

Analisis Struktur Kolom dan Balok Baja Ditinjau dari Kekuatan dan Estimasi Biaya Konstruksi pada Proyek Pembangunan Gudang Baja di Gedangan Industrial Park

Randy Benjamin Oeij^{1,*}, Muhammad Shofwan Donny Cahyono¹, Norman Ray¹

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Widya Kartika

Email: Oeijrandy@gmail.com

Abstrak. Struktur Baja merupakan struktur yang terbentuk dari komponen-komponen baja struktural yang dirakit sehingga mampu menahan beban sesuai keinginan. Salah satu konstruksi yang menggunakan struktur baja adalah Gudang Baja. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan efisiensi dari tipe-tipe baja yang bisa digunakan dalam pembangunan gudang baja dalam segi pembebanan aksial dan estimasi biaya konstruksi. Penelitian ini menggunakan data pembangunan gudang baja milik PT. Gozco Land sebagai objek penelitian. Penelitian menggunakan metode kuantitatif, dengan data yang didapatkan melalui metode observasi dan studi literatur. Yang menjadi objek dalam penelitian ini adalah profil baja kolom dan balok baja yang digunakan untuk pembangunan baja. Hasil analisis efisiensi yang dilakukan menunjukkan bahwa profil baja Wide Flange kolom yang paling efisien dalam segi beban aksial dan estimasi biaya adalah WF150x150 dengan faktor keamanan terbesar dari ETABS adalah 0.655, dan penghematan biaya sebesar Rp.125,889,079.75 dari rencana awal. Profil baja CNP balok yang paling efisien dalam segi beban aksial dan estimasi biaya adalah CNP100x50 dengan faktor keamanan terbesar dari ETABS adalah 0.661, dan penghematan biaya sebesar Rp.16,212,571.20 dari rencana awal. Total selisih jika menggunakan WF150x150 dan CNP100x50 adalah sebesar Rp.142,101,650.95.

Kata Kunci : beban aksial, efisiensi, estimasi biaya, etabs

Abstrack. *Steel Structure is a framework formed from structural steel components assembled to withstand loads as desired. One type of construction that utilizes steel structures is a Steel Warehouse. This research aims to compare the efficiency of various types of steel in the construction of a steel warehouse in terms of axial loading and construction cost. This research used data from the construction of a steel warehouse owned by PT. Gozco Land as the research object. The study used a quantitative method, with data obtained through observation and literature studies. The objects of this study were the steel profiles of columns and beams used for steel construction. The results of the efficiency analysis showed that the most efficient Wide Flange column steel profile in terms of axial loading and construction cost estimate was WF150x150 with the largest safety factor from ETABS being 0.655, and a cost savings of Rp.125,889,079.75 from the initial plan. The most efficient CNP beam steel profile in terms of axial loading and construction cost estimate was CNP100x50 with the largest safety factor from ETABS of 0.661, and a cost saving of Rp.16,212,571.20 from the initial plan. The total difference when using WF150x150 and CNP100x50 is Rp.142,101,650.95 from the initial plan.*

Keyword : axial load, efficiency, cost estimation, etabs

1. Pendahuluan

Baja merupakan campuran dari unsur besi dan karbon yang membuat kekuatan, ketahanan, dan kekakuan baja lebih meningkat dari pada besi biasa sehingga membuat baja sering digunakan dalam konstruksi struktur bangunan. Baja sering digunakan sebagai tulangan untuk struktur beton bertulang dan alternatif pengganti beton bertulang yang dikenal sebagai struktur baja dalam sebuah bangunan. Penggunaan struktur baja pada mulanya sebagai konstruksi utama jembatan Eads di St. Louis, Missouri, yang dimulai pembangunannya pada tahun 1868 dan selesai pada tahun 1874. Kemudian pada tahun 1884 diikuti pembangunan gedung Home Insurance Company Building di Chicago yang bertingkat sepuluh menggunakan struktur baja. Pertumbuhan pembangunan baja yang sangat cepat di Chicago disebabkan oleh posisi kota itu sebagai pusat komersial ekspansi ekonomi. Ekspansi yang cepat ini menyebabkan bertambahnya kebutuhan akan gedung komersial.

Salah satu konstruksi yang menggunakan struktur baja adalah gudang. Gudang merupakan tempat penyimpanan barang produksi, proses penanganan barang mulai dari penerimaan barang dan pencatatan, penyimpanan, pemilihan, pelabelan, sampai dengan proses pengiriman barang. Gudang memiliki fungsi seperti Receiving, Storage, dan Information Transfer. Fungsi Receiving adalah proses penerimaan material, baik material lokal maupun impor. Sedangkan fungsi lainnya adalah sebagai tempat penyimpanan dan pertukaran informasi mengenai barang.

Pergudangan di Indonesia berkembang pesat dengan hadirnya pergudangan modern. Pergudangan juga sangat berguna bagi pelaku bisnis, seperti produsen barang, eksportir dan importir untuk memperlancar siklus jual beli barang. Di Jawa Timur, Sidoarjo menjadi salah satu kabupaten yang memiliki jumlah pabrik yang banyak sehingga terjadi peningkatan permintaan pasar untuk penyediaan gudang di Sidoarjo.

Melihat permintaan pasar akan ketersediaan gudang yang tinggi, PT. Surya Intrindo Makmur Tbk atau Gozco akhirnya meluncurkan kompleks pergudangan di Gedangan, Sidoarjo yang bernama Gedangan Industrial Park. Spesifikasi dan modifikasi gudang baja dibuat modern sesuai perkembangan zaman. Pembangunan gudang di Gedangan Industrial Park menggunakan struktur baja.

Penulis melakukan penelitian dengan menganalisis kolom dan balok pada struktur baja ditinjau dari kekuatan serta estimasi biaya konstruksi. Tujuan analisis tersebut adalah untuk mengetahui beban aksial dan kekuatan kolom dan balok yang diterima. Dalam menganalisis kekuatan serta estimasi biaya konstruksi menggunakan software ETABS 2019 dan Harga Satuan Pekerjaan Konstruksi Jawa Timur Tahun 2022.

2. Metode Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan menggunakan desain Gudang Baja di Pergudangan Gedangan Industrial Park Blok BI dan BH milik PT. Gozco Land di Gedangan, Sidoarjo, Jawa Timur. Analisis dilakukan dengan cara memodelkan struktur gudang baja menurut desain rencana pembangunan gudang dari PT. Gozco Land menggunakan program ETABS 2019. Terdapat 5 pasang gudang baja yang dimodelkan di ETABS 2019 tetapi hanya 3 pasang gudang baja yang berada di tengah yang dianalisa untuk mendapatkan perhitungan beban aksial efektif dari kolom baja dan balok baja yang digunakan secara akurat sesuai dengan kondisi lapangan serta mengetahui tingkat keamanan struktur menggunakan fitur Design Check yang sudah disediakan oleh program ETABS 2019. Selanjutnya dilakukan perhitungan estimasi biaya yang dikeluarkan untuk pemasangan profil baja bagian kolom dan balok menggunakan Harga Satuan Pekerjaan Konstruksi Jawa Timur Tahun 2022. Setelah data beban aksial dan estimasi biaya rencana pembangunan gudang didapatkan, dilakukan pengkajian struktur kolom baja dan balok baja menggunakan pertimbangan-pertimbangan alternatif kolom baja dan balok baja yang sudah disiapkan yang kemudian akan ditentukan alternatif kolom baja dan balok baja mana yang paling efisien digunakan dalam segi pembebanan aksial serta dalam estimasi biaya pemasangan profil baja. Data-data rencana pembangunan gudang yang didapat dan digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada data berikut ini:

- a). Panjang Gudang
 - 1) BI = 28 Meter
 - 2) BH = 25 Meter
 - 3) Total = 51 Meter
- b). Lebar Gudang = 12 Meter
- c). Tinggi Gudang = 8,8 Meter
- d). Kolom Baja
 - 1) K1 = WF250x150
 - 2) K2 = WF200x100
 - 3) K3 = WF250x150
 - 4) K4 = WF248x124
 - 5) K7 = WF250x150
- e). Balok Baja = 2 x CNP150x50x3,2
- f). Kombinasi Pembebanan
 - 1) 1,4D
 - 2) 1,2D + 1,6L + 0,5 (La atau H)
 - 3) 1,2D + 1,6(La atau H) + (γ L.L atau 0,8 W)
 - 4) 1,2D + 1,3W + γ L.L + 0,5(La atau H)
 - 5) 1,2D \pm 1,0E + γ L.L
 - 6) 0,9D \pm (1,3W atau 1,0E)
- g). Rencana Beban
 - 1) Beban atap spandek = 5 kg/m²
 - 2) Beban atap tiap gording = 6kg/m
 - 3) Beban hujan = 28kg/m²
 - 4) Beban hidup = 100 Kg
 - 5) Beban mati (bangunan)
 - 6) Beban angin diabaikan karena hisap

Menurut data proyek diatas, dalam data rencana Pembangunan profil baja WF terbesar yang digunakan adalah WF250x150 dan profil baja CNP yang digunakan adalah CNP150x50x3,2. Sehingga untuk mencari pertimbangan-pertimbangan alternatif kolom dan balok baja yang dapat digunakan untuk pembangunan gudang baja, profil baja yang digunakan untuk pertimbangan alternatif harus lebih kecil dari profil-profil baja tersebut.

STANDARD SECTIONAL DIMENSIONS					SECTION AREA	UNIT WEIGHT		INFORMATIVE REFERENCE					
Nominal Dimensional	H x B	t1	t2	r				A	GEOMETRICAL MOMENT OF INERTIA		RADIUS OF GYRATION OF AREA		MODULUS OF SECTION
					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

Gambar 1. Tabel Baja Wide Flange (WF)

Dimension		Section Area	Unit Weight	Informative Reference									
				Geometrical Moment of Inertia		Modulus of Section		Radius of Gyration		Center of Gravity	Shear Center	Torsion Constant	Warping Constant
H x B x C	t	A	Kg/m	I _x	I _y	Z _x	Z _y	r _x	r _y	C _y	X ₀	J	C _w
mm	mm	cm ²		cm ⁴	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm	cm	cm	cm	cm ⁴	cm ⁶
C 100 x 50 x 20	2	4.54	3.56	71	17	14.3	5.4	3.97	1.93	1.87	4.48	605	444
	2.3	5.17	4.06	81	19	16.1	6	3.95	1.92	1.86	4.46	912	496
	2.5	5.59	4.39	87	20	17.3	6.5	3.94	1.9	1.86	4.45	1164	528
	2.8	6.2	4.87	95	22	19.1	7.1	3.92	1.89	1.86	4.42	1621	574
	3	6.61	5.19	101	23	20.2	7.4	3.91	1.88	1.86	4.41	1982	603
	3.2	7.01	5.5	106	24	21.3	7.8	3.9	1.87	1.86	4.4	2392	630
C 125 x 50 x 20	2	5.04	3.95	120	18	19.3	5.5	4.89	1.91	1.69	4.15	672	675
	2.3	5.75	4.51	136	21	21.8	6.2	4.87	1.89	1.69	4.12	1013	755
	2.5	6.21	4.88	147	22	23.5	6.6	4.86	1.88	1.69	4.11	1295	805
	2.8	6.9	5.42	162	24	25.9	7.2	4.84	1.86	1.69	4.08	1804	877
	3	7.36	5.78	172	25	27.5	7.6	4.83	1.85	1.69	4.07	2207	922
	3.2	7.81	6.13	181	27	29	8	4.82	1.84	1.68	4.05	2665	965
C 150 x 50 x 20	2	5.54	4.35	185	19	24.7	5.6	5.79	1.87	1.55	3.86	738	971
	2.3	6.32	4.96	210	22	28	6.3	5.77	1.86	1.55	3.84	1115	1088
	2.5	6.84	5.37	226	23	30.2	6.8	5.75	1.85	1.55	3.82	1425	1162
	2.8	7.6	5.97	250	26	33.3	7.4	5.73	1.83	1.54	3.8	1987	1267
	3	8.11	6.37	265	27	35.4	7.8	5.72	1.82	1.54	3.78	2432	1334
	3.2	8.61	6.76	280	28	37.4	8.2	5.71	1.81	1.54	3.77	2938	1398

Gambar 2. Tabel Baja Channel Normal Paralel (CNP)

Dalam Tabel Baja WF dan CNP pada Gambar 2.1 dan Gambar 2.2, dapat ditentukan profil-profil baja mana saja yang dapat digunakan sebagai pertimbangan alternatif kolom baja dan balok baja. Terdapat 6 alternatif kolom baja WF dan 2 alternatif balok baja CNP dengan spesifikasi seperti pada Tabel-Tabel dibawah ini:

Tabel 1. Alternatif Kolom

Alternatif Kolom		
Nama	Profil Baja	Berat (Kg/m)
Alternatif 1	WF248x124	25.7
Alternatif 2	WF194x150	30.6
Alternatif 3	WF 200x100	21.3
Alternatif 4	WF198x99	18.2
Alternatif 5	WF148x100	21.1
Alternatif 6	WF150x75	14

Sumber: Hasil Analisa,2023

Tabel 2. Alternatif Balok

Alternatif Balok		
Nama	Profil Baja	Berat(Kg/m)
Alternatif 1	CNP125x50x3.2	6.13
Alternatif 2	CNP100x50x3.2	5.5

Sumber: Hasil Analisa,2023

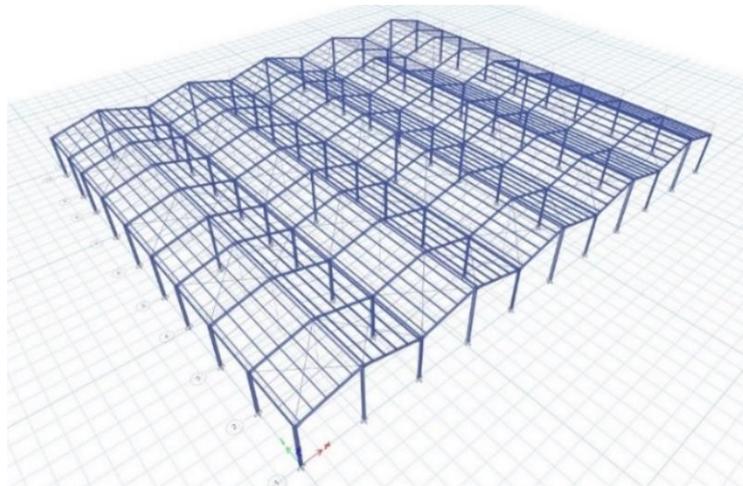
Dalam pengecekan struktur menggunakan Design Check program ETABS 2019, terdapat beberapa batasan rasio untuk menentukan apakah struktur tergolong sangat aman maupun tidak aman yang sudah ditentukan oleh program ETABS 2019 dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Design Capacity Ratio

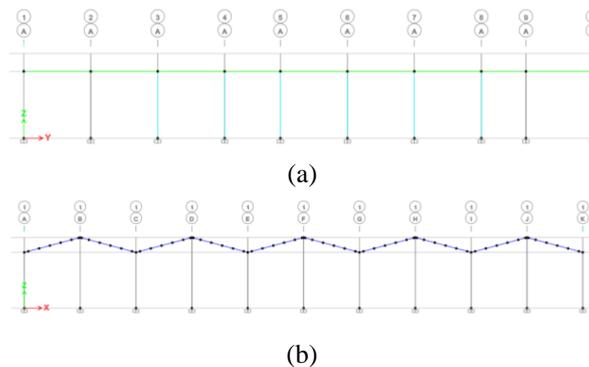
Design Capacity Ratio		
Warna	Rasio	Status
Biru	0,00 – 0,50	Sangat Aman
Muda		

Design Capacity Ratio		
Hijau	0,50 – 0,70	Aman
Kuning	0,70 – 0,90	Aman – Cukup Aman
Ungu	0,90 – 0,95	Cukup Aman – Kritis
Merah	≥0,95	Kritis – Melebihi Kapasitas (Overstrength)

Sumber: ETABS 2019



Gambar 3. Permodelan 3D Gudang



Gambar 4. (a) Tampak Samping Gudang (b) Tampak Depan Gudang

Untuk Menghitung Estimasi Biaya pemasangan Profil baja, digunakan Harga Satuan Pekerjaan Konstruksi (HSPK) Jawa timur Tahun 2022 No. 101 tentang Pemasangan 1Kg Besi Profil yang dapat di lihat di Tabel 4 dibawah ini:

Tabel 4. HSPK Pemasangan Baja WF

No	Kode Komponen	Uraian Komponen	Satuan	Harga
101	8.1.02.03.03.001	Pemasangan 1kg Besi Profil	Kg	50.242

Sumber: Harga Satuan Pekerjaan Konstruksi Jawa Timur 2022

Setiap tahun terjadi kenaikan harga sebesar 2-3% dikarenakan adanya inflasi. Maka dari itu, harga dari HSPK Jawa Timur 2022 dinaikan sebesar 3% (persentase paling besar) untuk menyesuaikan harga dengan tahun 2023.

Tabel 5. HSPK Pemasangan Baja WF (+3%)

No	Kode Komponen	Uraian Komponen	Satuan	Harga
101	8.1.02.03.03.001	Pemasangan 1kg Besi Profil	Kg	51.750

Sumber: Hasil Perhitungan, 2023

3. Hasil Penelitian

Pada Analisa struktur rencana pembangunan gudang baja, diketahui bahwa pembebanan kombinasi 1,2D + 1,6(La atau H) + (γ L.L atau 0,8 W) memberikan perhitungan beban aksial efektif paling besar daripada kombinasi-kombinasi lainnya sehingga pengkajian struktur menggunakan pertimbangan alternatif dilakukan menggunakan kombinasi 1,2D + 1,6(La atau H) + (γ L.L atau 0,8 W). Pada permodelan rencana pembangunan didapatkan beban aksial terbesar berada di kolom K2 di Grid 5-F dengan beban aksial sebesar 171.87 KN yang dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2.

Tabel 6. Beban Aksial Kolom Rencana Pembangunan (KN)

Grid	C	D	E	F	G	H	I
1	20.63	-83.57	28.46	-87.47	28.86	-83.72	21.12
2	-140.52	-	-136.3	-	-136.95	-	-141.13
3	-131.12	-	-126.21	-	-126.04	-	-130.9
4	-109.01	-	106.53	-	-106.41	-	-109
5	32.54	-167.07	40.73	-171.87	40.79	-166.89	32.65
6	-123.36	-	-120.45	-	-120.45	-	-123.46
7	-135.57	-	-130.53	-	-130.72	-	-135.7
8	-103.22	-	-98.58	-	-97.96	-	-102.57
9	-119.6	-	-116.13	-	-116.91	-	-120.37
10	21	-87.71	31.57	-93.22	31.88	-87.8	21.21

Sumber: Hasil Analisa, 2023

Tabel 7. Beban Aksial Balok Rencana Pembangunan (KN)

Grid	C	E	G	I
1-2	3.23	3.97	2.45	1.82
2-3	3.44	5.27	3.87	2.27
3-4	0.99	3.33	2.28	0.2
4-5	-5.24	-2.89	-3.36	-5.44
5-6	-5.14	-2.59	-3.38	-5.67
6-7	-0.63	2.29	1.34	-1.28
7-8	0.33	3.19	2.14	-0.43
8-9	1.05	3.29	2.48	0.48
9-10	2.66	3.45	2.03	1.34

Sumber: Hasil Analisa, 2023

Hasil dari design check ETABS menunjukkan bahwa seluruh kolom dan balok yang digunakan berwarna biru muda yang berarti struktur tergolong sangat aman digunakan dengan rasio terbesar berada pada kolom K2 di Grid 5-D sebesar 0.317.

Pada analisa Harga Satuan Pekerja Konstruksi, jumlah kolom diambil dari 1 pasang gudang BI dan BH yang selanjutnya akan dijadikan acuan untuk menghitung besar total biaya pemasangan kolom baja. Dikarenakan balok menggunakan 2 buah CNP150x50x3,2 yang disambung menjadi 1, maka jumlah balok harus dikali 2 agar mendapatkan jumlah total baja yang digunakan. Pada permodelan rencana awal, data kolom baja dan balok baja serta total perhitungan estimasi biaya menggunakan HSPK Jawa Timur 2022 (+3%) dapat dilihat pada Tabel 8 sampai Tabel 10.

Tabel 8. Data Berat Kolom Baja Rencana Pembangunan

Kolom	Baja	Berat (Kg/m)	Panjang Baja (m)	Jumlah Kolom	Total Berat (Kg)
K1	WF250x150	29.6	7	4	828.8
K2	WF200x100	21.3	7	1	149.1
K3	WF250x150	29.6	7	4	828.8
K4	WF248x124	25.7	7	12	2158.8
K7	WF250x150	29.6	7	2	414.4

Sumber: Hasil Perhitungan,2023

Tabel 9. Estimasi Biaya Kolom Baja Rencana Pembangunan Menggunakan HSPK

Kolom	Baja	Biaya (Total Berat x Harga (Rp.51.750/Kg))
K1	WF250x150	Rp. 42,890,400.00
K2	WF200x100	Rp. 7,715,925.00
K3	WF250x150	Rp. 42,890,400.00
K4	WF248x124	Rp. 111,717,900.00
K7	WF250x150	Rp. 21,445,200.00
Total		Rp. 226,659,825.00
Total + PPn (11%)		Rp. 251,592,405.75

Sumber: Hasil Perhitungan,2023

Tabel 10. Data Berat dan Estimasi Biaya Balok Baja Rencana Pembangunan

Baja	Berat (Kg/m)	Panjang Baja (m)	Total Berat (kg)	Biaya (Total Berat x Harga (Rp.51.750/Kg))
CNP150x50x3.2	6.76	224	1514.24	Rp78,361,920.00
Total + PPn (11%)				Rp86,981,731.20

Sumber: Hasil Perhitungan,2023

Analisa pertimbangan alternatif kolom baja menggunakan cara yang sama dengan Analisa rencana pembangunan mulai dari permodelan 3D menggunakan program ETABS 2019 sampai dengan perhitungan estimasi biaya menggunakan HSPK Jawa Timur Tahun 2022 (+3%). Hasil Analisa pertimbangan alternatif kolom baja dapat dilihat di Tabel dibawah ini:

Tabel 11. Rekapitulasi Hasil Analisa Pertimbangan Alternatif Kolom Baja

Nama	Profil Baja	Beban Terbesar (KN)	Rasio	Total Harga	Total Harga + PPn (11%)
Alternatif 1	WF248x124	172.1 KN (K2 Grid 5-F)	0.318 (Sangat Aman)	Rp. 212,532,075.00	Rp. 235,910,603.25
Alternatif 2	WF194x150	190.17 KN (K2 Grid 5-F)	0.350 (Sangat Aman)	Rp. 251,582,625.00	Rp. 279,256,713.75
Alternatif 3	WF 200x100	196.46 KN (K2 Grid 5-F)	0.369 (Sangat Aman)	Rp. 177,466,275.00	Rp. 196,987,565.25
Alternatif 4	WF198x99	196.28 KN (K2 Grid 5-F)	0.433 (Sangat Aman)	Rp. 151,637,850.00	Rp. 168,318,013.50
Alternatif 5	WF148x100	219.06 KN (K2 Grid 5-F)	0.419 (Sangat Aman)	Rp. 175,799,925.00	Rp. 195,137,916.75
Alternatif 6	WF150x75	218.57 KN (K2 Grid 5-D)	0.655 (Aman)	Rp. 113,245,468.00	Rp. 125,703,326.00

Sumber: Hasil Analisa,2023

Analisa pertimbangan alternatif balok baja dilakukan menggunakan struktur kolom alternatif 6. Kolom alternatif 6 digunakan karena kolom alternatif 6 masih tergolong aman menahan beban aksial efektif menurut Design Check program ETABS 2019 dan kolom alternatif 6 menjadi kolom alternatif yang paling efisien dalam segi penghematan biaya konstruksi dibandingkan dengan kolom-kolom alternatif lain yang sudah dianalisa. Hasil Analisa pertimbangan alternatif balok baja dapat dilihat di Tabel dibawah ini:

Tabel 12. Rekapitulasi Hasil Analisa Pertimbangan Alternatif Balok Baja

Nama	Profil Baja	Beban Terbesar (KN)	Rasio	Total Harga	Total Harga + PPn (11%)
Alternatif 1	CNP125x50x3,2	219.87 KN (K2 Grid 5-D)	0.659 (Aman)	Rp71,058,960.00	Rp78,875,445.60
Alternatif 2	CNP100x50x3,2	220.39 KN (K2 Grid 5-D)	0.661 (Aman)	Rp63,756,000.00	Rp70,769,160.00

Sumber: Hasil Analisa, 2023

4. Kesimpulan dan Saran

4.1. Kesimpulan

- Dari analisis kolom baja dan balok baja rencana awal yang sudah dilakukan, diketahui beban aksial kolom terbesar berada di kolom K2 Grid 5-F dengan beban sebesar 171.87 KN. Estimasi biaya pemasangan kolom baja rencana awal adalah sebesar Rp. 251,592,405.75 dan pemasangan balok baja rencana awal adalah sebesar Rp. 86,981,731.20
- Dari analisa kolom alternatif, beban aksial terbesar yang diterima kolom baja pada alternatif 1, alternatif 2, alternatif 3, alternatif 4, dan alternatif 5 berada di kolom K2 Grid 5-F dan beban terbesar pada alternatif 6 berada di kolom K2 Grid 5-D. Alternatif 5 WF148x99 menjadi kolom alternatif dengan beban terbesar yaitu 219.06 KN, selisih 47.19 KN dari beban aksial rencana awal (WF200x100) sebesar 171.87 KN. Alternatif 1 WF200x100 menjadi kolom alternatif dengan beban terkecil yaitu 172.1 KN, selisih 0.23 KN dari beban aksial rencana awal sebesar 171.87 KN. Dari analisa balok alternatif, beban aksial terbesar yang di terima oleh kolom alternatif 6 berada di kolom K2 Grid 5-D. Balok alternatif 2 CNP100x50x3,2 menjadi balok alternatif dengan beban aksial kolom terbesar yaitu 220.39 KN, sedangkan balok alternatif 1 CNP125x50x3,2 menjadi balok alternatif dengan beban aksial kolom terkecil yaitu 219.87 KN.
- Biaya terbesar yang dikeluarkan pada kolom alternatif adalah kolom alternatif 2 dengan total biaya Rp. 279,256,713.75, selisih Rp. 27,664,308.00 dari rencana awal yaitu Rp. 251,592,405.75. Biaya terkecil yang dikeluarkan pada kolom alternatif adalah kolom alternatif 6 dengan total biaya Rp. 125,703,326.00, selisih Rp125,889,079.75 dari rencana awal. Biaya terbesar yang dikeluarkan pada balok alternatif adalah balok alternatif 1 CNP125x50x3,2 dengan total biaya Rp. 78,875,445.60, selisih Rp. 8,106,285.60 dari balok rencana awal CNP150x50x3,2 yaitu Rp. 86,981,731.20. Biaya terkecil yang dikeluarkan pada balok alternatif adalah balok alternatif 2 CNP100x50x3,2 dengan total biaya Rp. 70,769,160.00, selisih Rp. 16,212,571.20 dari balok rencana awal. Besar biaya jika menggunakan kolom alternatif 6 WF150x75 dan balok alternatif 2 CNP100x50x3,2 adalah Rp. 196,472,486.00, dengan penghematan sebesar Rp. 142,101,650.95 dari rencana awal yaitu sebesar Rp.338,574,136.95

4.2. Saran

Hendaknya para peneliti selanjutnya mencoba memperhitungkan beban geser dan momen yang diterima oleh gudang mengingat penelitian ini hanya memperhitungkan beban aksial yang diterima. Serta dalam proses pengecekan struktur hendaknya mencoba memperhitungkan kekuatan struktur menggunakan perhitungan manual agar bisa dijadikan pembandingan dengan program ETABS agar hasil penelitian menjadi lebih akurat dan optimal.

Daftar Pustaka

- Abyadl, Qulubul, 2017. "Perbaikan Tata Letak Gudang Penyimpanan Dengan Menggunakan Metode Dedicated Storage (Studi Kasus: PT. Eterindo Nusa Graha)". Malang: Master Thesis Report. Department of Civil Engineering. Universitas Muhammadiyah Malang.
- BSN. 2020. SNI 1729-2020 Perencanaan Bangunan Gedung Baja Struktural
- Kurniantono, Ferdy. 2019. "Perencanaan Struktur Gedung Pkm Delapan Lantai Universitas Diponegoro". Semarang: Master Thesis Report. Department of Civil Engineering. Universitas Semarang.
- Setiawan, Agus. 2008. "Perancangan Struktur Baja dengan Metode LRFD". Jakarta: Erlangga
- Warman, John. 2010. "Manajemen Pergudangan". Jakarta: Lembaga Pendidikan Pembinaan Manajemen dan Pustaka Sinar Harapan