

STUDI MENGENAI PENGARUH PENEMPATAN DAN LUASAN VOID TERHADAP STRUKTUR BANGUNAN TAHAN GEMPA YANG MEMILIKI DINDING GESER SIMETRIS

Grace Ruth Alow

Steenie E. Wallah, Servie O. Dapas

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi

Email: alow.grace1995@gmail.com

ABSTRAK

Penempatan dan luasan void pada struktur bangunan dapat membuat struktur menjadi tidak simetris terhadap pusat massanya dan menimbulkan efek torsional, serta mempengaruhi simpangan, sehingga perlu dilakukan studi mengenai penempatan dan luasan void terhadap perilaku struktur terlebih pada struktur bangunan tahan gempa yang memiliki dinding geser simetris.

Penelitian parametrik dilakukan pada model struktur bangunan 10 lantai dengan dinding geser simetris dan diberikan variasi luasan dan posisi void yang seragam dari lantai 1 sampai dengan lantai 9 untuk dianalisis. Evaluasi dilakukan terhadap periode struktur dan perilaku struktur yang meliputi simpangan struktur dan efek torsional struktur.

Hasil analisis dan evaluasi memperlihatkan bahwa penempatan void yang tidak simetris pada struktur bangunan dapat menyebabkan efek torsional pada struktur dan mempengaruhi simpangan struktur. Untuk mengurangi efek torsional yang terjadi, sebaiknya model void ditempatkan pada titik pusat massa. Luasan void memberikan pengaruh yang lebih terlihat pada simpangan struktur, dimana semakin besar void semakin kecil simpangan dan juga mempengaruhi ragam gerak struktur. Semakin besar void semakin kecil periodenya.

Kata kunci: Void, Dinding Geser, Simpangan, Efek Torsional, Periode Struktur

PENDAHULUAN

Latar belakang

Struktur gedung yang baik harus memiliki kesimetrisan dan kekakuan yang baik untuk menahan beban lateral. Oleh karena itu perlu dirancang bangunan yang memiliki ketahanan terhadap gempa dengan menjaga kesimetrisan bangunan. Bangunan yang tahan terhadap gempa artinya bila terjadi gempa pada daerah dimana bangunan itu berada maka bangunan tersebut tidak akan mengalami kehancuran struktur yang fatal atau yang dapat meruntuhkan bangunan. Salah satu penyebab struktur tidak simetris yaitu dengan adanya void atau bukaan pada lantai.

Pelat lantai adalah sistem kontruksi penahan beban langsung dan pelat lantai sebagai elemen struktur yang juga memegang peranan yang sangat penting pada struktur bangunan yaitu sebagai diafragma struktur bangunan tinggi. Struktur pelat pada suatu bangunan sering dibuat memiliki void atau bukaan yang biasanya digunakan untuk tangga atau untuk lift atau untuk perencanaan lainnya. Void akan membuat kondisi struktur dibagian tersebut menjadi lemah karena eksentrisitas yang terjadi.

Salah satu jenis bangunan tahan gempa adalah gedung beton bertulang menggunakan sistem rangka struktur yang dikombinasikan dengan dinding geser. Dinding geser adalah elemen pengaku yang dapat digunakan untuk meredam goyangan pada bangunan akibat beban lateral. Dinding geser berfungsi juga sebagai pereduksi struktur balok dan kolom terhadap gaya lateral yang diterima atau yang bekerja pada struktur tersebut. Dinding geser berfungsi sebagai kekuatan dan kekakuan yang memiliki massanya sendiri.

Dengan adanya gaya gempa atau gaya lateral yang terjadi pada suatu struktur bangunan yang memiliki ketidakberaturan horizontal akan timbul masalah-masalah pada suatu struktur bangunan, salah satunya akan menimbulkan simpangan dan torsional pada bangunan tersebut. Besarnya simpangan yang akan ditinjau, bergantung pada penempatan dinding geser dan penempatan void.

Pada penelitian ini akan dicoba dinding geser dengan penempatan yang simetris, dan void atau bukaan pada plat lantai yang akan divariasikan, terhadap tempat dan ukurannya

untuk melihat bagaimana pengaruh simpangan dan efek torsional terhadap struktur.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui bagaimana pengaruh penempatan, posisi dan ukuran void terhadap besarnya simpangan horizontal dan torsional yang terjadi pada bangunan sesuai dengan perencanaan beban gempa yang ditentukan. Penelitian ini membandingkan besarnya simpangan horizontal dan efek torsional struktur terhadap penempatan dan ukuran void pada bangunan beton bertulang bertingkat banyak sehingga dapat diketahui posisi dan besaran void yang sesuai dan dapat mengurangi simpangan pada suatu bangunan.

Batasan Masalah

Agar masalah yang dibahas mengarah pada tujuan dan juga keterbatasan literatur serta untuk mempermudah analisa, maka perlu adanya pembatasan masalah sebagai berikut.

- 1) Struktur gedung yang dibuat adalah gedung segi empat ukuran 35 m x 35 m dengan 9 lantai dan 1 lantai sebagai atap. Dengan tinggi tiap lantai ± 4 m.
- 2) Pemodelan struktur dibuat simetris.
- 3) Penempatan Dinding geser yang digunakan ditempatkan pada posisi yang simetris dan ditempatkan juga pada bagian terluar dari struktur.
- 4) Pembebanan yang diberikan adalah beban gravitasi (beban mati dan beban hidup) dan beban gempa, sedangkan beban angin diabaikan.
- 5) Pembebanan untuk beban hidup hanya berupa beban merata yang disesuaikan dengan standar pembebanan dan tidak memperhitungkan beban koridor.
- 6) Tidak memasukan struktur bawah pondasi.
- 7) Analisis gempa yang digunakan pada bangunan gedung tingkat tinggi adalah analisis gempa dinamis sesuai dengan SNI-1726-2012.
- 8) Pengamatan hanya didasarkan pada simpangan dan efek torsional yang terjadi pada struktur.
- 9) Digunakan respon beban dinamis di kota Manado, Sulawesi utara dengan kondisi tanah sedang.
- 10) Analisis struktur ditinjau dalam tiga dimensi dengan alat bantu program *software* ETABS

11) Untuk perhitungan 3 dimensi, diambil hasil keluaran (*output*) menggunakan program computer.

Tujuan Penelitian

1. Menghitung simpangan horizontal dan juga mengetahui pengaruh simpangan atau efek torsional yang terjadi pada struktur bangunan yang memiliki dinding geser dan void.
2. Mengetahui perbedaan yang akan timbul dari respon struktur bangunan akibat variasi dari void.
3. Mengetahui penempatan dan ukuran void juga penempatan dinding geser yang baik sehingga dapat diketahui pengaruhnya terhadap simpangan struktur.

Manfaat Penelitian

Dalam penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Menambah pengetahuan penulis mengenai penggunaan *software* ETABS khususnya dalam desain struktur beton bertulang portal tiga dimensi.
2. Memberikan informasi kepada pembaca ataupun perencana sebuah bangunan bertingkat mengenai bagaimana pengaruh void yang baik dan benar pada gedung bertingkat tinggi dan pengaruhnya terhadap simpangan horisontal gedung betingkat tinggi.

LANDASAN TEORI

Konstruksi Bangunan

Konstruksi bangunan merupakan suatu kerangka pokok fisik bangunan yang dirancang untuk dapat menahan beban-beban bangunan. Dalam konstruksi bangunan terdapat komponen struktur seperti balok, kolom, plat lantai, dan tangga.

Pelat Lantai

Plat atau yang biasa disebut slab adalah elemen horizontal yang bekerja menyalurkan beban ke rangka pemikul lainnya yang ada pada struktur yaitu balok kemudian pada kolom sebagai rangka pemikul vertikal. Berdasarkan perilaku pelat lantai dalam menahan beban yang bekerja, pelat lantai dibagi menjadi dua yaitu

pelat satu arah (*one-way slab*) dan pelat dua arah (*two-way slab*).

Balok

Balok adalah elemen struktur yang menyalurkan beban-beban dari slab ke kolom penyangga yang vertikal. Pada umumnya elemen balok dicor secara monolit dengan slab, dan secara struktural ditulangi di bagian bawah atau di bagian atas. Balok juga berfungsi sebagai penguat dari struktur kolom.

Kolom

Kolom adalah elemen vertikal dari rangka (frame) struktural yang memikul beban dari balok atau sistem lantai struktural. Kolom dapat diklasifikasikan berdasarkan bentuk dan susunan tulangnya, posisi beban pada penampang, dan panjang kolom dalam hubungannya dengan dimensi lateral.

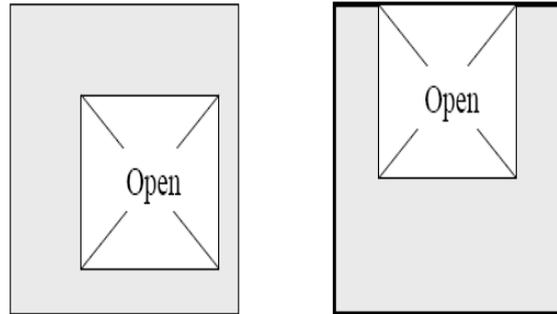
Ketentuan Umum Bangunan Gedung dalam Pengaruh Gempa

Gempa dasar untuk perencanaan berdasarkan SNI 1726:2012 didefinisikan sebagai gempa dengan probabilitas 2% terlampaui dalam rentang umur layan bangunan 50 tahun; yaitu gempa dengan periode ulang 2500 tahun. Berdasarkan konsep *Performance Based Design*, tingkat kinerja struktur bangunan akibat gempa rencana adalah *life safety*, yaitu walaupun struktur bangunan dapat mengalami tingkat kerusakan yang cukup parah namun keselamatan penghuni tetap terjaga karena struktur bangunan tidak sampai runtuh.

Void atau Bukaan pada Struktur Bangunan

Void atau bukaan pada suatu bangunan yang sering digunakan untuk penempatan lift, tangga darurat, ataupun untuk keperluan lainnya. Void sering tidak diperhitungkan dalam perencanaan suatu bangunan, baik terhadap penempatannya ataupun luasan dari void. Void yang tidak direncanakan dengan baik akan menyebabkan struktur menjadi tidak beraturan dan tidak simetris lagi. Didalam SNI 1726-2012, ketidakberaturan diskontinuitas diafragma atau variasi kekakuan mendadak terjadi jika terdapat struktur yang mempunyai daerah terpotong atau terbuka lebih besar dari 50 % daerah diafragma bruto yang melingkupinya, atau perubahan

kekakuan diafragma efektif lebih dari 50% dari suatu tingkat ke tingkat selanjutnya.



Gambar 1. Bukaan pada Bangunan

Pembebanan

Beban mati

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding geser, pelat lantai, balok, kolom.

Beban hidup

Beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati.

Simpangan Antar Lantai

Simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin (Δ_a) seperti yang diterangkan dalam SNI 1726-2012. Untuk semua tingkat ijin dimuat dalam tabel berikut.

Tabel 1 Simpangan antar lantai ijin

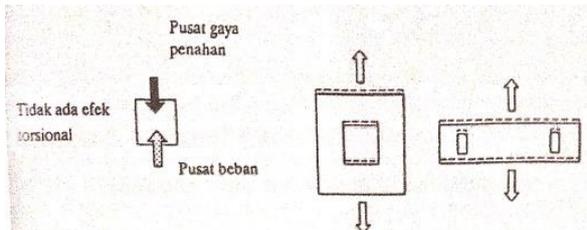
Struktur	Kategori Risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat	0,025 h_{sx}	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx0}
Struktur dinding geser kantilever batu bata	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}
Semua struktur lainnya	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}	0,010 h_{sx}

Sumber: SNI-1726-2012

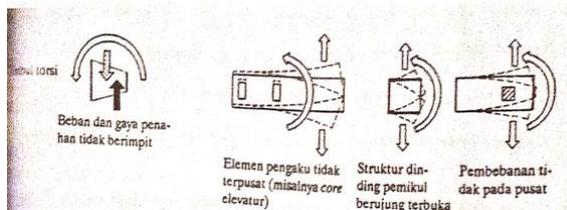
Efek Torsional Struktur

Beban lateral dapat mengakibatkan torsional pada bangunan, dikarenakan adanya eksentrisitas yaitu dimana pusat rotasi atau pusat masa pada gedung tersebut tidak berimpit, dengan adanya keadaan ini mengakibatkan gedung mengalami efek torsional. kejadian ini sering terjadi pada struktur yang tidak beraturan. Terjadinya torsional juga disebabkan oleh gaya inersia. Efek torsional sering terjadi pada gedung yang tidak simetris.

Efek torsional dapat diperkecil dengan merancang gedung sesimetris mungkin. Dalam desain gedung tahan gempa penting untuk memastikan bahwa gedung harus simetris terhadap masa dan juga struktur yang beraturan. Struktur simetris tidak mengalami efek torsional yang besar sehingga sangat disarankan untuk digunakan dalam perencanaan.



Gambar 2. Struktur Simetris
Sumber: Schodek, 1998



Gambar 3. Struktur Tidak Simetris
Sumber: Schodek, 1998

METODOLOGI PENELITIAN

Sistem dan Geometri Struktur

Struktur gedung yang ditinjau dalam penelitian ini merupakan struktur gedung beraturan 10 lantai yang memiliki tinggi antar lantai 4 m, maka dengan demikian tinggi gedung adalah 40 m dan berfungsi sebagai perkantoran berukuran 35 m x 35 m, dengan bentang antar kolom sepanjang 7 m.

Model struktur yang digunakan adalah struktur dengan sistem ganda yaitu rangka pemikul momen khusus yang dikombinasikan dengan dinding geser beton bertulang khusus.

Material Struktur

1. Beton struktural dengan karakteristik:

Kuat tekan beton, $f_c' = 30$ MPa

Modulus elastisitas = 25332 Mpa

Angka poisson, $\nu = 0,2$

Modulus geser, $G = E_c / [2 (1 + \nu)]$
= 10555,04 Mpa

- Tegangan leleh

Tulangan utama, $f_y = 400$ Mpa

Tegangan leleh geser, $f_{ys} = 240$ MPa

Mass per unit volume = 24 kN/m³

2. Dimensi komponen struktur

Balok = 300 x 600 mm

Balok Tepi = 400 x 600 mm

Kolom lt. 1-4 = 800 x 800 mm

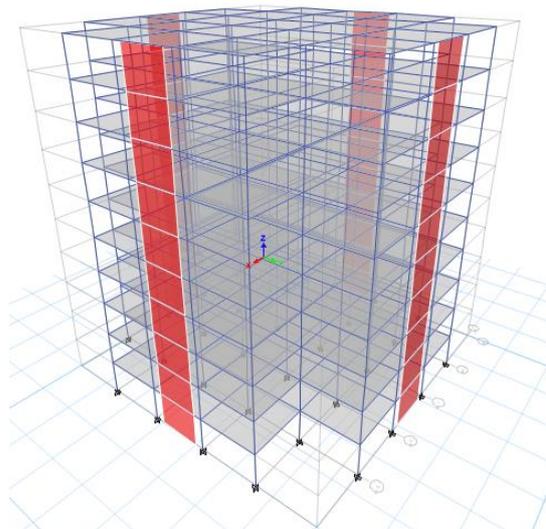
Kolom lt. 5-10 = 700 x 700 mm

Kolom Pinggir = 850 x 850 mm

Pelat lantai = 150 mm

Dinding geser = 250 mm

Penentuan dimensi ini diawali dengan *preliminary design* dan *trial and error* ulang dari model bangunan sebelumnya, dan untuk penentuan dinding geser masih menggunakan dimensi yang sering digunakan di lapangan.

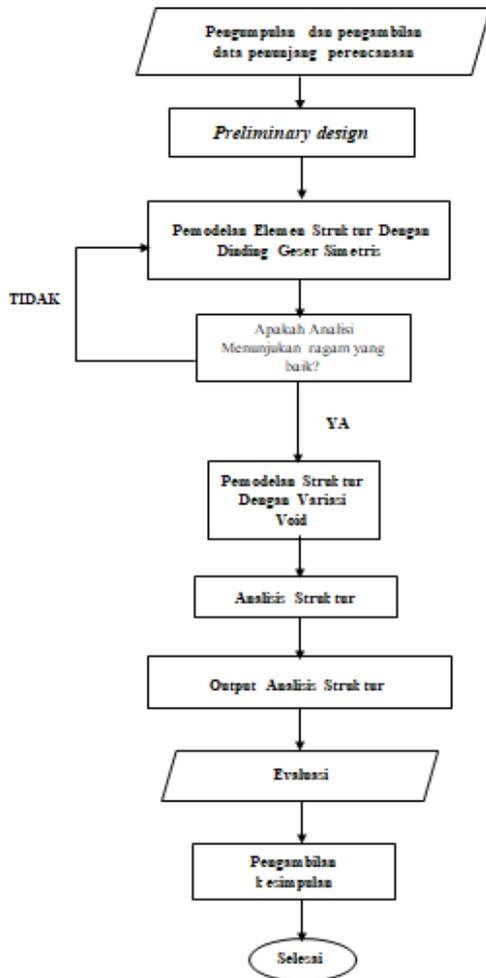


Gambar 4. Model 3-Dimensi Struktur yang Ditinjau.

Penentuan Ukuran Void atau Bukaannya

Void atau bukaan yang direncanakan akan disesuaikan dengan besaran void yang biasanya digunakan untuk lift, tangga, cahaya dan juga kegunaan lainnya yang mempunyai ukuran yang berbeda-beda sesuai dengan perencanaan bangunan. Untuk itu dalam penelitian ini dicoba-coba ukuran bukaan yang dapat mewakili besar bukaan yang biasa digunakan yaitu 3 x 3 m untuk bagian dalam panel dimana panel dalam penelitian ini berukuran 7 x 7 m, dan diambil juga untuk bukaan satu panelnya, dan kemudian bukaan terbesar yang mewakili yaitu 7 x 21 m, dimana direncanakan bukaan terbesar ini untuk pencahayaan atau untuk kegunaan lainnya yang membutuhkan bukaan void yang besar.

Bagan Alir Metode Penelitian

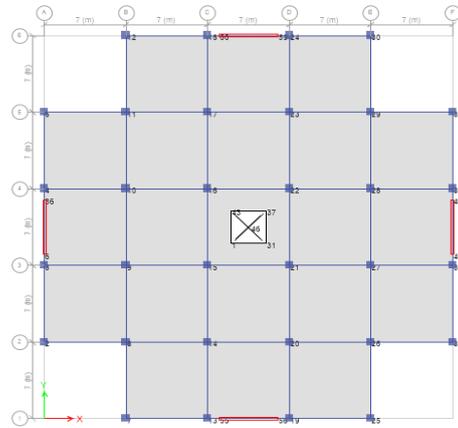


Gambar 5. Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

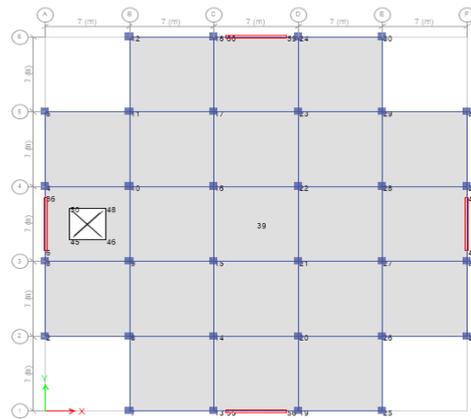
Variasi Penempatan Void

Model 1



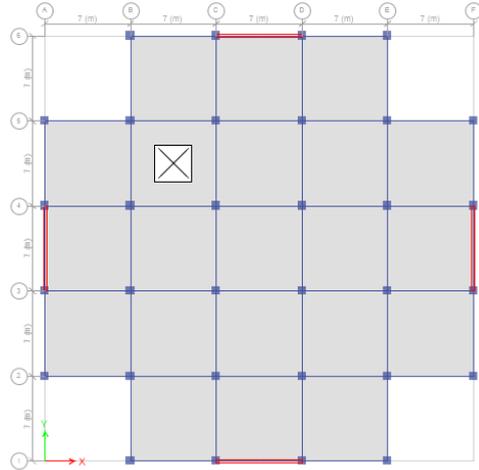
Gambar 6. Denah Struktur Model 1

Model 2



Gambar 7. Denah Struktur Model 2

Model 3



Gambar 8. Denah Struktur Model 3

Simpangan Tiap Tingkat

Tabel 1. Nilai Simpangan Tiap Tingkat pada Struktur Model 1

Story	Elevation	RQx		RQy	
		X-dir	Y-dir	X-dir	Y-dir
		m	mm	mm	mm
Story10	40	39.352	11.805	11.805	39.352
Story9	36	35.363	10.608	10.608	35.363
Story8	32	31.166	9.349	9.349	31.166
Story7	28	26.815	8.044	8.044	26.815
Story6	24	22.384	6.715	6.715	22.384
Story5	20	17.977	5.393	5.393	17.977
Story4	16	13.703	4.111	4.111	13.703
Story3	12	9.691	2.907	2.907	9.691
Story2	8	5.994	1.798	1.798	5.994
Story1	4	2.657	0.797	0.797	2.657
Base	0	1.811	0.542	0.542	1.811

Tabel 2. Nilai Perpindahan Joint pada struktur model 1 akibat gaya gempa Arah X

Titik (Joint)	Perpindahan		Selisih	
	X	Y	X	Y
	mm	mm	mm	mm
A	11.805	39.349	0	0
B	11.805	39.349		
C	11.805	39.349		
D	11.805	39.349		
E	11.805	39.349		
F	11.805	39.349		
G	11.805	39.349		
H	11.805	39.349		

Tabel 3. Nilai Perpindahan Joint pada struktur model 1 akibat gaya gempa Arah Y

Titik (Joint)	Perpindahan		Selisih	
	X	Y	X	Y
	mm	mm	mm	mm
a	39.349	11.805	0	0
b	39.349	11.805		
c	39.349	11.805		
d	39.349	11.805		
e	39.349	11.805		
f	39.349	11.805		
g	39.349	11.805		
h	39.349	11.805		

Tabel 4. Nilai Simpangan Tiap Tingkat pada Struktur Model 2

Story	Elevation	RQx		RQy	
		X-dir	Y-dir	X-dir	Y-dir
		m	mm	mm	Mm
Story10	40	39.352	11.834	11.806	39.446
Story9	36	35.363	10.634	10.609	35.448
Story8	32	31.166	9.372	9.35	31.242
Story7	28	26.815	8.064	8.045	26.881
Story6	24	22.384	6.732	6.715	22.44
Story5	20	17.977	5.407	5.393	18.023
Story4	16	13.703	4.122	4.111	13.74
Story3	12	9.691	2.916	2.908	9.718
Story2	8	5.994	1.804	1.798	6.013
Story1	4	2.657	0.8	0.797	2.668
Base	0	1.811	0.542	0.544	1.804

Tabel 5. Nilai Perpindahan Joint pada struktur model 2 akibat gaya gempa Arah X

Titik (Joint)	Perpindahan		Selisih	
	X	Y	X	Y
	mm	mm	mm	mm
a	39.352	11.777	0	0.057
b	39.352	11.777		
c	39.352	11.788		
d	39.352	11.788		
e	39.352	11.822		
f	39.352	11.822		
g	39.352	11.834		
h	39.352	11.834		

Tabel 6. Nilai Perpindahan Joint pada struktur model 2 akibat gaya gempa Arah Y

Titik (Joint)	Perpindahan		Selisih	
	X	Y	X	Y
	mm	mm	mm	mm
a	39.318	11.79	0.102	0.03
b	39.318	11.79		
c	39.298	11.796		
d	39.4	11.796		
e	39.298	11.814		
f	39.4	11.814		
g	39.318	11.82		
h	39.379	11.82		

Tabel 7. Nilai Simpangan Tiap Tingkat pada Struktur Model 3

	Elevation	RQx		RQy	
		X-dir	Y-dir	X-dir	Y-dir
		m	mm	mm	mm
Story10	40	39.4	11.82	11.82	39.4
Story9	36	35.406	10.622	10.622	35.406
Story8	32	31.205	9.361	9.361	31.205
Story7	28	26.848	8.055	8.055	26.848
Story6	24	22.413	6.724	6.724	22.413
Story5	20	18.001	5.4	5.4	18.001
Story4	16	13.722	4.117	4.117	13.722
Story3	12	9.705	2.912	2.912	9.705
Story2	8	6.004	1.801	1.801	6.004
Story1	4	2.663	0.799	0.799	2.663
Base	0	1.803	0.542	0.542	1.803

Tabel 8. Nilai Perpindahan Joint pada struktur model 3 akibat gaya gempa Arah X

Titik (Joint)	Perpindahan		Selisih	
	X	Y	X	Y
	mm	mm	mm	mm
a	11.806	39.256	0	0.19
b	11.806	39.256		
c	11.806	39.294		
d	11.806	39.294		
e	11.806	39.408		
f	11.806	39.408		
g	11.806	39.446		
h	11.806	39.446		

Tabel 9. Nilai Perpindahan Joint pada Struktur Model 3 akibat gaya gempa Arah Y

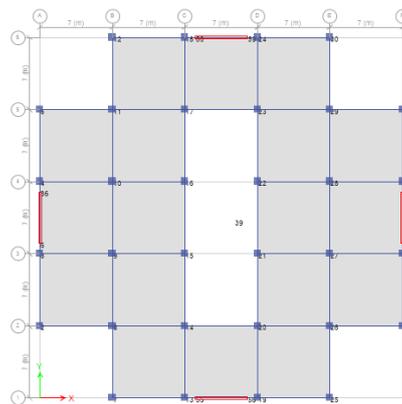
Titik (Joint)	Perpindahan		Selisih	
	X	Y	X	Y
	mm	mm	mm	mm
a	11.796	39.298	0.024	0.102
b	11.814	39.298		
c	11.79	39.318		
d	11.82	39.318		
e	11.79	39.379		
f	11.82	39.379		
g	11.796	39.4		
h	11.814	39.4		

Dari hasil yang diperoleh maka jika dibandingkan setiap model, model 1 dapat dilihat memberikan perubahan simpangan yang lebih besar akibat gaya gempa arah X dan gaya gempa arah Y, yang memberikan nilai simpangan lebih besar yaitu akibat gaya gempa arah X dari 39,352 mm menjadi 39,4 mm untuk arah x dan untuk arah y dari 11,805 mm menjadi 11,82 mm .

Dibandingkan dengan model-model sebelumnya model 3 memperlihatkan bahwa perpindahan pada dua sisi telah terlihat dibandingkan dengan model-model sebelumnya,, dimana model sebelumnya titik berat hanya berpindah pada satu arah sedangkan model 3 sudah berpindah pada dua arah, dan perpindahan terbesar terjadi pada model 3, karena model 3 membuat titik berat arah x berpindah lebih besar dari model-model sebelumnya.

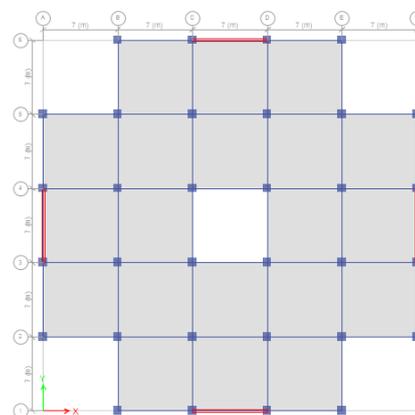
Tinjauan selanjutnya yaitu terhadap perpindahan titik-titik pada struktur akibat gaya gempa yang ada. Jika kita lihat pada titik-titik yang telah ditentukan, perpindahan yang terjadi yaitu yang paling besar terlihat pada model 3, pada sumbu x akibat kedua arah gaya gempa yakni sebesar 0,102 mm. Hal ini memperlihatkan bahwa perpindahan struktur antar titik mengalami perpindahan yang cukup besar dibandingkan dengan model-model sebelumnya. Namun perpindahan untuk arah y tetap ada hanya lebih kecil dibanding arah x. Untuk model 2 dan 3 ini memperlihatkan adanya efek torsional struktur karena perpindahan titik yang tidak seragam.

Variasi Luasan Void Model 4



Gambar 4. Denah Struktur Model 4

Model 5



Gambar 5 Denah Struktur Model 5

Tabel 10. Nilai Simpangan TiapTingkat pada Struktur Model 4

Story	Elevation	RQx		RQy	
		X-dir	Y-dir	X-dir	Y-dir
	m	mm	mm	mm	mm
Story10	40	39.059	11.718	11.718	39.059
Story9	36	35.093	10.528	10.528	35.093
Story8	32	30.92	9.276	9.276	30.92
Story7	28	26.596	7.979	7.979	26.596
Story6	24	22.196	6.659	6.659	22.196
Story5	20	17.82	5.346	5.346	17.82
Story4	16	13.579	4.074	4.074	13.579
Story3	12	9.6	2.88	2.88	9.6
Story2	8	5.934	1.78	1.78	5.934
Story1	4	2.628	0.788	0.788	2.628
Base	0	1.789	0.538	0.538	1.789

Tabel 11. Nilai Perpindahan Joint pada Struktur Model 4 akibat gaya gempa Arah X

Titik (Joint)	Perpindahan		Selisih	
	X	Y	X	Y
	mm	mm	mm	mm
A	39.059	11.718	0	0
B	39.059	11.718		
C	39.059	11.718		
D	39.059	11.718		
E	39.059	11.718		
F	39.059	11.718		
G	39.059	11.718		
H	39.059	11.718		

Tabel 12. Nilai Perpindahan Joint pada Struktur Model 4 akibat gaya gempa Arah X

Titik (Joint)	Perpindahan		Selisih	
	X	Y	X	Y
	mm	mm	mm	mm
a	11.718	39.059	0	0
b	11.718	39.059		
c	11.718	39.059		
d	11.718	39.059		
e	11.718	39.059		
f	11.718	39.059		
g	11.718	39.059		
h	11.718	39.059		

Tabel 13. Nilai Simpangan Tiap Tingkat pada Struktur Model 5

Story	Elevation	RQx		RQy	
		X-dir	Y-dir	X-dir	Y-dir
	m	mm	mm	mm	mm
Story10	40	38.411	11.488	11.523	38.292
Story9	36	34.488	10.323	10.346	34.409
Story8	32	30.352	9.09	9.106	30.3
Story7	28	26.078	7.816	7.823	26.055
Story6	24	21.737	6.522	6.521	21.74
Story5	20	17.43	5.238	5.229	17.459
Story4	16	13.264	3.994	3.979	13.312
Story3	12	9.364	2.83	2.809	9.435
Story2	8	5.786	1.761	1.736	5.869
Story1	4	2.554	0.814	0.766	2.714
Base	0	1.765	0.528	0.532	1.756

Tabel 14. Nilai Perpindahan Joint pada Struktur Model 5 akibat gaya gempa Arah X

Titik (Joint)	Perpindahan		Selisih	
	X	Y	X	Y
	mm	mm	mm	mm
a	38.41	11.488	0.005	0.029
b	38.407	11.488		
c	38.411	11.482		
d	38.406	11.482		
e	38.411	11.465		
f	38.406	11.465		
g	38.41	11.459		
h	38.407	11.459		

Tabel 15. Nilai Perpindahan Joint pada struktur model 5 akibat gaya gempa Arah Y

Titik (Joint)	Perpindahan		Selisih	
	X	Y	X	Y
	mm	mm	mm	mm
a	11.523	38.292	0.001	0.096
b	11.522	38.292		
c	11.523	38.273		
d	11.522	38.273		
e	11.523	38.215		
f	11.522	38.215		
g	11.523	38.196		
h	11.522	38.196		

Pada struktur model antara 4 dan 5 dapat dilihat bahwa struktur model 5 mengalami simpangan yang lebih kecil dari model-model yang lainnya. Hal ini terjadi karena perubahan denah struktur yang dapat membuat massa struktur lebih berkurang, dan bukaan yang besar yang hampir mendekati 50% dari luasan lantai pada struktur ini.

Tinjauan selanjutnya yaitu pada titik-titik tinjauan untuk model 4 dan 5, untuk mengetahui perpindahan yang akan terjadi. Dapat dilihat bahwa terjadi selisih perpindahan pada setiap arah dengan nilai selisih yaitu, akibat gaya gempa arah X sebesar 0,005 mm untuk arah X, dan 0,029 untuk arah Y. Akibat gaya gempa arah Y nilai selisih perpindahan sebesar 0,001 mm untuk arah X dan 0,096 mm untuk arah Y. Hal ini memperlihatkan bahwa struktur mengalami efek torsional yang membuat setiap sisi mengalami selisih perpindahan.

Evaluasi dan Kontrol

Periode

Tabel 16. Kontrol Periode Struktur

Model	Tmaks	T	Ket.
	(detik)	(detik)	
1	1.4	1.356	OK
2	1.4	1.356	OK
3	1.4	1.356	OK
4	1.4	1.347	OK
5	1.4	1.326	OK

Simpangan

Tabel 17. Kontrol Simpangan Struktur

Model	Δmaks	Δ	Ket.
	(mm)	(mm)	
1	80	39.352	OK
2	80	39.446	OK
3	80	39.4	OK
4	80	39.059	OK
5	80	38.411	OK

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan, dapat diambil beberapa kesimpulan:

- Semua model yang telah diteliti memberikan hasil yang memenuhi semua syarat atau sesuai kriteria struktur bangunan terhadap pembebanan lateralnya.
- Penempatan void sebaiknya dekat dengan pusat massa dan pusat kekakuan struktur untuk mengurangi efek torsional yang terjadi.
- Luasan void memberikan pengaruh yang lebih terlihat pada simpangan struktur. Semakin besar void semakin kecil simpangan.
- Luasan void juga mempengaruhi ragam gerak struktur. Semakin besar void semakin kecil periodenya. Hal ini memperlihatkan bahwa pada penelitian ini, model 5 adalah model

memiliki simpangan dan periode paling kecil dibanding model-model sebelumnya.

Saran

Dalam penelitian ini terdapat beberapa hal yang disarankan yaitu:

- Dalam suatu perencanaan bangunan, untuk void atau bukaannya lebih baik direncanakan diawal, karena berdasarkan hasil penelitian ini, jika void direncanakan setelah struktur bangunan sudah dibuat, maka akan mempengaruhi ragam gerak struktur, yaitu simpangan atau torsional strukturnya.
- Dapat dilakukan penelitian lainnya, dengan menggunakan variasi model penempatan dan luasan void yang berbeda, dan juga variasi dinding geser, pada struktur bangunan lain misalnya yang tidak simetris atau struktur yang tidak kaku.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional, 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan non Gedung (SNI 1726-2012)*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, 2013. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2013)*. Jakarta.
- Dewayanti, O., Ellen J. Kumaat, Servie O. Dapas, Reky S. Windah, 2013. *Perhitungan Simpangan Struktur Bangunan Bertingkat (Studi Komparasi Model Pembalokan Arah Radial dan Grid)*, Jurnal Sipil Statik Vol.1 No.11, Oktober 2013 (689-695) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Kalalo, Gladys H., Ruddy Tenda, Servie O. Dapas, 2014. *Pengaruh Eksentrisitas Pusat Massa Bangunan Beton Bertulang terhadap Respons Struktur Akibat Beban Gempa*, Jurnal Sipil Statik Vol.2 No.6, September 2014 (292-300) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- LumbanBatu, Mikael, Servie O. Dapas, Steenie E. Wallah, 2016. *Efisiensi Penggunaan Dinding Geser untuk Mereduksi Efek Torsi pada Bangunan yang Tidak Beraturan*. Jurnal Sipil Statik Vol.4 No.1, ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Pamungkas, A., Harianti, E., 2009. *Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa : Sesuai SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-2847-2002 dengan Bantuan Program ETABS V 9.0.7*. ITS Press, Surabaya.
- Rumimper, B. A. E., Steenie E. Wallah, Reky S. Windah, Servie O. Dapas, 2013. *Perhitungan Inter Story Drift pada Bangunan Tanpa Set-back dan dengan Set-back Akibat Gempa*, Jurnal Sipil Statik Vol.1 No.6, Mei 2013 (408-414) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.

Runtu, F. I., Manalip, H., Kumaat, E. J. 2015. *Penempatan Dinding Geser pada Bangunan Beton Bertulang dengan Analisa Pushover* Jurnal Ilmiah Media Engineering Vol.5 No.1, ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi Manado

Schodek, Daniel. L., 1998. *Struktur*, Aditama, Jakarta.

Suyono, Nt. 2007. *Rangkuman Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983*.

Turambi, C. N. B., Steenie E. Wallah, Servie O. Dapas, 2016. *Evaluasi Penggunaan Dinding Geser Pada Bangunan Ruko (Studi Kasus: RUKO HASH INN)* Jurnal Sipil Statik Vol.4 No.9, ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi Manado.