

STUDI PERBANDINGAN RESPONS DINAMIK BANGUNAN BERTINGKAT BANYAK DENGAN VARIASI TATA LETAK DINDING GESER

Braien Octavianus Majore
Steenie E. Wallah, Servie O. Dapas

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado
Email: octavmajor.braien@gmail.com

ABSTRAK

Bangunan bertingkat banyak adalah salah satu solusi pembangunan terhadap kurangnya lahan. Pada bangunan bertingkat banyak, terdapat beberapa jenis sistem struktur yang bertujuan untuk meningkatkan kekakuan lateral dalam menahan beban gempa, salah satunya adalah kombinasi antara rangka kaku dan dinding geser. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi tata letak dinding geser terhadap nilai simpangan horisontal yang terjadi akibat beban gempa. Dinding geser diposisikan bervariasi pada daerah inti bangunan dan pada daerah bagian luar bangunan.

Struktur dianalisa secara tiga dimensi menggunakan software ETABS, dengan pemodelan berupa bangunan bertingkat banyak beton bertulang dengan denah 30 m x 30 m, struktur 25 tingkat, dengan tinggi 4 meter untuk tiap lantainya. Struktur dibuat menjadi 9 model, Model A hingga Model I, dengan penempatan shearwall yang berbeda-beda untuk tiap modelnya.

Dari analisa struktur yang dilakukan pada ETABS, dihasilkan nilai simpangan horisontal maksimum akibat beban gempa statis dan beban gempa dinamis, yaitu: Model A 122,4 mm dan 62,4 mm, Model B 268,9 mm dan 120,9 mm, Model C 262,3 mm dan 118,1 mm, Model D 261,5 mm dan 118,2 mm, Model E 268,1 mm dan 120,7 mm, Model F 298,1 mm dan 135,6 mm, Model G 121,6 mm dan 60,9 mm, Model H 141 mm dan 70,5 mm, Model I 1168,6 mm dan 736,5 mm. Dapat disimpulkan bahwa struktur dengan dinding geser yang ditempatkan pada daerah pusat massa bangunan menghasilkan nilai simpangan horisontal yang lebih kecil daripada struktur dengan dinding geser yang ditempatkan pada daerah bagian luar denah struktur.

Kata kunci: *bangunan bertingkat, beban gempa, dinding geser, simpangan, ETABS.*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Bangunan bertingkat banyak adalah salah satu solusi dimana pembangunan yang biasanya memanfaatkan lahan yang luas untuk suatu fungsi tertentu, misalnya untuk pemukiman, tidak lagi efektif seiring semakin berkurangnya lahan untuk pembangunan. Bangunan bertingkat banyak yang dibangun sebagai tempat tinggal, perkantoran, dan fungsi-fungsi lainnya, lebih fokus terhadap orientasi pembangunan secara vertikal daripada horisontal. Hal tersebut yang membuat bangunan bertingkat banyak memiliki keunggulan, salah satunya yaitu lebih efisien dalam pemanfaatan lahan.

Selain memiliki keunggulan efisiensi lahan, bangunan bertingkat banyak haruslah dirancang untuk dapat menahan beban lateral seperti angin dan gempa. Gempa adalah beban dinamis yang besar dan arahnya berubah-ubah berdasarkan

waktu. Saat adanya beban lateral dinamis seperti gempa dan angin, bangunan bertingkat banyak atau gedung ini akan bergoyang dengan nilai terbesar berada pada puncak atau ujung bangunan.

Oleh karena itu, bangunan bertingkat banyak dibangun dengan sistem portal kaku atau rigid frame. Sistem portal kaku ini digunakan untuk meredam goyangan pada bangunan akibat beban lateral. Namun sistem ini hanya efektif untuk bangunan bertingkat kurang dari 20 lantai. Untuk perencanaan lebih dari itu, maka portal harus diperkaku, salah satunya dengan menggunakan dinding geser atau shearwalls. Juwana (2005), shearwalls didefinisikan sebagai komponen struktur vertikal yang relatif sangat kaku, untuk menahan beban lateral, dan juga dapat berfungsi sebagai penahan beban (bearing wall). Pada bangunan tinggi sering digunakan kombinasi antara portal penahan momen atau portal kaku dengan dinding geser, terutama pada bangunan

tinggi yang dibangun di daerah yang terkena pengaruh gempa. Penempatan dinding geser dapat dilakukan pada sisi luar bangunan (framewalls) atau pada pusat bangunan. Dinding geser yang ditempatkan pada pusat bangunan inilah yang biasa disebut dengan inti struktural atau structural core.

Dengan adanya variabel tata letak dinding geser ini, dapat memberikan kontribusi yang berbeda terhadap kekakuan bangunan, dalam hal ini untuk menahan gaya lateral. Dinding geser yang ditempatkan di sisi luar suatu bangunan dapat menahan gaya lateral lebih besar daripada dinding geser yang ditempatkan di bagian dalam bangunan sebagai inti bangunan, ataupun sebaliknya.

Rumusan Masalah

Dengan adanya latar belakang di atas mengenai masalah tata letak dinding geser, maka akan diteliti lebih lanjut mengenai besar simpangan yang terjadi akibat adanya variasi terhadap tata letak dinding geser. Variasi tata letak yang akan diteliti adalah dinding geser yang ditempatkan di sisi bagian luar bangunan (jauh dari pusat massa) dan dinding geser sebagai structural core yaitu letak dinding geser di wilayah inti suatu bangunan (inti struktural).

Pembatasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. Bangunan yang akan diteliti adalah bangunan beton bertulang berbentuk persegi dengan panjang sisi masing-masing sebesar 30 meter dengan tinggi tiap lantai 4 meter, sebanyak 25 lantai.
- b. Analisa akan dilakukan dilakukan pada struktur dengan penempatan *shearwall* pada sisi bagian luar bangunan dan *shearwall* pada inti bangunan.
- c. Pemodelan dan analisa struktur menggunakan *software* ETABS dan ditinjau secara tiga dimensi.
- d. Menggunakan beban akibat gempa sebagai beban dinamis.
- e. Menggunakan analisa gempa dinamis yaitu *Response Spectrum*, dan sebagai perbandingan, digunakan metode *Equivalent Lateral Load (ELF)* sebagai analisa gempa statis.
- f. Menggunakan data-data gempa untuk wilayah Manado, dengan kelas situs SD (tanah sedang), kategori desain seismik D.

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan simpangan horisontal yang terjadi akibat beban gempa pada struktur yang menggunakan *shearwall* pada sisi bagian luar bangunan dan *shearwall* pada inti bangunan.

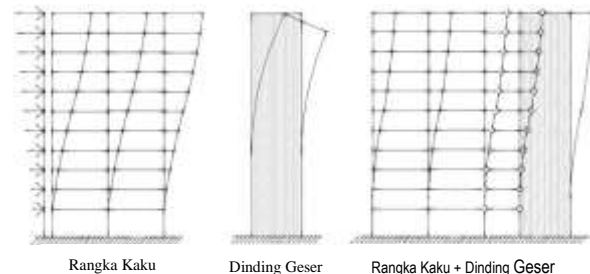
Manfaat Penulisan

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan informasi berapa besar kontribusi yang diberikan inti struktural atau *structural core* terhadap kekuatan dan daya tahan bangunan ketika diberikan beban lateral berupa beban akibat gempa, dengan membandingkan struktur dengan penempatan *shearwall* pada sisi bagian luar bangunan dan *shearwall* pada inti bangunan.

LANDASAN TEORI

Sistem Struktur

Sistem struktur dibagi menjadi dua bagian yaitu sistem vertikal dan sistem horisontal. Sistem vertikal mencakup sistem struktur lateral yang dapat meningkatkan nilai kekakuan dan kekuatan komponen vertikal. Sedangkan sistem horisontal mencakup pengaku-pengaku horisontal atau *horizontal bracing* berupa lantai dan sistem *deck framing* yang biasa disebut dengan diafragma horisontal. Untuk meningkatkan kekakuan lateral, sistem struktur dasar dapat dimulai dari kolom kantilever (*cantilever column*), rangka tanpa pengaku (*unbraced frame*), rangka pengaku (*braced frame*), rangka dengan pengisi (*infilled frame*), dinding struktural (*structural wall*), dan inti struktural (*structural core*). Sistem penahan bebas lateral antara lain: rangka penahan momen (*Momen-Resisting Frames*), rangka pengaku (*Braced Frames*), dinding struktural, *Hybrid System* dan *Tube System*.



Gambar 1. Kombinasi Rangka Kaku (*Rigid Frame*) dan Dinding Geser (*Shearwall*)

Dalam SNI 1726:2012 telah ditentukan sistem dan sub-sistem dari struktur gedung:

1. Sistem Dinding Penumpu
Sistem struktur yang tidak memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, yang beban gravitasinya dipikul oleh dinding penumpu dan sistem bresing, sedangkan beban lateral akibat gaya gempa dipikul oleh dinding geser atau rangka bresing.
2. Sistem Ganda
Sistem struktur dengan rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul oleh sistem rangka pemikul momen dan dinding geser ataupun oleh rangka pemikul momen dan rangka bresing.
3. Sistem Interaksi Dinding Geser dan Rangka
Sistem struktur yang menggunakan kombinasi dinding geser dan sistem rangka beton bertulang biasa.
4. Sistem Kolom Kantilever
Sistem struktur menahan gaya gempa, di mana gaya lateral yang diakibatkan oleh gempa disalurkan ke kolom yang berperilaku sebagai kolom kantilever yang terjepit di bagian dasar gedung.
5. Sistem Rangka Gedung
Sistem struktur dengan rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul dinding geser ataupun oleh rangka bresing.
6. Sistem Rangka Pemikul Momen
Sistem ini terbagi menjadi 3, yaitu SRPMB (Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa), SRPMM (Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah), dan SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus).
7. Struktur Tipe Bandul Terbalik
Suatu struktur kantilever langsing yang lebih dari 50 persen massanya terpusat di puncak struktur, dan stabilitas puncak strukturnya ditentukan oleh kekangan rotasi terhadap puncak elemen kantilever.

Dinding Geser / Shear Wall

Dinding geser berfungsi menahan beban lateral yang disebabkan oleh angin maupun oleh beban akibat gempa. Sejalan dengan hal tersebut, dinding geser pada suatu bangunan tidak boleh mengalami suatu keruntuhan.

Sistem dinding geser digunakan untuk meningkatkan kekakuan dari bangunan bertingkat banyak, dalam hal ini bangunan yang

memiliki lebih dari 20 lantai. Untuk bangunan beton bertulang di bawah 20 lantai umumnya menggunakan sistem portal kaku atau *rigid frame*. Lebih dari itu, haruslah digunakan dinding geser sebagai elemen pengaku.

Portal kaku dapat menahan hampir semua beban lateral di bagian atas bangunan, sedangkan dinding geser menahan sebagian besar beban lateral pada bagian bawah bangunan. Dengan menggabungkan kedua elemen struktur ini, diharapkan mampu meningkatkan kemampuan dari keseluruhan bangunan untuk menahan beban lateral.

Schueller (1977) menjelaskan dinding geser atau *shearwall* dapat dibangun pada sisi luar bangunan maupun sisi dalam bangunan, tanpa adanya batasan geometris dari dinding geser itu sendiri. Sistem dinding geser dibagi menjadi dua bagian, yaitu sistem terbuka dan sistem tertutup. Dinding geser ini, di sisi luar bangunan ataupun dalam bangunan, dapat diposisikan secara simetris maupun tak simetris.

Berdasarkan letak dan fungsinya, dinding geser dibagi menjadi 3 jenis, yaitu:

1. Bearing Walls

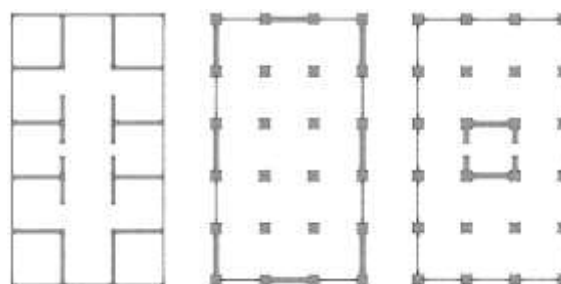
Bearing walls adalah dinding geser yang juga mendukung sebagian besar dari beban gravitasi.

2. Frame Walls

Frame walls adalah dinding geser yang menahan beban lateral, dimana beban gravitasi berasal dari *frame* beton bertulang.

3. Core Walls

Core walls adalah dinding geser yang terletak di wilayah dalam gedung dan biasanya digunakan untuk transportasi vertikal.



(a) *Bearing Walls*

(b) *Frame Walls*

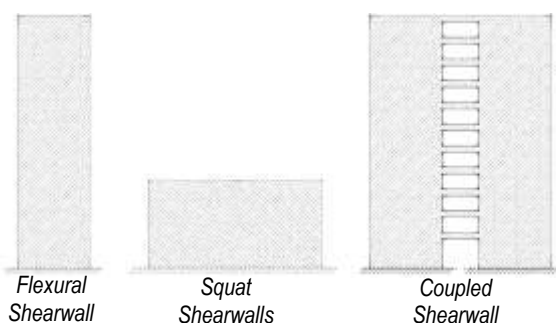
(c) *Core Walls*

Gambar 2. Jenis *Shearwall* Berdasarkan Letak dan Fungsinya

Dinding geser juga dapat diklasifikasikan berdasarkan geometrinya, yaitu:

1. *Flexural Wall* (Dinding Langsing), yaitu dinding geser yang memiliki rasio $h_w/l_w > 2$ dan desainnya dikontrol oleh perilaku lentur.
2. *Squat Wall* (Dinding Pendek), yaitu dinding geser yang memiliki rasio $h_w/l_w < 2$ dan desainnya dikontrol oleh perilaku geser.
3. *Coupled Shearwall* (Dinding Berangkai), dimana momen guling yang terjadi akibat beban gempa ditahan oleh sepasang dinding, yang dihubungkan oleh balok-balok perangkai, sebagai gaya-gaya tarik dan tekan yang bekerja pada masing-masing dasar pasangan dinding tersebut.

4.



Gambar 3.. Jenis *Shearwall* Berdasarkan Geometrinya

Struktur Beton Bertulang

Beton bertulang adalah salah satu bahan konstruksi yang sangat penting. Beton bertulang ini digunakan di hampir semua struktur.

Beton memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihan tersebut antara lain, yaitu:

1. Beton adalah material yang mempunyai kuat tekan yang relatif tinggi apabila dibandingkan dengan material konstruksi yang lain.
2. Beton memiliki daya tahan terhadap api dan air, bahkan menjadi material struktur bangunan terbaik untuk bangunan yang bersentuhan langsung dengan air. Dalam peristiwa kebakaran dengan intensitas rata-rata, struktur beton dengan ketebalan selimut beton yang memadai sebagai pelindung tulangan hanya mengalami kerusakan pada permukaan beton tanpa mengalami keruntuhan.
3. Beton tidak memerlukan biaya perawatan yang besar.
4. Beton memiliki usia layan yang sangat panjang apabila dibandingkan dengan material konstruksi yang lain.

5. Beton dapat dicetak menjadi bentuk yang beranekaragam.
6. Di tempat-tempat tertentu, beton terbuat dari bahan-bahan lokal yang relatif murah seperti pasir, kerikil, dan air, dan relatif hanya membutuhkan sedikit semen dan material baja.
7. Keahlian buruh yang dibutuhkan untuk membangun konstruksi beton relatif lebih rendah dibandingkan dengan bahan lain seperti struktur baja.

Selain memiliki kelebihan-kelebihan tersebut, beton juga memiliki beberapa kekurangan, yaitu:

1. Beton memiliki kuat tarik yang relatif sangat.
2. Dalam pembuatan beton, dibutuhkan bekisting untuk menjaga pembentukan beton sampai beton tersebut mengeras.
3. Rendahnya kekuatan per satuan berat beton mengakibatkan beton menjadi berat.

Perancangan Ketahanan Gempa

Gempa yang dalam hal ini gempa bumi adalah suatu fenomena alam yang terjadi berupa getaran yang disebabkan oleh aktifitas vulkanik maupun tektonik yang berasal dari kerak bumi.

Gempa ini merambat dalam bentuk gelombang. Gelombang ini yang apabila sampai ke permukaan bumi, menyebabkan terjadinya getaran yang berpengaruh pada bangunan yang ada di permukaan. Hal inilah yang akan menimbulkan gaya-gaya yang bekerja pada struktur bangunan karena struktur lebih cenderung memiliki sifat mempertahankan diri dari gerakan, Schodek (1999).

Berdasarkan UBC 1997, tujuan dari desain bangunan tahan gempa adalah mencegah terjadinya kegagalan struktur dan terjadinya korban jiwa, dengan 3 kriteria standar yaitu:

- a. Tidak terjadi kerusakan sama sekali pada gempa ringan.
- b. Ketika terjadi gempa sedang, diizinkan terjadi kerusakan arsitektural tanpa adanya kerusakan struktural.
- c. Diizinkan terjadinya kerusakan struktural maupun non-struktural pada gempa kuat, namun kerusakan yang terjadi tidak sampai menyebabkan bangunan runtuh.

Wilayah Gempa dan Spektrum Respons

Parameter S_s (percepatan batuan dasar pada periode pendek) dan S_1 (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik) harus ditetapkan masing-masing dari respons spektral percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik

dengan kemungkinan 2 persen terlampaui dalam 50 tahun (MCE_R , 2 persen dalam 50 tahun), dan dinyatakan dalam bilangan desimal terhadap percepatan gravitasi. Bila $S_1 < 0,04g$ dan $S_s < 0,15g$, maka struktur bangunan boleh dimasukkan ke dalam kategori desain seismik A, dan cukup memenuhi persyaratan dalam kategori desain seismik A.

Berdasarkan sifat-sifat tanah pada situs, maka situs harus diklasifikasi sebagai kelas situs SA, SB, SC, SD, SE, atau SF. Bila sifat-sifat tanah tidak teridentifikasi secara jelas sehingga tidak bisa ditentukan kelas situs-nya, maka kelas situs SE dapat digunakan kecuali jika pemerintah/dinas yang berwenang memiliki data geoteknik yang dapat menentukan kelas situs SF.

Untuk penentuan respons spektral percepatan gempa MCE_R di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik pada periode 0,2 detik dan periode 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek (F_a) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik (F_v). Parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan periode 1 detik (S_{M1}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan berikut ini:

$$S_{MS} = F_a S_s$$

$$S_{M1} = F_v S_1$$

Keterangan:

S_s = parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode pendek;

S_1 = parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode 1,0 detik

Bila spektrum respons desain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifik-situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respons desain harus dikembangkan dengan mengacu Gambar 2.1 dan mengikuti ketentuan di bawah ini:

1. Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respons percepatan desain, S_a , harus diambil dari persamaan;

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

2. Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , spektrum respons percepatan

desain, S_a , sama dengan S_{DS} ;

3. Untuk periode lebih besar dari T_s , spektrum respons percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan persamaan:

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

Keterangan:

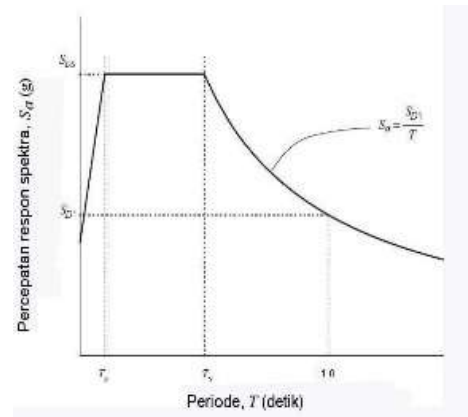
S_{DS} = parameter respons spektral percepatan desain pada periode pendek;

S_{D1} = parameter respons spektral percepatan desain pada periode 1 detik;

T = periode getar fundamental struktur.

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

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



Gambar 4. Spectrum Response Desain

Struktur harus ditetapkan memiliki suatu kategori desain seismik yang mengikuti pasal ini. Struktur dengan kategori risiko I, II, atau III yang berlokasi di mana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada periode 1 detik, S_1 , lebih besar dari atau sama dengan 0,75 harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik E. Struktur yang berkategori risiko IV yang berlokasi di mana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada periode 1 detik, S_1 , lebih besar dari atau sama dengan 0,75, harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik F. Semua struktur lainnya harus ditetapkan kategori desain seismik-nya berdasarkan kategori risikonya dan parameter respons spektral percepatan desainnya, S_{DS} dan S_{D1} . Masing-masing bangunan dan struktur harus ditetapkan ke dalam kategori desain seismik yang lebih parah, dengan mengacu pada Tabel 2.6 atau 2.7, terlepas dari nilai periode fundamental getaran struktur, T .

Apabila S_1 lebih kecil dari 0,75, kategori

desain seismik diijinkan untuk ditentukan sesuai Tabel 5. saja, di mana berlaku semua ketentuan di bawah:

1. Pada masing-masing dua arah ortogonal, perkiraan perioda fundamental struktur, T_a adalah kurang dari $0,8T_s$,
2. Pada masing-masing dua arah ortogonal, perioda fundamental struktur yang digunakan untuk menghitung simpangan antar lantai adalah kurang dari T_s ;
3. Diafragma struktural adalah kaku, dan untuk diafragma yang fleksibel, jarak antara elemen-elemen vertikal penahan gaya gempa tidak melebihi 12 m

Tabel 5. Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Perioda Pendek

Nilai S_{DS}	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Tabel 6. Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Perioda 1 detik

Nilai S_{D1}	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

Kriteria Pemodelan

Berat seismik efektif struktur, W , harus menyertakan seluruh beban mati dan beban lainnya yang terdaftar di bawah ini:

1. Dalam daerah yang digunakan untuk penyimpanan: minimum sebesar 25 persen beban hidup lantai (beban hidup lantai di garasi publik dan struktur parkir terbuka, serta beban penyimpanan yang tidak melebihi 5 persen dari berat seismik efektif pada suatu lantai, tidak perlu disertakan);
2. Jika ketentuan untuk partisi disyaratkan dalam desain beban lantai: diambil sebagai yang terbesar di antara berat partisi aktual atau berat daerah lantai minimum sebesar $0,48 \text{ kN/m}^2$;
3. Berat operasional total dari peralatan yang

permanen;

4. Berat lansekap dan beban lainnya pada taman atap dan luasan sejenis lainnya.

SNI 1726:2012 pasal 7.7.3 menyatakan, model matematika struktur harus dibuat untuk tujuan penentuan gaya elemen struktur dan perpindahan struktur yang dihasilkan dari beban yang diterapkan dan semua perpindahan yang dikenakan atau pengaruh P-delta. Model harus menyertakan kekakuan dan kekuatan elemen yang signifikan terhadap distribusi gaya dan deformasi dalam struktur dan merepresentasikan distribusi massa dan kekakuan secara spasial pada seluruh struktur.

Sebagai tambahan, model tersebut harus sesuai dengan hal berikut ini:

- a. Properti kekakuan elemen beton dan bata harus memperhitungkan pengaruh penampang retak;
- b. Untuk sistem rangka baja pemikul momen, kontribusi deformasi daerah panel pada simpangan antar lantai tingkat keseluruhan harus disertakan.

Mengacu pada SNI 1726:2012 pasal 7.7.3 tentang pengaruh penampang retak, SNI 2847:2013 pasal 10.10.4.1 menyatakan tentang properti yang boleh digunakan untuk komponen struktur dalam suatu struktur, yaitu:

- a. Modulus Elastisitas, E_c
- b. Momen Inersia, I
 - Komponen Struktur Tekan
 - Kolom : $0,70I_g$
 - Dinding
 - Tak Retak : $0,70I_g$
 - Retak : $0,35I_g$
 - Komponen Struktur Lentur
 - Balok : $0,35I_g$
 - Pelat Datar dan Slab Datar : $0,25I_g$
- c. Luas, A : $1,0A_g$

Prosedur Gaya Lateral Ekuivalen

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

$$V = C_s \cdot W$$

Keterangan:

- C_s = Koefisien respons seismik
- W = Berat seismik efektif

Nilai Koefisien Respons Seismik (C_s) ditentukan berdasarkan persamaan berikut:

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

Keterangan:

S_{DS} = Parameter percepatan respons spektral pada perioda pendek, redaman 5 persen.

R = Koefisien modifikasi respons

I_e = Faktor keutamaan gedung dan non-gedung

Untuk membatasi nilai Koefisien Respons Seismik (C_s), harus ditentukan nilai maksimum dan minimum dari Koefisien Respons Seismik (C_s). Oleh karena itu, nilai C_s tidak perlu melebihi nilai:

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

dan tidak kurang dari nilai:

$$C_s = 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e \geq 0,01$$

Keterangan:

S_{D1} = Parameter percepatan respons spektral pada perioda 1 detik, redaman 5 persen

Dalam SNI 1726:2012 pasal 7.8.2 menyatakan bahwa perioda fundamental pendekatan T_a , harus ditentukan berdasarkan persamaan berikut:

$$T_a = C_t \cdot h_n^x$$

Keterangan:

h_n = ketinggian total struktur, dari dasar hingga tingkat tertinggi (m)

Gaya gempa lateral (F_x) yang timbul di semua tingkat harus ditentukan dari persamaan:

$$F_x = C_{vx} \cdot V$$

dan

$$C_{vx} = \frac{w_x \cdot h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i \cdot h_i^k}$$

Keterangan:

C_{vx} = Faktor distribusi vertikal

V = Gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur

w_i dan w_x = Bagian berat seismic efektif total struktur (W) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat i atau x

h_i dan h_x = Tinggi dari dasar sampai tingkat i atau x

k = Eksponen yang terkait dengan perioda struktur, yaitu:

Struktur dengan perioda kurang dari sama dengan 0,5 detik, $k = 1$

Struktur dengan perioda lebih dari sama dengan 2,5 detik, $k = 1$

Struktur dengan perioda antara 0,5 dan 2,5 detik, nilai k harus sebesar 2 atau ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2

Geser tingkat desain gempa di semua tingkat (V_x) ditentukan dari persamaan:

$$V_x = \sum_{i=x}^n F_i$$

Keterangan:

F_i = Bagian dari geser dasar seismik (V) yang timbul di tingkat i

Tabel 7. Koefisien untuk Batas Atas pada Perioda yang Dihitung

Parameter Percepatan Respons Spektral Desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Tabel 8. Nilai Parameter Perioda Pendekatan C_t dan x

Sistem rangka pemikul momen di mana rangka pemikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:	C_t	x
Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,76
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,77

Geser tingkat desain gempa (V_x) harus didistribusikan pada berbagai elemen vertikal sistem penahan gaya gempa di tingkat yang ditinjau berdasarkan pada kekakuan lateral relatif elemen penahan vertikal diafragma.

Analisis Spektrum Respons Ragam

SNI 1726:2012 pasal 7.9 menyatakan bahwa, analisis harus dilakukan untuk menentukan ragam getar alami untuk struktur. Analisis harus

menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkomposisi sebesar paling sedikit 90 persen dari massa aktual dalam masing-masing arah horisontal orthogonal dari respons yang ditinjau oleh model.

Kombinasi respons untuk geser dasar ragam (V_t) lebih kecil 85 persen dari geser dasar yang dihitung (V) menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen, maka gaya harus dikalikan dengan $0,85 \frac{V}{V_t}$.

Prinsip Dasar Penggunaan Program ETABS

ETABS (*Extended Three-Dimensional Analysis Building System*) adalah suatu program khusus analisa struktural berdasarkan metode elemen hingga dengan tujuan khusus untuk analisa dan desain sistem bangunan struktural.

Dengan pemakaian yang sederhana, penggunaan metode numerik dan perencanaan dengan menggunakan kode desain internasional dapat memudahkan pemakaian dalam perancangan suatu bangunan dua dimensi sederhana atau menampilkan analisa dinamik yang kompleks. ETABS bekerja dengan menghubungkan data-data yang ada.

Konsep dasarnya, perancangan hanya membuat model yang terdiri dari sistem lantai, sistem rangka vertikal dan horizontal untuk menganalisa dan mendesain keseluruhan bangunan. Semua yang dibutuhkan telah digabungkan dalam suatu sistem analisa dan desain. Apabila terjadi perubahan data dari suatu bagian maka secara otomatis program akan memperbaikinya saat itu juga. (Computer and Structures Inc., 2005)

Dalam setiap perencanaan dalam program ETABS, kita dapat menggunakan kode desain apapun yang tersedia dalam program. Kita tidak dapat mendesain beberapa bagian struktur dengan kode yang berbeda-beda dalam satu siklus perhitungan.

Penggunaan kode yang berbeda dapat dilakukan untuk perhitungan desain yang berbeda tanpa melakukan perhitungan ulang. Setiap satuan yang tersedia dapat digunakan sebagai data masukan dalam mendesain. Program ETABS juga membuat desain standar untuk kombinasi pembebanan yang sudah terprogram di dalamnya, tapi dapat juga digunakan kombinasi beban kita sendiri bahkan kita dapat menghapus kombinasi beban yang sudah terprogram.

METODOLOGI PENELITIAN

Data untuk Desain

Berikut adalah data-data yang digunakan dalam mendesain model:

- Fungsi gedung sebagai hotel atau hunian
- Beban Hidup = 250 kg/m²
- Beban Mati: *Dead Load* = I
- SDead Load* = 500 kg/m²
- Cladding* = 100 kg/m²
- Tinggi Tiap Lantai = 4 m
- Total Tingkat = 25 lantai
- Ukuran Tiap Lantai = 30 m x 30 m
- Dimensi Kolom = 0,7 m x 0,7 m
- Dimensi Balok = 0,5 m x 0,8 m
- Tebal Lantai = 0,12 m
- Mutu Beton = 30 MPa
- Mutu Baja = 400 MPa
- Berat Jenis Beton = 2400 kg/m³

Pemodelan yang dilakukan menghasilkan dua model struktur, yaitu Model A dan Model B. Setelah itu dilakukan pula pemodelan menjadi beberapa model tambahan, yaitu Model C hingga Model I.

Data untuk Analisa

Data-data yang digunakan untuk analisa adalah sebagai berikut:

- Analisa Pembebanan Gempa:
 1. Pembebanan gempa dinamis menggunakan *Response Spectrum*
 2. Pembebanan gempa statis menggunakan *Equivalent Static Load (ELF)*
 3. Menggunakan data gempa kota Manado, kelas situs *SD*, dan kategori desain seismik D.
- Kombinasi Pembebanan:
 1. 1,4D
 2. 1,2D + 1,6L
 3. 1,2D + 1,0E + 1,0L
 4. 0,9D + 1,0E

Langkah-Langkah Penelitian

1. Menentukan data-data yang mendukung perancangan struktur, seperti model struktur, denah struktur, dan beban-beban yang akan digunakan.
2. Membuat pemodelan struktur 3 dimensi bangunan bertingkat 25 berbentuk persegi dengan variasi letak *shearwall* yang berbeda

3. Menentukan jenis pembebanan dan melakukan perhitungan beban
4. Melakukan analisa struktur terhadap tiap-tiap pemodelan dengan bantuan *software* ETABS.
5. Melakukan kontrol struktur untuk tiap-tiap pemodelan struktur.
6. Mengolah data dan melakukan perbandingan data hasil analisa antar tiap-tiap pemodelan struktur.
7. Mengambil kesimpulan berdasarkan hasil perbandingan dan melakukan pembahasan yang sesuai dengan tujuan penelitian.

berdasarkan pengaruh gempa statis dan gempa dinamis terhadap salah satu arah saja.

Tabel 9. Perbandingan Nilai Simpangan untuk Beban Gempa Statis

Lantai	Tinggi (m)	ELF				
		Model A	Model B	Model C	Model D	Model E
25	100	122.4	268.9	262.3	261.5	268.1
24	96	116.3	256.3	250.2	249.3	255.5
23	92	110	243.5	237.8	236.9	242.8
22	88	103.7	230.6	225.4	224.4	230
21	84	97.4	217.6	212.7	211.7	217
20	80	91	204.4	199.9	198.9	203.8
19	76	84.7	191.1	187	186	190.6
18	72	78.3	177.7	174	173	177.2
17	68	72	164.2	160.8	159.8	163.7
16	64	65.8	150.7	147.7	146.7	150.3
15	60	59.6	137.2	134.6	133.6	136.8
14	56	53.6	123.8	121.5	120.6	123.5
13	52	47.7	110.6	108.6	107.8	110.3
12	48	41.9	97.6	96	95.2	97.4
11	44	36.4	85	83.7	82.9	84.8
10	40	31.1	72.9	71.8	71	72.7
9	36	26.1	61.2	60.4	59.7	61.1
8	32	21.4	50.2	49.6	49	50.1
7	28	17.1	39.9	39.5	39	39.8
6	24	13.2	30.5	30.3	29.8	30.5
5	20	9.6	22.1	22	21.6	22.1
4	16	6.6	14.9	14.8	14.5	14.8
3	12	4.1	8.9	8.9	8.7	8.8
2	8	2.1	4.3	4.3	4.2	4.3
1	4	0.7	1.2	1.3	1.2	1.2
0	0	0	0	0	0	0

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Pemodelan awal pada *software* ETABS menghasilkan Model A, untuk struktur dengan *shearwall* yang terletak pada pusat massa struktur, dan Model B, untuk struktur dengan *shearwall* yang terletak pada sisi bagian luar denah struktur. Pemodelan yang dibuat memiliki massa struktur yang sama, namun dengan ketebalan dinding geser yang berbeda. Model A memiliki tebal dinding geser sebesar 0,5 meter sedangkan Model B memiliki tebal dinding geser sebesar 0,25 meter.

Pemodelan tambahan menghasilkan beberapa model, yaitu Model C, Model D, Model E, hingga Model I. Model-model struktur tersebut dibuat memiliki massa yang sama dengan dua model sebelumnya. Untuk Model C hingga Model H, memiliki tebal dinding geser yang sama dengan Model B, yaitu 0,25 meter. Model I adalah sistem rangka pemikul momen tanpa dinding geser, agar dapat menjadi acuan perbandingan kontribusi yang diberikan oleh dinding geser terhadap respons dinamik struktur.

Pembahasan Hasil Analisa Struktur

Model A adalah struktur yang didesain memiliki dinding geser yang terletak pada daerah pusat massa bangunan, dengan ketebalan dinding geser yaitu 0,5 meter, yang juga adalah pemodelan dengan ketebalan dinding geser. Model A didesain memiliki denah struktur yang simetris terhadap dua arah ortogonal. Hal tersebut menyebabkan simpangan horisontal yang terjadi memiliki nilai yang sama untuk setiap arah gempa yang terjadi, baik gempa arah *x*, maupun gempa arah *y*. Oleh karena itu, data hasil analisa struktur yang diambil hanya

Tabel 10. Perbandingan Nilai Simpangan untuk Beban Gempa Statis (Lanjutan)

Lantai	Tinggi (m)	ELF			
		Model F	Model G	Model H	Model I
25	100	298.1	121.6	141	1168.6
24	96	284.4	115.4	134.3	1156.9
23	92	270.5	109.2	127.4	1140.4
22	88	256.4	103	120.5	1118.8
21	84	242.1	96.7	113.5	1092.3
20	80	227.7	90.4	106.5	1061.2
19	76	213.1	84.1	99.4	1025.9
18	72	198.3	77.8	92.3	986.8
17	68	183.4	71.5	85.1	944.2
16	64	168.5	65.3	78	898.5
15	60	153.6	59.2	71	850
14	56	138.7	53.2	64	799
13	52	124	47.3	57.1	745.7
12	48	109.6	41.6	50.4	690.6
11	44	95.6	36.1	43.9	633.7
10	40	82	30.8	37.7	575.4
9	36	68.9	25.8	31.7	515.8
8	32	56.6	21.2	26.1	455.2
7	28	45.1	16.8	20.8	393.8
6	24	34.5	12.9	16.1	331.7
5	20	25	9.4	11.8	269.2
4	16	16.8	6.4	8	206.4
3	12	10	3.9	4.9	143.9
2	8	4.8	2	2.4	83
1	4	1.4	0.7	0.8	29

Tabel 11. Perbandingan Nilai Simpangan untuk Beban Gempa Dinamis

Lantai	Tinggi (m)	RSP				
		Model A	Model B	Model C	Model D	Model E
25	100	62.4	120.9	117.8	117.9	120.7
24	96	59.2	115.1	112.2	112.3	114.9
23	92	56	109.3	106.6	106.6	109.2
22	88	52.7	103.5	100.9	101	103.4
21	84	49.5	97.7	95.2	95.3	97.5
20	80	46.2	91.8	89.5	89.6	91.7
19	76	43	85.9	83.8	83.9	85.8
18	72	39.8	80.1	78.1	78.2	80
17	68	36.6	74.2	72.4	72.5	74.1
16	64	33.5	68.4	66.7	66.8	68.3
15	60	30.4	62.6	61.1	61.1	62.5
14	56	27.4	56.8	55.5	55.5	56.8
13	52	24.4	51.2	50	50	51.1
12	48	21.5	45.6	44.5	44.5	45.5
11	44	18.8	40.1	39.1	39.2	40
10	40	16.1	34.7	33.9	33.9	34.7
9	36	13.6	29.5	28.8	28.9	29.5
8	32	11.2	24.5	24	24	24.5
7	28	9	19.8	19.3	19.4	19.7
6	24	7	15.3	15	15	15.3
5	20	5.1	11.3	11.1	11.1	11.3
4	16	3.6	7.7	7.6	7.6	7.7
3	12	2.2	4.7	4.6	4.6	4.7
2	8	1.1	2.3	2.3	2.3	2.3
1	4	0.4	0.7	0.7	0.7	0.7
0	0	0	0	0	0	0

Tabel 12. Perbandingan Nilai Simpangan untuk Beban Gempa Dinamis (Lanjutan)

Lantai	Tinggi (m)	RSP			
		Model F	Model G	Model H	Model I
25	100	135.6	60.9	70.5	735.6
24	96	129.4	57.8	67	729.6
23	92	123.1	54.7	63.6	721.2
22	88	116.7	51.6	60.1	710.3
21	84	110.3	48.4	56.7	696.8
20	80	103.9	45.3	53.2	680.9
19	76	97.4	42.2	49.7	662.5
18	72	90.9	39	46.2	641.7
17	68	84.4	36	42.7	618.7
16	64	77.9	32.9	39.2	593.5
15	60	71.5	29.9	35.8	566.2
14	56	65	27	32.4	536.8
13	52	58.6	24.1	29.1	505.5
12	48	52.3	21.3	25.9	472.4
11	44	46.1	18.6	22.7	437.5
10	40	40	16	19.6	400.9
9	36	34.1	13.5	16.7	362.7
8	32	28.4	11.2	13.9	323
7	28	22.9	9	11.2	282
6	24	17.8	7	8.8	239.8
5	20	13.2	5.2	6.5	196.4
4	16	9	3.6	4.5	152
3	12	5.5	2.2	2.8	106.9
2	8	2.8	1.2	1.5	62.3
1	4	0.9	0.4	0.5	21.9
0	0	0	0	0	0

Berdasarkan Tabel 10 dan Tabel 11, Model A menghasilkan nilai simpangan maksimum paling kecil dari seluruh pemodelan, yaitu sebesar 122,4 mm untuk beban gempa statis, dan 62,4 mm untuk beban gempa dinamis.

Model B adalah struktur yang memiliki dinding geser yang terletak pada sisi bagian luar denah bangunan, dengan ketebalan dinding geser yaitu 0,25 m Model B juga memiliki denah struktur yang simetris, sehingga hanya data hasil analisa struktur terbesar yang diambil. Berdasarkan Tabel 10 dan Tabel 11, nilai simpangan maksimum yang dihasilkan dari gempa statis adalah 268,9 mm, dan dari beban gempa dinamis adalah 120,9 mm.

Untuk Model C, dinding geser atau *shearwall* dibuat sama seperti Model B dengan ketebalan dinding geser 0,25 meter, namun penempatannya lebih mendekati pusat massa struktur. Model ini pun memiliki denah struktur yang simetris terhadap arah *x* dan arah *y*. Berdasarkan Tabel 10 dan Tabel 11, dengan beban gempa yang hanya berlaku satu arah saja, Model C menghasilkan nilai simpangan maksimum sebesar 262,3 mm untuk beban gempa statis, dan 118,1 mm untuk beban gempa dinamis.

Model D dan Model E memiliki kesamaan pada denah struktur. Model D diberikan rotasi sebesar 90 derajat terhadap denah strukturnya untuk membuat Model E. Pada Model D, jarak *shearwall* diukur sumbu *x* lebih besar daripada jarak *shearwall* diukur sumbu *y*. Sedangkan pada Model E, jarak *shearwall* diukur sumbu *x* lebih kecil daripada jarak *shearwall* diukur sumbu *y*. Nilai simpangan maksimum yang dihasilkan Model D adalah 261,5 mm untuk gempa statis dan 118,2 mm untuk gempa dinamis. Sedangkan untuk Model E adalah 268,1 mm untuk gempa statis, dan 120,7 mm untuk gempa dinamis.

Nilai simpangan maksimum yang terjadi akan memiliki korelasi antara Model B, Model C, Model D, dan Model E.

- ELFX : Arah *x* Model D \approx Arah *x* Model C
- ELFY : Arah *y* Model D \approx Arah *y* Model B
- ELFX : Arah *x* Model E \approx Arah *x* Model B
- ELFY : Arah *y* Model E \approx Arah *y* Model C
- RSPX : Arah *x* Model D \approx Arah *x* Model C
- RSPY : Arah *y* Model D \approx Arah *y* Model B
- RSPX : Arah *x* Model E \approx Arah *x* Model B
- RSPY : Arah *y* Model E \approx Arah *y* Model C

Pada pemodelan Model A hingga Model E, sistem dinding geser berupa tabung (*tube*) tertutup, sedangkan Model F dan Model G merupakan sistem dinding geser terbuka

berbentuk kanal. Dari Model F, dilakukan pemodelan dengan memberikan rotasi 90 derajat, untuk membentuk Model G. Nilai simpangan maksimum kedua pemodelan tersebut dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Nilai Simpangan Maksimum Model F dan Model G

Beban Gempa		Model F	Model G
ELFX	Arah X	298.1	121.6
	Arah Y	8.2	5.5
ELFY	Arah X	8	5.6
	Arah Y	124	295.3
RSPX	Arah X	135.6	60.9
	Arah Y	26.5	28.2
RSPY	Arah X	28	26.2
	Arah Y	60.6	134.8

Model H adalah gabungan dari dua sistem *shearwall* yang ada pada model-model sebelumnya. Pada bagian pusat massa bangunan terdapat sistem *shearwall* tabung tertutup (*tube*) sama seperti Model A, dengan ketebalan dinding geser 0,25 meter. Pada sisi bagian luar terdapat dinding geser setebal 0,25 meter. Pemodelan ini menghasilkan simpangan maksimum sebesar 141 mm untuk gempa statis, dan 70,5 mm untuk gempa dinamis.

Model I hanya terdiri dari sistem pemikul momen tanpa menggunakan dinding geser atau *shearwall*. Namun dengan tidak adanya dinding geser, terdapat perbedaan dalam hal massa struktur antara Model I dengan model-model yang lainnya. Hal tersebut menyebabkan perbedaan nilai geser dasar akibat beban gempa statis dan dinamis. Untuk itu, nilai geser dasar dari Model I dikalikan dengan faktor skala, 1,36. Nilai faktor skala tersebut dihasilkan dari perbandingan antara nilai geser dasar akibat beban gempa statis model-model lainnya, dengan nilai geser dasar Model I. Nilai simpangan maksimum yang dihasilkan adalah 1168,6 mm untuk gempa statis, dan 736,5 mm untuk gempa dinamis.

Selain itu, untuk Model I, dibuat juga pemodelan tambahan yaitu Model I-1 dengan memanipulasi ukuran elemen kolom pada denah struktur. Hal tersebut dilakukan untuk meneliti nilai minimum ukuran kolom yang dibutuhkan Model I atau struktur tanpa dinding geser, untuk mencapai nilai simpangan sebesar nilai simpangan yang terjadi pada pemodelan awal, dalam hal ini diambil Model A. Berdasarkan

pemodelan yang dilakukan pada *software* ETABS, untuk menghasilkan simpangan maksimum seperti Model A, 122,4 mm untuk gempa statis dan 62,4 mm untuk gempa dinamis, dibutuhkan ukuran kolom minimum untuk struktur tanpa dinding geser adalah kira-kira sebesar 460 cm x 460 cm.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa pemodelan dengan variasi tata letak dinding geser atau *shearwall* dan pemodelan dengan variasi ketebalan dinding geser, dapat ditarik kesimpulan bahwa:

- Dinding geser memberikan kontribusi besar terhadap struktur bangunan bertingkat banyak, dalam menahan gaya lateral seperti beban gempa. Terdapat perbedaan nilai respons dinamik, yaitu nilai simpangan horisontal yang terjadi akibat beban gempa, antara bangunan bertingkat banyak yang menggunakan rangka kaku (*rigid frame*), dan bangunan yang menggunakan kombinasi antara dinding geser (*shearwall*) dan rangka kaku (*rigid frame*). Model I yang dengan rangka kaku menghasilkan nilai simpangan sebesar 1168,6 mm untuk beban gempa statis (ELF), dan 735,6 mm untuk beban gempa dinamis (RSP). Model A yang dengan kombinasi *rigid frame* dan *shearwall*, menghasilkan 122,4 mm untuk beban ELF, dan 62,4 untuk beban RSP.
- Respons dinamik suatu bangunan bertingkat banyak, dalam hal ini simpangan horisontal, dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya adalah tata letak dinding geser. Dinding geser yang diposisikan mendekati pusat massa suatu bangunan, baik sumbu *x* maupun sumbu *y* dalam arah ortogonal, menghasilkan nilai simpangan horisontal yang lebih kecil dibandingkan dinding geser yang diposisikan menjauhi pusat massa bangunan tersebut. Model A, dengan *shearwall* yang diletakkan pada pusat massa bangunan memiliki nilai simpangan paling kecil diantara model-model lainnya, dan menghasilkan persentase selisih rata-rata dengan Model B sebesar 124.72 % untuk beban ELF, dan 106.21% untuk beban RSP. Model B dengan *shearwall* yang diletakkan pada sisi bagian luar bangunan, menghasilkan nilai simpangan sebesar 268,9 mm untuk beban ELF, dan 120,9 mm untuk beban RSP.

Saran

Dalam penelitian ini, terdapat beberapa hal yang patut diperhatikan, yaitu:

- a. Ketelitian dalam menggunakan *software* harus diperhatikan agar dapat menghasilkan analisa yang sesuai dengan keadaan di lapangan nanti.
- b. Dalam memodelkan struktur menggunakan *software* ETABS, dapat dibuat lebih banyak variasi, dengan memodelkan bangunan

dengan bentuk yang berbeda, penampang kolom yang berbeda, dan lain sebagainya.

- c. Dalam perencanaan struktur, harus diperhatikan pola penempatan dinding geser. Dengan menempatkan dinding geser lebih dekat ke pusat massa struktur, dapat direncanakan ukuran dinding geser yang lebih kecil daripada dinding geser yang ditempatkan dengan jarak yang lebih jauh dari pusat massa struktur.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2002. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2002)*. Bandung.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-gedung (SNI 1726:2012)*. Bandung.
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013)*. Bandung.
- Dewayanti, Oryza. 2013. *Perhitungan Simpangan Struktur Bangunan Bertingkat Banyak (Studi Komparasi Model Pembalokan Arah Radial dan Grid)*. Program S1 Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Juwana, J. S. 2005. *Panduan Sistem Bangunan Tinggi*. Jakarta: Erlangga
- Nageh, Makar. 2007. *How to Model and Design Highrise Building using ETABS Program*. Cairo: Scientific Book House.
- Schueller, Wolfgang. 2001. *Struktur Bangunan Bertingkat Tinggi*. Bandung: Eresco.
- Structural Department Atkins. 2007. *Manual For Analysis & Design Using ETABS*. Dubai: Atkins.
- Taranath, B. S. 2010. *Reinforced Concrete Design of Tall Building*. London: Taylor & Francis Group.
- Tavio; dan Kusuma, B. 2009. *Desain Sistem Rangka Pemikul Momen dan Dinding Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*. Surabaya: ITSPress.

ABSTRACT

High-rise building is one of the solution for lack of construction area. There are structural system for high-rise building in order to increase lateral stiffness against earthquake, one of them is the combination of rigid frame and shearwall. This research conducted to find contribution of different shearwall's position toward the horizontal displacement due to earthquake. Shearwall is varied-positioned at the core area of structure and outer area of structure.

Building's structure was analyzed in three-dimensional analysis by ETABS, modeled as 30 m x 30 m high-rise building, 25-storey building, and 4 meters high for each story. Building's structure was modeled in 9 different models, from Model A to Model I, with different shearwall's position of each model.

Structural analysis of ETABS results maximum horizontal displacement from static and dynamic earthquake, there are: Model A with 122,4 mm and 62,4 mm, Model B with 268,9 mm and 120,9 mm, Model C with 262,3 mm and 118,1 mm, Model D with 261,5 mm and 118,2 mm, Model E with 268,1 mm and 120,7 mm, Model F with 298,1 mm and 135,6 mm, Model G with 121,6 mm and 60,9 mm, Model H with 141 mm and 70,5 mm, Model I with 1168,6 mm and 736,5 mm. The result of the research is building's structure with core-area-placed shearwall has smaller horizontal displacement than building's structure with outer-area-placed shearwall.

Keywords: *high-rise building, seismic load, shearwall, displacement, ETABS.*