

ANALISIS STRUKTUR GEDUNG BAJA TAHAN GEMPA TINGKAT TINGGI DENGAN SISTEM RANGKA TERBREIS KONSENTRIS TIPE CHEVRON (STUDI KASUS DI KABUPATEN SERANG, PROVINSI BANTEN)

(Earthquake-Resistant High Rise Steel Building Structure Analysis with Chevron Concentrically Brace Frame System)

Andina Prima Putri¹, Yudha Buana Putra¹, Christianto Credidi Septino Khala¹, Basyaruddin¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Institut Teknologi Kalimantan

E-mail: andina@lecturer.itk.ac.id

Diterima 26 Juli 2022, Disetujui 4 April 2023

ABSTRAK

Selalu terjadi pembaharuan pada dunia infrastruktur. Pembaharuan terjadi karena kasus seperti kegagalan bangunan dalam menopang beban. Beban yang berdampak besar dalam menggagalkan struktur adalah beban gempa dan tsunami. Letak geografis yang berada diantara 3 lempeng merupakan alasan mengapa di Indonesia sering terjadi gempa. Salah satu wilayah yang sering terjadi gempa adalah Provinsi Banten. Dalam kurun waktu 10 tahun, Banten mengalami 3 kali gempa dan tsunami sekali. Maka, dilakukan analisis struktur bangunan baja di Banten yang tahan gempa dan tsunami. Perhitungan dilakukan untuk mengetahui nilai dimensi struktur yang digunakan. Perencanaan dilakukan menggunakan metode analisis numerik berdasarkan SNI yang diterbitkan pada tahun 2019 dan 2020. Hasil penelitian, didapatkan balok terbesar WF 300x200x9x12. Kolom terbesar KC 700x300x13x24. Tebal pelat 14 cm. Dimensi CBF WF 350x350x12x19. Sambungan balok dan kolom dengan jumlah baut terbanyak 3 buah dengan diameter 12 mm dan las setebal 6 mm. Sambungan kolom antara kolom berdimensi sama dibutuhkan baut terbanyak 16 buah berdiameter 24 mm. Untuk sambungan kolom yang memiliki dimensi berbeda menggunakan baut terbanyak 6 buah berdiameter 24 mm, las setebal 8 mm dan dimensi pelat dasar terbesar adalah 90x90 cm. Sambungan yang digunakan untuk bresing, 6 buah baut berdiameter 24 mm, dan las setebal 10 mm. Struktur bawah menggunakan spun pile terbanyak 7 buah ukuran 400 mm. Pile cap terbesar berukuran 2700x2700x1000 mm dengan tulangan D25-300 pada kedua arah. Kolom pedestal terbesar berdimensi 1100x1100 x1000 mm dengan tulangan transversal 24 buah D25 dan tulangan geser ϕ 13-200. Sloof terbesar berdimensi 400x600 mm dengan tulangan longitudinal D22 dan tulangan geser ϕ 10-200.

Kata Kunci: Bresing Baja, Perencanaan, Struktur Baja

ABSTRACT

In construction world, there're several changes with times. The cause of changes is connected to building construction cases such as the structure failing to bear the load. Earthquake and tsunami load have potentials to make building structure become a failure. Indonesia experienced a lot of earthquake and tsunami, because Indonesia is located on three big plates encounters which Eurasia, Indo-Australia, and Pacific Plate. Banten province is one of province that has experienced earthquake and tsunami. In record of 10 years, Banten has experienced 3 earthquakes and 1 tsunami. Because of that, there must be a study on the design of steel structure buildings in Banten that resist earthquake and tsunami. Purpose of the research is to get structure value of building design. Design was done by numeric analysis method based on updated Indonesian National Standard about steel building planning. The result of study are, the biggest beam dimension is WF 300x200x9x12. The biggest column dimension is KC 700x300x13x24. Using adhesive plate with 14 cm thickness. Bracing dimension is WF 350x350x12x19. Beam connection with the most bolts has 3 M12 bolts and weld thickness 6 mm. Column connection between column with same dimension is planned with the most bolts has 16 M24 bolts. Column connection between two different column dimension is planned with the most bolts has 6 M24 bolts and weld thickness 8 mm. The biggest plate dimension is 90x90 cm. Brace connection is planned to have 6 M24 bolts and weld thickness 10 mm. Bottom structure stand with the biggest pile cap with seven 400 mm spun piles. Dimension of the biggest pile cap is planned to be 2700x2700x1000 mm with bar D25-300 on both x and y directions. The biggest pedestal column is planned to be 1100x1100x1000 mm with 24 D25 longitudinal bars and ϕ 13-200 transverse bar. The Biggest tie beam is planned to be 400x600 mm in dimension with 4 D22 longitudinal bars and ϕ 10-200.

Keywords: Planning, Steel Bracing, Steel Structure

PENDAHULUAN

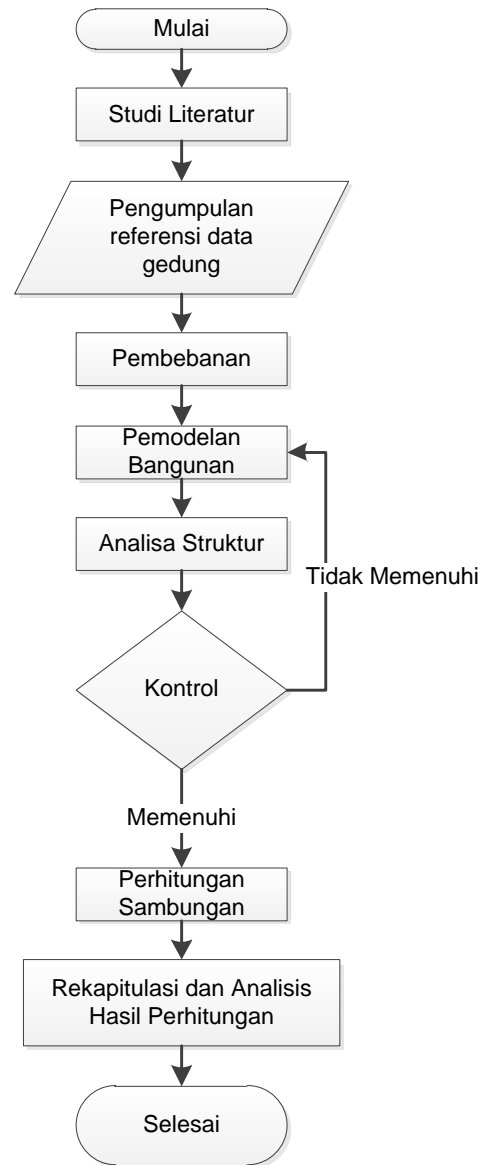
BMKG mencatat pada Provinsi Banten terjadi gempa sebanyak kurang lebih 800 kali dengan kekuatan sebesar 1,8 hingga 6 magnitudo. Tak hanya karena pergeseran lempeng, gempa yang terjadi di Banten juga dapat disebabkan oleh letusan gunung berapi aktif Anak Krakatau yang tercatat telah meletus sebanyak 398 kali dan letak dari Gunung Anak Krakatau tepat berada pada selat sunda sehingga dapat menimbulkan potensi tsunami. Pada Kabupaten Serang lebih tepatnya Kecamatan Anyer yang berada pada pesisir pantai pernah terjadi tsunami pada tahun 2018 dengan ketinggian yang diperkirakan BMKG setinggi 3 m dan menyebabkan 20 orang meninggal dunia, 165 orang luka-luka, 2 orang hilang dan banyak bangunan yang mengalami kerusakan.(Badan Penanggulangan Bencana Nasional 2012)

Beban gempa, khususnya yang berpotensi terjadi di Kabupaten Serang, memungkinkan untuk terjadinya tingkat kegagalan struktur lebih tinggi bila dibandingkan dengan struktur di daerah lain di sekitarnya. Maka dari itu, dibutuhkan komponen tambahan struktur yang dapat meningkatkan kekakuan lateral struktur utama. Salah satu komponen tambahan struktur tersebut adalah portal terbreis atau *brace frame*.(Windah 2011)

Bresing merupakan komponen struktur tambahan untuk memberikan kekakuan agar membatasi pergerakan ke luar bidang gambar dari komponen struktur. Salah satu jenis dari sistem bresing ini adalah *Concentrically Braced Frames* (CBF). Pada sistem CBF, beban yang diterima berupa beban aksial dan keuntungan menggunakan sistem ini adalah memiliki kekakuan lateral yang tinggi sehingga dapat membantu untuk menahan efek gempa.(Bruneau 2011). Maka dari itu, dilakukan analisa kekuatan struktur bangunan baja gedung hotel 10 lantai di Kabupaten Serang dengan menggunakan SNI yang telah diperbaharui sebagai pedoman pemodelan. Analisis bertujuan untuk mengetahui dimensi elemen struktur atas dan bawah yang ideal untuk digunakan dalam perencanaan struktur tingkat tinggi di masa yang akan datang.

METODE

Gambar 1 merupakan diagramalur penelitian yang dilakukan.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

1. Studi Literatur

Untuk melakukan analisa struktural gedung 10 lantai baja, diperlukan studi pada literatur buku pedoman perencanaan dan juga standarisasi dari SNI.
2. Pembebanan

Perhitungan beban dilakukan dengan cara mengikuti standarisasi pada Standar Nasional Indonesia yang membahas pembebanan struktural gedung.

 - a. Beban Angin

Prosedur menghitung beban angin diatur pada SNI 1727 tahun 2020 pasal 26 untuk mencari nilai tekanan angin pada setiap *vertical joint* bangunan permodelan. Persamaan untuk mencari nilai beban

angin yang berdampak pada badan bangunan adalah sebagai berikut

$$p = qGC_p - q_l(GC_{pl}) \quad (1)$$

Dimana:

- q adalah tekanan velositas untuk dinding di sisi angin datang.
- q1 adalah tekanan velositas untuk dinding di sisi angin pergi.
- G adalah faktor efek hembusan angin.
- C_p adalah koefisien tekanan eksternal.
- GC_{pl} adalah koefisien tekanan internal.

b. Beban Gempa

Perhitungan beban gempa dilakukan untuk mendapatkan grafik respons spektrum, dengan cara mengikuti panduan pada SNI 1726 tahun 2019.(Badan Standarisasi Nasional 2019). Untuk menentukan nilai spektrum respons percepatan desain, perhitungan menggunakan 3 persamaan sesuai dengan nilai periode. Untuk periode yang lebih kecil dari T₀ maka menggunakan persamaan sebagai berikut

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (2)$$

Untuk periode dengan nilai yang lebih besar atau sama dengan T₀ dan lebih kecil atau sama dengan T_s, spektrum respons bernilai sama dengan nilai S_{DS}. Untuk periode lebih besar dari T_s tetapi lebih kecil atau sama dengan T_L, spektrum respons percepatan dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (3)$$

Untuk periode lebih besar dari T_L, spektrum respons percepatan dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$S_a = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \quad (4)$$

c. Beban Tsunami

Beban tsunami dilakukan dengan cara mengikuti panduan pada SNI 1727 tahun 2020 pasal 6 untuk mencari nilai beban tsunami pada komponen struktural vertikal. Persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai beban tsunami pada komponen struktural vertikal adalah sebagai berikut.

$$F_w = \frac{1}{2} \rho_s I_{TSU} C_d b (h_e u^2) \quad (5)$$

3. Permodelan Bangunan

Memodelkan bangunan ke dalam program bantu atau aplikasi penunjang untuk mendapatkan hasil analisis struktural yang mendekati kondisi yang diinginkan. Hal yang dimodelkan adalah bentuk bangunan, nilai beban yang bekerja pada bangunan dan standar yang

digunakan untuk dapat menganalisa bahwa elemen yang mendirikan bangunan dapat menahan beban.

4. Analisa Struktur

Setelah selesai memodelkan bangunan, dilakukan analisa struktur untuk mencari nilai gaya dalam pada setiap penampang. Gaya dalam yang dicari adalah gaya dalam momen, gaya geser dan aksial yang terjadi.

5. Kontrol

Kontrol dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah elemen struktur bangunan dapat menahan beban yang ditopang oleh bangunan. Pengecekan yang dilakukan adalah pengecekan kebenaran dalam permodelan dan juga kapasitas elemen struktur yang dimodelkan. Kontrol yang dilakukan adalah sebagai berikut.

a. Kontrol permodelan struktur

Kontrol dimaksudkan untuk membuktikan relevansi hasil permodelan pada aplikasi bantu sesuai dengan keadaan riil.

b. Kontrol partisipasi massa

Untuk mencari hasil permodelan yang optimal, maka permodelan struktur harus memiliki jumlah mode atau ragam yang memiliki partisipasi massa terkombinasi minimal 90% dari massa sebenarnya dari arah horizontal dan orthogonal dari respon yang ditinjau.

c. Kontrol waktu getar alami fundamental

Periode fundamental struktur tidak boleh melebihi perkalian koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung dan periode fundamental pendekatan (T_a)

d. Kontrol nilai akhir respon spektrum

Jika kombinasi respons untuk gaya geser dasar hasil analisis mode kurang dari 100% dari gaya geser yang dihitung melalui metode statik ekuivalen, maka gaya geser tersebut harus dikalikan dengan V/V_t dimana V merupakan gaya geser dasar statik ekuivalen dan V_t merupakan gaya geser dasar yang didapatkan dari hasil analisis kombinasi mode.

e. Kontrol simpangan antar lantai

Kontrol simpangan ini dilakukan karena adanya perbedaan defleksi pada pusat massa setiap lantai bangunan. Ketika pusat massa tidak terletak segaris dalam arah vertikal, maka diijinkan menghitung defleksi didasar tingkat berdasarkan proyeksi vertikal dari pusat massa tingkat di atasnya. Defleksi pusat massa di tingkat x ditentukan dengan persamaan sebagai berikut.

$$\delta_x = \frac{C_d \times \delta_{xe}}{I_e} \leq \Delta_a \quad (6)$$

f. Kontrol kapasitas balok

Kontrol dilakukan dengan mengikuti persyaratan pada SNI 1729 tahun 2020 pada BAB F tentang desain komponen struktur untuk lentur. Pada

penampang balok, dilakukan kontrol tekuk lokal, kontrol tekuk lateral, kontrol kuat geser, dan juga kontrol lendutan. (Badan Standardisasi Nasional 2020).

Kontrol dilakukan dengan cara membandingkan antara gaya dalam ultimate yang didapat dari analisa struktur menggunakan aplikasi bantu dengan gaya dalam nominal. Selain perbandingan hasil gaya dalam, ada pula kontrol lendutan yang memiliki standar lendutan izin yang dibandingkan dengan lendutan hasil analisa akibat beban yang ditopang komponen struktur. Pada kontrol tekuk lokal digunakan persamaan sebagai berikut.

$$M_n = Mp \times Z_x \times f_y \tag{7}$$

Pada kontrol tekuk lateral dilakukan perhitungan gaya dalam momen nominal dengan menggunakan persamaan berikut.

$$M_n = C_b \left[(Mp - (Mp - 0,7F_y \times S_x)) \frac{L_r - L_b}{L_r - L_p} \right] \tag{8}$$

Pada kontrol kuat geser dilakukan perhitungan gaya dala geser nominal dengan menggunakan persamaan berikut.

$$V_n = 0,6 \times f_y \times A_w \tag{9}$$

Pada kontrol lendutan dilakukan perhitungan lendutan izin dan lendutan akibat beban sebagai berikut.

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} \tag{10}$$

$$f' = \frac{5 \times M_u \times L^2}{48 \times E \times I} \tag{11}$$

g. Kontrol kapasitas kolom

Kontrol dilakukan dengan mengikuti persyaratan pada SNI 1729 tahun 2020 pada BAB E tentang desain komponen struktur untuk tekan. Pada penampang kolom, dilakukan kontrol kelangsingan, kontrol rasio kelangsingan, kontrol tekuk torsi dan juga kontrol tekuk lentur.(Badan Standardisasi Nasional 2020b) . Pada kontrol rasio kelangsingan dilakukan perhitungan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\frac{L_c}{r_y} \leq 200 \tag{12}$$

Pada kontrol tekuk lentur dilakukan perhitungan nilai aksial nominal dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\phi P_n = 0,9 \times F_{cr} \times A_g \tag{13}$$

Pada kontrol tekuk torsi dilakukan perhitungan nilai aksial nominal dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\phi P_n = 0,9 \times F_{cr} \times A_g \tag{14}$$

h. Kontrol bresing

Kontrol dilakukan dengan mengikuti persyaratan pada SNI 7860 tahun 2020 pada BAB F2 tentang rangka terbreis konsentris khusus dan buku *Seismic Design of Building and Bridges*.(Williams 2000)

Pada bresing dilakukan kontrol kapasitas tegangan, kontrol rasio kelangsingan, kontrol kuat tekan dan kontrol kuat tarik. Pada kontrol kapasitas tegangan dilakukan perhitungan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$F_t = 0,6 \times (f_y \times 0,014223) \tag{15}$$

Pada kontrol rasio kelangsingan dilakukan perhitungan menggunakan persamaan berikut.

$$\frac{L_c}{r_y} \leq 4 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \tag{16}$$

Pada kontrol kuat tekan dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai kuat tekan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$P_n = A_g \times \frac{f_y}{\omega} \tag{17}$$

Pada kontrol kuat tarik dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai kuat rencana putus dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\phi P_n = 0,75 \times f_u \times A_e \tag{18}$$

i. Perhitungan kebutuhan tulangan pelat

Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui diameter hingga jumlah tulangan yang dibutuhkan pada suatu pelat sehingga diharapkan menambah nilai kuat tahanan pelat terhadap gaya momen yang terjadi.

6. Perencanaan Sambungan

Perencanaan sambungan dilakukan untuk merencanakan penyambung elemen struktur seperti sambungan antar balok, sambungan balok ke kolom, sambungan antar kolom dan sebagainya.

a. Sambungan baut

Perencanaan baut dilakukan untuk mencari nilai jumlah baut, jarak baut ke tepi dan jarak antar baut.

b. Sambungan las

Perencanaan las dilakukan untuk mencari nilai tebal las.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan perhitungan didapatkan hasil sebagai berikut.

1. Pembebanan

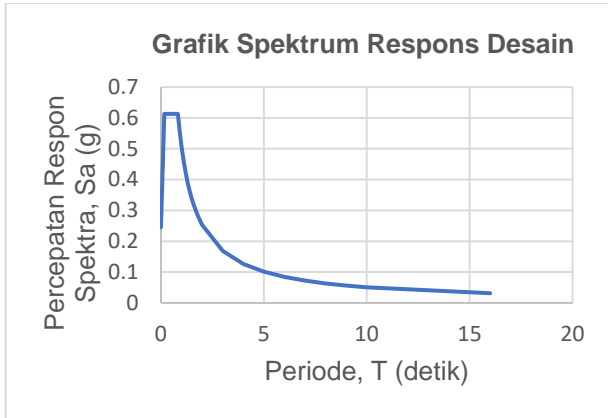
a. Beban Angin

Setelah dilakukan perhitungan beban angin sesuai dengan SNI 1727 tahun 2020 maka didapatkan nilai

tekanan angin sebesar $p = 0,77 \text{ kN/m}^2$ atau setara dengan $78,51 \text{ kg/m}^2$

b. Beban Gempa

Setelah dilakukan perhitungan beban gempa sesuai dengan pedoman SNI 1726 tahun 2019, didapatkan grafik respon spektrum seperti yang terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Respon Spektrum

c. Beban tsunami

Setelah dilakukan perhitungan beban tsunami sesuai pedoman SNI 1727 tahun 2020 didapatkan nilai beban tsunami pada struktur vertikal $F_w = 7.179,79 \text{ kgm/s}^2$

2. Kontrol

a. Kontrol permodelan struktur

Digunakan kolom C3 sebagai kolom yang ditinjau. Didapat hasil sebagai berikut:

- Perhitungan beban manual = 60.781,5 kg
- Analisis program bantu = 62.323,92 kg
- Selisih = 1.542,45 kg
- % selisih = 2,47%
- 2,47% < 5%, Ok

b. Kontrol partisipasi massa

Tabel 1. Partisipasi Massa

Table : Modal Participating Mass Ratios		
StepNum	SumUX	SumUY
Unitless	Unitless	Unitless
1	7,39,26E-11	0,65
2	8,547E-10	0,65
3	0,65	0,65
4	0,65	0,82
5	0,65	0,82
6	0,84	0,82
7	0,84	0,82

Table : Modal Participating Mass Ratios		
StepNum	SumUX	SumUY
Unitless	Unitless	Unitless
8	0,84	0,89
9	0,84	0,89
10	0,91	0,89
11	0,91	0,89
12	0,91	0,93

Pada Tabel 3. dapat dilihat bahwa partisipasi massa arah X dan arah Y sebesar 90% pada mode ke 12. Maka dapat disimpulkan bahwa permodelan gedung sudah memenuhi syarat.

c. Kontrol waktu alami fundamental

Didapat nilai perhitungan periode pada SNI 1726 tahun 2019 sebesar $T = 1,47 \text{ s}$, seperti yang terlihat pada Tabel 4

Tabel 2. Periode Struktur

Table : Modal Periods	
StepNum	Period
Unitless	Sec
1	1,4654614
2	1,004585
3	0,925206
4	0,446592
5	0,405555
6	0,304211
7	0,295578
8	0,22235
9	0,19131
10	0,156797

Dari Tabel 4. didapat nilai T_c adalah 1,46 s, maka,

- $T_c \leq T$
- $1,46 \leq 1,47, \text{ Ok.}$

d. Kontrol nilai akhir respon spektrum

$$V = 422.284,5 \text{ kg}$$

$$V_t = 422.285 \text{ kg}$$

$$V_t \geq V$$

$$422.285 \geq 422.284,5 \text{ Ok}$$

e. Kontrol simpangan antar lantai

Didapat nilai kontrol simpangan sebagai berikut.

Tabel 3. Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah X
Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah X

Lantai	Δ mm	Δa mm	Kontrol
1	0	0	oke
2	0,0523	70	oke
3	0,0022	70	oke
4	0,0832	70	oke
5	0,1191	70	oke
6	0,1114	70	oke
7	0,1645	70	oke
8	0,1842	70	oke
9	0,1743	70	oke
10	0,1982	70	oke
Atap	0,2206	70	oke

Tabel 4. Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah Y
Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah Y

Lantai	Δ mm	Δa mm	Kontrol
1	0	0	oke
2	0,0124	70	oke
3	0,0557	70	oke
4	0,0954	70	oke
5	0,1323	70	oke
6	0,1841	70	oke
7	0,2415	70	oke
8	0,2382	70	oke
9	0,2374	70	oke
10	0,2331	70	oke
Atap	0,3863	70	oke

f. Kontrol Penampang Balok

Setelah dilakukan analisis beban dan kontrol, didapatkan hasil kontrol yaitu profil baja yang dapat digunakan sebagai elemen balok adalah *wide flange* 300x200x8x12.

g. Kontrol penampang kolom

Setelah dilakukan analisis beban dan kontrol, didapatkan hasil kontrol yaitu profil baja yang dapat digunakan sebagai elemen kolom adalah *king cross* 700x300x13x24.

h. Kontrol bresing

Setelah dilakukan kontrol, didapatkan hasil kontrol yaitu baja WF 350x350x12x19 dapat digunakan sebagai elemen bresing untuk bangunan yang direncanakan.

i. Perhitungan kebutuhan tulangan pelat

Setelah dilakukan perhitungan, didapatkan nilai kebutuhan tulangan pelat atap D10-125 untuk arah X dan D10-160 untuk arah Y serta tulangan pelat lantai D13-125 untuk kedua arah.

3. Perencanaan Sambungan

a. Sambungan Balok Atap ke Kolom

Untuk menyambung penampang balok ke kolom digunakan sambungan baut dan las,

- Sumbu X

Menggunakan baut berjumlah 3 buah baut dengan diameter 12 mm, dan las setebal 3 mm.

- Sumbu Y

Menggunakan baut berjumlah 2 buah baut dengan diameter 12 mm, dan las setebal 3 mm.

b. Sambungan Balok Lantai ke Kolom

- Sumbu X

Menggunakan baut berjumlah 3 buah baut dengan diameter 24 mm, dan las setebal 6 mm.

- Sumbu Y

Menggunakan baut berjumlah 2 buah baut dengan diameter 24 mm dan las setebal 6 mm.

c. Sambungan Tangga

Untuk menyambung balok tangga digunakan sambungan baut.

- Sambungan Balok Utama ke Balok Penumpu Tangga.

Menggunakan baut berjumlah 2 buah baut dengan diameter 12 mm dan pelat siku dengan dimensi 60x60x4 mm.

- Sambungan Balok Penumpu Tangga ke Kolom
Menggunakan baut berjumlah 2 buah baut dengan diameter 12 mm dan pelat siku dengan dimensi 60x60x4.

d. Sambungan Antar Kolom yang Berdimensi Sama

Untuk menyambung antar kolom yang berdimensi sama menggunakan sambungan jenis splais.

- Sambungan kolom K1 lantai 8 hingga 10.

Menggunakan baut berdiameter 16 mm dengan pelat penyambung tebal 10 mm, jumlah pada sayap dan badan kolom sebanyak 6 buah baut.

- Sambungan kolom K1 lantai 5 hingga 7

Menggunakan baut berdiameter 19 mm dengan pelat penyambung tebal 10 mm, jumlah pada sayap dan badan kolom sebanyak 6 buah baut.

- Sambungan kolom K1 lantai 1 hingga 4.

- Menggunakan baut berdiameter 24 mm dengan pelat penyambung tebal 10 mm, jumlah pada sayap dan badan kolom sebanyak 8 buah baut.
- Sambungan kolom K2 lantai 8 hingga 10. Menggunakan baut berdiameter 16 mm dengan pelat penyambung tebal 10 mm, jumlah pada sayap dan badan kolom sebanyak 6 buah baut.
- Sambungan kolom K2 lantai 5 hingga 7. Menggunakan baut berdiameter 19 mm dengan pelat penyambung tebal 10 mm, jumlah pada sayap kolom sebanyak 8 buah baut dan pada badan kolom sebanyak 6 buah baut.
- Sambungan kolom K2 lantai 1 hingga 4. Menggunakan baut berdiameter 24 mm dengan pelat penyambung tebal 10 mm, jumlah pada sayap dan badan kolom sebanyak 8 buah baut.
- Sambungan kolom K3 lantai 8 hingga 10. Menggunakan baut berdiameter 24 mm dengan pelat penyambung tebal 10 mm, jumlah pada sayap dan badan kolom sebanyak 6 buah baut.
- Sambungan kolom K3 lantai 5 hingga 7. Menggunakan baut berdiameter 24 mm dengan pelat penyambung tebal 16 mm, jumlah pada sayap dan badan kolom sebanyak 8 buah baut.
- Sambungan kolom K3 lantai 1 hingga 4. Menggunakan baut berdiameter 24 mm dengan pelat penyambung tebal 16 mm, jumlah pada sayap kolom sebanyak 16 buah baut dan pada badan kolom sebanyak 14 buah baut.
- e. Sambungan Antar Kolom yang Berdimensi Berbeda. Untuk menyambung kedua kolom yang dimensinya berbeda menggunakan sambungan las dan baut yang disambung menggunakan pelat landas.
 - Sambungan kolom K1 lantai 7 ke lantai 8. Menggunakan pelat landas 47,6x47,6cm dan 52,2x52,2cm, 4 buah baut berdimensi 24 mm dengan tebal las 8 mm.
 - Sambungan kolom K1 lantai 4 ke lantai 5. Menggunakan pelat landas 60x60cm dan 52,2x52,2cm, 4 buah baut berdimensi 24 mm dengan tebal las 8 mm.
 - Sambungan kolom K2 lantai 7 ke lantai 8. Menggunakan pelat landas 47,6x47,6cm dan 55x55cm, 4 buah baut berdimensi 24 mm dengan tebal las 8 mm.
 - Sambungan kolom K2 lantai 4 ke lantai 5. Menggunakan pelat landas 65x65cm dan 55x55cm, 4 buah baut berdimensi 24 mm dengan tebal las 8 mm.
 - Sambungan kolom K3 lantai 8 ke lantai 7. Menggunakan pelat landas 60x60cm dan 70x70cm, 4 buah baut berdimensi 24 mm dengan tebal las 8 mm.
 - Sambungan kolom K3 lantai 4 ke lantai 5. Menggunakan pelat landas 90x90cm dan 70x70cm, 6 buah baut berdimensi 24 mm dengan tebal las 8 mm.
 - Sambungan kolom K2 lantai 4 ke K1 lantai 5. Menggunakan pelat landas 52,2x52,2cm dan 65x65cm, 4 buah baut berdimensi 24 mm dengan tebal las 8 mm.
 - Sambungan kolom K3 lantai 4 ke K2 lantai 5. Menggunakan pelat landas 55x55cm dan 90x90cm, 4 buah baut berdimensi 24 mm dengan tebal las 8 mm.
 - Sambungan Kolom Lantai 1 ke Pedestal Menggunakan cara yang sama dengan perhitungan sambungan antar kolom dengan dimensi yang berbeda.
 - Sambungan kolom K1 lantai 1 ke KP1 Menggunakan pelat landas 60x60cm, 4 buah baut angkur berdimensi 30 mm dengan tebal las 10 mm. Sambungan ini menyambung baja KC 400x200x8x13 dengan kolom pedestal berdimensi 800x800mm.
 - Sambungan kolom K2 lantai 1 ke KP2 Menggunakan pelat landas 65x65cm, 6 buah baut angkur berdimensi 30 mm dengan tebal las 10 mm. Sambungan ini menyambung baja KC 450x200x9x14 dengan kolom pedestal berdimensi 850x850mm.
 - Sambungan kolom K3 lantai 1 ke KP3. Menggunakan pelat landas 90x90cm, 8 buah baut angkur berdimensi 30 mm dengan tebal las 10 mm. Sambungan ini menyambung baja KC 700x300x13x24 dengan kolom pedestal berdimensi 1100x1100mm.
- f. Sambungan Bresing. Untuk menyambung batang bresing digunakan sambungan baut dan las.
 - Sambungan bresing bawah arah X Menggunakan 6 buah baut dengan diameter 24 mm dan pelat buhul setebal 10 mm, dilas dengan tebal las 10 mm.
 - Sambungan bresing atas arah X Menggunakan 6 buah baut dengan diameter 24 mm dan pelat buhul setebal 10 mm, dilas dengan tebal las 10 mm.

- Sambungan bresing bawah arah Y
Menggunakan 4 buah baut dengan diameter 24 mm dan pelat buhul setebal 10 mm, dilas dengan tebal las 10 mm.
 - Sambungan bresing atas arah Y
Menggunakan 4 buah baut dengan diameter 24 mm dan pelat buhul setebal 10 mm, dilas dengan tebal las 10 mm.
- g. *Shear Connector*.
Untuk mengikat pelat beton digunakan *shear connector* dengan menggunakan baut.
- *Shear connector* pada balok sumbu X
Menggunakan stud berdiameter 16 mm dengan jumlah stud 120 buah dengan formasi 2 baris stud.
 - *Shear connector* pada balok sumbu Y
Menggunakan stud berdiameter 13 mm dengan jumlah stud 40 buah dengan formasi 1 baris stud.

KESIMPULAN

Setelah dilakukan analisis, didapatkan nilai dimensi elemen struktural yang dapat menahan goncangan gempa, Perlu diperhatikan bahwa penggunaan dimensi struktural yang paling besar yang tersedia belum tentu dapat digunakan sebagai solusi analisis bangunan baja tingkat tinggi dengan bresing Chevron-type ini. Dengan memasukkan beban angin dan momentum reruntuhan akibat tsunami sesuai dengan standar SNI terbaru, didapatkan hasil yang cukup jauh berbeda bila dibandingkan dengan struktur yang hanya diperhitungkan beban gempanya saja. Dengan adanya bantuan dari bresing, maka bangunan bisa berdiri kokoh untuk menahan gaya lateral yang disebabkan oleh gempa. Adapun hasil analisis bangunan baja dengan tipe Cevron ini memberi gambaran umum bahwa struktur cenderung stabil dalam menerima beban lateral (angin dan gempa), seperti yang dapat terlihat pada bagaimana pola kemiringan struktur, periode respon seismic bangunan dan besar nilai energi terdisipasi dari struktur ini. Perlu dilaksanakan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh penentuan lokasi breis, jumlah breis tiap sisi, dan kombinasi yang memungkinkan (Cevron – inverted Cevron, double x-cross, coupled-crossed brace) dari dua atau lebih tipe breis dalam satu gedung.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Institut Teknologi Kalimantan (LPPM ITK) karena telah mendanai dalam proses penelitian ini.

REFERENSI

- Badan Penanggulangan Bencana Nasional.** (2012). *Masterplan Pengurangan Risiko Bencana Tsunami*.
- Badan Standardisasi Nasional.** (2020a). "SNI 1727 Tentang Beban Desain Minimum Dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung Dan Struktur Lain."
- Badan Standardisasi Nasional.** (2020b). "SNI 1729 Tentang Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural."
- Badan Standardisasi Nasional.** (2019). "SNI 1726 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Nongedung."
- Bruneau, Michel; Chia-Ming Uang; Rafael Sabelli.** (2011). *Ductile Design of Steel Structures*. 2nd ed. The McGraw-Hill Companies.
- Setiawan, Agus.** (2008). *Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD*. Semarang: Penerbit Erlangga.
- Williams, Alan.** (2000). *Seismic Design of Buildings and Bridges*. Vol. 3.
- Windah, Reky Stenly.** (2011). "Penggunaan Braced Frames Element Sebagai Elemen Penahan Gempa Pada Portal Bertingkat Banyak."