ANALISIS STRUKTUR PORTAL BAJA BERTINGKAT GEDUNG PUSAT KESEHATAN UMMAT MUHAMMADIYAH SUMBAWA BESAR

BADARUDDIN, I KOMANG ARIANTA²

¹Dosen Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Samawa Sumbawa Besar

²Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Samawa Sumbawa Besar

Abstrak

Indonesia tengah meningkatkan pembangunan infrastruktur di berbagai daerah, tidak terkecuali di kota-kota kecil seperti kota Sumbawa Besar. Di kota Sumbawa Besar saat ini tengah gencar melakukan pembangunan, hal ini dibuktikan dengan dibangunnya beberapa gedung bertingkat, seperti gedung kantor DPPK, Gedung IGD Sumbawa dan gedung PKU Muhammadiyah.

Gedung PKU Muhammadiyah memiliki fungsi dan tujuan utama untuk meningkatkan taraf kesehatan masyarakat Sumbawa. Diantara gedung-gedung lainnya, Gedung PKU Muhammadiyah memiliki perbedaan yang mencolok yaitu dibangun dengan konstruksi portal menggunakan material baja yang dimana konstruksi portal baja di Sumbawa masih cukup jarang digunakan seperti halnya material beton bertulang yang lazim digunakan.

Gedung PKU Muhammadiyah dibangun dengan menggunakan material baja yang dimana strukturnya terdiri dari struktur atap, balok dan kolom. Struktur atap menggunakan material beton dilapisi bondek 8 mm, balok dan kolom masing-masing menggunakan baja WF 500 x 200 x 10 x 16, WF 400 x 200 x 8 x 13 untuk balok dan HB 350 x 357 x 19 x 19 untuk kolom.

Perhitungan portal Gedung PKU Muhammadiyah diperhitungkan sesuai dengan beban yang bekerja antara lain beban hidup, beban mati dan beban gempa. Perhitungan gaya dalam dengan menggunakan metode Takabeya dan sebagai pembanding digunakan aplikasi struktur SAP2000.

Berdasarkan hasil analisis berdasarkan SNI 03-1729-2002 tentang "Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung", diketahui bahwa profil WF 500 x 200 x 10 x 16, WF 400 x 200 x 8 x 13 untuk balok dan HB 350 x 357 x 19 x 19 sebagai kolom yang digunakan masih dikategorikan aman.

Kata Kunci: *Konstruksi Portal Baja, Balok, Kolom, Keamanan Profil.*

PENDAHULUAN

Perkembangan perekonomian yang pesat di Indonesia akhir-akhir ini memicu pertumbuhan dan pembangunan ekonomi yang pesat, pembangunan tersebut ditandai dengan banyaknya dibangun gedung-gedung bertingkat banyak, dimana bangunan tersebut merupakan bangunan tingkat tinggi. Hal tersebut mendorong para perencana bangunan untuk membuat bangunan tingkat tinggi yang tahan gempa. Dimana berdasarkan geografis, Indonesia terletak di antara dua lempeng dunia yang aktif, yaitu Eurasia dan Australia. Hal ini mengakibatkan Indonesia merupakan daerah rawan gempa. Akhir – akhir ini gempa yang mengguncang Indonesia terjadi dalam skala besar, tahun 2004, tercatat tiga gempa besar di Indonesia yaitu di kepulauan Alor (11 Nov. 7.5 Skala rithcer),

gempa Papua (26 Nov. 7.1 Skala rithcer) dan gempa Aceh (26 Des. 9.2 Skala rithcer) yang disertai Tsunami, dan gempa gempa lainnya yang masih sering terjadi hingga saat ini, sehingga mengakibatkan kerusakan pada bangunan tingkat tinggi yang cukup parah. Kondisi itu menyadarkan kita, bahwa Indonesia merupakan daerah rawan terjadinya gempa. Untuk mengurangi resiko bencana yang terjadi diperlukan konstruksi bangunan tahan gempa.

Berlatar belakang alasan tersebut, para perencana konstruksidituntut dapat membuat perencanaan struktur bangunan tingkat tinggi yang aman, agar dapat menahan gaya yang diakibatkan oleh gempa bumi tersebut, khususnya di kota Sumbawa Besar,

yang dimana tengah gencar melakukan pembangunan di berbagai sisi, dari sisi kesehatan pemerintah maupun pihak swasta tengah melakukan berbagai pembangunan antara lain pemerintah tengah membangun Gedung Instalasi Gawat Darurat di tengah-tengah kota Sumbawa, senada dengan pemerintah pihak swastapun ikut dalam proses pembangunan di bidang kesehatan, hal ini dibuktikan dengan dibangunnya Pusat Kesehatan Ummat (PKU) oleh Muhammadiyah, gedung PKU ini bertujuan untuk melayani dan meningkatkan taraf kesehatan masyarakat kota Sumbawa Besar. Untuk mengakomodir semua hal tersebut maka haruslah dilakukan proses pembangunan gedung bertingkat yang aman dan nyaman. Bangunan bertingkat yang dibangun pada daerah gempa harus direncanakan mampu bertahan terhadap gempa. Pada struktur bangunan tingkat tinggi harus mampu menahan gaya-gaya vertikal (beban gravitasi), maupun gaya-gaya horizontal (beban gempa).

Struktur yang kuat biasanya memiliki dimensi yang besar tetapi tidak ekonomis jika diterapkan pada bangunan bertingkat tinggi. Perhitungan dimensi biasanya didasarkan pada kolom atau balok struktur yang menanggung beban paling besar. Untuk mendapatkan dimensi penampang yang optimal, maka besar gaya-gaya yang bekerja pada struktur perlu diketahui analisa balok maupun kolom. Dengan adanya pengaruh beban-beban yang bekerja, maka kapasitas momen akan dideformasikan merata ke seluruh elemen. Apabila struktur lentur maka pembebanan pada balok perlu diperhitungkan deformasi momennya. Skripsi ini merupakan studi untuk merencanakan bangunan tingkat tinggi dengan struktur baja. Dimana bangunan tingkat tinggi harus mampu bertahan terhadap gempa yang terjadi.

METODE PENELITIAN

Skripsi ini menganalisis kinerja portal *existing* pada perencanaan, dalam hal ini yaitu menganalisis keamanan balok dan kolom *existing*, pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode studi literatur dan

dengan melakukan observasi secara langsung dengan disertai referensi-referensi pendukung yang valid.

1. METODE PENGUMPULAN DATA

Adapun metode pengumpulan data yang digunakan dalam penulisan Tugas Akhir ini yaitu dengan menggunakan metode studi literatur dan dengan metode observasi secara langsung. Dengan menggunakan studi literatur ini secara langsung dilakukan pencarian referensi guna pengumpulan data-data yang valid dan dengan metode observasi dapat diketahui bentuk portal gedung yang akan ditinjau.

2. LOKASI PENELITIAN

Lokasi penelitian dan pengamatan terhadap portal struktur yang diamati adalah Gedung Pusat Kesehatan Ummat Muhammadiyah yang beralamat di Jalan Hasanuddin Kelurahan Bugis Kabupaten Sumbawa Provinsi Nusa Tenggara Barat. :

Gambar 1 : Tampak Gedung Via Citra Satelit 2014 (Google Maps)

Gambar 2 : Tampak Depan Gedung (Dokumentasi Pribadi)

Gambar 3 : Tampak Samping Gedung
(Dokumentasi Pribadi)

3. JENIS DATA

Untuk memudahkan proses penelitian skripsi ini maka perlu dilakukan survei pendahuluan guna menentukan data-data mencakup data-data proyek dan kriteria portal, (panjang, tinggi, lebar dll). Dalam hal ini data yaitu data primer dan data sekunder, antara lain :

1. Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung melalui pengamatan dan observasi, data primer pada penelitian ini antara lain :

Nama : Pembangunan Pusat
Proyek Kesehatan Ummat
Muhammadiyah
Lokasi : Jalan Hasanuddin
Proyek Kelurahan Bugis
Fungsi : Klinik / Rumah Sakit
Bangunan
Pemilik : Swakelola
Proyek Muhammadiyah
Jumlah : 3 (Tiga) Lantai
Lantai

- Data Proyek
- Data Dokumentasi Visual melalui survei lapangan

2. Data sekunder adalah data penunjang yang diperoleh secara tidak langsung melalui data-data teknis, data perencanaan, standar nasional, buku dan literatur dan lain-lain data sekunder pada penelitian ini antara lain :

- Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung SNI 03-1729-2002

- Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung SNI 1726:2012
- Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPPURG 1987).
- Gambar Kerja Struktur Portal Gedung Pusat Kesehatan Ummat Muhammadiyah.

4. DATA DASAR PERANCANGAN

Denah gedung terdiri dari 3 bentang balok pada arah x dengan panjang bentang terbesar 7.5 m dan 6.9 m, dan 6 bentang balok pada arah y dengan panjang bentang terbesar 7.5 m dan 5.32 m. Denah gedung selengkapnya seperti dalam Gambar 4.

Gambar 4 : Denah Portal Gedung
(Data Perencanaan)

5. MODEL STRUKTUR

Struktur portal mempunyai 3 tingkat (story) termasuk atap dengan tinggi antartingkat bervariasi dengan jarak antar kolom 5,5 m, 6,9 m dan 7,5 m. Model struktur selengkapnya seperti dalam gambar 5 dan gambar 6.

Gambar 5 : Portal Arah Melintang
(Data Perencanaan)

Gambar 6 : Portal Arah Memanjang
(Data Perencanaan)

6. SPESIFIKASI DAN DATA STRUKTUR

Dari hasil survei lapangan dan data-data yang diperoleh dari pelaksana maka beberapa hal dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Gedung terdiri dari 3 (tiga) lantai dan fungsi gedung sebagai Rumah Sakit dengan beban hidup 250 kg/m^2 (PPURG 1987).
2. Struktur utama (balok dan kolom) menggunakan bahan baja, Mutu Baja BJ-41

7. TAHAPAN PERENCANAAN

Suatu perencanaan harus dilakukan dengan sistematis yang jelas dan teratur sehingga hasilnya dapat dipertanggung-jawabkan. Oleh karena itu, penelitian ini dibagi dalam beberapa tahap sebagai berikut :

1. Tahap I

Tahap persiapan. Persiapan awal dilakukan dengan mengumpulkan data dan informasi yang mendukung perancangan struktur, dalam hal ini meliputi gambar kerja, data-data proyek, dan referensi-referensi penunjang dalam perencanaan seperti buku-buku (daftar buku tercantum dalam daftar pustaka) dan peraturan Perhitungan struktur baja dalam hal ini SNI-baja 2002. Selain itu pada tahap persiapan dilakukan penentuan profil balok dan kolom *existing* pada portal Gedung PKU Muhammadiyah.

2. Tahap II

Berdasarkan data-data pada tahap persiapan, Berdasarkan data portal yang meliputi data profil

balok dan kolom *existing* serta bentang (panjang dan lebar) serta ketinggian portal maka langkah selanjutnya dilakukan proses Analisis Statika terhadap model struktur dengan bantuan aplikasi SAP2000 dan perhitungan manual menggunakan metode Takabeya, (perhitungan statika tercantum pada bagian lampiran-lampiran) hal ini dilakukan guna memperoleh besaran gaya dalam yang bekerja seperti Gaya momen, gaya geser, dan gayatekan atau gaya tarik pada struktur portal terhadap beban-beban yang bekerja (beban hidup, beban mati dan beban gempa). Gaya-gaya ini adalah dasar perhitungan untuk mengetahui keamanan dari profil balok dan kolom yang digunakan.

3. Tahap III

Setelah gaya dalam ditentukan pada tahap II dan dihasilkan gaya momen, Lintang dan gaya normal maka langkah selanjutnya yaitu Kontrol Keamanan profil kolom dan balok *existing* terhadap momen, gaya geser, dan gaya tekan atau gaya tarik yang diperoleh dari analisa statika. Pada proses penentuan kekuatan profil yang digunakan langkah pertama yaitu menentukan keamanan profil balok *existing*, langkah perhitungannya yaitu :

- Perhitungan *Centre of Gravity* (Pers. 2.27)
- Cek Z_x terhadap S_x (Pers. 2.26)
- Cek kekompakan profil (Pers. 2.28 S/D Pers. 2.29)
- Cek kapasitas berdasarkan *Flange Local Buckling* (Pers. 2.30)
- Cek kapasitas berdasarkan *Local Torsional Buckling* (Tabel 2.12)
- Kuat Lentur Nominal pada kondisi *Local Torsional Buckling* (Pers. 2.38)
- Kuat Geser (Pers. 2.42 S/D Pers. 2.48)

- Lendutan (Pers. 2.49)
Setelah itu yaitu menentukan keamanan profil Kolomexisting, langkah perhitungannya yaitu :
 - Perhitungan *Centre of Gravity* (Pers. 2.27)
 - Cek Z_x terhadap S_x (Pers. 2.26)
 - Cek kekompakan profil (Pers. 2.28 , 2.30 dan Pers. 2.56 S/D 2.60)
 - Cek kapasitas berdasarkan *Flange Local Buckling* (Pers. 2.39)
 - Cek kapasitas berdasarkan *Local Torsional Buckling* (Tabel. 2.12)
 - Kuat Lentur Nominal pada kondisi *Local Torsional Buckling* (Pers.2.39)
 - Faktor Pembesaran Momen (Pers. 2.63 S/D 2.65)
 - Momen Maksimum Terfaktor (Pers. 2.61)
 - Menentukan Parameter Kelangsingan (Pers. 2.53)
 - Menentukan $N_u / \phi N_n$ (Pers. 2.51 dan 2.54)
 - Interaksi aksial momen (Pers. 2.54 dan 2.55)

4. Tahap IV

Setelah dilakukan perhitungan keamanan profil maka langkah selanjutnya yaitu Tahap pengambilan kesimpulan. Pada tahap ini, dengan berdasarkan hasilperhitungan pada tahap analisis, maka dilakukan proses penyimpulan, penyimpulan dilakukan dengan merekapitulasi seluruh hasil perhitungan keamanan profil balok dan kolom kedalam tabel. (tabel 4.10 sampai dengan tabel 4.13), hal ini dilakukan guna memudahkan proses pembacaan skripsi ini.

8. BAGAN ALIR PENELITIAN

Gambar 7 : Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

DATA UMUM PORTAL

Data Perencanaan :

Kegunaan Bangunan : RUMAH SAKIT
Jenis Tanah: TANAH LUNAK (SE)
(Berdasarkan Sondir)

Profil yang dipakai :

- KOLOM : HB.350.357.19.19
(Data Perencanaan)
- BALOK : WF.500.200.10.16
(Data Perencanaan)
- WF.400.200.8.13
(Data Perencanaan)
- Plat Lantai : BONDEK 8 mm
(Data Perencanaan)
- Tebal plat : 10,5 cm = 0,105 m
(Data Perencanaan)
- Berat Beton Bertulang : 24 KN/m³
(PPPURG 1987)

Dan Beban-Beban Yang lain bersumber dari PPPURG 1987

- Mutu Baja: BJ-41
- F_u : 410Mpa(SNI 03 – 1729 – 2002)
- F_y : 250Mpa(SNI 03 – 1729 – 2002)

Gambar 8 : Gambar Portal dan Denah Portal (Data Existing)

Gambar 9 : Tampak Perspektif Portal (Data SAP2000)

Perhitungan Pembebanan portal

Data Teknis Perencanaan Pembebanan Portal (PPPURG 1987) :

- Berat beton bertulang : 2400 Kg/m^3 : 24 KN/m^3
- Berat penutup lantai keramik : 24 Kg/m^2 : $0,24 \text{ KN/m}^2$
- Berat adukan semen per cm tebal : 21 Kg/m^2 : $0,21 \text{ KN/m}^2$
- Pasangan Bata Merah 1/2 Batu : 250 Kg/m^2 : $2,5 \text{ KN/m}^2$
- Berat pasir kondisi lembab : 1850 Kg/m^3 : $18,5 \text{ Kg/m}^3$
- Berat plafon & penggantung : 18 Kg/m^2 : $0,18 \text{ KN/m}^2$
- Berat Instalasi Air dan Listrik : 25 Kg/m^2 : $0,25 \text{ KN/m}^2$
- Beban Bondek : $7,4 \text{ Kg/m}^2$: $0,074 \text{ KN/m}^2$

- Beban hidup untuk gedung Rumah Sakit: 250 Kg/m^2 : $2,5 \text{ KN/m}^2$

Dari data diatas maka beban dapat dihitung sebagai berikut :

BEBAN ATAP

Beban mati (q_D)

- Plat beton ($t = 10.5 \text{ cm}$) = $0,105 \cdot 24 = 2,52$
- Plat Bondek = $0,074$
= $0,074 \text{ KN/m}$
- Berat plafond & penggantung = $0,18$
= $0,18 \text{ KN/m}$
- Berat Instalasi Air dan Listrik = $0,25$
= $0,25 \text{ KN/m}$
- Berat Air hujan = $0,020 \cdot 10 = 0,2 \text{ KN/m}$
 q_L
= $2,5 \text{ KN/m}$

Beban berfaktor

$$= 1,2q_D + 1,6q_L$$

$$= 1,2 \cdot 3,224 + 1,6 \cdot 2,5$$

$$= 7,869 \text{ KN/m}$$

Berikut ini data perencanaan denah dan lain-lain :

Gambar 10 : Denah Lantai 3 / Atap (Data Existing)

Gambar 11 : Denah Balok Lantai 3 / Atap (Data Existing)

Gambar 12 : Pembebanan Lantai 3 / Atap
(Data Perhitungan)

Gambar 13 : Pembebanan Arah Y - Y
Lantai 3 / Atap (Data Perhitungan)

BEBAN LANTAI 1 & 2

Beban mati (qD)

- Plat beton (t = 10.5 cm) =
 $0,105 \cdot 24 = 2,52 \text{KN/m}$
- Plat Bondek = $0,074 = 0,074 \text{KN/m}$
- Keramik (t = 1 cm) = $1,0,24 = 0,24 \text{KN/m}$
- Spesi (t = 2 cm) = $2 \cdot 0,21 = 0,42 \text{KN/m}$
- Berat plafond & penggantung = $0,18 = 0,18 \text{KN/m}$
- Berat Instalasi Air dan Listrik = $0,25 = 0,25 \text{KN/mm}$

Beban hidup (qL)

$$qL = 2,5 \text{KN/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban berfaktor} &= 1,2q_D + 1,6q_L \\ &= 1,2 \cdot 3,684 + 1,6 \cdot 2,5 \\ &= 8,42 \text{ KN/m} \end{aligned}$$

Gambar 14 : Denah Lantai 1 (b) &
Denah Lantai 2 (a (Data Existing)

Gambar 15 : Denah Balok Lantai 1 &
Lantai 2 (Data Existing)

Gambar 16 : Skema Pembebanan Lantai 1
& Lantai 2 (Data Perhitungan)

Gambar 17 : Skema Pembebanan Lantai 1
& Lantai 2 Arah Y – Y (Data Perhitungan)

Analisa Pembebanan Yang Bekerja

Dalam menganalisa berbagai beban yang bekerja pada suatu portal, terdapat metode pembebanan yaitu metode pembebanan amplop. Dalam metode tersebut terdapat dua bentuk pembebanan yaitu beban segitiga dan beban trapesium, dalam hal ini untuk memudahkan perhitungannya maka kedua beban tersebut diubah kedalam bentuk beban merata biasa dengan menggunakan l_{eq} (beban equivalen), berikut perhitungannya :

a. Perhitungan l_{eq} (Beban segitiga)

Portal Melintang (X - X) :

Setelah dilakukan perumusan konversi beban segitiga ke beban equivalen maka dapat ditentukan perhitungan pembebanan pada portal, dalam hal ini diambil contoh pada portal arah X-X pada bentang 7,5 meter dan 5,5 meter ,

berikut perhitungannya
berdasarkan persamaan (2.4) :
Untuk bentang 7,5 meter :

$$l_{eq} = \frac{1}{3} \cdot 7,5 \\ = 2,5 \text{ Meter}$$

Untuk bentang 5,5 meter :

$$l_{eq} = \frac{1}{3} \cdot 5,5 \\ = 1,83 \text{ Meter}$$

b. Perhitungan l_{eq} (Beban segitiga) Portal Memanjang (Y - Y) :

Setelah dilakukan perumusan konversi beban segitiga ke beban equivalen maka dapat ditentukan perhitungan pembebanan pada portal, dalam hal ini diambil contoh pada portal arah Y-Y pada bentang 7,5 meter dan 6,9 meter , berikut perhitungannya, berdasarkan persamaan (2.4):

Untuk bentang 6,9 meter :

$$l_{eq} = \frac{1}{3} \cdot 6,9 \\ = 2,30 \text{ Meter}$$

Untuk bentang 7,5 meter :

$$l_{eq} = \frac{1}{3} \cdot 7,5 \\ = 2,50 \text{ Meter}$$

c. Perhitungan l_{eq} (Beban Trapesium) Portal Memanjang (Y - Y) :

Setelah dilakukan perumusan konversi beban trapesium ke beban equivalen maka dapat ditentukan perhitungan pembebanan pada portal, dalam hal ini diambil contoh pada portal arah Y-Y pada bentang 7,5 meter dan 6,9 meter , berikut perhitungannya berdasarkan persamaan (2.8) :
Untuk bentang 6,9 meter :

$$l_{eq} = \frac{1}{6} \cdot 5,5 \cdot \left\{ 3 - 4 \left(\frac{5,5}{2 \cdot 6,9} \right)^2 \right\} \\ = 2,17 \text{ Meter}$$

Untuk bentang 7,5 meter :

$$l_{eq} = \frac{1}{6} \cdot 5,5 \cdot \left\{ 3 - 4 \left(\frac{5,5}{2 \cdot 7,5} \right)^2 \right\} \\ = 2,26 \text{ Meter}$$

Pembebanan Portal Arah Y - Y (Memanjang)

Setelah dilakukan perhitungan konversi ke beban Q_{eq} maka langkah selanjutnya yaitu perhitungan beban yang bekerja arah Y - Y, dalam hal ini akan dilakukan perhitungan beban konversi pada arah simpul A - B pada batang 13-14 , setelah dilakukan 1 perhitungan maka beban selanjutnya akan direkapitulasi menjadi sebuah tabel, berikut perhitungannya :

Gambar 18 : Pembebanan Portal Akibat beban Segitiga & Trapesium (Data Perhitungan)

Gambar 19 : Konversi Pembebanan Portal Akibat beban Segitiga & Trapesium Menjadi Q_{eq} (Data Perhitungan)

Beban merata A - B (Atap)

$$Q_{equivalen \ 13-14} = 2,17 \cdot 7,87 + 2,30 \cdot 7,87 \\ = 35,15 \text{ KN/m}$$

Maka Total Beban merata 13 -14
(Atap) = 35,15KN/m

Dari contoh perhitungan diatas, guna mempersingkat hitungan dan memudahkan proses pembacaan maka hasil perhitungan pada lantai-lantai selanjutnya dilakukan proses rekapitulasi beban gempa yang bekerja, hasil rekapitulasi beban dicantumkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 1 : Beban Q equivalen pada Lantai I, II & III

No.	LANTAI I		LANTAI II		LANTAI III (Atap)	
	BATANG	Qekivalen	BATANG	Qekivalen	BATANG	Qekivalen
1	1-2	37,62	7-8	40,06	13-14	35,15
2	2-3	40,06	8-9	40,06	14-15	37,43
3	3-4	40,06	9-10	40,06	15-16	37,43
4	4-5	40,06	10-11	40,06	16-17	37,43
5	5-6	40,06	11-12	37,62	17-18	37,43

Pembebanan Portal Arah X - X (Melintang)

Setelah dilakukan perhitungan konversi ke beban Qeq maka langkah selanjutnya yaitu perhitungan beban yang bekerja arah X -X, dalam hal ini akan dilakukan perhitungan beban konversi pada arah simpul G - H pada batang 25-26 (Lantai Atap), setelah dilakukan 1 perhitungan maka beban selanjutnya akan direkapitulasi menjadi sebuah tabel, berikut perhitungannya :

Gambar 20 : Pembebanan Portal Akibat beban Segitiga & Trapesium (Data Perhitungan)

Gambar 21 : Konversi Pembebanan Portal Akibat beban Segitiga & Trapesium Menjadi Qeq (Data Perhitungan)

Beban merata G -H (Atap)

$$Q_{\text{equivalen}25-26} = 1,83.7,87 + 1,83 \cdot 7,87 \\ = 28,85 \text{ KN/m}$$

$$\text{Total Beban merata } 6-5 \text{ (Atap)} \\ = 28,852 \text{ KN/m}$$

Dari contoh perhitungan diatas, guna mempersingkat hitungan dan memudahkan proses pembacaan maka hasil perhitungan pada lantai-lantai selanjutnya dilakukan proses rekapitulasi beban gempa yang bekerja, hasil rekapitulasi beban dicantumkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 2 : Beban Q equivalen pada Lantai I

No.	LANTAI I		LANTAI II		LANTAI III (Atap)	
	BATANG	Qekivalen	BATANG	Qekivalen	BATANG	Qekivalen
1	19-20	30,88	22-23	30,88	25-26	28,85
2	20-21	42,10	23-24	42,10	26-27	39,34

Perhitungan Beban Akibat Gempa

Kota Sumbawa Besar adalah salah satu kota yang terdapat di provinsi NTB (Nusa Tenggara Barat), adapun Lokasi bangunan Portal berada pada koordinat 8.497790900424045 LS dan 117.42153469473124 BT, berdasarkan data-data diatas dapat dilakukan perhitungan beban gempa menggunakan SK-SNI 1726:2012 tentang "Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung " :

Data Umum :

- Pemanfaatan gedung: RUMAH SAKIT
- Lokasi: Kota Sumbawa Besar

- Tinggi: 3 Lantai (11,06 meter)
- Luas: $13 \times 36,9 = 479,7 \text{ m}^2$
- Jenis Tanah : Tanah lunak (SE) (Berdasarkan Data Sondir)
 $I_e = 1,5$ (Rumah Sakit Termasuk Kategori IV - SNI SNI 1726:201 Pasal 4.1.2)

Menentukan Nilai S_s & S_1

a. Penentuan Nilai S_s :

Langkah awal dalam perhitungan gaya gempa berdasarkan SK-SNI 1726:2012 adalah menentukan parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode pendek (S_s), penentuan S_s dapat dilakukan dengan melakukan pembacaan warna pada peta dibawah ini :

Gambar 22 : Peta respon spektra 0,2 detik (S_s) untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun (SK-SNI 1726:2012)

Gambar 23 : Peta Parameter (S_s) untuk daerah Sumbawa (SK-SNI 1726:2012)

Dari Proses pembacaan Warna pada peta S_s diperoleh : $S_s = 1,2$

b. Penentuan Nilai S_1 :

Langkah selanjutnya dalam perhitungan gaya gempa berdasarkan SK-SNI 1726:2012 adalah menentukan parameter

respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode 1,0 detik (S_1), penentuan S_1 dapat dilakukan dengan melakukan pembacaan warna pada peta dibawah ini :

Gambar 24 : Peta respon spektra 1 detik (S_1) untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun (SK-SNI 1726:2012)

Gambar 25 : Peta Parameter (S_1) untuk daerah Sumbawa (SK-SNI 1726:2012)
 Dari Proses pembacaan Warna pada peta S_1 diperoleh : $S_1 = 0,4$

Menentukan Koefisien Situs F_a & F_v

Berdasarkan data perhitungan S_s , S_1 dan Data jenis tanah yang telah ditentukan sebelumnya maka langkah selanjutnya yaitu menentukan Koefisien situs Periode pendek (F_a) dan Periode Panjang (F_v), Untuk penentuan *respons spektral* percepatan gempa MCE_R di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik pada periode 0,2 detik dan periode 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek (F_a) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik (F_v). berikut perhitungannya :

$$S_s = 1,2$$

berdasarkan data S_s dapat diperoleh nilai F_a pada tabel SNI 1726:2012

Tabel 3 : Koefisien situs, Fa

KELAS SITUAS	Parameter Respons spektral percepatan gempa (MCER) Terpetakan pada periode pendek, T = 0.2 Detik, Ss							
	Ss ≤ 0.25	-	Ss = 0.5	-	Ss = 0.75	-	Ss = 1.0	Ss = 1.2
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	1.02
SE	2.5	-	1.7	-	1.2	-	0.9	0.90
SF	SSb							

Karena Ss = 1,2 maka Rumus Interpolasi digunakan guna memperoleh data Fa berdasarkan persamaan (2.14):

$$Y = Y_1 + \frac{X - X_1}{X_2 - X_1} (Y_2 - Y_1)$$

$$Y = 0,9 + \frac{1,2 - 0,9}{1,25 - 1} (1,0 - 0,9)$$

$$= 0,90$$

berdasarkan data Ss dapat diperoleh nilai Fv pada tabel SNI SNI 1726:2012.

S₁ = 0,4

Tabel 4 : Koefisien situs, Fv

KELAS SITUAS	Parameter Respons spektral percepatan gempa (MCER) Terpetakan pada periode pendek, T = 1 Detik, S1							
	S1 ≤ 0.1	-	S1 = 0.2	-	S1 = 0.3	-	S1 = 0.4	S1 ≥ 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	-	2.0	-	1.8	-	1.6	1.5
SE	3.5	-	3.2	-	2.8	-	2.4	2.4
SF	SSb							

Dari contoh perhitungan diatas, guna mempersingkat hitungan dan memudahkan proses pembacaan maka hasil perhitungan pada lantai-lantai selanjutnya dilakukan proses rekapitulasi beban gempa yang bekerja, hasil rekapitulasi beban dicantumkan pada tabel dibawah ini :

Tabel 5 : Tabel Rekapitulasi Koefisien situs, Fa & Fv

KELAS SITUAS	Fa	Fv
SA	0,80	0,8
SB	1,00	1
SC	1,00	1,4
SD	1,02	1,6
SE	0,90	2,4

Menghitung Parameter Percepatan Spektral S_{DS}, S_{D1} & Spectrum Respons Design

A. Menghitung Parameter Percepatan Spektral S_{DS} Dan S_{D1} :

Parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek, S_{DS} dan pada perioda 1 detik, S_{D1}, dapat ditentukan melalui persamaan (2.15) dan persamaan (2.16) berikut ini :

S _{MS}	=	Fa	S _S
S _{M1}	=	Fv	S ₁
S _{DS}	=	2/3	S _{MS}
S _{D1}	=	2/3	S _{M1}

Tabel 6 : Tabel Rekapitulasi Koefisien situs, S_{MS} & S_{M1}, S_{DS} & S_{D1}

KELAS SITUAS	S _{MS}	S _{M1}	S _{DS}	S _{D1}
SA	0,96	0,32	0,64	0,21
SB	1,20	0,40	0,80	0,27
SC	1,20	0,56	0,80	0,37
SD	1,22	0,64	0,82	0,43
SE	1,08	0,96	0,72	0,64

B. Perhitungan Spectrum Respons Design :

Spektrum respons desain diperlukan untuk membentuk kurva spektrum respons desain, dalam perhitungannya dibutuhkan beberapa variabel antara lain parameter respons spektral percepatan desain pada perioda pendek (S_{DS}) dan parameter respons spektral percepatan desain pada perioda 1 detik (S_{D1}) serta perioda getar fundamental struktur (T), berikut perhitungannya berdasarkan persamaan (2.17) sampai dengan persamaan (2.20) , :

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

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

$$T < T_0$$

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right)$$

$$T_0 < T < T_s$$

$$S_a = S_{DS}$$

$$T > T_s$$

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

Tabel 7 : Tabel Rekapitulasi T & Sa

TANAH LUNAK (SE)	
T (s)	Sa (g)
0	0,288
0,178	0,720
0,28	0,720
0,3	0,720
0,4	0,720
0,5	0,720
0,6	0,720
0,889	0,720
1,1	0,582
1,6	0,400
2	0,320
3	0,213
4	0,160
5	0,128
6	0,107
7	0,091
8	0,080
9	0,071
10	0,064
11	0,058
12	0,053

Gambar 26 : Kurva Respons Spektra
(Hasil Perhitungan)

Perhitungan Berat Bangunan

Perhitungan berat bangunan adalah langkah dalam menentukan gaya gempa, dalam hal ini perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar gaya lateral equivalen yang akan diterima oleh portal, terdapat berbagai macam beban yang dipikul oleh bangunan seperti beban pelat, beban keramik, beban tembok, beban balok & kolom dan beban lainnya, maka dari itu guna memperoleh beban yang mendekati keasliannya pada lapangan maka dilakukan proses

perhitungan berat bangunan pada lantai atap, lantai 2 dan lantai 1 sebagai berikut : Analisis Beban Gempa Statik Ekuivalen.

Perhitungan pembebanan : beban yang dipikul oleh struktur dihitung menurut pedoman perencanaan pembebanan untuk rumah dan gedung 1987.

Untuk lantai 1 & 2 :

Beban mati (Q_D)

Plat beton ($t = 10.5 \text{ cm}$) $= 0,105 \times 24 = 2,52 \text{ KN}$

Spesi ($t = 2 \text{ cm}$) $= 2 \times 0,21 = 0,42 \text{ KN}$

Keramik ($t = 1 \text{ cm}$) $= 1 \times 0,24 = 0,24 \text{ KN}$

Plafond dan penggantung $= 18 \text{ KN}$

Beban hidup (Q_L) $= 2,50 \text{ KN}$

Untuk lantai atap

Beban mati (Q_D)

Plat beton ($t = 10.5 \text{ cm}$) $= 0,105 \times 24 = 2,52 \text{ KN}$

Plafond dan penggantung $= 18 \text{ KN}$

Beban hidup (Q_L)

$= 2,50 \text{ KN}$ (Asumsi Lantai Atap Akan Menjadi lantai Biasa)

Ukuran Bangunan :

Lebar bangunan (l_y) $= 13 \text{ m}$

Panjang bangunan (l_x) $= 6,9 \text{ m}$

Tinggi bangunan (H) $= 11,06 \text{ m}$

a. LANTAI 1

Beban mati (W_D)

- Keramik ($t = 1 \text{ cm}$) $= 1 \times 0,24 \times 13 \times 36,9 = 115,13 \text{ KN}$

- Spesi ($t = 2 \text{ cm}$) $= 2 \times 0,21 \times 13 \times 36,9 = 201,47 \text{ KN}$

- Plat beton ($t = 10.5 \text{ cm}$) $= 0,105 \times 24 \times 13 \times 36,9 = 1.208,84 \text{ KN}$

- Plat bondek $= 0,074 \times 13 \times 36,9 = 35,50 \text{ KN}$

- Plafond $= 0,18 \times 13 \times 36,9 = 86,35 \text{ KN}$

- Instalasi Air dan Listrik $= 0,25 \times 13 \times 36,9 = 119,93 \text{ KN}$

- Balok (WF.500.200.10.16) $= 78 \times 0,897 = 69,97 \text{ KN}$

- Balok(WF.400.200.8.13)
= $110,7 \times 0,66 = 73,06 \text{ KN}$
- Kolom(HB.350.357.19.19)
= $(1,75 + 1,89) \times 18 \times 1,56$
= $102,21 \text{ KN}$
- Pasangan dinding 1/2 bata
= $(1,75 + 1,89) \times 2 \times (13 + 36,9)$
 $\times 2,5 = \underline{908,18 \text{ KN}}$

$$W_D = 2.920,63 \text{ KN}$$

$$\text{Beban hidup (} W_L \text{)}$$

$$W_L = 2,5 \times 13 \times 36,9 = 1199,25 \text{ KN}$$

Koefisien reduksi untuk peninjauan gempa = 0,3 maka :

$$W_L = 0,3 \times 1199,25 = 359,775 \text{ KN}$$

$$\text{Berat total lantai 2 :}$$

$$W_{(1)} = 2920,63 + 359,775$$

$$= 3280,409 \text{ KN}$$

b. LANTAI 2

$$\text{Beban mati (} W_D \text{)}$$

- Keramik (t = 1 cm) = $1 \times 0,24 \times 13 \times 36,9 = 115,13 \text{ KN}$
- Spesi (t = 2 cm) = $2 \times 0,21 \times 13 \times 36,9 = 201,47 \text{ KN}$
- Plat beton (t = 10.5 cm)
= $0,105 \times 24 \times 13 \times 36,9$
= $1.208,84 \text{ KN}$
- Platbondek = $0,074 \times 13 \times 36,9$
= $35,50 \text{ KN}$
- Plafond = $0,18 \times 13 \times 36,9$
= $86,35 \text{ KN}$
- Instalasi Air dan Listrik = $0,25 \times 13 \times 36,9 = 119,93 \text{ KN}$
- Balok(WF.500.200.10.16)
= $78 \times 0,897 = 69,97 \text{ KN}$
- Balok(WF.400.200.8.13)
= $110,7 \times 0,66 = 73,06 \text{ KN}$
- Kolom(HB.350.357.19.19)
= $(1,89 + 1,89) \times 18 \times 1,56$
= $102,21 \text{ KN}$
- Pasangan dinding 1/2 bata
= $(1,75 + 1,89) \times 2 \times (13 + 36,9) \times 2,5 = \underline{943,11 \text{ KN}}$
 $W_D = 2.959,50 \text{ KN}$
Beban hidup (W_L)
 $W_L = 2,5 \times 13 \times 36,9$
= $1199,25 \text{ KN}$

Koefisien reduksi untuk peninjauan gempa = 0,3 maka :

$$W_L = 0,3 \times 1199,25$$

$$= 359,775 \text{ KN}$$

$$\text{Berat total lantai 2 :}$$

$$W_{(2)} = 2959,50 + 359,775$$

$$= 3319,27 \text{ KN}$$

c. LANTAI ATAP

$$\text{Beban mati (} W_D \text{)}$$

- Plat beton (t = 10.5 cm)
= $0,105 \times 24 \times 13 \times 36,9$
= $1.208,84 \text{ KN}$
- Plat bondek = $0,074 \times 13 \times 36,9$
= $35,50 \text{ KN}$
- Plafond = $0,18 \times 13 \times 36,9$
= $86,35 \text{ KN}$
- Instalasi Air dan Listrik = $0,25 \times 13 \times 36,9$
= $119,93 \text{ KN}$
- Balok(WF.500.200.10.16)
= $78 \times 0,897 = 69,97 \text{ KN}$
- Balok(WF.400.200.8.13)
= $110,7 \times 0,66 = 73,06 \text{ KN}$
- Kolom (HB.350.357.19.19)
= $1,89 \times 18 \times 1,56 = 53,07 \text{ KN}$
- Pasangan dinding 1/2 bata
= $1,89 \times 2 \times (13 + 36,9) \times 2,5$
= $\underline{471,56 \text{ KN}}$
 $W_D = 2.118,27 \text{ KN}$

Asumsi Beban hidup antara lantai 1&2 dianggap sama dengan lantai atap dengan asumsi lantai atap akan dijadikan lantai 3:

$$W_L = 2,5 \times 13 \times 36,9 = 1199,25 \text{ KN}$$

Koefisien reduksi untuk peninjauan gempa = 0,3 maka :

$$W_L = 0,3 \times 1199,25 = 359,775 \text{ KN}$$

$$\text{Berat total lantai Atap :}$$

$$W_{(Atap)} = 2118,27 + 359,775$$

$$= 2478,04 \text{ KN}$$

$$\text{berat total keseluruhan lantai :}$$

$$W_{TOTAL} = 3280,41 + 3319,27 + 2478,04$$

$$= 9.077,72 \text{ KN}$$

Perhitungan Koefisien Respons Seismik (Cs) Dan Base Shear (V)

Dalam menentukan Geser dasar seismik dibutuhkan beberapa item

perhitungan antara lain koefisien respons seismik (C_s) dan berat seismik efektif (W_T) yang dimana berat seismik efektif telah ditentukan dari Kombinasi beban W_D dan W_L yang direduksi (dalam hal ini koefisien reduksi untuk rumah sakit : 0,3), perhitungan berdasarkan persamaan (2.21):

$$T = C_t \cdot h_n^x \quad (\text{SNI-1726-2012, pasal 7.8.2.1})$$

$$T = 0,0724 \times 11,06^{0,80}$$

$$= 0,495$$

$$T_s = 0,889$$

$$S_a = S_{DS}$$

$$= 0,720$$

$$C_s = \frac{S_a \cdot I_e}{R}$$

(SNI-1726-2012, pasal 7.8.1.1)

$$= \frac{0,720 \cdot 1,5}{8}$$

$$= 0,135$$

$$C_s \text{ min} = 0,044 S_{DS} \cdot I_e$$

(SNI-1726-2012, pasal 7.8.1.1)

$$= 0,044 \times 0,720 \times 1,5$$

$$= 0,048$$

$$C_s \text{ min} > 0,010 \text{ Ok! (SNI-1726-2012, pasal 7.8.1.1)}$$

$$V = C_s \cdot W_t$$

$$= 0,135 \times 9077,7 = 1225,5$$

Perhitungan Gaya Lateral Equivalen (F)

Langkah terakhir dari perhitungan beban gempa adalah menentukan besaran gaya lateral equivalen yang bekerja. Dalam hal ini gaya lateral equivalen diartikan sebagai gaya yang bekerja horizontal pada *joint* (simpul) sebagai akumulasi dari seluruh beban struktur antara beban hidup maupun beban mati, berikut ini adalah cara perhitungan gaya lateral equivalen berdasarkan SK-SNI 1726:2012 tentang "Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung", perhitungan berdasarkan persamaan (2.22):

$$F_x = V \frac{W_x \cdot h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot h_i^k} \quad (\text{SNI-1726-2012, pasal 7.8.1})$$

$$= 1225,5 \frac{2478 \times 11,06^{1,0}}{63053}$$

$$= 533 \text{ KN}$$

Dari contoh perhitungan diatas, guna mempersingkat hitungan dan memudahkan proses pembacaan maka hasil perhitungan pada lantai-lantai selanjutnya dilakukan proses rekapitulasi beban gempa yang bekerja, hasil rekapitulasi beban dicantumkan pada tabel dibawah ini :

Tabel 8 : Gaya Lateral Ekuivalen Arah Sumbu Y

Lantai	h	W	W.h ^k	F lateral	F _y / N
3	11,06	2478,04	27407,1	533	178
2	7,28	3319,27	24164,3	470	157
1	3,5	3280,41	11481,4	223	74
Σ		9077,72	63052,9		

Tabel 9 : Gaya Lateral Ekuivalen Arah Sumbu X

Lantai	h	W	W.h ^k	F lateral	F _x / N
3	11,06	2478,04	27407,1	533	89
2	7,28	3319,27	24164,3	470	78
1	3,5	3280,41	11481,4	223	37
Σ		9077,72	63052,9

Gambar 27 : Distribusi Beban Gempa Arah Sumbu Y Pada Struktur Bangunan (Hasil Perhitungan)

Gambar 28 : Distribusi Beban Gempa
Arah Sumbu X Pada Struktur
Bangunan (Hasil Perhitungan)

PERHITUNGAN BALOK

Langkah selanjutnya yaitu perhitungan balok, dalam hal ini beberapa hal yang diperlukan adalah data-data profil yang diperoleh dari tabel baja serta data-data perhitungan M_{max} dan Gaya dalam lainnya, berikut perhitungannya :

Gambar 29 : Struktur Portal Gedung
(Data Existing) Profil Terpasang
(Batang 1-2) :

Data Analisis :

Batang: BATANG 1-2

Profil : WF 400 x 200 x 8 x 13

Dalam menentukan Data-data Profil maka digunakan tabel profil baja (Dalam skripsi ini digunakan Tabel Profil Konstruksi Baja. Rudy Gunawan) , melalui pembacaan tabel profil diketahui data profil sebagai berikut:

- $A_g = 8412 \text{ mm}^2$
- $h = 400 \text{ mm}$
- $I_x = 237000000 \text{ mm}^4$
- $b = 200 \text{ mm}$
- $I_y = 17400000 \text{ mm}^4$
- $t_w = 8 \text{ mm}$

- $S_x = 1190000 \text{ mm}^3$
- $t_f = 13 \text{ mm}$
- $S_y = 174000 \text{ mm}^3$
- $r_x = 168 \text{ mm}$
- $r_y = 55,4 \text{ mm}$
- $r = 16 \text{ mm}$

Dalam menganalisa keamanan profil baja yang digunakan maka langkah sebelumnya yaitu menentukan gaya-gaya yang bekerja pada portal , gaya tersebut dihitung berdasarkan perhitungan beban gravitasi yang bekerja pada portal (beban mati, beban hidup dan beban gempa), perhitungan statika dilakukan dengan menggunakan metode Takabeya, Analisa Gaya dalam tersebut meliputi perhitungan gaya momen, lintang dan gaya normal, dari perhitungan statika yang telah dilakukan sebelumnya maka diperoleh gaya dalam sebagai berikut (Hitungan Struktur terdapat pada bagian lampiran-lampiran) :

- $M_u = 96,55 \text{ KN.m}$
- $V_u = 164,29 \text{ KN.m}$
- $q_L = 11,17 \text{ KN}$

Material Baja (Berdasarkan Data Perencanaan) :

Material = BJ – 41

$f_y = 250 \text{ Mpa}$

$E = 200000 \text{ Mpa}$

$G = 80000 \text{ Mpa}$

$f_r = 75 \text{ Mpa}$

$L = 6,9 \text{ m}$

Panjang bentang, $L_x = 6,9 \text{ m}$

Jarak antar sokongan lateral, $L_y = 1,2 \text{ m}$

Perhitungan Centre of Gravity

Nilai dari *Centre of Gravity* pada baja profil setengah I dapat dihitung dengan persamaan (2.27), berikut perhitungannya:

$C_x =$

$$C_x = \frac{\left(B \cdot t \cdot \frac{t}{2} \right) + \left(\frac{d}{2} - t \right) t_w \left[\left(\frac{\frac{d}{2} - t}{2} \right) + \left(2 \left(1 - \frac{\pi}{4} \right) r^2 (0.2234 \cdot r + t) \right) \right]}{\left(B \cdot t \right) + \left[\left(\frac{d}{2} - t \right) t_w \right] + \left(2 \left(1 - \frac{\pi}{4} \right) r^2 \right)}$$

$$= 42,33 \text{ mm}$$

$$Z_x = 0,5 \cdot A \cdot a$$

$$= 0,5 \times 8412 \times (400 - 2 \times 42,33)$$

$$=1326299$$

Cek Z_x terhadap S_x

Berdasarkan SK SNI 03 - 1729 - 2002 tentang "Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung" Disebutkan bahwa Kuat lentur plastis M_p momen lentur yang menyebabkan seluruh penampang mengalami tegangan leleh harus diambil yang lebih kecil dari $Z f_y$ atau $1,5 M_y$, dan Z adalah modulus penampang plastis, berdasarkan persamaan (2.26), berikut perhitungannya :

$$\begin{aligned}\frac{Z_x}{S_x} &= \frac{1326299}{1190000} \\ &= 1,115 < 1,5 \\ &(\text{...OKK})\end{aligned}$$

Cek kekompakan profil

Dalam langkah perhitungan struktur profil baja langkah awal yaitu menentukan rasio batas kekompakan guna mengetahui profil tersebut telah kompak, tidak kompak ataupun langsing, kekompakan dibutuhkan sebagai informasi awal terhadap perlakuan cara perhitungan profil tersebut, berdasarkan persamaan (2.28) sampai dengan (2.29), berikut perhitungannya:

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{b}{2 \cdot t_f} \\ &= \frac{200}{2 \cdot 13} \\ &= 7,692 \\ \lambda_p &= \frac{170}{\sqrt{f_y}} \\ &= \frac{170}{\sqrt{250}} \\ &= 10,752 \\ \lambda_r &= \frac{370}{\sqrt{f_y - f_r}} \\ &= \frac{370}{\sqrt{250 - 75}} \\ &= 27,969\end{aligned}$$

$$\lambda < \lambda_p (\text{Profil Kompak})$$

Cek kapasitas berdasarkan *Flange Local Buckling*

Salah satu parameter untuk mengetahui keamanan suatu profil yang akan dipakai yaitu mengecek kapasitas profil terhadap tekuk lokal pada sayap (*Flange Local Buckling*) berdasarkan persamaan (2.30), berikut perhitungannya :

$$\begin{aligned}M_n &= M_p \\ &= 250 \times 1326299 \times 10^6 \\ &= 331,575 \text{KN.m} \\ \phi M_n &= 0,9 \times 331,57 \\ &= 298,417 \text{KN.m}\end{aligned}$$

Sehingga kuat rencana berdasarkan FLB ϕM_n :

$$298,417 \text{KN.m} > 96,549 \text{KN.m} (\text{..OKK})$$

Cek kapasitas berdasarkan *Local Torsional Buckling*

Salah satu parameter untuk mengetahui keamanan suatu profil yang akan dipakai yaitu mengecek kapasitas profil terhadap tekuk torsi lokal (*Local Torsional Buckling*), berdasarkan tabel (2.12), berikut perhitungannya :

$$\begin{aligned}L_p &= 1,76 \cdot r_y \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 2757,83 \text{mm} \\ F_l &= 175 \text{Mpa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}I_w &= \frac{I_y}{2} \cdot \frac{h^2}{2} \\ &= 6,08461 \text{E}+11 \\ &= 0,608 \times 10^{12} \\ J &= \frac{2 \cdot (B \cdot t^3)}{3} \\ &= 292933,33 \text{mm}^4\end{aligned}$$

$$X_1 = \frac{\pi}{S_x} \cdot \sqrt{\frac{E G J A}{2}} = 11721,466$$

$$X_2 = 4 \cdot \left(\frac{S_x}{G J}\right)^2 \cdot \frac{I_w}{I_y} = 0,00036067$$

$$L_r = r_y \frac{X_1}{f_1} \cdot \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 \cdot f_1^2}} = 7845,8759 \text{mm}$$

$$L = 6900 \text{mm}$$

$$L_p < L < L_r$$

Maka Balok merupakan bentang menengah.

Kuat Lentur Nominal pada kondisi Local Torsional Buckling

Salah satu parameter untuk mengetahui keamanan suatu profil yang akan dipakai yaitu mengecek kapasitas profil terhadap tekuk torsi lokal (*Local Torsional Buckling*) yang dipengaruhi oleh gaya Momen yang bekerja berdasarkan persamaan (2.38), berikut perhitungannya :

$$M_n = C_b \cdot \left[M_r + (M_p - M_r) \frac{L_r - L}{L_r - L_p} \right] \leq 1,00$$

Simple beam

$$C_b = 1,14$$

$$M_r = (f_y - f_r) \cdot S_x \\ = 208,25 \text{ KN.m}$$

$$M_n = 263,541 \text{ KN.m} < M_p \\ = 331,57 \text{ KN.m}$$

Sehingga kontrol *LTB*

$$\phi M_n = 0,9 \times 263,541 \\ = 237,187 \text{ KN.m} > M_p = 96,55 \text{ KN.m}$$

Sehingga kuat lentur nominal memenuhi (aman).

Geser

Salah satu parameter untuk mengetahui keamanan suatu profil yang akan dipakai yaitu mengecek kapasitas profil terhadap gaya geser yang bekerja, yaitu gaya yang bekerja tegak lurus terhadap bidang profil (gaya lintang) berdasarkan persamaan (2.42) sampai dengan (2.48), berikut perhitungannya :

Cek nilai banding h dan t_w

$$\frac{h}{t_w} = \frac{374}{8} = 46,75$$

$$K_n = 5 + \frac{5}{(a/h)^2}$$

$$a = 1200 \text{ mm} \\ = 5,49 \\ = 5,00$$

$$1,10 \sqrt{\frac{K_n \cdot E}{f_y}} = 69,603$$

$$\frac{h}{t_w} = 46,75 < 1,10 \sqrt{\frac{K_n \cdot E}{f_y}} = 69,603$$

Maka :

$$V_n = 0,6 \cdot F_y \cdot A_w \\ = 0,6 \times 250 \times 2992,0 \\ = 448,800 \text{ KN}$$

$$\phi V_n = 0,9 \times 448,800$$

$$\phi V_n = 403,920 \text{ KN} > V_u = 164,293 \text{ KN} \\ (\text{Aman})$$

Lendutan

Salah satu parameter untuk mengetahui keamanan suatu profil yang akan dipakai yaitu mengecek kapasitas profil terhadap lendutan yang terjadi, Untuk memeriksa syarat lendutan, hanya beban hidup saja yang dipertimbangkan berdasarkan persamaan (2.49), berikut perhitungannya :

$$\delta = \frac{5}{384} \cdot \frac{W L^2}{E \cdot I}$$

$$= 6,95 \text{ mm}$$

$$\delta_{\text{maks}} = \frac{L}{240} = \frac{7500}{240} = 28,750$$

$$\delta_{\text{maks}} = 28,750$$

$$\text{mm} > \delta = 6,95 \text{ mm}$$

(Aman)

PERHITUNGAN KOLOM

Langkah selanjutnya yaitu perhitungan kolom, dalam hal ini beberapa hal yang diperlukan adalah data-data profil yang diperoleh dari tabel baja serta data-data perhitungan M_{max} dan Gaya dalam lainnya, berikut detail portal dan perhitungannya :

Gambar 30 :Struktur Portal Gedung
(Data Existing)

PROFIL TERPASANG (BATANG 1-A) :

Data analisis :

Batang: **BATANG 1-A**

Profil : **HB 350 x 357 x 19 x 19**

Dalam menentukan Data-data Profil maka digunakan tabel profil baja (Dalam skripsi ini digunakan Tabel Profil Konstruksi Baja I.R. Rudy

Gunawan) , melalui pembacaan tabel profil diketahui data profil sebagai berikut:

- $A_g = 19840 \text{ mm}^2$
- $h = 350 \text{ mm}$
- $I_x = 428000000 \text{ mm}^4$
- $b = 357 \text{ mm}$
- $I_y = 144000000 \text{ mm}^4$
- $t_w = 19 \text{ mm}$
- $S_x = 2450000 \text{ mm}^3$
- $t_f = 19 \text{ mm}$
- $S_y = 809000 \text{ mm}^3$
- $r_x = 147 \text{ mm}$
- $r_y = 85,3 \text{ mm}$
- $r = 20 \text{ mm}$

Gambar 31 : Balok-kolom ujung sendi –jepit (Data perhitungan)

Dalam menganalisa keamanan profil baja yang digunakan maka langkah sebelumnya yaitu menentukan gaya-gaya yang bekerja pada portal , gaya tersebut dihitung berdasarkan perhitungan beban gravitasi yang bekerja pada portal (beban mati, beban hidup dan beban gempa), perhitungan statika dilakukan dengan menggunakan metode Takabeya, Analisa Gaya dalam tersebut meliputi perhitungan gaya momen, lintang dan gaya normal (Aksial), dari perhitungan statika yang telah dilakukan sebelumnya maka diperoleh gaya dalam sebagai berikut (Hitungan Struktur terdapat pada bagian lampiran-lampiran) :

- $P_u = 294,39 \text{ KN.m}$
- $V_u = 32,63 \text{ KN.m}$
- $M_u = 138,59 \text{ KN}$

Material Baja (Berdasarkan Data Perencanaan) :

Material=BJ -41

- $f_y = 250 \text{ MPa}$
- $E = 200000 \text{ MPa}$
- $G = 80000 \text{ MPa}$

- $f_r = 75 \text{ MPa}$

$L = 3,5 \text{ m}$

$k_c = 0,8$ (Tumpuan Jepit-Sendi)

Panjang bentang, $L = 3,5 \text{ m}$

Perhitungan Centre of Gravity:

Nilai dari *Centre of Gravity* pada baja profil setengah I dapat dihitung dengan persamaan (2.27) sebagai berikut :

$C_x =$

$$\frac{(B.t.\frac{t}{2}) + (\frac{d}{2} - t)t_w \left[\left(\frac{\frac{d}{2} - t}{2} \right) + \left(2 \left(1 - \frac{\pi}{4} \right) r^2 (0.2234 .r + t) \right) \right]}{(B.t.) + \left[\left(\frac{d}{2} - t \right) t_w \right] + \left(2 \left(1 - \frac{\pi}{4} \right) r^4 \right)}$$

$$C_x = 35,89 \text{ mm}$$

$$Z_x = 0,5 \cdot A \cdot a$$

$$= 0,5 \times 19840 \times (350 - 2 \times 35,89)$$

$$= 2759954,3$$

Cek Z_x terhadap S_x

Berdasarkan SK SNI 03 - 1729 - 2002 tentang "Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung" Disebutkan bahwa Kuat lentur plastis M_p momen lentur yang menyebabkan seluruh penampang mengalami tegangan leleh harus diambil yang lebih kecil dari $Z_f y$ atau $1,5 M_y$, dan Z adalah modulus penampang plastis, berdasarkan persamaan (2.26), berikut perhitungannya :

$$\frac{Z_x}{S_x} = \frac{2759954}{2450000}$$

$$Z_x = 1,127 < 1,5 (\text{.....Okk})$$

Cek kekompakan profil

Langkah pertama dalam perhitungan pada profil baja yaitu menentukan batas kekompakan profil tersebut, perhitungannya meliputi batas kelangsingan pada Sayap (*Flange*) dan pada badan (*Web*) profil tersebut berdasarkan persamaan (2.28), (2.30) dan persamaan (2.56) Sampai dengan persamaan (2.60), berikut perhitungannya:

Sayap (*Flange*)

$$\lambda = \frac{b}{2 \cdot t_f}$$

$$\lambda = \frac{357}{2 \cdot 19}$$

$$=9,395$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}}$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10,752$$

$$\lambda < \lambda_p \quad (\text{Profil Kompak})$$

Badan (Webb)

$$\frac{N_u}{\phi b N_y} = \frac{294,386 \cdot 10^3}{0,9 \cdot 19840 \cdot 250} = 0,0659 < 0,125$$

$$\lambda_p = \frac{500}{f_y} \cdot \left(2,33 - \frac{N_u}{\phi b N_y} \right)$$

$$\lambda_p = 71,596$$

$$\frac{665}{\sqrt{f_y}} = \frac{665}{\sqrt{250}}$$

$$= 42,058$$

$$\lambda_p = 71,596 > 42,058$$

$$\lambda = \frac{h}{t_w}$$

$$\lambda = \frac{312}{19}$$

$$= 16,421$$

$$\lambda < \lambda_p \quad (\text{Profil Kompak})$$

Maka Profil tersebut kompak

Cek kapasitas berdasarkan Flange

Local Buckling

Salah satu parameter untuk mengetahui keamanan suatu profil yang akan dipakai yaitu mengecek kapasitas profil terhadap tekuk lokal pada sayap (*Flange Local Buckling*), berdasarkan persamaan (2.39), berikut perhitungannya :

$$M_n = M_p = 250 \times 2759954 \times 10^6 = 689,989 \text{ KN.m}$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 689,989 = 620,990 \text{ KN.m}$$

Sehingga kuat rencana berdasarkan FLB ϕM_n :
 $620,990 \text{ KN.m} > 138,585 \text{ KN.m}$
 (.....OKK)

Cek kapasitas berdasarkan Local Torsional Buckling

Salah satu parameter untuk mengetahui keamanan suatu profil yang akan dipakai yaitu mengecek kapasitas profil terhadap tekuk torsi lokal (*Local Torsional Buckling*), berdasarkan persamaan pada tabel (2.12), berikut perhitungannya :

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

$$= 4246,3 \text{ mm}$$

$$F_i = 175 \text{ Mpa}$$

$$I_w = \frac{I_y}{2} \cdot \frac{h^2}{2} = 3,50438 \text{ E}+12 = 3,504 \times 10^{12}$$

$$J = \frac{2 \cdot (B \cdot t^3)}{3} = 1632442 \text{ mm}^4$$

$$X_1 = \frac{\pi}{S_x} \cdot \sqrt{\frac{E G J A}{2}} = 20640,418$$

$$X_2 = 4 \cdot \left(\frac{S_x}{G J} \right)^2 \cdot \frac{I_w}{I_y} = 3,4260 \text{ E}-05$$

$$L_r = r_y \frac{X_1}{f_1} \cdot \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 \cdot f_1^2}}$$

$$= 15688,0 \text{ mm}$$

$$L = 3500 \text{ mm}$$

$$L < L_p$$

Karena $L < L_p$ Maka Kolom tergolong bentang pendek

Kuat Lentur Nominal pada kondisi Local Torsional Buckling

Salah satu parameter untuk mengetahui keamanan suatu profil yang akan dipakai yaitu mengecek kapasitas profil terhadap tekuk torsi lokal (*Local Torsional Buckling*) yang dipengaruhi oleh gaya Momen yang bekerja, berdasarkan persamaan (2.39), berikut perhitungannya :

Karena tergolong bentang pendek maka :

$$\text{Dipakai: } M_n = M_p = 689,99 \text{ KN.m}$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 689,989 = 620,990 \text{ KN.m}$$

Faktor Pembesaran Momen

Untuk memperoleh perhitungan yang memenuhi standar keamanan, maka dilakukan proses pembesaran momen sesuai dengan pasal-pasal yang terdapat pada SNI 1726:2002, tepatnya pada persamaan (2.63) sampai dengan persamaan (2.65), berikut perhitungannya :

$$\frac{k_x \cdot L}{r_x} = \frac{0,80 \cdot 3500}{147} = 19,048$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot A_g}{\left(\frac{kL}{r}\right)^2}$$

$$N_{cr} = 107941,889 \text{ KN}$$

$$C_m = 0,6 - 0,4 \cdot \frac{M_1}{M_2}$$

$$C_m = 1,00$$

$$\delta = \frac{C_m}{1 - \frac{N_u}{N_{cr}}}$$

$$\delta = 1,003 > 1,0$$

Momen Maksimum Terfaktor

Untuk memperoleh perhitungan yang memenuhi standar keamanan, maka dilakukan proses pemfaktoran momen maksimum sesuai dengan pasal-pasal yang terdapat pada SNI 1726:2002, tepatnya pada persamaan (2.61), berikut perhitungannya :

$$M_{ntu} = 138,59 \text{ KN.m} + \delta_s M_{ltu} = 0$$

$$\begin{aligned} M_u &= \delta_b M_{ntu} + \delta_s M_{ltu} \\ &= 138,96 + 0 \\ &= 138,96 \end{aligned}$$

Menentukan Parameter Kelangsingan

Untuk memperoleh perhitungan yang memenuhi standar keamanan, perlu dilakukan proses penentuan parameter kelangsingan profil sesuai dengan pasal-pasal yang terdapat pada SNI 1726:2002, tepatnya pada persamaan (2.53) berikut perhitungannya :

$$\lambda_c = \frac{1}{\pi} \cdot \frac{L_k}{r_y} \cdot \sqrt{\frac{f_y}{E}}$$

$$\lambda_c = 0,462$$

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot \lambda_c}$$

$$\omega = 1,108$$

Menentukan Nu / Ø Nn

Untuk mengetahui tingkat keamanan, perlu dilakukan proses penentuan rasio antara beban aksial maksimum profil, dengan berdasarkan persamaan (2.51) dan persamaan (2.54) berikut perhitungannya :

$$N_n = A_g \cdot \frac{f_y}{\omega}$$

$$N_n = 4476,54 \text{ KN}$$

$$\begin{aligned} \phi N_n &= 0,85 \times 4476,54 \\ &= 3805,06 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{N_u}{\phi N_n} &= \frac{294,39}{3805,06} \\ &= 0,08 < 0,2 \end{aligned}$$

Interaksi aksial momen

Berdasarkan rasio antara beban aksial maksimum profil, dengan mengacu padapasal yang terdapat pada SNI 1726:2002, tepatnya pada persamaan (2.54) dan (2.55) maka digunakan:

Karena $\frac{N_u}{\phi N_n} < 0,2$, maka SNI

mensyaratkan :

$$\frac{N_u}{2 \cdot \phi N_n} + \left(\frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}} \right) \leq 1,0$$

$$0,276 < 1,00 \quad (\text{Profil Aman})$$

PERHITUNGAN KOLOM

Langkah selanjutnya yaitu perhitungan kolom, dalam hal ini beberapa hal yang diperlukan adalah data-data profil yang diperoleh dari tabel baja serta data-data perhitungan

M_{max} dan Gaya dalam lainnya, berikut detail portal dan perhitungannya :

Gambar 32 : Struktur Portal Gedung
(Data Existing)

PROFIL TERPASANG (BATANG 1-A) :

Data analisis :

Batang: BATANG 1-A

Profil : HB 350 x 357 x 19 x 19

Dalam menentukan Data-data Profil maka digunakan tabel profil baja (Dalam

skripsi ini digunakan Tabel Profil Konstruksi Baja (Rudy Gunawan), melalui pembacaan tabel profil diketahui data profil sebagai berikut:

- $A_g = 19840 \text{ mm}^2$
- $H = 350 \text{ mm}$
- $I_x = 428000000 \text{ mm}^4$
- $B = 357 \text{ mm}$
- $I_y = 144000000 \text{ mm}^4$
- $t_w = 19 \text{ mm}$
- $S_x = 2450000 \text{ mm}^3$
- $t_f = 19 \text{ mm}$
- $S_y = 809000 \text{ mm}^3$
- $r_x = 147 \text{ mm}$
- $r_y = 85,3 \text{ mm}$
- $R = 20 \text{ mm}$

Gambar 33 : Balok-kolom ujung sendi-jepit (Data perhitungan)

Dalam menganalisa keamanan profil baja yang digunakan maka langkah sebelumnya yaitu menentukan gaya-gaya yang bekerja pada portal, gaya tersebut dihitung berdasarkan perhitungan beban gravitasi yang bekerja pada portal (beban mati, beban hidup dan beban gempa), perhitungan statika dilakukan dengan menggunakan metode Takabeya, Analisa Gaya dalam tersebut meliputi perhitungan gaya momen, lintang dan gaya normal (Aksial), dari perhitungan statika yang telah dilakukan sebelumnya maka diperoleh gaya dalam sebagai berikut (Hitungan Struktur terdapat pada bagian lampiran-lampiran):

- $P_u = 294,39 \text{ KN.m}$
- $V_u = 32,63 \text{ KN.m}$
- $M_u = 138,59 \text{ KN}$

Material Baja (Berdasarkan Data Perencanaan):

Material = BJ - 41

- $f_y = 250 \text{ MPa}$
- $E = 200000 \text{ MPa}$
- $G = 80000 \text{ MPa}$
- $f_r = 75 \text{ MPa}$
- $L = 3,5 \text{ m}$

$k_c = 0,8$ (Tumpuan Jepit-Sendi)

Panjang bentang, $L = 3,5 \text{ m}$

Perhitungan Centre of Gravity:

Nilai dari Centre of Gravity pada baja profil setengah I dapat dihitung dengan persamaan (2.27) sebagai berikut:

$C_x =$

$$\frac{(B \cdot t_f) + \left(\frac{d}{2} - t_f\right) t_w \left[\left(\frac{\frac{d}{2} - t_f}{2}\right) + \left(2 \left(1 - \frac{\pi}{4}\right) r^2 (0,2234 \cdot r + t)\right)\right]}{(B \cdot t_f) + \left[\left(\frac{d}{2} - t_f\right) t_w\right] + \left(2 \left(1 - \frac{\pi}{4}\right) r^2\right)}$$

$$C_x = 35,89 \text{ mm}$$

$$Z_x = 0,5 \cdot A \cdot a$$

$$= 0,5 \times 19840 \times (350 - 2 \times 35,89)$$

$$= 2759954,3$$

Cek Z_x terhadap S_x

Berdasarkan SK SNI 03 - 1729 - 2002 tentang "Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung" Disebutkan bahwa Kuat lentur plastis M_p momen lentur yang menyebabkan seluruh penampang mengalami tegangan leleh harus diambil yang lebih kecil dari Z_f atau $1,5 M_y$, dan Z adalah modulus penampang plastis, berdasarkan persamaan (2.26), berikut perhitungannya:

$$\frac{Z_x}{S_x} = \frac{2759954}{2450000}$$

$$Z_x = 1,127 < 1,5 \text{ (.....Okk)}$$

Cek kekompakan profil

Langkah pertama dalam perhitungan pada profil baja yaitu menentukan batas kekompakan profil tersebut, perhitungannya meliputi batas kelangsingan pada Sayap (Flange) dan pada badan (Web) profil tersebut berdasarkan persamaan

(2.28), (2.30) dan persamaan (2.56)
Sampai dengan persamaan (2.60),
berikut perhitungannya:

Sayap (Flange)

$$\lambda = \frac{b}{2 \cdot t_f}$$

$$\lambda = \frac{357}{2 \cdot 19}$$

$$= 9,395$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}}$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{250}}$$

$$= 10,752$$

$$\lambda < \lambda_p \text{ (Profil Kompak)}$$

Badan (Webb)

$$\frac{N_u}{\phi b N_y} = \frac{294,386 \cdot 10^3}{0,9 \cdot 19840 \cdot 250}$$

$$= 0,0659 < 0,125$$

$$\lambda_p = \frac{500}{f_y} \cdot \left(2,33 - \frac{N_u}{\phi b N_y} \right)$$

$$\lambda_p = 71,596$$

$$\frac{665}{\sqrt{f_y}} = \frac{665}{\sqrt{250}}$$

$$= 42,058$$

$$\lambda_p = 71,596 > 42,058$$

$$\lambda = \frac{h}{t_w}$$

$$\lambda = \frac{312}{19}$$

$$= 16,421$$

$$\lambda < \lambda_p \text{ (Profil Kompak)}$$

Maka Profil tersebut kompak.

Cek kapasitas berdasarkan Flange Local Buckling

Salah satu parameter untuk mengetahui keamanan suatu profil yang akan dipakai yaitu mengecek kapasitas profil terhadap tekuk lokal pada sayap (Flange Local Buckling), berdasarkan persamaan (2.39), berikut perhitungannya :

$$M_n = M_p$$

$$= 250 \times 2759954 \times 10^6$$

$$= 689,989 \text{ KN.m}$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 689,989$$

$$= 620,990 \text{ KN.m}$$

Sehingga kuat rencana berdasarkan FLB ϕM_n :

$$620,990 \text{ KN.m} > 138,585 \text{ KN.m}$$

(.....OKK)

Cek kapasitas berdasarkan Local Torsional Buckling

Salah satu parameter untuk mengetahui keamanan suatu profil yang akan dipakai yaitu mengecek kapasitas profil terhadap tekuk torsi lokal (Local Torsional Buckling), berdasarkan persamaan pada tabel (2.12), berikut perhitungannya :

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

$$= 4246,3 \text{ mm}$$

$$F_l = 175 \text{ Mpa}$$

$$I_w = \frac{I_y}{2} \cdot \frac{h^2}{2}$$

$$= 3,50438 \text{ E}+12$$

$$= 3,504 \times 10^{12}$$

$$J = \frac{2 \cdot (B \cdot t^3)}{3}$$

$$= 1632442 \text{ mm}^4$$

$$X_1 = \frac{\pi}{S_x} \cdot \sqrt{\frac{E G J A}{2}}$$

$$= 20640,418$$

$$X_2 = 4 \cdot \left(\frac{S_x}{G J} \right)^2 \cdot \frac{I_w}{I_y}$$

$$= 3,4260 \text{ E}-05$$

$$L_r = r_y \frac{X_1}{f_1} \cdot \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 \cdot f_1^2}}$$

$$= 15688,0 \text{ mm}$$

$$L = 3500 \text{ mm}$$

$$L < L_p$$

Karena $L < L_p$ Maka Kolom tergolong bentang pendek

Kuat Lentur Nominal pada kondisi Local Torsional Buckling

Salah satu parameter untuk mengetahui keamanan suatu profil yang akan dipakai yaitu mengecek kapasitas profil terhadap tekuk torsi lokal (Local Torsional Buckling) yang dipengaruhi oleh gaya Momen yang

Dipakai: $M_n = M_p = 689,99 \text{ KN.m}$
 $\phi M_n = 0,9 \times 689,989$
 $= 620,990 \text{ KN.m}$

Untuk memperoleh perhitungan yang memenuhi standar keamanan, maka dilakukan proses pembesaran momen sesuai dengan pasal-pasal yang terdapat pada SNI 1726:2002, tepatnya pada persamaan (2.63) sampai dengan persamaan (2.65), berikut perhitungannya :

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot A_g}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2}$$

$$C_m = 0,6 - 0,4 \cdot \frac{M_1}{M_2}$$

$$\delta = \frac{C_m}{1 - \frac{N_u}{N_{cr}}}$$

Untuk memperoleh perhitungan yang memenuhi standar keamanan, maka dilakukan proses pemfaktoran momen maksimum sesuai dengan pasal-pasal yang terdapat pada SNI 1726:2002, tepatnya pada persamaan (2.61), berikut perhitungannya :

$$\begin{aligned} M_u &= \delta b M_{ntu} + \delta s M_{ltu} \\ &= 138,96 + 0 \\ &= 138,96 \end{aligned}$$

Untuk memperoleh perhitungan yang memenuhi standar keamanan, perlu dilakukan proses penentuan parameter kelangsingan profil sesuai

$$\frac{1}{\pi} \cdot \frac{L_k}{r_y} \cdot \sqrt{\frac{f_y}{E}}$$

2

$$\frac{1,43}{1,6 - 0,67} =$$

$$= 1.108$$

Untuk mengetahui tingkat keamanan, perlu dilakukan proses penentuan rasio antara beban aksial maksimum profil, dengan berdasarkan persamaan (2.51) dan persamaan (2.54) berikut perhitungannya :

$$\emptyset N_n = 0,85 \times 4476,54$$

$$\frac{N_u}{\varphi N_n} = \frac{294,39}{3805,06} = 0,08 < 0,2$$

Berdasarkan rasio antara beban aksial maksimum profil, dengan mengacu padapasal yang terdapat pada SNI 1726:2002, tepatnya pada persamaan (2.54) dan (2.55) maka digunakan:

Karena $\frac{N_u}{N_n} < 0,2$, maka SNI

mensyaratkan :

$$\frac{Nu}{2,27kNn} + \left(\frac{M_{ux}}{2,27Mnx} + \frac{M_{uy}}{2,27Mny} \right) \leq 1,0$$

0,276 < 1,00 (Profil Aman)

Tabel 10 : Rekapitulasi Perhitungan
Balok Portal Arah Y-Y

[illegible]

[illegible][illegible][illegible][illegible]

Setelah dilakukan perhitungan dan pembahasan sesuai dengan masalah yang dibahas, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan antara lain:

- bekerja, dengan penjelasan sebagai berikut :

- Balok yang mengalami pengaruh gaya dalam (Momen dan gaya lintang) paling besar yaitu batang dengan kode 2-3 portal arah Y-Y, beban tersebut memikul beban M_u sebesar 101,71 KN dan gaya tekan aksial V_u sebesar 174,62 KN, lendutan yang terjadi sebesar 10,34 (syarat aman batang 2-3 = 31,2), profil WF 400 x 200 x 8 x 13 masih aman dalam memikul beban-beban tersebut.
- Balok yang mengalami pengaruh gaya dalam (Momen dan gaya lintang) paling kecil yaitu batang dengan kode 25-26 portal arah X-X, beban tersebut memikul beban M_u sebesar 55,67 KN dan gaya tekan aksial V_u sebesar 114,20 KN, lendutan yang terjadi sebesar 1,14 (syarat aman batang 25-26 = 22,92), profil WF 500 x 200 x 10 x 16 masih aman dalam memikul beban-beban tersebut.

2. Setelah dilakukan proses perhitungan maka diketahui bahwa semua Kolom *Existing* Portal Gedung PKU Muhammadiyah dikategorikan aman untuk menahan gaya-gaya yang bekerja, dengan penjelasan sebagai berikut :

- Kolom yang mengalami pengaruh gaya dalam (Momen dan gaya aksial tekan) paling besar yaitu batang dengan kode 3-C portal arah Y-Y, beban tersebut memikul beban M_u sebesar 185,05 KN dan gaya tekan aksial P_u sebesar 882,72 KN, dengan nilai perhitungan interaksi aksial momen 0,5 (syarat aman $< 1,00$),profil HB 350 x 357 x 19 x 19 masih aman dalam memikul beban-beban tersebut.
- Kolom yang mengalami pengaruh gaya dalam (Momen dan gaya aksial tekan) paling kecil yaitu batang dengan kode 25-24portal

arah X-X, beban tersebut memikul beban Mu sebesar 21,38 KN dan gaya tekan aksial Pu sebesar 44,48 KN, dengan nilai perhitungan interaksi aksial momen 0,04 (syarat aman $< 1,00$), profil HB 350 x 357 x 19 x 19 masih aman dalam memikul beban-beban tersebut.

SARAN

Dari hasil analisis dan perhitungan yang telah dilakukan maka dapat diperoleh saran sebagai berikut :

1. Pada tahap awal perencanaan sebuah struktur gedung bertingkat diharapkan perencana/engineer dapat menentukan data-data perencanaan secara tepat, baik data mengenai kondisi tanah, data bangunan-bangunan disekitarnya dan data-data pendukung yang lainnya.
2. Pada tahap design / perencanaan diharapkan perencana telah memiliki *feeling engineering* dan pengetahuan tentang perhitungan struktur secara tepat, dikarenakan pekerjaan perencana struktur adalah pekerjaan yang kompleks dan cukup beresiko pada pelaksanaannya, untuk itu diharapkan perencana dapat dengan cermat merencanakan suatu konstruksi yang aman dan juga mengakomodir dari segi estetika.
3. Perencana dituntut untuk mengikuti perkembangan zaman, sehingga output yang dihasilkan adalah sebuah karya yang *up to date* baik dari segi estetika maupun dari segi strukturalnya, dalam hal ini perencana struktur diharuskan mampu mengikuti metode-metode perhitungan terbaru sebagai contoh untuk perhitungan gempa pemerintah telah mengeluarkan standar baru yaitu SK-SNI 1726:2012 tentang "Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung " yang merupakan pengganti dari SK-SNI 1726:2002 tentang "Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan

Gedung", maka dari itu diharapkan bagi para perencana untuk selalu memperbaharui kemampuannya dalam perhitungan struktur dan aspek lainnya dalam ruang lingkup perencanaan.

4. Bagi pihak *Owner* atau pemilik proyek disarankan untuk dapat dengan teliti memilih rekanan baik rekanan dalam proses perencanaan, pelaksanaan dan pengawasan (Konsultan Perencana, Kontraktor Pelaksana Dan Konsultan Pengawas/Supervisi), teliti dalam arti menyeleksi dengan baik *Track Record* dari rekanan sehingga pada proses pelaksanaan dapat berjalan dengan lancar dan memperkecil peluang terjadinya kegagalan konstruksi.
5. Bagi pihak Pemerintah daerah disarankan untuk selalu mengawasi dengan baik setiap pelaksanaan-pelaksanaan pembangunan khususnya pembangunan konstruksi gedung bertingkat, dengan cara berkoordinasi dengan dinas-dinas yang berhubungan langsung dengan pekerjaan-pekerjaan konstruksi seperti Dinas Pekerjaan Umum (Dinas PU) agar setiap proses pelaksanaan konstruksi berjalan dengan aman dan menghasilkan output bangunan yang sesuai dengan standar yang telah ditentukan.
6. Bagi masyarakat umum diharapkan lebih proaktif terhadap pengawasan pembangunan di daerah dalam hal ini khususnya pihak perwakilan masyarakat melalui lembaga swadaya masyarakat (LSM) guna selalu mengawasi dengan seksama untuk menghindari kecurangan-kecurangan yang biasa terjadi di lapangan.
7. Bagi pihak peneliti maupun civitas akademika diharapkan dengan berbagai kemajuan teknologi dan perkembangan literatur-literatur terbaru untuk mampu mengembangkan terobosan-terobosan baru dalam proses pembangunan, agar selalu tercipta

inovasi-inovasi dalam teknologi dan manajemen konstruksi.

8. Pada proses analisis portal PKU Muhammadiyah diperoleh hasil bahwa seluruh profil yang digunakan aman dalam memikul beban yang bekerja, namun dapat disarankan apabila dalam suatu perencanaan apabila ditemukan perhitungan yang dimana sebuah profil tidak mampu memikul beban yang bekerja saran yang dapat diberikan yaitu dilakukan analisis ulang dengan menggunakan profil yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

Amin , Dedy Khairul .2013 . *Perhitungan Beban Aksial Kritis Pada Kolom Baja Dalam Sebuah Struktur Portal Baja*.Sumatra Utara: Fakultas Teknik Universitas Sumatra Utara.

Amon, Rene dkk, 1988. *Perencanaan Konstruksi Baja Untuk Insinyur dan Arsitek 1*. PT.Pradnya Paramita , Jakarta.

Amon, Rene dkk, 1996. *Perencanaan Konstruksi Baja Untuk Insinyur dan Arsitek 2*. PT.Pradnya Paramita , Jakarta.

Badan Standarisasi Nasional. (2002). SNI 03-1729-2002: *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung*. Badan Standarisasi Nasional.

Badan Standarisasi Nasional. (2012). SNI 1726:2012: *Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung*. Badan Standarisasi Nasional.

Beta Patrianto, Wiryanto Dewobroto.2006. *"Evaluasi Metode Perencanaan Batang Aksial Murni SNI-03-1729-2000 Dan AISC-LRFD"*, Surabaya.

Biondi. 2010. *Perencanaan Portal Baja 4 Lantai Dengan Metode Plastisitas Dan Dibandingkan Dengan MetodeLRFD*. Sumatra Utara: Fakultas Teknik Universitas Sumatra Utara.

Charles G. Salmon, Jhon E. Johnson. 1990. *"Struktur Baja, Design dan*

PerilakuJilid 1", Penerbit Airlangga, Jakarta,

Departemen Pekerjaan Umum, 1987. SKBI 1.3.53.1987 *Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung*, Yayasan Badan Penerbit PU, Jakarta.

Frick,Heinz. 1979. *"Statika dan Kegunaannya"*, Mekanika Teknik 2 Jilid II.Kanisius, Yogyakarta.

Gunawan, Rudy. (1987). *TabelProfilKonstruksi Baja*. Yogyakarta: Kanisius.

Indarto, Himawan dkk. 2013. *Aplikasi SNI Gempa 1726:2012 for Dummies*. Semarang : Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Joseph E. Bowles.1985. *"Desain Baja Konstruksi"*, Penerbit Erlangga. Jakarta,.

Khafis, Muhammad.2009. *Perencanaan Struktur Baja Pada BangunanTujuh Lantai Sebagai Hotel*. Surakarta: Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret.

Oentoeng, 2004. *Konstruksi Baja*. ANDI, Yogyakarta.

Pramono, Handi dkk. 2007. *12 Tutorial Latihan Desain Konstruksi Dengan SAP2000 Versi 9*. Andi, Yogyakarta.

Purnama, A, 2011. Studi Kelayakan Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Studi Kasus: PLTMH Minggir pada saluran irigasi Minggir di Padukuhan Klagaran Desa Sendangrejo Kecamatan Minggir Kabupaten Sleman, Jurnal Unsa Progress. Vol.10, No.15, Oktober, Universitas Samawa, Sumbawa Besar.