



REVIEW DESAIN STRUKTUR PORTAL BAJA KONSTRUKSI PASAR KOTA TARAKAN

Regina Pongsinoran*¹, Edy Utomo²

^{1,2}Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Borneo Tarakan
Jl. Amal Lama No.1, Kota Tarakan, Kalimantan Utara
e-mail: ¹rginaaa4@gmail.com , ²edyutomo99@borneo.ac.id

ABSTRACT: *The construction of a steel portal structure (gable frame) is one of the market buildings in Tarakan City that uses steel structure construction. Naturally, components that support the strength of the structure include rafters, columns, beams, curtains, base plates, and welded bolt connections. Since the strength factor is the primary consideration when planning a building structure, its is necessary to review the strength of capacity of the steel portal structure in accordance with SNI 1729:2020, SNI 1727:2020, and SNI 1726:2019. The three-dimensionally modelled SAP2000 version 23 program helped with the steel portal structure study. One of the structural components, the curtains, provides dangerous recommendations for bending forces and deflections, according to the findings of the structural capacity loading design analysis. But because the real operating load is lower than the SNI 1727:2020 design load, the curtains are still safe under actual circumstances. Thus, a proposal for the same curtain profile shape with a different geometry is provided based the loading design requirements.*

Keywords: *Construction, Market, Steel Portal Structure*

ABSTRAK: Salah satu bangunan pasar di Kota Tarakan yang menggunakan konstruksi struktur baja adalah Pasar Kota Tarakan. Konstruksi tersebut adalah konstruksi struktur portal baja (gable frame), yang tentunya memiliki komponen-komponen yang berperan dalam menunjang kekuatan strukturnya, seperti rafter, kolom, balok, gording, base plate dan sambungan baut las. Faktor kekuatan merupakan hal yang utama dalam perencanaan suatu struktur gedung, sehingga perlu dilakukan suatu review terhadap kekuatan atau kapasitas dari struktur portal baja tersebut sesuai SNI 1729:2020, SNI 1727:2020, SNI 1726:2019. Dalam analisis struktur portal baja ini dibantu dengan aplikasi SAP2000 versi 23, yang dimodelkan dengan 3-dimensi. Berdasarkan hasil analisis kapasitas struktur yang telah dilakukan yang mengacu pada ketentuan analisis desain pembebanan SNI 1727:2020, menunjukkan bahwa salah satu komponen struktur yaitu gording memberikan rekomendasi yang tidak aman terhadap gaya lentur dan juga lendutan. Akan tetapi, pada kondisi aktualnya, gording masih dalam kondisi yang aman dikarenakan beban aktual yang bekerja lebih kecil dibandingkan dengan beban desain SNI 1727:2020. Sehingga, berdasarkan ketentuan desain pembebanan diberikan rekomendasi bentuk profil gording yang sama dengan geometri yang berbeda.

Kata kunci: Baja, Konstruksi, Pasar, Struktur Portal Baja

1. PENDAHULUAN

Pembangunan nasional merupakan salah satu usaha pemerintah mewujudkan tingkat kesejahteraan masyarakat. Salah satunya melalui program pembangunan/revitalisasi pasar. Pasar yang satu ini menjadi salah satu tempat penggerak ekonomi di Kota Tarakan, sehingga agar program pemerintah tersebut

dapat terealisasi, maka diperlukan suatu desain bangunan gedung yang sesuai Permendag RI. Menurut Permendag RI Nomor 21 (2021) menyebutkan bahwa desain standar untuk pembangunan/revitalisasi pasar, yaitu desain purwarupa atau dikenal dengan istilah prototipe. Purwarupa adalah sebuah objek tahap awal yang diuji-cobakan kepada pengguna. Hal tersebut digunakan untuk menggambarkan sebuah objek sehingga klien atau pemilik objek tersebut mempunyai gambaran yang jelas pada sebuah objek yang akan dibangun (Dyani, 2018).

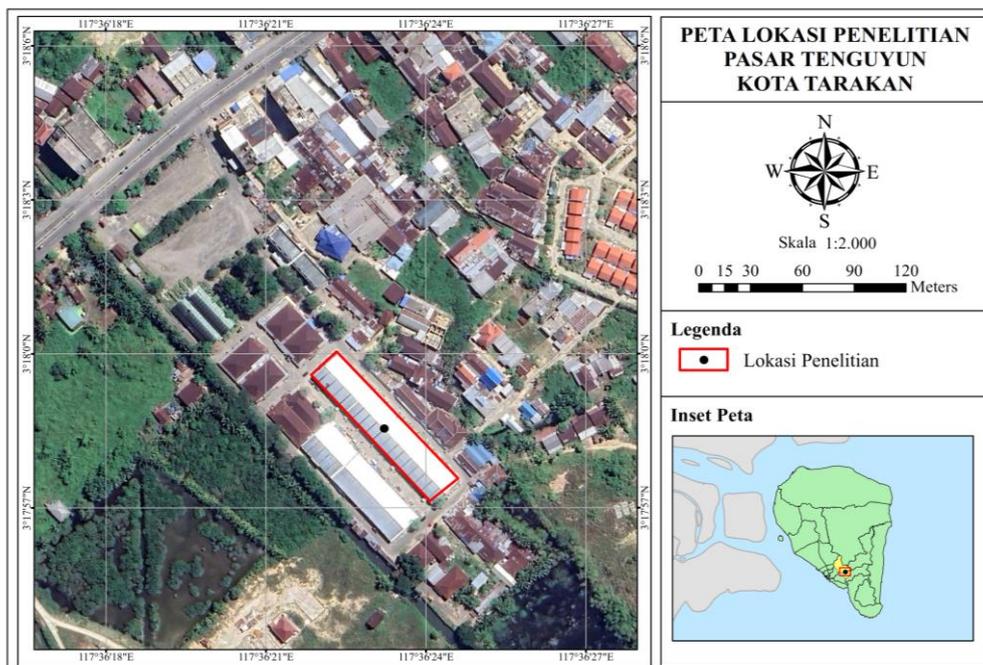
Pada pelaksanaan pembangunan gedung tidak lepas dari suatu sistem struktur, dimana struktur merupakan bagian-bagian yang membentuk sebuah bangunan. Struktur bangunan gedung yang digunakan pada pasar Kota Tarakan adalah struktur portal dengan material baja WF. Dengan bobot yang tidak terlalu berat dan memiliki kepadatan yang tinggi, material baja bisa dikatakan sebagai material konstruksi bangunan yang efisien (Saktika, 2020). Zuraidah (2022) menjelaskan bahwa, baja adalah logam paduan, logam besi yang berfungsi sebagai unsur dasar dicampur dengan beberapa elemen lainnya, termasuk unsur karbon. Berdasarkan jenisnya, baja karbon medium adalah baja yang sering digunakan dalam struktur, misalnya baja BJ 37. Baja karbon umumnya memiliki tegangan leleh (f_y) antara 210-250 MPa (Setiawan, 2008).

Oleh sebab itu, dalam penelitian ini akan meninjau ulang kondisi struktur prototipe yang dibangun, dari segi nilai kapasitas struktur dengan mengikuti peraturan desain SNI 1729:2020 (spesifikasi baja struktural), SNI 1727:2020 (beban desain minimum bangunan gedung), dan SNI 1726:2019 (desain kegempaan bangunan gedung), serta dibantu dengan menggunakan program analisis struktur SAP2000. Dalam perencanaan desain struktur, SAP2000 menyediakan beberapa menu desain untuk struktur baja maupun struktur beton, dan material-material struktur lainnya, sehingga jika ingin melakukan analisa ulang dan redesain, dengan mudah dapat dilakukan di SAP2000 (Sholeh, 2021).

2. METODE PENELITIAN

2.1. Lokasi Penelitian

Lokasi pasar Kota Tarakan yang digunakan sebagai objek penelitian berada di Jl. Kusuma Bangsa Kota Tarakan, Kalimantan Utara.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

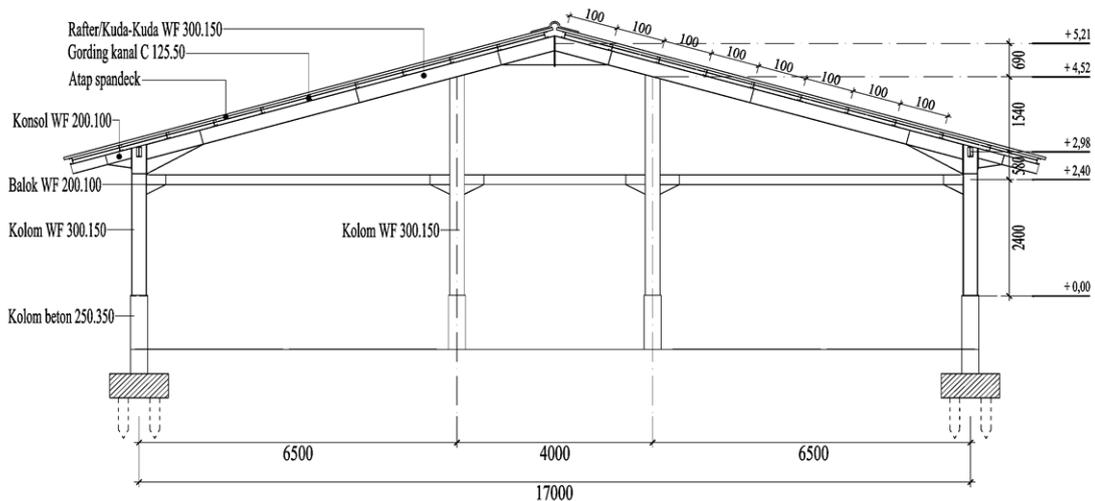
2.2. Studi Literatur

Studi literatur merupakan metode yang digunakan dalam penelitian ini. Metode ini dilakukan dengan cara membaca, mengkaji, dan mencatat literatur-literatur yang berhubungan dengan analisis struktur portal baja dan program SAP2000.

2.3. Pengumpulan Data

Data-data penelitian ini terdiri dari dua data kelompok, yaitu data primer dan data sekunder.

1. Data primer adalah data yang didapat langsung dengan melakukan tinjauan di lapangan. Data primer dari penelitian ini adalah tebal las dilapangan dengan alat ukur sigmat. Dari hasil pengukuran tebal las dilapangan untuk nilai c (sisi miring) = 5,2 mm. Sehingga, tebal las pada alas (t_a) dapat dihitung dengan cara, $t_a = c \sin 45^\circ = 3,68$ mm.
2. Data sekunder adalah data yang diperoleh dari bahan pustaka, buku, dan lain sebagainya. Data sekunder penelitian ini adalah *detail engineering desain* (DED), rencana anggaran biaya (RAB), data angin dari BMKG.



Gambar 2. Tampak Pemodelan Portal Baja Pasar

Tabel 1. Data kecepatan angin

| No | Bulan | Kecepatan angin (m/s) | | | | |
|-------------------|-----------|-----------------------|------|------|------|------|
| | | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 1 | Januari | 9 | 5 | 7 | 6 | 6 |
| 2 | Februari | 6 | 5 | 6 | 6 | 7 |
| 3 | Maret | 5 | 9 | 17 | 9 | 10 |
| 4 | April | 6 | 5 | 5 | 9 | 6 |
| 5 | Mei | 4 | 8 | 7 | 8 | 8 |
| 6 | Juni | 8 | 6 | 8 | 8 | 5 |
| 7 | Juli | 8 | 7 | 6 | 9 | 11 |
| 8 | Agustus | 7 | 9 | 9 | 15 | 7 |
| 9 | September | 5 | 8 | 4 | 8 | 9 |
| 10 | Oktober | 13 | 7 | 9 | 8 | 8 |
| 11 | November | 9 | 7 | 12 | 10 | 6 |
| 12 | Desember | 5 | 7 | 8 | 8 | 6 |
| Jumlah tahunan | | 85 | 83 | 98 | 104 | 89 |
| Maksimum tahunan | | 13 | 9 | 17 | 15 | 11 |
| Rata-rata tahunan | | 7,08 | 6,92 | 8,17 | 8,67 | 7,42 |

Sumber : BMKG Stasiun Meteorologi Juwata Tarakan

2.4. Metode Pengolahan Data Angin

Data yang didapatkan adalah data kecepatan angin tahunan, sebanyak 5 tahun terakhir dengan rentan waktu mulai tahun 2018 sampai dengan tahun 2022. Analisis datanya menggunakan jenis distribusi, yaitu distribusi normal, dan distribusi log-pearson III.

Tabel 2. Hasil kecepatan angin maksimum bulan april

| Tahun | Data kecepatan angin | Keterangan |
|-------|----------------------|--|
| 2018 | 6 | |
| 2019 | 5 | |
| 2020 | 5 | Berdasarkan data asli nilai kecepatan maksimum |
| 2021 | 9 | |
| 2022 | 6 | |
| 2024 | 5,751 | |
| 2027 | 7,275 | |
| 2032 | 8,372 | Berdasarkan analisis data kecepatan angin kala ulang waktu tertentu metode Log-pearson III |
| 2047 | 9,789 | |
| 2072 | 10,845 | |
| 2122 | 11,891 | |

Sumber : Hasil analisis, 2023

Dengan demikian, seluruh data yang dikala ulang diinput mulai dari bulan Januari hingga Desember, maka selanjutnya ditentukan kejadian *mean* dan modus, untuk pertimbangan penggunaan beban angin yang bekerja pada konstruksi portal baja yang direncanakan.

2.5. Analisis Pembebanan Struktur Portal Baja

2.1.1. Analisis Beban Mati

Menurut Satyarno dkk. (2021) menjelaskan bahwa beban mati pada struktur juga berasal dari berat sendiri elemen profil dan beban mati tambahan seperti gording dan penutup atap. Berikut ini adalah karakteristik konstruksi yang dianalisis :

1. Spesifikasi gording = Baja kanal CNP 125.50.20.2,3
2. Jarak antar gording = 1,00 meter
3. Berat penutup atap (spandek) = 50 N/m²
4. Bentang gording ($L_{gording}$) = 6,00 meter

Beban mati diasumsikan sebagai beban merata, dengan perhitungan analisis sebagai berikut :

- **Berat gording**

Berat sendiri gording dimasukkan dalam perhitungan detail untuk diperiksa, apakah profil gording eksisting memenuhi persyaratan ketentuan desain faktor beban dan ketahanan serta lendutan (Nawangalam, 2022). Berat gording sendiri diasumsikan sebagai beban merata dan merupakan komponen struktur lentur.

- **Beban penutup atap**

$$W_g = w_g \cdot s \quad (1)$$

dimana :

- W_g = Berat penutup atap (kN/m)
- w_g = Berat material penutup atap (kN/m²)
- s = Jarak miring antar gording (m)

- **Total beban mati**

$$q_D = \text{berat penutup atap} + \text{berat sendiri gording} \quad (2)$$

dimana :

- q_D = Beban mati total (kN/m)

2.1.2. Analisis Beban Hidup

Beban hidup yang digunakan sesuai dengan SNI 1727 (2020), beban hidup (pekerja) yang diasumsikan sebagai beban titik pada tengah bentang elemen gording, dan beban titik untuk elemen portal kuda-kuda (*rafter*) sebesar 1,33 kN.

2.1.3. Analisis Beban Angin

Beban angin desain untuk bangunan gedung, harus ditentukan dengan menggunakan salah satu prosedur seperti diisyaratkan dalam pasal 26 (SNI 1727, 2020). Beban angin desain dapat ditentukan dengan besaran tekanan angin desain untuk SPGAU bangunan gedung pada semua ketinggian.

$$p = qGC_p - q_i(GC_{pi}) \quad (3)$$

dimana :

- p = Tekanan desain yang digunakan dalam penentuan beban angin untuk bangunan gedung (N/m^2)
- q = Tekanan velositas (N/m^2)
- GC_p = Perkalian koefisien tekanan eksternal dan faktor efek hembusan angin yang digunakan dalam menentukan beban angin untuk bangunan gedung
- q_i = Tekanan velositas untuk menentukan tekanan internal (N/m^2)
- GC_{pi} = Perkalian koefisien tekanan internal dan faktor efek hembusan angin yang digunakan dalam menentukan beban angin untuk bangunan gedung

2.1.4. Analisis Beban Gempa

Untuk struktur gedung, pengaruh gempa rencana dapat ditinjau sebagai beban gempa statik ekuivalen dan beban gempa dinamik (*response spectrum* dan *time history*). Dalam metode statik ekuivalen, tanah dasar dianggap tetap dan beban gempa diekuivalensikan menjadi beban lateral statik yang disebar pada elemen struktur (kolom atau lantai). Sedangkan, metode analisis ragam *response spectrum* disusun berdasar respons terhadap percepatan tanah dan beberapa rekaman gempa yang dilakukan dengan *input* dari grafik *response spectrum* (Satyarno dkk., 2012).

Tabel 3. Data parameter analisis gempa desain

| Parameter | Informasi |
|--------------------------------------|---|
| Lokasi bangunan | Kota Tarakan |
| Fungsi bangunan | Pasar |
| Kategori risiko bangunan | II |
| Faktor keutamaan gempa, I_e | 1,00 |
| Klasifikasi kelas situs | SE (Tanah lunak) |
| Parameter percepatan batuan dasar | |
| - Periode pendek, S_s | 0,4565 g |
| - Periode 1 detik, S_l | 0,1758 g |
| Koefisien situs tanah | |
| - Periode pendek, F_A | 1,8217 g |
| - Periode 1 detik, F_V | 0,6184 g |
| Parameter percepatan spektral desain | |
| - S_{DS} | 0,5544 g |
| - S_{Dl} | 0,4123 g |
| Kategori desain seismik | KDS D |
| Sistem pemikul gaya seismik | Rangka baja pemikul momen biasa (SRPMB) |
| Koefisien modifikasi respons, R | 3,5 |
| Faktor kuat lebih sistem, Q_o | 3 |
| Faktor pembesaran defleksi, C_d | 3 |
| Faktor skala, $g I_e/R$ | 2,803 |

Sumber : Hasil analisis, 2023

2.1.5. Kombinasi Pembebanan

Menurut SNI 1727 (2020) dan SNI 1726 (2019), kombinasi beban yang digunakan antara lain :

1. $1,4D$
2. $1,2D + 1,6L$
3. $1,2D + 1,6L + 0,5W$
4. $0,9D + 1,0W$
5. $1,2D + E_v + E_h + L$

2.6. Analisis Kapasitas Struktur Portal Baja

2.1.1. Analisis Desain Komponen Struktur Lentur

Menurut SNI 1729 (2020), untuk komponen struktur yang didesain berdasarkan kekuatan lentur harus memenuhi syarat sebagai berikut :

$$M_u \leq \phi_b M_n \quad (4)$$

dimana :

- M_u = Kekuatan lentur perlu (kNm atau Nmm)
- M_n = Kekuatan lentur nominal (kNm atau Nmm)
- ϕ_b = Faktor ketahanan lentur (0,90)

Dalam SNI 1729 (2020), desain komponen struktur yang kuat menahan lentur, dapat dihitung dengan beberapa persamaan berdasarkan bentuk penampang (I/WF dan CNP gording) dan klasifikasi kelangsingan (kompak, nonkompak, dan langsing).

- **Klasifikasi kelangsingan**

Untuk penampang sayap :

- Kelangsingan penampang sayap :

$$\lambda_f = \frac{b_f}{t} \quad (5)$$

- Kelangsingan maks. penampang kompak :

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (6)$$

- Kelangsingan maks. penampang non-kompak :

$$\lambda_{rf} = 1,00 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (7)$$

Untuk penampang badan :

- Kelangsingan penampang badan :

$$\lambda_w = \frac{h}{t} \quad (8)$$

- Kelangsingan maks. penampang kompak :

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (9)$$

- Kelangsingan maks. penampang non-kompak :

$$\lambda_{rw} = 5,70 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (10)$$

- **Kekuatan lentur nominal berdasarkan batas leleh**

- Berdasarkan batas leleh melentur terhadap sumbu mayor (Pasal F2 SNI 1729:2020) :

$$M_n = M_p = F_y Z_x \quad (11)$$

- Berdasarkan batas leleh sayap tekan melentur terhadap sumbu mayor (Pasal F4 SNI 1729:2020) :

$$M_n = R_{pc}M_{yc} \quad (12)$$

- **Kekuatan lentur nominal berdasarkan tekuk torsi-lateral**

- Berdasarkan tekuk torsi-lateral (Pasal F2 SNI 1729:2020) :

- 1) Jika $L_b \leq L_p$, keadaan batas tekuk torsi lateral tidak berlaku.
- 2) Jika $L_p < L_b \leq L_r$,

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0,7F_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \quad (13)$$

- 3) Jika $L_b > L_r$

$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p \quad (14)$$

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{Jc}{S_x h_o} \left(\frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \quad (15)$$

dimana :

- L_b = Panjang antara titik-titik, baik yang terbreis terhadap perpindahan lateral sayap tekan atau terbreis terhadap puntir penampang melintang, (in atau mm)
- E = Modulus elastisitas baja sebesar 29.000 ksi (200.000 MPa)
- J = Konstanta torsi (in⁴ atau mm⁴)
- S_x = Modulus penampang elastis terhadap sumbu x, (in³ atau mm³)
- h_o = Jarak antara titik berat sayap (in atau mm)
- F_{cr} = Tegangan kritis (ksi atau MPa)
- c = Koefisien

$$L_p = 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (16)$$

$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7F_y} \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_o} \right) + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_o} \right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7F_y}{E} \right)^2}} \quad (17)$$

- Berdasarkan tekuk torsi-lateral (Pasal F4 SNI 1729:2020) :

- 1) Jika $L_b \leq L_p$, keadaan batas tekuk torsi lateral tidak berlaku.
- 2) Jika $L_p < L_b \leq L_r$,

$$M_n = C_b \left[R_{pc} M_{yc} - (R_{pc} M_{yc} - F_L S_{xc}) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq R_{pc} M_{yc} \quad (18)$$

- 3) Jika $L_b > L_r$

$$M_n = F_{cr} S_{xc} \leq R_{pc} M_{yc} \quad (19)$$

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_t} \right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{J}{S_{xc} h_o} \left(\frac{L_b}{r_t} \right)^2} \quad (20)$$

dimana :

- M_{yc} = Momen leleh pada sayap tekan (kip-in atau N-mm)
- F_L = Tegangan sayap tekan nominal yang merupakan batas bawah berlakunya keadaan batas tekuk inelastis
- R_{pc} = Faktor plastifikasi badan

$$L_p = 1,1 r_t \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (21)$$

$$L_r = 1,95 r_t \frac{E}{F_L} \sqrt{\frac{J}{S_{xc} h_o} + \sqrt{\left(\frac{J}{S_{xc} h_o} \right)^2 + 6,76 \left(\frac{F_L}{E} \right)^2}} \quad (22)$$

2.1.2. Analisis Desain Komponen Struktur Tekan

Arifi & Setyowulan (2020), menjelaskan faktor utama yang menentukan keruntuhan batang tekan, tekuk pada batang tekan harus diperhitungkan khususnya pada elemen-elemen yang mempunyai nilai kelangsingan yang tinggi. Menurut SNI 1729 (2020), untuk komponen struktur yang didesain berdasarkan tekan, rasio kelangsingan efektif (L_c/r), sebaiknya tidak melebihi 200.

$$\lambda = \frac{L_c}{r} = \frac{KL}{r} < 200 \quad (23)$$

dimana :

L_c = Panjang efektif komponen struktur (in atau mm)

K = Faktor panjang efektif

L = Panjang tak terbreis lateral pada komponen struktur tersebut (in atau mm)

r = Radius girasi (in atau mm)

- **Kekuatan tekan nominal**

$$P_n = F_{cr} A_g \quad (24)$$

Untuk tegangan kritis (F_{cr}), ditentukan sebagai berikut :

a. $\frac{L_c}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ atau $\frac{F_y}{F_e} \leq 2,25$, maka :

$$F_{cr} = \left(0,658 \frac{F_y}{F_e} \right) F_y \quad (25)$$

b. $\frac{L_c}{r} > 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ atau $\frac{F_y}{F_e} > 2,25$, maka :

$$F_{cr} = 0,877 F_e \quad (26)$$

dimana :

A_g = Luas penampang melintang bruto komponen struktur (in² atau mm²)

F_e = Tegangan tekuk elastis (ksi atau MPa)

untuk tekuk lentur :

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{L_c}{r} \right)^2} \quad (27)$$

untuk tekuk torsi :

$$F_e = \left(\frac{\pi^2 E C_w}{L_{cz}^2} + GJ \right) \frac{1}{I_x + I_y} \quad (28)$$

L = Tegangan leleh minimum terspesifikasi untuk tipe baja yang digunakan (ksi atau MPa)

r = Radius girasi (in atau mm)

2.1.3. Analisis Desain Komponen Struktur Geser

Berdasarkan SNI 1729 (2020) kekuatan geser desain $\phi_v V_n$, ditentukan berdasarkan persamaan berikut :

$$V_n = 0,6 F_y A_w C_{vl} \quad (29)$$

dimana :

F_y = Tegangan leleh untuk tipe baja yang digunakan (MPa)

A_w = Luas badan, tebal keseluruhan dikalikan tebal badan (mm²)

C_{vl} = Koefisien kekuatan geser badan, (1,00)

ϕ_v = 1,00 (Profil I/WF), dan 0,90 (Profil kanal)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Gording

Gording dianggap sebagai balok, sehingga akan dianalisis sebagai komponen struktur yang mampu menahan gaya lentur dan gaya geser. Profil gording eksisting digunakan adalah CNP 125.50.20.2,3 dan gording review adalah CNP 150.65.20.2,8 (mutu baja BJ 37).

1. Dimensional Profil

Tabel 4. Dimensi gording

| Dimensi profil | h_t (mm) | b_f (mm) | a (mm) | t (mm) |
|-------------------|------------|------------|----------|----------|
| CNP 125.50.20.2,3 | 125 | 50 | 20 | 2,3 |
| CNP 150.65.20.2,8 | 150 | 65 | 20 | 2,8 |

2. Analisis pembebanan

Tabel 5. Analisis pembebanan gording

| Dimensi profil | Beban mati (kN/m) | Beban hidup (kN) | Beban angin (kN/m) |
|-------------------|-------------------|------------------|--------------------|
| CNP 125.50.20.2,3 | 0,091 | 1,28 | 0,38 |
| CNP 150.65.20.2,8 | 0,111 | 1,28 | 0,38 |

3. Momen lentur dan gaya geser

Tabel 6. Momen lentur dan gaya geser

| Dimensi profil | M_{ux} (kNm) | V_{ux} (kN) |
|-------------------|----------------|---------------|
| CNP 125.50.20.2,3 | 4,430 | 1,925 |
| CNP 150.65.20.2,8 | 4,538 | 1,998 |

4. Klasifikasi penampang profil kanal

Tabel 7. Klasifikasi penampang profil kanal CNP

| Dimensi profil | Sayap (flange) | | | | Badan (web) | | | |
|-------------------|----------------|----------------|----------------|-----|-------------|----------------|----------------|-----|
| | λ_f | λ_{pf} | λ_{rf} | Ket | λ_w | λ_{pw} | λ_{rw} | Ket |
| CNP 125.50.20.2,3 | 21,739 | 10,970 | 28,868 | NC | 52,348 | 108,542 | 164,545 | C |
| CNP 150.65.20.2,8 | 23,214 | 10,970 | 28,868 | NC | 51,571 | 108,542 | 164,545 | C |

C = Kompak, NC = Nonkompak, S = Langsing

5. Kapasitas momen lentur nominal penampang

• **Gording CNP 125.50.20.2,3**

a. Berdasarkan kondisi leleh (Y)

$$M_n (Y) = M_p = F_y Z_x = 4,274 \text{ kNm}$$

b. Berdasarkan kondisi tekuk torsi lateral (LTB)

$$L_b = 2000 \text{ mm}$$

$$L_p = 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 960,249 \text{ mm}$$

$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7F_y} \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x h_o}\right) + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x h_o}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7F_y}{E}\right)^2}} = 2853,361 \text{ mm}$$

Karena, $L_p < L_b < L_r$, maka :

$$C_b = \frac{12,5 M_{maks}}{2,5 M_{maks} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} = 1,256$$

$$M_n (LTB) = C_b \left[M_p - (M_p - 0,7 F_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$

$$M_n (LTB) = 4,944 \text{ kNm} > 4,274 \text{ kNm}$$

Nilai $M_n (LTB)$ dipakai = 4,274 kNm• **Gording CNP 150.65.20.2,8**

a. Berdasarkan kondisi leleh (Y)

$$M_n (Y) = M_p = F_y Z_x = 7,694 \text{ kNm}$$

b. Berdasarkan kondisi tekuk torsi lateral (LTB)

$$L_b = 2000 \text{ mm}$$

$$L_p = 1,76r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1214,283 \text{ mm}$$

$$L_r = 1,95r_{ts} \frac{E}{0,7F_y} \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x h_o}\right) + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x h_o}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7F_y}{E}\right)^2}} = 3549,994 \text{ mm}$$

Karena, $L_p < L_b < L_r$, maka :

$$C_b = \frac{12,5 M_{maks}}{2,5 M_{maks} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} = 1,252$$

$$M_n \text{ (LTB)} = C_b \left[M_p - (M_p - 0,7F_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$

$$M_n \text{ (LTB)} = 9,183 \text{ kNm} > 7,694 \text{ kNm}$$

Nilai $M_n \text{ (LTB)}$ dipakai = 7,694 kNm

6. Kapasitas geser nominal penampang

- **Gording CNP 125.50.20.2,3**
 $V_n = 0,60 F_y A_{wx} C_{vl} = 41,400 \text{ kN}$
- **Gording CNP 150.65.20.2,8**
 $V_n = 0,60 F_y A_{wx} C_{vl} = 60,480 \text{ kN}$

Tabel 8. Rekapitulasi hasil perhitungan analisis kapasitas gording

| Dimensi profil | Kapasitas momen | | | | Kapasitas geser | | | |
|-------------------|-----------------|----------------|---------------------|------------|-----------------|---------------|--------------------|------|
| | M_u (kNm) | M_n (kNm) | ϕM_n (kNm) | Ket | V_u (kN) | V_n (kN) | ϕV_n (kN) | Ket |
| CNP 125.50.20.2,3 | 4,430 | 4,274 | 3,846 | Tidak Aman | 1,925 | 41,400 | 37,260 | Aman |
| CNP 150.65.20.2,8 | 4,538 | 7,694 | 6,924 | Aman | 1,998 | 60,480 | 54,432 | Aman |

Berdasarkan hasil analisis diatas, diperoleh bahwa struktur gording profil CNP 125.50.20.2,3 secara desain standar analisis pembebanan SNI 1727:2020, menghasilkan rekomendasi ketidakamanan yang ditinjau dari kapasitas terhadap momen lenturnya. Sedangkan, gording dengan profil CNP 150.65.20.2,8, memberikan rekomendasi yang aman terhadap gaya momen lentur.

Dengan adanya perubahan geometri untuk elemen gording eksisting CNP 125.50.20.2,3 menjadi gording review desain CNP 150.65.20.2,8, maka terjadi peningkatan kapasitas penampang sebesar 80,01%. Akan tetapi, faktanya pada saat pekerjaan pemasangan atap dan gording eksisting dilapangan masih dalam kondisi yang aman, hal tersebut dikarenakan beban yang bekerja adalah beban aktual (beban hidup pekerja lapangan) yang lebih kecil dari beban hidup desain SNI 1727:2020 (1,33 kN) dan beban yang bekerja tidak dikalikan dengan faktor beban desain.

3.2. Analisis Struktur Portal Baja 3D

3.2.1. Analisis Pembebanan Struktur Portal Baja

Berdasarkan analisis gording review desain SAP2000 diambil nilai *joint reactions* sebesar 1,978 kN untuk beban mati portal kuda-kuda posisi gording tengah dan 1,616 kN untuk beban mati portal kuda-kuda posisi gording tepi/puncak. Sedangkan beban hidup orang/pekerja sesuai dengan SNI 1727 (2020) diambil sebesar 1,33 kN dan beban angin pada struktur portal *rafter* (kuda-kuda) menggunakan analisis pembebanan SNI 1727:2020. Berikut ini ditampilkan tabel hasil analisis pembebanan untuk struktur portal baja 3 dimensi.

Tabel 9. Analisis pembebanan struktur portal baja 3 dimensi

| Posisi beban | Beban mati (kN) | Beban hidup (kN) | Beban angin tekan | Beban angin tekan | Beban angin hisap | Beban angin hisap |
|--------------|-----------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | | vertikal (kN) | horizontal (kN) | vertikal (kN) | horizontal (kN) |
| Puncak atas | 1,616 | 1,33 | -0,551 | 0,443 | - | - |
| Tengah | 1,978 | 1,33 | -2,202 | 0,590 | 2,202 | 0,590 |
| Tepi bawah | 1,616 | 1,33 | -1,101 | 0,295 | 1,101 | 0,295 |

Untuk analisis beban gempa yang digunakan sesuai dengan SNI 1726 (2019).

Tabel 10. Analisis pembebanan gempa

| Lantai | W_D (kN) | W_L (kN) | W_{total} ($W_D + 30\%W_L$) | C_s | V ($C_s W_{total}$) | C_{vx} | F_x ($C_{vx}V$) | V_x |
|--------|------------|------------|---------------------------------|-------|-------------------------|----------|---------------------|--------|
| 1 | 341,14 | 159,60 | 389,02 | 0,158 | 61,625 | 1,00 | 61,625 | 61,625 |

Dari Tabel 10 diatas, maka beban gempa untuk arah horizontal dan vertikal, dapat dihitung dengan persamaan berikut :

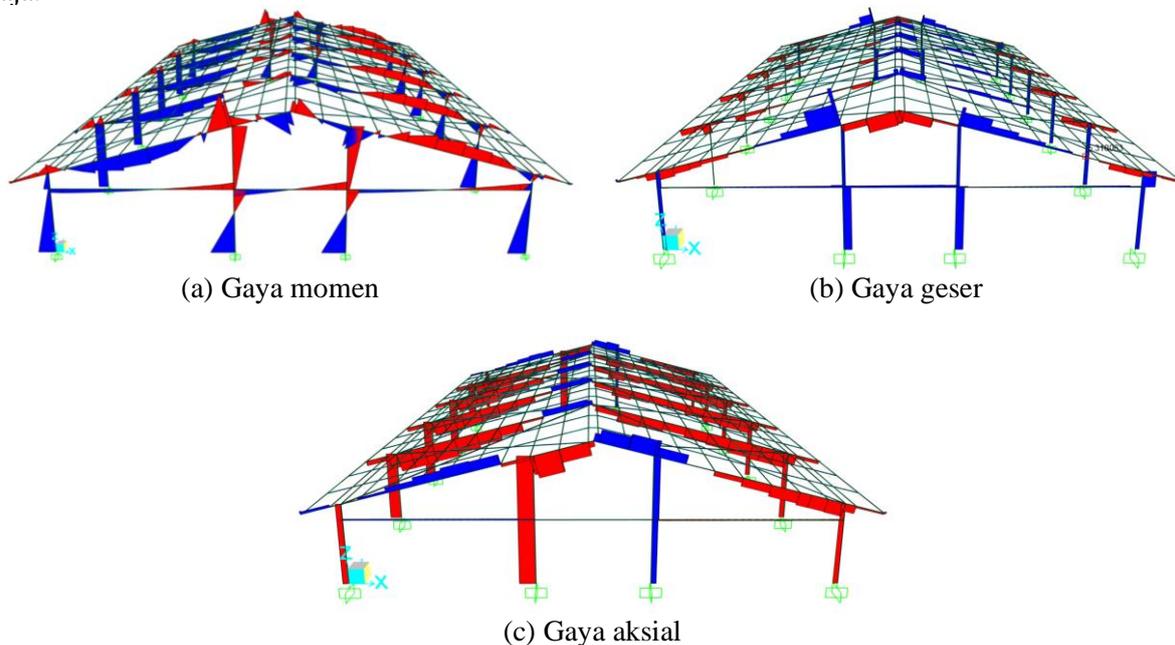
$$\begin{aligned} \text{Faktor redundansi, } \rho &= 1,3 \\ E_{horizontal} &= \rho Q_E = \rho V_x = 80,113 \text{ kN} \\ E_{vertikal} &= 0,2 S_{DS} W_D = 37,828 \text{ kN} \end{aligned}$$

Sehingga, beban gempa pada ketinggian 2,98 m dengan jumlah 12 titik adalah :

$$\begin{aligned} E_{horizontal} (E_{h12}) &= 6,6761 \text{ kN} \\ E_{vertikal} (E_{v12}) &= 3,1524 \text{ kN} \end{aligned}$$

3.2.2. Analisis Hasil Struktur Portal Baja SAP2000

Pemodelan struktur portal baja dilakukan dalam bentuk 3 dimensi menggunakan SAP2000. Hasil analisis pada SAP2000, selanjutnya akan digunakan dalam perhitungan analisis desain struktur portal baja.

**Gambar 3. Hasil analisis struktur portal baja 3 dimensi**

3.2.3. Cek profil balok dan kolom

Pengecekan kapasitas profil balok dilakukan dengan menggunakan syarat $M_u \leq \phi M_n$ untuk gaya momen lentur dan syarat $V_u \leq \phi V_n$ untuk gaya geser, maka didapat nilai M_u , ϕM_n , V_u , dan ϕV_n pada profil balok masing-masing seperti pada Tabel 11 dibawah ini.

Tabel 11. Rekapitulasi hasil perhitungan analisis kapasitas balok

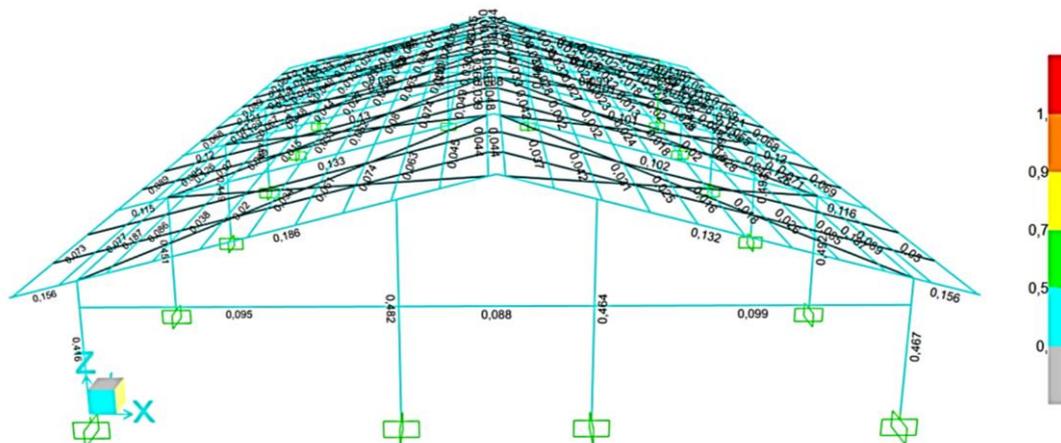
| Profil balok/rafter (kuda-kuda) | L (m) | Kapasitas momen | | | Kapasitas geser | | |
|------------------------------------|----------|-----------------|---------------------|------|-----------------|--------------------|------|
| | | M_u (kNm) | ϕM_n (kNm) | Ket | V_u (kN) | ϕV_n (kN) | Ket |
| Rafter WF 300.150.6,5.9 | 8,788 | 20,139 | 112,769 | Aman | 44,813 | 272,376 | Aman |
| Balok WF 200.100.5,5.8 | 6,500 | 4,071 | 20,059 | Aman | 2,558 | 152,064 | Aman |
| Balok WF 200.100.5,5.8 | 6,000 | 7,113 | 23,345 | Aman | 2,660 | 152,064 | Aman |
| Balok WF 200.100.5,5.8 | 4,000 | 4,809 | 43,233 | Aman | 2,634 | 152,064 | Aman |
| Konsol WF 200.100.5,5.8 | 1,451 | 6,802 | 38,696 | Aman | 16,083 | 152,064 | Aman |

Sedangkan, pengecekan kapasitas profil kolom dilakukan dengan menggunakan tiga syarat, antara lain $M_u \leq \phi M_n$, syarat $V_u \leq \phi V_n$, dan syarat $P_u \leq \phi P_n$ untuk gaya aksial, maka diperoleh hasil analisis pada profil kolom masing-masing pada Tabel 12 berikut ini.

Tabel 12. Rekapitulasi hasil perhitungan analisis kapasitas kolom

| Profil kolom | T (m) | Kapasitas momen | | | Kapasitas aksial (tekan) | | | Kapasitas geser | | |
|-----------------|----------|-----------------|---------------------|------|-----------------------------|--------------------|------|-----------------|--------------------|------|
| | | M_u (kNm) | ϕM_n (kNm) | Ket | P_u (kN) | ϕP_n (kN) | Ket | V_u (kN) | ϕV_n (kN) | Ket |
| WF300.150.6,5.9 | 2,98 | 7,02 | 85,43 | Aman | 47,15 | 665,57 | Aman | 17,80 | 272,38 | Aman |
| WF300.150.6,5.9 | 4,69 | 14,77 | 112,77 | Aman | 57,06 | 359,38 | Aman | 9,68 | 272,38 | Aman |

Berdasarkan pada Tabel 11 dan Tabel 12 diatas, dapat dilihat bahwa profil yang digunakan pada struktur portal baja untuk elemen kuda-kuda (*rafter*), balok, dan kolom, memberikan rekomendasi aman terhadap gaya lentur, gaya geser, dan gaya aksial yang terjadi.



Gambar 4. Hasil analisis struktur portal baja 3 dimensi

Gambar 4 merupakan hasil analisis kontrol aksial dan momen untuk seluruh elemen penyusun struktur portal baja yang dilakukan dengan menggunakan SAP2000. Dari gambar tersebut menunjukkan bahwa struktur portal baja hasil *review* desain untuk setiap elemennya dalam kondisi aman yang ditunjukkan dengan nilai rasio interaksi P-M < 1,0.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian ini diperoleh kesimpulan bahwa kapasitas penampang gording CNP 125.50.2,3 memberikan rekomendasi ketidakamanan terhadap gaya lentur yang dianalisis menggunakan standar desain pembebanan SNI 1727:2020. Sehingga, direkomendasikan profil CNP 150.65.2,8 yang kapasitas penampangnya lebih aman terhadap gaya lentur. Sedangkan, untuk analisis kapasitas penampang seperti kuda-kuda (*rafter*), balok, dan kolom didapatkan bahwa semua komponen tersebut dalam kondisi aman terhadap gaya lentur, gaya geser, dan gaya aksial yang terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifi, E., Setyowulan, D. (2020). *Perencanaan Struktur Baja : Berdasarkan SNI 1729:2020*. Malang: UB Press.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *Keputusan Kepala Badan Standardisasi Nasional Nomor 693/KEP/BSN/12/2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung Sebagai Revisi Dari Standar Nasional Indonesia 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). *Keputusan Kepala Badan Standardisasi Nasional Nomor 232/KEP/BSN/7/2020 tentang Penetapan Standar Nasional Indonesia 1729:2020 Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural Sebagai Revisi Dari Standar Nasional Indonesia 1729:2015 Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). *Keputusan Kepala Badan Standardisasi Nasional Nomor 235/KEP/BSN/7/2020 tentang Penetapan Standar Nasional Indonesia 1727:2020 Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain Sebagai Revisi Dari Standar Nasional Indonesia 1727:2013 Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Dyani, R. (2018, Oktober 25). *5 Tahap Dalam Merancang Pembuatan Purwarupa Dolpin (Dolan Pintar)*. Diakses pada 09 Januari 2023, dari <https://tulodo.com/2018/10/25/5-tahapan-dalam-merancang-pembuatan-purwarupa-mainan-pintar-dolpin/>
- Menteri Perdagangan RI. (2021). *Peraturan Menteri Perdagangan Republik Indonesia Nomor 21 Tahun 2021 tentang Pedoman Pembangunan dan Pengelolaan Sarana Perdagangan*. Jakarta : Menteri Perdagangan Republik Indonesia.
- Nawangalam, P. (2022). *Desain Struktur Bangunan : Atap Rangka Baja Edisi Kedua*. Yogyakarta: Wahana Resolusi.
- Saktika, G. (2020). *Mengenal Besi WF Yang Efisien Menahan Beban Tarik | Pengertian, Fungsi, Dan Harga Terbaru*. Diakses pada 09 Januari 2023, dari <https://berita.99.co/besi-wf/>
- Satyarno, I., Nawangalam, P., & P, R. I. (2012). *Belajar SAP 2000 Analisis Gempa Seri 2*. Yogyakarta: Zamil Publishing.
- Satyarno, I., Nawangalam, P., & P, R. P. (2021). *Belajar SAP2000 Cepat-Tepat-Mahir Seri 3*. Yogyakarta: Zamil Publishing.
- Setiawan, A. (2008). *Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD (Sesuai SNI 03-1729-2002)*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Sholeh, M. N. (2021). *Analisa Struktur SAP2000 v22*. Yogyakarta: Pustaka Pranala.
- Zuraidah, S. (2022). *Elemen Struktur Baja*. Surabaya: Scopindo Media Pustaka.