



Optimasi Penampang Balok Kolom Pada Portal *Gable*

Estefani B. B. Pang^{#a}, Reky S. Windah^{#b}, Ronny E. Pandaleke^{#c}

^aProgram Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia
^aestefanipang021@student.unsrat.ac.id, ^brekywindah@unsrat.ac.id, ^cronny_pandaleke@yahoo.com

Abstrak

Struktur portal *gable* merupakan tipe struktur yang banyak ditemui pada bangunan seperti pabrik, gudang serta pusat perbelanjaan. Pada struktur portal *gable* material baja sering kali digunakan karena memiliki daya tahan yang tinggi, cepat dalam proses pengrajaannya serta dapat dimodifikasi bentuknya. Baja sendiri memiliki beberapa tipe profil seperti WF, H Beam dan ada juga tipe kastela yang merupakan hasil modifikasi baja WF atau H Beam dimana terjadi pertambahan ketinggian pada bagian pelat badan dibanding profil aslinya sehingga kekuatan yang dimiliki semakin besar. Penelitian ini bertujuan untuk menemukan penampang yang optimal pada portal *gable* dengan variasi bentang 20 m, 30 m dan 40 m. Dalam menganalisa kekuatan penampang digunakan metode *Load Resistance and Factor Design* (LRFD) berdasarkan SNI 1729:2020 serta *software* untuk mendapatkan nilai gaya-gaya dalam. Hasil analisa menunjukkan bahwa pada bentang 20 m, 30 m dan 40 m, penampang balok dan kolom yang paling optimal dan memenuhi persyaratan secara berturut-turut adalah WF 250.125.6.8 dan H 175.175.7.5.11, HC 450.150.6.5.9 dan H 200.200.8.1, HC 200.8.13 dan WF 400.200.8.13. Dengan demikian hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam merencanakan struktur portal *gable* sesuai ketentuan yang berlaku.

Kata kunci: portal *gable*, optimasi, variasi bentang, metode LRFD, SNI 1729:2020

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Pada zaman yang semakin modern ini, teknologi-teknologi sudah semakin maju dan terus berkembang pertumbuhannya. Hal ini sangat bermanfaat bagi masyarakat dalam mengembangkan ekonomi yang ada di Indonesia. Seiring dengan hal tersebut maka terjadi peningkatan kebutuhan prasarana seperti transportasi, telekomunikasi serta bangunan-bangunan yang memadai untuk menunjang kegiatan-kegiatan yang dilakukan masyarakat. Adanya prasarana bangunan seperti bangunan industri, pusat perbelanjaan, maupun pusat logistik dapat membantu perusahaan-perusahaan dalam mengembangkan usaha mereka yang mana akan berdampak bagi ekonomi Indonesia.

Struktur portal *gable* merupakan suatu tipe struktur konstruksi yang banyak digunakan pada pabrik, gudang serta supermarket. Ini dikarenakan struktur portal *gable* mampu menyediakan ruangan yang luas didalamnya tanpa perlu banyak kolom di tengah ruangannya, sehingga dapat meletakkan berbagai jenis peralatan serta barang yang digunakan. Portal *gable* adalah suatu struktur yang terdiri dari kuda-kuda (*rafter*), *haunch* dan kolom. Untuk materialnya struktur portal *gable* biasanya menggunakan material baja karena memiliki kekuatan dan daya tahan yang tinggi serta cepat dalam pelaksanaannya sehingga mempercepat waktu pengrajaannya. Selain itu material baja juga memiliki fleksibilitas desain sehingga dapat dimodifikasi bentuknya namun tetap ekonomis digunakan.

Baja sendiri memiliki beberapa tipe profil serta ukuran yang berbeda-beda. Pada portal *gable* tipe baja yang biasa digunakan pada balok (*rafter*) dan kolom adalah tipe WF dan H Beam. Ada pula tipe baja yang merupakan hasil modifikasi dari baja WF atau H Beam yaitu baja kastela/*honeycomb*. Baja kastela pada dasarnya merupakan suatu profil baja yang dipotong secara zig-zag pada bagian tengah badan baja yang kemudian disatukan kembali menggunakan las.

Dengan disambungkannya kedua bagian yang telah dipotong, profil baja kastela ini mengalami pertambahan tinggi profil dibanding profil aslinya sehingga kekuatan yang dimiliki pun semakin besar. Lubang yang ada pada bagian tengah profil menyebabkan baja kastela menjadi lebih ringan dibanding profil yang memiliki tinggi yang serupa.

Maka dari itu pada penelitian ini akan dilakukan analisa pada portal *gable* agar dapat menemukan penampang yang optimal serta kuat dalam menahan gaya-gaya yang terjadi akibat beban-beban yang bekerja sesuai dengan pedoman yang berlaku.

1.2. Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang diuraikan diatas, diperoleh rumusan masalah yaitu: Berapa ukuran penampang yang optimal pada portal *gable* dengan bentang 20 m, 30 m dan 40 m?

1.3. Batasan Masalah

1. Variasi bentang yang dianalisa adalah 20 m, 30 m dan 40 m
2. Analisa struktur akan dihitung menggunakan *software* ETABS v18.1.1
3. Beban yang diperhitungan adalah beban mati, beban hidup dan beban angin.
4. Setiap variasi bentang memiliki kemiringan atap 15°
5. Tinggi kolom untuk semua variasi bentang adalah 8 meter
6. Jarak portal dan jarak gording untuk semua variasi bentang secara berturut-turut adalah 4 m dan 1m.
7. Tidak melakukan perhitungan gording.
8. Struktur yang diperhitungkan adalah struktur dua dimensi.
9. Tumpuan dianggap terjepit.
10. Sambungan diasumsikan sebagai sambungan momen dan mampu menahan beban.
11. Perhitungan yang dilakukan hanya pada struktur atas.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui ukuran penampang yang optimal pada portal *gable* dengan variasi bentang 20 m, 30 m dan 40 m.

2. Metode Penelitian

2.1. Pedoman Penelitian

Pada penelitian ini akan digunakan beberapa acuan dalam menganalisa struktur, yaitu:

1. SNI 1729:2020, tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural
2. SNI 1727:2020, tentang Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain

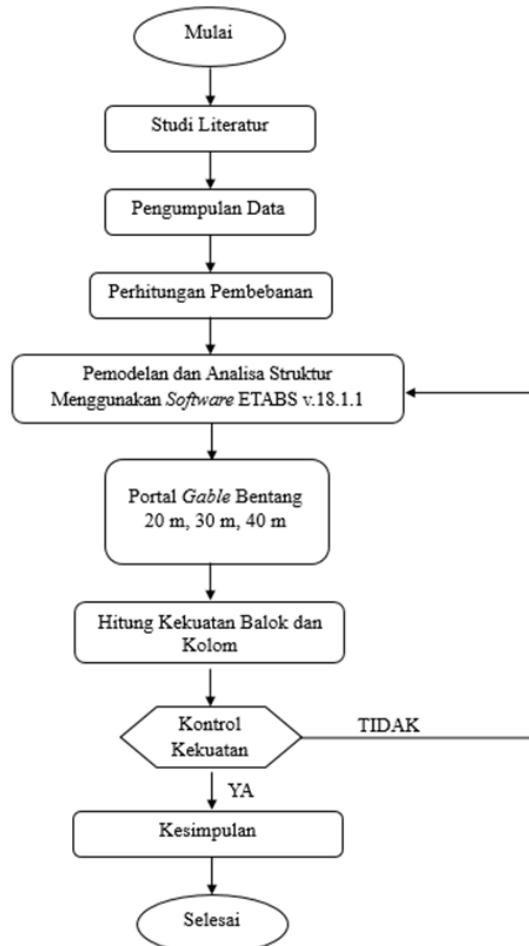
2.2. Data Bangunan

Tabel 1. Data Struktur dan Data Material

DATA STRUKTUR		
Model struktur	Portal gable	
Bentang kuda-kuda	20 m, 30 m, 40 m	
Tinggi kolom	8 m	
Kemiringan atap	15°	
Jarak antar portal	4 m	
Jarak antar gording	1 m	
Jenis atap	Spandek Zincalume	
Berat atap	4,46 kg/m ³	
Tipe profil baja	Balok	WF, Kastela/Honeycomb
	Kolom	WF, H beam
	Gording	C 150.65.20.2.3

Berat gording	5,50 kg/m
DATA MATERIAL	
Mutu baja	SS 400
Tegangan leleh baja, F_y	245 MPa
Tegangan putus baja, F_u	400 MPa
Modulus elastis baja, E	200000 MPa
Modulus geser baja, G	77200 MPa
Poisson ratio, μ	0,3
Berat jenis baja	7850 kg/m ³

2.3. Diagram Alir



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pembebanan Struktur Portal Gable

- A. Beban Mati
 - Berat sendiri berupa berat profil baja yang digunakan;
 - Beban di tepi atap: D1 = 34,01 kg
 - Beban di tengah atap: D2 = 43,82 kg
 - Beban di puncak atap: D3 = 34,01 kg
- B. Beban Hidup
 - Rangka Penumpu Layar Penutup = 90,75 kg
- C. Beban Angin

Tabel 2. Beban Angin pada Atap

Letak	Beban Angin Pada Atap (kg)		
	L = 20 m	L = 30 m	L = 40 m
	15°	15°	15°
Sisi Angin Datang			
Tepi	-90.19	-80.91	-75.33
Tengah	-180.37	-161.81	-150.67
Puncak	-90.19	-80.91	-75.33
Sisi Angin Pergi			
Tepi	-72.50	-73.95	-75.33
Tengah	-145.01	-147.91	-150.67
Puncak	-72.50	-73.95	-75.33

Sumber: Hasil Analisis, 2024

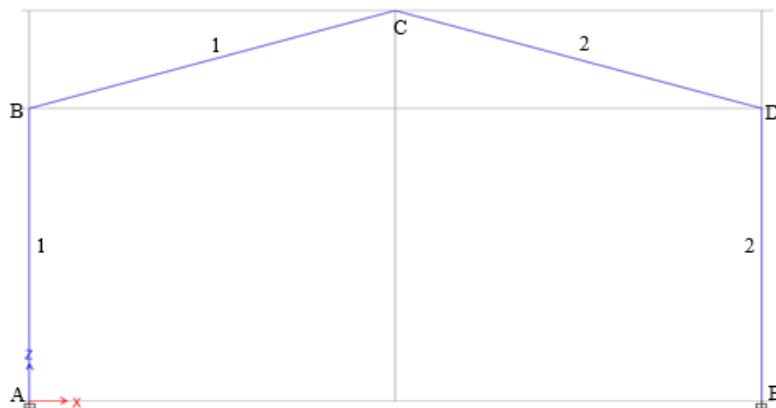
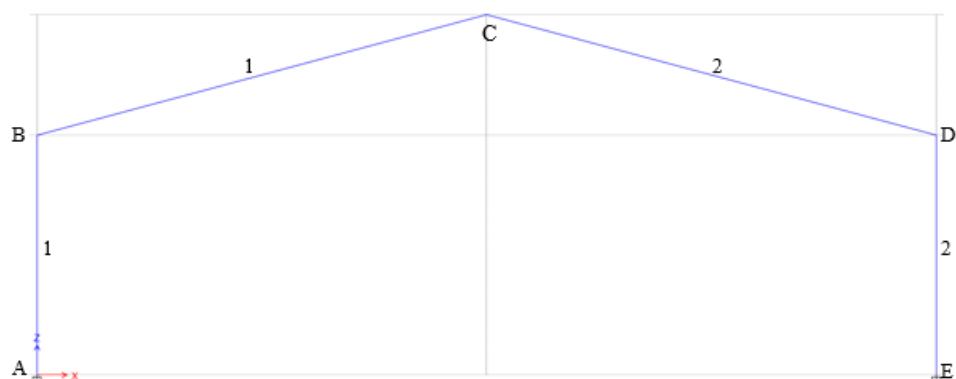
Tabel 3. Beban Angin pada Dinding

Letak	L = 20 m	L = 30 m	L = 40 m
	15°	15°	15°
Sisi Angin Datang	197.21	197.21	197.21
Sisi Angin Pergi	-145.01	-147.91	-150.67

Sumber: Hasil Analisis, 2024

3.2. Pemodelan Struktur

Struktur dimodelkan dengan menggunakan *software* ETABS, dimana untuk model 1 memiliki lebar bentang 20 m, model 2 memiliki lebar bentang 30 m dan model 3 memiliki lebar bentang 40 m.

**Gambar 2.** Pemodelan Struktur Portal Gable Bentang 20 m**Gambar 3.** Pemodelan Struktur Portal Gable Bentang 30 m



Gambar 4. Pemodelan Struktur Portal *Gable* Bentang 40 m

3.3. Gaya Dalam Maksimum

Dari hasil analisa menggunakan software ETABS, diperoleh nilai gaya-gaya dalam dengan kombinasi beban yang menghasilkan nilai paling maksimum adalah kombinasi $1.2D+1.6Lr+0.5W$.

Tabel 4. Gaya Dalam Maksimum Pada Balok dan Kolom Bentang 20 m

Profil Baja		Balok		Kolom	
Balok	Kolom	Momen	Gaya Geser	Momen	Gaya Aksial
(mm)	(mm)	(kg.m)	(kg)	(kg.m)	(kg)
HC 225.150.7.10	H 175.175.7,5.11	4473.3	1437.2	4520.5	2251.0
WF 250.125.6.9	H 150.150.7.10	4143.9	1446.0	4073.8	2149.8
WF 250.125.6.9	WF 300.150.6,5.9	4512.3	1368.2	5350.2	2177.8
WF 250.125.6.9	H 175.175.7,5.11	4429.4	1416.1	4501.5	2227.00

Sumber: Hasil Analisis, 2024

Tabel 5. Gaya Dalam Maksimum Pada Balok dan Kolom Bentang 30 m

Profil Baja		Balok		Kolom	
Balok	Kolom	Momen	Gaya Geser	Momen	Gaya Aksial
(mm)	(mm)	(kg.m)	(kg)	(kg.m)	(kg)
HC 300.200.8.12	H 250.250.9.14	9975.2	2181.0	10150.0	3705.8
WF 300.150.6,5.9	WF 350.175.7.11	8962.8	1928.0	11336.9	3232.1
WF 300.150.6,5.9	H 200.200.8.12	9141.7	2022.4	8827.8	3250.5
HC 450.150.6,5.9	H 200.200.8.12	8309.2	2106.3	7826.1	3258.3

Tabel 6. Gaya Dalam Maksimum Pada Balok dan Kolom Bentang 40 m

Profil Baja		Balok		Kolom	
Balok	Kolom	Momen	Gaya Geser	Momen	Gaya Aksial
(mm)	(mm)	(kg.m)	(kg)	(kg.m)	(kg)
HC 600.200.8.13	H 250.250.9.14	15762.6	3183.3	14330.3	5043.3
WF 400.200.8.13	H 300.300.10.15	17214.8	2954.4	18425.6	5237.6
WF 300.150.6.5.9	WF 400.200.8.13	17011.7	2929.8	19114.2	4963.0
HC 600.200.8.13	WF 400.200.8.13	16882.0	3058.7	15506.4	4972.1

Sumber: Hasil Analisis, 2024

3.4. Perhitungan Kekuatan Balok dan Kolom

3.4.1 Perhitungan Kekuatan Balok dan Kolom Portal Gable Bentang 20 m

Pada bentang 20 m digunakan beberapa ukuran profil baja seperti yang disajikan pada tabel berikut.

Tabel 7. Profil Baja untuk Bentang 20 m

No.	Profil Baja		Panjang Balok	Tinggi Kolom	Berat Profil Baja		Berat Total
	Balok	Kolom			Balok	Kolom	
	(mm)	(mm)	(m)	(m)	(kg)	(kg)	
1	HC 225.150.7.10	H 175.175.7,5.11	10.35	8.00	326.1	321.6	1295.4
2	WF 250.125.6.9	H 150.150.7.10	10.35	8.00	306.4	252.0	1116.9
3	WF 250.125.6.9	WF 300.150.6,5.9	10.35	8.00	306.4	293.6	1200.1
4	WF 250.125.6.9	H 175.175.7,5.11	10.35	8.00	306.4	321.6	1256.1

Tabel 8. Rangkuman Hasil Perhitungan Kekuatan Balok Bentang 20 m

Profil Baja	M_u (kN.m)	M_n (kN.m)	ϕM_n (kN.m)	V_u (kN)	V_u		ϕV_u Tump. (kN)	ϕV_u Lubang (kN)	M_n (kN.m)	ϕM_n (kN.m)	Kontrol Lentur	Kontrol Geser	Ket.
					Tump.	Lubang							
1	43.87	70.66	63.59	14.09	210.95	26.24	189.85	23.62	0.69	0.60	OK		
2	40.64	53.78	48.40	14.18	204.62	-	184.16	-	0.84	0.08	OK		
3	44.25	67.46	60.71	13.42	204.62	-	184.16	-	0.73	0.07	OK		
4	43.44	60.92	54.83	13.89	204.62	-	184.16	-	0.79	0.08	OK		

Sumber: Hasil Analisis, 2024

Tabel 9. Rangkuman Hasil Perhitungan Kekuatan Kolom Bentang 20 m

Profil Baja	P_r (kN)	P_n (kN)	$P_c = \phi P_n$ (kN)	M_r (kN.m)	M_n (kN.m)	ϕM_n (kN.m)	P_r / P_c	Kontrol Aksial - Lentur		Ket.
								< 1		
1	31.71	157.24	141.52	50.48	90.70	81.63	0.22	0.77	OK	
2	30.88	102.58	92.32	43.06	60.54	54.49	0.33	1.04	NOT OK	
3	31.16	62.53	56.28	57.22	94.13	84.72	0.55	1.15	NOT OK	
4	31.48	157.24	141.52	49.96	90.70	81.63	0.22	0.77	OK	

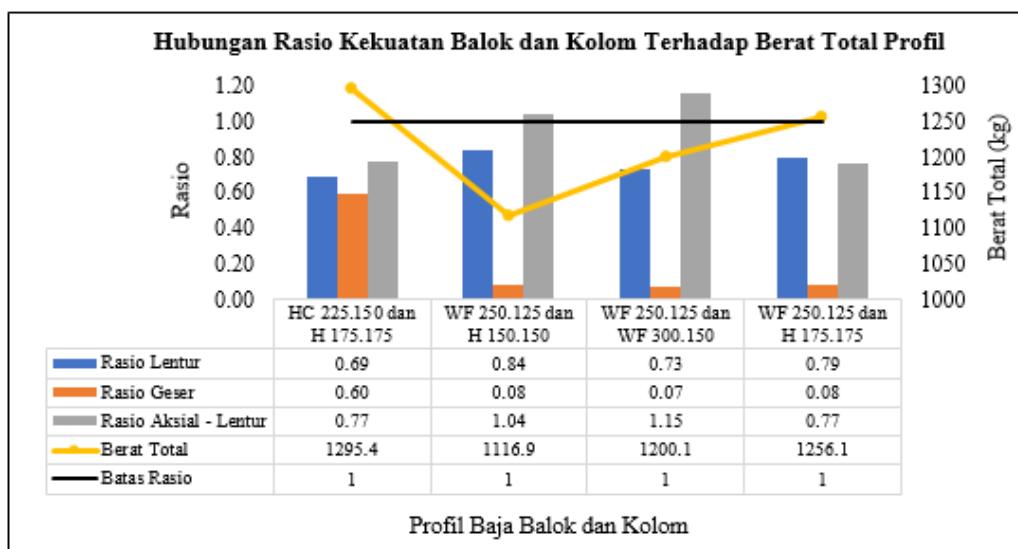
Sumber: Hasil Analisis, 2024

Dari hasil pada tabel di atas, dapat dilihat bahwa diantara beberapa ukuran profil baja yang dicoba untuk bentang 20 m, penampang balok dan kolom yang memenuhi syarat kekuatan adalah profil HC 225.150.7.10 dan H 175.175.7,5.11 dengan berat total untuk 1 portal sebesar 1295,4 kg serta WF 250.125.6.9 dan H 175.175.7,5.11 dengan berat total 1 portal sebesar 1256,1 kg.

3.4.2 Perhitungan Kekuatan Balok dan Kolom Portal Gable Bentang 30 m

Pada bentang 30 m digunakan beberapa ukuran profil baja seperti yang disajikan pada Tabel 10 sd. Tabel 12.

Dari hasil pada Tabel 10 sd. Tabel 12 dapat dilihat bahwa diantara beberapa ukuran profil baja yang dicoba untuk bentang 30 m, penampang balok dan kolom dengan profil HC 300.200.8.12 dan H 250.250.9.14 dengan berat total untuk 1 portal sebesar 2708.2 kg telah memenuhi syarat kekuatan. Sedangkan untuk penampang balok dan kolom WF 300.150.6,5.9 dan H 200.200.8.12 dengan berat total 1 portal sebesar 1558.3 kg tidak memenuhi syarat kekuatan, sehingga dicoba penampang balok dan kolom HC 450.150.6,5.9 dan H 200.200.8.12 dengan berat total untuk 1 portal tetap sama dan diperoleh hasil dari segi kekuatan telah memenuhi syarat.

**Gambar 5.** Grafik Hubungan Rasio Kekuatan Balok dan Kolom Terhadap Berat Total Profil Baja**Tabel 10.** Profil Baja untuk Bentang 30 m

No.	Profil Baja		Panjang Balok	Tinggi Kolom	Berat Profil Baja		Berat Total
	Balok	Kolom			Balok	Kolom	
	(mm)	(mm)	(m)	(m)	(kg)	(kg)	
1	HC 300.200.8.12	H 250.250.9.14	15.53	8.00	774.9	579.2	2708.2
2	WF 300.150.6.5.9	WF 350.175.7.11	15.53	8.00	379.9	396.8	1553.5
3	WF 300.150.6.5.9	H 200.200.8.12	15.53	8.00	379.9	399.2	1558.3
4	HC 450.150.6.5.9	H 200.200.8.12	15.53	8.00	379.9	399.2	1558.3

Tabel 11. Rangkuman Hasil Perhitungan Kekuatan Balok Bentang 30 m

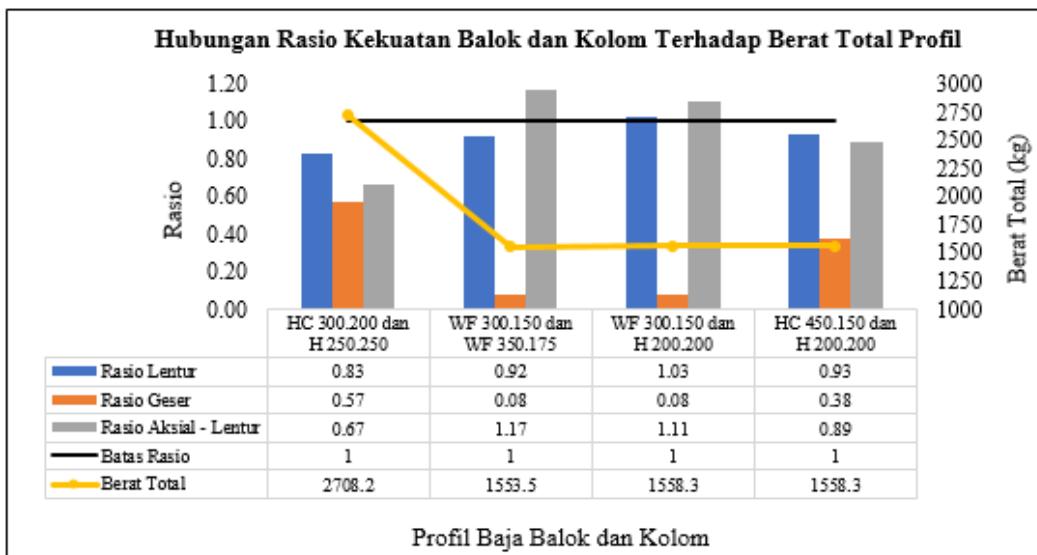
Profil Baja	M _u (kN.m)	M _n (kN.m)	φM _n (kN.m)	V _u (kN)	V _u		Kontrol Lentur < 1	Kontrol Geser < 1	Ket.
					Tump. (kN)	Lubang (kN)			
1	97.82	131.41	118.27	21.39	324.58	41.75	292.12	37.57	0.83 0.57 OK
2	87.89	106.04	95.44	18.91	269.45	-	242.51	-	0.92 0.08 OK
3	89.65	97.09	87.38	19.83	269.45	-	242.51	-	1.03 0.08 NOT OK
4	81.49	97.32	87.59	20.66	412.78	60.67	371.50	54.61	0.93 0.38 OK

Sumber: Hasil Analisis, 2024

Tabel 12. Rangkuman Hasil Perhitungan Kekuatan Kolom Bentang 30 m

Profil Baja	P _r (kN)	P _n (kN)	P _c = φP _n (kN)	M _r (kN.m)	M _n (kN.m)	φM _n (kN.m)	P _r / P _c	Kontrol Aksial - Lentur < 1	Ket.
1	51.98	489.23	440.30	128.97	236.25	212.63	0.12	0.67	OK
2	47.56	104.09	93.68	130.73	196.11	176.50	0.51	1.17	NOT OK
3	47.55	300.73	270.65	118.76	129.24	116.31	0.18	1.11	NOT OK
4	47.40	286.24	257.61	92.48	129.24	116.31	0.18	0.89	OK

Sumber: Hasil Analisis, 2024



Gambar 6. Grafik Hubungan Rasio Kekuatan Balok dan Kolom Terhadap Berat Total Profil Baja

3.4.3 Perhitungan Kekuatan Balok dan Kolom Portal Gable Bentang 40 m

Pada bentang 40 m digunakan beberapa ukuran profil baja seperti yang disajikan pada tabel berikut.

Tabel 13. Profil Baja untuk Bentang 40 m

No.	Profil Baja			Panjang Balok	Tinggi Kolom	Berat Profil Baja		Berat Total
	Balok		Kolom			Balok	Kolom	
	(mm)	(mm)	(m)	(m)	(kg)	(kg)	(kg)	
1	HC 600.200.8.13	H 250.250.9.14		20.71	8.00	1366.6	579.2	3891.5
2	WF 400.200.8.13	H 300.300.10.15		20.71	8.00	1366.6	752.0	4237.1
3	WF 400.200.8.14	WF 400.200.8.13		20.71	8.00	1366.6	528.0	3789.1
4	HC 600.200.8.13	WF 400.200.8.13		20.71	8.00	1366.6	528.0	3789.1

Tabel 14. Rangkuman Hasil Perhitungan Kekuatan Balok Bentang 40 m

Profil Baja	M_u (kN.m)	M_n (kN.m)	ϕM_n (kN.m)	V_u (kN)	V_u		ϕV_u		Kontrol Lentur	Kontrol Geser	Ket.
					Tump.	Lubang	Tump.	Lubang			
1	154.58	250.08	225.07	31.22	675.02	99.37	607.52	89.43	0.69	0.35	OK
2	168.82	273.93	246.54	28.97	439.82	-	395.84	-	0.68	0.07	OK
3	166.83	276.13	248.52	28.73	439.82	-	395.84	-	0.67	0.07	OK
4	165.56	298.77	268.89	30.00	675.02	99.37	607.52	89.43	0.62	0.34	OK

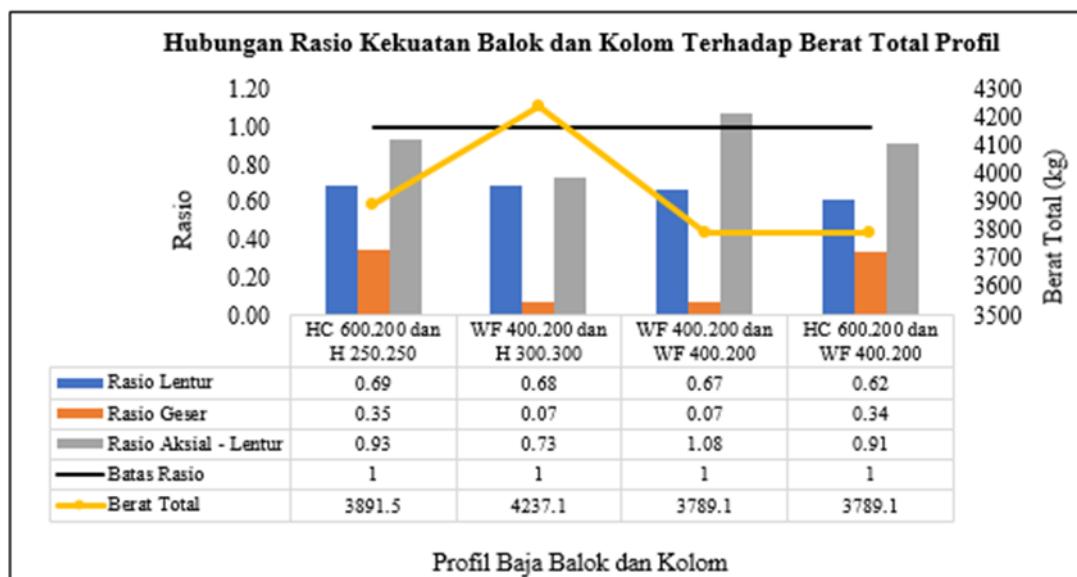
Sumber: Hasil Analisis, 2024

Tabel 15. Rangkuman Hasil Perhitungan Kekuatan Kolom Bentang 40 m

Profil Baja	P_r (kN)	P_n (kN)	$P_c = \phi P_n$ (kN)	M_r (kN.m)	M_n (kN.m)	ϕM_n (kN.m)	P_r / P_c	Kontrol Aksial - Lentur	Ket.
	< 1								
1	70.93	652.04	586.84	185.40	236.25	212.63	0.12	0.93	OK
2	73.15	834.38	750.94	226.09	369.24	332.32	0.10	0.73	OK
3	70.48	208.39	187.55	231.68	326.54	293.88	0.38	1.08	NOT OK
4	70.30	273.22	245.90	205.17	326.54	293.88	0.29	0.91	OK

Sumber: Hasil Analisis, 2024

Dari hasil pada tabel diatas, dapat dilihat bahwa diantara beberapa ukuran profil baja yang dicoba untuk bentang 40 m, penampang balok dan kolom yang memenuhi syarat kekuatan adalah profil HC 600.200.8.13 dan H 250.250.9.14 dengan berat total untuk 1 portal sebesar 3891.5 kg, WF 400.200.8.13 dan H 300.300.10.15 dengan berat total untuk 1 portal sebesar 4237.1 kg serta HC 600.200.8.13 dan WF 400.200.8.13 dengan berat total 1 portal sebesar 3789.1 kg.



Gambar 7. Grafik Hubungan Rasio Kekuatan Balok dan Kolom Terhadap Berat Total Profil Baja

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa yang sudah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan:

- Pada portal gable dengan bentang 20 m, penampang balok dan kolom yang optimal adalah WF 250.125.6.8 dan H 175.175.7,5.11 dengan berat total 1 portal 1256.1 kg serta rasio kuat lentur pada balok sebesar 0,79 dan rasio lentur-aksial pada kolom sebesar 0,77.
- Pada portal gable dengan bentang 30 m, penampang balok dan kolom yang optimal adalah HC 450.150.6,5.9 dan H 200.200.8.12 dengan berat total 1 portal 1558.3 kg serta rasio kuat lentur pada balok sebesar 0,93 dan rasio lentur-aksial pada kolom sebesar 0,89.
- Pada portal gable dengan bentang 40 m, penampang balok dan kolom yang optimal adalah HC 600.200.8.13 dan WF 400.200.8.13 dengan berat total 1 portal 3789.1 kg serta rasio kuat lentur pada balok sebesar 0,62 dan rasio lentur-aksial pada kolom sebesar 0,91.
- Variasi bentang mempengaruhi geometri dari portal *gable* yaitu terjadinya pertambahan panjang pada balok atau *rafter*. Hal ini membuat gaya-gaya dalam mengalami peningkatan pada bentang dengan ukuran yang lebih lebar sehingga diperlukan penampang yang lebih besar.

5. Saran

Adapun beberapa saran yang dapat diberikan untuk dikembangkan pada penelitian selanjutnya, yaitu:

- Dapat dilakukan peninjauan untuk semua beban-beban yang bekerja pada struktur
- Pemodelan portal gable bisa dilakukan dengan pemodelan tiga dimensi

Referensi

- Badan Standarisasi Nasional, 2020. *Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural, SNI 1729:2020*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, 2020. *Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung dan Struktural Lain, SNI 1727:2020*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, 2000. *Tata Cara Perencanaan Stuktur Baja untuk Bangunan Gedung SNI*

- 03-1729-2002. Bandung.
- Arifi, Eva. Desy Setyowulan. 2021. *Perencanaan Struktur Baja (Berdasarkan SNI 1729:2020)*. Malang.
- Setiawan, Agus. 2013. *Perencanaan Struktur Baja Metode LRFD*. Jakarta.
- Sanjaya, Dhani D. Ahmad Nafid. 2021. *Perencanaan Struktur Atap Gable Frame Menggunakan Profil Baja (WF) Pada Gudang Swalayan Di Semarang*.
- Ridwan, Muhamad. 2014. *Studi Analisis Perbandingan Antara Balok Baja Profil WF (Wide Flange) Dan Balok Castella Dengan Model Struktur Gable Frame*.
- Permana, M., Priskasari, E., & Erfan, M. 2019. *Analisa Portal Gable Frame Dengan Pemakaian Balok Castella Dibanding WF Untuk Bangunan Hanggar*. Jurnal Sondir, 1, 35
- Suhendi, C., Paikun., & Kamal, N. 2020. *Evaluasi Perencanaan Struktur Bangunan Pabrik Batu, Imitasi Menggunakan Struktur Balok Baja Kastela (Honeycomb)*. Jurnal Rekayasa Teknologi Nusa Putra, 6(2), 34