$

$$I_{xDD} = 29052930.82 + \frac{1}{24}(2)75^3 + 2(2)(75)\left(\frac{400}{2} - \frac{75}{4}\right)^2$$

$$I_{xDD} = 38993306.65 \text{ mm4.}$$

Momen Inersia Sumbu Lemah

$$I_{yDD} = I_{yI} + \frac{1}{6}(t_w)b^3$$

$$I_{yDD} = 211204.1667 + \frac{1}{6}(2)75^3$$

$$I_{yDD} = 351829.1667 \text{ mm4.}$$

2. Perhitungan Momen Batas

2.1. Perhitungan Momen Batas Berdasarkan Tekuk Lokal Penampang I dan Dobel Delta.

❖ **Penampang I.**

Diketahui :

E = $2,1x10^5$ kg/mm^2

μ = 0,3

a) Tegangan kritis elastis pelat sayap.

K = 0,425 (tumpuan dimisalkan sendi dan bebas)

$$F_{cr} = \frac{k\pi^2 E}{12(1-\mu^2)\left(\frac{b}{2t_f}\right)^2} = \frac{0.425\pi^2 2.1x10^5}{12(1-0.3^2)\left(\frac{75}{2x3}\right)^2}$$

= 516,26 Mpa > 310 Mpa

$F_{cr\ pakai}$ = 310 Mpa.

b) Tegangan kritis pelat badan.

K = 25,9 (tumpuan dimisalkan sendi dan sendi)

$$F_{cr} = \frac{\left(\left(\frac{h}{2}\right)-t_f\right)}{\left(\frac{h}{2}\right)} xF_{crf} = \frac{\left(\left(\frac{400}{2}\right)-3\right)}{\left(\frac{400}{2}\right)} x310$$

= 305,35 Mpa > 300 Mpa

$F_{cr\ pakai}$ = 300 Mpa.

Momen batas (M_{cr}) berdasarkan tekuk local penampang I adalah

$$M_{crl.} = b.t_f(F_{crf})(d-tf) + \frac{1}{4}t_w(h)^2 F_{crw}$$

$$M_{crl.} = 75.3(310)(406-3) + \frac{1}{4}2(400)^2 300$$

M_{crl} = 52109250 Nmm

❖ **Penampang Dobel Delta.**

E = $2,1x10^5$ kg/mm^2.

μ = 0,3

a) Momen batas tekuk lokal pelat sayap.

k = 4

$$F_{cr1} = \frac{k\pi^2 E}{12(1-\mu^2)\left(\frac{b}{2t_f}\right)^2} = \frac{4\pi^2 2,1x10^5}{12(1-0,3^2)\left(\frac{75}{2x3}\right)^2}$$

F_{cr1} = 4858,8822 Mpa > 310 Mpa

$F_{cr1pakai}$ = 310 Mpa.

$M_{cr1} = t_f.b(d-t_f)F_{cr1}$ = 3 x 75 x (406-3) x 310

M_{cr1} = 28109250 Nmm

b) Tegangan kritis elastis pelat penopang.

k = 4

$$F_{cr2} = \frac{k\pi^2 E}{12(1-\mu^2)\left(\frac{b_2}{t_w}\right)^2} = \frac{k\pi^2 E}{12(1-\mu^2)\left(\frac{\left(\sqrt{(b/2)^2+(b/2)^2}\right)}{2}\right)^2}$$

$$= \frac{4\pi^2 2,1x10^5}{12(1-0,3^2)\left(\frac{\left(\sqrt{(75/2)^2+(75/2)^2}\right)}{2}\right)^2}$$

F_{cr2} = 1079,7516 Mpa > 300 Mpa

$F_{cr2pakai}$ = 300 Mpa.

$$M_{cr2} = 2xt_w x\sqrt{\left(\frac{h}{2}\right)^2+\left(\frac{h}{2}\right)^2}\,x\left(h-\left(\frac{h}{2}\right)\right)xF_{cr2}$$

$$= 2x2x\sqrt{\left(\frac{75}{2}\right)^2+\left(\frac{75}{2}\right)^2}\,x\left(400-\left(\frac{75}{2}\right)\right)x300$$

M_{cr2} = 23069358,74 Nmm

c) Tegangan kritis pelat badan 1.

k = 23,9

$h_1 = \frac{b}{2} = \frac{75}{2} = 37,5$ mm

$F_{cr2} = \frac{k\pi^2 E}{12(1-\mu^2)\left(\frac{h_1}{t_w}\right)^2} = \frac{23,9\pi^2 2,1x10^5}{12(1-0,3^2)\left(\frac{37,5}{2}\right)^2}$

F_{cr3} = 12903,0315 Mpa > 300 Mpa.

F_{cr3} = 300 Mpa.

$M_{cr3} = (\frac{b}{2} \times t_w)F_{cr3}(h-h_1) = (\frac{75}{2} \times 2)300(400-37,5)$

M_{cr3} = 8156250 Nmm

d) Tegangan kritis pelat badan 2.

k = 23,9

$h_2 = h - \left(\frac{b}{2} \times 2\right) = 400 - \left(\frac{75}{2} x2\right) = 325$ mm

$F_{cr4} = \frac{k\pi^2 E}{12(1-\mu^2)\left(\frac{h_2}{t_w}\right)^2} = \frac{23,9\pi^2 2,1x10^5}{12(1-0,3^2)\left(\frac{325}{2}\right)^2}$

F_{cr4} = 171,9242 Mpa < 300 Mpa

$F_{cr4pakai}$ = 171,9242 Mpa.

$M_{cr4} = \frac{1}{4}t_w(h_2)^2 F_{cr4} = \frac{1}{4} \times 2 \times (325)^2 \times 171,9242$

M_{cr4} = 9079748,823 Nmm.

$M_{crtotal} = M_{cr1} + M_{cr2} + M_{cr3} + M_{cr4}$

$M_{crtotal}$ = 28109250 + 23069358,74 + 8156250 + 9079748,823

= 68414607,56 Nmm ≈ 68414608 Nmm

2.2. Perhitungan Momen Batas Berdasarkan Tekuk Puntir Penampang I dan Dobel Delta.

Diketahui :

E = $2,1x10^5$ kg/mm^2

μ = 0.3.

L_b = 1550 mm

$$G = \frac{E}{2(1+\mu)} = \frac{2,1x10^5}{2(1+0,3)} = 8,08 \times 10^4 \text{ kg/mm}^2$$

❖ **Penampang I.**

I_y = 211204,1667 mm^4.

$$C_w = \frac{1}{12} t_f (b^3) \left(\frac{h^2}{4}\right) = \frac{1}{12} \times 3 \times (75^3) \times \left(\frac{400^2}{4}\right)$$

C_w = 4218750000 mm^3

$$J = \frac{1}{3} h (t_w)^3 + 2 \times \frac{1}{3} b (t_f)^3 = \frac{1}{3} \times 400 \times (2)^3 + 2 \times \frac{1}{3} \times 75 \times (3)^3$$

J = 2416,67 mm^4.

$$M_{crl\ puntir} = \frac{\pi}{Lo} \sqrt{\left(\frac{\pi E}{Lb}\right)^2 C_w I_y + E I_y G J}$$

M_{crl} puntir =

$$\frac{\pi}{1550} \sqrt{\left(\frac{\pi 2,1x10^5}{1550}\right)^2 \times 4218750000 \times 211204,1667 + 2,1x10^5 \times 211204,1667 \times 8,08x10^4 \times 2416,67}$$

M_{crl} puntir = 26453545,99 N.mm

❖ **Penampang Dobel Delta.**

I_{yDD} = 351829,1667 mm4

$$C_w = \frac{1}{12} t_f (b^3) \left(\frac{h^2}{4}\right) + \frac{1}{6} t_w \left(\frac{b}{2}\right)^3 \left(\frac{h}{2} - \frac{b}{4}\right)^2$$

$$C_w = \frac{1}{12} \times 3 \times (75^3) \left(\frac{400^2}{4}\right) + \frac{1}{6} \times 2 \times \left(\frac{75}{2}\right)^3 \times \left(\frac{400}{2} - \frac{75}{4}\right)^2$$

C_w = 4234149170 mm^6.

$$J = \frac{1}{3} h(t_w)^3 + \frac{2}{3} b(t_f)^3 + 4(0,7 \text{ x } b)(t_w)^3$$

$$J = \frac{1}{3} 400(2)^3 + \frac{2}{3} 75(3)^3 + 4 (0,7 \text{ x } 75)(2)^3$$

J = 4096,67 mm^4.

$$\text{Mcr puntir} = \frac{\pi}{Lb} \sqrt{\left(\frac{\pi E}{Lb}\right)^2 C_w I_{yDD} + EI_{yDD} GJ}$$

M_{crDD} puntir =

$$\frac{\pi}{1550} \sqrt{\left(\frac{\pi \times 2,1x10^5}{1550}\right)^2 4234149170 \times 351829,1667 + 2,1x10^5 \times 351829,1667 \times 8,08 \times 10^4 \times 4096,67}$$

M_{crDD} puntir = 34741131,46 Nmm

CATATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR

NO	TANGGAL	KONSULTASI KE :
		Mx. cari dlm Jurnal CARI Jurnal : ASCE, ASCE --- Buat grafik. plot dg hasil publish terdahulu Sidang (Seminar proposal) Buat laporan hasil Pendahuluan, BAB - dr rev Landasan Teori Laporan metodelogi Sidang hasil Pendadaran

3. Perhitungan Beban Maksimum Teoritis Berdasarkan Lentur

3.1.Gelagar Pelat Profil I

❖ Momen Inersia Sumbu Kuat

$$I_{xI} = \frac{1}{12} t_w .(h)^3 + \frac{1}{6} b.t_f^{\ 3} + 2.b.t_f .(\frac{h}{2} + \frac{t_f}{2})^2$$

$$I_{xI} = \frac{1}{12} 2(400)^3 + \frac{1}{6} 75.3^3 + 2(75.3)x\left(\frac{400}{2} + \frac{3}{2}\right)^2$$

I_{xI} = 29052930,82 mm4.

❖ Pada Pelat Sayap

K = 0,425 (tumpuan dimisalkan sendi dan bebas)

$$F_{cr} = \frac{k\pi^2 E}{12(1-\mu^2)\left(\frac{b}{2t_f}\right)^2} = \frac{0{,}425\pi^2 2{,}1x10^5}{12(1-0{,}3^2)\left(\frac{75}{2x3}\right)^2}$$

= 516,2562 Mpa > 310 Mpa

$\sigma_{cr\ pakai}$ = 310 Mpa.

❖ Pada Pelat Badan.

K = 23,9 (tumpuan dimisalkan sendi dan sendi)

$$F_{crbadan} = \frac{k\pi^2 E}{12(1-\mu^2)\left(\frac{h}{t_w}\right)^2} = \frac{23{,}9\pi^2 2{,}1x10^5}{12(1-0{,}3^2)\left(\frac{400}{2}\right)^2}$$

$F_{crbadan}$ = 113,405 Mpa < 300 Mpa

❖ P_{max} Pada Pelat Sayap

$$P_{max} = \frac{6xF_{cr_{sayap}}xI_x}{LY_1} = \frac{6x310x29052930{,}82}{4650x203}$$

= 57247,1543 N

P_{max} = 57,2472 kN

❖ P_{max} Pada Pelat Badan

$$P_{max} = \frac{6xF_{cr_{badan}}xI_x}{LY_1} = \frac{6x113,405x29052930.82}{4650x200}$$

$$= 21256.4363 \text{ kN}$$

P_{max} = 21,2564 kN

❖ P_{max} Teoritis

Dipakai Pmak dengan nilai yang minimum yaitu :

$P_{max\ sayap} < P_{max\ badan}$ ≠ 57,2472 kN > 21,2564 kN

Maka **$P_{max\ pakai}$ = 21,2564 kN**

3.2.Gelagar Pelat Profil Dobel Delta

- Momen Inersia Sumbu Kuat

$$I_{xDD} = I_{xI} + \left(\frac{1}{24}t_w.h^3 + 2.t_w.b.(\frac{h}{2} - \frac{b}{4})^2\right)$$

$$I_{xDD} = 29052930,82 + \frac{1}{24}(2)75^3 + 2(2)(75)(\frac{400}{2} - \frac{75}{4})^2$$

$$I_{xDD} = 38993306,65 \text{ mm4.}$$

- Pada Pelat Sayap

K = 4

$$F_{cr1} = \frac{k\pi^2 E}{12(1-\mu^2)\left(\frac{b}{2t_f}\right)^2} \qquad \frac{4\pi^2 2,1x10^5}{12(1-0,3^2)\left(\frac{75}{2x3}\right)^2}$$

F_{cr1} = 4358,8822 MPa > 310 MPa .

$F_{cr1\ pakai}$ = 310 Mpa.

- Pada Pelat Badan.

K = 23,9 (tumpuan dimisalkan sendi dan sendi)

$$F_{crbadan} = \frac{k\pi^2 E}{12(1-\mu^2)\left(\frac{h}{t_w}\right)^2} = \frac{23{,}9\pi^2 2{,}1x10^5}{12(1-0{,}3^2)\left(\frac{325}{2}\right)^2}$$

$F_{crbadan}$= 171,7859 Mpa < 300 Mpa

- Pmax Pada Pelat Sayap

$$P_{max} = \frac{6xF_{cr_{sayap}}xI_x}{LY_1} = \frac{6x310x38993306{,}65}{4650x203}$$

= 76834,1018 N

P_{max} = 76,8341 kN

- Pmax Pada Pelat Badan

$$P_{max} = \frac{6xF_{cr_{badan}}xI_x}{LY_1} = \frac{6x171{,}7859x38993306{,}65}{4650x162{,}5}$$

= 53189,0841 N.

P_{max} = 53,1891 kN

- P_{max} Teoritis

Dipakai Pmak dengan nilai yang minimum yaitu :

$P_{max\ sayap}$ < $P_{max\ badan}$ ≠ 76,8341 kN > 53,1891 kN

Maka **$P_{max\ pakai}$ = 53,1891 kN**

4. Perhitungan Beban Teoritis Berdasarkan Tegangan Geser

4.1 Gelagar Pelat Profil I.

V_{cr} = A_w x F_{cr}

A_w = h x t_w = 400 x 2 = 800 mm^2.

Bila dipakai a = 775 mm

Untuk a/h = 775 / 400 = 1,9375 > 1 maka;

$$k = 5{,}34 + \frac{4}{(a/h)^2} = 5{,}34 + \frac{4}{(1{,}9375)^2}$$

k = 6,405

$$F_{cr} = \frac{k\pi^2 E}{12(1-\mu^2)\left(\frac{h}{t_w}\right)^2} = \frac{6{,}405\pi^2 2{,}1x10^5}{12(1-0.3^2)\left(\frac{400}{2}\right)^2}$$

F_{cr} = **30,39 Mpa** < 300 MPa

Jadi gaya geser teoitis sebesar

V_{cr} = A_w x F_{cr} = 800 x 30,39

V_{cr} = 24313,4 N ≈ 24,4 kN

P = Vcr x 2 = 24,3 x 2 = **48,6 kN.**

4.2. Gelagar Pelat Profil Dobel Delta

V_{cr} = A_w x F_{cr}

A_{w1} = h x t_w = 325 x 2 = 650 mm^2.

A_{w2} = h x t_w = 37,5 x 2 = 75 mm^2.

- Pada badan dengan h = 325 mm

Bila dipakai a = 775 mm

Untuk a/h = 775 / 325 = 2,38 > 1 maka;

$$k = 5,34 + \frac{4}{(a\ h)^2} = 5,34 + \frac{4}{(2,38)^2}$$

$$k = 6,05$$

$$F_{cr1} = \frac{k\pi^2 E}{12(1-\mu^2)\left(\frac{h}{t_w}\right)^2} = \frac{6,05\pi^2 2,1x10^5}{12(1-0,3^2)\left(\frac{325}{2}\right)^2}$$

F_{cr1} = 43,49 Mpa < 300 Mpa

$F_{cr1\ pakai}$= 43,49 Mpa

- Pada badan dengan h = 37,5 mm

Untuk a/h = 775 / 37,5 = 20,67 > 1 maka;

$$k = 5,34 + \frac{4}{(a\ h)^2} = 5,34 + \frac{4}{(20,67)^2}$$

$$k = 5,35$$

$$F_{cr2} = \frac{k\pi^2 E}{12(1-\mu^2)\left(\frac{h}{t_w}\right)^2} = \frac{5,35\pi^2 2,1x10^5}{12(1-0,3^2)\left(\frac{37,5}{2}\right)^2}$$

F_{cr2} = 2888,3 Mpa > 300 MPa

$F_{c-2pakai}$ = 300 Mpa

Jadi gaya geser teoitis sebesar

V_{cr1} = A_w x F_r

= 650 x 43,49 = 28268,5 N = 28,27 kN

V_{cr2} = A_w x F_{cr}

= 75 x 300 = 22500 N = 22,5 kN

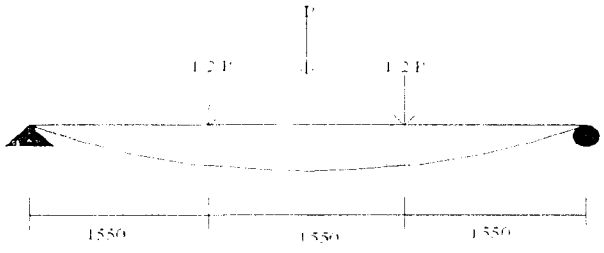
$V_{cr\ total}$ = V_{cr1} + V_{cr2}

= 28,27 + 22,5 = 50,77 kN

P = V_{cr} x 2

= 50,77 x 2 = **102,54 kN**

5. PERHITUNGAN LENDUTAN TEORITIS



1. Gelagar Pelat I

$P = 21,2564$ kN = 21256,4 N

E $= 2,1x10^5$ MPa.

$I_x = 29052930,82$ mm^4.

$EI = 2,1x10^5 \, x29052930,82 = 6,1x10^{12}$ N/mm^2.

L = 4650 mm

$$\Delta = \frac{23 \times P \times L^3}{1296 \times EI} = \frac{23x21256,4x4650^3}{1296x6,1x10^{12}} = 6,22 \text{ mm}$$

2. Gelagar Pelat Dobel Delta

$P = 53,1891$ kN = 53189,1 N

E $= 2,1x10^5$ MPa.

$I_x = 38993306,65$ mm^4.

$EI = 2,1x10^5 \, x38993306,65 = 8,19x10^{12}$ N/mm^2.

L = 4650 mm

$$\Delta = \frac{23 \times P \times L^3}{1296 \times EI} = \frac{23x53189,1x4650^3}{1296x8,19x10^{12}} = 11,5^{\circ} \text{ mm}$$

6. Perhitungan Hubungan Momen – Kelengkungan Secara Teoritis

6.1.Gelagar Pelat I

Kondisi elastis

M $= F_{cr} \times S_x$

F_{cr} = 305,35 MPa < 310 Mpa

I_x = 29052930,82 mm^4.

Y = 203 mm

$$S_x = \frac{I_x}{Y} = \frac{29052930,82}{203} = 143117,89 \text{ mm}^3.$$

$$M = 305,35 \times 143117,89 = 43701047,71 \text{ kNmm}$$

Nilai regangan

$$\varepsilon = \frac{F}{E} = \frac{305,35}{2,1x10^5} = 1,45x10^{-03}.$$

Nilai Kelengkungan

$$\phi = \frac{\varepsilon}{h/2} = \frac{1,45x10^{-03}}{400/2} = 7,27 \text{ x}10^{-06} \text{ 1/mm}.$$

6.2.Gelagar Pelat Dobel Delta

Kondisi elastis

M $= F_{cr} \times S_x$

F_{cr} = 171,9242 MPa < 310 Mpa

I_x = 38993306,65 mm^4.

Y = 203 mm

$$S_x = \frac{I_x}{Y} = \frac{38993306,65}{203} = 192085,25 \text{ mm}^3.$$

$$M = 171,9242 \times 192085,25 = 3024102,94 \text{ kNmm}$$

Nilai regangan

$$\varepsilon = \frac{F}{E} = \frac{171,9242}{2,1x10^5} = 8,19x10^{-04}.$$

Nilai Kelengkungan

$$\phi = \frac{\varepsilon}{h/2} = \frac{8,19x10^{-04}}{325/2} = 4,65x10^{-06} \text{ 1/mm}.$$

HASIL PEMBEBANAN BENDA UJI

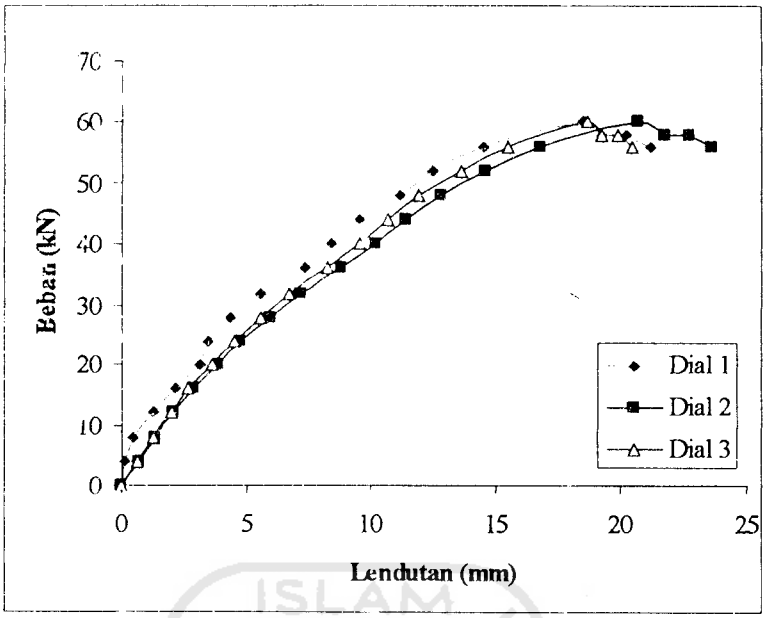
Hasil Pengujian Beban Lendutan

1. Gelagar Pelat I

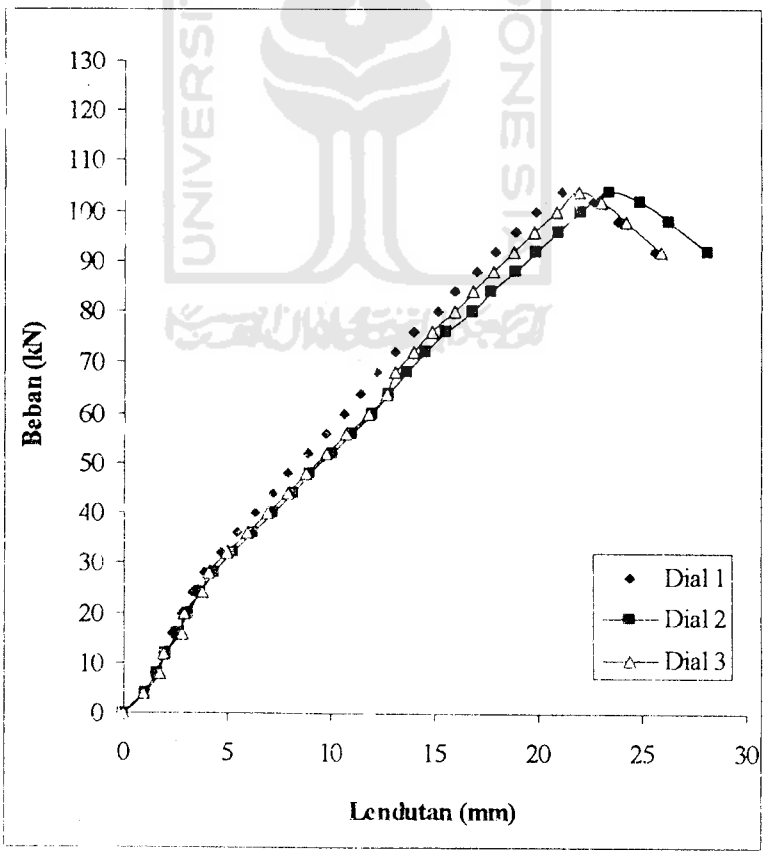
Beban	Lendutan (mm)		
kN	Dial 1	Dial 2	Dial 3
0	0,00	0,00	0,00
4	0,20	0,70	0,65
8	0,47	1,36	1,29
12	1,31	2,15	1,99
16	2,21	2,90	2,71
20	3,17	3,87	3,62
24	3,47	4,81	4,53
28	4,40	5,98	5,58
32	5,62	7,21	6,74
36	7,35	8,85	8,28
40	8,44	10,24	9,57
44	9,55	11,48	10,72
48	11,20	12,85	11,94
52	12,50	14,63	13,62
56	14,55	16,80	15,54
60	18,50	20,67	18,63
58	19,21	21,74	19,26
58	20,20	22,76	19,92

2. Gelagar Pelat Dobel Delta

Beban	Lendutan (mm)		
kN	Dial 1	Dial 2	Dial 3
0	0	0	0
4	1,01	1,06	0,94
8	1,53	1,62	1,79
12	1,92	2,08	1,96
16	2,38	2,61	2,82
20	2,82	3,10	2,99
24	3,35	3,76	3,80
28	3,90	4,37	4,10
32	4,69	5,29	5,02
36	5,50	6,23	5,97
40	6,36	7,21	6,93
44	7,22	8,23	7,92
48	7,91	8,99	8,83
52	8,95	10,12	9,85
56	9,76	11,03	10,83
60	10,71	12,05	11,83
64	11,50	12,88	12,78
68	12,25	13,70	13,10
72	13,13	14,65	14,00
76	14,01	15,59	14,92
80	15,19	16,89	15,98
84	16,02	17,79	16,90
88	17,03	18,89	17,87
92	17,94	19,86	18,85
96	18,96	20,95	19,81
100	19,95	22,05	20,85
104	21,19	23,43	21,93
102	22,60	24,90	23,05
98	23,85	26,27	24,25
92	25,60	28,18	25,92



Grafik Beban – Lendutan Gelagar Pelat I



Grafik Beban – Lendutan Gelagar Pelat Dobel Delta

PERHITUNGAN KOEFISIEN TEKUK HASIL UJI

1. Gelagar Pelat Profil I

Diketahui data-data hasil pengujian sebagai berikut :

P_{max} = 60 kN

L = 4650 mm

I_x = 29052930,82 mm^4.

Y = 203 mm

$M_{cr} = \frac{1}{6} \times P_{max} \times L = \frac{1}{6} \times 60 \times 4650$

M_{cr} = 46500 kNmm.

$S_x = \frac{I_x}{Y} = \frac{29052930,82}{203}$

S_x = 143117,89 mm^3.

$F_{cr} = \frac{M_{cr}}{S_x} = \frac{46500}{143117,89}$

F_{cr} = 0,3249 kN/mm^2. = 324,91 Mpa > Fy = 310 MPa

$F_{cr\ pakai}$ = 324,91 Mpa

- Koefisien Tekuk Pada Pelat Sayap

$$F_{cr} = \frac{k\pi^2 E}{12(1-\mu^2)\left(\frac{b}{2t_f}\right)^2}$$

$$k = \frac{12(1-\mu^2)\left(\frac{b}{2t_f}\right)^2 F_{cr}}{\pi^2 E} = \frac{12(1-0,3^2)\left(\frac{75}{2x3}\right)^2 324,91}{\pi^2 2,1x10^5}$$

k = 0,2675

- Koefisien Tekuk Pada Pelat Badan

$$F_{cr} = \frac{k\pi^2 E}{12(1-\mu^2)\left(\frac{h}{t_w}\right)^2}$$

$$k = \frac{12(1-\mu^2)\left(\frac{h}{t_w}\right)^2 F_{cr}}{\pi^2 E} = \frac{12(1-0{,}3^2)\left(\frac{400}{2}\right)^2 324{,}91}{\pi^2 2{,}1x10^5}$$

k = 68,4742

2. Gelagar Pelat Profil Dobel Delta

Diketahui data-data hasil pengujian sebagai berikut :

P_{max} = 104 kN

L = 4650 mm

I_x = 38993306,65 mm^4.

Y = 203 mm

$$M_{cr} = \frac{1}{6} P_{max} xL = \frac{1}{6} 104x4650$$

M_{cr} = 80600 kNmm.

$$S_x = \frac{I_x}{Y} = \frac{38993306{,}65}{203}$$

S_x = 192085,25 mm^3.

$$F_{cr} = \frac{M_{cr}}{S_x} = \frac{80600}{192085{,}25}$$

F_{cr} = 0,4196 kN/mm^2. = 419,61 Mpa > Fy = 310 MPa

$F_{cr\ pakai}$ = 419,61 Mpa

- Koefisien Tekuk Pada Pelat Sayap

$$F_{cr} = \frac{k\pi^2 E}{12(1-\mu^2)\left(\frac{b}{2t_f}\right)^2}$$

$$k = \frac{12(1-\mu^2)\left(\frac{b}{2t_f}\right)^2 F_{cr}}{\pi^2 E} = \frac{12(1-0{,}3^2)\left(\frac{75}{2x3}\right)^2 419{,}61}{\pi^2 2{,}1x10^5}$$

k = 0,3454

- Koefisien Tekuk Pada Pelat Badan

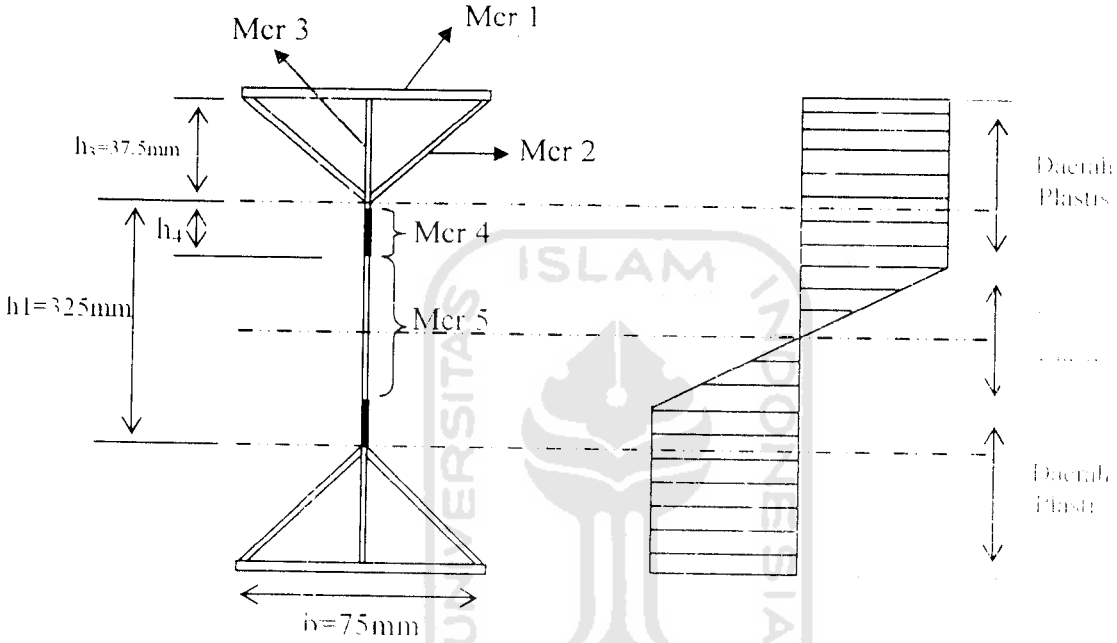
$$F_{cr} = \frac{k\pi^2 E}{12(1-\mu^2)\left(\frac{h}{t_w}\right)^2}$$

$$k = \frac{12(1-\mu^2)\left(\frac{h}{t_w}\right) F_{cr}}{\pi^2 E} = \frac{12(1-0{,}3^2)\left(\frac{325}{2}\right)^2 419{,}61}{\pi^2 2{,}1x10^5}$$

k = 58,3789

Desain Plastis Gelagar

Dari hasil pengujian, didapatkan nilai Fcr gelagar pelat dobel delta > Fy yaitu 419,61 MPa. Maka gelagar tersebut telah mencapai strain hardening (plastis). Berikut perhitungan plastis gelagar dobel delta:



Dimensi Gelagar Dobel Delta **Distribusi Tegangan Gelagar**

Dari gambar diatas diketahui diasumsikan bahwa Mcr1, Mcr2, Mcr3 dan Mcr4 adalah momen plastis. Sedangkan Mcr5 adalah momen elastis gelagar. Telah dihitung dalam lampiran 5 bahwa Mcr hasil uji adalah 80600000 Nmm. dan Momen Leleh (Fy) gelagar dapat dihitung dengan persamaan:

$$M_y = S_x x F_y = 192085{,}25\text{mm}^3 \text{ x } 310 \text{ N/mm2} = 59546427{,}5 \text{ Nmm.}$$

Kondisi gelagar berada pada My < Mcr hasil uji < Mp

Untuk mendapatkan Momen Plastis (Mp) gelagar yaitu:

a) Mcr 1 yaitu:

k = 4

$$F_{cr1} = \frac{k\pi^2 E}{12(1-\mu^2)\left(\frac{b}{2t_f}\right)^2} = \frac{4\pi^2 2{,}1x10^5}{12(1-0{,}3^2)\left(\frac{75}{2x3}\right)^2}$$

F_{cr1} = 4858,88 Mpa > 310 Mpa

$F_{cr1pakai}$ = 310 Mpa.

$M_{cr1} = tf.b(d-tf)\sigma_{cr1}$ = 3 x 75 x (406-3) x 310

M_{cr1} = 28109250 N.mm

b) Mcr 2 (Mcr penopang) yaitu:

k = 4

$$F_{cr2} = \frac{k\pi^2 E}{12(1-\mu^2)\left(\frac{b}{t_w}\right)^2} = \frac{4\pi^2 2{,}1x10^5}{12(1-0{,}3^2)\left(\frac{\left(\sqrt{\left(\frac{75}{2}\right)^2+\left(\frac{75}{2}\right)^2}\right)}{2}\right)^2}$$

F_{cr2} = 1079 Mpa > 310 Mpa

$F_{cr2pakai}$ = 310 Mpa.

$$M_{cr2} = 2xt_w x\sqrt{\left(\frac{b}{2}\right)^2+\left(\frac{b}{2}\right)^2}\, x\left(h-\left(\frac{b}{2}\right)\right)xF_{cr2}$$

$$= 2x2x\sqrt{\left(\frac{75}{2}\right)^2+\left(\frac{75}{2}\right)^2}\, x\left(400-\left(\frac{75}{2}\right)\right)x310$$

M_{cr2} = 23838337,36 N.mm

c) Mcr 3 yaitu:

k = 23,9

$h_3 = \frac{b}{2} = \frac{75}{2} = 37,5$ mm

$F_{cr2} = \frac{k\pi^2 E}{12(1-\mu^2)\left(\frac{h_3}{t_w}\right)^2} = \frac{23,9\pi^2 2,1x10^5}{12(1-0,3^2)\left(\frac{37.5}{2}\right)^2}$

F_{cr3} = 3225,76 Mpa > 310 Mpa.

F_{cr3} = 310 Mpa.

$M_{cr3} = (\frac{b}{2}t_w)F_{cr3}(h-h_3) = (\frac{75}{2}2)310(400-37,5)$

M_{cr3} = 8428125 N.mm

Agar didapatkan nilai Momen Plastis (Mp) mendekati nilai Mcr hasil uji, maka dapat di coba nilai h4 nya. Hal ini digunakan untuk menunjukkan batas antara daerah elastis dengan daerah plastis gelagar pada diagram distribusi momen.

d) Mcr 4 yaitu:

k = 23,9

h_4 = 40 mm (dimisalkan)

$F_{cr4} = \frac{k\pi^2 E}{12(1-\mu^2)\left(\frac{h_4}{t_w}\right)^2} = \frac{23,9\pi^2 2,1x10^5}{12(1-0,3^2)\left(\frac{40}{2}\right)^2}$

F_{cr4} = 11340,56 Mpa > 310 Mpa.

F_{cr4} = 310 Mpa.

$M_{cr4} = F_{cr3}.h_4.t_w.(h_1-h_4) = 310x40x2x(325-40)$

= 2708406,4 Nmm.

e) Mcr 5 yaitu:

k = 23,9

h_5 = $(h_1 - 2.h_4)$ = 325-2.40 = 265

$$F_{cr5} = \frac{k\pi^2 E}{12(1-\mu^2)\left(\frac{h_5}{t_w}\right)^2} = \frac{23{,}9\pi^2 2{,}1x10^5}{12(1-0{,}3^2)\left(\frac{265}{2}\right)^2}$$

F_{cr5} = 302,29 Mpa < 230 Mpa ----- dipakai 302,29 Mpa.

$$M_{cr5} = F_{cr4}.\frac{1}{4}t_w.h_5^2 = 302{,}29x\frac{1}{4}x2x(265)^2$$

= 9072478,63 Nmm.

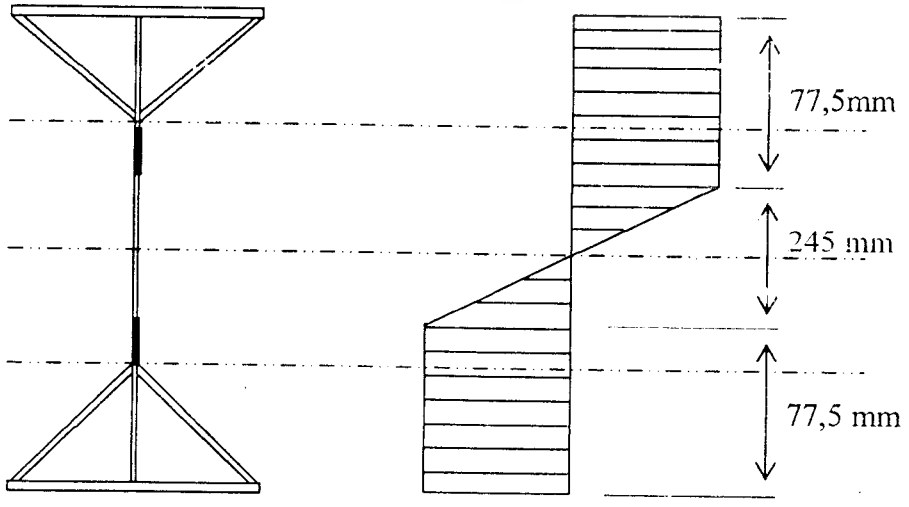
M_{cr} total = $M_{cr}1 + M_{cr}2 + M_{cr}3 + M_{cr}4 + M_{cr}5$

= 76516194 Nmm ≤ 80600000 Nmm

Mcr total ≈ M_{cr} hasil uji, maka ok.

Daerah plastis = 37,5 mm + 40 mm = 77,5 mm

Daerah Elastis = h – daerah plastis = 400 – (77,5 x 2) = 245 mm



Gambar Distribusi Tegangan Lentur

PERHITUNGAN MOMEN - KELENGKUNGAN

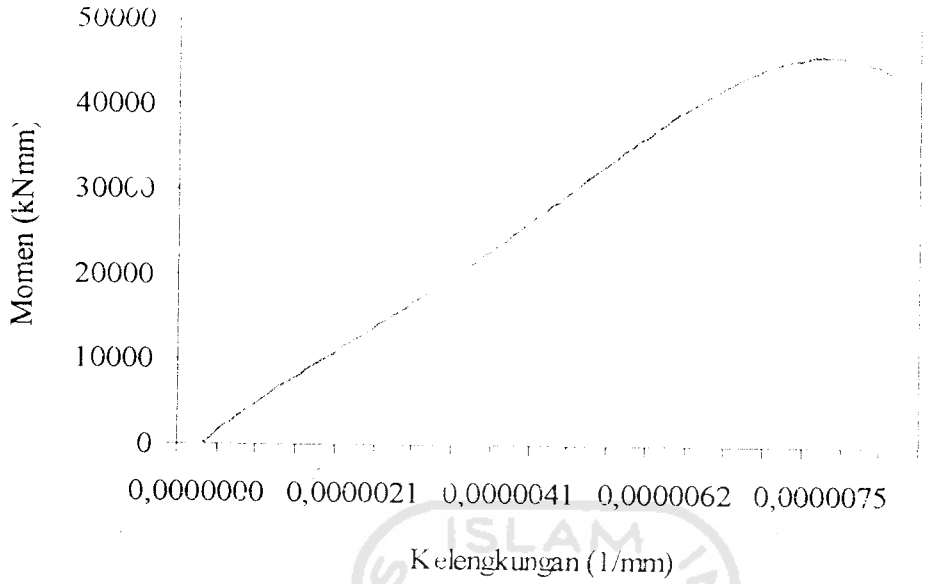
Momen - Kelengkungan Hasil Uji

1. Gelagar Pelat I

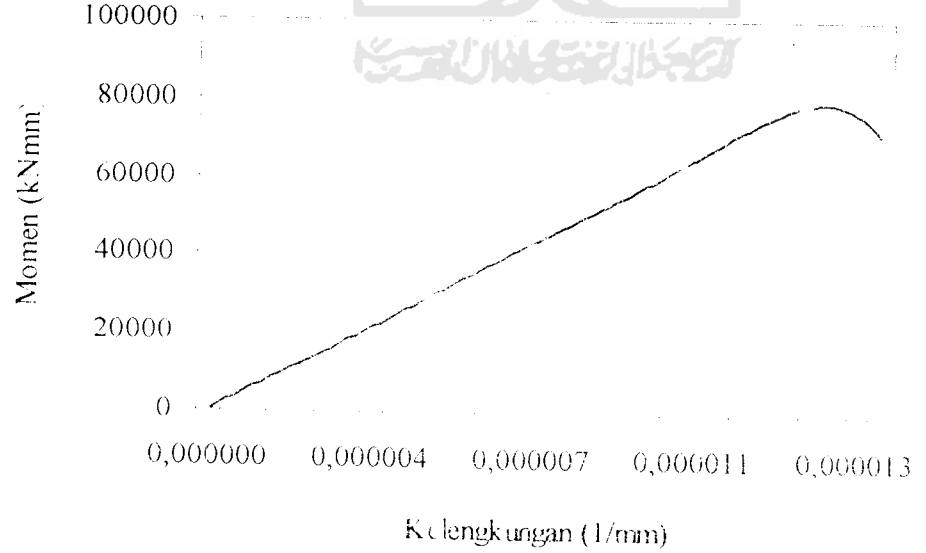
Beban (kN)	Momen (kN.mm)	F_{cr} (Mpa)	Regangan	Kelengkungan (1/mm)
0	0	0,00	0,0000	0,0000000
4	3100	21,66	0,0001	0,0000005
8	6200	43,32	0,0002	0,0000010
12	9300	64,98	0,0003	0,0000015
16	12400	86,64	0,0004	0,0000021
20	15500	108,30	0,0005	0,0000026
24	18600	129,96	0,0006	0,0000031
28	21700	151,62	0,0007	0,0000036
32	24800	173,28	0,0008	0,0000041
36	27900	194,94	0,0009	0,0000046
40	31000	216,60	0,0010	0,0000052
44	34100	238,27	0,0011	0,0000057
48	37200	259,93	0,0012	0,0000062
52	40300	281,59	0,0013	0,0000067
56	43400	303,25	0,0014	0,0000072
60	46500	324,91	0,0015	0,0000077
58	44950	314,08	0,0015	0,0000075
58	44950	314,08	0,0015	0,0000075
56	43400	303,25	0,0014	0,0000072

2. Gelagar Pelat Dobel Delta

Beban (kN)	Momen (kN.mm)	F_{cr} (Mpa)	Regangan	Kelengkungan (1/mm)
0	0	0,00	0,0000	0,0000000
4	3160	21,66	0,0001	0,0000005
8	6200	43,32	0,0002	0,0000010
12	9300	64,98	0,0003	0,0000015
16	12400	86,64	0,0004	0,0000021
20	15500	108,30	0,0005	0,0000026
24	18600	129,96	0,0006	0,0000031
28	21700	151,62	0,0007	0,0000036
32	24800	173,28	0,0008	0,0000041
36	27900	194,94	0,0009	0,0000046
40	31000	216,60	0,0010	0,0000052
44	34100	238,27	0,0011	0,0000057
48	37200	259,93	0,0012	0,0000062
52	40300	281,59	0,0013	0,0000067
56	43400	303,25	0,0014	0,0000072
60	46500	324,91	0,0015	0,0000077
64	49600	346,57	0,0017	0,0000083
68	52700	368,23	0,0018	0,0000088
72	55800	389,89	0,0019	0,0000093
76	58900	411,55	0,0020	0,0000098
80	62000	433,21	0,0021	0,0000103
84	65100	454,87	0,0022	0,0000108
88	68200	476,53	0,0023	0,0000113
92	71300	498,19	0,0024	0,0000119
96	74400	519,85	0,0025	0,0000124
100	77500	541,51	0,0026	0,0000129
104	80600	563,17	0,0027	0,0000134
102	79050	552,34	0,0026	0,0000132
98	75950	530,68	0,0025	0,0000126
92	71300	498,19	0,0024	0,0000119



Grafik Momen - Kelengkungan Gelagar Pelat I



Grafik Momen - Kelengkungan Gelagar Pelat Dobel Delta

PERHITUNGAN RASIO MOMEN NOMINAL (Mn)

TERHADAP MOMEN LELEH (My)

Perhitungan Teoritis

1. **Pelat I.**

$$\frac{M_n}{M_y} = \left[1 - 0{,}0005 \frac{A_w}{2A_f}\left(\frac{h}{t_w} - \frac{970}{\sqrt{Fcr}}\right)\right]$$

$$\frac{M_n}{M_y} = \left[1 - 0{,}0005 \frac{800}{450}\left(\frac{400}{2} - \frac{970}{\sqrt{305{,}35}}\right)\right] = \mathbf{0{,}99}$$

2. **Pelat Dobel Delta**

$$\frac{M_n}{M_y} = \left[1 - 0{,}0005 \frac{A_w}{2A_f}\left(\frac{h}{t_w} - \frac{970}{\sqrt{Fcr}}\right)\right]$$

$$\frac{M_n}{M_y} = \left[1 - 0{,}0005 \frac{800}{874}\left(\frac{325}{2} - \frac{970}{\sqrt{171{,}9242}}\right)\right] = \mathbf{0{,}96}$$

Perhitungan Hasil Uji

1 **Pelat I.**

$$\frac{M_n}{M_y} = \frac{F_{cruji}}{F_y}$$

$$\frac{M_n}{M_y} = \frac{324{,}91}{310} = \mathbf{1{,}05}$$

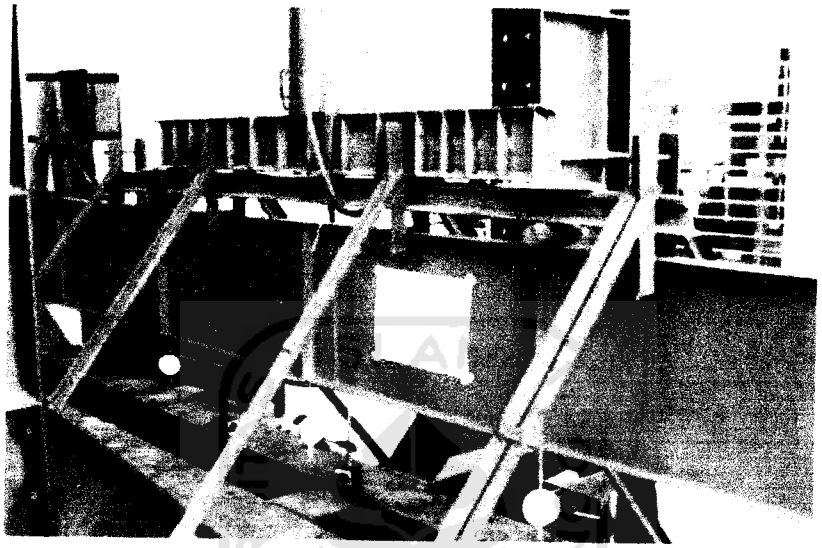
2 **Pelat Dobel Delta**

$$\frac{M_n}{M_y} = \frac{F_{cruji}}{F_y}$$

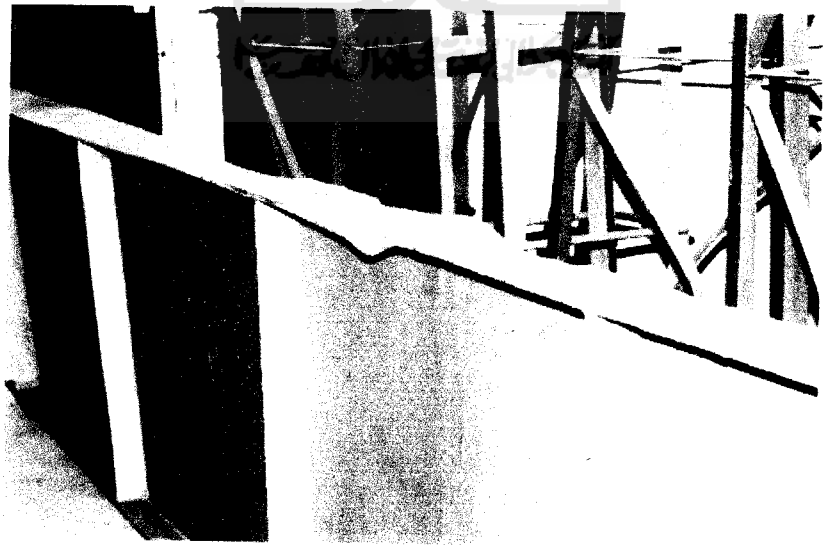
$$\frac{M_n}{M_y} = \frac{419{,}61}{310} = \mathbf{1{,}35}$$

FOTO – FOTO PENELITIAN

Gambar Gelagar Pelat I



Gelagar pelat I sebelum pengujian

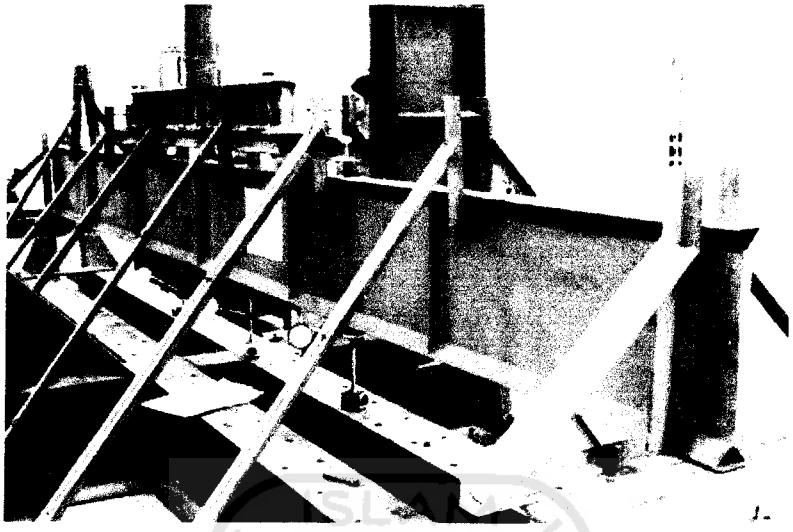


Gelagar pelat I terjadi tekuk lokal pada sayap

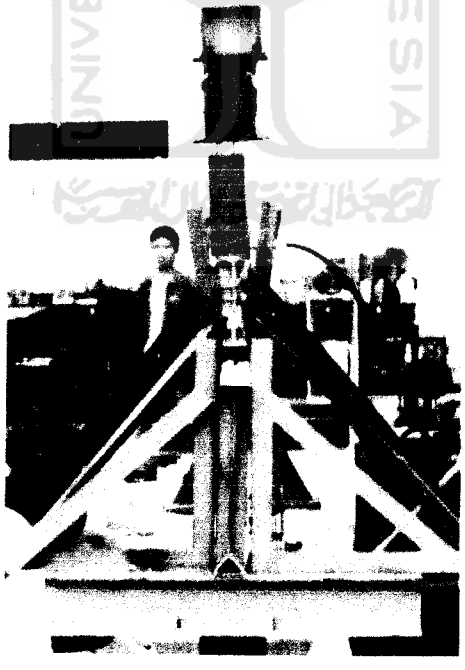


Gelagar pelat I terjadi tekuk puntir lateral

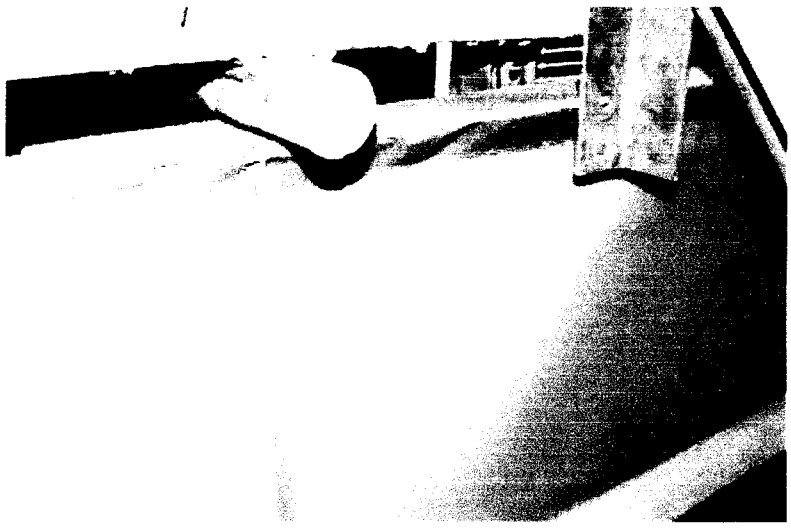
Gambar Gelagar Pelat Dobel Delta



Gelagar pelat Dobel Delta sebelum pengujian



Gelagar pelat Dobel Delta saat pengujian



Gelagar pelat Dobel Delta terjadi tekuk local pada penopang delta