

Perencanaan Konstruksi Baja Struktur Atas Pada Bangunan Gudang Tahan Gempa (Studi Kasus Bangunan Gudang Penyimpanan Barang *Casing* Elektronik)

Mita Septiani Amalia¹⁾, Dine Agustine²⁾, Hafiz Abdillah³⁾

^{1,3)} Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Syekh Yusuf Tangerang

²⁾ Program Studi Teknik Kimia Universitas Islam Syekh Yusuf Tangerang

Jl. Maulana Yusuf Tangerang 15118, Telp. (021)5527061 – 5527063 fax. 021-5581068

Email: ¹⁾mitaseptiani49@gmail.com, ²⁾dine@unis.ac.id, ³⁾hafiz.abdill@gmail.com

Abstrak

Latar Belakang: Semakin meningkatnya perekonomian di Kota Tangerang memicu pertumbuhan dan pembangunan perusahaan – perusahaan dibidang produksi. Hal ini membuat kebutuhan gudang sebagai penunjang sarana perusahaan dibidang produksi ikut meningkat. **Tujuan:** Maka tujuan penelitian ini adalah perencanaan gudang dengan konstruksi baja dengan memperhitungkan beban gempa yang akan terjadi dan juga sesuai dengan acuan yang berlaku. **Metode:** Perencanaan ini meliputi perencanaan struktur atas saja dengan menggunakan material baja profil IWF dan untuk pelat lantai menggunakan material beton, dalam penelitian ini untuk perhitungannya analisis strukturnya menggunakan software SAP 2000 versi 20. Data modeling memiliki spesifikasi gudang dengan ukuran 16 x 24 meter dengan memiliki tinggi bangunan 10,8 m dengan detail lantai dasar ± 0 meter, lantai 1 ± 4 meter, lantai 2 ± 8 meter dan atap $\pm 10,8$ mmeter. **Hasil penelitian:** hasil perhitungan menunjukkan bahwa profil yang dapat digunakan yang mampu menahan momen, geser dan kombinasi pembebanan yaitu profil untuk kolom lantai 1 profil yang digunakan IWF 400.200.8.13, kolom lantai 2 menggunakan IWF 350.175.7.11, rafter menggunakan profil 250.125.6.9, balok induk menggunakan profil IWF 350.175.7.11, dan balok anak menggunakan IWF 300.150.6,5.9

Kata kunci: struktur gudang, konstruksi baja, gempa, SAP 2000

Abstract

Background: The economy growth in Tangerang City has triggered the growth and development of companies in the production sector. This makes the need for warehouses to support company facilities in the production sector also increases. **Purpose:** So the purpose of this research is warehouse planning with steel construction considering the earthquake load that will occur and also in accordance with applicable references. **Method:** This planning includes only superstructure planning using IWF profile steel material and for the floor slabs using concrete materials, in this study for the calculation the structure is assisted by a computer program, namely SAP 2000 version 20. Data modeling has warehouse specifications with a size of 16 x 24 m by having building height 10.8 m with details on the ground floor ± 0 m, floor 1 ± 4 m, floor 2 ± 8 m and roof ± 10.8 m. **Results:** The calculation results showed that the profiles that can be used are able to withstand moments, shear and load combinations, namely profiles for 1st floor columns using IWF 400.200.8.13, 2nd floor columns using IWF 350.175.7.11, rafters using 250.125.6.9 profiles, main beam using IWF profiles 350.175.7.11, and joist using IWF 300.150.6,5.9.

Keywords: warehouse structure, steel construction, earthquake, SAP 2000

I. Pendahuluan

Semakin meningkatnya perekonomian di Kota Tangerang memicu pertumbuhan dan pembangunan perusahaan – perusahaan dibidang produksi pun semakin banyak. Hal tersebut mengakibatkan kebutuhan bangunan gudang sebagai penunjang sarana perusahaan produksi ikut meningkat. Dengan permasalahan lahan yang terbatas, maka alternatifnya Penulis membuat bangunan gudang

tingkat tinggi. Hal tersebut mendorong para perencana bangunan untuk membuat bangunan tingkat tinggi tahan terhadap kekuatan gempa.

Kondisi tektonik Negara Indonesia terletak pada pertemuan lempeng besar dunia dan beberapa lempeng kecil atau *microblocks* (Bird,2013), hal tersebut menyebabkan daerah tersebut berpotensi mengalami banyak kejadian gempa. Indonesia dikelilingi oleh empat lempeng utama yaitu,

Lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia, Lempeng Laut Filipina, dan Lempeng Pasifik. (Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017)

Agar dapat mengurangi resiko bangunan yang rusak diakibatkan gempa diperlukannya perencanaan gudang yang kuat agar dapat menahan kekuatan gempa. Dalam perencanaan pembangunan gudang ini Penulis ingin menghasilkan bangunan yang kuat, kenyamanan, efisien, dan aman terutama terhadap gempa. Bangunan gudang yang akan direncanakan adalah gudang yang sebagai sarana untuk penyimpanan berbagai barang hasil produksi barang jadi seperti casing untuk barang elektronik sebelum di distribusikan ke pasar-pasar.

Dengan melihat keadaan tersebut mendorong para perencana untuk membuat bangunan tingkat tinggi yang aman terhadap kekuatan gempa. Penggunaan konstruksi baja adalah sebuah solusi untuk bangunan tahan terhadap gempa, karena baja memiliki sifat Daktilitas.

Berdasarkan SNI – 1726 – 2002 Daktilitas merupakan “kemampuan suatu struktur gedung untuk mengalami simpangan pasca-elastik yang besar secara berulang kali dan bolak-balik akibat beban gempa diatas beban gempa yang menyebabkan terjadinya pelelehan pertama, sambil mempertahankan kekuatan dan kekakuan yang cukup, sehingga struktur gedung tersebut tetap berdiri, walaupun sudah berada dalam kondisi di ambang keruntuhan”.

Selain itu konstruksi baja dipilih karena baja mempunyai kelebihan yaitu salah satunya kemudahan dalam pembuatan dan cepat dalam pelaksanaannya, sangat cocok untuk perencanaan gudang yang memang butuh efisiensi waktu dalam pelaksanaannya.

II. Tinjauan Pustaka

Tinjauan Teoritis

Gudang merupakan sebuah ruang yang biasanya berfungsi untuk menyimpan bermacam-macam barang. Di setiap bangunan bisa saja memiliki gudang, misalnya saja gudang untuk bangunan pabrik, toko, dan bahkan rumah tinggal. Karena difungsikan sebagai penyimpanan berbagai macam barang, gudang biasanya dapat berpotensi untuk menyimpan debu. Maka dari itu, lokasi gudang perlu diperhatikan agar tidak mengganggu aktivitas lain dalam bangunan tersebut.

Konsep Perencanaan

Perhitungan Batang Tekan

Batang tekan (*compression member*) adalah elemen struktur yang mendukung gaya tekan aksial, seperti kolom, batang tekan pada struktur rangka. berdasarkan acuan SNI – 1729 – 2002.

Perhitungan Batang Lentur

Untuk pembebanan balok disesuaikan dengan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung

(PPIUG) 1983. berdasarkan acuan SNI – 1729 – 2002.

Perencanaan Gording

Beban Mati Yang Bekerja Pada Gording

Beban mati (D) :

- berat sendiri penutup atap
- berat sendiri gording
- alat-alat pengikat

Momen maks yang diakibatkan beban mati:

$$- M_{x_D} = \frac{1}{8} \cdot (q \cos \alpha) \cdot L^2 \quad (1)$$

$$- M_{y_D} = \frac{1}{8} \cdot (q \sin \alpha) \cdot \left(\frac{L}{3}\right)^2 \quad (2)$$

Beban Hidup Yang Bekerja Pada Gording

Beban hidup pada gording adalah beban yang bekerja secara terpusat Besarnya beban hidup diambil dari PPURG 1987, P = 100 kg

$$P_x = P \cdot \sin \alpha \quad (3)$$

$$P_y = P \cdot \cos \alpha \quad (4)$$

Momen maks yang diakibatkan beban hidup:

$$- M_{x_L} = \left(\frac{1}{4} \cdot P \cdot \cos \alpha\right) \cdot L^2 \quad (5)$$

$$- M_{y_L} = \left(\frac{1}{4} \cdot P \cdot \cos \alpha\right) \cdot \left(\frac{L}{3}\right)^2 \quad (6)$$

Beban Angin Yang Bekerja Pada Gording

Beban Angin Beban angin diperhitungkan dengan menganggap adanya tekanan positif (tiup) dan tekanan negatif (hisap), yang bekerja tegak lurus pada bidang atap. Menurut PPIUG 1983, tekanan tiup harus diambil minimal 25 kg/m².

III. Metode Penelitian

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di daerah Kota Tangerang. Penelitian dilakukan sejak bulan Maret sampai bulan Agustus 2020 dengan bantuan buku referensi yang mendukung tentang perencanaan struktur. Serta standar perencanaan Standar Nasional Indonesia (SNI) sebagai acuan untuk ketentuan struktur baja.

Data Teknis

Dalam susunan penelitian ini, dikumpulkan data – data yang mewakili penjelasan mengenai gudang. Data struktur gudang yang direncanakan adalah:

- Tinggi bangunan : 10,8 Meter
- Tinggi lantai 1 : 4 Meter
- Tinggi lantai 2 : 4 Meter
- Bentang kuda – kuda : 16 Meter
- Kemiringan atap : 15°
- Jarak gording : 1,2 Meter
- Panjang bangunan : 24 Meter
- Lebar bangunan : 16 Meter

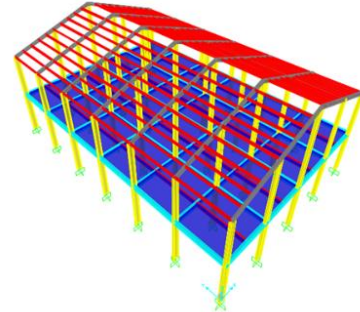
Mutu Bahan

Sifat-sifat mekanis baja struktural untuk maksud perencanaan ditetapkan dalam SNI 03 - 1729 - 2002 sebagai berikut :

- Modulus elastisitas : $E = 200.000 \text{ MPa}$
- Modulus geser : $G = 80.000 \text{ MPa}$
- Nisbah poisson : $\mu = 0,3$
- Koefisien pemuaian : $\alpha = 2 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$

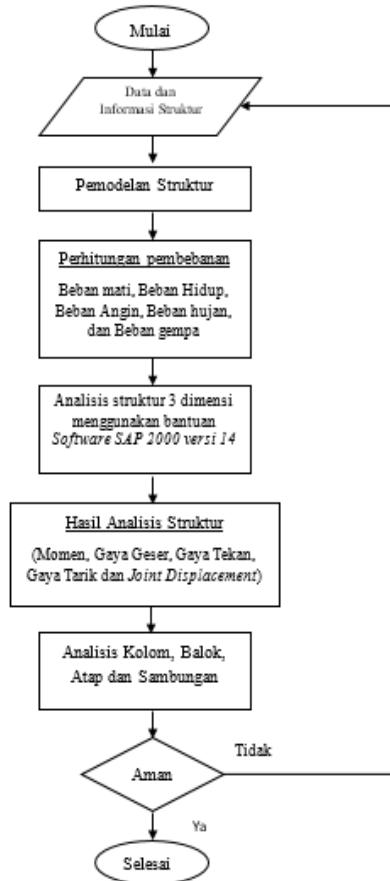
$$E_c = 4700 \times \sqrt{f'c} = 25742,96 \text{ Mpa}$$

Pemodelan Struktur



Gambar 2. Pemodelan Struktur

Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

IV. Hasil dan Pembahasan

Data Teknis Bangunan

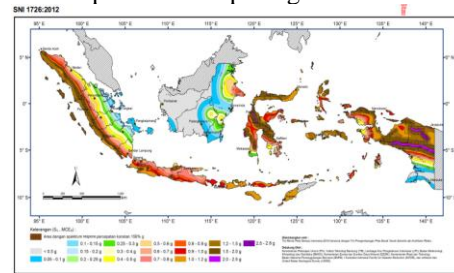
- Fungsi bangunan : Gudang
- Lokasi bangunan : Tangerang
- Jenis tanah : lunak
- Zona gempa : wilayah zona 3
- Tinggi bangunan : 10,8 m
- Tinggi tiap lantai : 4 m
- Kemiringan atap : 15°
- Panjang bangunan : 16 m
- Lebar bangunan : 24 m
- Mutu bahan :

Baja 41:	
Modulus elastisitas (E)	= 200.000 MPa
Modulus geser (G)	= 80.000 MPa
Nisbah poisson (μ)	= 0,3
Koefisien pemuaian (α)	= $2 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$
Fy	= 250 Mpa
Fu	= 410 Mpa

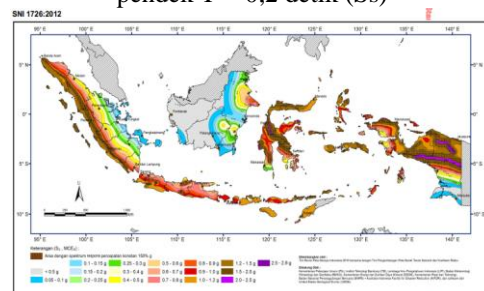
Beton :
Fc' = 30 Mpa

Menentukan Nilai Ss dan S1

Parameter percepatan terbagi 2 yaitu ada percepatan tanah dengan periode pendek $T = 0,2$ detik (Ss) dan percepatan periode $T = 1$ detik (S1) penentuan nilai Ss dan S1 dapat ditentukan dengan cara melihat peta seismic pada gambar berikut ini:



Gambar 3. Peta untuk percepatan tanah periode pendek $T = 0,2$ detik (Ss)



Gambar 4. Peta untuk percepatan tanah periode $T = 1$ detik (S1)

Bangunan gudang yang akan direncanakan berlokasi di kota Tangerang dengan kondisi tanah pada bangunan tersebut adalah tanah lunak berdasarkan peta tersebut didapatkan nilai Ss = 0,694 g dan S1 = 0,305 g.

Menentukan Koefisien Situs (Fa-Fy)

Pada SNI 1726 – 2012 menunjukkan faktor koefisien situs yang dapat ditentukan berdasarkan kelas situs dan parameter percepatan tanah. Faktor koefisien situs terbagi menjadi dua bagian yaitu faktor amplitasi getaran periode pendek (Fa) dan aplikasi periode getaran 1 detik (Fv).

Nilai S_s yang diperoleh digunakan sebelumnya adalah 0,694 g dan nilai S_1 adalah 0,305 g. Berdasarkan faktor yang dijabarkan diatas maka faktor koefisien situs untuk klasifikasi situ SE adalah $F_a = 1,313$ g dan $F_v = 2,781$ g.

Percepatan Parameter Desain (S_{DS} dan S_{D1})

Tahapan pertama perhitungan nilai S_{DS} dan S_{D1} merupakan perhitungan nilai parameter spektrum respon percepatan periode pendek (S_{MS}) dan periode 1 detik (S_{M1}). Perhitungan nilai tersebut adalah sebagai berikut.

$$S_{MS} = F_a \times S_s \quad (7)$$

$$= 1,313 \text{ g} \times 0,694 \text{ g}$$

$$= 0,911 \text{ g}$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 \quad (8)$$

$$= 2,781 \text{ g} \times 0,305 \text{ g}$$

$$= 0,848 \text{ g}$$

Perhitungan S_{DS} dan S_{D1} sebagai berikut:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS} \quad (9)$$

$$= \frac{2}{3} \times 0,911 \text{ g}$$

$$S_{DS} = 0,607 \text{ g}$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{M1} \quad (10)$$

$$= \frac{2}{3} \times 0,848 \text{ g}$$

$$S_{D1} = 0,565 \text{ g}$$

Tabel 1 Rekapitulasi perhitungan berat seismic efektif

Lantai	Beban Mati (kN)	Beban Hidup (kN)	Beban Hidup 80% (kN)	Beban Total (DL+0,3LL) (kN)
Lantai 2	684.41	384	307.2	776.57
Lantai 1	2403.52	2258	1806.4	2945.44
Berat Seismik Efektif (W_t)				3722.02

Bangunan gudang menggunakan konstruksi baja pemikul momen, sehingga nilai $C_t = 0,0724$ dan $x = 0,8$. Dan $C_u = 1,4$

Periode Minimum (T_{min})

$$T_{min} = C_t \times H_n^x \quad (11)$$

$$= 1,4 \times 12^{0,8}$$

$$= 0,382 \text{ detik}$$

Periode Maksimum (T_{max})

$$T_{max} = C_u \times T_{min} \quad (12)$$

$$= 1,4 \times 0,382 \text{ detik}$$

$$= 0,535 \text{ detik}$$

Geser Dasar Seismik

$$V = C_s \cdot W_t \quad (13)$$

$$R \text{ (SRPMK)} = 8$$

$$C_{Shitung} = \frac{S_{DS}}{R} = 0,076$$

$$C_{Smax} = \frac{S_{D1}}{T(R)} = 0,132$$

$$C_{Smin} = 0,044 \cdot S_{DS} \cdot l_e \geq 0,01$$

$$C_{Smin} = 0,044 \cdot (0,607) \cdot l \geq 0,01$$

$$C_{Smin} = 0,027 \geq 0,01$$

Kontrol :

$$C_{Smin} < C_s < C_{Smax} = 0,027 < 0,076 < 0,132$$

Maka digunakan $C_s = 0,076$

Sehingga gaya geser dasar seismik:

$$T = 0,5350$$

$$k = 1 - \left(\frac{T-0,5}{2,5-0,5} \right) \times (1 - 2) = 1,017$$

$$V = C_s \cdot W_t$$

$$= 0,076 \times 3722,02$$

$$= 282,6 \text{ kN}$$

Tabel 2. Rekapitulasi momen dan gaya lateral

Lantai	Tinggi dari lantai		Berat W_i (kN)	Momen $W_i \times h_i^x$ (kN-m)	Lateral F_i x-y (kN)
	h_i (m)	h_i^k (m)			
2	8	8.296	776.5	6442.70	98.355
		3222			
1	4	4.098	2945.	12070.9	184.277
		1741			
			18513.6		
			39		

Pemeriksaan Simpangan Antar Lantai

Penentuan simpangan antar lantai desain (Δ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Batas simpangan lantai diatur dalam SNI gempa pasal 7.8.6:

$$\Delta x = \frac{(\delta_2 - \delta_1) \times C_d}{l} < \Delta a, \quad (14)$$

dimana $\Delta a = 0,025 \text{ } h_x$

Tabel 3. Kinerja batas ultimet arah x dan y

Lantai	Hsx (mm)	δx (mm)	δy (mm)	Δx (mm)	Δy (mm)	Δa (ijin) (mm)	Ket.
2	400	239	15.3	5.75	21.7	100	Aman
	0	6	768	2	364		
1	400	1.35	11.4	7.42	62.8	100	Aman
	0	01	247	58	357		

Perhitungan Gording

Beban Mati

Berat sendiri atap = 7,044 kg/m

Berat sendiri gording = 7,51 kg/m

Berat baut – baut = 1,455 kg/m +

= 16,01 kg/m

$$q_y = q \cdot \cos \alpha = 16,01 \text{ kg/m} \cdot \cos 15^\circ = 15,46 \text{ kg/m}$$

$$q_x = q \cdot \sin \alpha = 16,01 \text{ kg/m} \cdot \sin 15^\circ = 4,14 \text{ kg/m}$$

momen terjadi adalah:

$$M_x = \frac{1}{8} \cdot q_y \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 15,46 \text{ kg/m} \cdot 4^2 = 30,92 \text{ kg.m}$$

$$M_y = \frac{1}{8} \cdot q_x \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 4,14 \text{ kg/m} \cdot 4^2 = 8,28 \text{ kg.m}$$

Beban Hidup

$$P_y = P \cdot \cos \alpha = 100 \cdot 15^\circ = 96,59 \text{ kg}$$

$$P_x = P \cdot \sin \alpha = 100 \cdot 15^\circ = 25,88 \text{ kg}$$

Momen yang terjadi adalah :

$$M_x = \frac{1}{4} \cdot P_y \cdot l = \frac{1}{4} \cdot 96,59 \cdot 4 = 96,59 \text{ kg.m}$$

$$M_y = \frac{1}{4} \cdot P_x \cdot l = \frac{1}{4} \cdot 25,88 \cdot 4 = 25,88 \text{ kg.m}$$

Beban Angin

Tekanan angin diluar daerah pantai = 25 gk/m

Koefisien angin tekan : $0,02 \times 15 \times -0,4 = -0,1$

Koefisien angina hisap = -0,4

$$\text{Angin tekan} = 1,2 \cdot 4 \cdot -0,1 \cdot 25 = -12 \text{ kg/m}$$

$$\text{Angin hisap} = 1,2 \cdot 4 \cdot -0,4 \cdot 25 = -48 \text{ kg/m}$$

Kombinasi Pembebanan

Kombinasi beban tetap (beban mati + beban hidup)

$$M_x = 15,46 + 96,59 = 112,05 \text{ kg.m}$$

$$M_y = 8,28 + 25,88 = 34,16 \text{ kg.m}$$

Kontrol Dimensi Gording

1. Terhadap kekuatan ($\bar{\sigma}$)

Dari kombinasi pembebanan yang diatas menentukan adalah kombinasi beban tetap, sehingga;

$$\sigma_{max} = \frac{M_{x_{max}}}{W_x} + \frac{M_{y_{max}}}{W_y} < \bar{\sigma} \quad (17)$$

$$= \frac{112,05 \times 10^2}{44,3} + \frac{34,16 \times 10^2}{12,2} < \bar{\sigma}$$

$$= 532,82 \leq 1600 \text{ kg/cm}^2$$

→ Kekuatan gording memenuhi persyaratan

2. Terhadap kekakuan (lendutan)

$$f_{max} = \frac{1}{200} l = \frac{1}{200} \times 400 = 2 \text{ cm} \quad (18)$$

Beban merata

$$f_x = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_x l^4}{E I_y} = \frac{5}{384} \cdot \frac{(0,0414)(400)^4}{(2,1 \times 10^6)(53,8)} = 0,122 \text{ cm} \quad (19)$$

$$f_y = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_y l^4}{E I_x} = \frac{5}{384} \cdot \frac{(0,1546)(400)^4}{(2,1 \times 10^6)(332)} = 0,307 \text{ cm} \quad (20)$$

Beban terpusat

$$f_x = \frac{P_x}{48} \cdot \frac{l^3}{E I_y} = \frac{25,88}{48} \cdot \frac{(400)^3}{(2,1 \times 10^6)(53,8)} = 0,305 \text{ cm} \quad (21)$$

$$f_y = \frac{P_y}{48} \cdot \frac{l^3}{E I_x} = \frac{96,59}{48} \cdot \frac{(400)^3}{(2,1 \times 10^6)(332)} = 0,185 \text{ cm} \quad (22)$$

Total beban

$$- f_x = 0,122 + 0,305 = 0,427 \text{ cm}$$

$$- f_y = 0,307 + 0,185 = 0,492 \text{ cm}$$

$$f_{total} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{0,427^2 + 0,492^2} = 0,65 \text{ cm} < f_{max} = 2 \text{ cm} \quad (23)$$

→ Kekakuan gording memenuhi persyaratan, sehingga gording light lip channels 150.65.20.3,2 dapat digunakan.

Perhitungan Rafter

Beban mati (D)

$$\text{Berat sendiri gording} = 7,51 \text{ Kg/m}$$

$$\text{Berat penutup atap (zicalum)} = 7,044 \text{ Kg/m}$$

$$\text{Alat pengikat} = 1,317 \text{ Kg/m} +$$

$$q_D = 15,87 \text{ Kg/m}$$

$$q_{total} = q_D \times 4m = 63,48 \text{ Kg/m}$$

Beban hidup (L)

$$\text{Beban hidup orang (beban terpusat)} = 100 \text{ kg}$$

$$\text{Beban hujan/beban terbagi rata: } 20 \cdot 1,2 \cdot 4 = 96 \text{ kg/m}$$

Beban Angin

Tekanan angin diluar daerah pantai = 25 gk/m

Koefisien angin tekan : $0,02 \cdot 15 \cdot -0,4 = -0,1$

Koefisien angin hisap = -0,4

$$\text{Angin tekan} = 1,2 \cdot 4 \cdot -0,1 \cdot 25 = -12 \text{ kg/m}$$

$$= -12 \text{ kg/m}$$

$$\text{Angin hisap} = 1,2 \times 4 \times -0,4 \times 25 = -48 \text{ kg/m}$$

$$= -48 \text{ kg/m}$$

Pemeriksaan Dimensi Rafter
Dari hasil output SAP diperoleh :
Mu = 1,57654257 kNm

1. Periksa syarat kelangsingan profil

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{125}{2 \cdot 9} = 6,94 < \lambda_p = \frac{170}{\sqrt{fy}} = 10,75$$

$$\frac{h}{tw} = \frac{208}{6} = 34,67 < \lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{fy}} = 106,25$$

Penampang kompak

$$Mn = Zx \cdot fy \quad (24)$$

$$= 324 \text{ cm}^3 \times 0,25 \text{ kN/cm}^2$$

$$= 81 \text{ kN}$$

$$\phi Mn = 0,90 \times 81 \text{ kN}$$

$$= 72,9 \text{ kN}$$

$$\phi Mn > Mu$$

$$72,9 \text{ kN} > 1,57654257 \text{ kNm}$$

2. Pemeriksaan terhadap lendutan

Dari output sap didapatkan lendutan maksimum sebesar

$$\delta \text{ maks} = 0,009493 \text{ cm}$$

$$\delta \text{ ijin} = 1/240 = 6,763 \text{ cm}$$

$$0,009493 \leq 6,763 \text{ cm}$$

$$\delta \text{ maks} \leq \delta \text{ ijin}$$

kesimpulan profil kuda – kuda / rafter IWF

250.125.6.9 aman untuk digunakan.

Perencanaan Kolom

Data beban dan geometri struktur, berikut hasil output dari SAP 2000

Momen (Mu)	= 46642558 Nmm
Gaya geser (Vu)	= 50420.59 N
Momen A (MA)	= 3494172,18 Nmm
Momen B (MB)	= 36399433,74 Nmm
Momen C (MC)	= 18978835,01 Nmm
Gaya aksial (Nu)	= 26371.67 N
Mntux	= 34536702 Nmm
Mntuy	= 0
Mltux	= 35831006 Nmm
Mltuy	= 0
M1x	= 1792769.71 Nmm
M2x	= 495437,31 Nmm
M1y	= 0
M2y	= 0
$\sum Nu$	= 951382,52 N
$\sum Ncrsx$	= 70565554.98 N
$\sum Ncrsy$	= 0
Tinggi kolom	= 4000 mm

Menurut Smith 1996, faktor panjang tekuk dapat ditentukan tanpa nomogram, tetapi dengan rumus, dan untuk portal bergoyang adalah:

$$Kx = \sqrt{\frac{1,6 G_{ix} G_{jx} + 4,0 (G_{ix} + G_{jx}) + 7,5}{G_{ix} + G_{jx} + 7,5}} \quad (25)$$

$$= 1,39$$

$$Ky = \sqrt{\frac{1,6 G_{iy} G_{jy} + 4,0 (G_{iy} + G_{jy}) + 7,5}{G_{iy} + G_{jy} + 7,5}} \quad (26)$$

$$= 1,18$$

Menentukan Panjang tekuk kolom

$$L_{kx} = k_x L_x = 5540,57 \text{ mm}$$

$$L_{ky} = k_y L_y = 4733,02 \text{ mm}$$

Menemukan parameter kelangsingan kolom

$$\lambda_{cx} = \frac{1}{\pi} \frac{L_{kx}}{r_x} \sqrt{\frac{fy}{E}} = 0,37 \quad (27)$$

$$\lambda_{cy} = \frac{1}{\pi} \frac{L_{ky}}{r_y} \sqrt{\frac{fy}{E}} = 1,17 \quad (28)$$

Menentukan daya dukung nominal kolom

Jika, $\lambda_c \leq 0,25$ maka $\omega = 1$

$$\text{Jika, } 0,25 < \lambda_c < 1,2 \text{ maka } \omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_c}$$

$$\text{Jika, } \lambda_c \geq 1,2 \text{ maka } \omega = 1,25 \lambda_c^2$$

$$\text{Jadi } \omega_x = 1,06$$

$$\text{Jadi } \omega_y = 1,76$$

$$f_{crx} = \frac{fy}{\omega_x} = 236,25 \text{ Mpa}$$

$$f_{cry} = \frac{fy}{\omega_y} = 142,30 \text{ Mpa}$$

$$N_{nx} = A_g f_{crx} = 1986831,60 \text{ N}$$

$$N_{ny} = A_g f_{cry} = 1196701,33 \text{ N}$$

Untuk selanjutnya, digunakan nilai Nn minimum = 1196701,33 N

$$\phi N_n = 1011796,13 \text{ N}$$

$$\frac{Nu}{\phi N_n} = 0,26$$

Efek balok simbu x

- Menentukan konstanta – konstanta untuk profil IWF simetris ganda

$$h_1 = t_f + r = 29 \text{ mm}$$

$$h_2 = h_t - 2h_1 = 342 \text{ mm}$$

$$h = h_t - t_f = 387 \text{ mm}$$

$$J \approx \sum \frac{bt^3}{3} = 356762,67 \text{ mm}^4$$

$$I_w = \frac{I_y h^2}{4} = 6,5 \times 10^{11}$$

$$X_1 = \frac{\pi}{S_x} \sqrt{\frac{EGJA}{2}} = 12934,08 \text{ MPa}$$

$$X_2 = 4 \left[\frac{S_x}{GJ} \right]^2 \frac{I_w}{I_y} = 0,000260 \text{ mm}^2/\text{N}^2$$

$$Z_x = \frac{t_w h_t^2}{4} + (b_f - t_w)(h_t - t_f)t_f = 1285952 \text{ mm}^3$$

$$Z_y = \frac{t_f b_t^2}{2} + (h_t - 2t_f) \frac{t_w^2}{4} = 265984 \text{ mm}^3$$

- Menentukan kuat nominal lentur penampang dengan pengaruh tekuk lokal

Penampang kompak $\lambda < \lambda_p$

Untuk tekuk lokal pelat sayap

$$\frac{bf}{2tf} < \frac{170}{\sqrt{fy}} \text{ maka } 7,69 < 10,75$$

Pelat sayap termasuk elemen kompak

Untuk tekuk lokal pelat badan

$$N_y = A fy = 2102500 \text{ N}$$

$$\frac{h_2}{t_w} = 42,75$$

$$\frac{N_u}{\phi_b N_y} = 0,14$$

$$\frac{N_u}{\phi_b N_y} > 0,125$$

Jika, $\frac{N_u}{\phi_b N_y} > 0,125$, maka

$$\frac{500}{\sqrt{f_y}} \left[2,33 - \frac{N_u}{\phi_b N_y} \right] \geq \frac{665}{\sqrt{f_y}} = 69,28$$

$$\frac{h_2}{t_w} < 69,28$$

Jadi pelat badan termasuk elemen kompak

- Menentukan batasan momen plastic, Mp
Mn = Mp, dengan Mp adalah
Mp = Fy . Zx = 321488000 Nmm
Jadi digunakan Mn=Mp=321488000 Nmm

- Menentukan kuat nominal lentur penampang dengan pengaruh tekuk lateral Kontrol penampang, termasuk bentang pendek, menengah, atau bentang panjang :

$$L = 4000 \text{ mm}$$

$$L_p = 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2260,03 \text{ mm}$$

$$f_L = f_y - f_r = 180 \text{ Mpa}$$

$$L_r = r_y \left[\frac{X_1}{f_L} \right] \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 f_L^2}} = 6582,79 \text{ mm}$$

Jadi $L_p < L < L_r$ (termasuk bentang menengah)

$$M_p = F_y Z_x = 321488000 \text{ Nmm}$$

Untuk bentang pendek : $L \leq L_p$

Bentang menengah $L_p \leq L \leq L_r$

$$M_r = S_x (F_y - F_r) = 214200000 \text{ Nmm}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{max}}{2,5 M_{max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 2,3 = 1,77$$

$$M_n = C_b \left[M_r + (M_p - M_r) \frac{(L_r - L)}{(L_r - L_p)} \right] \leq$$

$$M_p = 492257740,93 \text{ Nmm}$$

Karena nilai $M_n > M_p$, maka $M_n = 321488000 \text{ Nmm}$

- Menentukan momen nominal yang paling menentukan dari masing – masing kondisi batas.

Momen nominal berdasar tekuk lokal = 321488000 Nmm

Momen nominal berdasar tekuk lateral= 321488000 Nmm

Momen nominal yang paling menentukan (Mnx) = 321488000 Nmm

- Menentukan faktor pembesaran momen Momen lentur terhadap sumbu x Ditinjau untuk kondisi portal tak bergoyang (braced)

$$G_{ix} = 1$$

$$G_{jx} = 1,306106138$$

$$k_x = \frac{3G_{ix} G_{jx} + 1,4 (G_{ix} + G_{jx}) + 0,64}{3G_{ix} G_{jx} + 2,0 (G_{ix} + G_{jx}) + 1,28} = 0,79$$

$$\lambda_{cx} = \frac{1}{\pi} \frac{L_{kx}}{r_x} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = 0,21$$

$$N_{crb} = \frac{A_b f_y}{\lambda_{cx}^2} = 46481892,75 \text{ N}$$

$$C_{mx} = 0,6 - 0,4 \beta_m \leq 1 = -0,85$$

Karena nilai $C_{mx} < 1$ maka, digunakan

$$C_{mx} = -0,85$$

$$\delta_{sx} = \frac{1}{1 - \left[\frac{\sum N_u}{\sum N_{crb}} \right]} = -0,85$$

$$= 1$$

$$\delta_{sx} = \frac{1}{1 - \left[\frac{\sum N_u}{\sum N_{crb}} \right]} = 1,01$$

- Menentukan momen ultimet (Mu)

$$M_{ux} = \delta_{bx} M_{ntux} + \delta_{sx} M_{ltux} = 70857392,67 \text{ Nmm}$$

- Kontrol dengan persamaan interaksi aksial momen

$$\frac{N_u}{\phi N_u} = 0,26$$

$$\text{Bila, } \frac{N_u}{\phi N_n} \geq 0,2 \text{ maka, } \frac{N_u}{\phi N_n} + \frac{8}{9} +$$

$$\left[\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right] \leq 1$$

$$0,477 < 1$$

- Kontrol kuat geser nominal balok tanpa pengaku

Ketebalan minimum pelat badan tanpa adanya pengaku :

$$\frac{h_2}{t_w} \leq 6,36 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 42,75 < 179,89$$

Jadi tebal pelat badan memenuhi syarat

Kuat geser pelat badan tanpa adanya pengaku :

$$A_w = t_w h_t = 3200 \text{ mm}^2$$

$$V_n = 0,6 f_y A_w = 480000 \text{ N}$$

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$50,42 \leq 432 \text{ kN} \rightarrow \text{OK}$$

Dapat disimpulkan bahwa hasil perhitungan diatas profil IWF IWF 400.200.8.13 aman digunakan.

Perhitungan Balok Induk

$$\text{Modulus Elastisitas (E)} = 200000 \text{ Mpa}$$

$$\text{Tegangan leleh (Fy)} = 250 \text{ Mpa}$$

$$F_r = 70 \text{ Mpa}$$

$$\text{Momen maksimum (Mu)} = 37036642,83 \text{ Nmm}$$

$$\text{Gaya geser maksimum (Vu)} = 49166,93 \text{ N}$$

$$\text{Momen A (MA)} = 14924861,93 \text{ Nmm}$$

$$\text{Momen B (MB)} = 37036642,83 \text{ Nmm}$$

$$\text{Momen C (MC)} = 8623811,97 \text{ Nmm}$$

$$\text{Jarak songkongan lateral (L)} = 4000 \text{ mm}$$

$$\text{Menggunakan profil IWF 350.175.7.11}$$

- Menentukan konstanta – konstanta untuk profil simetris ganda

$$h_1 = t_f + r = 25 \text{ mm}$$

$$h_2 = h_r - 2h_1 = 300 \text{ mm}$$

$$h = h_t - t_f = 339 \text{ mm}$$

$$J \approx \sum \frac{bt^3}{3} = 192784,67 \text{ mm}^4$$

$$I_w = \frac{I_y h^2}{4} = 2,83 \times 10^{11}$$

$$X_1 = \frac{\pi}{S_x} \sqrt{\frac{EGJA}{2}} = 12649,74 \text{ Mpa}$$

$$X_2 = 4 \left[\frac{S_x}{GJ} \right]^2 \frac{I_w}{I_y} = 0,000290 \text{ mm}^2/\text{N}$$

$$Z_x = \frac{t_w h_t^2}{4} + (bf - tw)(h_t - t_f)tf$$

$$= 840847 \text{ mm}^3$$

b. Perancangan lentur balok

- Menentukan kuat nominal lentur penampang dengan pengaruh tekuk lokal
Penampang kompak $\lambda < \lambda_p$
Untuk tekuk lokal pelat sayap

$$\frac{b_f}{2t_f} < \frac{170}{\sqrt{F_y}}$$

$$7,95 < 10,75$$

Maka, Pelat sayap termasuk elemen kompak
Untuk tekuk lokal pelat badan

$$\lambda = \frac{h_2}{t_w} < \lambda_r \frac{1680}{\sqrt{F_y}}$$

$$42,86 < 106,25$$

Maka, Pelat badan elemen kompak
Menentukan batasan momen plastic, M_p
 $M_n = M_p$, dengan M_p adalah :
 $M_p = f_y \cdot Z_y = 21011750 \text{ Nmm}$
Jadi digunakan $M_n = M_p = 21011750 \text{ Nmm}$

- Kontrol penampang termasuk penampang tidak kompak atau penampang langsing.
Menentukan momen batas tekuk, M_r
 $M_r = S_x (f_y - f_r) = 139500000 \text{ Nmm}$
Penampang tidak kompak, $\lambda_p \leq \lambda \leq \lambda_r$
Untuk penampang yang dipengaruhi oleh tekuk lokal pelat sayap
 $\lambda_r = 370 / \sqrt{f_y - f_r} = 27,58$
Untuk penampang yang dipengaruhi oleh tekuk lokal pelat badan.

$$\lambda_r = \frac{2550}{\sqrt{F_y}} = 161,28$$

Penampang langsing

Untuk pelat sayap yang memenuhi $\lambda_r \leq \lambda$
 $\lambda_r = 27,58$

Untuk pelat badan yang memenuhi $\lambda_r \leq \lambda$
 $\lambda_r = 161,28$
 $\lambda = 42,86$

Karena $\lambda_r \leq \lambda$ maka M_n tidak perlu dihitung.

- Menentukan kuat nominal lentur penampang dengan pengaruh tekuk lateral
 $L = 4000 \text{ mm}$
 $L_p = 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1966,32 \text{ mm}$
 $f_L = f_y - f_r = 180 \text{ mm}$
 $L_r = r_y \left[\frac{X_1}{f_L} \right] \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 f_L^2}} = 5705,99 \text{ mm}$
Jika $L_p \leq L \leq L_r$ (termasuk bentang menengah)
Kuat lentur plastis M_p
 $M_n = M_p$, dengan M_p adalah
 $M_p = f_y \cdot Z_x = 210211750 \text{ Nmm}$
Bentang Menengah $L_p \leq L \leq L_r$
 $C_b = \frac{12,5 M_{max}}{2,5 M_{max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 2,3 = 1,49$
 $M_n = C_b \left[M_r + (M_p + M_r) \frac{(L_r - L)}{(L_r - L_p)} \right] \leq M_p = 255365134,06 \text{ Nmm}$

Karenan nilai $M_n > M_p$ maka, $M_n = 210211750 \text{ Nmm}$

- Menentukan momen nominal yang paling menentukan
Momen nominal berdasar pengaruh tekuk lokal = 210211750 Nmm
Momen nominal berdasar pengaruh tekuk lateral = 210211750 Nmm
Jadi M_n actual yang palig menentukan = 210211750 Nmm
- Kontrol kekuatan penampang berdasar M_n yang paling menentukan
 $M_n \leq \phi M_n$
 $37,04 \text{ kNm} \leq 189,19 \text{ kNm} \rightarrow \text{Aman}$
- Kontrol kuat geser nominal balok tanpa pengaku

Ketebalan minimum pelat badan tanda adanya pengaku:

$$\frac{h_2}{t_w} \leq 6,36 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$42,86 \leq 179,89$$

Jadi tebal pelat badan memenuhi syarat

Kuat geser pelat badan tanpa adanya pengaku :

$$A_w = t_w \cdot h_t = 2450 \text{ mm}$$

$$V_n = 0,6 f_y A_w = 367500 \text{ N}$$

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$49,7 \text{ kN} \leq 330,75 \text{ kN} \rightarrow \text{Aman}$$

Tabel 4 Rasio dan lentur balok induk

Rasio balok anak IWF 350.175.7.11	
Rasio lentur	0,196
Rasio geser	0,15

Perhitungan Pelat Lantai

Beban Mati (D)
 Beban sendiri pelat = 2,88 kN/m²
 Berat instalasi (ME) = 0,25 kN/m² +
 Total beban mati QD = 3,13 kN/m²

Beban Hidup (L)
 Beban pada lantai gudang QL = 4 kN/m²

Beban rencana terfaktor
 Qu = 1,2 · QD + 1,6 QL = 10,156 kN/m²

Momen pelat akibat beban terfaktor

Mulx = Clx · 0,001 · Qu · Lx²
 = 58 · 0,001 · 10,156 · 3²
 = 2,356 kNm/m

Muly = Cly · 0,001 · Qu · Lx²
 = 15 · 0,001 · 10,156 · 3²
 = 0,609 kNm/m

Mutx = Ctx · 0,001 · Qu · Lx²
 = 82 · 0,001 · 10,156 · 3²
 = 3,331 kNm/m

Muty = Cly · 0,001 · Qu · Lx²
 = 53 · 0,001 · 10,156 · 3²
 = 2,153 kNm/m

Momen rencana maksimum pelat Mu = 3,331 kNm/m

- Penulangan pelat
 Untuk : $f_c' \leq 30$ Mpa
 $\beta_1 = 0,85$
 Untuk : $f_c' \geq 30$ Mpa, $\beta_1 = 0,85 - 0,05 \times (f_c' - 30) = -$
 Faktor bentuk distribusi beton
 $\beta_1 = 0,85$
- Rasio tulangan pada kondisi balance
 $\rho_b = \beta_1 \times 0,85 \times f_c' / f_y \times 600 / (600 \times f_y)$
 $= 0,0352$
- Faktor tahanan momen maksimum
 $R_{max} = 0,75 \times \rho_b \times f_y \times (1 \times \frac{1}{2} \times 0,75 \times \rho_b \times f_y / (0,85 \times f_c'))$
 $= 7,8883$
- Faktor reduksi kekuatan lentur
 $\phi = 0,80$
- Jarak tulangan terhadap sisi luar beton
 $d_s = t_s + \phi/2$
 $= 25,0$ mm
- Tebal efektif pada lantai
 $d = h - d_s$
 $= 95,0$ mm
- Ditinjau pelat lantai selebar 1 m
 $b = 1000$ mm
- Momen nominal rencana
 $M_n = M_u / \phi$
 $= 4,164$ kN m
- Faktor tahanan momen
 $R_n = M_n \times 10^{-6} / (b \times d^2)$
 $= 0,46138$ kN m
 $R_n < R_{max} \rightarrow OK$
- Rasio tulangan yang diperlukan :

$$p = 0,85 \times \frac{f_c'}{f_y} \times \left[1 - \sqrt{(1 - 2 \times R_n / (0,85 \times f_c'))} \right] = 0,0012$$

- Rasio tulangan minimal
 $\rho_{min} = 0,0025$
 Rasio tulangan yang digunakan $\rho = 0,0025$
- Rasio tulangan yang diperlukan
 $A_s = \rho \times b \times d$
 $= 238$ mm²
- Las tulangan yang diperlukan
 $S = \pi/4 \times \phi^2 \times b / A_s$
 $= 331$ mm
- Jarak tulangan maks.
 $S_{max} = 2 \times h$
 $= 240$ mm
- Jarak tulangan maks.
 $S_{max} = 200$ mm
- Jarak sengkang yang dapat digunakan
 $S = 200$ mm
- Diambil jarak sengkang
 $S = 200$ mm
- Digunakan tulangan
 $\phi 10 - 200$
- Luas tulangan terpakai
 $A_s = \pi/4 \times \phi^2 \times b / S = 393$ mm²

Kontrol lendutan untuk pelat

- Modulus Elastisitas beton
 $E_c = 4700 \times \sqrt{f_c'} = 25743$ Mpa
- Modulus elastisitas baja tulangan
 $E_s = 2,1 \times 10^5$ Mpa
- Beban merata (tak terfaktor) pada pelat
 $Q = QD + QL = 7,130$ N/mm
- Panjang bentang plat
 $L_x = 2000$ mm
- Batas lendutan maksimum yang diijinkan
 $L_x/240 = 8,333$ mm
- Momen inersia brutto penampang plat
 $I_g = 1/12 \times b \times h^3$
 $= 144000000$ mm³
- Modulus keruntuhan lentur beton,
 $f_r = 0,7 \times \sqrt{f_c'} = 3,834$ MPa
- Nilai perbandingan modulus elastisitas
 $n = E_s / E_c = 8,16$
- Jarak garis netral terhadap sisi atas beton
 $c = n \times A_s / b$
 $= 3,203$ mm
- Momen inersia penampang retak yang ditransformasikan ke beton dihitung sebagai berikut:
 $I_{cr} = 1/3 \times b \times c^3 + n \times A_s \times (d-c)^2$
 $= 27005330$ mm⁴
 $y_t = h/2$

- $= 60 \text{ mm}$
- Momen retak :
 $M_{cr} = f_r \times I_g / y_t$
 $= 9201739 \text{ N mm}$
 - Momen maksimum akibat beban (tanpa faktor beban) :
 $M_a = 1/8 \times Q \times L \times L^2$
 $= 3565000 \text{ N mm}$
 - Inersia efektif untuk perhitungan lendutan
 $I_e = (M_{cr} / M_a)^3 \times I_q + (1 - (M_{cr} / M_a)^3) \times I_{cr}$
 $= 2038862763 \text{ mm}^4$
 - Lendutan elastis seketika akibat beban mati dan beban hidup :
 $\delta_e = 5/384 \times Q \times L^4 / (E_c \times I_e) = 0,028 \text{ mm}$
 - Rasio tulangan slab lantai :
 $\rho = A_s / (b \times d)$
 $= 0,0041$
 - Faktor ketergantungan waktu untuk beban mati (Jangka waktu > 5 tahun), nilai :
 $\zeta = 2,0$
 $\lambda = \zeta / (1 + 50 \times \rho) = 1,6574$
 - Lendutan jangka panjang akibat rangkai dan susut :
 $\delta_g = \lambda \times 5 / 384 \times Q \times L^4 / (E_c \times I_e)$
 $= 0,047 \text{ mm}$
 - lendutan total
 $\delta_{tot} = \delta_e + \delta_g$
 $= 0,075 \text{ mm}$
- Syarat :
 $\delta_{tot} = 0,075 \leq L_x / 240 = 8,333 \dots$ Aman (OK)

V. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari perhitungan dan hasil dari analisis pada perencanaan gudang menggunakan konstruksi baja, dapat disimpulkan bahwa:

1. Profil yang digunakan, dan aman terhadap momen dan geser adalah sebagai berikut:
 - a. Rafter menggunakan profil IWF 250.125.6.9
 - b. Untuk Gording digunakan profil CNP 150.65.20.3.2
 - c. Balok induk menggunakan profil IWF 350.175.7.11
 - d. Balok anak menggunakan profil IWF 300.150.6.5.9
 - e. Kolom lantai 1 menggunakan profil IWF 400.200.8.13
 - f. Kolom lantai 2 menggunakan profil IWF 350.175.7.11
 - g. Pelat lantai menggunakan tulangan ϕ 10-200 dengan tebal pelat 12 cm.
2. Dari kombinasi pembebanan aksial dan lateral (Beban angin ataupun Beban gempa) profil cukup aman untuk digunakan.
3. Perencanaan struktur atas bangunan gudang menggunakan konstruksi baja dari hasil

analisis dapat digunakan di wilayah Tangerang pada zona gempa 3.

Saran

Untuk mengoptimalkan hasil modelling pada skripsi ini, dalam implementasinya masih perlu dilakukan kajian lebih lanjut antara lain sebagai berikut:

1. Peneliti lebih lanjut terkait hitungan cost vs benefit ratio untuk mencari biaya yang paling optimal sesuai peruntukannya tanpa melanggar ketentuan standar acuan yang digunakan.
2. Penelitian lebih lanjut terkait dengan environment atas pemanfaatan gudang tersebut untuk mencari biaya yang paling optimal untuk menjaga kondisi barang digudang agar tidak menurun kualitasnya atau malah menjadi rusak.

Daftar Pustaka

- Balbaid, H. (2017). *Perencanaan Ulang (Re-design) Gedung Belajar SMK 1 Muhammadiyah Kepanjen Menggunakan Struktur Baja Komposit Metode LRFD* (Doctoral dissertation, University of Muhammadiyah Malang).
- Fauzy, M. (2016). *Perencanaan Struktur Baja Gedung Hotel NEO* (Doctoral dissertation, Universitas Negeri Semarang).
- Putri, A. Y. (2017). OPTIMALISASI PROFIL BAJA IWF PADA BANGUNAN GUDANG KONSTRUKSI GABLE FRAME BERDASARKAN SNI 1729: 2015.
- Nasional, B. S. (2002). Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung. *Bandung. (SNI 03-1729-2002)*.
- Nasional, B. S. (2013). Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain SNI 1727: 2013. *Jakarta: BSN*.
- Nasional, B. S. (2012). Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung. *Sni, 1726, 2012*.
- Nasional, P. S. G. (2017). *Peta sumber dan bahaya gempa Indonesia tahun 2017*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman, Badan Penelitian dan Pengembangan, Kementerian Pekerjaan Umum.
- Umum, D. P. (1983). Peraturan pembebanan Indonesia untuk gedung 1983. *Bandung. Yayasan LPMB*.
- Safitra, Ahmad. (2018). "Perencanaan Struktur Atas Gedung Perkantoran 3 Lantai".
- Zakariya, Riza (2013). "Perencanaan Konstruksi Baja Bangunan Gudang

