

OPTIMASI TINGGI PEMOTONGAN LUBANG HEKSAGONAL PADA CASTELLATED BEAM

Sharon Ruth Toreh

Steenie E. Wallah, Servie O. Dapas

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

E-mail : sharon.toreh@gmail.com

ABSTRAK

Baja banyak digunakan untuk bangunan bertingkat tinggi maupun bangunan yang berbentuk lebar. Namun karena harga material baja relatif mahal maka diperlukan upaya untuk dapat memperoleh desain konstruksi baja yang lebih ekonomis dan dapat meminimalisir penggunaan bahan baja tersebut. Adanya teknologi las listrik pada konstruksi baja, memungkinkan untuk pembuatan castellated beam (balok kastela) yang tujuannya meminimalisir penggunaan bahan baja. Castellated beam memiliki karakteristik yang cukup menguntungkan karena dengan lebar profil yang lebih tinggi (d_g), menghasilkan momen inersia dan section modulus yang lebih besar sehingga lebih kuat dan kaku bila dibandingkan dengan profil asalnya. Selain itu, mampu memikul momen lebih besar dengan tegangan izin yang lebih kecil. Pada penelitian ini akan dikaji profil castellated beam dengan tumpuan jepit-jepit dengan variasi tinggi pemotongan dengan lebar pemotongan tetap dengan bentang sebesar 8 meter dan beban terpusat berada di tengah bentang sebesar 10 kN. Dari hasil penelitian yang dilakukan, diketahui bahwa terjadi kenaikan nilai tegangan, nilai momen dan nilai geser di sekitar lubang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar tinggi pemotongan castellated beam memperbesar kemungkinan terjadinya kegagalan profil pada daerah sekitar lubang khususnya yang terletak dekat perletakan sehingga disarankan untuk menggunakan pengaku disekitar lubang.

Kata kunci: balok kastela, momen inersia, section modulus, profil baja, lubang

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dalam bidang konstruksi terus-menerus mengalami peningkatan, khususnya bangunan yang menggunakan material baja. Baja banyak digunakan untuk bangunan bertingkat tinggi maupun bangunan yang berbentuk lebar. Hal ini dikarenakan material baja mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan bahan konstruksi yang lain. Sifat-sifatnya yang terutama penting dalam penggunaan konstruksi adalah kekuatannya yang tinggi dan sifat keliatannya. Pertimbangan-pertimbangan penting yang lainnya dalam penggunaan baja termasuk mudahnya untuk disediakan secara luas dan daya tahannya (*durability*) khususnya dengan menyediakan proteksi terhadap cuaca sekedarnya. menyediakan proteksi terhadap cuaca sekedarnya.

Pembuatan *castellated beam* bertujuan meminimalisir penggunaan bahan baja. Bentuk heksagonal dipilih karena lebih mudah dalam proses pemotongannya dibandingkan bentuk oktagon dan lingkaran.

Castellated beam memiliki kapasitas momen lentur yang lebih besar karena penam-bahan

tinggi balok tanpa menambah berat sendiri dan dengan lebar profil yang lebih tinggi bisa menghasilkan momen inersia dan *section modulus* (kemampuan/daya tahan bentuk *beam* terhadap pembebanan) yang lebih besar sehingga lebih kuat dan kaku bila dibandingkan dengan asalnya. *Castellated beam* juga mampu memikul momen lebih besar dengan tegangan izin yang kecil dan sesuai untuk bentang panjang serta memiliki nilai artistik yang lebih indah dibandingkan balok baja biasa.

METODE PENELITIAN

Perencanaan dimulai dengan membuat model variasi tinggi pemotongan *castellated beam*. Setelah diketahui nilai momen dan gaya geser dengan bantuan program struktur, hasil perhitungan tersebut harus mengikuti syarat-syarat modulus dan kekuatan penampang sesuai peraturan yang ada (SNI 03-1729-2002). Selain itu, perhitungan tegangan lentur tekan izin dapat dijaga dalam batas izin bila tegangan geser pada pinggir lubang harus memenuhi syarat dari tegangan geser izin.

Pada pengecekan tegangan lentur yang terjadi pada perletakan tidak ada momen lentur utama sehingga tidak ada gaya aksial tekan beraksi pada penampang. Sudah diketahui bahwa tegang lentur mungkin terdiri dari tegangan lentur utama (σ_b) dan tegangan lentur sekunder (σ_T). Jika tegangan lentur utama dibawah tegangan izin tetapi tegangan lentur sekunder tidak memenuhi, maka digunakan variasi profil sebelumnya yang memiliki ketinggian lubang (h) yang lebih kecil. Tegangan lentur utama akan semakin besar pada profil dengan bentang panjang. Tahapan terakhir dalam perencanaan adalah pengecekan pengaruh gaya geser yang merupakan kelemahan profil *castellated beam*. Untuk mencegah kegagalan profil akibat gaya geser maka dapat menggunakan pengaku lateral di sepanjang lubang atau memperbesar jarak antar lubang (e).

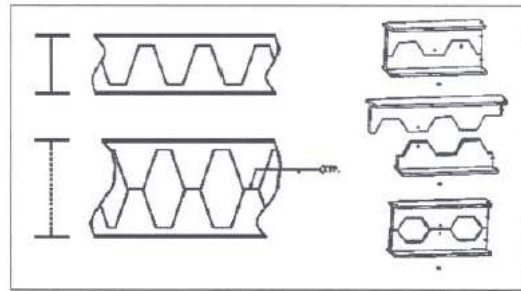
HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara singkat *castellated beam* dibuat dengan cara memotong bagian badan dari baja profil *wide flange* dengan pola gerigi gergaji (zig-zag) di sepanjang bentang profil tersebut. Kemudian masing-masing bagian tersebut disambung dengan las di salah satu ujungnya sehingga dihasilkan penampang baru (Gambar 1). Balok *castellated* dapat dibuat secara ekonomis dengan menggunakan balok baja yang dipotong mengikuti pola zig-zag sepanjang garis tengah balok. Ujung potongan yang serupa kemudian disambung satu sama lain dengan las busur. Pada balok profil WF, bagian sayap pada profil memegang peranan yang sangat penting dalam menahan tegangan lentur sehingga kehilangan luas pada badan akibat lubang tidak terlalu berpengaruh, sepanjang momen masih diperhitungkan. Bagaimanapun tegangan geser yang harus diperhitungkan pada lubang badan yang ada. Pada bagian lubang badan, dua buah profil T seolah-olah bekerja sebagai bagian yang menahan gaya geser vertikal. Pada tengah bentang, gaya geser minimum sehingga hanya memberikan sedikit efek pada kekuatan balok. Pada bagian di sekitar lubang yang dekat dengan perletakan, gaya geser yang dihasilkan cukup besar, sehingga tegangan yang dihasilkan dari beban pada balok harus dihitung berdasarkan penampang T karena berlubang.

Profil yang digunakan dalam penelitian ini adalah WF 400*200 dengan data sebagai berikut.

$$d_b = 400 \text{ mm} \quad t_w = 8 \text{ mm}$$

$$b_f = 200 \text{ mm} \quad t_f = 13 \text{ mm}$$

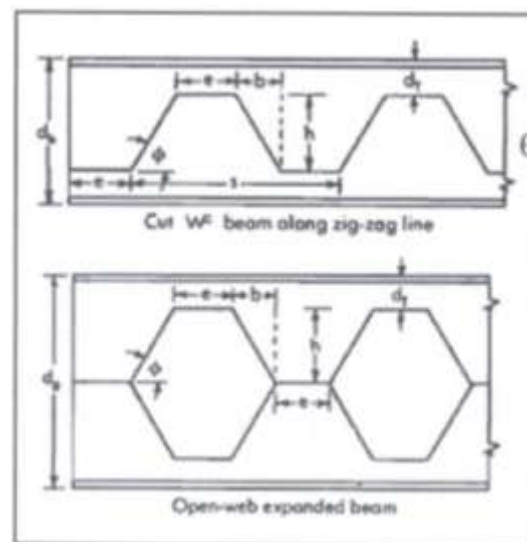


Gambar 1. *Castellated Beam*

Pada penelitian ini dibuat 5 variasi tinggi pemotongan dengan lebar pemotongan tetap sesuai tabel berikut.

Tabel 1. Ukuran Variasi Tinggi Pemotongan

Variasi	θ	b	d_g	d_T	e	S
		m	m	m	m	m
1	46.2	11	52	14	10	43
		5	0	0	0	0
2	50.6	11	54	13	10	43
		5	0	0	0	0
3	54.2	11	56	12	10	43
		9	5	0	0	0
4	57.4	11	58	11	10	43
		3	5	0	0	0
5	60.1	11	60	10	10	43
		5	0	0	0	0



Gambar 2. Keterangan Potongan Balok

Data Pembebanan

Pembebanan model struktur dengan perletakan jepit-jepit terletak di tengah bentang berupa beban terpusat sebesar 10 kN dan tidak menggunakan pengaku.

Untuk menghitung gaya dalam perlu dicari terlebih dahulu beban-beban maksimum akibat dari kombinasi beban di balok tepi atau balok tengah. Perhitungan beban dengan SLS (*Service Limit State*) dan ULS (*Ultimate Limit State*) meskipun yang akan digunakan dalam perencanaan *castellated beam* adalah perhitungan beban SLS.

Dari perhitungan SAP 2000 v.15 diperoleh nilai gaya momen dan geser maksimum SLS untuk variasi 1 yaitu $M_{max} = 13.25$ kNm dan $V_{max} = 148.97$ kN.

Analisis Data

Mutu baja yang akan digunakan $f_y = 240$ MPa = 34809.06 psi dengan tegangan izin lentur, $\bar{\sigma} = 0.6 f_y = 144$ MPa = 20885.43 psi dan tegangan izin geser, $\bar{\tau} = 0.4 f_y = 96$ MPa = 13923.62 psi.

Langkah pertama analisis adalah menghitung dimensi profil *castellated beam*. Perhitungannya adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 K_1 &= \frac{d_g}{d_b} = 1.30 \\
 h &= d_b (K_1 - 1) = 120.00 \text{ mm} \\
 b &= \frac{h}{\tan \theta} = 115.00 \text{ mm} \\
 d_T &= \frac{d_g - 2 t_f}{2} - h = 127.00 \text{ mm} \\
 h_o &= 2h = 240.00 \text{ mm} \\
 a_o &= 2b + e = 230.00 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_x \text{ penampang tanpa lubang} \\
 &= \left(\frac{1}{12} b_f d_g^3 \right) - \left(\frac{1}{12} (b_f - t_w) \right) (d_g - 2t_f)^3 \\
 &= 414606122.67 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_x \text{ penampang dengan lubang} \\
 &= I_x \text{ tanpa lubang} - \left(\frac{1}{12} t_w h_o^3 \right) \\
 &= 405390122.67 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_x \text{ rata-rata} \\
 &= 409998122.67 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_y \text{ penampang tanpa lubang} \\
 &= \left(\frac{1}{12} d_g b_f^3 \right) - \left(\frac{1}{12} (d_g - 2t_f) \right) (b_f - t_w)^3 \\
 &= 55293610.67 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_y \text{ penampang dengan lubang} \\
 &= I_y \text{ tanpa lubang} - \left(\frac{1}{12} h_o t_w^3 \right) \\
 &= 55283370.67 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_y \text{ rata-rata} \\
 &= 55288490.67 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_x &= \left(b_f t_f (d_g - t_f) \right) + \left(\left(\frac{1}{2} (d_g - 2t_f - h) \right) \left(\frac{1}{2} (d_g - 2t_f + h) \right) t_w \right) \\
 &= 1777472.00 \text{ mm}^3 \\
 S_x &= \frac{I_x}{\frac{1}{2} d_g} = 1576915.86 \text{ mm}^3 \\
 A_n &= 2 b_f t_f + d_g t_w - h_o t_w \\
 &= 7440.00 \text{ mm}^2 \\
 G &= \frac{E}{2(1+\nu)} = 80769.23 \text{ MPa} \\
 J &= \sum \frac{1}{3} b t^3 = 377242.67 \text{ mm}^4 \\
 I_w &= I_y \frac{h^2}{4} = 1.99E+11 \text{ mm}^6 \\
 x_1 &= \frac{\pi}{S_x} \sqrt{\frac{EGJA}{2}} = 9719.77 \text{ MPa} \\
 x_2 &= 4 \left(\frac{S_x}{GJ} \right)^2 \frac{I_w}{I_y} = 3.86E-05 \text{ mm}^4/\text{N}^2 \\
 r_y &= \sqrt{\frac{I_y}{A_n}} = 86.20 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Ketebalan pelat badan yang tidak diperkaku dan dibatasi di kedua sisi memanjangnya oleh pelat sayap harus memenuhi

$$\frac{h}{t_w} < 6.36 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \rightarrow 65.00 < 188.13$$

dengan h adalah tinggi bersih pelat badan di antara kedua pelat sayap; sedangkan jika pada salah satu sisi memanjang dibatasi oleh tepi bebas maka harus memenuhi

$$\frac{h}{t_w} < 3.18 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \rightarrow 65.00 < 94.07$$

Langkah berikutnya adalah menghitung pengaruh momen, lendutan dan gaya geser.

1) Momen nominal pengaruh *local buckling* pada sayap

$$\begin{aligned}
 \lambda &= \frac{b_f}{2 t_f} = 7.69 \\
 \lambda_p &= \frac{170}{\sqrt{f_y}} = 10.97 \\
 \lambda_r &= \frac{370}{\sqrt{f_y - f_r}} = 28.38 \\
 M_p &= Z_x f_y = 4.27E+08 \text{ Nmm} \\
 M_p &\leq 1.5 f_y S_x \leq 5.68E+08 \text{ Nmm} \\
 M_r &= S_x (f_y - f_r) = 2.68E+08 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Penampang tergolong penampang kompak karena $\lambda < \lambda_p$

$$\begin{aligned}
 M_n &= M_p \\
 &= 4.27E+08 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

- 2) Momen nominal pengaruh *local buckling* pada badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = 65.00$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = 108.44$$

$$\lambda_r = \frac{2550}{\sqrt{f_y}} = 164.60$$

Penampang tergolong penampang kompak karena $\lambda < \lambda_p$

$$M_n = M_p = 4.27E+08 \text{ Nmm}$$

- 3) Momen nominal pengaruh tekuk torsi lateral

$$M_A = 3639837.18 \text{ Nmm}$$

$$M_B = 13253252.39 \text{ Nmm}$$

$$M_C = 3663317.46 \text{ Nmm}$$

$$C_b = \frac{12.5M_{max}}{2.5M_{max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} = 1.53 \leq 2.3$$

$$M_{cr} = C_b \frac{\pi}{L} \sqrt{EI_y GJ + \left(\frac{\pi E}{L}\right)^2 I_y I_w} = 394162845.85 \text{ Nmm}$$

- 4) Momen nominal pengaruh *lateral buckling*

$$L_p = 1.76 r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 4487.95 \text{ mm}$$

$$L_r = r_y \left[\frac{x_1}{f_L} \right] \sqrt{1 + \sqrt{1 + x_2 f_L^2}} = 7721.32 \text{ mm}$$

Karena $L_r \leq L$ maka profil ini tergolong bentang panjang

$$M_r = S_x (f_y - f_r) = 268075695.59 \text{ Nmm}$$

$$M_n = M_{cr} = 394162845.85 \text{ Nmm}$$

$$M_n \leq M_p$$

- 5) Momen lentur nominal

$$M_n = M_p - f_y * \Delta A_s \left(\frac{h_o}{4} + e \right) = 396641280.00 \text{ Nmm}$$

- 6) Syarat momen yang harus dipenuhi

$$\frac{M_u}{\phi_b M_n} \leq 1 \rightarrow 0.04 \leq 1$$

- 7) Lendutan

$$\Delta L \leq \frac{L}{240}$$

$$0.41 \text{ mm} \leq 33.33 \text{ mm}$$

- 8) Gaya geser

$$k_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} = 5.02$$

$$\frac{d_g - h}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y}}$$

$$50.00 \leq 72.91$$

$$A_w = t_w d_g = 4160.00 \text{ mm}^2$$

$$V_n = 0.6 f_y A_w = 599040.00 \text{ N}$$

Syarat gaya geser yang harus dipenuhi

$$\frac{V_u}{\phi_f V_n} \leq 1 \rightarrow 0.28 \leq 1$$

- 9) Interaksi geser dan lentur

$$\frac{M_u}{\phi_b M_n} + 0.625 \frac{V_u}{\phi_f V_n} \leq 1.375$$

$$0.210 \leq 1.375$$

Langkah terakhir adalah menghitung nilai tegangan berdasarkan jurnal "Perencanaan Struktur Balok Utama Jembatan Baja Komposit dengan Profil *Castellated Beam*" oleh Banu Adhibaswara.

- 1) Tentukan *section modulus* dari balok WF yang akan dijadikan *castellated beam*

$$S_g = \frac{M_{max}}{\sigma} = 5.62 \text{ in}^3$$

- 2) Hubungan antara *castellated beam* dan balok WF

$$K_1 = \frac{d_g}{d_b} = 1.30$$

- 3) Coba WF yang akan direncanakan berdasarkan S_x

$$S_b = \frac{S_g}{K_1} = 4.32 \text{ in}^3$$

- 4) Tinggi potongan (h)

$$h = d_b (K_1 - 1) = 4.72 \text{ in}$$

$$b = \frac{h}{\tan \phi} = 4.53 \text{ in}$$

$$e = 3.94 \text{ in}$$

$$S = 2 (b + e) = 16.93 \text{ in}$$

Untuk menjaga tegangan geser vertikal pada *stem* dari penampang T maka nilai h tidak boleh melewati ketentuan h_{batas} berikut

$$d_T = \frac{V_{max}}{2 t_w \bar{\tau}} = 3.44 \text{ in}$$

$$\begin{aligned}
 h_{\text{batas}} &= d_b - 2 d_T \\
 &= 8.87 \text{ in} > 4.72 \text{ in} \\
 \text{Penampang tergolong layak, sehingga} \\
 d_g &= d_b + h = 20.47 \text{ in} \\
 d_T &= \frac{d_g}{2} - h = 5.51 \text{ in} \\
 d_s &= d_T - t_f = 5.00 \text{ in}
 \end{aligned}$$

5) Cek kompak dari penampang (*buckling akibat tekanan axial*)

$$\frac{b_f}{2t_f} \leq \frac{3000}{\sqrt{f_y}}$$

$$7.69 \leq 16.08$$

$$\frac{d_T}{t_w} \leq \frac{4000}{\sqrt{f_y}}$$

$$17.50 \leq 21.44$$

6) Tegangan geser izin

$$\bar{\sigma} = \bar{\sigma} - 27.34 \left(\frac{h}{t_w}\right)^2$$

$$= 14733.93 \text{ psi}$$

$$\bar{\tau}_v = \frac{4\theta^2}{3 \tan \theta} \bar{\sigma}$$

$$= 11969.32 \text{ psi}$$

$$\bar{\tau}_v < 13923.62 \text{ psi}$$

Jadi, yang digunakan sebagai tegangan izin = 11969.32 psi

7) Tegangan geser maksimum sepanjang sumbu netral penampang *web* balok

$$\tau_{v \text{ max}} = 1.16 \frac{V_{\text{max}}}{t_w d_g} = 6024.98 \text{ psi}$$

8) *Properties* dari *castellated beam*

$$A_f = b_f t_f = 4.03 \text{ in}^2$$

$$A_s = d_s t_w = 1.57 \text{ in}^2$$

$$A_T = A_s + A_f = 5.60 \text{ in}^2$$

$$\begin{aligned}
 M_y &= A_f \left(d_s + \frac{t_f}{2}\right) + A_s \frac{d_s}{2} \\
 &= 25.12 \text{ in}^3
 \end{aligned}$$

$$I_y = A_f \left(d_s^2 + d_s t_f + \frac{t_f^2}{3}\right) +$$

$$A_s \frac{d_s^2}{3} = 124.54 \text{ in}^4$$

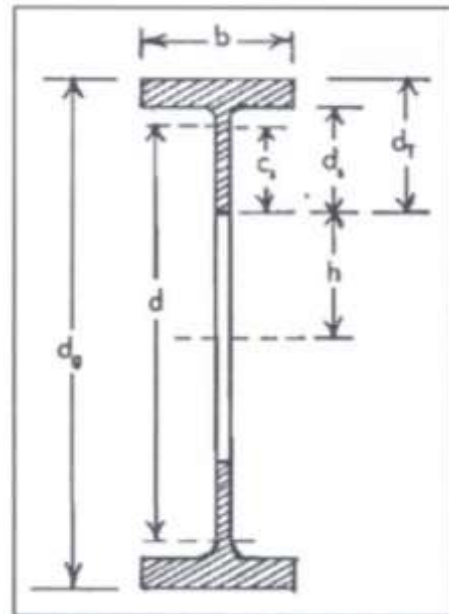
$$c_s = \frac{M_y}{A_T} = 4.48 \text{ in}$$

$$I_T = I_y - c_s M_y = 11.97 \text{ in}^4$$

$$S_s = \frac{I_T}{c_s} = 2.67 \text{ in}^3$$

$$d = 2(h + c_s) = 18.41 \text{ in}$$

$$I_g = 2 I_T + \frac{A_T d^2}{2} = 973.95 \text{ in}^4$$



Gambar 3. *Properties Castellated Beam*

$$S_g = \frac{2 I_g}{d_g} = 95.15 \text{ in}^3$$

9) Tegangan izin di lubang

$$\bar{\sigma} = 22000 - 14.44 \left(\frac{h}{t_w}\right)^2$$

$$= 18751.00 \text{ psi}$$

$$\bar{\sigma} < 20885.43 \text{ psi}$$

Jadi, tegangan izin di lubang yang digunakan = 18751.00 psi

Tegangan lentur sekunder di lubang dekat perletakan

$$\begin{aligned}
 \sigma_T &= \frac{V_{\text{max}} e}{4 s_s} \\
 &= 12342.64 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

$$\sigma_T < 18751.00 \text{ psi}$$

Tegangan lentur utama di tengah bentang

$$\begin{aligned}
 \sigma_b &= \frac{M_{\text{max}}}{d A_T} \\
 &= 1136.69 \text{ psi} \\
 &< 18751.00 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

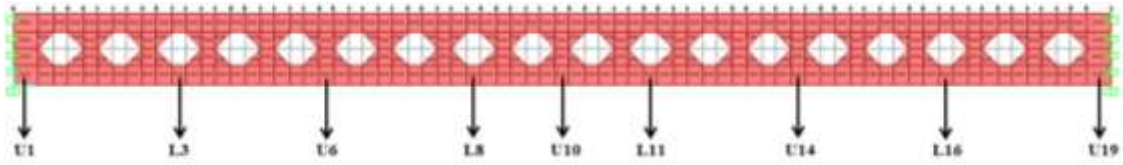
$$\begin{aligned}
 \sigma_b &= \frac{M_{\text{max}}}{S_g} \\
 &= 1232.83 \text{ psi} \\
 &< 18751.00 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

10) Tegangan geser maksimum

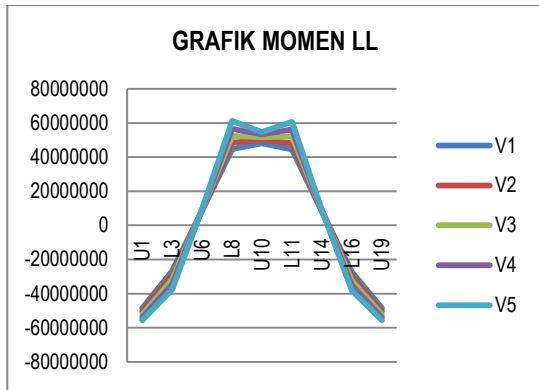
Dari hasil perhitungan SAP2000 v.15 diperoleh nilai tegangan geser maksimum sebesar $3.51 \text{ N/mm}^2 = 509.71 \text{ psi}$

$$\tau = 509.71 \text{ psi}$$

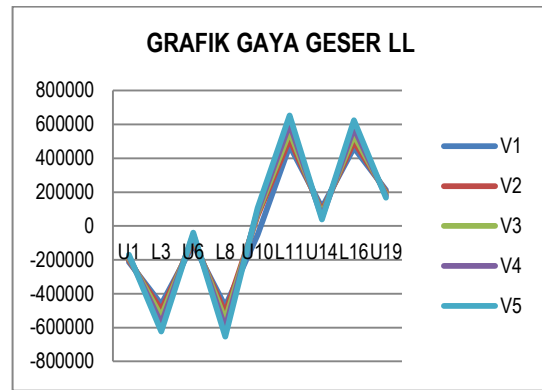
$$\tau < 11969.32 \text{ psi}$$



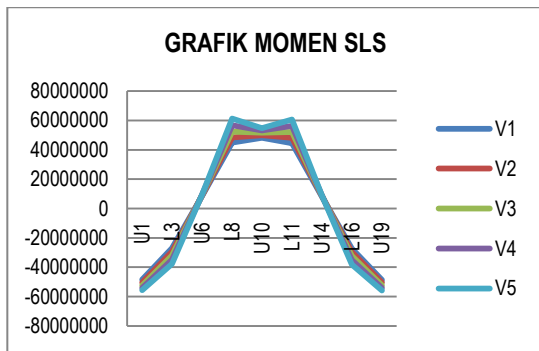
Gambar 4. Titik Grafik di Sepanjang Bentang Profil *Castellated Beam*



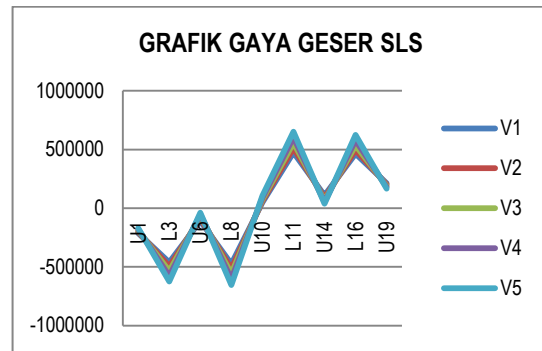
Grafik 1. Grafik Momen Serat Bawah di Sepanjang Bentang Akibat *Live Load*



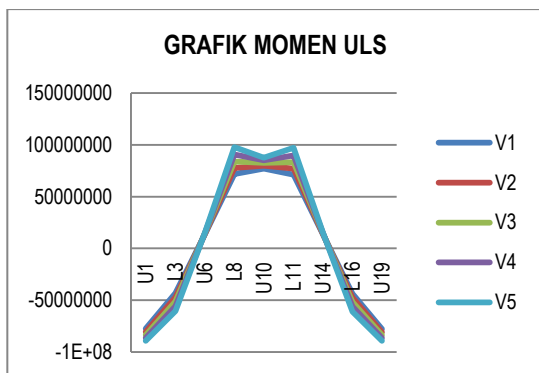
Grafik 4. Grafik Gaya Geser Serat Bawah di Sepanjang Bentang Akibat *Live Load*



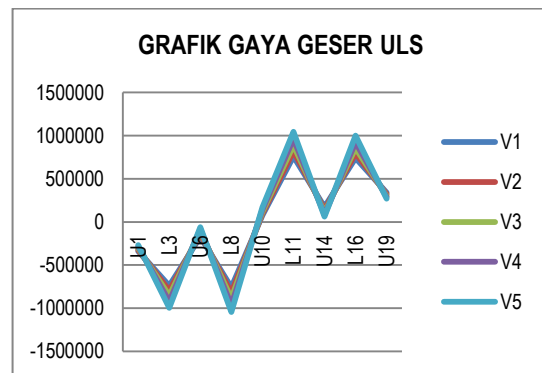
Grafik 2. Grafik Momen Serat Bawah di Sepanjang Bentang Akibat SLS



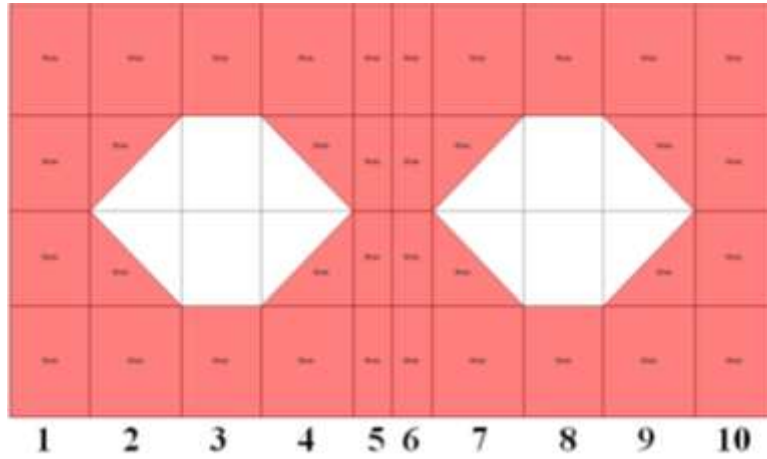
Grafik 5. Grafik Gaya Geser Serat Bawah di Sepanjang Bentang Akibat SLS



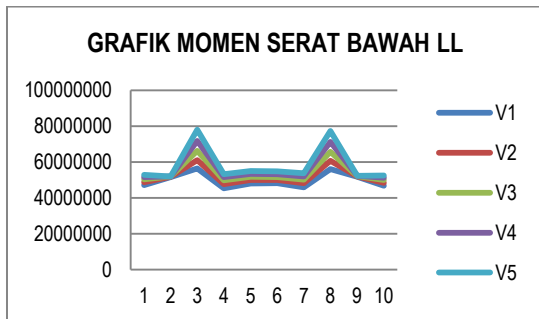
Grafik 3. Grafik Momen Serat Bawah di Sepanjang Bentang Akibat ULS



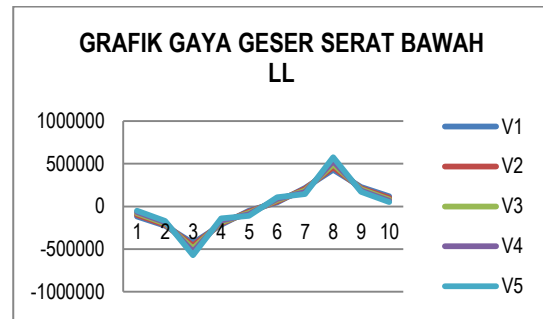
Grafik 6. Grafik Gaya Geser Serat Bawah di Sepanjang Bentang Akibat ULS



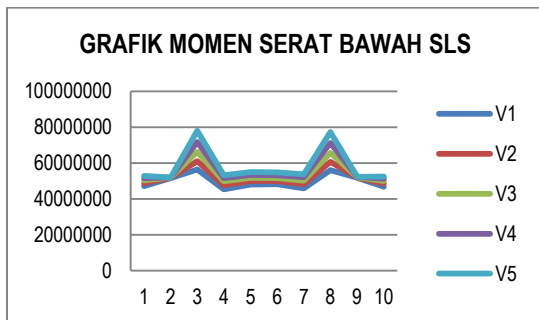
Gambar 5. Titik Grafik di Tengah Bentang Profil *Castellated Beam*



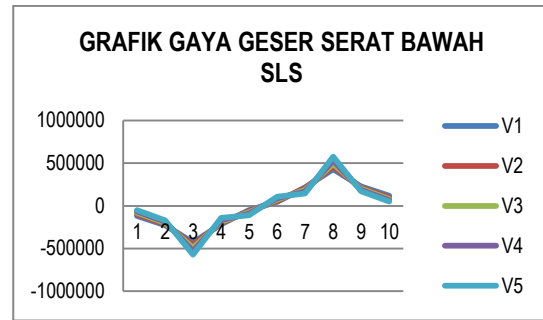
Grafik 7. Grafik Momen Serat Bawah di Tengah Bentang Akibat *Live Load*



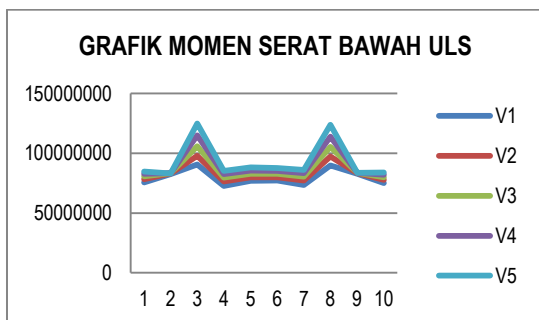
Grafik 10. Grafik Gaya Geser Serat Bawah di Tengah Bentang Akibat *Live Load*



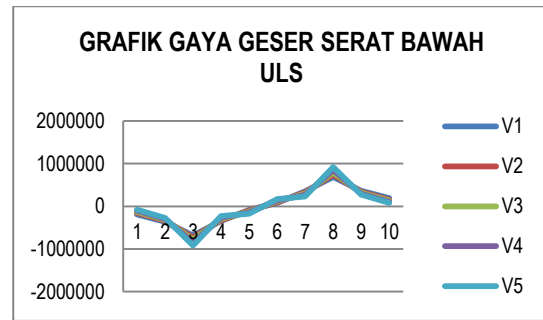
Grafik 8. Grafik Momen Serat Bawah di Tengah Bentang Akibat *SLS*



Grafik 11. Grafik Gaya Geser Serat Bawah di Tengah Bentang Akibat *SLS*



Grafik 9. Grafik Momen Serat Bawah di Tengah Bentang Akibat *ULS*



Grafik 12. Grafik Gaya Geser Serat Bawah di Tengah Bentang Akibat *ULS*

PENUTUP

Kesimpulan

Sudut potongan mempengaruhi jumlah proses pemotongan atau jumlah panel (N) pada *castellated beam*. Semakin besar sudut potongan maka semakin banyak jumlah lubang heksagonalnya.

Semakin tinggi potongan lubang *castellated beam* maka semakin kecil pula lendutannya karena dengan lebar profil yang lebih tinggi, menghasilkan momen inersia dan *section modulus* (kemampuan / daya tahan bentuk *beam* terhadap pembebanan) yang lebih besar sehingga lebih kuat dan kaku bila dibandingkan dengan asalnya / variasi profil sebelumnya.

Semakin tinggi potongan lubang *castellated beam* maka semakin besar kapasitas momen lenturnya sehingga mampu memikul momen lebih besar.

Terjadi kenaikan nilai momen dan gaya geser di daerah sekitar lubang.

Profil mampu memikul beban yang ada sampai pada tinggi pemotongan 70 mm yaitu variasi 2.

Pentingnya penggunaan pengaku yang berfungsi sebagai perkuatan struktur dan kestabilan terutama di bagian lubang dekat perletakan. Karena walaupun perhitungan menggunakan nilai momen dan gaya geser SLS tapi pada variasi 3 menunjukkan bahwa profil tidak mampu menahan gaya geser pada bagian lubang dekat perletakan.

Saran

Dari lima variasi tinggi pemotongan yang dibuat, disarankan untuk menggunakan variasi 2 karena memiliki kapasitas momen lentur yang paling besar dibandingkan variasi lain yang memenuhi syarat.

Untuk penelitian selanjutnya bisa menggunakan pengaku di sepanjang lubang karena berdasarkan perhitungan, profil *castellated beam* memiliki kecenderungan lemah di bagian lubang dekat perletakan akibat gaya geser maksimum. Dan dari penelitian yang telah dilakukan oleh Khoiron Yistian Putra dan Bambang Sabariman menunjukkan pengaruh penambahan pelat pengaku dibadan pada pengujian tinggi potongan profil (h) yang mengalami *buckling* terhadap perilaku lentur pada *castellated beam*.

Pada studi literatur atau tugas akhir berikutnya tentang pemodelan profil heksagonal *castellated beam*, mahasiswa bisa menggunakan pemodelan portal (balok dan kolom) sehingga tidak hanya mengetahui tegangan dan defleksi *castellated beam* pada balok, namun juga pada kolomnya. Atau membuat pemodelan dengan variasi pada bentang sehingga kelebihan *castellated beam* yaitu memiliki kapasitas momen lentur yang lebih besar jika dibandingkan dengan profil utuh bisa dimaksimalkan.

Serta melakukan penelitian lebih lanjut di laboratorium struktur mengenai *castellated beam*.

DAFTAR PUSTAKA

Buku

- Bowles, Joseph E. 1980. *Structural Steel Design*. McGraw-Hill, Inc. Terjemahan Pantur Silaban, Ph.D. 1985. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. 1984. *Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia (PPBBI)*. Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan. Bandung.
- Oentoeng. 1999. *Konstruksi Baja*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Standar Nasional Indonesia 03 - 1729 - 2002 *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung*. 2002. Departemen Pekerjaan Umum.
- V. Sunggono Kh. 1995. *Buku Teknik Sipil*. Penerbit Nova. Bandung.

Jurnal

- Adhibaswara, Banu. 2011. Perencanaan Struktur Balok Utama Jembatan Baja Komposit dengan Profil *Castellated Beam*. http://repository.gunadarma.ac.id/181/1/Perencanaan%20Struktur%20Balok%20Utama%20Jembatan%20Baja%20Komposit%20Dengan%20Profil%20Castellated%20Beam_UG.pdf. 7 Maret 2015.
- Astariani, Ni Kadek. 2013. Studi Analisis Tinggi Lubang Baja Kastilasi dengan Pengaku Badan pada Profil Baja IWF 200 x 100. <http://unmasmataram.ac.id/wp/wp-content/uploads/4.-NI-KADEK-ASTARIANI.pdf>. 26 Maret 2015.
- Hayati, Masita Nur. 2013. Pengaruh Lebar Potongan Profil (e) Terhadap Perilaku Lentur pada Balok Baja Kastela (*Castellated Beam*). <http://ejournal.unesa.ac.id/index.php/rekayasa-teknik-sipil/article/view/6351>. 24 Februari 2015.
- Putra, Khoiron Yistian dan Bambang Sabariman. 2014. Pengaruh Penambahan Plat Pengaku di Badan pada Pengujian Tinggi Potongan Profil (h) yang Mengalami *Buckling* Terhadap Perilaku Lentur pada Balok Baja Kastela (*Castellated Beam*). <http://ejournal.unesa.ac.id/jurnal/rekayasa-teknik-sipil/artikel/8873/pengaruh-penambahan-plat-pengaku-di-badan-pada-pengujian-tinggi-potongan-profil-h-yang-mengalami-buckling-terhadap-perilaku-lentur-pada-balok-baja-kastela-castellated-beam>. 28 Juni 2015.
- Rakhman, Fahmi. 2011. Modifikasi Perencanaan Petra Square Apartement and Shopping Arcade Surabaya Menggunakan Hexagonal Castellated Beam Non-Komposit. <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-paper-27400-3107100067-Presentation.pdf>
- Saputro, Andys Wicaksono. 2014. Pengaruh Tinggi Pemotongan Profil (h), Terhadap Perilaku Lentur pada Balok Baja Kastela (*Castellated Beam*). <http://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jurnal-kajian-ptb/article/view/6114>. 19 Februari 2015.
- Sholikhah, Ridha Novikayanti. 2013. Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Rawat Inap Kelas 1 RSUD Sidoarjo Menggunakan Hexagonal Castellated Beam. <http://digilib.its.ac.id/modifikasi-perencanaan-struktur-gedung-rawat-inap-kelas-1-rsud-sidoarjo-menggunakan-hexagonal-castellated-beam-26867.html>. 7 Maret 2015.

Internet

- Marthen, Mikha. "Cara Membuat Balok Castella (Castella Beam)". 19 Februari 2015. <https://mikhamarthen.wordpress.com/2011/01/16/cara-membuat-balok-castella-castella-beam/>
- Mulyati. Bahan Ajar Mekanika Bahan. 21 April 2015. [http://sisfo.itp.ac.id/bahanajar/BahanAjar/Mulyati/Bahan%20Ajar%20Terseleksi%20Mekanika%20Bahan%20\(Mulyati\)/Materi%20Ajar/Materi%20Pertemuan%20IX,X,XI.pdf](http://sisfo.itp.ac.id/bahanajar/BahanAjar/Mulyati/Bahan%20Ajar%20Terseleksi%20Mekanika%20Bahan%20(Mulyati)/Materi%20Ajar/Materi%20Pertemuan%20IX,X,XI.pdf)
-