

**STUDI RESPON BANGUNAN TIDAK BERATURAN
DENGAN VARIASI BUKAAN PADA *SHEAR WALL*
TERHADAP BEBAN GEMPA
(STUDI KASUS : BANGUNAN APARTEMEN BASSURA *CITY*
TOWER *JASMINE*)**



**DONI SETIAWAN
5415134220**

**Skripsi Ini Ditulis Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Dalam Memperoleh Gelar Sarjana**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK BANGUNAN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2017**

ABSTRAK

Doni Setiawan. **Studi Respon Bangunan Tidak Beraturan dengan Variasi Bukaannya pada *Shear wall* terhadap Beban Gempa (Studi Kasus: Bangunan Apartemen Bassura City Tower Jasmine)**. Skripsi. Jakarta: Jurusan Teknik Sipil. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Jakarta

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk membandingkan respon bangunan ketika diberikan beberapa variasi posisi dan ukuran bukaan pada *shear wall* terhadap beban gempa dengan parameter ukur *base shear*, *displacement*, dan *story drift*. Penelitian ini dilakukan pada bangunan dengan kondisi tidak beraturan dengan studi kasus gedung Apartemen Bassura City Tower Jasmine.

Penelitian ini akan dibuat 6 pemodelan *shear wall* mulai dengan 1 model tanpa bukaan dan 5 model dengan bukaan yang divariasikan posisi dan ukurannya. Proses analisa dilakukan menggunakan software ETABS dan perencanaan beban gempa menggunakan analisis dinamis respon spektrum.

Berdasarkan hasil penelitian dari ketiga parameter ukur respon bangunan yang ditinjau yaitu *base shear*, *displacement*, dan *story drift* menunjukkan model bangunan dengan *shear wall* tanpa bukaan menghasilkan respon yang lebih baik dibandingkan 5 model lainnya yang terdapat bukaan. Terlihat adanya penurunan nilai base shear sekitar 6%-7% dan peningkatan nilai *displacement* sekitar 8,2% untuk arah X dan 52,78% untuk arah Y pada model dengan bukaan dibandingkan dengan model tanpa bukaan. Besarnya pengaruh tergantung akan ukuran dan posisinya. Dimana dibandingkan dengan model bukaan eksisting dan model bukaan lainnya model 3 yaitu bukaan dengan ukuran kecil dan posisi di pusat penampang *shear wall* menunjukkan respon yang lebih baik dibandingkan dengan variasi model *shear wall* yang memiliki bukaan lainnya. Namun dari segi kinerja batas ultimit semua model masih dalam kondisi aman.

Kata Kunci: *Shear Wall*, Bukaan *Shear Wall*, Respon Bangunan

ABSTRACT

Doni Setiawan. *Study Of Irregular Buiding Response With Variation Opening In Shear wall On Earthquake Load (Case Study: Building of Bassura City Tower Jasmine Apartment)*. Thesis. Jakarta: Department of Civil Engineering. Faculty of Engineering. State University of Jakarta



The purpose of these research to compare building response with some position variation and opening shear wall dimensions to earthquake load with base shear, displacement, and story drift indicators. These research irregular condition buldings with study case Apartment Bassura City Tower Jasmine building.

This research will make as 6 shear wall models starting with 1 model without openings and 5 models with openings in varied position and size. The analysis process is done by using ETABS software and earthquake load planning using dynamic analysis of spectrum response.



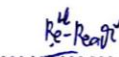
Base on the results of research, from all three parameters of the measured building response, namely base shear, displacement, and story drift show the model of building with shear wall without opening have better response than 5 other models of openings. Seems like there is a decrease base shear value approximately 6%-7% and increase displacement value approximately 8,2% for X direction and 52,78% for Y direction on opening model compared without opening model. Compared to existing model openings, of model 3 the openings with small size and position in the center of the shear wall cross section showed a better response than the variation of shear wall model that has other openings. But in terms of ultimate performance limit all models are still in safe condition.

Key Words: Shear wall, Openings, Building Response

LEMBAR PENGESAHAN

NAMA DOSEN	TANDA TANGAN	TANGGAL
Sittati Musalamah, MT (Dosen Pembimbing I)		<u>23</u> <u>08</u> 2017
Drs. Prihantono, M. Eng (Dosen Pembimbing II)		<u>23/08</u> 2017

PENGESAHAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

NAMA DOSEN	TANDA TANGAN	TANGGAL
R. Eka Murtinugraha, M.Pd (Ketua Penguji)		<u>23/8</u> - 2017
Dr. Gina Bachtiar, MT (Penguji I)		<u>22-08-2017</u>
Ririt Aprilin S, M.Sc.Eng (Penguji II)		<u>16 Agustus</u> 2017

Tanggal Lulus : 14 Agustus 2017

HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis skripsi saya ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk gelar akademik sarjan, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di perguruan tinggi lain
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri dengan arahan dosen pembimbing
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka
4. Pernyataan ini saya buat sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, 14 Agustus 2017

Yang Membuat Pernyataan



Doni Setiawan

NRM. 5415134220

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, karunia dan hidayah-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Studi Respon Bangunan Tidak Beraturan Dengan Variasi Bukaannya Pada *Shear wall* Terhadap Beban Gempa (Studi kasus Bangunan Apartemen Bassura City Tower Jasmine)”. Skripsi ini disusun dalam rangka menyelesaikan studi strata satu (S1) yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pendidikan pada Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan, Fakultas teknik, Universitas Negeri Jakarta.

Tidak dapat dipungkiri dalam penyusunan skripsi ini, penulis banyak mendapat dukungan dan bantuan secara moril maupun spiritual dari banyak pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Sittati Musalammah, MT selaku pembimbing materi yang telah memberikan bimbingan sepenuhnya sampai akhir penyusunan skripsi ini
2. Bapak Drs.Prihantono, ST, M.Eng selaku dosen pembimbing metodologi yang telah memberikan bimbingan sampai terselesaikannya skripsi ini.
3. Bapak R. Eka Murtinugraha, M. Pd selaku Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta dan selaku ketua penguji.
4. Ibu Ririt Aprilin S, ST, M.Sc. Eng selaku dosen penguji.
5. Ibu Dr. Gina Bachtiar, MT selaku dosen penguji.
6. Kedua orang tua penulis atas do'a dan dukungannya.
7. Rekan-rekan seperjuangan selama 4 tahun masa kuliah mahasiswa program studi teknik bangunan B angkatan 2013.
8. Bapak Hefris dan Bapak Anam selaku karyawan PT.Totalindo Eka Persada yang telah mengizinkan penulis melakukan penelitian pada Proyek Apartemen Bassura City.
9. Serta pihak-pihak lainnya yang membantu penulis menyelesaikan skripsi ini baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih belum sempurna dan masih terdapat kekurangan. Hal ini dikarenakan keterbatasan pengetahuan dari penulis. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan skripsi ini.

Akhir kata semoga atas kesediaan semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan skripsi ini, selalu mendapatkan berkat dan karunia dari Allah SWT. Penulis berharap agar hasil dari tulisan ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua.

Jakarta, Agustus 2017

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	ii
<i>ABSTRACT</i>	iii
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERNYATAAN	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR NOTASI	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah.....	4
1.3. Pembatasan Masalah.....	4
1.4. Perumusan Masalah	6
1.5. Tujuan Penelitian	6
1.6. Kegunaan Penelitian	6
BAB II KAJIAN TEORI	8
2.1. Landasan Teori	8
2.1.1. Konsep Dasar Gempa.....	8
2.1.2. Sistem Bangunan Bertingkat Tinggi	12
2.1.2.1. Respon Bangunan Terhadap Gempa.....	16
2.1.3. Ketidakberaturan Bangunan.....	20
2.1.3.1. Ketidakberaturan Horizontal.....	21
2.1.3.2. Ketidakberaturan Vertikal.....	23
2.1.3.3. Sistem Pemisah <i>Late Pour Strip</i>	24
2.1.4. Dinding Geser (<i>Shear wall</i>)	25
2.1.4.1. Sistem Kerja Dinding Geser.....	27
2.1.4.2. Bukaan Dinding Geser	30
2.1.5. Pembebanan Struktur	34
2.1.5.1. Beban Mati	34
2.1.5.2. Beban Hidup	36
2.1.5.3. Beban Gempa.....	38

2.1.5.4 Kombinasi Pembebanan.....	41
2.1.6. Metode Analisa Respon Spektrum.....	43
2.1.7. <i>Software</i> ETABS.....	47
2.2. Penelitian yang Relevan.....	50
2.3. Kerangka Konseptual.....	53
2.4. Hipotesis Penelitian.....	54
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	55
3.1. Tempat, Waktu dan Subjek Penelitian.....	55
3.2. Deskripsi Bangunan.....	55
3.2.1. Deskripsi Ketidakberaturan Bangunan Tower Jasmin	61
3.3. Perlakuan Penelitian	63
3.4. Analisa Pembebanan.....	65
3.4.1. Beban Mati	65
3.4.2. Beban Hidup.....	67
3.4.3. Beban Gempa	68
3.4.4. Kombinasi Pembebanan	70
3.5. Teknik Analisis Data	72
3.6. Diagram Alir Penelitian.....	73
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	75
4.1. Hasil Penelitian	75
4.1.1. <i>Base Shear</i>	75
4.1.2. <i>Displacement</i>	77
4.1.3. <i>Story drift</i>	80
4.2. Pembahasan	82
4.2.1. Analisa Nilai <i>Base Shear</i>	82
4.2.2. Analisa Nilai <i>Displacement</i>	86
4.2.3. Analisa Nilai <i>Story drift</i>	92
4.2.4. Analisa Kuat Geser <i>Shear Wall</i>	94
4.3. Analisa Keseluruhan.....	96
4.4. Keterbatasan Penelitian.....	98
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	99
5.1. Kesimpulan	99
5.2. Saran	100
DAFTAR PUSTAKA	101

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Bentuk Denah dan Bukaan Pada <i>Shear wall</i> Bangunan Apartemen Bassura City Tower Jasmine.....	3
Gambar 2.1	Zonasi Gempa Wilayah Indonesia Berdasarkan Parameter S_s	10
Gambar 2.2	Zonasi Gempa Wilayah Indonesia Berdasarkan Parameter S_I	11
Gambar 2.3	Perilaku Bangunan Ketika Menerima	14
Gambar 2.4	<i>Late Pour Strip</i>	25
Gambar 2.5	Deformasi Portal Terbuka dan Dinding Geser	28
Gambar 2.6	Sistem Kerja Portal Terbuka dan Dinding Geser	29
Gambar 2.7	Mekanisme Dinding Geser Bukaan Menerima Beban Lateral	31
Gambar 2.8	Dinding Geser dengan Bukaan Kecil dan Besar	32
Gambar 2.9	Bentuk Bukaan Dinding Geser.....	33
Gambar 2.10	Elemen pembatas (<i>Baoundary Element</i>)	34
Gambar 2.11	Kurva Respon Spektrum	46
Gambar 3.1	Denah Bangunan Apartemen Bassura City	56
Gambar 3.2	Denah Bangunan Apartemen Bassura City Tower Jasmine.....	56
Gambar 3.3	Tampak Depan Apartemen Bassura City Tower Jasmine.....	57
Gambar 3.4	Ketidakteraturan Sudut Bangunan.....	61
Gambar 3.5	Denah Shear Wall Tipe WIJ	64
Gambar 3.6	Variasi Pemodelan Bukaan Shear Wall	65
Gambar 3.7	Kurva Respon Spektrum	70
Gambar 3.8	Diagram Alir Penelitian	73
Gambar 3.9	Diagram Alir Pemodelan Struktur Menggunakan ETABS	74
Gambar 4.1	Perbandingan Nilai Base Shear	82
Gambar 4.2	Nilai Periode Struktur Masing-Masing Model.....	84
Gambar 4.3	Nilai Displacement Arah X.....	86
Gambar 4.4	Nilai Displacement Arah Y	87
Gambar 4.5	Perbandingan Displacement Eksisting dan Variasi Bukaan	89
Gambar 4.6	Story Drift Arah X.....	93
Gambar 4.7	Story Drift Arah Y.....	93
Gambar 4.8	Hubungan Base Shear dengan Displacement.....	96

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung	15
Tabel 2.2	Faktor Keutamaan Gempa	16
Tabel 2.3	Simpangan Antar Lantai Tingkat Ijin (Δa).....	18
Tabel 2.4	Ketidakteraturan Horizontal pada Struktur	21
Tabel 2.5	Ketidakteraturan Horizontal pada Struktur	23
Tabel 2.6	Daftar Beban Mati.....	35
Tabel 2.7	Beban Hidup Pada Lantai Gedung SNI-03-1727-1989	37
Tabel 2.8	Daftar Beban Hidup SNI 03-1727-2013	38
Tabel 2.9	Prosedur Analisa yang Boleh digunakan	40
Tabel 2.10	Koefisien Situs, Fa	44
Tabel 2.11	Koefisien Situs, Fv	44
Tabel 2.12	Klasifikasi Situs	45
Tabel 3.1	Tipe Kolom	59
Tabel 3.2	Tipe Balok.....	59
Tabel 3.3	Tipe Pelat	60
Tabel 3.4	Tipe <i>Shear wall</i>	60
Tabel 4.1	Nilai Base Shear Sebelum Terkoreksi	75
Tabel 4.2	Nilai Faktor Skala Terkoreksi	76
Tabel 4.3	Nilai Base Shear Terkoreksi	77
Tabel 4.4	Nilai Displacement Arah X.....	78
Tabel 4.5	Nilai Displacement Arah Y	79
Tabel 4.6	Nilai Story drift Arah X	80
Tabel 4.7	Nilai Story drift Arah Y	81
Tabel 4.8	Berat Struktur Masing-masing Model.....	83
Tabel 4.9	Perbandingan Nilai Displacement Arah X.....	87
Tabel 4.10	Perbandingan Nilai Displacement Arah Y.....	88
Tabel 4.11	Kontrol Nilai Displacement	92
Tabel 4.10	Perbandingan Kuat Geser	95

DAFTAR NOTASI

Δ_a	:	simpangan antar lantai tingkat ijin
C_s	:	koefisien respon seismik
I_e	:	faktor keutamaan gempa
M_u	:	momen terfaktor pada penampang
N_u	:	gaya aksial terfaktor tegak lurus terhadap penampang yang terjadi serentak dengan V_u
S_{DS}	:	parameter percepatan desain respon spektrum dalam rentang periode pendek
S_{DS}	:	parameter percepatan respons spectral pada periode panjang
V_c	:	kuat geser nominal
V_u	:	gaya geser terfaktor pada penampang
c_d	:	faktor amplikasi defleksi
f_c	:	mutu beton
f_y	:	mutu besi
l_o	:	panjang bukaan <i>shear wall</i>
l_w	:	panjang keseluruhan dinding
δ_{xe}	:	defleksi pada lokasi yang disyaratkan pada analisis elastis
Δ	:	simpangan antar tingkat desain
D	:	beban mati
d	:	diambil $0,8 l_w$
E	:	beban gempa
E_h	:	pengaruh beban gempa horizontal
E_v	:	pengaruh beban gempa vertikal
F_a	:	koefisien situs periode pendek
F_v	:	koefisien situs periode panjang
h	:	tebal dinding
h_{sx}	:	Ketinggian lantai
L	:	beban hidup
Lr	:	beban hidup atap

Q_E	:	pengaruh gaya gempa horizontal dari V atau F_p
R	:	beban hujan
S	:	beban salju
S_I	:	percepatan batuan dasar pada periode 1 detik
SM_1	:	parameter percepatan respons spectral MCE pada periode 1
SM_s	:	parameter percepatan respons spectral MCE pada periode 1 detik,
S_s	:	percepatan batuan dasar periode pendek 0,2 detik
T	:	periode getar fundamental struktur
W	:	beban angin
R	:	faktor modifikasi respon
W	:	berat seismik efektif
λ	:	faktor modifikasi
ρ	:	faktor redudansi

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Evaluasi Nilai Base Shear dan faktor skala terkoreksi.....	103
Lampiran 2. Kontrol Story Drift	109
Lampiran 3. Perhitungan Kuat Geser	111

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Penerapan konsep bangunan tahan gempa terutama pada bangunan tinggi merupakan suatu hal yang harus terpenuhi, khususnya untuk daerah-daerah yang memiliki tingkat kerawanan terjadinya gempa cukup tinggi seperti Indonesia. Karena sifatnya yang fleksibel menyebabkan bangunan tinggi sangat rentan terhadap pergerakan tanah kuat, yang dapat menimbulkan deformasi yang berlebihan atau bahkan keruntuhan mendadak (Jingga, Suryanita, & Yuniarto, 2015). Sehingga dalam perencanaannya perlu memperhatikan beberapa faktor yang dapat menunjang bangunan tersebut dalam menahan beban gempa.

Bentuk dasar struktur bangunan merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi kemampuannya dalam menahan beban lateral yang salah satunya disebabkan oleh gempa bumi. Bangunan akan memiliki respon yang lebih baik sewaktu menerima gempa dengan bentuk denah yang sederhana dan simetris dibandingkan bangunan dengan bentuk denah asimetris yang mempunyai bagian-bagian yang menonjol seperti bentuk L, U, H, T, Y dan bentuk lainnya (Nugroho, 2016).

Namun, banyaknya kebutuhan akan estetika dan fungsi sebuah bangunan menuntut adanya bentuk-bentuk struktur bangunan yang tidak biasa atau tidak beraturan baik secara horizontal maupun vertikal. Bangunan dengan bentuk ini menyebabkan letak titik berat bangunan tidak berada di tengah. Sehingga ketika terjadi gempa akan menimbulkan tingginya efek torsi yang terjadi, dan dampaknya

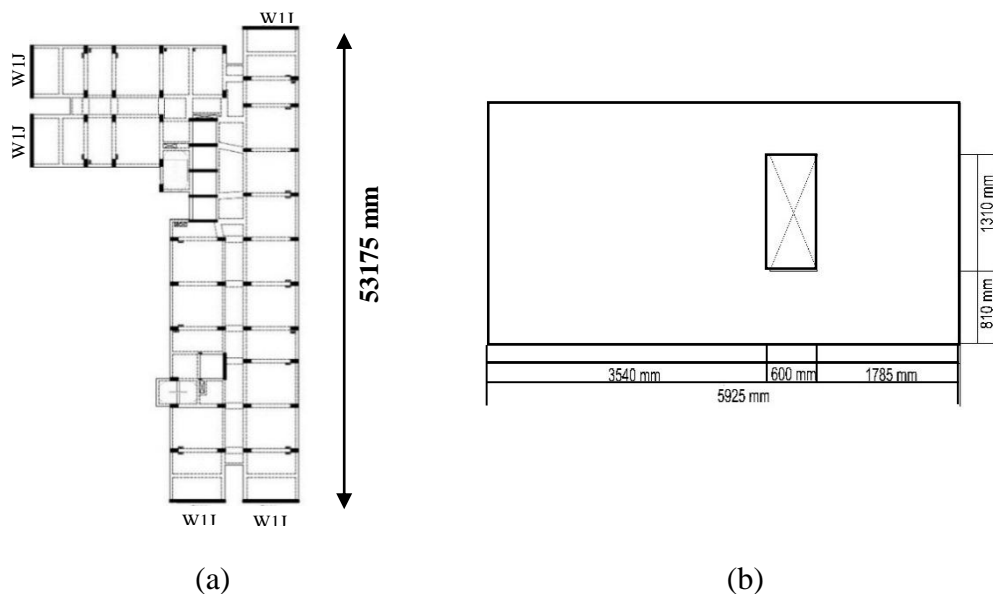
bangunan mengalami deformasi yang cukup besar (Juvientrian & Mughnie, 2014). Besarnya deformasi pada struktur bangunan dapat menyebabkan daya layan sruktur menurun. Oleh karena itu, pada bangunan-bangunan tinggi terutama dengan bentuk asimetris perlu adanya elemen-elemen pengaku yang dapat menunjang kinerja bangunan dalam menahan beban gempa.

Dinding geser (*shear wall*) merupakan elemen pengaku yang dapat digunakan untuk meredam goyang pada bangunan tinggi, baik dalam bentuk simetris maupun asimetris yang beresiko tinggi terhadap beban gempa. Dinding geser merupakan dinding beton bertulang yang memiliki kekakuan bidang datar yang sangat besar yang ditempatkan pada lokasi tertentu untuk menyediakan tahanan beban horizontal (Pranata & Yunizar, 2011). Dinding geser yang efektif adalah yang bersifat kaku dan kuat.

Penggunaan dinding geser sebagai sistem struktur utama bangunan khususnya pada apartemen, hotel atau kantor terkadang menimbulkan masalah pada desain arsitekturnya. Penempatan ruangan pada suatu bangunan sering kali menuntut *shear wall* memiliki bukaan yang biasanya difungsikan sebagai penempatan pintu, jendela, instalasi plumbing, dan instalasi listrik. Namun, pengurangan luas bruto penampang *shear wall* dapat membahayakan kekakuan, kekuatan, dan daktilitasnya terutama di bagian-bagian sudut bukaan (Elnashai & Sarno, 2008). Di mana kemampuan dan kekakuannya akan menurun seiring dengan banyaknya bukaan pada penampangnya (Khatami, Mortezaei, & Barros, 2012). Besarnya pengaruh sangat beragam tergantung pada ukuran dan posisi bukaan tersebut. Oleh karena itu, pada perencanaannya penempatan bukaan-bukaan pada dinding geser harus diperhitungkan dengan teliti agar bukaan dapat

ditempatkan pada bagian-bagian yang tidak akan berpengaruh banyak pada kekuatan *shear wall*.

Dari beberapa bangunan, gedung Apartemen Bassura *City Tower Jasmine* merupakan salah satu contoh bangunan tidak beraturan yang menggunakan sistem pengaku berupa dinding geser (*shear wall*) sebagai penahan gaya gempa. Bangunan dengan 2 *Basement*, 1 *Lower Ground*, 1 *Ground Floor*, dan 21 lantai ini memiliki beberapa tipe *shear wall* dengan posisi yang berbeda-beda. Namun, pada setiap *shear wall* yang berada pada sisi luar bangunan tersebut yaitu tipe W1J terdapat bukaan pada setiap penampangnya dengan ukuran 610×1310 mm. Bukaan tersebut difungsikan sebagai jendela dan diposisikan tidak pada pusat penampang *shear wall*. Posisi *shear wall* dan bukaan dapat dilihat pada Gambar 1.1. Posisi bukaan pada *shear wall* bangunan tersebut sebenarnya secara teoritis kurang menguntungkan terhadap kemampuan *shear wall* dalam menahan gempa. Menurut Khatami, dkk (2012) posisi bukaan yang terletak di pusat dinding geser adalah yang sesuai dalam meminimalkan penurunan kekuatan dan peningkatan deformasi.



Gambar 1.1 Bentuk Denah dan Bukaan Pada *Shear wall* Bangunan Apartemen Bassura *City Tower Jasmine*

Sumber: Dokumen Proyek

Berdasarkan uraian di atas maka dirasa perlu untuk mengetahui sampai seberapa jauh bukaan bisa diterapkan pada *shear wall* sebuah bangunan tinggi, dengan tidak mengurangi kemampuan layan *shear wall* terhadap beban gempa. Karena itu dilakukan penelitian mengenai bukaan pada *shear wall* dengan mengambil studi kasus pada gedung Apartemen Bassura *City Tower Jasmine*.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka identifikasi masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana respon bangunan Apartemen Bassura *City Tower Jasmine* dengan bukaan pada *shear wall* nya dalam menerima beban gempa?
2. Seberapa besar perbedaan respon bangunan Apartemen Bassura *City Tower Jasmine* terhadap beban gempa yang menggunakan *shear wall* dengan dan tanpa bukaan?
3. Bagaimana perbandingan respon yang akan timbul jika bukaan pada bangunan eksisting diberikan beberapa variasi posisi dan ukuran?
4. Bagaimana bukaan yang efektif untuk diterapkan pada *shear wall* bangunan Apartemen Bassura *City Tower Jasmine*?

1.3. Pembatasan Masalah

Agar dapat lebih fokus dan terarah pada tujuan utama penelitian ini, maka perlu dibuat suatu batasan-batasan masalah. Adapun batasan masalah tersebut adalah sebagai berikut:

1. Bangunan yang ditinjau adalah gedung apartemen Bassura *City Tower Jasmine* yang berlokasi di Jakarta Timur terdiri dari 2 Basement, 1 Lower Ground, 1 Ground Floor, dan 21 Lantai dengan bentuk ketidakberaturan secara horizontal dan vertikal.
2. Material yang digunakan adalah beton bertulang dengan mutu beton K-300, K-350, K-400, dan K-450 dengan mutu baja tulangan BJTD 40.
3. *Shear wall* yang digunakan sebagai subjek penelitian ini hanya pada tipe W1J dengan ketebalan 350 mm
4. Pada proses analisa akan dibuat 6 variasi bukaan termasuk didalamnya bukaan eksisting.
5. Perencanaan beban mati dan beban hidup pada bangunan mengacu pada SNI 03-1727-1989, SNI 03-1727-2013 tentang beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain.
6. Beban lateral yang ditinjau hanya beban gempa yang analisis perencanaannya menggunakan respon spektrum yang mengacu pada SNI 03-1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung.
7. Analisis struktur akan dilakukan menggunakan bantuan software ETABS v.9.7.4 dan ditinjau secara tiga dimensi.
8. Dalam pemodelan struktur bangunan disesuaikan dengan gambar perencanaan dan tidak meninjau perubahan-perubahan yang terjadi di lapangan.
9. Parameter respon bangunan yang dilihat berupa *Displacement*, *Story drift*, *Base Shear*.

1.4. Perumusan Masalah

Berdasarkan pembatasan masalah diatas maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah “Bagaimana perbandingan respon bangunan tidak beraturan terhadap beban gempa pada studi kasus bangunan Apartemen Bassura *City Tower Jasmine* ketika diberikan beberapa variasi posisi dan ukuran bukaan pada *shear wall*-nya?”

1.5. Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah diatas maka tujuan dari penelitian ini dilakukan adalah membandingkan respon bangunan tidak beraturan terhadap beban gempa dengan berbagai variasi bukaan pada *shear wall* dan untuk mendapatkan proporsi bukaan yang optimum terhadap kinerja *shear wall* dalam menahan beban gempa.

1.6. Kegunaan Penelitian

Adanya penelitian ini diharapkan memberikan manfaat untuk berbagai kalangan yang berkaitan dengan dunia teknik sipil baik secara teortis maupun praktis. Adapun manfaat yang bisa didapatkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kegunaan teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan bagi kalangan akademis mengenai kinerja *shear wall* terhadap beban gempa ketika diberikan bukaan pada penampangnya.

2. Kegunaan praktis

Penelitian ini dapat digunakan sebagai tambahan informasi terhadap kalangan masyarakat untuk perencanaan ke depannya bagaimana bukaan yang optimum dapat diterapkan agar tidak mempengaruhi kinerja *shear wall* terhadap beban gempa secara signifikan jika kondisi bangunan tidak beraturan.

BAB II

KAJIAN TEORI

2.1 Landasan Teori

Pada sub bab ini akan diuraikan berbagai informasi dan teori-teori penunjang yang berkaitan dengan penelitian ini. Di mana segala teori tersebut diambil dari berbagai buku maupun jurnal-jurnal penelitian dalam rangka mendapatkan segala informasi yang ada sebelumnya berkaitan dengan judul untuk memperoleh landasan teori ilmiah.

2.1.1 Konsep Dasar Gempa

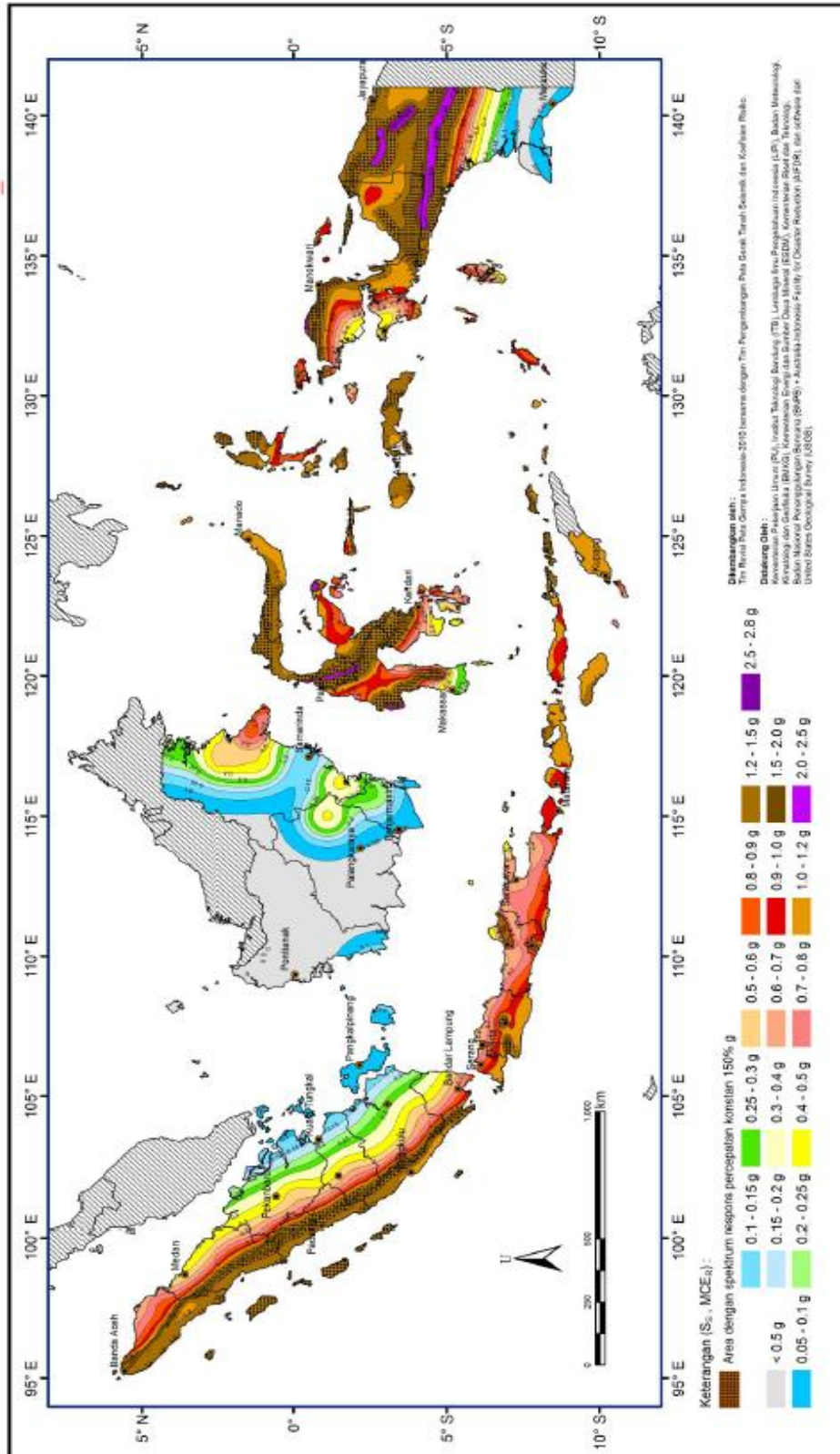
Gempa didefinisikan sebagai getaran yang timbul secara alamiah pada lokasi tertentu yang disebabkan oleh pergerakan kerak bumi (lempeng bumi) secara tiba-tiba (*sudden slip*). Pergeseran secara tiba-tiba ini terjadi karena adanya sumber gaya (*force*) yang disebabkan oleh beberapa sumber, baik yang bersumber dari aktivitas manusia maupun dari alam seperti gunung berapi, tanah longsor dan meteor yang menumbuk bumi. Walaupun pada dasarnya getaran ini sifatnya tidak berkelanjutan. Namun getaran yang dihasilkan disebarkan kesegala arah berupa gelombang sehingga efeknya dapat dirasakan sampai ke permukaan bumi (Suharjanto, 2013).

Gempa bumi alamiah khususnya yang terjadi di daerah batas pertemuan antar lempeng yang menyusun kerak bumi dan di daerah sesar atau *fault* biasanya intensitasnya cukup besar. Hal ini yang membuat Indonesia merupakan negara yang cukup besar memiliki potensi terjadinya gempa bumi. Karena letak geografisnya yang berada pada pertemuan perbatasan tiga lempeng tektonik, yaitu lempeng Australia, lempeng Pasifik, dan lempeng Euroasia. Gempa bumi baik yang skala

kecil maupun skala besar pernah terjadi di Indonesia (Suharjanto, 2013).

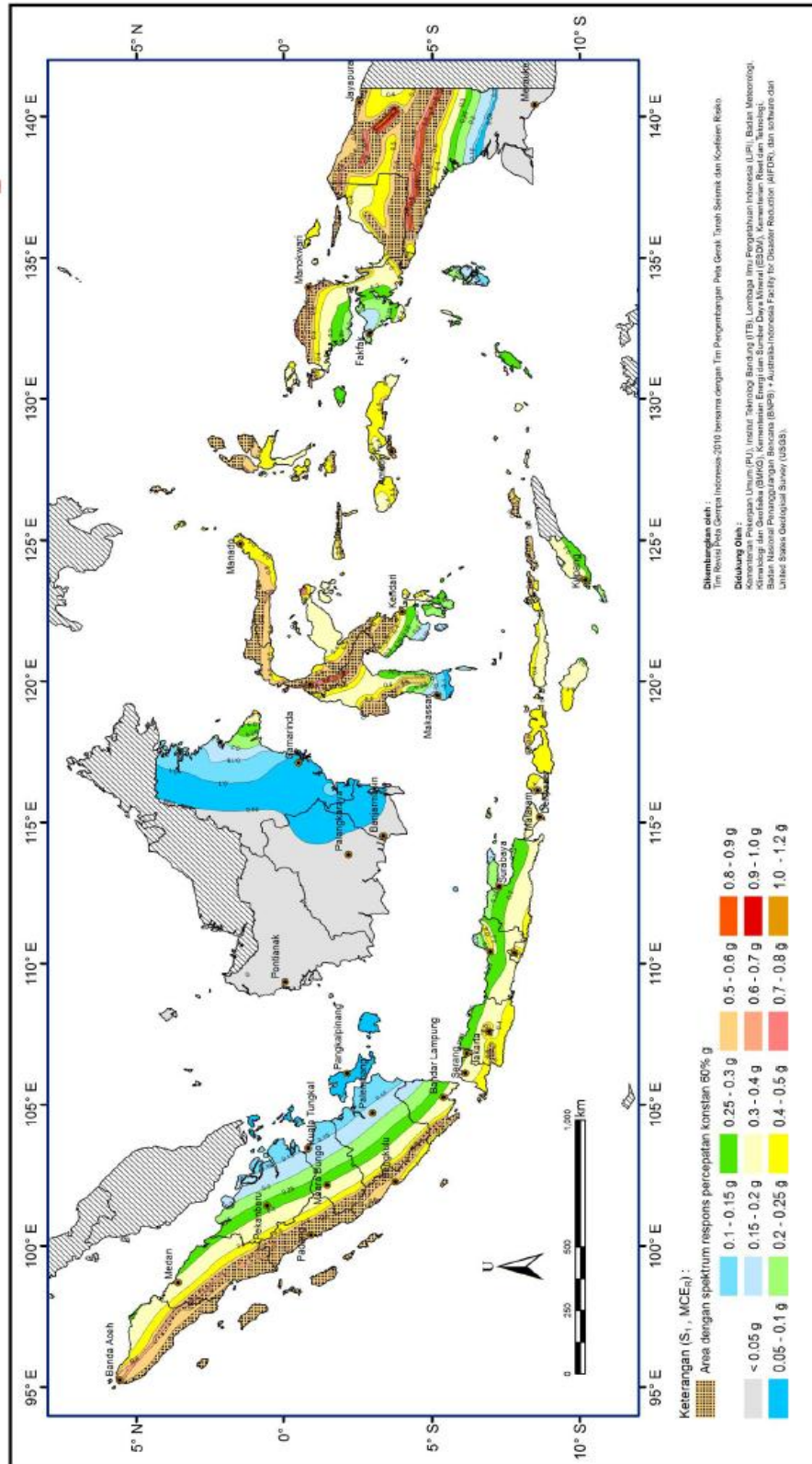
Berdasarkan SNI 03-1726-2013 kini zonasi wilayah gempa Indonesia ditentukan berdasarkan parameter gerak tanah S_S (percepatan batuan dasar periode pendek 0,2 detik) dan S_I (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1 dan 2.2. Nilai S_S dan S_I yang dihitung didasarkan pada fungsi-fungsi atenuasi atau persamaan prediksi guncangan tanah yang dianggap sesuai. Setiap daerah memiliki tingkat kerawanan terjadinya gempa yang berbeda-beda. Tingkat kerawanan terjadinya gempa dapat dilihat dengan besarnya nilai S_S dan S_I . Besarnya nilai S_S dan S_I dilihat dari perbedaan warna. Warna terang menunjukkan daerah tersebut memiliki tingkat kerawanan terjadinya gempa yang rendah. Sebaliknya tingkat kerawanan gempa menjadi tinggi ketika warna peta menjadi semakin gelap.

Dalam perencanaan beban gempa yang akan bekerja pada suatu bangunan nilai S_S dan S_I akan dijadikan acuan dalam menentukan nilai faktor amplifikasi terkait spektra percepatan berdasarkan jenis tanah, semakin lunak jenis tanah, semakin tinggi nilai faktor amplifikasi terkait spectra percepatan. Namun pada jenis tanah yang sama, semakin tinggi nilai S_S dan S_I , nilai faktor amplifikasi terkait spectra percepatan semakin kecil (Sari, 2013)



Gambar 2.1 Zonasi Gempa Wilayah Indonesia Berdasarkan Parameter S_s

Sumber: SNI 03-1726-2012



Gambar 2.2 Zonasi Gempa Wilayah Indonesia Berdasarkan Parameter S_1

Sumber: SNI 03-1726-2012

2.1.2 Sistem Bangunan Bertingkat Tinggi

Bangunan bertingkat adalah bangunan yang mempunyai lebih dari satu lantai secara vertikal. Berdasarkan ketinggiannya bangunan bertingkat diklasifikasikan menjadi 3 yaitu bangunan bertingkat rendah, sedang, dan tinggi. Di mana bangunan bertingkat rendah merupakan bangunan dengan jumlah lantai 1 sampai 3 lantai dengan ketinggian kurang dari 10 m dan untuk bangunan kategori bertingkat sedang jumlah lantai 3 sampai 6 lantai dengan ketinggian kurang dari 20 m. Sedangkan bangunan bertingkat tinggi (*High Rise Buildig*) didefinisikan sebagai bangunan dengan tinggi lebih dari 6 lantai dengan ketinggian lebih dari 20 m (Mulyono, 2000). Bangunan tinggi biasanya menggunakan sistem struktur yang beraneka ragam, seperti struktur rangka dipadukan dengan sistem struktur lainnya. Serta elemen-elemen pelengkap sistem utilitas seperti alat transportasi vertikal, alat pemadam kebakaran aktif, alat pembersih bangunan gondola, dan lain-lain (Tangoro, 2006).

Menurut Zuhri (2011) terdapat tiga aspek penting yang harus diperhatikan pada bangunan bertingkat tinggi. Ketiga aspek tersebut adalah kekuatan, kestabilan, dan keseimbangan yang artinya:

1. Kekuatan

Semua elemen dan komponen struktur bangunan harus mampu menahan beban-beban yang timbul baik yang bekerja secara vertikal ataupun horizontal.

2. Kestabilan

Bangunan harus memberikan perilaku yang stabil ketika menerima beban khususnya beban lateral dari luar seperti angin dan gempa ataupun gaya gravitasi bumi.

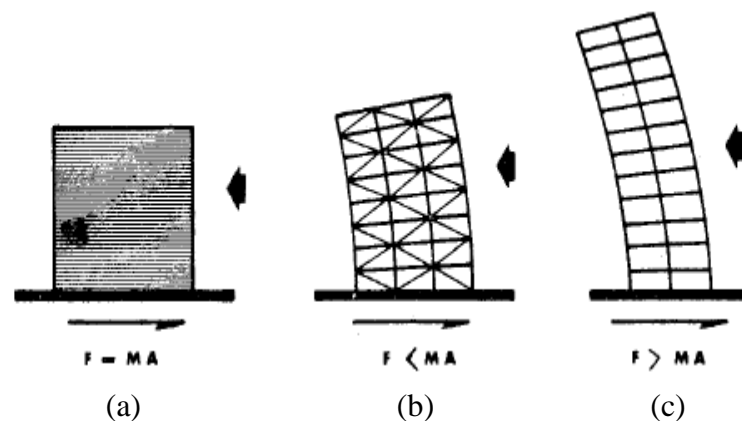
3. Keseimbangan

Dalam hal ini perilaku bangunan harus mampu mengatasi gaya gravitasi dan lateral, di mana perilaku struktur dicapai dengan memberikan bidang-bidang vertikal masif seperti dinding geser yang berfungsi untuk meneruskan beban dan membentuk sudut dengan permukaan tanah.

Intinya hal terpenting pada struktur bangunan bertingkat tinggi adalah stabilitas dan kemampuannya menahan gaya lateral baik yang disebabkan oleh angin ataupun gempa bumi (Juwana, 2005). Hal ini dikarenakan sifat bangunan tinggi yang cenderung fleksibel sehingga membuatnya sangat rentan ketika menerima pergerakan tanah kuat, sehingga menimbulkan deformasi yang berlebihan atau bahkan keruntuhan mendadak (Jingga, Suryanita, & Yuniarto, 2015)

Secara proses, gempa bumi ini merambat dalam bentuk gelombang yang mempunyai suatu energi sehingga menyebabkan permukaan bumi atau permukaan tanah bergetar. Getaran tanah tersebut kemudian menggoyangkan pondasi yang merupakan titik singgung antara bangunan dengan tanah secara bolak-balik. Gerak ini akan ditahan oleh massa bangunan, yang akan menimbulkan gaya inersia pada seluruh struktur. Besar gaya inersia horizontal (F) bergantung pada beberapa faktor yaitu massa bangunan (m), percepatan permukaan (a) dan sifat struktur tersebut. Bangunan dengan pondasi kaku, membuat percepatannya akan sama dengan

permukaan seperti pada gambar 2.3(a). Namun pada kenyataannya hal ini tidaklah demikian karena pada jumlah tingkatan tertentu, beberapa bangunan memiliki sifat yang fleksibel. Untuk struktur yang hanya sedikit berubah bentuk, besar gayanya akan kurang dari massa kali percepatannya seperti pada Gambar 2.3 (b). Akan tetapi struktur bangunan yang memiliki sifat sangat fleksibel sehingga memiliki waktu getar alamiah yang mendekati waktu getar gelombang permukaan. Hal ini menyebabkan bangunan tersebut akibat mengalami gaya yang jauh lebih besar akibat gerak permukaan yang berulang-ulang seperti pada gambar 2.3 (c) (Schueller, 2001).



Gambar 2.3 Perilaku Bangunan Ketika Menerima Gempa

Sumber : Schueller, 2001

Oleh karena itu, struktur bangunan bertingkat tinggi memiliki tantangan tersendiri dalam perencanaannya, terutama bila bangunan terletak di wilayah yang memiliki faktor resiko yang cukup besar terhadap gempa salah satunya di Indonesia. SNI 03-1726-2016 telah mengklasifikasikan beberapa kategori resiko bangunan terhadap gempa berdasarkan fungsi bangunannya seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.1 sebagai acuan dalam mendesain gempa rencana untuk bangunan di Indonesia. Pengelompokan ini ditinjau dari faktor fungsi dari bangunan tersebut. Semakin kompleks fungsinya, sehingga bangunan tersebut

memiliki resiko yang cukup tinggi ketika terjadi gempa maka akan diklasifikasikan kedalam kategori resiko yang terbesar dan sebaliknya.

Tabel 2.1 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
<p>Semua gedung gan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I, III, IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan <p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahanya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	III

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat, operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas public lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air, pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk kedalam kategori risiko IV.</p>	IV

Sumber: SNI 03-1726-2012

Tabel 2.2 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Sumber: SNI 03-1726-2012

2.1.2.1 Respon Bangunan Terhadap Gempa

Menurut SNI 03-1726-2012 respon bangunan terhadap gempa diwujudkan dalam :

1. Simpangan antar lantai tingkat

Pada dasarnya suatu struktur khususnya pada bangunan tinggi harus memiliki kekakuan yang cukup sehingga pergerakannya akibat beban lateral dapat dibatasi. Kekakuan struktur dapat diukur dari besarnya simpangan antar lantai bangunan, semakin kecil simpangan struktur maka bangunan tersebut akan semakin kaku (Smith & Coull, 1991). Simpangan terdiri dari dua jenis yaitu, *displacement* dan *drift*. Perbedaannya *displacement* adalah simpangan suatu lantai diukur dari dasar lantai sedangkan *drift* adalah simpangan suatu lantai diukur dari dasar lantai dibawahnya.

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 penentuan simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Apabila pusat massa tidak terletak segaris dalam arah vertikal, diizinkan untuk menghitung defleksi di dasar tingkat berdasarkan proyeksi vertikal dan pusat massa di tingkat atasnya.

Defleksi pusat massa di tingkat x di pusat massa (δ_x) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \quad (2.1)$$

Keterangan:

C_d = faktor pembesaran defleksi
 δ_{xe} = defleksi pada lokasi yang disyaratkan
 I_e = faktor keutamaan

Sesuai dengan SNI 03-1726-2012, nilai simpangan antar tingkat desain (Δ) memiliki syarat nilainya harus lebih kecil dari simpangan antar lantai

tingkat ijin (Δ_a) sesuai dengan Tabel 2.3 untuk semua tingkat. Kemudian khusus untuk sistem penahan gaya gempa yang terdiri dari hanya rangka momen pada struktur yang dirancang untuk kategori desain seismic D,E atau F, syaratnya nilai simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) harus kurang dari Δ/ρ untuk semua tingkat nilai ρ adalah 1,3

Tabel 2.3 Simpangan Antar Lantai Tingkat Ijin (Δ_a)

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

Sumber: SNI 03-1726-2012

Besarnya simpangan antar lantai suatu bangunan dapat dipengaruhi oleh gaya geser dasar. Gaya geser dasar ini merupakan gaya geser atau lateral maksimum yang akan diterima bangunan akibat aktivitas seismik pada tingkat dasar. Gaya geser dasar yang akan diterima bangunan kemudian akan didistribusikan secara vertikal sepanjang tinggi struktur sebagai gaya horizontal tingkat yang bekerja pada masing-masing tingkat bangunan. Akibat dari gaya yang bekerja pada setiap tingkat tersebut maka akan mengakibatkan terjadinya perpindahan atau simpangan pada tingkat-tingkat tersebut (Cornelis, Bunganaen, & Tay, 2014). Berdasarkan SNI 03-1726-

2012 geser dasar (V) secara statis dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$V = C_s W \quad (2.2)$$

Keterangan:

C_s = koefisien respon seismik
 W = berat seismik efektif

Koefisien respon seismik dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (2.3)$$

Keterangan:

S_{DS} = parameter percepatan desain respon spektrum dalam rentang perioda pendek
 R = faktor modifikasi respon
 I_e = faktor keutamaan gempa

Berdasarkan SNI 03-1726-2013 untuk nilai gaya geser dasar yang didapat dari perhitungan dinamis nilainya harus tidak boleh lebih kecil dari 85% nilai gaya geser dasar yang dihitung menggunakan metode statis.

2. Deformasi

Deformasi adalah perubahan posisi atau adanya pergerakan suatu titik dan perubahan bentuk struktur akibat adanya gaya dari luar maupun dari dalam yang terjadi di sepanjang tingkatan lantai. Oleh karena itu, untuk memberikan kekuatan dan kekakuan struktur untuk mampu menahan gerak tanah desain perlu adanya sistem penahan gaya lateral dan vertikal yang lengkap.

3. Defleksi Diafragma

Defleksi pada bidang diafragma, seperti ditentukan dengan analisis rekayasa, tidak boleh melebihi defleksi ijin elemen yang terhubung. Defleksi ijin harus merupakan defleksi yang akan mengizinkan elemen yang terhubung untuk mempertahankan integritas strukturnya akibat pembebanan individu dan terus mendukung beban yang ditetapkan.

Defleksi pusat massa di tingkat x (δ_x) (mm) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$\delta_x = \frac{c_d \delta_{xe}}{I_e}$$

Keterangan :

c_d = faktor amplikasi defleksi

δ_{xe} = defleksi pada lokasi yang disyaratkan pada analisis elastis

I_e = faktor keutamaan gempa

2.1.3 Ketidakberaturan Bangunan

Salah satu aspek penting dalam perancangan struktur bangunan tahan gempa adalah pemilihan bentuk dasar suatu struktur bangunan. Bentuk bangunan dengan ketidakberaturan termasuk salah satu aspek dalam perancangan struktur yang memiliki potensi lebih besar akan terkena bahaya gempa (MacGregor, 2005). Bangunan dengan bentuk ini menyebabkan letak titik berat bangunan tidak berada di tengah. Sehingga ketika terjadi gempa akan menimbulkan tingginya efek torsi yang terjadi, dan dampaknya bangunan mengalami deformasi yang cukup besar (Juvientrian & Mughnie, 2014). Deformasi yang cukup besar inilah yang dapat menyebabkan daya layan struktur menurun.

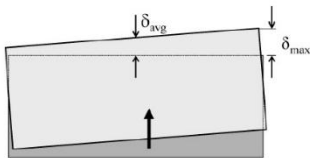
Ketidakteraturan bentuk dari suatu bangunan menghasilkan suatu analisa yang lebih rumit dibandingkan bentuk bangunan beraturan. Perilaku dari struktur ketidakteraturan yang diberikan suatu gaya gempa akan menghasilkan suatu perpindahan yang nilainya berbeda-beda pada tiap lantainya. Perpindahan yang terjadi untuk analisa 3 dimensi akan memberikan perpindahan translasi pada arah sumbu-x, sumbu-y, serta rotasi yang secara langsung terjadi akibat gaya gempa. Rotasi yang terjadi pada struktur tidak beraturan akibat adanya perbedaan letak titik pusat massa dan pusat kekakuan (Wisnumurti, Cahya, & Anas, 2008)

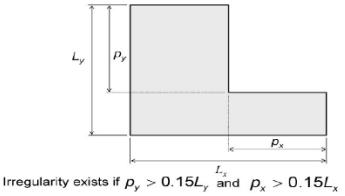
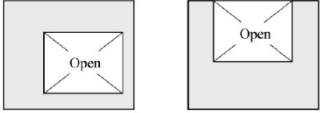
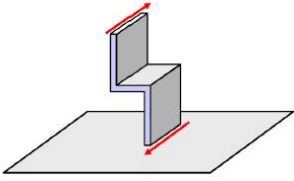
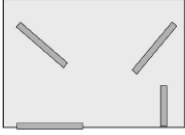
Berdasarkan SNI 03-1726-2012 ketidakteraturan struktur dibagi menjadi dua macam klasifikasi. Klasifikasi tersebut didasarkan pada konfigurasi secara horizontal dan vertikal.

2.1.3.1 Ketidakteraturan Horizontal

Bangunan ditetapkan sebagai ketidakteraturan horizontal berdasarkan kepada ketidakteraturan arah sumbu x-y. berdasarkan SNI 03-1726-2012 terdapat beberapa tipe ketidakteraturan horizontal seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.4

Tabel 2.4 Ketidakteraturan Horizontal pada Struktur

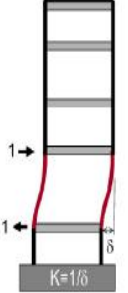

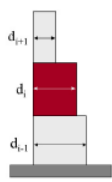
	Tipe dan penjelasan ketidakteraturan	Ilustrasi
1a	Ketidakteraturan torsi didefinisikan ada jika simpangan antar lantai tingkat maksimum, torsi yang dihitung termasuk tak terduga, disebuah ujung struktur melintang terhadap sumbu lebih dari 1,2 kali simpangan antar lantai tingkat rata-rata dikedua ujung struktur. Persyaratan ketidakteraturan torsi dalam pasal-pasal referensi berlaku hanya untuk struktur di mana diafragmanya kaku atau setengah kaku.	<p>Horizontal Structural Irregularities 1a) and 1b) Torsional Irregularity</p>  <p> $\delta_{max} < 1.2\delta_{avg}$ No irregularity $1.2\delta_{avg} \leq \delta_{max} \leq 1.4\delta_{avg}$ Irregularity $\delta_{max} > 1.4\delta_{avg}$ Extreme irregularity </p> <p>Irregularity 1b is NOT PERMITTED in SDC E or F.</p>

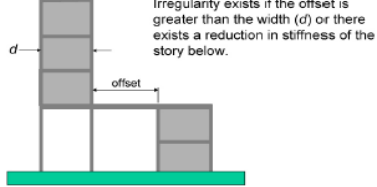
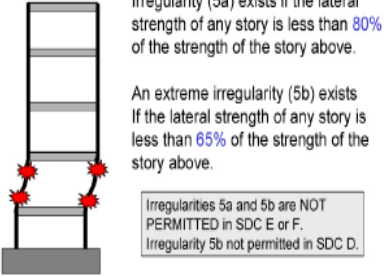
1b	<p>Ketidakberaturan torsi berlebihan didefinisikan ada jika simpangan antar lantai tingkat maksimum, torsi yang dihitung termasuk tak terduga, disebuah ujung struktur melintang terhadap sumbu lebih dari 1,4 kali simpangan antar lantai tingkat rata-rata di kedua ujung struktur. Persyaratan ketidakberaturan torsi berlebihan dalam pasal-pasal referensi berlaku hanya untuk struktur di mana diafragma nya kaku atau setengah kaku.</p>	
2	<p>Ketidakberaturan sudut dalam didefinisikan ada jika kedua proyeksi denah struktur dari sudut dalam lebih besar dari 15 persen dimensi denah struktur dalam arah yang ditentukan.</p>	<p>Horizontal Structural Irregularities 2) Re-entrant Corner Irregularity</p>  <p>Irregularity exists if $p_y > 0.15L_y$ and $p_x > 0.15L_x$</p>
3	<p>Ketidakberaturan diskontinuitas diafragma didefinisikan ada jika terdapat diafragma dengan diskontinuitas atau variasi kekakuan mendadak, termasuk yang mempunyai daerah terpotong atau terbuka lebih besar dari 50 persen daerah diafragma bruto yang melingkupinya, atau perubahan kekakuan diafragma efektif lebih dari 50 persen dari suatu tingkat ke tingkat selanjutnya</p>	<p>Horizontal Structural Irregularities 3) Diaphragm Discontinuity Irregularity</p>  <p>Irregularity exists if open area > 0.5 times floor area OR if effective diaphragm stiffness varies by more than 50% from one story to the next.</p>
4	<p>Ketidakberaturan pergeseran melintang terhadap bidang didefinisikan ada jika terdapat diskontinuitas dalam lintasan tahanan gaya lateral, seperti pergeseran melintang terhadap bidang elemen vertikal.</p>	<p>Horizontal Structural Irregularities 4) Out of Plane Offsets</p> 
5	<p>Ketidakberaturan sistem nonparallel didefinisikan ada jika elemen penahan gaya lateral vertikal tidak paralel atau simetris terhadap sumbu-sumbu orthogonal utama sistem penahan gaya gempa</p>	<p>Horizontal Structural Irregularities 5) Nonparallel Systems Irregularity</p>  <p>Nonparallel system irregularity exists when the vertical lateral force resisting elements are not parallel to or symmetric about the major orthogonal axes of the seismic force resisting system.</p>

2.1.3.2 Ketidakberaturan Vertikal

Bangunan ditetapkan sebagai ketidakberaturan vertikal berdasarkan kepada ketidakberaturan arah sumbu x-z atau y-z. berdasarkan SNI 03-1726-2012 terdapat beberapa tipe ketidakberaturan horizontal seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Ketidakberaturan Horizontal pada Struktur

	Tipe dan penjelasan ketidakberaturan	Ilustrasi
1a	Ketidakteraturan Kekakuan Tingkat Lunak didefinisikan ada jika terdapat suatu tingkat di mana kekakuan lateralnya kurang dari 70 persen kekakuan lateral tingkat di atasnya kurang dari 80 persen kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya.	<p>Vertical Structural Irregularities 1a, 1b) Stiffness (Soft Story) Irregularity</p>  <p>Irregularity (1a) exists if stiffness of any story is less than 70% of the stiffness of the story above or less than 80% of the average stiffness of the three stories above.</p> <p>An extreme irregularity (1b) exists if stiffness of any story is less than 60% of the stiffness of the story above or less than 70% of the average stiffness of the three stories above.</p> <p>Exception: Irregularity does not exist if no story drift ratio is greater than 1.3 times drift ratio of story above.</p> <p>Irregularity 1b is NOT PERMITTED in SDC E or F.</p>
1b	Ketidakteraturan Kekakuan Tingkat Lunak Berlebihan didefinisikan ada jika terdapat suatu tingkat di mana kekakuan lateralnya kurang dari 60 persen kekakuan lateral tingkat di atasnya kurang dari 70 persen kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya.	
2	Ketidakteraturan Berat (Massa) didefinisikan ada jika massa efektif semua tingkat lebih dari 150 persen massa efektif tingkat didekatnya. Atap yang lebih ringan dari lantai di bawahnya tidak perlu ditinjau.	<p>Vertical Structural Irregularities 2) Weight (Mass) Irregularity</p>  <p>Irregularity exists if the effective mass of any story is more than 150% of the effective mass of an adjacent story.</p> <p>Exception: Irregularity does not exist if no story drift ratio is greater than 1.3 times drift ratio of story above.</p>
3	Ketidakteraturan Geometri Vertikal didefinisikan ada jika dimensi horizontal sistem penahan gaya gempa di semua tingkat lebih dari 130 persen dimensi horizontal sistem penahan gaya gempa tingkat di dekatnya.	<p>Vertical Structural Irregularities 3) Vertical Geometric Irregularity</p>  <p>Irregularity exists if the dimension of the lateral force resisting system at any story is more than 130% of that for any adjacent story</p>

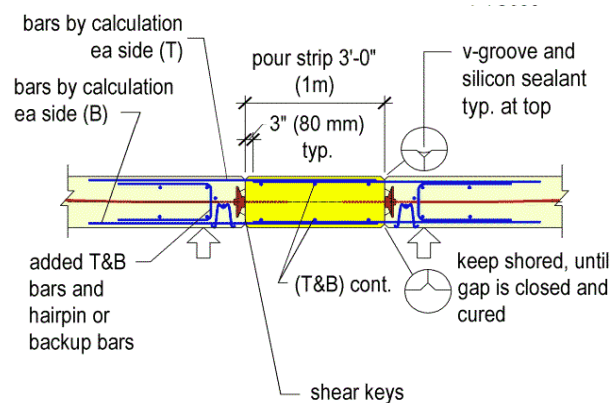
	Tipe dan penjelasan ketidakberaturan	Ilustrasi
4	<p>Diskontinuitas Arah Bidang dalam Ketidakberaturan Elemen Penahan Gaya Lateral Vertikal didefinisikan ada jika pergeseran arah bidang elemen penahan gaya lateral lebih besar dari panjang elemen itu atau terdapat reduksi kekakuan elemen penahan di tingkat di bawahnya.</p>	<p>Vertical Structural Irregularities 4) In-Plane Discontinuity Irregularity</p>  <p>Irregularity exists if the offset is greater than the width (d) or there exists a reduction in stiffness of the story below.</p>
5a	<p>Diskontinuitas dalam Ketidakberaturan Kuat Lateral Tingkat didefinisikan ada jika kuat lateral tingkat kurang dari 80 persen kuat lateral tingkat di atasnya. Kuat lateral tingkat adalah kuat lateral total semua elemen penahan seismik yang berbagi geser tingkat untuk arah yang ditinjau.</p>	<p>Vertical Structural Irregularities 5a, 5b) Strength (Weak Story) Irregularity</p>  <p>Irregularity (5a) exists if the lateral strength of any story is less than 80% of the strength of the story above.</p> <p>An extreme irregularity (5b) exists if the lateral strength of any story is less than 65% of the strength of the story above.</p>
5b	<p>Diskontinuitas dalam Ketidakberaturan Kuat Lateral Tingkat didefinisikan ada jika kuat lateral tingkat kurang dari 65 persen kuat lateral tingkat di atasnya. Kuat lateral tingkat adalah kuat lateral total semua elemen penahan seismik yang berbagi geser tingkat untuk arah yang ditinjau.</p>	<p>Irregularities 5a and 5b are NOT PERMITTED in SDC E or F. Irregularity 5b not permitted in SDC D.</p>

Sumber: SNI 03-1726-2012

2.1.3.3 Sistem Pemisah *Late Pour Strip*

Terkadang bangunan dengan denah yang cukup lebar ataupun panjang perlu menerapkan sistem pemisah untuk menghindari terjadinya distorsi akibat perbedaan penurunan tanah (*differential settlement*), karena tidak dapat dipungkiri pada suatu bangunan terkadang kondisi tanahnya berbeda-beda. Salah satu sistem pemisah yang dapat mengatasi hal tersebut adalah sistem *late pour strip* ini. *late pour strip* adalah sebuah strip/ celah sekitar 30 sampai 36 inci antara dua lempeng wilayah

yang akan dibangun. Biasanya sistem ini merupakan bagian dari pelat beton yang dibiarkan terbuka selama 30 sampai dengan 60 hari untuk untuk pelat mengalami penyusutan, sehingga membiarkan pelat yang berdekatan sebagai segmen individu, bukan sebagai bagian dari struktur total (Bondy & Allreo, 2013). Nantinya celah yang memisahkan kedua plat tersebut dicor menggunakan beton non shrink.



Gambar 2.4 Late Pour Strip
Bondy & Allreo, 2013

2.1.4 Dinding Geser (*Shear wall*)

Dinding geser merupakan salah satu sistem elemen struktur yang sangat efektif dalam menahan gaya lateral. Dinding geser adalah dinding beton bertulang dengan kekakuan bidang datar yang sangat besar yang ditempatkan pada lokasi tertentu untuk menyediakan tahanan beban horizontal (Pranata & Yunizar, 2011). Dinding geser biasanya ditempatkan di luar, di dalam atau berupa inti (*core*) untuk ruang lift atau tangga.

Dinding geser pada dasarnya merupakan balok kantilever vertikal yang tinggi dan memberikan stabilitas lateral kepada struktur dengan menahan geser dan momen tekuk pada bidang datar yang disebabkan gaya-gaya lateral (McCormac,

2003). Sehingga diharapkan struktur yang diberikan dinding geser akan lebih kaku untuk menyerap dan menahan gaya geser.

Dalam struktur bangunan bertingkat, dinding geser sangat penting, karena selain untuk mencegah kegagalan dinding eksterior, dinding geser juga mendukung beberapa lantai gedung dan memastikan bahwa struktur tidak runtuh karena gerakan lateral akibat gempa bumi. Menurut Lumban (2016) Dinding geser pada dasarnya memiliki 2 fungsi utama yaitu:

1. Kekuatan

Dinding geser harus mampu memberikan kekuatan lateral yang diperlukan untuk melawan kekuatan beban gempa horizontal. Sehingga nantinya dinding geser dapat mentransfer gaya horizontal ini ke elemen-elemen struktur lain berikutnya seperti dinding geser lainnya, lantai, pondasi dinding.

2. Kekakuan

Dinding geser juga memberikan kekakuan lateral untuk mencegah atap atau lantai diatas dari sisi-goyangan yang berlebihan. Sehingga bangunan yang cukup kaku biasanya hanya akan mengalami kerusakan nonstruktural.

Dinding geser sebagai elemen penahan gaya lateral memiliki keuntungan utama karena menyediakan kontinuitas vertikal pada sistem lateral struktur gedung. Struktur gedung dengan dinding geser sebagai elemen penahan gaya lateral umumnya memiliki kinerja yang cukup baik pada saat gempa (Fintel, 1991).

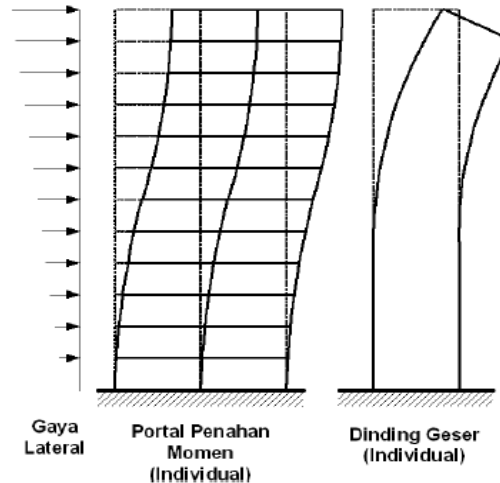
2.1.4.1 Sistem Kerja Dinding Geser

Dinding geser adalah unsur pengaku vertikal yang dirancang untuk menahan gaya lateral atau gempa yang bekerja pada bangunan. Pada prinsipnya bagian struktur yang relatif kaku akan menarik gaya jauh lebih besar daripada bagian yang fleksibel. Oleh karena itu, dinding geser yang efektif haruslah kaku dan kuat. Sehingga struktur dengan dinding geser dapat memiliki performa yang baik dalam menahan gaya gempa. Namun sebaliknya, jika dinding geser rapuh dan runtuh sisa struktur lainnya tidak akan menahan getaran gempa yang terjadi dan akhirnya terjadi keruntuhan pada bangunan tersebut.

Pada sistem kerjanya gaya lateral yang terjadi pada suatu gedung, baik diakibatkan oleh beban gempa maupun angin akan disebar melalui struktur lantai yang berlaku sebagai diafragma horizontal terhadap dinding geser, yang sejajar dengan aksi gaya. Kemudian dinding geser ini akan menahan aksi tersebut. Karena sifatnya yang sangat kaku, dinding geser yang berperan sebagai balok yang tebal, akan bereaksi terhadap gaya geser (Schueller, 2001).

Dinding geser dengan lebar yang besar akan menghasilkan daya lentur dan geser yang sangat tinggi. Pada Gambar 2.5 ditunjukkan bagaimana deformasi yang terjadi ketika dinding geser terkantilever dengan struktur rangka bekerja secara individual dalam menahan beban lateral. Deformasi portal terbuka dan dinding geser terkantilever yang memikul gaya gempa secara terpisah terlihat perbedaan dari deformasi yang terjadi dari kedua sistem tersebut. Deformasi pada dinding kantilever menyerupai deformasi balok kantilever yang tegak lurus tanah dan selain deformasi lentur, dinding mengalami deformasi geser dan rotasi secara keseluruhan akibat deformasi tanah. Perbedaan dari kedua sistem terlihat bahwa pada deformasi

portal terbuka besarnya cenderung sama pada tingkat atas dan bawah, sedangkan deformasi pada dinding geser sangat kecil di dasar dan besar di puncak (Schueller, 2001).

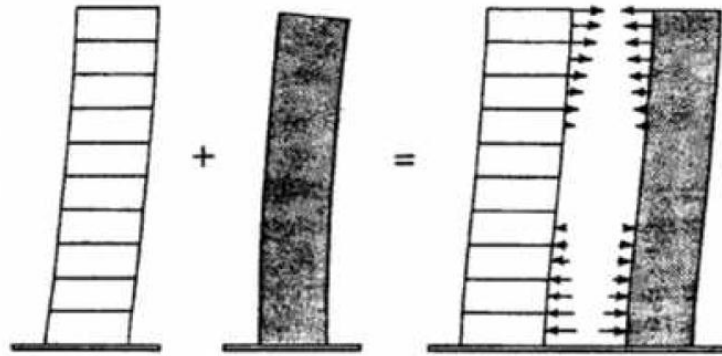


Gambar 2.5 Deformasi Portal Terbuka dan Dinding Geser

Sumber : Juwana, 2005

Pada bangunan tinggi biasanya untuk meningkatkan kekakuan dalam kekuatan struktur terhadap gaya lateral diterapkan kombinasi diantara rangka kaku dengan dinding geser. Pada kombinasi keduanya ini dinding geser dan kolom-kolom struktur pada rangka akan dihubungkan secara kaku menggunakan balok-balok disetiap lantai bangunan. Adanya hubungan yang kaku antar ketiga elemen tersebut akan memungkinkan timbulnya interaksi antar struktur rangka dan dinding geser yang akan bekerja bersama-sama dalam menahan beban yang bekerja terutama beban lateral. Sehingga adanya interaksi dari keduanya menyebabkan simpangan lateral akan jauh berkurang seiring dengan peningkatan jumlah lantai struktur. Interaksi antara keduanya menghasilkan deformasi berbentuk s datar seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.6. Karena sifat defleksi yang berbeda antara dinding geser dengan sistem rangka menyebabkan dinding geser menahan simpangan rangka kaku pada bagian bawah, sedangkan rangka kaku akan menahan

simpangan dinding geser pada bagian atas. Dengan demikian, geser akibat gaya lateral akan dipikul oleh rangka pada bagian atas bangunan dan dipikul oleh dinding geser dibagian bawah bangunan . (Schueller, 2001).



Gambar 2.6 Sistem Kerja Portal Terbuka dan Dinding Geser

Sumber : Schueller, 2001

Pada prinsipnya dinding geser bekerja sebagai sebuah balok kantilever vertikal yang menyediakan tahanan lateral dan menyebabkan dinding geser menerima gaya tekuk maupun geser. Dengan demikian, dinding geser harus cukup kuat menahan gaya geser yang terjadi pada struktur. Berdasarkan SNI 03-2847-2013 kuat geser nominal V_c dinding geser diambil dari nilai yang lebih kecil dari nilai yang dihitung dari persamaan 2.4 dan 2.5.

$$V_c = 0,27\lambda\sqrt{f_c'}hd + \frac{N_u d}{4l_w} \quad (2.4)$$

Atau

$$V_c = \left[0,05\lambda\sqrt{f_c'} + \frac{l_w(0,1\lambda\sqrt{f_c'} + 0,2\frac{N_u}{l_w h})}{\frac{M_u}{V_u} \frac{l_w}{2}} \right] hd \quad (2.5)$$

Keterangan:

- V_c = kuat geser nominal
- λ = faktor modifikasi
- h = tebal dinding
- d = diambil $0,8 l_w$

- l_w = panjang keseluruhan dinding
 N_u = gaya aksial terfaktor tegak lurus terhadap penampang yang terjadi serentak dengan V_u (diambil sebagai positif untuk tekan dan negative untuk tarik)
 V_u = gaya geser terfaktor pada penampang
 M_u = momen terfaktor pada penampang

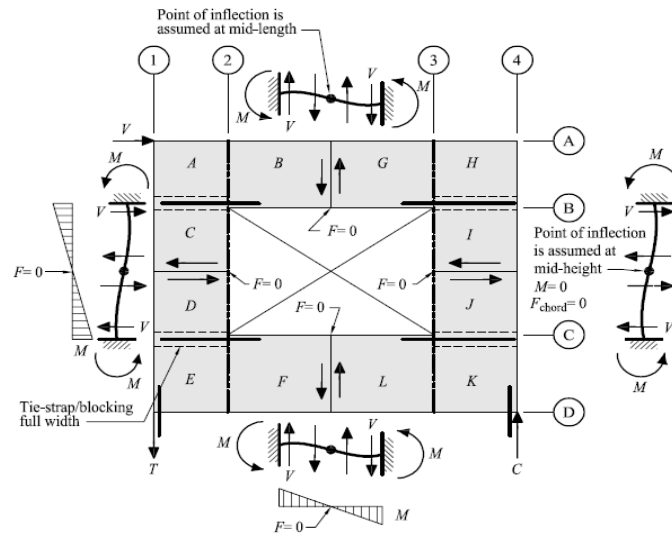
2.1.4.2 Bukaan Dinding Geser

Penerapan dinding geser pada bangunan-bangunan tinggi seperti apartemen, hotel, kantor, dan sebagainya terkadang membuat dinding geser memiliki bukaan pada penampangnya karena untuk kebutuhan ruangan dan estetika. Biasanya bukaan pada dinding geser digunakan untuk jendela, pintu, saluran-saluran mekanikal dan elektrikal. Ukuran dan lokasi bukaan dapat bervariasi tergantung dari fungsinya.

Namun adanya pengurangan luas bruto penampang *shear wall* dapat membahayakan kekakuan, kekuatan, dan daktilitasnya terutama dibagian-bagian sudut bukaan (Elnashai & Sarno, 2008). Hal ini dikarenakan keadaan *shear wall* yang diskontinuitas menyebabkan terjadinya konsentrasi tegangan dan pergeseran lateral, dan dalam beberapa kasus menyebabkan respon seismik yang tidak diinginkan. Sehingga adanya bukaan pada *shear wall* ini nantinya akan mengurangi kemampuannya dalam menahan gaya lateral. Meskipun demikian, biasanya dengan perencanaan yang teliti bukaan dapat diterapkan untuk ukuran dan posisi tertentu yang tidak akan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kemampuan dinding geser dalam menahan beban lateral (MacGregor, 2005).

Pada dasarnya ketika beban lateral diaplikasikan di tepi atas *shear wall* dengan bukaan, gaya geser akan bekerja pada ujung-ujung vertikal penampang dan pada bagian atas dan bawah bukaan akan menghasilkan efek kontra-lentur. Di mana

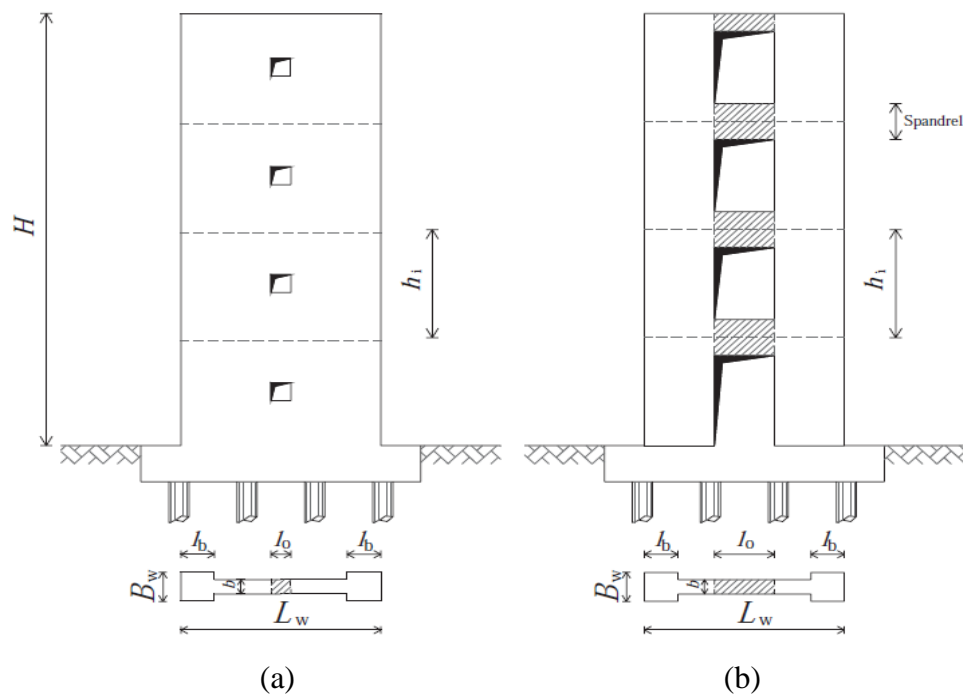
titik belok diasumsikan terjadi pada titik tengah tinggi dan panjang dinding geser dan momen maksimum terjadi pada setiap tepi setiap segmen bukaan (Malone & Rice, 2012). Hal tersebut seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.2 Mekanisme Dinding Geser Menerima Beban Lateral

Sumber: Malone & Rice, 2012

Ukuran bukaan dapat bervariasi tergantung dari fungsinya. Jika ukuran bukaan tersebut kecil, maka pengaruh yang akan diakibatkannya juga kecil terhadap dinding geser. Namun sebaliknya jika bukaan berukuran besar akan memberikan pengaruh yang cukup besar pula terhadap kekakuan dinding geser (MacGregor, 2005). Untuk ukuran bukaan kecil, dinding geser berperilaku seperti kolom kantilever monolit yang pengaruhnya dapat diabaikan. Bukaan dengan ukuran kecil adalah bukaan dengan lebar (l_0) kurang dari 10-15% dari panjang dinding (L_w) seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.8 (a). sedangkan untuk ukuran bukaan yang besar seperti pada gambar 2.8 (b) dinding akan berperilaku sebagai dinding geser berangkai (*coupled shear wall*) yaitu suatu sistem dinding yang dihubungkan oleh lantai kaku atau balok (*spandrels*) disetiap lantai. Deformasi sistem ini tergantung pada kekakuan balok penghubungnya (Elnashai & Sarno, 2008).

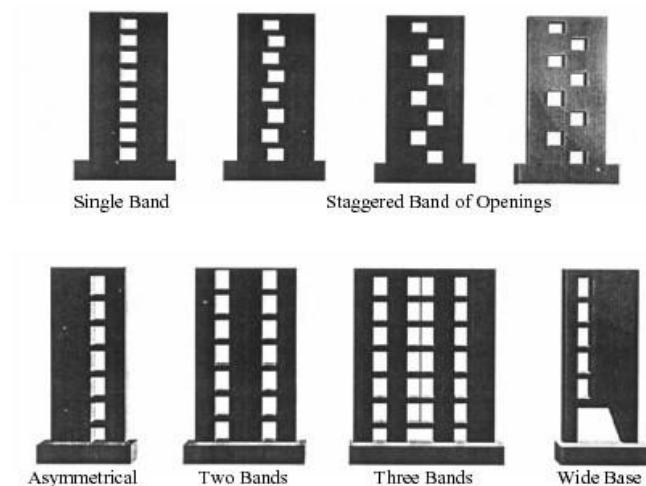


Gambar 2.3 Dinding Geser dengan Bukan Kecil dan Besar

Sumber: Elnashai & Sarno, 2008

Posisi bukaan juga merupakan salah satu hal yang harus diperhatikan dalam mendesain bukaan pada dinding geser. Karena dari beberapa penelitian menunjukkan bahwa posisi bukaan memiliki pengaruh terhadap kemampuan dinding geser dalam menahan gaya lateral. Pada umumnya bukaan-bukaan pada dinding geser ditempatkan pada baris vertikal dan simetris pada dinding sepanjang ketinggian struktur.

Ada berbagai jenis bentuk bukaan pada dinding geser disebabkan oleh persyaratan arsitektur dan perencanaan yaitu diantaranya *Single Band*, *Staggred Band Openings*, *Asymmetrical*, *Two Band*, *Three Bands*, dan *Wide Base* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.9. Bukaan yang terletak dipusat dinding geser lebih dianjurkan untuk diterapkan dan dapat meminimalkan penurunan kekuatan dan peningkatan deformasi untuk beban yang lebih rendah (Khatami, dkk, 2012)



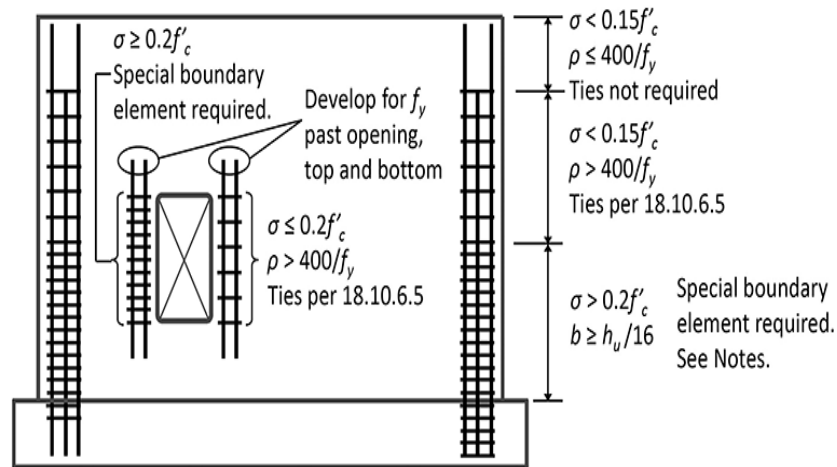
Gambar 2. 4 Bentuk Bukaian Dinding Geser

Sumber: Paulay & Priestley, 1992

Paling baik bukaian terletak pada pola teratur yang menghasilkan transfer gaya yang dapat diprediksi karena bukaian di dinding nantinya akan mengganggu aliran gaya. Namun terkadang tuntutan perencanaan memerlukan bukaian-bukaan dalam pola yang kurang teratur. Hal tersebut harus dihindari bila memungkinkan. Bila tidak dapat dihindari, maka memerlukan desain tambahan dan upaya untuk meningkatkan kekuatan di sekitar bukaian (Moehle, 2010).

Pada dasarnya adanya bukaian menyebabkan perubahan distribusi tegangan dan penumpukan tegangan yang besar di sudut-sudut bukaian. Terjadinya konsentrasi tegangan didaerah bukaian menyebabkan retak pada beton jika tidak diberi tulangan (Merryana & Indrawan, 2007). Oleh karena itu, perlu adanya perkuatan pada sekitar bukaian dinding geser yaitu berupa elemen pembatas (*boundary element*). Berdasarkan SNI 03-2847-2013 dinding geser dengan bukaian harus memiliki elemen pembatas khusus pada batas-batas dan tepi-tepi sekeliling bukaian dinding struktur di mana tegangan tekan serat terjauh maksimum, terkait dengan kombinasi beban termasuk pengaruh gempa, melebihi $0,2f'_c$. Elemen

pembatas khusus diizinkan untuk dihentikan di mana tegangan tekan yang dihitung kurang dari $0,15f'_c$.



Gambar 2.5 Elemen Pembatas (*Boundary Element*)

Sumber: Moehle, 2010

2.1.5 Pembebanan Struktur

Pada perencanaan bangunan bertingkat tinggi, komponen struktur harus direncanakan cukup kuat untuk memikul semua beban kerjanya baik yang secara langsung maupun tidak langsung mempengaruhi struktur bangunan tersebut. Agar struktur bangunan tersebut aman secara konstruksi maka struktur tersebut haruslah memenuhi persyaratan dalam peraturan-peraturan pembebanan yang berlaku. Jenis beban yang biasa digunakan dalam perencanaan bangunan gedung meliputi beban hidup, beban mati, dan beban gempa.

2.1.5.1 Beban Mati

Beban mati adalah berat dari semua bagian suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian bagian yang tidak terpisahkan dari gedung itu. Menurut Schueller (2001) Beban mati dapat dinyatakan sebagai beban statis yang disebabkan oleh berat setiap unsur didalam struktur. Gaya-gaya yang

menghasilkan beban mati terdiri dari berat unsur pendukung beban dari bangunan, lantai, penyelesaian langit-langit, dinding partisi tetap, penyelesaian fasade, tangki simpan, sistem distribusi mekanis dan lain-lain. Gabungan beban semua unsur ini menjadikan beban mati dari suatu bangunan. Sesuai dengan SNI 03-1727-2013 yang termasuk beban mati pada suatu bangunan adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dan komponen struktural dan arsitektural lainnya.

Dalam menentukan beban mati untuk perancangan suatu bangunan, harus digunakan berat bahan dan konstruksi yang sebenarnya, dengan ketentuan jika tidak ada informasi yang jelas, nilai yang harus digunakan adalah nilai yang disetujui oleh pihak yang berwenang. Maka, dalam perencanaan beban mati pada suatu gedung dapat mengacu pada daftar beban mati yang terdapat dalam SNI 03-1727-1989 seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Daftar Beban Mati

Komponen Gedung	Merata (kg/m ²)
Adukan, per cm tebal	
- Dari semen	21
- Dari kapur, semen merah atau tras	17
Aspal, termasuk bahan mineral penambah, per cm tebal	14
Dinding pasangan bata merah	
- Satu batu	450
- Setengah batu	250
Dinding pasangan batako	
Berlubang	
- Tebal dinding 20 cm	200
- Tebal dinding 10 cm	120

Komponen Gedung	Merata (kg/m ²)
Tanpa Lubang	
- Tebal dinding 15 cm	300
- Tebal dinding 10 cm	200
Mekanikal dan elektrikal	25
Langit-langit dan dinding	
- Semen asbes, dengan tebal maksimum 4 mm	11
- Kaca, dengantebal 3-5 mm	10
- Palfond dan penggantung	18
Penutup lantai dari ubin semen Portland, teraso dan beton, tanpa adukan, per cm tebal geranit	24

Sumber: SNI 03-1727-1989

2.1.5.2 Beban Hidup

Berdasarkan SNI 03-1727-2013 beban hidup didefinisikan sebagai beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati. Beban-beban ini mencakup berat manusia, perabot, perlengkapan mekanis, kendaraan bermotor, perlengkapan industri dan beban sementara lainnya yang berpengaruh terhadap sistem bangunan, tetapi bukan bagian dari struktur dan tidak dianggap sebagai beban mati.

Beban hidup berbeda dengan beban mati karena sifatnya yang berubah-ubah dan sulit diprakirakan. Perubahan ini bisa berjangka pendek maupun ataupun jangka panjang sehingga menjadi hampir mustahil untuk memprakirakan beban-beban hidup secara statis (Schueller, 2001).

Sebelumnya beban hidup juga telah diatur dalam SNI-03-1727-1989. Besaran nilainya tergantung akan fungsi setiap lantai gedung seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Beban Hidup Pada Lantai Gedung SNI-03-1727-1989

	Fungsi Lantai	Beban
A	Lantai dan tangga rumah tinggal, kecuali yang disebut dalam b	200 kg/m ²
B	Lantai dan tangga rumah tinggal sederhana dan gudang-gudang tidak penting yang bukan untuk toko, pabrik atau bengkel	125 kg/m ²
C	Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, toserba, restoran, hotel asrama dan rumah sakit	250 kg/m ²
D	Tangga, bodres tangga dan gang dari yang disebut dalam c	300 kg/m ²
E	Lantai gedung parkir bertingkat: <ul style="list-style-type: none"> - Untuk lantai bawah - Untuk lantai tingkat lainnya 	800 kg/m ² 400 kg/m ²

Sumber: SNI 03-1727-1989

Namun melalui pengalaman, penyelidikan dan analisis nilai beban yang dianjurkan untuk berbagai penggunaan telah dikembangkan dan ditentukan. Hasilnya dalam bentuk daftar tabel beban yang dimuat dalam persyaratan bangunan dan berisi faktor empiris yang sesuai untuk mengimbangi besar beban maksimum yang ditentukan. Hal tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.8 berupa daftar beban hidup yang ditentukan dalam SNI 03-1727-2013 yang mengatur tentang beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain.

Tabel 2.8 Daftar Beban Hidup SNI 03-1727-2013

Hunian atau Penggunaan	Merata Psf (kN/m ²)
Apartemen dan hotel	
Ruang pribadi	40 (1,92)
Ruang publik & koridor	100 (4,79)
Rumah sakit	
Ruang operasi, laboratorium	60 (2,87)
Ruang pasien	40 (1,92)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)
Perpustakaan	
Ruang baca	60 (2,87)
Ruang penyimpanan	150 (7,18)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)
Pabrik	
Ringan	125 (6,00)
Berat	250 (11,97)
Gedung perkantoran	
Lobi dan koridor lantai pertama	100 (4,79)
Kantor	50 (2,40)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)
Tempat rekreasi	
Tempat bowling, kolam renang	75 (3,59)
Ruang dansa	100 (4,79)
Gymnasium	100 (4,79)
Tempat menonton baik terbuka atau tertutup	100 (4,79)
Stadium dan tribun dengan tempat duduk terikat	60 (2,87)
Atap	
Atap datar, berbubung, dan lengkung	20 (0,96)
Atap digunakan untuk taman atap	100 (4,79)
Sekolah	
Ruang kelas	40 (1,92)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)
Koridor lantai pertama	100 (4,79)

Sumber: SNI 03-1727-2013

2.1.5.3 Beban Gempa

Beban gempa adalah beban statik ekuivalen yang bekerja dalam gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa, maka

yang diartikan dengan gempa disini ialah gaya-gaya di dalam struktur tersebut yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa.

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 analisis beban gempa dapat dilakukan dengan 3 prosedur yaitu analisis gaya lateral ekivalen, analisis spektrum ragam, dan prosedur riwayat respon seismik.

1. Analisis Gaya Lateral Ekivalen

Suatu cara analisis statik struktur, di mana pengaruh gempa pada struktur dianggap sebagai beban-beban statik horizontal untuk menirukan pengaruh gempa yang sesungguhnya akibat gerakan tanah. Metode analisis statik ekivalen merupakan penyederhanaan dari analisis dinamik. Beban gempa yang bekerja diasumsikan sebagai beban titik yang bekerja pada tiap lantai (Suharjanto, 2013). Untuk struktur gedung sederhana dan beraturan dapat digunakan metode ini dalam penentuan beban gempa.

2. Analisis Spektrum Respon Ragam

Merupakan suatu analisis dengan menentukan respon dinamik struktur gedung yang berperilaku elastis penuh terhadap pengaruh suatu gempa. Metode ini merupakan suatu pendekatan terhadap beban gempa yang mungkin terjadi. Menurut SNI 03-1726-2012 respon spektrum adalah suatu diagram hubungan antara percepatan respon maksimum suatu sistem satu derajat kebebasan (SDK) akibat gempa tertentu, sebagai fungsi dari faktor redaman dan waktu getar alami.

3. Prosedur Riwayat Respon Seismik

Merupakan suatu cara analisa dinamik struktur, di mana suatu model matematik dari struktur dikenakan riwayat waktu dari gempa-gempa hasil

pencatatan atau gempa-gempa tiruan terhadap riwayat waktu dari respon struktur ditentukan.

Penentuan prosedur analisis yang dapat digunakan tergantung pada kategori desain seismik struktur, sistem struktur, properti dinamis, dan keteraturan. Ketentuan prosedur analisis yang diizinkan dapat dilihat pada Tabel 2.9.

Tabel 2. 9 Prosedur Analisa yang Boleh digunakan

Kategori desain seismic	Karakteristik struktur	Analisis gaya lateral ekuivalen	Analisis spektrum respon ragam	Prosedur riwayat respon seismic
B,C	Bangunan dengan Kategori Risiko I atau II dari konstruksi rangka ringan dengan ketinggian tidak melebihi 3 tingkat	I	I	I
	Bangunan lainnya dengan Kategori Risiko I atau II, dengan ketinggian tidak melebihi 2 tingkat	I	I	I
	Semua struktur lainnya	I	I	I
D, E, F	Bangunan dengan Kategori Risiko I atau II dari konstruksi rangka ringan dengan ketinggian tidak melebihi 3 tingkat	I	I	I
	Bangunan lainnya dengan Kategori Risiko I atau II, dengan ketinggian tidak melebihi 2 tingkat	I	I	I
	Struktur beraturan dengan $T < 3,5T_s$ dan semua struktur dari konstruksi rangka ringan	I	I	I
	Struktur tidak beraturan dengan $T < 3,5T_s$ dan mempunyai hanya ketidakberaturan horizontal Tipe 2, 3, 4, atau 5 dari Tabel 10 atau ketidakberaturan vertikal Tipe 4, 5s, atau 5b dari Tabel 11	I	I	I
	Semua struktur lainnya	TI	I	I

Catatan: I: Diiizinkan, TI: Tidak Diiizinkan

Sumber: SNI 03-1726-2012

2.1.5.4 Kombinasi Pembebanan

Berdasarkan SNI 03-1727-2013 telah ditentukan bahwa struktur, komponen, dan fondasi suatu bangunan dirancang sedemikian rupa sehingga kekuatan desainnya sama atau melebihi efek dari beban terfaktor dalam kombinasi berikut:

1. $1,4D$
2. $1,2D + 1,6L + 0,5 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R)$
3. $1,2D + 1,6 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
4. $1,2D + 1,0W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R)$
5. $1,2D + 1,0E + L + 0,2S$
6. $0,9D + 1,0W$
7. $0,9D + 1,0E$

Keterangan:

- D = beban mati
 L = beban hidup
 E = beban gempa
 W = beban angin
 Lr = beban hidup atap
 R = beban hujan
 S = beban salju

Pengaruh beban gempa (E) harus ditentukan sesuai dengan kriteria berikut ini:

1. Untuk penggunaan dalam kombinasi beban 5 atau kombinasi beban 5 dan 6, nilai E harus ditentukan sesuai dengan persamaan:

$$E = E_h + E_v \quad (2.6)$$

2. Untuk penggunaan dalam kombinasi beban 7 atau kombinasi beban 8, nilai E harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$E = E_h + E_v \quad (2.7)$$

Keterangan:

E = pengaruh beban gempa

E_h = pengaruh beban gempa horizontal

E_v = pengaruh beban gempa vertikal

Pengaruh beban gempa horizontal (E_h) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$E_h = \rho Q_E \quad (2.8)$$

Keterangan:

Q_E = pengaruh gaya gempa horizontal dari V atau Fp

ρ = faktor reduksi

Pengaruh beban gempa vertikal (E_v) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$E_v = 0,2 S_{DS} D \quad (2.9)$$

Keterangan:

S_{DS} = parameter percepatan spektrum respon desain pada periode pendek

D = beban mati

Berdasarkan SNI-03-1726-2012 struktur bangunan yang berfungsi untuk menahan gaya lateral, perlu direncanakan kekuatannya terhadap pengaruh 100% dari beban gempa dalam arah sumbu utama bangunan, dikombinasikan dengan pengaruh 30% dari beban gempa dalam arah tegak lurus padanya. Sehingga kombinasi pembebanan menjadi sebagai berikut:

1. $1,4D$
2. $1,2D + 1,6L$
3. $1,2D + 1,0L \pm 0,3 (\rho Q_{Ex} + 0,2S_{DS} D) \pm 1,0 (\rho Q_{Ey} + 0,2S_{DS} D)$
4. $1,2D + 1,0L \pm 1,0 (\rho Q_{Ex} + 0,2S_{DS} D) \pm 0,3 (\rho Q_{Ey} + 0,2S_{DS} D)$
5. $0,9D \pm 0,3 (\rho Q_{Ex} - 0,2S_{DS} D) \pm 1,0 (\rho Q_{Ey} - 0,2S_{DS} D)$
6. $0,9D \pm 1,0 (\rho Q_{Ex} - 0,2S_{DS} D) \pm 0,3 (\rho Q_{Ey} - 0,2S_{DS} D)$

2.1.6 Metode Analisa Respon Spektrum

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 respon spektrum adalah suatu diagram hubungan antara percepatan respon maksimum suatu sistem satu derajat kebebasan akibat gempa tertentu, sebagai fungsi dari faktor redaman dan waktu getar alami. Absis dari grafik tersebut berupa frekuensi (periode/waktu) dan ordinat berupa nilai respon maksimum.

SNI 03-1726-2012 telah mengatur beberapa tahapan dalam mendesain respon spectrum dengan menghitung persamaan-persamaan sesuai dengan periode. Berikut ini tahapan-tahapan dalam mendesain respon spectrum:

1. Menghitung parameter spektrum respon percepatan pada perioda pendek (S_{MS}) dan perioda 1 detik (S_{M1}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, dan dapat ditentukan dengan persamaan (2.10) dan (2.11)

$$S_{MS} = F_a \times S_S \quad (2.10)$$

$$S_{MS} = F_v \times S_1 \quad (2.11)$$

2. Untuk nilai S_S (percepatan batuan dasar pada perioda 0,2 detik) dan S_1 (percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik) dapat ditetapkan berdasarkan peta gerak tanah seismic yang ditunjukkan pada Gambar 2.1 dan Gambar 2.2. sedangkan faktor amplikasi getaran (F_a dan F_v) dapat ditentukan berdasarkan tabel 2.10 dan 2.11.

Tabel 2.10 Koefisien Situs, F_a

Kelas situs	Parameter respon spectral percepatan gempa (MCE _R) terpetakan pada perioda pendek, T=0,2 detik, S_S				
	$S_S \leq 0,25$	$S_S = 0,5$	$S_S = 0,75$	$S_S = 1,0$	$S_S \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS ^b				

Catatan:

- (a) Untuk nilai-nilai antara S_S dapat dilakukan interpolasi linier
 (b) SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifikasi dan analisis respon situs-spesifik

Sumber: 03-1726-2012

Tabel 2.11 Koefisien Situs, F_v

Kelas situs	Parameter respon spectral percepatan gempa (MCE _R) terpetakan pada perioda pendek, T=0,2 detik, S_S				
	$S_S \leq 0,1$	$S_S = 0,2$	$S_S = 0,3$	$S_S = 0,4$	$S_S \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS ^b				

Catatan:

- (c) Untuk nilai-nilai antara S_S dapat dilakukan interpolasi linier
 (d) SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifikasi dan analisis respon situs-spesifik

Sumber: 03-1726-2012

Menurut SNI 03-1726-2013, kelas situs adalah klasifikasi situs yang dilakukan berdasarkan kondisi tanah dilapangan. Tipe kelas situ dapat ditentukan dengan beberapa ketentuan yang dapat dilihat pada Tabel 2.12.

Tabel 2.12 Klasifikasi Situs

Kelas Situs	Vs(m/detik)	N atau Nch	Su (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras)	350 sampai 750	>50	≥100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	<175	<15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut: 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40 \%$, 3. Kuat geser niralir $S_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respon spesifik-situs)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sesnsitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organic dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $S_u < 50$ kPa		

N/A = tidak dapat dipakai

Sumber: 03-1726-2012

3. Menghitung parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek (S_{DS}) dan pada periodan 1 detik (S_{D1}). Keduanya dapat ditentukan melalui persamaan 2.12 dan 2.13.

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (2.12)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (2.13)$$

4. Setelah menghitung parameter percepatan spektral desain, lanjutkan dengan membuat kurva spektrum respon seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.11 dan mengikuti ketentuan dibawah ini:

- a. Untuk perioda yang lebih kecil dari T_0 , spectrum respon percepatan desain, S_a , didapatkan dengan menggunakan persamaan 2.14.

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (2.14)$$

- b. Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , spectrum respon percepatan desain, S_a , sama dengan S_{DS}
- c. Untuk perioda lebih besar dari T_s , spectrum percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan persamaan 2.15.

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (2.15)$$

Keterangan:

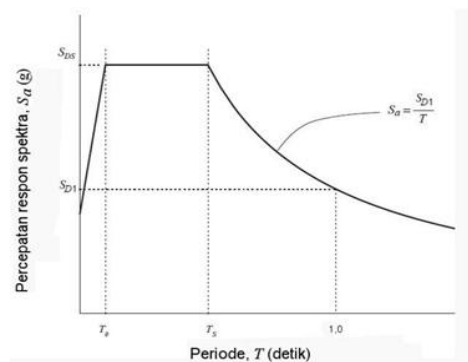
S_{DS} = parameter respon spectral percepatan desain pada perioda pendek

S_{D1} = parameter respon spectral percepatan desain pada perioda 1 detik

T = perioda getar fundamental struktur

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

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



Gambar 2.6 Kurva Respon Spektrum

Sumber: 03-1726-2012

2.1.7 *Software* ETABS

Untuk memudahkan proses perencanaan ataupun analisa suatu bangunan dapat digunakan berbagai *software* penunjang yang memungkinkan untuk memodelisasikan bangunan kedalam komputer. Pada modelisasi bangunan tersebut nantinya akan diberikan faktor-faktor kombinasi beban yang mungkin akan diterima bangunan dan berpengaruh terhadapnya, misalnya beban gempa. Ini bertujuan untuk mengetahui respon atau perilaku bangunan tersebut terhadap berbagai macam kombinasi tersebut . Hal ini sangat penting dilakukan sebagai tolak ukur kelayakan bangunan tersebut. Banyak software-software penunjang yang kini telah berkembang yang dapat digunakan untuk menunjang proses analisa suatu bangunan diantaranya adalah SAP2000, STAADpro, ANSYS mechanical, ETABS, dan sebagainya.

Program ETABS merupakan salah satu program analisa struktur yang dikembangkan oleh perusahaan *Software Computers and Structure, Incorporated* (CSI) yang dasar analisisnya berbasis pada Metode Elemen Hingga (*Finite Element Methode*) dalam pemecahan masalah statistika dan mekanikanya dengan tujuan khusus untuk mendesain bangunan dan menganalisis sistem bangunan struktur. Konsep dasar ETABS adalah perancangan hanya membuat model yang terdiri dari sistem lantai, sistem rangka vertikal dan horizontal untuk menganalisis dan mendesain keseluruhan bangunan (Computer and Structures Inc, 2002).

Program ETABS merupakan salah satu program yang dikhususkan untuk menganalisa struktur *high-rise building*. Program ini secara khusus difungsikan untuk menganalisa beberapa jenis perencanaan struktur seperti frame baja, frame

beton, balok komposit, baja rangka batang, dan analisis dinding geser. Penggunaan program ini dalam menganalisis struktur terutama untuk bangunan tinggi sangat tepat bagi perencana struktur karena beberapa faktor yaitu dari segi ketepatan dari output yang dihasilkan dan efektif waktu yang digunakan dalam menganalisisnya (Pamungkas, 2009).

Adapun secara umum langkah-langkah dalam proses pemodelan dan analisis struktur dengan software ETABS adalah sebagai berikut:

1. Definisi grid dan story data pilih *File > New Model > No* sehingga muncul kotak dialog “*Building Plan Grid System and Story Definition*” lalu pilih *Grid only* pada *structural object*. Setelah itu masukan data grid dan story dimension yang akan dibuat untuk membantu proses pemodelan bangunan kemudian klik *ok*.
2. Input data material dengan klik *Define > Material Propertise > Add New Material* kemudian masukan data material yang akan digunakan.
3. Kemudian define dimensi struktur, untuk komponen balok dan kolom dapat dilakukan dengan cara *Define > Frame Section* . sedangkan untuk pelat dan wall dengan cara *Define > Wall/Slab/Deck Section*.
4. Menentukan beban yang akan bekerja pada bangunan dengan cara Klik *Define > Static Load Case* kemudian input jenis-jenis beban yang akan digunakan untuk proses analisis.
5. Define respon spektrum sebagai beban gempa dengan cara pilih *Define > Response Spectrum Function*. Pada kotak dialog *Define Response Spectrum Function*, klik *Add User Spektrum*. Kemudian input data *Period* dan

Acceleration (percepatan gempa) sesuai dengan perhitungan pada kotak dialog *Respon Spectrum Function Definition* lalu klik ok.

6. Menentukan spektrum gempa. Pilih *Define > Respon Spectrum Case* setelah muncul *Define Response Spectra* klik *Add New Spectrum*. Masking data pada kotak dialog *Response Spectrum*, data yang dimasukkan seperti *Spectrum Case Name* berupa RSPX dan RSPY. Input *Response Spectrume* untuk arah X isikan *Function* dan *Scale Factor* pada kotak U1 dan untuk arah Y pada kotak U2 sesuai dengan perhitungan.
7. Menentukan kombinasi pembebanan dengan cara klik *Define > Load Combination* setelah itu muncul kotak dialog *Define Load Combination* pilih *Add New Combo* kemudian masukan *scale factor* setiap jenis beban pada masing-masing kombinasi yang telah direncanakan sebelumnya.
8. Menggambar kolom dengan klik menu *Draw > Draw Line Object > Draw line* kemudian tentukan type balok yang akan digunakan. Setelah itu gambarkan balok pada garis grid yang telah dibuat sebelumnya.
9. Menggambar pelat dengan klik menu *Draw > Draw Area Object > Draw Area* kemudian tentukan type pelat yang akan digunakan. Setelah itu gambarkan plat sesuai gambar perencanaan.
10. Menggambar *wall* dengan klik menu *Draw > Draw Area Object > Draw Walls (Plan)* pada *Properties of Object* tentukan type *wall* yang akan digunakan. Setelah itu gambarkan *wall* pada grid yang sudah dibuat sebagai acuan pemodelan.
11. Input beban mati dan beban hidup untuk itu pilih plat yang akan diinput beban kemudian pilih menu *Assign > Shell/ Area loads > Uniform*. Pilih *Load Case*

Name antara Dead/Live disesuaikan dengan jenis beban yang akan dimasukkan.

12. Menentukan jenis perletakan pada bagian bawah struktur. *Select* semua titik-titik yang berada pada lantai *base* kemudian pilih menu Assign > Joint/ Point > Restraints/Support, pilih jenis *support* yang akan digunakan lalu klik Ok untuk keluar.
13. Setelah semua pemodelan setiap elemen struktur selesai langkah selanjutnya adalah proses analisis dengan klik menu *Analyze > Set Analysis Option*. Setelah muncul kotak dialog *Analysis Option* pilih *Full 3D* pada *Building Active of Freedom* dan *checklist* pada *Dynamic Analysis* lalu klik Ok. Setelah itu klik *Analysis* lalu *Run Analysis*.

2.2 Penelitian yang Relevan

Beberapa penelitian terdahulu juga telah membahas mengenai penerapan bukaan pada dinding geser dan relevan dengan penelitian. Berikut ini penelitian yang dianggap relevan dengan penelitian yang akan diangkat.

1. Ruchi Sharma dan Jignesh A. Amin (2015) “*Effects of opening in shear walls of 30-storey building*”.

Penelitian ini dilakukan dengan memodelkan bangunan 30 lantai dan dimensi 25 m × 25 m. Bangunan didesain menggunakan konstruksi beton bertulang memiliki ukuran kolom 900 mm × 900 mm untuk lantai 1-15 dan 600 mm × 600 mm untuk lantai 16-30 dengan dimensi balok dan ketebalan plat yang seragam disetiap lantai. Tinggi masing-masing lantai 3,5 m dan ketebalan *shear wall* 250 mm yang diposisikan di arah X dan arah Y. Pada penelitian ini dibuat 6 pemodelan bangunan di mana model I merupakan sistem rangka

tanpa *shear wall*, model II sistem rangka yang menggunakan *shear wall*, dan model III, IV, V, VI merupakan sistem rangka dengan *shear wall* yang memiliki bukaan pada penampangnya dengan beberapa variasi ukuran bukaan yaitu $2\text{ m} \times 2,1\text{ m}$, $2\text{ m} \times 2,8\text{ m}$, $3\text{ m} \times 2,1\text{ m}$, dan $3\text{ m} \times 2,8\text{ m}$ yang semuanya diletakan pada pusat penampang *shear wall*.

Kesimpulan dalam penelitian ini bukaan pada dinding geser yang menyebabkan volume dinding geser berkurang sehingga dapat mengurangi kekakuan bangunan dalam menerima beban lateral serta membuat *displacement* dan *inter-story* pada bangunan meningkat. Secara keseluruhan dibandingkan dengan *shear wall* tanpa bukaan *displacement* meningkat mulai dari 0,58% sampai 20,95% dan *inter-story* meningkat mulai dari 1,04% sampai 23,63% tergantung besar ukuran bukaan.

2. Seyed M.Khatami, Alireza Mortezaei, dan Rui C. Barros (2012) “*Comparing Effect of Opening in Concrete Shear walls Under Near-Fault Ground Motions*”.

Penelitian ini menggunakan bangunan 10 lantai dengan ketinggian setiap lantainya 3 m, dengan bentuk persegi panjang yang terdiri dari 5 bentang dengan jarak 5 m pada arah X dan 3 bentang dengan jarak 4 meter pada arah Y. Bangunan didesain dengan mutu beton 25 MPa dan mutu besi 400 MPa. dinding geser ditempatkan di tengah-tengah bentang arah X. Dinding geser dimodelkan menggunakan tiga bentuk yang berbeda. Model pertama yaitu *shear wall* tanpa bukaan, kemudian dua model lainnya *shear wall* dengan bukaan berbentuk persegi yang ditempatkan di pusat dan sisi kanan permukaan *shear wall*.

Kesimpulan dalam penelitian ini adanya bukaan pada dinding geser dapat menurunkan daya dukung lateral dinding geser. Di mana penurunan terjadi sekitar 37% pada *shear wall* dengan bukaan yang berada di pusat penampang dibandingkan dengan *shear wall* tanpa bukaan. Selain itu, penurunan juga terjadi sebesar 54% ketika bukaan diletakan di sisi kanan *shear wall*. Sehingga dianjurkan bukaan berada di pusat penampang dinding geser untuk dapat meminimalkan penurunan kekuatan dan peningkatan deformasi untuk beban yang lebih rendah.

3. Pravin D.Dore dan Rajashekhar Talikoti (2015) “*Comparative Study of Behavior of Shear wall with Different Percentage of Opening*”.

Penelitian dilakukan pada bangunan dengan kontruksi beton bertulang yang terdiri dari 12 lantai dan ketinggian antar tingkat seragam yaitu 3,1 meter. Dinding geser dan kolom memiliki penampang yang sama diseluruh ketinggian. Dinding geser didesain dengan ketebalan 230 mm sedangkan penampang kolom didesain dengan ukuran 230×975 mm. Selain itu, ketebalan slab lantai dan atap adalah 150 mm dan dimensi semua balok 250×600 mm. Pada penelitian ini akan dibuat 6 pemodelan struktur dengan beragam variasi ukuran bukaan. Model W1 adalah *shear wall* tanpa bukaan. Model W2 adalah *shear wall* dengan bukaan ($1,0 \times 1,2$). Model W3 adalah *shear wall* dengan bukaan ($1,5 \times 1,2$). Model W4 adalah *shear wall* dengan bukaan ($2,0 \times 1,2$). Model W5 adalah *shear wall* dengan bukaan ($2,5 \times 1,2$). Model W6 adalah *shear wall* dengan bukaan ($1,0 \times 1,2$). Nantinya akan dilihat perbandingan nilai *displacement* dan *story drift* dari keenam model menggunakan software ETABS.

Kesimpulan dari penelitian ini adalah dari hasil analisa bahwa *displacement* maximum terjadi pada model W6 sekitar 9,5% di arah-x dan 11% diarah-y. Jadi, semakin besar bukaan diberikan pada dinding geser maka akan meningkatkan *displacement* bangunan. kemudian dari *story drift* maksimum berada di lantai 5 sekitar 8,9% di arah-X dan di lantai 7 sekitar 14,7% pada model W6 jika dibandingkan dengan model W1. Semua model memiliki nilai minimum soft storey di lantai 1 dibandingkan dengan model W1.

2.3 Kerangka Konseptual

Gempa merupakan getaran yang bersifat alamiah, yang terjadi pada lokasi tertentu karena adanya pergerakan kerak bumi (lempeng bumi) secara tiba-tiba baik yang disebabkan oleh alam maupun aktivitas manusia. Getaran yang dihasilkan disebarkan kesegala arah berupa gelombang sehingga efeknya dapat dirasakan sampai ke permukaan bumi yang dapat mengakibatkan berbagai kerusakan salah satunya adalah kerusakan konstruksi bangunan.

Indonesia sebagai negara yang memiliki potensi terjadinya gempa yang cukup besar tentunya dalam perencanaan konstruksi bangunan harus direncanakan sebagai bangunan tahan gempa. Terutama untuk bangunan-bangunan tinggi yang yang memiliki sifat fleksibel sehingga dapat mengalami gaya yang jauh lebih besar akibat gerak permukaan yang berulang-ulang disebabkan oleh gempa. Hal tersebut dapat diperparah dengan kemungkinan bangunan didesain dengan bentuk yang tidak beraturan, baik secara vertikal maupun horizontal. Hal ini akan menjadikan bangunan memiliki potensi bahaya yang lebih besar terhadap beban gempa. Oleh karena itu, dalam mendesain suatu bangunan tahan gempa salah satu solusi yang

dapat digunakan adalah perlu adanya elemen-elemen pengaku yang dapat meningkatkan kinerja bangunan dalam menahan beban gempa.

Dinding geser merupakan salah satu elemen pengaku berupa dinding beton bertulang dengan kekakuan bidang datar yang sangat besar sehingga efektif dalam menahan beban lateral termasuk gempa. Namun, penerapan dinding geser pada bangunan-bangunan tinggi seperti apartemen, hotel, kantor, dan sebagainya terkadang mengharuskan dinding geser memiliki bukaan pada penampangnya untuk alasan pemenuhan kebutuhan ruangan dan estetika. Secara teori adanya bukaan pada dinding geser ini dapat mempengaruhi kinerja dinding geser dalam menahan gaya lateral. Hal ini dikarenakan adanya bukaan menyebabkan terjadinya konsentrasi tegangan dan pergeseran lateral lokal yang mungkin sulit diukur dan disesuaikan dalam desain, dalam beberapa kasus menyebabkan respon seismik yang tidak diinginkan.

Meskipun demikian, biasanya dengan ukuran dan posisi tertentu bukaan tidak akan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kemampuan dinding geser dalam menahan beban lateral. Oleh karena itu maka dirasa perlu dilakukan penelitian mengenai variasi bukaan dinding geser untuk mendapatkan ukuran dan posisi bukaan yang optimal dalam menahan beban lateral.

2.4 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan teori yang telah dibahas sebelumnya, maka dapat dirumuskan hipotesis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Diduga *shear wall* dengan ukuran bukaan yang kecil dan posisi di pusat penampang *shear wall* akan menghasilkan respon bangunan yang lebih baik dan tidak secara signifikan berpengaruh pada kinerja bangunan terhadap beban gempa.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat, Waktu dan Subjek Penelitian

Tempat, waktu dan subjek yang digunakan untuk melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Waktu penelitian

Waktu yang digunakan untuk melakukan penelitian ini mulai dari penyusunan proposal sampai dengan penyusunan laporan penelitian adalah pada bulan Februari sampai dengan Agustus 2017.

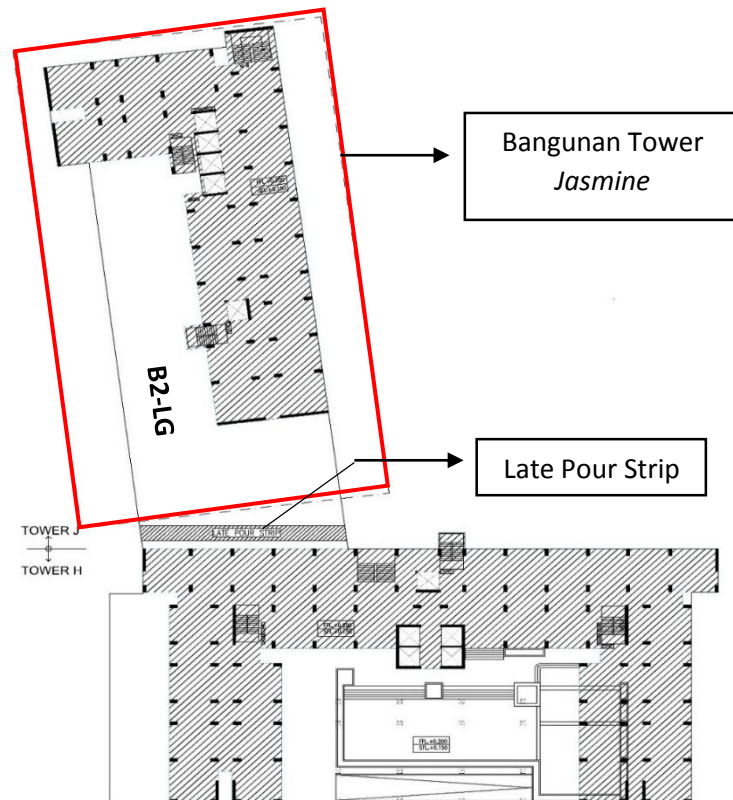
2. Objek penelitian

Objek yang digunakan pada penelitian ini adalah bukaan dinding geser yang diterapkan pada bangunan Apartemen Bassura *City Tower Jasmine*.

3.2 Deskripsi Bangunan

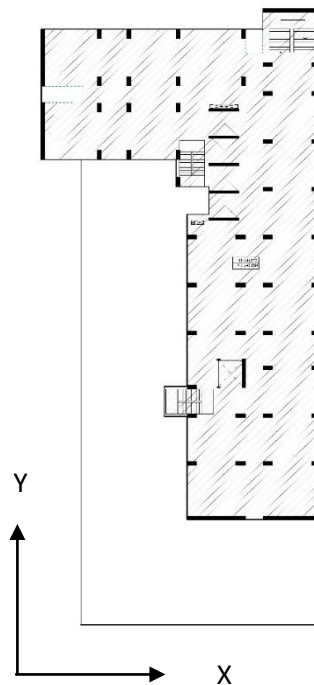
Bangunan Apartemen Bassura *City* ini merupakan bangunan dengan dua tower yaitu tower *Heliconia* dan *Jasmine* yang memiliki basement menyatu. Namun pada dasarnya bangunan tersebut tidak merupakan satu kesatuan karena terdapat sistem pemisah *late pour strip* diantara kedua pelat basement yang menyatu tersebut seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.1.

Sehingga, yang akan jadi fokus subjek dalam penelitian ini hanya salah satu tower saja yaitu pada tower *Jasmine* yang memiliki bukaan pada *shear wall*nya. Bangunan termasuk dalam kategori bangunan tinggi dengan ketidakberaturan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.2. Semua komponen strukturnya didesain menggunakan konstruksi beton bertulang.



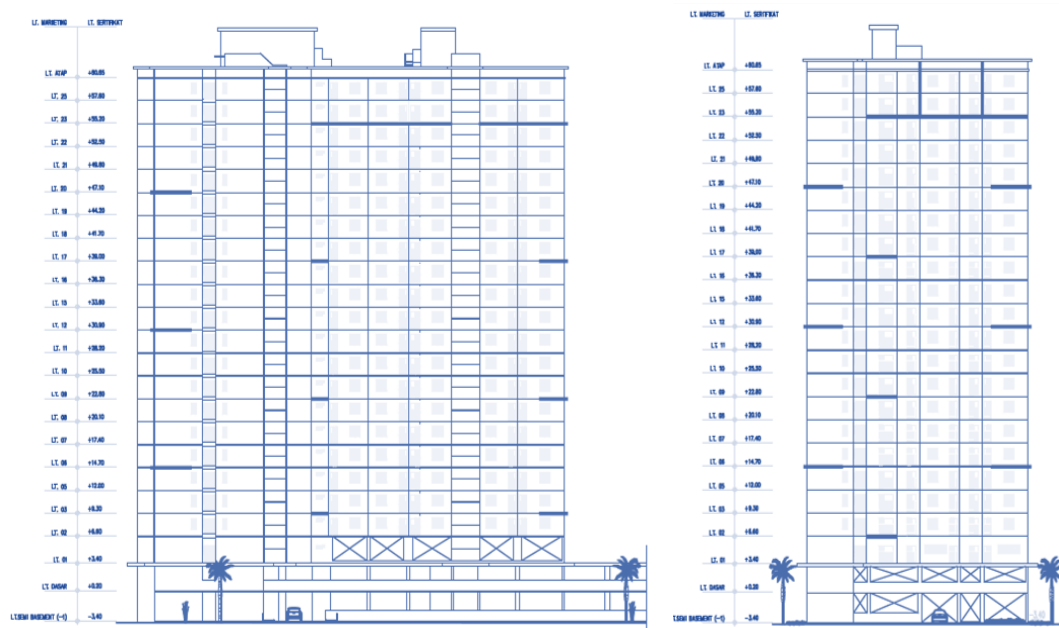
Gambar 3.1 Denah Bangunan Apartemen Bassura City

Sumber : Dokumen Proyek



Gambar 3.2 Denah Bangunan Apartemen Bassura City Tower Jasmine

Sumber : Dokumen Proyek



Gambar 3.3 Tampak Depan Apartemen Bassura *City Tower Jasmine*

Sumber : Dokumen Proyek

Adapun data-data teknis yang digunakan dalam proses analisis adalah sebagai berikut:

1. Lokasi bangunan : Jalan Basuki Rahmat No.1A, Jakarta Timur
2. Fungsi bangunan : Apartemen
3. Kategori resiko : II
4. Konstruksi Bangunan : Struktur beton bertulang
5. Jenis tanah : Tanah sedang (SD)
6. Jumlah lantai : 21 Lantai, 1 *Ground Floor*, 1 *Lower Ground*,
dan 2 Basement
7. Ketinggian lantai :
B1 dan B2 : 3,2 m
Lower Ground : 3,55 m

<i>Ground Floor</i>	: 3,22 m
Lt.1	: 3,2 m
Lt.2 s/d Lt.25	: 2,7 m
Lt.25-Lt.Atap	: 2,75 m

8. Spesifikasi material :

Mutu beton :

- Kolom/ *Shear wall* : Lt.Basement 2 s/d Lt.6 = K 450 ($f'c = 37,35$ Mpa)
(Kecuali K3J K 400)

: Lt.7 s/d Lt.19 = K 400 ($f'c = 33,20$ Mpa)

: Lt.20 s/d Lt.Atap = K 350 ($f'c = 29,05$ Mpa)

- Balok/ Pelat : Lt.Basement 2 s/d Lt.6 = K 350 ($f'c = 29,05$ Mpa)

: Lt.7 s/d Lt.19 = K 350 ($f'c = 29,05$ Mpa)

: Lt.20 s/d Lt.Atap = K 300 ($f'c = 24,90$ Mpa)

Mutu besi beton :

BJTD 40 : $f_y = 400$ MPa

9. Dimensi struktur

Dimensi kolom, balok, plat dan dinding geser yang digunakan sesuai dengan yang digunakan pada bangunan eksisting.

a. Konstruksi Kolom

Terdapat 3 tipe kolom yang digunakan pada bangunan ini yaitu K1J, K2J, K3J, dan KL. Dimensi kolom beragam disetiap jenis dan beberapa

lantai. Macam-macam dimensi kolom pada bangunan apartemen *Bassura City Tower Jasmine* dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Tipe Kolom

Lantai	K1J	K2J	K3J	KL
Lt.20 – Lt.Atap	450 × 600	450 × 600		200 × 400
Lt.12 – Lt.19	450 × 700	450 × 700		200 × 400
Lt.7 – Lt.11	450 × 800	450 × 800		200 × 400
Lt.1 - Lt.6	450 × 900	450 × 900		200 × 400
Bassement 2 – Lt.Dasar	450 × 1000	450 × 1000	600 × 600	200 × 400

Sumber : Dokumen Proyek

b. Konstruksi Balok

Tabel 3.2 Tipe Balok

TIPE	UKURAN	Lantai	TIPE	UKURAN	Lantai
G24	200 × 400	B1	B24	200 × 400	B1- Lt.Atap
G59	500 × 900		B24A	200 × 450	GF
G35	300 × 500	B1- Lt.Atap	B25	200 × 500	
G36	300 × 600	B1-GF	B2A4A	250 × 450	Lt.1- Lt.Atap
G37	300 × 700		B34	300 × 400	
G38	300 × 800		B34A	300 × 450	
G3A7	350 × 700		B35	300 × 500	B1-GF
G47	400 × 700	B36	300 × 600		
G46	400 × 700	GF	B37	300 × 700	Lt.1- Lt.Atap
G48	400 × 800		B43A	400 × 350	
G58	500 × 800		B46	400 × 600	B1
G66	600 × 600		B47	400 × 700	
G68	600 × 800		B48	400 × 800	
G44A	400 × 450	B4A8	450 × 800		
G45	400 × 500	Lt.1- Lt.Atap	B59	500 × 900	
G72	700 × 200				
G34	300 × 400		CG35	300 × 500	GF- Lt.Atap
G34A	300 × 450				

Sumber : Dokumen Proyek

c. Konstruksi Pelat

Tabel 3.3 Tipe Pelat

TIPE	KETEBALAN	Lantai
S12	120 mm	B1 dan LG
S13	130 mm	Lt.1-Lt.Atap
S14	140 mm	B1 dan LG
S15	150 mm	Lt.1-Lt.Atap
S18	180 mm	Lt.1
S20	200 mm	B1-Lt.Atap

Sumber : Dokumen Proyek

d. Konstruksi Dinding Geser

Shear wall merupakan elemen struktur bangunan berbentuk dinding beton bertulang yang menerus dari dasar sampai puncak bangunan yang berfungsi sebagai pengaku bangunan terhadap gaya lateral. Pada bangunan ini *shear wall* dibagi menjadi 3 tipe dengan dimensi yang berbeda seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.4. selain itu penempatan *shear wall* dari masing-masing tipe juga beragam ada yang berada di sisi luar bangunan dan juga ada yang berada di dalam bangunan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.1 (a). Khusus pada semua *shear wall* tipe W1J terdapat bukaan pada penampangnya yang diterapkan mulai dari lantai 1 sampai dengan lantai 21 dengan ukuran 600 x 1310 mm dan posisi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.1 (b)

Tabel 3.4 Tipe *Shear wall*

TIPE	KETEBALAN
W1J	350 mm
W2J	350 mm
W3J	300 mm

Sumber : Dokumen Proyek

3.2.1 Deskripsi Ketidakberaturan Bangunan Tower Jasmin

Sesuai dengan penjelasan pada sub bab sebelumnya pada penelitian ini dilakukan analisa pemodelan pada bangunan Apartemen Bassura City Tower Jamine yang secara denah memiliki ketidakberaturan sudut seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.4 terlihat kedua proyeksi denah struktur dari sudut dalam lebih besar dari 15 persen dimensi denah struktur dalam arah yang ditentukan. Dimana ketidakberaturan pada arah X sebesar 47,97% dan untuk arah Y sebesar 29,29%.

$$\rho_x > 0,15l_x$$

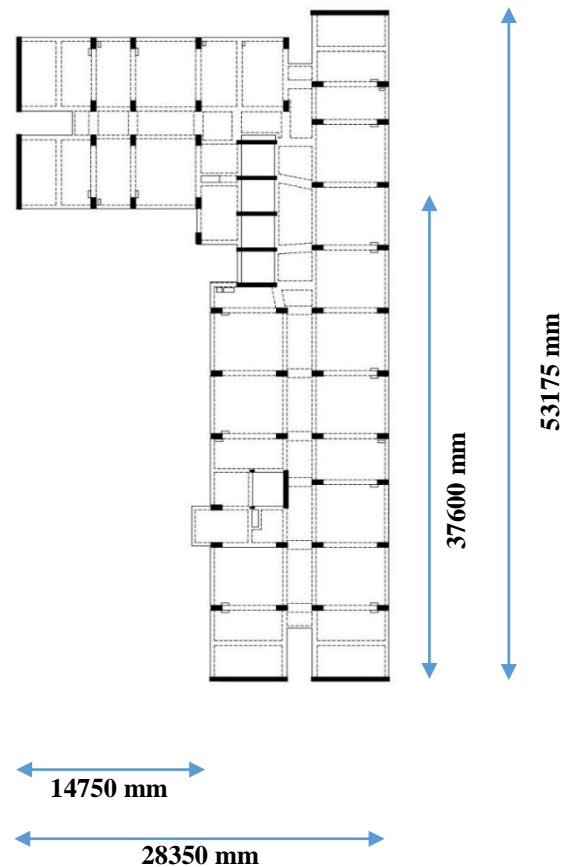
$$14750 > 0,15(28350)$$

$$14750 > 4252,5$$

$$\rho_y > 0,15l_y$$

$$37600 > 0,15(53175)$$

$$37600 > 7976,25$$



Gambar 3.4. Ketidakberaturan Sudut Bangunan

Selain itu bangunan ini juga memiliki ketinggian lantai yang beragam dimana perbedaan yang cukup besar berada pada lantai 1 dan 2. Maka dilakukan perhitungan kekakuan kolom dari kedua lantai untuk memastikan terjadinya fenomena *soft story* pada lantai tersebut. Adapun perhitungan kekakuan dari masing-masing lantai adalah sebagai berikut:

- Lantai 1

Elastisitas beton (E) : 20000000 kN/m²

Dimensi kolom : 450 x 900

Tinggi kolom (l) : 3,2 m

Inersia Kolom (I)

$$I_l : \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$\frac{1}{12} \times 0,45 \times 0,9^3 = 0,027 \text{ m}^4$$

Kekakuan Kolom (k)

$$k = \frac{12 EI}{l^3} = \frac{12 \cdot 20000000 \cdot 0,027}{3,2^3} = 197753,90 \text{ kN/m}$$

Total kekakuan kolom = 46 × (197753,90) = 9096679,40 kN/m

- Lantai 2

Elastisitas beton (E) : 20000000 kN/m²

Dimensi kolom : K1 : 450 x 900

Tinggi kolom (l) : 2,7 m

Inersia Kolom (I)

$$I_l : \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$\frac{1}{12} \times 0,45 \times 0,9^3 = 0,027 \text{ m}^4$$

Kekakuan Kolom (k)

$$k_l = \frac{12 EI}{l^3} = \frac{12 \cdot 20000000 \cdot 0,027}{2,7^3} = 329218,11 \text{ kN/m}$$

$$\text{Total kekakuan kolom} = 46 \times (329218,11) = 15144033,06 \text{ kN/m}$$

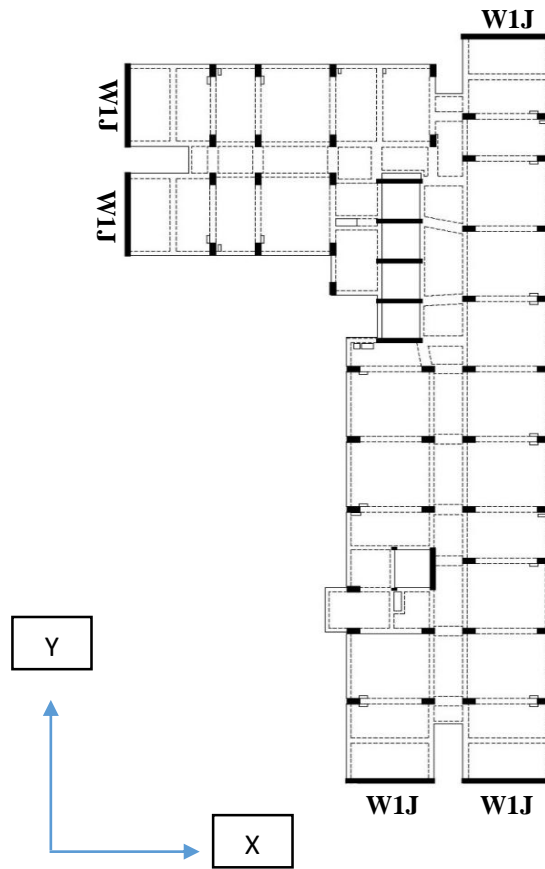
$$9096679,40 < 70\% (15144033,06)$$

$$9096679,40 < 10600823,14$$

Sesuai dengan ketentuan SNI-03-1726-2013 bangunan dengan ketidakberaturan kekakuan tingkat (*soft story*) jika terdapat suatu tingkat di mana kekakuan lateralnya kurang dari 70 persen kekakuan lateral tingkat di atasnya. Maka dari hasil diatas terlihat bahwa bangunan Apartemen Bassura City Tower Jasmine juga memiliki ketidakberaturan kekakuan tingkat (*soft story*).

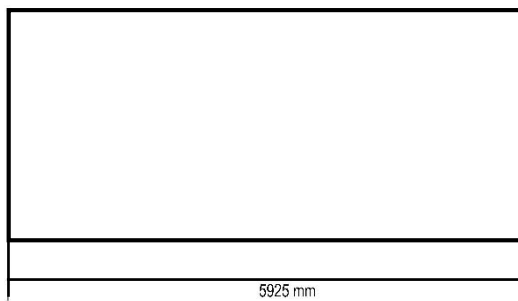
3.3 Perlakuan Penelitian

Fokus penelitian ini adalah pada *shear wall* Tipe W1J yang berada di sisi luar bangunan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.5. Di mana nantinya pada *shear wall* tipe ini akan dibuat beberapa variasi pemodelan mulai dari tanpa bukaan dan adanya bukaan dengan beragam variasi ukuran dan posisi dengan Model 2 merupakan bentuk bukaan eksisting seperti pada Gambar 3.6. Hal ini dilakukan dengan pertimbangan bahwa secara teori ukuran dan posisi bukaan pada *shear wall* akan berpengaruh pada kinerjanya. Bukaan hanya akan diterapkan pada lantai 1 sampai dengan 25 saja sesuai dengan eksisting.

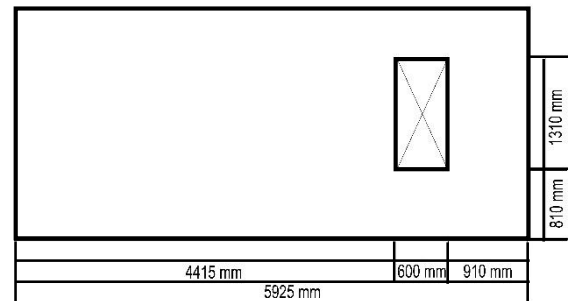


Gambar 3.5 Denah *Shear wall* Tipe W1J

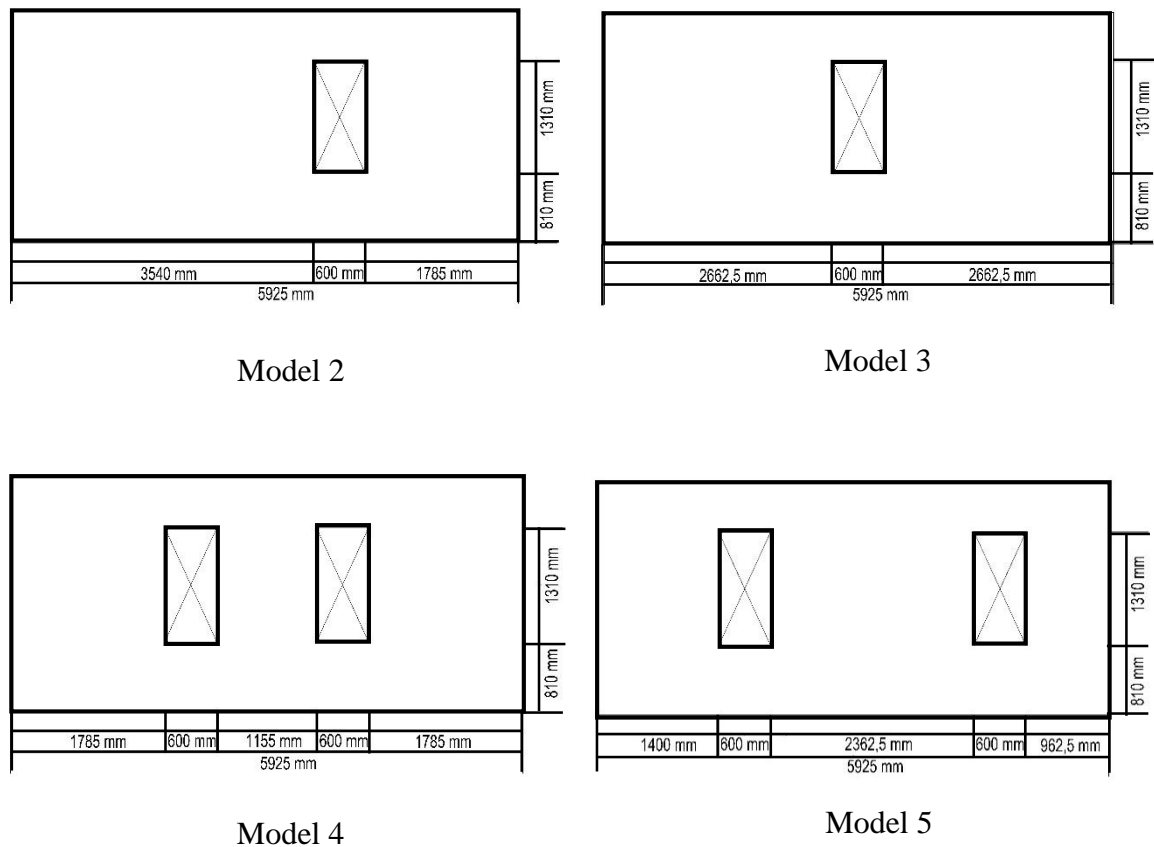
Sumber : Dokumen Proyek



Tanpa Bukaannya



Model 1



Gambar 3.6 Variasi Pemodelan Bukaian *Shear wall*

3.4 Analisa Pembebanan

Pembebanan yang digunakan untuk proses analisa dalam penelitian ini terdiri dari 3 jenis beban yaitu beban mati, beban hidup, dan beban gempa.

3.4.1 Beban Mati

Beban mati yang diperhitungkan akan bekerja pada struktur gedung ini yaitu berat sendiri dari komponen-komponen struktur seperti kolom, balok, pelat, dan dinding geser yang ada pada bangunan tersebut beserta beban tambahan yang bekerja namun bukan merupakan elemen struktural. Adapun beban mati yang akan digunakan untuk proses analisis bangunan mengacu pada SNI 03-1727-1989 seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.6 dan perencanaannya adalah sebagai berikut:

a. Berat sendiri dari komponen struktur akan dihitung secara langsung oleh *software* ETABS.

b. Beban mati tambahan

1. Lantai *basement* 1 – *lower ground*
 - Adukan semen (tebal 3 cm) = 0,63 kN/m²
 - Mekanikal & elektrik = 0,25 kN/m² +
 - = 0,88 kN/m²

2. *Ground floor*
 - Adukan semen (tebal 3 cm) = 0,63 kN/m²
 - Penutup lantai = 0,24 kN/m²
 - Plafond+penggantung = 0,18 kN/m²
 - Mekanikal & elektrik = 0,25 kN/m² +
 - = 1,30 kN/m²

3. Lantai 1 – Lantai 25
 - Adukan semen (tebal 3 cm) = 0,63 kN/m²
 - Penutup lantai = 0,24 kN/m²
 - Plafond+penggantung = 0,18 kN/m²
 - Mekanikal & elektrik = 0,25 kN/m² +
 - = 1,30 kN/m²

4. Lantai atap
 - Adukan semen (tebal 3 cm) = 0,63 kN/m²
 - Waterproofing (tebal 2 cm) = 0,28 kN/m²
 - Plafond+penggantung = 0,18 kN/m²

$$\begin{aligned}
 - \text{ Mekanikal \& elektrikal} &= \underline{0,25 \text{ kN/m}^2} + \\
 &= 1,34 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

3.4.2 Beban Hidup

Beban hidup merupakan beban yang timbul akibat penggunaan dan penghuni gedung atau struktur lainnya yang sifatnya tidak tetap dalam struktur. Besarnya beban hidup mengacu pada ketentuan SNI 03-1727-2013 seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.8 yang penggunaannya berdasarkan kriteria penggunaan lantai pada bangunan Apartemen *Bassura City Tower Jasmine*. Namun karena ada beberapa nilai yang kurang sesuai atau tidak terdapat diperaturan terbaru sehingga dalam perencanaan beban hidup juga mengacu pada SNI 03-1727-1989 pada Tabel 2.7. Adapun perencanaan beban hidup yang akan digunakan dalam proses analisa penelitian ini sesuai dengan fungsi lantai adalah sebagai berikut:

1. Lantai *basement 1 – lower ground*
 Beban hidup parkir = 4,0 kN/m² (Tabel 2.7)
2. *Ground floor*
 Ruang publik (hunian rumah tinggal lainnya) = 4,79 kN/m² (Tabel 2.8)
3. Lantai 1 – Lantai 25
 Ruang pribadi (hunian rumah tinggal lainnya) = 1,92 kN/m² (Tabel 2.8)
4. Lantai atap
 Lantai atap = 0,96 kN/m² (Tabel 2.8)
5. Pelat lantai tangga
 Beban hidup tangga = 3,0 kN/m² (Tabel 2.7)

3.4.3 Beban Gempa

Beban gempa direncanakan dengan prosedur respon spektrum berdasarkan SNI 03-1726-2012. Tahapan perencanaan beban gempa menggunakan metode respon spektrum sebagai berikut:

1. Parameter percepatan terpetakan S_S dan S_1

Bangunan berlokasi di Jakarta Timur di mana berdasarkan peta gerak tanah pada Gambar 2.1 dan Gambar 2.2 nilai S_S dan S_1 untuk kota Jakarta berada pada rentan nilai 0,6-0,7 g dan 0,2-0,3 g. Untuk lebih tepatnya dengan bantuan aplikasi desain spektra Indonesia dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman, Kementerian Pekerjaan Umum untuk Jakarta Timur didapatkan nilai:

- a. Percepatan batuan dasar pada perioda pendek $S_S = 0.679$ g
- b. Percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik $S_1 = 0.297$ g.

2. Koefisien situs F_a dan F_v

Berdasarkan Tabel 2.10 dan Tabel 2.11 untuk kelas situs SD (tanah sedang) dan dengan nilai $S_S = 0.679$ g dan $S_1 = 0.297$ g dengan interpolasi didapatkan nilai:

- a. Faktor amplikasi getaran terkait percepatan pada getaran perioda pendek $F_a = 1.257$
- b. Faktor amplikasi getaran terkait percepatan pada getaran perioda 1 detik $F_v = 1.806$

3. Parameter spektrum respon percepatan S_{MS} dan S_{M1}

$$S_{MS} = F_a \times S_S = 1.257 \times 0.679 = 0.853$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 = 1.806 \times 0.297 = 0.536$$

4. Parameter percepatan spektral desain S_{DS} dan S_{D1}

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} = \frac{2}{3} \times 0.766 = 0.569$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} = \frac{2}{3} \times 0.446 = 0.358$$

5. Kurva respon spektrum desain

$$T_0 = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0.2 \frac{0.358}{0.569} = 0.126$$

$$T_s = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0.358}{0.569} = 0.629$$

Menghitung percepatan respon spectral (S_a)

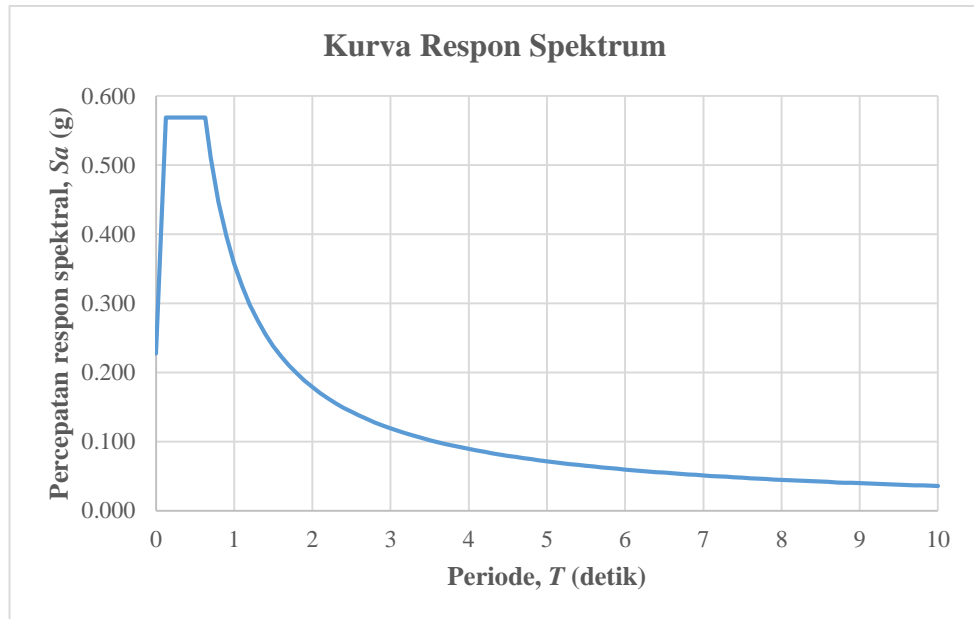
a. Untuk $T \leq T_0$: $S_a = S_{DS} \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_0} \right)$

$$S_a = 0.511 \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{0.117} \right)$$

b. Untuk $T_0 \leq T \leq T_s$: $S_a = S_{DS} = 0.511$

c. Untuk $T \geq T_s$: $S_a = \frac{S_{DS}}{T} = \frac{0.511}{T}$

Maka kurva respon spektrum berdasarkan data-data diatas dapat ditunjukan pada gambar di bawah ini:



Gambar 3.7 Kurva Respon Spektrum

3.4.4 Kombinasi Pembebanan

Nilai parameter percepatan spectral desain pada perioda pendek (S_{DS}) adalah 0,511. Berdasarkan Tabel 2.11, karena nilai $S_{DS} > 0,50$ dan dengan kategori resiko II maka gedung ini termasuk kategori desain seismic D dan memiliki faktor redunansi (ρ) sebesar 1,3. Dengan mensubstitusikan nilai S_{DS} dan nilai redunansi (ρ) ke dalam persamaan pada kombinasi pembebanan, maka akan diperoleh kombinasi pembebanan seperti berikut:

1. 1,4D
2. 1,2D + 1,6L
3. 1,35D + 1,0L + 0,39 Q_{Ex} + 1,3 Q_{Ey}
4. 1,05D + 1,0L - 0,39 Q_{Ex} - 1,3 Q_{Ey}
5. 1,12D + 1,0L + 0,39 Q_{Ex} - 1,3 Q_{Ey}
6. 1,28D + 1,0L - 0,39 Q_{Ex} + 1,3 Q_{Ey}

7. $1,35D + 1,0L + 1,3Q_{Ex} + 0,39Q_{Ey}$
8. $1,05D + 1,0L - 1,3Q_{Ex} - 0,39Q_{Ey}$
9. $1,28D + 1,0L + 1,3Q_{Ex} - 0,39Q_{Ey}$
10. $1,12D + 1,0L - 1,3Q_{Ex} + 0,39Q_{Ey}$
11. $0,75D + 0,39Q_{Ex} + 1,3Q_{Ey}$
12. $1,05D - 0,39Q_{Ex} - 1,3Q_{Ey}$
13. $0,98D + 0,39Q_{Ex} - 1,3Q_{Ey}$
14. $0,82D - 0,39Q_{Ex} + 1,3Q_{Ey}$
15. $0,75D + 1,3Q_{Ex} + 0,39Q_{Ey}$
16. $1,05D - 1,3Q_{Ex} - 0,39Q_{Ey}$
17. $0,82D + 1,3Q_{Ex} - 0,39Q_{Ey}$
18. $0,98D - 1,3Q_{Ex} + 0,39Q_{Ey}$

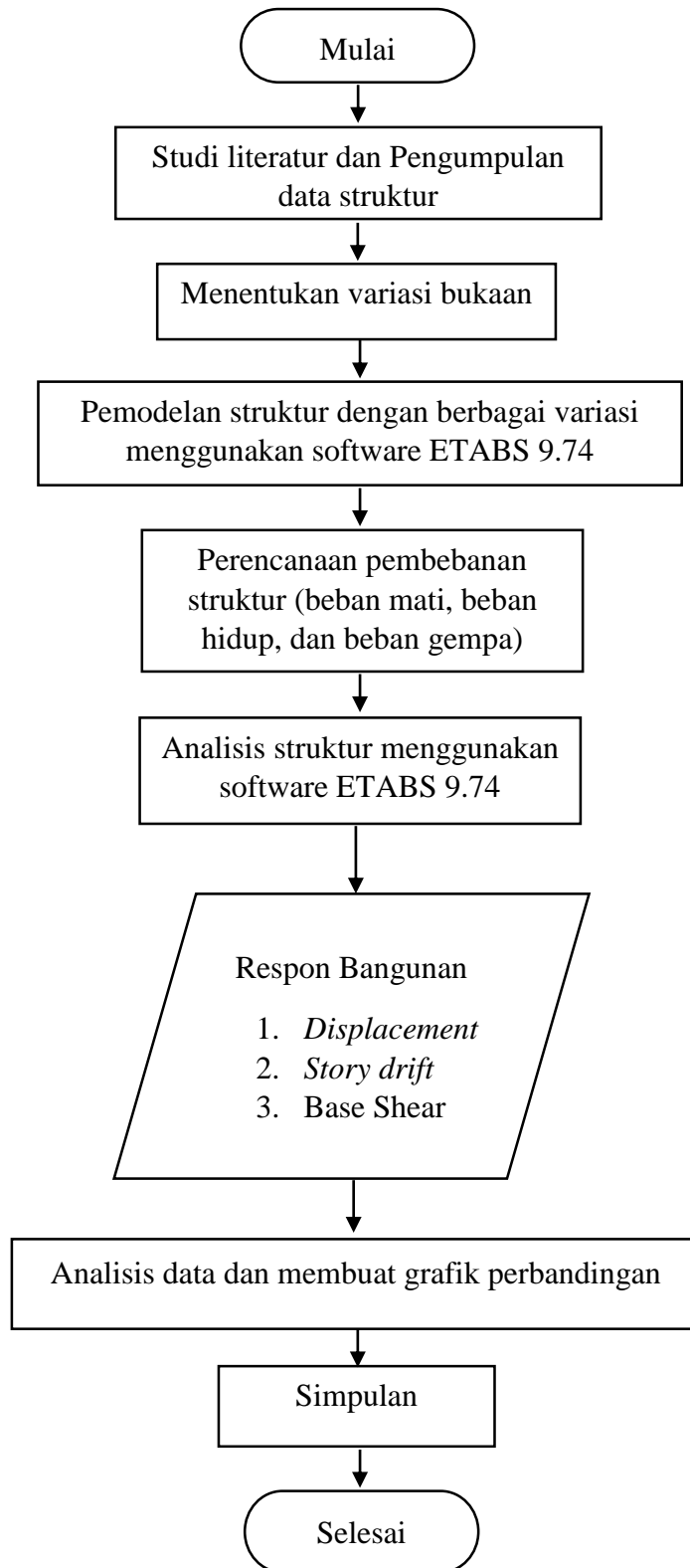
Namun sesuai dengan focus penelitian ini untuk mengetahui respon struktur bangunan terhadap gempa dan dengan pertimbangan bahwa suatu struktur bangunan perlu diperhitungkan terhadap adanya kombinasi pembebanan dari beberapa kasus beban baik pembebanan tetap (beban hidup dan beban mati) maupun pembebanan sementara (beban gempa) yang dapat bekerja secara bersamaan selama umur rencana. Maka dari 18 kombinasi diatas akan digunakan 8 kombinasi pembebanan yang meninjau semua unsur pembebanan yaitu beban hidup, beban mati, dan beban gempa. Kombinasi-kombinasi yang digunakan dalam proses analisis penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. $1,35D + 1,0L + 0,39Q_{Ex} + 1,3Q_{Ey}$
2. $1,05D + 1,0L - 0,39Q_{Ex} - 1,3Q_{Ey}$
3. $1,12D + 1,0L + 0,39Q_{Ex} - 1,3Q_{Ey}$
4. $1,28D + 1,0L - 0,39Q_{Ex} + 1,3Q_{Ey}$
5. $1,35D + 1,0L + 1,3Q_{Ex} + 0,39Q_{Ey}$
6. $1,05D + 1,0L - 1,3Q_{Ex} - 0,39Q_{Ey}$
7. $1,28D + 1,0L + 1,3Q_{Ex} - 0,39Q_{Ey}$
8. $1,12D + 1,0L - 1,3Q_{Ex} + 0,39Q_{Ey}$

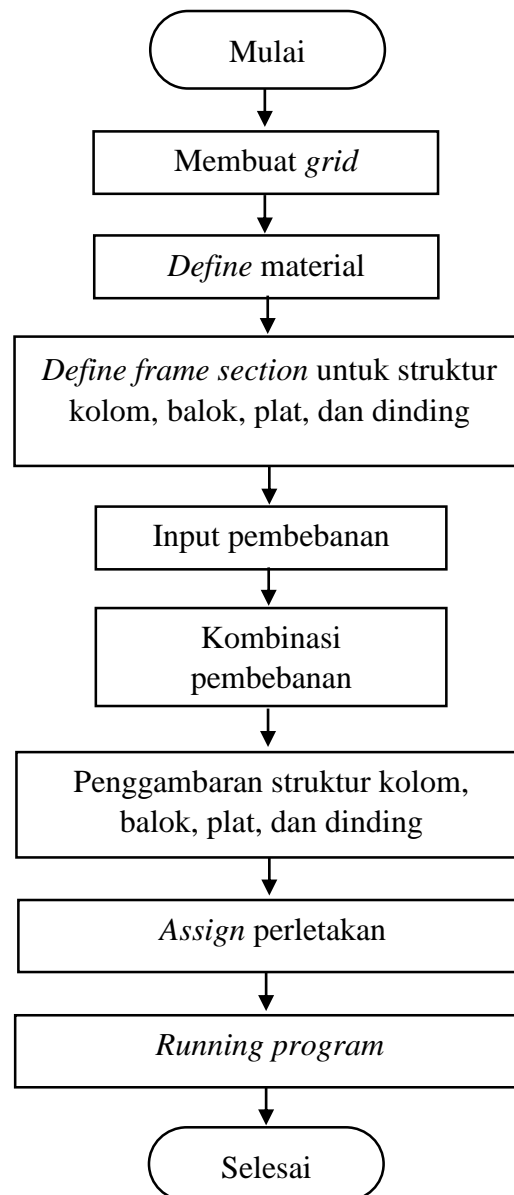
3.5 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah statistik deskriptif. Dengan statistik deskriptif proses menganalisis data akan dilakukan dengan cara mendeskripsikan atau menggambarkan data yang telah terkumpul sebagaimana adanya tanpa bermaksud membuat kesimpulan biasanya kedalam sebuah bentuk tabel dan grafik.

3.6 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.8 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.9 Diagram Alir Pemodelan Struktur dengan Software ETABS

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

Setelah dilakukan proses analisa menggunakan program ETABS maka didapatkan beberapa hasil output yang menunjukkan respon bangunan dari semua model dengan beragam variasi bukaan pada *shear wall*-nya. Sesuai dengan penjelasan pada bab-bab sebelumnya penelitian ini meninjau 3 parameter respon dari semua pemodelan yaitu *base shear*, *displacement*, dan *story drift*. Berikut ini adalah hasil output yang didapatkan dari proses analisa menggunakan program ETABS tersebut.

4.1.1. Base Shear

Berdasarkan hasil analisa ETABS dari keenam model bangunan dengan berbagai variasi bukaan pada *shear wall*-nya maka didapatkan perbandingan nilai *base shear* dari masing-masing model adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1 Nilai Base Shear Sebelum Terkoreksi

MODEL	Arah		Berat Struktur (kN)	Periode (s)
	X (kN)	Y (kN)		
Tanpa Bukaan	610,42	533,40	181440,33	0,672951
Model 1	577,61	502,59	180771,34	0,718219
Model 2	578,99	503,48	180771,34	0,715238
Model 3	582,83	504,05	180771,34	0,713704
Model 4	577,60	502,94	180087,23	0,718334
Model 5	577,66	502,65	180087,23	0,718839

Mengingat nilai *base shear* diatas merupakan hasil dari proses analisa menggunakan analisis respon dinamis maka perlu adanya evaluasi dari hasil tersebut. Karena sesuai dengan peraturan SNI 03-1726-2012 nilainya tidak boleh

kurang dari 85% gaya geser dasar (*base shear*) yang dihitung dengan menggunakan cara statik ekuivalen. Jika nilainya kurang dari standar maka ordinat respon spektrum/ faktor skala perlu dikoreksi. Berdasarkan perhitungan nilai *base shear* dari semua model masih dibawah standar yang ditentukan. Maka dari itu faktor skala perlu dikoreksi kembali agar mendapatkan nilai *base shear* yang sesuai. Adapun proses secara rinci evaluasi hasil dari nilai base shear yang telah didapat dari semua pemodelan dapat dilihat pada Lampiran 1 dan untuk faktor skala yang telah terkoreksi dari setiap model dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Nilai Faktor Skala Terkoreksi

MODEL	Kasus	Arah	Faktor Skala Awal	Faktor Skala Terkoreksi
Tanpa Bukaan	RSPX	U1	1,225	20,590
		U2	0,368	6,176
	RSPY	U1	0,368	7,067
		U2	1,225	23,558
1	RSPX	U1	1,225	20,310
		U2	0,368	6,090
	RSPY	U1	0,368	7,002
		U2	1,225	23,340
2	RSPX	U1	1,225	20,350
		U2	0,368	6,110
	RSPY	U1	0,368	7,020
		U2	1,225	23,400
3	RSPX	U1	1,225	20,250
		U2	0,368	6,080
	RSPY	U1	0,368	7,025
		U2	1,225	23,420
4	RSPX	U1	1,225	20,220
		U2	0,368	6,070
	RSPY	U1	0,368	6,097
		U2	1,225	23,230
5	RSPX	U1	1,225	20,210
		U2	0,368	6,060
	RSPY	U1	0,368	6,970
		U2	1,225	23,220

Setelah didapatkan nilai faktor skala terkoreksi dari masing-masing model, maka dilakukan proses *run analysis* kembali menggunakan software ETABS dengan mengubah nilai faktor skala pada *define respon spectrum case* untuk RSPX dan RSPY sesuai dengan nilai yang telah didapat pada Tabel 4.2. Maka dari proses analisa kembali tersebut didapatkan nilai *base shear* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.3. Dari tabel tersebut menunjukkan nilai *base shear* kini telah memenuhi standar yang telah ditentukan dari semua model.

Tabel 4.3 Nilai Base Shear Terkoreksi

MODEL	Arah	
	X (kN)	Y (kN)
Tanpa Bukaannya	10257,67	10257,80
Model 1	9571,89	9575,85
Model 2	9615,23	9617,45
Model 3	9635,89	9636,57
Model 4	9536,08	9537,29
Model 5	9530,62	9535,92

4.1.2. Displacement

Berikut ini nilai *displacement* semua model bangunan dengan berbagai bentuk variasi bukaan pada penampang *shear wall* dari kedua arah yaitu arah X dan arah Y. Di mana nilai *displacement* diambil dari salah satu titik dan kombinasi pembebanan dari masing-masing model. Adapun nilai dari masing-masing model untuk arah X dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan untuk arah Y pada Tabel 4.5.

4.1.3. Story drift

Story drift merupakan nilai simpangan suatu lantai yang diukur dari simpangan lantai dibawahnya. Dari nilai *displacement* yang didapat disetiap lantai dari berbagai model seperti yang ditunjukkan pada sub bab sebelumnya maka didapatkan nilai *story drift* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.6 untuk arah X dan Tabel 4.7 untuk arah Y.

Tabel 4.6 Nilai Story drift Arah X

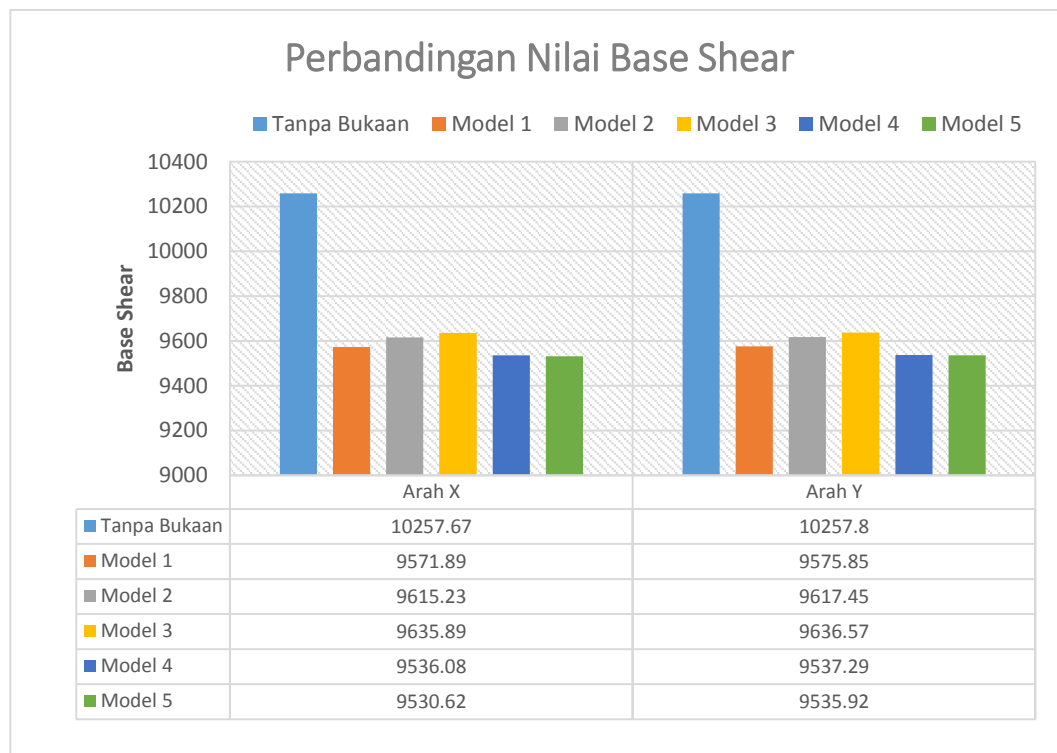
Lantai	Tanpa Bukaan (mm)	Model 1 (mm)	Model 2 (mm)	Model 3 (mm)	Model 4 (mm)	Model 5 (mm)
ATAP	5,929	6,106	6,065	6,072	6,082	6,057
25	6,427	6,615	6,573	6,577	6,593	6,562
23	6,804	7,026	6,982	6,984	7,002	6,973
22	7,162	7,433	7,386	7,383	7,407	7,381
21	7,583	7,935	7,884	7,875	7,905	7,884
20	7,668	8,190	8,133	8,117	8,157	8,143
19	7,886	8,565	8,502	8,477	8,527	8,519
18	8,175	8,963	8,896	8,863	8,922	8,921
17	8,458	9,324	9,251	9,210	9,278	9,285
16	8,740	9,672	9,594	9,545	9,622	9,636
15	9,001	10,004	9,920	9,863	9,948	9,969
12	9,177	10,217	10,132	10,069	10,159	10,186
11	9,296	10,382	10,291	10,219	10,079	10,167
10	9,456	10,156	10,473	10,394	10,047	10,085
9	9,553	10,227	10,578	10,492	10,136	10,175
8	9,469	10,506	10,506	10,415	10,418	10,456
7	9,436	10,003	10,438	10,343	9,927	9,956
6	9,126	10,134	10,110	10,012	10,068	10,090
5	8,897	9,783	9,831	9,731	9,735	9,741
3	8,565	9,121	9,437	9,300	9,097	9,079
2	9,334	10,050	10,287	10,322	10,057	10,011
1	8,901	8,717	9,222	9,150	8,713	8,674
GF	8,595	8,435	8,847	8,518	8,434	8,400
LG	3,523	5,552	3,799	3,445	5,553	5,529
B1	1,044	2,903	1,237	1,039	2,905	2,895
BASE	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

4.2. Pembahasan

4.2.1. Analisa Nilai *Base Shear*

Base shear merupakan perkiraan kekuatan lateral maksimum yang akan diterima bangunan karena gerakan tanah akibat gempa di dasar struktur yang besar nilainya biasanya bergantung pada beberapa faktor. Faktor-faktor tersebut adalah kondisi tanah, potensi aktivitas seismik, tingkat daktilitas yang terkait dengan berbagai konfigurasi struktural dan berat total struktur serta periode getar alami dari struktur saat mengalami pembebanan dinamis.

Dari hasil analisa jika dibandingkan nilai *base shear* dari masing-masing model seperti yang ditunjukkan pada Grafik 4.1. Terlihat bahwa terdapat perbedaan dari nilai base shear masing-masing model baik dari arah X maupun arah Y.



Gambar 4.1 Perbandingan Nilai Base Shear

Berdasarkan grafik tersebut menunjukkan bangunan dengan *shear wall* tanpa bukaan memiliki nilai base nnshear yang lebih tinggi jika dibandingkan terhadap bangunan yang menggunakan *shear wall* dengan bukaan. Perlu diingat bahwa besarnya nilai base shear dipengaruhi beberapa faktor salah satunya adalah daktilitas struktur yang terkait dengan diantaranya konfigurasi struktur. Di mana secara denah bangunan Apartemen Bassura City Tower Jasmine ini arah Y lebih lebar dibanding arah X sehingga nilai base shear pada arah Y disemua model memiliki nilai yang paling besar dibanding arah X. Selain itu, faktor lainnya adalah berat struktur. Jika ditinjau dari segi faktor tersebut memang adanya bukaan tentunya menyebabkan perubahan berat struktur itu sendiri hal ini bisa dilihat perbandingannya dalam Tabel 4.8.

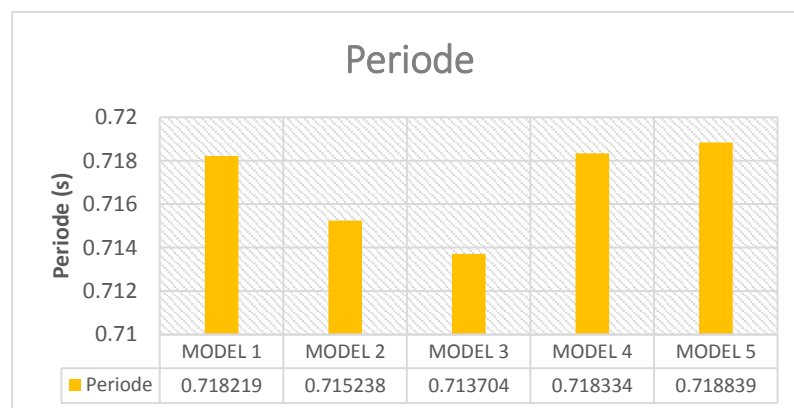
Tabel 4. 8 Berat Struktur Masing-masing Model

MODEL	Berat Struktur (kN)
Tanpa Bukaan	181440,328
Model 1	180771,34
Model 2	180771,34
Model 3	180771,34
Model 4	180087,231
Model 5	180087,231

Berdasarkan tabel diatas terlihat memang berat stuktur bangunan yang terbesar berada pada bangunan dengan *shear wall* tanpa bukaan. Sedangkan pada model 1, 2 dan 3 yang sama-sama memiliki 1 buah bukaan disetiap penampangnya nilai berat strukturnya menurun sebesar 0,37% dan untuk model 4 dan 5 yang memiliki 2 buah bukaan pada setiap penampangnya menurun sebesar 0,74% jika dibandingkan dengan bangunan dengan *shear wall* tanpa bukaan. Hal ini sejalan dengan nilai *base shear* yang didapatkan dari masing-masing model di mana

dengan adanya pengurangan berat struktur menyebabkan penurunan nilai *base shear*. Dapat dilihat bahwa perbandingan antara nilai base shear antara bangunan dengan *shear wall* tanpa bukaan terhadap model 1,2, dan 3 terjadi penurunan nilai base shear secara berturut-turut sebesar 6,64%, 6,26%, 6,1% sedangkan untuk model 4 dan 5 sedikit lebih meningkat penurunannya yaitu sebesar 7,01% dan 7,08%.

Namun, seperti yang telah disebutkan sebelumnya selain faktor berat struktur yang dapat mempengaruhi nilai base shear adalah periode struktur bangunan tersebut. Periode struktur merupakan waktu yang diperlukan untuk bangunan kondisi semula setelah menerima beban gempa. Besarnya periode selain bergantung dengan massa juga dipengaruhi dengan kekakuan struktur bangunan tersebut. Hal ini dapat terlihat perbandingan antara bangunan dengan *shear wall* model 1, model 2, dan model 3 dengan berat struktur yang sama, nilai base shear dari masing-masing model berbeda karena dari segi nilai periode masing-masing model juga berbeda. Kasus tersebut juga bisa dilihat pada bangunan dengan model 4 dan model 5. Nilai periode dari masing-masing model bisa dilihat pada Grafik 4.2



Gambar 4.2 Nilai Periode Struktur Masing-Masing Model

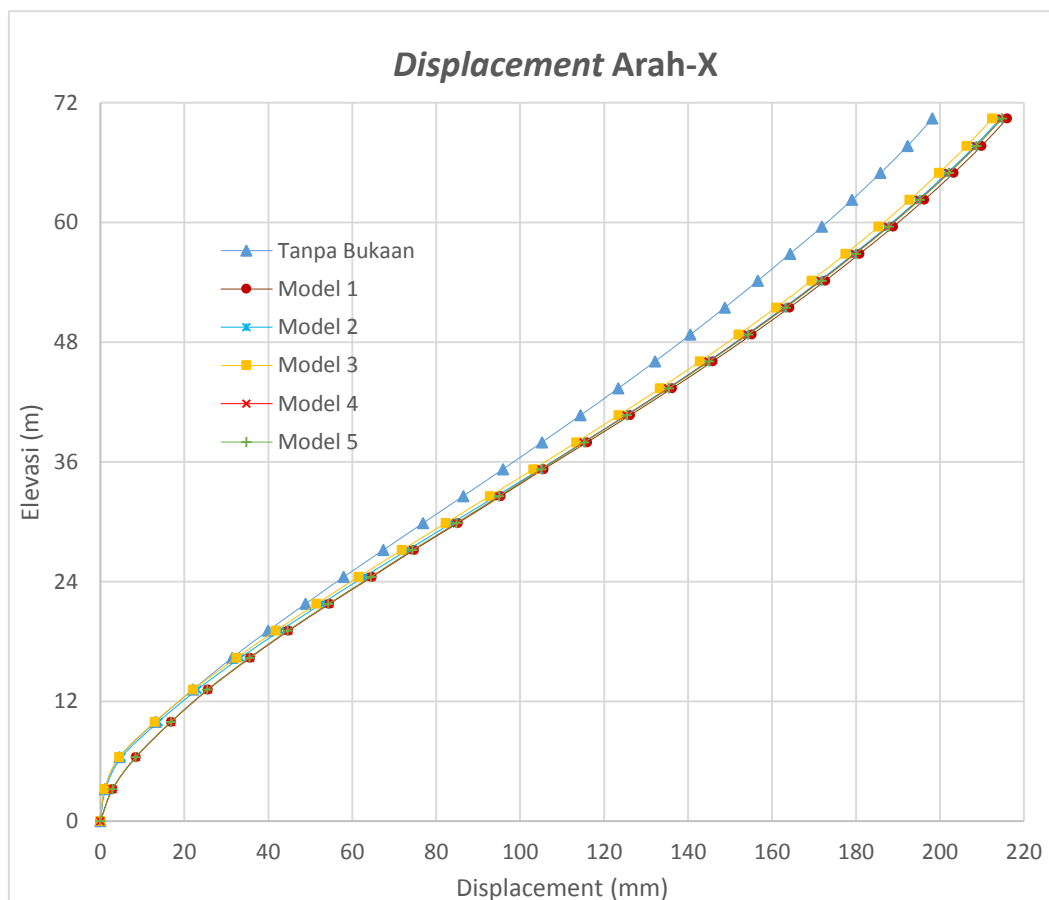
Terlihat bahwa diantara model 1,2, dan 3 di mana model 1 dengan bukaan yang diposisikan di tepi penampang *shear wall* menunjukkan periode terbesar dan pada model 2 dan 3 periode semakin menurun seiring dengan perpindahan posisi bukaan diletakan di pusat penampang *shear wall* di mana penurunan yang terjadi untuk model 2 (0,42%) dan model 3 (0,63%). Kemudian untuk model 4 dan model 5 dengan jumlah bukaan yang lebih banyak dengan konfigurasi posisi yang berbeda menunjukkan hasil periode yang berbeda pula di mana model 4 dengan dua buah bukaan yang diposisikan pada pusat penampang *shear wall* menunjukkan periode yang lebih kecil dibandingkan dengan model 5 yang posisi bukaannya disesuaikan dengan layout ruangan periode menunjukkan peningkatan 0,07% dibanding dengan periode pada model 4.

Jika dihubungkan nilai periode dengan nilai base shear dari antara model 1,2, dan 3 dilihat dengan massa struktur yang sama menunjukkan bahwa semakin kecil nilai periode maka nilai base shear akan semakin besar dan sebaliknya, begitu pula pada model 4 dan 5. Mengingat besarnya periode selain dipengaruhi dengan massa juga dipengaruhi oleh kekakuan struktur di mana nilai periode yang semakin kecil menunjukkan bahwa bangunan memiliki kekakuan yang cukup baik karena hanya membutuhkan waktu sedikit untuk kembali ke kondisi semula setelah menerima beban gempa begitupun sebaliknya. Hal tersebut menunjukkan bukaan dengan ukuran kecil dan posisi di pusat penampang *shear wall* sifat yang lebih fleksibel dibanding variasi bukaan lainnya.

4.2.2. Analisa Nilai *Displacement*

Displacement (Simpangan lantai) merupakan nilai simpangan dari suatu lantai yang ditinjau dari lantai dasar bangunan tersebut. Nilai *displacement* merupakan salah satu parameter yang dapat digunakan untuk meninjau tingkat kekakuan struktur. Di mana nilai simpangan yang kecil menunjukkan bangunan tersebut memiliki kekakuan struktur yang besar. Namun sebaliknya semakin besar nilai simpangan menunjukkan kekakuan struktur tersebut semakin kecil.

Berdasarkan hasil analisa keenam model bangunan dengan *shear wall* tanpa bukaan dan *shear wall* yang memiliki bukaan dengan posisi dan ukuran yang bervariasi menghasilkan nilai *displacement* yang berbeda-beda dikedua arahannya.

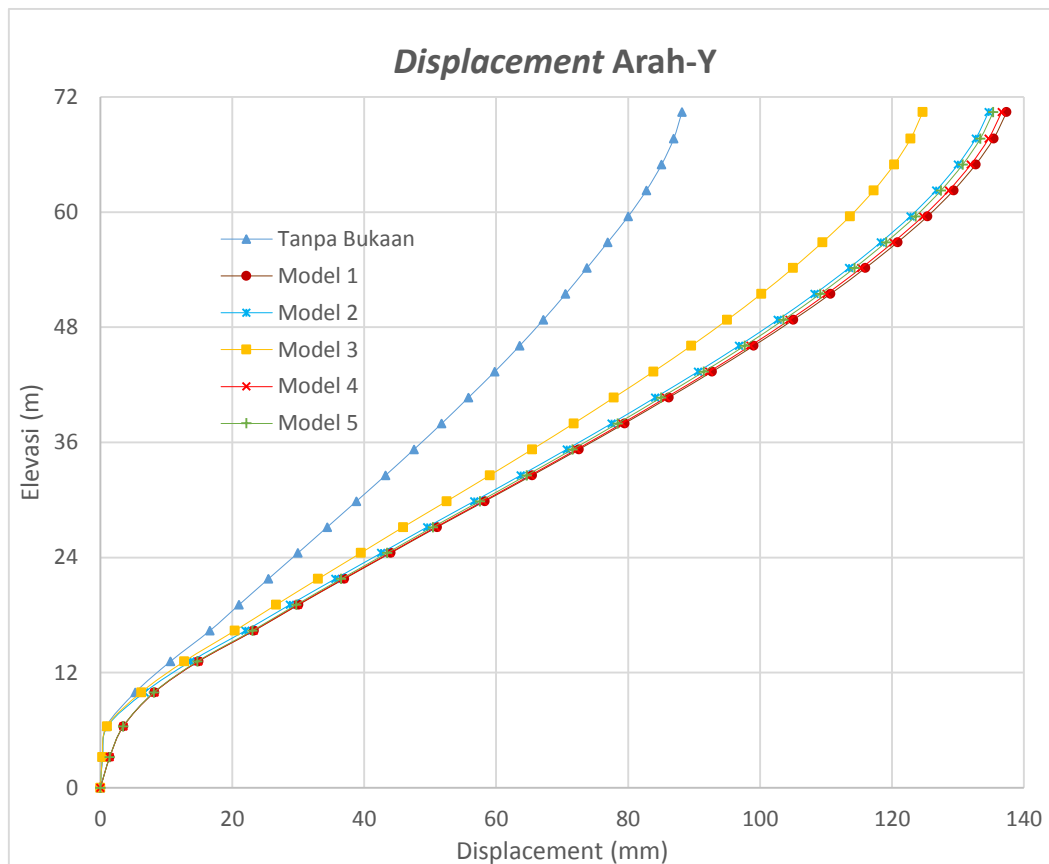


Gambar 4.3 Nilai *Displacement* Arah X

Tabel 4. 9 Perbandingan Nilai *Displacement* Arah X

Tanpa Bukaan	Model 1		Model 2		Model 3		Model 4		Model 5	
	Disp (mm)	Selisih	Disp (mm)	Selisih	Disp (mm)	Selisih	Disp (mm)	Selisih	Disp (mm)	Selisih
198.2	216.02	+8.9%	214.4	+8,2%	212.4	+7,2%	214.77	+8,36%	214.773	+8,362%

Setelah diamati dari grafik dan tabel diatas perbandingan nilai *displacement* untuk arah X dari semua model menunjukkan adanya bukaan pada *shear wall* dapat meningkatkan nilai *displacement* dibandingkan dengan model tanpa bukaan. Dapat terlihat jika dibandingkan nilai *displacement* bangunan menggunakan *shear wall* tanpa bukaan dengan *shear wall* yang diberikan variasi bukaan mulai dari model 1, model 2, model 3, model 4, dan model 5 mengalami peningkatan secara berturut-turut sebesar 8,9%, 8,2%, 7,2%, 8,36%, dan 8,362%.



Grafik 4.4 Gambar Nilai *Displacement* Arah Y

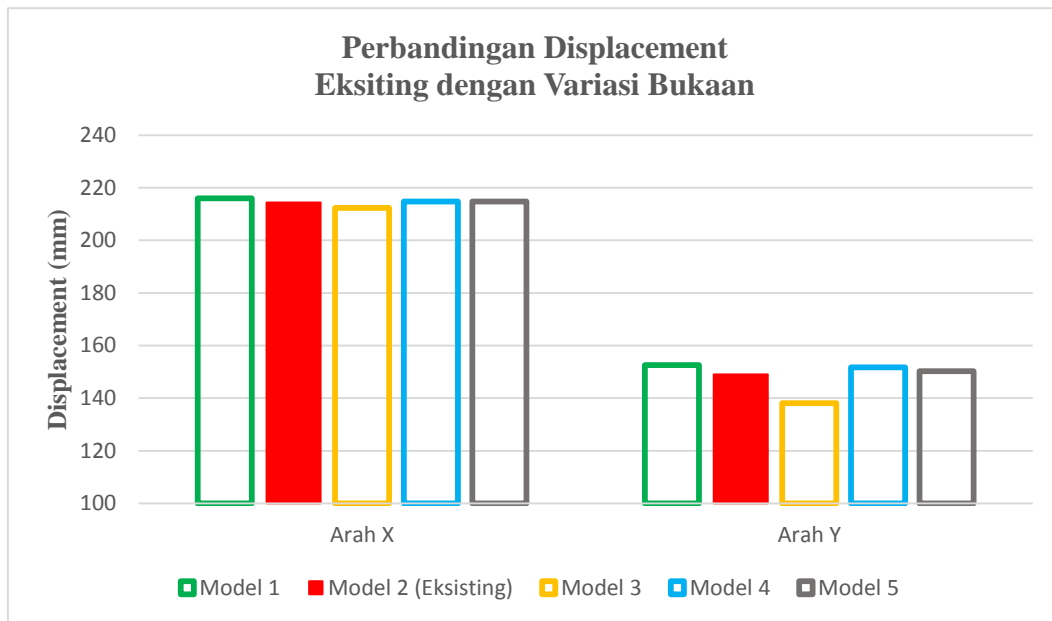
Tabel 4. 10 Perbandingan Nilai *Displacement* Arah Y

Tanpa Bukaan	Model 1		Model 2		Model 3		Model 4		Model 5	
	Disp (mm)	Selisih	Disp (mm)	Selisih	Disp (mm)	Selisih	Disp (mm)	Selisih	Disp (mm)	Selisih
97,15	152,6	+57,1%	149,01	+53,4%	138,1	+42,2%	151,7	+56,2%	150,3	+55%

Peningkatan nilai *displacement* akibat adanya bukaan pada penampang *shear wall* juga terlihat untuk nilai *displacement* arah Y seperti yang ditunjukkan pada grafik dan tabel diatas. dan untuk arah Y Model 1 (57,1%), Model 2 (53,4%), Model (42,2%), Model 4 (56,2%) dan Model (55%).

Pada intinya adanya bukaan pada *shear wall* menyebabkan perubahan nilai *displacement* dan cenderung menyebabkan peningkatan menjadi semakin besar. Hal ini menunjukkan bahwa adanya bukaan menyebabkan kekauan struktur berkurang.

Jika dilihat, besarnya peningkatan nilai *displacement* dari berbagai model bukaan nilainya beragam. Hal ini disebabkan adanya perubahan konfigurasi posisi dan jumlah bukaan di beberapa model dibandingkan dengan bukaan eksisting yaitu pada model 2. Untuk mengetahui perbandingan nilai *displacement* berbagai variasi model bukaan terhadap bukaan eksisting dapat dilihat pada Grafik 4.6



Gambar 4.5 Perbandingan *Displacement* Eksisting dan Variasi Bukaannya

Untuk model 1 posisi bukaan diletakkan lebih dekat dengan tepi penampang *shear wall* dibandingkan dengan bukaan eksisting. Dengan ukuran bukaan yang sama, namun posisi yang berbeda tersebut jika dibandingkan nilai *displacement* baik arah X maupun arah Y dari proses analisa menunjukkan hasil yang berbeda. Berdasarkan grafik diatas terlihat bahwa nilai *displacement* untuk model 1 mengalami peningkatan dibandingkan nilai *displacement* pada model eksisting. Di mana penurunan terjadi dikedua arah baik arah X maupun arah Y. Untuk arah X terjadi peningkatan sebesar 0,76% sedangkan untuk arah Y peningkatan terjadi sebesar 2,41%. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa dengan ukuran bukaan yang sama namun posisi yang berbeda di mana yang lebih mendekati tepi penampang *shear wall* menghasilkan perbedaan nilai *displacement* dan cenderung mengalami peningkatan. Hal ini dikarenakan memposisikan bukaan secara asimetris akan menyebabkan aliran gaya yang diterima *shear wall* tidak dapat terprediksi.

Kemudian pada model 3 dengan ukuran bukaan yang sama pula dengan eksisting namun bukaan diposisikan pada pusat penampang *shear wall*. dari grafik diatas menunjukkan bahwa model 3 menghasilkan nilai *displacement* yang lebih kecil dibandingkan dengan model eksisting. Terlihat bahwa adanya penurunan nilai *displacement* dari model eksisting terhadap model 3 dikedua arahnya yaitu sebesar 0,93% untuk arah X dan 7,32% untuk arah Y. Berdasarkan perbandingan tersebut menunjukkan bahwa sama seperti perbandingan sebelumnya dengan ukuran yang sama dan posisi yang berbeda namun kali ini bukaan diposisikan pada pusat penampang *shear wall* menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan eksisting karena cenderung menurunkan nilai *displacement*. Ini menunjukkan bukaan yang diposisikan pada pusat penampang *shear wall* menghasilkan kekakuan yang lebih baik dibanding posisi lainnya. Karena jika ditinjau dari teori inersia penampang bukaan atau lubang yang berada didekat pusat penampang akan menghasilkan nilai inersia yang lebih besar.

Sedangkan jika dibandingkan bukaan pada model 4 yang jumlah bukaannya ditingkatkan menjadi 2 buah bukaan disetiap penampangnya dibandingkan dengan model bukaan eksisting dan kedua bukaan tersebut diposisikan sesuai dengan pusat penampang *shear wall* didapatkan perbandingan nilai *displacement* antara model 4 dengan model eksisting yaitu model 2 menunjukkan peningkatan. Berdasarkan grafik diatas untuk arah X peningkatan terjadi sebesar 0,173%, sedangkan untuk arah Y peningkatan terjadi sebesar 1,81%. Dari perbandingan tersebut menunjukkan bahwa adanya penambahan jumlah bukaan menyebabkan peningkatan nilai *displacement* walaupun dengan posisi bukaan yang berada di pusat penampang *shear wall*.

Sama dengan model 4 pada model 5 jumlah bukaan juga ditingkatkan menjadi 2 buah bukaan di setiap penampang *shear wall* dengan posisi yang berbeda, di mana pada model ini posisi diatur mengikuti layout ruangan sehingga posisinya sedikit tidak beraturan. Jika dibandingkan dengan model eksisting dari segi nilai *displacement* menunjukkan adanya peningkatan. Di mana berdasarkan grafik diatas peningkatan terjadi sebesar 0,174% untuk arah X Sedangkan untuk arah Y terjadi 0,87%. Sama dengan sebelumnya adanya penambahan jumlah bukaan apalagi dengan posisi yang tidak teratur juga menyebabkan peningkatan nilai *displacement*.

Selain itu, terlihat dari semua hasil pemodelan baik model bangunan dengan shear wall tanpa bukaan maupun model bangunan dengan shear wall yang memiliki bukaan dengan berbagai ukuran dan posisi sama-sama menunjukkan nilai displacement pada arah X selalu lebih besar dibandingkan dengan arah Y. Hal ini dikarenakan secara konfigurasi denah bangunan arah Y lebih lebar dibandingkan dengan arah X, yang menunjukkan pada kasus bangunan ini sumbu lemah berada di sumbu X dan sumbu Y sebagai sumbu kuat. Faktor lainnya adalah dinding geser yang menahan gaya gempa untuk arah Y lebih luas dari pada arah X sehingga kekakuan struktur pada arah Y lebih besar dari arah X. Namun, dari besarnya peningkatan dibandingkan dengan model tanpa bukaan menunjukkan pada arah Y peningkatannya terlihat lebih signifikan dibanding arah Y. Hal ini dikarenakan jumlah bukaan yang diterapkan pada shear wall yang menahan beban gempa dari sumbu Y lebih besar dibandingkan dengan shear wall pada sumbu X. Artinya, semakin banyak bukaan yang diterapkan pada salah satu sumbu akan menyebabkan pengaruh yang cukup besar terhadap perubahan respon bangunan yang dalam hal ini ditinjau dari segi nilai displacement.

Namun secara nilai simpangan dari semua model di kedua arahnya masih dalam batas aman jika dihitung sebagai defleksi pusat masa dengan persamaan 2.1. Di mana nilai simpangan tidak melebihi batas simpangan ijin. Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.11.

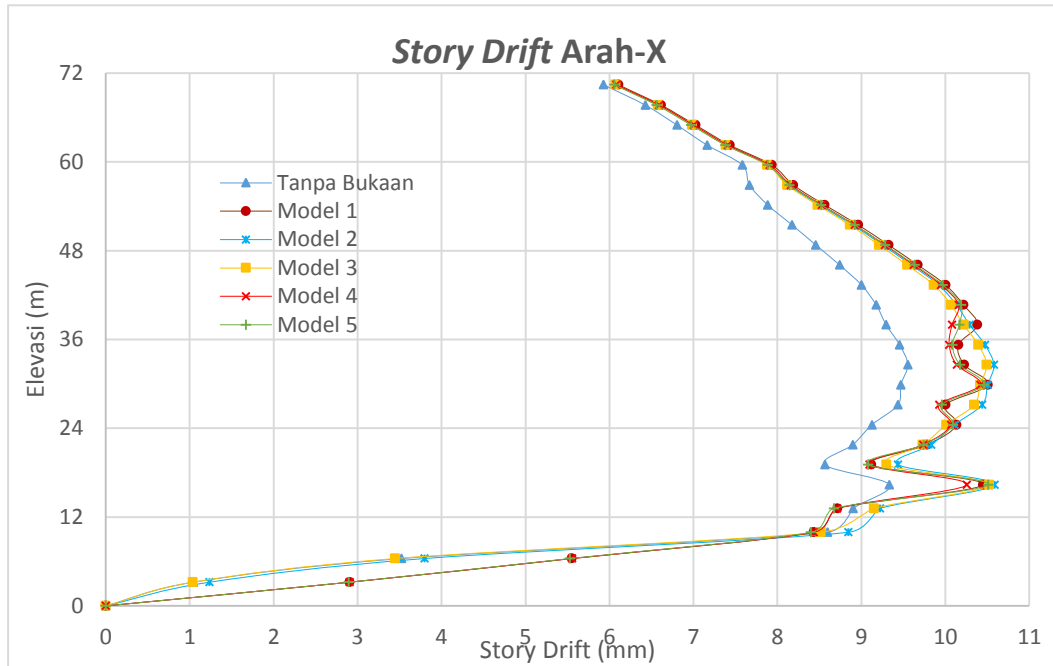
Tabel 4.11. Kontrol Nilai *Displacement*

Model	Simpangan Arah X	Simpangan Arah Y	Simpangan Ijin	Keterangan	
				Arah X	Arah Y
Tanpa Bukaannya	1090.11	484.8652	1408.4	Aman	Aman
1	1188.087	755.5878	1408.4	Aman	Aman
2	1179.034	740.5662	1408.4	Aman	Aman
3	1168.276	685.6119	1408.4	Aman	Aman
4	1181.235	751.4579	1408.4	Aman	Aman
5	1181.251	744.4008	1408.4	Aman	Aman

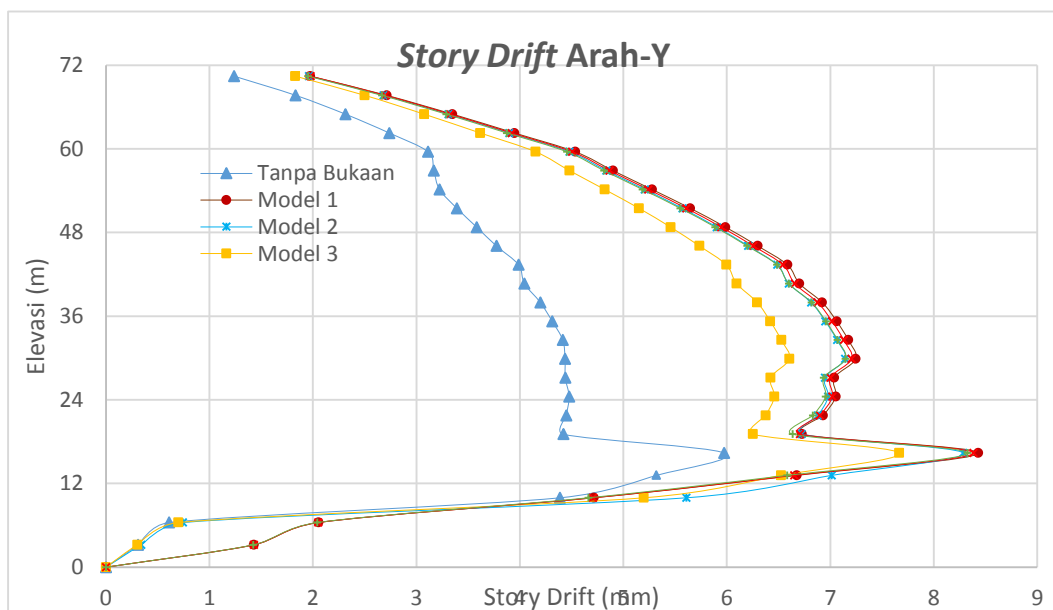
4.2.3. Analisa Nilai *Story drift*

Story drift atau simpangan antar tingkat merupakan simpangan yang didapatkan dari nilai selisih simpangan yang ditinjau dengan nilai simpangan dari lantai dibawahnya. Sama dengan *displacement* nilai *story drift* juga dapat sebagai parameter ukur kekakuan struktur bangunan tersebut namun kali ini dilihat dari setiap lantai bangunan tersebut. semakin kecil nilai *story drift* yang didapat menunjukkan semakin besar kekakuan lantai tersebut begitu pula sebaliknya. Selain itu, biasanya nilai-nilai yang didapatkan digunakan sebagai suatu indikator kinerja batas ultimit struktur terutama untuk bangunan tinggi. Hal ini dilakukan untuk mengetahui tingkat keamanan bangunan tersebut terhadap adanya kemungkinan keruntuhan struktur yang akan membawa korban jiwa.

Adapun gambaran nilai *story drift* yang didapat dari masing-masing lantai berbagai model bangunan dengan *shear wall* tanpa bukaan dan dengan *shear wall* dengan berbagai variasi bukaan di kedua arah disajikan dalam Gambar 4.6 dan Gambar 4.7



Gambar 4.6 Story drift Arah X



Gambar 4.7 Story drift Arah Y

Berdasarkan grafik diatas sejalan dengan nilai *displacement* bangunan dengan *shear wall* tanpa bukaan menghasilkan nilai *story drift* yang lebih kecil dibandingkan terhadap model dengan bukaan. Selain itu terlihat diantara semua lantai nilai *story drift* terbesar dikedua arah berada di lantai 2. Hal ini disebabkan oleh beberapafaktor diantaranya perbedaan tinggi lantai dari lantai sebelumnya memang lebih besar dibanding lantai lainnya. Karena besarnya nilai *story drift* atau simpangan antar tingkat nilainya salah satunya dipengaruhi oleh ketinggian antar lantai. Selain itu, karena adanya perbedaan ketinggian lantai tersebut bangunan ini memiliki ketidak beraturan kekakuan tingkat (*soft story*) pada tingkat tersebut. pada lantai ini pula terjadi pengecilan kolom dan bukaan mulai diterapkan yang menyebabkan kekakuan struktur semakin berkurang dibanding lantai sebelumnya.

Sesuai dengan ketentuan pada SNI 1726-2012, nilai drift yang didapat tidak boleh melebihi drift limit yang ditinjau, di mana besarnya nilai *story drift* yang diijinkan tidak boleh melampaui 0,02 kali tinggi tingkat. Hal ini perlu untuk membatasi kemungkinan terjadinya keruntuhan struktur. Maka dari itu perlu dilakukan evaluasi terhadap nilai *story drift* yang didapat dari proses analisa setiap model untuk mengetahui hasil yang didapat masih dalam batas aman atau tidak. Berdasarkan hasil evaluasi nilai *story drift* untuk semua model pada arah X maupun arah Y masih pada batas aman dikedua arahnya.

4.2.4. Analisa Kuat Geser *Shear Wall*

Pada prinsipnya dinding geser bekerja sebagai sebuah balok kantilever vertikal yang menyediakan tahanan lateral dan menyebabkan dinding geser

menerima gaya tekuk maupun geser. Dengan demikian, dinding geser harus cukup kuat menahan gaya geser yang terjadi pada struktur. Berdasarkan SNI 03-2847-2013 kuat geser nominal untuk dinding geser dapat ditentukan dengan persamaan 2.4 dan 2.5 di mana nilai yang digunakan diambil dari nilai yang lebih kecil diantara kedua persamaan tersebut.

Berdasarkan hasil perhitungan nilai kuat geser dari masing-masing model pada Lampiran 3 menunjukkan hasil seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12. Perbandingan Kuat Geser

Model	Kuat Geser (N)
Tanpa Bukaan	695079
1	556194
2	596914
3	652983
4	554307
5	553142

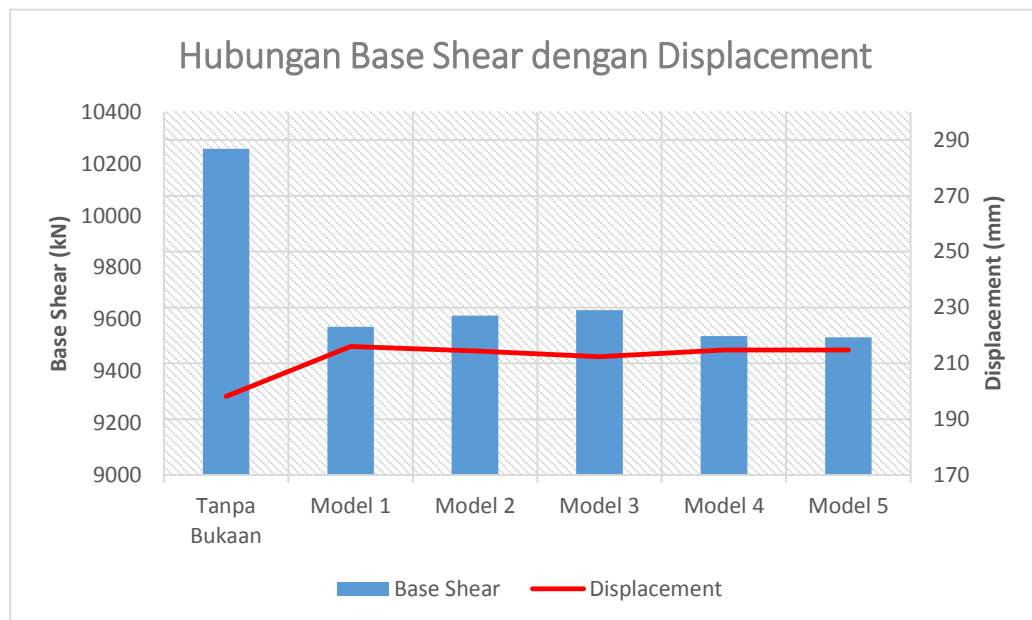
Dari tabel diatas menunjukkan kinerja yang lebih baik ditunjukkan pada model tanpa bukaan, hal ini terlihat dari nilai kuat geser shear wall tanpa bukaan menunjukkan hasil yang lebih besar dibandingkan model lainnya. Karena adanya bukaan dengan berbagai ukuran dan posisi menyebabkan penurunan nilai kuat geser shear wall di mana terjadi penurunan pada model 1 (19,98%), model 2 (14,12%), model 3 (6,06%), model 4 (20,25%) dan model 5 (20,42%).

Dari hasil analisa diatas juga menunjukkan dengan adanya perbedaan posisi dan ukuran bukaan menghasilkan nilai kuat geser yang beragam. Di mana bukaan pada model 3 menunjukkan nilai kuat geser yang lebih besar dengan model bukaan lainnya termasuk model eksisting yaitu model 2. Artinya, model 3 memiliki kinerja

yang lebih baik karena lebih mampu menahan gaya geser yang lebih besar yang terjadi pada struktur ketika menerima gempa.

4.3. Analisa Keseluruhan

Berdasarkan hasil pembahasan menunjukkan bahwa adanya bukaan pada penampang *shear wall* mempengaruhi respon bangunan terhadap gempa. Hal ini terlihat dari hasil analisa berbagai parameter respon yang ditinjau terjadi perbedaan di masing-masing model bukaan.



Gambar 4.8 Hubungan Base Shear dengan *Displacement*

Berdasarkan grafik diatas menunjukkan bahwa nilai base shear berbanding terbalik dengan nilai *displacement*. Di mana semakin besar nilai base shear maka nilai *displacement* akan semakin menurun dan sebaliknya. Artinya nilai base shear yang besar menunjukkan bahwa bangunan tersebut memiliki kinerja yang lebih baik dalam menahan beban gempa, sehingga dapat meminimalkan nilai *displacement*. Jika dilihat dari *shear wall* tanpa bukaan memiliki kinerja yang lebih baik dalam

menerima beban gempa. Hal ini terlihat dari nilai base shear untuk *shear wall* tanpa bukaan memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan *shear wall* yang memiliki bukaan. Di mana hal ini dipengaruhi oleh salah satu faktornya adalah berat struktur. Di mana adanya bukaan membuat berat struktur berkurang dan berdampak pada berkurangnya nilai base shear. Nilai *displacement* juga menunjukkan hasil yang lebih baik dimana model *shear wall* tanpa bukaan menghasilkan nilai *displacement* yang lebih kecil.

Sedangkan jika dilihat perbandingan antara masing-masing model *shear wall* yang memiliki bukaan dengan berbagai variasi posisi dan ukuran menunjukkan hasil yang berbeda pula. Dari segi nilai base shear terlihat bahwa penempatan satu bukaan dipusat penampang menunjukkan kinerja yang lebih baik—karena menunjukkan nilai yang lebih besar—dibandingkan dengan bukaan yang diposisikan mendekati tepi penampang *shear wall*. Di samping itu penambahan luasan bukaan akan menurunkan nilai base shear.

Jika ditinjau dari nilai periode struktur diperoleh hasil bahwa semakin kecil periode maka semakin besar nilai base shear yang didapat pada pemodelan yang dimaksud. Pada model 3 dengan bukaan di pusat penampang *shear wall* menunjukkan nilai periode terkecil diantara variasi model yang lain. Dengan massa bangunan yang sama, nilai base shear dapat menunjukkan nilai yang berbeda karena perbedaan nilai periode struktur tersebut. kali ini dipengaruhi oleh besarnya nilai periode yang lebih kecil dibanding model lainnya. Artinya semakin kecil nilai periode menyebabkan nilai base shear semakin besar sehingga bukaan kecil dipusat penampang menghasilkan kinerja yang lebih baik. Hal ini diperkuat dengan nilai *displacement* dari model tersebut lebih kecil dibanding model lainnya.

Selain itu, dari segi nilai *story drift* nilainya berbanding lurus dengan nilai *displacement*. Di mana semakin besar nilai *displacement* maka nilai simpangan antar tingkat (*story drift*) juga akan semakin besar. berdasarkan hasil evaluasi kinerja batas ultimit dari nilai *stor drift* yang didapat semua model *shear wall* masih dalam batas aman.

Penurunan kinerja *shear wall* ini juga ditunjukkan dengan menurunnya kemampuan *shear wall* dalam menahan gaya geser. Terlihat dari nilai kuat geser yang dihitung dari setiap model terjadi penurunan pada semua model dengan bukaan dibandingkan dengan model tanpa bukaan. Namun pada model 3 terjadi penurunan yang lebih kecil dibandingkan dengan model lainnya dari segi nilai kuat geser.

Dari hasil analisa keseluruhan menunjukkan besarnya nilainya perubahan tergantung akan posisi dan ukuran bukaan tersebut. Walaupun dalam hal ini faktor posisi lebih terlihat pengaruhnya dibandingkan dengan faktor ukuran jika dilihat dari perbandingannya dengan eksisting.

4.4. Keterbatasan Penelitian

1. Dalam proses analisa tidak mempertimbangkan adanya *soft story* dan perbedaan ketinggian pada *shear wall*.
2. Analisa ETABS masih belum sempurna karena dari hasil eksisting masih ada komponen-komponen struktur yang *overstress*.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Setelah melakukan proses analisa data mengenai perbandingan respon bangunan dengan adanya variasi bukaan pada penampang *shear wall* maka dapat ditarik kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah:

1. Adanya bukaan pada *shear wall* menyebabkan penurunan nilai base shear sekitar 6%-7% dan peningkatan nilai *displacement* rata-rata 8,2% untuk arah X dan rata-rata 52,78% untuk arah Y yang menunjukkan bahwa respon bangunan yang kurang baik terhadap gempa dibandingkan dengan *shear wall* tanpa bukaan.
2. Pemindahan posisi bukaan menyebabkan respon bangunan yang berbeda-beda terlihat jika dibandingkan dengan model 2 (eksisting) dengan ukuran yang sama namun posisi berbeda pada model 1 mengalami peningkatan nilai *displacement* 0,76% (arah X) dan 2,41% (arah Y). Sedangkan pada model 3 mengalami penurunan sebesar 0,93% (arah X) dan 7,32% (arah Y). ini menunjukkan bukaan yang di posisikan mendekati tepi penampang *shear wall* menunjukkan respon yang kurang baik dibandingkan bukaan yang diposisikan pada pusat penampang *shear wall*.
3. Adanya penambahan ukuran bukaan juga memiliki pengaruh terhadap besarnya perubahan respon bangunan. Walaupun dalam hal ini terlihat tidak terlalu signifikan dibandingkan posisi karena nilainya terlalu kecil. Terlihat dibandingkan dengan eksisting pada model 4 dan 5 mengalami peningkatan

nilai displacement secara berturut-turut kedua arahnya sebesar 1,73 % dan 1,74% untuk arah X sedangkan untuk arah Y 1,81% dan 0,87%.

4. Dibandingkan dengan bukaan eksisting dan variasi bukaan lainnya, variasi pada Model 3 dengan 1 buah bukaan dan posisi dipusat penampang *shear wall* merupakan bukaan yang optimum dalam meminimalkan penurunan kinerja *shear wall* akibat bukaan.

5.2. Saran

Demi kesempurnaan penelitian kedepannya mengenai pengaruh bukaan pada *shear wall* terhadap respon bangunan tinggi khususnya dalam kondisi ketidakberaturan maka disarankan :

1. Perlu meningkatkan ketelitian dalam pemodelan ETABS sehingga tidak akan terjadi kesalahan dalam proses analisa.
2. Perlu dilakukan analisa kembali dengan berbagi variasi bukaan lainnya terutama dari segi ukuran.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk kondisi wilayah gempa yang beragam.

DAFTAR PUSTAKA

- [BSN] Badan Standar Nasional. 1989. *Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain SNI 1727:1989*: Jakarta
- [BSN] Badan Standar Nasional. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 1726:2012*: Jakarta
- [BSN] Badan Standar Nasional. 2013. *Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain SNI 1727:2013*: Jakarta
- [BSN] Badan Standar Nasional. 2013. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung SNI 1727:2847*: Jakarta
- Bondy, K., & Allreo, B. (2013). *Post-Tensioned Concrete: Principles and Practice, Second Edition*. Lulu Publishing Services.
- Cornelis, R., Bunganaen, W., & Tay, B. H. (2014). Analisis Perbandingan Gaya Geser Tingkat, Gaya Geser Dasar, Perpindahan Tingkat dan Simpangan Antar Tingkat Akibat Beban Gempa Berdasarkan Peraturan Gempa SNI 1726-2002 dan SNI 1726-2012. *Jurnal Teknik Sipil, III*, 205-216.
- Computers and Structures, Inc. 2002. *ETABS - Integrated Building Design Software*. Barkeley. California.
- Elnashai, A., & Sarno, L. (2008). *Fundamental of earthquake engineering*. United Kingdom: Wiley.
- Fintel, M. (1991). *Shear wall - An Answer for Seismic Resistance? Concrete International, 13*, 48-53.
- Jingga, H., Suryanita, R., & Yuniarto, E. (2015). Respons Struktur Bangunan Indonesia Berdasarkan Spektra Gempa Indonesia untuk Ibukota Provinsi di Pulau Sumatera. *Annual Civil Engineering Seminar, 1*, 111-116.
- Juvientrian, S. V., & Mughnie, H. (2014). ANALISIS BANGUNAN ASIMETRIS TERHADAP TINJAUAN DELATASI AKIBAT GAYA HORIZONTAL. *Jurnal Konstruksia, 6*, 69-81.
- Juwana, J. S. (2005). *Panduan sistem bangunan tinggi untuk arsitek dan praktisi bangunan*. Jakarta: Erlangga.
- Khatami, S. M., Mortezaei, A., & Barros, R. (2012). Comparing Effect of Openings in Concrete *Shear walls* Under Near-Fault Ground Motions. *15th World Conference on Earthquake Engineering, 1*, 173-182.
- MacGregor, J. G. (2005). *Reinforced Concrete Mechanics and Design*. Singapore: Prentice-Hall.

- Malone, R., & Rice, R. (2012). *The analysis of irregular shaped structure*. US: McGraw-Hill Profesional.
- McCormac, J. C. (2003). *Desain beton bertulang*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Merryana, & Indrawan, B. (2007). Analisis dan Desain *Shear wall* dengan Sebuah Bukaan. *Jurnal Teknik Sipil*, 4, 91-101.
- Moehle, dkk. (2010). *Seismic design of cast in place concrete, special structural wall and coupling beams*. NIST, CGR 11-917-11 Rev 1.
- Nugroho, F. (2016). EVALUASI KINERJA BANGUNAN GEDUNG BERDASARKAN SNI-1726-2002 DAN FEMA 356 DI DAERAH RAWAN GEMPA. *Jurnal Momentum*, 18, 110-118.
- Pamungkas, A. (2009). *Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa*. Surabaya: ITSPress.
- Paulay, T., & Priestley. (1992). *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Building*. New York: John Wiley & Son.
- Pranata, Y. A., & Yunizar. (2011). PEMODELAN DINDING GESER BIDANG SEBAGAI ELEMEN KOLOM EKIVALEN PADA GEDUNG BETON BERTULANG BERTINGKAT RENDAH. *Jurnal Teknik Sipil*, 7, 85-96.
- Schueller, W. (2001). *Struktur bangunan bertingkat tinggi*. Bandung: Refika Aditama.
- Smith, B., & Coull, A. (1991). *Tall Building Structure: Analysis and Design*. New York: John Wiley and Son.
- Sari, Indah. 2013. Analisis Struktur Portal 3d Simetris dan Tidak Simetris Terhadap Beban Gempa Kuat [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Suharjanto. (2013). *REKAYASA GEMPA (DILENGKAPI DENGAN ANALISA BEBAN GEMPA SESUAI SNI 03-1726-2002)*. Yogyakarta: Kepel Press.
- Tangoro, D. (2006). *Ilmu Bangunan: Struktur Bangunan Tinggi dan Bentang Lebar*. Jakarta: UI Press.
- Wisnumurti, Cahya, I., & Anas, A. (2008). ANALISIS PUSHOVER PADA GEDUNG TIDAK BERATURAN DENGAN STUDI KASUS PADA GEDUNG BARU FIA UNIBRAW. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 2, 11-22.
- Zuhri, S. (2011). *Sistem struktur pada bangunan bertingkat*. Surabaya: Penerbit Yayasan Humaniora.

Lampiran 1. Evaluasi Nilai Base Shear dan Perhitungan faktor skala terkoreksi

a. Model Tanpa Bukaannya

$$V_1 = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{T}\right)} W_t = \frac{0.358}{0.672951 \left(\frac{8}{1}\right)} 181440,328 = 12065,45 \text{ kN}$$

$$V \geq 0.85 V_1$$

$$V \geq 0.85 (12065,45)$$

$$V \geq 10255,63$$

Arah X : 610,42 \geq 10255,63.....TIDAK OK!

Arah Y : 533,4 \geq 10255,63.....TIDAK OK!

Nilai *base shear* yang didapat dari kedua arah masih belum memenuhi standart Maka *scale factor* awal perlu dikalikan dengan nilai $0,85V_i/V$ sehingga menjadi:

$$U1 = \frac{0.85 V_1}{V} \times 1,225 = \frac{0.85 (12065,45)}{(610,42)} \times 1,225 = 20,585$$

$$U2 = \frac{0.85 V_1}{V} \times 1,225 = \frac{0.85 (12065,45)}{(610,42)} \times 0,3675 = 6,176$$

$$U1 = \frac{0.85 V_1}{V} \times 1,225 = \frac{0.85 (12065,45)}{(533,4)} \times 0,3675 = 7,067$$

$$U2 = \frac{0.85 V_1}{V} \times 1,225 = \frac{0.85 (12065,45)}{(533,4)} \times 1,225 = 23,558$$

Kasus	Arah	Faktor Skala Awal	Faktor Skala Terkoreksi
RSPX	U1	1,225	20,585
	U2	0,3675	6,176
RSPY	U1	0,3675	7,067
	U2	1,225	23,558

b. Model 1

$$V_1 = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{T}\right)} W_t = \frac{0.358}{0.718219 \left(\frac{8}{1}\right)} 180798,521 = 11265kN$$

$$V \geq 0.85 V_1$$

$$V \geq 0.85 (11265)$$

$$V \geq 9573,807$$

Arah X : 577,61 \geq 9573,807.....TIDAK OK!

Arah Y : 502,59 \geq 9573,807.....TIDAK OK!

Dari hasil perbandingan nilai *base shear* kedua arah yang didapat pada model 1 juga masih belum memenuhi syarat sehingga perlu adanya koreksi terhadap nilai *scale factor* awal untuk proses analisis menjadi :

$$U1 = \frac{0.85 V_1}{V} \times 1,225 = \frac{0.85 (11265)}{(577,61)} \times 1,225 = 20,31$$

$$U2 = \frac{0.85 V_1}{V} \times 1,225 = \frac{0.85 (11265)}{(577,61)} \times 0,3675 = 6,09$$

$$U1 = \frac{0.85 V_1}{V} \times 1,225 = \frac{0.85 (11265)}{(502,59)} \times 0,3675 = 7,002$$

$$U2 = \frac{0.85 V_1}{V} \times 1,225 = \frac{0.85 (11265)}{(502,59)} \times 1,225 = 23,34$$

Kasus	Arah	Faktor Skala Awal	Faktor Skala Terkoreksi
RSPX	U1	1,225	20,31
	U2	0,3675	6,09
RSPY	U1	0,3675	7,002
	U2	1,225	23,34

c. Model 2

$$V_1 = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{T}\right)} W_t = \frac{0.358}{0.75238 \left(\frac{8}{1}\right)} 180798,521 = 11311,95 \text{ kN}$$

$$V \geq 0.85 V_1$$

$$V \geq 0.85 (11311,95)$$

$$V \geq 9615,154$$

Arah X : 578.77 \geq 9615,154.....TIDAK OK!

Arah Y : 503,48 \geq 9615,154.....TIDAK OK!

Nilai base shear model 2 dikedua arahnya sama-sama belum memenuhi syarat. Maka perlu kembali melakukan koreksi terhadap nilai *scale factor* awal untuk kedua arahnya menjadi:

$$U1 = \frac{0.85 V_1}{V} \times 1,225 = \frac{0.85 (11311,95)}{(578.77)} \times 1,225 = 20,351$$

$$U2 = \frac{0.85 V_1}{V} \times 1,225 = \frac{0.85 (11311,95)}{(578.77)} \times 0,3675 = 6,105$$

$$U1 = \frac{0.85 V_1}{V} \times 1,225 = \frac{0.85 (11311,95)}{(503,48)} \times 0,3675 = 7,018$$

$$U2 = \frac{0.85 V_1}{V} \times 1,225 = \frac{0.85 (11311,95)}{(503,48)} \times 1,225 = 23,4$$

Kasus	Arah	Faktor Skala Awal	Faktor Skala Terkoreksi
RSPX	U1	1,225	20,35
	U2	0,3675	6,11
RSPY	U1	0,3675	7,02
	U2	1,225	23,4

d. Model 3

$$V_1 = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{T}\right)} W_t = \frac{0.358}{0.713704 \left(\frac{8}{1}\right)} 180798,521 = 11336.26 \text{ kN}$$

$$V \geq 0.85 V_1$$

$$V \geq 0.85 (11336.26)$$

$$V \geq 9635,821$$

Arah X : 578.77 \geq 9635,821.....TIDAK OK!

Arah Y : 503,48 \geq 9635,821.....TIDAK OK!

Pada model 3 juga nilai base shear masih belum memenuhi persyaratan. Maka *scale factor* awal perlu dikoreksi menjadi:

$$U1 = \frac{0.85 V_1}{V} \times 1,225 = \frac{0.85 (11336.26)}{(579)} \times 1,225 = 20,25$$

$$U2 = \frac{0.85 V_1}{V} \times 1,225 = \frac{0.85 (11336.26)}{(579)} \times 0,3675 = 6,08$$

$$U1 = \frac{0.85 V_1}{V} \times 1,225 = \frac{0.85 (11336.26)}{(503,48)} \times 0,3675 = 7,025$$

$$U2 = \frac{0.85 V_1}{V} \times 1,225 = \frac{0.85 (11336.26)}{(503,48)} \times 1,225 = 23,42$$

Kasus	Arah	Faktor Skala Awal	Faktor Skala Terkoreksi
RSPX	U1	1,225	20,25
	U2	0,3675	6,08
RSPY	U1	0,3675	7,025
	U2	1,225	23,42

e. Model 4

$$V_1 = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{T}\right)} W_t = \frac{0.358}{0.718334 \left(\frac{8}{1}\right)} 180087.231 = 11218,88 \text{ kN}$$

$$V \geq 0.85 V_1$$

$$V \geq 0.85 (11218,88)$$

$$V \geq 9536,049$$

Arah X : 577.60 \geq 9536,049.....TIDAK OK!

Arah Y : 502.94 \geq 9536,049.....TIDAK OK!

Dari kedua arah baik arah X maupun arah Y pada model 3 nilai base shear masih kurang dari 85% base shear statis ekuivalen. Maka perlu adanya koreksi pada nilai *scale factor* awal menjadi:

$$U1 = \frac{0.85 V_1}{V} \times 1,225 = \frac{0.85 (11218,88)}{(577.60)} \times 1,225 = 20,22$$

$$U2 = \frac{0.85 V_1}{V} \times 1,225 = \frac{0.85 (11218,88)}{(577.60)} \times 0,3675 = 6,07$$

$$U1 = \frac{0.85 V_1}{V} \times 1,225 = \frac{0.85 (11218,88)}{(502.94)} \times 0,3675 = 6,97$$

$$U2 = \frac{0.85 V_1}{V} \times 1,225 = \frac{0.85 (11218,88)}{(502.94)} \times 1,225 = 23,23$$

Kasus	Arah	Faktor Skala Awal	Faktor Skala Terkoreksi
RSPX	U1	1,225	20,22
	U2	0,3675	6,07
RSPY	U1	0,3675	6,097
	U2	1,225	23,23

f. Model 5

$$V_1 = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{T}\right)} W_t = \frac{0.358}{0.718839 \left(\frac{8}{1}\right)} 180087.231 = 11211kN$$

$$V \geq 0.85 V_1$$

$$V \geq 0.85 (11211)$$

$$V \geq 9529,349$$

Arah X : 577.66 \geq 9529,349.....TIDAK OK!

Arah Y : 502.65 \geq 9529,349.....TIDAK OK!

Sama seperti model-model sebelumnya nilai base shear dari kedua arah X dan arah Y masih tidak memenuhi standar yang ditentukan. Maka perlu dilakukan perhitungan kembali nilai scale factor untuk memenuhi persyaratan menjadi:

$$U1 = \frac{0.85 V_1}{V} \times 1,225 = \frac{0.85 (11211)}{(577.66)} \times 1,225 = 20,21$$

$$U2 = \frac{0.85 V_1}{V} \times 1,225 = \frac{0.85 (11211)}{(577.66)} \times 0,3675 = 6,06$$

$$U1 = \frac{0.85 V_1}{V} \times 1,225 = \frac{0.85 (11211)}{(502.65)} \times 0,3675 = 6,97$$

$$U2 = \frac{0.85 V_1}{V} \times 1,225 = \frac{0.85 (11211)}{(502.65)} \times 1,225 = 23,22$$

Kasus	Arah	Faktor Skala Awal	Faktor Skala Terkoreksi
RSPX	U1	1,225	20,21
	U2	0,3675	6,06
RSPY	U1	0,3675	6,97
	U2	1,225	23,22

Lampiran 3. Perhitungan Kuat Geser

a. Model Tanpa Bukaannya

Berdasarkan hasil analisa ETABS didapatkan

$$P_u = 43930,68 \text{ kN} = 43930680 \text{ N}$$

$$M_u = 226882,79 \text{ kNm} = 2,27 \times 10^{11} \text{ Nmm}$$

$$V_u = 885,36 \text{ kN} = 885360 \text{ N}$$

Data teknis :

$$f'_c = 37,35 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 40 \text{ Mpa}$$

$$l_w = 5925 \text{ mm}$$

$$h = 350 \text{ mm}$$

$$d = 0,8 \times l_w = 0,8 \times 5925 \text{ mm} = 4740 \text{ mm}$$

$$\lambda = 1 \text{ (untuk beton normal)}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 kuat geser nominal V_c dinding geser diambil dari nilai yang lebih kecil dari nilai yang dihitung dari persamaan :

$$\begin{aligned} V_c &= 0,27\lambda\sqrt{f'_c}hd + \frac{N_u d}{4l_w} \\ &= 0,27(1)\sqrt{37,35}(350)(4740) + \frac{43930680(4740)}{4(5925)} \\ &= 11523644,35 \text{ N} \end{aligned}$$

Atau

$$\begin{aligned} V_c &= \left[0,05\lambda\sqrt{f'_c} + \frac{l_w \left(0,1\lambda\sqrt{f'_c} + 0,2 \frac{N_u}{l_w h} \right)}{\frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2}} \right] hd \\ V_c &= \left[0,05(1)\sqrt{37,35} + \frac{5925 \left(0,1(1)\sqrt{37,35} + 0,2 \frac{43930680}{5925(350)} \right)}{\frac{2,27 \times 10^{11}}{885360} - \frac{5925}{2}} \right] (350 \times 4740) \\ &= 695079 \text{ N} \end{aligned}$$

Maka nilai V_c untuk Model Tanpa Bukaannya adalah 695079 N

b. Model 1

Berdasarkan hasil analisa ETABS didapatkan

$$P_u = 43422,89 \text{ kN} = 43422890 \text{ N}$$

$$M_u = 211832,67 \text{ kNm} = 2,12 \times 10^{11} \text{ Nmm}$$

$$V_u = 220,47 \text{ kN} = 220470 \text{ N}$$

Data teknis :

$$f'_c = 37,35 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 40 \text{ Mpa}$$

$$l_w = 5925 \text{ mm}$$

$$h = 350 \text{ mm}$$

$$d = 0,8 \times l_w = 0,8 \times 5925 \text{ mm} = 4740 \text{ mm}$$

$$\lambda = 1 \text{ (untuk beton normal)}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 kuat geser nominal V_c dinding geser diambil dari nilai yang lebih kecil dari nilai yang dihitung dari persamaan :

$$\begin{aligned} V_c &= 0,27\lambda\sqrt{f'_c}hd + \frac{N_u d}{4l_w} \\ &= 0,27(1)\sqrt{37,35}(350)(4740) + \frac{43422890(4740)}{4(5925)} \\ &= 11422086,35 \text{ N} \end{aligned}$$

Atau

$$\begin{aligned} V_c &= \left[0,05\lambda\sqrt{f'_c} + \frac{l_w \left(0,1\lambda\sqrt{f'_c} + 0,2 \frac{N_u}{l_w h} \right)}{\frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2}} \right] hd \\ V_c &= \left[0,05(1)\sqrt{37,35} + \frac{5925 \left(0,1(1)\sqrt{37,35} + 0,2 \frac{43422890}{5925(350)} \right)}{\frac{2,12 \times 10^{11}}{220470} - \frac{5925}{2}} \right] (350 \times 4740) \\ &= 556194 \text{ N} \end{aligned}$$

Maka nilai V_c untuk Model 1 adalah 556194 N

c. **Model 2**

Berdasarkan hasil analisa ETABS didapatkan

$$P_u = 43649,61 \text{ kN} = 43649610 \text{ N}$$

$$M_u = 215752,14 \text{ kNm} = 2,16 \times 10^{11} \text{ Nmm}$$

$$V_u = 407,33 \text{ kN} = 407330 \text{ N}$$

Data teknis :

$$f'_c = 37,35 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 40 \text{ Mpa}$$

$$l_w = 5925 \text{ mm}$$

$$h = 350 \text{ mm}$$

$$d = 0,8 \times l_w = 0,8 \times 5925 \text{ mm} = 4740 \text{ mm}$$

$$\lambda = 1 \text{ (untuk beton normal)}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 kuat geser nominal V_c dinding geser diambil dari nilai yang lebih kecil dari nilai yang dihitung dari persamaan :

$$\begin{aligned} V_c &= 0,27\lambda\sqrt{f'_c}hd + \frac{N_u d}{4l_w} \\ &= 0,27(1)\sqrt{37,35}(350)(4740) + \frac{43649610(4740)}{4(5925)} \\ &= 11467430,35 \text{ N} \end{aligned}$$

Atau

$$\begin{aligned} V_c &= \left[0,05\lambda\sqrt{f'_c} + \frac{l_w \left(0,1\lambda\sqrt{f'_c} + 0,2 \frac{N_u}{l_w h} \right)}{\frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2}} \right] hd \\ V_c &= \left[0,05(1)\sqrt{37,35} + \frac{5925 \left(0,1(1)\sqrt{37,35} + 0,2 \frac{43649610}{5925(350)} \right)}{\frac{2,16 \times 10^{11}}{407330} - \frac{5925}{2}} \right] (350 \times 4740) \\ &= 596914 \text{ N} \end{aligned}$$

Maka nilai V_c untuk Model 2 adalah 596914 N

d. Model 3

Berdasarkan hasil analisa ETABS didapatkan

$$P_u = 43676.42 \text{ kN} = 43676420 \text{ N}$$

$$M_u = 211999.467 \text{ kNm} = 2,12 \times 10^{11} \text{ Nmm}$$

$$V_u = 647.08 \text{ kN} = 647080 \text{ N}$$

Data teknis :

$$f'_c = 37,35 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 40 \text{ Mpa}$$

$$l_w = 5925 \text{ mm}$$

$$h = 350 \text{ mm}$$

$$d = 0,8 \times l_w = 0,8 \times 5925 \text{ mm} = 4740 \text{ mm}$$

$$\lambda = 1 \text{ (untuk beton normal)}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 kuat geser nominal V_c dinding geser diambil dari nilai yang lebih kecil dari nilai yang dihitung dari persamaan :

$$\begin{aligned} V_c &= 0,27\lambda\sqrt{f'_c}hd + \frac{N_u d}{4l_w} \\ &= 0,27(1)\sqrt{37,35}(350)(4740) + \frac{43676420(4740)}{4(5925)} \\ &= 11472792,4 \text{ N} \end{aligned}$$

Atau

$$\begin{aligned} V_c &= \left[0,05\lambda\sqrt{f'_c} + \frac{l_w \left(0,1\lambda\sqrt{f'_c} + 0,2 \frac{N_u}{l_w h} \right)}{\frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2}} \right] hd \\ V_c &= \left[0,05(1)\sqrt{37,35} + \frac{5925 \left(0,1(1)\sqrt{37,35} + 0,2 \frac{43676420}{5925(350)} \right)}{\frac{2,12 \times 10^{11}}{647080} - \frac{5925}{2}} \right] (350 \times 4740) \\ &= 652983 \text{ N} \end{aligned}$$

Maka nilai V_c untuk Model 3 adalah 652983 N

e. **Model 4**

Berdasarkan hasil analisa ETABS didapatkan

$$P_u = 42408.37 \text{ kN} = 42408370 \text{ N}$$

$$M_u = 209943.739 \text{ kNm} = 2,1 \times 10^{11} \text{ Nmm}$$

$$V_u = 214.52 \text{ kN} = 214520 \text{ N}$$

Data teknis :

$$f'_c = 37,35 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 40 \text{ Mpa}$$

$$l_w = 5925 \text{ mm}$$

$$h = 350 \text{ mm}$$

$$d = 0,8 \times l_w = 0,8 \times 5925 \text{ mm} = 4740 \text{ mm}$$

$$\lambda = 1 \text{ (untuk beton normal)}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 kuat geser nominal V_c dinding geser diambil dari nilai yang lebih kecil dari nilai yang dihitung dari persamaan :

$$\begin{aligned} V_c &= 0,27\lambda\sqrt{f'_c}hd + \frac{N_u d}{4l_w} \\ &= 0,27(1)\sqrt{37,35}(350)(4740) + \frac{42408370(4740)}{4(5925)} \\ &= 11219182,4 \text{ N} \end{aligned}$$

Atau

$$\begin{aligned} V_c &= \left[0,05\lambda\sqrt{f'_c} + \frac{l_w \left(0,1\lambda\sqrt{f'_c} + 0,2 \frac{N_u}{l_w h} \right)}{\frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2}} \right] hd \\ V_c &= \left[0,05(1)\sqrt{37,35} + \frac{5925 \left(0,1(1)\sqrt{27,35} + 0,2 \frac{42408370}{5925(350)} \right)}{\frac{2,1 \times 10^{11}}{214520} - \frac{5925}{2}} \right] (350 \times 4740) \\ &= 554307 \text{ N} \end{aligned}$$

Maka nilai V_c untuk Model 3 adalah 554307 N

f. Model 5

Berdasarkan hasil analisa ETABS didapatkan

$$P_u = 42404.9 \text{ kN} = 42404900 \text{ N}$$

$$M_u = 208816.375 \text{ kNm} = 2,08 \times 10^{11} \text{ Nmm}$$

$$V_u = 208.15 \text{ kN} = 208150 \text{ N}$$

Data teknis :

$$f'_c = 37,35 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 40 \text{ Mpa}$$

$$l_w = 5925 \text{ mm}$$

$$h = 350 \text{ mm}$$

$$d = 0,8 \times l_w = 0,8 \times 5925 \text{ mm} = 4740 \text{ mm}$$

$$\lambda = 1 \text{ (untuk beton normal)}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 kuat geser nominal V_c dinding geser diambil dari nilai yang lebih kecil dari nilai yang dihitung dari persamaan :

$$\begin{aligned} V_c &= 0,27\lambda\sqrt{f'_c}hd + \frac{N_u d}{4l_w} \\ &= 0,27(1)\sqrt{37,35}(350)(4740) + \frac{42404900(4740)}{4(5925)} \\ &= 11218488.35 \text{ N} \end{aligned}$$

Atau

$$\begin{aligned} V_c &= \left[0,05\lambda\sqrt{f'_c} + \frac{l_w \left(0,1\lambda\sqrt{f'_c} + 0,2 \frac{N_u}{l_w h} \right)}{\frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2}} \right] hd \\ V_c &= \left[0,05(1)\sqrt{37,35} + \frac{5925 \left(0,1(1)\sqrt{37,35} + 0,2 \frac{42404900}{5925(350)} \right)}{\frac{2,08 \times 10^{11}}{208150} - \frac{5925}{2}} \right] (350 \times 4740) \\ &= 553142 \text{ N} \end{aligned}$$

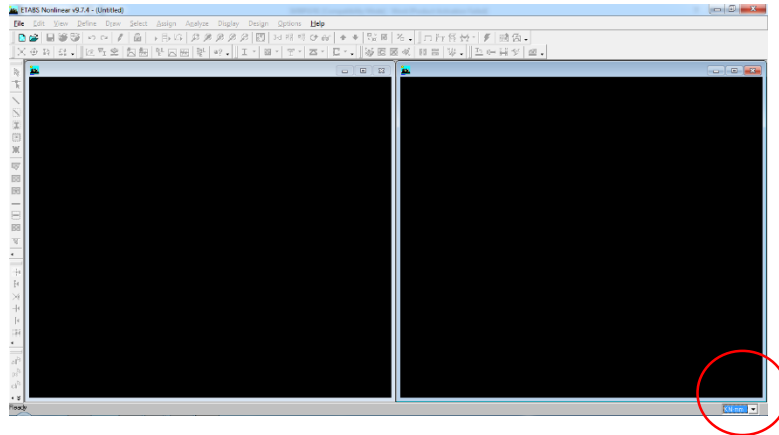
Maka nilai V_c untuk Model 5 adalah 553142 N

Berdasarkan perhitungan kuat geser dari masing-masing model maka didapatkan hasil sebagai berikut:

Model	Kuat Geser (N)
Tanpa Bukaan	695079
1	556194
2	596914
3	652983
4	554307
5	553142

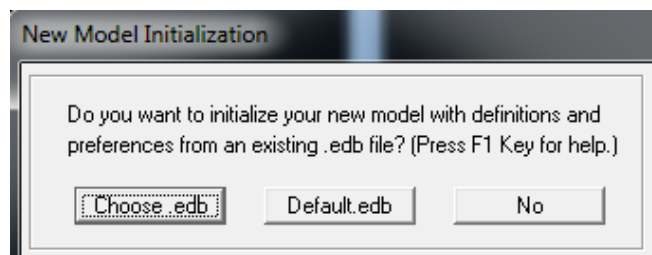
Modul Penggunaan *Software* ETABS

1. Sebagai langkah awal sebaiknya tentukan satuan yang akan dipergunakan sesuai keinginan dengan mengubahnya di kotak pilihan pada pojok kanan bawah pada tampilan awal ETABS. Hal ini dilakukan hanya untuk kemudahan saja, walaupun nanti tetap dapat dirubah sewaktu-waktu.



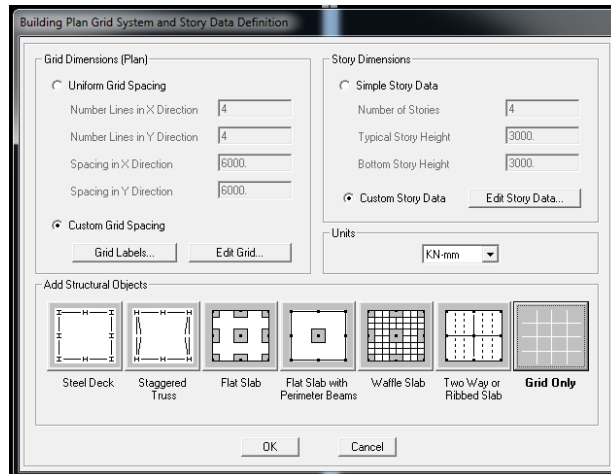
Tampilan awal ETABS

2. Setelah itu untuk memulai proses pemodelan pilih Menu *file-new model*. Kemudian akan muncul *pop up (New Model Initialization)*. Pilih *No* untuk membuat model baru tanpa mengambil dari file ETABS yang sudah ada pada komputer. Sedangkan untuk pilihan lainnya :
 - Choose.edb dipilih jika ingin membuat model baru dengan definisi dan preferinsinya mengambil dari file ETABS yang sudah ada pada komputer.
 - Default.edb dipilih jika ingin membuat model baru dengan definisi dan preferinsinya dimulai dengan default yang sudah built-in didalam ETABS.



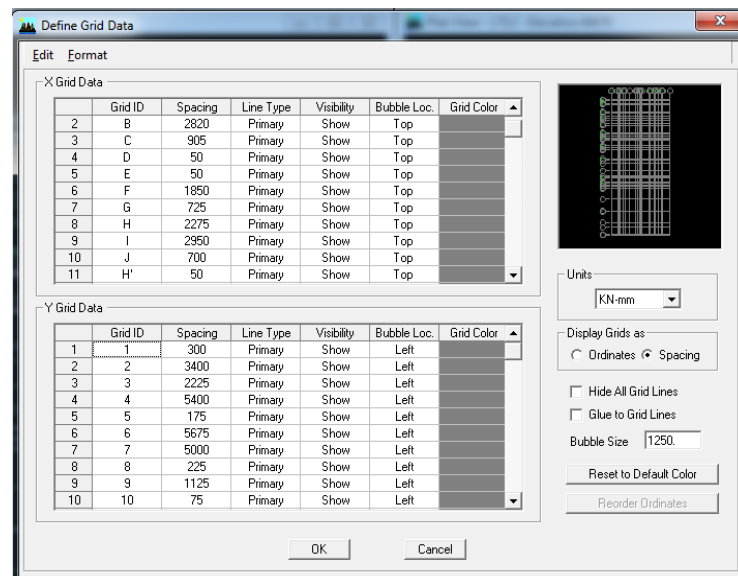
New Model Initialization

3. Akan muncul kotak dialog "*Building Plan Grid System and Story Definition*" lalu pilih *Grid only* pada *structural object*.



Kotak Dialog *Building Plan Grid System and Story Definition*

Kemudian aktifkan *Custom Grid Spacing* dan klik *Edit Grid*. Maka akan muncul kotak dialog *Define Grid Data*. Masukan jarak-jarak sumbu acuan yang searah sumbu X maupun sumbu Y. pada kotak Display Grid as, ada dua pilihan yaitu *Ordinates* untuk menentukan jarak menggunakan metode sumbu koordinat, dan juga *Spacing* untuk menentukan jarak dengan menggunakan metode jarak antar sumbu. Dalam proses memasukan data jarak harus diperhatikan satuan yang digunakan agar data yang dimasukan sesuai. Setelah semua data telah dimasukan lalu klik *OK* untuk mengakhirinya,



Kotak Dialog *Define Grid Data*.

Kemudian aktifkan *Custom Story Data* dan klik *Edit Story Data*. Maka akan muncul kotak dialog *Story Data*. Masukan semua data ketinggian setiap lantai.

	Label	Height	Elevation	Master Story	Similar To	Splice Point	Splice Heig
26	ATAP	2750.	70421.	No	NONE	No	0.
25	LT25	2700.	67671.	Yes		No	0.
24	LT23	2700.	64971.	No	LT25	No	0.
23	LT22	2700.	62271.	No	LT25	No	0.
22	LT21	2700.	59571.	No	LT25	No	0.
21	LT20	2700.	56871.	No	LT25	No	0.
20	LT19	2700.	54171.	No	LT25	No	0.
19	LT18	2700.	51471.	No	LT25	No	0.
18	LT17	2701.	48771.	No	LT25	No	0.
17	LT16	2700.	46070.	No	LT25	No	0.
16	LT15	2700.	43370.	No	LT25	No	0.
15	LT12	2700.	40670.	No	LT25	No	0.
14	LT11	2700.	37970.	No	LT25	No	0.
13	LT10	2700.	35270.	No	LT25	No	0.
12	LT9	2700.	32570.	No	LT25	No	0.
11	LT8	2700.	29870.	No	LT25	No	0.
10	LT7	2700.	27170.	No	LT25	No	0.

Reset Selected Rows

Height: 2750. [Reset]

Master Story: No [Reset]

Similar To: NONE [Reset]

Splice Point: No [Reset]

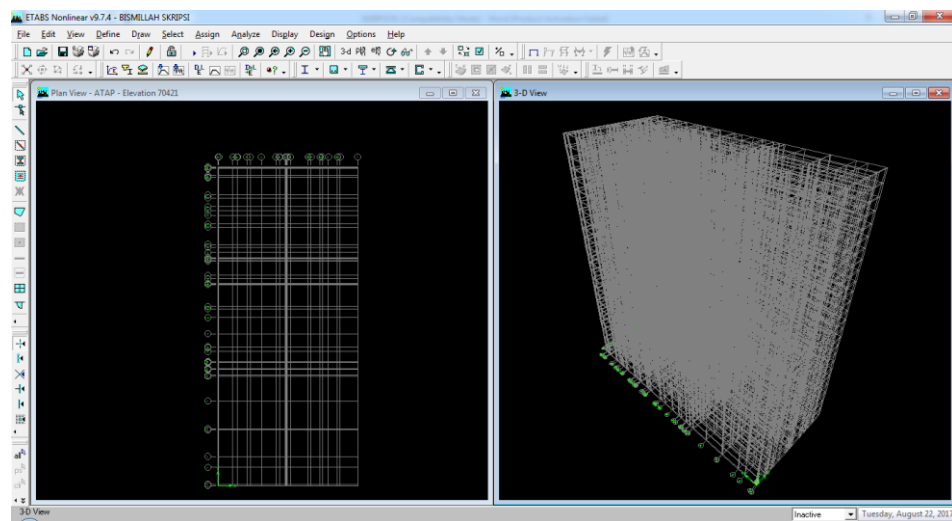
Splice Height: 0 [Reset]

Units: Change Units: KN-mm [v]

[OK] [Cancel]

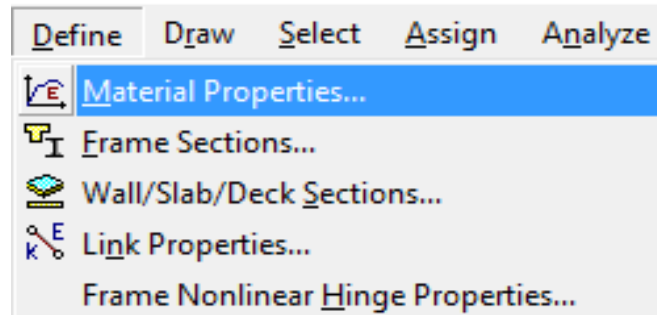
Story Data

Setelah semua data grid dimension dan story dimension dimasukkan maka klik OK dan akan muncul tampilan gambar sumbu-sumbu yang telah dimasukkan tadi.

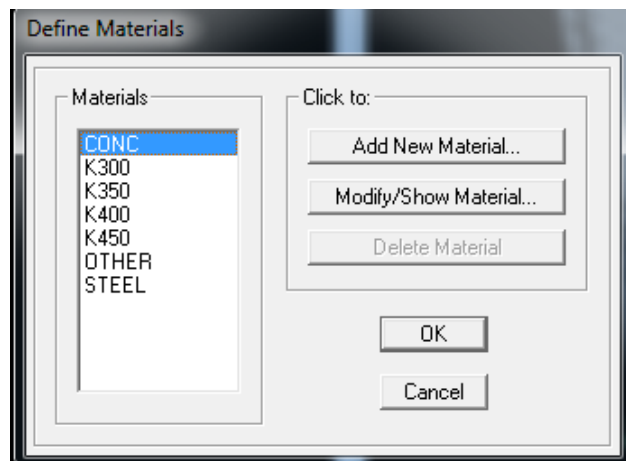


Grid

- langkah selanjutnya adalah menentukan material *properties* sesuai data perencan dengan cara klik *Define > Material Propertise*. Maka akan muncul kotak dialog *Define Materials*. Untuk menambahkan material baru sesuai perencanaan maka klik *Add New Material*, kemudian masukan data material yang akan digunakan.

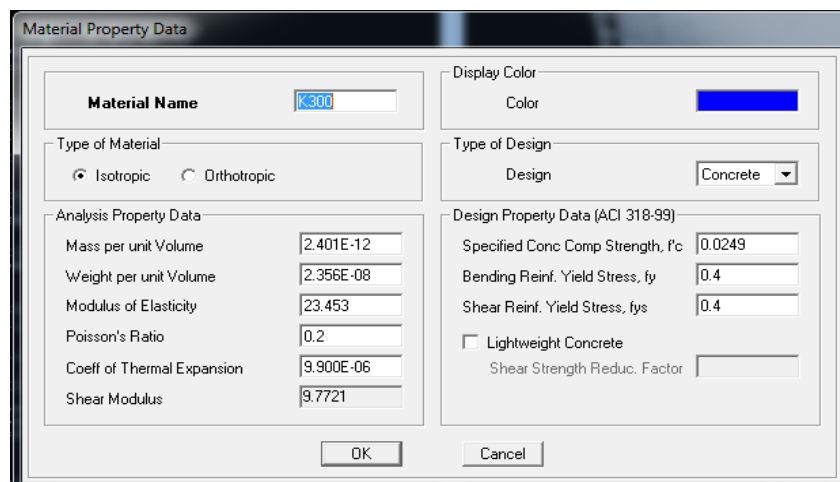


Menu *Define Material Properties*



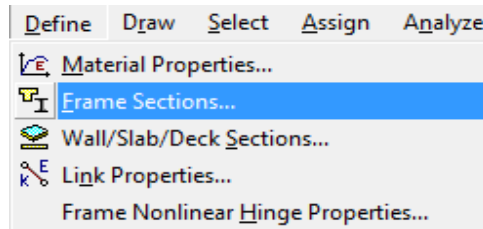
Kotak Dialog *Define Material*

Setelah itu ditampilkan kotak dialog *Material Property Data* karena semua material yang akan dibuat menggunakan material beton pada *type of design* pilih *concrete*. Kemudian masukan data material beton sesuai desain seperti f_c , f_y (mutu baja tulangan geser), dan f_{ys} (mutu baja tulangan geser). Untuk *mass per unit volume* dan *weight per unit volume* biasanya *defaultnya* sudah sesuai yaitu 24 kN/m^3 . Sedangkan untuk Modulus elastisitas dapat dihitung berdasarkan rumus $4700\sqrt{f_c}$. Setelah data sudah sesuai, kemudian tekan OK untuk keluar.



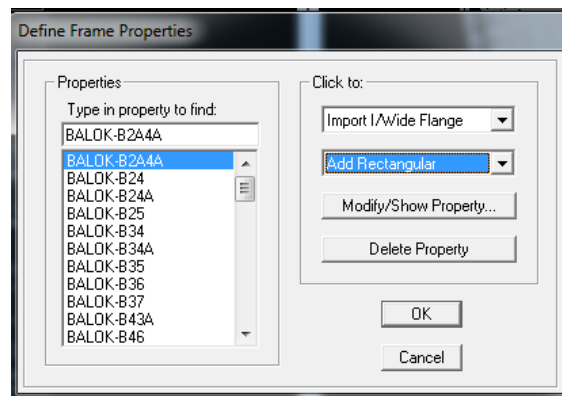
Material Property Data

5. Kemudian define dimensi struktur, untuk komponen balok dan kolom dapat dilakukan dengan cara *Define > Frame Section . Define Frame Properties*



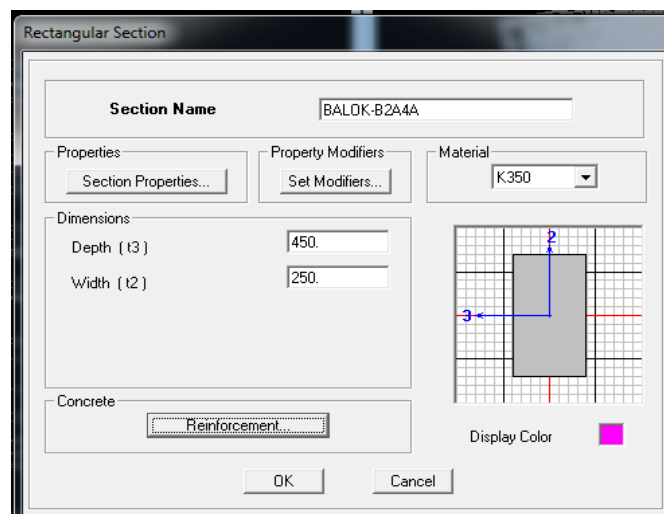
Menu *Define Frame Section*

Setelah itu akan muncul Kotak Dialog *Define Frame Properties*. Kemudian karena semua komponen stuktur yang digunakan semua berbentuk persegi empat maka pilih *Add Rectangular* untuk membuat komponen struktur baru.



Kotak Dialog *Define Frame Properties*

Setelah proses diatas maka akan muncul kotak dialog seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini. Beri nama komponen struktur yang akan didefinisikan, dan masukan ukuran tinggi (*Depth*) dan lebar (*Width*) *frame*. Ubah juga jenis material yang dipakai untuk setiap komponen struktur yang di *define* sesuai perencanaan.



Kotak Dialog *Rectangular Section*

Untuk menentukan jenis frame sebagai balok atau kolom, klik pada reinforcement, kemudian pilih design type sebagai balok atau kolom. Apabila frame yang akan dimasukkan datanya adalah balok, maka akan muncul form seperti pada gambar dibawah ini. Kemudian input data selimut beton balok pada *Concrete Cover to Rebar Center*.

The image shows a dialog box titled "Reinforcement Data" with the following settings:

- Design Type:** Column, Beam
- Concrete Cover to Rebar Center:** Top: 40, Bottom: 40
- Reinforcement Overrides for Ductile Beams:**

	Left	Right
Top	0	0
Bottom	0	0

Reinforcement Data Beam

Namun apabila frame yang akan dimasukkan datanya adalah kolom, maka akan muncul kotak dialog seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini:

The image shows a dialog box titled "Reinforcement Data" with the following settings:

- Design Type:** Column, Beam
- Configuration of Reinforcement:** Rectangular, Circular
- Lateral Reinforcement:** Ties, Spiral
- Rectangular Reinforcement:**
 - Cover to Rebar Center: 40
 - Number of Bars in 3-dir: 8
 - Number of Bars in 2-dir: 4
 - Bar Size: D22
 - Corner Bar Size: D22
- Check/Design:** Reinforcement to be Checked, Reinforcement to be Designed

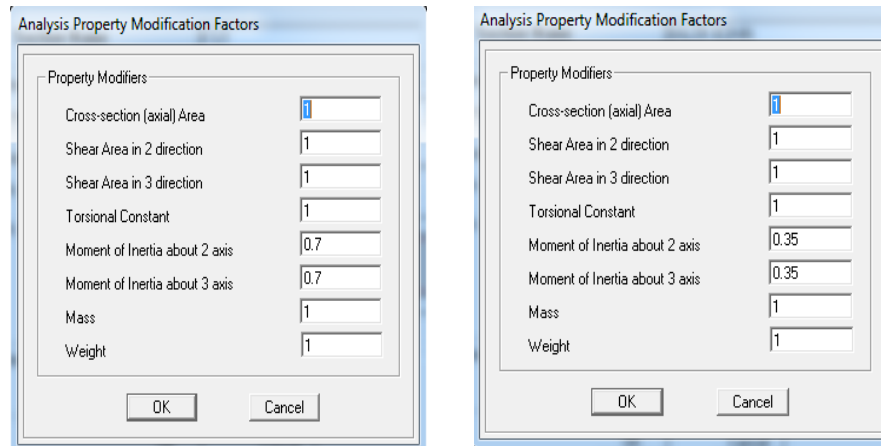
Reinforcement Data Column

Khusus pada input data kolom, pilih jenis tulangan yang akan dipakai (spiral atau tulangan tegak). Kemudian isi selimut beton pada *Rectangular Reinforcement-Cover to Rebar Center*. Selain itu masukan jumlah dan ukuran tulangan yang digunakan.

Namun sebelum mengakhiri proses define frame section dari komponen balok dan kolom, terlebih dahulu properties komponen struktur tersebut harus diubah kekakuannya sesuai syarat SNI. Dengan cara klik Set Modifier pada kotak dialog Rectangular Section kemudian ubah nilai Property Modifier sesuai dengan fungsinya, seperti sebagai berikut:

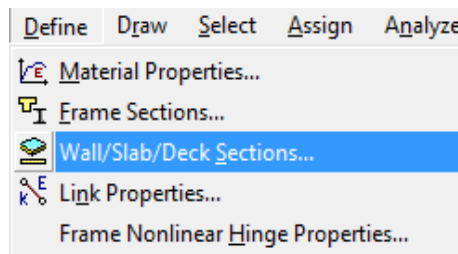
- Kolom : moment of inertia about 2 dan 3 axis = 0,7
- Balok : moment of inertia about 2 dan 3 axis = 0,35

Kemudian klik OK dan lakukan cara yang sama untuk *define frame* lainnya



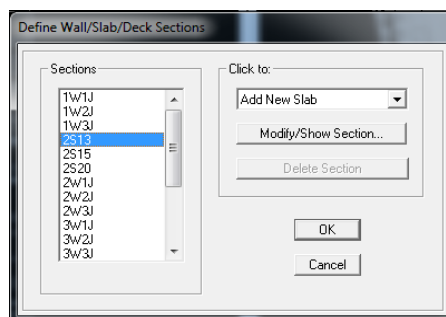
Analysis Property Modification untuk kolom dan balok

6. Kemudian *define* komponen pelat dan dinding dengan cara *Define > Wall/Slab/Deck Section*.

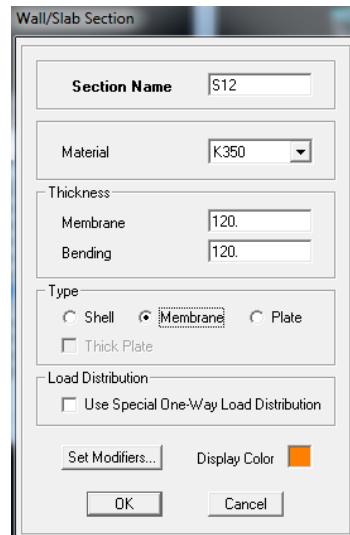


Menu *Define Wall/Slab/Deck Section*

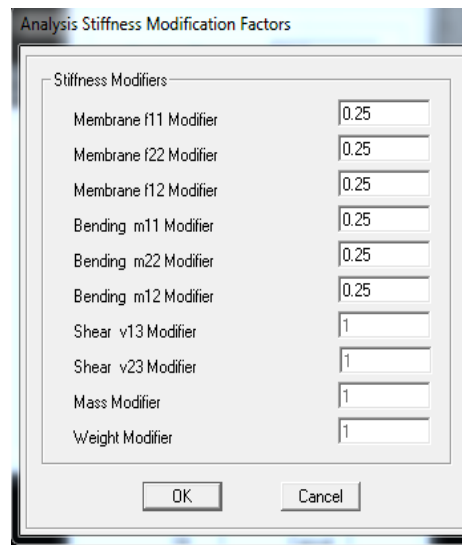
Untuk mendefinisikan ukuran pelat baru sesuai dengan perencanaan pilih *Add New Slab*. maka akan muncul kotak dialog *wall/slab section*.



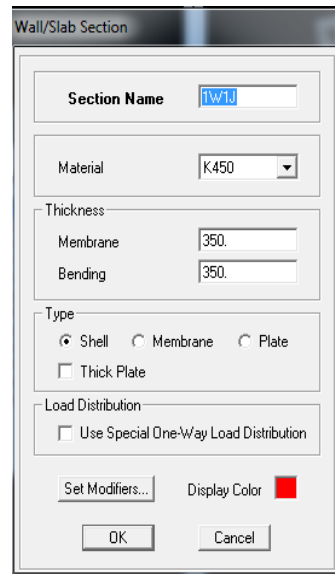
Kotak Dialog *Define Wall/Slab/Deck Properties*

Kotak Dialog *Wall/Slab Section*

Beri nama pelat yang akan dipakai, ganti material yang dipakai untuk pelat sesuai dengan perencanaan dan material yang telah didefine sebelumnya dan ganti ukuran tebal pelat. Untuk type profil berupa *Membrane*. Sama seperti balok dan kolom, pada komponen pelat juga perlu diubah kekakuannya sesuai SNI dengan cara klik *set modifiers* lalu ubah pada membrane f11-f22-f12 dan bending m11-m22-m12 menjadi 0,25.

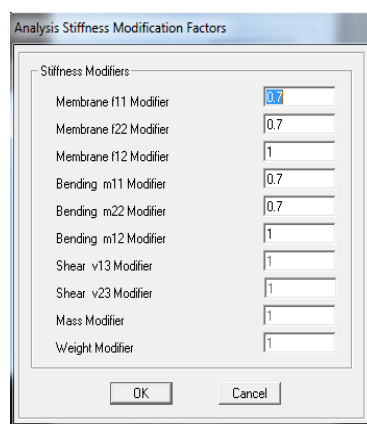
*set modifiers slab*

Sedangkan untuk komponen dinding/ *wall* pilih *Add New Wall* pada kotak dialog *Define Wall/Slab/Deck Section* untuk membuat dimensi dinding baru. Kemudian beri nama *wall* yang akan dipakai, ganti material yang dipakai untuk *wall* sesuai dengan perencanaan dan material yang telah didefine sebelumnya dan ganti ukuran tebal pelat. Untuk type profil berupa *Shell*.



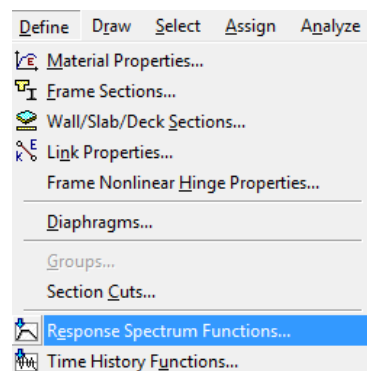
Kotak Dialog *Wall/Slab Section*

Sama seperti pelat komponen wall juga perlu diubah kekakuannya sesuai SNI. namun berbeda dengan pelat dengan cara klik *set modifiers* nilai yang diubah yaitu pada membrane f11-f22 dan bending m11-m22 menjadi 0,7.



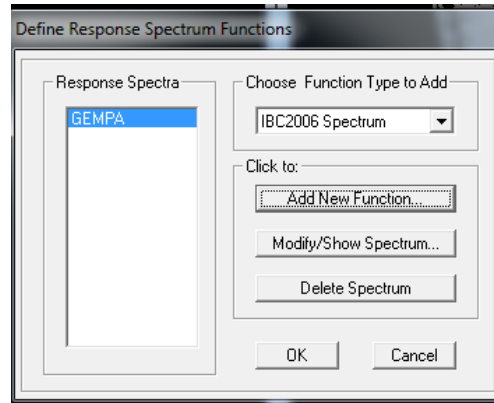
set modifiers wall

7. Define respon spektrum sebagai beban gempa dengan cara pilih *Define* > *Response Spectrum Function*.

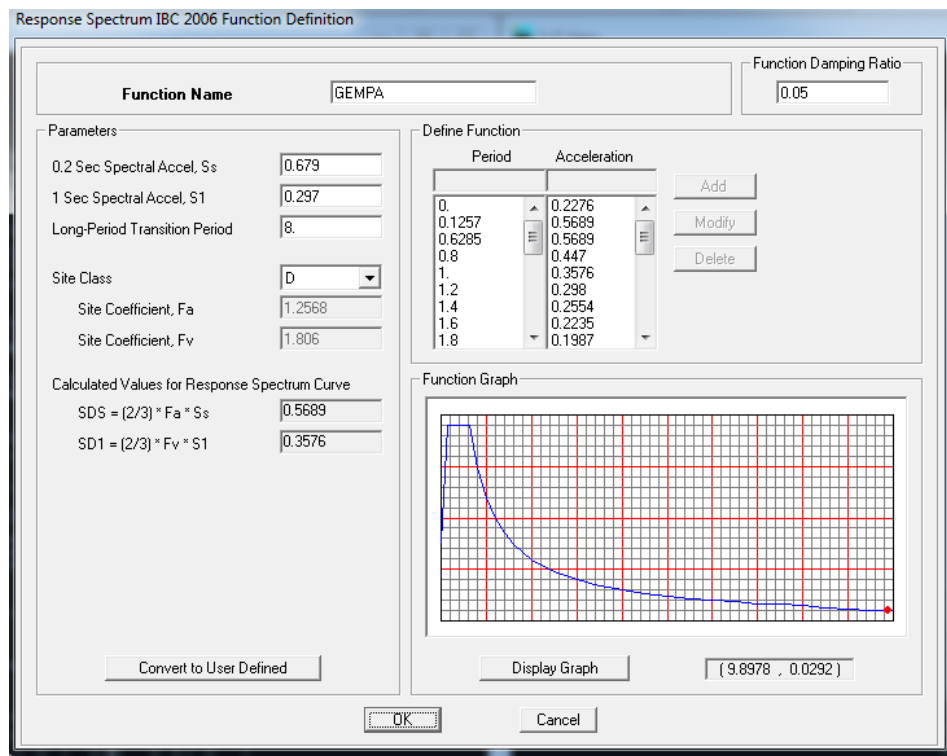


Response Spectrum Function

Kemudian akan muncul kotak dialog *Define Response Spectrum Function*, klik *Add User Spektrum* karena tipe gempa di Indonesia tidak tersedia di ETABS. Kemudian input data *Period* dan *Acceleration* (percepatan gempa) sesuai dengan perhitungan pada kotak dialog *Respon Spectrum Function Definition* lalu klik ok.

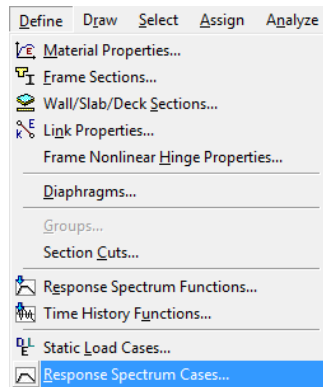


kotak dialog *Define Response Spectrum Function*



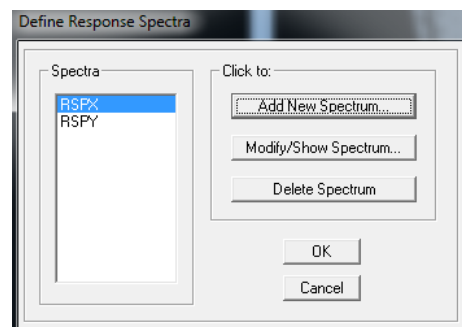
Response Spectrum Function Definition

8. Menentukan spektrum gempa. Pilih *Define > Respon Spectrum Case* kemudian akan muncul kotak dialog *Define Response Spectra*.

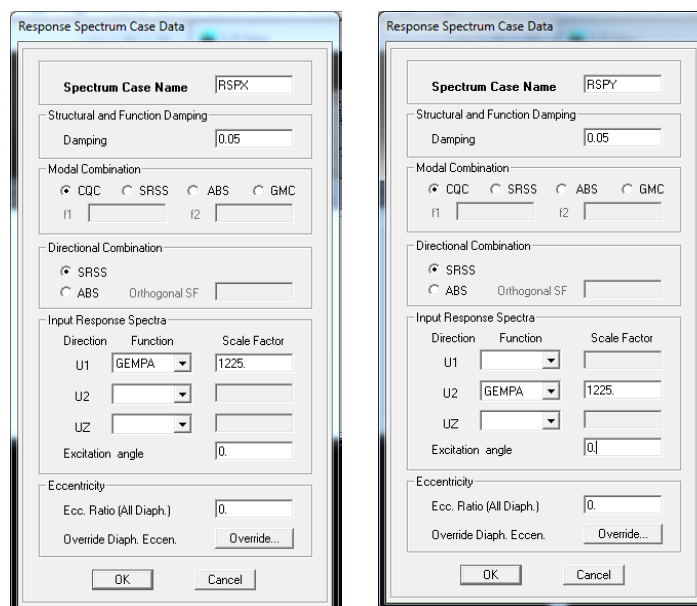


Define Respon Spectrum Case

setelah muncul *Define Response Spectra* klik *Add New Spectrum*. Masukan data panda kotak dialog *Response Spectrum*, data yang dimasukan seperti Spectrum Case Name berupa RSPX dan RSPY. Input Response Spectrume untu arah X isikan Function dan Scale Factor pada kotak U1 dan untuk arah Y pada kotak U2 sesuai dengan perhitungan.

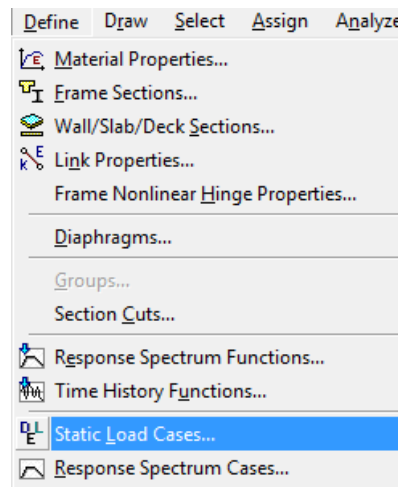


Kotak Dialog Define Response Spectra

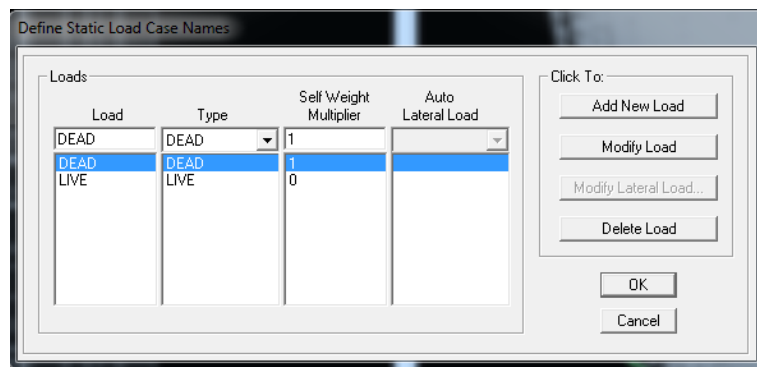


Response Spectrume Case Data

9. Menentukan beban yang akan bekerja pada bangunan dengan cara *Define > Static Load Case* kemudian input jenis-jenis beban yang akan digunakan untuk proses analisis.

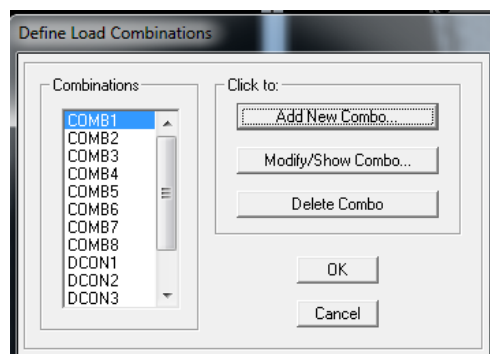


Define Static Load Case

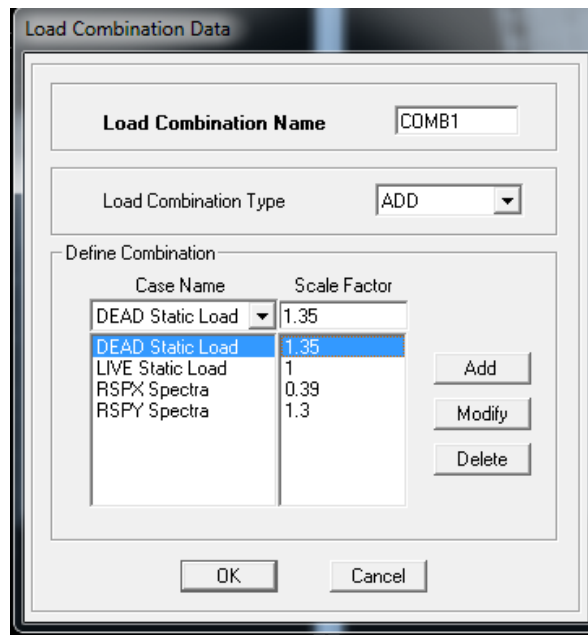


Kotak Dialog Define Static Load Case Names

10. Menentukan kombinasi pembebanan dengan cara klik *Define > Load Combination* setelah itu muncul kotak dialog *Define Load Combination* pilih *Add New Combo* kemudian masukan *scale factor* setiap jenis beban pada masing-masing kombinasi yang telah direncanakan sebelumnya.

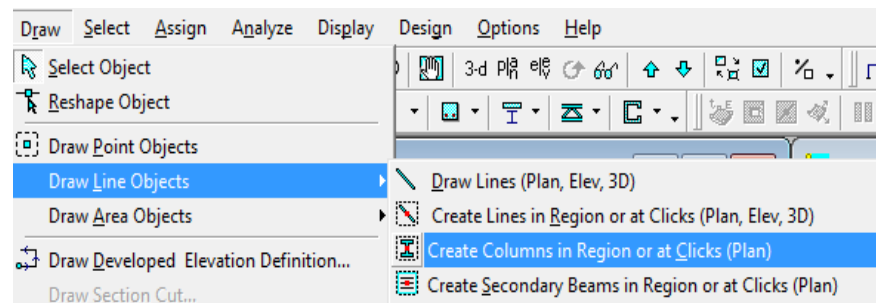


Define Load Combination



Load Combination Data

11. Menggambar kolom, untuk memulai menggambar kolom dilakukan dengan cara pilih menu *Draw > Draw Line Object > Create Columns in Regions or at Click*. Kemudian akan muncul *Propertis of Object* untuk memberi pilihan dimensi kolom yang akan digunakan pada baris *property*. Bila pada suatu struktur kolom direncanakan tidak tegak lurus sumbu X atau sumbu Y atau membentuk sudut tertentu, isi pada baris *angel* dengan besar sudut arah kolom yang akan digambar.



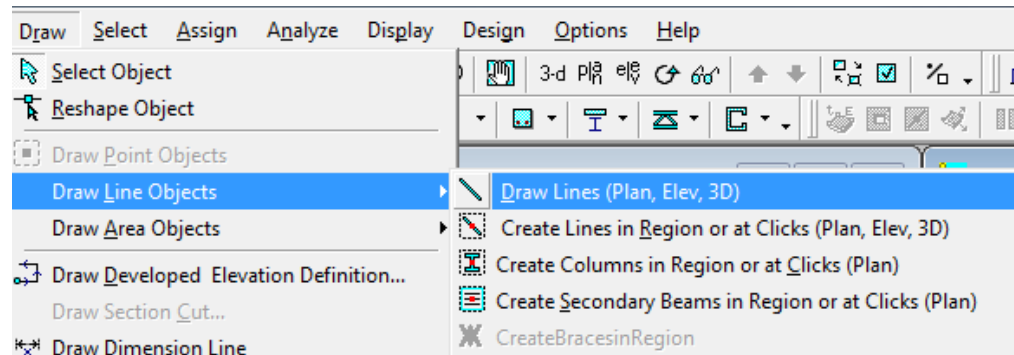
Draw Column

Property	Value
Property	K1J1
Moment Releases	Continuous
Angle	0.
Plan Offset X	0.
Plan Offset Y	0.

Properties of Object

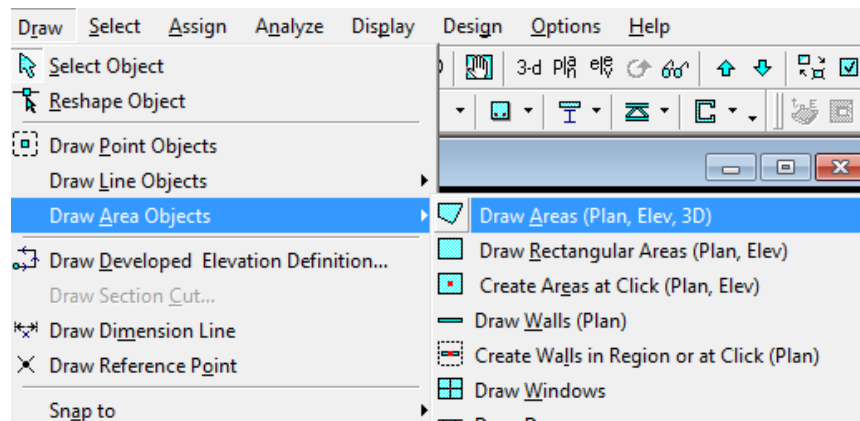
Untuk penggambarannya sendiri klik satu kali pada titik-titik letak kolom sesuai gambar denah rencana.

12. Menggambar balok dengan klik menu *Draw > Draw Line Object > Draw line*. kemudian tentukan type balok yang akan digunakan. Setelah itu gambarkan balok pada garis grid yang telah dibuat sebelumnya dengan cara klik satu kali pada titik ujung awal lokasi balok, dan klik lagi pada ujung akhir lokasi balok.



Draw Line Object

13. Menggambar pelat dengan klik menu *Draw > Draw Area Object* kemudian tentukan type pelat yang akan digunakan. Setelah itu gambarkan plat sesuai gambar perencanaan.

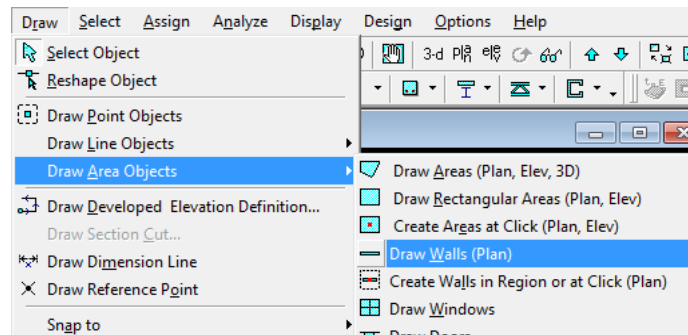


Draw Area Object

ada beberapa cara dalam menggambar pelat:

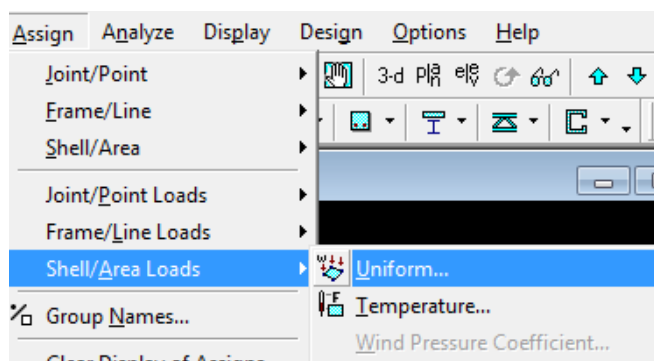
- Draw Area (biasanya digunakan untuk menggambar bentuk pelat yang tidak beraturan bentuknya. Cara penggunaannya klik satu kali pada semua ujung lokasi pelat).
- Draw Rectangular Areas (biasanya digunakan untuk pelat yang berbentuk persegi empat. Cara pemakaiannya yaitu klik pada titik ujung lokasi pelat, kemudian pindahkan mouse dengan tetap ditekan pada titik ujung pelat yang lain dan lepaskan mouse).

- Create Areas at Click (cara penggambarannya tinggal klik pada area lokasi pelat yang akan digambar biasanya disesuaikan dengan grid yang telah dibuat)
14. Menggambar *wall* dengan klik menu *Draw > Draw Area Object > Draw Walls (Plan)* pada *Properties of Object* tentukan type *wall* yang akan digunakan. Setelah itu gambarkan *wall* pada grid yang sudah dibuat sebagai acuan pemodelan.

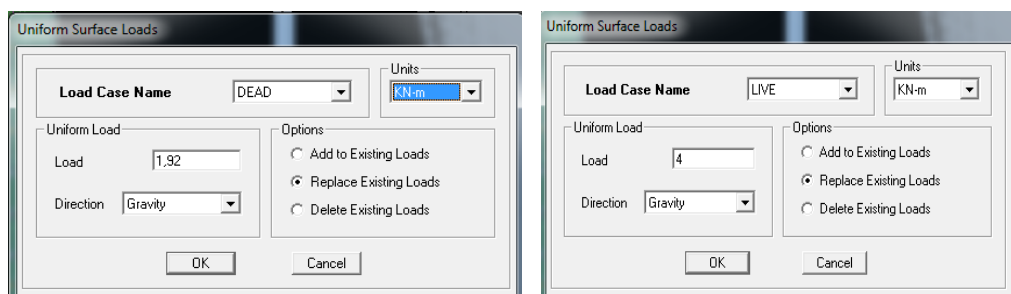


Draw Walls

15. Input beban mati dan beban hidup untuk itu pilih plat yang akan diinput beban kemudian pilih menu *Assign > Shell/ Area loads > Uniform*. Kemudian akan muncul kotak dialog *Uniform Surface Load* Pilih Load Case Name antara Dead/Live disesuaikan dengan jenis beban yang akan dimasukkan. Masukan nilai beban pada kotak *Load* dan perhatikan satuan yang digunakan lalu klik OK untuk mengakhirinya.

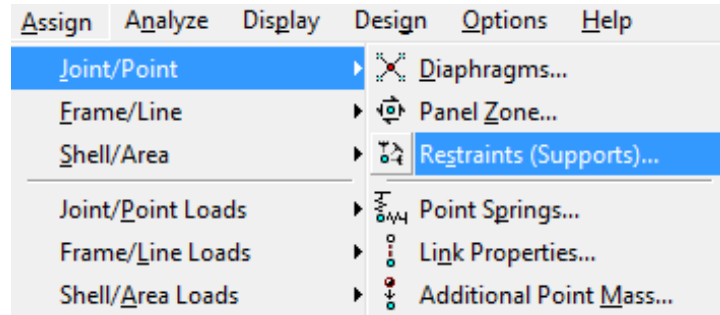


Assign Shell/ Area loads

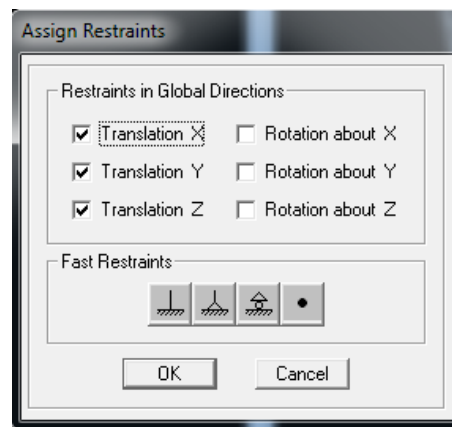


Kotak Dialog Uniform Surface Load

16. Menentukan jenis perletakan pada bagian bawah struktur. *Select* semua titik-titik yang berada pada lantai *base* kemudian pilih menu *Assign > Joint/ Point > Restraints/Support*. Maka akan muncul kotak dialog *Assign Restraints* pilih jenis *support* yang akan digunakan lalu klik *Ok* untuk keluar.

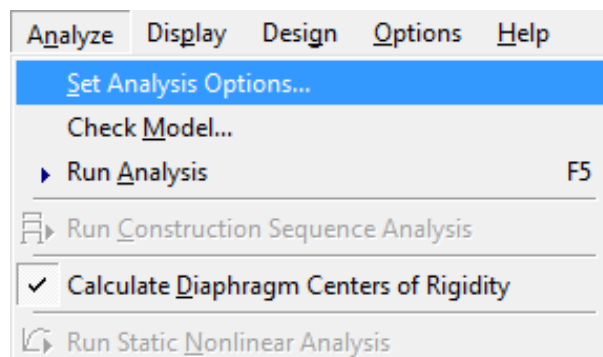


Assign Restraints Support

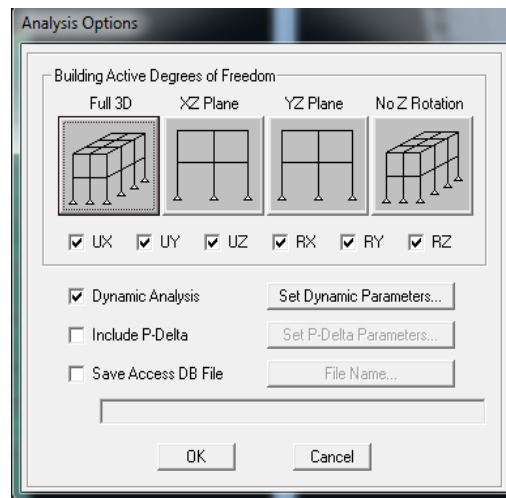


Kotak Dialog *Assign Restraints*

17. Setelah semua pemodelan setiap elemen struktur selesai langkah selanjutnya adalah proses analisis. Namun sebelum melakukannya klik menu *Analyze > Set Analysis Option*.



Setelah itu akan muncul kotak dialog *Analysis Option* pilih *Full 3D* pada *Building Active of Freedom* dan *checklist* pada *Dynamic Analysis* lalu klik *Ok*. Setelah itu klik *Analysis* lalu *Run Analysis*.



kotak dialog *Analysis Option*

Riwayat Hidup



Doni Setiawan lahir di Cirebon pada tanggal 12 Juli 1995, anak kedua dari 2 berdaudara dari pasangan Bapak Casma dan Ibu Umayah. Menyelesaikan studi di SDN 03 Pagi Kelapa Gading Timur selama 6 (2001-2007), SMP Negeri 123 Jakarta selama 3 tahun (2007-2010), dan SMA Negeri 83 Jakarta selama 3 tahun (2010-2013).

Pada tahun 2013, melalui proses seleksi SBMPTN penulis melanjutkan jenjang pendidikan Strata 1 pada Program Studi Pendidikan Teknik Bngunan di Universitas Negeri Jakarta. Pada masa perkuliahan penulis telah mengikuti kegiatan Praktek Keterampilan Mengajar (PKM) pada semester 7 di SMKN 4 Jakarta Utara tahun ajaran 2016/2017. Pada semester yang sama pula penulis juga melaksanakan kegiatan Praktek Kerja Lapanga (PKL) di Proyek Apartemen Bassura City dengan PT. Totalindo Eka Persada sebagai kontraktor utama. Penulis menyelesaikan masa perkuliahan dengan mengambil skripsi struktur yang berjudul “Studi Respon Bangunan Tidak Beraturan dengan Variasi Bukaannya pada Shear Wall terhadap Beban Gempa (Studi Kasus: Bangunan Apartemen Bassura City Tower Jasmine)”.

Email : doni12setiawan@gmail.com