Evaluasi Struktur Gedung Control Room Pt. Perta Arun Gas Terhadap Beban Tsunami

Febri Fitrah¹, Purwandy Hasibuan², Mahlil³

¹Mahasiswa, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh 23111, Indonesia

^{2,3}Jurusan Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala Banda Aceh 23111, Indonesia

*corresponding author, email : febrifitriah9@gmail.com

Abstract

The control room building belonging to PT. Perta Arun Gas was built by London Bechtel International Limited Company in 1976 with a composite structure design. This building is also located in the province of Aceh which is located on an active fault of the earth and is prone to earthquakes that will cause a tsunami. Therefore, it is necessary to evaluate the control room building to see the behavior of the structure due to tsunami loading using FEMA P646 regulations in 2012 and SNI 1727 in 2020 using ETABS software. This study aims to see the behavior of the structure due to tsunami loading on the control room building. The results showed that the analysis of the ratio of the capacity of all structural elements to the tsunami load for FEMA and SNI regulations showed that only column K1 with unsafe conditions consisted of 3 column elements with values > 1 , namely 1.26 for FEMA and 1.04 for SNI. . The behavior of the structure in the form of level displacement and deviation between levels obtained from the two regulations is still safe from the x and y directions because it does not exceed the permitted limit.

Keywords: structural behavior, composite structure, FEMA, SNI, tsunami.

Abstrak

Gedung control room milik PT. Perta Arun Gas dibangun oleh Perusahaan Bechtel International Limited London pada tahun 1976 dengan perencanaan struktur komposit. Gedung ini juga terletak di provinsi Aceh yang berada pada patahan-patahan aktif bumi dan rawan terhadap gempa bumi yang akan mengakibatkan tsunami. Oleh karena itu perlu dilakukan evaluasi terhadap gedung control room untuk melihat perilaku struktur akibat pembebanan dari beban tsunami menggunakan peraturan FEMA P646 tahun 2012 dan SNI 1727 tahun 2020 dengan menggunakan software ETABS. Penelitian ini bertujuan untuk melihat perilaku struktur akibat pembebanan tsunami terhadap Gedung control room. Adapun hasil penelitian menunjukkan analisa rasio kapasitas pada seluruh elemen struktur terhadap beban tsunami untuk peraturan FEMA dan SNI menunjukkan bahwa hanya kolom K1 dengan kondisi tidak aman yang berjumlah 3 elemen kolom dengan nilai > 1 , yaitu 1,26 untuk FEMA dan 1,04 untuk SNI. Perilaku struktur berupa story displacement dan story drift yang diperoleh dari kedua peraturan masih aman dari kedua arah x dan y karena tidak melewati batas yang diizinkan.

Kata kunci: perilaku struktur, struktur komposit, FEMA, SNI, tsunami.

1. Pendahuluan

Gedung control room merupakan bangunan berlantai 3 dengan luas bangunan 266 m² dan tinggi bangunan adalah 10,2 m yang terletak pada koordinat 5.229° Lintang Utara dan 97.084° Lintang Timur kota lhokseumawe yang dibangun pada tahun 1976 dengan ketinggian 6 meter dari muka air laut dan berjarak ± 190 meter dari garis pantai. Struktur utama dari bangunan ini terdiri dari rangka portal baja yang dilapisi oleh beton. Lantai control room dibangun dengan balok baja dengan pelat beton bertulang. Struktur atap terdiri dari baja ringan yang mendukung baja deking[1].

Gedung control room ini diharapkan tahan terhadap beban tsunami yang timbul pada saat tsunami datang, Karena Gedung terletak di provinsi Aceh yang berada pada patahan-patahan aktif bumi dan rawan terhadap gempa bumi yang akan mengakibatkan tsunami. Salah satu bencana tsunami fenomenal yang terjadi di Indonesia adalah tsunami yang terjadi pada tahun 2004. Kejadian tersebut telah menewaskan korban jiwa yang tidak sedikit, tercatat sebanyak lebih dari 230 ribu jiwa yang meninggal saat bencana tersebut [2].

Oleh karena itu, berdasarkan permasalahan di atas perlu dilakukan evaluasi terhadap gedung untuk melihat perilaku struktur akibat pembebanan tsunami dengan menggunakan FEMA P646 tahun 2012 dan SNI 1727 tahun 2020 sebagai acuan untuk perhitungan beban tsunami dan membandingkan hasil tersebut menurut peraturan FEMA dan SNI. Penelitian ini bertujuan untuk melihat kapasitas elemen dan perilaku struktur akibat pembebanan tsunami terhadap Gedung *control room*. Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai pertimbangan untuk bangunan yang berada pada zona rawan bencana yang akan dibangun untuk memperhitungkan beban tsunami pada perhitungan struktur bangunannya.

2. Metodologi Penelitian

2.1 Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah sebuah bangunan gedung control room milik PT. Perta Arun Gas. Bangunan tersebut merupakan bangunan berlantai dua dengan komponen struktur terdiri dari pondasi, kolom, balok, dinding geser dan pelat lantai. Struktur pondasi, dinding geser dan pelat lantai menggunakan beton bertulang, sedangkan struktur kolom dan balok

menggunakan baja profil H dengan casing dari beton yang di lapiasi oleh mesh 22-1010. Bangunan ini memiliki tinggi total 10,2 m. Bentang lebar dan panjang maksimumnya adalah 14 m dan 19,9 m.

2.2 Jenis dan Sumber Data

Perencanaan ini menggunakan data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh langsung dari survei lapangan pada gedung control room milik PT. Perta Arun Gas berupa data dimensi-dimensi elemen struktur bangunan. Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari sumber atau instansi terkait dalam bentuk siap pakai. Data sekunder yang dipakai dalam penelitian ini berupa *As built drawing control room* yang diperoleh dari perpustakaan PT. PAG.

2.3 Metode Analisa Data

2.3.1 Pembebanan Tsunami

Pembebanan tsunami ini mengacu pada peraturan [3] dan [4] Gaya-gaya yang terdapat pada beban tsunami meliputi:

1. Gaya Hidrostatik

Gaya hidrostatik terjadi ketika air yang bergerak perlahan mengenai komponen struktur. Gaya hidrostatik ini biasanya penting untuk struktur-struktur yang panjang yang mana ketinggian air di satu sisi sangat berbeda dengan ketinggian air di sisi yang lainnya. Pada [3] Gaya hidrostatik dapat dihitung dengan persamaan :

$$F_n = p_c A_w = \frac{1}{2} \rho_s g b h_{maks}^2$$

Sedangkan pada [4] gaya hidrostatik dapat dihitung dengan persamaan :

$$F_n = \frac{1}{2} \rho_s b h_{maks}^2$$

Keterangan :

- p_c = tekanan hidrostatik (N/m²);
- A_w = area dinding yang terkena air (m²);
- ρ_s = massa jenis air tsunami (termasuk sedimen)(1100 kg/m³);
- g = percepatan gravitasi (9,81 m/det²);
- b = lebar dinding (m); dan
- h_{maks} = ketinggian air maksimum dari dasar dinding (m).

Gambar 1 Distribusi dan Resultan Gaya Hidrostatik
Sumber : [3]

2. Gaya Hidrodinamik

Gaya hidrodinamik digunakan pada saat air mengalir disekeliling struktur bangunan. Gaya hidrodinamik ini dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

Pada [3] Gaya hidrostatik dapat dihitung dengan persamaan :

$$F_d = \frac{1}{2} \rho_s C_d B (h u^2)_{maks}$$

dimana,

$$(h u^2)_{maks} = g R^2 \left(0,125 - 0,235 \frac{z}{r} + 0,11 \left(\frac{z}{r} \right)^2 \right)$$

Sedangkan pada [4] gaya hidrostatik dapat dihitung dengan persamaan :

$$F_d = \frac{1}{2} \rho_s l_{tsu} C_d B (h u^2)_{maks}$$

Keterangan :

C_d = koefisien seret ($C_d = 2$);

B = luasan struktur pada bidang normal arah aliran (m);

h = kedalaman aliran (m); dan

u = kecepatan aliran pada lokasi struktur (m/det).

g = percepatan gravitasi (9,81 m/det²);

R = ketinggian run-up desain (m); dan

z = elevasi tanah pada dasar struktur (m).

Gambar 2 Distribusi dan Resultan Gaya Hidrodinamik
Sumber : [3]

3. Gaya Tumbukan Debris

Gaya tumbukan yang berasal hayutan puing-puing dapat menjadi penyebab kerusakan pada bangunan. Gaya ini diasumsikan hanya bekerja pada salah satu bagian struktur bangunan pada ketinggian muka air. Gaya tumbukan oleh puing hanyutan ini hanya terdapat pada [3] dan dapat diperkirakan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$F_s = 1,3 u_{maks} \sqrt{k m_d (1 + c)}$$

Dimana,

$$u_{maks} = \sqrt{\left(2 g R \left(1 - \frac{z}{r} \right) \right)}$$

Keterangan :

U_{maks} = kecepatan maksimum aliran yang membawa puing (m/det);

M = massa puing (kg);

k = kekerasan puing (N/m); dan

c = koefisien masa hidrodinamik.

R = ketinggian run-up desain (m);

4. Gaya Tahanan Debris

Gaya tahanan debris yang disebabkan dari akumulasi hanyutan puing-puing yang tersangkut pada struktur dapat dianggap sebagai gaya hidrodinamik tambahan oleh puing yang tertahan pada permukaan depan struktur. Gaya tahanan debris ini hanya terdapat pada [3] dan dapat diperkirakan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$F_{dm} = \frac{1}{2} \rho_s C_d B_d (hu^2)_{maks} \quad (2.17)$$

Keterangan :

Bd = lebar/luas permukaan puing (rekomendasi
Bd = 12 m);

5. Beban Impak Puing

Beban yang berasal dari puing-puing atau benda lain yang terbawa oleh tsunami desain yang menghantam struktur atau bagiannya. Beban impact puing ini hanya terdapat pada [4] dan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$F_i = l_{tsu} C_o F_{ni}$$

Dimana,

$$F_{ni} = U_{max} \sqrt{km_d}$$

Keterangan :

F_{ni} = gaya impact puing seketika (kN)

C_o = koefisien orientasi ($C_o = 0,65$);

l_{tsu} = faktor keutamaan untuk gaya tsunami ($l_{tsu} = 1$).

U_{max} = Kecepatan aliran maksimum di lokasi (3 m/s)

k = Kekakuan efektif dari impact puing (61300 kN/m)

m_d = Massa puing (454 kg)

2.3.2 Kombinasi Pembebanan Tsunami

1. FEMA P646 (2012)

Kombinasi pembebanan tsunami berdasarkan [3] yaitu sebagai berikut:

$$U = 1,2 D + 1,0 TS + 1,0 L_{REF} + 0,25 L$$

$$U = 0,9 D + 1,0 TS$$

Dimana :

U = beban ultimit;

D = beban mati;

L = beban hidup;

TS = beban tsunami; dan

L_{REF} = beban hidup untuk daerah yang terlindungi.

2. SNI 1727:2020

Kombinasi pembebanan tsunami berdasarkan [4] yaitu sebagai berikut:

$$0,9 D + F_{TSU} + H_{TSU}$$

$$0,9 D + F_{TSU} + 0,5 L + 0,2 S + H_{TSU}$$

Keterangan :

F_{TSU} = Beban tsunami

H_{TSU} = Beban yang disebabkan oleh tekanan fondasi lateral ($H_{TSU} = 0,9$)

D = Beban mati

L = Beban hidup

S = Beban salju

2.3.3 Struktur Komposit

Dalam komposit (*composite*) merupakan struktur yang terdiri dari dua material atau lebih dengan sifat bahan yang berbeda dan membentuk satu kesatuan sehingga menghasilkan sifat gabungan yang lebih baik. Perencanaan komposit mengasumsi bahwa baja dan beton bekerja sama dalam memikul beban yang bekerja, sehingga akan menghasilkan desain profil/eleman yang lebih ekonomis [5].

Ada dua tipe struktur komposit, yaitu :

1. Struktur komposit yang terbuat dari profil baja yang diberi selubung beton di sekelilingnya (kolom baja berselubung beton); dan

2. Struktur komposit terbuat dari penampang baja berongga (kolom baja berisikan beton).

Perencanaan struktur komposit baja beton kolom dianalisis menggunakan ketentuan DFBK sesuai [6] Pasal I dengan menggunakan persamaan:

a. Kontrol kuat tekan

Kekuatan tekan desain komponen struktur komposit terbungkus beton yang dibebani secara aksial simetri ganda harus ditentukan untuk keadaan batas dari tekuk lentur berdasarkan kelangsingan komponen struktur sebagai berikut:

$$\text{Jika } \frac{P_{no}}{P_e} \leq 2,25 \quad P_n = P_{no} \left[0,658 \frac{P_{no}}{P_e} \right]$$

$$\text{Jika } \frac{P_{no}}{P_e} > 2,25 \quad P_n = 0,887 P_e$$

Untuk mencari P_{no} digunakan persamaan :

$$P_{no} = f_y A_s + f_{ystr} A_{gr} + 0,85 f_c A_c$$

Rasio kapasitas aksial:

$$\frac{P_u}{\phi_c P_n} < 1$$

b. Kontrol kuat lentur

Berdasarkan [6] pasal I3.2 dan pasal F2, kekuatan lentur tersedia dari komponen struktur terbungkus beton harus merupakan nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan keadaan batas dari leleh (momen plastis) dan tekuk torsi-lateral.

Untuk komponen struktur yang memenuhi $L_p \leq L_b \leq L_r$ kuat nominal komponen struktur terhadap momen lentur adalah:

$$M_n = c_b \left[M_p + (M_p - 0,7 f_y S_x) \frac{(L_b - L_p)}{(L_r - L_p)} \right]$$

Rasio kapasitas lentur :

$$\frac{M_u}{\phi_b M_n} < 1$$

c. Kontrol kuat geser

Berdasarkan [6] pasal 14.1, kekuatan geser desain ditentukan berdasarkan persamaan berikut:

$$V_n = 0,6 f_y A_w C_v$$

Untuk badan komponen struktur profil-Icanai panas dengan $h/t_w \leq 2,24\sqrt{E/f_y}$:

$$\phi_v = 1,00 \text{ (DFBK)}$$

$$C_v = 1,00$$

Rasio kapasitas geser:

$$\frac{V_u}{\phi_v V_n} < 1$$

d. Kontrol Interaksi Kuat Tekan dan Lentur

Untuk komponen struktur komposit dibungkus beton dan komponen struktur komposit diisi beton dengan penampang kompak, interaksi gaya aksial dan lentur harus berdasarkan persamaan interaksi [6] pasal H1.1

$$\frac{P_r}{\phi P_c} \geq 0,2 \Rightarrow \frac{P_r}{\phi P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1$$

$$\frac{P_r}{\phi P_c} < 0,2 \Rightarrow \frac{P_r}{2\phi P_c} + \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1$$

2.3.4 Analisa Struktur

Analisa struktur dimulai dengan pemodelan kombinasi pembebanan tsunami menurut FEMA P646 dan SNI 1727 yang dimasukkan ke dalam software ETABS. ETABS (Extended Three Analysis Building Systems) merupakan software yang digunakan untuk menganalisis struktur gedung terhadap beban-beban yang bekerja serta mendesain elemen-elemennya. ETABS merupakan program analisis struktur yang dikembangkan oleh perusahaan software Computers and Structures, Incorporated (CSI) yang berlokasi di Berkeley, California, Amerika Serikat [7].

Kombinasi maksimum akan menghasilkan kapasitas elemen dan reaksi tumpuan. Kapasitas elemen terdiri dari Rasio kapasitas aksial, Rasio kapasitas geser, Rasio kapasitas momen, dan Rasio gaya momen aksial. Kapasitas elemen yang digunakan adalah angka terbesar yang muncul dari beberapa kombinasi pembebanan sehingga dapat dijadikan pedoman untuk perhitungan elemen-elemen selanjutnya dan dilakukan perbandingan antara peraturan FEMA dan SNI.

2.3.5 Analisa Perilaku Struktur

Perilaku struktur adalah perilaku yang ditimbulkan oleh suatu bangunan akibat dari suatu gaya. Perilaku struktur tersebut adalah displacement dan simpangan antar lantai.

1. Perpindahan (Displacement)

Perpindahan terjadi akibat adanya beban yang bekerja pada titik-titik join antara elemen. Dalam teori analisis struktur pemodelan space frame, derajat kebebasan aktualnya ada 6 buah, yaitu 3 buah translasi (x, y, dan z) yang menghasilkan perpindahan (displacement) 3 arah (x, y, dan z), dan 3 buah rotasi (x, y, dan z) yang menghasilkan momen dalam arah (x, y, dan z) (Ningsih, 2011).

2. Simpangan Antar Lantai (Story Drift)

Penentuan simpangan antar lantai (Δ) harus hitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau, seperti pada gambar 3.

Gambar 3 Simpangan Antar Lantai

Sumber : [8]

Analisa perilaku struktur dilakukan setelah mendapatkan hasil analisa struktur dari pemodelan gedung. Kemudian diambil nilai-nilai perilaku strukturnya antara lain perpindahan (displacement) dan simpangan antar lantai (story drift). Selanjutnya dari nilai-nilai perilaku struktur tersebut dilakukan perbandingan nilai nominalnya berdasarkan FEMA dan SNI.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil

3.1.1 Hasil Perhitungan Gaya Beban Tsunami

Hasil perhitungan Gaya yang digunakan pada pemodelan gedung *control room* terhadap beban tsunami menurut peraturan FEMA dan SNI sebagai berikut :

Tabel 1 Hasil Gaya Beban Tsunami

Gaya	Hasil Perhitungan	
	FEMA	SNI
Hidrostatik	95,601 kN	9,745 kN
Hidrodinamik	K1. 2,704 kN	K1. 2,704 kN
	K2. 3,154 kN	K2. 3,154 kN
Tumbukan Debris	283,847 kN	-
Tahanan Debris	108,160 kN	-
Impak Puing	-	323,870 kN

Pada tabel 1 dapat dilihat bahwa untuk pembebanan tsunami lebih besar terhadap peraturan SNI dari pada terhadap peraturan FEMA, karena di peraturan SNI terdapat perhitungan untuk gaya impak puing dengan nilai 323,870 kN.

Tabel 2 Jumlah Elemen Struktur Balok

Pada tabel 2 memperlihatkan profil dan jumlah

Balok	Profil	Jumlah Elemen
B1	H 150x150x31,5	9
B2	H 200x100x21,3	7
B3	H 200x150x30,6	18
B4	H 250x125x29,6	8
B5	H 300x200x56,8	3
B6	H 450x200x76,0	3
B7	H 500x200x79,5	2

elemen struktur balok yang digunakan pada gedung *control room*.

Tabel 3 Jumlah Elemen Struktur Kolom

Pada tabel 3 memperlihatkan profil dan jumlah

Kolom	Profil	Elemen
K1	H 250x250x72,4	17
K2	H 200x200x49,2	2

elemen struktur kolom yang digunakan pada gedung *control room*.

Tabel 4 Jumlah Elemen Struktur Pelat Lantai

Pelat Lantai	Elevasi (m)
PL0	0
PL1	3,95
PL2	5,70

Pada tabel 4 memperlihatkan elevasi struktur pelat lantai yang digunakan pada gedung *control room*.

3.1.2 Rasio kapasitas

3.1.2.1 Rasio kapasitas aksial

Rasio kapasitas gaya aksial maksimum balok dari kedua peraturan terdapat pada B2 dengan profil H 200x100x21,2. Pada peraturan FEMA dan SNI rasio kapasitas aksial maksimum adalah 0,05. Pada kedua peraturan dapat juga dilihat bahwa pada balok B1, B5, B6 dan B7 rasio kapasitas gaya aksial adalah 0.

Pada kolom diperoleh rasio kapasitas aksial maksimum dari kedua pemodelan adalah pada K1 dengan profil H 250x250x72,4 dan minimum pada K2 dengan profil H 200x200x49,9. Pada peraturan FEMA rasio kapasitas aksial maksimum adalah 0,12 dan minimum adalah 0,01, sedangkan pada peraturan SNI maksimumnya adalah 0,10 dan minimumnya adalah 0,01.

3.1.2.2 Rasio kapasitas geser

Besaran gaya momen maksimum pada balok yang diperoleh dari peraturan fema adalah pada B2 dengan profil H 200x100x21,3. Sedangkan dari peraturan SNI bahwa besaran gaya momen maksimum pada balok yang diperoleh adalah pada B6 dengan profil H 450x200x76,0. Pada peraturan FEMA gaya momen maksimum adalah 0,16 kN, sedangkan pada peraturan SNI gaya momen maksimum adalah 0,15 kN. Pada kedua peraturan dapat juga dilihat bahwa pada balok B3 rasio kapasitas gaya momen adalah 0.

Pada balok diperoleh rasio kapasitas geser maksimum dari kedua pemodelan adalah pada K1 dengan profil H 250x250x72,4 dan minimum pada K2 dengan profil H 200x200x49,9. Pada peraturan FEMA rasio kuat geser maksimum adalah 1,26 dan minimum adalah 0,02, sedangkan pada peraturan SNI maksimumnya adalah 1,04 dan minimumnya adalah 0,01.

Pada plat lantai besaran rasio kapasitas gaya geser pelat lantai pada peraturan FEMA dan SNI PL1 adalah 0,25 dan PL2 sebesar 0,17.

3.1.2.3 Rasio kapasitas momen

Rasio kapasitas momen maksimum dan minimum pada balok yang diperoleh dari kedua peraturan adalah pada B6 dengan profil H 450x200x76,0 dan B3 dengan profil H 200x150x30,6. Pada peraturan FEMA rasio kapasitas momen maksimum adalah 0,26 kN dan minimum adalah 0,02 kN, sedangkan pada peraturan SNI rasio kapasitas momen maksimum adalah 0,25 kN dan minimum adalah 0,02 kN.

Pada kolom rasio kapasitas momen maksimum dari kedua pemodelan adalah pada K1 dengan profil H 250x250x72,4 dan minimum pada K2 dengan profil H 200x200x49,9. Pada peraturan FEMA rasio kapasitas momen maksimum adalah 0,56 dan minimum adalah 0,05, sedangkan pada peraturan SNI maksimumnya adalah 0,45 dan minimumnya adalah 0,04.

Besaran rasio kapasitas momen arah x pelat lantai pada peraturan FEMA dan SNI PL1 adalah 0,54 dan PL2 sebesar 0,48. besaran rasio kapasitas momen arah y pelat lantai pada peraturan FEMA PL1 adalah 0,39 dan PL2 sebesar 0,36, sedangkan pada peraturan SNI rasio kapasitas pada PL1 adalah 0,38 dan PL2 sebesar 0,36.

3.1.2.4 Rasio gaya momen aksial

Rasio gaya momen aksial maksimum dan minimum pada balok yang diperoleh dari kedua peraturan adalah pada B2 dengan profil H 200x100x21,3 dan B3 dengan profil H 200x150x30,6. Pada peraturan FEMA rasio gaya momen aksial maksimum adalah 0,28 kN dan minimum adalah 0,03 kN, sedangkan pada peraturan SNI rasio gaya momen aksial maksimum adalah 0,25 kN dan minimum adalah 0,03 kN.

Besaran nilai maksimum dan minimum rasio gaya momen aksial yang diperoleh pada kolom terdapat pada K1 dengan profil H 250x250x72, untuk peraturan FEMA dan SNI adalah 0,59 dan 0,48. Pada peraturan FEMA dan SNI untuk kolom K2 dengan profil H 200x200x49,9 nilai rasio kapasitas yang diperoleh adalah 0,05 dan 0,05.

3.1.3 Perilaku struktur

3.1.3.1 Perpindahan antar lantai (Story displacement)

Nilai story displacement merupakan hasil output analisis ETABS. Nilai story displacement maksimum pada arah x dan y untuk masing-masing

peraturan yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5 Hasil Story Displacement

Plat lantai	Displacement Arah X (mm)		Displacement Arah Y (mm)	
	FEMA	SNI	FEMA	SNI
PL0	0	0	0	0
PL1	0,24	0,22	0,68	0,61
PL2	0,20	0,20	0,57	0,50

3.1.3.2 Simpangan antar lantai (Story drift)

Berdasarkan SNI 1726:2019 untuk menentukan simpangan antar lantai ditentukan dengan mengalikan perpindahan dengan Cd/Ie yang mana nilai faktor pembesaran defleksi (Cd) untuk SRPMK adalah 5,5. Hasil perhitungan simpangan antar lantai dapat dilihat pada Tabel 6 dan Tabel 7 berikut.

Tabel 6 Hasil Simpangan Antar Lantai Peraturan FEMA

Plat Lantai	Tinggi (mm)	Arah	Displacement (mm)	δ (mm)	Δ (mm)	$\Delta_{izin} = 0,020 \times H$ (mm)
PL2	1750	X	0,20	1,10	0,22	35,00
		Y	0,57	3,14	0,61	35,00
PL1	3950	X	0,24	1,32	1,32	79,00
		Y	0,68	3,74	3,74	79,00
PL0	0	X	0,00	0,00	0,00	0,00
		Y	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabel 7 Hasil Simpangan Antar Lantai Peraturan SNI

Plat Lantai	Tinggi (mm)	Arah	Displacement (mm)	δ (mm)	Δ (mm)	$\Delta_{izin} = 0,020 \times H$ (mm)
PL2	1750	X	0,20	1,10	0,11	35,00
		Y	0,50	2,75	0,61	35,00
PL1	3950	X	0,22	1,21	1,21	79,00
		Y	0,61	3,36	3,36	79,00
PL0	0	X	0,00	0,00	0,00	0,00
		Y	0,00	0,00	0,00	0,00

3.2 Pembahasan

3.2.1 Kapasitas elemen

Menurut kedua peraturan rasio maksimum tiap gaya-gaya dalam balok masih aman untuk gedung. Rasio terbesar terletak pada gaya momen pada peraturan FEMA dengan nilai 0,26 dan pada peraturan SNI dengan nilai 0,25.

Pada peraturan FEMA dan SNI rasio maksimum gaya aksial dan gaya momen pada kolom masih aman untuk gedung. Tetapi untuk gaya geser pada kedua peraturan sudah tidak aman untuk gedung. Rasio terbesar terletak pada gaya geser dengan nilai menurut peraturan FEMA adalah 1,26 dan untuk peraturan SNI adalah 1,04.

Nilai rasio maksimum menurut peraturan FEMA dan SNI tiap gaya-gaya dalam pelat lantai masih aman untuk gedung. Rasio terbesar kedua peraturan terletak pada gaya momen dengan nilai 0,54.

Nilai rasio maksimum untuk balok dan kolom masih memenuhi persyaratan interaksi gaya momen

aksial. Rasio terbesar kedua peraturan terletak pada kolom dengan nilai 0,59 dan 0,48.

3.2.2 Perilaku struktur

3.2.2.1 Perpindahan antar lantai (Story displacement)

Nilai story displacement arah x pada peraturan FEMA dan SNI. Pada kedua peraturan nilai displacement maksimum terjadi pada elevasi 3,950 m dengan besaran 0,24 mm untuk peraturan FEMA dan 0,22 untuk peraturan SNI

Nilai story displacement arah y pada peraturan FEMA dan SNI. Pada kedua peraturan nilai displacement maksimum terjadi pada elevasi 3,950 m dengan besaran 0,68 mm untuk peraturan FEMA dan 0,61 untuk peraturan SNI.

3.2.2.2 Simpangan antar lantai (Story drift)

Nilai simpangan antar lantai arah x untuk kedua peraturan tidak melebihi nilai izin. Nilai simpangan antar lantai maksimum berada pada elevasi 3,950 m, untuk peraturan FEMA sebesar 1,32 mm dan untuk peraturan SNI sebesar 1,21 mm.

Nilai simpangan antar lantai arah y untuk kedua peraturan tidak melebihi nilai izin. Nilai simpangan antar lantai maksimum berada pada elevasi 3,950 m, untuk peraturan FEMA sebesar 3,74 mm dan untuk peraturan SNI sebesar 5,02 mm

4. Kesimpulan dan saran

Berdasarkan hasil pengolahan data serta pembahasan dapat diambil beberapa kesimpulan dan saran sebagai hasil akhir dari penelitian ini.

4.1 Kesimpulan

Hasil Rasio kapasitas elemen struktur kolom, balok dan plat lantai terhadap beban tsunami menurut FEMA dan SNI masih memenuhi. Namun pada struktur kolom yang terletak paling depan menerima beban tsunami terbesar dengan nilai rasio 1,26 pada peraturan FEMA dan rasio 1,04 pada peraturan SNI dengan profil H 250x250x72,4 berjumlah 3 elemen kolom sehingga pada kolom tersebut sudah tidak aman.

Hasil analisa Perilaku struktur berupa story displacement dan story drift yang diperoleh dari kedua peraturan masih aman dari kedua arah x dan y karena tidak melewati batas yang diizinkan.

4.2 Saran

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya yaitu melakukan kajian terhadap daya dukung pondasi dikarenakan adanya penambahan beban tsunami sesuai dengan FEMA P646 dan SNI 1727:2020 untuk meninjau apakah pondasi eksisting masih aman untuk dipertahankan dan pengguna bangunan dapat mencari rekomendasi perbaikan supaya fungsional gedung aman terhadap pembebanan-pembebanan sesuai FEMA dan SNI.

5. Daftar Pustaka

- [1] *Technical Data Book Volume 25 Book 1 of 2 Buildins Unit 68*, PT. Arun NGL, 1973
- [2] Syamsidik, T. M. Rasyif, dan S. Kato, 2015. *Development Of Accurate Tsunami Estimated Times Of Arrival For Tsunami-Prone Cities In Aceh*, Indonesia, International Journal of Disaster Risk Reduction 14: 403..
- [3] Federal Emergency Management Agency. 2012. *Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunami Second Edition. Department of Homeland Security FEMA Mitigation Division*: Washington D.C.
- [4] Badan Standar Nasional. 2020. *Standar Nasional Indonesia (SNI 1727:2020) tentang Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain*, Departemen Pekerjaan Umum.
- [5] Faqih. A, 2015. *Studi Alternatif Perencanaan Strukur Komposit pada Gedung Kantor Dermaga Multipurpose Tanjung Perak Surabaya*, Jurnal Rekayasa Sipil Vol.3 No.2, Universitas Islam Malang, 2015.
- [6] Badan Standar Nasional, 2020. *Standar Nasional Indonesia (SNI 1729:2020) tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*, Departemen Pekerjaan Umum.
- [7] Marwan. M.U, 2020. *Evaluasi Perilaku Struktur Bangunan Gedung Berdasarkan Standar Perencanaan Terbaru di Kota Banda Aceh (disertai Perubahan SNI 1726, SNI 1727, dan SNI 2847)*, Tugas Sarjana, Jurusan Teknik Sipil Unsyiah.
- [8] Badan Standar Nasional, 2019. *Standar Nasional Indonesia (SNI 1726:2019) tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*, Departemen Pekerjaan Umum.