e-ISSN: 2622-5549
DOI: https://doi.org/10.21009/jmenara.v21i1.56496

ANALISIS PERHITUNGAN RANCANGAN BANGUNAN GUDANG (Studi Kasus: Gudang Konsolidasi Block C.05 SBU Marunda – Jakarta)

WAREHOUSE BUILDING DESIGN CALCULATION ANALYSIS (Case Study: Consolidation Warehouse Block C.05 SBU Marunda – Jakarta)

Daniel S[1], Pio Ranap Tua Naibaho[2], Kristina Sembiring[3]

[1,2,3]Universitas Tama Jagakarsa, Jln. Letjen T.B. Simatupang No.152, Jakarta, 12530, Indonesia
Email: danisihombing71@gmail.com
Received: 12 Agustus 2025 Revised: 30 Agustus 3035 Accepted: 21 September 2025 Published: 22 September 2025

ABSTRAK

Dalam perencanaan pembangunan bangunan harus melalui tahapan-tahapan tertentu seperti, pemilihan material, besi baja, beton, kayu. Material baja umumnya digunakan sebagai tiang penyangga utama yang biasa disebut kolom dan balok. Penggunaan struktur baja pada sebuah bangunan saat ini sedang banyak diminati oleh berbagai konsumen, terlebih pada pembangunan gudang. Penelitian ini akan menganalisis pemodelan struktur Gudang Konsolidasi Marunda Jakarta menggunakan software ETABS v.21 dan secara manual mengecek gaya dalam yang bekerja untuk mengetahui kapasitas pada bagian yang ditinjau yaitu kolom baja profil HB-350.350.12.19 dan balok baja profil IWF-250.125.6.9 sesuai SNI 1726:2019, SNI 1727:2020, SNI 1729:2020, dan SNI 2847:2019. Dari hasil analisa didapatkan kolom HB-350.350.12.19, tidak melebihi nilai kekuatan nominal yang artinya profil aman. Dimana ϕMn ≥ Mu 537,408 kN.m ≥ 43,6050 kN.m profil aman terhadap gaya momen ultimit, dan ϕPn ≥ Pu 3600,54 kN ≥ 265,02 kN profil aman terhadap gaya aksial. Dan untuk profil balok IWF-250.125.6.9, tidak melebihi nilai kekuatan nominal yang artinya profil aman. Dimana ϕMn ≥ Mu 76,0758 kN.m ≥ 3,4866 kN.m profil aman terhadap gaya momen ultimit, ϕVn ≥ Vu 190,08 kN ≥ 2,6884 kN profil aman terhadap gaya geser dan lendutan yang terjadi masih dibawah lendutan ijin 0,608 mm < 16,67 mm.

Kata kunci: *Baja, Design & Build, ETABS v.21, Gudang, Struktur Bangunan*

ABSTRACT

Building construction planning requires careful material selection, including steel, concrete, and wood, with steel predominantly used for primary structural support elements such as columns and beams due to its superior advantages over other materials. Steel structures are increasingly popular among consumers, particularly for warehouse construction. This study analyzes the structural modeling of the Marunda Jakarta Consolidation warehouse using ETABS v.21 software with manual verification of internal forces to determine sectional capacity, focusing on steel columns using HB-350.350.12.19 profiles and steel beams with IWF-250.125.6.9 profiles, following SNI 1726:2019, SNI 1727:2020, SNI 1729:2020, and SNI 2847:2019 standards. The analysis results demonstrate that the HB-350.350.12.19 column profile operates within safe parameters, not exceeding nominal strength values, with ultimate moment force resistance showing ϕMn ≥ Mu at 537.408 kN.m ≥ 43.6050 kN.m and axial force resistance demonstrating ϕPn ≥ Pu at 3600.54 kN ≥ 265.02 kN. Similarly, the IWF-250.125.6.9 beam profile remains within safe limits, with ultimate moment force resistance at ϕMn ≥ Mu showing 76.0758 kN.m ≥ 3.4866 kN.m, shear force resistance demonstrating ϕVn ≥ Vu at 190.08 kN ≥ 2.6884 kN, and deflection remaining acceptable at 0.608 mm, well below the 16.67 mm allowable limit, confirming overall structural adequacy.

Keywords: *Building Structure, Design & Build, ETABS v.21, Steel, Warehouse*

PENDAHULUAN

Pentingnya suatu bangunan infrastruktur bagi kemajuan daerah dan umat manusia adalah tuntutan usaha dan kegiatan yang akan mendukung dan menopang ekonomi sehari hari, dalam mendapatkan infrastruktur yang baik dan efisien maka perlu perencanaan struktur yang matang agar bangunan kuat, awet dan stabil. Keberhasilan suatu struktur dinyatakan apabila kondisi beban terburuk yang diberikan atau beban maksimum (Arif dkk., 2023). Dalam perencanaan pembangunan bangunan harus melalui tahapan-tahapan tertentu seperti, pemilihan material, besi baja, beton, kayu. Material baja umumnya digunakan sebagai tiang penyangga utama yang biasa disebut kolom dan balok, pemilihan konstruksi baja memiliki keuntungan dan keunggulan dari material lainya.

Penggunaan struktur baja pada sebuah bangunan saat ini sedang banyak diminati oleh berbagai konsumen, terlebih pada pembangunan gudang. Proses pengerjaan yang tidak rumit dan tidak membutuhkan waktu lama, juga berat material sendiri yang sangat berbeda dengan struktur beton.

1. Bangunan Gudang

Gudang merupakan sebuah ruangan yang tidak bergerak dan tidak dapat dipindah pindahkan dengan tujuan tidak dapat dikunjungi oleh umum, tetapi untuk dipakai khusus sebagai tempat penyimpanan barang yang dapat diperdagangkan secara umum dan memenuhi syarat-syarat lain yang telah ditetapkan oleh peraturan Menteri (PERMENDAG RI Nomor 42 Tahun 2020 Pasal 1 Ayat 2). Terdapat beberapa komponen yang hampir selalu ada pada bangunan gudang seperti rangka utama, purlin, *girts*, *bracing*, nok, dan kolom *post*.

2. Baja

Material baja merupakan bahan konstruksi yang sering digunakan dan terus berkembang setelah beton. Baja adalah logam paduan, logam besi sebagai unsur dasar dengan beberapa elemen lainnya, termasuk karbon dengan kadar tertentu sesuai dengan *grade*-nya.

Karakteristik mekanis baja sangat penting dalam penentuan kekuatan material baja dalam menerima beban. Karakteristik mekanis suatu bahan adalah kemampuan setiap bahan tersebut dalam memberikan perlawanan terhadap beban yang bekerja pada bahan tersebut. Karakteristik mekanis materil baja struktural yang diperlukan dalam setiap perencanaan bangunan yaitu meliputi tegangan leleh, tegangan putus (tegangan ultimit), modulus elastisitas, modulus geser, nisbah *Poisson*, serta koefisien pemuaian (Taqiya dkk., 2022).

3. Gaya-gaya yang Bekerja pada Struktur Bangunan

Pada prinsipnya suatu bangunan memiliki beban-beban yang bekerja di dalamnya. Beban tersebut akan didistribusikan menjadi beberapa jenis diantaranya yaitu sebagai berikut.

a. Gaya Dalam

Gaya dalam adalah gaya yang membentuk keseimbangan dengan gaya luar (Manalip dkk., 2022). Sedangkan menurut (Sholeh, 2019), gaya dalam adalah gaya yang melawan gaya luar yang timbul dari kekuatan bahan konstruksi yang terdiri dari gaya normal, gaya geser, dan momen.Yang dimaksud gaya dalam atau gaya internal merupakan gaya-gaya yang bekerja di dalam struktur. Gaya-gaya tersebut diantaranya yaitu sebagai berikut.

1) Gaya normal (N), gaya yang bekerja sejajar dengan sumbu memanjang batang.
2) Gaya lintang (D), gaya yang bekerja tegak lurus dengan sumbu memanjang batang.
3) Momen (M), gaya yang bekerja dengan berupaya untuk membengkokkan penampang.

b. Gaya Luar

Gaya luar adalah gaya-gaya yang bekerja di luar struktur (Ono dan Utomo, 2024). Adapun gaya-gaya luar tersebut yaitu:

1) Gaya vertikal dan horizontal.
2) Momen lentur.
3) Momen puntir.

4. Pembebanan SNI 1727:2020

Proses dalam menentukan suatu permodelan pembebanan sangat penting bagi suatu desain struktur. Hal ini berpengaruh terhadap suatu perhitungannya dan hasil gaya dalam bidang (MDN). Oleh karena itu, dalam menganalisis desain suatu struktur perlu adanya gambaran yang jelas dan mendetail mengenai perilaku dan besar beban yang bekerja pada suatu struktur bangunan. Beban mati adalah berat dari semua bagian tetap sebuah gedung, termasuk unsur tambahan, mesin, dan peralatan yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari gedung tersebut (Octavia dan Roesdiana, 2022). Kombinasi pembebanan terfaktor yang dipakai berdasarkan SNI 2847:2019 adalah seperti pada Persamaan (1) – (5) sebagai berikut.

a. 1,4D.....(1)
b. 1,2D + 1,6L + 0,5 (Lr atau R).....(2)
c. 1,2D + 1,6 (L_r atau R) + (L atau 0,5 W)..... (3)
d. 1,2D + 1,0W + L + 0,5(L_r atau R).....(4)
e. 0,9D + 1,0W.....(5)

Keterangan:

D = Beban Mati
L = Beban Hidup
L_r = Beban Hidup Atap
W = Beban Angin
E = Beban Gempa

5. Prosedur Beban Gempa SNI 1726:2019

Risiko gempa maksimum dapat diambil berdasarkan periode ulang sekitar 2.500 tahun ataupun menggunakan ekuivalen gempa yang kemungkinannya terlampau besarnya sejauh umur struktur tersebut pada 50 tahun yaitu sebesar 2%. Dengan menghasilkan nilai parameter percepatan, koefisien situs, percepatan parameter desain, berat seismik efektif serta geser dasar seismik (Guci, 2021). menyoroti pentingnya analisis struktural yang akurat untuk bangunan tinggi agar tahan terhadap gempa.

6. Perencanaan Struktur Atas Bangunan

a. Perencanaan Elemen Tekan (Kolom)

Berdasarkan (Badan Standardisasi Nasional, 2020), mengenai desain komponen struktur pada elemen tekan (kolom) diatur pada bab E. Elemen tekan (kolom) merupakan elemen yang mampu dalam menerima gaya tekan aksial saja. Jika kolom mengalami kegagalan, hal itu dapat mengakibatkan keruntuhan seluruh struktur (Surya dkk., 2025). Fungsi kolom adalah sebagai penerus beban seluruh bangunan ke pondasi. Bila di umpamakan, kolom itu seperti rangka tubuh manusia yang memastikan sebuah bangunan berdiri (Putri dan Bastian, 2021). Adapun prosedur perhitungan pada kolom sebagai berikut.

1) Klasifikasi Penampang (Tabel B4.Ia SNI 1729:2020)

a) Elemen Senyap

Rasio kelangsingan elemen senyap dapat ditentukan menggunakan Persamaan (6), sedangkan batas kelangsingan elemen senyap dapat ditentukan menggunakan Persamaan (7) sebagai berikut.

$$\lambda = b/t \quad \text{..... (6)}$$

$$\lambda_r = 0{,}56\sqrt{\frac{E}{fy}} \quad \text{..... (7)}$$

Keterangan:

λ = Rasio kelangsingan
λ_r = Batas kelangsingan
E = Modulus elastis (MPa)
fy = Tegangan leleh minimum yang disyaratkan (MPa)
b = Lebar sayap (mm)
t = Tebal penampang (mm)

b) Elemen Badan

Rasio kelangsingan elemen badan dapat ditentukan menggunakan Persamaan (8), sedangkan batas kelangsingan elemen badan dapat ditentukan menggunakan Persamaan (9) sebagai berikut.

$$\lambda = h/t_w \quad \text{..... (8)}$$

$$\lambda_r = 1{,}49\sqrt{\frac{E}{fy}} \quad \text{..... (9)}$$

Keterangan:
h = Tinggi badan (mm)
t_w = Tebal badan (mm)

2) Tegangan Kritis Tekuk-Lentur (E3)

Nilai tegangan kritis tekuk-lentur ditentukan dengan Persamaan (10) - (14) sebagai berikut.

$$L_c = K \times L \quad \text{.....(10)}$$

$$L_c/r \quad \text{..... (11)}$$

$$4{,}71\sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad \text{..... (12)}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{(\frac{Lc}{r})^2} \quad \text{..... (13)}$$

$$F_{cr} = (0{,}658^{\frac{fy}{fe}})\, f_y \quad \text{.....(14)}$$

Keterangan:
L_c = Panjang efektif batang tekan (mm)
r = Radius girasi (mm)
K = Nilai faktor panjang efektif
L = Panjang tanpa diberi pengaku lateral dari struktur komponen (mm)
F_e = Tegangan tekuk kritis elastis (MPa)
F_{cr} = Nilai tegangan kritis (MPa)

3) Tegangan Kritis Tekuk Puntir (E4)

Nilai tegangan kritis tekuk puntir ditentukan dengan Persamaan (15) - (16) sebagai berikut.

$$F_e = [\frac{\pi^2 E C_w}{(LCZ)^2} + GJ]\frac{1}{Ix+Iy}] \quad \text{..... (15)}$$

$$F_{cr} = [0{,}658^{\frac{fy}{fe}}]f_y \quad \text{..... (16)}$$

Keterangan:
C_w = Konstanta *warping* (mm^6)
G = Modulus geser (MPa)
J = Konstanta torsi (mm)
C = Koefisien atau Faktor *Slenderness*
Z = Modul penampang plastis (mm^3)
Ix = Momen inersia X (mm^4)
Iy = Momen inersia Y (mm^4)

4) Tekan Nominal

Nilai tekan nominal ditentukan dengan Persamaan (17) - (18) sebagai berikut.

$$P_n = F_{cr} \times A \quad \text{.....(17)}$$

$$P_c = \phi \times P_n \quad \text{.....(18)}$$

Keterangan:

P_n = Tahanan nominal penampang (N)
P_c = Gaya tarik aksial terfaktor (N)
ϕ = Faktor tahanan tarik

5) Kuat Lentur Penampang pada Kondisi Plastis (Maksimum)

Nilai kuat lentur penampang pada kondisi plastis ditentukan dengan Persamaan (19) sebagai berikut.

$$M_n = M_p = F_y \times Z_x \quad \text{..... (19)}$$

Keterangan:
Mn = Kekuatan lentur nominal (N)
Zx = Modulus penampang plastis terhadap sumbu X (mm^3)

6) Kuat Lentur

Nilai kuat lentur ditentukan dengan Persamaan (20) sebagai berikut.

$$M_c = \phi \times M_n \quad \text{..... (20)}$$

Keterangan:
M_c = Gaya momen tersedia (N)

7) Batasan Pemikul Momen Lentur dan Aksial

Batasan pemikul momen lentur dan

aksial dapat ditentukan dengan Persamaan (21).

$$\frac{pr}{2Pc} + \left(\frac{Mrx}{Mcx} + \frac{Mry}{Mcy}\right) \leq 1{,}0 \quad \text{..... (21)}$$

Keterangan:
pr = Gaya aksial rencana (N)
Mr = Kekuatan lentur rencana (N)
x = Indeks sehubungan dengan lentur Sumbu mayor
y = Indeks sehubungan dengan lentur Sumbu minor

b. Perencanaan Elemen Lentur (Balok)

Konsep perencanaan dari elemen lentur mengacu pada metode LRFD sesuai dengan SNI 1729:2020. Balok merupakan elemen struktur penting yang menahan beban secara horizontal (Surya dkk., 2025). Balok adalah elemen struktur yang sangat krusial dalam sebuah bangunan. Umumnya, keruntuhan pada balok disebabkan oleh gaya geser, yang sering terjadi secara tiba-tiba karena sifat beton yang getas (Susilawati, 2023). Adapun prosedur perhitungan pada balok sebagai berikut.

1) Klasifikasi Penampang (Tabel B4.Ia SNI 1729:2020)

a) Elemen Senyap

Kelangsingan elemen senyap dapat ditentukan menggunakan Persamaan (22) – (24) sebagai berikut.

λ = b/t .....(22)

$\lambda_p = 0{,}38\sqrt{\frac{E}{fy}}$ .....(23)

$\lambda_r = 1{,}0\sqrt{\frac{E}{fy}}$.....(24)

b) Elemen Badan

Kelangsingan elemen badan dapat ditentukan menggunakan Persamaan (25) – (27) sebagai berikut.

$\lambda = h/t_w$ .....(25)

$\lambda_p = 3{,}76\sqrt{\frac{E}{fy}}$ .....(26)

$\lambda_r = 5{,}70\sqrt{\frac{E}{fy}}$ .....(27)

2) Kondisi Keadaan Batas

a) Kondisi leleh (*Yield*)

Kondisi leleh dapat ditentukan dengan Persamaan (28).

$M_n = M_p = F_y \times Z_x$ .....(28)

b) Kondisi *Lateral Torsional Buckling* (LTB) Tekuk Torsi Lateral

Kondisi LTB Tekuk Torsi Lateral dapat ditentukan dengan Persamaan (29) – (30).

$L_p = 1{,}76 r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$ .....(29)

$L_r = 1{,}95 r_{ts} \frac{E}{0{,}7fy}\sqrt{\frac{J \times c}{Sx \times h_o} + \sqrt{\left(\frac{J \times c}{Sx \times h_o}\right)^2 + 6{,}76\left(\frac{0{,}7fy}{E}\right)^2}}$

$r_{ts}^2 = \sqrt{\frac{Iy \times Cw}{Sx}}$ .....(30)

$\phi M_n \geq M_u$

3) Analisa Kuat Geser

Analisis kuat geser dapat ditentukan dengan Persamaan (31).

$V_n = 0{,}6 \times f_y \times A_w \times C_v$ .....(31)

Keterangan:
Aw = Luas badan mm^2
Cv = Koefisien kekuatan geser

METODE

Metode yang dipakai dalam penelitian ini terdapat pengumpulan data dan studi literatur. Adapun tujuan dari penelitian ini untuk menganalisis kapasitas profil terhadap gaya-gaya dalam yang bekerja pada profil yang ditinjau yaitu kolom baja dengan profil HB-350.350.12.19 dan juga balok baja dengan profil IWF-250.125.6.9 dengan melihat nilai-nilai gaya ultimit yang terjadi masih aman terhadap nilai-nilai gaya nominal yang diperhitungkan sesuai peraturan yang berlaku dan referensi yang digunakan.

Penelitian berlokasi di bangunan Gudang Konsolidasi *Block* C.05 SBU Marunda – Jakarta dengan struktur baja pada tanah lunak.

1. Data Umum

Adapun data bangunan gudang serta konfigurasi bangunannya adalah sebagai berikut.

Panjang Gudang = 125 m
Bentang Gudang = 80 m
Luas Gudang = 10.000 m^2
Tinggi Gudang = 17.4 m
Tinggi Atap = 9.199 m
Tinggi + Atap = 21.599
Fungsi Bangunan = Gudang
Lokasi Gudang = Jakarta
Jenis Tanah = Tanah Lunak (Kelas Situs E)

2. Data Teknis

a) Sifat Mekanis Baja

Modulus Elastis,E = 200.000 MPa
Modulus Geser,G = 80.000 MPa
Angka *Poisson*,μ = 0,3
Koef. Pemuaian,α = 12x10-6/oC

b) Sifat Mekanis Beton

Modulus Elastis,E = 4.700√(f'c) MPa
Modulus geser,G = 1,1.107 KN/m2
Angka Poisson,μ = 0,2

c) Mutu Material

Adapun mutu standar material yang digunakan pada bangunan gudang ditunjukkan pada Tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Mutu Standar Material

Material	**Mutu**	**Kuat Leleh, *fy* (MPa)**	**Kuat Tarik, *fu* (MPa)**
Baja Tulangan	BjTS 420B	420	525
Baja Profil	BJ-37	240	370
Material	**Mutu, *fc'* (MPa)**		
Beton	31,2		

d) Dimensi Profil

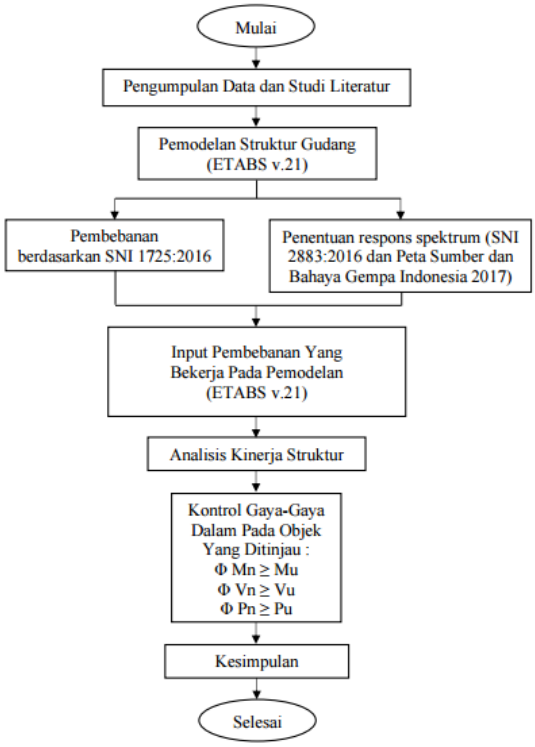
Adapun dimensi profil yang digunakan pada bangunan gudang ditunjukkan pada Tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 2. Dimensi Profil

Elemen Baja	**Kode**	**Dimensi (mm)**
Kolom Baja 1	HB2	HB-300.300.10.15
Kolom Baja 2	HB3	HB-350.350.12.19
Balok Baja	WF2	WF-250.125.6.9
Rafter	WF3	WF-450.200.9.14
Gording	CNP1	CNP-150.50.3,2.20
Bracing	P1	PIPA 4"
Truss	HB1	HB-150.150.7.10
	DL1	DL-80.8
Elemen Beton	**Kode**	**Dimensi (mm)**
Balok Induk 1	B1	300X600
Balok Induk 2	B3	350X600
Balok Anak	B2	250x500
Tie Beam	TB1	350X600
Kolom Pedestal	PD	600X600
Kolom 1	K1	600X600
PL1	S1	250

e) Alur Diagram Alir Penelitian

Adapun alur diagram dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.



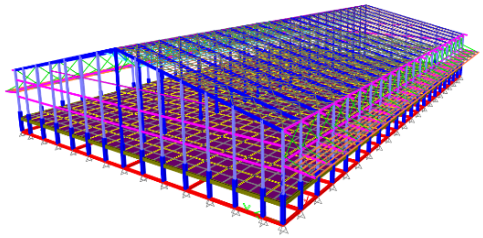
Gambar 1. Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pemodelan Struktur

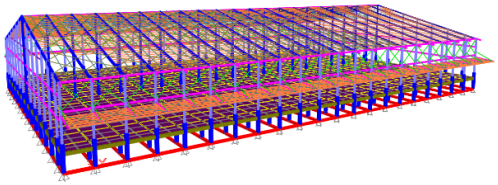
Berikut ini merupakan permodelan 3D struktur gudang struktur baja, permodelan ini dibuat berdasarkan gambar yang telah direncanakan. Permodelan gudang struktur baja ini mencakup atap, kolom, balok, pelat yang dimodelkan secara tiga dimensi (3D) dengan menggunakan *software* ETABS v.21.

Model tampak depan struktur atas 3D gudang konsolidasi *block* C.05 SBU Marunda-Jakarta ditunjukkan pada Gambar 2.



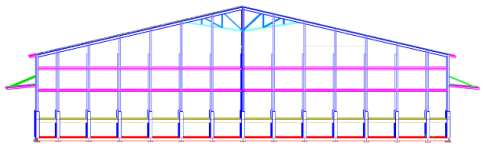
Gambar 2. Model Tampak Depan Struktur Atas 3D Gudang Konsolidasi *Block* C.05 SBU Marunda – Jakarta

Model tampak memanjang struktur atas 3D gudang konsolidasi *block* C.05 SBU Marunda-Jakarta ditunjukkan pada Gambar 3.



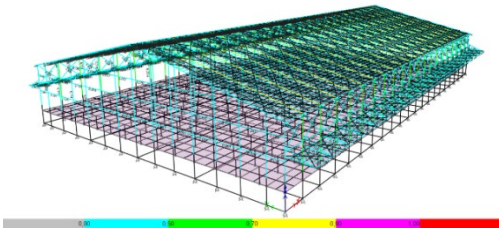
Gambar 3. Model Tampak Memanjang Struktur Atas 3D Gudang Konsolidasi Block C.05 SBU Marunda – Jakarta

Model tampak melintang struktur atas 3D gudang konsolidasi *block* C.05 SBU Marunda-Jakarta ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Model Tampak Melintang Struktur Atas 3D Gudang Konsolidasi Block C.05 SBU Marunda – Jakarta

Kapasitas *stress ratio* gudang konsolidasi *block* C.05 SBU Marunda-Jakarta ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Kapasitas *Stress Ratio*

2. Analisa Kapasitas Profil Terhadap Gaya-gaya Dalam

Pada penelitian ini, profil yang ditinjau sebagai objek penelitian hanya pada kolom baja dengan profil HB-350.350.12.19 dan juga balok baja dengan profil IWF-250.125.6.9 dengan melihat nilai-nilai gaya

ultimit yang terjadi masih aman terhadap nilai-nilai gaya nominal yang diperhitungkan.

a. Cek Kapasitas Kolom Baja

1) Data *Properties*

Adapun data *properties* kolom baja dapat dilihat pada Gambar 6.

Gambar 6. Data *Properties* Kolom

A = 350 mm
B = 350 mm
t_w = 12 mm
t_f = 19 mm
f_y = 240 MPa
f_u = 370 MPa
E_{baja} = 200000 MPa
A_g = 173,9 cm^2 = 17390 mm^2
I_x = 40300 cm^4= 4,03 x 10^8 mm^4
I_y = 13600 cm^4 = 1,36 x 10^8 mm^4
ix = 15,22 cm = 152,2 mm
iy = 8,84 cm = 88,4 mm
S_x = 2303 cm^3 = 2,303 x 10^6 mm^3
S_y = 777 cm^3 = 7,77 x 10^5 mm^3
Z_x = 2493 cm^3 = 2493000 mm^3
Z_y = 1175 cm^3 = 1175000 mm^3

$$J = 1/3 \times (2t_{f^3} \times b + t_{w^3} h_0)$$
$$= 1/3 \times ((2 \times 19^3 \times 350) (12^3 \times (350 - 19)))$$
$$= 1/3 \times (4801300 + 571968)$$
$$= 1791089 \text{ mm}^4$$

$$rx = \sqrt{\frac{Ix}{A}} = \sqrt{\frac{40300}{173,9}}$$
= 15,22 cm = 152,2 mm

$$ry = \sqrt{\frac{Iy}{A}} = \sqrt{\frac{13600}{173,9}}$$
= 8,84 cm = 88,4 mm

$$C_w = \frac{Iy \times h_0^2}{4}$$
$$= 3,7 \times 10^6 \text{ cm}^6$$
$$= \frac{1,36 \times 10^8 \times (350-19)2}{4}$$
$$= 3,7 \times 10^{12} \text{ mm}^6$$

L = 11000 mm
Ix + Iy = 539000000 mm^4

Perhitungan perencanaan kolom disesuaikan dengan SNI 1729:2020 yang terletak pada *frame* 3639 dengan menggunakan *output* ETABS v.21.

2) Klasifikasi Penampang (Tabel B4.Ia SNI 1729:2020)

a) Elemen Senyap

λ = b/t
= 350/19
= 18,42

$$\lambda_r = 0,56 \sqrt{\frac{E}{fy}}$$
$$= 0,56 \sqrt{\frac{200000}{240}}$$
= 16,16

Karena $\lambda < \lambda_r$ maka profil sayap tergolong penampang Non Langsing.

b) Elemen Badan

λ = h/t_w
= 350/12
= 29,17

$$\lambda_r = 1,49 \sqrt{\frac{E}{fy}}$$
$$= 1,49 \sqrt{\frac{200000}{240}}$$
= 43,01

Karena $\lambda < \lambda_r$ maka profil sayap tergolong penampang Non Langsing.

3) Tegangan Kritis Tekuk-Lentur (E3)

Nilai tegangan kritis (F_{cr}) ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

L_c = K x L = 0,65 x 11000
= 7150 mm
L_c/r = 7150/88,4 = 80,88

$$4,71 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 135,97$$

$L_c/r \leq 4{,}71\sqrt{\frac{E}{f_y}}$ maka akan terjadi (Tekuk Inelastis)

Sehingga,

$F_e = \frac{\pi^2 E}{(\frac{Lc}{r})^2}$

$= \frac{3{,}14^2 200000}{(\frac{7150}{88{,}4})^2}$

$= 301{,}43$

$F_{cr} = (0{,}658^{\frac{fy}{fe}})\ f_y$

$= (0{,}658^{\frac{240}{301{,}43}}) \times 240$

$= 171{,}576$ MPa

4) Tegangan Kritis Tekuk Puntir (E4)

$F_e = [\frac{\pi^2 E C_w}{(LCZ)^2} + GJ]\ \frac{1}{Ix+Iy}$

$= 2372{,}2$ MPa

$F_{cr} = [0{,}658^{\frac{fy}{fe}}]f_y$

$= 230{,}05$ MPa

5) Tekan Nominal

$P_n = F_{cr} \times A$

$P_n = 230{,}05 \times 17390$

$= 4000569{,}5$ N

$= 4000{,}6$ kN

$P_c = \phi\ xP_n$

$= 0{,}9 \times 4595{,}5$

$= 3600{,}54$ kN

6) Kuat Lentur Penampang pada Kondisi Plastis (Maksimum)

$M_n = M_p = F_y \times Z_x$

$M_n = M_p = 240 \times 2493000$

$= 5{,}9712 \times 10^8$ N.mm

$= 597{,}12$ kN.m

7) Klasifikasi Profil

$\lambda_{pf} = 0{,}38\sqrt{\frac{E}{f_y}}$

$= 0{,}38\sqrt{\frac{200000}{240}}$

$= 10{,}97$

$\frac{1}{2}\,b/t_r = 9{,}2 < \lambda_{pf}$

$\lambda_{rf} = 1{,}0\sqrt{\frac{E}{f_y}}$

$= 1{,}0\sqrt{\frac{200000}{240}}$

$= 28{,}87$

Karena $\lambda_{pf} < \lambda_{rf}$ maka termasuk profil kompak.

$\lambda_{pw} = 3{,}76\sqrt{\frac{E}{f_y}}$

$= 3{,}76\sqrt{\frac{200000}{240}}$

$= 108{,}54$

$h/t_w = 350/12$

$= 29{,}17$

$\lambda_{rw} = 5{,}70\sqrt{\frac{E}{f_y}}$

$= 5{,}70\sqrt{\frac{200000}{240}}$

$= 164{,}55$

Karena $\lambda_{pw} \leq \lambda_{rw}$ maka termasuk profil kompak.

8) Kekuatan Lentur Nominal

a) Leleh

$M_n = M_p = 240 \times 2493000$

$= 5{,}9712 \times 10^8$ N.mm

$= 597{,}12$ kN.m

b) Tekuk Torsi – Lateral

$L_p = 1{,}76 \times r_y\sqrt{\frac{E}{f_y}}$

$= 1{,}76 \times 88{,}4 \times \sqrt{\frac{200000}{240}}$

$= 4491{,}32$ mm

$= 4{,}491$ m

$L_r = 1{,}95 r_{ts}\ \frac{E}{0{,}7\ fy}\ \sqrt{\frac{J \times C}{(Sx \times h_0)}} + \sqrt{(\frac{J.C}{Sx \times h_0})^2 + 6{,}76\ (\frac{0{,}7\ fy}{E})^2}$

$r_{ts}^2 = \sqrt{\frac{Iy\ .\ Cw}{Sx}}$

$r_{ts}^2 = \sqrt{\frac{1{,}36 \times 10^8 \times 3{,}7 \times 10^6}{2{,}303 \times 10^6}}$

$= 14781{,}66\ mm^2$

$r_{ts} = 121{,}54$ mm

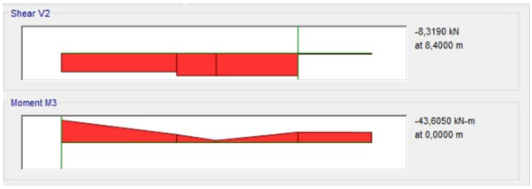
$L_r = 1{,}95 r_{ts}\ \frac{E}{0{,}7\ fy}\ \sqrt{\frac{J \times C}{(Sx \times h_0)}} + \sqrt{(\frac{J \times C}{Sx \times h_0})^2 + 6{,}76\ (\frac{0{,}7\ fy}{E})^2}$

$L_r = 23839{,}7$ mm

$= 23{,}8$ m

9) Faktor C_b

Didapatkan nilai C_b seperti yang terlihat pada Gambar 7 sebagai berikut.



Gambar 7. *Output* ETABS v.21

L_b = 1

Sehingga nilai C_b, maka:

$$C_b = \frac{12{,}5\ Mmaks}{2{,}5\ Mmaks+3\ MA+4\ MB+3\ MC}$$

M_A = 24,7912 kN.m

M_B = 3,9910 kN.m

M_C = 19,4469 kN.m

M_{maks} = M_u = 43,6050 kN.m

C_b = 2,127

M_n = M_p= 240 x 2493000

= 5,9712 x 10^8 N.mm

= 597,12 kN.m

Karena L_b < L_p maka kondisi batas tidak diterapkan. Sehingga tidak terjadi *Lateral Torsional Buckling* (LTB) Tekuk Torsi Lateral.

10) Kuat Lentur

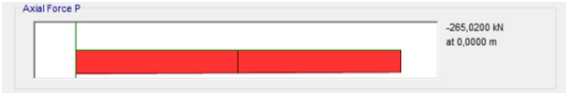
M_c = ϕ x M_n

= 0,9 x 597,12

= 537,408 kN.m

11) Batasan Pemikul Momen Lentur dan Aksial

Didapatkan nilai aksial yang terjadi seperti pada Gambar 8 berikut.



Gambar 8. *Output* ETABS v.21

P_r = 265,02 kN

P_c = 3600,54 kN

M_{rx} = 43,6050 kN.m

M_{cx} = 537,408 kN.m

$$\frac{pr}{pc} = \frac{265{,}02}{3600{,}54}$$

= 0,074

Karena $\frac{pr}{pc} < 0{,}2$

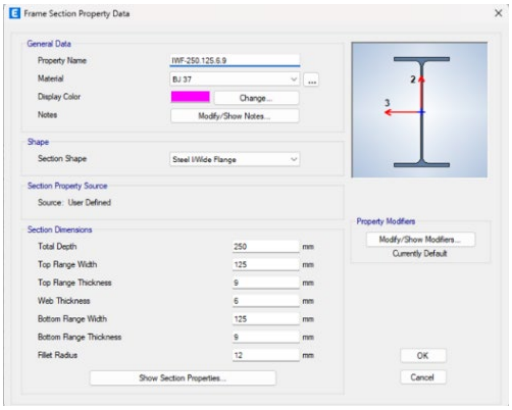
Maka,

$$\frac{pr}{2Pc} + \left(\frac{Mrx}{Mcx} + \frac{Mry}{Mcy}\right) \leq 1{,}0\ \textbf{(OK)}$$

b. Cek Kapasitas Balok Baja

1) Data *Properties*

Adapun data *properties* balok baja yang digunakan pada pemodelan struktur ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Data *Properties* Balok

A = 250 mm

B = 125 mm

t_w = 6 mm

t_f = 9 mm

f_y = 240 MPa

f_u =370 MPa

E_{baja} = 200000 MPa

A_g = 37,66 cm^2 = 3766 mm^2

I_x = 4050 cm^4 = 4,05 x 10^7 mm^4

I_y = 294 cm^4 = 2,94 x 10^6 mm^4

ix = 10,37 cm = 103,7 mm

iy = 2,8382 cm = 28,382 mm

S_x = 311 cm^3 = 3,11 x 10^5 mm^3

S_y = 46,9 cm^3 = 4,69 x 10^4 mm^3

Z_x = 351,861 cm^3 = 351861 mm^3

Z_y = 72,4 cm^3 = 72400 mm^3

J = 1/3 x ($2t_{f^3}$ x b + t_{w^3} h_0)

= 1/3 x (2 x 9^3 x 125) + (6^3 x (250 − 9)))

= 1/3 x (182250 + 52056)

$= 78102\ mm^4$

L = 6000 mm

Perhitungan perencanaan balok disesuaikan dengan SNI 1729:2020 yang terletak pada *frame* 14911 dengan menggunakan *output* ETABS v.21.

2) Klasifikasi Penampang (Tabel B4.Ia SNI 1729:2020)

a) Elemen Senyap

λ = b/t

= 125/9

= 13,88

$\lambda_p = 0{,}38\sqrt{\frac{E}{fy}}$

$= 0{,}38\sqrt{\frac{200000}{240}}$

= 10,969

$\lambda_r = 1{,}0\sqrt{\frac{E}{fy}}$

$= 1{,}0\sqrt{\frac{200000}{240}}$

= 28,867

Karena $\lambda < \lambda_p \leq \lambda_r$ maka profil sayap tergolong penampang Kompak.

b) Elemen Badan

$\lambda = h/t_w$

= 250/6

= 41,67

$\lambda_p = 3{,}76\sqrt{\frac{E}{fy}}$

$= 3{,}76\sqrt{\frac{200000}{240}}$

= 108,542

$\lambda_r = 5{,}70\sqrt{\frac{E}{fy}}$

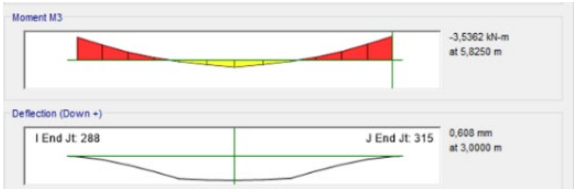
$= 5{,}70\sqrt{\frac{200000}{240}}$

= 164,545

Karena $\lambda < \lambda_p \leq \lambda_r$ maka profil sayap tergolong penampang kompak.

3) Kondisi Keadaan Batas

Didapatkan nilai gaya momen M3 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10 sebagai berikut.



Gambar 10. *Output* ETABS v.21 Mmax

a) Kondisi leleh (*Yield*)

$M_n = M_p = F_y \times Z_x$

$M_n = M_p = 240 \times 351861$

$= 8{,}452864 \times 10^7$ N.mm

= 84,52864 kN.m

b) Kondisi *Lateral Torsional Buckling* (LTB) Tekuk Torsi Lateral

$L_p = 1{,}76 r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$

$L_p = 1{,}76 \times 27{,}9 \sqrt{\frac{200000}{240}}$

= 1417 mm

= 1,417 m

$L_r = 1{,}95 r_{ts} \frac{E}{0{,}7fy}\sqrt{\frac{J \times c}{Sx \times h_o} + \sqrt{(\frac{J \times c}{Sx \times h_o})^2 + 6{,}76\,(\frac{0{,}7fy}{E})^2}}$

$r_{ts^2} = \sqrt{\frac{Iy \times Cw}{Sx}}$

Dimana,

$C_w = \frac{Iy \times h_0^2}{4} = \frac{2{,}94 \times 10^6 \times (250-9)^2}{4}$

$= 39{,}478 \times 10^9\ mm^6$

$r_{ts^2} = \sqrt{\frac{2{,}94 \times 10^6 \times 39{,}478 \times 10^0}{3{,}11 \times 10^5}}$

$= 1092{,}775\ mm^2$

r_{ts} = 33,057 mm

C = 1 untuk profil I simetris ganda

$J = 78102\ mm^4$

$L_r = 1{,}95 r_{ts} \frac{E}{0{,}7fy}\sqrt{\frac{J \times c}{Sx \times h_o} + \sqrt{(\frac{J \times c}{Sx \times h_o})^2 + 6{,}76\,(\frac{0{,}7fy}{E})^2}}$

= 4420,030 mm

= 4,42 m

L_b = 2,75

Karena $L_p < L_b < L_r$

$M_n = M_p = F_y \times Z_x$

$M_n = M_p = 240 \times 351861$

$= 8{,}452864 \times 10^7$ N.mm

= 84,52864 kN.m

Hasil analisis *output software* ETABS v.21 didapatkan :

M_u = 3,4866 kN.m

Sehingga $\phi M_n \geq M_u$

$\phi\ M_n \geq M_u$

0,9 x 84,52864 ≥ 3,4866
76,0758 kN.m ≥ 3,4866 kN.m

4) *Displasment*

Gambar 11 menunjukkan *output* ETABS v.21 dari *deflection*.

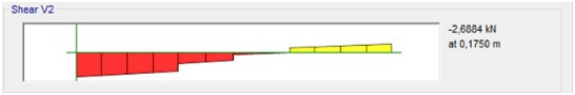
Gambar 11. *Output* ETABS v.21

Kontrol lendutan yang terjadi agar tidak melampaui batas dari lendutan izin. Jika lendutan akibat beban luar < dari lendutan ijin.

Lendutan ijin = L/360
= 6000/360
= 16,67 mm
Lendutan beban luar = 0,608 mm
Sehingga,
Lendutan luar < Lendutan ijin
0,608 < 16,67 (**OK**).

5) Analisa Kuat Geser

Didapatkan nilai gaya geser V2 seperti yang terlihat pada Gambar 12.



Gambar 12. *Output* ETABS v.2

$V_n = 0{,}6 \times f_y \times A_w \times C_v$

Dengan nilai C_v ditentukan berdasarkan persyaratan h/t_w.

Karena $h/t_w < 2{,}24\sqrt{\frac{E}{f_y}}$,
maka $\phi_v = 1$ dan $C_v = 1$.
$A_w = d \times t_w$
$= 220 \times 6$
$= 1320\ mm^2$
Sehingga,
$V_n = 0{,}6 \times f_y \times A_w \times C_v$
$= 0{,}6 \times 240 \times 1320 \times 1$
$= 190080$ N
$\phi V_n = 1 \times 190080$
$= 190080$ N
$= 190{,}08$ Kn

Hasil analisis *output software* ETABS v.21 didapatkan :

$V_u = 2{,}6884$ kN
Sehingga $\phi V_n \geq V_u$
$\phi V_n \geq V_u$
190,08 kN ≥ 2,6884 kN (**OK**)

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang didapat dari *output software* ETABS v.21 terhadap gaya-gaya dalam pada profil kolom HB-350.350.12.19, tidak melebihi nilai kekuatan nominal yang artinya profil aman. Dimana ϕMn ≥ Mu 537,408 kN.m ≥ 43,6050 kN.m profil aman terhadap gaya momen ultimit, dan ϕPn ≥ Pu 3600,54 kN ≥ 265,02 kN profil aman terhadap gaya aksial. Dan berdasarkan hasil analisis yang didapat dari *output software* ETABS v.21 terhadap gaya-gaya dalam pada profil balok IWF-250.125.6.9, tidak melebihi nilai kekuatan nominal yang artinya profil aman. Dimana ϕMn ≥ Mu 76,0758 kN.m ≥ 3,4866 kN.m profil aman terhadap gaya momen ultimit, ϕVn ≥ Vu 190,08 kN ≥ 2,6884 kN profil aman terhadap gaya geser dan lendutan yang terjadi masih dibawah lendutan ijin 0,608 mm < 16,67 mm.

DAFTAR PUSTAKA

Arif, M. A., Azhar, M., Bangun, S., dan Naibaho, P. R. T. (2023). Analisis Kapasitas Profil Gelagar Memanjang Dan Gelagar Melintang terhadap Gaya-gaya Dalam Jembatan Rangka Baja Tipe Warren dengan Menggunakan Software MIDAS Civil 2019. *Jurnal Ilmiah Global Education*, *4*(4), 2250–2264.

Badan Standardisasi Nasional. (2020). *SNI 1729:2020 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Jakarta.

Guci, J. M., Safitri, R. A., dan Nurjaen, A. (2021). Perencanaan Bangunan Gedung Tahan Gempa 11 Lantai

dengan Sistem Ganda. *Structure Teknik Sipil*, *3*(1), 125–129.

Manalip, H., Kumaat, E. J., dan Windah, R. S. (2022). *Statika*. Manado: Unsrat Press.

Octavia, D. D. dan Roesdiana, T. (2022). Perencanaan Struktur Hotel Beton Bertulang IV Lantai di Desa Linggasana - Kuningan. *Jurnal Konstruksi dan Infrastruktur, 10*(1), 35–50.

Ono, U. dan Utomo, M. S. (2024). Redesain Struktur Bangunan Gudang 3 Lantai Menggunakan Struktur Baja Berdasarkan SNI 7860: 2020. *Universitas Islam Sultan Agung*.

Putri, A., Masril, dan Bastian, E. (2021). Analisa Struktur Pasca Kebakaran Gedung Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat. *Ensiklopedia Research and Community Service Review*, *1*(1), 179–187.

Sholeh, M. N. (2019). *Mekanika Rekayasa Ilmu Dasar Teknik Sipil*. Yogyakarta: Deepublish.

Surya, Y. A., Nuryanto, F. M., dan Tunggulgeni, E. (2025). Analisa Lendutan terhadap Stabilitas Struktur Rangka Atap Gedung Kantor pada Kawasan X Makassar. *Menara: Jurnal Teknik Sipil*, *20*(2), 99–105.

Susilawati, H. (2023). Perkuatan Geser Balok dengan Serpihan Besi untuk Menghemat Tulangan dan Biaya di Era New Normal Setelah Pandemi COVID-19.” *Journal Potensi: Jurnal Proyek Teknik Sipil*, *6*(1), 35-44.

Taqiya, A., Aenin, I. N., dan Fitriyana, L. (2022). Perencanaan Bangunan Gudang dengan Struktur Baja pada Tanah Lunak. *Prosiding Seminar Nasional Konstelasi Ilmiah Mahasiswa UNNISULA 7 (KIMU 7),* 265-272.