

Perencanaan Struktur Gedung Serbaguna Menggunakan Elemen Struktur Baja

Azmi Rosanti Aliya^{1,*), Yusep Ramdani²⁾, Rosi Nursani³⁾, Intan Nuriskha Rachma⁴⁾, dan Sri Wanto⁵⁾}

1), 2), 3), 4), 5). *) Jurusan Teknik Sipil, Universitas Siliwangi, Tasikmalaya, INDONESIA

*Corresponding authors: miaaliaya14@gmail.com

Diserahkan xxxx. Direvisi xxxx. Diterima 08 Januari 2026

ABSTRAK Perkembangan populasi dan kemajuan zaman mendorong peningkatan kebutuhan bangunan serta kemajuan sektor konstruksi di Indonesia, terutama dalam penggunaan material yang semakin beragam seperti material baja. Material baja sendiri memiliki berbagai variasi bentuk, seperti baja profil *Wide Flange* (WF) dan profil yang mengalami bentuk modifikasi dari material baja itu sendiri yaitu jenis profil kastela. Profil kastela meningkatkan kekuatan inersia dan kapasitas penampang secara signifikan tanpa menambah berat, sehingga kemampuan menahan beban menjadi lebih besar. Struktur portal baja dengan sistem *gable frame* merupakan salah satu alternatif desain bangunan untuk bentang lebar, seperti gedung serbaguna. Perencanaan struktur gedung serbaguna bentang 25 m menganalisis perbandingan antara dua jenis profil baja yang digunakan pada elemen *rafter* WF 350.350.12.19 dan kastela HC 525.350.12.19 hasil modifikasi dari profil WF. Analisis kekuatan penampang dilakukan dengan metode *Load Resistance and Factor Design* (LRFD) berdasarkan SNI 1729:2020 dengan *software* struktur untuk memperoleh respon struktur secara keseluruhan. Jenis sambungan yang direncanakan meliputi sambungan *rafter* balok-balok, *rafter* balok-kolom, dan base plate. Hasil analisis profil balok *rafter* kastela mengalami peningkatan kapasitas momen nominal sebesar 51,97% dibandingkan profil aslinya. Evaluasi respon struktur pada dua jenis balok *rafter* menghasilkan perbedaan kinerja yang cukup signifikan, balok *rafter* kastela *displacement* maksimum, lendutan, serta periode alami struktur yang terjadi lebih kecil dari balok *rafter* WF, sehingga struktur dengan balok kastela menunjukkan perilaku yang lebih kaku. Dengan demikian, meskipun profil kastela memiliki kekakuan yang lebih tinggi, profil ini juga memberikan kapasitas penampang yang lebih besar sehingga mampu menahan beban yang bekerja dengan lebih efisien.

KATA KUNCI Baja Kastela, Baja *Wide Flange* (WF), *Gable Frame*, Metode LRFD

ABSTRACT Population growth and technological advancement have driven an increasing demand for buildings and the development of the construction sector in Indonesia, particularly in the use of increasingly diverse materials such as steel. Steel materials are available in various profile types, including Wide Flange (WF) sections and modified steel profiles, one of which is the castellated section. Castellated profiles significantly enhance the moment of inertia and cross-sectional capacity without increasing self-weight, thereby improving load-carrying performance. Steel portal structures with a gable frame system are a common design alternative for long-span buildings, such as multipurpose halls. This study analyzes the structural design of a multipurpose building with a 25 m span by comparing two types of steel profiles used for the rafter element: WF 350.350.12.19 and the castellated section HC 525.350.12.19, which is modified from the WF profile. Cross-sectional strength analysis was conducted using the Load Resistance and Factor Design (LRFD) method in accordance with SNI 1729:2020, supported by structural analysis software to evaluate the overall structural response. The designed connections include rafter-to-beam, rafter-to-column, and base plate connections. The analysis results indicate that the castellated rafter beam exhibits an increase in nominal moment capacity of 51.97% compared to the original WF profile. Furthermore, the structural response evaluation shows that the castellated rafter has lower maximum displacement, deflection, and natural period than the WF rafter, indicating a stiffer structural behavior. Therefore, despite its higher stiffness, the castellated profile also provides greater cross-sectional capacity, enabling it to resist applied loads more efficiently.

KEYWORDS Castela Steel, Wide Flange steel (WF), Gable Frame, LRFD Method

1. PENDAHULUAN

Perkembangan pesat sektor konstruksi di Indonesia seiring dengan pertumbuhan populasi telah mendorong peningkatan kebutuhan bangunan yang memiliki kapasitas besar dan efisien (Suhendi, Paikun and Kamal, 2021). Ketersediaan bangunan yang memadai menjadi hal penting dalam menunjang berbagai aktivitas, sehingga pemilihan material konstruksi menjadi tahap krusial dalam perencanaannya (Uikey, 2024). Material baja banyak digunakan karena memiliki keunggulan dari segi kekuatan, kekakuan, dan duktilitasnya (Xia et al., 2024; Wang et al., 2025). Seiring meningkatnya penggunaan baja, pabrikasi baja juga menghasilkan berbagai variasi bentuk profil seperti *Wide Flange* (WF), serta profil hasil modifikasi seperti kastela (*Castellated Beam* atau *Honeycomb*), *cellular beam*, dan balok Angelina yang mampu meningkatkan efisiensi

penampang tanpa menambah berat struktur (Barkiah, Darmawan and Dzikry, 2021; Naji and Kadhim Al-Shamaa, 2025). Berdasarkan penelitian (Marsiano and Fajar, 2020) menyebutkan bahwa struktur baja dengan sistem *gable frame* banyak diterapkan pada bangunan bentang lebar seperti gedung serbaguna karena memiliki stabilitas dan efisiensi struktural yang baik (Anila Ismi et al., 2024). Namun, penggunaan profil baja WF pada struktur bentang lebar memiliki kendala berupa berat dan biaya yang relatif tinggi (Lin and Yu, 2025; Rachma and Noviani, 2025). Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis perbandingan kinerja antara profil WF 350.350.12.19 dan kastela HC 525.350.12.19 pada elemen *rafter* struktur gedung serbaguna yang berlokasi di Kota Tasikmalaya dengan metode *Load Resistance and Factor Design* (LRFD) berdasarkan (Badan Standardisasi Nasional, 2020), menggunakan bantuan perangkat lunak analisis struktur. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan alternatif perencanaan material baja yang lebih efisien dan optimal untuk bangunan bentang lebar seperti gedung serbaguna (Rifandi and djati, 2021).

2. METODE

2.1. Lokasi Penelitian

Lokasi perencanaan pembangunan gedung serbaguna ini berlokasi di Jl. Letnan Harun, Kelurahan Sukarindik, Kecamatan Bungursari, Kota Tasikmalaya Provinsi Jawa Barat dengan titik koordinat $7^{\circ}17'38, 55''$ LS dan $108^{\circ}11'31, 79''$ BT. Daerah lokasi perencanaan ini cukup strategis karena memiliki kemudahan akses yang cukup baik sehingga mudah dijangkau dari berbagai arah, dan berada di lingkungan yang padat penduduk dengan tempat fasilitas umum lain yang lengkap. Berikut lokasi perencanaan yang dapat dilihat pada Gambar 1 berdasarkan gambar yang di ambil dari *Google Earth*.



Gambar 1. Lokasi perencanaan struktur gedung serbaguna

2.2. Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini disusun berdasarkan data yang menunjang dalam perencanaan, data pada perencanaan ini hanya menggunakan data sekunder yang merupakan data yang diperoleh dari sumber yang sudah ada sebelumnya berupa informasi yang dikumpulkan oleh pihak lain dan telah dipublikasikan. Berikut uraian dari data sekunder (Tabel 1) yang dibutuhkan:

Tabel 1. Jenis data, data, dan kegunaannya

No.	Jenis Data	Data	Kegunaan
1	Data Sekunder	Data Teknis Bangunan	<i>Preliminary design</i> penggunaan material dan profil baja, ukuran bangunan yang di desain.
2	Data Sekunder	Data Pembebanan Struktur Bangunan	Analisis beban yang bekerja pada struktur bangunan
3	Data Sekunder	Data Gempa Lokasi Perencanaan	Analisis beban gempa berdasarkan lokasi perencanaan
4	Data Sekunder	Gambar Perencanaan Struktur Gedung Serbaguna	Gambaran untuk analisis desain pada program bantu struktur.

Data pendukung diperoleh berdasarkan literatur dari buku, Standar Nasional Indonesia (SNI), jurnal, karya tulis ilmiah, serta data lain yang berhubungan dengan penelitian sebagai kelengkapan data. Alat Penelitian yang digunakan berupa *software* analisis struktur dan program bantu Excel.

2.3. Data Teknis Perencanaan Bangunan

Data-data perencanaan bangunan gedung serbaguna mencakup sebagai berikut:

Nama bangunan	:	Gedung serbaguna
Ukuran bangunan	:	25 x 42 meter
Jenis tanah	:	Tanah Lunak

Material

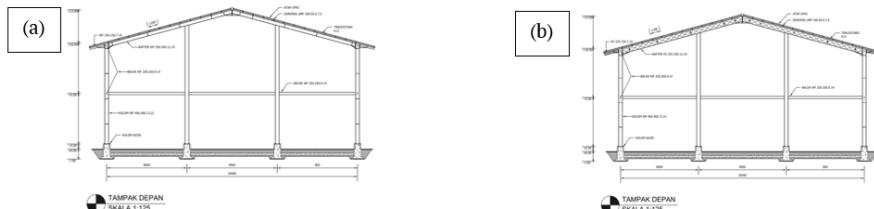
Jenis material	:	Baja
Mutu Baja	:	BJ 37 ($f_y = 240 MPa, f_u = 370 MPa$)
Jenis Atap	:	UPVC

Pemodelan 1 (Komponen struktur bangunan gedung serbaguna dengan menggunakan balok rafter profil Wide Flange (WF))

Kolom	:	WF 400.400.13.21
Balok	:	WF 250.250.9.14
Rafter	:	WF 350.350.12.19
Gording	:	UNP 100.50.5.7,5
Tritisan	:	WF 150.150.7.10; UNP 100.50.5.7,5

Pemodelan II (Komponen struktur bangunan gedung serbaguna dengan menggunakan balok rafter profil kastela)

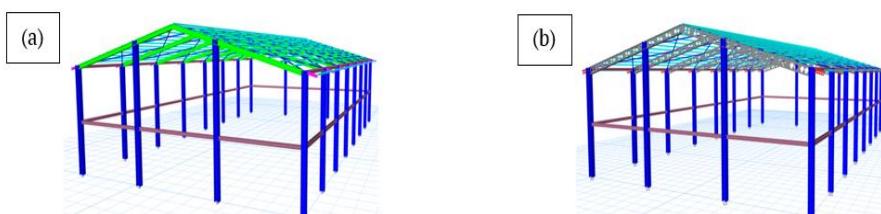
Kolom	:	WF 400.400.13.21
Balok	:	WF 250.250.9.14
Rafter	:	HC 525.350.12.19
Gording	:	UNP 100.50.5.7,5
Tritisan	:	HC 225.150.7.10; UNP 100.50.5.7,5
Bentang kuda-kuda	:	25 meter
Jarak antar kuda-kuda	:	6 meter (7 medan)
Tinggi kolom	:	10 meter



Gambar 2. (a) Tampak depan struktur gedung serbaguna profil baja WF dan (b) tampak depan struktur gedung serbaguna profil baja Kastela

2.4. Pemodelan Perencanaan Struktur Gedung Serbaguna

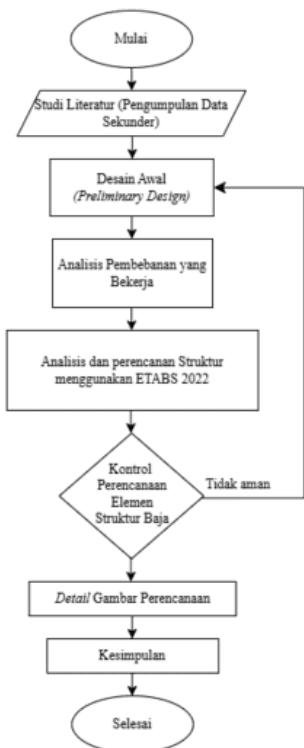
Pemodelan struktur gedung serbaguna untuk analisis struktur dilakukan dengan menggunakan program bantu sebagai berikut (Gambar 3).



Gambar 3. (a) Perspektif 3D struktur gedung serbaguna profil Baja WF dan (b) perspektif 3D struktur gedung serbaguna profil baja Kastela

2.5. Diagram Alir (*Flowchart*) Penelitian

Analisis penelitian disusun bertujuan untuk menyusun proses perencanaan struktur bangunan gedung serbaguna secara bertahap, analisis ini dapat disajikan dengan diagram alir pada Gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Diagram alir penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pembebanan dan Kombinasi Pembebanan

Analisis pembebanan yang bekerja pada struktur dengan *rafter* profil WF dan profil kastela ini direncanakan dengan pembeban dan kombinasi pembeban yang seragam dengan berdasarkan SNI 1727:2020 dan 1726:2019. Beban yang dianalisis meliputi beban mati (D), beban mati tambahan (SDL), beban hidup atap (Lr), beban hujan (R), beban angin (W), dan beban gempa (E). Sedangkan kombinasi yang digunakan yaitu sebagai berikut:

1,4 D

1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr atau S atau R)

1,2 D + 1,6 (Lr atau S atau R) + (L atau 0,5W)

1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (Lr atau S atau R)

0,9 D + 1,0 W

Kombinasi dasar dengan efek beban seismik yang didefinisikan berdasarkan pada Pasal 7.4.2 dan Pasal 7.4.3.1 di SNI 1726 sebagai berikut:

1,2 D + E_v + E_h + L + 0,2 S

0,9 D - E_v + E_h

3.2. Perilaku Struktur

Hasil analisis struktur menggunakan program bantu diperoleh bentuk ragam getar (*mode shape*) pertama dan kedua struktur ketika dilakukan analisis vibrasi beban yang didominasi oleh gerak translasi untuk masing-masing arah sumbu x dan sumbu y yang dapat dilihat pada Tabel 2 sebagai berikut. Nilai periode fundamental pendekatan (T_a) struktur berdasarkan SNI 1726:2019 ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$T_a = C_t h_n^x$$

Keterangan:

$$C_t = 0,0724 \quad (\text{Tabel 18 SNI 1726:2019})$$

x	= 0,8	(Tabel 18 SNI 1726:2019)
h_n	= 13,349 m	(Tinggi bangunan)
SD1	= 0,55	
C_u	= 1,4	(Tabel 17 SNI 1726:2019)
$T_{a\ min}$	= $C_t h_n^x$	
	= $0,0724 \times 13,349^{0,8}$	
	= 0,575 detik	
$T_{a\ max}$	= $C_u \times T_{a\ min}$	
	= $1,4 \times 0,575$	
	= 0,806 detik	

Tabel 2. Hasil periode dan frekuensi struktur

Mode	Pemodelan I (Rafter WF)		Pemodelan II (Rafter Kastela)	
	Periode (sec)	Frekuensi (cyc/sec)	Periode (sec)	Frekuensi (cyc/sec)
1	1,054	0,949	1,053	0,949
2	0,720	1,388	0,652	1,533
3	0,663	1,509	0,611	1,636

Berdasarkan hasil analisis (Tabel 2), waktu getar alami yang dimiliki struktur pada arah x pada pemodelan balok rafter WF dan kastela memiliki nilai yang berdekatan yaitu sebesar $T = 1,054$ detik dan $T = 1,053$ detik, di mana nilai periode tersebut melebihi batas atas periode fundamental ($T_{a\ max}$) dan memenuhi periode fundamental pendekatan batas bawah ($T_{a\ min}$) sehingga untuk memenuhi syarat waktu getar alami, maka digunakan batas atas periode fundamental ($T_{a\ min} = 0,806$ detik) sebagai waktu getar struktur pada arah X. Waktu getar alami yang dimiliki struktur pada arah y sebesar $T = 0,720$ detik dan $T = 0,652$ detik sehingga nilai periode tersebut memenuhi batas atas periode fundamental ($T_{a\ max}$) dan periode fundamental pendekatan batas bawah ($T_{a\ min}$) hal ini sesuai dengan persyaratan waktu getar alami yang diatur dalam SNI 1726:2019.

Tabel 3. Displacement maksimum struktur

Arah	Pemodelan I (Rafter WF)	Pemodelan II (Rafter Kastela)
Arah X	29,78 mm	29,84 mm
Arah Y	32,90 mm	23,43 mm

Berdasarkan hasil analisis (Tabel 3) menggunakan program bantu, diperoleh bahwa perbedaan nilai *displacement* antara kedua model struktur terjadi terutama pada arah Y. Model struktur dengan *rafter* profil kastela menunjukkan nilai *displacement* maksimum yang lebih kecil dibandingkan dengan model yang menggunakan *rafter* profil WF. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan profil kastela mampu meningkatkan kekakuan elemen struktur secara signifikan.

Peningkatan kekakuan tersebut disebabkan oleh bertambahnya tinggi penampang pada profil kastela yang menghasilkan nilai momen inersia lebih besar dibandingkan dengan profil WF. Nilai momen inersia yang lebih tinggi berpengaruh langsung terhadap kemampuan elemen dalam menahan deformasi akibat beban yang bekerja, sehingga perpindahan (defleksi) yang terjadi menjadi lebih kecil.

Selain itu, perbedaan nilai *displacement* pada arah X dan Y juga dipengaruhi oleh sistem distribusi gaya lateral dan arah pembebanan pada struktur. Pada arah Y, kekakuan global struktur cenderung lebih tinggi karena adanya konfigurasi portal utama dan elemen pengaku yang lebih efektif dalam menahan beban lateral. Sementara pada arah X, struktur memiliki kekakuan relatif lebih rendah akibat jarak bentang dan susunan elemen yang berbeda. Dengan demikian, kombinasi antara peningkatan momen inersia akibat penggunaan profil kastela dan arah kekakuan sistem struktur menjadi faktor utama yang menyebabkan perbedaan nilai *displacement* pada kedua arah tersebut .

3.3. Analisis Struktur Atap

Perencanaan struktur atap pada bangunan serbaguna ini berpedoman pada SNI 1729:2020 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural dan acuan lainnya yang telah ditetapkan. Perencanaan pada kedua jenis pemodelan struktur antara profil WF 350.350.12.19 dan kastela HC 525.350.12.19 ini direncanakan dengan bentang 25 m. Sedangkan

pada balok *rafter* memiliki bentang 12,94 m dengan jarak antar kuda-kuda 6 m. Kelas mutu baja untuk profil yang digunakan yaitu mutu baja BJ-37 ($f_y = 240 \text{ MPa}$ dan $f_u = 370 \text{ MPa}$).

Gording pada perencanaan ini menggunakan profil gording jenis UNP 100.50. 5.7,5 dengan jarak antar gording yaitu 1,1 m. Pada analisis struktur gording ini memiliki profil penampang yang kompak dan menghasilkan nilai aman terhadap kontrol momen desain balok dengan menghasilkan nilai kapasitas rasio sebesar 0,94. Selain itu gording ini juga aman terhadap lendutan $\delta_y = 0,012\text{m} = 12\text{mm} < \delta_{\text{lzin}}$.

Batang tarik yang termasuk pada elemen struktur ini adalah ikatan angin dan *trackstang*. Batang tarik *trackstang* ini berfungsi untuk mengurangi lendutan pada gording arah sumbu X, sehingga dalam perencanaan ini menggunakan *trackstang* dengan ukuran diameter $\phi = 12 \text{ mm}$. Sedangkan untuk ikatan angin menggunakan ukuran diameter ϕ maksimal = 8 mm (BJTS 40). Pembebanan pada struktur *gable frame* ini memperhitungkan beban mati tambahan (SDL), beban hidup atap (L_r), beban hujan (R), beban angin (W), dan beban gempa (E) yang kemudian dianalisis dengan program bantu *Software* analisis desain struktur.

3.4. Desain Penampang Kastela

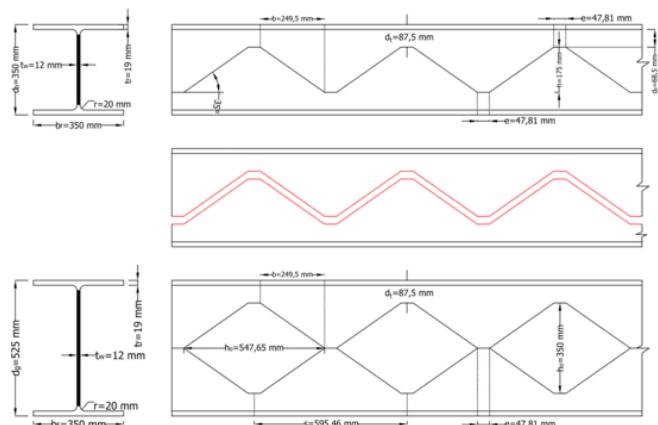
Desain penampang balok profil kastela HC 525.350.12.19 merupakan hasil pemotongan dari profil baja WF 350.350.12.19 dengan pola pemotongan zig-zag (Tabel dan berdasarkan perhitungan dari buku *Design of Welded Structure* oleh Omer W. Blodgett (1982). Berikut hasil ukuran penampang yang digunakan (Gambar 5).

θ	=	35°
h	=	175 mm
h_o	=	350 mm
d_s	=	68,5 mm
a_o	=	546,32 mm
e	=	47,81 mm
d_g	=	525 mm
d_t	=	87,5 mm
b	=	249,92 mm

Berdasarkan analisa desain profil kastela menunjukkan terjadinya peningkatan kekuatan balok yang diukur dari besarnya kenaikan momen nominal pada balok kastela.

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_n \text{ kastela} - M_n \text{ WF}}{M_n \text{ WF}} \times 100\% \\ &= \frac{95.812,07 - 63.042,95}{63.042,95} \times 100\% \\ &= 51,94\% \end{aligned}$$

Kapasitas penampang lentur (M_n) pada profil kastela mengalami peningkatan sebesar 51,94% dibandingkan profil WF asalnya, sehingga profil kastela mampu menahan momen yang lebih besar.



Gambar 5 . Desain penampang profil Kastela

Tabel 4. Hasil perhitungan analisa peningkatan profil WF menjadi Kastela

Dimensi dan Properti Penampang Profil Baja							
Profil WF 350.350.12.19			Profil HC 525.350.12.19				
d_b	=	350	mm	d_b	=	525	mm
b_f	=	350	mm	b_f	=	350	mm
t_w	=	12	mm	t_w	=	12	mm
t_f	=	19	mm	t_f	=	19	mm
A	=	173,90	cm^2	A	=	194,90	cm^2
I_x	=	40.300,00	cm^4	I_x	=	92.434,611	cm^4
M_{nx}	=	63.042,95	kg.m	M_{nx}	=	95.812,07	kg.m

3.5. Analisis Balok Pengikat

Profil balok yang digunakan pada kedua pemodelan ini adalah jenis profil WF 250.250.9.14 dengan mutu baja BJ-37 ($f_y = 240 \text{ MPa}$ dan $f_u = 370 \text{ MPa}$). Pembebaan yang bekerja secara spesifik pada balok ini adalah jenis beban mati tambahan berupa beban dinding dengan bentang balok 6 m. Klasifikasi penampang profil WF ini termasuk ke dalam penampang yang kompak sehingga kontrol terhadap tekuk lateral termasuk ke dalam *inelastic LTB* dengan menghasilkan nilai momen nominal $\phi M_n = 13.370,09 \text{ kg.m}$ dan menghasilkan nilai kapasitas rasio yang memenuhi persyaratan atau aman.

3.6. Analisis Rafter Wide Flange (WF) dan Kastela

Analisis perbandingan diawali dengan penyajian berat total struktur yang dihasilkan dari setiap elemen balok *rafter* WF (*Wide Flange*) dan kastela berdasarkan program bantu yang disajikan pada Tabel 5 sebagai berikut.

Tabel 5. Berat profil Rafter

No	Rafter (mm)	Panjang Balok (m)	Total Berat Profil Baja (kg)
1	WF 350.350.12.19	12,94	1.743,77
2	HC 525.350.12.19	12,94	1.743,77

Selain berat total pada balok *rafter*, analisis lendutan yang terjadi pada balok *rafter* dapat ditinjau dengan menggunakan program bantu dan kemudian dibandingkan dengan batas lendutan yang diizinkan berdasarkan SNI 1729:2020 sebagaimana ditunjukkan pada Tabe 6 berikut.

Tabel 6. Lendutan pada balok Rafter

Profil (mm)	Panjang (mm)	Beban Maks	Hasil					
			Mayor (U1)		Minor (U2)			
HC 525.350.12.19	12940	Service	Δ	9,92	mm	Δ	1,14	mm
			L	12.940	mm	L	12.940	mm
			Δ_a	53,92	mm	Δ_a	53,92	mm
			Cek	AMAN		Cek	AMAN	
			Δ	33,8	mm	Δ	1,04	mm
WF 350.350.12.19	12940	Service	L	12.940	mm	L	12.940	mm
			Δ_a	53,92	mm	Δ_a	53,92	mm
			Cek	AMAN		Cek	AMAN	

Rekapitulasi pada Tabel 7 berikut menyajikan hasil perhitungan dan analisis struktur pada bagian balok *rafter* di antara kedua profil baja, yaitu profil WF dan Kastela. Perbandingan dilakukan untuk menampilkan perbedaan kekuatan dan kinerja kedua jenis profil tersebut terhadap gaya dalam yang bekerja, meliputi momen lentur maksimum, gaya geser, dan kapasitas penampang. Hasil rekapitulasi ini menjadi dasar untuk menilai efektivitas penggunaan profil WF dan kastela pada struktur rangka atap *gable frame* dengan berat struktur dan bentang yang sama.

Tabel 7. Rekapitulasi hasil perhitungan kekuatan balok Rafter WF dan Kastela

Parameter	Simbol	Satuan	Jenis Profil Rafter					
			WF 350 350 12 19			HC 525 350 12 19		
Momen lentur akibat beban terfaktor	M_u	kg.m	21.636,95			24.168,80		
Momen lentur nominal	M_n	kg.m	63.042,95			95.812,07		
Kapasitas momen rencana	ϕM_n	kg.m	56.738,66			86.230,86		
Kontrol lentur (< 1)	$M_u/\phi M_n$	-	0,38			0,28		
Keterangan			AMAN			AMAN		
Gaya geser akibat beban terfaktor	V_u	kg	7.386,76			7.237,35		
Gaya geser nominal	V_n	kg	54.976,57		Tump	Lubang		
Kapasitas geser rencana	ϕV_n	kg	49.478,91		77.283,92	10.870,53		
Kontrol geser (< 1)	$V_u/\phi V_n$	-	0,15			0,67		
Keterangan			AMAN			AMAN		

Berdasarkan Tabel 5 menunjukkan berat profil balok rafter WF dan kastela memiliki berat yang sama yaitu sebesar 3.487,54 kg, hasil analisis pada kekuatan antara balok rafter WF dan kastela (Tabel 7) menghasilkan kapasitas rasio yang memenuhi syarat kekuatan struktur yaitu kurang dari 1. Nilai kapasitas momen momen rencana ($\phi M_n = 86.230,86$ kg.m) pada balok rafter kastela lebih besar daripada nilai momen rencana balok rafter WF ($\phi M_n = 56.738,66$ kg.m), hal tersebut menunjukkan bahwa profil kastela memiliki kapasitas untuk menahan momen lebih baik. Hasil kapasitas gaya geser rencana (ϕV_n) pada profil kastela juga lebih tinggi daripada profil WF, meskipun pada bagian lubang kastela kapasitas geser berkang tetapi nilai rasio kontrol geser masih berada di bawah satu sehingga tetap memenuhi syarat keamanan struktur.

Perbedaan nilai gaya dalam yang muncul pada kedua jenis rafter dipengaruhi oleh perbedaan kekakuan pada elemen. Balok rafter profil kastela memiliki kekakuan yang lebih besar dan cenderung menerima porsi gaya dalam lebih besar ($M_u = 24.168,80$ kg.m) namun menghasilkan lendutan lebih kecil dengan nilai $U_1 = 9,92$ mm dan $U_2 = 1,14$ mm, sedangkan pada balok rafter profil WF memiliki kekakuan lebih rendah dan menahan gaya dalam lebih kecil ($M_u = 21.636,95$ kg.m) tetapi berpotensi menghasilkan lendutan yang lebih besar dengan nilai $U_1 = 33,8$ mm dan $U_2 = 1,04$ mm.

3.7. Analisis Kolom

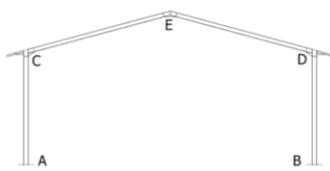
Perencanaan kolom pada kedua pemodelan gedung serbaguna ini menggunakan profil baja yang sama yaitu WF 400.400.13.21 dengan tinggi kolom 10 m dan mutu baja BJ-37 ($f_y = 240$ MPa dan $f_u = 370$ MPa). Berikut disajikan rekapitulasi hasil perhitungan kekuatan kolom dari kedua jenis pemodelan pada Tabel 8.

Tabel 8. Rekapitulasi hasil perhitungan kekuatan kolom

Parameter	Simbol	Satuan	Jenis Profil Kolom		
			WF 400 400 13 21		
Gaya aksial akibat beban terfaktor	P_u	kg	23.020,76	23.805,29	
Kapasitas nominal tekan	P_n	kg	472.406,21	472.406,21	
Kapasitas aksial rencana	ϕP_n	kg	425.165,59	425.165,59	
Momen lentur akibat beban terfaktor	M_u	kg.m	23.332,29	20.220,26	
Momen lentur nominal	M_n	kg.m	91.273,75	91.274,75	
Kapasitas momen rencana	ϕM_n	kg.m	82.146,38	82.146,38	
Kontrol aksial	$P_u/\phi P_n$	-	0,054	0,056	
Kontrol aksial-lentur (< 1)	-	-	0,31	0,27	
Keterangan	-	-	AMAN	AMAN	

Berdasarkan tabel di atas (Tabel 8), hasil perhitungan menunjukkan bahwa kedua jenis profil kolom pada kedua pemodelan yang menggunakan jenis rafter WF dan Kastela memiliki nilai kapasitas momen nominal dan kapasitas momen rencana yang relatif sama. Rasio kontrol aksial maupun kombinasi aksial-lentur pada kedua profil juga masih jauh di bawah batas maksimum yang disyaratkan, yaitu kurang dari satu. Hal ini menandakan bahwa baik profil kolom pada pemodelan rafter profil WF maupun profil Kastela berada dalam kondisi yang aman terhadap beban yang bekerja. Meskipun terdapat perbedaan nilai rasio pada masing-masing kontrol, keduanya tetap menunjukkan kinerja struktur yang memenuhi ketentuan perencanaan.

3.8. Perencanaan Sambungan



Gambar 6. Lokasi titik perencanaan sambungan

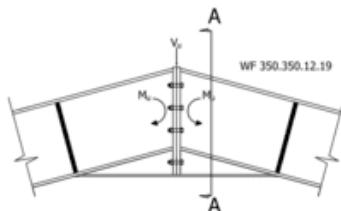
Perencanaan sambungan pada perencanaan gedung serbaguna ini berdasarkan pada SNI 1729:2020 tentang “Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural” yang dibagi menjadi tiga bagian (Gambar 6) sebagai berikut:

1. Sambungan E (*Rafter Balok-Balok*)
2. Sambungan C = Sambungan D (*Rafter Balok-Kolom*)
3. Sambungan A = Sambungan B (*Base Plate*)

Berikut hasil rekapitulasi perencanaan sambungan yang dibutuhkan berdasarkan perhitungan pemodelan gedung serbaguna dengan menggunakan balok *rafter* profil WF.

1. Sambungan E (*Rafter Balok-Balok*)

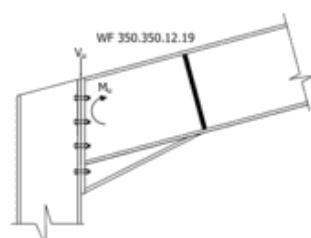
Jumlah baut yang dibutuhkan	= 8	buah
Diameter baut A307	= 27	mm
Tebal pelat, t	= 12	mm
Jarak baut ke tepi (S1)	= 80	mm
Jarak antar baut (S2)	= 120	mm
Panjang las efektif	= 99	mm



Gambar 7. Skema Rafter balok-balok profil WF

2. Sambungan C dan D (*Rafter Balok-Kolom*)

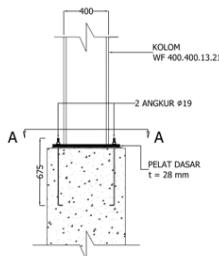
Jumlah baut yang dibutuhkan	= 8	buah
Diameter baut A307	= 27	mm
Tebal pelat, t	= 12	mm
Jarak baut ke tepi (S1)	= 80	mm
Jarak antar baut (S2)	= 120	mm
Panjang las efektif	= 99	mm
Panjang pengaku	= 300	mm



Gambar 8. Skema balok WF - kolom

3. Sambungan A dan B (*Base Plate*)

Jumlah angkur yang dibutuhkan	= 6	buah
Diameter angkur	= 19	mm
Panjang angkur	= 675	mm
Dimensi <i>base plate</i> :		
Lebar <i>base plate</i> (B)	= 500	mm
Panjang <i>base plate</i> (N)	= 600	mm
Tebal pelat, t	= 28	mm
Mutu beton f'c	= 25	MPa
Jarak angkur ke tepi (S1)	= 50	mm
Jarak antar angkur (S2)	= 200	mm
Panjang las efektif	= 304	mm

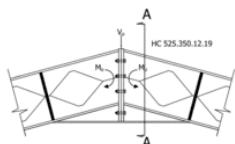


Gambar 9. *Base plate* pemodelan I

Berikut hasil rekapitulasi perencanaan sambungan yang dibutuhkan berdasarkan perhitungan pemodelan gedung serbaguna dengan menggunakan balok *rafter* profil kastela.

1. Sambungan E (*Rafter Balok-Balok*)

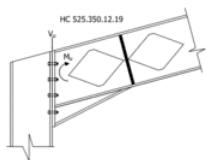
Jumlah baut yang dibutuhkan	= 8	buah
Diameter baut A307	= 27	mm
Tebal pelat, t	= 18	mm
Jarak baut ke tepi (S1)	= 120	mm
Jarak antar baut (S2)	= 150	mm
Panjang las efektif	= 135	mm



Gambar 10. Skema *Rafter* balok-balok profil Kastela

2. Sambungan C dan D (*Rafter Balok-Kolom*)

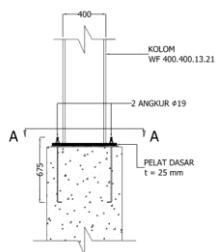
Jumlah baut yang dibutuhkan	= 8	buah
Diameter baut A307	= 27	mm
Tebal pelat, t	= 18	mm
Jarak baut ke tepi (S1)	= 120	mm
Jarak antar baut (S2)	= 150	mm
Panjang las efektif	= 135	mm
Panjang pengaku	= 500	mm



Gambar 11. Skema balok Kastela – kolom

3. Sambungan A dan B (*Base Plate*)

Jumlah angkur yang dibutuhkan	= 6	bubah
Diameter angkur	= 19	mm
Panjang angkur	= 675	mm
Dimensi <i>base plate</i> :		
Lebar <i>base plate</i> (B)	= 500	mm
Panjang <i>base plate</i> (N)	= 600	mm
Tebal pelat, t	= 25	mm
Mutu beton f'c	= 25	MPa
Jarak angkur ke tepi (S1)	= 50	mm
Jarak antar angkur (S2)	= 200	mm
Panjang las efektif	= 232	mm

Gambar 12. *Base plate* pemodelan II

4. KESIMPULAN

Analisis perencanaan gedung serbaguna dengan sistem struktur *gable frame* dilakukan dengan penerapan beban yang sama pada kedua model, baik yang menggunakan *Rafter* profil WF (*Wide Flange*) maupun kastela, meliputi beban mati (D), beban mati tambahan (SDL), beban hidup atap (Lr), beban hujan (H), dan beban gempa (E). Hasil analisis menggunakan program bantu menunjukkan bahwa perbedaan utama antara kedua model terletak pada elemen balok *Rafter*, di mana profil kastela memiliki kekakuan dan tinggi penampang yang lebih besar akibat modifikasi dari profil WF aslinya, sehingga menghasilkan gaya dalam berupa momen lentur (M_u), gaya geser (V_u), dan gaya aksial (P_u) maksimum yang berbeda. Peningkatan geometri penampang tersebut memberikan peningkatan kapasitas momen nominal sebesar 51,97% (ϕM_n Kastela = 86.230,86 kg.m, ϕM_n WF = 56.738,66 kg.m). Hasil evaluasi respon struktur menunjukkan bahwa pemodelan dengan balok Kastela memiliki *displacement* maksimum yang lebih kecil (arah X = 29,84 mm, arah Y = 23,43 mm) dibandingkan balok WF (arah X = 29,78 mm, arah Y = 32,90 mm), serta lendutan dan periode alami struktur yang lebih rendah, yang menandakan perilaku struktur lebih kaku dan efisien dalam menahan beban. Dengan demikian, meskipun kedua profil memenuhi syarat keamanan struktur dengan nilai P-M Rasio < 1, profil Kastela terbukti memberikan kekakuan dan kapasitas penampang yang lebih baik dibandingkan profil WF.

REFERENSI

Anila Ismi, Elviera Wilda Yanti, Alfan Mubarak, Sultan Sultan and M. Afdal S, 2024. Pembuatan Gedung Serba Guna di Universitas Bangka Belitung. *Jurnal Ekonomi dan Pembangunan Indonesia*, 2(4), pp.203–216. <https://doi.org/10.61132/jepi.v2i4.1006>.

Badan Standardisasi Nasional, 2020. *Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural. SNI 1729-2020*, .

Barkiah, I., Darmawan, A.R. and Dzikry, M.F., 2021. Pengaruh Sudut Bukaan Heksagonal Terhadap Kapasitas Geser Castellated Steel Beam. *Jurnal Teknologi Berkelanjutan*, 10(02), pp.55–64. <https://doi.org/10.20527/jtb.v10i02.201>.

Lin, S. and Yu, Q., 2025. A Review of Recent Advances in Temperature-Dependent Constitutive Models and Ductile Fracture Models for Advanced High-Strength Steels in Automotive Applications 2 . Current Status of Research on Temperature-dependent Constitutive Modeling of High-strength Steel Materials. 11(9), pp.93–103. <https://doi.org/10.6919/ICJE.202509>.

Marsiano, M. and Fajar, F., 2020. Perancangan Kolom Struktur Gable Frame Untuk Berbagai Bentang Lebar Bangunan. *Sainstech: Jurnal Penelitian dan Pengkajian Sains dan Teknologi*, 23. <https://doi.org/10.37277/stch.v23i1.568>.

Naji, A.I. and Kadhim Al-Shamaa, M.F., 2025. Structural Performance of Double castellated Steel Beams with Innovative Opening Configuration. *Engineering, Technology and Applied Science Research*, 15(2), pp.20616–20622. <https://doi.org/10.48084/etasr.9734>.

Rachma, I.N. and Noviani, S.A., 2025. Pengaruh Variasi Ketinggian Tekanan Beton Segar terhadap Ketahanan Formwork pada Struktur Pile Cap Jembatan. *Akselerasi: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 6(2), pp.52–61. <https://doi.org/10.37058/aks.v6i2.14036>.

Rifandi, I. and djati, E., 2021. Analisis Beban Gempa dengan Metode Statik Ekuivalen Berdasarkan SNI 1726-2019 pada Gedung Ipal. *Jurnal Konstruksi*, 18(2), pp.72–82. <https://doi.org/10.33364/konstruksi.v.18-2.811>.

Suhendi, C., Paikun and Kamal, N., 2021. Evaluasi Perencanaan Struktur Bangunan Pabrik Batu, Imitasi Menggunakan Struktur Balok Baja Kastela (Honeycomb). *Jurnal Rekayasa Teknologi Nusa Putra*, 6(2), pp.32–40. <https://doi.org/10.52005/rekayasa.v6i2.73>.

Uikey, B., 2024. Structural Analysis of Castellated Beams with Web Openings of Different Forms using Finite Element Method. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 12, pp.1699–1799. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2024.66107>.

Wang, Y.-Z., Minamide, R., Zong, L. and Okazaki, T., 2025. Mechanical performance and fracture ductility of structural steels after static strain aging: experiment and phase field modeling. *Thin-Walled Structures*, 215, p.113564. <https://doi.org/10.1016/j.tws.2025.113564>.

Xia, M., Wu, W., Xue, Z., Sang, Y., Nie, S., Jiang, N., Guo, H. and He, M., 2024. Mechanical properties and microstructure of high-strength and high-ductility steel at elevated temperature. *Journal of Constructional Steel Research*, 218, p.108722. <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2024.108722>.