

Studi Perilaku Pengaruh Rasio Kelangsingan dan Posisi Shearwall pada Vertical Irregular Building

Agatra Imannanta*¹, Dita Kamarul Fitriyah², Yanisfa Septiarsilia³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Adhi Tama
Surabaya

e-mail: *¹agatraimannanta@gmail.com, ²ditaka.fitriyah@gmail.com, ³yanisfa.septi@itats.ac.id

Abstract

Rich Palace City Hotel and Apartments are located in Surabaya City, in a building with an irregular structure comprising 33 floors. The building utilizes two types of typical floors: the first type spans from the 1st to the 5th floor, while the second type spans from the 6th to the 33rd floor. The structural design incorporates Shearwalls, commonly known as sliding walls, serving as lateral force resistance and earthquake support. These Shearwalls are L-shaped and positioned at the edges of the building. In accordance with the SNI 1726-2019 reference for seismic design, the loading is based on SNI 1729-2020 standards. The reinforced concrete requirements adhere to SNI 2847-2019 specifications, and additional insights are drawn from various books on reinforced concrete building structures. The structural analysis is conducted using SAP2000 software, and AutoCAD is employed for planning drawings. Upon analysis, Model 4 yields the smallest values among various structural behavior control checks. However, concerning the structural period requirements, Model 4 exhibits the smallest T_{max} value at 4.15s compared to the entirety of the models. Despite having the smallest control value, Model 4 still satisfies the specified control requirements according to the provisions of SNI 1726-2019.

Keywords: Shearwall, Structural Behaviour, Irregular Building.

Abstrak

Hotel dan apartmen Rich Palace City berlokasi di Kota Surabaya, bangunan gedung dengan struktur yang tidakberaturan memiliki 33 lantai dengan 2 jenis lantai tipikal yang pertama pada lantai 1 – 5 dan 6 – 33 dengan memakai Shearwall atau biasa di sebut dengan dinding geser sebagai pengaku dan penahan gaya lateral gempa yang berbentuk L pada sisi tepi bangunan. Sesuai acuan SNI 1726-2019, pembebanan berdasarkan SNI 1729 – 2020, persyaratan beton bertulang sesuai SNI 2847 – 2019, dan beberapa referensi dari buku tentang struktur bangunan beton bertulang. Program bantu yang digunakan adalah SAP2000 untuk analisa struktur dan AutoCAD untuk gambar perencanaan. Dari hasil analisis didapatkan permodelan 4 mendapatkan nilai terkecil dari beberapa kontrol perilaku struktur namun untuk persyaratan periode struktur permodelan 4 memiliki nilai T_{max} terkecil yaitu sebesar 4,15s dari keseluruhan permodelan dan untuk beberapa kontrol perilaku struktur lainnya memiliki gap yang relatif tidak berbanding jauh dibandingkan permodelan yang imemiliki nilai kontrol terkecil dan masih memenuhi persyaratan kontrol sesuai peraturan SNI 1726-2019.

Kata kunci: Dinding Geser, Perilaku Struktur, Ketidakberaturan.

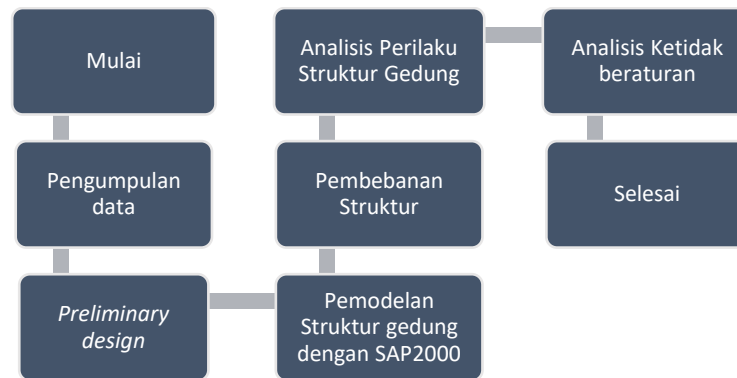
1. Pendahuluan

Dalam merancang struktur bangunan bertingkat pada proyek pembangunan ada prinsip utama yang harus diperhatikan yaitu meningkatkan kekuatan struktur terhadap gaya lateral yang diakibatkan oleh gempa bumi. Salah satu cara untuk menambah kekakuan dan kekuatan struktur gedung bertingkat adalah dengan menambahkan dinding geser (*shearwall*) pada gedung (Propika et al., 2020), dinding *shearwall* sangat berpengaruh mengubah perilaku bangunan terhadap gaya lateral, namun penempatan nya yang strategis pada gedung juga berpengaruh agar dinding *shearwall* mampu bekerja secara maksimal (Usmat I et al., 2019). Penggunaan dinding geser pada perencanaan struktur gedung bertingkat memiliki 3 jenis klarifikasi berdasarkan letaknya. Misalnya seperti (*Bearing wall*) dinding geser penahan sebagian besar beban gravitasi yang letak posisinya seperti partisi antar ruangan yang berdekatan. (*Frame wall*) dinding geser penahan beban lateral, dimana beban gravitasi berasal dari rangka beton bertulang yang terletak diantara baris kolom terluar. (*Core wall*) dinding geser yang dapat menahan beban gravitasi dan beban lateral, terletak di wilayah inti pusat dalam bangunan dan biasanya diisi lift atau tangga (Wijayana et al., 2020).

Gedung dengan fungsi yang beragam dapat mengakibatkan ketidakberaturan struktur vertikal dan horisontal yang mana ketidakberaturan struktur yang sering terjadi akibat dari pemenuhan kebutuhan ruang bangunan gedung yaitu ketidak beraturan vertikal kekakuan tingkat lunak (Baehaki et al., 2019). Suatu gedung dikatakan ketidakberaturan struktur jika memiliki salah satu syarat ketidakberaturan struktur yang tertera pada SNI 1726 – 2019 (Darmawan et al., 2021). Dalam penelitian ini menganalisis rasio kelangsingan dan posisi dinding geser gedung yang memiliki bentuk bangunan ketidakberaturan vertikal (*irregular vertical*) dikarenakan pada lantai 15 terdapat desain arsitek asimetris berbentuk U yang memiliki luasan bangunan lebih kecil dibandingkan bangunan pada lantai bawah, sehingga rasio kelangsingan dan posisi dinding *shearwall* perlu di rencanakan, ketika dinding geser ditempatkan pada posisi tertentu yang cocok dan strategis, dinding tersebut dapat digunakan secara ekonomis untuk menyediakan tahanan beban horisontal yang diperlukan. Pada proyek pembangunan Rich Palace City Surabaya ini, memiliki bentuk eksisting bangunan yang berbentuk L pada tepi bangunan dengan ketebalan 35 cm dan total panjang keseluruhan *shearwall* pada tepi bangunan 15,2 m dan akan di lakukan beberapa permodelan rasio kelangsingan posisi *shearwall* dengan merubah ketebalan dan panjang *shearwall* namun besaran volume nya tidak berubah, berdasarkan dari penelitian terdahulu yaitu pada ujung bangunan, tepi bangunan, tengah bangunan, dan inti bangunan untuk bentuk *shearwall* nya sendiri berbentuk L dan I. Yang membedakan pada penelitian ini dengan penelitian terdahulu yaitu dinding *shearwall* nya hanya setengah karena kolom antara sisi dengan sisi lainnya tidak beraturan seperti pada jurnal penambahan dinding geser untuk suatu gedung bertingkat, maka dari itu sangat di perlukan untuk menemukan rasio kelangsingan dan posisi dinding *shearwall* yang paling efektif, untuk analisa nya menggunakan respons spektrum sesuai dengan peraturan SNI 1726-2019, pembebanan berdasarkan SNI 1729 – 2020, persyaratan beton bertulang sesuai SNI 2847 – 2019, dan beberapa referensi dari buku tentang struktur bangunan beton bertulang.

2. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini akan dilakukan beberapa tahapan analisis perilaku struktur Gedung akibat pembebanan eksternal yang diterima oleh struktur. Gambar 1 merupakan diagram alir penelitian ini.



Gambar 1. Flowchart Penelitian.

Tahapan pertama dalam penelitian ini yaitu pengumpulan data yang dilakukan meliputi geometri struktur Gedung hotel dan apartemen Rich Palace City yang memiliki 34 lantai.

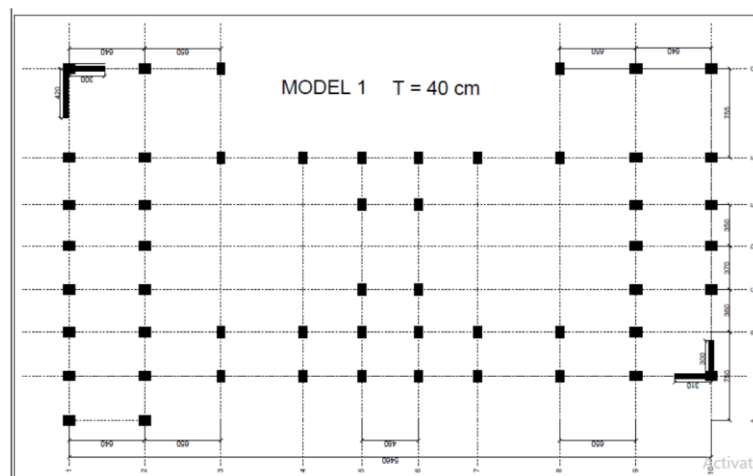
1. Nama bangunan : Hotel Rich Palace City
2. Lokasi bangunan : Jl. Kedung Baruk Tengah, Surabaya
3. Tinggi bangunan : 116 m
4. Jumlah lantai : 34 lantai
5. Tinggi perlantai : 3,4 m
6. Material struktur : Beton bertulang

Preliminary design dilakukan untuk menentukan mutu bahan dan dimensi struktur yang didesain.

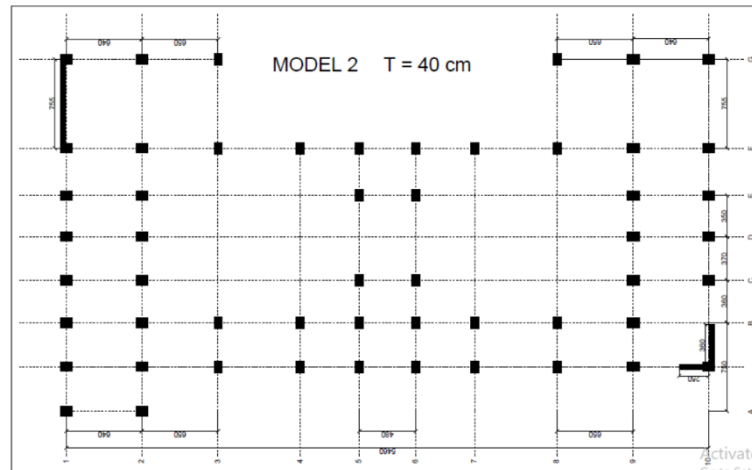
1. Penentuan Mutu Bahan yang digunakan.
 - a) Mutu Beton Pelat ($f'c$) = 40 MPa.
 - b) Modulus elastisitas (E_c) = 29725,41 MPa
 - c) Angka poisson ratio (ν_c) = 0,18
 - d) Berat jenis beton (γ_c) = 2400 Kg/m³.

2. *Preliminary Design Shearwall* Pada Struktur Gedung.

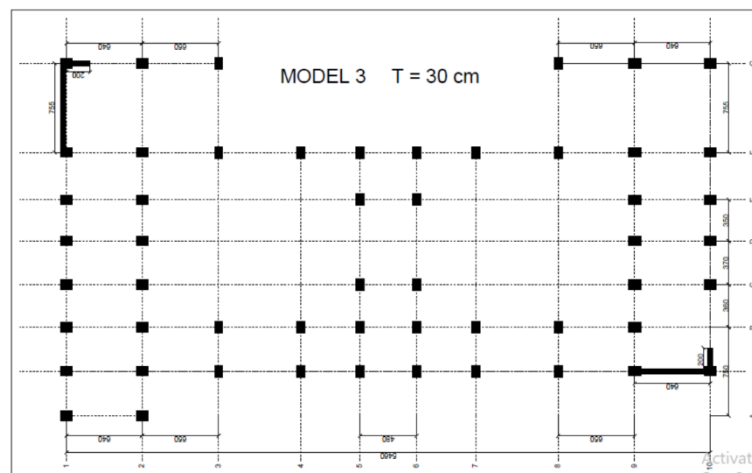
Pada penelitian ini penempatan Rasio kelangsingan posisi shearwall dilakukan beberapa permodelan pada penempatan guna mencari penempatan yang lebih efektif untuk menahan puntir dan gaya lateral akibat dari gempa untuk gedung Rich Palace City. Beberapa permodelan di tempatkan pada ujung bangunan berbentuk L, pada tepi bangunan berbentuk I, dan pada tengah bangunan yang berbentuk I. Berikut beberapa permodelan dapat dilihat pada Gambar 2 sampai 6.



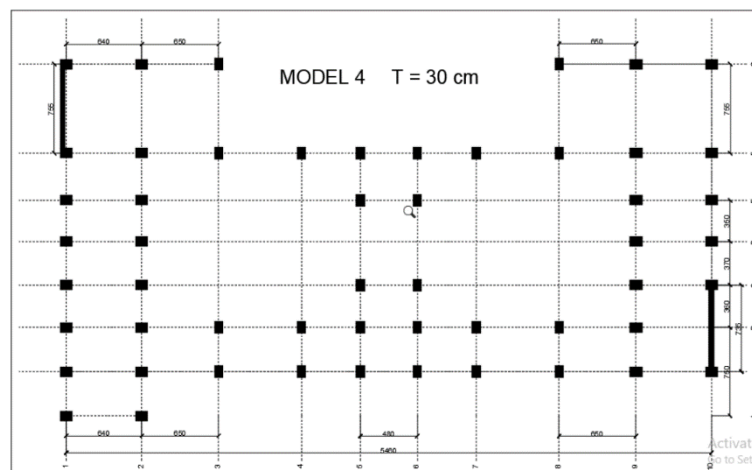
Gambar 2. Preliminary Design Model Rasio Kelangsingan Posisi Shearwall Tipe 1.



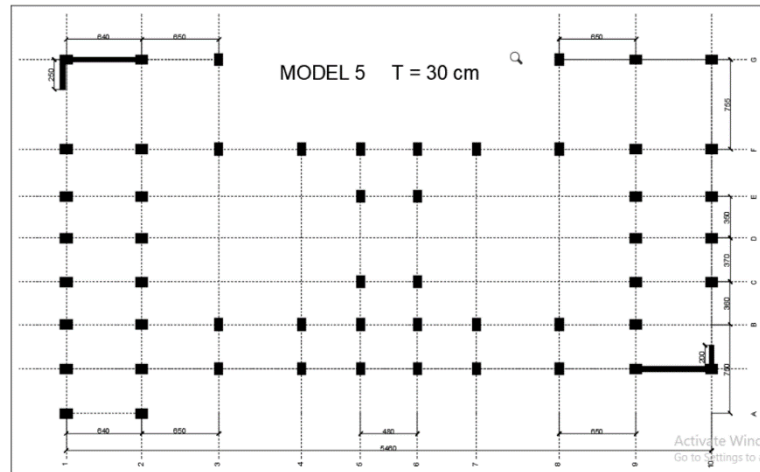
Gambar 3. Preliminary Design Model Rasio Kelangsingan Posisi Shearwall Tipe 2.



Gambar 4. Preliminary Design Model Rasio Kelangsingan Posisi Shearwall Tipe 3.

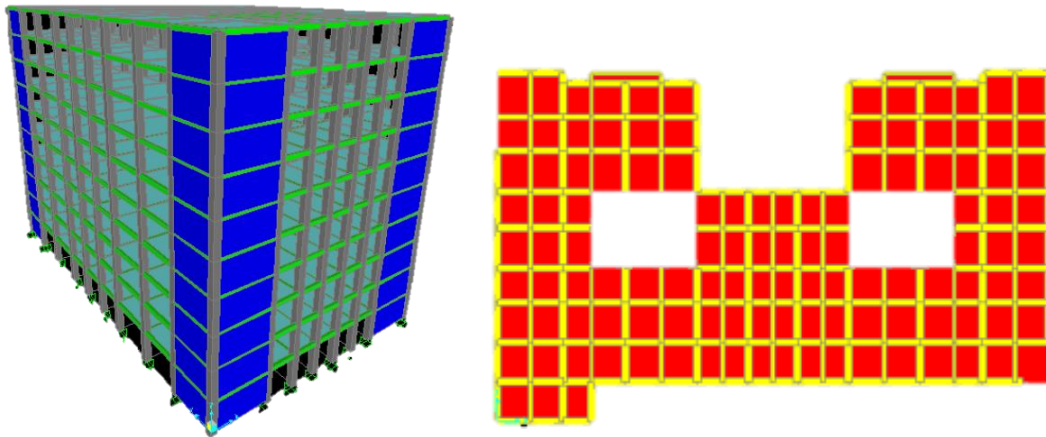


Gambar 5. Preliminary Design Model Rasio Kelangsingan Posisi Shearwall Tipe 4.



Gambar 6. Preliminary Design Model Rasio Kelangsingan Posisi Shearwall Tipe 5.

Program SAP 2000 merupakan program yang digunakan untuk menganalisis dan mendesain suatu struktur yang berorientasi obyek (Object Oriented Programing) yang memiliki beberapa kelebihan terutama dalam perancangan struktur baja dan beton. Berikut permodelan menggunakan SAP 2000.



Gambar 7. Pemodelan Struktur dengan SAP2000.

3. Pembebanan Pada Struktur.

Beban mati adalah berat dari gedung itu sendiri dan semua komponen struktur gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan seperti plafond, ME, dinding, partisi, penyelesaian - penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu. Total dari beban mati yaitu 370 kg/m².

beban hidup adalah beban yang diakibatkan pemakaian atau penghunian dalam suatu gedung, termasuk beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah atau beban lingkungan, beban gempa dan akibat air hujan pada atap juga termasuk manusia yang mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut. Total dari beban hidup yaitu 402 kg/m².

Analisis Gempa menggunakan respon spectrum yang disajikan dalam bentuk plot grafik hasil perhitungan antara periode getar struktur T dengan respon percepatan maksimum. Hasil dari pemodelan desain respon spectrum berdasarkan kota Surabaya.

Lokasi : Surabaya
Jenis tanah : Tanah lunak (SE)
Kategori resiko : II
Faktor keutamaan : 1,0
Koefisien respon : 6,5

Koefisien pembebanan yaitu Komponen dan elemen fondasi yang akan di gunakan harus di rencanakan sedemikian agar kuat rencana struktur nya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor. Berikut persamaan yang dipakai dalam kombinasi pembebanan.

Tabel 1. Kombinasi Pembebanan Sesuai SNI

No.	Kombinasi Pembebanan
1	1,4 DL
2	1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr atau R)
3	1,2 D + 1,6 (Lr atau R) + (Lr atau 0,5 W)
4	1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (Lr atau R)
5	0,9 D + 0,5 W
6	1 D + 0,7 Ev + 0,7 Eh
7	1 D + 0,525 Ev + 0,525 Eh
8	0,6 D – 0,7 Ev + 0,7 Eh

Gempa bumi menimbulkan reaksi pada bangunan terhadap perilaku struktur yang bisa berakibat fatal, maka kontrol Perilaku struktur terdiri dari beberapa kontrol perilaku yaitu *time periode*, partisipasi massa, simpangan antar tingkat, kontrol sistem ganda, rasio kelangsingan struktur *shearwall*.

4. Ketidakberaturan Struktur.

Struktur gedung dinyatakan ketidakberaturan apabila memiliki salah satu atau lebih tipe dari horizontal ataupun vertikal seperti pada penjelasan SNI 1726-2019 pasal 7.3.2. berikut penjelasan masing masing dari ketidakberaturan horizontal dan vertikal seperti pada tabel 13,14 pada SNI 1726-2019.

5. Analisis Rasio Kelangsingan Struktur.

Perbandingan *Shearwall* dilakukan untuk menentukan rasio kelangsingan posisi *shearwall* yang paling efektif pada gedung, perbandingan meliputi perilaku gedung saat terjadi gempa, nilai simpangan X dan Y terhadap gempa, kapasitas elemen dinding *shearwall*.

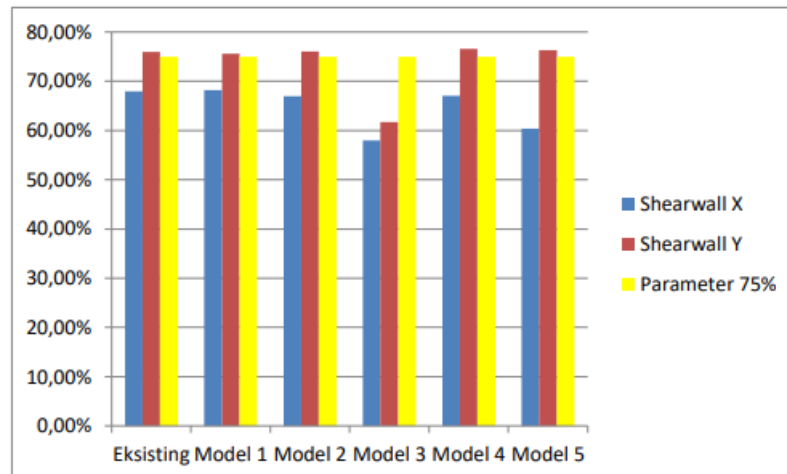
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Kontrol Sistem Ganda

Analisis perilaku struktur yang dilakukan berupa perbandingan perilaku 5 permodelan (Gambar 2 sampai 6) dimensi dinding geser (*shearwall*) yang memiliki bentuk berbeda beda terhadap beban yang diterima. Yang pertama ditinjau yaitu kontrol sistem ganda. Dalam sistem ganda, rangka pemikul momen yang digunakan harus mampu menahan gaya lateral yang bekerja minimal 25% dari gaya lateral desain berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.2.5.1. Nilai gaya geser arah X dan Y untuk perbandingan dinding geser dan system ganda didapatkan hasil dari output program SAP2000. Konfigurasi prosentase gaya yang dipikul oleh dinding geser dan rangka dalam sistem ganda ditampilkan pada Tabel 2:

Tabel 2. Kontribusi Shearwall Dalam Menerima Gaya Geser

Elemen	Eksisting	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5
Shearwall X	67.93%	68.19%	66.97%	57.95%	67.03%	60.40%
Shearwall Y	75.94%	75.62%	76.06%	61.73%	76.58%	76.31%



Gambar 8. Grafik Perbandingan Kontrol Sistem Ganda.

Pada Tabel 2 dan Gambar 8 menunjukkan bahwa desain struktur eksisting ataupun desain struktur model 1 hingga model 5 termasuk dalam desain sistem ganda. Dikarenakan rasio gaya geser shearwall terhadap gaya geser struktur keseluruhan melebihi ($>$) 25% seperti yang disyaratkan SNI1726:2019.

3.2. Partisipasi Massa

Partisipasi massa seperti pada penjelasan SNI 1726-2019 pasal 7.9.1.1 yaitu partisipasi massa (jumlah ragam) yang akan di gunakan harus memenuhi untuk analisa yang akan di lakukan untuk mendapatkan partisipasi massa terkombinasi sebesar 90% dari massa struktur. Hasil dari partisipasi massa menggunakan program SAP 2000 untuk mengetahui besarnya massa yang masuk kedalam struktur bangunan berikut ini :

Tabel 3. Partisipasi Massa Struktur

Pemodelan Struktur	Outcase	SumUX	SumUY
		%	%
Eksisting	Modal	90	90,09
Model 1	Modal	90	90,08
Model 2	Modal	90	90
Model 3	Modal	90	90
Model 4	Modal	90	90
Model 5	Modal	90	90

Berdasarkan Tabel 3 dinyatakan bahwa partisipasi pada semua model struktur telah memenuhi persyaratan partisipasi massa struktur yaitu 90%.

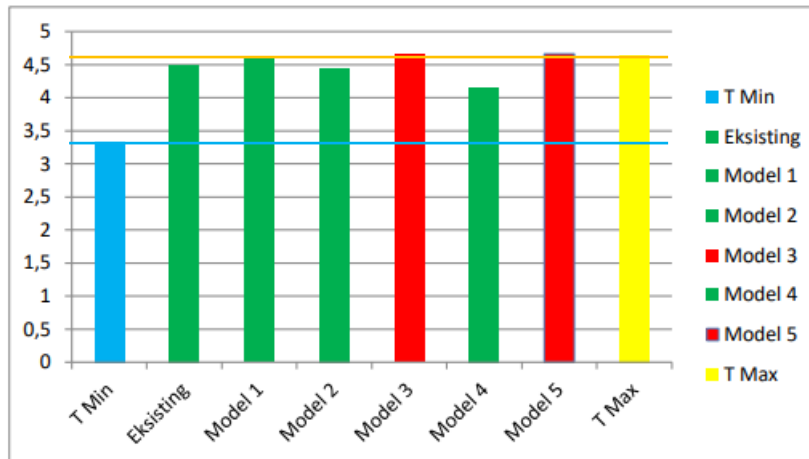
3.3. Periode Struktur

Periode struktur merupakan waktu yang diperlukan struktur untuk menempuh satu putaran penuh dalam menerima beban yang bekerja. Hasil periode struktur dalam studi perbandingan ini didapatkan dari output SAP 2000. Berikut hasil analisa data:

Tabel 4. Periode Struktur Pada Mode Pertama

Pemodelan Struktur	StepType	StepNum	Periode	Periode	Periode	Control
		Unitless	Sec	min	max	
Eksisting	Modal	1	4,50351	3,32	4,649	OK
Model 1	Modal	1	4,60404	3,32	4,649	OK
Model 2	Modal	1	4,45137	3,32	4,649	OK

Pemodelan Struktur	StepType	StepNum	Periode	Periode	Periode	Control
		Unitless	Sec	min	max	
Model 3	Modal	1	4,65039	3,32	4,649	Not OK
Model 4	Modal	1	4,15467	3,32	4,649	OK
Model 5	Modal	1	4,66113	3,32	4,649	Not OK



Gambar 8. Komparasi Periode Struktur Pada ke-5 Model Shearwall.

Mengacu pada Gambar 8 dapat dinyatakan bahwa model struktur shearwall ke-3 ($T=4,650$ s) dan ke-5 ($T=4,661$ s) melebihi batas izin periode maksimum yaitu 4,649 s. model struktur shearwall ke-3 dan ke-5 menunjukkan perilaku struktur tidak mampu meredam gaya yang ditimbulkan dari pembebanan yang bekerja pada struktur, terutama gaya gempa. Nilai periode terbaik ditunjukkan pada model 4 dengan nilai 4,15 s. Dalam hal ini, model 4 menunjukkan perilaku peredaman yang baik dalam menerima reaksi gaya akibat beban yang bekerja.

3.4. Simpangan Antar Lantai

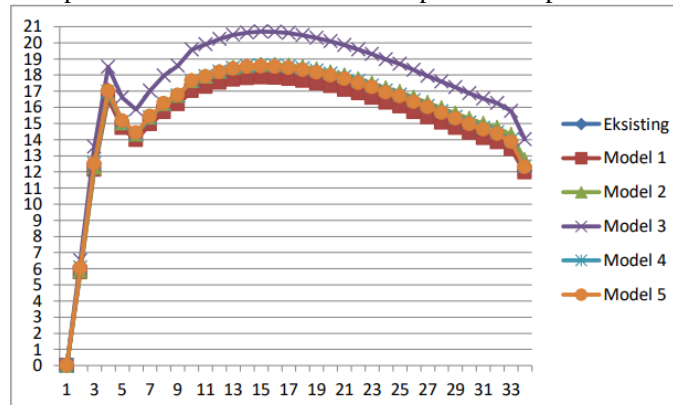
Sesuai acuan SNI 1726-2019 batasan simpangan antar tingkat izin adalah sebagai berikut :

$$\Delta_a = 0,020 h_x = 0,020 \times 5000 \text{ mm} = 100 \text{ mm}$$

Sistem pemikul gaya sesimik struktur yang didesain adalah dinding geser beton bertulang khusus dimana nilai C_d sesuai tabel SNI 1726 – 2019 pasal 7.2.2. senilai 5,5. Pada studi kasus bangunan rich palace city ini terdapat ketinggian lantai yang berbeda pada lantai 1-5 yaitu 5m (tipe 1) dan lantai 5-34 3,3m (tipe 2) sehingga nilai simpangan ijin ny berbeda yaitu:

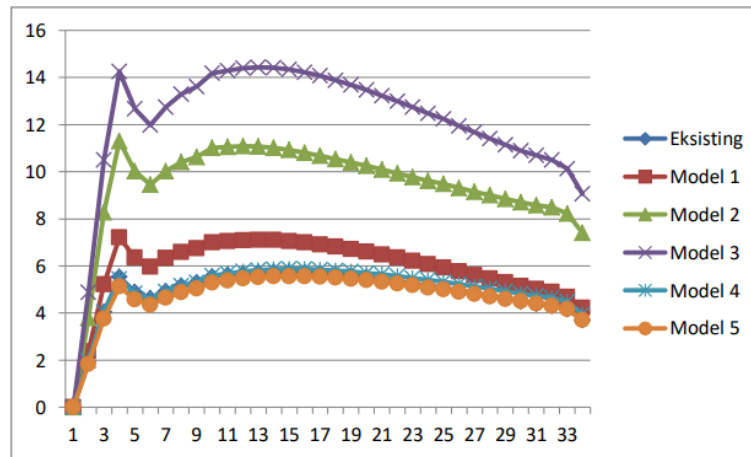
$$\Delta_a = 0,020 h_x = 0,020 \times 3300 \text{ mm} = 66 \text{ mm}$$

Nilai simpangan antar lantai pada model struktur arah X dapat dilihat pada Gambar 9 dan Nilai simpangan antar lantai pada model struktur arah Y dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 9. Grafik Simpangan antar lantai arah X.

Berdasarkan grafik pada Gambar 9, model eksisting memiliki nilai simpangan arah X tertinggi dari semua permodelan lainnya namun tidak melebihi batas simpangan izin yang di tentukan yaitu sebesar 100mm pada lantai 1-5 dan 66mm pada lantai 5-34, dan nilai simpangan terkecil terdapat pada model 5.



Gambar 10. Grafik Simpangan antar lantai arah Y.

Berdasarkan grafik pada Gambar 10, model eksisting memiliki nilai simpangan arah Y tertinggi dari semua permodelan lainnya namun tidak melebihi batas simpangan izin yang di tentukan yaitu sebesar 100mm pada lantai 1-5 dan 66mm pada lantai 5-34 dan nilai simpangan terkecil terdapat pada model 5.

3.5. Rasio Kelangsingan Antar Model

Desain struktur shearwall didesain untuk dapat menahan reaksi puntir pada struktur Gedung. Maka dimensi dalam mendesain struktur tersebut perlu diperhatikan terhadap kelangsingannya. Berikut merupakan dimensi dan rasio kelangsingan struktur pada desain *shearwall*.

Tabel 5. Gaya Geser Statis dan Dinamis Struktur

Model	Tebal	Panjang	Rasio (%)
Eksisting	35	15,2	23,02
Model 1	40	13,30	30,07
Model 2	40	13,65	29,30
Model 3	30	17,95	16,71
Model 4	35	15,25	22,95
Model 5	30	17,8	16,85

Berdasarkan Tabel 5, untuk setiap permodelan dan eksisting memiliki volume *shearwall* yang tidak berbeda jauh bahkan ada beberapa yang memiliki volume yang sama meskipun ketebalan dan panjang shearwall berbeda beda.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dilakukan, didapatkan beberapa kesimpulan, diantaranya adalah sebagai berikut:

- 1) Berdasarkan nilai persentase penyerapan gaya lateral pada system rangka pemikul momen (SRPM) didapatkan nilai terbesar arah X sebesar 68,19% dan arah Y 75,62% pada model 1 yang artinya *shearwall* berkontribusi memikul gaya lateral dari keseluruhan struktur bangunan, sedangkan persentase terkecil terdapat pada model 3 dengan arah X sebesar 57,95% dan arah Y 61,73%.

- 2) Untuk partisipasi massa struktur dalam menyerap dan menahan gaya lateral didapatkan periode tercepat dalam mencapai 90% dalam waktu 4,154673 detik pada permodelan 4.
- 3) Dari hasil periode struktur dalam semua permodelan didapatkan nilai terkecil yaitu 4,154673 detik pada permodelan 4.
- 4) Pada nilai simpangan antar tingkat (story drift) didapatkan nilai simpangan terkecil yaitu arah X 18,5295 mm dan arah Y 5,5605 mm pada permodelan 5.
- 5) Jadi untuk pemilihan permodelan rasio kelangsingan dan posisi *shearwall* terbaik dipilih pada permodelan 4 meskipun permodelan 5 lebih mendapatkan nilai terkecil dari beberapa kontrol perilaku struktur (Kontrol system ganda, partisipasi massa, periode struktur, simpangan antar lantai, perbandingan gaya geser statis dan dinamis) namun untuk persyaratan periode struktur melebihi batas T_{max} (4,649s) yang telah ditentukan sedangkan untuk permodelan 4 memiliki nilai T_{max} terkecil, yaitu sebesar 4,15s dari keseluruhan permodelan dan untuk beberapa kontrol perilaku struktur lainnya memiliki gap yang relatif tidak berbanding jauh dibandingkan permodelan yang memiliki nilai kontrol terkecil dan masih memenuhi persyaratan kontrol sesuai peraturan SNI 1726 – 2019.

Daftar Pustaka

- Baehaki, B., Kuncoro, H. B. B., & Dahlia, P. (2019). PENGARUH LETAK SHEAR WALL PADA GEDUNG TIDAK BERATURAN TERHADAP NILAI SIMPANGAN DENGAN ANALISA RESPONS SPEKTRUM (Studi Kasus : Apartemen di Cimanggis, Depok). *Fondasi : Jurnal Teknik Sipil*, 8(1), 77–83. <https://doi.org/10.36055/jft.v8i1.5404>
- Darmawan, R. R., Susanti, E., & Fitriyah, D. K. (2021). Studi Komparasi Parameter Respons Spectrum Gempa SNI 1726-2012 Terhadap SNI 1726-2019 Dengan Studi Kasus Gedung C STIE PERBANAS. *Prosiding Seminar Teknologi Perencanaan, Perancangan, Lingkungan Dan Infrastruktur*, 139–145. <https://ejurnal.itats.ac.id/stepplan/article/view/1556>
- Propika, J., Septiarsilia, Y., Fitriyah, D. K., & Sipil, J. T. (2020). PENGGUNAAN BEAM BRACING SEBAGAI PENGANTI. 5(2), 410–415.
- Usmat I, N. A., Imran, I., & Sultan, M. A. (2019). Analisa Letak Dinding Geser (Shear Wall) Terhadap Perilaku Struktur Gedung Akibat Beban Gempa. *Techno: Jurnal Penelitian*, 8(2), 297. <https://doi.org/10.33387/tk.v8i2.1327>
- Wijayana, H., Susanti, E., & Septiarsilia, Y. (2020). Studi Perbandingan Letak Shear Wall terhadap Perilaku Struktur dengan menggunakan SNI 1726:2019 dan SNI 2847:2019. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan*, 1(1), 467–474.