



STUDI ANALISIS STRUKTUR RANGKA HANGGAR PESAWAT MAF KOTA TARAKAN BERDASARKAN PERATURAN TERBARU (SNI 1727 2020 DAN SNI 1726 2019)

Anna Celia Apriliana*¹, Edy Utomo²

1,2) Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Borneo Tarakan,
Jl. Amal Lama No. 1 Kota Tarakan, Kalimantan Utara
Email: ¹anna.celia57@borneo.ac.id, ²edyutomo99@borneo.ac.id

ABSTRACT: *One of the hangars located in Tarakan is the one belonging to MAF Foundation; it was built in 1980. It is in Jalan Mulawarman, Juwata Airport, Tarakan. The hangar is used for maintenance, reparation, and protection for planes from the weather. Its construction uses a structure of roof frame made up of steel pipe of galvanize. New rule states that a construction is required to consider the seismic factor, as it says in SNI 1726 2019. Hence, an identification is needed to examine its strength and stability. This study was conducted by employing models of 2-Dimension and 3-Dimension, considering the existing condition of the hangar. Based on the analysis, it shows that the hangar has a structure instability due to one the rods (B130), which does not qualify the slender requirement as pull rod or pushrod. With a further analysis, the rod B130 does not affect significantly to the hangar structure, meaning it can be removed from the construction.*

Keywords: hangar, rigid frame of roof, galvanize steel pipe, tension chord, compression chord

ABSTRAK: Salah satu Hanggar Pesawat yang ada di Kota Tarakan adalah milik Yayasan MAF, yang dibangun sejak tahun 1980. Hanggar ini terletak di Jalan Mulawarman, Bandar Udara Juwata, Kota Tarakan. Infrastruktur hanggar digunakan sebagai tempat perawatan, tempat perbaikan, dan perlindungan pesawat dari cuaca luar. Konstruksi hanggar ini menggunakan struktur rangka atap dengan menerapkan material pipa baja galvanis. Saat ini telah diwajibkan perhitungan struktur menggunakan faktor gempa sesuai dengan SNI 1726 2019. Sehingga perlu untuk dilakukan identifikasi dari kekuatan struktur Hanggar Pesawat milik Yayasan MAF, dengan tujuan menilai kekuatan atau kestabilan struktur Hanggar Pesawat tersebut. Penelitian dilakukan dengan menggunakan model 2-Dimensi dan 3-Dimensi sesuai dengan kondisi eksisting Hanggar Pesawat tersebut. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan baik pada pemodelan 2-Dimensi dan 3-Dimensi menunjukkan konstruksi Hanggar Pesawat mengalami ketidakstabilan struktur. Hal ini disebabkan oleh salah satu batang yaitu batang B130 tidak memenuhi syarat kelangsingan sebagai batang tekan atau batang tarik. Telah dilakukan analisis lebih jauh batang B130 tersebut ternyata tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap Hanggar Pesawat, sehingga dapat dihilangkan sebagai salah satu elemen penyusun konstruksi Hanggar Pesawat tersebut.

Kata Kunci: Hanggar Pesawat, Struktur Rangka Atap, Pipa Baja Galvanis, Batang Tarik, & Batang Tekan

1. PENDAHULUAN

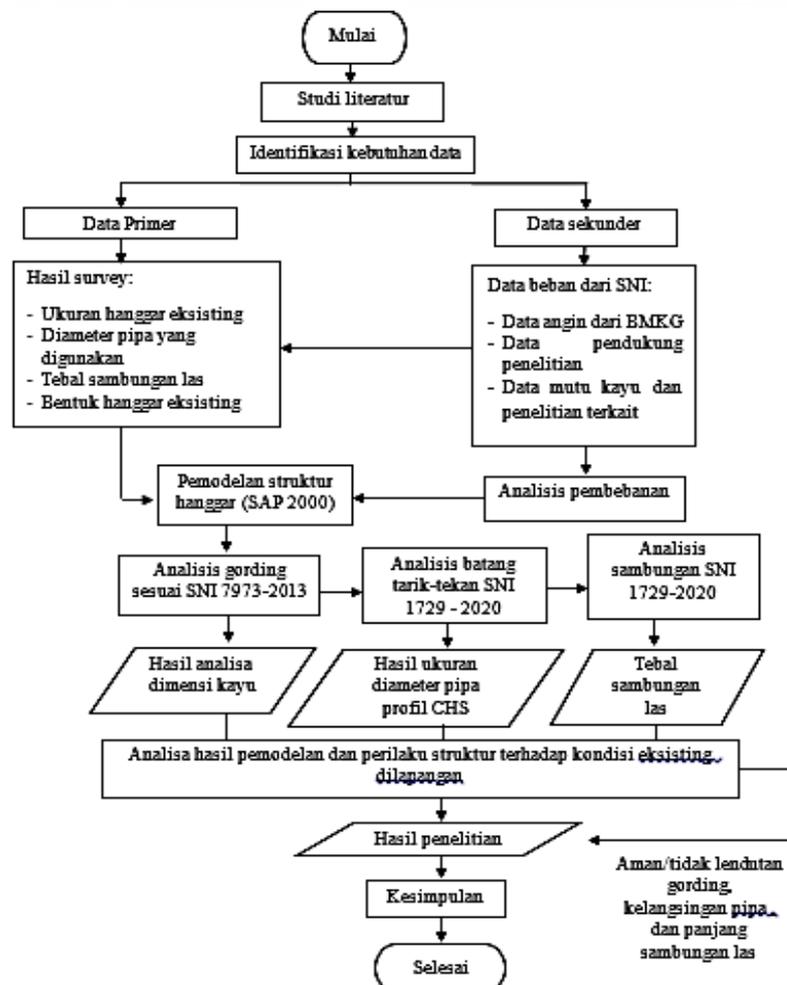
Yayasan MAF (*Mission Aviation Fellowship*) adalah maskapai dari penerbangan pesawat perintis yang menggunakan infrastruktur hanggar. Hanggar pesawat ini berdiri sejak tahun 1980. Hanggar pesawat adalah salah satu infrastruktur yang digunakan sebagai operasional pesawat, seperti tempat untuk perawatan, perbaikan. Desain struktur rangka atap pada hanggar pesawat milik Yayasan MAF menggunakan material pipa baja galvanis. Pipa galvanis pada hanggar memiliki

kekuatan yang baik untuk dijadikan struktur rangka atap, Saat ini telah diwajibkan perhitungan struktur menggunakan faktor gempa, terlebih lagi telah dikeluarkannya SNI pembebanan dan baja yang baru, dilansir dari media liputan6.com pada tanggal 21 Desember 2015 telah terjadi bencana gempa bumi dengan kekuatan gempa 6,1 Skala *Richter*. Oleh sebab itu, peneliti ingin melakukan kajian untuk menilai apakah konstruksi hanggar pesawat MAF (*Mission Aviation Fellowship*) berdasarkan peraturan SNI terbaru masih memenuhi syarat atau tidak.

Rumusan masalah dari penelitian ini yang pertama adalah bagaimana struktur hanggar pesawat eksisting MAF (*Mission Aviation Fellowship*) dalam 2-Dimensi dan 3-Dimensi, yang kedua bagaimana kondisi kekuatan hanggar pesawat MAF tersebut dengan standar perencanaan baja tahun 2020. Berdasarkan dari rumusan permasalahan tersebut didapatkan tujuan penelitian yang pertama membuat pemodelan struktur hanggar pesawat dan kondisi struktur beserta analisisnya, yang kedua mengetahui kekuatan struktur hanggar pesawat MAF berdasarkan standar perencanaan yang terbaru tahun 2020.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian menggunakan studi literatur yaitu peneliti menelaah secara tekun akan kepustakaan dalam penelitian. Teknik ini dilakukan dengan cara membaca, mengkaji, dan mempelajari literatur-literatur yang berhubungan dengan analisis pemodelan struktur, analisis struktur gording, analisis rangka baja pada batang tarik dan tekan, dan analisis sambungan.



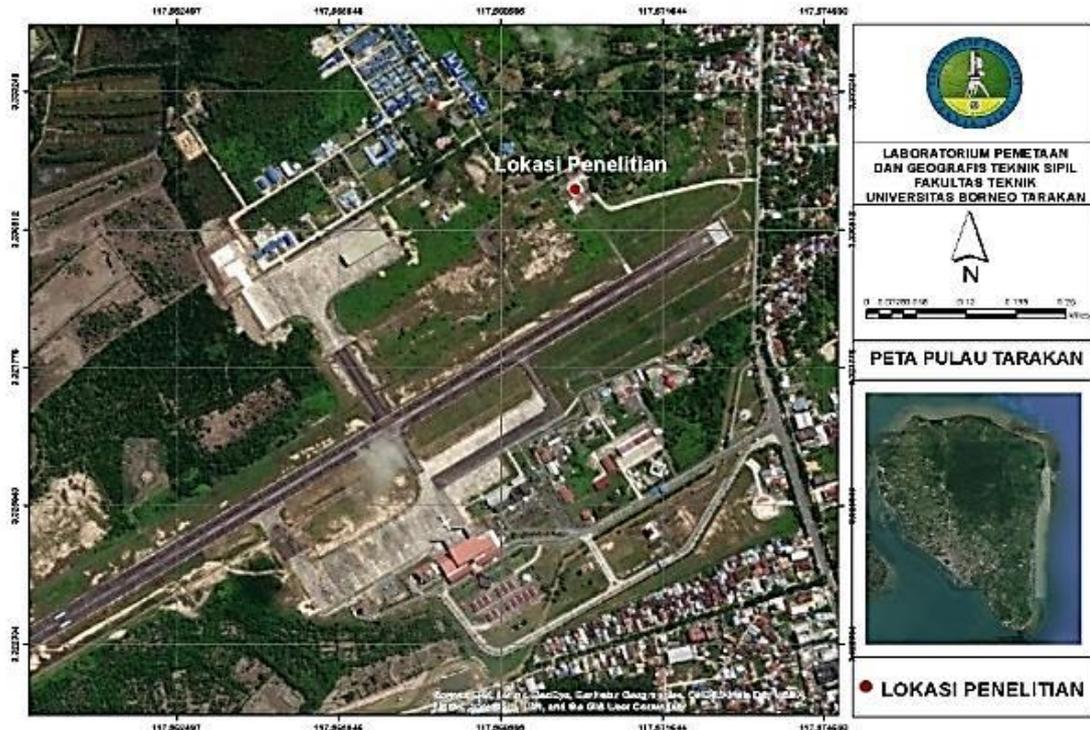
Gambar 1. Flow Chart Perencanaan

2.1. Tahapan Metode Penelitian

Adapun tahapan penelitian yang dilakukan sebagai berikut:

2.1.1 Lokasi Penelitian

Penentuan lokasi penelitian dimaksudkan untuk mempermudah atau memperjelas lokasi yang menjadi sasaran dalam penelitian. Lokasi MAF Tarakan berada di Jalan Mulawarman, Bandara Juwata, Karang Anyar Pantai, Kota Tarakan, Kalimantan Utara.



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian

(Sumber: Google Earth)

2.1.2 Identifikasi Kebutuhan Data

Data-data tersebut dapat diklasifikasikan dalam d kelompok data, yaitu data primer dan data sekunder:

- a. Data primer adalah data yang diperoleh dari lapangan maupun hasil survey, yaitu:
 - Pengukuran panjang, lebar, dan tinggi bangunan MAF menggunakan alat *roll meter*. Dari hasil pengukuran tersebut didapatkan nilai panjang = 27,6 m, lebar 21 m, dan tinggi 6,68 m.
 - Pengukuran Profil Struktur Rongga bundar digunakan profil $\varnothing 1,3''$ dengan tebal 0,12'' dan profil $\varnothing 2,4''$ dengan tebal 0,12''.
 - Pengukuran las sudut, untuk profil $\varnothing 2,4''$ didapatkan nilai panjang las sebesar 210 mm, dan untuk profil $\varnothing 1,3''$ didapatkan nilai panjang las sebesar 53 mm.
- b. Data sekunder adalah data yang berasal dari peraturan-peraturan, ketentuan-ketentuan, dan referensi kepustakaan untuk digunakan dalam menganalisa struktur, yaitu:
 - Data angin terbaru dari BMKG Kota Tarakan untuk dijadikan acuan terhadap pengaruh angin sebagai analisis pembebanan pada struktur rangka hanggar pesawat .

Tabel 1. Data Kecepatan Angin

No	Bulan	2017		2018		2019		2020		2021	
		Kecepatan rata-rata (knot)	Kecepatan maksimum (knot)	Kecepatan rata-rata (knot)	Kecepatan maksimum (knot)	Kecepatan rata-rata (knot)	Kecepatan maksimum (knot)	Kecepatan rata-rata (knot)	Kecepatan maksimum (knot)	Kecepatan rata-rata (knot)	Kecepatan maksimum (knot)
1	Januari	8	5	7	9	7	7	7	7	1	8
2	Februari	8	9	6	6	6	6	7	7	1	7
3	Maret	9	7	5	5	7	7	2	2	3	7
4	April	9	6	5	6	6	6	4	4	4	9
5	Mei	7	6	4	4	4	4	7	7	5	7
6	Juni	7	9	6	8	6	6	7	7	6	7
7	Juli	12	7	6	8	12	12	7	7	-	-
8	Agustus	12	9	6	6	18	18	8	8	-	-
9	September	10	8	6	6	14	14	7	7	-	-
10	Oktober	12	15	7	6	7	7	5	5	-	-
11	November	9	7	6	6	9	9	4	4	-	-
12	Desember	7	8	7	6	7	7	5	5	-	-
	Jumlah	110	96	71	76	103	103	70	70	20	45
	Maksimum	12	15	7	9	9	18	8	8	6	9
	Rata-rata tahunan	9,2	8	5,9	6,3	8,6	8,6	5,8	5,8	3,3	7,5
	Keterangan	Data akan diolah secara statistik untuk menentukan kala ulang kejadian kecepatan angin maksimum yang terjadi pada tiap bulan, dari setiap tabung pengamatan									

Sumber: Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Stasiun Meteorologi Juwata Tarakan

- Menurut SNI 03-1729-2020 mengambil beberapa sifat mekanik dari material baja yang sama, yaitu:

1. Modulus elastisitas galvanis, $E = 200.000 \text{ MPa}$
2. Modulus geser, $G = 78.000 \text{ MPa}$
3. Koefisien muai panjang, $\alpha = 12.10^{-6}/^{\circ}\text{C}$
4. Baja ASTM A36/36M:
 - $f_y = 250 \text{ MPa}$
 - $f_u = 400 \text{ MPa}$

Siswono dkk (2019) dalam penelitian Profil Struktur Rongga Bundar (PSR Bundar) diperoleh sifat mekanik material galvanis yang memiliki nilai modulus elastisitas (E) = 200.000 MPa, tegangan putus (f_u) = 356,9 MPa, dan tegangan leleh (f_y) = 203,94 MPa, dan kerapatan massa = 7.870 kg/m³.

- Mutu kayu yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini akan dilakukan analisis terhadap batang lentur pada gording kayu. Kayu yang digunakan pada penelitian ini menggunakan pendekatan/konversi yang dilakukan oleh Hernadi dkk (2017) berdasarkan PKKNI 1961 yaitu kayu kelas II dengan $E = 100.000 \text{ kg/cm}^2$ atau setara $E = 10.000 \text{ MPa}$. Pemilihan ini dilakukan agar dapat menyamakan nilai modulus elastisitas acuan dalam SNI 7973:2013, sehingga kode mutu yang digunakan E10 yang memiliki $E = 10.000 \text{ MPa}$. pada penelitiannya untuk kayu bangkirai didapatkan nilai mekanis kuat tarik kayu sejajar arah serat rata-rata sebesar 7,03 MPa = 71,6863 kg/cm², dan untuk nilai visual kuat tarik arah sejajar serat rata-rata sebesar 10,12 MPa = 103, 1956 kg/cm², dari kedua nilai penelitian tersebut mendekati 85 kg/cm² untuk menentukan kelas kuat II pada daftar II (PKKI 1961) tegangan kayu yang diperkenankan untuk kayu mutu A. Berat jenis kayu rata-rata bangkirai dalam penelitian ini sebesar 0,72 digolongkan kedalam kategori kelas kuat II. Kadar air kayu bangkirai rata-rata sebesar 15% ≤ 15%, syarat: kadar air ≤ 15% (memenuhi syarat kayu mutu A). Jadi, jenis kayu bangkirai termasuk kayu kelas II dengan mutu kayu A (Fajar dkk, 2021).

2.1.3 Pengolahan Data Kecepatan angin

Data yang didapatkan adalah data kecepatan angin tahunan, sebanyak 5 tahun terakhir dengan rentan waktu mulai tahun 2017 sampai dengan tahun 2021. Analisis datanya menggunakan jenis distribusi, yaitu distribusi normal, dan distribusi log-pearson III.

Tabel 2. Hasil Data Kecepatan Angin Maksimum Bulan Februari

Tahun	Data kecepatan angin	Keterangan
2017	9	
2018	6	
2019	6	Berdasarkan data asli nilai kecepatan maksimum
2020	7	
2021	7	
2023	6,8097	
2026	8,1468	
2031	8,9600	Berdasarkan analisis data kecepatan angin kala ulang waktu tertentu metode Log-pearson III
2046	9,9214	
2071	10,5931	
2121	11,2330	

Setelah seluruh data yang dikala ulang diinput mulai dari bulan januari hingga desember, maka selanjutnya ditentukan kejadian mean, modus, untuk pertimbangan penggunaan beban angin yang bekerja pada konstruksi rangka atap tersebut.

2.1.4 Analisis lendutan gording

Lendutan adalah perubahan bentuk pada balok dalam arah y akibat adanya pembebanan vertikal yang diberikan pada balok atau batang. Deformasi pada balok secara sangat mudah dijelaskan berdasarkan defleksi balok dari posisi sebelum mengalami perubahan [Pala'biran dkk, 2019].

Seperti gording dan kasau tidak boleh melebihi $L/200$. Kontrol lendutan gording dianalisis berdasarkan syarat berikut ini:

$$\Delta = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} \quad (1)$$

$$\Delta < \Delta_{izin} \quad (2)$$

$$\Delta_{izin} = L/200 \quad (3)$$

2.1.5 Analisis Beban angin

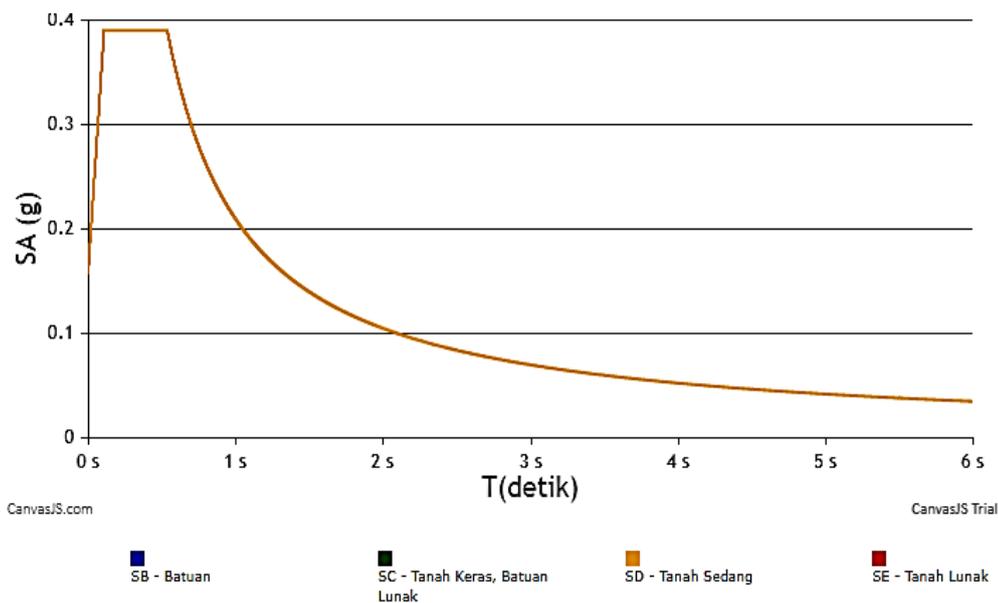
Beban angin desain untuk bangunan dan struktur lain, termasuk SPGAU serta elemen K&K bangunan gedung, harus ditentukan dengan menggunakan salah satu prosedur seperti diisyaratkan dalam pasal 26 (SNI 1727).

Berikut ini adalah persamaan tekanan angin desain untuk SPGAU bangunan gedung pada semua ketinggian dalam lb/ft^2 atau (N/m^2) yang sudah ditentukan sebagai berikut:

$$p = qGCp - qi(GCpi) \quad (4)$$

2.1.6 Analisis Beban Gempa

Beban gempa rencana adalah menentukan pengaruh gempa rencana ditinjau dalam perencanaan evaluasi struktur bangunan gedung dan non-gedung. Nilai beban gempa yang peluang dilampauinya dalam rentang masa layang gedung 50 tahun adalah sebesar 2 persen.



Gambar 3. Spektrum Respon Desain

Sumber: rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/

Tabel 3. Data gempa *spectrum* respon desain

$S_s = 0,3888$	D = Tanah sedang
$S_1 = 0,1400$	SDS = 0,3859
I = 1	SD1 = 0,2091
Cd = 4	Fa = 1,489
$\Omega_0^b = 3$	Fv = 2,24
R = 4,5	Scale factor = 2,18

Sumber: Hasil analisis, 2022

2.1.7 Analisis Batang Tarik

Menurut SNI 1729-2020 untuk komponen struktur yang didesain berdasarkan batang tarik adalah sebagai berikut:

Untuk leleh tarik pada penampang bruto:

$$P_{nt1} = f_y \cdot A_g \quad (5)$$

$\phi_{tb} = 0,9$ (faktor ketahanan bruto)

Faktor reduksi penampang netto:

$$\phi_{tn} \cdot P_{nt2} = \phi \cdot A_e \cdot f_u \quad (6)$$

$\phi_{tn} = 0,75$ (faktor ketahanan netto)

Rasio kuat tarik:

$$\frac{P_{ut}}{\phi_{tb} \cdot P_{nt1}} < 1 \quad (7)$$

2.1.8 Analisis Batang Tekan

Kekuatan tekan nominal:

$$P_N = F_{CR} \cdot A_G \quad (8)$$

Tegangan kritis, f_{cr} , ditentukan sebagai berikut:

$$a. \frac{KL}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (9)$$

$$b. \frac{KL}{r} > 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (10)$$

Rasio kuat tekan terhadap gaya tekan:

$$\frac{P_{uc}}{\phi_c \cdot P_{nc}} < 1 \quad (11)$$

Rasio kelangsingan:

$$L_c = \frac{KL}{r} < 200 \quad (12)$$

2.1.9 Analisis Sambungan Las

Las sudut (*fillet welds*) adalah tipe las ini yang paling banyak digunakan daripada jenis tipe las yang lain, 80% las menggunakan tipe las sudut.

a. Untuk logam las:

$$R_{nwo} = F_{nw} A_{we} \quad (13)$$

b. Kekuatan nominal logam profil

$$R_{np} = F_{nBM} A_{BM} \quad (14)$$

c. Syarat panjang las:

$$L_w > L_{min} \quad (15)$$

d. Cek syarat sambungan

$$L_t = \frac{L_w}{t_w} < 100 \quad (16)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengolahan Data Kecepatan Angin

Pada penelitian ini pengolahan dilakukan pada data angin yang diperoleh dari Badan Meteorologi dan Geofisika stasiun Bandara Juwata Kota Tarakan, Berikut ini pengolahan data angin menggunakan metode distribusi.

Tabel 4. Analisis Data Kecepatan Angin

Bulan	Kecepatan angin (knot)										
	2017	2018	2019	2020	2021	2023	2026	2031	2046	2071	2121
Januari	5	9	7	7	8	7,28	8,85	9,63	10,43	10,93	11,36
Februari	9	6	6	7	7	6,81	8,15	8,96	9,92	10,59	11,23
Maret	7	5	7	2	7	5,73	9,50	11,41	13,39	14,64	15,74
April	6	6	6	4	9	6,13	8,89	10,38	12,00	13,07	14,04
Mei	6	4	4	7	7	5,82	6,31	6,47	6,58	6,64	6,67
Juni	9	8	6	7	7	7,30	8,22	8,75	9,36	9,78	10,18
Juli	7	8	12	7	-	8,90	12,83	14,78	17,14	18,73	20,22
Agustus	9	6	18	8	-	16,77	31,89	40,50	47,25	58,19	64,47
September	8	6	14	7	-	11,64	17,98	22,78	27,71	30,99	33,99
Oktober	15	6	7	5	-	13,10	23,25	31,35	39,38	44,68	49,51
November	7	6	9	4	-	7,34	9,29	10,40	11,27	12,68	13,49
Desember	8	6	7	5	-	6,78	7,43	7,80	8,09	8,56	8,83

Berdasarkan data kecepatan angin pada tabel 4 didapatkan hasil untuk dijadikan acuan untuk pengaruh angin sebagai beban pada konstruksi atap hanggar. Hasil analisis tersebut didapatkan nilai Mean (Rata-rata) sebesar 12,2313 knot dan nilai Modus (Data berulang) sebesar 7 knot.

3.2. Analisis Struktur Gording

Analisis struktur gording pada struktur rangka hanggar pesawat model *existing* untuk mendapatkan nilai momen dan lendutan pada gording. Gording yang digunakan pada hanggar *existing* adalah material kayu, jenis kayu yang digunakan adalah kayu bangkirai, Berat jenis kayu (G) = 0,72 g/cm³, dan modulus elastisitas (E) = 10000 MPa.

1. Section Geometry Properties

Dimensi kayu = 5/10

$b = 50$ mm

$h = 100$ mm

$A = 5000$ mm²

$I_x = 1/12 b \cdot h^3 = 4166666,67$ mm⁴

$I_y = 1/12 b^3 \cdot h = 1041666,67$ mm⁴

$i_x = 0,289 h = 28,9$ mm

$i_y = 0,289 b = 14,45$ mm

2. Analisis pembebanan

a. Analisis beban tetap (PPIUG 1983)

Berat sendiri gording : $W_{\text{gording}}/L_{\text{gording}} = 3,6$ kg/m

Berat atap (asbes) : $1,5978 \times 11$ kg/m² = 17,5758 kg/m

Total beban = 21,1758 kg/m

b. Analisis beban hidup (PPIUG 1983)

Beban hidup = 100 kg

c. Analisis beban angin (SNI 1727-2020)

W_{hisap} dan $W_{\text{tekan}} = 1,5428$ kg/m

3. Momen-momen pada gording

a. Momen akibat beban tetap

$q = 21,1758$ kg/m

$q_x = q \cos \alpha = 20,4543$ kg/m ; $q_y = q \sin \alpha = 5,4807$ kg/m

$M_x = \frac{1}{8} q_x L_x^2 = 31,3206$ kg.m

$M_y = \frac{1}{8} q_y L_y^2 = 8,3923$ kg.m

b. Momen akibat beban hidup

$P = 100$ kg

$M_x = \frac{1}{4} P_x L_x = 84,5185$ kg.m

$M_y = \frac{1}{4} P_y L_y = 22,6467$ kg.m

4. Momen akibat beban angin

Karena angin bekerja tegak lurus sumbu x, maka hanya ada M_x

$M_x = \frac{1}{8} W_{\text{tekan}} \cdot L_x^2 = 2,3626$ kg.m

$M_x = \frac{1}{8} W_{\text{hisap}} \cdot L_x^2 = -2,3626$ kg.m

5. Kombinasi beban untuk tegangan ijin

$$M_{ix} = 1149894,6178 \text{ N.mm}$$

$$M_{iy} = 304388,4999 \text{ N.mm}$$

Lendutan yang diperbolehkan pada gording untuk beban hidup sebesar 11,5 kg, maka total lendutan yang telah diperhitungkan sebesar 17,5 mm = 17,5 mm (lendutan ijin). Berikut ini adalah perhitungan lendutan total:

$$\text{Lendutan ijin balok} = L/r = 3500/200 = 17,5 \text{ mm}$$

- a. Lendutan akibat beban tetap

$$M_x = 307149,9026 \text{ N.mm}$$

$$M_y = 82300,5686 \text{ N.mm}$$

$$\Delta_{Dx} = \frac{5}{48} \frac{M_{ox} Lx^4}{EI} = 9,4064 \text{ mm}$$

$$\Delta_{Dy} = \frac{5}{48} \frac{M_{oy} Ly^4}{EI} = 10,0818 \text{ mm}$$

- b. Lendutan akibat beban hidup

$$P_x = 11,5 \times 0,9659 = 11,1081 \text{ kg} = 108,9337 \text{ N}$$

$$P_y = 11,5 \times 0,2588 = 2,9764 \text{ kg} = 29,1887 \text{ N}$$

$$\Delta_{Lx} = \frac{1}{48} \frac{PxLx^3}{EIx} = 2,3353 \text{ mm}$$

$$\Delta_{Ly} = \frac{1}{48} \frac{PyLy^3}{EIy} = 2,5029 \text{ mm}$$

- c. Lendutan akibat beban angin

$$M_x = 1,4175 \text{ kg.m} = 13901,2711 \text{ N.mm}$$

$$\Delta_{Wx} = \frac{5}{48} \frac{M_{ox} Lx^4}{EI} = 0,4257 \text{ mm}$$

- d. Lendutan total

$$\begin{aligned} \Delta_x &= \Delta_{Dx} + \Delta_{Lx} + \Delta_{Wx} \\ &= 12,1675 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta_y &= \Delta_{Dy} + \Delta_{Ly} + \Delta_{Wy} \\ &= 12,5847 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta &= \sqrt{\Delta_x^2 + \Delta_y^2} \\ &= 17,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\Delta = \Delta_{ijin}$$

$$17,5 \text{ mm} = 17,5 \text{ mm} \dots \text{Aman.}$$

3.3. Analisis Struktur Kuda-Kuda 2-Dimensi dan 3-Dimensi

Menganalisis struktur rangka hanggar pesawat dengan pemodelan 2-Dimensi dengan menggunakan analisis secara manual dan menggunakan bantuan perangkat lunak (*software*) FEA.

3.3.1. Analisis Pembebanan Kuda- Kuda 2-Dimensi

Total berat sendiri kuda-kuda sebesar 483,6581 kg.

Tabel 5. Analisis Pembebanan

	Beban Mati (kg)	Beban Hidup (kg)	Beban atap angin tekan arah z (kg)	Beban atap angin tekan arah x (kg)	Beban atap angin hisap arah z (kg)	Beban atap angin hisap arah x (kg)
Ujung atas	87,0577	100	45,1307	12,0927	-45,1307	-12,0927
Tengah	87,0577	100	45,1307	12,0927	-45,1307	-12,0927
Ujung Bawah	87,0577	100	22,5653	6,0437	-22,5653	-6,0437

Analisis pembebanan 2-Dimensi menggunakan PPIUG 1983 untuk analisis beban mati dan beban hidup, SNI 1727-2020 untuk analisis beban angin atap.

Tabel 6. Analisis Pembebanan Angin

	Beban angin tekan dinding (kg)	Beban angin hisap dinding (kg)
Sisi samping	313,2873	-313,2873
Sisi tengah	626,5747	-626,5747

Analisis pembebanan 2-Dimensi menggunakan SNI 1727-2020 untuk analisis beban angin dinding.

Tabel 7. Analisis Pembebanan Gempa

Titik Berat Massa	Tinggi	Berat	Hk	$\frac{W_{x,y}}{W_{total}}$ Hk	Cv (%)	Berat gempa (kg)
1	5,7486	491,47	5,7486	2825,264	1	42,1463

Analisis pembebanan 2-Dimensi menggunakan SNI 1726-2019 untuk analisis beban gempa.

$$E_{horizontal} = 42,1463 \text{ kg}$$

$$E_{vertikal} = 0,2 \cdot SDs \cdot D = 37,9316546 \text{ kg}$$

Hasil analisis yang dilakukan didapatkan beban gempa horizontal sebesar 42,1463 kg dan gempa vertikal sebesar 37,9316546 kg.

3.3.2. Analisis Pembebanan Kuda-Kuda 3-Dimensi

Tabel 8. Analisis Pembebanan

	Beban Mati (kg)	Beban Hidup (kg)	Beban atap angin tekan arah z (kg)	Beban atap angin tekan arah x (kg)	Beban atap angin hisap arah z (kg)	Beban atap angin hisap arah x (kg)
Ujung atas	21,1758	100	1,4903	0,3993	-1,4903	-0,3993
Tengah	21,1758	100	1,4903	0,3993	-1,4903	-0,3993
Ujung Bawah	21,1758	100	0,7452	0,1997	-0,7452	-0,1997

Analisis pembebanan 3-Dimensi menggunakan PPIUG 1983 untuk analisis beban mati dan beban hidup, SNI 1727-2020 untuk analisis beban angin atap.

Tabel 9. Analisis Pembebanan Angin

	Beban angin tekan dinding (kg)	Beban angin hisap dinding (kg)
Sisi samping	156,6437	-156,6437
Sisi tengah	313,2873	-313,2873

Analisis pembebanan 3-Dimensi menggunakan SNI 1727-2020 untuk analisis beban angin dinding.

Tabel 10. Analisis Pembebanan Gempa

Titik Berat Massa	Tinggi	Berat	Hk	$\frac{W}{Hk}$	Cv (%)	Berat gempa (kg)
1	6,3595	3473,39	6,3595	22089,02	1	297,8625

Analisis pembebanan 3-Dimensi menggunakan SNI 1726-2019 untuk analisis beban gempa.

$$E_{\text{horizontal}} = 297,8625 \text{ kg}$$

$$E_{\text{vertikal}} = 0,2 \cdot S_Ds \cdot D = 268,0762 \text{ kg}$$

Hasil analisis yang dilakukan didapatkan beban gempa horizontal sebesar 297,8625 kg dan gempa vertikal sebesar 268,0762 kg.

3.3.3. Analisis batang tarik dan batang tekan 2-Dimensi dan 3-Dimensi

Pada struktur rangka hanggar pesawat menggunakan PSR (Profil Struktur Rongga) bundar galvanis, profil yang digunakan Ø1,3" dan Ø2,3" menggunakan analisis struktur rangka baja sesuai SNI 1729-2020.

1. Section properties geometry

- Tegangan leleh (f_y) = 250 MPa
- Tegangan putus (f_u) = 400 MPa
- Luas pipa 1,3" (A_g) = 282,7884 mm²
- Tebal pipa CHS 1,3" = 3mm
- Diameter luar (D) 1,3" = 33,02 mm
- Diameter dalam (d) 1,3" = 30,02mm
- Momen Inersia (I) 1,3" = 18478,7 mm⁴
- Radius girasi 1,3" = 8,08 mm
- Luas pipa CHS 2,4" (A_g) = 545,98 mm²
- Tebal pipa CHS 2,4" = 3mm
- Diameter luar (D) 2,4" = 60,96 mm Diameter dalam (d) 2,4"=57,96mm
- Momen Inersia (I) 2,4" = 123845,9 mm⁴
- Radius girasi 2,4" = 15,0609139 mm

2. Analisis batang tarik 2-Dimensi

- Batang yang digunakan adalah A1:
- Panjang batang (L) = 1169,49 mm
- Gaya tarik (P_{ut}) = 4,888 kN
- Kuat tarik terpakai adalah penampang bruto = 122,8462 kN
- $\phi_{tb} \cdot P_{nt1} > P_{ut}$
- 122,84622 kN > 4,888 kN...(Ok)
- Rasio kuat tarik terhadap gaya tarik
- $\frac{P_{ut}}{\phi_{tb} \cdot P_{nt1}} = 0,039 < 1 \dots$ (Memenuhi syarat)

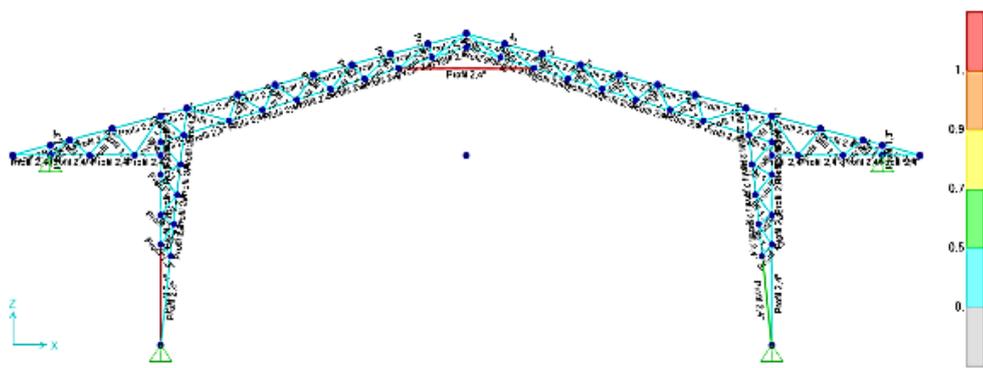
3. Analisis batang tarik 3-Dimensi

- Batang yang digunakan adalah 3A1:

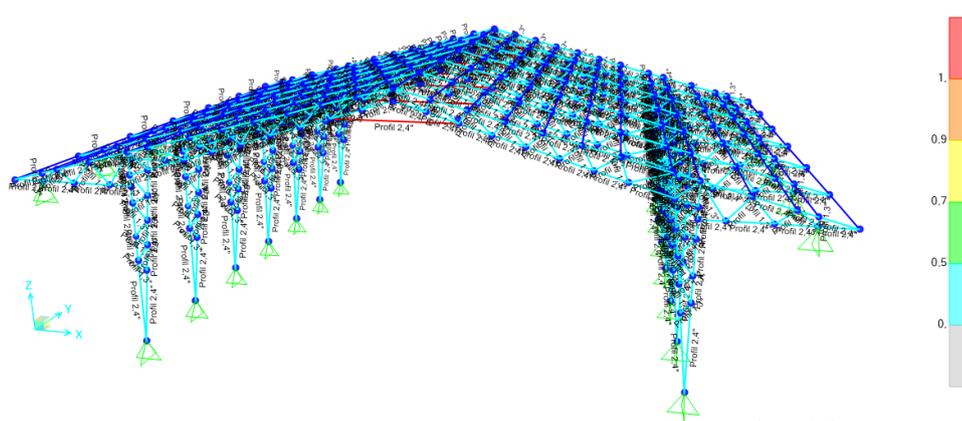
- Panjang batang (L) = 1169,5 mm
- Gaya tarik (P_{ut}) = 3,69 kN
- Kuat tarik terpakai adalah penampang bruto = 122,8462 kN
- $\phi_{tb} \cdot P_{nt1} > P_{ut}$
- 122,84622 kN > 3,69 kN...(Ok)
- Rasio kuat tarik terhadap gaya tarik
- $\frac{P_{ut}}{\phi_{tb} \cdot P_{nt1}} = \frac{3,69}{122,84} = 0,030 < 1 \dots$ (Memenuhi syarat)

4. Analisis batang tekan 2-Dimensi

- Batang yang digunakan adalah B130:
- Panjang batang (L) = 4133,4 mm
- Gaya tekan (P_{uc}) = 0 kN
- Rasio kelangsingan
- $\left(\frac{KL}{r_{xg}}\right) = 274,4455 > 200 \dots$ (Tidak aman)
- Kuat tekan terpakai
- $\phi_{tn} \cdot P_{nc} > P_{uc}$
- 11,3029 > 0 ... (Memenuhi syarat)
- Rasio kuat tekan terhadap gaya tekan $\frac{P_{uc}}{\phi_c P_{nc}} = 0$
- $0 < 1 \dots$ (Memenuhi syarat)



Gambar 4. Steel Design Sections 2-Dimensi



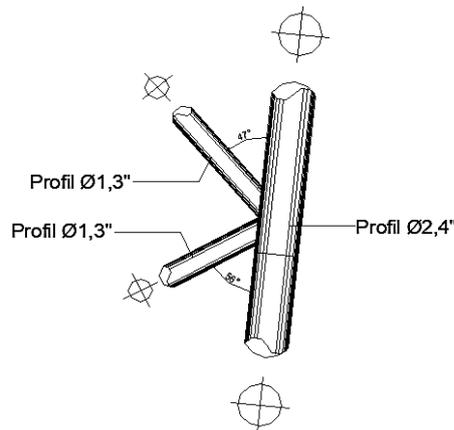
Gambar 5 Steel Design Sections 3-Dimensi

Hasil analisis yang didapatkan dari analisis manual kontrol aksial dan analisis 2-Dimensi dan 3-Dimensi yang menggunakan SAP 2000, mendapatkan hasil ketidakamanan kelangsingan pada batang tekan (B130) yang berwarna merah.

3.4. Analisis Sambungan Las

Analisis sambungan untuk struktur rangka kuda-kuda menggunakan jenis las sudut. Gaya-gaya batang yang digunakan akan dijadikan acuan analisis sambungan las:

Analisis sambungan joint 4 (a): Nama batang: 100S = 3D7 dan 3A38



Gambar 6. Sambungan las

1. Tebal las (*throat*) efektif

$$t_w = 3 \text{ mm}$$

2. Luas *throat* efektif

$$A_{we} = 2,1213 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

1. Kekuatan nominal logam las

$$F_{EXX} = 415 \text{ MPa}$$

$$F_{nw} = 0,60 \cdot F_{EXX} (1,0 + 0,5 \sin^{1,5}\theta) = 333,2202 \text{ MPa}$$

$$R_{nwo} = F_{nw} A_{we} = 706,8668 \text{ N/mm}$$

2. Kekuatan nominal logam profil

$$t_p = 3 \text{ mm}$$

$$R_{np} = F_{nBM} \cdot A_{BM} = 720 \text{ N/mm}$$

Kekuatan nominal yang digunakan yang terkecil

$$R_{nwo} = 706,8668 \text{ N/mm}$$

5. Panjang las

- a. Ujung bebas

$$L_{w1} = \frac{P_u}{\phi_w R_{nw}} = 5,6965 \text{ mm}$$

- b. Ujung menerus

$$L_{w2} = \frac{P_u}{\phi_w R_{nw}} = 38,4702 \text{ mm}$$

- c. Panjang las lapangan

$$L_p = 106 \text{ mm}$$

6. Cek syarat panjang las

$$L_{\min} = 4t_w = 12 \text{ mm}$$

$$L_p > L_{\min} \text{ (memenuhi syarat)}$$

7. Cek syarat sambungan ujung

Ujung bebas

$$\frac{L_{w1}}{t_w} = 1,8988 < 100 \text{ (memenuhi syarat)}$$

Ujung menerus

$$\frac{L_{w2}}{t_w} = 12,8234 < 100 \text{ (memenuhi syarat)}$$

Hasil analisis sambungan *joint* 4 (a) didapatkan hasil syarat panjang las $106 \text{ mm} > L_{\min}$ (memenuhi syarat aman), dan syarat sambungan ujung bebas $1,8988 < 100$ (memenuhi syarat aman), syarat sambungan ujung menerus $12,8234 < 100$ (memenuhi syarat aman).

4. KESIMPULAN

Setelah dilakukan beberapa perhitungan baik secara manual maupun pendekatan numerik dengan menggunakan SAP 2000 versi 22, maka didapatkan hasil dan kesimpulan dari analisis struktur rangka sebagai berikut:

1. Pemodelan struktur hanggar melalui analisis 2-Dimensi dan 3-Dimensi pada batang tarik yang sama nilai hasil analisis 2-Dimensi lebih besar dibandingkan batang tarik 3-Dimensi, sedangkan hasil analisis untuk batang tekan yang sama nilai batang tekan 2-Dimensi lebih besar dibandingkan 3-Dimensi.
2. Berdasarkan standar perencanaan baja yang terbaru kondisi pembebanan tetap, hidup, angin, dan standar gempa terbaru, maka kondisi struktur rangka hanggar pesawat dalam pemodelan analisis 2-Dimensi dan 3-Dimensi dinyatakan aman, tetapi pada batang tekan (B130) tidak memenuhi syarat kelangsingan dan tidak berpengaruh pada keamanan struktur pipa hanggar yang lainnya.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada BMKG Kota Tarakan yang telah membantu memberikan data angin, serta Yayasan MAF yang telah memberikan izin dan membantu dalam proses pengambilan data penelitian di hanggar pesawat.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional, (2020), SNI 1727 : 2020 Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, (2020), SNI 1729 : 2020 Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural (ANSI/AISC 360-16, IDT), Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, (2019), SNI 1726 : 2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, (2013), SNI 7973 : 2013 Spesifikasi desain untuk konstruksi kayu., Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, (1983), Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung (PPIUG 1983), Direktorat Jendral Cipta Karya, Bandung.

- Fajar, R.D., Sutandar, E., Supriyadi, A., 2021. Identifikasi Kuat Acuan Jenis Kayu yang Diperdagangkan Berdasarkan SNI 7973:2013. *Jurnal PWK, Teknik Sipil, Tambang*, Vol. 8, No.1, hal 1-7
- Hernadi, A., Prasetya, N.A., Aidil, R., 2017. Analisis Kuat Tarik Kayu Menggunakan PKKNI 1961 dan SNI 7973:2013. *Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 1, No.2, hal 63-67.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, (2021), Spektrum Respons Desain Indonesia, Direktorat Jendral Cipta Karya, Bandung. Termasuk dalam laman: <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/>
- Pala'biran, O.A., Windah, R.S., Pandaleke, R., 2019. Perhitungan Lendutan Balok Taper Kantilever dengan Menggunakan SAP 2000. *Jurnal Sipil Statik*, Vol.7, No.8, hal 1039-1048.
- Siswono, E., Mulyadi, M., 2019. Static Analysis of Frame Structure of Post-Stroke Patients Tricycle Design with Material Type Variations. *R.E.M. (Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal*, Vol. 4, No. 2, Hal: 107-117.