

ANALISA STRUKTUR ATAP GUDANG PUPUK CURAH

Erwin Dwi Setiyorini^{1*}, Anis Saggaff², dan Arie Putra Usman²

¹ Program Studi Program Profesi Insinyur (PSPPI), Universitas Sriwijaya, Palembang

² Teknik Sipil, Universitas Sriwijaya, Palembang

Corresponding author: erwindst2010@gmail.com

ABSTRAK: PT Pupuk Sriwidjaja Palembang merencanakan pembangunan Gudang Pupuk Curah kapasitas 70.000 MT untuk sarana penyimpanan hasil produksi pupuk curah. Gudang Pupuk curah direncanakan dan didesain sebagai Gudang yang aman dan ekonomis namun untuk tetap memiliki kapasitas yang maksimal maka direncanakan menggunakan struktur bentang lebar tanpa kolom ditengah. Selain itu dalam struktur tersebut akan ditempatkan tripper conveyor sebagai sarana curah Pupuk di dalam Gudang. Dengan latar belakang tersebut maka dipilih struktur Gable Frame yang memiliki ruang bebas lebih tinggi dari pada struktur kuda – kuda. Penulis melakukan penelitian ini dengan tujuan untuk merencanakan dan menganalisa desain struktur atap berikut struktur tripper conveyor, melakukan kontrol perhitungan sesuai Desain spesifikasi yang dipersyaratkan dan mendapatkan dimensi profil baja yang akan digunakan berdasar hasil pembebanan. Perhitungan analisis menggunakan program SAP 2000. Untuk balok atap Gable Frame digunakan profil baja WF. WF adalah profil WF yang tersedia yang berfungsi mendapatkan kapasitas lentur yang dapat mengakomodir beban-beban yang ditumpu. Dengan jarak bentang atap 56 m dan jarak antar kolom 6 m, dan berdasarkan hasil Analisa maka didapatkan hasil perencanaan gudang Pupuk dengan ukuran dan dimensi profil struktur sebagai berikut : Balok atap Gable Frame Baja WF 588.300.12.20, Kolom utama menggunakan struktur Beton dimensi 1000x500 mm, Gording baja Lip Channel 150.65.50.3,2 dengan menggunakan mutu baja ASTM A-36 (F_y : 240mpa).

Kata Kunci : Struktur Atap, Struktur Tripper, Profil WF, Baja

ABSTRACT: PT Pupuk Sriwidjaja Palembang plans to build a Bulk Fertilizer Warehouse with a capacity of 70,000 MT for storage facilities for bulk fertilizer production. The Bulk Fertilizer Warehouse is planned and designed as a safe and economical warehouse, but to maintain maximum capacity, it is planned to use a wide-span structure without columns in the middle. In addition, the structure will be placed in a tripper conveyor as a means of bulk fertilizer in the warehouse. With this background, the Gable Frame structure was chosen which has a higher free space than the truss structure. The author conducted this study to plan and analyze the roof structure's design including the tripper conveyor structure, conduct calculation control according to the required design specifications, and obtain the dimensions of the steel profile to be used based on the loading results. The analysis calculation uses the SAP 2000 program. A WF steel profile is used for the Gable Frame roof beam. WF is an available WF profile that functions to obtain a bending capacity that can accommodate the loads supported. With a roof span of 56 m and a distance between columns of 6 m, and based on the results of the analysis, the results of the fertilizer warehouse planning were obtained with the following structural profile dimensions and dimensions: Gable Frame Steel Roof Beam WF 588.300.12.20, Main column using a 1000x500 mm Concrete structure, Lip Channel steel purlin 150.65.50.3.2 using ASTM A-36 steel quality (F_y : 240mpa).

Keywords: Roof structure, Tripper Structure, WF Profile, Steel

PENDAHULUAN

Salah satu Investasi Pengembangan yang dilaksanakan oleh PT Pusri Palembang adalah pembangunan Proyek Pusri II-B, dimana salah satu kelengkapan yang diperlukan adalah tersedianya Gudang Pupuk Curah dengan kapasitas 70.000 MT. Kebutuhan Gudang yang di rencanakan harus tetap aman dan

ekonomis namun dengan kapasitas tersebut diperlukan Gudang dengan struktur bentang lebar tanpa kolom ditengah, Investasi ini bertujuan untuk meningkatkan kapasitas penyimpanan pupuk dan efisiensi operasional. Dengan adanya Gudang Pupuk Curah tambahan diharapkan proses penyimpanan dan distribusi pupuk dapat berjalan lancar dan efisien.

Desain Gudang dengan typical struktur bentang lebar digunakan untuk Gudang yang berfungsi menampung material dan membutuhkan ruang penyimpanan yang cukup besar serta membutuhkan kemudahan dalam akses pemeliharaan didalamnya. Selain itu, Gudang bentang lebar pada umumnya digunakan dalam industri seperti logistik, manufaktur, dan distribusi, di mana kebutuhan akan penyimpanan menjadi hal yang sangat penting.

Gudang pupuk curah UBS IIB memerlukan Gudang dengan bentang lebar karena terdapat kebutuhan peralatan Portal scrapper sebagai fasilitas untuk mengirim pupuk dari Gudang ke fasilitas conveyor dan menuju ke Gudang eksisting maupun ke Quadrant ship loader (Pengiriman ke Kapal).

Lokasi Pembangunan Gudang berada di area Proyek Pusri II-B PT. Pusri - Palembang. Perencanaan struktur dapat didefinisikan sebagai campuran antara seni dan ilmu pengetahuan yang dikombinasikan dengan intuisi seorang ahli struktur mengenai perilaku struktur dengan dasar-dasar pengetahuan dalam statika dinamis, bahan, analisis struktur, dan mekanika. Untuk menghasilkan desain yang aman selama masa layan, maka Penulis akan merencanakan struktur yang mengakomodir seluruh pembebanan yang ada, sehingga desain yang akan dihasilkan adalah struktur yang ekonomis dan aman. selama masa layanannya.

Untuk kebutuhan tersebut maka direncanakan desain gudang menggunakan konstruksi baja, sesuai dengan fungsi bangunan tersebut yaitu bangunan yang difungsikan sebagai gudang dimana sangat dianjurkan menggunakan struktur baja karena dengan bentang yang lebar serta luasan yang sangat besar akan lebih efektif dan efisien juga ekonomis serta dapat menanggung beban konstruksi yang akan direncanakan.

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian yang dipakai Penulis yaitu menggunakan pendekatan kuantitatif melalui pemodelan struktur menggunakan perangkat lunak yaitu SAP 2000. Tahapan penelitian dimulai dengan pengumpulan data mengenai dimensi gudang, dimensi akses maintenance dalam Gudang, jenis material yang digunakan (baja), serta pembebanan yang meliputi beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban gempa. Data ini diperoleh dari standar nasional, yaitu SNI 1727:2020 untuk pembebanan dan SNI 1726:2019 untuk perencanaan ketahanan gempa serta mengacu pada Design Specification Civil & Architectural Proyek UBS IIB & CS dan standar-standar lain yang terkait.

Selanjutnya, struktur gudang dimodelkan dalam SAP2000 dengan menggunakan rangka baja portal. Pada tahap ini, elemen-elemen struktur seperti balok, kolom,

dan purlin dimasukkan ke dalam model dengan mempertimbangkan sifat mekanik material dan kondisi perletakan. Setelah pemodelan selesai, dilakukan analisis untuk mengetahui respon struktur terhadap beban-beban yang telah ditentukan.

Output dari SAP2000, berupa gaya dalam, defleksi, serta momen, kemudian dianalisis untuk mengevaluasi keamanan struktur berdasarkan standar yang berlaku. Optimasi desain dilakukan dengan mempertimbangkan efisiensi material serta batas defleksi maksimum yang diperbolehkan sesuai standar. Hasil analisis digunakan untuk memberikan rekomendasi terkait desain yang optimal dan memenuhi persyaratan keamanan.

HASIL & PEMBAHASAN

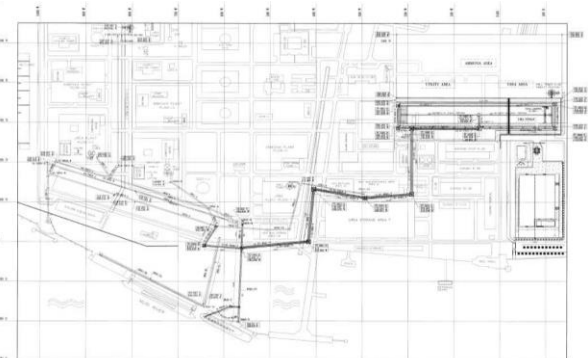
General

Data Umum :

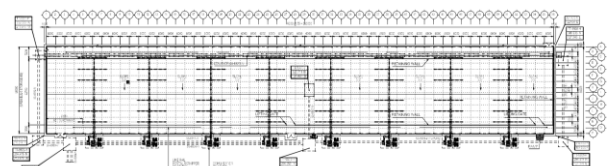
Lokasi	: PT Pusri Palembang
Kapasitas	: 70.000 MT
Area yang tersedia	: 3,5 Ha
Area Gudang	: 1,96 Ha

Dimensi Gudang:

Bentang	: 56 meter
Panjang Gudang	: 330 meter
Tinggi	: 23.727 meter
Dimensi Akses Maintenance	: Min 3m (Setiap sisi)



Gambar 1 UBS IIB & Conveyor System Project Layout



Gambar 2 Urea Bulk Storage Layout

Untuk perencanaan struktur baja ini, metode analisis yang digunakan dalam perhitungan adalah menggunakan Metode LRFD sesuai AISC 360-22,

ASCE 7-16 atau SNI 1727:2020. Asumsi yang digunakan dalam perhitungan:

- *Pinned at gable frame based*
- *Moment connection for portal frame*

Untuk Struktur beton menggunakan analisis LRFD sesuai dengan ACI 318-08. Asumsi yang digunakan dalam perhitungan:

- *Gable frame joint reaction will be used as the design load for concrete column*
- *Fixed at column base*
- *Fixed connection for each concrete element*

Desain Pembebanan

Pembebanan minimum yang akan digunakan dalam perencanaan Gudang ini meliputi berbagai jenis beban, seperti beban mati, beban hidup, beban angin, beban hujan, serta beban khusus lainnya (misalnya beban dari peralatan mekanikal).

Beban mati terdiri dari berat seluruh material konstruksi bangunan Gedung yang terpasang pada bangunan, termasuk, tetapi tidak terbatas pada, dinding, lantai, atap, langit-langit, tangga, dinding partisi tetap, *cladding*, *finishing*, dan komponen arsitektur dan struktural lainnya yang dimasukkan, dan peralatan layanan terpasang lainnya termasuk berat peralatan, derek dan system pengangkut material.

Beban mati yang akan dimasukkan dalam perhitungan meliputi:

- 1) Beban Mati Berat Sendiri
 - a. Beton = 2,4 ton/m³
 - b. Baja = 7,85 ton/m³
- 2) Beban Mati Tambahan
 - a. Dinding Beton = 300 kg/m²
 - b. Atap GFRP = 15 kg/m²
 - c. *Tripper Rail* = 36,9 kg/m²
 - d. *Grating and Hand Rail* = 44,2 kg/m²
 - e. *Ducting* = 84 kg/m²

Beban hidup mengacu pada beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir atau beban mati.

Beban mati yang akan dimasukkan dalam perhitungan meliputi:

- 1) Beban Hidup Penunjang (*Supporting Facilities Live Loads*)

Beban hidup penunjang adalah beban hidup yang bekerja pada bangunan pendukungnya, termasuk beban mekanikal/peralatan yang menunjang operasional sarana pendukung Gudang. Beban hidup yang dimaksud

mengacu pada *Design Specification for Civil Structural & Architectural UBS2B-A-0-10-GE-0001* sebagai berikut:

1. *Operating & Maintenance Floor Load* = 625 kg/m²
2. *Access Platforms, Walkways and Stairs* = 500 kg/m²
3. *Warehouse Floor Live Load* = 1,250 kg/m²
4. *PROJECT storage area Load* = 2,500 kg/m²
5. *Storage Floor Live Load* = 8,500 kg/m²
6. *Roof Live Load* = 100 kg/m²

- 2) Beban Sarana Penanganan Material (*Material Handlings Facilities Load*)

Beban sarana penanganan material termasuk beban yang bekerja pada bangunan yang berkaitan dengan Sistem Konveyor dan tidak dikategorikan sebagai beban penunjang bangunan. Contoh beban sarana penanganan material termasuk beban material yang dipindahkan, beban komponen peralatan/Mekanikal pada struktur penanganan material, beban *impact* yang dihasilkan oleh operasi mekanikal, dan lainnya.

- 1) Material (Urea curah) = 55 kg/m²
- 2) *Tripper Car Load*
- 3) Konveyor = 322.1 kg/m

Beban Angin: Beban angin diperhitungan dengan Desain dari Tekanan Angin (*wind pressure*) desain Netto sesuai SNI 1727-20 sebagai berikut :

$$P_s = \lambda I K_z P_{s30} \quad (28.5-1) \quad (1)$$

- λ = faktor penyesuaian untuk tinggi bangunan gedung dan eksposur
- I = *Importance Factor*
- P_{s30} = Tekanan angin desain yang disederhanakan untuk Eksposur B pada $h = 30$ ft
- K_z = *Koefisien eksposur tekanan velositas pada ketinggian z*

Kategori eksposur untuk Bangunan Sesuai SNI 1727:20 :

- Eksposur B: Untuk bangunan gedung atau struktur lain dengan tinggi atap rata-rata kurang dari atau sama dengan 30 ft (9,1m), Eksposur B berlaku bilamana kekasaran permukaan tanah, sebagaimana ditentukan oleh Kekasaran Permukaan B, berlaku di arah melawan angin untuk jarak yang lebih besar dari 1.500 ft (457m). Untuk bangunan gedung atau struktur lain dengan tinggi atap rata-rata lebih besar dari 30 ft (9,1m), Eksposur B berlaku bilamana Kekasaran Permukaan B berada dalam arah melawan angin untuk jarak lebih besar dari 2.600 ft (792 m) atau 20 kali tinggi bangunan atau struktur, pilih yang terbesar.
- Eksposur C berlaku untuk semua kasus di mana Eksposur B atau Eksposur D tidak berlaku.

- Eksposur D berlaku bilamana kekasaran permukaan tanah, sebagaimana ditentukan oleh Kekasaran Permukaan D

Tabel 1. *Building occupancy category according to ASCE 7-16*

Occupancy Category	Description of Hazard Represented by Building Collapse
I	Low
II	All buildings except those in I, III and IV
III	Substantial <ul style="list-style-type: none"> Public Assembly > 300 people Schools, daycares > 250 people College, adult education > 500 people Healthcare (no emergency or surgery) > 50 people Jails, detention centers Any building with more than 5000 people Public utility buildings (not in IV) Buildings containing hazardous materials (not in IV)
IV	Essential facilities <ul style="list-style-type: none"> Hospitals with emergency and surgery Fire, rescue, police Emergency shelters for earthquakes Power stations, public utility buildings designated for earthquake backup Aviation towers, control centers Critical nation defense related building Buildings containing hazardous materials quantities greater than in Table 307.1.(2).

Tabel 2. *Building Importance Factor according to ASCE 7-16*

Building category	Non-Hurricane prone regions and Hurricane prone regions with V = 80-100 mph and Alaska	Hurricane prone regions with V > 100 mph
I (Low hazard)	0.87	0.77
II (all others)	1	1
III (substantial hazard)	1.15	1.15
IV (essential facility)	1.15	1.15

Tahapan prosedur analisis:

1. Menentukan Kecepatan angin dasar, V, dan Faktor arah angin, K_d

Tabel 3. Faktor arah angin, K_d

Tipe struktur	Faktor arah angin K_d
Bangunan gedung	
Sistem Penahan Gaya Angin Utama (SPGAU)	0,85
Komponen dan Klading (K&K)	0,85
Atap lengkung	0,85
Kubah berbentuk bundar	1,0 ^a
Cerobong, tangki, dan struktur serupa	0,90
Persegi	0,95
Segi enam	1,0 ^a
Segi delapan	1,0 ^a
Bundar	
Dinding solid yang berdiri bebas, peralatan bagian atap, dan panel petunjuk solid yang berdiri bebas serta panel petunjuk terikat	0,85
Panel petunjuk terbuka dan rangka terbuka bidang tunggal	0,85
Rangka batang menara	
Segitiga, persegi, atau persegi panjang	0,85
Semua penampang lainnya	0,95

^aFaktor arah angin $K_d = 0,95$ diizinkan untuk struktur bundar atau struktur segi delapan dengan sistem struktur non-asimetris.

2. Menentukan importance factor, I, sesuai ASCE 7-16 Section 1.5.2.
3. Menentukan Kategori Exposure dan koefisien eksposur tekanan kecepatan, K_z or K_h

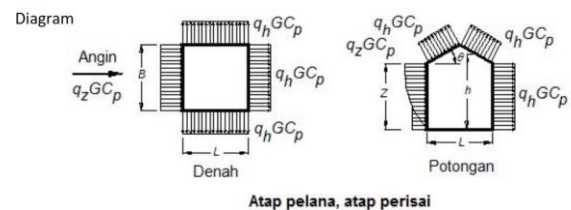
Tabel 4. Koefisien eksposure tekanan kecepatan, K_z dan K_h

Ketinggian di atas permukaan tanah		Eksposur		
ft	m	B	C	D
0-15	0-4,6	0,57 (0,70) ^a	0,85	1,03
20	6,1	0,62 (0,70) ^a	0,90	1,08
25	7,6	0,66 (0,70) ^a	0,94	1,12
30	9,1	0,70	0,98	1,16
40	12,2	0,76	1,04	1,12
50	15,2	0,81	1,09	1,27
60	18,0	0,85	1,13	1,31
70	21,3	0,89	1,17	1,34
80	24,4	0,93	1,21	1,38
90	27,4	0,96	1,24	1,40
100	30,5	0,99	1,26	1,43
120	36,6	1,04	1,31	1,48
140	42,7	1,09	1,36	1,52
160	48,8	1,13	1,39	1,55
180	54,9	1,17	1,43	1,58
200	61,0	1,20	1,46	1,61
250	76,2	1,28	1,53	1,68
300	91,4	1,35	1,59	1,73
350	106,7	1,41	1,64	1,78
400	121,9	1,47	1,69	1,82
450	137,2	1,52	1,73	1,86
500	152,4	1,56	1,77	1,89

^aGunakan 0,70 pada Pasal 28, Eksposur B, apabila $z < 30$ ft (9,1 m).

4. Menentukan Faktor Topografi K_{zt} .
5. Menentukan Faktor efek hembusan angin G, Faktor efek hembusan angin untuk suatu bangunan gedung dan struktur lain yang kaku boleh diambil sebesar 0,85 atau dihitung dengan formula.
6. Menentukan tekanan velositas q_z , atau q_h . tekanan kecepatan, q_z dievaluasi pada ketinggian z diatas tanah harus dihitung dengan persamaan berikut:

$$q_z = 0.613 K_z K_{zt} K_d K_e V^2 I \text{ (N/m}^2\text{; V dalam m/s)} \quad (2)$$
7. Menentukan koefisien tekanan eksternal, C_p atau C_N



Atap pelana, atap perisai			
Koefisien tekanan dinding, C_p			
Permukaan	L/B	C_p	Digunakan dengan
Dinding di sisi angin datang	Seluruh nilai	0,8	q_z
Dinding di sisi angin pergi	0-1	-0,5	q_h
	2	-0,3	q_h
	≥ 4	-0,2	q_h
Dinding tepi	Seluruh nilai	-0,7	q_h

Tabel 5. Koefisien tekanan eksternal

8. Menghitung desain tekanan angin F, dengan persamaan sebagai berikut :

$$F = q_z G C_p A_f \quad (3)$$

Dimana

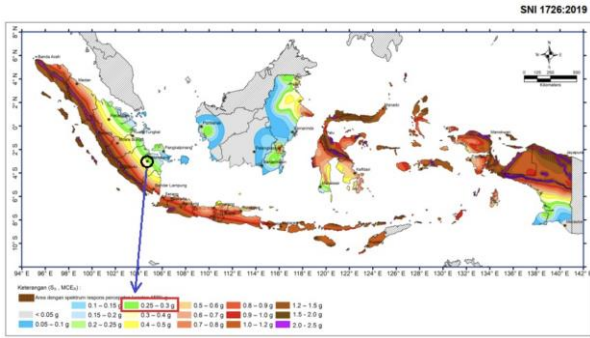
q_z = tekanan kecepatan, q_z dievaluasi pada ketinggian z diatas tanah.

A_f = luas bangunan gedung terbuka dan struktur lainnya baik yang tegak lurus terhadap arah angin ataupun diproyeksikan pada bidang yang tegak lurus terhadap arah angin, dalam ft(m2)

Beban Gempa

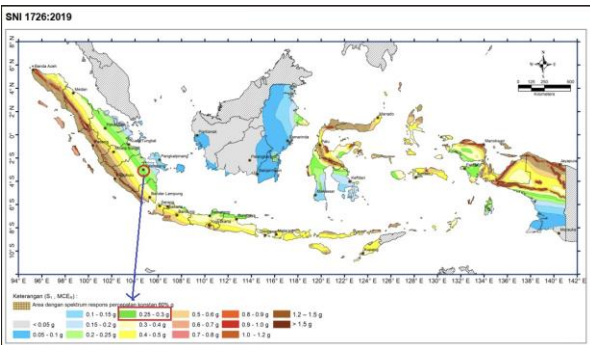
Lokasi Proyek Gudang di Palembang, Sumatera Selatan. Mengacu pada SNI 03-1726-2019, Response Spectrum Palembang sebagai berikut :

- a. Menentukan kecepatan gerak tanah S_s dan S_1 sesuai peta berikut :



Gambar 15 - Parameter gerak tanah S_s gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) wilayah Indonesia untuk spektrum respons 0,2-detik (redaman kritis 5%)

Gambar 3. Parameter gerak tanah S_s , gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) wilayah Indonesia untuk spektrum respons 0,2-detik (redaman kritis 5%)



Gambar 4. Parameter gerak tanah S_1 , gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) wilayah Indonesia untuk spektrum respons 0,2-detik (redaman kritis 5%)

- b. Menentukan klasifikasi situs berdasarkan properties tanah sesuai table berikut :

Tabel 6. Klasifikasi Situs

Kelas situs	\bar{V}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{60}	\bar{s}_v (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	< 15	< 50
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 6.10.1)	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, 3. Kuat geser nirair, $\bar{s}_v < 25$ kPa Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut : - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{s}_v < 50$ kPa		

CATATAN: N/A = tidak dapat dipakai

- c. Menentukan Koefisien-koefisien situs (F_a , F_v) dan parameter-parameter respons spektrum sesuai batasan klasifikasi situs periode pendek (S_{MS}) dan periode 1 detik (S_{M1}) sebagai berikut:

Tabel 7. Koefisien Situs, F_a

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T=0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS ^b				

CATATAN:

- (a) Untuk nilai-nilai antara S_s dapat dilakukan interpolasi linier
- (b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

Tabel 8. Koefisien situs, F_1

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan pada periode 1 detik, S_1				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS ^b				

CATATAN:

- (a) Untuk nilai-nilai antara S_1 dapat dilakukan interpolasi linier
- (b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

$$S_{MS} = F_a S_s$$

$$S_{M1} = F_1 S_1$$

- d. Menghitung Parameter Percepatan spectral dan Spectrum Respon Desain:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS}$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1}$$

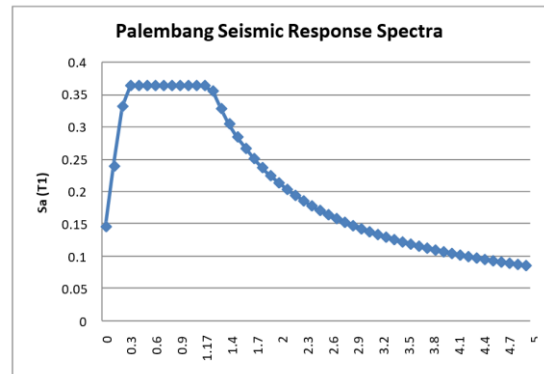
$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$S_a(T_1) = \begin{cases} S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T_1}{T_0} \right) & \text{if } T_1 \leq T_0 \\ S_{DS} & \text{if } T_0 < T_1 \leq T_s \\ \frac{S_{D1}}{T_1} & \text{if } T_1 > T_s \end{cases}$$

(4)

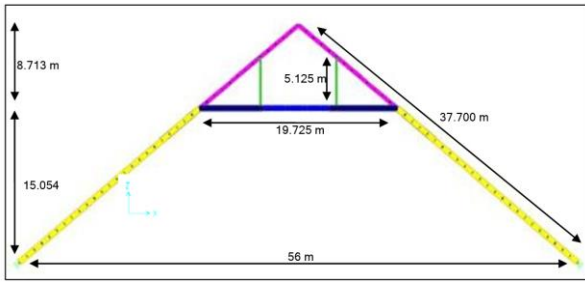
- e. Sesuai tahapan diatas, Spectrum Respon Desain untuk Palembang sebagai berikut:



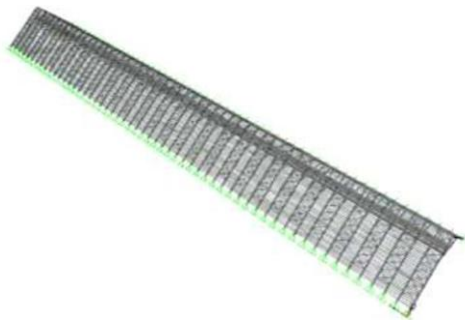
Gambar 5. Zona Gempa Spectrum Respon Desain sesuai SNI 1726-2019

Analisis Model

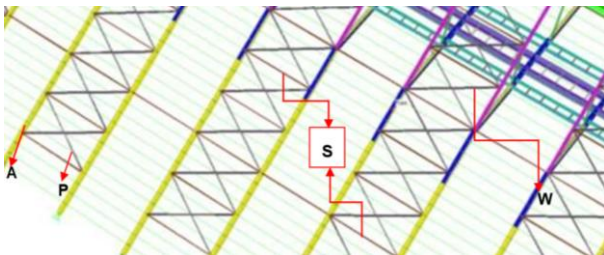
SAP Model:



Gambar 6 UBS Cross Section Model



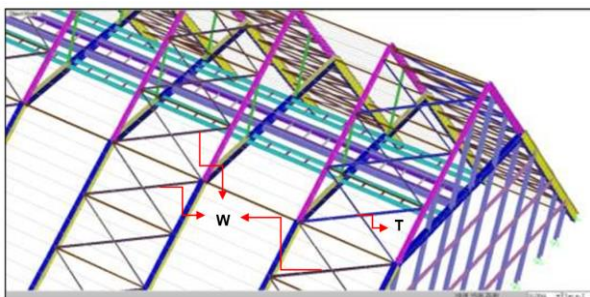
Gambar 7. UBS 3D Model



Gambar 8. Detail UBS IIB 3D Model

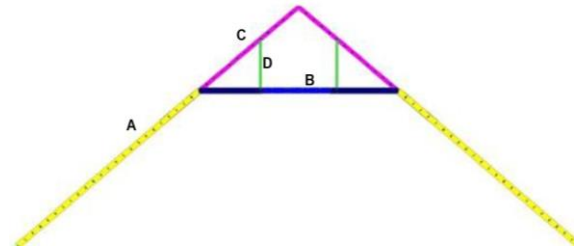
Sesuai Model dalam SAP, Profil baja yang digunakan sesuai model adalah sebagai berikut:

- $P = \text{Purlin} = \text{Lipped Channel.200.75.20.3,2}$
- $W = \text{Wind Brace II} = \text{L.100.100.10}$
- $S = \text{Roof Stiffener} = \text{Pipe 4''}$



Sesuai Model dalam SAP, bracing atap antara axis 1-2 dan 55-56 yang digunakan adalah:

- $T = \text{Wind Brace I} = \text{L.120.120.12}$
- $W = \text{Wind Brace II} = \text{L.100.100.10}$



Gambar 9 UBS Detail Material

Dimana :

- $A = \text{Rafter I} = \text{WF.588.300.12.20}$
- $B = \text{Cross Beam} = \text{WF.588.300.12.20}$
- $C = \text{Rafter II} = \text{WF.450.200.9.14}$
- $D = \text{Hanger Column} = \text{UNP.200.90.8.13.5}$

Pembebanan dan Kombinasinya:

Pembebanan:

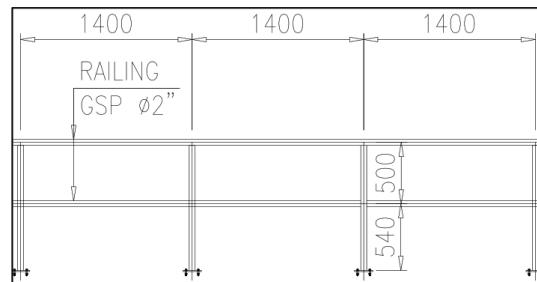
a. Beban Mati

Perhitungan Beban atap:

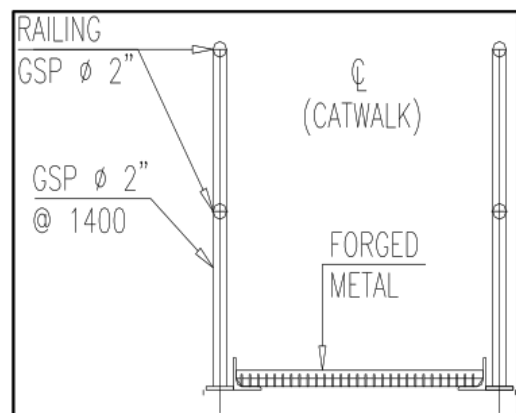
- Material GFRP Berat/ area = 1.5 gr/cm² = 15 kg/m²
- Roof Span = 6 m (middle)
- = 3 m (edge)

- Beban atap di Rafter = 90 kg/m (middle)
- = 45 kg/m (edge)

b. Grating and Handrail Load

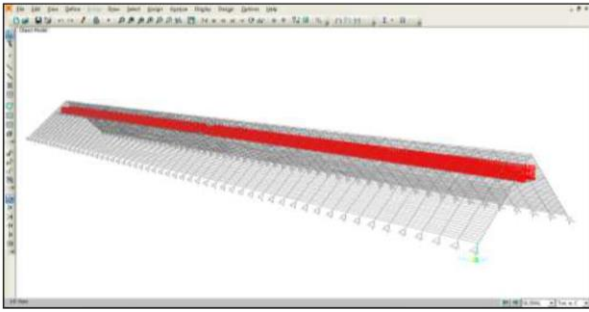


Gambar 10. Typical Handrail long Section

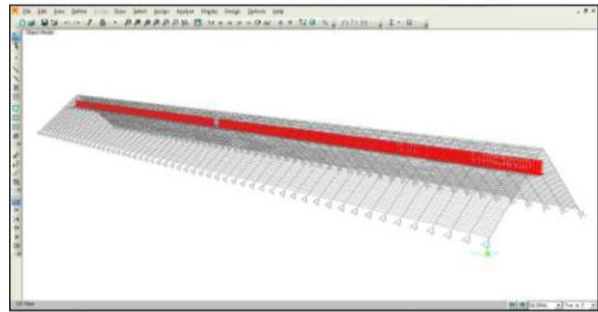


Gambar 11. Typical Walkway Cross Section

Beban handrail dan walkway adalah = 211 kg/m¹

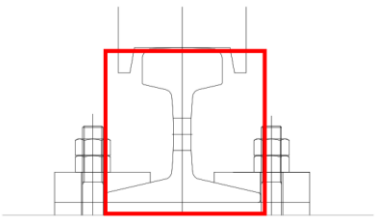


Gambar 12. Beban *Grating And Handrail* dalam aplikasi 3D Model



Gambar 14. Beban Conveyor dalam aplikasi 3D model

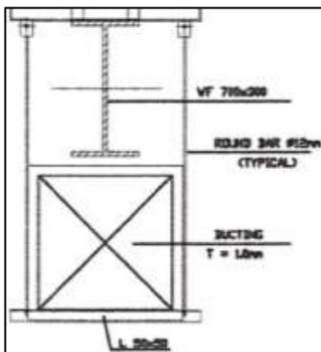
c. Tripper Car Rail Load



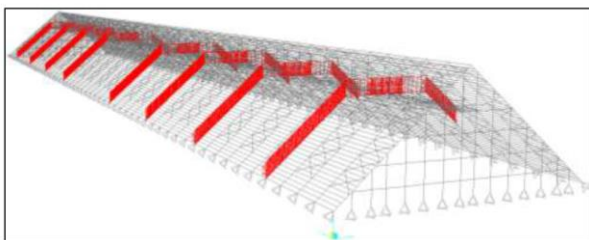
Beban Rail= 36.90 kg/m

d. Ducting Load

The Ducting Hanger dapat dilihat sebagai berikut:



Beban Ducting : 84 kg/m



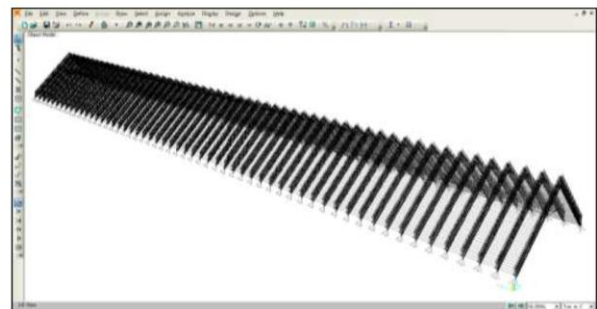
Gambar 13. Beban Ducting dalam aplikasi 3D model

e. Beban Konveyor

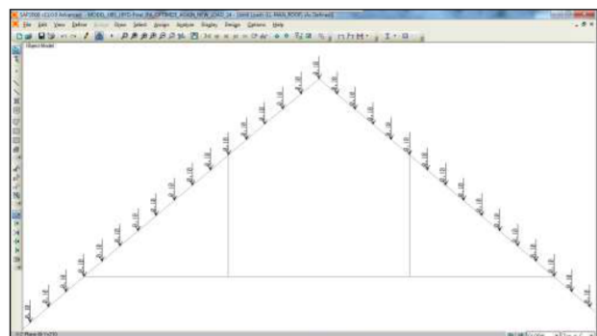
Beban Konveyor : 322 kg/ml

f. Beban Hidup Atap

Beban hidup atap adalah 100 kg/m @ setiap titip sebagai berikut:



Gambar 15. Beban atap dalam aplikasi 3D model

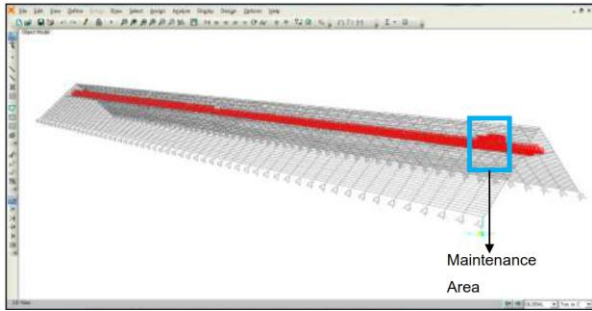


Gambar 16. Beban atap dalam aplikasi 2D model

g. Beban Hidup Walkway

- Maintenance load* = 625 kg/m²
- Walkway span* = 1.2 m
- Live load on Walkway Beam* = 750 kg/m
- = 375 kg/m@each beam

- Walkway Live load* = 500 kg/m²
- Walkway span* = 1.2 m
- Live load on Walkway Beam* = 600 kg/m
- = 300 kg/m@each beam



Gambar 17. Beban Walkway dalam aplikasi 3D Model

h. Beban Angin

Wind Load

Windward Pressure = 41.36 kg/m²
 = 0.04 t/m²

X

WINDWARD ROOF

P1 = (P x C) = 0.041 t/m²

Distributed wind load: x-dir

width of tributary area (b) = 6 m

Middle : Px (P1 x b) = 0.2482 t/m

Edge : Px (P1 x b) = 0.1241 t/m

Wind Load

Leeward Pressure = 55.30 kg/m²
 = 0.06 t/m²

LEEWARD ROOF

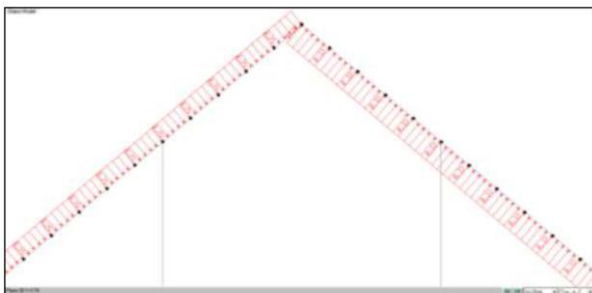
P1 = -0.055 t/m²

Distributed wind load: x-dir

width of frame (b) = 6 m

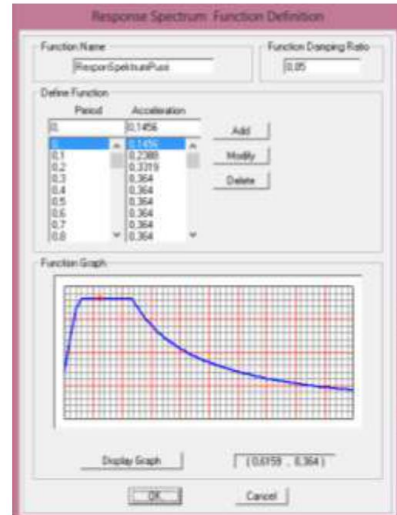
Middle : Px (P1 x b) = -0.3318 t/m

Edge : Px (P1 x b) = -0.1659 t/m



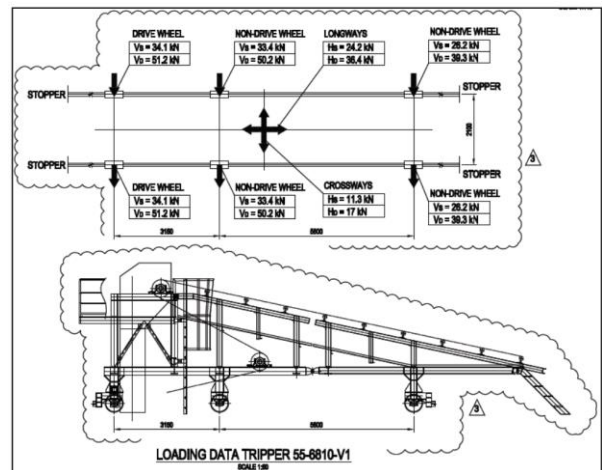
Gambar 18. Beban angin dalam aplikasi 2D Model

i. Beban Gempa



Gambar 19. Respon spectrum untuk Desain Gempa

j. Tripper Car Load



Gambar 20. Tripper Load

k. Material Load

Material load = 55 kg/m

Load Combination:

Kombinasi beban digunakan untuk desain berbasis kekuatan (strength design) seperti pada baja dan beton bertulang.

Kombinasi beban berdasarkan kekuatan ini memastikan bahwa struktur memiliki kekuatan yang cukup untuk menahan beban dalam kondisi ekstrem.

- (1). 1.4(D)
 - (2). 1.2(D) + 1.6(L) + 0.5(Lr atau S atau R)
 - (3). 1.2(D) + 1.6(Lr atau S atau R) + (f1)L + 0.5W
 1.2(D) + 1.0(W) + f1(L + Lr atau S atau R)
- (Kombinasi ini mempertimbangkan beban angin penuh bersamaan dengan beban lainnya)

- (4). 0.9(D) + 1.0(W)
(Ini adalah kombinasi khusus untuk kondisi di mana uplift atau tarikan beban angin dapat mengurangi beban mati)
- (5). 1.2(D) + 1.0(E) + fl(L + Lr atau S atau R)
(E=Beban gempa; kombinasi ini mempertimbangkan pengaruh beban gempa pada struktur)
- (6). 0.9(D) + 1.0(E)
(Kombinasi ini digunakan untuk perencanaan beban tarik akibat gempa)

Keterangan:

- D : Beban Mati
- L : Beban Hidup
- Lr : Beban hidup atap
- S : Beban Salju
- R : Beban Hujan
- W : Beban Angin
- fl : Faktor Reduksi (biasanya bernilai 1.0)
- E : Beban Gempa

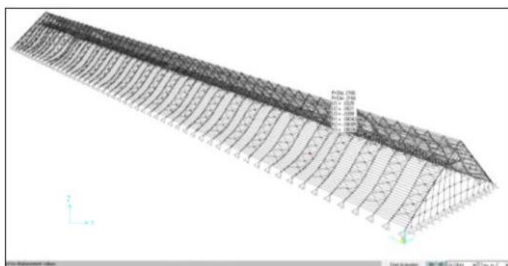
SAP Output

a. Frame Reaction

Tabel 9. The summary of the element forces

TABLE: Element Forces - Frames							
Frame	Step	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	Type	Ton	Ton	Ton	Ton-m	Ton-m	Ton-m
RAFTER1.WF.588.300.12.20	Max	3.6768	7.1384	1.8369	0.02432	3.30562	54.44067
RAFTER1.WF.588.300.12.20	Min	-46.032	-8.1043	-1.8327	0.02334	-2.64667	-86.3138
RAFTER2.WF.450.200.9.14	Max	1.9598	10.4034	0.6648	0.01388	0.60845	20.28366
RAFTER2.WF.450.200.9.14	Min	-21.086	-9.8954	-0.7098	0.01484	-0.64174	-25.4715
CB1.WF.588.300.12.20	Max	4.5183	21.8126	1.9049	0.08936	3.53866	40.5869
CB1.WF.588.300.12.20	Min	-21.283	-20.0281	-1.7902	-0.0928	-2.45444	-72.405
LB.CV.WF.250.125.5.8	Max	0.9715	1.497	0.226	0.00124	0.35597	2.23926
LB.CV.WF.250.125.5.8	Min	-0.9708	-1.4969	-0.2302	0.00123	-0.319	-7.4E-15
LB.CW.WF.250.125.5.8	Max	1.3259	1.6174	0.5328	0.00134	0.50093	2.41791
LB.CW.WF.250.125.5.8	Min	-1.4812	-1.6174	-0.5094	0.00132	-0.54228	-1.9E-14
LB-TR.HB.200.200.8.12	Max	1.117	0.3289	0.7935	0.00113	1.53785	0.72369
LB-TR.HB.200.200.8.12	Min	-1.179	-0.3289	-0.7516	0.00129	-1.55385	-1.5E-15
ROOF STIFFENER.P.ST.114.3X4.5	Max	1.4108	0.0517	0.0028	0.14303	0.00824	0.07758
ROOF STIFFENER.P.ST.114.3X4.5	Min	-1.2789	-0.0517	-0.0019	-0.1289	-0.0087	0
BR.CV-TR.L.80.80.6	Max	1.4171	0.0066	0	0.00107	0	0.00189
BR.CV-TR.L.80.80.6	Min	-1.6633	-0.0066	0	0.00107	0	-3.8E-18
BR-ROOF.L.100.100.10	Max	4.0481	0.0822	0.0422	0.00324	0.14898	0.19073
BR-ROOF.L.100.100.10	Min	-4.7152	-0.0831	-0.0419	0.00327	-0.15199	-0.12284
BR.WW.L.80.80.6	Max	0.9125	0.007	0	0.00026	0	0.00212
BR.WW.L.80.80.6	Min	-1.0378	-0.007	0	0.00029	0	-1.8E-18
HANGER.UNP.200.90.8.13.5	Max	16.285	0	0.00081	4	0.0004	0.00638
HANGER.UNP.200.90.8.13.5	Min	-1.3288	0	-0.0014	0.00039	-0.00981	0

b. Joint Displacement



Gambar 21. Flexural Deflection due to Dead Load and Live load

Tabel 10. The maximum flexural deflection

TABLE: Joint Displacements			
Joint	U1	U2	U3
Text	m	m	m
Max	0.032453	0.016356	0.034109
Min	-0.019202	-0.00103	-0.039924

Berdasarkan perhitungan SAP, the maximum flexural joint displacement adalah 3.9924 cm dengan allowable joint displacement limitation untuk kombinasi beban mati dan beban hidup L/240.

Maximum joint displacement < Allowable joint displacement sesuai project spesification
3.9924 cm < 5600cm/240

1.9924 cm < 23.333 cm ok!

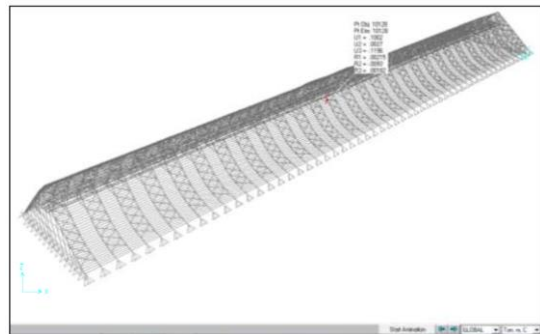
Tabel 11. Joint Displacements (Lateral Deflection) akibat Beban Mati dan Beban Hidup

TABLE: Joint Displacements			
Joint	U1	U2	U3
Text	m	m	m
Max	0.032453	0.016356	0.034109
Min	-0.019202	-0.00103	-0.039924

Dari perhitungan diatas, the maximum lateral joint displacement adalah 3.2453 cm dengan allowable joint displacement with dead load and live load combination limitation H/500.

Maximum joint displacement < Allowable joint displacement from project spesification
3.2453 cm < 3770 cm/500

3.2453 cm < 7.54 cm ok!



Gambar 22. Flexural Deflection due to Earthquake or Wind Load

Tabel 12. Joint Displacements due to Earthquake or wind Load

TABLE: Joint Displacements			
Joint	U1	U2	U3
Text	m	m	m
Max	0.100232	0.064888	0.116508
Min	-0.10023	-0.048629	-0.119573

Dari perhitungan diatas, *the maximum flexural joint displacement* adalah 11.9573 cm dengan *allowable joint displacement with dead load and live load combination limitation L/240*.

Maximum joint displacement < Allowable joint displacement from project spesification

$$11.9573 \text{ cm} < (5600/240) * 1.33$$

$$11.9573 \text{ cm} < 31.033 \text{ cm} \dots\dots \text{ok!}$$

Tabel 13. *Lateral Deflection* akibat beban Gempa dan Beban Angin

TABLE: Joint Displacements			
Joint	U1	U2	U3
Text	m	m	m
Max	0.100232	0.064888	0.116508
Min	-0.10023	-0.048629	-0.119573

Dari perhitungan diatas, *the maximum flexural joint displacement* adalah 10.0232 cm dengan *allowable joint displacement with dead load and live load combination limitation L/240*.

Maximum joint displacement < Allowable joint displacement from project spesification

$$10.0232 \text{ cm} < (3770 \text{ cm}/500) * 1.33$$

$$10.0232 \text{ cm} < 10.0282 \text{ cm} \dots\dots \text{ok!}$$

Stress Ratio:

The summary of the maximum stress ratio sesuai tabel berikut. Persyaratan maksimum ratio dalam Project Specification adalah 0,8

Tabel 14. Hasil Steel Rasio desain

TABLE: Steel Design 1 - Summary Data					
Frame	DesignSect	DesignType	Ratio	RatioType	Combo
Text	Text	Text	Unitless	Text	Text
21714	RAFTER1.WF.588.300.12.20	Brace	0.802559	PMM	ULS304
7160	CB1.WF.588.300.12.20	Beam	0.801842	PMM	ULS301
14616	RAFTER1.WF.588.300.12.20	Brace	0.799848	PMM	ULS302
21038	RAFTER1.WF.588.300.12.20	Brace	0.799479	PMM	ULS302
17151	RAFTER1.WF.588.300.12.20	Brace	0.799345	PMM	ULS303
7152	CB1.WF.588.300.12.20	Beam	0.799152	PMM	ULS304
7144	CB1.WF.588.300.12.20	Beam	0.798808	PMM	ULS302
7102	CB1.WF.588.300.12.20	Beam	0.798755	PMM	ULS303
7116	CB1.WF.588.300.12.20	Beam	0.798738	PMM	ULS303
18672	RAFTER1.WF.588.300.12.20	Brace	0.798597	PMM	ULS303
7072	CB1.WF.588.300.12.20	Beam	0.797897	PMM	ULS302
7058	CB1.WF.588.300.12.20	Beam	0.797321	PMM	ULS301
7094	CB1.WF.588.300.12.20	Beam	0.797312	PMM	ULS305
7124	CB1.WF.588.300.12.20	Beam	0.797303	PMM	ULS305
7106	CB1.WF.588.300.12.20	Beam	0.797245	PMM	ULS306
7112	CB1.WF.588.300.12.20	Beam	0.797229	PMM	ULS306
16475	RAFTER1.WF.588.300.12.20	Brace	0.797214	PMM	ULS305
7068	CB1.WF.588.300.12.20	Beam	0.79719	PMM	ULS304
17489	RAFTER1.WF.588.300.12.20	Brace	0.796707	PMM	ULS306
19348	RAFTER1.WF.588.300.12.20	Brace	0.796466	PMM	ULS305
18334	RAFTER1.WF.588.300.12.20	Brace	0.795948	PMM	ULS306
7142	CB1.WF.588.300.12.20	Beam	0.795559	PMM	ULS302
22427	RAFTER2.WF.450.200.9.14	Brace	0.793403	PMM	ULS301
14278	CB1.WF.588.300.12.20	Beam	0.793287	PMM	ULS304
22390	RAFTER1.WF.588.300.12.20	Brace	0.788727	PMM	ULS301
22426	RAFTER2.WF.450.200.9.14	Brace	0.788514	PMM	ULS805
20869	RAFTER1.WF.588.300.12.20	Brace	0.782252	PMM	ULS302
4691	RAFTER1.WF.588.300.12.20	Brace	0.780589	PMM	ULS301
7074	CB1.WF.588.300.12.20	Beam	0.771328	PMM	ULS302
7066	CB1.WF.588.300.12.20	Beam	0.770878	PMM	ULS304
7158	CB1.WF.588.300.12.20	Beam	0.769573	PMM	ULS301
7114	CB1.WF.588.300.12.20	Beam	0.769136	PMM	ULS303
7122	CB1.WF.588.300.12.20	Beam	0.769112	PMM	ULS305
7104	CB1.WF.588.300.12.20	Beam	0.769081	PMM	ULS303
7096	CB1.WF.588.300.12.20	Beam	0.769055	PMM	ULS305
7108	CB1.WF.588.300.12.20	Beam	0.768849	PMM	ULS306
7150	CB1.WF.588.300.12.20	Beam	0.768843	PMM	ULS304
7110	CB1.WF.588.300.12.20	Beam	0.768819	PMM	ULS306
7060	CB1.WF.588.300.12.20	Beam	0.768308	PMM	ULS301
21715	RAFTER1.WF.588.300.12.20	Brace	0.767374	PMM	ULS304
14785	RAFTER1.WF.588.300.12.20	Brace	0.767364	PMM	ULS302
14617	RAFTER1.WF.588.300.12.20	Brace	0.764422	PMM	ULS302
14109	RAFTER1.WF.588.300.12.20	Brace	0.763922	PMM	ULS304
21039	RAFTER1.WF.588.300.12.20	Brace	0.763837	PMM	ULS302
18673	RAFTER1.WF.588.300.12.20	Brace	0.763015	PMM	ULS303
17152	RAFTER1.WF.588.300.12.20	Brace	0.76296	PMM	ULS303
19349	RAFTER1.WF.588.300.12.20	Brace	0.760903	PMM	ULS305
16476	RAFTER1.WF.588.300.12.20	Brace	0.760861	PMM	ULS305
18335	RAFTER1.WF.588.300.12.20	Brace	0.760415	PMM	ULS306
17490	RAFTER1.WF.588.300.12.20	Brace	0.760342	PMM	ULS306
18503	RAFTER1.WF.588.300.12.20	Brace	0.758075	PMM	ULS303
7064	CB1.WF.588.300.12.20	Beam	0.757871	PMM	ULS304
19179	RAFTER1.WF.588.300.12.20	Brace	0.757855	PMM	ULS305
7076	CB1.WF.588.300.12.20	Beam	0.757473	PMM	ULS302
14279	RAFTER1.WF.588.300.12.20	Brace	0.757339	PMM	ULS304
17320	RAFTER1.WF.588.300.12.20	Brace	0.757335	PMM	ULS303
16644	RAFTER1.WF.588.300.12.20	Brace	0.757111	PMM	ULS305
22221	RAFTER1.WF.588.300.12.20	Brace	0.756059	PMM	ULS301
18165	RAFTER1.WF.588.300.12.20	Brace	0.755736	PMM	ULS306
17658	RAFTER1.WF.588.300.12.20	Brace	0.755083	PMM	ULS306
21545	RAFTER1.WF.588.300.12.20	Brace	0.754873	PMM	ULS304
4739	RAFTER1.WF.588.300.12.20	Brace	0.752956	PMM	ULS301
22391	RAFTER1.WF.588.300.12.20	Brace	0.749645	PMM	ULS301
4802	RAFTER2.WF.450.200.9.14	Brace	0.74649	PMM	ULS301
20870	RAFTER1.WF.588.300.12.20	Brace	0.742935	PMM	ULS302
4692	RAFTER1.WF.588.300.12.20	Brace	0.742233	PMM	ULS301

Berdasarkan hasil analisis didapatkan bahwa seluruh stress ratio < 0,8 sesuai dengan persyaratan dalam Design Specification.

KESIMPULAN

Setelah dilakukan analisis terhadap perencanaan struktur baja Gudang UBS dengan memasukkan seluruh beban yang ada dan menggunakan instrument software SAP 2000, maka didapatkan hasil struktur baja dengan Profil sebagai berikut :

- Rafter Utama = WF.588.300.12.20
- Cross Beam = WF.588.300.12.20
- Rafter Atas = WF.450.200.9.14

Kolom Gantung = UNP.200.90.8.13.5
Purlin = Lipped Channel.200.75.20.3,2
Ikatan Angin = L.100.100.10 dan L.120.120.12
Roof Stiffener = Pipe 4”

UCAPAN TERIMAKASIH

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan dalam pelaksanaan Program Studi Program Profesi Insinyur dan dalam penyusunan artikel ini Penulis juga menyadari bahwa penulisan jurnal ini tentunya masih banyak kekurangan, oleh karena itu penulis meminta maaf jika terdapat kesalahan dalam penulisan dan penulis juga mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna kesempurnaan artikel ini.

KUTIPAN & DAFTAR PUSTAKA

- AISC Committee, "Specification for Structural Steel Building (AISC 360-22)," American Institute of Steel Construction, Chicago, USA.
- ASCE Committee, "Minimum Design Loads for Buildings and other Structures (ASCE 7-16)," American Society of Civil Engineers, Virginia, USA.
- Fisher, James A., and Kloiber, Lawrence A., (2006), "AISC Steel Design Guide vol. 1 - 24," American Institute of Steel Construction, Inc., Chicago, USA
- Nasional, Badan Standarisasi., (2019). SNI 03-1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.
- Nasional, Badan Standarisasi.,(2022). SNI 03-1727:2022 Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan Gedung dan struktur lain.
- Palembang, PT Pupuk Sriwidjaja, PT Adhi Karya (Persero) (2013) Design Specification for Civil Structural & Architectural UBS2B-A-0-10-GE-0001
- Salmon, Charles G., Johnson, John E., and Malhas, Faris A., (2009), "Steel Structures Design and Behavior Fifth Edition," Pearson Education, Inc., New Jersey, USA.