

# ANALISIS PERBANDINGAN SIMPANGAN LATERAL BANGUNAN TINGGI DENGAN VARIASI BENTUK DAN POSISI DINDING GESER STUDI KASUS : PROYEK APARTEMEN THE ROYALE SPRINGHILL RESIDENCES

Aswin Hasan<sup>1\*</sup>, Imron Fikri Astira<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sriwijaya

\*Korespondensi Penulis: aswinhasan.hasan@gmail.com

## Abstract

*A building should at least be able to bear the loads that work on the structure. Lateral loads such as wind loads and seismic loads that can cause lateral deflection and gravity loads including dead load and live load. The higher the building, the lateral deflection occurs also greater in atas. Structure Engingeer planners are required to better understand the design of earthquake resistant structures that are not just simply follow in designing the building, but must comply with the Earthquake Resilience Planning Procedures for Building a goal is for earthquake resistance of building structures are planned to function properly in designing a building structure must be considered rigidity, stability of the structure withstand any loading imposed on them and how the behavior of the structure to withstand such loads. ETABS is a 3D Extended program of Building Systems of Computer and Structure inc that use the Windows operating system. The use of simulation program ETABS memperlihatkan pattern collapse was going to happen so it can be input for the planning and construction of high-rise buildings better. In this study will be compared to the horizontal deflection obtained from the comparison position and shape shear walls. Results from this research is a comparison of deflection that occurs, a review of the limits of serviceability and ultimate limit each building models to be compared.*

**Keywords:** high rise buildings, displacement, etabs, shearwall

## 1. PENDAHULUAN

Ilmu pengetahuan dan penerapan teknologi dalam bidang pembangunan konstruksi teknik sipil mengalami perkembangan yang pesat, membuat kita dituntut untuk lebih produktif, kreatif dan inovatif, terutama dalam hal perancangan struktur. Salah satu kriteria dalam merencanakan struktur bangunan bertingkat adalah kekuatan serta perilaku bangunan tinggi.

Indonesia merupakan negara yang terus berkembang pesat, ini berdampak kepada pembangunan di berbagai wilayah. Sejalan dengan perkembangan teknologi kontruksi saat ini, banyak struktur bangunan konstruksi yang telah mengalami perubahan. Sekarang telah banyak dibuat bangunan-bangunan bertingkat tinggi dengan model struktur yang sangat rumit dan arsitektur yang sangat indah. Tentu saja untuk mendesain dan membuat struktur bangunan seperti itu tidaklah mudah. Untuk itu telah banyak software yang dapat membantu dalam perencanaannya seperti ETABS contohnya.

Namun, yang perlu kita cermati dilihat dari geografinya, Indonesia merupakan salah satu negara dengan aktivitas gempa yang tinggi. Hal ini disebabkan lokasi Indonesia yang terletak pada pertemuan empat lempeng tektonik utama yaitu Lempeng Eurasia, Indo-Australia, Pasifik, dan Filipina. Pertemuan lempeng-lempeng tersebut mengakibatkan mekanisme tektonik dan kondisi geologi Indonesia mengakibatkan seringnya terjadi gempa. Hal ini menyebabkan gedung mengalami simpangan lateral (*drift*) dan apabila simpangan lateral (*drift*) ini melebihi syarat aman yang telah ditetapkan oleh peraturan yang ada maka gedung akan mengalami keruntuhan. Untuk mengatasi hal tersebut beberapa elemen dari sebuah struktur harus didesain sedemikian rupa sehingga mampu menahan gaya-gaya lateral (beban gempa) yang terjadi.

Ada beberapa cara yang dapat dilakukan antara lain :

- Pemasangan dinding geser (*Shearwall*) pada struktur.
- Perbesaran dimensi kolom dan balok.
- Penambahan pengakuan lateral (*bracing*) pada elemen struktur portal.

Salah satu solusi yang digunakan untuk meningkatkan kinerja struktur bangunan tingkat tinggi pada penelitian kali ini adalah dengan pemasangan dinding geser (*Shearwall*). Dinding geser adalah slab beton bertulang yang dipasang dalam posisi vertikal pada sisi gedung tertentu yang berfungsi menambah kekakuan struktur dan menyerap gaya geser yang besar seiring dengan semakin tingginya struktur. Fungsi dinding geser dalam suatu struktur bertingkat juga penting untuk menopang lantai pada struktur dan memastikannya tidak runtuh ketika terjadi gaya lateral akibat gempa.

Berdasarkan latar belakang diatas, maka penelitian ini dimaksudkan untuk membandingkan besarnya simpangan lateral struktur bertingkat tinggi akibat pembebanan lateral pada pemasangan dinding geser dengan variasi bentuk dan penempatan. Struktur dapat dikatakan aman apabila nilai simpangan lateralnya tidak melampaui kinerja batas layan gedung dan kinerja batas ultimit.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Dasar Teori

Secara umum, gempa bumi merupakan getaran permukaan tanah yang dapat disebabkan oleh :

- Aktifitas tektonik.
- Vulkanisme.
- Longsoran termasuk batu.
- Bahan peledak.

Chen dan Lui (2006) menyebutkan bahwa dari semua penyebab tersebut di atas, guncangan yang disebabkan oleh peristiwa tektonik merupakan penyebab utama kerusakan struktur dan perhatian utama dalam kajian tentang bahaya gempa. Daniel L. Schodek (1999) menyebutkan bahwa gempa bumi juga dapat terjadi karena fenomena getaran dengan kejutan pada kerak bumi. Faktor utama adalah benturan pergesekan kerak bumi yang mempengaruhi permukaan bangunan di atasnya menjadi bergetar. Getaran ini nantinya akan menimbulkan gaya-gaya pada struktur bangunan karena struktur cenderung mempunyai gaya untuk mempertahankan dirinya dari gerakan.

Dari beberapa sumber di atas maka suatu bangunan paling tidak harus dapat memikul beban-beban yang bekerja pada struktur tersebut. Baik beban lateral seperti beban gempa dan beban angin yang dapat menimbulkan defleksi lateral serta beban gravitasi yang meliputi beban mati dan beban hidup. Mc.Cormak (1995) menyebutkan bahwa hal yang perlu diperhatikan adalah kekuatan bangunan yang memadai untuk memberikan kenyamanan bagi penghuninya terutama lantai atas. Semakin tinggi bangunan, defleksi lateral yang terjadi juga semakin besar pada lantai atas.

Beban gempa yang akan ditanggung oleh struktur atau elemen struktur tidak selalu diramalkan dengan tepat sebelumnya, maka seorang perencana dituntut untuk dapat lebih memahami tentang perancangan struktur tahan gempa sehingga tidak hanya sekedar mengikuti begitu saja dalam mendesain gedung tetapi harus sesuai dengan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung. Tujuan dari adanya Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung ialah agar struktur gedung yang ketahanan gempanya direncanakan dapat berfungsi :

- Membatasi kerusakan gedung akibat gempa sedang, dengan ketentuan pasal 4.1.3 sehingga masih dapat diperbaiki secara ekonomis.
- Menghindari terjadinya korban jiwa manusia oleh runtuhnya gedung akibat beban gempa yang kuat sesuai ketentuan pasal 4.1.4.

#### **(SNI 03-1726-2003)**

Dalam merancang suatu struktur bangunan harus diperhatikan kekakuan, kestabilan struktur dalam menahan segala pembebanan yang dikenakan padanya, serta bagaimana perilaku struktur untuk menahan beban tersebut. Daniel L. Schodek (1999) menyatakan bahwa pada struktur stabil apabila dikenakan beban, struktur tersebut akan mengalami perubahan bentuk (*deformasi*) yang lebih kecil dibandingkan struktur yang tidak stabil. Hal ini disebabkan karena pada struktur yang stabil memiliki kekuatan dan kestabilan dalam menahan beban. Stabilitas merupakan hal sulit di dalam perencanaan struktur yang merupakan gabungan dari elemen-elemen.

## **2.2. Bangunan Tahan Gempa**

### **2.2.1 Ciri-ciri Struktur Gedung Beraturan**

Berdasarkan SNI-1726-2003 pasal 4.2.1, struktur gedung ditetapkan sebagai struktur gedung beraturan, apabila memenuhi ketentuan sebagai berikut :

- Tinggi struktur gedung diukur dari taraf penjepitan lateral tidak lebih dari 10 tingkat atau 40 m.
- Denah struktur gedung adalah persegi panjang tanpa tonjolan dan walaupun mempunyai tonjolan, panjang tonjolan tersebut tidak lebih dari 25% dari ukuran terbesar denah struktur gedung dalam arah tonjolan tersebut.
- Denah struktur gedung tidak menunjukkan coakan sudut dan walaupun mempunyai coakan sudut, panjang sisi coakan tersebut tidak lebih dari 15% dari ukuran terbesar denah struktur gedung dalam arah sisi coakan tersebut.
- Sistem struktur gedung terbentuk oleh subsistem-subsistem penahan beban lateral yang arahnya saling tegak lurus dan sejajar dengan sumbu-sumbu utama ortogonal denah struktur gedung secara keseluruhan.
- Sistem struktur gedung tidak menunjukkan loncatan bidang muka dan walaupun mempunyai loncatan bidang muka, ukuran dari denah struktur bagian gedung yang menjulang dalam masing-masing arah, tidak kurang dari 75% dari ukuran terbesar denah struktur bagian gedung sebelah bawahnya. Dalam hal ini, struktur rumah atap yang tingginya tidak lebih dari 2 tingkat tidak perlu dianggap menyebabkan adanya loncatan bidang muka.
- Sistem struktur gedung memiliki kekakuan lateral yang beraturan, tanpa adanya tingkat lunak. Yang dimaksud dengan tingkat lunak adalah suatu tingkat, di mana kekakuan lateralnya adalah kurang dari 70% kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 80% kekakuan lateral rata-rata 3 tingkat di atasnya. Dalam hal ini, yang dimaksud dengan kekakuan lateral suatu tingkat adalah gaya geser yang bila bekerja di tingkat itu menyebabkan satu satuan simpangan antar-tingkat.
- Sistem struktur gedung memiliki berat lantai tingkat yang beraturan, artinya setiap lantai tingkat memiliki berat yang tidak lebih dari 150% dari berat lantai tingkat di atasnya atau di bawahnya. Berat atap atau rumah atap tidak perlu memenuhi ketentuan ini.
- Sistem struktur gedung memiliki unsur-unsur vertikal dari sistem penahan beban lateral yang menerus, tanpa perpindahan titik beratnya, kecuali bila perpindahan tersebut tidak lebih dari setengah ukuran unsur dalam arah perpindahan tersebut.
- Sistem struktur gedung memiliki lantai tingkat yang menerus, tanpa lubang atau bukaan yang luasnya lebih dari 50% luas seluruh lantai tingkat. Walaupun ada lantai tingkat dengan lubang atau bukaan seperti itu, jumlahnya tidak boleh melebihi 20% dari jumlah lantai tingkat seluruhnya.

### **2.1.2 Kinerja Struktur**

- Di bawah gempa ringan (gempa dengan periode ulang 50 tahun dengan probabilitas 60% dalam kurun waktu umur gedung) struktur harus dapat berespon elastik

tanpa mengalami kerusakan baik pada elemen structural (balok, kolom, pelat dan pondasi struktur) dan elemen non struktural (dinding bata, plafond dan lain lain).

2. Di bawah gempa sedang (gempa dengan periode ulang 50-100 tahun) struktur bangunan boleh mengalami kerusakan ringan pada lokasi yang mudah diperbaiki yaitu pada ujung-ujung balok di muka kolom, yang diistilahkan sendi plastis, struktur pada tahap ini disebut tahap *first yield* yang merupakan parameter penting karena merupakan batas antara kondisi elastik dan kondisi plastik tetapi tidak roboh atau disingkat sebagai kondisi batas antara beban gempa ringan dan gempa kuat.
3. Di bawah gempa kuat (gempa dengan periode ulang 200-500 tahun dengan probabilitas 20%-10% dalam kurun waktu umur gedung) resiko kerusakan harus dapat diterima tapi tanpa keruntuhan struktur. Jadi, kerusakan struktur pada saat gempa kuat terjadi harus didesain pada tempat-tempat tertentu sehingga mudah diperbaiki setelah gempa kuat terjadi.

#### 2.1.3 Sistem Struktur Bangunan Tahan Gempa

Sistem struktur dasar penahan beban lateral secara umum dapat dibedakan atas Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM), Sistem Dinding Struktural (SDS), dan Sistem Ganda (gabungan SRPM dan SDS).

1. Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM)
  - a. Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB), suatu sistem rangka yang memenuhi ketentuan-ketentuan pasal 3 hingga pasal 20 SNI 03-2847-2002. Sistem rangka ini pada dasarnya memiliki tingkat daktilitas terbatas dan hanya cocok digunakan di daerah dengan resiko gempa yang rendah (zona 1 dan 2).
  - b. Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), suatu sistem rangka yang selain memenuhi ketentuan-ketentuan untuk rangka pemikul momen biasa juga memenuhi ketentuan-ketentuan detailing yang ketat sesuai dengan Pasal 23.2 dan 23.10 SNI-2847-2002. Sistem ini memiliki daktilitas sedang dan cocok digunakan di zona 1 hingga 4
  - c. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), suatu sistem rangka yang selain memenuhi ketentuan-ketentuan untuk rangka pemikul momen biasa juga memenuhi ketentuan-ketentuan detailing yang ketat sesuai dengan Pasal 23.2 sampai dengan 23.5 SNI-2847-2002. Sistem ini memiliki daktilitas penuh dan cocok digunakan di zona dan 6.
2. Sistem Dinding Struktural (SDS)
  - a. Sistem Dinding Struktural Biasa (SDSB), suatu dinding struktural yang memenuhi ketentuan-ketentuan pasal 3 hingga pasal 20 SNI-2847-2002.

Dinding ini memiliki tingkat daktilitas terbatas dan cocok digunakan di zona gempa 1 hingga 4

- b. Sistem Dinding Struktural Khusus (SDSK), suatu dinding struktural yang selain memenuhi ketentuan untuk dinding struktural biasa juga memenuhi ketentuan pasal 23.2 dan 23.6. Sistem ini pada prinsipnya memiliki tingkat daktilitas penuh dan digunakan pada zona gempa 5 dan 6.
3. Sistem Ganda  
Sistem ini terdiri dari sistem rangka yang digabung dengan sistem dinding struktural. Rangka ruang lengkap berupa Sistem Rangka Pemikul Momen berfungsi memikul beban gravitasi. Sesuai tabel 3 di SNI-03-1726-2003 pasal 4.3.6 dan pasal 5.2.3, sistem rangka pemikul momen pada sistem ganda ini harus mampu menahan minimum 25% baban lateral total yang bekerja pada struktur bangunan. Sedangkan sistem dinding struktural menahan 75% gaya lateral tersebut.

### 2.3 Konsep Perencanaan Bangunan Tahan Gempa

#### 2.3.1 Persyaratan Material Konstruksi

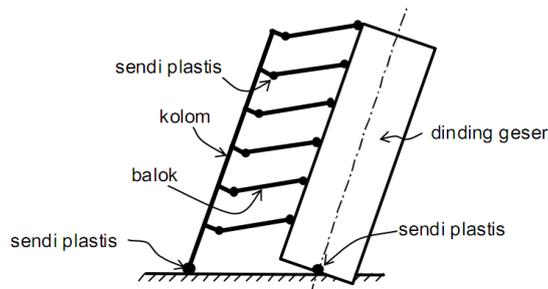
1. Material Beton
  - a. Sesuai dengan SNI-03-2847-2002 pasal 21.3, kuat tekan  $f'_c$  beton pada umur 28 hari tidak boleh kurang dari 20 MPa.
  - b. Kuat tekan beton agregat ringan yang digunakan dalam perencanaan tidak boleh melampaui 30 Mpa (SNI-03-2847-2002 pasal 23.2)Beton agregat ringan dengan kuat tekan rencana yang lebih tinggi boleh digunakan bila dapat dibuktikan dengan pengujian bahwa komponen struktur yang dibuat dari beton agregat ringan tersebut mempunyai kekuatan dan ketegaran yang sama atau lebih dari komponen struktur setara yang dibuat dari beton agregat normal dengan kekuatan yang sama.

#### 2.3.2 Desain Kapasitas

Struktur bangunan mempunyai nilai kekakuan lateral yang beraneka ragam sehingga mempunyai waktu getar alami yang berbeda-beda pula. Oleh karenanya, respon percepatan maksimum suatu struktur tidak selalu sama besar dengan percepatan getaran gempa. Mengingat kemungkinan besarnya gaya inersia gempa yang bekerja pada titik pusat massa bangunan, maka tidaklah ekonomis untuk merencanakan suatu struktur-struktur umum sedemikian kuatnya sehingga tetap berperilaku elastis saat dilanda gempa. Pada dasarnya struktur didesain agar tidak rusak ketika terjadi gempa kecil dan sedang, tetapi saat dilanda gempa kuat, struktur tersebut masih mampu berperilaku daktil dengan memencarkan energy dan membatasi beban gempa yang masuk ke struktur tersebut.

Menurut SNI-03-1726-2003 pasal 4.5, konsep desain kapasitas adalah suatu filosofi perencanaan gempa yang berupaya untuk mengatur atau mengendalikan pembentukan sendi-sendi plastis pada struktur. Hal ini dilakukan agar saat terjadi gempa kuat, struktur dapat berperilaku memuaskan dan tidak runtuh. Guna menjamin

terjadinya mekanisme goyangan dengan pembentukan sebagian besar sendi plastis pada balok, maka konsep desain kapasitas diterapkan agar kolom-kolom portal lebih kuat dari balok-baloknya. Hal lain yang harus diperhatikan yaitu mengenai keruntuhan geser pada balok yang bersifat getas harus dihindari terlebih dahulu dari kegagalan akibat lentur pada sendi-sendi plastis balok setelah mengalami rotasi-rotasi yang cukup besar



Gambar 2.1. Keruntuhan Ideal Dinding Geser

Sumber : SNI 1726-2003

### 2.3.3 Jenis Pembebanan

#### 1. Beban Gravitasi

##### a. Beban Mati

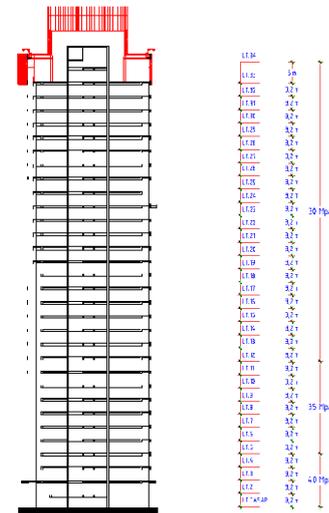
Menurut SNI-03-1726-2003 pasal 3.10, beban mati adalah beban-beban yang bekerja vertikal ke bawah pada struktur dan mempunyai karakteristik bangunan, seperti misalnya penutup lantai, alat mekanis, dan partisi. Untuk menghitung besarnya beban mati suatu elemen dilakukan dengan meninjau berat satuan material tersebut berdasarkan volume elemen. Berat satuan (*unit weight*) material secara empiris telah ditentukan dan telah banyak dicantumkan tabelnya pada sejumlah standar atau peraturan pembebanan.

Dalam tahap ini dilakukan beberapa kegiatan yang dianggap penting sebagai modal awal dalam melakukan studi secara keseluruhan. Kegiatan-kegiatan tersebut antara lain studi literatur dan penentuan lingkup studi. Studi literatur dilakukan dengan tujuan memperoleh gambaran yang lebih jelas tentang studi yang akan dilaksanakan, sedangkan dalam penentuan lingkup studi terdapat tiga bagian utama yang dilakukan yaitu indentifikasi masalah, penentuan tujuan dan batasan studi. Pada bagian ini juga akan ditentukan jenis sampel yang akan diteliti.

Pada penelitian kali ini akan membandingkan perubahan simpangan horizontal gedung bertingkat tinggi dengan pemasangan Dinding geser pada sisi yang searah sumbu-x serta sumbu-y. Hal-hal yang berkaitan dengan bangunan model nantinya adalah sama, yang membedakan adalah penempatan dari Dinding geser dan tebal dinding dinding geser yang digunakan untuk menyamakan kapasitas volume dinding geser tersebut. Berikut beberapa komponen sama yang digunakan dalam penelitian, antara lain :

- Volume Dinding geser
- Tinggi Gedung
- Profil balok dan kolom.
- Pembebanan (beban mati, hidup, angin dan gempa)

- Wilayah Gempa 3
- Tanah dasar jenis Tanah Keras.
- Fungsi bangunan Apartemen
- Sistem Struktur yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM).
- Sistem yang digunakan sistem ganda (Dinding geser beton bertulang dengan SRPMM)



Gambar 3.1 Pemodelan ETABS Blok 5 Apartemen The Royale Springhill Residences

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Umum

Metode penelitian yang digunakan ini dibagi dalam tiga tahap yaitu input, analisis dan output. Yang termasuk dalam tahap input antara lain penentuan geometri struktur, penentuan jenis beban dan pemodelan struktur 3 dimensi. Sedangkan tahap analisis antara lain analisis struktur 3 dimensi dengan memasukan analisis gempa dinamis pada ETABS v9.0.0 untuk mengetahui besarnya *story displacement* tiap lantai gedung pada setiap model variasi dan pemasangan dinding geser. Tahap yang terakhir yaitu tahap output yang didalamnya membahas tentang besarnya nilai *story displacement* pada tiap model.

### 3.2 Kerangka Pemikiran

Dalam tahap ini dilakukan beberapa kegiatan yang dianggap penting sebagai modal awal dalam melakukan studi secara keseluruhan. Kegiatan-kegiatan tersebut antara lain studi literatur dan penentuan lingkup studi. Studi literatur dilakukan dengan tujuan memperoleh gambaran yang lebih jelas tentang studi yang akan dilaksanakan, sedangkan dalam penentuan lingkup studi terdapat tiga bagian utama yang dilakukan yaitu indentifikasi masalah, penentuan tujuan dan batasan studi. Pada bagian ini juga akan ditentukan jenis sampel yang akan diteliti.

Pada penelitian kali ini akan membandingkan perubahan simpangan horizontal gedung bertingkat tinggi dengan pemasangan dinding geser pada sisi yang searah sumbu-x

serta sumbu-y. Hal-hal yang berkaitan dengan bangunan model nantinya adalah sama, yang membedakan adalah penempatan dari dinding geser dan variasi bentuk dinding geser yang digunakan

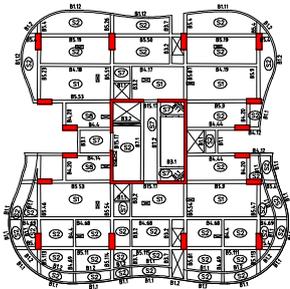
### 3.3 Desain Struktur Dinding Geser

Pada tahap ini dilakukan perencanaan struktur dinding geser yang akan digunakan pada gedung apartemen The Royale Springhill Residences. Data-data untuk dimensi gedung akan menggunakan data dari proyek tersebut. Penentuan beban kerja baik itu beban mati, hidup, angin, dan gempa juga akan disesuaikan dengan peraturan yang berlaku, sehingga tugas akhir ini bisa dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

Struktur dinding geser itu sendiri akan dibuat sehingga menyerupai bentuk aslinya dan 3 bentuk lain. Jadi ada 4 model bangunan yang akan dianalisa dalam tugas akhir ini. Kemudian akan dilihat simpangan dari masing-masing model bangunan tersebut kemudian dibandingkan. Dengan demikian pada bagian kesimpulan akan diketahui model dinding geser manakah yang memiliki simpangan paling kecil.

#### a. Model Lapangan

Model 1 merupakan struktur asli dari bangunan proyek apartemen The Royale Springhill Residences yang berlokasi di Jakarta Pusat. Pada proyek tersebut digunakan dinding geser sebagai inti (corewall) dinding struktur yang berbentuk persegi dengan ditambah oleh beberapa kolom berdimensi besar sebagai perkuatan sisi-sisi bangunan. Denah gedung selengkapnya seperti dalam Gambar 3.1.

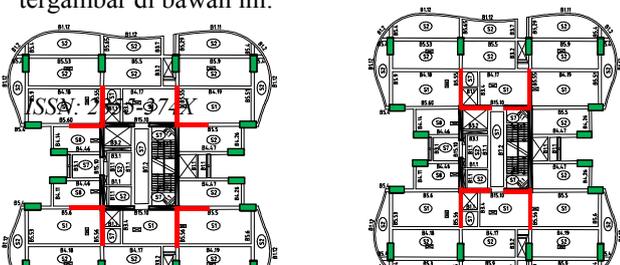


**Gambar 3.1.** Denah struktur dengan pemasangan dinding geser pada proyek Apartemen The Royale Springhill Residences

#### b. Model Analisis

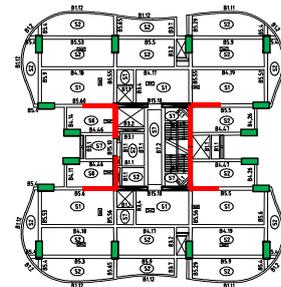
Model analisis adalah model yang sama dengan bentuk aslinya namun letak dan bentuk dinding geser dimodifikasi dengan dengan maksud untuk dibandingkan hasil analisis lendutannya dengan model lapangan. Dari modifikasi ini akan dianalisa dengan bantuan software struktur yaitu ETABS. Hasil dari lendutan akan dilampirkan dalam bentuk tabel dan diagram agar mempermudah dalam perbandingannya.

Dalam analisis ini akan dirancang 3 model seperti yang tergambar di bawah ini.



Gambar 3.2 Model 1

Gambar 3.3 Model 2



Gambar 3.4 Model 3

Dengan demikian akan didapatkan beberapa nilai lendutan dari variasi bentuk dan posisi dinding geser yang digunakan dalam analisa ini.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini akan dihitung pembebanan pada Tower 5 (Blok 5) (lihat lampiran) apartemen berupa beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban gempa dengan menggunakan analisa dinamis ragam spektrum respons. Kemudian menghitung simpangan lateral yang terjadi. Setelah itu akan dibuat 3 model dengan variasi bentuk dan penempatan dinding geser untuk dihitung simpangan lateral yang terjadi dan dibandingkan dengan simpangan lateral gedung aslinya.

Hitungan manual berat di lantai 34 di atas ternyata berbeda tipis dengan hitungan ETABS, hal ini karena ETABS membulatkan massa kumulatif sebagai faktor keamanan. Perhatikanlah berat total pada lantai 34 pada tabel di bawah ini

$$\text{Berat } (W_i = \text{massa} \times \text{gravitasi})$$

$$\text{Gravitasi bumi} = 9,81 \text{ m/s}^2$$

Tabel 4.1 Berat Bangunan tiap Lantai

N0	Lantai	massa tiap lantai	berat (kg)
1	34	14198,8	139289,9
2	33	51340	503645,4
3	32	97130	952845,3
4	31	96620	947842,2
5	30	96620	947842,2
6	29	96620	947842,2
7	28	96620	947842,2
8	27	96620	947842,2

9	26	96620	947842,2
10	25	96620	947842,2
11	24	96620	947842,2
12	23	96620	947842,2
13	22	96620	947842,2
14	21	96620	947842,2
15	20	96900	950589
16	19	97180	953335,8
17	18	97180	953335,8
18	17	98030	961674,3
19	16	98870	969914,7
20	15	98870	969914,7
21	14	100000	981000
22	13	101100	991791
23	12	101100	991791
24	11	101100	991791
25	10	101500	995715
26	9	101800	998658
27	8	101800	998658
28	7	101800	998658
29	6	101800	998658
30	5	102200	1002582
31	4	102700	1007487
32	3	100300	983943
33	2	66650	653836,5
Berat Total Bangunan (kg)			30310546

Dari tabel di atas, maka Berat Total Apartemen ini adalah 30310546kg. Berat total ini akan dipergunakan dalam perhitungan beban gempa nantinya.

#### 4.1 Beban Angin

Dikarenakan lokasi proyek termasuk dalam kawasan pinggir pantai sehingga kecepatan angin yang terjadi biasanya lebih besar daripada kawasan yang bukan pinggiran pantai. Kecepatan angin maksimum yang pernah terjadi dari data Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Jakarta Pusat adalah 75 km/jam = 20,8333 m/s ( lokasi proyek dekat dengan pantai), sehingga besar beban angin tiap m<sup>2</sup> menurut SNI 03-2397-1991 :

$$P = \frac{v^2}{16} \dots \dots \dots (1)$$

$$P = \frac{(20,8333)^2}{16}$$

$$P = 27,13 \text{ kg/m}^2$$

Diambil P = 30 kg/m<sup>2</sup>

#### 4.2. Beban Gempa

Analisis struktur terhadap beban gempa mengacu pada Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung (SNI 03-1726-2002). Analisis struktur terhadap beban gempa pada gedung dilakukan dengan Metode

Analisis Dinamik Spektrum Respon. Besarnya beban gempa nominal pada struktur bangunan dihitung dengan rumus:

$$V = \frac{C \cdot I \cdot W}{R} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana :

- V = Beban gempa
- W = Berat bangunan
- I = Faktor keutamaan struktur
- R = Faktor reduksi gempa
- C = Koefisien respon gempa.

#### a. Faktor Keutamaan Struktur (I)

Dari Tabel Faktor Keutamaan Bangunan (Tabel 1 SNI 03-1726-2002), besarnya faktor keutamaan struktur (I) untuk gedung umum seperti untuk penghunian, perniagaan dan perkantoran diambil sebesar 1.

#### b. Faktor Reduksi Gempa (R)

Dari tabel Faktor Reduksi Gempa (Tabel 2 SNI 03-1726-2002), Struktur Gedung ini termasuk dalam kategori struktur sistem ganda struktur rangka pemikul momen menengah dengan dinding geser beton bertulang (tingkat daktilitas parsial) besarnya nilai faktor reduksi gempa R= 6,5.

#### c. Penentuan Jenis Tanah

Jenis tanah ditetapkan sebagai tanah keras, tanah sedang dan tanah lunak apabila untuk lapisan setebal maksimum 30 meter paling atas dipenuhi syarat-syarat yang tercantum dalam tabel IV.2.

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^m t_i}{\sum_{i=1}^m t_i / N_i} \dots \dots \dots (3)$$

dimana :

- t<sub>i</sub> = tebal lapisan tanah ke-i
- N<sub>i</sub> = nilai hasil Test Penetrasi Standar lapisan tanah ke-i
- m = jumlah lapisan tanah yang ada di atas batuan dasar

Tabel 4.2. Jenis Tanah dan Klasifikasinya

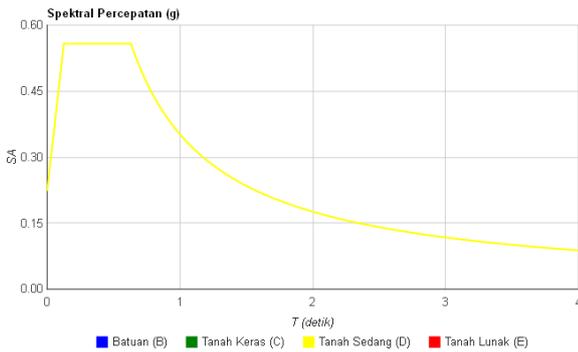
Jenis tanah	Kecepatan rambat gelombang geser rerata, $\bar{v}_s$ (m/det)	Nilai hasil Test Penetrasi Standar rerata $\bar{N}$	Kuat geser niralir rerata $\bar{S}_u$ (kPa)
Tanah Keras	$\bar{v}_s \geq 350$	$\bar{N} \geq 50$	$\bar{S}_u \geq 100$
Tanah Sedang	$175 \leq \bar{v}_s < 350$	$15 \leq \bar{N} < 50$	$50 \leq \bar{S}_u < 100$
Tanah Lunak	$\bar{v}_s < 175$	$\bar{N} < 15$	$\bar{S}_u < 50$
	atau, semua jenis tanah lempung lunak dengan tebal total lebih dari 3 meter dengan $PI > 20$ , $w_L \geq 40\%$ dan $S_u < 25$ kPa		
Tanah Khusus	Diperlukan evaluasi khusus di setiap lokasi		

Dari Tabel 4.2 Jenis-Jenis Tanah, untuk kedalaman 30,45 meter dengan Nilai hasil Test Penetrasi Standar rata-rata (  $\bar{N}$  ) = 49,706 (  $15 \leq \bar{N} < 50$  ), maka tanah di bawah bangunan merupakan tanah sedang.

#### d. Penentuan Zona Wilayah Gempa

Sebagaimana telah ditentukan pada data umum, lokasi bangunan berada di Kemayoran, Jakarta Pusat. Dari data yang ada berdasarkan SNI 03-1726-2002 mengenai Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur

Bangunan Gedung, pada peta gempa Indonesia menunjukkan bahwa Jakarta termasuk dalam wilayah gempa 3. Dengan menggunakan aplikasi dari Google yaitu Google Map, proyek The Royale Springhill Residences ini dapat kita ketahui koordinatnya terletak pada lintang - 6,146528 dan bujur 106,852093. Kemudian koordinat tersebut digunakan untuk mendapatkan grafik Respon Spektrum dengan menggunakan situs “Desain Spektra Indonesia”, sehingga didapatkan gambar grafik koefisien respon gempa sesuai keadaan proyek. Gambar grafik ini kemudian digambarkan di ETABS. Berikut hasil plot grafik yang didapatkan.



Gambar 4.1 Grafik Respon Spektrum

Dalam analisa dinamis nilai ordinat pada grafik di atas harus dikalikan dengan suatu koreksi.

Koreksi arah gempa utama ( $K_x$ )

$$k_x = \frac{100\% \times g \times I}{R} \dots\dots\dots(4)$$

$$k_x = \frac{100\% \times 9,81 \times 1}{6,5}$$

$$k_x = 1,51$$

Koreksi arah gempa sekunder ( $K_s$ )

$$k_s = \frac{30\% \times g \times I}{R} \dots\dots\dots(5)$$

$$k_s = \frac{30\% \times 9,81 \times 1}{6,5}$$

$$k_s = 0,453$$

e. Menghitung periode natural (waktu getar alami) :

Salah satu faktor penting yang harus diperhatikan dalam analisa gempa adalah wilayah kegempaan dimana bangunan itu berdiri. Dari studi kegempaan pada lokasi bangunan, dapat diketahui berapa besarnya beban gempa yang mungkin diterima oleh bangunan tersebut sehingga bangunan tersebut tidak mengalami keruntuhan akibat beban gempa rencana yang mungkin terjadi selama umur bangunan.

Parameter untuk desain gempa :

- Kondisi tanah di lokasi gedung adalah tanah sedang, untuk tanah sedang.
  - Percepatan puncak di batuan dasar = 0,15g (lihat Tabel SNI 1726)
  - Percepatan puncak di permukaan tanah ( $A_0$ )= 0,23g (lihat Tabel II.6)
  - $T_c = 0,6$  detik (Lihat Tabel II.8 )
- $$A_m = 0,55$$

$$A_r = A_m \times T_c = 0,55 \times 0,6 = 0,33$$

$$\text{Tinggi total bangunan (H)} = 107,4 \text{ m}$$

Menggunakan sistem ganda , sehingga :

$$T = 0,0488 H^{\frac{3}{4}} \dots\dots\dots(6)$$

$$T = 0,0488 (107,4)^{\frac{3}{4}}$$

$$T = 1,63 \text{ detik}$$

Pembatasan Waktu Getar Alami Fundamental :

$$T_1 = ] \cdot n \dots\dots\dots(7)$$

untuk wilayah gempa 3, nilai ( $] = 0,18$  (Lihat Tabel II.7)

$n =$  jumlah lantai

$$T_1 = 0,18 \times 33$$

$$T_1 = 6,08 \text{ detik}$$

Terntaya  $T < T_1$ ,

$$1,63 \text{ detik} < 6,08 \text{ detik},$$

jadi gunakan  $T = 1,63$  detik

Karena  $T > T_c$ ,

$$1,63 \text{ detik} > 0,6 \text{ detik}, \text{ sehingga koefisien}$$

percepatan gempa :

$$A_r = A_m \times T_c = 0,55 \times 0,6 = 0,3 \dots\dots\dots(8)$$

$$\text{Maka } C = \frac{A_r}{T} = \frac{0,33}{1,63} = 0,20245 \dots\dots\dots(9)$$

Dari seluruh data yang telah didapatkan di atas maka gaya geser dasar nominal ( $V$ ) yang terjadi adalah sebesar

$$V = \frac{CIW}{R}$$

$$V = \frac{0,20245 \times 1 \times 30310546}{6,5}$$

$$V = 507979,0316 \text{ kg}$$

Selanjutnya, untuk analisa dinamis dengan menggunakan ETABS agar beban gempa dimasukkan secara otomatis, kita harus menentukan koefisien gempa arah x dan arah y, yaitu :

$$C_x = \frac{CI}{R} \dots\dots\dots(10)$$

$$C_x = \frac{0,20245 \times 1}{6,5}$$

$$C_x = 0,031146$$

Karena nilai desain spektra ( $C$ ) sama, maka  $C_x = C_y = 0,031146$ .

Berdasarkan SNI 03-1726-2002 pasal 5.4.4, dalam merencanakan bangunan tahan gempa harus memperhitungkan efek eksentrisitas. Efek eksentrisitas tersebut diambil dari persamaan di bawah ini. Pilih yang paling berpengaruh.

Jika  $0 < e \leq 0,3 b$  , maka  $e_d = 1,5e + 0,05b$

Atau  $e_d = e - 0,05b$

Jika  $e > 0,3 b$  , maka  $e_d = 1,33e + 0,1b$

Atau  $e_d = 1,17e - 0,1b$

Eksentrisitas apartemen ini dapat dilihat dalam tabel yang disajikan ETABS :

Keterangan tabel :

$e =$  selisih antara pusat kekauan dan pusat massa

b = ukuran horizontal terbesar denah struktur pada lantai gedung dalam arah tegak lurus gempa

### 4.3. Kontrol Partisipasi Massa

Menurut SNI-0301726-2002 pasal 7.2.1 : bahwa perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respon total harus sekurang-kurangnya 90%. Untuk melihat apakah Analisis Dinamik yang telah dilakukan memenuhi syarat tersebut, maka diambil data "Modal Participating Mass" dari ETABS

### 4.4. Kontrol Nilai Akhir Respons Spektrum

Menurut SNI-03-1726-2002 Pasal 7.1.3: bahwa Nilai Akhir Respons Spektrum tidak boleh diambil kurang dari 80%. Nilai Respons Ragam pertama  $V \geq 0,8V_1$ . Dari Etab "Support Reaction" didapat gaya geser dasar ( $V_x$ ). Dengan persamaan berikut maka dapat dilihat apakah nilai akhir Nilai Akhir Respon Spektrum telah memenuhi atau tidak syarat dari SNI di atas.

#### a. Model Lapangan

- $V_x \geq 0,8 \cdot V_1$   
800179,8  $\geq 0,8 \cdot 507979,0316$   
800179,8  $\geq 406383,225$  kN.....(Memenuhi Syarat)
- $V_y \geq 0,8 \cdot V_1$   
735258,1  $\geq 0,8 \cdot 507979,0316$   
735258,1  $\geq 406383,225$  kN.....(Memenuhi Syarat)

#### b. Model 1

- $V_x \geq 0,8 \cdot V_1$   
539107,8  $\geq 0,8 \cdot 507979,0316$   
539107,8  $\geq 406383,225$  kN.....(Memenuhi Syarat)
- $V_y \geq 0,8 \cdot V_1$   
555047,4  $\geq 0,8 \cdot 507979,0316$   
555047,4  $\geq 406383,225$  kN.....(Memenuhi Syarat)

#### c. Model 2

- $V_x \geq 0,8 \cdot V_1$   
718347,7  $\geq 0,8 \cdot 507979,0316$   
718347,7  $\geq 406383,225$  kN.....(Memenuhi Syarat)
- $V_y \geq 0,8 \cdot V_1$   
581179,4  $\geq 0,8 \cdot 507979,0316$   
581179,4  $\geq 406383,225$  kN.....(Memenuhi Syarat)

#### d. Model 3

- $V_x \geq 0,8 \cdot V_1$   
876137,4  $\geq 0,8 \cdot 507979,0316$   
876137,4  $\geq 406383,225$  kN.....(Memenuhi Syarat)
- $V_y \geq 0,8 \cdot V_1$   
581179,4  $\geq 0,8 \cdot 507979,0316$   
539581,2  $\geq 406383,225$  kN.....(Memenuhi Syarat)

Dengan demikian syarat Nilai Akhir Respons Spektrum tidak boleh diambil kurang dari 80%. Nilai Respons Ragam pertama  $V \geq 0,8V_1$  telah terpenuhi pada semua model bangunan dengan variasi bentuk dan posisi dinding geser.

### 4.5. Kontrol Kinerja Batas Layan dan Batas Ultimit

Untuk memenuhi persyaratan kinerja batas layan struktur, dalam segala hal simpangan antar tingkat yang dihitung dari simpangan struktur gedung tidak boleh melampaui  $0,03/R \times$  tinggi tingkat yang bersangkutan atau 30 mm, diambil nilai terkecil.

Contoh perhitungan kinerja batas layan lantai 33 arah X

$$\Delta s \text{ antar tingkat} < \frac{0,03}{R} \times H \dots \dots \dots (11)$$

$$1,8 \text{ mm} < \frac{0,03}{6,5} \times 3200 \text{ mm}$$

$$1,8 \text{ mm} < 14,77 \text{ mm} \dots \dots \dots (\text{Memenuhi})$$

Untuk memenuhi persyaratan kinerja batas ultimit gedung, dalam segala hal simpangan antar tingkat yang dihitung dari simpangan struktur ( $\Delta M \times \xi$ ) tidak boleh melampaui 0,02 kali tinggi tingkat yang bersangkutan.

Contoh perhitungan kinerja batas ultimit lantai 33 arah X Untuk gedung tidak beraturan

$$\xi = \frac{0,7 R}{\text{Faktor Skala}} = \frac{0,7 \cdot 6,5}{1} = 4,55 \dots \dots \dots (12)$$

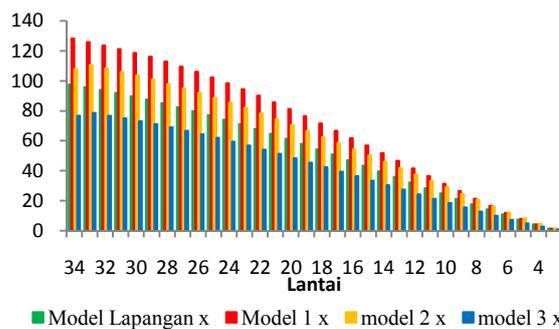
$$\xi \times \text{drift } \Delta m < 0,02 H \dots \dots \dots (13)$$

$$4,55 \times 8,19 \text{ mm} < 0,02 \times 3200 \text{ mm}$$

$$37,26 \text{ mm} < 64 \text{ mm} \dots \dots \dots (\text{memenuhi})$$

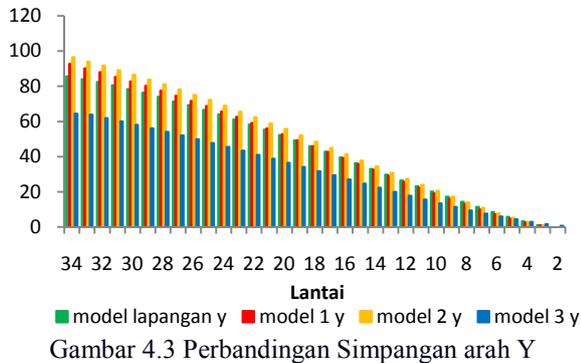
Dikarenakan banyaknya data dalam perhitungan, maka untuk mempermudah serta mempercepat perhitungan Kinerja Batas Layan dan Batas Ultimit data perhitungan diolah dalam bentuk tabel dengan menggunakan Microsoft Excel.

Pemasangan dinding geser memberikan dampak positif pada kekakuan struktur portal. Hasil analisis program ETABS v9.0.0 menunjukkan perubahan nilai simpangan horisontal struktur pada gedung yang dipasang dinding geser dengan beberapa variasi dan bentuknya. Hal ini menunjukkan bahwa bentuk dan posisi dinding geser sangat berpengaruh kepada simpangan lateral yang dihasilkan. Perbandingan nilai simpangan horisontal dengan kombinasi beban dapat dilihat pada Grafik IV.17 dan Grafik IV.18.



Gambar 4.2 Perbandingan Simpangan arah X

Dari grafik di atas, dapat dilihat model yang memiliki simpangan maksimum terbesar adalah Model 1 dimana simpangan maksimum pada tingkat tertinggi mencapai 128 mm, dan simpangan maksimum terkecil pada tingkat tertinggi terjadi pada model 3 dimana simpangan maksimumnya sebesar 107,89 mm, sedangkan model lapangan bila diurut dari simpangan terkecil, menduduki peringkat ke dua.



Gambar 4.3 Perbandingan Simpangan arah Y

Dari grafik di atas, dapat dilihat model yang memiliki simpangan maksimum terbesar adalah Model 2 dimana simpangan maksimum pada tingkat tertinggi mencapai 96,54 mm, dan simpangan maksimum terkecil pada tingkat tertinggi terjadi pada model 3 dimana simpangan maksimumnya sebesar 64,39 mm, sedangkan model lapangan bila diurut dari simpangan terkecil, menduduki peringkat ke dua.

Dapat ditarik kesimpulan bahwa bangunan ini dengan variasi dan posisi dinding geser model 3 memiliki simpangan terkecil baik pada arah beban X ataupun arah beban Y.

## 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis keseluruhan model terhadap simpangan lateral dan simpangan antar tingkat dengan bantuan software Etabs, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dengan Volume bangunan yang sama, namun penempatan dan variasi bentuk yang berbeda, dapat mempengaruhi kekakuan struktur terhadap beban lateral yang diterima.
2. Dari hasil analisis ke empat model yang ada, ternyata struktur yang menerima beban lateral dari sumbu-x lebih lemah dibandingkan menerima beban lateral dari sumbu-y.
3. Pada semua model yang dibuat, masih bisa memenuhi syarat kinerja struktur dari SNI-03-1726-2002.
4. Pada struktur bangunan ini, beban lateral sepenuhnya diterima oleh dual sistem struktur dimana struktur portal menerima tidak kurang dari 30% beban lateral rencana dan dinding geser menerima sekitar 70% beban lateral rencana.

### 5.2 Saran

1. Dalam analisis ini banyak faktor yang tidak diikutsertakan seperti perencanaan pondasi, pengaruh

dinding terhadap kekakuan dan lain-lain, sehingga masih terlalu cepat untuk menyimpulkan bahwa model 3 lebih baik dari model lain, sehingga diperlukan studi lebih lanjut dengan mengikutsertakan faktor-faktor lainnya.

2. Dalam analisis kali ini yang digunakan hanya metode analisa dinamik respon spektrum saja, untuk studi lebih lanjut dapat mempertimbangkan metode analisa dinamik riwayat waktu sebagai pembanding dari analisa ini.

**UCAPAN TERIMA KASIH :**Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulisan skripsi ini tidak terlepas dari dukungan, motivasi, kerjasama, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu Ir. Hj. Ika Yuliantina M.S, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Ir.H. Imron Fikri Astira, M.S, selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan bimbingan, arahan, saran, masukan dan motivasi bagi penulis dalam penyusunan skripsi ini
3. Ibu Rosidawani S.T, M. T dan Bapak Bimo Brata Adhitya, S.T, M.T, selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing penulis dan menyelesaikan kegiatan akademik pada Jurusan Teknik Sipil Unsri.
4. Keluarga tercinta yang selalu memberikan motivasi, arahan dan masukan dalam setiap langkah hidup.
5. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Sipil Unsri atas semua ilmu yang diberikan, semoga berkah dan bermanfaat.
6. Segenap karyawan Fakultas Teknik dan Jurusan Teknik Sipil Unsri serta seluruh pihak yang telah membantu selama penulis menyelesaikan studi.

### DAFTAR PUSTAKA

- 1) Andrianto, H.R. 2007. *Analisis Struktur Gedung dengan ETABS Versi 9.0.7*. Jakarta : PT Elex Media Komputindo
- 2) Badan Standarisasi Nasional. 2002. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2002)*. Jakarta.
- 3) Badan Standarisasi Nasional. 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002)*. Jakarta
- 4) Kuncoro, Wahyu Tri . 2010 . *Perubahan Nilai Simpangan Horisontal Bangunan Bertingkat Setelah Pemasangan Dinding Geser pada Tiap Sudutnya* . Program Studi Teknik Sipil fakultas Teknik Universitas Sebelas MaretSurakarta.
- 5) Kusuma, Tavio Benny. 2009 . *Desain Sistem Rangka Pemikul Momen dan Dinding Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa* .Surabaya : ITS Press.
- 6) Mc Cormac, J.C. 2002. *Desain Beton Bertulang Jilid 2*. Jakarta : Erlangga
- 7) Schodek, Daniel L. 1999. *Struktur Edisi kedua*. Jakarta: Erlangga.
- 8) Widodo. 2001. *Respon Dinamik Struktur Elastik*. Yogyakarta : UII Press

- 9) Yuliari, Ester & Suhelda . 2008. *Evaluasi Perbandingan Konsep Desain Dinding Geser Tahan Gempa Berdasarkan SNI Beton*. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan Institut Teknologi Bandung.
- 10) Pamungkas, Anugrah & Erny Haryanti. 2009 *Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa*. Surabaya: ITS Press.