

1. Bapak.Prof. Ir. Widodo, MSCE, Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
2. Bapak Ir. H. Munadhir, MS., Selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. Helmy Akbar Bale, MT., selaku Dosen Pembimbing I tugas akhir,
4. Bapak Ir. Fatkhurrohman N, MT., selaku Dosen Pembimbing II tugas akhir,
5. Orang Tua kami tercinta, untuk doa, motivasi dan pengertian yang tidak ada habisnya hingga penulis dapat menyelesaikan studi dan Tugas Akhir.
6. Teman-teman yang telah banyak memberikan bantuan dan dukungan kepada penulis, serta semua pihak yang tidak mungkin penulis sebutkan satu persatu.

Atas budi dan amal baik yang telah diberikan, penulis hanya dapat memanjatkan doa, semoga Allah SWT memberikan balasan yang setimpal., semoga hasil yang diperoleh dari penelitian ini bermanfaat bagi penelitian-penelitian selanjutnya.Amien.

Wassalamu`alaikum Wr.Wb.

Jogjakarta Februari 2003

Penulis

ABSTRAKSI

Gelagar pelat adalah salah satu jenis komponen struktur lentur yang digunakan untuk memenuhi keterbatasan profil giling. Gelagar pelat merupakan struktur lentur tersusun yang badannya mempunyai rasio tinggi terhadap tebal yang cukup besar sehingga masalah instabilitas membatasi kapasitasnya.

Penelitian ekperimental gelagar pelat dengan dukungan sederhana (sendi – rol) dilakukan guna mengetahui hubungan $M_n M_y$ berbanding rasio h/t_w , hubungan beban dengan lendutan, momen dengan kelengkungan, beban secara teoritis dengan beban pengujian dan nilai k berbanding rasio h/t_w dengan variasi jarak pengaku (a/h). Dalam penelitian eksperimental ini dibuat tiga buah benda uji dengan $L/h = 120$ $T/t = 1,15$, $h/t_w = 200$ dan variasi jarak pengaku (a/h) 0.44, 0.50, 1.25.

Dari hasil penelitian eksperimental diketahui bahwa dari hubungan beban-lendutan untuk benda uji dengan a/h 0.44 memiliki nilai kekakuan lebih kecil dibandingkan dengan benda uji dengan a/h 0.50 tetapi lebih besar dari a/h 1.25, dari hubungan momen-kelengkungan untuk benda uji dengan a/h 0.44 memiliki nilai EI lebih kecil dibandingkan dengan benda uji dengan a/h 0.50 tetapi lebih besar dari a/h 1.25 dan duktilitas untuk benda uji dengan a/h 0.44 lebih kecil dari benda uji dengan a/h 0.50 tetapi lebih besar dari a/h 1.25, dari hubungan beban-lendutan untuk semua benda uji lendutan teoritis lebih kecil dibandingkan lendutan pengujian, dari hubungan $M_n M_y$ berbanding rasio h/t_w diketahui bahwa semua benda uji memiliki nilai yang sama karena besar rasio h/t_w untuk semua benda uji sama, dari hubungan nilai k berbanding rasio h/t_w untuk benda uji a/h 0,44 dan 0,5 nilai k pada badan maupun sayap sama yaitu k sayap 2,0014 dan k badan 10,5979 sedangkan untuk benda uji a/h 1,25 k pada sayap 1,9458 dan k badan 10,29312 ini berarti nilai k untuk benda uji dengan a/h 0.44 dan 0.50 lebih besar dibandingkan a/h 1.25.

dapat digolongkan menjadi 2 yaitu elemen yang diperkuat dan elemen yang tidak diperkuat. Elemen yang diperkuat adalah elemen yang bertumpu pada dua tepi dan elemen pelat yang tidak diperkuat yaitu elemen yang bertumpu pada satu tepi. Gelagar pelat bentuk kotak elemen penampangnya terdiri atas dua pelat badan, pelat sayap atas dan pelat sayap bawah yang dihubungkan secara menerus oleh pelat badan. Pelat sayap berfungsi memikul sebagian besar momen yang bekerja pada gelagar pelat, sedangkan pelat badan berfungsi menahan gaya geser dan menghubungkan sayap-sayap menjadi satu kesatuan.

Melihat kondisi tersebut maka timbulah pemikiran untuk melakukan suatu penelitian tentang gelagar pelat penampang kotak dengan pengaku transversal yang dibebani momen dengan cara memberi beban transversal pada gelagar tersebut sehingga dapat diketahui kapasitas lentur dari gelagar pelat tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Menyelidiki kapasitas lentur pada gelagar pelat bentuk kotak pada elemen yang dapat menyebabkan terjadinya tekuk lokal sehingga keruntuhan dini dapat terjadi tegangan leleh baja tercapai.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian kuat lentur gelagar pelat penampang kotak dengan pengaku transversal adalah untuk ^{mengetahui} mendapatkan perilaku gelagar pelat penampang kotak dari :

1. hubungan beban-lendutan (P vs Δ),

1.6 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dan pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik dan Laboratorium Mekanika Rekayasa Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia .

terjadi. Badan gelagar pelat biasanya memiliki rasio sebesar h/t_w . Tekuk mungkin akan terjadi akibat lentur pada bidang badan.

Salmon dan Johnson, 1986 menyimpulkan bahwa aksi medan adalah aksi membran badan untuk memikul gaya tarik dan pengaku memikul gaya tekan.

Dengan menganggap stabilitas lateral sayap tekan memadai, perencanaan gelagar didasarkan pada pencapaian kekuatan lentur penampang maksimum. Perilaku struktur yang mengalami lentur dapat diketahui dari hubungan momen-kelengkungan yang menggambarkan perilaku balok pada berbagai kondisi, yaitu saat kondisi elastis, leleh, elastis-plastis dan plastis **Paulay dan Priestley, 1992**.

Menurut **Pandey dkk, 1991** dari Gambar 3.11 pada pengujian kuat lentur balok badan terbuka, didapatkan defleksi pada titik-titik distrik dengan menggunakan pendekatan kemiringan menggunakan metoda *central different*.

Park dan Paulay, 1975 mengemukakan bahwa jika pada suatu balok mengalami lentur, maka bentuk perubahan dari sumbu netral disebut dengan kurva elastis (*elastic curve*).

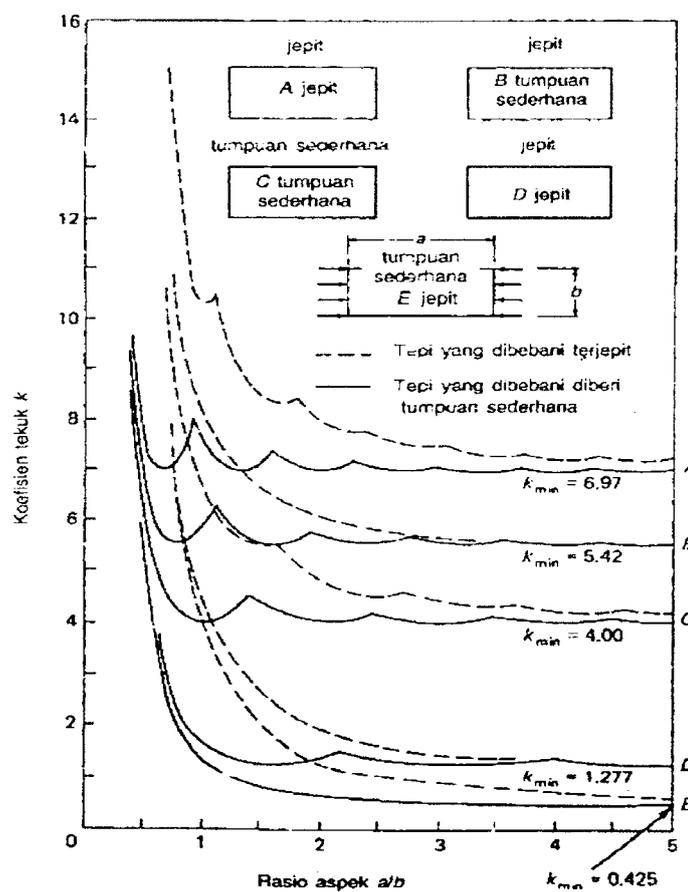
Lynn S. Beedle, 1958 menyimpulkan bahwa balok dukungan sederhana yang diberi beban memiliki satu titik yang momennya maksimum. Makin besar beban yang diberikan, makin besar juga momennya.

Paulay dan Priestley, 1992 dari Gambar 3.14 Hubungan beban-lendutan pada balok yang dibebani lentur dapat disederhanakan menjadi bentuk bi-linier

bertumpuan sederhana di sepanjang kedua tepi yang sejajar beban sehingga diperoleh persamaan 3.9:

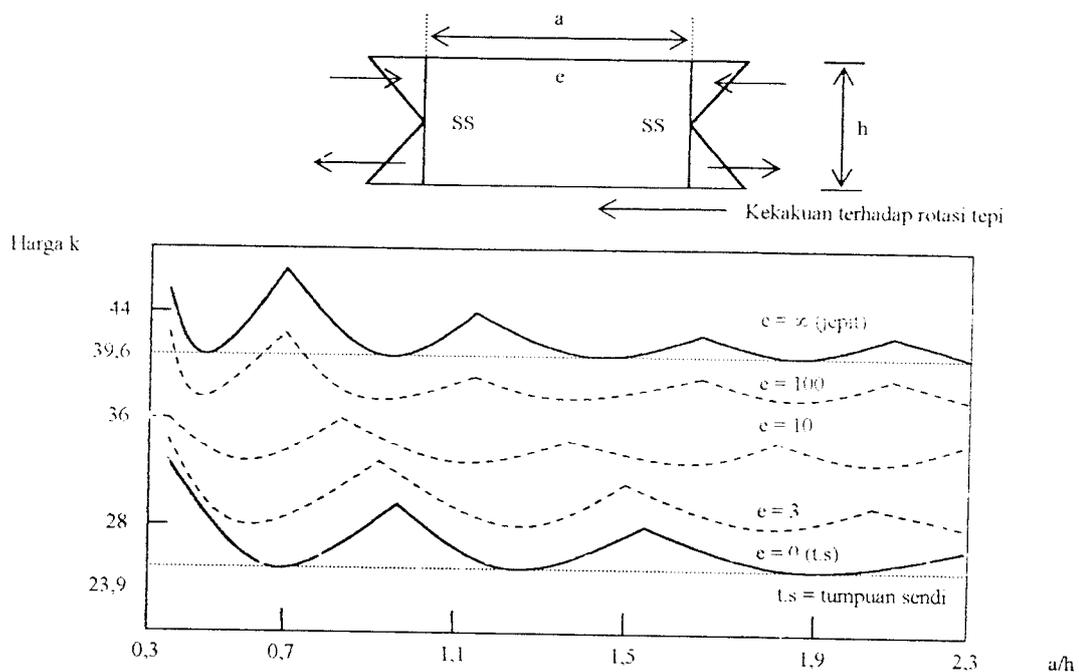
$$F_{cr} = \frac{4\pi^2 E}{12(1-\mu^2) \left(\frac{b}{t}\right)^2} \quad (3.9)$$

Kekuatan batas pelat terhadap tekanan tergantung banyak faktor. Jika dianggap bersifat elastis plastis ideal dan tidak mengandung tegangan residu distribusi tegangan akan tetap merata sampai tegangan tekuk elastis F_{cr} tercapai.



Gambar 3.4 Koefisien tekuk elastis untuk tekanan pada pelat segi empat datar (Salmon dan Johson,1996)

yang langsing dan diberi pengaku setelah terjadinya tekuk elastis masih ada kekutan pasca tekuk serta yang sudah di jelaskan di atas. Penurunan harga k secara teoritis untuk lentur pada bidang pelat dijabarkan oleh **Timoshenko dan Woinowski (1959)**



Gambar 3.6 Koefisien tekuk untuk plat yang mengalami lentur murni

Pada Gambar 3.6 jika pelat bisa dianggap jepit sempurna sepanjang tepi yang sejajar arah pembebanan maka harga k minimum untuk sembarang rasio a/h menjadi 39,6. Jika sayap dianggap tidak mengekang secara rotasi tepi maka harga k minimum menjadi 23,9. Tegangan kritis (dengan $E = 200.000$ MPa) bisa dikatakan terletak antara :

$$F_{cr} = \frac{4320000}{(h/t_w)^2} \text{ MPa untuk } k = 23,9 \text{ (tumpuan sederhana di sayap)} \quad (3.10)$$

$$F_{cr} = \frac{7120000}{(h/t_w)^2} MPa \text{ untuk } k = 39,6 \text{ (jepit sempurna di sayap)} \tag{3.11}$$

Kapasitas momen batas gelagar tinggi merupakan fungsi dari :

$$M_u = f \left\{ \frac{h}{t}, \frac{L}{r_y}, \frac{b}{t_f}, \frac{A_w}{A_f} \right\} \tag{3.12}$$

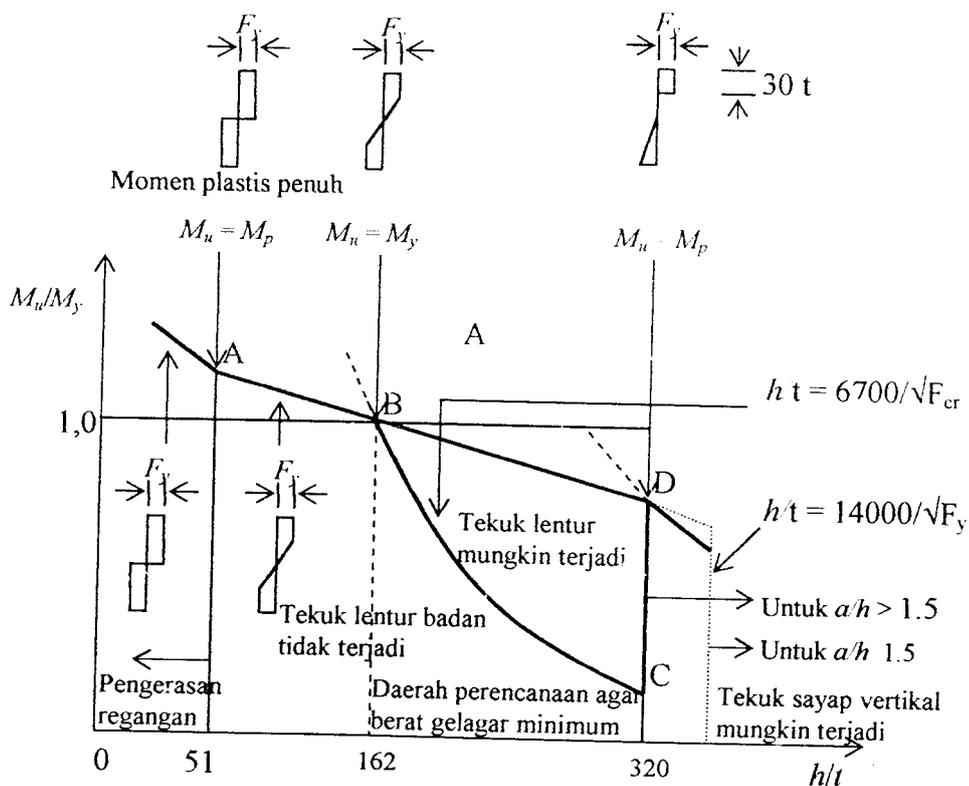
h/t = menentukan ketidak stabilan badan (tekuk lentur)

L/r_y = menentukan ketidak stabilan lateral pada sayap (tekuk puntir lateral)

b/t_f = menentukan tekuk setempat atau tekuk puntir pada sayap

A_w/A_f = menentukan pengaruh purna tekuk pada sayap

Walaupun tegangan lentur dan geser pada daerah tertentu sepanjang bentang gelagar biasanya bisa ditinjau secara terpisah, umumnya tegangan geser dan lentur selalu ada yang bersama sama mengakibatkan ketidak stabilan elastis.



Gambar 3.7 Kekuatan lentur gelagar yang dipengaruhi oleh tegangan lentur

perpotongan O menuju sumbu netral disebut jari-jari kelengkungan (*radius of curvature*). Untuk serat pada jarak sejauh y dari sumbu netral, panjang awal dari elemen δx memendek menjadi δu_y dan regangan pada sumbu tersebut sama dengan $\varepsilon = \delta u_y / \delta x$ mendekati nol

$$\varepsilon = -\frac{\delta u_y}{\delta x} \quad (3.28)$$

Dari segitiga OAB dan FGB didapatkan :

$$\frac{\delta u_y}{\delta x} = \frac{\delta x}{\rho} \text{ atau } \frac{du_y}{dx} = \frac{y}{\rho} \quad (3.29)$$

dari persamaan (3.28) dan (3.29) didapat :

$$\varepsilon = -\frac{y}{\rho} \quad (3.30)$$

untuk bahan elastis memakai hukum Hooke,

$$\sigma = \varepsilon \cdot E = -\frac{E \cdot y}{\rho} \quad (3.31)$$

dengan menyamakan persamaan 3.27 dan 3.31 hubungan momen kelengkungan dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\frac{M}{EI} = \frac{1}{\rho} \quad (3.32)$$

pada dasarnya hubungan gaya deformasi dengan M adalah gaya dan kelengkungan $1/\rho$ merupakan hasil dari perubahan bentuk besaran EI sebagai faktor kekakuan (*flexural rigidity*) atau *bending stiffness* dari balok. Dalam koordinat kartesian kurva kelengkungan didefinisikan

Paulay dan Priestley, 1992 dari Gambar 3.12 Dengan menganggap stabilitas lateral sayap tekan memadai, perencanaan gelagar didasarkan pada pencapaian kekuatan lentur penampang maksimum, sehingga perilaku struktur yang mengalami lentur dapat diketahui dari hubungan momen-kelengkungan yang menggambarkan perilaku balok pada berbagai kondisi, yaitu saat kondisi elastis, leleh, elastis-plastis dan plastis.

Pada Gambar 3.12a beban P kecil penampang balok masih elastis tegangannya pada serat terluar (S_x) lebih kecil dari tegangan leleh kapasitas momennya disebut momen elastis dan dapat dihitung :

$$M = F_{cr} \cdot S_x \quad (3.46)$$

$$\text{Dengan } S_x = \frac{I}{y} = \frac{2 \left\{ \frac{1}{12} t_w h^3 + t_w h y^2 \right\} + 2 \left\{ \frac{1}{12} b_f t_f^3 + b_f t_f y^2 \right\}}{\left(\frac{d}{2} \right)}$$

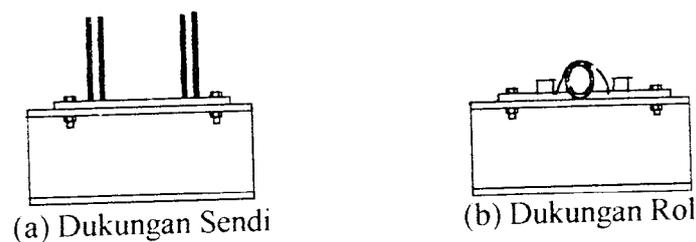
Pada Gambar 3.12b jika beban terpusat ditingkatkan maka momen eksternal bertambah sehingga tegangan dan regangan di penampang bertambah, momen leleh penampang kotak menjadi:

$$M_y = f_y \cdot \left[\frac{2 \left\{ \frac{1}{12} t_w h^3 + t_w h y^2 \right\} + 2 \left\{ \frac{1}{12} b_f t_f^3 + b_f t_f y^2 \right\}}{\frac{d}{2}} \right] = F_y \cdot S_x \quad (3.47)$$

Bentuk dasar Loading Frame berupa portal segi empat yang berdiri diatas lantai beton dengan perantara pelat dasar dari besi setebal 14 mm. Agar Loading Frame tetap stabil, pelat dasar dibaut ke lantai beton dan kedua kolomnya dihubungkan oleh balok WF 450x200x90x14 mm. Posisi balok portal dapat diatur menyesuaikan dengan bentuk dan ukuran model yang akan diuji dengan cara melepas sambungan baut.

4. Dukungan Sendi dan Rol

Untuk membuat model gelagar pelat seperti dilapangan, maka pada salah satu ujung model gelagar pelat dipasang dukungan sendi, dan pada ujung yang lain dipasang dukungan rol, seperti pada Gambar (4.3).

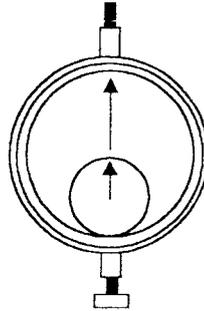


Gambar 4.3 Dukungan Sendi dan Rol

5. Dial Gauge

Alat ini digunakan untuk mengukur besar lendutan yang terjadi. Untuk penelitian sakal penuh dial gauge dengan kapasitas lendutan maksimum 50 mm dan dengan ketelitian 0,01 mm. Pada penelitian tugas akhir ini, digunakan dial gauge sebanyak 3 buah. Dial gauge ke 1 terletak sejauh 1550mm dari 1/3 bentang ke arah dukungan sendi, dial gauge ke 2 terletak 1/2 bentang dan dial

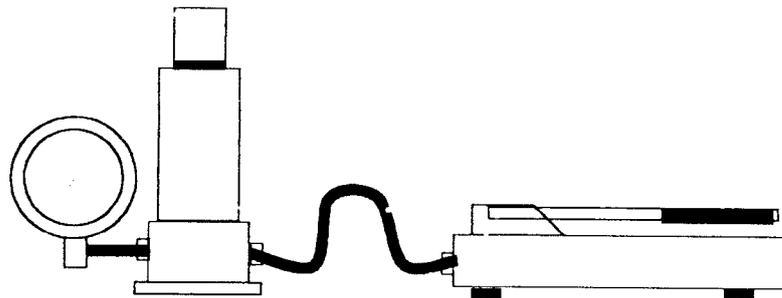
gauge ke 3 terletak sejauh 1550 mm dari 1/3 bentang ke arah rol. Alat ini dapat dilihat pada Gambar (4.4).



Gambar 4.4 Dial Gauge

6. Dongkrak Hidrolik

Alat ini dipakai untuk memberikan pembebanan pada benda uji dengan kapasitas maksimum 30 ton. Bentuk fisik alat ini dapat dilihat pada Gambar (4.5).



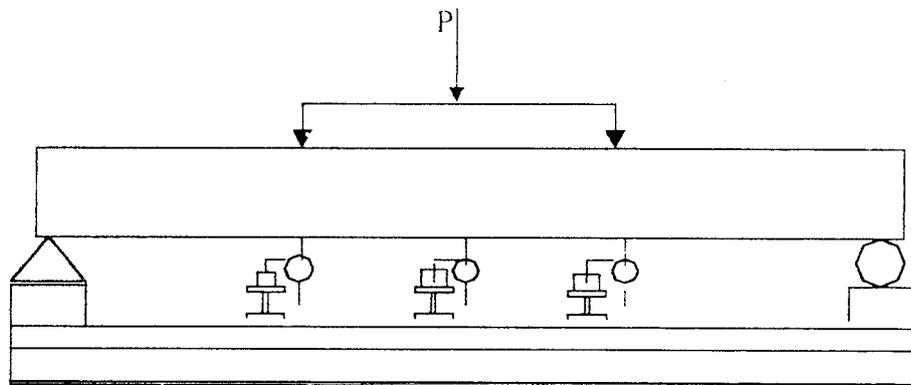
Gambar 4.5 Dongkrak Hidrolik

4.3 Pembuatan Benda Uji

Setelah persiapan dan perhitungan dimensi pelat dan jarak antar pengaku didapat, maka selanjutnya adalah pembuatan benda uji melalui tahap-tahap berikut ini

:

1. Sebelum dilakukan pengujian, benda uji diletakan pada tumpuan sesuai dengan tanda yang telah diberikan. Dibawah sayap bawah benda uji dipasang dial untuk mengetahui lendutan yang terjadi pada waktu dilaksanakan pengujian kuat lentur, posisi benda uji dan letak dial dapat dilihat pada Gambar (4.7).
2. Benda uji siap diuji. Hidrolik Jack dipompø guna melakukan pembebanan secara perlahan-lahan, beban konstan dan dinaikan secara berangsur-angsur sehingga pada batas kekuatan tertentu.



Gambar 4.7 Model Pembebanan

5.2.10 Analisa Perbandingan Beban-Lendutan Secara Teoritis dengan Beban-Lendutan Pengujian

Dari Gambar (5.3),(5.4),(5.5) maka dapat disimpulkan seperti pada Tabel (5.8).

Tabel 5.8 Analisa Perbandingan Beban-Lendutan Secara Teoritis dengan Beban-Lendutan Pengujian ($P_{\text{teoritis}} \neq P_{\text{pengujian}}$)

Benda Uji	P_{teoritis} (kN)	$P_{\text{pengujian}}$ (kN)	Lendutan Teoritis (mm)	Lendutan Pengujian (mm)
a/h=0.44	91,5621	18	15.60	17.90
a/h=0.50	91,5621	18	15.50	18.78
a/h=1.25	91,5621	17.5	21.00	23.35

Beban teoritis diperoleh berdasarkan gaya aksial maksimum yang seharusnya terjadi pada gelagar pelat dan beban teoritis tersebut bukan berdasarkan beban yang terjadi pada saat pengujian.

5.3 Analisa Kerusakan Pada Benda Uji

Pada penelitian kerusakan benda uji terjadi karena pelat merupakan material yang sangat tipis dan panjang. Sedangkan pada gelagar pelat ini terjadi buckling yang cukup besar karena pengaku yang digunakan kurang kuat untuk menahan beban yang bekerja gelagar mengalami defleksi kearah bawah .

5.4 PEMBAHASAN

5.4.1 Kuat Tarik Baja Berdasarkan Hasil Pengujian Kuat Tarik Baja

Berdasarkan hasil pengujian kuat tarik pelat baja maka baja dengan $F_y = 240$ Mpa dan $F_u = 290$ Mpa untuk pelat 2,3mm dapat digolongkan sebagai baja carbon

(5.3). Gelagar pelat dengan $a/h = 0.44$ mempunyai daktilitas rata-rata sebesar 1.3167 sedangkan untuk gelagar pelat dengan $a/h = 0.50$ mempunyai daktilitas rata-rata sebesar 1.5023 dan Gelagar pelat dengan $a/h = 1.25$ mempunyai daktilitas rata-rata sebesar 1,5437. Dengan demikian maka gelagar pelat bentuk kotak dengan jarak pengaku transversal lebih kecil memiliki daktilitas yang lebih kecil dibanding dengan gelagar pelat bentuk kotak dengan jarak pengaku transversal lebih panjang.

5.4.4 Kuat Lentur Gelagar Pelat Bentuk Kotak ditinjau dari Hubungan Nilai Koefisien Kekakuan Pelat (k) dengan Rasio h/tw

Dengan mengamati Gambar (5.2) dan Gambar (5.3) grafik hubungan nilai koefisien kekakuan pelat dengan rasio h/tw dapat dilihat ketiganya memiliki perilaku yang hampir sama. Dari Tabel 5.4 dapat dilihat untuk benda uji dengan $a/h = 0,44$ dan $a/h = 0,50$ memiliki nilai koefisien kekakuan pelat untuk sayap 2,0014 dan untuk badan 10,5979 sedangkan untuk benda uji dengan $a/h = 1,25$ memiliki nilai koefisien kekakuan pelat untuk sayap 1,9458 dan untuk badan 10,29312 .

Terlihat bahwa untuk gelagar pelat bentuk kotak dengan $a/h = 0.44$ dan $a/h = 0.50$ memiliki nilai k yang lebih besar dari pada gelagar pelat bentuk kotak dengan $a/h = 1.25$.

5.4.5 Kuat Lentur Gelagar Pelat Bentuk Kotak Ditinjau Dari Hubungan Rasio M_n/M_y Dengan Rasio h/tw

Dengan mengamati Gambar 5.4 grafik hubungan rasio M_n/M_y dengan rasio h/tw dapat dilihat bahwa semua benda uji memiliki perilaku yang sama. Dari Tabel