

Perilaku struktur *gable* dengan rafter profil kastela akibat variasi posisi lubang terhadap tumpuan

Wahyu Nur Rohman¹, Muhammad Irfan Marasabessy^{2,*}, Muhammad Zakki Rizal Hidayat¹,
Nufrizal Faried Hanafi¹

¹PT. Pola Data Consultant, Sleman, Indonesia

²Progam Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Sleman, Indonesia

Article Info

Available online

Keywords:

Gable sturcture

Castle reverse

Steel structure behavior

Corresponding Author:

M Irfan Marasabessy

irfanmarssy@uii.ac.id

Abstract

Castellated steel sections are suitable for long-span structures and are commonly used as rafters in gable systems. A key issue in the design of castellated gable rafters is the determination of hole closure locations, which are typically applied only at connection regions, while holes outside these zones remain open, despite potential buckling risks. This study investigates the behavior of castellated gable rafters with variations in hole closure. The evaluated parameters include maximum lateral force, displacement, strain, and failure modes. Structural modeling was conducted using IDEA StatiCa, with S235 steel and grade 8.8 bolts. The structure consists of a 6000 mm column height, a 20 m span, and a 7° rafter inclination. The rafter uses a honeycomb section of 525×175×7×11, while the column uses a 600×200×11×17 section, with square holes measuring 354 mm. Closing the first two holes beyond the connection region increased lateral capacity by 17.19% and displacement capacity by 53.4%. The results indicate that hole closure significantly affects failure modes and should not be applied arbitrarily.

Copyright © 2026 Universitas Islam Indonesia

All rights reserved

Pendahuluan

Latar belakang

Seiring dengan perkembangan teknologi serta desain yang semakin kompleks, sistem struktur dituntut untuk lebih efektif, aman dan ekonomis. Salah satu sistem struktur yang tetap menjadi perhatian adalah struktur baja. Struktur baja sering kali ditemukan pada atap, gudang (*gable*), rangka gedung, facade, bahkan jembatan (Bossa, 2014). Material baja memiliki kelebihan dalam bangunan mulai dari ketahanan, fleksibilitas dan kualitas (Ente dkk., 2017). Kemudian untuk profil baja juga terbagi-bagi menjadi beberapa bentuk salah satunya adalah baja kastela (*honeycomb*).

Profil baja kastela sangat tepat digunakan pada desain struktur yang memiliki bentang panjang (Suhendi dkk., 2020). Kelebihan ini

membuat balok kastela sangat cocok sebagai profil rafter pada struktur *gable*. Hal ini karena sebagian besar struktur *gable* terdiri dari bentang panjang dan tanpa ada kolom pada tengah bangunan. Lalu kekurangan dari balok kastela adalah mudahnya terjadi tekuk (Ente dkk., 2017).

Tekuk pada balok kastela umumnya terjadi pada daerah bermomen tinggi. Daerah bermomen tinggi pada struktur *gable* terletak pada zona pangkal rafter. Pangkal rafter ini dimaksud adalah 0.25 kali bentang terhitung dari muka kolom.

Permasalahan yang ada dalam desain struktur *gable* dengan rafter dari baja kastela adalah posisi penutupan lubang. Umumnya penutupan lubang hanya dilakukan pada daerah sambungan saja sedangkan daerah diluar sambungan tidak. Padahal belum tentu

di daerah luar sambungan tersebut, balok kastela aman terhadap tekuk. Permasalahan inilah yang menjadi dasar dalam penelitian ini.

Penelitian ini membahas tentang perilaku struktur *gable* dengan rafter profil kastela. Beban yang diberikan pada setiap model uji adalah beban garis diatas rafter dan lateral. Variasi yang digunakan sebagai berikut:

1. Model uji A = Model ini mewakili struktur *gable* dengan semua lubang diluar sambungan tidak ada yang ditutup
2. Model uji B = Model ini mewakili struktur *gable* dengan penutupan 2 lubang awal saja setelah daerah sambungan antar rafter dan kolom.

Perilaku yang ditinjau dari kedua model uji adalah gaya lateral maksimal, *displacement*, regangan dan pola kegagalan yang terjadi pada struktur.

Batasan penelitian

Batasan penelitian ini sebagai berikut :

1. Metode analisis yang digunakan menggunakan *Component Based Finite Element Method (CBFEM)* dengan metode analisis adalah *Materially Non Linear Analysis (MNA)*.
2. Software yang digunakan adalah Ideastatica berlisensi.
3. Material baja menggunakan mutu S235 dengan baut bermutu 8.8.
4. Struktur *gable* dimodelkan 1 portal dengan nilai beban garis sebesar 10 kN/m diatas rafter.
5. Nilai gaya lateral dibatasi hingga regangan plastis yang terjadi sebesar 5 %.
6. Sambungan antara kolom dengan rafter menggunakan sambungan *haunch*.
7. Dimensi dari struktur *gable* adalah tinggi kolom sebesar 6000 mm dengan bentang 20 m.
8. Rafter menggunakan profil *honeycomb (HC)* 525x175x7x11 sedangkan kolom menggunakan profil 600x200x11x17.
9. Terdapat modifikasi pada pemodelan lubang profil. Hal ini karena keterbatasan software. Modifikasi tersebut adalah

dimensi dari tinggi dan lebar lubang HC adalah sama yaitu 354 mm. Jarak antar lubang sebesar 442 mm.

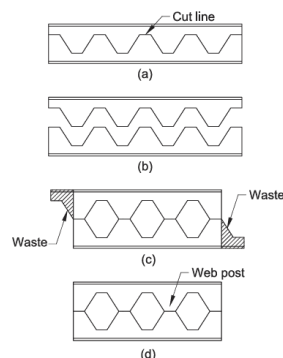
10. Lubang pada profil kastela menggunakan lubang segi 6.

Landasan teori

Balok kastela (*honeycomb*)

Balok kastela merupakan suatu metode modifikasi dari profil baja dengan tujuan mendapatkan peningkatan kekuatan yang lebih besar (Permana dkk., 2019). Modifikasi ini berdasarkan teori balok lentur yaitu tegangan maksimum profil I terjadi pada bidang sayap (Ente dkk., 2017). Pembuatan profil kastela juga didukung teori yaitu nilai tegangan akibat beban lentur pada daerah badan profil I cukup kecil. Justifikasi dalam pembuatan profil kastela dimana memiliki tinggi yang lebih besar dari profil dasar sehingga memiliki kapasitas yang lebih tinggi.

Profil baja kastela memiliki tinggi 1.5 kali dari tinggi profil dasar. Sebagai contoh profil IWF 350x175x7x11 dapat dimodifikasi menjadi profil kastela 525x175x7x11 (Gunung garuda, 2017). Perubahan ini meningkatkan nilai *section modulus* dari yang sebelumnya 641 cm³ (profil WF 350x175x7x11) menjadi 1213.2 cm³ (profil HC 525x175x7x11). Tentunya peningkatan ini akan membuat kapasitas momen balok akan meningkat signifikan. Kemudian metode pembuatan profil kastela ditunjukkan pada Gambar 1.



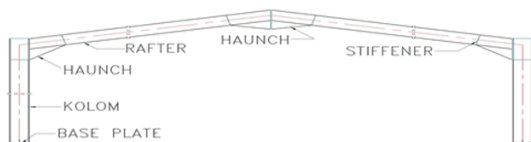
Gambar 1. Fabrikasi balok kastela (a) pola potong (b) pemisahan potongan (c) penyatuan dengan las (d) profil *honeycomb* (AISC DG 31, 2016)

Berdasarkan Gambar 1 diketahui bahwa profil IWF dipotong dengan pola yang sesuai. Kemudian kedua bagian tersebut digeser dan disusu sesuai dengan desain. Lalu bidang temu antara kedua bidang tersebut dilas kembali.

Penggunaan balok kastela dikatakan ekonomis jika bentangan profil lebih dari 12 m (AISC DG 31, 2016). Kelebihan lainnya adalah penggunaan dimensi kolom dan fondasi yang lebih sedikit. Hal ini karena berat profil HC sama dengan profil dasar namun dengan kapasitas yang lebih besar. Balok kastela ideal untuk struktur dengan kebutuhan ruang terbuka yang panjang seperti fasilitas industri, gedung parkir dan perkantoran.

Struktur *gable*

Struktur portal *gable* adalah salah satu tipe struktur konstruksi yang banyak digunakan pada gudang, pabrik dan supermarket (Pang dkk., 2025). Hal ini karena struktur *gable* mampu menyediakan ruangan yang luas tanpa adanya kolom tambahan di tengah bentang. Komponen struktur *gable* ditunjukkan pada Gambar 2.



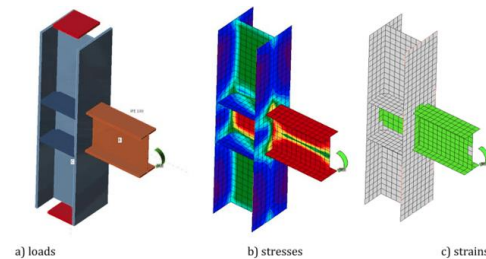
Gambar 2. Komponen struktur *gable* (Ihsanuddin, 2013)

Struktur *gable* memiliki rafter, *haunch*, *stiffener*, kolom dan *baseplate* sebagai komponennya (Ihsanuddin & Buwono, 2013). Ketika desain struktur *gable* boleh menggunakan sistem rangka biasa jika beban tributari kurang dari 0.96 kN/m^2 dan memiliki ketinggian kurang dari 20 m (BSN 1726, 2019; Prasetyo & Yasir, 2023).

Component based finite element method (CBFEM)

CBFEM merupakan suatu perpaduan antara pendekatan standar dan metode elemen hingga untuk mendesain sambungan baja (Ideastatica, 2025; Wald dkk., 2020). Metode

ini berdasarkan sebuah solusi tentang kelemahan metode standar yaitu generalitas dalam menganalisis tegangan setiap komponen. Analisis distribusi tegangan yang terjadi setiap komponen inilah yang dihitung menggunakan metode elemen hingga. Oleh karena itu metode ini memberikan informasi yang jelas tentang perilaku sebuah sambungan atau elemn struktur dengan cepeat, efisien dan sesuai dengan standar. Contoh hasil CBFEM ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Contoh hasil CBFEM (Wald dkk., 2020)

Model material baja struktural pada CBFEM menggunakan model diagram material yang terdiri dari model plastis ideal, model elastis dengan pengerasan regangan, dan diagram tegangan-regangan sebenarnya (Wald dkk., 2020). Asumsi model material sebagai berikut:

1. Material elastoplastis dengan adanya perkuatan regangan dimodelkan sesuai EN 1993-1-5:2006.
2. Perilaku material berdasarkan kriteria luluh von mises sehingga diasumidkan material bersifat elastis ketika tegangan yang terjadi belum tercapai batas leleh.
3. Terdapat batasan regangan plastis sebesar 5 % (Wald dkk., 2020). Batasan ini maksimum dari regangan plastis 5 % berdasarkan EN 1993-1-5 (Johansson dkk., 2007; Knobloch & Bours, 2025).

Kemudian metode CBFEM juga dapat diterapkan dalam desain model struktur. Hal ini merupakan solusi dari sebgain besar software yang hanya menampilkan kekuatan material namun perhitungan dihitung terpisah. Model struktur tersebut dapat termodelkan secara 3D sehingga dapat mengetahui perilaku

setiap elemen. Terdapat 3 metode analisis yang dapat dipilih melalui CBFEM:

1. Metode MNA (*Materially non-Linear Analysis*).
2. LBA - *Linear Buckling Analysis (stability)*.
3. GMNIA - *Geometrically and Materially Non-linear Analysis with Imperfections*.

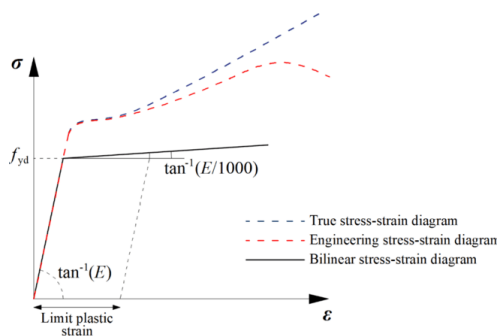
Berdasarkan program Ideastatica, pemilihan metode diatas akan secara otomatis dipilih.

Pemodelan struktur gable dengan CBFEM Ideastatica

Kriteria-kriteria umum yang digunakan dalam model ini mengikuti sebagai berikut:

1. Material

Metode umum yang digunakan untuk memproyeksikan perilaku material baja dalam analisa elemen hingga adalah grafik ideal plastif, linear dengan perkuatan regangan dan hubungan tegangan-regangan yang nyata (Ideastatica, 2025; Wald dkk., 2020). Diagram material baja ditunjukkan Gambar 4.



Gambar 4. Diagram material baja dalam model numerik (Ideastatica, 2025).

Ideastatica menggunakan diagram material elastis-plastis kemiringan leleh sebesar $\tan^{-1} (E/1000)$ dengan perilaku material berdasarkan pada kriteria kelelahan von mises. Asumsi yang digunakan adalah material berperilaku elastis jika nilai tegangan kurang dari tegangan leleh desain (f_{yd}) (Ideastatica, 2025). Jika tegangan yang terjadi lebih besar dari f_y maka material tersebut masuk kondisi plastis.

2. Analogi model pelat

Analisa dengan Ideastatica menggunakan analogi model elemen cangkang dan deformasi elemen dibagi menjadi komponen lentur dan membran (Ideastatica, 2025; Wald dkk., 2020). Perilaku plastis yang terjadi dianalisa pada setiap titik. Analisis tahap elastis-plastis nonlinear pada setiap lapisan didasari oleh regangan material tersebut (Ideastatica, 2025).

3. Mesh

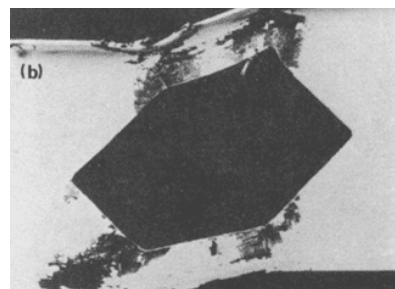
Kriteria pembuatan *mesh* di Ideastatica dilakukan secara otomatis dengan mengikuti ukuran yang sudah ditetapkan. Ukuran *mesh* secara *default* minimal 10 mm dan maksimal 50 mm.

Kegagalan struktur baja kastela

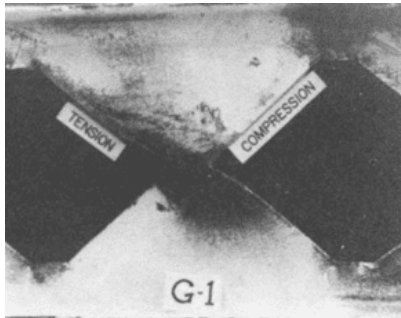
Keberadaan lubang pada baja kastela memungkinkan munculnya mode kegagalan baru (Kerdal & Nethercot, 1984). Pola kegagalan tersebut yang menjadi pembeda dalam analisis baja kastela. Pola kegagalan elemen struktur baja kastela sebagai berikut:

1. Pembentukan mekanisme kegagalan pada zona *vierendeel*.
2. Tekuk lateral torsi pada 1 atau beberapa bidang area badan profil.
3. Kegagalan pada las sambungan antar bidang.
4. Tekuk lateral torsi pada sepanjang bentang.
5. Formasi mekanisme sendi akibat beban lentur.
6. Tekuk pada pelat badan.

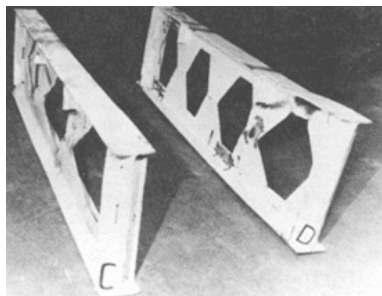
Contoh pola kegagalan pada baja kastela ditunjukkan pada Gambar 5 sampai 9.



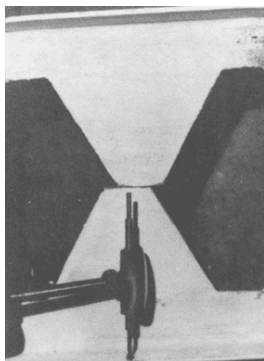
Gambar 5. Kegagalan *vierendeel* (Kerdal & Nethercot, 1984)



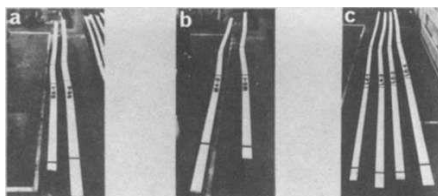
Gambar 6. Tekuk lateral torsi pada beberapa bidang badan profil (Kerdal & Nethercot, 1984)



Gambar 7. Tekuk pada bidang badan profil (Kerdal & Nethercot, 1984)



Gambar 8. Kegagalan pada sambungan badan (Kerdal & Nethercot, 1984)



Gambar 9. Tekuk lateral (Kerdal & Nethercot, 1984)

Kegagalan pada profil baja I sangat identik dengan terjadinya tekuk. Oleh karena itu jika baja telah terjadi tekuk maka dapat

diidentifikasi bahwa bagian dari profil tersebut telah terjadi pola kegagalan.

Metodologi Penelitian

Data material baja

Material baja menggunakan mutu S 235 yang memiliki properti seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Properti material baja mutu S235

Properti	Keterangan
Modulus young	210000 MPa
Fy	235 MPa
Fu	360 MPa
Poison ratio	0.3

Kemudian berat volume sebesar 7850 kg/m³ (PPPURG-87, 1987)

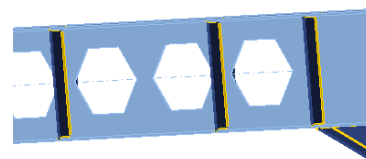
Data dimensi elemen baja

Dimensi baja kastela seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Dimensi baja kastela

Keterangan	Nilai
Tinggi	525 mm
Lebar sayap	175 mm
Tebal badan	7 mm
Tebal sayap	11 mm
Dimensi lubang	354 mm
Jarak antar lubang	442 mm
Bentuk lubang	Segi enam

Berdasarkan nilai diatas maka visualisasi dari baja kastela ditunjukkan pada Gambar 10.

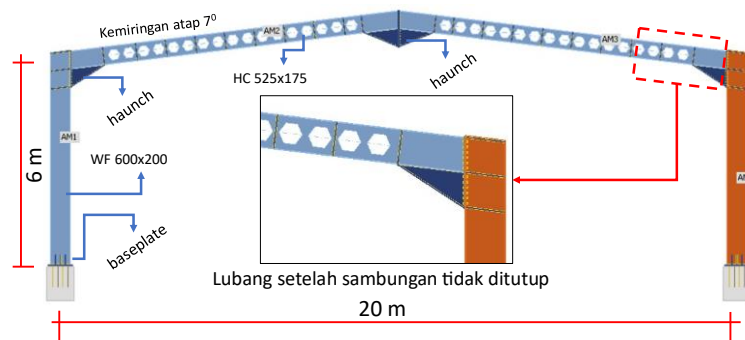


Gambar 10. Visualisasi model baja kastela

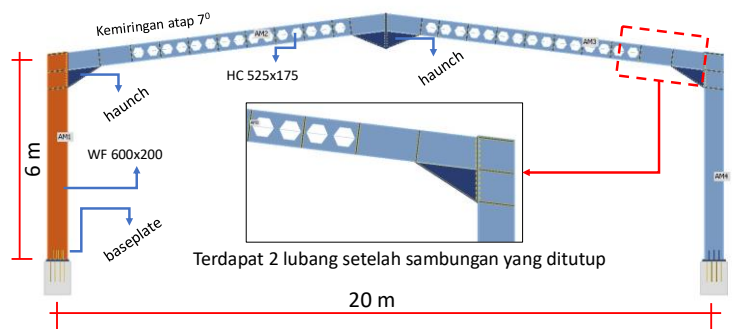
Kemudian untuk dimensi baja kolom tertera pada Tabel 3.

Tabel 3. Dimensi kolom baja

Keterangan	Nilai
Tinggi	600 mm
Lebar sayap	200 mm
Tebal badan	10 mm
Tebal sayap	17 mm



(a) Model uji A



(b) Model uji B

Gambar 11. Model uji struktur

Data model struktur

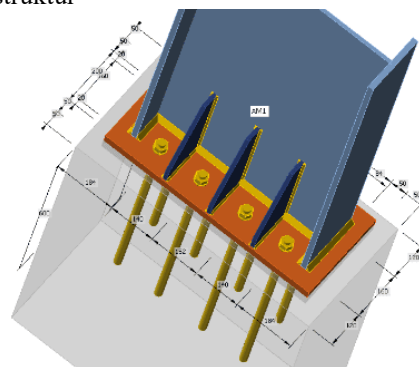
Model struktur *gable* memiliki ketinggian kolom sebesar 6 m dengan betangan 20 m. Kemudian pembagian model menjadi model A dan B. Berikut model struktur *gable* terlihat pada Gambar 11.

Kemudian untuk data sambungan *baseplate* ditunjukkan pada Tabel 4.

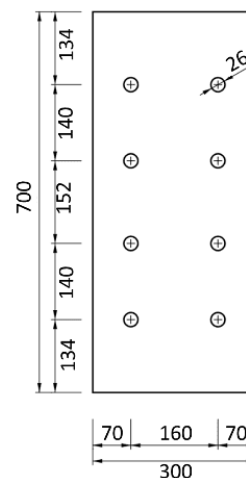
Tabel 4. Dimensi *baseplate*

Keterangan	Nilai
Tebal pelat base	30 mm
Property angkur	D 24 mm 8.8
Mutu pelat base	S 235
Tebal pelat rib	12 mm
Tinggi grout	30 mm
Mutu beton	25 MPa

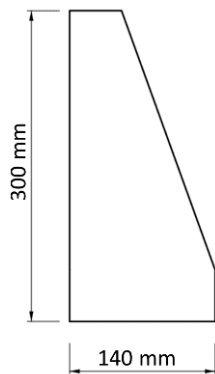
Lalu untuk detail jarak, peletakan angkur dan pelat pengaku ditunjukkan pada Gambar 12 sampai 14.



Gambar 12. Detail sambungan *baseplate*



Gambar 13. Denah angkur



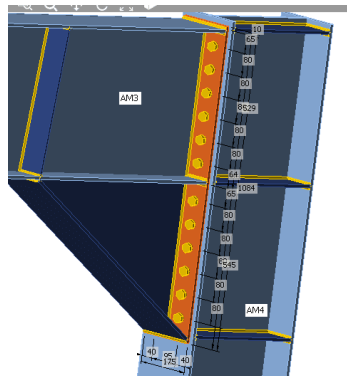
Gambar 14. Detail pelat rib

Kemudian untuk data sambungan *haunch* antara kolom dengan rafter ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Dimensi *haunch* rafter ke kolom

Keterangan	Nilai
Tebal pelat tumpu	14 mm
Diameter baut	20 mm
Mutu pelat	S 235
Mutu angkur	8.8

Lalu untuk detail jarak, peletakan baut dan pelat pengaku ditunjukkan pada Gambar 15.



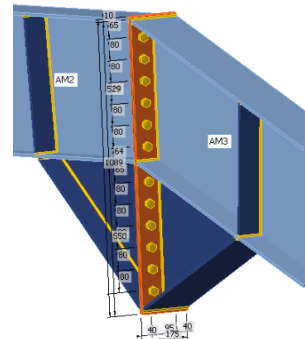
Gambar 15. Dimensi *haunch* kolom ke rafter

Kemudian untuk data sambungan *haunch* antara rafter dengan rafter ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Dimensi *haunch* rafter ke rafter

Keterangan	Nilai
Tebal pelat tumpu	14 mm
Diameter baut	20 mm
Mutu pelat	S 235
Mutu angkur	8.8

Lalu untuk detail jarak, peletakan baut dan pelat pengaku ditunjukkan pada Gambar 16.

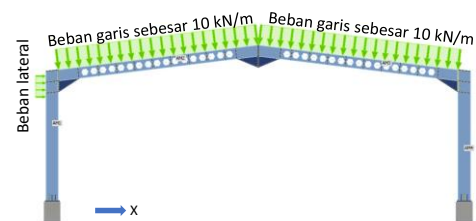


Gambar 16. Dimensi *haunch* rafter ke rafter

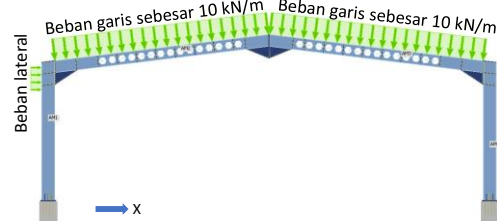
Kemudian tebal pelat pengaku sebesar 10 mm. Penempatan pelat pengaku hanya pada bidang sambungan dan rafter.

Data pembebanan struktur

Data pembebanan terdiri dari beban garis yang berada diatas rafter. Beban yang digunakan sebesar 10 kN/m. Kemudian adanya beban lateral yang diberikan pada area *haunch* kolom dan rafter. Besaran beban lateral mengikuti besaran beban yang terjadi ketika struktur telah mencapai regangan plastis sebesar 5%. Berikut penempatan beban pada pemodelan ditunjukkan pada Gambar 17 dan 18.



Gambar 17. Penempatan pembebanan model uji A



Gambar 18. Penempatan pembebanan model uji B

Beban garis ini untuk merepresentasikan kondisi rafter ketika menerima beban atap.

Hasil dan Pembahasan

Hasil pemodelan

Hasil dari pemodelan berupa gaya dalam, lendutan lateral dan regangan yang terjadi pada setiap pemodelan. Hasil pemodelan model uji A ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil model uji A

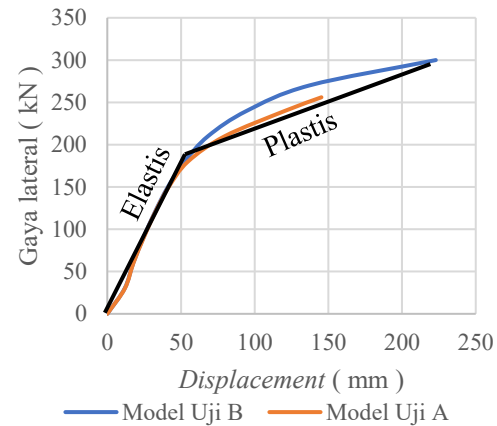
Gaya (kN)	Displ. Lateral (mm)	Regangan plastis (%)
0	0	0
30	11.9	0.08
60	17.7	0.1
90	24.7	0.12
120	32.5	0.14
150	41.7	0.17
180	54.7	0.6
210	79.7	1.64
240	120.6	3.76
256	145.3	5.08

Kemudian untuk model uji B ditunjukkan pada Tabel 8.

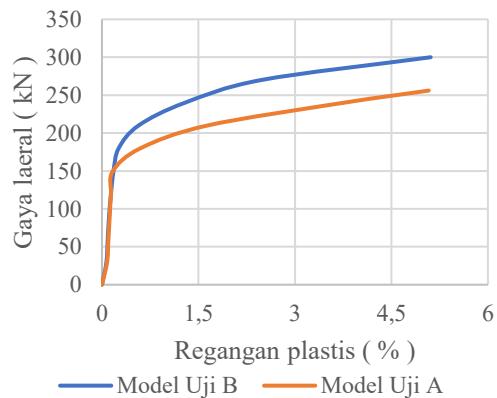
Tabel 8. Hasil model uji B

Gaya (kN)	Displ. Lateral (mm)	Regangan plastis (%)
0	0	0
30	11.8	0.07
60	17.6	0.09
90	24.5	0.11
120	32.2	0.14
150	41.1	0.18
180	52.5	0.26
210	68.3	0.57
240	94.6	1.29
270	137.1	2.48
300	222.9	5.11

Kemudian perbandingan antara model A dan B secara grafik ditunjukkan pada Gambar 19 dan 20.



Gambar 19. Hubungan gaya lateral dan displacement kedua model uji



Gambar 20. Hubungan gaya lateral dan regangan plastis kedua model uji

Berdasarkan gambar 19 diketahui bahwa terdapat transisi antara grafik elastis menuju ke plastis. Hal ini sesuai dengan tipe analisis yang digunakan yaitu model MNA (*Materially non-Linear Analysis*).

Kemudian berdasarkan Tabel 7 dan 8 diketahui bahwa gaya terbesar dari model uji A yaitu 256 kN dengan *displ* lateral yaitu 145.3 mm. Kemudian untuk model uji B yaitu 300 kN dengan simpangan lateral yaitu 222.9 mm. Diketahui juga bahwa setiap gaya maksimum yang terjadi memiliki regangan plastis mendekati 5%. Rekap perbedaan hasil kedua model ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Perbandingan gaya lateral terbesar

Kriteria	Model A	Model B
Gaya (kN)	256	300
Perbandingan	1	1.1719

Berdasarkan Tabel 9 diketahui bahwa model B memiliki 17.2 % gaya lateral yang lebih besar dari model A. Hal ini menjelaskan bahwa penutupan 2 lubang pelat profil kastela memiliki dampak yang signifikan. Alasan terjadinya peningkatan ini juga sejalan dengan teori sebelumnya yaitu terjadinya peningkatan *modulus section*. *Modulus section* ketika lubang kastela tertutup maka bisa dianggap berperilaku seperti baja IWF dan terhitung kesatuan utuh. Perbandingan *displ.* terbesar ditunjukkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Perbandingan *displacement* terbesar

Kriteria	Model A	Model B
Displ. (mm)	145.3	222.9
Perbandingan	1	1.534

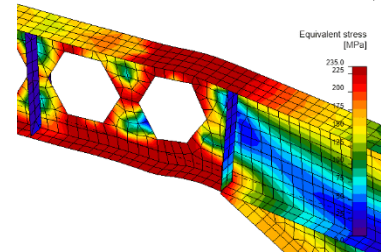
Berdasarkan Tabel 10 diketahui bahwa model B memiliki 53.4 % gaya lateral yang lebih besar dari model A. Hal ini menjelaskan bahwa penutupan 2 lubang pelat profil kastela memiliki dampak yang signifikan.

Hasil pola kegagalan

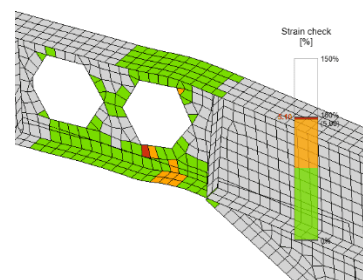
Pola kegagalan hanya ditinjau pada kondisi beban maksimum. Berikut pola kegagalan pada model A yaitu di Gambar 21.

Berdasarkan Gambar 21 diketahui bahwa terjadi tekuk pada area dekat dengan lubang profil kastela. Pelat area lubang terjadi regangan plastis 5.08 %. Lalu untuk pola pada *baseplate* masih aman karena memiliki regangan plastis kurang dari 5 %. Selanjutnya

adalah meninjau tegangan yang terjadi ditunjukkan pada Gambar 22 dan 23.



(a) Kontur tegangan

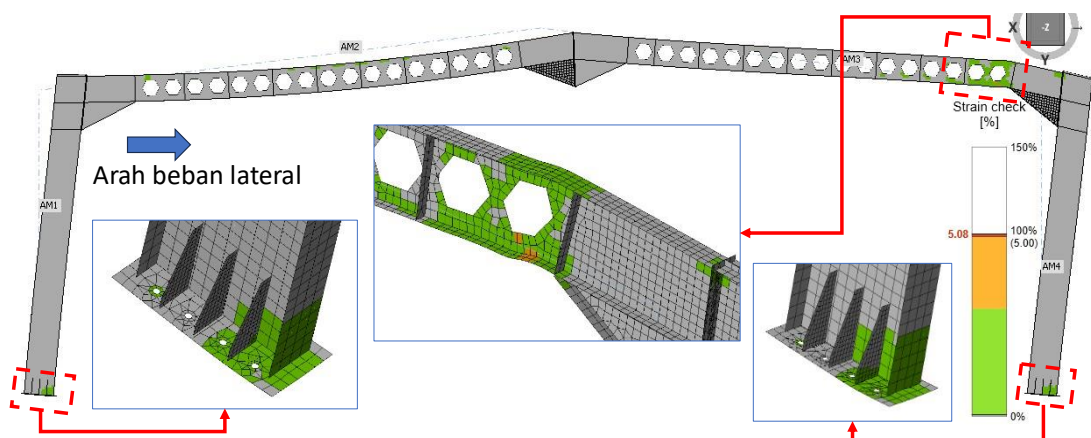


(b) Pola kegagalan

Gambar 22. Pola kegagalan dan kontur tegangan aktual model uji A

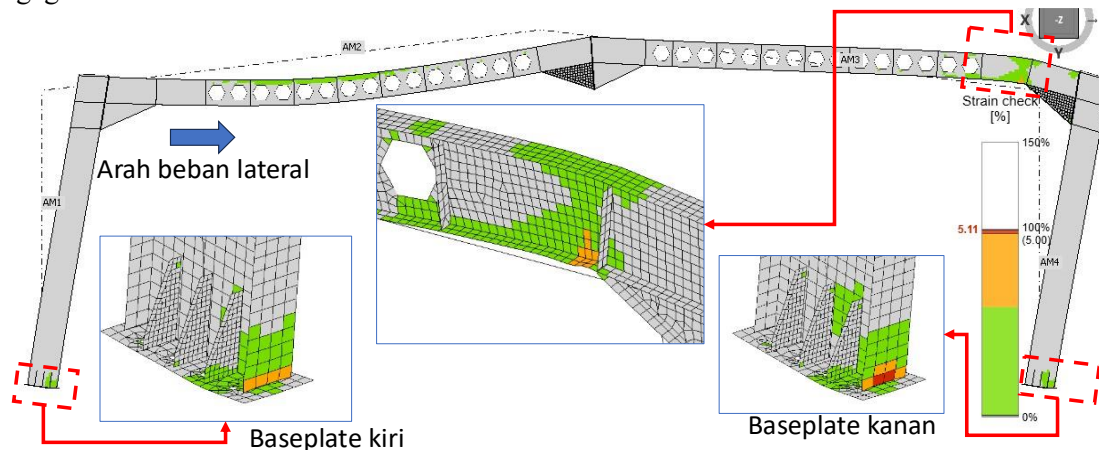
MNA					Tegangan (MPa)	
Applied loads ✓ 100.0 %						
STIFF T8-b						
✓	Stiffener (STIFF T8-b)	10	LE1	47.5	0	0
AM3						
✗	Web 1	7	LE1	245.7	1	1
AM4						
✓	Bottom flange 1	17	LE1	240.5	6	6
CON1						

Gambar 23. Tegangan aktual



Gambar 21. Pola kegagalan model uji A

Berdasarkan Gambar 23 menunjukkan bahwa tegangan yang terjadi sebesar 245.7 MPa. Jelas nilai ini melebihi tegangan leleh baja. Oleh karena itu diambil kesimpulan terjadinya pola kegagalan tekuk pada profil kastela sisi kanan pada bagian badan dekat dengan sambungan yaitu *vierendeel*. Lalu pola kegagalan model B terlihat di Gambar 24.



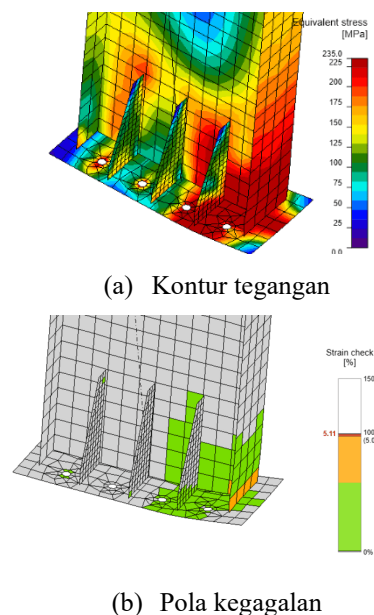
Gambar 24. Pola kegagalan model uji B

Berdasarkan Gambar 24 diketahui bahwa terjadi pola kegagalan pada *baseplate* dan profil kastela. Detail ditunjukkan pada Gambar 25 dan 26.

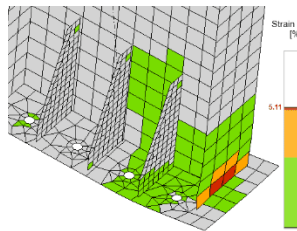
Berdasarkan Gambar 25 dan 26 diketahui bahwa pola kegagalan pada *baseplate* terjadi pada daerah tekan. Profil kolom yang dan pelat *baseplate* dan mengalami tekuk. Lalu untuk pola kegagalan dari baja kastela ditunjukkan pada Gambar 27.

Berdasarkan Gambar 27 terlihat bahwa kegagalan terjadi pada sayap bawah. Berikut rekap pola kegagalan yang terjadi pada model uji ditunjukkan pada Tabel 11.

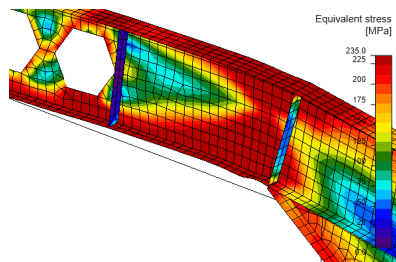
Berdasarkan Tabel 11 diketahui bahwa penutupan lubang baja kastela menyebabkan terjadinya perubahan pola kegagalan. Pola kegagalan model B lebih tersebar daripada model A. Oleh karena itu penutupan lubang baja kastela tidak secara asal-asalan. Apabila memang perlu melakukan penutupan lubang baja kastela maka perlu meninjau seluruh sistem struktur.



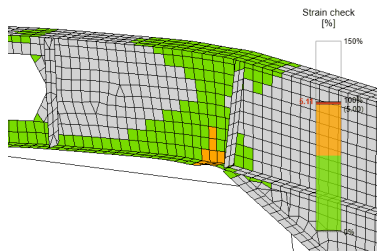
Gambar 25. Pola kegagalan dan kontur tegangan aktual *baseplate* kiri



Gambar 26. Pola kegagalan *baseplate* kanan



(a) Kontur tegangan



(b) Pola kegagalan

Gambar 27. Pola kegagalan dan kontur tegangan profil kastela

Tabel 11. Perbandingan pola kegagalan

Elemen	Pola kegagalan	
	Model A	Model B
Baja kastela	Tekuk area sayap bawah	Tekuk area sayap bawah
Baseplate kiri	-	Tekuk area tegangan tekan
Baseplate kanan	-	Tekuk area tegangan tekan

Penutup

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil sebagai berikut :

1. Struktur *gable* dengan penutupan 2 lubang awal saja setelah daerah sambungan antar rafter dan kolom menyebabkan

peningkatan kapasitas lateral sebesar 17.19 % dan *displacement* sebesar 53.4 %.

2. Perubahan profil berupa penutupan lubang baja kastela menyebabkan terjadinya perbedaan pola kegagalan. Pola kegagalan model uji A yaitu hanya berada pada baja kastela sedangkan model uji B berada pada *baseplate* dan baja kastela.
3. Penutupan lubang kastela dapat digunakan sebagai solusi untuk meningkatkan kapasitas dari struktur *gable*.

Ucapan terima kasih

Ucapan terima kasih ditujukan kepada PT Pola Data Consultant dan Universitas Islam Indonesia atas dukungannya.

Daftar pustaka

- AISC DG 31. (2016). *AISC DG 31*. AISC.
- Bossa, M. R. V. (2014). *Perencanaan Struktur Atap Gable Frame Dengan Menggunakan Profil Baja WF Dengan Metode LRFD Pada Proyek Balroom Ijen Padjadjaran Suits Resort and Convention Hall Malang*. Institut Teknologi Nasional Malang.
- BSN 1726. (2019). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta :Badan Standarisasi Nasional.
- Ente, A. A. G., Pangouw, B. D. H., & Pangouw, J. D. (2017). Studi Numerik Perilaku Balok Kastela Terhadap Variasi Posisi Lubang dari Tumpuan. *Jurnal Sipil Statik*, 5(7), 425–434.
- Gunung garuda. (2017). *Product catalogue*. PT Gunung Garuda.
- Ideastatica. (2025). *What is the CBFEM? What Is the CBFEM?* <https://www.ideastatica.com/support-center/what-is-the-cbfem?>
- Ihsanuddin, & Buwono, H. K. (2013). Analisis Konstruksi Gable dengan Rafter Menggunakan Profil Baja Honeycomb dan Truss. *Konstruksia*, 4, 77–89.
- Johansson, B., Maquoi, R., Sedlacek, G., Muller, C., & Beg, D. (2007). *Commentary aand Worked Examples to EN 1993-1-5 "Plated Struktural Elements"*. ECCS coopera JRC – ECCS cooperation.
- Kerdal, D., & Nethercot, A. (1984). Failure Modes for Castellated Beams. *J. Construct. Steel Research* 4, 295–315.
- Knobloch, M., & Bours, A. L. (2025). Design of Steel Structure. *The Second Generation Eurocodes*.
- Pang, E. B. B., Windah, R. S., & Pandaleke, R. E. (2025). Optimasi Penampang Balok Kolom Pada Portal Gable. *TEKNO*, 23, 91.
- Permana, M. bayu, Priskasari, E., & Erfan, M. (2019). Analisa Portal Gable Frame dengan Pemakaian

- Balok Castella Ddibanding WF Untuk Bangunan Hanggar. *JURNAL SONDIR*, 1, 34–41.
- PPPURG-87. (1987). *Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung*. Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum.
- Prasetyo, T. A., & Yasir, N. (2023). *Perencanaan Struktur Bangunan Industri Lengkap dengan Crane*. PT Nas Media Indonesia.
- Suhendi, C., Paikun, & Kamal, N. (2020). Evaluasi Perencanaan Struktur Bangunan Parik Batu, Imitasi Menggunakan Struktur Balok Baja Kastela (Honeycomb). *Jurnal Rekayasa Teknologi Nusa Putra*, 6, 2.
- Wald, F., Sabatka, L., Bajer, M., Jehlicka, P., Kabelac, J., Kozich, M., Kurikova, M., & Vild, M. (2020). *Component-Based Finite Element Design of Steel Connections*. Czech Technical University.