

ANALISIS PERBANDINGAN CASTELLATED BEAM DENGAN VARIASI GEOMETRI BUKAAN DIAMOND DAN HEXAGON TERHADAP PROFIL IWF

GANI AHMAD¹, NESSA VALIANTINE DIREDDJA²

1. Mahasiswa, Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Indonesia
2. Dosen, Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Indonesia

Email: gani.ahmad@mhs.itenas.ac.id

ABSTRAK

Penggunaan struktur rangka atap baja dalam bangunan industri sangat umum. Adapun inovasi pada struktur baja dengan memodifikasi profil IWF menjadi *Castellated Beam*. Penelitian ini bertujuan membandingkan kinerja struktur rangka atap baja dengan tiga konfigurasi profil, yaitu profil IWF, *Castellated Beam diamond*, dan *Castellated Beam hexagon*. Analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak SAP2000. Analisis meliputi defleksi maksimum, distribusi tegangan lentur dan geser, serta nilai PMM ratio. Hasil menunjukkan *Castellated Beam hexagon* 950x300x12x20 memiliki peningkatan modulus plastis hingga 83,31% dan momen inersia hingga 169,24% serta kapasitas lentur meningkat sebesar 114,44% dibandingkan profil IWF 600x300x12x20. Tegangan lentur tertinggi terjadi pada *Castellated Beam diamond* 800x300x12x20 yaitu 227,1 MPa, sedangkan tegangan geser maksimum terdapat pada *Castellated Beam hexagon* 950x300x12x20 yaitu 93,2 MPa. Defleksi terbesar terjadi pada profil IWF 600x300x12x20 yaitu 35,47 mm dan defleksi terkecil pada profil *Castellated Beam Hexagon* 950x300x12x20 yaitu 17,27 mm, sementara nilai PMM ratio terkecil juga dimiliki oleh *Castellated Beam hexagon* 950x300x12x20 yaitu 0,411.

Kata kunci : Balok Kastela, Rangka Portal, Bangunan Industri, Metode Elemen Hingga, Defleksi, Konsentrasi Tegangan

1. PENDAHULUAN

Penggunaan struktur rangka atap baja pada bangunan industri telah menjadi pilihan utama karena kekuatan, ketahanan, dan kemudahan dalam konstruksi. Baja memiliki rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi, sehingga cocok untuk bentang panjang dan beban besar yang umum pada bangunan industri. Namun, kebutuhan untuk mengoptimalkan efisiensi material dan kinerja struktural mendorong inovasi desain, salah satunya melalui penerapan *Castellated Beam*.

Castellated Beam merupakan hasil modifikasi profil baja dengan memotong dan menyambungkan kembali bagian web sehingga membentuk pola berlubang. Konfigurasi ini meningkatkan kekakuan lateral dan kapasitas lentur balok tanpa meningkatkan berat struktur. Namun, adanya lubang menimbulkan risiko konsentrasi tegangan lokal yang perlu dikaji lebih lanjut.

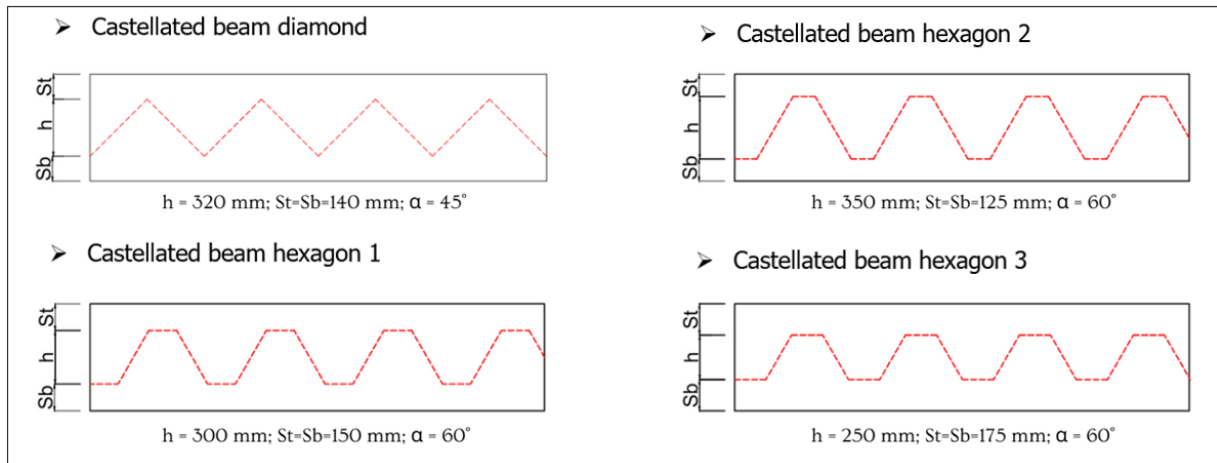
Penelitian ini bertujuan membandingkan kinerja struktur rangka atap baja dengan tiga konfigurasi (*Castellated Beam diamond*, *hexagon*, dan profil IWF) melalui analisis parameter struktural seperti defleksi dan konsentrasi tegangan.

2. METODOLOGI

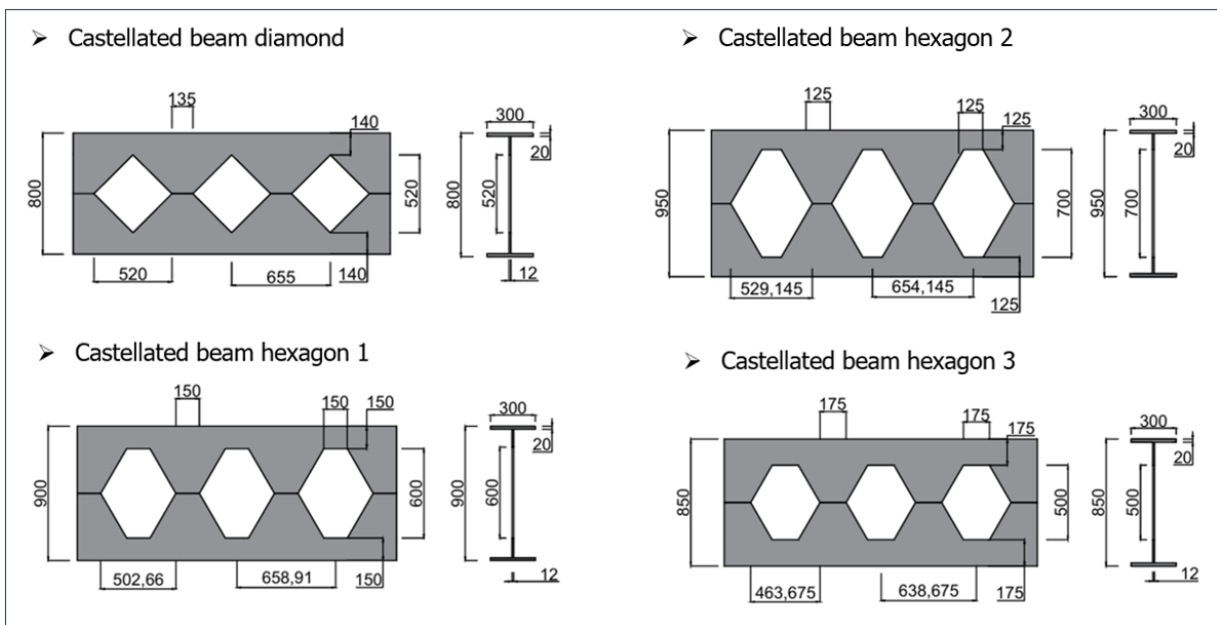
Data yang digunakan pada penelitian ini meliputi data primer dan sekunder. Data primer berupa pemotongan geometri *castellated beam*, sedangkan data sekunder diantaranya adalah data gambar, material dan pembebanan berdasarkan SNI 1727:2020.

Berdasarkan pembebanan pada SNI 1727:2020 yang diinput pada software SAP2000 didapat ukuran profil IWF 600x300x12x20. Profil IWF kemudian dipotong menjadi berbagai konfigurasi

castellaed beam dengan pola pemotongan seperti pada **Gambar 2**. Lalu profil disambungkan kembali sehingga mendapatkan geometri castellated beam pada **Gambar 3**. **Gambar 4**. **Gambar 5**. **Gambar 6**.



Gambar 1. Pola pemotongan *castellated beam*



Gambar 2. Geometri *castellated beam*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan analisis perhitungan, pada **Tabel 1**. semakin tinggi geometri profil maka semakin tinggi juga peningkatan modulus plastis dan momen inersia penampang, sehingga pada **Tabel 3**. kapasitas terhadap momen meningkat. Akan tetapi semakin tinggi geometri profil juga semakin

tinggi penurunan kapasitas geser seperti pada **Tabel 4.**, hal ini diakibatkan oleh pengaruh geometri bukaan pada castellated beam yang menyebabkan kapasitas geser tereduksi meskipun pada **Tabel 2.** Luas penampang setiap konfigurasi tetap sama. Berikut adalah perubahan parameter struktur untuk setiap konfigurasi.

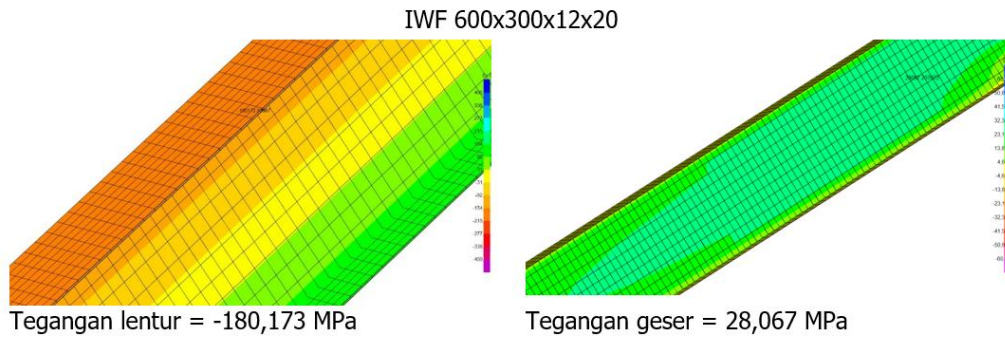
Tabel 1. Modulus plastis dan momen inersia

Profil	Modulus plastis (Zx)		Momen inersia arah x (Ix)	
	(cm ³)	(%)	(cm ⁴)	(%)
IWF	4020	0,00%	118000	0,00%
Diamond	6007	49,43%	219400	85,93%
Hexagon 1	6959	73,11%	285200	141,69%
Hexagon 2	7329	82,31%	317700	169,24%
Hexagon 3	6573	63,51%	253600	114,92%

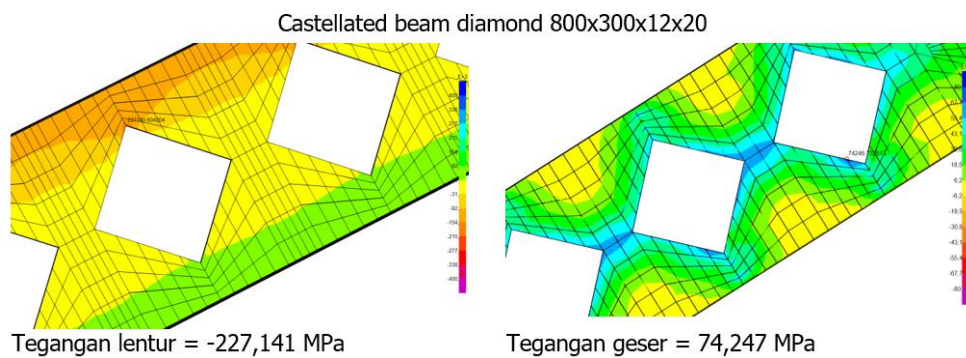
Tabel 2. Perubahan kapasitas momen dan geser

Profil	Tinggi bukaan (mm)	Kapasitas Geser		Kapasitas Lentur	
		Vn (kN)	Penurunan (%)	Mn (kN.m)	Peningkatan (%)
IWF	600	1058	0,00%	1184	0,00%
Diamond	800	549,655	-48,05%	1871	58,02%
Hexagon 1	900	662,548	-37,38%	2371	100,25%
Hexagon 2	950	595,94	-43,67%	2539	114,44%
Hexagon 3	850	725,92	-31,39%	2183	84,38%

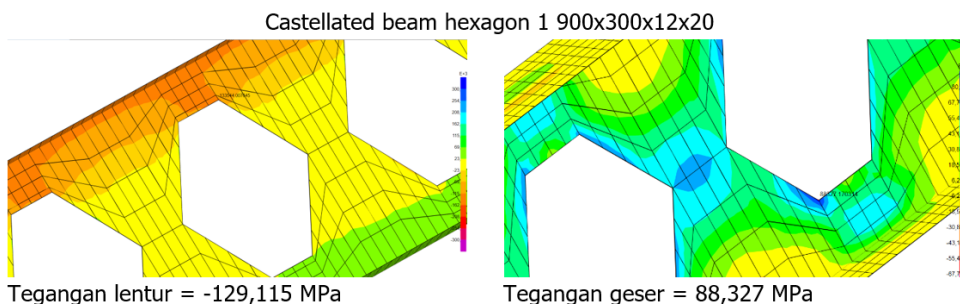
Berdasarkan hasil analisis SAP2000 didapat konsentrasi tegangan maksimum untuk setiap konfigurasi pada **Gambar 3. Gambar 4. Gambar 5. Gambar 6. Gambar 7.** Semakin tinggi bukaan profil maka akan semakin tinggi juga tegangan lokal disekitar bukaan castellated beam yang diakibatkan oleh mekanisme vierendeel. Pada castellated beam diamond terjadi konsentrasi tegangan yang signifikan pada ujung lancip bukaan yang dekat dengan flens.



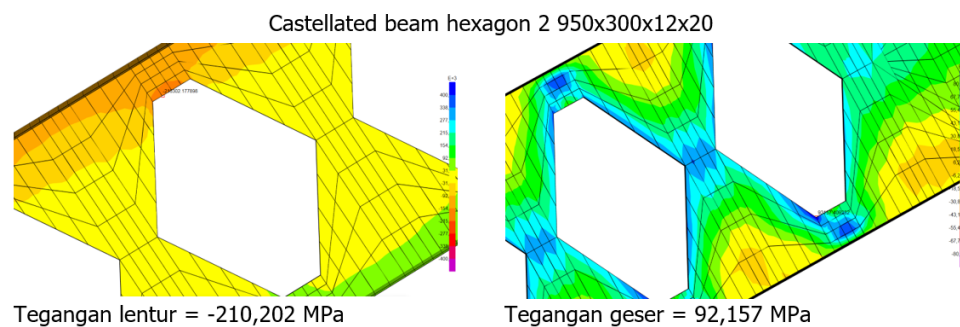
Gambar 3. Konsentrasi tegangan pada IWF



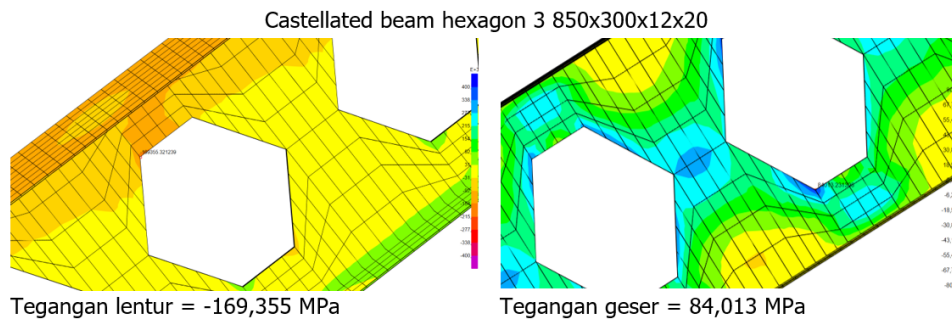
Gambar 4. Konsentrasi tegangan pada castellated beam diamond



Gambar 5. Konsentrasi tegangan pada castellated beam hexagon 1



Gambar 6. Konsentrasi tegangan pada castellated beam hexagon 2



Gambar 7. Konsentrasi tegangan pada castellated beam hexagon 3

Berdasarkan Gambar diatas didapat konsentrasi tegangan tertinggi untuk setiap konfigrasi pada **Tabel 3.**

Tabel 3. Konsentrasi tegangan

Profil	ukuran	Tegangan lentur (MPa)	Tegangan geser (MPa)
IWF	600x300x12x20	-180,173	28,067
Diamond	800x300x12x20	-227,141	74,247
Hexagon 1	900x300x12x20	-129,115	88,327
Hexagon 2	950x300x12x20	-210,202	93,157
Hexagon 3	850x300x12x20	-169,355	84,013

Semakin besar momen inersia maka defleksi semakin kecil. Pada **Tabel 4.** Castellated beam hexagon 2 memiliki momen inersia paling besar, sehingga defleksi lebih kecil daripada profil lainnya. Defleksi negatif menunjukkan bahwa lendutan mengarah ke bawah.

Tabel 4. Defleksi maksimum

Profil	ukuran	Defleksi (mm)
IWF	600x300x12x20	-35,473
Diamond	800x300x12x20	-19,18
Hexagon 1	900x300x12x20	-18,829
Hexagon 2	950x300x12x20	-17,274
Hexagon 3	850x300x12x20	-20,553

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Pemotongan profil IWF 600x300x12x20 menjadi castellated beam hexagon 950x300x12x20 berhasil meningkatkan modulus plastis penampang sebesar 83,31% dan momen inersia arah x sebesar 169,24% sehingga kapasitas lentur balok meningkat sebesar 114,44%.
2. Tegangan lentur yang terbesar terjadi pada Castellated beam diamond 800x300x12x20 yaitu 227,1 MPa lebih besar 1,76x dibanding Castellated beam hexagon 900x300x12x20 yaitu 129,1 MPa.
3. Tegangan geser maksimum terjadi pada Castellated beam hexagon 950x300x12x20 sebesar 93,2 MPa, lebih besar atau 3,32x lebih besar dari pada IWF 600x300x12x20 yaitu 28,1 MPa.
4. Defleksi terbesar terjadi pada profil IWF yaitu 35,47 mm dan paling kecil terjadi pada hexagon 950x300x12x20 yaitu 17,27 mm.
5. Meskipun semakin tinggi geometri castellated beam semakin tinggi kapasitas momen, akan tetapi semakin juga resiko kegagalan struktur akibat gaya geser yang bekerja, meskipun gaya momen yang bekerja masih jauh dibawah kapasitas momen

DAFTAR RUJUKAN

- American Institute of Steel Construction (AISC). (2010). *Specification for Structural Steel Buildings (ANSI/AISC 360-10)*. Chicago, IL: AISC.
- Boyer, J. P., 1964. "Castellated Beams-New Developments," AISC Engineering Journal,
- Jamadar, M. R. and Kumbhar P. D. (2015). Parametric Study of Castellated Beam with Circular and Diamond Shaped Opening. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), Vol.2. Issue 2.
- Jamadar, A. M., & Kumbhar, P. D. (2014). Finite Element Analysis of Castellated Beam: A Review. International Journal of Innovative Research in Advanced Engineering (IJIRAE), 1(9)
- SNI 1729 Tahun 2020 tentang Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural
- SNI 1727 Tahun 2020 tentang Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain
- Ziemian, R. D., & Vibert, T. R. (2016). *Design Guide 31: Castellated and Cellular Beam Design*. Chicago, IL: American Institute of Steel Construction (AISC)