
PENGARUH LEBAR POTONGAN PROFIL (e) TERHADAP PERILAKU LENTUR PADA BALOK BAJA KASTELA (*CASTELLATED BEAM*)

Oleh:
Masita Nur Hayati
Suprpto, S.Pd., M.T.

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya

Jalan Ketintang, Surabaya 60231

e-mail : masita_nurhayati@yahoo.com

ABSTRAK

Untuk era pembangunan gedung sekarang ini konstruksi baja sebagai struktur utama adalah salah satu pilihan yang mulai sering dipakai masyarakat. Karena disamping kemampuan baja yang cukup besar untuk menahan kekuatan tarik dan tekan, baja juga mempunyai perbandingan kekuatan per volume yang lebih tinggi dibandingkan dengan bahan-bahan lain yang umumnya digunakan, sehingga memungkinkan perencanaan sebuah konstruksi baja mempunyai beban sendiri yang lebih kecil untuk bentang yang lebih panjang, serta memberikan kelebihan ruang dan volume yang dapat dimanfaatkan akibat langsingnya profil-profil yang dipakai. Lebar potongan profil (e) diteliti karena adanya pengaruh lebar terhadap lendutan, dimana secara teoristik semakin panjang lebar potongan profil (e) maka akan meningkatkan performa dari kekuatan tegangan lentur balok kastella tersebut, begitu pula sebaliknya. Hal ini dikarenakan semakin panjang lebar potongan profil (e), maka momen inersia (I) yang dihasilkan semakin besar, sehingga mengakibatkan kekakuan dari balok kastella tersebut semakin meningkat.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh lebar potongan profil (e) terhadap perilaku lentur pada balok baja kastela (*castellated beam*). Penelitian ini menerapkan model *castellated beam* zig-zag horisontal dengan benda uji profil WF 200.100.5.5.8. WF utuh kemudian dibentuk baja kastela dengan lebar potongan profil (e) yang berbeda-beda, yaitu $e=51,25\text{mm}$, $e_0=0$ (utuh), $e=177\text{mm}$, $e=150\text{mm}$, $e=125\text{mm}$, $e=75\text{mm}$ dan $e=50\text{mm}$. Dengan lebar lubang *castellated beam* disesuaikan dengan perhitungan rumus yang ada yaitu $h = d(K_1 - 1)$

Hasil penelitian menunjukkan bahwa optimalisasi baja kastela bila ditinjau dari lebar potongan profil (e) pada lubang kastela tidak diperbolehkan melebihi dari $2 \frac{1}{2} h$ atau e (125mm) untuk baja WF 200.100.5,5.8. Hal ini ditunjukkan dari nilai momen lentur yang dihasilkan baja kastela lebih tinggi 22 % dibandingkan dengan baja utuh, sehingga kekuatan untuk menahan momennya juga lebih besar dan nilai lendutannya pun juga lebih kecil dibandingkan baja utuh.

Kata Kunci: Baja kastela (*Castellated beam*), lebar potongan profil (e), Uji lentur

ABSTRACT

In this era, building construction steel as main structure is one of the options that is often used by the society. Because the ability of steel to withstand considerable tensile strength and the press, the steel also has strength comparison every volume that is higher than other materials commonly used, so possibility a planning of a steel construction has a smaller dead load for a longer span, as well as providing space and volume advantages that can be exploited due slim profiles are used. Profile cutting width (e) studied because of the wide influence of the deflection, in theory the more lengthy profile piece that will improve the performance of the strength of the bending stress of the castella beam, and reserve. This is because the longer the width of piece profiles (e) the moment of inertia (I) generated greater, thus resulting in stiffness of the castella beam increasing.

This study was conducted to determine the effect of the the profile pieces cutting width (e) the behavior of steel beam bending in castella (castellated beam). This research applies the model castellated beam with a horizontal zig-zag profile WF 200.100.5.5.8 specimen. WF castella intact then formed steel profiles with a width cutting (e) that is different, ie $e = 51.25$ mm, $e_0 = 0$ (intact), $e = 177$ mm, $E = 150$ mm, $E = 125$ mm, 75 mm and $e = e = 50$ mm. With width hole of castellated beam that is matched to the calculation of a formula is $h = d(K_1 - 1)$.

The results showed that the optimization of steel Castella wide when viewed from profile pieces (e) in the hole of Kastela is not allowed to exceed $2 \frac{1}{2} h$ or e (125mm) for WF steel 200.100.5.5.8. This is indicated from the value of the bending moment produced steel Castella 22% higher than the steel intact, thus the strength to withstand the moment is also larger and its deflection values were also smaller than intact steel.

Keywords: Castellated beam, profiles cutting width (e), Bending test

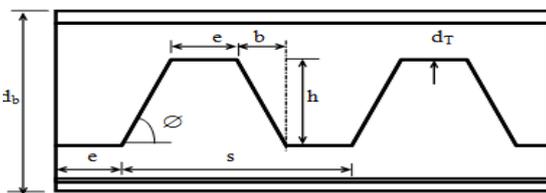
PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara berkembang dengan jumlah penduduk berdasarkan sensus tahun 31 Desember 2010 (SP2010) adalah sebesar 259.940.857 Juta jiwa, sehingga Indonesia memerlukan banyak pembangunan gedung sebagai pengganti daratan untuk tempat tinggal manusia. Kemampuan baja yang cukup besar untuk menahan kekuatan tarik dan tekan, baja juga mempunyai perbandingan kekuatan per volume yang lebih tinggi dibandingkan dengan bahan-bahan lain yang umumnya digunakan, sehingga memungkinkan perencanaan sebuah konstruksi baja mempunyai beban mati yang lebih kecil

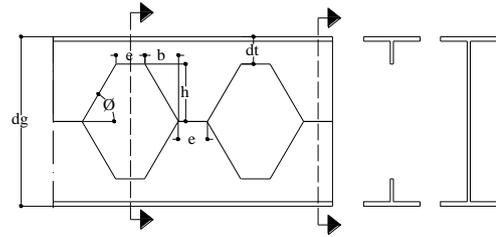
untuk bentang yang lebih panjang, serta memberikan kelebihan ruang dan volume yang dapat dimanfaatkan akibat langsingnya profil-profil yang dipakai.

Open-Web Expanded Beams and Girders (perluasan balok dan girder dengan badan berlubang) adalah balok yang mempunyai elemen pelat badan berlubang, yang dibentuk dengan cara membelah bagian tengah pelat badan, kemudian bagian bawah dari belahan tersebut dibalik dan disatukan kembali antara bagian atas dan bawah dengan cara digeser sedikit kemudian dilas (H.E. Horton, Chicago, 1910), kemudian sekarang lebih dikenal dengan metode *Castella*.

Balok kastela (*Castellated Beam*) adalah balok bentukan dari profil *H-beam*, *I-beam* atau *wide flange beam* yang dipakai untuk konstruksi bentang panjang lebih dari 10 meter. Balok kastella disebut juga *honey comb beam*, karena bentuk lubang segi enamnya yang menyerupai sarang lebah (*honey comb*). Bagian web yang dipotong dengan pola *Castella* disambungkan dengan cara las. Hasil dari potongan profil yang disatukan akan membentuk lubang segi enam, seperti pada *Gambar 2*. Profil tersebut dilubangi untuk memperkecil berat sendiri profil. Lebar potongan profil (e) diteliti karena adanya pengaruh lebar terhadap lendutan, dimana secara teoristik semakin panjang lebar potongan profil (e) maka akan meningkatkan performa dari kekuatan tegangan lentur balok kastella tersebut, begitu pula sebaliknya. Hal ini dikarenakan semakin panjang lebar potongan profil (e), maka momen inersia (I) yang dihasilkan semakin besar, sehingga mengakibatkan kekakuan dari balok kastella tersebut semakin meningkat.



Gambar 1. Profil balok I dipotong zig-zag sepanjang badannya



Gambar 2. Balok baja kastella segi enam

KAJIAN PUSTAKA

Balok Kastela (*Castellated Beam*)

Castellated beam diperuntukan untuk bentang yang cukup panjang (lebih dari 8 meter). *Castellated beam* disebut juga *honey comb beam*, karena bentuk segi enamnya menyerupai sarang lebah. Balok Kastela (*castellated beam*) adalah balok yang dipakai untuk konstruksi bentang. Profil tersebut dilubangi untuk memperkecil berat sendiri profil. Besarnya sudut kemiringan θ antara 45° sampai 70° , sedangkan yang sering dipakai di lapangan adalah 45° dan 60° .

Keuntungan dan Kekurangan Profil *Castellated Beam*

1. Keuntungan Profil *Castellated Beam*

- Dengan lebar profil yang lebih tinggi (d_g), menghasilkan momen inersia dan modulus *section* yang lebih besar sehingga lebih kuat dan kaku bila dibandingkan dengan profil asalnya.
- Momen yang dihasilkan besar, walaupun tegangan ijin kecil.
- Bahannya ringan, kuat, serta mudah dipasang.

2. Kekurangan Profil *Castellated Beam*

- a) Pada ujung-ujung bentang terjadi peningkatan pemusatan tegangan.
- b) *Castellated beam* tidak sesuai untuk bentang pendek dengan beban yang cukup berat.
- c) Analisa dan defleksi lebih rumit daripada balok *solid* dan deformasi akibat gaya geser terjadi di bagian T (*tee section*).

Kegagalan pada Profil (*Castellated Beam*)

- 1. *Lateral – Torsional – Buckling*
- 2. *Rupture of Welded Joint*

Dimensi Geometri Penampang *Castellated Beam*

Menurut L. Amayreh dan M.P. Saka (2005), dimensi geometri penampang *castellated beam* dibagi menjadi tiga parameter yaitu :

- 1. Sudut Pemotongan (\emptyset)
- 2. Tinggi Pemotongan (h)
- 3. Lebar Pemotongan (e)

Perhitungan *Castellated Beam*

Menurut jurnal Banu Adhibaswara (2010), rumus perhitungan *castellated beam* adalah sebagai berikut:

- 1. Menentukan dimensi *castellated beam*
- 2. Kontrol penampang
- 3. *Bottom dan top tee*
- 4. Pembebanan
- 5. Kontrol lendutan

Momen

- 1. Momen Eksperimen

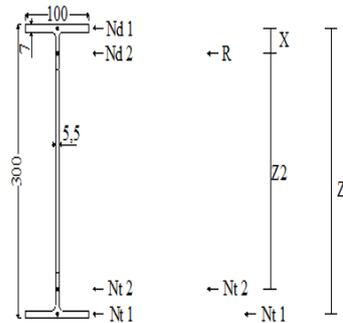
Rumus: $M = \frac{1}{4} \cdot P_u \cdot L$

Keterangan:

- M = momen
- P_u = beban terpusat
- L = panjang benda uji

2. Momen Teori

$M_n = (N_{t1} \times Z_1) + (N_{t2} \times Z_2)$



Dimana:

$N_{t1} = t_f \times b_f \times f_y$

$N_{t2} = d_t \times t_w \times f_y$

Kontrol Geser

Rumus:

$V_u = 1/2 \times P$ dan $V_n = 0,6 \times f_y \times d_t \times t_w$

Kontrol geser: $V_u \leq V_n$

Keterangan:

V_u = gaya lintang analisis statik

V_n = kuat geser nominal

Lendutan

Lendutan beban terpusat :

$\Delta = \frac{PL^3}{48EI}$

Lendutan maksimum yang diijinkan:

$\Delta_{maksimum} = \frac{L}{240}$

Tegangan

Rumus tegangan:

$\sigma = \frac{M \cdot \frac{h}{2}}{I}$

Keterangan :

σ = tegangan

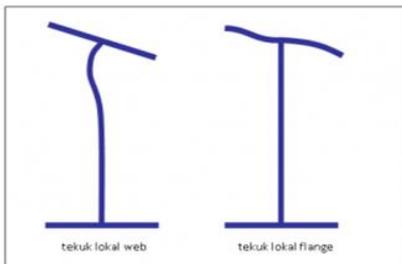
M = Momen yang bekerja pada garis berat

h = Tinggi profil

I = Momen inersia penampang (mm^4)

Gaya Tekuk Lateral (*Buckling*)

Gaya tekuk lateral terjadi apabila elemen penampang pada sumbu Y tidak bisa menahan gaya aksial yang terjadi, sehingga terjadi pembengkokan pada bagian badan profil.



Gambar 3. Tekuk lateral (*buckling*)

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen, pada penelitian ini menerapkan model *castellated beam* zig-zag horisontal dengan benda uji profil baja WF 200.100.5,5.8. Penulis berencana untuk meneliti optimalisasi kekuatan tegangan lentur *castellated beam* bila diberlakukan beban diletakkan diatas baja yang tidak berlubang dan lebar pemotongan profil (e) yang berbeda-beda yaitu $e=51,25\text{mm}$, $e_0=0$ (utuh), $e=177\text{mm}$, $e=150\text{mm}$, $e=125\text{mm}$, $e=75\text{mm}$ dan $e=50\text{mm}$. ditinjau dari uji ledutan, dengan ketiggian lubang *castellated beam* disesuaikan dengan perhitungan rumus yang ada yaitu $h = d(K_1 - 1)$

Alat dan Bahan Eksperimen

1. Bahan yang digunakan dalam penelitian

➤ Profil baja WF 200.100.5,5.8.

➤ Las sebagai penyambung dalam pembuatan profil *castellated beam*.

2. Alat yang digunakan dalam penelitian *castellated beam*

➤ Satu set alat untuk uji tekan: *Loading frame*, Tumpuan benda uji, *Silinder jack*, Kontroler, Pc / *software*, *Dial gauge*.

Tahap-Tahap Penelitian

➤ Persiapan

Pada tahap penelitian ini akan dilakukan pengujian mutu dari profil baja yang akan digunakan sebagai benda uji *castellated beam*.

➤ Preliminary Design.

Merencanakan dimensi balok dan profil yang akan digunakan dan mengubah profil baja WF menjadi profil *castella beam*.

➤ Perencanaan benda

➤ Pembuatan benda uji

Membuat garis patron (garis pola desain) berbentuk *castella* atau trapesium tanpa alas pada bagian web profil profi. Menggunakan oxygen + acetylene dengan cutting torch untuk memotong web sesuai garis pola yang sudah dibuat. Memisahkan setelah terpotong menjadi 2. Kemudian sambungkan kembali sisi-sisi horizontal dari 2 bagian tersebut

➤ Pengujian Benda Uji

a) Pengujian Mutu Baja

Tegangan mutu baja adalah tegangan yang terjadi pada saat sebelum mulai leleh. Untuk mengetahui mutu baja (f_y) maka akan dilakukan tes uji tarik, yaitu dengan cara mengambil sampel dari

profil baja yang akan diuji mutu bajanya.

Rumus tegangan dan regangan:

$$\sigma = P/A \quad \text{dan} \quad \epsilon = \Delta L/L$$

Hubungan antara σ dan ϵ dirumuskan:

$$E = \sigma / \epsilon$$

Keterangan:

P = gaya tarikan

A = luas penampang

ΔL = pertambahan panjang

L = panjang awal

b) Uji Kuat Lentur

Sistem pengujian baja *castellated beam* yang dilakukan di laboratorium adalah dengan memberi beban terpusat di sekitar tengah bentang balok baja, kemudian pada daerah uji (*test region*) dipelajari perilaku balok baja saat menerima beban terpusat tersebut.



Gambar 5. *Set-up* pengujian kuat lentur

6. Pengolahan Data

7. Kesimpulan

HASIL PENELITIAN & PEMBAHASAN

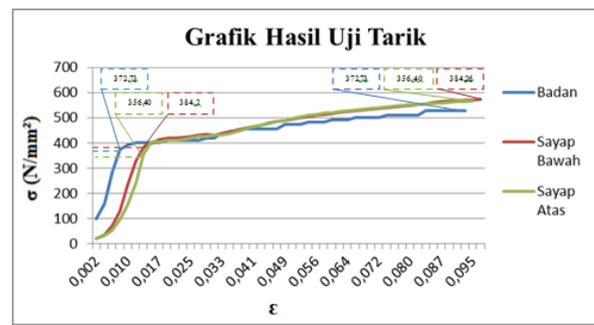
Pemeriksaan Bahan

1. Ukuran Dimensi Balok Kastela

Tabel 1. Dimensi benda uji baja kastela

Lebar Potongan (e) (mm)	Panjang Keseluruhan (mm)	Jarak Antar Tumpuan (mm)	Tinggi (dg) (mm)	Lebar Sayap (bf) (mm)		Tinggi Potongan Profil (h) (mm)	Sudut Potongan (h) (mm)	
				Badan (tw)	Sayap (tf)			
e=5,125mm	1346	1285	300	100	5,5	8	h=102,5mm	60°
Utuh	1270	1170	200	100	5,5	8	Utuh	-
e=177mm	1798	1650	247	100	5,5	8	h=50mm	60°
e=150mm	1572	1430	248	100	5,5	8	h=50mm	60°
e=125mm	1346	1230	250	100	5,5	8	h=50mm	60°
e=75mm	1325	1240	250	100	5,5	8	h=50mm	60°
e=50mm	1306	1250	247	100	5,5	8	h=50mm	60°

2. Uji Tarik



Gambar 6. Grafik hubungan tegangan dan regangan

Tabel 2. Mutu baja

No	Profil	σ Leleh (Mpa)	Rata-Rata Fy Leleh (Mpa)	σ Runtuh (Mpa)	Rata-Rata Fy Runtuh (Mpa)
1	Badan	372,73	372,73	527,27	527,27
2	Sayap Bawah	384,26	370,33	572,30	569,31
3	Sayap Atas	356,40		566,32	
Rata-Rata Fy Keseluruhan			371,13		555,30

Dari hasil pengujian tarik yang dilakukan dilaboratorium didapat nilai modulus elastisitas (E) baja WF 200.100.5,5.8 sebesar 45580,81 N/mm².

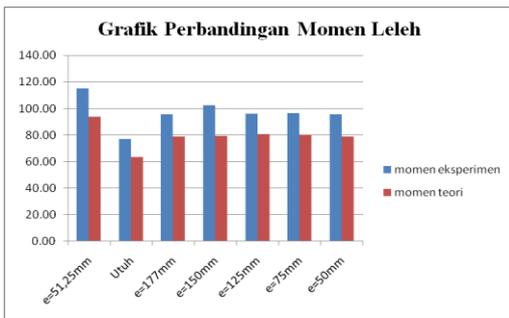
Kuat Lentur Balok

1. Perbandingan Momen Eksperimen dengan Momen Teori Terhadap Sudut Pemotongan Profil (\emptyset)

a) Momen leleh

Tabel 3. Hasil pengujian momen leleh

Benda Uji	Bentang (L) (mm)	P leleh Eksperimen (N)	Momen (KNm)		Rasio (Meks/MT) (%)	Presentase Momen (%)
			Eksperimen	Teori		
e=51,25mm	1285	357576.288	114.87	93.71	122.58	149.04
Utuh	1170	263504.038	77.07	63.47	121.44	100
e=177mm	1650	231716.313	95.58	78.75	121.37	124.01
e=150mm	1430	286963.475	102.6	79.28	129.40	133.10
e=125mm	1230	312130.494	95.98	80.49	119.24	124.53
e=75mm	1240	311161.959	96.46	80.34	120.06	125.15
e=50mm	1250	305232.93	95.39	78.75	121.12	123.76



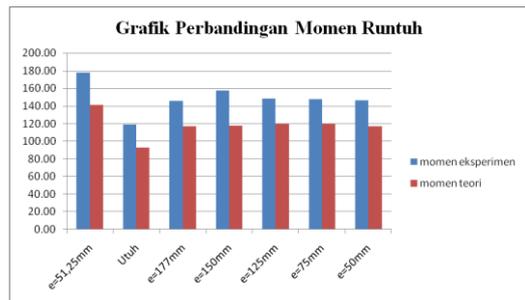
Gambar 7. Grafik perbandingan momen leleh eksperimen dan teori

Berdasarkan data hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kondisi leleh lebar pemotongan profil (e) tidak terlalu mempengaruhi kekuatan untuk menahan momennya. Hal ini dapat dilihat pada tabel 3 yaitu benda uji 3 (e=177mm) sampai benda uji 7 (e=50mm) nilai momennya hampir sama. Namun ketinggian profil sangat berpengaruh, kondisi ini dapat dibuktikan setelah penambahan ketinggian profil hasil momennya lebih besar sehingga nilai lendutannya semakin kecil dibandingkan dengan utuh dan baja kastela semakin kaku.

b) Momen runtuh

Tabel 4. Hasil pengujian momen runtuh

Benda Uji	Bentang (L) (mm)	P runtuh Eksperimen (N)	Momen (KNm)		Rasio (Meks/MT) (%)	Presentase Momen (%)
			Eksperimen	Teori		
e=51,25mm	1285	554355.30	178.09	141.16	126.16	149.79
Utuh	1170	406454.50	118.89	93.13	127.66	100
e=177mm	1650	354124.375	146.08	117.13	124.71	122.87
e=150mm	1430	440093.882	157.33	117.90	133.45	132.34
e=125mm	1230	482023.213	148.22	119.44	124.10	124.67
e=75mm	1240	476656.207	147.76	119.44	123.72	124.29
e=50mm	1250	467616.123	146.13	117.13	124.76	122.91



Gambar 8. Grafik perbandingan momen runtuh eksperimen dan teori

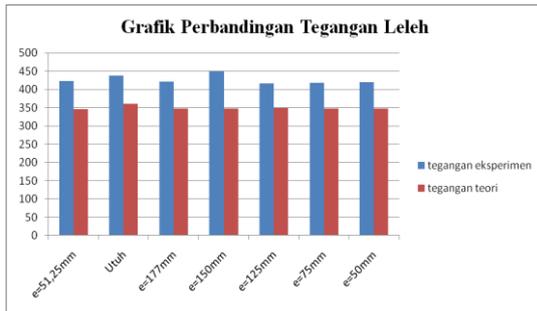
Berdasarkan data hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kondisi runtuh lebar pemotongan profil (e) tidak terlalu mempengaruhi kekuatan untuk menahan momennya. Hal ini dapat dilihat pada tabel 4 yaitu benda uji 3 (e=177mm) sampai benda uji 7 (e=50mm) nilai momennya hampir sama. Namun ketinggian profil sangat berpengaruh, kondisi ini dapat dibuktikan setelah penambahan ketinggian profil hasil momennya lebih besar sehingga nilai lendutannya semakin kecil dibandingkan dengan utuh dan baja kastela semakin kaku.

2. Perbandingan Tegangan Eksperimen dengan Tegangan Teori Terhadap Sudut Pemotongan Profil (\emptyset)

a) Tegangan leleh

Tabel 5. Hasil pengujian tegangan leleh

Benda Uji	Bentang (L) (mm)	Momen (Nmm)		Y (mm)	Momen Inersia (Ix) (mm ⁴)	Tegangan (N/mm ²)		Presentase Tegangan Eks (%)
		Eksperimen	Teori			Eksperimen	Teori	
e=51,25mm	1285	114871382.61	93711309.01	150.0	40664257	423.73	345.68	96.81
Utuh	1170	77074931.25	63467752.96	100.0	17609323	437.69	360.42	100
e=177mm	1650	95582979.20	78753539.82	123.5	28048196	420.86	346.76	96.16
e=150mm	1430	102589442.27	79281949.60	124.0	28313485	449.29	347.22	102.65
e=125mm	1230	95980126.80	80493051.21	125.0	28848381	415.88	348.78	95.02
e=75mm	1240	96460207.17	80344919.21	125.0	28848381	417.96	348.13	95.49
e=50mm	1250	95385290.53	78753539.82	123.5	28048196	419.99	346.76	95.96



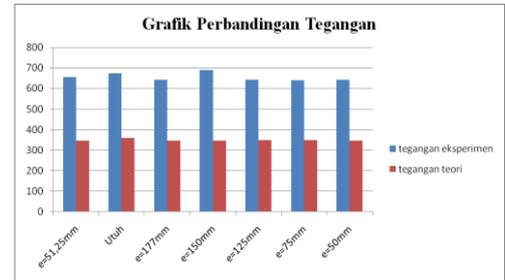
Gambar 9. Grafik perbandingan tegangan leleh eksperimen dan teori

Hasil pengujian tegangan leleh pada Tabel 5 menunjukkan bahwa benda uji 4 (e=150mm) memiliki tegangan eksperimen yang paling besar, hal ini dikarenakan pada benda uji 4 momen eksperimennya besar, tinggi profil dan momen inersianya cenderung sama sehingga tegangan yang dihasilkan besar. Namun untuk tegangan teori nilai terbesar adalah benda uji 2, karena nilai momen momen inersianya terkecil sehingga tegangannya besar. Sesuai dengan teori bahwa semakin besar momennya maka tegangan yang dihasilkan juga semakin besar, maka hasil perhitungan tegangan pada Tabel 4.6 sudah sesuai dengan teori tersebut.

b) Tegangan runtuh

Tabel 6. Hasil pengujian tegangan runtuh

Benda Uji	Bentang (L) (mm)	Momen (Nmm)		Y (mm)	Momen Inersia (Ix) (mm ⁴)	Tegangan (N/mm ²)		Presentase Tegangan Eks (%)
		Eksperimen	Teori			Eksperimen	Teori	
e=51,25mm	1285	178086639.78	93711309.01	150.0	40664257	656.92	345.68	97.30
Utuh	1170	118887939.84	63467752.96	100.0	17609323	675.14	360.42	100
e=177mm	1650	146076304.69	78753539.82	123.5	28048196	643.19	346.76	95.27
e=150mm	1430	157333562.75	79281949.60	124.0	28313485	689.05	347.22	102.06
e=125mm	1230	148222137.96	80344919.21	125.0	28848381	642.25	348.13	95.13
e=75mm	1240	147763424.07	80344919.21	125.0	28848381	640.26	348.13	94.83
e=50mm	1250	146130038.34	78753539.82	123.5	28048196	643.43	346.76	95.30

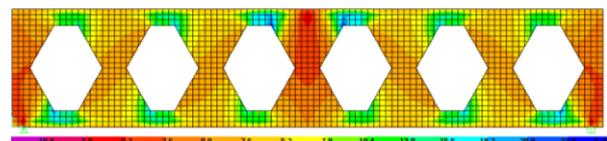


Gambar 10. Grafik perbandingan tegangan runtuh eksperimen dan teori

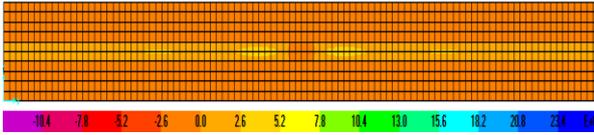
Hasil pengujian tegangan runtuh pada Tabel 6, menunjukkan bahwa benda uji 4 (e=150mm) memiliki tegangan eksperimen yang paling besar, hal ini dikarenakan pada benda uji 4 momen eksperimennya besar, tinggi profil dan momen inersianya cenderung sama sehingga tegangan yang dihasilkan besar. Namun untuk tegangan teori nilai terbesar adalah benda 2 (Utuh), karena nilai momen inersianya terkecil sehingga tegangannya semakin besar. Sesuai dengan teori bahwa semakin besar momennya maka tegangan yang dihasilkan juga semakin besar, maka hasil perhitungan tegangan pada Tabel 4.7 sudah sesuai dengan teori tersebut.

3. Analisis dengan SAP 2000

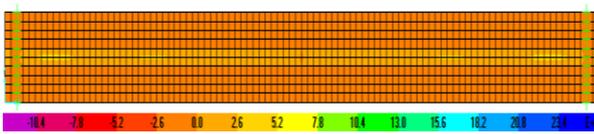
a) Analisis benda uji 4 ($\phi_4 = 60^\circ$)



Gambar 11. Distribusi tegangan pada web



Gambar 12. Distribusi tegangan pada *top flange*



Gambar 13. Distribusi tegangan pada *bottom flange*

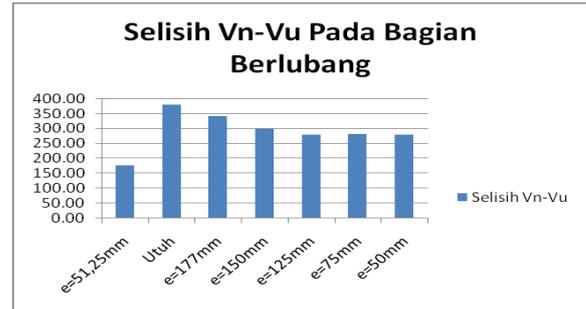
Pada benda uji utuh maupun benda uji balok baja kastela tersebut yang terjadi adalah runtuh lentur bukan runtuh geser. Hal ini menunjukkan bahwa perletakan beban pada bagian penampang baja yang utuh atau tidak berlubang tersebut sudah tepat. Jadi penelitian ini sudah sesuai dengan perencanaan awal bahwa beban yang diberikan akan tersalurkan secara merata keseluruh penampang balok kastela dan terjadi runtuh lentur, sehingga dapat diketahui pengaruh lebar pemotongan profil terhadap perilaku lentur pada balok baja kastela.

4. Kontrol Geser

a) Bagian berlubang

Tabel 7. Kontrol geser pada bagian berlubang

Benda Uji	Bentang (L) (m)	P runtuh Eksperimen (KN)	Vu (KN)	Vn Total (KN)	Selisih Vn - Vu	Keterangan
e=51,25mm	1.285	554.35	277.18	452.69	175.51	Vu < Vn (geser aman)
Utuh	1.170	406.45	203.23	581.84	378.61	Vu < Vn (geser aman)
e=177mm	1.650	354.12	177.06	516.65	339.59	Vu < Vn (geser aman)
e=150mm	1.430	440.09	220.05	517.88	297.83	Vu < Vn (geser aman)
e=125mm	1.230	482.02	241.01	520.34	279.33	Vu < Vn (geser aman)
e=75mm	1.240	476.65	238.33	520.34	282.01	Vu < Vn (geser aman)
e=50mm	1.250	476.65	238.33	516.65	278.32	Vu < Vn (geser aman)

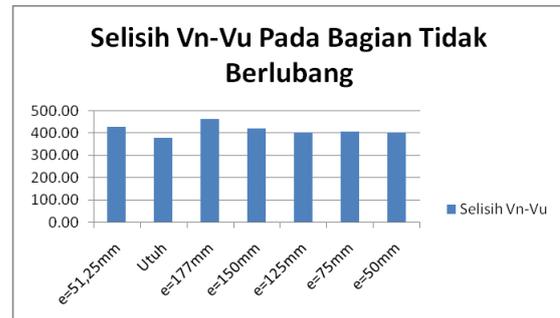


Gambar 14. Selisih Vu terhadap Vn pada bagian berlubang

b) Bagian tidak berlubang

Tabel 8. Kontrol geser pada bagian utuh

Benda Uji	Bentang (L) (mm)	P runtuh Eksperimen (KN)	Vu (KN)	Vn Total (KN)	Selisih Vn - Vu	Keterangan
e=51,25mm	1285	554355.2989	277.18	704.84	427.66	Vu < Vn (geser aman)
Utuh	1170	406454.4952	203.23	581.84	378.61	Vu < Vn (geser aman)
e=177mm	1650	354124.375	177.06	639.65	462.59	Vu < Vn (geser aman)
e=150mm	1430	440093.8818	220.05	640.88	420.83	Vu < Vn (geser aman)
e=125mm	1230	482023.2129	241.01	643.34	402.33	Vu < Vn (geser aman)
e=75mm	1240	476656.2067	238.33	643.34	405.01	Vu < Vn (geser aman)
e=50mm	1250	476656.2067	238.33	639.65	401.32	Vu < Vn (geser aman)



Gambar 15. Selisih Vu terhadap Vn pada bagian utuh

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua benda uji mengalami runtuh lentur dan tidak terjadi runtuh geser, itu terbukti dengan besarnya gaya lintang dari pembebanan (V_u) lebih kecil dari kuat geser nominal (V_n), atau dengan kata lain persamaan $V_u \leq V_n$ sebagai perencanaan kuat geser telah terpenuhi.

Optimalisasi Balok Baja Kastela (*Castellated Beam*)

1. Pengaruh Besar Sudut Pemotongan Profil

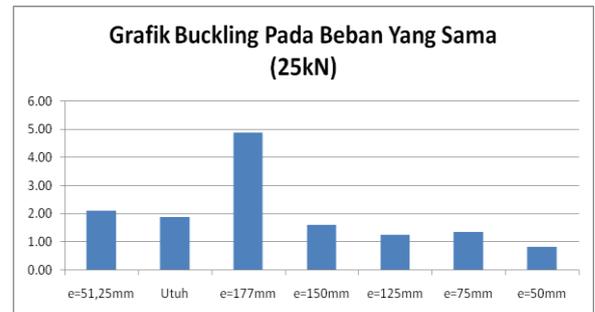
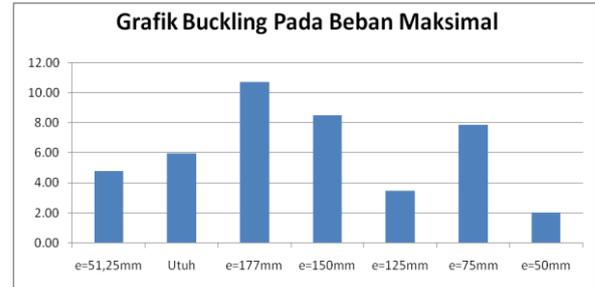
(Ø) Terhadap Lendutan



Gambar 16. Grafik Lendutan Eksperimen

Berdasarkan data hasil penelitian menunjukkan bahwa pada beban yang sama lebar pemotongan profil (e) mempengaruhi nilai lendutannya. Semakin lebar pemotongan profil (e) maka semakin besar nilai lendutannya. Hal ini dapat dilihat pada gambar 16 yaitu mulai benda uji 3 ($e=177\text{mm}$) sampai benda uji 7 ($e=50\text{mm}$) nilai lendutannya cenderung menurun dan nilai lendutan yang lebih kecil dari benda uji utuh adalah mulai dari benda uji 5 ($e=125\text{mm}$) sampai 7 (50mm). Namun pada benda uji 6 ($e=75\text{mm}$) nilai lendutan naik lagi tetapi nilai kenaikannya tidak terlalu besar atau hampir sama. Ditinjau dari lendutan maka hasil penelitian menunjukkan bahwa jika lebar pemotongan profil (e) melebihi $2\frac{1}{2}h$ ($>125\text{mm}$), maka ada indikasi terjadi nilai lendutan yang besar pada balok kastela.

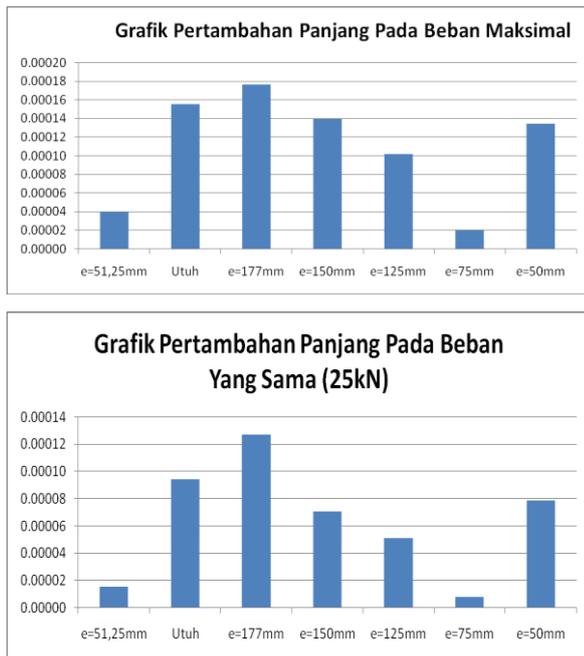
2. Pergoyangan (*Buckling*)



Gambar 17. Grafik *buckling* Eksperimen

Berdasarkan data hasil penelitian menunjukkan bahwa pada beban yang sama lebar pemotongan profil (e) mempengaruhi nilai *buckling*nya. Semakin lebar pemotongan profil (e) maka semakin besar nilai *buckling*nya. Hal ini dapat dilihat pada gambar 17 yaitu mulai benda uji 3 ($e=177\text{mm}$) sampai benda uji 7 ($e=50\text{mm}$) nilai *buckling*nya cenderung menurun. Nilai *buckling* yang lebih kecil dari benda uji utuh adalah mulai dari benda uji 4 ($e=150\text{mm}$) sampai 7 (50mm), tetapi bila dilihat dari lendutannya mulai benda uji 5 ($e=125\text{mm}$) adalah kondisi paling aman. Pada benda uji 6 ($e=75\text{mm}$) nilai *buckling* naik lagi tetapi nilai kenaikannya tidak terlalu besar atau hampir sama. Ditinjau dari *buckling* dan lendutan maka hasil penelitian menunjukkan bahwa jika lebar pemotongan profil (e) melebihi $2\frac{1}{2}h$ ($>125\text{mm}$), maka ada indikasi terjadi nilai *buckling* yang besar pada balok kastela.

3. Pertambahan Panjang



Gambar 18. Grafik rasio pertambahan panjang eksperimen

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis data, maka kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Berdasarkan data hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kondisi leleh lebar pemotongan profil (e) tidak terlalu mempengaruhi kekuatan untuk menahan momennya. Hal ini dapat dilihat pada tabel 4.3 yaitu benda uji 3 ($e=177\text{mm}$) sampai benda uji 7 ($e=50\text{mm}$) nilai momennya hampir sama. Namun ketinggian profil sangat berpengaruh, kondisi ini dapat dibuktikan setelah penambahan ketinggian profil hasil momennya lebih besar sehingga nilai lendutannya semakin kecil dibandingkan

dengan utuh dan baja kastela semakin kaku.

2. Berdasarkan data hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kondisi runtuh lebar pemotongan profil (e) tidak terlalu mempengaruhi kekuatan untuk menahan momennya. Hal ini dapat dilihat pada tabel 4.4 yaitu benda uji 3 ($e=177\text{mm}$) sampai benda uji 7 ($e=50\text{mm}$) nilai momennya hampir sama. Namun ketinggian profil sangat berpengaruh, kondisi ini dapat dibuktikan setelah penambahan ketinggian profil hasil momennya lebih besar sehingga nilai lendutannya semakin kecil dibandingkan dengan utuh dan baja kastela semakin kaku.
3. Ditinjau dari lendutan maka hasil penelitian menunjukkan bahwa jika lebar pemotongan profil (e) melebihi $2 \frac{1}{2} h$ ($>125\text{mm}$), maka ada indikasi terjadi nilai lendutan yang besar pada balok kastela.
4. Ditinjau dari *buckling* dan lendutan maka hasil penelitian menunjukkan bahwa jika lebar pemotongan profil (e) melebihi $2 \frac{1}{2} h$ ($>125\text{mm}$), maka ada indikasi terjadi nilai *buckling* yang besar pada balok kastela.
5. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua benda uji mengalami runtuh lentur dan tidak terjadi runtuh geser, itu terbukti dengan besarnya gaya lintang dari pembebanan (V_u) lebih kecil dari kuat geser nominal (V_n), atau dengan kata lain

persamaan $V_u \leq V_n$ sebagai perencanaan kuat geser telah terpenuhi.

Dari uraian tersebut dapat disimpulkan bahwa ditinjau dari indikasi momen leleh, momen runtuh, lendutan dan *buckling* pada baja kastela. Lebar potongan profil (e) pada lubang kastela (khusus pada penelitian ini) tidak diperbolehkan melebihi dari $2 \frac{1}{2} h$ atau e (125mm).

DAFTAR PUSTAKA

- Amon, Rene dan Knobloch Atanu Mazumder, Bruce. 1999. *Perencanaan Konstruksi Baja Untuk Insinyur Dan Arsitek 2*. Jakarta:PT. AKA
- Dougherty, B.K. *Castellated beams: Astate of the art report. Journal of the South African Institution of Civil Engineers*, 35:2, 2nd Quarter, pp 12-20. 1993.
- Hosain.. M.U., and Spiers. W.G. *Experiments on castellated steel beams. J. American Welding Society, Welding Research Supplement*, 52:8, 329S-342S. 1971.
- Knowles, P.R. *Castellated beams. Proc. Institution of Civil Engineers, Part I, Vol. 90, pp 521-536*. 1991
- L. Amayreh and M. P. Saka Department of Civil Engineering, University of Bahrain. *Failure load prediction of castellated beams Using artificial neural networks*. 2005.
- Nethercot. D.A., and Kerdal.. O. *Laterai-torsional buckling of castellated beams Struct. Engr~ 60B:3, 53-61* . 1982
- Arikunto, Suharsimi. 2002. *Metodologi Penelitian*. PT. Rineka Cipta, Jakarta.
- Dieter, G. E., 1987, *Metalurgi Mekanik*, Jilid 1 Erlangga, Jakarta.
- Megharief, Jihad Dokali. 1997. *Behavior of Composite Castellated Beam*. MCGILL UNIVERSITY Montreal, CANADA.