



Analisis Perbandingan Efisiensi Struktur Baja Wide Flange dengan Honeycomb pada Proyek Pembangunan Ballroom Whiz Trawas di Mojokerto

Kevin Gerald Palese¹, Muhammad Shofwan Donny Cahyono², Reynaldo Pratama Intan³

¹Teknik Sipil, Universitas Widya Kartika, Surabaya, Indonesia, Email: kevinpalese@gmail.com

²Teknik Sipil, Universitas Widya Kartika, Surabaya, Indonesia, Email: shofwandonny@widyakartika.ac.id

³Teknik Sipil, Universitas Widya Kartika, Surabaya, Indonesia, Email: reynaldo@widyakartika.ac.id

STATUS ARTIKEL

Dikirim 19 September 2025

Direvisi 24 Oktober 2025

Diterima 21 November 2025

Kata Kunci:

Efisiensi Struktur, Honeycomb, SAP2000, Struktur Baja.

ABSTRAK

Perkembangan konstruksi bangunan bentang lebar menuntut penggunaan elemen struktur yang efisien dari segi kekuatan, berat, dan biaya. Penelitian ini membandingkan efisiensi struktur baja profil Wide Flange (WF) dan Honeycomb pada proyek pembangunan Ballroom Whiz Trawas, Mojokerto, dengan fokus pada kekuatan lentur, berat total, dan biaya material. Metode yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif melalui pemodelan struktur menggunakan perangkat lunak SAP2000 dan perhitungan manual berdasarkan standar SNI 1729:2020 dan ASCE 7. Hasil penelitian menunjukkan bahwa profil Honeycomb mampu mengurangi berat struktur tanpa mengorbankan kekuatan lentur secara signifikan. Namun, dari segi kapasitas lentur dan kemudahan pemasangan, profil WF tetap unggul. Evaluasi efisiensi biaya menunjukkan bahwa Honeycomb lebih ekonomis dalam kondisi tertentu. Penelitian ini memberikan masukan praktis bagi perencanaan dan pelaksanaan konstruksi dalam memilih profil baja yang optimal untuk struktur bentang lebar.

1. PENDAHULUAN

Dalam dunia konstruksi modern, struktur baja telah menjadi pilihan utama dalam pembangunan gedung bertingkat dan bentang lebar karena memiliki keunggulan dalam hal kekuatan, fleksibilitas desain, dan kecepatan pelaksanaan. Salah satu bentuk profil baja yang umum digunakan adalah Wide Flange, yang dikenal karena kemampuannya menahan beban vertikal dan lateral secara efisien. Namun, seiring dengan perkembangan teknologi dan kebutuhan efisiensi material, muncul inovasi dalam bentuk profil alternatif seperti profil Honeycomb. Profil ini memiliki lubang-lubang berbentuk heksagonal pada badan balok yang bertujuan untuk mengurangi berat sendiri struktur tanpa mengurangi kekuatan secara signifikan.

Efisiensi struktur menjadi pertimbangan penting dalam perencanaan bangunan, terutama pada proyek dengan bentang panjang seperti ballroom. Efisiensi dapat dilihat dari beberapa aspek, di antaranya adalah berat total material yang digunakan, nilai lendutan yang terjadi, serta tegangan maksimum pada elemen struktur. Penggunaan profil Honeycomb diperkirakan mampu memberikan keunggulan dari segi penghematan material dan biaya, namun perlu ditinjau lebih lanjut apakah lendutan dan tegangan yang dihasilkan masih berada dalam batas aman sesuai standar yang berlaku, seperti SNI 1729:2020 dan SNI 2847:2019.

Proyek pembangunan Ballroom Whiz Trawas di Mojokerto menjadi studi kasus yang relevan untuk menilai performa dari kedua jenis profil baja tersebut. Ballroom yang memiliki bentang besar membutuhkan struktur yang ringan namun kuat untuk menunjang efisiensi teknis dan ekonomis. Oleh karena itu, dilakukan studi komparatif terhadap penggunaan profil Wide

Flange dan Honeycomb dengan metode analisis numerik menggunakan perangkat lunak SAP2000. Tujuannya adalah untuk menilai sejauh mana efisiensi dapat dicapai tanpa mengorbankan aspek keamanan dan kenyamanan struktur.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata terhadap dunia teknik sipil, khususnya dalam hal pemilihan jenis profil baja yang tepat dan efisien untuk struktur bentang lebar. Selain itu, hasil penelitian ini dapat menjadi referensi bagi para perencana, pelaksana, maupun akademisi dalam mengevaluasi alternatif solusi desain struktur baja yang lebih ekonomis dan tetap memenuhi kriteria teknis sesuai standar nasional yang berlaku.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode analisis komparatif terhadap dua variasi profil baja, yaitu *Wide Flange* dan *Honeycomb*, yang diterapkan pada struktur atap *ballroom* Whiz Trawas di Mojokerto. Tujuan utama adalah membandingkan efisiensi dari kedua profil berdasarkan parameter struktural serta ekonomis.

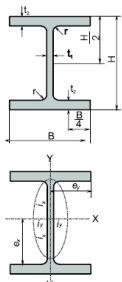
Model struktur dianalisis dengan menggunakan perangkat lunak SAP2000 dengan konfigurasi dan beban yang identik untuk kedua jenis profil. Tiga parameter utama yang dianalisis dalam penelitian ini sesuai rumusan masalah adalah:

1. Perbandingan momen lentur yang terjadi pada masing-masing profil
2. Pengaruh berat struktur baja terhadap efisiensi keseluruhan struktur rafter
3. Efisiensi biaya konstruksi antara profil *Wide Flange* dan *Honeycomb*

Pedoman yang digunakan dalam penelitian ini untuk menentukan ukuran kedua profil tersebut merupakan tabel baja dari PT. Gunung Garuda. Tabel tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.1.

WIDE FLANGE (IWF)

Metric Size | JIS 3192

STANDARD SECTIONAL DIMENSIONS					SECTION AREA	UNIT WEIGHT		INFORMATIVE REFERENCE						REMARKS
								GEOMETRICAL MOMENT OF INERTIA		RADIUS OF GYRATION OF AREA		MODULUS OF SECTION		
Nominal Dimensional	H x B	t1	t2	r	A			Ix	Iy	Ix	Iy	Zy	Zy	
mm	mm x mm	mm	mm	mm	cm ²	Kg/m	Kg/12m	cm ⁴	cm ⁴	cm	cm	cm ³	cm ³	
150 x 75	150 x 75	5	7	8	17.85	14.00	168	666	49.5	6.11	1.66	88.8	13.2	
150 x 100	148 x 100	6	9	11	26.84	21.10	253.2	1 020	151	6.17	2.37	138	30.1	
200 x 100	198 x 99	4.5	7	11	23.18	18.20	218.4	1 580	114	8.26	2.21	160	23.0	
	200 x 100	5.5	8	11	27.16	21.30	255.6	1 840	134	8.24	2.22	184	26.8	
200 x 150	194 x 150	6	9	12	38.80	30.60	367.2	2 675	507	8.30	3.60	275.8	67.6	
250 x 125	248 x 124	5	8	12	32.68	25.70	308.4	3 540	255	10.4	2.79	285	41.1	
	250 x 125	6	9	12	37.66	29.60	355.2	4 050	294	10.4	2.79	324	47.0	
300 x 150	298 x 149	5.5	8	13	40.80	32.0	384	6 320	442	12.4	3.29	424	59.3	
	300 x 150	6.5	9	13	46.78	36.70	440.4	7 210	508	12.4	3.29	481	67.7	
350 x 175	346 x 174	6	9	14	52.68	41.40	468.8	11 100	792	14.5	3.88	641	91.0	
	350 x 175	7	11	14	63.14	49.60	595.2	13 600	984	14.7	3.95	775	112	
400 x 200	396 x 199	7	11	16	72.16	56.60	679.2	20 000	1 450	16.7	4.48	1 010	145	
	400 x 200	8	13	16	84.1	66.0	792	23 700	1 740	16.8	4.54	1 190	174	
450 x 200	450 x 200	9	14	18	96.8	76.0	912	33 500	1 870	18.6	4.40	1 490	187	
500 x 200	500 x 200	10	16	20	114.2	89.6	1075.2	47 800	2 140	20.5	4.43	1 910	214	
600 x 200	600 x 200	11	17	22	134.4	106	1272	77 600	2 280	24.0	4.12	2 590	228	

NOTE : Non standard sizes are available upon request and subject to minimum quantity

(a)

CASTELLATED BEAM : HONEY COMB

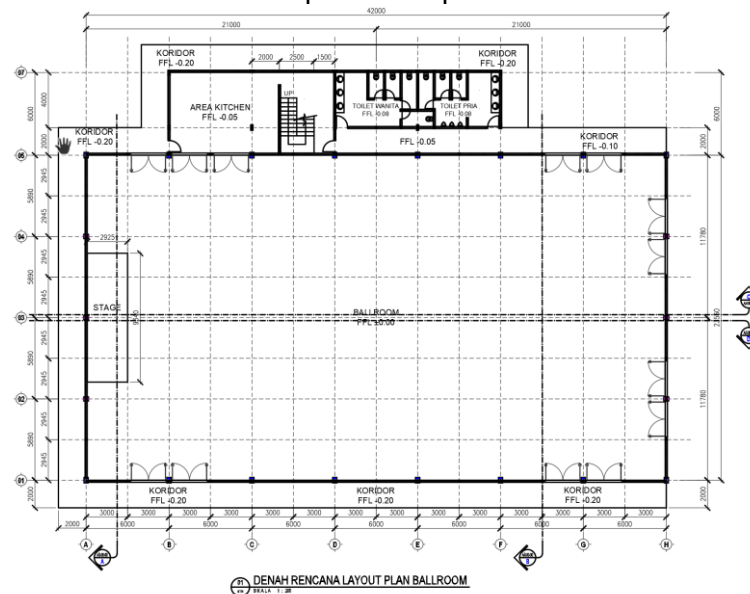
Metric Size | JIS 3192

Sectional Index		Weight	Depth of Section		Width of Section	Thickness		Corner Radius	Depth of Castellated Hole	Depth of Castellated Tee	Depth Between Flanges	Section Area		Moment of Inertia		Radius of Gyration		Modulus of Section		
Original	Castellated		Original	Castellated		Web	Flange					Max	Min	I_x	I_y	r_x	r_y	Z_x	Z_y	
			H	DC		B	t_1													t_2
mm	mm	Kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	cm ²	cm ⁴	cm ⁴	cm	cm	cm ³	cm ³
100 x 100	150 x 100	17.2	100	150	100	6	8	10	105	22.5	134	24.9	18.57	905.3	134	7	2.7	120.7	26.8	
150 x 75	225 x 75	14	150	225	75	5	7	8	154	35.5	211	21.6	13.85	1579.7	49.5	10.7	1.9	140.4	13.2	
150 x 150	225 x 150	31.5	150	225	150	7	10	11	154	35.5	205	45.39	34.54	3889.6	563	10.6	4	345.7	75.1	
200 x 100	300 x 100	21.3	200	300	100	5.5	8	11	205	47.5	284	32.66	21.36	4306.8	134	14.2	2.5	287.1	26.8	
200 x 100	297 x 99	18.2	198	297	99	4.5	7	11	202	47.5	283	27.64	18.5	3643.9	114	14	2.5	245.4	23	
200 x 200	300 x 200	49.9	200	300	200	8	12	13	205	47.5	276	71.53	55.09	11139	1600.1	14.2	5.4	742.6	160	
250 x 125	375 x 125	29.6	250	375	125	6	9	12	254	60.5	357	45.16	29.86	9491.5	294.1	17.8	3.1	506.2	47	
250 x 125	372 x 124	25.7	248	372	124	5	8	12	253	59.5	356	39.88	26.21	8189.6	255	17.7	3.1	440.3	41.1	
250 x 250	375 x 250	72.4	250	375	250	9	14	16	254	60.5	347	103.43	80.48	25477.5	3650.2	17.8	6.7	1358.8	292	
300 x 150	450 x 150	36.7	300	450	150	6.5	9	13	305	72.5	432	56.53	36.67	16895.1	508.1	21.5	3.7	750.9	67.7	
300 x 150	447 x 149	32	298	447	149	5.5	8	13	302	72.5	431	49	32.33	14664	442	21.3	3.7	656.1	59.3	
300 x 300	450 x 300	94	300	450	300	10	15	18	305	72.5	420	134.8	104.25	47854.8	6750.3	21.4	8	2126.9	450	
350 x 175	525 x 175	49.6	350	525	175	7	11	14	354	85.5	503	75.39	50.54	31847.5	984.1	25.1	4.4	1213.2	112.5	
350 x 175	519 x 174	41.4	346	519	174	6	9	14	350	84.5	501	63.06	42	25819.2	792.1	24.8	4.3	995	91	
350 x 350	525 x 350	137	350	525	350	12	19	20	354	85.5	487	194.9	152.3	95013.1	13600.6	25	9.4	3619.5	777.2	
400 x 200	600 x 200	66	400	600	200	8	13	16	405	97.5	574	100.12	67.68	55683.6	1740.2	28.7	5.1	1856.1	174	
400 x 200	594 x 199	56.6	396	594	199	7	11	16	401	96.5	572	86.02	57.2	46656.1	1450.1	28.4	5	1570.9	145.7	
450 x 200	675 x 200	76	450	675	200	9	14	18	454	110.5	647	117.01	76.06	78747.4	1870.3	32.2	5	2333.3	187	
500 x 200	750 x 200	89.6	500	750	200	10	16	20	505	122.5	718	139.2	88.65	122855.7	2140.5	35.7	4.9	3009.5	214	
600 x 200	900 x 200	106	600	900	200	11	17	22	605	147.5	866	167.4	100.8	184103	2280.8	42.7	4.8	4091.2	228.1	
588 x 300	882 x 300	151	588	882	300	12	20	28	593	144.5	842	227.78	156.56	274532.9	9021	41.9	7.6	6225.2	601.4	
400 x 400	600 x 400	172	400	600	400	13	21	22	405	97.5	558	244.7	191.99	156913.2	22400.8	28.6	10.8	5230.4	1120	
700 x 300	1050 x 300	185	700	1050	300	13	24	28	705	172.5	1002	281	189.29	473222.7	10801.5	50	7.6	9013.8	720.1	
800 x 300	1200 x 300	210	800	1200	300	14	26	28	805	197.5	1148	323.4	210.63	690341.9	11702.2	57.2	7.5	11505.7	780.1	

NOTE : Non standard sizes are available upon request and subject to minimum quantity

(b)
Gambar 2.1 (a) Tabel Baja Wide Flange (b) Tabel Baja Honeycomb

Data proyek yang digunakan merupakan data rencana pembangunan *Ballroom Whiz Trawas* dari PT.Duta Bangun Cipta yang terdiri dari gambar kerja serta beban rencana yang ditanggung bangunan. Denah tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Gambar Denah

Berikut merupakan rencana beban yang didapatkan dari PT. Duta Bangun Cipta:

1. Beban atap UPVC : 5 kg/m²
2. Beban hujan : 28 kg/m²
3. Beban mati bangunan

4. Beban angin : Hitung berdasarkan PPIUG 1987

Untuk jenis profil baja yang digunakan dalam perbandingan pada bagian rafter dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 2.1 Tabel Profil Baja

No	Elemen Struktur	Profil Wide Flange (mm)	Honeycomb
1	Rafter	WF 350x175x7x11	HC 375x125x6x9 (1.3m)
2	Rafter	WF 400x200x8x13	HC 375x125x6x9 (1.3m)
3	Rafter	WF 450x200x9x14	HC 450x150x6.5x9 (1m)

Untuk perhitungan biaya dilakukan berdasarkan total kebutuhan material untuk masing-masing profil serta harga satuan baja konstruksi. Dengan menggunakan parameter-parameter ini, dilakukan evaluasi efisiensi secara struktural dan ekonomis.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini membandingkan dua jenis profil baja, yaitu *Wide Flange* (WF) dan *Honeycomb* (HC), dari segi performa struktur dan efisiensi biaya. Analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak SAP2000 dengan model dan beban yang identik. Tiga aspek utama dianalisis: momen lentur, berat struktur, dan biaya total. Hasilnya dijelaskan sebagai berikut:

Perbandingan Momen Lentur

Tabel 3.1 Recap data Wide Flange dan Honeycomb

Jenis Profil Baja	Vu (kN)	Mu (kNm)	ϕV_n (kN)	ϕM_n (kNm)	Rasio $Mu/\phi M_n$	Rasio $Vu/\phi V_n$	Lendutan (mm)
WF 350x175x7x11	37.036	125.795	330.75	189.191	0.665	0.112	31.87
Honeycomb 375x125x6x9 (1.3 m)	30.32	78.168	43.43	111.68	0.7	0.698	30.86
WF 400x200x8x13	39.439	118.96	432	289.339	0.411	0.091	26.26
Honeycomb 375x125x6x9 (2 m)	29.22	55.15	43.43	111.68	0.493	0.673	30.86
WF 450x200x9x14	40.958	111.513	546.75	364.835	0.306	0.075	23.64
Honeycomb 450x150x6.5x9	34.21	78.63	56.3	164.93	0.477	0.607	17.38

Kriteria *serviceability* dievaluasi berdasarkan batas lendutan maksimum yang diizinkan untuk balok baja bentang panjang, yaitu $L/240$ sesuai SNI 1729:2020.

Berdasarkan Tabel 3.1, terlihat bahwa rasio momen lentur terhadap kapasitas momen nominal terfaktor ($M_u/\phi M_n$) untuk seluruh profil berada di bawah angka 1, yang berarti seluruh profil aman digunakan secara struktural. Profil Honeycomb umumnya memiliki rasio $M_u/\phi M_n$ yang lebih tinggi dibandingkan Wide Flange, menunjukkan bahwa profil ini bekerja lebih mendekati kapasitas maksimumnya. Sebaliknya, profil Wide Flange memiliki rasio yang lebih rendah, yang mencerminkan kekakuan dan cadangan kekuatan struktur yang lebih besar.

Dari sisi gaya geser, profil Honeycomb menunjukkan rasio $V_u/\phi V_n$ yang jauh lebih tinggi daripada Wide Flange. Hal ini disebabkan oleh perforasi pada badan balok Honeycomb yang mengurangi kapasitas gesernya. Meski begitu, semua nilai rasio $V_u/\phi V_n$ masih berada dalam batas aman menurut SNI. Lendutan tertinggi terjadi pada profil WF 350x175x7x11 sebesar 31.87 mm, sementara lendutan terkecil terjadi pada Honeycomb 450x150x6.5x9 sebesar 17.38 mm. Seluruh profil, baik WF maupun Honeycomb, memiliki nilai lendutan yang masih sesuai dengan batas izin lendutan pada struktur bentang panjang.

Perbandingan Berat Struktur

Tabel 3.2 Tabel berat profil baja

No.	Jenis Profil	Berat	
		Kg/m	Kg/12m
1	WF 350x175x7x11	49.6	595.2
2	WF 400x200x8x13	66	792
3	WF 450x200x9x14	76	912
4	Honeycomb 375x125x6x9	29.6	355.2
5	Honeycomb 450x150x6.5x9	36.7	440.4

Tabel 3.2 menunjukkan perbandingan berat antara profil Wide Flange (WF) dan Honeycomb. Terlihat bahwa profil Honeycomb memiliki berat yang secara signifikan lebih ringan dibandingkan profil WF dengan dimensi yang setara. Misalnya, WF 450x200x9x14 memiliki berat 912 kg/12 m, sedangkan Honeycomb 450x150x6.5x9 hanya seberat 440.4 kg/12 m, yang berarti terjadi pengurangan berat hampir 50%. Hal yang sama juga terlihat pada profil ukuran sedang, seperti WF 400x200x8x13 yang memiliki berat 792 kg/12 m, jauh lebih berat dari Honeycomb 375x125x6x9 yang hanya 355.2 kg/12 m. Efisiensi berat ini menjadi keunggulan utama Honeycomb dalam hal penghematan beban mati struktur, yang pada akhirnya berdampak pada pengurangan ukuran pondasi dan total biaya konstruksi secara keseluruhan.

Perbandingan Biaya

Tabel 3.3 Harga pemasangan 1 Kilogram WF

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	Tenaga Kerja				
1	Pekerja	OH	0.06	95,000.00	5,700.00
2	Tukang Las	OH	0.06	115,000.00	6,900.00
3	Kepala Tukang	OH	0.006	125,000.00	750.00
4	Mandor	OH	0.003	135,000.00	405.00
Jumlah Harga Tenaga Kerja					13,755.00
B	Bahan				
1	Besi WF	Kg	1.15	18,435.00	21,200.25
Jumlah Harga Bahan					21,200.25
C	Peralatan				
1	Alat Fabrikasi & erection	Kg	0.05	5,500.00	275.00
Jumlah Harga Alat					275.00
D	Jumlah				35,230.25
E	Overhead & Profit				1,056.91
F	Harga Satuan Pekerja				36,287.16

Tabel 3.4 Harga pemasangan 1 Kilogram *Honeycomb*

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	Tenaga Kerja				
1	Pekerja	OH	0.06	95,000.00	5,700.00
2	Tukang Las	OH	0.06	115,000.00	6,900.00
3	Kepala Tukang	OH	0.006	125,000.00	750.00
4	Mandor	OH	0.003	135,000.00	405.00
Jumlah Harga Tenaga Kerja					13,755.00
B	Bahan				
1	Besi WF	Kg	1.15	18,435.00	21,200.25
Jumlah Harga Bahan					21,200.25
C	Peralatan				
1	Alat Fabrikasi & erection	Kg	0.05	8,500.00	425.00
Jumlah Harga Alat					425.00
D	Jumlah				35,380.25
E	Overhead & Profit				1,061.41
F	Harga Satuan Pekerja				36,441.66

Pada tabel 3.3 dan 3.4 menunjukkan perhitungan harga pemasangan 1 kilogram baja untuk kedua jenis profil, yaitu *Wide Flange* dan *Honeycomb*. Secara keseluruhan, profil *Honeycomb* memiliki harga satuan pemasangan sedikit lebih tinggi, yaitu Rp 36.441,66/kg, dibandingkan dengan *Wide Flange* sebesar Rp 36.287,16/kg. Perbedaan ini terutama disebabkan oleh biaya alat fabrikasi dan erection, di mana *Honeycomb* memerlukan biaya sebesar Rp 425,00/kg, lebih tinggi dari WF yang hanya Rp 275,00/kg. Hal ini wajar karena profil *Honeycomb* memerlukan proses fabrikasi tambahan berupa pemotongan dan penyambungan pelat sehingga memerlukan alat dan waktu kerja lebih kompleks.

Namun, meskipun harga satuan per kilogram *Honeycomb* sedikit lebih mahal, profil ini memiliki berat yang lebih ringan sebagaimana dijelaskan sebelumnya. Dengan demikian biaya total pemasangan struktur *Honeycomb* tetap bisa lebih ekonomis secara keseluruhan, karena volume material yang dibutuhkan lebih sedikit. Ini menunjukkan bahwa efisiensi struktur tidak hanya ditentukan oleh harga per kilogram, tetapi juga oleh total berat dan kebutuhan volume material pada proyek yang bersangkutan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, kedua jenis profil baja, yaitu Wide Flange (WF) dan Honeycomb (HC), dinyatakan layak digunakan secara struktural karena memenuhi batas aman berdasarkan standar SNI 1729:2020 dan ASCE 7. Profil WF menunjukkan kinerja yang lebih baik dalam hal kekakuan dan kapasitas lentur, dengan nilai rasio $M_u/\phi M_n$ dan $V_u/\phi V_n$ yang lebih rendah dibandingkan Honeycomb. Hal ini mencerminkan adanya cadangan kekuatan yang lebih besar, serta kemudahan dalam pemasangan di lapangan.

Sementara itu, profil Honeycomb memberikan keunggulan signifikan dalam hal pengurangan berat struktur. Bobot yang lebih ringan mencapai hampir 50% dibandingkan profil WF, yang berdampak pada efisiensi beban mati, penghematan volume material, dan potensi pengurangan dimensi fondasi. Meskipun biaya pemasangan per kilogram Honeycomb sedikit lebih tinggi, total biaya konstruksinya cenderung lebih ekonomis karena volume material yang lebih kecil.

Dengan demikian, pemilihan antara profil WF dan HC sangat bergantung pada kebutuhan desain struktur. Jika kekuatan lentur dan kekakuan menjadi prioritas utama, maka profil WF lebih sesuai. Namun, jika efisiensi berat dan biaya menjadi pertimbangan utama, maka profil Honeycomb dapat menjadi pilihan yang lebih optimal. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan bagi praktisi dan akademisi dalam merancang struktur baja bentang lebar secara efisien dan ekonomis.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan selesainya karya ilmiah ini, penulis ber terimakasih atas dukungan dari pihak-pihak yang sudah membantu penulisan dan penelitian karya tulis ilmiah ini. Maka izinkan penulis menyampaikan terimakasih ini kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa atas berkat-Nya yang telah penulis terima selama penulisan karya tulis ilmiah ini.
2. Bapak Muhammad Shofwan Donny Cahyono, S.ST.,M.T. Ketua Program Studi Teknik Sipil S1, Universitas Widya Kartika serta Dosen Pembimbing 1.
3. Bapak Ir. Reynaldo Pratama Intan, S.T. M.SC. Selaku Dosen Pembimbing 2.
4. Seluruh dosen pengajar di Jurusan Teknik Sipil Universitas Widya Kartika.
5. Orang tua dan keluarga yang sudah mendukung dan rela berkorban banyak untuk terselesaikannya karya tulis ilmiah ini.
6. PT. Duta Bangun Cipta atas kesempatan dan data yang diberikan selama proses penelitian ini.
7. Pihak-pihak yang telah membantu namun tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

6. DAFTAR PUSTAKA

American Society of Civil Engineers (ASCE). (2016). *Minimum Design Loads and Associated*
Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI 2847:2019 – Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung*. Jakarta: BSN.

Badan Standardisasi Nasional. (2020). *SNI 1729:2020 – Spesifikasi untuk bangunan gedung*

- baja struktural*. Jakarta: BSN.
- Computers and Structures Inc. (2020). *SAP2000 integrated software for structural analysis and design* (v22) [Software]. Berkeley, CA: Computers and Structures Inc.
- Duta Bangun Cipta. (2024). *Dokumen perencanaan dan gambar kerja proyek Ballroom Whiz Trawas*. Surabaya: PT Duta Bangun Cipta.
- Gunung Garuda. (2020). *Tabel profil baja WF dan honeycomb*. Jakarta: PT Gunung Garuda.
- Julius, R. G. (2024). *Analisis perbandingan efisiensi struktur menggunakan baja wide flange dengan baja castellated pada pembangunan gedung baja di gedung industri PT XYZ*.
- Kim, Y. J., Park, H. S., & Lee, D. H. (2021). Structural performance of steel honeycomb beams with circular openings. *Journal of Constructional Steel Research*, 180, 106583. <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2021.106583>
- Mulyono, T. (2004). *Teknologi struktur baja dalam pembangunan gedung*. Yogyakarta: Andi.
- Rarasati, F. A. (2021). *Analisis efisiensi profil baja WF dengan profil honeycomb pada perencanaan balok terhadap beban maksimum*. [Skripsi, Universitas Negeri Semarang].