

PENGARUH PENAMBAHAN JUMLAH PLAT PENGAKU PADA PENGUJIAN TINGGI PEMOTONGAN PROFIL (H) YANG MENGALAMI *BUCKLING*, TERHADAP PERILAKU LENTUR PADA BALOK BAJA BALOK KASTELA (*CASTELLATED BEAM*)

Yuda Oktavianto, Drs Ir. H. Karyoto, MS.

Program Study S1 Pendidikan Teknik Bangunan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email : Yudaoktavianto179@gmail.com

Abstrak

Berdasarkan penelitian 2012 terhadap balok baja kastela, menunjukkan bahwa ada indikasi buckling. Menurut Fitri Rohmah Widayanti (2012:47) hasil analisis menunjukan kecenderungan *buckling* optimal di antara kedua peneliti yang lain. Balok baja kastela yang mengalami *buckling* yaitu benda uji ke-5, 6 dan 7.

Pada penelitian kali ini, benda uji yang di gunakan yaitu benda uji ke-6. Dengan perlakuan penambahan jumlah plat pengaku di atas lubang balok baja kastela dan tebal yang sama. Sehingga diharapkan terjadi pengaruh tinggi pemotongan profil terhadap perilaku kuat lentur pada balok baja kastela.

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen, penelitian yang menggunakan profil baja sebagai bahan utama dalam penelitian. Dalam penelitian ini profil baja yang digunakan adalah profil baja berukuran WF 200.100.5,5.8. Pada eksperimen ini akan dibuat 5 benda uji baja *castellated beam* dengan ukuran panjang masing-masing benda uji ± 1 meter dengan jumlah plat pengaku yang berbeda-beda, untuk melihat kecenderungannya. Jumlah plat pengaku yang dibuat pada masing-masing benda uji adalah $b_1=1$ rib, $b_2=2$ rib, $b_3=3$ rib, $b_4=4$ rib, $b_5=5$ rib dengan tebal $t=t$ badan wf yang kemudian akan diuji lendutannya.

Berdasarkan data hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kondisi leleh tebal plat pengaku mempengaruhi kekuatan untuk menahan momennya. Hal ini dapat dilihat pada tabel 4.3 yaitu benda uji b1 (1rib) sampai benda uji b5 (5 rib) nilai momennya hampir sama. Namun nilai momen di bandingkan dengan peneliti terdahulu lebih baik penelitian yang menggunakan rib.

Kata kunci: *Buckling*, Karakteristik, Kuat Lentur, Lendutan.

Abstract

Based on research 2012 against a steel beam Kastela, shows that there are indications of buckling in each study. According Rohmah Widayanti Fitr (2012:47) The results of the analysis addressing optimal buckling tendency in between the two other researchers. Kastela steel beams that are experiencing buckling specimen to-5, 6 and 7.

In the present study, the test object is used to test object-6. With the addition of the treatment stiffener plate over the hole and steel beams Kastela the same thickness. So the expected high influence on the behavior of the cutting profile on the beam flexural strength steel Kastela.

This type of research is experimental research, studies that use steel as the main ingredient profile in the study. In this study the use of steel profiles are sized steel profile WF 200.100.5,5.8. In this experiment the test object will be created 5 castellated steel beam, the length of each specimen ± 1 meter, the number plate stiffeners different, to look at trends. Number plate stiffeners were made on each specimen is $b_1 = 1$ rib, rib $b_2 = 2$, $b_3 = 3$ rib, rib $4 = b_4$, $b_5 = 5$ rib thickness $t = t$ wf body which will then be tested deflection.

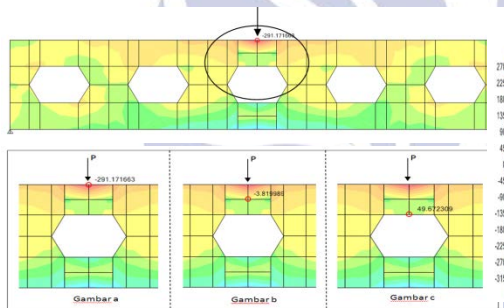
Based on the results of the data showed that the melting conditions stiffener plate thickness affects the strength to resist the moment. This can be seen in Table 4.3 that the test object b1 (1rib) until the specimen b5 (5 rib) is almost the same value of the moment. However, the value of the moment in comparison with previous researchers better study using rib.

Keywords: *Buckling*, Characteristics, Strong Bending, Deflection.

PENDAHULUAN

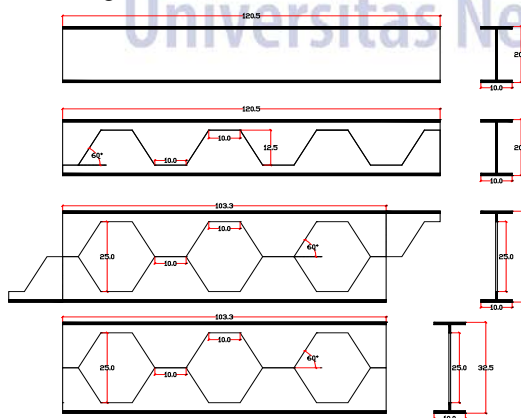
Pada penelitian *Castellated Beam* sebelumnya berindikasi *buckling*. Buckling adalah gaya tekuk lateral terjadi apabila elemen penampang pada sumbu Y tidak bisa menahan gaya aksial yang terjadi, sehingga terjadi pembengkokan pada bagian badan profil. Faktor yang mempengaruhi gaya tekuk antara lain, karakteristik kekakuan, bentuk penampang, kelangsingan profil, dan panjang profil.

Berdasarkan hasil dari penelitian 2012 terhadap bolok baja kastela, menunjukkan bahwa ada indikasi *buckling* pada setiap penelitian. Hasil analisis menunjukan kecenderungan *buckling* optimal pada penelitian Fitri Rohmah Widayanti di antara kedua peneliti yang lain. Menurut Fitri Rohmah Widayanti (2012:47) balok baja kastela yang mengalami *buckling* yaitu benda uji ke-5, 6 dan 7.



Gambar 1.1 Analisis Dengan Sap V15 Fitri Rohmah Widayanti (2012:39)

Dari gambar 1.1 didapat hasil analisis bahwa, menunjukan beban yang diberikan tidak tersalurkan sampai kebawah, karena pada tengah balok terdapat lubang, sehingga beban yang terjadi terhalang oleh lubang yang terdapat ditengah bentang balok tersebut.



Gambar 1.2 Benda Uji 6

Pada penelitian kali ini, benda uji yang di gunakan yaitu benda uji ke-6. Dengan perlakuan penambahan jumlah plat pengaku di atas lubang balok baja kastela dan tebal yang sama. Sehingga diharapkan terjadi pengaruh tinggi pemotongan profil terhadap perilaku kuat lentur pada balok baja kastela.

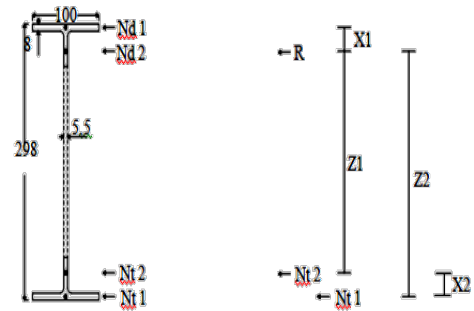
Berdasarkan uraian dari sub latar belakang di atas maka permasalahan dapat dirumuskan sebagai berikut: 1. Bagaimana pengaruh jumlah plat pengaku pada balok baja kastela, terhadap perilaku lentur pada balok baja kastela? 2. Bagaimana pengaruh jumlah plat pengaku pada balok baja kastela, terhadap pola runtuh dan geser pada balok baja kastela? Yang bertujuan 1. Untuk mengetahui pengaruh jumlah plat pengaku pada balok baja kastela mengalami buckling, terhadap perilaku lentur pada balok baja kastela? 2. Untuk mengetahui pengaruh jumlah plat pengaku pada balok baja kastela, terhadap pola runtuh dan geser pada balok baja kastela?

Manfaat yang diharapkan pada penelitian ini ialah, 1. Mengetahui pengaruh jumlah plat pengaku pada balok baja kastela yang mengalami buckling, terhadap optimalisasi kekuatan lentur dan bahan dari profil balok baja kastela. 2. Memberikan sumbangan pemikiran terhadap pengembangan ilmu pengetahuan dalam teknik sipil utamanya untuk perencanaan struktur baja *castellated beam*. 3. Membuktikan secara praktik tentang kebenaran ketentuan tabel baja *castellated beam*, bukan hanya sekedar secara teori saja.

Berdasarkan uraian di atas, maka analisa ini peneliti batasi pada:1. Perencanaan hanya terbatas pada tinggi pemotongan profil yang buckling. Pada penelitian ini di rencanakan tinggi pemotongan profil adalah $h_6=100\text{mm}$, 2. Sudut ϕ yang digunakan untuk benda uji adalah sudut $60^\circ, e=125\text{mm}$, 3. Benda uji yang dipakai adalah profil 200.100.5,5.8., 4. Model plat pengaku yang diaplikasikan dalam benda uji adalah harisontal di atas lubang, 5. Spesifikasi plat pengaku yang digunakan adalah $b_1=1$ rib, $b_2=2$ rib, $b_3=3$ rib, $b_4=4$ rib, $b_5=5$ rib dengan tebal $t=t$ badan wf, (6). Ikatan plat pengaku atau rib dengan baja balok kastela menggunakan las.

Balok Baja Kastela (*Castellated Beam*)

Balok kastela adalah balok yang dipakai untuk konstruksi bentang panjang (lebih dari 10 meter), yang berupa 2 profil baja yang disatukan menjadi 1 untuk mendapatkan tinggi profil yang sesuai. Profil *castellated beam* adalah suatu spesifikasi profil yang ditingkatkan kekuatan komponen strukturnya dengan memperpanjang kearah satu sama lain dan di las sepanjang pola Knowles (dalam Fitri,2013:6). *Castellated beam* ini mempunyai tinggi (h) hampir 50% lebih panjang dari profil awal sehingga meningkatkan nilai lentur axial, momen inersia (Ix), dan seksion modulus (Sx).



Gambar 2.1 Penampang Profil Balok Kastela
 $Nd_1 = Nt_1 = (t_f \times b) \times f_y$

$$Nd_1 = Nt_1 = (t_f \times b) \times f_y$$

$$Nd_2 = Nt_2 = t_w \left(\frac{d}{2} - t_f - 50 \right) \times f_y$$

$$Z_1 = d - X - \left(t_f + \frac{dt}{2} \right)$$

$$Z_2 = d - X - \frac{t_f}{2}$$

$$X_1 = Y_a$$

$$X_2 = Y_b$$

$$M_n = (Nt_1 \times Z_1) + (Nt_2 \times Z_2)$$

Keterangan:

M = Momen

B = Lebar profil

F_y = Mutu baja

t_f = Tebal sayap profil

Z = Modulus plastis

t_w = Tebal badan profil

H = Tinggi profil

Y_a = Titik atas terhadap garis netral

Y_b = Titik bawah terhadap garis netral

Menentukan ukuran plat pengaku

Lebar pengaku pada setiap sisi pelat badan harus lebih besar dari sepertiga lebar pelat sayap dikurangi setengah tebal pelat badan. (SNI) Tebal pengaku harus lebih tebal dari setengah tebal pelat sayap dan memenuhi

$$\frac{b_s}{t_s} \leq 0.56 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

Keterangan:

t_s adalah ketebalan pengaku, mm

b_s adalah lebar pengaku, mm

Momen

1. Momen eksperimen

$$M = \frac{1}{4} P_u L$$

M = Momen P_u = Beban terpusat

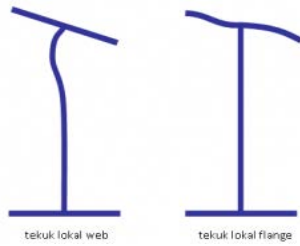
L = Panjang benda uji

Pada rumus momen di atas adalah merupakan fungsi dari beban (P) dikalikan dengan panjang benda uji (L) kemudian dibagi empat. Maka erat hubungannya antara beban (P) dengan panjang benda uji.

2. Momen Teori

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 seperti pada gambar berikut. Faktor yang mempengaruhi gaya tekuk antara lain, karakteristik kekakuan, bentuk penampang, kelangsingan profil, dan panjang profil.



Sumber : <http://angryits.blogspot.com>
Gambar 1.3 Tekuk *Lateral* (*Buckling*)

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen, penelitian yang menggunakan profil baja sebagai bahan utama dalam penelitian. Dalam penelitian ini profil baja yang digunakan adalah profil baja berukuran WF 200.100.5,5.8.

Pada eksperimen ini akan dibuat 5 benda uji baja *castellated beam* dengan ukuran panjang masing-masing benda uji ± 1 meter dengan jumlah plat pengaku yang berbeda-beda, untuk melihat kecenderungannya. Jumlah plat pengaku yang dibuat pada masing-masing benda uji adalah $b_1=1$ rib, $b_2=2$ rib, $b_3=3$ rib, $b_4=4$ rib, $b_5=5$ rib dengan tebal $t=t$ badan wf yang kemudian akan diuji lendutannya.

Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan sebagai upaya pembuktian keberadaan data yang dibuat, maka diperlukan data-data yang mendukungnya. Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

a. Metode eksperimen

Pengumpulan data dilakukan dengan cara percobaan serta pengujian bahan yang telah direncanakan dan hasilnya nanti diharapkan dapat membantu untuk menyajikan data penelitian.

b. Metode dokumentasi

Pengumpulan data dilakukan dengan cara mengumpulkan data dari dokumen-dokumen atau catatan harian yang ada dari pihak-pihak yang terkait dengan obyek penelitian.

c. Metode literatur atau kepustakaan

Pengumpulan data dilakukan dengan cara mencari literatur atau buku yang berkaitan dengan penelitian.

Variabel Penelitian

Variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

a. Variabel bebas

Variabel bebas penelitian ini adalah penambahan jumlah plat pengaku pada tinggi (h) pemotongan profil baja dan diberi plat pengaku pada bagian atas lubang baja Kastela. Benda yang diuji pada penelitian ini ialah: Jumlah plat pengaku $b_1=1$ mm, $b_2=2$ mm, $b_3=3$ mm, $b_4=4$ mm, $b_5=5$ mm.

b. Variabel terikat

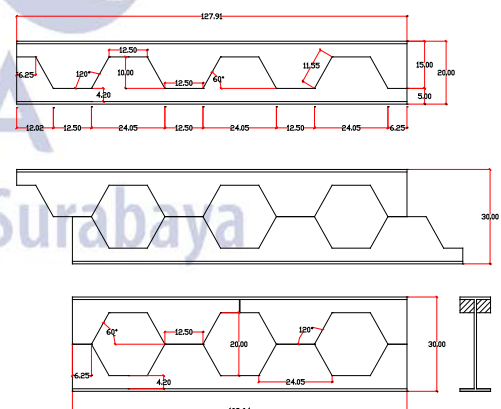
Variabel terikat pada penelitian ini adalah kekuatan lentur dari profil *castellated beam*.

c. Variabel kontrol

Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah:

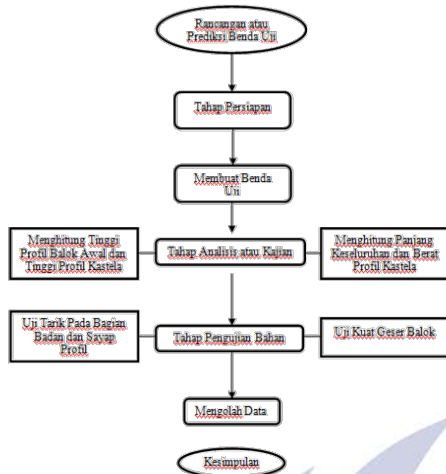
1. Sudut \emptyset pemotongan profil. Dalam penelitian ini digunakan sudut 60° .
2. Mutu Baja 37
3. e (lebar pemotongan profil). Dalam penelitian ini digunakan $e=125$ mm.
4. Jenis profil yaitu WF 200.100.5,5.8, benda uji 6
5. Bentang profil wf yang digunakan 103,3 cm.

Perencanaan dimensi *castellated beam* asumsi Pemodelan benda uji 1, Jumlah plat pengaku 1 dengan tebal $t=t$ badan.



Gambar 1.4 Pelaksanaan Pembuatan Benda Uji

Berikut ini pada gambar 3.12 diberikan daftar alur rencana kerja, untuk memperjelas seluruh rangkaian kegiatan dari studi ini.



Gambar 1.5 Alur Rencana Kerja

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 3.1. Hasil Pengukuran Dimensi Baja Kastela (*Castellated Beam*)

No	Tinggi Potongan Profil (h)	Panjang Keseluruhan (mm)	Jarak Antar Tumpuan (mm)	Tinggi (dg) (mm)	Lebar Sayap (bf) (mm)	Tebal (mm)		Lebar Potongan (e) (mm)	Sudut Potongan (h) (mm)
						Badan (tw)	Sayap (tf)		
1	Utuh	1270	1170	200	100	5.5	8	-	-
2	b1=1	1030	995	298	100	5.5	8	125	60°
3	b2=2	1030	995	298	100	5.5	8	125	60°
4	b3=3	1030	995	298	100	5.5	8	125	60°
5	b4=4	1030	995	298	100	5.5	8	125	60°
6	b5=5	1030	995	298	100	5.5	8	125	60°



Gambar 3.1. Dimensi Baja Kastela (*castellated beam*)

Penyajian Uji Tarik

Dari hasil pengujian tarik baja WF 200.100.5.5.8 dapat diketahui mutu bajanya dari bagian badan, sayap atas, dan sayap bawah. Mutu baja dinyatakan dalam bentuk grafik antara tegangan regangan. Mutu baja ditunjukkan oleh tegangan leleh pertama dari benda uji, tegangan leleh pertama dapat dilihat pada table sebagai berikut :

No	Keterangan	σ Leleh	σ Runtuh	ϵ	E
1	Badan	395.35	534.88	0.007	56478.41
2	Sayap Bawah	386.05	543.26	0.007	56803.99
3	Sayap Atas	381.40	604.65	0.007	54485.05
	Rata-rata Fy Leleh Badan	395.35			
	Rata-rata Fy Leleh Sayap	383.72			
	Rata-rata Fy Runtuh Badan		534.88		
	Rata-rata Fy Runtuh Sayap		573.95		
	Rata-rata Regangan			0.007	
	Rata-rata Modulus Elastis				55922.48

Tabel 3.2 Tabel nilai modulus elastisnya dari perhitungan

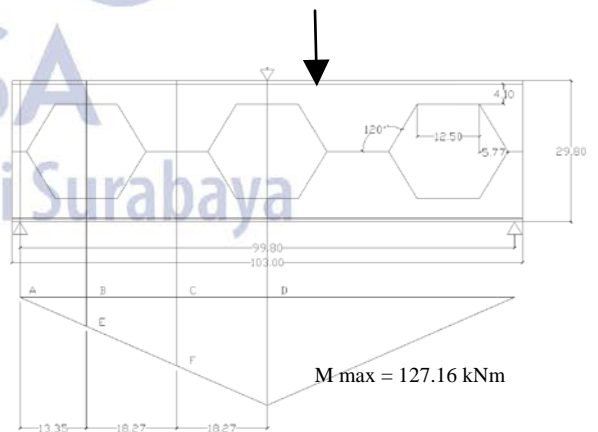
Dari hasil pengujian di laboratorium (tes lentur) didapatkan hasil momen seperti pada Table 4.3 berikut ini :

Tabel 4.3. Hasil Pengujian Momen Leleh

Benda Uji	Bentang (L) (mm)	P leleh Eksperimen (N)	Momen (KNm)		Rasio (Meks/MT) %	Presentase Momen (%)
			Eksperimen	Teori		
Utuh	1170	273032.200	79.86	63.47	125.83	100
b1=1	995	479651.163	119.31	82.71	144.26	149.40
b2=2	995	511201.550	127.16	51.48	247.01	159.23
b3=3	995	473339.963	117.74	82.71	142.36	147.43
b4=4	995	466535.701	116.05	51.48	225.43	145.31
b5=5	995	484847.384	120.61	82.71	145.82	151.02

Analisis Momen pada Balok Baja Kastela

Besarnya nilai momen yang diterima oleh balok baja kastela pada setiap bentangnya, dapat diuraikan mendetail dengan rumus perbandingan. Dalam hal ini diambil salah satu contoh benda uji yang dijadikan perhitungan, yaitu benda uji tanpa menggunakan rib dengan perhitungan sebagai berikut:



Gambar 4.6 Distribusi momen

- Momen di titik A
 $M_a = 0 \text{ kNm}$ → Karena tidak memiliki jarak terhadap tumpuan

- Momen di titik F

$$MF = \frac{\text{Panjang AC}}{\text{Panjang AD}} \times M \text{ max}$$

$$MF = \frac{31.62\text{cm}}{49.90\text{cm}} \times 127.16\text{kNm}$$

$$MF = 80.58 \text{ kNm}$$

- Momen di titik E

$$ME = \frac{\text{Panjang AB}}{\text{Panjang AD}} \times M \text{ max}$$

$$ME = \frac{13.35\text{cm}}{49.90\text{cm}} \times 127.16\text{kNm}$$

$$ME = 34.02 \text{ kNm}$$

Dari hasil pengujian di laboratorium (tes lentur) didapatkan hasil tegangan seperti pada Tabel 4.6 berikut ini :

Tabel 4.6. Hasil Pengujian Tegangan Leleh

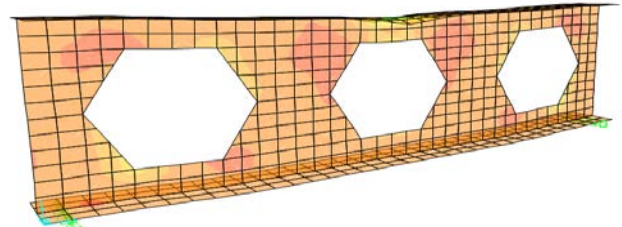
Benda Uji	Bentang (L) (mm)	Momen (Nmm)		Ya (mm)	Momen Inersia (I _s) (mm ⁴)	Tegangan (N/mm ²)		Presentase Tegangan Eks (%)
		Eksperimen	Teori			Eksperimen	Teori	
Utuh	1170	79861918.6	63467752.96	100.0	79667422	100.24	79.67	100
b1-1	995	119313226.74	82705983.18	66.2	79667422	99.19	68.75	98.94
b2-2	995	127161385.66	51480351.49	145.1	56974810	323.75	131.07	322.96
b3-3	995	117743315.87	82705983.18	66.2	79667422	97.88	68.75	97.64
b4-4	995	116050755.7	51480351.49	145.1	56974810	295.46	131.07	294.74
b5-5	995	120005786.7	82705983.18	66.2	79667422	100.26	68.75	100.02

Berdasarkan hasil penelitian atau pengujian baja kastela sebelumnya oleh Fitri Rohma Widayanti (2012:37) pada benda uji h=100mm menunjukkan hasil pengujian tegangan leleh 219,37 N/mm², Masita Nur Hayati (2013:53) pada benda uji e=125mm menunjukkan hasil pengujian tegangan leleh 415.88 N/mm², Andys Wicaksono Saputro (2013:60) pada benda uji h=102.5 N/mm², Arizal David Rusmawan (2013:62) pada benda uji Ø=60° menunjukkan hasil pengujian tegangan leleh 450,22 N/mm², sedangkan penelitian kali ini menggunakan kombinasi benda uji terdahulu yang optimal dengan komposisi h=100mm, e=125mm, Ø=60°, pengujian kali ini menunjukkan hasil pengujian tegangan leleh rata – rata 324.67 N/mm². Hal ini menunjukkan bahwa, pengujian balok kastela pada penelitian kali ini yang tidak mengunakan plat pengaku tegangan leleh yang di dapat lebih besar dibandingkan dengan balok kastela yang menggunakan plat pengaku tegangan lelehnya.

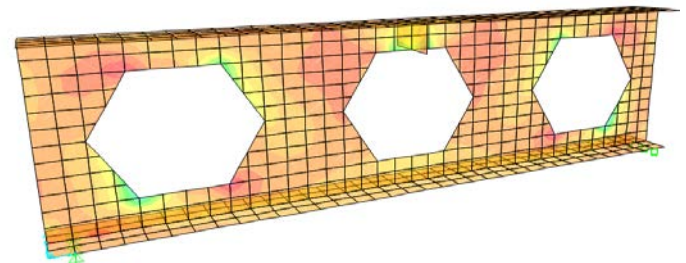
Sehingga dengan penambahan plat pengaku tegangan yang diterima oleh balok dapat teratasi.

Analisis dengan SAP 2000

Analisis dengan menggunakan SAP 2000 pada benda uji utuh yaitu sebagai berikut:



Analisis dengan menggunakan SAP 2000 pada benda uji b1(1rib) yaitu sebagai berikut:



Tabel 4.13. Perbandingan Benda Uji

Titik Beban	Hasil SAP Tanpa Plat Pengaku		Hasil Sap Menggunakan Plat Pengaku		
	Yang Sama	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	
Titik a	a	6477.627	N/mm ²	1041.005	N/mm ²
Titik b	b	138.107	N/mm ²	912.947	N/mm ²
Titik c	c	2740.558	N/mm ²	1778.419	N/mm ²
Titik d1	d1	123.712	N/mm ²	-75.302	N/mm ²
Titik d2	d2	118.124	N/mm ²	-80.892	N/mm ²
Titik e1	e1	17.244	N/mm ²	21.622	N/mm ²
Titik e2	e2	17.694	N/mm ²	22.222	N/mm ²
Titik f1	f1	-143.460	N/mm ²	-151.483	N/mm ²
Titik f2	f2	-142.757	N/mm ²	-150.731	N/mm ²
Titik g1	g1	-248.317	N/mm ²	-263.120	N/mm ²
Titik g2	g2	-247.675	N/mm ²	-261.473	N/mm ²
Titik h1	h1	16.178	N/mm ²	-17.345	N/mm ²
Titik h2	h2	14.707	N/mm ²	-15.802	N/mm ²
Titik i1	i1	815.483	N/mm ²	862.470	N/mm ²
Titik i2	i2	831.712	N/mm ²	879.786	N/mm ²
Titik j	j	1043.021	N/mm ²	1103.439	N/mm ²

Titik	k	846.650	N/mm ²	899.946	N/mm ²
Titik	l	635.961	N/mm ²	681.027	N/mm ²

Berdasarkan Gambar 4.15 simulasi tegangan benda uji tanpa rib, menunjukkan bahwa tegangan yang terjadi menurun mulai dari bagian atas penampang baja hingga garis netral, sehingga baja mengalami tekan. Kemudian dari bagian atas lubang baja hingga bagian bawah lubang baja tegangan yang terjadi tarik kemudian bawah tekan.

Hasil Kontrol Geser.

Semua elemen struktur balok, baik struktur beton maupun baja, tidak lepas dari masalah geser. Untuk membuktikan adanya kerusakan geser pada penelitian ini, maka akan dilakukan kontrol geser untuk membuktikan kebenarannya.

Tabel 4.14. Kontrol Geser Pada Bagian Berlubang

Benda Uji	Bentang (L) (mm)	Momen Inersia (Ix) (mm ⁴)	P runtuh Eksperimen (KN)	Vu (KN)	Vn Total (KN)	Selish Vn - Vu	Keterangan
Utuh	1170	17609323	409769.68	204.88	471.44	266.55	Vu ≤ Vn (geser aman)
b1=1	995	79667422	710626.16	355.31	496.23	140.91	Vu ≤ Vn (geser aman)
b2=2	995	56974810	766865.63	383.43	496.23	112.80	Vu ≤ Vn (geser aman)
b3=3	995	79667422	718029.93	359.01	496.23	137.21	Vu ≤ Vn (geser aman)
b4=4	995	56974810	722615.72	361.31	496.23	134.92	Vu ≤ Vn (geser aman)
b5=5	995	79667422	709908.72	354.95	496.23	141.27	Vu ≤ Vn (geser aman)

Keterangan :

- P_{Eks} : Beban Hasil Eksperimen
- V_u : Gaya Lintang Analisis Statik
- V_n : Kuat Geser Nominal : 0,6 x fy x dt x

tw

Hasil Lendutan

Dari hasil pengujian di laboratorium (tes lentur) didapatkan hasil nilai dari lendutan yang dibaca oleh alat *dial gauge* 3 seperti pada tabel-tabel berikut ini:

Tabel 4.16. Hasil Pengujian Lendutan Eksperimen Pada P Maksimal

Benda Uji	Bentang (L) (mm)	P Maksimal Eksperimen (N)	Lendutan Eksperimen	Rasio Lendutan Terhadap Bentang	Rasio
Utuh	1170	409769.68	4.05	0.003	1/289 L
b1=1	995	710626.16	3.13	0.003	1/318 L
b2=2	995	766865.63	2.16	0.002	1/461 L
b3=3	995	718029.93	3.94	0.004	1/253 L
b4=4	995	722615.72	3.63	0.004	1/274 L
b5=5	995	722615.72	3.76	0.004	1/265 L

Tabel 4.17. Hasil Pengujian Lendutan Teori Pada P Maksimal

Benda Uji	K 1/L	Lendutan Max L/240	E N/mm ²	I mm ⁴	Δteori	Rasio
Utuh	15050.7	4.88	45580.808	17609322.67	17.03	1/69 L
b1=1	40462.66	4.15	45580.808	40260343.67	7.95	1/125 L
b2=2	40462.66	4.15	45580.808	40260343.67	8.58	1/116 L
b3=3	40462.66	4.15	45580.808	40260343.67	8.03	1/124 L
b4=4	40462.66	4.15	45580.808	40260343.67	8.08	1/123 L
b5=5	40462.66	4.15	45580.808	40260343.67	8.08	1/123 L

Pergoyangan (buckling)

Dengan adanya penambahan tinggi profil baja tentu ada resiko indikasi untuk terjadi *buckling*. Untuk menganalisis bahwa ada indikasi terjadi *buckling* pada pengujian, maka dari pembacaan *dial gauge* 5 didapat data untuk pengujian sebagai berikut:

Tabel 4.22. Tabel hasil Pengujian *Buckling* pada P Maksimal

Benda Uji	P Eksperimen (kN)	Pergoyangan
Utuh	409769.68	2.51
b1=1	710626.16	1.69
b2=2	766865.63	1.50
b3=3	718029.93	2.31
b4=4	722615.72	1.66
b5=5	709908.72	1.74

Pertambahan Panjang

Untuk menganalisis bahwa ada indikasi terjadi pertambahan panjang pada pengujian, maka dari pembacaan *dial gauge* 1 didapat data untuk pengujian sebagai berikut:

Tabel 4.24. Tabel hasil Pengujian Pertambahan Panjang pada P Maksimal

Benda Uji	P Eksperimen (kN)	Pertambahan Panjang	Rasio $\Delta L/L$
Utuh	409769.68	0.18	0.00016
b1=1	710626.16	0.10	0.00010
b2=2	766865.63	0.01	0.00001
b3=3	718029.93	0.07	0.00007
b4=4	722615.72	0.09	0.00009
b5=5	722615.72	0.07	0.00007

A. Rekapitulasi Hasil Pengujian

Untuk mengetahui rekapitulasi pengujian setiap benda uji dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.26. Tabel Hasil Rekapitulasi Pengujian

No.	Keterangan		Benda Uji				
			B1 (1 Rib)	B2 (2 Rib)	B3 (3 Rib)	B4 (4 Rib)	B5 (5 Rib)
1	Momen Leleh Eks	KNm	119.31	127.16	117.74	116.05	120.61
2	Momen Runtuh Eks	KNm	176.77	190.76	178.61	179.75	176.59
3	Tegangan Leleh Tekan	N/mm ²	99.19	323.75	97.88	295.46	100.26
4	Tegangan Leleh Tarik	N/mm ²	335.13	323.50	330.72	295.24	338.76
5	Tegangan Runtuh Tekan	N/mm ²	146.95	485.66	148.48	457.64	146.80
6	Tegangan Runtuh Tarik	N/mm ²	496.51	485.29	501.68	457.29	496.01
7	Lendutan P Maksimal	mm	3.13	2.16	3.94	3.63	3.76
8	Lendutan P Sebelum Leleh	mm	1.28	0.88	1.37	0.94	1.23
9	Lendutan P Sama	mm	1.28	0.79	1.20	0.78	0.84
10	Buckling P Maksimal	mm	1.69	1.50	2.31	1.66	1.74
11	Buckling P Sama	mm	1.69	1.12	2.00	1.30	1.10
12	Pertambahan Panjang P Max	mm	0.10	0.01	0.07	0.09	0.07
13	Pertambahan Panjang P Sama	mm	0.10	0.01	0.06	0.08	0.06

Berdasarkan hasil rekapitulasi pada Tabel 4.26. bahwa pertambahan besar profil dengan komposisi $h=100\text{mm}$, $e=125\text{mm}$, $\theta=60^\circ$, dan penambahan plat pengaku dapat mempengaruhi benda uji jika dibandingkan dengan baja kastela yang tidak menggunakan rib. Maka semakin besar momen inersia maka semakin kecil nilai tegangan yang diterima, untuk momen leleh dan runtuh dari benda uji 1 sampai 5 nilai yang diperoleh hampir sama. Pada benda uji 1, 3, 5 memiliki nilai momen inersia 79667442 N/mm² sedangkan benda uji 2 dan 4 memiliki nilai inersia 56874810 N/mm², karena menggunakan tebal rib yang sama namun peletakan titik berat yang berbeda sehingga nilai benda uji 1, 3, 5 sama dan benda uji 2 dan 4 sama besarnya. Pada pengujian *buckling*, benda uji yang mengalami *buckling* yaitu benda uji 1 dan 4 sedangkan benda uji 2, 3, 5 dapat mengatasi biarpun sedikit pada

sayap atas. Untuk lendutan dan pertambahan panjang benda uji 1-5 memiliki grafik nilai naik turun sehingga berpengaruhnya tidak terlalu besar.

PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari hasil dan analisis data pada BAB IV, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1) Berdasarkan data hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kondisi leleh tebal plat pengaku mempengaruhi kekuatan untuk menahan momen. Benda uji b1 (1rib) sampai benda uji b5 (5 rib) nilai momennya hampir sama. Namun nilai momen di bandingkan dengan peneliti terdahulu lebih baik penelitian yang menggunakan rib.

2) Berdasarkan data hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kondisi runtuh pada jumlah plat pengaku mempengaruhi kekuatan untuk menahan momennya. Jumlah plat pengaku profil berpengaruh, kondisi ini dapat dibuktikan setelah penambahan jumlah plat pengaku. Profil hasil momennya berbeda-beda satu sama lainnya. Sehingga nilai lendutannya semakin kecil dibandingkan dengan peneliti sebelumnya kastela semakin kaku.

3) Berdasarkan data hasil penelitian menunjukkan bahwa pada beban yang sama jumlah plat pengaku mempengaruhi nilai lendutannya. Jumlah plat pengaku pada peletakan yang tepat semakin kecil nilai lendutannya. Hal ini dapat dilihat mulai benda uji b1 (1 rib) sampai benda uji b5 (5 rib) nilai lendutannya cenderung menurun, dibandingkan pengujian terdahulu yang nilai lendutannya lebih kecil karena beban tidak sampai tersalurkan samapai bawah.

4) Berdasarkan data hasil penelitian menunjukkan bahwa pada beban yang sama jumlah plat pengaku mempengaruhi nilai *buckling*nya. Jumlah plat pengaku berpengaruh pada *Buckling* yang terjadi. Dilihat pada benda uji b2 (2 rib) nilai *buckling*nya cenderung menurun. Dikarenakan beban masi belum berkontribusi baik dikarenakan secara fisik terjadi *buckling* pada sayap. Sedangkan pada benda uji ke 3 bebean

terkontribusi baik secara fisik *buckling* yang terlihat sedikit tekukan di sayap atas sehingga nilai *bucklingnya* baik dibandingkan nilai *buckling* benda uji yang lama. Dalam penelitian kali ini *backling* sudah dapat teratasih atau lebih baik dari penelitian sebelumnya yang nilai baklinya besar.

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.

B. Saran

Berdasarkan kesimpulan diatas dapat disarankan bahwa:

1. Pada penelitian berikutnya sebaiknya pembacaan data pada saat pengujian di lapangan harus lebih teliti dan konsentrasi, agar kesalahan data yang diperoleh tidak terlalu besar.

2. Pada penelitian berikutnya sebaiknya bentang pada benda uji balok kastela dibuat lebih panjang menganalisis optimalisasi berdasarkan lendutan agar data yang didapatkan lebih baik.

3. Pada struktur atap bangunan gudang yang panjangnya lebih dari 10 meter sebaiknya menggunakan balok baja kastela, karena berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak terjadi runtuh geser pada balok baja kastela, di samping itu juga lebih kuat dan hemat.

4. Pada penelitian berikutnya disarankan untuk memperkuat benda uji dengan contoh dengan memberi plat tutup ujung profil kastela beam / plat kopel dan penguatan pengelasan, serta melakukan *set-up* alat pengujian secara lebih teliti dan benar guna mengantisipasi terjadinya puntir.

5. Pada penelitian berikutnya disarankan untuk menganalisis ulang pada jarak bentang profil agar semua komponen tersebut dapat bekerja secara maksimal pada saat pengujian, sehingga pada bagian sayap atas akan terjadi tekanan dan pada bagian sayap bawah terjadi tarikan.

6. Dalam pelaksanaan penelitian ini ada dua peneliti lain yang melaksanakan penelitian sejenis dengan variabel yang berbeda. Apabila

hasil dari penelitian itu digabungkan maka akan didapat hasil yang paling optimal dari model, jumlah, dan tebal plat pengaku yang paling optimal.

DAFTAR PUSTAKA

Adhibaswara Banu, dan Relly Andayani, MM., MT.. 2010. *BRIDGE STRUCTURE DESIGN OF COMPOSITE STEEL BEAM WITH PROFILE CASTELLATED (Online)*, Gunadarma University,(<http://www.garudadarma.ac.id>)

Hosain.. M.U., and Spiers. W.G. *Experiments on castellated steel beams. J. American Welding Society, Welding Research Supplement*, 52:8, 329S-342S. 1973.

Knowles, P.R. *Castellated beams. Proc. Institution of Civil Engineers, Part 1, 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.

Suprpto. 2005. *Panduan Uji Bahan Bangunan.* Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Universitas Negeri Surabaya.

Suprpto. 2005. *Metode Eksperimen Struktur.* Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Universitas Negeri Surabaya.

Tim Penyusun. 2006. *Panduan penulisan dan Penilaian Skripsi Universitas Negeri Surabaya.* Surabaya. Universitas Negeri Surabaya.

Widayanti, Fitri Rohmah. 2012. *Pengaruh Tinggi Pemotongan Profil (h), Terhadap Optimalisasi Tegangan Lentur Dan Bahan Baja Balok Kastela (Castelled Beam) Ditinjau Dari Lendutan.* Unesa: *Skripsi* tidak diterbitkan.