

PERENCANAAN BANGUNAN EVAKUASI DI WILAYAH RAWAN GEMPA DAN TSUNAMI

Guntara M. Adityawarman

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta,

Email: guntaragun@yahoo.co.id

ABSTRACT

(Planning The Evacuation Building In Area Prone To Earthquake And Stunami) Indonesian is a country that is surrounded by tectonic faults. Tectonic faults and volcanoes are still active in providing information that some regions in Indonesia is a region prone to earthquakes and tsunami. The buildings in Indonesia are located on the coast it is possible to tsunami affected. After the earthquake and tsunami, much needed building is still strong to be made in evacuation location so we need a plan of the building is still strong after the earthquake and tsunami. The planned building is located in the area of Bali with this type of structure is a steel structure with concentric bracing. The method used in the planning of seismic load is equivalent static method and the response spectrum method and then check the story drift to qualify, because the stiffness of the first floor which is weaker than its upper floors. The results of this study are evacuation building using concentric bracing to minimize inter-story drift. The building design produces the following profile: exterior beam using IWF 500x200, interior beams using IWF 400x200, exsterior columns and interior use Hs 16 x 0.5 and bresing use Hs 9.625x0.5

Keywords: *evacuation building, tsunami, earthquake, steel structure, static analysis, dynamic analysis*

ABSTRAK

Indonesia merupakan negara yang dikelilingi oleh patahan tektonik. Patahan tektonik dan gunung berapi yang masih aktif memberikan informasi bahwa beberapa wilayah di Indonesia merupakan wilayah rawan gempa dan tsunami. Bangunan-bangunan di Indonesia yang berada di pesisir pantai sangat memungkinkan untuk terkena dampak tsunami. Pasca gempa dan tsunami, sangat dibutuhkan bangunan yang masih kokoh untuk di jadikan lokasi pengungsian sehingga perlu dilakukan perencanaan bangunan yang masih kokoh pasca gempa dan tsunami. Bangunan yang direncanakan berada pada wilayah Bali dengan jenis struktur yaitu struktur baja dengan bresing konsentris. Metode yang digunakan dalam perencanaan beban gempa adalah metode statik ekuivalen dan metode respon spektrum kemudian mengecek drift story sampai memenuhi syarat karena kekakuan lantai satu yang lebih lemah dari lantai atasnya. Hasil penelitian ini adalah menggunakan bresing konsentris untuk memperkecil drift antar lantai. Desain bangunan menghasilkan profil sebagai berikut : balok eksterior menggunakan Iwf 500x200, balok interior menggunakan Iwf 400x200, kolom eksterio dan interior menggunakan Hs 16 x 0.5 dan bresing menggunakan Hs 9.625x0.5

Kata kunci: *bangunan evakuasi, tsunami, gempa, struktur baja, analisis statik, analisis dinamik*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan Negara yang dikelilingi oleh patahan tektonik aktif karena adanya tiga lempeng besar dan Sembilan lempeng kecil yang saling bertemu dan membentuk jalur-jalur pertemuan yang kompleks [1] dan dikelilingi gunung berapi sehingga dikatakan Indonesia berada pada wilayah *ring of fire*. Lempeng-lempeng tektonik yang masih aktif memberikan informasi bahwa wilayah di Indonesia merupakan wilayah yang rawan gempa). Gempa bumi yang terjadi bisa memberikan efek beban

gempa kepada bangunan sehingga menimbulkan gaya tambahan pada bangunan. Gaya tambahan pada bangunan harus diperhitungkan sehingga bangunan masih kokoh pasca gempa bumi dan tsunami. Akibat pergeseran lempeng tektonik (gempa bumi) juga akan memberikan efek tsunami (kondisi tertentu), tsunami akan menghantam bangunan sehingga dapat merusak bangunan. Kejadian gempa dan tsunami telah terjadi di beberapa wilayah di Indonesia, salah satu nya adalah gempa bumi dan tsunami yang terjadi di Aceh. Bahaya tsunami pada kota-kota yang berada

Untuk menentukan respon spektral percepatan gempa di permukaan tanah pada periode 0,2 detik dan 1 detik maka diperlukan suatu faktor amplifikasi getaran, kemudian menentukan parameter respons percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan periode 1 detik (S_{M1}) yang dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$S_{MS} : F_a \cdot S_s \dots\dots\dots(1)$$

$$S_{M1} : F_v \cdot S_1 \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

F_a : faktor amplifikasi getaran periode 0.2 detik (tabel 4, SNI Gempa 2012)

F_v : faktor amplifikasi getaran periode 1 detik (table 5, SNI Gempa 2012)

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek (S_{DS}) dan pada periode 1 detik (S_{D1}) dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \dots\dots\dots(3)$$

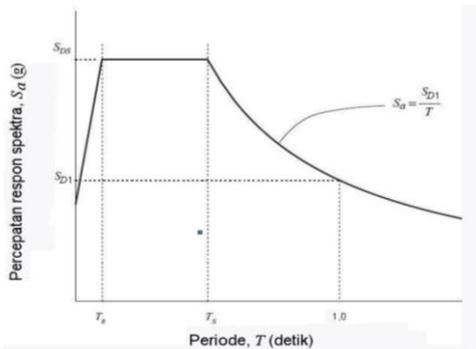
$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \dots\dots\dots(4)$$

Waktu getar pada spektrum respons dapat ditentukan berdasarkan persamaan berikut :

$$T_0 : 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \dots\dots\dots (5)$$

$$T_s : \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \dots\dots\dots (6)$$

Hasil dari respon spektrum desain dapat digambarkan sesuai dengan gambar 7 dibawah ini.



Gambar 3. Respon Spektrum Gempa Rencana (SNI 03-1726-a2012)

Penentuan Waktu Getar Alami Fundamental

Waktu getar alami fundamental struktur (T) merupakan waktu yang dibutuhkan suatu struktur untuk bergerak bolak balik tanpa ada gaya luar dengan kondisi awal tidak sama dengan nol. Periode fundamental struktur (T) dibatasi agar struktur tidak terlalu fleksibel [4]. Periode fundamental pendekatan struktur dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$T_a : C_t h_n^x \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan :

C_t : Koefisien dari tabel 15 SNI Gempa 2012

h_n : Ketinggian Struktur

x : Koefisien dari tabel 15 SNI Gempa 2012

T_a : periode fundamental pendekatan (detik)

Pembatasan waktu getar alami fundamental dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut :

$$T < C_u \cdot T_a \dots\dots\dots (8)$$

Keterangan :

C_u : Koefisien dari tabel 14 SNI Gempa 2012

Apabila T yang lebih akurat dapat diperoleh dengan menggunakan analisis komputer maka :

$$T : T_a \dots\dots\dots(9)$$

Sedangkan jika tidak memiliki analisis T yang akurat dari analisis komputer, maka digunakan batasan-batasan sebagai berikut :

Jika $T_c > C_u T_a$ digunakan $T : C_u T_a$

Jika $T_a < T_c < C_u T_a$ digunakan $T : T_c$

Jika $T_c < T_a$ digunakan $T : T_a$

sedangkan untuk bangunan yang kurang dari 12 tingkat dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$T_a : 0.1N \dots\dots\dots (10)$$

Keterangan :
N : Jumlah lantai

Simpangan Antar Lantai

Untuk mencegah struktur yang terlalu fleksibel maka dalam SNI 03-1726-2012, simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) dibatasi tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin (Δ_a) seperti didapatkan dari Tabel 16 SNI 1726-2012 Pasal 7.12.1 untuk semua tingkat.

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \dots\dots\dots (11)$$

dimana:

C_d : faktor pembesaran defleksi dalam tabel

δ_{xe} : defleksi yang ditentukan oleh analisis elastis

Efek P-Delta

Pengaruh *P-Delta* merupakan efek sekunder yang bekerja pada elemen struktur yang diakibatkan oleh penambahan beban vertikal sebagai akibat dari perpindahan horizontal struktur. Pengaruh *P-Delta* tidak disyaratkan untuk diperhitungkan bila koefisien stabilitas (θ) pada persamaan berikut nilainya kurang dari 0,10:

$$\theta = \frac{P_x \Delta I_e}{V_x h_{sx} C_d} \dots\dots\dots (12)$$

keterangan:

P_x : beban desain vertikal total pada dan di atas tingkat x , dinyatakan dalam kilo newton (kN);

Δ : adalah simpangan antar lantai tingkat desain yang terjadi secara serentak dengan V_x dalam mm

Gaya Lateral Ekuivalen

Gaya dasar seismik, V , dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$V = C_s W \dots\dots\dots (13)$$

Keterangan :

C_s = koefisien respon seismik,
 W = berat seismik efektif

Analisis Ragam Spektrum Respon

1. Partisipasi Massa

Jumlah ragam vibrasi yang ditinjau dalam penjumlahan respon ragam menurut metoda ini harus sedemikian rupa, sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respon total harus mencapai sekurang-kurangnya 90%.

2. Parameter Respon Modal

Nilai untuk masing-masing parameter desain terkait gaya yang ditinjau, termasuk *drift* tingkat, gaya dukung, dan gaya komponen struktur individu untuk masing-masing mode respon harus dihitung menggunakan property masing-masing dan spektrum respon dibagi dengan kuantitas (R/I). Nilai untuk perpindahan dan kuantitas *drift* harus dikalikan dengan kuantitas (C_d/I).

3. Nilai Desain Berskala Respon Terkombinasi

Gaya geser dasar (V) harus dihitung dalam masing-masing dua arah horisontal orthogonal menggunakan periode dasar struktur yang dihitung T dalam masing-masing arah. Bilamana respon terkombinasi untuk geser dasar modal (V_t) kurang dari 80% geser dasar yang dihitung (V) menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen.

$$\text{Faktor skala} = 0,85.V / V_t \dots\dots\dots (14)$$

Keterangan :

V : gaya geser dasar prosedur gaya lateral ekuivalen.

V_t : gaya geser dasar dari kombinasi modal yang disyaratkan.

METODE PENELITIAN

Deskripsi Gedung

Pada perencanaan ini, bangunan yang direncanakan terletak di Bali memiliki fungsi sebagai tempat evakuasi pasca

gempa dan tsunami. Adapun spesifikasi gedung tersebut adalah sebagai berikut:

1. Jenis Struktur : Sistem rangka baja dengan bresing konsentris yang diharapkan dapat mengalami deformasi inelastis secara terbatas akibat gempa rencana [5]
2. Jumlah lantai : 3 lantai termasuk lantai atap

Data Teknis

Beberapa data teknis yang digunakan dalam penelitian ini untuk kepentingan pemodelan, yaitu:

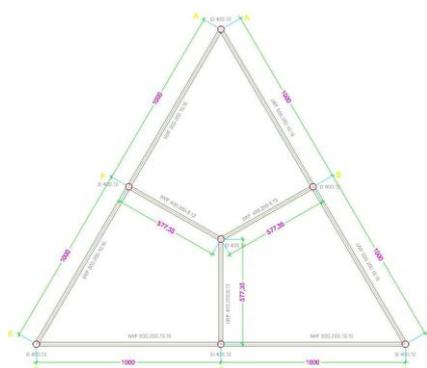
1. Fungsi bangunan merupakan bangunan evakuasi pasca gempa dan tsunami.
2. Zona gempa direncanakan berada pada wilayah Bali dengan kondisi tanah lunak.
3. Jenis struktur merupakan struktur rangka baja dengan bresing konsentris
4. Mutu bahan yang digunakan:

Beton

- 1) Kuat tekan f'_c
- 2) Pelat beton, $f'_c : 25 \text{ MPa}$
- 3) Modulus Elastisitas beton normal $E_c : 4700\sqrt{f'_c} : 4700\sqrt{25} : 23500 \text{ MPa}$.
- 4) Berat jenis beton bertulang, $\gamma_c : 24 \text{ kN/m}^3$

Baja

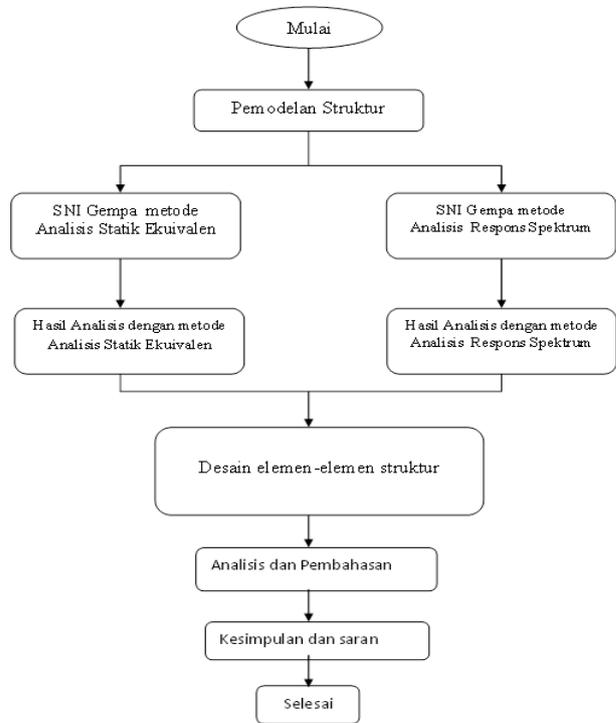
- 1) Profil baja, digunakan, $f_y = 290 \text{ MPa}$, $f_u : 500 \text{ MPa}$
- 2) Modulus elastisitas untuk baja $E_s = 200000 \text{ MPa}$ dan modulus elastisitas untuk kabel prategang $E_p = 195000 \text{ MPa}$
- 3) Berat jenis baja, $\gamma_s = 76,982 \text{ kN/m}^3$



Gambar 4. Pemodelan Struktur

Alur Penelitian

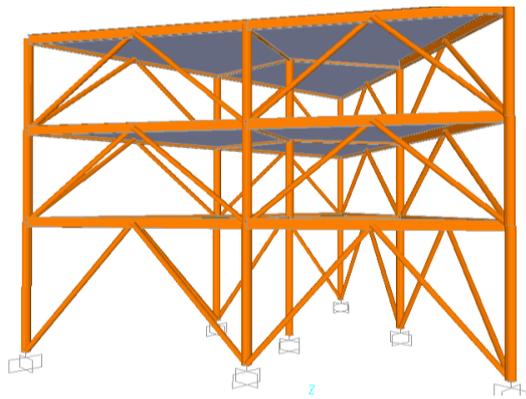
Pada proses penelitian ini, dibuat diagram alir penelitian yang akan digunakan sebagai langkah-langkah penelitian. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 5 dibawah ini.



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

Pemodelan Struktur

Bangunan akan dimodelkan dalam portal 3 dimensi kemudian dibebani dengan beban mati yang terdiri dari beban struktur yaitu beban balok, kolom dan pelat lantai (dihitung secara otomatis menggunakan SAP2000), beban mati tambahan, beban hidup yang sesuai dengan fungsi bangunan serta beban gempa. Beban mati tambahan menggunakan Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung (PPIUG) 1987 sedangkan pembebanan gempa dihitung berdasarkan SNI 03-1726-2012. Kolom dan bresing direncanakan menggunakan profil *circular* dan balok menggunakan profil IWF. Desain profil kolom, bresing dan balok IWF menggunakan *steel design* pada SAP2000 yang disesuaikan dengan SNI 03-1729-2002. Pemodelan struktur dapat dilihat pada Gambar 5.

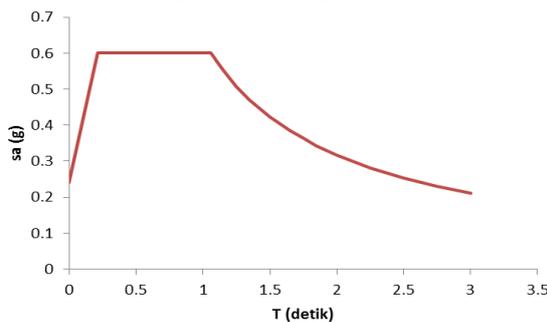


Gambar 5. Pemodelan Struktur

HASIL DAN PEMBAHASAN

Respon Spektrum Desain

Respon spektrum desain gempa merupakan spektrum percepatan gempa di permukaan tanah yang akan mewakili gempa yang terjadi. Respon spektrum untuk wilayah bali dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Respon Spektrum Desain

Waktu getar alami struktur

Perioda fundamental pendekatan untuk rangka baja dengan bresing eksentris adalah sebagai berikut :

$T_a : C_t \cdot h_n^x : 0.0731 \cdot 17^{0.75} : 0,612 \text{ detik.}$
 $C_u \cdot T_a : 1.4 \cdot 0.612 : 0.8568 \text{ detik}$

Dari hasil vibrasi 3 dimensi menggunakan SAP2000, didapatkan nilai $T: 0,2401 \text{ detik}$

Sehingga model struktur memenuhi syarat yang ditetapkan yaitu :

$T < C_u \cdot T_a$
 $0,2401 \text{ detik} < 0.8568 \text{ detik}$

Analisis Gaya Statik Ekuivalen

Analisis statik merupakan salah satu analisis beban gempa secara statik dimana beban gempa akan di bebani ke bangunan pada setiap lantai. Beban gempa akan sangat besar pada bagian bawah lantai. Gaya lateral dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Gaya Lateral Ekuivalen

Lt.	w_x	h_x	$w_x \cdot h_x^k$	C_v	F_x	V_x
At	119	17.	20302	0.4	256	256
ap	4.26	00	.35	62	.95	.95
	129	12.	15534	0.3	196	453
3	4.55	00	.65	54	.61	.56
	115	7.0	8065.	0.1	102	555
2	2.24	0	66	84	.08	.64
				43902	1.0	
				.650	00	

Bangunan yang tidak beraturan dapat menimbulkan tambahan momen sedangkan bangunan beraturan tidak menimbulkan tambahan momen. Hasil analisis torsi tak terduga, akibat beban gempa arah X dan Y dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3, sebagai berikut :

Tabel 2. Torsi Tak Terduga Arah X

Lt	δ_1	δ_2	δ_{avg}	δ_{max}	$\delta_{max}/\delta_{avg}$	Irr
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	
Atap	0.00335	0.00329	0.00332	0.00329	0.990964	none
3	0.00267	0.00263	0.00265	0.00263	0.992453	none
2	0.00167	0.00163	0.00165	0.00163	0.987879	none

Tabel 3. Torsi Tak Terduga Arah Y

Lt	δ_1	δ_2	δ_{avg}	δ_{max}	$\delta_{max}/\delta_{avg}$	Irr
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	
Atap	0.00335	0.00329	0.00332	0.00329	0.990964	none
3	0.00267	0.00263	0.00265	0.00263	0.992453	none
2	0.00167	0.00163	0.00165	0.00163	0.987879	none

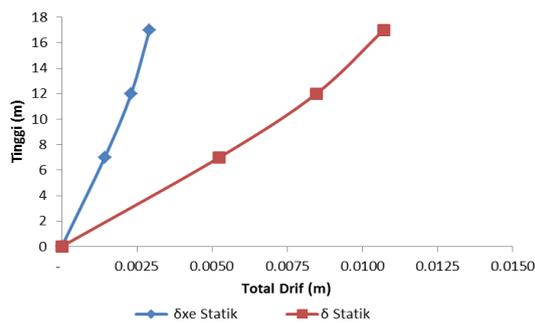
Hasil dari analisis torsi tak terduga akibat gaya statik, memperlihatkan bahwa bangunan termasuk bangunan *regularity* sehingga tidak ada tambahan atau amplifikasi momen pada bangunan.

Pada perencanaan suatu bangunan, *drift control* merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi dalam perencanaan

struktur, sehingga bangunan mampu bertahan pada saat menerima beban gempa. Hasil dari *drif* bangunan dapat dilihat pada Tabel 4 dan 5.

Tabel 4. *Drift* Statik ekuivalen arah X

Lt	δ_{xe} (m)	δ (m)	Δ (m)	Δa (m)
Atap	0.0029	0.0107	0.0022	0.0500
3	0.0023	0.0085	0.0032	0.0500
2	0.0014	0.0052	0.0052	0.0700

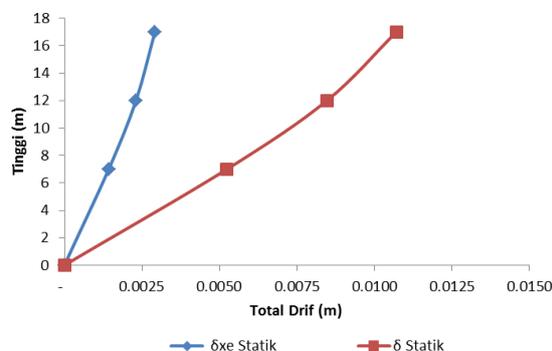


Gambar 7. Hubungan Total *Drift* dan Tinggi Struktur Arah X

Hasil di atas memperlihatkan bahwa bangunan masih memenuhi terhadap *drift* ijin arah x sehingga bangunan dapat dikatakan aman terhadap *drift* yang terjadi akibat beban gempa statik ekuivalen.

Tabel 5 *Drift* Statik ekuivalen arah Y

Lt	δ_{xe} (m)	δ (m)	Δ (m)	Δa (m)
Atap	0.0029	0.0107	0.0022	0.050
3	0.0023	0.0085	0.0032	0.050
2	0.0014	0.0052	0.0052	0.070



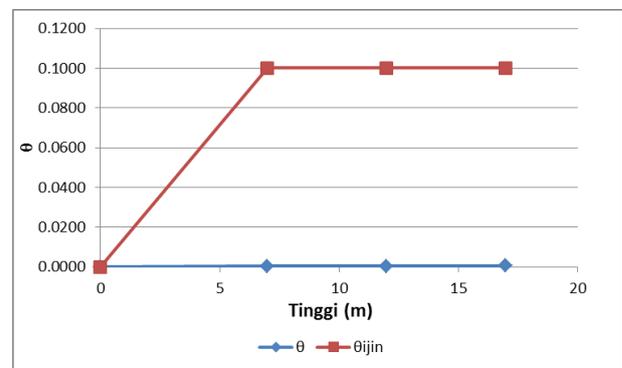
Gambar 8. Hubungan Total *Drift* dan Tinggi Struktur Arah Y

Hasil di atas memperlihatkan bahwa bangunan masih memenuhi terhadap *drift* ijin arah y sehingga bangunan dapat dikatakan aman terhadap *drift* yang terjadi akibat beban gempa statik ekuivalen.

Pengaruh P-delta dari penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 P-Delta *Effect* akibat beban statik

Lt	h_{sx}	Δ	P_x	V_x	I_e	C_d	θ	θ_{ijin}
Atap	5	0.0022	1194.25	256.948	1.5	5/5	0.0006	0.1
3	5	0.0032	1294.55	453.556	1.5	5/5	0.0005	0.1
2	7	0.0052	1152.23	555.636	1.5	5/5	0.0004	0.1



Gambar 9. Hubungan Tinggi Struktur dan P-Delta *Effect*

Hasil hitungan stabilitas struktur pada Tabel diatas menunjukkan bahwa stabilitas struktur tiap lantai berada diawah stabilitas struktur ijin sehingga memenuhi syarat

Analisis Modal dan Respon Spektrum

Output program SAP2000 didapatkan nilai *base shear* untuk metode statik ekuivalen yaitu untuk arah x dan y adalah 555.636 kN dan untuk *base shear* metode dinamik (respon spektrum) didapatkan nilai *base shear* arah x : 506.846 kN dan arah y : 506.755. Karena memenuhi syarat, maka gaya pada respon spektrum maka pengalinya adalah 1.

Tabel 7. Perhitungan *Modal Participating Mass Ratios*

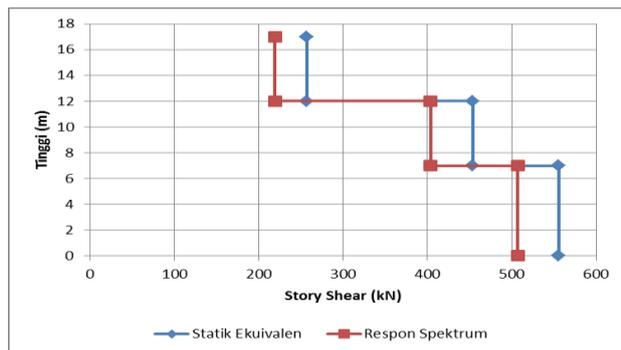
Mode	Period (Sec)	SumU X	SumU Y	SumU Z
1	0.2401	0.0000	0.9263	0.0000
2	0.2401	0.9263	0.9263	0.0000

3	0.1672	0.9279	0.9263	0.0000
4	0.1640	0.9279	0.9289	0.0000
5	0.1561	0.9290	0.9289	0.0000
6	0.0888	0.9290	0.9826	0.0000
7	0.0869	0.9916	0.9826	0.0000
8	0.0683	0.9916	0.9991	0.0000
9	0.0552	0.9998	0.9991	0.0000

Pada mode 2 ternyata jumlah partisipasi masa sudah memenuhi syarat 90% dari massa sehingga jumlah ragam sudah memenuhi walaupun hanya dua ragam.

Tabel 8. Hasil *Base Shear*

Lantai	<i>Base Shear</i> Analisis Statik(kN)	<i>Base Shear</i> Analisis Dinamik (kN)
Atap--3	256.948	219.125
3--2	453.556	403.823
2--1	555.636	506.846



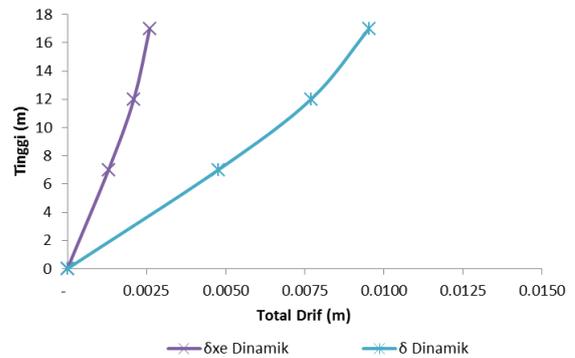
Gambar 10. Hubungan *Story Shear* (kN) dan Tinggi Struktur (m)

Gambar diatas menjelaskan beban gempa yang diterima oleh bangunan saat terjadi gempa dengan dua metode perhitungan gempa, yaitu respon spektrum dan metode statik ekuivalen. Terlihat bahwa beban gempa dengan menggunakan metode analisis statik ekuivalen lebih besar dari metode respon spectrum.

Pada analisis dinamik metode respon spektrum, dimana beban gempa lebih kecil dari beban gempa static ekuivalen sehingga *drift* yang terjadi pada bangunan lebih kecil. Hasil dari *drif* bangunan dengan beban gempa metode respon spectrum dapat dilihat pada Tabel 9 dan 10.

Tabel 9. *Drift* Respon Spektrum Arah x

Lantai	δ_{xe} (m)	δ (m)	Δ (m)	Δa (m)
Atap	0.0026	0.0095	0.0018	0.0500
3	0.0021	0.0077	0.0029	0.0500
2	0.0013	0.0048	0.0048	0.0700

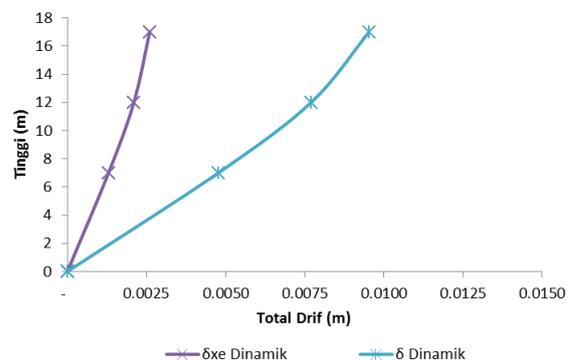


Gambar 11. Hubungan Total *drift* dan Tinggi Struktur

Hasil di atas memperlihatkan bahwa bangunan masih memenuhi terhadap *drift* ijin arah x sehingga bangunan dapat dikatakan aman terhadap *drift* yang terjadi akibat beban gempa dinamik

Tabel 10. *Drift* Respon Spektrum arah y

Lantai	δ_{xe} (m)	δ (m)	Δ (m)	Δa (m)
Atap	0.0026	0.0095	0.0018	0.0500
3	0.0021	0.0077	0.0029	0.0500
2	0.0013	0.0048	0.0048	.0700



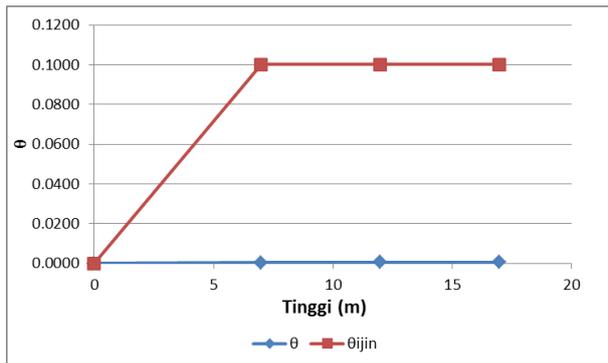
Gambar 12. Hubungan Total *drift* dan Tinggi Struktur

Hasil di atas memperlihatkan bahwa bangunan masih memenuhi terhadap *drift* ijin arah y sehingga bangunan dapat

dikatakan aman terhadap *drift* yang terjadi akibat beban gempa dinamik Pengaruh P-delta dari penelitian ini dapat dilihat pada

Tabel 11. P-Delta *Effect* Akibat Beban Dinamik

Lt	h _{sx}	Δ	P _x	V _x	I _e	C _d	θ	θ _{ijin}
Atap	5	0.00183	1194.26	219.13	1.5	5.5	0.0005	0.1
3	5	0.00293	1294.55	403.82	1.5	5.5	0.0005	0.1
2	7	0.00477	1152.24	506.85	1.5	5.5	0.0004	0.1



Gambar 13. Hubungan Tinggi Struktur dan P-Delta (θ)

Hasil hitungan stabilitas struktur akibat beban gempa dinamik pada Tabel diatas menunjukkan bahwa stabilitas struktur tiap lantai berada diawah stabilitas struktur ijin sehingga memenuhi syarat perencanaan struktur terhadap pengaruh p-delta.

Desain Elemen Struktur

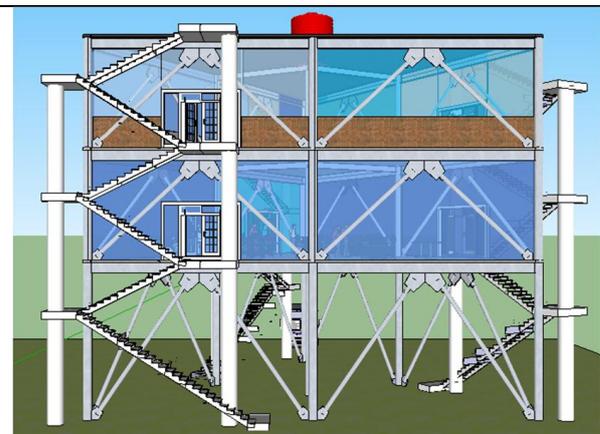
Dalam perencanaan elemen struktur digunakan beban gempa metode respon spektrum yang lebih mewakili pergerakan tanah yang terjadi akibat gempa rencana. Hasil desain elemen-elemen struktur dapat dilihat pada tabel 12 dan 13.

Tabel 12. Hasil Desain Balok

Lantai		Pu (KN)	Mux (KN.m)	Muy (KN.m)	Vu (KN)	Dimensi Profil
Atap	balok Eksterior	57.47	37.27	0.68	47.87	Wf 500x200
	balok Interior	0.59	115.31	-	0.72	Wf 400x200
3	balok Eksterior	86.40	46.01	0.32	56.75	Wf 500x200
	balok Interior	0.39	119.89	-	5.38	Wf 400x200
2	balok Eksterior	88.20	53.22	0.321	54.59	Wf 500x200
	balok Interior	-	120.34	-	1.42	Wf 400x200

Tabel 13. Hasil Desain Kolom dan Bresing

Kolom dan bresing	Pu (KN)	Mux (KN.m)	Muy (KN.m)	Vu (KN)	Dimensi Profil	
Lt 3	Kolom Interior	534.37	0.00005	-	0.000023	Hs.16x0.5
	Kolom Eksterior	199.69	-	96.37	33.732	Hs.16x0.5
	bresing	188.87	3.38	9.11	2.445	Hs.9.625x0.5
Lt 2	Kolom Interior	982.39	-	0.000053	0.00002	Hs16 x0.5
	Kolom Eksterior	522.60	-	73.05	26.785	Hs.16x0.5
	bresing	244.19	4.05	-	-	Hs.9.625x0.5
Lt 1	Kolom Interior	1456.62	-	0.000014	0.000006	Hs.16x0.5
	Kolom Eksterior	830.84	-	41.02	8.761	Hs.16 x 0.5
	bresing	266.96	4.93	-	-	Hs.9.625x0.5



Gambar 14. Hasil Desain Bangunan Evakuasi (3D view)

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

- Penggunaan bresing konsentrik memberikan nilai *drift* yang lebih kecil sehingga pada lantai 1 dengan tinggi 7 m telah memenuhi *drift* ijin akibat beban gempa
- Bangunan evakuasi ini bisa menahan beban gempa dan genangan tsunami dengan ketinggian ≤ 7 m di daratan.
- Bangunan didesain tanpa dinding di lantai satu sehingga aliran air tidak memberikan efek beban pada bangunan.
- Kolom baja didesain dengan bentuk *circular* sehingga mengurangi gaya dorong pada kolom akibat aliran air.
- Desain bangunan menghasilkan profil sebagai berikut : balok eksterior menggunakan Iwf 500x200, balok interior menggunakan Iwf 400x200, kolom eksterior dan interior

menggunakan Hs 16 x 0.5 dan bresing menggunakan Hs 9.625x0.5

Saran

- a. Desain kekuatan bangunan terhadap tumbukan benda-benda yang terbawa oleh air akibat stunami.
- b. Apabila air melebihi 7 m, harus mempertimbangkan gaya angkat pada pelat lantai.
- c. desain bangunan agar tahan terhadap gaya hidrostatis dan gaya hidrodinamik
- d. Tinggi kolom lantai satu, disesuaikan dengan tinggi air akibat tsunami pada tiap wilayah.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas 17 Agustus Jakarta.

Daftar Pustaka

- [1]. Bird, P., *An updated digital model of plate boundaries*, An Electronic journal of the Earth Sciences, v. 4, no. 3, 1027, doi : 10.1029/2001GC000252, 2003.
- [2]. Bambang M., *Tsunami di Indonesia dan Upaya Mitigasianya*, Alami, Vol. 10 No. 20, hal 29-36, 2005.
- [3]. Park S., et al. *Method to determine locations of tsunami vertical evacuation Shelters*, Natural hazards : Journal of international society for the prevention and mitigation of natural hazards. (2012).
- [4]. Badan Standarisasi Nasional, SNI-1726-2012 *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*, Bandung, 2012.
- [5]. Badan Standarisasi Nasional, SNI-1729-2002 *Tata Cara Perhitungan Struktur untuk Bangunan Gedung*, Bandung, 2002.