

**KINERJA STRUKTUR DINDING GESER (*CORE WALL*) DENGAN
ADANYA BUKAAN (*OPENING*) TERHADAP BEBAN GEMPA**

TUGAS AKHIR

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar Sarjana
Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Islam Riau
Pekanbaru*



Oleh

ANGGI GUNAWAN

133110538

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU
2018**

HALAMAN PERSETUJUAN

TUGAS AKHIR

**KINERJA STRUKTUR DINDING GESER (*COREWALL*) DENGAN
ADANYA BUKAAN (*OPENING*) TERHADAP BEBAN GEMPA**

**DISUSUN OLEH
ANGGI GUNAWAN
NPM. 133110538**

Diperiksa dan Disetujui oleh :

**Sri Hartati Dewi, ST., MT
Pembimbing I**

.....
Tanggal :

**Augusta Adha, ST., MT
Pembimbing II**

.....
Tanggal :

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**KINERJA STRUKTUR DINDING GESER (*COREWALL*) DENGAN
ADANYA BUKAAN (*OPENING*) TERHADAP BEBAN GEMPA**

DISUSUN OLEH :

ANGGI GUNAWAN
NPM. 133110538

**Telah Disetujui Didepan Dewan Penguji Tanggal 06 Februari 2019 Dan
Dinyatakan Telah Memenuhi Syarat Untuk Diterima**

SUSUNAN DEWAN PENGUJI

Sri Hartati Dewi, ST., MT
Dosen Pembimbing I

Augusta Adha, ST., MT
Dosen Pembimbing II

Harmiyati, ST., M.Si
Dosen Penguji

Dr. Elizar, ST., MT
Dosen Penguji

Pekanbaru, Maret 2019
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
FAKULTAS TEKNIK

Ir. H. Abd Kudus Zaini, MT., MS., TR
Dekan

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan :

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapat gelar akademik (Sarjana), baik di Universitas Islam Riau maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dosen pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Dalam penelitian ini digunakan program software ETABS versi 16.2.0 untuk membantu perhitungan, penggunaan ini hanya sebagai pendukung pendidikan, apabila ada penyelewengan selain untuk pendidikan, maka merupakan tanggung jawab saya sendiri tanpa melibatkan dosen pembimbing, dosen penguji, dan juga Universitas Islam Riau.
5. Pernyataan ini Saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku diperguruan tinggi.

Pekanbaru, Maret 2019

Yang Menyatakan



ANGGI GUNAWAN

Penulis

KATA PENGANTAR



Alhamdulillahil'alamina, puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan Hidayah-Nya berupa akal, pikiran serta kesehatan jasmani dan rohani kepada penulis sehingga tetap bersemangat untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini sesuai dengan harapan. Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada Nabi besar Muhammad SAW, berkat perjuangan beliau kita bisa menikmati manisnya ilmu pengetahuan hingga saat ini.

Melalui proses yang panjang akhirnya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“Kinerja Struktur Dinding Geser (*Core wall*) Dengan Adanya Bukaan (*Opening*) Terhadap Beban Gempa”** yang disusun sebagai persyaratan mengikuti kurikulum akademis pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Islam Riau sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Isi dari penelitian ini adalah pengaruh dari struktur dinding geser (*core wall*) akibat adanya bukaan dalam menahan beban gempa pada bangunan tidak beraturan dan efek torsi yang terdapat pada bangunan berdasarkan SNI 1726-2012.

Mengingat keterbatasan akan kemampuan yang penulis miliki, penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna dan tidak luput dari kesalahan. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis menerima kritik dan saran yang bersifat membangun dari para pembaca demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Akhir kata semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan untuk dunia pendidikan pada umumnya.

Pekanbaru, Desember 2018

Penulis

ANGGI GUNAWAN

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah rabbil'alamin, puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini dengan judul "**Kinerja Struktur Dinding Geser (*Core wall*) Dengan Adanya Bukaannya (*Opening*) Terhadap Beban Gempa**". Penulisan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Riau. Penulis menyadari bahwa penelitian ini tidak akan terwujud tanpa adanya bantuan, dorongan dan motivasi dari berbagai pihak, oleh karena itu dalam penulisan Tugas Akhir ini tidak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. H. Syafrinaldi SH., MCL. selaku Rektor Universitas Islam Riau.
2. Bapak Ir. H. Abdul Kudus Zaini, MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
3. Ibu Dr. Kurnia Hastuti, ST., MT. selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
4. Bapak M. Ariyon, ST., MT. selaku Wakil Dekan II Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
5. Bapak Ir. Syawaldi, M.Sc. selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
6. Ibu Dr. Elizar, ST., MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Riau dan sekaligus sebagai Penguji Tugas Akhir.
7. Bapak Firman Syarif, ST., M.Eng. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
8. Ibu Sri Hartati Dewi, ST., MT. selaku Dosen Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Riau dan sekaligus Pembimbing Tugas Akhir.

9. Bapak Augusta Adha, ST., MT. selaku Dosen Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Riau dan sekaligus Pembimbing Tugas Akhir.
10. Ibu Harmiyati, ST., M.Si. selaku Dosen Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Riau dan sekaligus Penguji Tugas Akhir.
11. Ibu Roza Mildawati, ST., MT. selaku dosen Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Riau dan sekaligus Penguji Tugas Akhir.
12. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Riau .
13. Bapak dan Ibu Dosen, staff Tata Usaha serta karyawan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
14. Untuk kedua orang tua tercinta Papa Guntur Rizal dan Mama Tutrianti yang tidak henti-hentinya mendo'akan dan senantiasa memberikan motivasi dan dukungan.
15. Untuk adik-adik tercinta, Teddy, Dani, Farel dan Assyifa yang telah memberikan dukungan motivasi serta semangat.
16. Untuk para rekan dan sahabatku, senior dan junior seluruh angkatan Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Riau yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan masukan dan saran sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan

Semoga Allah SWT memberikan limpahan rahmat serta pahala yang berlipat ganda di dunia dan akhirat dikemudian hari. *Amin Ya Rabbal Alamin.*

Pekanbaru, Desember 2018

ANGGI GUNAWAN

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	
HALAMAN PENGESAHAN	
SURAT PERNYATAAN	
KATA PENGANTAR	i
UCAPAN TERIMA KASIH	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR NOTASI	xvii
ABSTRAK	xix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat	3
1.5. Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Umum	5
2.2. Penelitian Terdahulu	5
2.3. Keaslian Penulisan	7
BAB III LANDASAN TEORI	
3.1. Konsep Perencanaan Struktur Bangunan Tahan Gempa ..	8
3.2. Sistem Struktur Bangunan Bertingkat	8
3.3. Perencanaan Umum Struktur Bangunan Gedung	10
3.4. Dinding Geser	13

3.4.1. Klasifikasi Dinding Geser	13
3.4.2. Fungsi Dinding Geser	15
3.4.3. Penempatan Dinding Geser	16
3.4.4. Bukaan Pada Dinding Geser	17
3.5. Prosedur Analisis	18
3.6. Faktor Keutamaan dan Kategori Resiko Struktur Bangunan	19
3.7. Kategori Desain Seismik	22
3.8. Pengaruh Torsi Pada Bangunan	23
3.9. Kinerja Antar Lantai	26
3.10. Metode Respon Spektrum	28
3.11. Sistem Struktur dan Parameter System (R , C_d , dan Ω_0) ...	34
3.12. Pembebanan Struktur	35
3.12.1. Beban Mati	35
3.12.2. Beban Hidup	37
3.13. Arah Pembebanan Beban Gempa	40
3.14. Kombinasi Pembebanan	41
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	
4.1. Jenis Penelitian	43
4.2. Data Penelittian	43
4.3. Spesifikasi Material Struktur	44
4.4. Pembebanan Gedung	44
4.4.1. Pembebanan untuk Beban Mati	44
4.4.2. Pembebanan untuk Beban Hidup	45
4.4.3. Kombinasi Pembebanan	45
4.5. Data Struktur	46
4.6. Tahapan Pelaksanaan Penelitian	49
4.7. Cara Analisa Data	51
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	
5.1. Umum	54

5.2. Karakteristik Dinamik Struktur	54
5.2.1. Gedung Tanpa Dinding Geser (<i>Core wall</i>)	54
5.2.2. Gedung Dengan <i>Core wall</i>	56
5.2.3. Partisipasi Massa	60
5.3. Ketidakberaturan Torsi	61
5.3.1. Model Gedung Tanpa Dinding Geser	61
5.3.2. Model Gedung Dengan Dinding Geser (<i>Core wall</i>)	62
5.4. Hasil Simpangan Horizontal Maksimum Pada Gedung Tanpa Dinding Geser dan Dengan Dinding Geser (<i>Core wall</i>)	64
5.5. Kinerja Simpangan Antar Lantai	68
5.5.1. Hasil Simpangan Antar Lantai Untuk Gedung Tanpa Dinding Geser (<i>Core wall</i>)	69
5.5.2. Hasil Simpangan Antar Lantai Untuk Gedung Dengan Dinding Geser (<i>Core wall</i>)	72
5.6. <i>Core wall</i> dengan Bukaannya	76
5.6.1. Pemodelan Struktur <i>Core wall</i> dengan Bukaannya	76
5.6.2. Ketidakberaturan Torsi pada Gedung Dengan <i>Core wall</i> Akibat Bukaannya	81
5.6.3. Hasil Simpangan Horizontal Maksimum Akibat Bukaannya Pada Dinding Geser (<i>Core wall</i>)	84
5.6.4. Kinerja Simpangan Antar Lantai Akibat Bukaannya Pada <i>Core wall</i>	91

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan	97
6.2. Saran	99

DAFTAR PUSTAKA	100
----------------------	-----

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1.	Ketidakberaturan Horisontal pada Struktur	11
Tabel 3.2.	Ketidakteraturan Vertikal pada Struktur	11
Tabel 3.3.	Prosedur Analisis yang Boleh Digunakan	18
Tabel 3.4.	Kategori Resiko Bangunan Gedung dan non Gedung untuk Beban Gempa	19
Tabel 3.5.	Faktor Keutamaan Gempa (I_e)	22
Tabel 3.6.	Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode Pendek	23
Tabel 3.7.	Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode 1 Detik	23
Tabel 3.8.	Batasan Simpangan Antar Lantai (Δ_a)	28
Tabel 3.9.	Klasifikasi Situs	30
Tabel 3.10.	Koefisien Situs, F_a	32
Tabel 3.11.	Koefisien Situs, F_v	32
Tabel 3.12.	Faktor R, C_d , dan Ω_0 untuk Sistem Penahan Gaya Gempa	34
Tabel 3.13.	Berat Sendiri Bahan Bangunan dan Komponen Gedung ...	36
Tabel 3.14.	Beban hidup terdistribusi merata minimum, L_o dan beban hidup terpusat minimum (berdasarkan SNI 1727-2013)	39
Tabel 4.1.	Daftar Beban Mati	45
Tabel 4.2.	Dimensi Elemen Struktur Gedung	46
Tabel 5.1.	Karakteristik Dinamik Struktur Tanpa Dinding Geser	55
Tabel 5.2.	Karakteristik Dinamik Struktur dengan <i>Core wall</i> Model 3	59
Tabel 5.3.	Partisipasi Massa Gedung dengan <i>Core wall</i> Model 3	60
Tabel 5.4.	Ketidakteraturan Torsi Arah X	61
Tabel 5.5.	Ketidakteraturan Torsi Arah Y	62
Tabel 5.6.	Ketidakteraturan Torsi Arah X	62
Tabel 5.7.	Ketidakteraturan Torsi Arah Y	63
Tabel 5.8.	Simpangan Horisontal Maksimum Arah X	64
Tabel 5.9.	Simpangan Horisontal Maksimum Arah Y	66

Tabel 5.10.	Perbandingan Nilai Simpangan pada Gedung Tanpa <i>Core wall</i> dan Gedung Dengan <i>Core wall</i>	68
Tabel 5.11.	Simpangan Antar Lantai Arah X	69
Tabel 5.12.	Simpangan Antar Lantai Arah Y	71
Tabel 5.13.	Simpangan Antar Lantai Arah X	73
Tabel 5.14.	Simpangan Antar Lantai Arah Y	74
Tabel 5.15.	Ketidakteraturan Torsi Arah X	82
Tabel 5.16.	Ketidakteraturan Torsi Arah Y	83
Tabel 5.17.	Simpangan Horisontal Maksimum Arah X	85
Tabel 5.18.	Simpangan Horisontal Maksimum Arah Y	87
Tabel 5.19.	Perubahan Nilai Simpangan Akibat Bukaannya Pada <i>Core wall</i> Arah X	89
Tabel 5.20.	Perubahan Nilai Simpangan Akibat Bukaannya Pada <i>Core wall</i> Arah X	90
Tabel 5.21.	Simpangan Antar lantai Akibat Bukaannya Pada <i>Core wall</i> Arah X	92
Tabel 5.22.	Simpangan Antar lantai Akibat Bukaannya Pada <i>Core wall</i> Arah Y	94
Tabel A.1.	Partisipasi Massa Gedung Tanpa Dinding Geser (<i>Core wall</i>)	A-21
Tabel A.2.	Partisipasi Massa Gedung Tanpa Dinding Geser (<i>Core wall</i>) Model 1	A-22
Tabel A.3.	Partisipasi Massa Gedung Tanpa Dinding Geser (<i>Core wall</i>) Model 2	A-23
Tabel A.4.	Partisipasi Massa Gedung Tanpa Dinding Geser (<i>Core wall</i>) Model 3	A-24
Tabel A.5.	Spektral Percepatan	A-28
Tabel A.6.	Simpangan Antar Lantai Gedung Tanpa Dinding Geser (<i>Core wall</i>) arah X	A-33
Tabel A.7.	Simpangan Antar Lantai Gedung Tanpa Dinding Geser (<i>Core wall</i>) arah Y	A-33

Tabel A.8.	Simpangan Antar Lantai Gedung Dengan Dinding Geser (<i>Core wall</i>) Model 1 arah X	A-35
Tabel A.9.	Simpangan Antar Lantai Gedung Dengan Dinding Geser (<i>Core wall</i>) Model 1 arah Y	A-35
Tabel A.10.	Simpangan Antar Lantai Gedung Dengan Dinding Geser (<i>Core wall</i>) Model 2 arah X	A-37
Tabel A.11.	Simpangan Antar Lantai Gedung Dengan Dinding Geser (<i>Core wall</i>) Model 2 arah Y	A-37
Tabel A.12.	Simpangan Antar Lantai Gedung Dengan Dinding Geser (<i>Core wall</i>) Model 3 arah X	A-39
Tabel A.13.	Simpangan Antar Lantai Gedung Dengan Dinding Geser (<i>Core wall</i>) Model 3 arah Y	A-39
Tabel A.14.	Ketidakberaturan Torsi Arah X Model 1	A-41
Tabel A.15.	Ketidakberaturan Torsi Arah Y Model 1	A-41
Tabel A.16.	Ketidakberaturan Torsi Arah X Model 2	A-42
Tabel A.17.	Ketidakberaturan Torsi Arah Y Model 2	A-42
Tabel A.18.	Ketidakberaturan Torsi Arah X Model 3	A-43
Tabel A.19.	Ketidakberaturan Torsi Arah Y Model 3	A-43
Tabel A.20.	Ketidakberaturan Torsi Arah X Model 4	A-44
Tabel A.21.	Ketidakberaturan Torsi Arah Y Model 4	A-44
Tabel A.22.	Ketidakberaturan Torsi Arah X Model 5	A-45
Tabel A.23.	Ketidakberaturan Torsi Arah Y Model 5	A-45
Tabel A.24.	Ketidakberaturan Torsi Arah X Model 6	A-46
Tabel A.25.	Ketidakberaturan Torsi Arah Y Model 6	A-46
Tabel A.26.	Ketidakberaturan Torsi Arah X Model 7	A-47
Tabel A.27.	Ketidakberaturan Torsi Arah Y Model 7	A-47
Tabel A.28.	Ketidakberaturan Torsi Arah X Model 8	A-48
Tabel A.29.	Ketidakberaturan Torsi Arah Y Model 8	A-48
Tabel A.30.	Ketidakberaturan Torsi Arah X Model 9	A-49
Tabel A.31.	Ketidakberaturan Torsi Arah Y Model 9	A-49
Tabel A.32.	Ketidakberaturan Torsi Arah X Model 10	A-50

Tabel A.33.	Ketidakteraturan Torsi Arah Y Model 10	A-50
Tabel A.34.	Ketidakteraturan Torsi Arah X Model 11	A-51
Tabel A.35.	Ketidakteraturan Torsi Arah Y Model 11	A-51
Tabel A.36.	Ketidakteraturan Torsi Arah X Model 12	A-52
Tabel A.37.	Ketidakteraturan Torsi Arah Y Model 12	A-52
Tabel A.38.	Simpangan Horizontal Maksimum Arah X	A-53
Tabel A.39.	Simpangan Horizontal Maksimum Arah Y	A-54
Tabel A.40.	Simpangan Antar Lantai Akibat Bukaannya Pada <i>Core wall</i> Arah X	A-56
Tabel A.41.	Simpangan Antar Lantai Akibat Bukaannya Pada <i>Core wall</i> Arah Y	A-57
Tabel A.42.	Perbandingan Nilai Simpangan Gedung tanpa <i>Core wall</i> dan dengan <i>Core wall</i>	A-58
Tabel A.43.	Perubahan Nilai Simpangan Akibat Bukaannya Pada <i>Core</i> <i>wall</i> Arah X	A-60
Tabel A.44.	Perubahan Nilai Simpangan Akibat Bukaannya Pada <i>Core</i> <i>wall</i> Arah Y	A-61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Dinding Geser Berdasarkan Banyaknya Dinding	14
Gambar 3.2	Dinding Geser Berdasarkan Letak dan Fungsinya	14
Gambar 3.3	Dinding Geser Berdasarkan Geometri	15
Gambar 3.4	Susunan Geometri Dinding Geser	16
Gambar 3.5	Bukaan Pada Dinding Geser	17
Gambar 3.6	Skema Ketidakberaturan Torsi	25
Gambar 3.7	Penentuan Simpangan Antar Lantai	27
Gambar 3.8	SS Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko- tertarget (MCER)	29
Gambar 3.9	S1 Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko- tertarget (MCER)	30
Gambar 3.10	Spektrum Respons Desain	34
Gambar 3.11	Arah Pembebanan Gempa	41
Gambar 4.1	Denah Struktur Gedung Lt.1 – Lt.5	47
Gambar 4.2	Denah Struktur Gedung Lt.6 – Lt.10 (Atap)	48
Gambar 4.3	Tampak Depan Bangunan	48
Gambar 4.4	Model Struktur Bangunan 3 Dimensi	49
Gambar 4.5	Bagan Alir Tahapan Pelaksanaan Penelitian	51
Gambar 4.6	Bagan Alir Tahapan Analisa Data	53
Gambar 5.1	Struktur Gedung Tanpa Dinding Geser	54
Gambar 5.2	Denah Gedung Dengan <i>Core wall</i> Model 1	57
Gambar 5.3	Denah Gedung Dengan <i>Core wall</i> Model 2	57
Gambar 5.4	Denah Gedung Dengan <i>Core wall</i> Model 3	58
Gambar 5.5	Grafik Simpangan Horisontal Maksimum Arah X	65
Gambar 5.6	Grafik Simpangan Horisontal Maksimum Arah Y	67
Gambar 5.7	Grafik Simpangan Antar Lantai Tanpa Dinding Geser Arah X	70
Gambar 5.8	Grafik Simpangan Antar Lantai Tanpa Dinding Geser Arah Y	72

Gambar 5.9	Grafik Simpangan Antar Lantai Dengan <i>Core wall</i> Arah X	74
Gambar 5.10	Grafik Simpangan Antar Lantai Dengan <i>Core wall</i> Arah Y	76
Gambar 5.11	Bukaan Pada <i>Core wall</i> Model 1	77
Gambar 5.12	Bukaan Pada <i>Core wall</i> Model 2	77
Gambar 5.13	Bukaan Pada <i>Core wall</i> Model 3	78
Gambar 5.14	Bukaan Pada <i>Core wall</i> Model 4	78
Gambar 5.15	Bukaan Pada <i>Core wall</i> Model 5	78
Gambar 5.16	Bukaan Pada <i>Core wall</i> Model 6	79
Gambar 5.17	Bukaan Pada <i>Core wall</i> Model 7	79
Gambar 5.18	Bukaan Pada <i>Core wall</i> Model 8	79
Gambar 5.19	Bukaan Pada <i>Core wall</i> Model 9	80
Gambar 5.20	Bukaan Pada <i>Core wall</i> Model 10	80
Gambar 5.21	Bukaan Pada <i>Core wall</i> Model 11	80
Gambar 5.22	Bukaan Pada <i>Core wall</i> Model 12	81
Gambar 5.23	Grafik Simpangan Horisontal Maksimum Arah X Pada Lantai 10	86
Gambar 5.24	Grafik Simpangan Horisontal Maksimum Arah Y Pada Lantai 10	88
Gambar 5.25	Grafik Simpangan Antar Lantai Akibat Bukaan Pada <i>Core Wall</i> arah X	93
Gambar 5.26	Grafik Simpangan Antar Lantai Akibat Bukaan Pada <i>Core Wall</i> arah Y	95
Gambar A.1	Pemodelan Struktur Gedung	A-1
Gambar A.2	<i>Grid System</i> Data.....	A-2
Gambar A.3	Tampilan <i>Grid</i>	A-2
Gambar A.4	<i>Define Material</i>	A-3
Gambar A.5	<i>Material Property</i> Data	A-3
Gambar A.6	<i>Frame Properties</i>	A-4
Gambar A.7	<i>Slab Properties</i>	A-4
Gambar A.8	<i>Wall Properties</i>	A-5
Gambar A.9	<i>Stiffness Modification Factor</i> Balok	A-5

Gambar A.10	<i>Stiffness Modification Factor</i> Kolom.....	A-6
Gambar A.11	<i>Stiffness Modification Factor</i> Plat Lantai	A-6
Gambar A.12	Pemodelan Perletakan Struktur	A-7
Gambar A.13	<i>Pier Labels</i>	A-7
Gambar A.14	<i>Diaphragm</i>	A-8
Gambar A.15	<i>End Length Offset</i>	A-8
Gambar A.16	<i>Mesh Option</i> untuk Plat.....	A-9
Gambar A.17	<i>Mesh Option</i> untuk Dinding.....	A-9
Gambar A.18	Jenis Beban yang Bekerja pada Struktur Gedung.....	A-10
Gambar A.19	Distribusi Beban Mati pada Lantai 1-9	A-12
Gambar A.20	Distribusi Beban Mati pada Lantai Atap	A-12
Gambar A.21	Distribusi Beban Hidup pada Lantai 1-9	A-13
Gambar A.22	Distribusi Beban Hidup pada Lantai Atap	A-13
Gambar A.23	Distribusi Beban Mati pada Balok (B1 & B4)	A-13
Gambar A.24	Distribusi Beban Mati pada Balok (B2)	A-14
Gambar A.25	Distribusi Beban Mati pada Balok (B3)	A-14
Gambar A.26	<i>Check Model</i>	A-15
Gambar A.27	Waktu Getar Struktur Gedung tanpa <i>Core wall mode 1</i> Dengan $T_1 = 2,888$ detik	A-16
Gambar A.28	Waktu Getar Struktur Gedung Model 1 <i>mode 1</i> dengan $T_1 = 1,348$ detik	A-17
Gambar A.29	Waktu Getar Struktur Gedung Model 1 <i>mode 2</i> dengan $T_2 = 1,335$ detik	A-18
Gambar A.30	Waktu Getar Struktur Gedung Model 2 <i>mode 1</i> dengan $T_1 = 1,339$ detik	A-19
Gambar A.31	Waktu Getar Struktur Gedung Model 2 <i>mode 2</i> dengan $T_2 = 1,319$ detik	A-19
Gambar A.32	Waktu Getar Struktur Gedung Model 3 <i>mode 1</i> dengan $T_1 = 1,343$ detik	A-20
Gambar A.33	Waktu Getar Struktur Gedung Model 3 <i>mode 2</i> dengan $T_2 = 1,332$ detik	A-21

Gambar A.34	Peta Respon Spectra Percepatan 1 detik (S_s) Dibatuan Dasar (SB) Untuk Probabilitas Terlampaui 2% Dalam 50 Tahun (SNI, 2012)	A-25
Gambar A.35	Peta Respon Spectra Percepatan 0,2 detik (S_s) Dibatuan Dasar (SB) Untuk Probabilitas Terlampaui 2% Dalam 50 Tahun (SNI, 2012)	A-25
Gambar A.36	Kurva Respon Spektrum Desain pada Tanah Lunak	A-29
Gambar A.37	Input Respon Spektrum	A-30
Gambar A.38	<i>Load Case Data RSPX</i>	A-31
Gambar A.39	<i>Load Case Data RSPY</i>	A-32



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A. ANALISA DATA

A.1. Langkah-langkah ETABS	A-1
A.1.1. Pemodelan Gedung	A-1
A.1.2. Data Grid	A-2
A.1.3. Material Struktur	A-3
A.1.4. Dimensi Komponen Struktur	A-4
A.1.5. Efektifitas Penampang	A-5
A.1.6. Pemodelan Pondasi	A-6
A.1.7. <i>Shear wall</i> Sebagai <i>Pier</i>	A-7
A.1.8. Lantai Sebagai Diafragma	A-7
A.1.9. Pemodelan <i>End Length Offset</i>	A-8
A.1.10. <i>Mesh Option</i>	A-9
A.2. Pembebanan	A-9
A.3. Analisa Beban yang Diinput ke <i>Software</i> ETABS	A-10
A.3.1. Beban Mati Struktural	A-10
A.3.2. Beban Mati Tambahan	A-10
A.3.3. Beban Hidup	A-11
A.4. Input Beban Mati (<i>Dead Load</i>) dan Beban Hidup (<i>Live Load</i>)	A-12
A.4.1. Input Beban Mati pada Plat Lantai	A-12
A.4.2. Input Beban Hidup pada Plat Lantai	A-12
A.4.3. Input Beban Mati pada Balok	A-13
A.5. Simulasi	A-14
A.6. Karakteristik Dinamik Struktur	A-15
A.6.1. Model Struktur Gedung Tanpa Dinding Geser	A-15
A.6.2. Pemodelan Perletakan <i>Core wall</i> Pada Gedung	A-16
A.6.3. Kontrol Partisipasi Massa	A-21
A.7. Beban Gempa Respon Spektrum	A-24
A.8. Input Respon Spektrum Gempa Rencana	A-29

A.8.1. Menentukan Tipe Analisis Ragam Respon	
Spektrum	A-30
A.9. Kinerja Simpangan Antar Lantai	A-32
A.9.1. Gedung Tanpa Dinding Geser (<i>Core wall</i>)	A-33
A.9.2. Gedung Dengan Dinding Geser (<i>Core wall</i>)	
Model 1	A-35
A.9.3. Gedung Dengan Dinding Geser (<i>Core wall</i>)	
Model 2	A-37
A.9.4. Gedung Dengan Dinding Geser (<i>Core wall</i>)	
Model 3	A-39
A.10. Ketidakteraturan Torsi Pada Gedung Dengan <i>Core wall</i>	
Akibat Bukaan	A-40
A.11. Kinerja Simpangan Antar Lantai Pada Gedung Dengan	
Dinding Geser (<i>Core wall</i>) Akibat Bukaan	A-53
A.12. Perbandingan Nilai Simpangan Pada Gedung tanpa <i>Core</i>	
<i>wall</i> dan dengan <i>Core wall</i>	A-58
A.13. Perbandingan Nilai Simpangan Pada Gedung dengan	
<i>Core wall</i> Akibat Bukaan	A-59

LAMPIRAN B. GAMBAR PELENGKAP

LAMPIRAN C. KELENGKAPAN ADMINISTRASI DAN SURAT-SURAT

DAFTAR NOTASI

\overline{N}_{ok}	: Tahanan penetrasi standar rata-rata tanah non kohesif dalam lapisan 30 m paling atas.
\overline{s}_u	: Kuat geser niralir rata-rata didalam lapisan 30 m paling atas.
\overline{v}_s	: Kecepatan rambat gelombang geser pada regangan geser yang kecil ($< 10^{-3}$ persen).
\overline{N}	: Tahanan Penetrasi Standar.
A_x	: Faktor Amplifikasi Torsi.
C_d	: Faktor Amplifikasi Defleksi.
C_s	: Koefisien Respons Gempa.
CW1 & CW2	: Tipe <i>Core wall</i> .
DL	: Beban Mati.
E	: Pengaruh Beban Seismik.
Eh	: Pengaruh Gaya Gempa Horisontal.
Ev	: Pengaruh Gaya Gempa Vertikal.
EX	: Beban Gempa Arah X.
EY	: Beban Gempa Arah Y.
F1, F2, F3	: Gaya gempa desain tingkat kekuatan.
F_a	: Koefisien situs untuk perioda pendek (pada perioda 0,2detik).
F_v	: Koefisien situs untuk perioda panjang (pada perioda 1 detik).
H	: Tebal Lapisan Tanah (m).
h_n	: Ketinggian struktur.
h_{sx}	: Tinggi Tingkat Dibawah Tingkat x.
I_e	: Faktor Keutamaan Gempa.
LL	: Beban Hidup.
M_t	: Momen torsi yang diakibatkan eksentrisitas antara pusat massa dan pusat kekakuan.
M_{ta}	: Momen Torsi Tak Terduga.
PI	: Indeks Plastisitas Tanah.
R	: Koefisien Modifikasi Respon.

- RZ : *Displacement* yang terjadi secara rotasi terhadap sumbu Z.
- S_1 : Parameter percepatan respons spectral MCE dari peta gempa pada perioda 1 detik, redaman 5 persen.
- S_{D1} : Parameter percepatan respon spectral pada perioda 1 detik, redaman 5 persen.
- S_{DS} : Parameter percepatan respon spectral pada perioda pendek, redaman 5 persen.
- S_{M1} : Parameter percepatan respons spectral MCE pada perioda 1 detik yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs.
- S_{MS} : Parameter percepatan respons spectral MCE pada perioda pendek yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs.
- S_s : Parameter percepatan respons spectral MCE dari peta gempa pada perioda pendek, redaman 5 persen.
- T : Periode getar fundamental struktur.
- T_0 : $0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$
- T_a : Periode fundamental pendekatan.
- T_s : $\frac{S_{D1}}{S_{DS}}$
- UX : *Displacement* yang terjadi secara translasi pada arah sumbu X.
- UY : *Displacement* yang terjadi secara translasi pada arah sumbu Y.
- w : Kadar air tanah (persen).
- Δ : Simpangan antar lantai desain.
- Δ_a : Simpangan antar lantai yang diijinkan.
- δ_{avg} : Perpindahan rata-rata tingkat.
- δ_{max} : Perpindahan maksimum tingkat.
- δ_{xe} : Simpangan pada lokasi yang disyaratkan dan ditentukan sesuai dengan analisis elastis.
- ρ : Faktor redunansi struktur.
- Ω_o : Faktor kuat lebih.

KINERJA STRUKTUR DINDING GESER (*CORE WALL*) DENGAN ADANYA BUKAAN (*OPENING*) TERHADAP BEBAN GEMPA

ANGGI GUNAWAN
133110538

Abstrak

Untuk mengurangi pengaruh defleksi yang berlebihan pada gedung akibat beban lateral, dibutuhkan struktur yang dapat mereduksi pengaruh dari beban gempa yaitu struktur dinding geser. *Core wall* merupakan modifikasi dari struktur dinding geser yang dapat menahan pengaruh beban lateral dan efek torsi dari adanya eksentrisitas serta juga dapat difungsikan sebagai ruang lift. Dalam perencanaan, *core wall* diberi bukaan yang difungsikan sebagai pintu lift. Dengan adanya bukaan dapat memberikan pengaruh terhadap kekakuan yang terjadi pada *core wall*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dinamik struktur pada gedung tidak beraturan, ketidakberaturan torsi dan pengaruh bukaan pada *core wall* dalam menahan beban lateral pada bangunan tidak beraturan.

Gedung yang akan diteliti merupakan gedung tidak beraturan berbentuk L dengan penambahan *core wall*. Gedung difungsikan sebagai rumah sakit yang terletak di kota Padang dengan asumsi kondisi tanah sebagai tanah lunak. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis dinamik respon spektrum berdasarkan SNI 1726-2012. Tahapan awal dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan posisi perletakan *core wall* yang terbaik dalam mereduksi pengaruh beban gempa. Setelah didapat posisi optimal, selanjutnya akan dilakukan investigasi terhadap 12 tipe bukaan pada *core wall* untuk mengetahui kinerja deformasi akibat beban gempa.

Hasil penelitian pada gedung tidak beraturan berdasarkan karakteristik dinamik struktur, gedung tanpa *core wall* mengalami perilaku gerakan rotasi dan setelah ditambahkan *core wall* dengan ukuran 6 m × 6 m dengan ketebalan 350 mm sebanyak 2 buah, gedung mengalami perilaku gerakan translasi. Dari hasil Ketidakberaturan torsi berdasarkan SNI 1726-2012, gedung tanpa *core wall* mengalami ketidakberaturan torsi tipe 1a pada arah Y, gedung dengan *core wall* mengalami ketidakberaturan torsi tipe 1a pada arah Y dan gedung dengan bukaan pada *core wall* mengalami ketidakberaturan torsi tipe 1a pada model 1, model 3, model 4, model, model 11. Setelah didapat posisi optimal dari perletakan *core wall* pada gedung, maka hasil dari kinerja struktur *core wall* akibat bukaan pada gedung berdasarkan dari nilai simpangan antar lantai untuk arah X, seluruh model bukaan memenuhi syarat batasan simpangan ijin sesuai dengan SNI 1726-2012 dan untuk arah Y pada model 11 lantai 7 melebihi nilai simpangan ijin sebesar 0,19% dan struktur gedung masih aman dalam menerima beban gempa.

Kata kunci : Bukaan *Core wall*, Eksentrisitas, Ketidakberaturan Torsi, Respon Spektrum, Rotasi, Translasi.

PERFORMANCE OF SHEAR WALL STRUCTURE (CORE WALL) WITH THE OPENING OF EARTHQUAKE LOADS

ANGGI GUNAWAN
133110538

Abstract

To reduce the effect of excessive deflection on buildings due to lateral loads, a structure that can reduce the effect of earthquake loads is needed, namely the shear wall structure. Core wall is a modification of the shear wall structure that can withstand the influence of lateral loads and the torque effect of the eccentricity and can also be used as a lift space. In planning, the core wall is given an opening that functions as an elevator door. With the presence of openings can influence the stiffness that occurs in the core wall. This study aims to determine the dynamic characteristics of structures in irregular buildings, torsional irregularities and the effect of openings on the core wall in resisting lateral loads in irregular buildings.

The building to be studied is an L-shaped irregular building with the addition of a core wall. The building functioned as a hospital located in the city of Padang assuming the condition of the land as soft soil. The method used in this study is dynamic analysis of spectrum responses based on SNI 1726-2012. The initial stage of this research was to get the best core wall placement position in reducing the effects of earthquake loads. After obtaining the optimal position, further investigation of 12 types of openings will be carried out on the core wall to determine the deformation performance due to the earthquake load.

The results of the study on irregular buildings based on the dynamic characteristics of the structure, the building without the core wall experienced a rotation movement behavior and after adding a $6\text{ m} \times 6\text{ m}$ core wall with 350 mm thickness of 2 pieces, the building experienced translational movement behavior. From the results of torsional irregularities based on SNI 1726-2012, buildings without core walls experience type 1a torsional irregularities in direction Y, buildings with core walls experience type 1a torsional irregularities in Y direction and buildings with openings in the core wall experience type 1a torsional irregularities in model 1, model 3, model 4, model, model 11. After obtaining the optimal position from the placement of core walls in the building, the results of the core wall structure performance due to openings in the building are based on the value of story drift for X direction, all openings models meet the boundary conditions the permit deviation is in accordance with SNI 1726-2012 and for Y direction on model 11 7th floor exceeds the permit deviation value of 0.19% and the building structure is still safe in receiving earthquake loads.

Keywords : Core wall Openings, Eccentricity, Rotation, Spectrum Response, Torsional Irregularity, Translation

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dewasa ini, pembangunan bangunan bertingkat terus mengalami perkembangan sesuai dengan kebutuhan akan fungsi dari sebuah bangunan dengan bentuk bangunan yang bermacam-macam. Mulai dari bentuk bangunan yang beraturan (simetris) sampai dengan bentuk bangunan yang tidak beraturan (asimetris). Dengan bentuk bangunan yang bermacam-macam akan menimbulkan pengaruh yang berbeda-beda akibat dari beban yang bekerja pada bangunan tersebut. Bangunan dengan bentuk tidak beraturan (asimetris) akan memberikan pengaruh gaya puntir (torsion) pada bangunan akibat beban lateral. Torsion dapat menyebabkan *displacement* pada titik ekstrim bangunan dan menimbulkan masalah pada elemen penahan lateral yang berlokasi pada tepi bangunan (Astariani, 2010). Salah satu cara agar dapat memperkuat struktur bangunan bertingkat adalah dengan cara memperbesar dimensi elemen struktur atau dengan menambahkan dinding geser.

Dinding geser (*shear wall*) adalah unsur pengaku vertikal yang dirancang dalam menahan gaya lateral atau gaya gempa yang bekerja pada bangunan (Schueller, 1989). Dengan adanya *shear wall* dapat mengurangi simpangan antar tingkat gedung yang terjadi akibat beban lateral dan dapat menambah kekakuan struktur bangunan bertingkat. Sistem struktur dinding geser terus berkembang menjadi beberapa sistem struktur yang disesuaikan sesuai dengan kebutuhan, letak dan juga fungsinya dalam menahan gaya lateral seperti struktur inti (*core*) yang merupakan modifikasi dari dinding geser.

Core wall merupakan struktur dinding pendukung linear yang cukup sesuai dengan bangunan tinggi yang kebutuhan fungsi dan utilitasnya tetap dan juga berfungsi untuk memenuhi kekakuan lateral yang diperlukan oleh struktur bangunan. Dalam pengaplikasiannya, struktur *core wall* biasanya digunakan sebagai struktur ruang lift, *shaft* atau *service duct*. Struktur dinding geser (*core wall*) dapat dibayangkan sebagai penahan lateral yang mirip dengan balok besar

yang terkantilever dari tanah. Oleh karena itu, tegangan geser dan lentur yang bekerja pada dinding geser inti menyerupai balok berpenampang persegi, dengan anggapan bahwa struktur itu mampu menahan gaya-gaya yang bekerja padanya dan tidak akan runtuh (Schueller, 1989). Dalam penggunaannya, struktur dinding geser (*core wall*) dapat dipertimbangkan sebagai suatu bagian dari sistem konstruksi bangunan tinggi yang dapat memikul gaya puntir (torsi), yang dapat terjadi akibat dari adanya eksentrisitas beban atau eksentrisitas struktur. Dalam membuat dinding geser tidak mungkin menggunakan dinding geser tanpa adanya bukaan untuk keperluan seperti pintu, jendela dan penetrasi untuk layanan mekanis (McCormac & Brown, 2014).

Dengan adanya bukaan pada *core wall*, akan memberikan pengaruh terhadap kekakuan dan tegangan yang terjadi pada *core wall*. Bukaan yang disyaratkan pada dinding geser sebesar 5% agar tidak mengurangi kekakuannya. Jika bukaan pada dinding geser kecil, maka pengaruh yang ditimbulkan akan kecil dan sebaliknya jika bukaannya besar maka pengaruh yang ditimbulkan juga akan besar pula (McCormac & Brown, 2014). Berdasarkan latar belakang yang telah di jelaskan, penulis ingin meneliti pengaruh yang ditimbulkan oleh bukaan pada dinding geser (*core wall*) akibat beban gempa yang bekerja pada bangunan tidak beraturan serta ketidakberaturan torsi yang terjadi pada bangunan.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun yang menjadi rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh karakteristik dinamik struktur pada gedung tidak beraturan sebelum dan setelah diberi dinding geser (*core wall*).
2. Apa saja jenis ketidakberaturan torsi yang terjadi pada gedung tidak beraturan berdasarkan SNI 1726-2012.
3. Bagaimana pengaruh kinerja simpangan antar lantai pada gedung dengan dinding geser inti (*core wall*) tanpa bukaan dan dinding geser (*core wall*) dengan bukaan terhadap beban gempa.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui karakteristik dinamik struktur pada gedung tidak beraturan sebelum dan setelah diberi dinding geser (*core wall*).
2. Mengetahui ketidakberaturan torsi yang terjadi pada gedung tidak beraturan berdasarkan SNI 1726-2012.
3. Menganalisis kinerja simpangan antar lantai pada gedung dengan dinding geser inti (*core wall*) dan dinding geser (*core wall*) dengan bukaan terhadap beban lateral.

1.4. Manfaat

Manfaat dari penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Dapat merencanakan pemasangan dinding geser (*core wall*) pada bangunan tidak beraturan terhadap pengaruh beban lateral dan eksentrisitas struktur yang terjadi pada bangunan tersebut.
2. Dari tugas akhir ini dapat memberikan kontribusi kepada perencanaan struktur dalam mempertimbangkan pengaruh bukaan pada dinding geser dalam menerima beban lateral yang diakibatkan oleh gempa bumi.

1.5. Batasan Masalah

Batasan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Bangunan yang dirancang adalah struktur gedung beton bertulang tidak beraturan berbentuk L 10 lantai dengan ketinggian antar lantai 5 m dan pada lantai dasarnya 5,5 m.
2. Ukuran untuk dimensi bangunan penulis asumsikan sendiri dan untuk dimensi elemen struktur seperti kolom, balok, dan plat lantai dihitung berdasarkan pada peraturan SNI 2847-2013 dan SK SNI T-15-1991-03.
3. Bangunan difungsikan sebagai gedung rumah sakit.
4. Perancangan bangunan direncanakan di daerah gempa kuat yaitu di Kota Padang dan kondisi tanah diasumsikan sebagai tanah lunak.

5. Beban hidup pada struktur gedung yang digunakan yaitu beban hidup berdasarkan ruangan pasien sebesar $1,92 \text{ kN/m}^2$, karena jumlah ruangan pasien lebih banyak dibandingkan dengan ruangan lainnya.
6. Tidak meninjau biaya, manajemen proyek dan segi arsitektural.
7. Tidak merencanakan struktur tangga.
8. Tidak merencanakan pondasi berdasarkan SNI 1726-2012.
9. Metode yang digunakan adalah metode analisis dinamik respon spektrum dan akan dibantu dengan program *software* elemen hingga.
10. Penyusunan tugas akhir ini berpedoman pada peraturan-peraturan sebagai berikut:
 - a. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 03-1726-2012).
 - b. Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2013).
 - c. Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur lain (SNI 03-1727-2013).
 - d. Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung (PPPURG, 1987).

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Tinjauan pustaka berisikan tentang penelitian-penelitian terdahulu yang ada hubungannya dengan penelitian yang akan dilakukan untuk memberikan solusi bagi penelitian yang sedang dilakukan dalam permasalahan yang tidak terpecahkan demi mendapatkan hasil penelitian yang memuaskan.

2.2. Penelitian Terdahulu

Tinjauan pustaka memuat uraian sistematis tentang pustaka dan hasil-hasil penelitian yang didapat oleh peneliti terdahulu serta memiliki hubungan yang erat dengan penelitian yang sedang dilakukan yang dapat membantu memberikan solusi untuk memecahkan masalah pada penelitian yang sedang dilakukan.

Swetha K.S (2017) dalam penelitiannya yang berjudul Pengaruh Bukaannya pada Dinding Geser. Penelitian ini dilakukan pada bangunan bertingkat tujuh dengan dinding geser. Analisis yang digunakan adalah analisis dinamik riwayat waktu gempa (*Time History*), dengan bantuan *software* ETABS. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari periode waktu, gaya geser dasar, perpindahan (*displacement*), simpangan antar lantai dan percepatan dinding geser dengan bukaan yang diatur secara vertikal, horisontal, dan zig-zag dengan berbagai persentase bukaan. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa periode waktu, perpindahan, gaya geser dasar, simpangan antar lantai, dan percepatan dinding di sekitar bukaan tergantung pada pengaturan bukaannya. Akhirnya pengaturan zig-zag dari bukaan di dinding geser disarankan untuk diterapkan karena memberikan kinerja yang lebih baik 4% dari pada susunan bukaan yang lainnya. Dan juga dinding geser dengan pengaturan bukaan zig-zag yang memiliki area pembukaan kurang dari 16,67%, memiliki kinerja yang lebih baik dalam hal gaya geser dasar, perpindahan, periode waktu dan simpangan antar lantai dibandingkan bukaan area yang lebih besar dari 16,67% terhadap luasan dinding geser.

Batu (2016), dalam penelitiannya yang berjudul Efisiensi Penggunaan Dinding Geser Untuk Mereduksi Efek Torsi Pada Bangunan yang Tidak Beraturan. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk meninjau pengaruh letak dinding geser pada suatu bangunan dan posisi perletakan dinding geser akan dicoba dengan 8 variasi model struktur yang berbeda beda. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis dinamik respon spektrum didaerah Manado, Sulawesi Utara dengan kondisi tanah sedang. Model struktur yang ditinjau adalah struktur dengan ketidakberaturan horisontal. Dari 8 variasi model yang telah dicoba, model dengan letak atau posisi dinding geser pada pusat massa bangunan merupakan model struktur yang paling baik karena dinding geser ini merupakan jenis dinding geser *core wall* atau dinding geser inti. Dinding geser yang terletak pada pusat massa bangunan menjadi variasi model paling baik karena jenis dinding geser ini dekat dengan wilayah inti bangunan yang menjadi poros putaran bangunan.

Saryudi (2016), dalam penelitiannya dengan judul Pengaruh *Core* terhadap Kinerja Seismik Gedung Bertingkat. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh *core* terhadap kinerja seismik gedung bertingkat. Obyek penelitian yaitu 2 tipe struktur yang berbeda dengan bentuk asimetris. Sistem struktur tipe 1 berupa portal terbuka dan struktur tipe 2 berupa portal terbuka yang dikombinasikan dengan *core*. Salah satu metode analisis untuk mengetahui kinerja suatu bangunan adalah analisis statik nonlinear *pushover*. Hasil penelitian menghasilkan, struktur dari ke-2 tipe memiliki nilai kapasitas maksimum *roof displacement* untuk arah +UX, -UX, +UY dan -UY dengan rasio sebesar 1,67, 1,55, 0,23, dan 0,24 dari struktur tipe 1. Kapasitas maksimum gaya geser dasar untuk struktur tipe 2 mengalami peningkatan untuk keempat arah +UX, -UX, +UY dan -UY dengan rasio 2,0, 1,99, 1,26 dan 1,27. Level kinerja untuk tipe struktur 1 dan 2 adalah *immediate occupancy* menurut peraturan ATC-40.

Irwandi dan Imam P (2004), dalam penelitian yang berjudul “Kinerja struktur non-linier portal dinding geser dengan bukaan terhadap beban gempa kuat”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis perilaku pada dinding geser tanpa adanya bukaan dengan dinding geser dengan bukaan. Analisis dilakukan

dengan permodelan dengan jumlah 16 model struktur rangka beton bertulang dengan dinding geser yang memiliki bukaan dan yang tidak memiliki bukaan (dengan variasi jumlah lantai dan lebar dinding geser). Analisis dilakukan dengan pengaruh beban gempa kuat dan berdasarkan ATC-40 Report. Analisis dimulai dengan analisis statik non-linear (*pushover analysis*) yang menghasilkan formasi sendi plastis dan kurva kapasitas yang digunakan dalam analisis kinerja struktur. Hasil-hasil yang dibandingkan adalah perpindahan atap, daktilitas struktur, urutan dan jumlah sendi plastis yang terbentuk, serta faktor kuat total yang dimiliki oleh struktur. Dari perbandingan yang dilakukan, diperoleh bahwa simpangan atap dari analisis statik non-linear lebih besar dari pada simpangan yang diperoleh dari hasil analisis dinamik non-linear, dengan rasio yang mendekati satu yang berarti bahwa konsep desain kinerja struktur sudah cukup bisa diandalkan untuk perencanaan struktur di bawah pengaruh gempa kuat.

2.3. Keaslian Penulisan

Pada penelitian ini penulis ingin meneliti pengaruh bukaan pada dinding geser inti (*core wall*) terhadap beban gempa. Bangunan yang diteliti merupakan bangunan tidak beraturan dengan bentuk L yang mana elemen struktur bangunan seperti kolom, balok, dan plat lantai penulis rancang sendiri. Pada gedung tersebut akan ditambahkan dinding geser (*core wall*) sebagai struktur yang dapat menahan beban gempa serta pengaruh gaya puntir (torsi). Dinding geser tersebut diberi bukaan yang difungsikan sebagai pintu lift dengan 2 tipe ukuran bukaan yang berbeda. Lokasi penelitian bangunan berada di kota Padang dengan kondisi tanah diasumsikan pada kondisi tanah lunak. Bangunan yang diteliti memiliki ketinggian 50,5 meter dengan jumlah lantai 10 lantai dan bangunan difungsikan sebagai rumah sakit. Metode yang akan digunakan dalam menganalisis struktur bangunan yaitu analisis dinamik respon spektrum.

BAB III LANDASAN TEORI

3.1 Konsep Perencanaan Struktur Bangunan Tahan Gempa

Dalam perencanaan struktur tahan gempa, diperlukan standar dan peraturan perencanaan bangunan untuk menjamin keselamatan penghuni terhadap gempa besar yang mungkin terjadi serta menghindari dan meminimalisir kerusakan struktur bangunan dan korban jiwa terhadap gempa bumi yang sering terjadi (Budiono dan Supriatna, 2011).

Oleh karena itu, struktur bangunan tahan gempa harus memiliki kekuatan, dan stabilitas yang cukup untuk mencegah terjadinya keruntuhan bangunan. Filosofi dan konsep dasar perencanaan bangunan tahan gempa adalah (Budiono dan Supriatna, 2011) :

1. Pada saat terjadi gempa ringan, struktur bangunan dan fungsi bangunan harus dapat tetap berjalan (*serviceable*) sehingga struktur harus kuat dan tidak ada kerusakan baik pada elemen struktural dan elemen nonstruktural bangunan.
2. Pada saat terjadi gempa medium, struktur diperbolehkan mengalami kerusakan pada elemen nonstruktural, tetapi tidak diperbolehkan terjadi kerusakan pada elemen struktural.
3. Pada saat terjadi gempa besar, diperbolehkan terjadi kerusakan pada elemen struktural dan nonstruktural, namun tidak boleh sampai menyebabkan bangunan runtuh sehingga tidak ada korban jiwa atau dapat meminimalkan jumlah korban jiwa.

3.2 Sistem Struktur Bangunan Bertingkat

Hal yang penting pada struktur bangunan tinggi adalah stabilitas dan kemampuannya untuk menahan gaya lateral, baik yang disebabkan oleh angin atau gempa bumi (Juwana, 2005). Untuk itu, dikenal beberapa sistem struktur terutama dalam kaitannya dengan kemampuan suatu struktur dalam menahan beban lateral. Sistem struktur bangunan bertingkat dibagi menjadi dua buah sistem

struktur yaitu sistem vertikal dan sistem horisontal. Sistem vertikal mencakup sistem struktur lateral yang dapat meningkatkan nilai kekakuan dan kekuatan komponen vertikal. Sedangkan sistem horisontal mencakup pengaku-pengaku horisontal atau *horizontal framing* berupa lantai dan sistem *deck framing* yang biasa disebut dengan diafragma horisontal. Dalam SNI 1726-2012 telah ditentukan sistem dan sub-sistem dari struktur bangunan gedung yaitu :

1. Sistem Dinding Penumpu

Sistem struktur yang tidak memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, yang beban gravitasinya dipikul oleh dinding penumpu dan sistem bresing, sedangkan beban lateral akibat gaya gempa dipikul oleh dinding geser atau rangka bresing.

2. Sistem Ganda

Untuk sistem ganda berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.2.5.1, rangka pemikul momen harus mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa desain. Tahanan gaya gempa total harus disediakan oleh kombinasi rangka pemikul momen dan dinding geser atau rangka bresing dengan distribusi yang proporsional terhadap kekakuannya.

3. Sistem Interaksi Dinding Geser dan Rangka

Sistem struktur yang menggunakan kombinasi dinding geser dan sistem rangka beton bertulang biasa.

4. Sistem Kolom Kantilever

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.2.5.2, sistem ini diijinkan untuk digunakan seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 3.12 dan bagiannya. Kuat aksial perlu pada elemen-elemen kolom kantilever individu, dengan meninjau hanya kombinasi beban yang mencakup pengaruh beban gempa saja tidak boleh melebihi 15 persen kuat aksial kolom yang tersedia, termasuk pengaruh faktor kelangsingan.

5. Sistem Rangka Gedung

Sistem struktur dengan rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa bumi dipikul dinding geser ataupun oleh rangka bresing.

6. Sistem Rangka Pemikul Momen

Sistem ini terbagi menjadi 3, yaitu SRPMB (Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa), SRPMM (Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah), dan SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus).

7. Struktur Tipe Bandul Terbalik

Suatu struktur kantilever langsing yang lebih dari 50 persen massa strukturnya terpusat di puncak struktur, dan stabilitas puncak strukturnya ditentukan oleh kekangan rotasi terhadap puncak elemen kantilever.

3.3 Perencanaan Umum Struktur Bangunan Gedung

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.1, Struktur bangunan gedung terdiri dari struktur atas dan struktur bawah. Struktur atas adalah bagian dari struktur bangunan gedung yang berada diatas muka tanah. Struktur bawah adalah bagian dari struktur bangunan gedung yang terletak dibawah muka tanah yang terdiri dari besmen dan/atau pondasi.

Dalam melakukan analisis pada bangunan gedung dapat dilakukan tanpa adanya analisis interaksi antara tanah dan struktur. Dalam pasal 7.1.5 SNI 1726-2012 menjelaskan bahwa apabila tidak dilakukan analisis interaksi tanah-struktur, struktur atas dan struktur bawah dari suatu struktur gedung dapat dianalisis terhadap pengaruh gempa rencana secara terpisah, dimana struktur atas dapat dianggap terjepit lateral pada besmen. Selanjutnya struktur bawah dapat dianggap sebagai struktur tersendiri yang berada didalam tanah yang dibebani oleh kombinasi beban-beban gempa yang berasal dari struktur atas.

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.3.2, struktur bangunan gedung harus diklasifikasikan sebagai gedung beraturan dan tidak beraturan. Klasifikasi tersebut harus didasarkan pada konfigurasi horisontal dan vertikal dari struktur bangunan gedung. “Pada struktur bangunan tidak beraturan, pengaruh gempa rencana harus ditinjau sebagai pengaruh pembebanan gempa dinamik, sehingga analisisnya harus dilakukan berdasarkan analisis respons dinamik”, (SNI 1726-2002). Konfigurasi tipe gedung dengan ketidakberaturan horisontal dan vertikal dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2.

Tabel 3.1 Ketidakberaturan Horisontal pada Struktur

Tipe	Penjelasan Ketidakberaturan
1a.	Ketidakberaturan torsi didefinisikan ada jika simpangan antar lantai tingkat maksimum, torsi yang dihitung termasuk tak terduga, di sebuah ujung struktur melintang terhadap sumbu lebih dari 1,2 kali simpangan antar lantai tingkat rata-rata di kedua ujung struktur. Persyaratan ketidakberaturan torsi dalam pasal referensi berlaku hanya untuk struktur dimana diafragmanya kaku atau setengah kaku.
1b.	Ketidakberaturan torsi berlebihan didefinisikan ada jika simpangan antar lantai tingkat maksimum, torsi yang dihitung termasuk tak terduga, di sebuah 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 dimana diafragmanya kaku atau setengah kaku.
2.	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.
3.	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.
4.	Ketidakberaturan pergeseran melintang terhadap bidang didefinisikan ada jika terdapat diskontinuitas dalam lintasan tahanan gaya lateral, seperti pergeseran melintang terhadap bidang elemen vertikal.
5.	Ketidakberaturan sistem nonparalel didefinisikan ada jika elemen penahan gaya lateral vertikal tidak paralel atau simetris terhadap sumbu-sumbu orthogonal utama sistem penahan gaya gempa.

Sumber : SNI 1726-2012

Tabel 3.2 Ketidakberaturan Vertikal pada Struktur

Tipe	Penjelasan Ketidakberaturan
A	B
1a.	Ketidakberaturan tingkat lunak didefinisikan ada jika terdapat suatu tingkat di mana kekakuan lateralnya kurang dari 70 persen kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 80 persen kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya.

Tabel 3.2 Lanjutan

A	B
1b.	Ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak berlebihan didefenisikan ada jika terdapat suatu tingkat di mana kekakuan lateralnya kurang dari 60 persen kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 70 persen kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya.
2.	Ketidakberaturan berat (massa) didefenisikan jika massa efektif semua tingkat lebih dari 150 persen massa efektif tingkat di dekatnya. Atap yang lenih ringan dari lantai di bawahnya tidak perlu ditinjau.
3.	Ketidakberaturan geometri vertikal didefenisikan ada jika dimensi horisontal sistem penahan gaya gempa di semua tingkat lebih dari 130 persen dimensi horisontal sistem penahan gaya gempa tingkat di dekatnya.
4.	Diskontinuitas arah bidang dalam ketidakberaturan elemen penahan gaya lateral vertikal didefenisikan 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.
5a.	Diskontinuitas dalam ketidakberaturan kuat lateral tingkat didefenisikan 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.
5b.	Diskontinuitas dalam ketidakberaturan kuat lateral tingkat yang berlebihan didefenisikan ada jika kuat lateral tingkat kurang dari 65 persen kuat lateral tingkat di atasnya. Kuat tingkat adalah kuat total semua elemen panahan seismik yang berbagi geser tingkat untuk arah yang ditinjau.

Sumber : SNI 1726-2012

Berdasarkan SNI 1726-2002 pasal 7.1.1, untuk struktur bangunan gedung tidak beraturan, pengaruh gempa rencana terhadap struktur harus ditentukan melalui analisis respon dinamik 3D. Dengan melakukan analisis vibrasi bebas 3D dapat dilihat, bagaimana kecenderungan perilaku struktur terhadap gempa. Apabila gerak ragam pertama sudah dominan dalam rotasi, hal ini menunjukkan perilaku yang buruk dan sangat tidak nyaman bagi penghuni ketika terjadi gempa. Untuk mencegah terjadinya respons struktur bangunan gedung terhadap pembebanan gempa dominan dalam rotasi, sistem struktur yang demikian harus

diperbaiki, disusun kembali atau dengan menambahkan struktur yang lebih kaku pada bangunan untuk memperbesar kekakuan rotasi (torsi) sistem secara keseluruhan, sehingga didapat gerak ragam pertama dapat dominan dalam translasi.

3.4 Dinding Geser

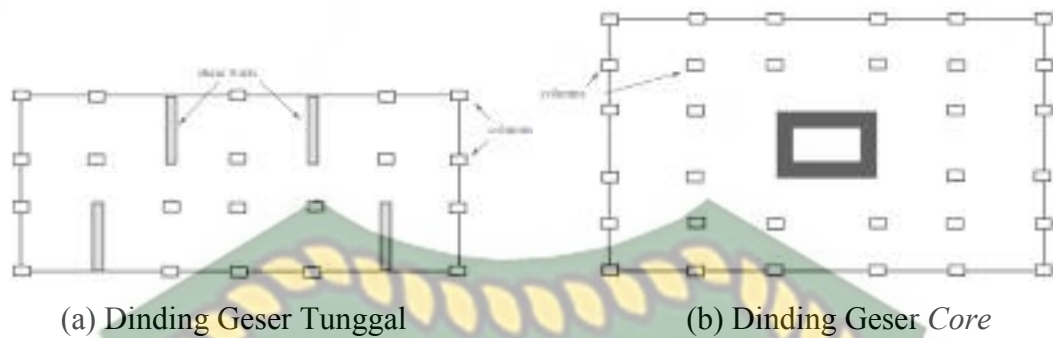
Dinding geser pada dasarnya merupakan balok kantilever vertikal yang tinggi dan dapat memberikan stabilitas lateral kepada struktur dengan menahan geser dan momen tekuk pada bidang datar yang disebabkan gaya-gaya lateral (McCormac & Brown, 2014). Dinding geser yang efektif adalah dinding yang bersifat kaku dan kuat. Bangunan tinggi pada umumnya menggunakan elemen struktur kaku berupa dinding geser untuk menahan kombinasi gaya geser, momen, dan gaya aksial yang ditimbulkan akibat beban gempa. Dengan adanya dinding geser, sebagian besar beban lateral akan terserap oleh dinding geser.

Dinding geser direncanakan pada bangunan apabila simpangan yang terjadi pada bangunan telah melebihi batas ijin yang telah ditetapkan sesuai dengan SNI 1726-2012. Dalam struktur gedung bertingkat, dinding geser sangat penting selain untuk mencegah kegagalan dinding eksterior, juga mendukung beberapa lantai gedung memastikan bahwa struktur gedung tidak runtuh akibat gerakan lateral akibat gempa bumi. Dinding geser difungsikan untuk dapat menahan gaya lateral yang besar akibat beban gempa agar struktur tidak runtuh akibat gaya lateral, karena apabila dinding geser runtuh akibat gaya lateral maka keseluruhan struktur bangunan akan runtuh karena tidak ada elemen struktur yang mampu menahan gaya lateral. Oleh karena itu, dinding geser harus didesain agar mampu menahan gaya lateral yang mungkin sewaktu-waktu dapat terjadi.

3.4.1 Klasifikasi Dinding Geser

Jenis dinding geser berdasarkan banyaknya dinding dibagi atas :

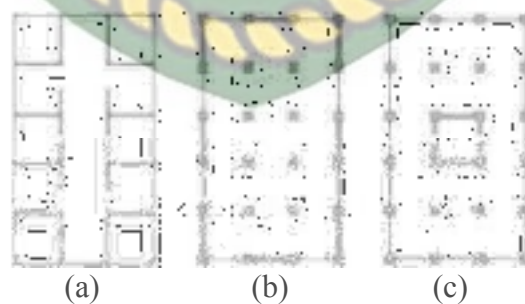
1. Dinding geser sebagai dinding tunggal.
2. Beberapa dinding geser disusun membentuk *core*.



Gambar 3.1 Dinding Geser Berdasarkan Banyaknya Dinding (McCormac & Brown, 2014)

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

1. *Bearing wall* adalah dinding geser yang juga mendukung sebagian besar beban gravitasi. Tembok-tembok ini juga menggunakan dinding partisi antar apartemen yang berdekatan.
2. *Frame wall* adalah dinding geser yang menahan beban lateral, dimana beban gravitasi berasal dar *frame* beton bertulang. Tembok-tembok ini dibangun diantara baris kolom.
3. *Core wall* adalah dinding geser yang terletak di dalam wilayah inti pusat dalam gedung, yang biasanya diisi oleh tangga atau poros lift. Dinding yang terletak dikawasan inti pusat memiliki fungsi ganda dan dianggap menjadi pilihan ekonomis.

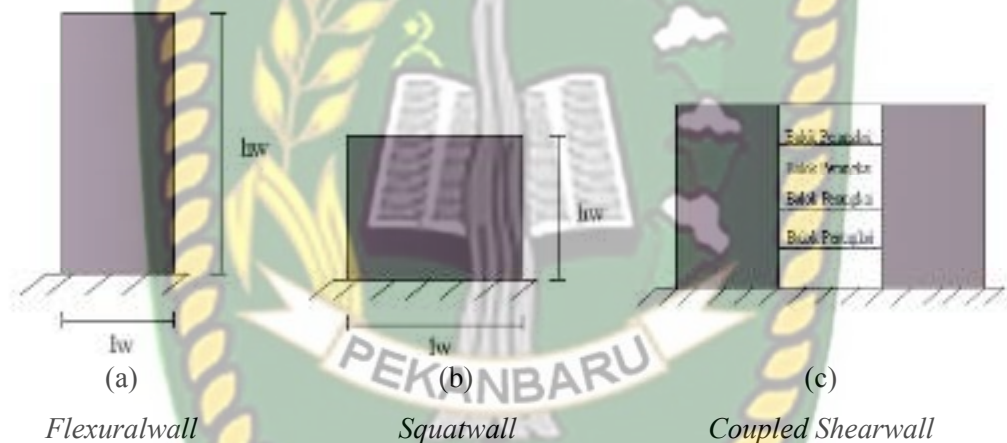


Bearing wall Frame wall Core wall

Gambar 3.2 Dinding Geser Berdasarkan Letak dan Fungsinya (Christiani, 2012)

Dinding geser juga dapat dikategorikan berdasarkan geometrinya (Imran dkk, 2008), yaitu :

1. *Flexuralwall* (dinding langsing), yaitu dinding geser yang memiliki rasio $h_w/l_w \geq 2$, dimana desain dikontrol oleh perilaku lentur.
2. *Squatwall* (dinding pendek), yaitu dinding geser yang memiliki rasio $h_w/l_w \leq 2$, dimana desain dikontrol oleh perilaku geser.
3. *Coupled shearwall* (dinding geser berangkai), dimana momen guling terjadi akibat beban gempa ditahan oleh sepasang dinding, yang dihubungkan oleh balok-balok perangkai sebagai gaya-gaya tarik dan tekan yang bekerja masing-masing dasar pasang dinding tersebut.



Gambar 3.3 Dinding Geser Berdasarkan Geometri (Christiani, 2012)

3.4.2 Fungsi Dinding Geser

Fungsi dinding geser ada dua yaitu kekuatan dan kekakuan, artinya :

1. Kekuatan
 - a. Dinding geser harus memberikan kekuatan lateral yang diperlukan untuk melawan kekuatan gempa horisontal.
 - b. Ketika dinding geser cukup kuat, mereka akan mentransfer gaya horisontal ini ke elemen berikutnya dalam jalur beban di bawah mereka, seperti dinding geser lainnya, lantai, pondasi dinding, lembaran atau *footings*.

2. Kekakuan

- a. Dinding geser juga memberikan kekakuan lateral untuk mencegah atap atau lantai di atas dari sisi goyangan yang berlebihan.
- b. Ketika dinding geser cukup kaku, mereka akan mencegah membingkai lantai dan atap anggota dari bergerak dari mendukung mereka.
- c. Juga, bangunan yang cukup kaku biasanya akan menderita kerusakan kurang nonstruktural.

3.4.3 Penempatan Dinding Geser

Dinding geser biasanya ditempatkan diluar, didalam ataupun berupa inti yang memuat ruang lift atau tangga. Perencanaan dinding geser yang baik tidak terlepas dari bentuk dinding geser, lokasi penempatannya pada denah serta bentuk ragam keruntuhannya. Berikut ini susunan geometris dan bentuk-bentuk dasar yang umum pada dinding geser.



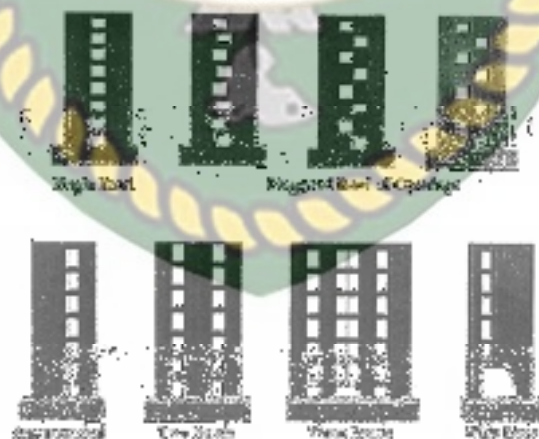
Gambar 3.4 Susunan Geometri Dinding Geser (Schueller, 1989)

Pada dasarnya dinding geser dibagi menjadi sistem terbuka dan sistem tertutup. Sistem terbuka terdiri dari unsur linear tunggal atau gabungan unsur

yang tidak lengkap melingkupi ruang geometris, seperti bentuk L, X, V, Y, T, H. Sebaliknya sistem tertutup melingkupi ruang geometris seperti bentuk persegi, persegi panjang, bulat dan sebagainya. Dinding geser, baik didalam maupun diluar bangunan dapat disusun secara simetris maupun asimetris. Bentuk dan penempatan dinding geser sendiri mempunyai akibat yang besar terhadap struktur apabila dibebani secara lateral. Inti yang diletakkan secara asimetris terhadap bentuk bangunan memiliki efek torsi selain lentur dan geser langsung (Schueller, 1989). Untuk mengurangi efek torsi, maka dipilihlah denah bangunan yang sederhana dan simetris karena pengaruh torsi yang seringkali sulit untuk diramalkan dan dapat mengakibatkan pengaruh yang fatal.

3.4.4 Bukaan Pada Dinding Geser

Bukaan pada dinding geser dibuat dengan berbagai keperluan seperti pintu, jendela dan berbagai fungsi lainnya pada bangunan. Ada berbagai jenis bentuk bukaan pada dinding geser yang dibuat oleh para arsitek dalam perencanaan dalam membangun bangunan. Namun bukaan yang lebih sering digunakan pada bangunan dengan bentuk regular dengan bukaan yang sama disetiap lantai pada bangunan. Berikut merupakan gambar bukaan pada dinding geser:



Gambar 3.5 Bukaan pada Dinding Geser (Paulay & Priestley, 1992)

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 8.7.2, bukaan pada dinding geser harus dilengkapi dengan tulangan pada tepi bukaan, guna untuk dapat menyalurkan

tegangan kedalam struktur. Tulangan tepi harus menerus ke dalam badan dinding geser dengan jarak yang cukup untuk menyalurkan gaya dalam tulangan.

3.5 Prosedur Analisis

Berdasarkan SNI-1726-2012, prosedur analisis yang boleh digunakan harus berdasarkan kategori desain seismik dan karakteristik struktur seperti yang terlihat pada Tabel 3.3. Prosedur analisis yang digunakan berkaitan erat dengan beberapa parameter berikut ini:

1. Kategori risiko. Menurut SNI 1726-2012 pasal 4.1.2 kategori risiko terbagi atas empat kategori, yaitu kategori I, II, III dan IV, dan dapat dilihat pada Tabel 3.4.
2. Parameter faktor keutamaan gempa berdasarkan pasal 4.1.2 dapat dilihat pada Tabel 3.5.
3. Kategori desain seismik menurut SNI 1726-2012 pasal 6.5, kategori desain seismik berdasarkan parameter respon spektra percepatan desain pada periode pendek (S_{DS}) dan periode 1 detik (S_1), seperti yang terlihat pada Tabel 3.6 dan Tabel 3.7.

Tabel 3.3 Prosedur Analisis yang Boleh Digunakan

No.	Kategori Desain Seismik	Karakteristik Struktur	Analisis lateral ekuivalen	Analisis spektrum respons ragam	Prosedur riwayat respons seismik
A	B	C	D	E	F
1.	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

Tabel 3.3 Lanjutan

A	B	C	D	E	F
2.	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 tidak beraturan dengan $T < 3,5 T_s$ dan mempunyai hanya ketidakberaturan horisontal tipe 2, 3, 4, atau 5 atau ketidakberaturan vertikal tipe 4, 5a, atau 5b.	I	I	I
		Semua struktur lainnya	TI	I	I

Sumber: SNI 1726-2012

Catatan: I = Dijinkan, TI = Tidak Dijinkan

3.6 Faktor Keutamaan dan Kategori Resiko Struktur Bangunan

Berbagai kategori resiko struktur bangunan gedung dan non gedung sesuai dengan Tabel 3.4. Pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan I_e menurut Tabel 3.5, khusus untuk struktur bangunan dengan kategori resiko IV, bila dibutuhkan pintu masuk untuk operasional dari struktur bangunan yang bersebelahan, maka struktur bangunan yang bersebelahan tersebut harus didesain sesuai dengan kategori resiko IV.

Tabel 3.4 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan non Gedung untuk Beban Gempa

No.	Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
A	B	C
1.	Gedung dan non gedung yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk tetapi tidak dibatasi untuk antara lain : a. Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan dan perikanan	I

Tabel 3.4 Lanjutan

A	B	C
1.	<ul style="list-style-type: none"> b. Fasilitas sementara c. Gudang penyimpanan d. Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
2.	<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori resiko I, III, IV termasuk, tapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Perumahan b. Rumah toko dan rumah kantor c. Pasar d. Gedung perkantoran e. Gedung apartemen/rumah susun f. Pusat perbelanjaan/mall g. Bangunan industri h. Fasilitas manufaktur i. Pabrik 	II
3	<p>Gedung dan non gedung yang memiliki resiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk tapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Bioskop b. Gedung pertemuan c. Stadion d. Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit darurat e. Fasilitas penitipan anak f. Penjara g. Bangunan untuk orang jompo <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori resiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massa terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk tapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Pusat pembangkit listrik biasa b. Fasilitas penanganan air c. Fasilitas penanganan limbah d. Pusat telekomunikasi 	III

Tabel 3.4 Lanjutan

A	B	C
3.	Gedung dan non gedung yang tidak termasuk kedalam kategori resiko IV, (termasuk tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak dimana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.	III
4.	<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ol style="list-style-type: none"> a. Bangunan-bangunan monumental. b. Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan. c. Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat. d. Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat. e. Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai dan tempat perlindungan darurat lainnya. f. Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat. g. Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat. h. Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, stuktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran 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 ke dalam kategori risiko IV.</p>	IV

Sumber : SNI 1726-2012

Tabel 3.5 Faktor Keutamaan Gempa (I_e)

No.	Kategori Resiko	Faktor Keutamaan Gempa, I_e
1.	I atau II	1,0
2.	III	1,25
3.	IV	1,50

Sumber : SNI 1726-2012

3.7 Kategori Desain Seismik

Struktur harus ditetapkan memiliki suatu desain seismik yang mengikuti pasal 6.5 SNI 1726-2012. Struktur dengan kategori resiko I, II, atau III yang berlokasi dimana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada perioda 1 detik, S_1 , lebih besar dari atau sama dengan 0,75 harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik E. Struktur yang berkategori IV yang berlokasi dimana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada perioda 1 detik, S_1 , lebih besar dari atau sama dengan 0,75, harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik F. Semua struktur lainnya harus ditetapkan kategori desain seismik-nya berdasarkan kategori resikonya dan parameter respon spektral percepatan desainnya, S_{DS} dan S_{D1} , sesuai dengan persamaan 3.8 dan 3.9. Masing-masing bangunan dan struktur harus ditetapkan kedalam kategori desain seismik yang lebih parah, dengan mengacu pada Tabel 3.6 dan Tabel 3.7, terlepas dari nilai perioda fundamental getaran struktur, T .

Apabila S_1 lebih kecil dari 0,75, kategori desain seismik diijinkan untuk ditentukan sesuai Tabel 3.6, dimana berlaku semua ketentuan di bawah ini :

1. Pada masing – masing dua arah ortogonal, perkiraan perioda fundamental struktur T_a , yang ditentukan sesuai dengan penentuan perioda 1 adalah kurang dari 0,8 T_s , dimana T_s ditentukan sesuai dengan spektrum respons desain.
2. Masing – masing dua arah ortogonal, perioda fundamental struktur yang digunakan untuk menghitung simpangan antar lantai adalah kurang dari T_s .

3. Persamaan 22 dalam SNI 1726-2012 pasal 7.8.1.1 digunakan untuk menentukan koefisien respons seismik, C_s .
4. Diafragma struktural adalah kaku sebagaimana fleksibilitas diafragma atau untuk diafragma yang fleksibel, jarak antara elemen – elemen vertikal penahan gaya tidak melebihi 12 m.

Apabila digunakan alternatif prosedur penyederhanaan desain pada pasal 8, kategori desain seismik diperkenankan untuk ditentukan dari Tabel 3.9 dan 3.10, dengan menggunakan nilai S_{DS} dan S_{D1} yang ditentukan dalam gaya geser dasar seismik.

Tabel 3.6 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode Pendek

No.	Nilai S_{DS}	Kategori Risiko	
		I atau II atau III	IV
1.	$S_{DS} < 0,167$	A	A
2.	$0,167 < S_{DS} < 0,33$	B	C
3.	$0,33 < S_{DS} < 0,50$	C	D
4.	$0,50 < S_{DS}$	D	D

Sumber : SNI 1726-2012

Tabel 3.7 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode 1 Detik

No.	Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
		I atau II atau III	IV
1.	$S_{D1} < 0,167$	A	A
2.	$0,067 < S_{D1} < 0,133$	B	C
3.	$0,133 < S_{D1} < 0,20$	C	D
4.	$0,20 < S_{D1}$	D	D

Sumber : SNI 1726-2012

3.8 Pengaruh Torsi Pada Bangunan

Beban lateral dapat mengakibatkan torsi pada bangunan ketika beban lateral tersebut cenderung memutar bangunan dalam arah vertikal. Torsi merupakan efek momen termasuk puntiran atau putaran yang terjadi pada penampang yang tegak

lurus terhadap sumbu utama dari elemen. Hal ini terjadi ketika pusat beban tidak tepat dengan pusat kekakuan elemen vertikal beban lateral dan sistem ketahanan struktur. Eksentrisitas diantara pusat kekakuan dan pusat massa bangunan dapat menyebabkan gerakan torsi selama terjadinya gempa. Torsi dapat meningkatkan *displacement* pada titik ekstrim bangunan dan menimbulkan masalah pada elemen penahan lateral yang berlokasi pada tepi bangunan (Astariani, 2010).

Torsi yang timbul pada bangunan dapat disebabkan oleh beberapa hal yaitu, bentuk bangunan, efek gangguan bangunan lain dan pengaruh dinamis, namun para perancang sering melalaikan pengaruh tersebut. Torsi tidak dapat dihapuskan tetapi dapat mungkin diperkecil atau paling sedikit merancang untuk dikenali (Astariani, 2010).

Menurut SNI 1726-2012 Pasal 7.8.4.1 dan 7.8.4.2, terdapat dua jenis torsi yang terjadi pada bangunan yang tidak beraturan, yaitu:

1. Torsi bawaan

Untuk diafragma yang tidak fleksibel atau kaku, distribusi gaya lateral di masing-masing tingkat harus memperhitungkan pengaruh momen torsi bawaan M_t , yang dihasilkan dari eksentrisitas antar lokasi pusat massa dan pusat kekakuan. Untuk diafragma fleksibel, distribusi gaya ke elemen vertikal harus memperhitungkan posisi dan distribusi massa yang didukungnya.

2. Torsi tak terduga

Jika diafragma tidak fleksibel, desain harus menyertakan momen torsi bawaan (M_t) yang dihasilkan dari lokasi massa struktur ditambah momen torsi tak tertuga (M_{td}) yang diakibatkan oleh perpindahan pusat massa dari lokasi aktualnya yang diasumsikan pada masing-masing arah dengan jarak sama dengan 5% dimensi struktur tegak lurus terhadap arah gaya yang diterapkan. Jika gaya gempa diterapkan secara serentak dalam dua arah ortogonal, perpindahan pusat massa 5% yang diisyaratkan tidak perlu diterapkan dalam kedua arah ortogonal pada saat bersamaan, tetapi harus ditetapkan dalam arah yang menghasilkan pengaruh lebih besar.

Torsi yang diatur di dalam SNI 1726-2012 termasuk kedalam ketidakberaturan horisontal dan vertikal. Definisi untuk ketidakberaturan horisontal dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan ketidakberaturan vertikal dapat dilihat pada Tabel 3.2. Pada ketidakberaturan horisontal, untuk mengetahui ada tidaknya ketidakberaturan torsi pada suatu struktur dapat ditentukan dengan melihat defleksi maksimum (δ_{\max}) dan defleksi rata-rata (δ_{avg}) pada struktur tersebut seperti pada Gambar 3.6. Berikut ini merupakan tipe dari ketidakberaturan torsi yang ditentukan berdasarkan defleksi maksimum (δ_{\max}) dan defleksi rata-rata (δ_{avg}):

$$1. \delta_{\max} \leq 1,2 \delta_{\text{avg}} \quad : \text{tanpa ketidakberaturan torsi} \quad (3.1)$$

$$2. 1,2 \delta_{\max} \leq \delta_{\max} \leq 1,4 \delta_{\text{avg}} \quad : \text{ketidakberaturan torsi 1a} \quad (3.2)$$

$$3. \delta_{\max} \geq 1,4 \delta_{\text{avg}} \quad : \text{ketidakberaturan torsi 1b} \quad (3.3)$$



Gambar 3.6 Skema Ketidakberaturan Torsi (SNI 1726-2012)

Didalam SNI 1726-2012, terdapat parameter pembesaran momen torsi tak terduga (A_x). Struktur yang dirancang untuk kategori desain seismik C, D, E, atau F, dimana tipe Ia dan Ib ketidakberaturan torsi terjadi seperti didefinisikan pada Tabel 3.1 harus mempunyai pengaruh yang diperhitungkan dengan mengalikan M_{ta} di masing-masing tingkat dengan faktor pembesaran (A_x) seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3.6 dan ditentukan dari persamaan berikut ini.

$$A_x = \left(\frac{\delta_{max}}{1,2 \delta_{avg}} \right)^2 \quad (3.4)$$

dimana :

δ_{max} : perpindahan maksimum di tingkat x (mm) yang dihitung dengan mengamsumsikan $A_x = 1$.

δ_{avg} : rata-rata perpindahan di titik terjauh struktur di tingkat x yang di hitung dengan mengamsumsikan $A_x = 1$.

3.9 Kinerja Antar Lantai

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.8.6, penentuan simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) harus dihitung sebagai perbedaan simpangan 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 dari pusat massa tingkat di atasnya. Berdasarkan SNI 1726-2012, Simpangan antar lantai hanya terdapat satu kinerja, yaitu pada kinerja batas ultimit.

Bagi struktur yang dirancang untuk Kategori Desain Seismik C,D, E atau F yang memiliki ketidakberaturan horisontal Tipe 1a atau 1b, simpangan antar lantai desain (Δ) harus dihitung sebagai selisih terbesar dari defleksi titik-titik di atas dan di bawah tingkat yang diperhatikan yang letaknya segaris secara vertikal, di sepanjang salah satu bagian tepi struktur.

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

$$\delta_x = \frac{C_d \cdot \delta_{xe}}{I_e} \quad (3.5)$$

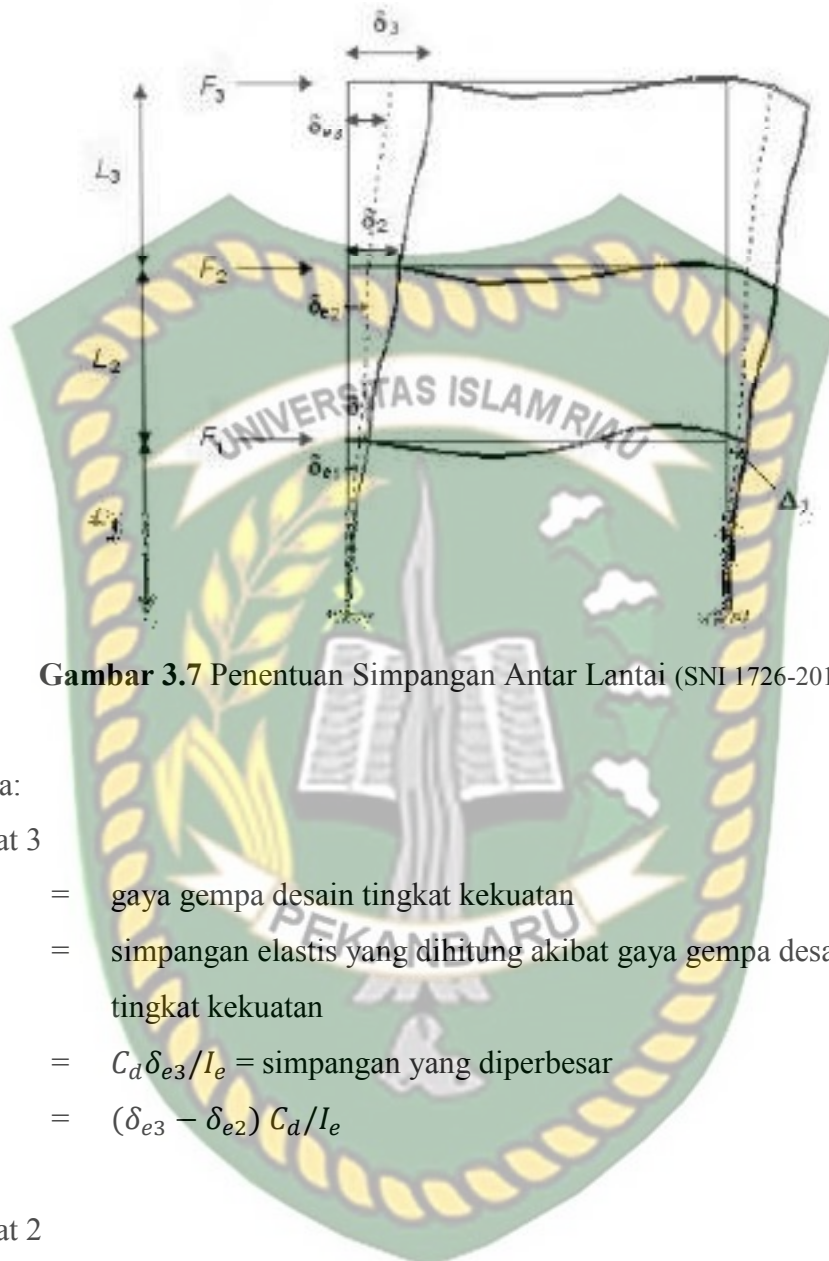
dimana :

C_d = faktor pembesaran simpangan

δ_{xe} = simpangan pada lokasi yang disyaratkan dan ditentukan sesuai dengan analisis elastis.

I_e = merupakan faktor keutamaan gempa.

Penentuan simpangan antar lantai dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Penentuan Simpangan Antar Lantai (SNI 1726-2012)

dimana:

Tingkat 3

F_3 = gaya gempa desain tingkat kekuatan
 δ_{e3} = simpangan elastis yang dihitung akibat gaya gempa desain tingkat kekuatan

$$\delta_3 = C_d \delta_{e3} / I_e = \text{simpangan yang diperbesar} \quad (3.6)$$

$$\Delta_3 = (\delta_{e3} - \delta_{e2}) C_d / I_e \quad (3.7)$$

Tingkat 2

F_2 = gaya gempa desain tingkat kekuatan
 δ_{e2} = simpangan elastis yang dihitung akibat gaya gempa desain tingkat kekuatan

$$\delta_2 = C_d \delta_{e2} / I_e = \text{simpangan yang diperbesar} \quad (3.8)$$

$$\Delta_2 = (\delta_{e2} - \delta_{e1}) C_d / I_e \quad (3.9)$$

Tingkat 1

F_1 = gaya gempa desain tingkat kekuatan

δ_{e1} = simpangan elastis yang dihitung akibat gaya gempa desain tingkat kekuatan

$$\delta_1 = C_d \delta_{e1} / I_e = \text{simpangan yang diperbesar} \quad (3.10)$$

$$\Delta_1 = \delta_1 C_d / I_e \quad (3.11)$$

Simpangan antar lantai desain (Δ) dibatasi agar tidak melebihi dari simpangan antar lantai ijin (Δ_a) yang telah ditentukan berdasarkan ketentuan pada Tabel 3.8. Simpangan antar lantai dibatasi agar struktur gedung tidak mengalami kegagalan struktur dalam menahan beban lateral yang dapat mengakibatkan keruntuhan sebagian atau keseluruhan dari struktur gedung yang dapat berakibat pada adanya korban jiwa serta kerugian material.

Tabel 3.8 Batasan Simpangan Antar Lantai Ijin (Δ_a)

No.	Struktur	Kategori Resiko		
		I dan II	III	IV
1.	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	0,025 h_{sx}	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}
2.	Struktur dinding geser kantilever batu bata	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}
3.	Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}
4.	Semua struktur lainnya	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}	0,010 h_{sx}

Sumber : SNI 03-1726-2012 Dimana (h_{sx} adalah tinggi tingkat dibawah tingkat x)

3.10 Metode Respon Spektrum

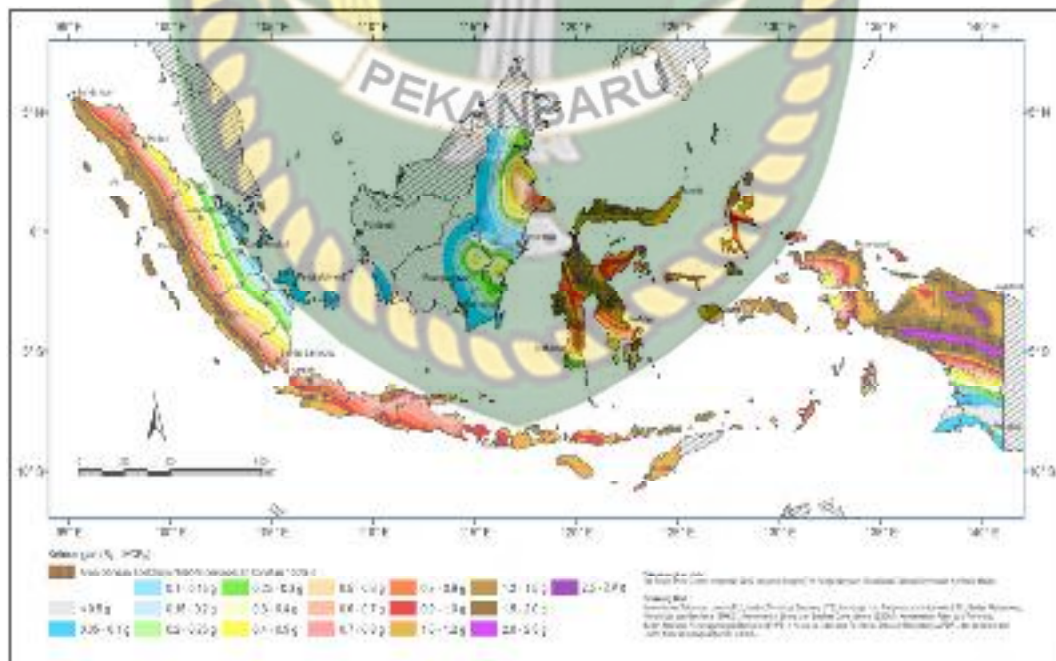
Respon spektrum adalah suatu spektrum yang disajikan dalam bentuk grafik/plot antara periode getar struktur T, lawan respon-respon maksimum berdasarkan rasio redaman dan gempa tertentu. Respon-respon maksimum dapat berupa simpangan maksimum (*spectral displacement, SD*) kecepatan maksimum (*spectral velocity, SV*) atau percepatan maksimum (*spectral acceleration, SA*) massa struktur *single degree of freedom (SDOF)*. Spektrum percepatan akan berhubungan dengan gaya geser maksimum yang bekerja pada dasar struktur.

Terdapat dua macam respons spektrum yang ada yaitu respons spektrum elastik dan respons spektrum inelastik. Spektrum elastik adalah suatu respon spektrum yang didasarkan atas respon elastik suatu struktur, sedangkan spektrum inelastik (juga disebut desain respon spektrum) adalah respon spektrum yang di *scale down* dari spektrum elastik dengan nilai daktilitas tertentu.

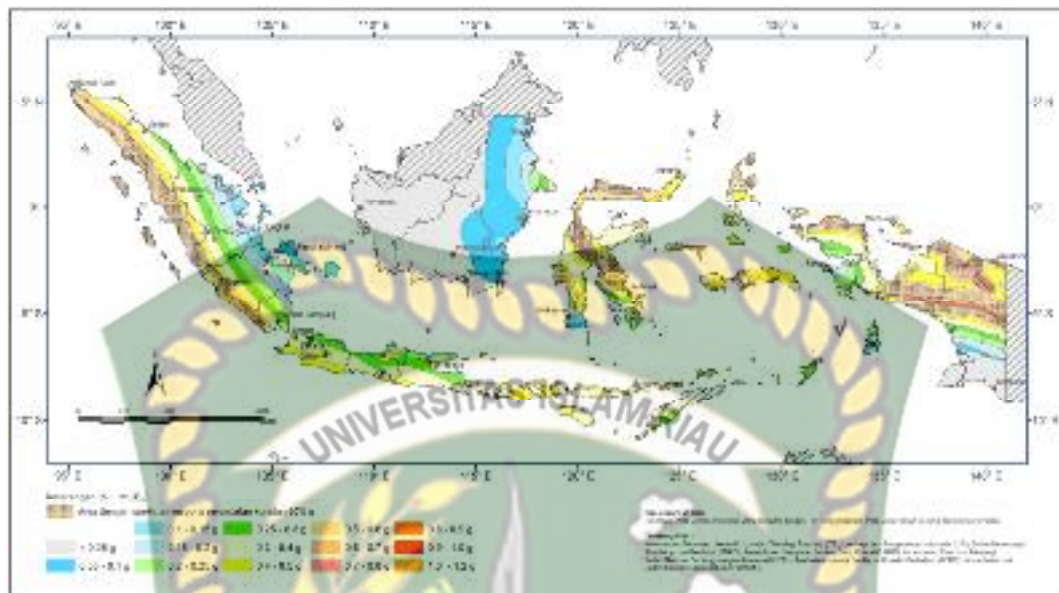
Menurut SNI 1726-2012, respon spektra harus dibuat terlebih dahulu berdasarkan data-data yang ada. Data-data yang dibutuhkan dan prosedur untuk pembuatan respons spektra adalah sebagai berikut:

1. Parameter Percepatan Batuan Dasar Terpetakan

Parameter S_s (percepatan batuan dasar batuan pada periode pendek) dan S_1 (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik) harus ditetapkan dari respons spektra percepatan 0,2 dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik seperti yang ada pada Gambar 3.8 dan Gambar 3.9 dengan kemungkinan 2% terlampaui dalam 50 tahun dan dinyatakan dalam bilangan desimal terhadap percepatan gravitasi.



Gambar 3.8 SS Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (M-CER) (SNI 1726-2012)



Gambar 3.9 S1 Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) (SNI 1726-2012)

2. Kelas Situs

Berdasarkan sifat-sifat tanah pada situs, maka situs harus diklasifikasikan sebagai kelas situs SA (batuan keras), SB (batuan), SC (tanah keras, sangat padat, dan batuan lunak), SD (tanah sedang), SE (tanah lunak) dan SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respon spesifik situs yang mengikuti Pasal 6.10.1 SNI 1726-2012. Bila sifat-sifat tanah tidak teridentifikasi secara jelas sehingga tidak bisa ditentukan kelas situnya, maka kelas situs SE dapat digunakan kecuali jika pemerintah/dinas yang berwenang memiliki data geoteknik yang dapat menentukan kelas situs SF.

Tabel 3.9 Klasifikasi Situs

No.	Kelas situs	\bar{v}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{ok}	\bar{s}_u (kPa)
A	B	C	D	E
1.	SA (batuan keras)	> 1500	N/A	N/A
2.	SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
3.	SC (tanah keras, sangat keras, dan batuan lunak)	350 sampai 750	> 50	≥ 100

Tabel 3.9 Lanjutan

A	B	C	D	E
4.	<i>SD</i> (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
5.	<i>SE</i> (tanah lunak)	< 175	< 15	< 50
		Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut:		
		<ol style="list-style-type: none"> 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40 \%$, 3. Kuat geser nirair $\bar{s}_u < 25$ kPa 		
6.	<i>SF</i> (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respon spesifik situs yang mengikuti).	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki saah satu atau lebih dari karakteristik berikut: <ol style="list-style-type: none"> 1. Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah. 2. Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m. 3. Lempung berplastisasi sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan indeks plastisasi $PI > 75$). Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{s}_u < 50$ kPa.		

Sumber: SNI 1726-2012

Catatan: N/A = tidak dapat dipakai

3. Koefisien-koefisien situs dan parameter-parameter respon spektra percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R)

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

$$S_{MS} = F_a \cdot S_S \quad (3.12)$$

$$S_{MI} = F_v \cdot S_I \quad (3.13)$$

Dalam menentukan Koefisien Situs F_a dan F_v , sangat bergantung dari jenis tanah pada lokasi bangunan dan percepatan batuan dasar pada periode pendek (S_s) serta percepatan batuan dasar pada periode 1 detik (S_1). Koefisien Situs F_a dan F_v ditentukan dari Tabel 3.10 dan Tabel 3.11.

Tabel 3.10 Koefisien Situs, F_a

No.	Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, S_s				
		$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
1.	SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
2.	SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
3.	SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
4.	SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
5.	SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
6.	SF	Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik				

Sumber SNI-1726-2012

Tabel 3.11 Koefisien Situs, F_v

No.	Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada periode 1 detik, S_1				
		$S_I \leq 0,1$	$S_I = 0,2$	$S_I = 0,3$	$S_I = 0,4$	$S_I \geq 0,5$
1.	SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
2.	SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
3.	SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
4.	SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
5.	SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
6.	SF	Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik				

Sumber SNI-1726-2012

4. Parameter Percepatan Spektral Desain

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek S_{DS} , dan pada periode 1 detik S_{DI} , harus ditentukan melalui perumusan berikut ini :

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (3.14)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{MI} \quad (3.15)$$

5. Spektrum Respon Desain

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 6.4, bila spektrum respon desain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifik-situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respon desain harus dikembangkan dengan mengacu pada Gambar 3.10 dan mengikuti ketentuan dibawah ini :

- a. Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respon percepatan desain, S_a , harus diambil dari persamaan :

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (3.16)$$

- b. Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_S , spektrum respon percepatan desain S_a sama dengan S_{DS} .

- c. Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan T_0 , spektrum respon percepatan desain, S_a diambil berdasarkan persamaan :

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (3.17)$$

dimana :

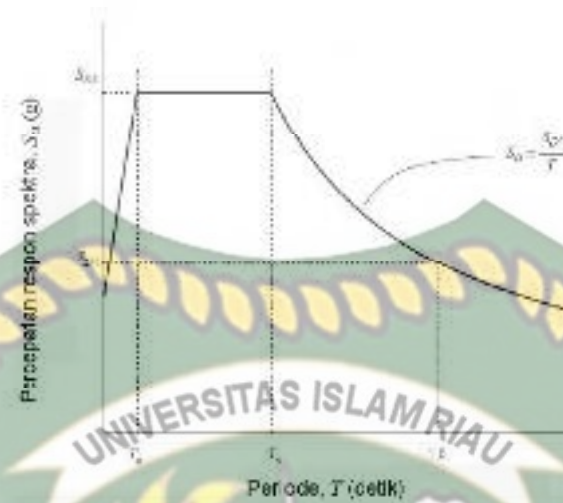
S_{DS} = parameter respons spektral percepatan desain pada perioda pendek.

S_{D1} = parameter respons spektral percepatan desain pada perioda 1 detik.

T = perioda getar fundamental struktur

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.18)$$

$$T_S = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.19)$$



Gambar 3.10 Spektrum Respons Desain (SNI 1726-2012)

3.11 Sistem Struktur dan Parameter Sistem (R , C_d , dan Ω_0)

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.2.1, Sistem penahan gaya gempa lateral dan vertikal dasar harus memenuhi salah satu tipe yang ditunjukkan dalam Tabel 3.12. Pembagian setiap tipe berdasarkan pada elemen vertikal yang digunakan untuk menahan gaya gempa lateral. Sistem struktur yang digunakan harus sesuai dengan batasan sistem struktur dan batasan ketinggian struktur. Koefisien modifikasi respon yang sesuai R , faktor kuat lebih sistem, Ω_0 , dan koefisien amplifikasi defleksi, C_d , sebagaimana yang ditunjukkan pada Tabel 3.12 harus digunakan dalam penentuan geser dasar, gaya desain elemen dan simpangan antar lantai tingkat desain.

Tabel 3.12 Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk Sistem Penahan Gaya Gempa

No.	Sistem Penahan Gaya Seismik	R^a	Ω_0^g	C_d^b	Batasan Sistem Struktur dan Batasan Tinggi Struktur, h_n (m) ^c					
					Kategori Desain Seismik					
					B	C	D ^d	E ^d	F ^e	
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
	Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa yang ditetapkan.									

Tabel 3.12 Lanjutan

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1.	Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2,5	4	TB	TB	TB	TB	TB
2.	Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	7	2,5	5,5	TB	TB	TB	TB	TB
3.	Dinding geser beton bertulang khusus	7	2,5	5,5	TB	TB	TB	TB	TB
4.	Dinding geser beton bertulang biasa	6	2,5	5	TB	TB	TI	TI	TI
5.	Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	2,5	4	TB	TB	TB	TB	TB
6.	Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	6	2,5	5	TB	TB	TB	TB	TB
7.	Dinding geser plat baja dan beton komposit	7,5	2,5	6	TB	TB	TB	TB	TB
8.	Dinding geser baja dan beton komposit khusus	7	2,5	6	TB	TB	TB	TB	TB
9.	Dinding geser baja dan beton komposit biasa	6	2,5	5	TB	TB	TI	TI	TI
10.	Dinding geser batu bata bertulang khusus	5,5	3	5	TB	TB	TB	TB	TB
11.	Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	3	3,5	TB	TB	TI	TI	TI
12.	Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2,5	5	TB	TB	TB	TB	TB
13.	Dinding geser pelat baja khusus	8	2,5	6,5	TB	TB	TB	TB	TB

Sumber : SNI 1726-2012

Catatan : TB = Tidak Dibatasi, TI = Tidak Dijinkan

3.12 Pembebanan Struktur

Dalam tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung dan non gedung (SNI 1726-2012), struktur gedung direncanakan mampu menahan beban-beban yang bekerja yaitu: beban mati, beban hidup, dan beban gempa.

3.12.1 Beban Mati

Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin

serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu (PPPURG 1987).

Tabel 3.13 Berat Sendiri Bahan Bangunan dan Komponen Gedung

No.	Material	Berat	Keterangan
A	B	C	D
1.	Baja	7850 kg/m ³	
2.	Beton	2200 kg/m ³	
3.	Beton bertulang	2400 kg/m ³	
4.	Kayu	1000 kg/m ³	Kelas I
5.	Kerikil, koral	1650 kg/m ³	kering udara sampai lembab, tanpa diayak
6.	Pasangan bata merah	1700 kg/m ³	
7.	Pasangan batu cetak	2200 kg/m ³	
8.	Pasir	1600 kg/m ³	Kering udara sampai lembab
9.	Pasir, kerikil, koral	1800 kg/m ³	Jenuh air
10.	Pasir, kerikil koral	1850 kg/m ³	kering udara sampai lembab
11.	Adukan, per cm tebal :		
	a. dari semen	21 kg/m ²	
	b. dari kapur, semen merah/tras	17 kg/m ²	
13.	Aspal, per cm tebal :	14 kg/m ²	
14.	Dinding pasangan bata merah :		
	a. satu batu	450 kg/m ²	
	b. setengan batu	250 kg/m ²	
15.	Dinding pasangan batako :		
	Berlubang :		
	a. tebal dinding 20 cm (HB 20)	200 kg/m ²	
	b. tebal dinding 10 cm (HB 10)	120 kg/m ²	
	Tanpa lubang :		
	a. Tebal dinding 15 cm	300 kg/m ²	
	b. tebal dinding 10 cm	200 kg/m ²	
16.	Langit-langit dan dinding, terdiri dari :		Termasuk rusuk-rusuk, tanpa pengantungan atau pengaku
	a. Semen asbes (eternity), tebal maks. 4 mm	11 kg/m ²	
	b. Kaca, tebal 3-5 mm	10 kg/m ²	

Tabel 3.13 Lanjutan

A	B	C	D
17.	Lantai kayu sederhana dengan balok kayu	40 kg/m ²	Tanpa langit-langit, bentang maks. 5 m, beban hidup maks. 200 kg/m ²
18.	Penggantung langit-langit (kayu)	7 kg/m ²	Bentang maks. 5 m, jarak s.k.s. min. 0,80 m.
19.	Penutup atap genteng	50 kg/m ²	Dengan reng dan usuk/kaso per m ² bidang atap
20.	Penutup atap sirap	40 kg/m ²	Dengan reng dan usuk/kaso per m ² bidang atap
21.	Penutup atap seng gelombang (BJLS-25)	10 kg/m ²	Tanpa usuk
22.	Penutup atap ubin /cm tebal	24 kg/m ²	Ubin semen Portland, teraso dan beton, tanpa adukan
23.	Semen asbes gelombang (5 mm)	11 kg/m ²	

Sumber : PPPURG 1987

3.12.2 Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna atau 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 (SNI 1727-2013).

1. Beban hidup pada lantai gedung
 - a. Beban hidup pada lantai gedung diambil berdasarkan dengan SNI 1727-2013 pada Tabel 3.14. Kedalam beban hidup tersebut sudah termasuk perlengkapan ruang sesuai dengan kegunaan lantai ruang yang bersangkutan, dan juga dinding-dinding pemisah ringan dengan berat tidak lebih dari 100 kg/m². Beban berat misalnya yang disebabkan oleh lemari-lemari arsip dan perpustakaan serta oleh alat-alat, mesin-mesin

dan barang-barang lain tertentu yang sangat berat, harus ditentukan tersendiri.

- b. Beban hidup yang ditentukan dalam pasal ini tidak perlu dikalikan suatu koefisien kejut.
 - c. Lantai-lantai gedung yang dapat diharapkan akan dipakai untuk berbagai tujuan, harus direncanakan terhadap beban hidup terberat yang mungkin dapat terjadi.
2. Beban hidup pada atap gedung
- a. Beban hidup pada atap atau bagian atap serta pada struktur gedung (*canopy*) yang dapat dicapai dan dibebani oleh orang, harus diambil minimum sebesar 100 Kg/m^2 bidang datar.
 - b. Beban hidup pada atap yang tidak dapat dicapai dan dibebani oleh orang, harus diambil yang menentukan diantara dua macam beban berikut:
 1. Beban terbagi rata per m^2 bidang datar berasal dari beban air hujan sebesar $(40 - 0,8\alpha) \text{ Kg/m}^2$ dimana α adalah sudut geser kemiringan atap derajat, dengan ketentuan bahwa beban tersebut tidak perlu diambil lebih besar dari 20 Kg/m^2 dan tidak perlu ditinjau bila kemiringan atapnya adalah lebih besar dari 50° .
 2. Beban terpusat berasal dari orang pekerja atau seorang pemadam kebakaran dengan peralatannya sebesar minimum 100 kg.
 - c. Pada balok tepi atau gording tepi dari atap yang tidak cukup ditunjang oleh dinding atau penunjang lainnya dan kantilever harus ditinjau kemungkinan adanya beban hidup terpusat sebesar minimum 200 kg.
 - d. Beban hidup pada atap gedung tinggi yang diperlengkapi dengan landasan helikopter (*heliped*) harus diambil sebesar minimum 200 Kg/m^2 diluar daerah landasannya harus diambil beban yang berasal dari helikopter sewaktu mendarat.

Tabel 3.14 Beban hidup terdistribusi merata minimum, L_o dan beban hidup terpusat minimum (berdasarkan SNI 1727-2013)

No.	Hunian atau penggunaan	Merata Psf (kN/m ²)	Terpusat Lb (kN)
A	B	C	D
1.	Apartemen (lihat rumah tinggal)		
2.	Sistem lantai akses Ruang kantor Ruang komputer	50 (2,4) 100 (4,79)	2000 (8,9) 2000 (8,9)
3.	Ruang pertemuan Kursi tetap (terikat di lantai) Lobi	100 (4,79) ^{''} 100 (4,79) ^{''}	
4.	Balkon dan dek	1,5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani. Tidak perlu melebihi 100 psf (4,79 kN/m ²)	
5.	Jalur untuk akses pemeliharaan	40 (1,92)	300 (1,33)
6.	Koridor Lantai pertama Lantai lain	100 (4,79) Sama seperti pelayanan hunian kecuali disebutkan lain	
7.	Ruang makan dan restoran	100 (4,79) ^{''}	
8.	Hunian (lihat rumah tinggal)		
9.	Ruang mesin elevator (pada daerah 2 in x 2 in [50 mm x 50 mm])		300 (1,33)
10.	Konstruksi pelat lantai <i>finishing</i> ringan (pada area 1 in x 1 in [25 mm x 25 mm])		200 (0,89)
11.	Jalur penyelamatan terhadap kebakaran Hunian satu keluarga saja	100 (4,79) 40 (1,92)	

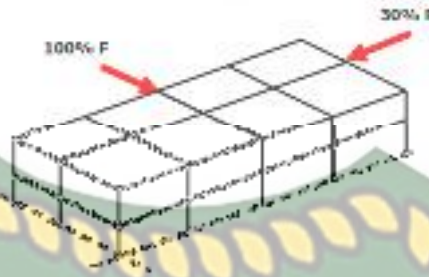
Tabel 3.14 Lanjutan

A	B	C	D
12.	Garasi / parkir Mobil penumpang saja Truk dan bus	40 (1,92) ^{a, b, c}	
13.	Helipad	60 (2,87) ^{de} Tidak boleh direduksi	^{e, f, g}
14.	Rumah sakit Ruang operasi, laboratorium Ruang pasien Koridor di atas lantai pertama	60 (2,87) 40 (1,92) 80 (3,83)	1000 (4,45) 1000 (4,45) 1000 (4,45)
15.	Hotel (lihat rumah tinggal)		
16.	Perpustakaan Ruang baca Ruang penyimpanan	60 (2,87) 150 (7,18) ^{a, h}	1000 (4,45) 1000 (4,45)
17.	Gedung perkantoran Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian Lobi dan koridor dilantai pertama Kantor	100 (4,79) 50 (2,40)	2000 (8,9) 2000 (8,9)

Sumber : SNI 1727-2013

3.13 Arah Pembebanan Beban Gempa

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.5.1, arah pembebanan beban gempa yang digunakan dalam desain harus merupakan arah yang akan menghasilkan pengaruh beban yang paling kritis. Pengaruh pembebanan gempa harus dianggap efektif 100% gaya untuk satu arah ditambah 30% gaya untuk arah tegak lurus sumbu utama. Arah penerapan gaya gempa diijinkan harus memenuhi persyaratan yang sesuai dengan kategori desain seismik gempa.



Gambar 3.11 Arah Pembebanan Gempa (SNI 1726-2012)

3.14 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan dengan metode *ultimate* telah diatur dalam SNI 1726-2012, sebagai berikut:

1. 1,4 DL
2. 1,2 DL + 1,6 LL
3. 1,2 DL + 1LL ± 0,3 EX ± 1 EY
4. 1,2 DL + 1LL ± 1 EX ± 0,3 EY
5. 0,9 DL ± 0,3 EX ± 1 EY
6. 0,9 DL ± 1 EX ± 0,3 EY

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.4, faktor-faktor dan kombinasi beban untuk beban mati nominal, beban hidup nominal, dan beban gempa nominal sama dengan SNI 1726-2002. Akan tetapi, pada kombinasi yang terdapat beban gempa di dalam persamaannya harus didesain berdasarkan pengaruh beban seismik yang ditentukan seperti berikut ini:

1. Untuk penggunaan dalam kombinasi beban (3) dan (4), E harus didefinisikan sebagai:

$$E = E_h + E_v \quad (3.20)$$

2. Untuk penggunaan dalam kombinasi beban (5) dan (6), E harus didefinisikan sebagai:

$$E = E_h - E_v \quad (3.21)$$

dimana:

E : Pengaruh beban seismik.

E_h : Pengaruh beban seismik horisontal yang akan didefinisikan selanjutnya.

E_v : Pengaruh beban seismik vertikal yang akan didefinisikan selanjutnya.

Pengaruh beban gempa horisontal E_h , harus ditentukan sesuai dengan persamaan di bawah ini:

$$E_h = \rho Q_E \quad (3.22)$$

dimana:

Q_E : Pengaruh gaya seismik horisontal dari V atau F_p

ρ : faktor redudansi, untuk desain seismik D sampai F nilainya 1,3

Pengaruh beban gempa vertikal E_v , harus ditentukan sesuai dengan persamaan di bawah ini :

$$E_v = 0,2 S_{DS} DL \quad (3.23)$$

dimana:

S_{DS} : Parameter percepatan spektrum respon desain pada periode pendek

DL : Pengaruh beban mati

Dengan demikian, berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.4, faktor-faktor dan kombinasi beban untuk beban mati nominal, beban hidup nominal, dan beban gempa nominal adalah:

$$1. U = 1,4 DL \quad (3.24)$$

$$2. U = 1,2 DL + 1,6 LL \quad (3.25)$$

$$3. U = 1,2 DL + 1 LL \pm 0,3 (\rho Q_E + 0,2 S_{DS} DL) \pm 1 (\rho Q_E + 0,2 S_{DS} DL) \quad (3.26)$$

$$4. U = 1,2 DL + 1 LL \pm 1 (\rho Q_E + 0,2 S_{DS} DL) \pm 0,3 (\rho Q_E + 0,2 S_{DS} DL) \quad (3.27)$$

$$5. U = 0,9 DL \pm 0,3 (\rho Q_E - 0,2 S_{DS} DL) \pm 1 (\rho Q_E - 0,2 S_{DS} DL) \quad (3.28)$$

$$6. U = 0,9 DL \pm 1 (\rho Q_E - 0,2 S_{DS} DL) \pm 0,3 (\rho Q_E - 0,2 S_{DS} DL) \quad (3.29)$$

dimana :

DL : Beban mati, termasuk SIDL

LL : Beban Hidup

EX : Beban gempa arah-x

EY : Beban gempa arah-y

ρ : faktor redudansi, untuk desain seismik D sampai F nilainya 1,3.

BAB IV METODOLOGI PENELITIAN

4.1. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian studi literatur, dimana studi literatur adalah cara yang dipakai untuk menghimpun data atau sumber-sumber yang berhubungan dengan topik yang diangkat dalam suatu penelitian. Seperti jurnal dan buku yang berkaitan dalam perencanaan gempa dengan metode respon spektrum. Buku acuan yang dipakai antara lain Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI (1726-2012), Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung SNI (2847-2013), Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur lain (SNI 1727-2013), Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung (PPPURG 1987), dan jurnal-jurnal yang berkaitan dengan judul skripsi penulis.

4.2. Data Penelitian

Untuk dapat membuat model 3 dimensi gedung dalam penelitian ini maka dibutuhkan data pendukung dari komponen struktur gedung, yaitu :

1. Fungsi gedung : Rumah Sakit
2. Lokasi : Padang
3. Jenis Tanah : Tanah Lunak
4. Jenis Gedung : Sistem Ganda (SRPMK+*Core wall*)
5. Material Struktur : Beton Bertulang
6. Tinggi tipikal tiap lantai adalah:
 - a. Lantai X (Atap) : + 50,50 m
 - b. Lantai IX : + 45,50 m
 - c. Lantai VIII : + 40,50 m
 - d. Lantai VII : + 35,50 m
 - e. Lantai VI : + 30,50 m
 - f. Lantai V : + 25,50 m
 - g. Lantai IV : + 20,50 m

- h. Lantai III : + 15,50 m
- i. Lantai II : + 10,50 m
- j. Lantai I : + 5,50 m
- k. Lantai dasar : ± 0,00 m

4.3. Spesifikasi Material Struktur

Pada penelitian ini spesifikasi material yang digunakan pada struktur gedung adalah sebagai berikut:

1. Beton
 - a. Untuk elemen struktur, yaitu balok dan pelat lantai dan digunakan beton dengan kuat tekan beton $f_c' = 25$ MPa.
 - b. Modulus elastisitas beton $f_c' = 25$ MPa, $E_c = 4700 \sqrt{f_c'} = 4700 \times \sqrt{25} = 23500$ MPa.
 - c. Dan untuk elemen struktur kolom dan dinding geser inti (*core wall*) digunakan beton dengan kuat tekan beton $f_c' = 30$ MPa.
 - d. Modulus elastisitas beton $f_c' = 30$ MPa, $E_c = 4700 \sqrt{f_c'} = 4700 \times \sqrt{30} = 25742,96$ MPa.
 - e. Angka poisson, $\nu = 0,2$
2. Baja Tulangan
 - a. Untuk baja tulangan, digunakan baja tulangan ulir (*deform*) BJTD 40 dengan tegangan leleh, $f_y = 400$ MPa.

4.4. Pembebanan Gedung

Dalam menganalisa struktur gedung, dibutuhkan data pembebanan yang akan dipikul oleh struktur bangunan gedung. Data pembebanan seperti beban mati, beban hidup dan beban kombinasi dapat dilihat sebagai berikut:

4.4.1. Pembebanan Untuk Beban Mati (Berdasarkan PPPURG 1987) :

Berikut ini adalah beban mati yang akan digunakan dalam pembebanan struktur bangunan gedung dan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Daftar Beban Mati

Beban Mati (DL)	Berat	Konversi Berat
Berat sendiri beton bertulang	2400 kg/m ³	23,536 kN/m ³
Pasir	1600 kg/m ³	15,691 kN/m ³
Spesi per cm	21 kg/m ²	0,206 kN/m ²
Plafond + Penggantung	18 kg/m ²	0,177 kN/m ²
Dinding Pasangan ½ Bata	250 kg/m ²	2,453 kN/m ²
Keramik	24 kg/m ²	0,235 kN/m ²
<i>Water Proofing</i> Aspal	14 kg/m ²	0,137 kN/m ²
Mekanikal dan Elektrikal	25 kg/m ²	0,245 kN/m ²

4.4.2. Pembebanan Untuk Beban Hidup (Berdasarkan SNI 1727-2013) :

Adapun beban hidup yang akan di gunakan dalam pembebanan pada struktur bangunan gedung, yaitu :

1. Lantai atap : 0,96 kN/m²
2. Rumah sakit : 1,92 kN/m²

4.4.3. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan untuk Kategori Desain Seismik (KDS) D, nilai S_{DS} sebesar 0,8388 dan nilai faktor redudansi (ρ) sebesar 1,3 berdasarkan SNI 1726-2012 adalah :

1. 1,4 DL
2. 1,2 DL + 1,6 LL
3. 1,42 DL + 1 LL + 0,39 EX + 1,3 EY
4. 0,98 DL + 1 LL – 0,39 EX – 1,3 EY
5. 1,08 DL + 1 LL + 0,39 EX – 1,3 EY
6. 1,32 DL + 1 LL – 0,39 EX + 1,3 EY
7. 1,42 DL + 1 LL + 1,3 EX + 0,39 EY
8. 0,98 DL + 1 LL – 1,3 EX – 0,39 EY
9. 1,32 DL + 1 LL + 1,3 EX – 0,39 EY
10. 1,08 DL + 1 LL – 1,3 EX + 0,39 EY
11. 0,68 DL + 0,39 EX + 1,3 EY

12. $1,12 DL - 0,39 EX - 1,3 EY$
13. $1,02 DL + 0,39 EX - 1,3 EY$
14. $0,78 DL - 0,39 EX + 1,3 EY$
15. $0,68 DL + 1,3 EX + 0,39 EY$
16. $1,12 DL - 1,3 EX - 0,39 EY$
17. $0,78 DL + 1,3 EX - 0,39 EY$
18. $1,02 DL - 1,3 EX + 0,39 EY$

4.5. Data Struktur

Dalam merencanakan struktur bangunan gedung, dibutuhkan data-data struktur gedung seperti ukuran elemen struktur pada balok, kolom, plat lantai, serta denah bangunan yang akan diteliti. Berikut ini merupakan data-data struktur gedung seperti elemen struktur gedung dan denah bangunan gedung :

1. Adapun data elemen struktur seperti kolom, balok, dan plat lantai dapat dilihat pada Tabel 4.2.

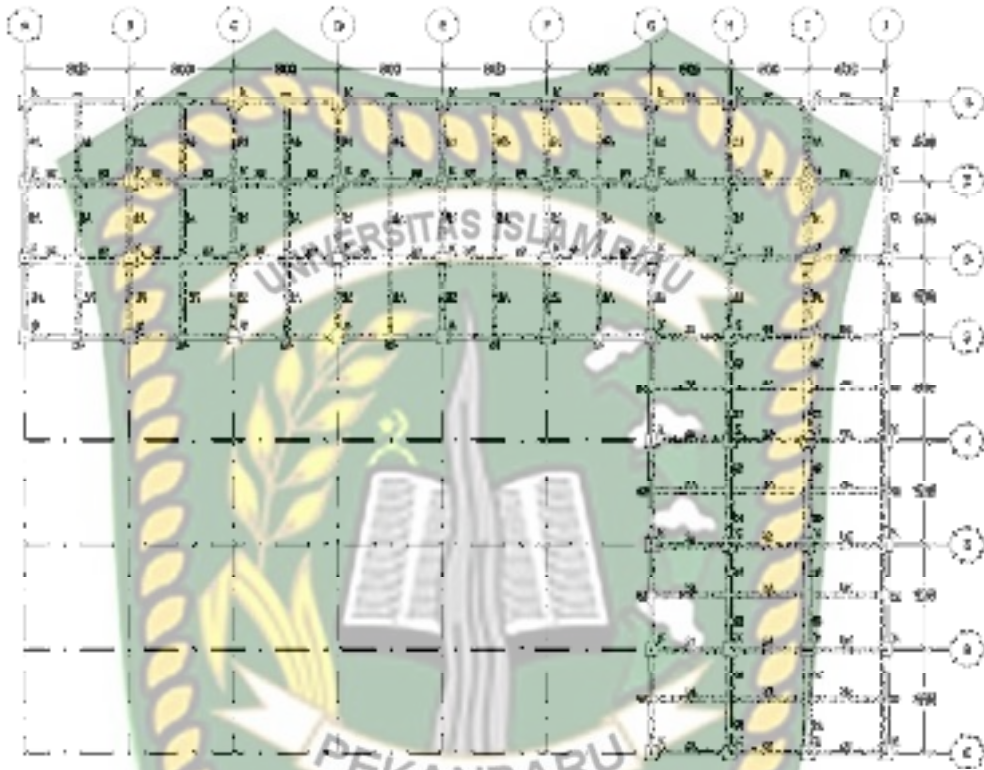
Tabel 4.2 Dimensi Elemen Struktur Gedung

Elemen Struktur		Dimensi (mm)
Balok	Balok Induk (B1) bentang 6 m	400 x 700
	Balok Induk (B2) bentang 8 m	500 x 800
	Balok Induk (B3) bentang 6 m	400 x 600
	Balok Induk (B4) bentang 8 m	500 x 700
	Balok Anak (BA)	200 x 400
Kolom		950 x 950
Tebal Pelat Lantai dan Atap		150

Sumber : Pengolahan Penulis

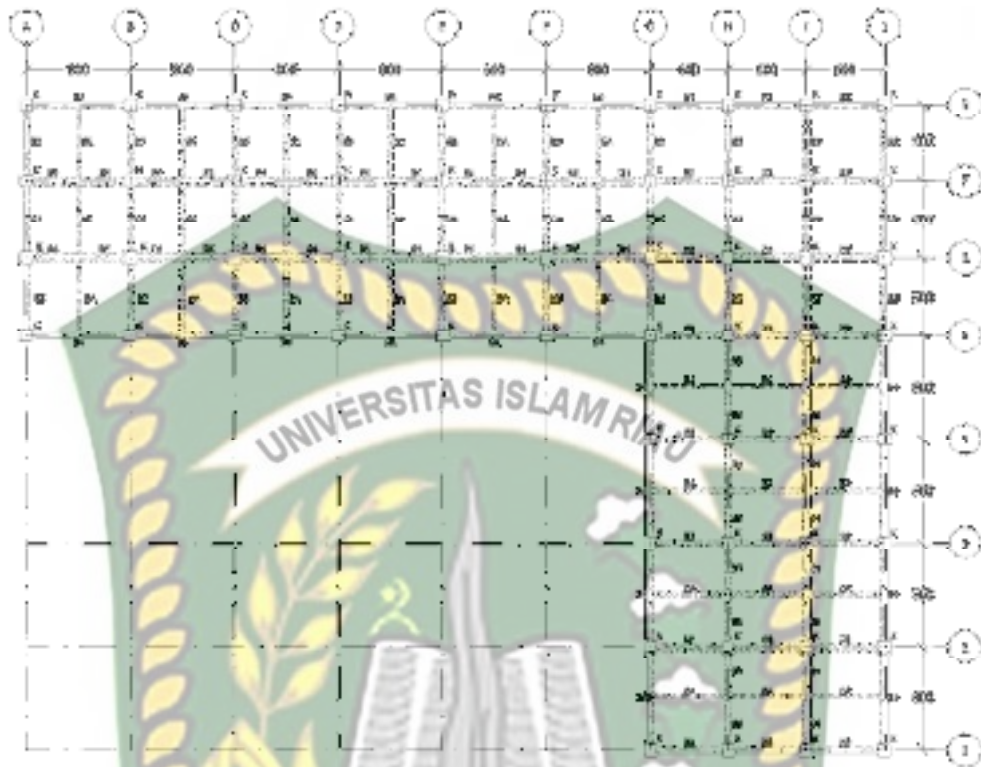
Berdasarkan pada Tabel 4.2, untuk ukuran dimensi elemen struktur seperti kolom, balok, dan plat lantai dihitung berdasarkan pada peraturan SK SNI T-15-1991-03 dan SNI 2847-2013.

2. Denah struktur gedung, tampak bangunan dan model struktur 3 dimensi bangunan yang akan diteliti ditunjukkan pada Gambar 4.1 sampai Gambar 4.4.

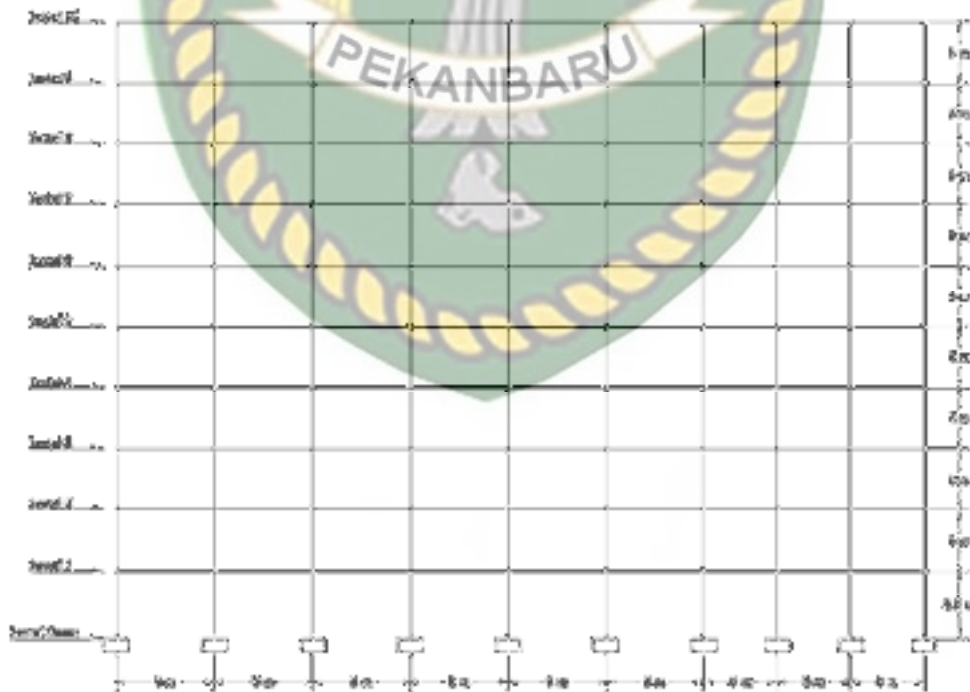


Gambar 4.1 Denah Struktur Gedung Lt.1 – Lt.5

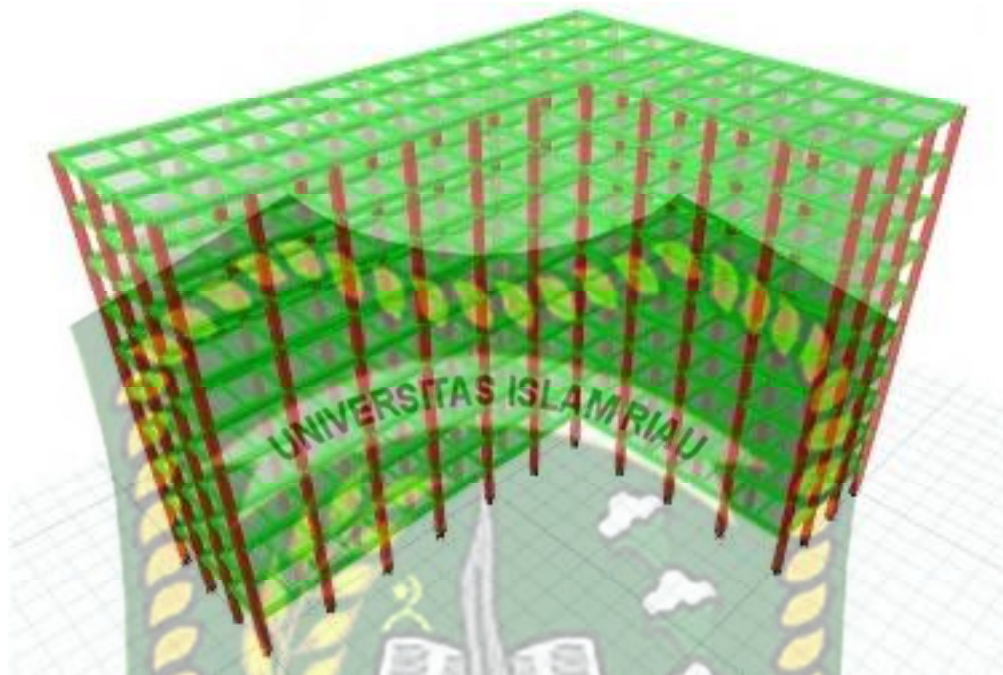
Dokumen ini adalah Arsip Miilik :



Gambar 4.2 Denah Struktur Gedung Lt.6 – Lt.10 (Atap)



Gambar 4.3 Tampak Depan Bangunan



Gambar 4.4 Model Struktur Bangunan 3 Dimensi

4.6. Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Pada penelitian ini, tahapan pelaksanaan penelitian disusun secara sistematis dan dengan urutan yang jelas dan teratur, sehingga dapat diperoleh hasil sesuai dengan yang diharapkan. Adapun tahapan penelitian yang akan dilakukan guna menyelesaikan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mulai

Sebelum memulai penelitian, yang perlu penulis lakukan terlebih dahulu yaitu melakukan studi literatur untuk memperdalam ilmu yang berkaitan dengan topik penelitian, merumuskan masalah penelitian, menentukan tujuan penelitian, dan kemudian menentukan metode yang akan digunakan dalam penelitian.

2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang penulis lakukan sebelum memulai penelitian adalah mengumpulkan data-data yang berhubungan dengan penelitian memilih bentuk struktur gedung yang akan dijadikan bahan penelitian. Penulis menggunakan bangunan gedung tidak beraturan yang akan diberi dinding geser (*core wall*) untuk mereduksi beban gempa serta efek torsi. Bentuk bangunan yang penulis

teliti berbentuk L dengan elemen struktur bangunan penulis asumsikan sendiri. Struktur gedung akan dianalisis dengan analisis dinamik respon spektrum.

3. Analisa Data

Setelah dilakukan pengumpulan data, penelitian ini dilanjutkan dengan pengolahan data dan analisa data. Langkah yang dilakukan dalam tahapan ini yaitu menganalisis data dengan cara melakukan pemodelan struktur dengan ETABS, perhitungan pembebanan struktur dan melakukan pengimputan pembebanan struktur ke ETABS, melakukan *analysis modal* untuk mengetahui karakteristik dinamik struktur agar dapat menentukan posisi perletakan *core wall*, melakukan pemodelan struktur *core wall* dengan bukaan, dan selanjutnya dilakukan analisis struktur untuk mengetahui kinerja struktur *core wall* akibat bukaan.

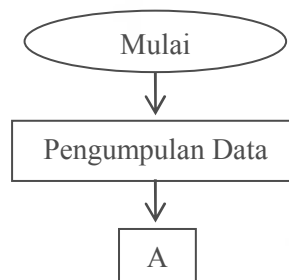
4. Hasil dan Pembahasan

Pada tahapan ini, setelah dilakukan analisis struktur bangunan tidak beraturan dengan *core wall* akibat bukaan dengan bantuan program ETABS v.16.2.0 menggunakan metode respon spektrum, kemudian hasil analisis dari program ETABS akan disimpulkan berupa hasil analisa data dari karakteristik dinamik struktur, ketidakberaturan torsi, dan kinerja simpangan antar lantai.

5. Kesimpulan dan Saran

Setelah didapat hasil analisis dari pengaruh bukaan pada dinding geser (*core wall*) pada gedung tidak beraturan, maka dapat diambil kesimpulan yang akan menjawab rumusan masalah dan juga saran yang dapat dilakukan pada penelitian selanjutnya.

Dan berikut ini adalah bagan alir pada tahapan pelaksanaan penelitian mulai dari awal penelitian sampai akhir dan dapat dilihat pada Gambar 4.5.





Gambar 4.5 Bagan Alir Tahapan Pelaksanaan Penelitian

4.7. Cara Analisa Data

Dalam menganalisa data dengan bantuan program ETABS, perlu dilakukan beberapa tahapan untuk mendapatkan hasil dari rumusan masalah yang telah dijabarkan. Adapun tahapan-tahapan yang dilakukan dalam analisa data adalah sebagai berikut :

1. Melakukan pemodelan struktur 3 dimensi gedung tidak beraturan tanpa dinding geser dengan program ETABS.
2. Melakukan perhitungan pembebanan struktur dan pengimputan pembebanan struktur ke program ETABS seperti beban mati tambahan, beban hidup, beban gempa dan beban kombinasi.
3. Melakukan *analysis modal*, yaitu untuk menentukan karakteristik dinamik struktur berupa waktu getar struktur, partisipasi massa dan pola ragam gerak struktur agar dapat menentukan posisi perletakan dinding geser (*core wall*) yang dapat mereduksi pengaruh beban gempa.

4. Melakukan pemodelan struktur perletakan posisi *core wall* sebanyak 3 pemodelan.
5. Melakukan analisis struktur respon spektrum untuk mengetahui nilai simpangan horisontal dari 3 pemodelan posisi *core wall* dan selanjutnya dilakukan perhitungan kinerja simpangan antar lantai untuk mengetahui posisi yang dapat mereduksi pengaruh beban lateral.
6. Setelah didapat posisi perletakan dinding geser (*core wall*), selanjutnya gedung dengan dinding geser (*core wall*) dimodelkan kembali dengan adanya bukaan pada dinding geser tersebut.
7. Melakukan analisis struktur respon spektrum dari *core wall* tanpa bukaan dan *core wall* dengan bukaan.
8. Setelah dilakukan analisis struktur respon spektrum, didapat hasil analisis dari program ETABS berupa nilai simpangan horisontal struktur dan selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mengetahui kinerja simpangan antar lantai dari *core wall* tanpa bukaan dan *core wall* dengan bukaan.

Dan berikut ini adalah bagan alir pada tahapan analisa data yang dapat dilihat pada Gambar 4.6.





Gambar 4.6 Bagan Alir Tahapan Analisa Data

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

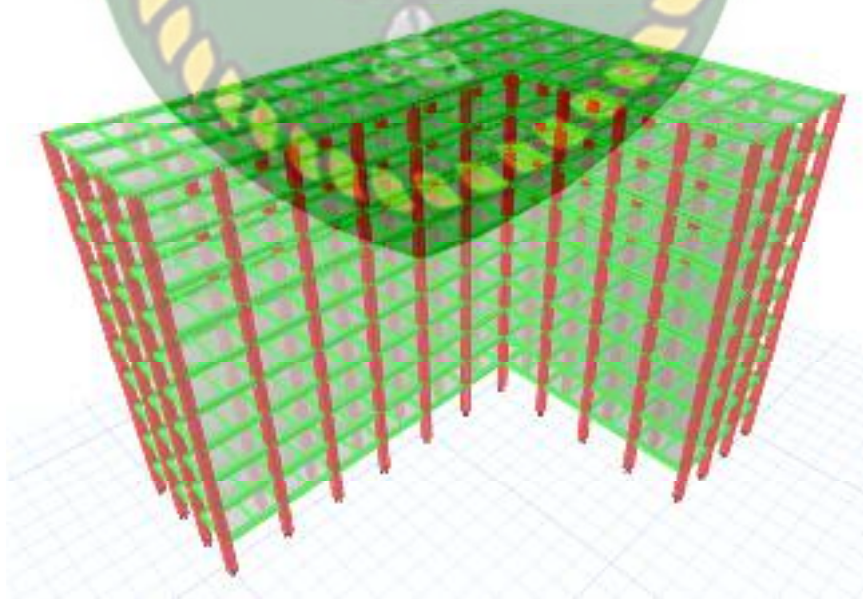
5.1 Umum

Bab ini menjelaskan hasil analisis yang diperoleh dari program ETABS. Hasil yang diteliti berupa karakteristik dinamik struktur, ketidakberaturan torsi, simpangan horisontal, perubahan nilai dari simpangan horisontal dan kinerja simpangan antar lantai pada gedung tanpa dinding geser (*core wall*), gedung dengan dinding geser (*core wall*) dan pengaruh bukaan pada dinding geser (*core wall*).

5.2 Karakteristik Dinamik Struktur

Berdasarkan struktur bangunan gedung yang ditinjau dengan bentuk yang tidak beraturan (asimetris), karakteristik dinamik struktur dapat diketahui secara otomatis dari hasil ragam getar atau *modal analysis*. Karakteristik yang ditinjau meliputi periode getar alami struktur, pola ragam gerak, dan partisipasi massa.

5.2.1 Gedung Tanpa Dinding Geser (*Core wall*)



Gambar 5.1 Struktur Gedung Tanpa Dinding Geser

Model struktur gedung tanpa dinding geser dianalisis dengan analisis ragam getar (*modal analysis*) untuk dapat memperoleh karakteristik dinamik struktur. Berikut ini merupakan karakteristik dinamik struktur gedung tanpa dinding geser yang dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Karakteristik Dinamik Struktur Tanpa Dinding Geser

<i>Mode</i>	Periode (detik)	UX (%)	UY (%)	RZ (%)	Pola Ragam Gerak
1.	2,888	6,280	40,170	30,550	Rotasi Arah Z
2.	2,672	51,880	21,460	4,170	Translasi Arah X
3.	2,509	19,450	15,700	42,690	Rotasi Arah Z
4.	0,928	0,700	6,510	4,480	
5.	0,871	8,140	2,980	0,580	
6.	0,823	2,550	2,310	6,670	
7.	0,473	0,360	2,590	1,590	
8.	0,451	3,230	1,000	0,190	
9.	0,429	0,810	0,870	2,690	
10.	0,294	0,200	1,640	0,830	
11.	0,284	2,020	0,490	0,080	
12.	0,272	0,360	0,490	1,700	
13.	0,196	0,110	1,040	0,440	
14.	0,191	1,280	0,240	0,040	
15.	0,184	0,160	0,280	1,090	

Sumber : *Output software ETABS ver.16.2.0*

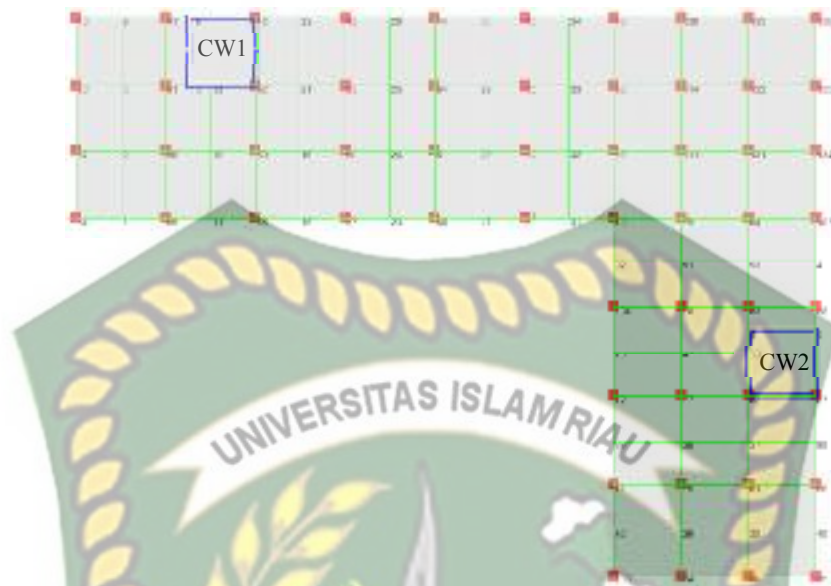
Berdasarkan Tabel 5.1, dari hasil analisis ragam yang diteliti sebanyak 15 mode, perilaku pola ragam gerak struktur gedung didapat dari nilai rasio tertinggi dari 15 mode berdasarkan UX, UY dan RZ, dimana UX yaitu *displacement* yang terjadi secara translasi pada arah sumbu X, UY yaitu *displacement* yang terjadi secara translasi pada arah sumbu Y dan RZ yaitu *displacement* yang terjadi secara rotasi terhadap sumbu Z. pada setiap *mode*, perilaku gerak struktur berbeda berdasarkan pada nilai rasionya. Maka untuk menentukan perilaku pola ragam

gerak struktur, diambil dari *mode* dengan rasio terbesar dari setiap UX, UY, dan RZ yang dapat mewakili dari ke 15 *mode*. *Mode* dengan nilai rasio tertinggi ada pada *mode* 1, *mode* 2, dan *mode* 3. Pada *mode* 1, rasio terbesar terdapat pada UY sebesar 40,1170% dan RZ sebesar 30,550%. Dapat diartikan bahwa pada *mode* 1, gedung mengalami gerakan rotasi dengan sumbu Y pada bagian ujung gedung mengalami *displacement* terbesar dibandingkan sumbu X dan juga periode (waktu getar struktur) dalam memuntir gedung dalam 1 kali puntiran selama 2,888 detik. Pada *mode* 2, rasio terbesar terdapat pada UX sebesar 51,88%. Maka, gedung mengalami gerakan *displacement* secara translasi pada arah sumbu X dengan waktu getar struktur dalam 1 kali goyangan selama 2,672 detik. Dan pada *mode* 3, nilai rasio terbesar terjadi pada RZ sebesar 42,690%, dan dapat diartikan gedung mengalami gerakan rotasi dengan waktu getar struktur dalam 1 kali rotasi selama 2,509 detik.

Berdasarkan SNI 1726-2002, apabila gerak ragam pertama mengalami gerakan dominan dalam rotasi, maka menunjukkan perilaku yang buruk. Jadi, struktur perlu diperkaku dengan menambahkan dinding geser pada posisi yang mengalami gerakan rotasi agar pola ragam gerak struktur dapat dominan mengalami translasi.

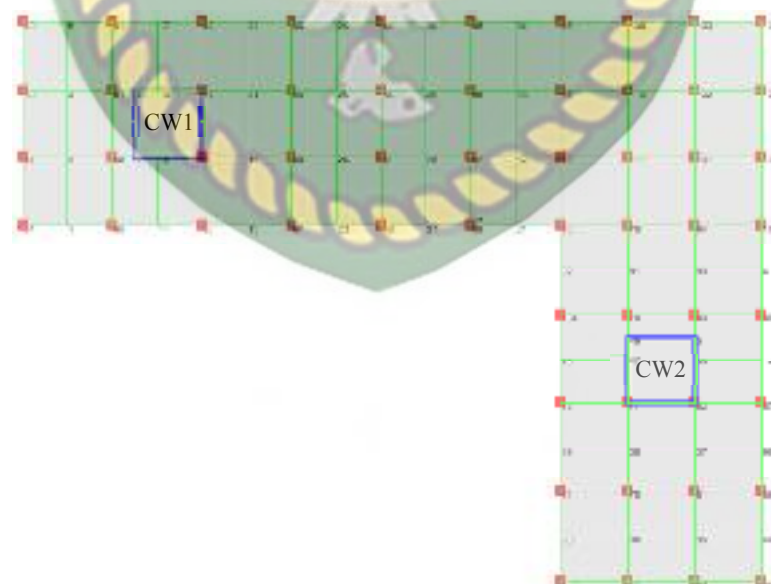
5.2.2 Gedung Dengan *Core wall*

Berdasarkan pada hasil *analysis modal* yang dibantu dengan *software* ETABS pada gedung tanpa dinding geser, menunjukkan perilaku pola ragam gerak pada *mode* 1 mengalami gerakan dominan rotasi akibat dari bentuk bangunan yang tidak beraturan, maka gedung perlu diperkaku dengan menambahkan dinding geser (*core wall*) yang diposisikan pada gedung yang mengalami gerakan rotasi agar gerakan gedung dapat dominan dalam arah translasi. Untuk dapat menentukan posisi perletakan *core wall* yang dapat membuat perilaku struktur bergerak dalam arah translasi dan mampu mereduksi beban gempa, maka akan di modelkan posisi perletakan *core wall* pada gedung sebanyak 3 pemodelan. Berikut ini merupakan pemodelan denah perletakan *core wall* pada struktur gedung yang dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 5.2 Denah Gedung dengan *Core wall* Model 1

Pada Gambar 5.2 dapat dilihat posisi letak *core wall* pada gedung model 1 diposisikan berdasarkan pada pola ragam gerak struktur gedung yang mengalami gerakan rotasi. *Core wall* yang digunakan sebanyak 2 buah dengan ukuran yang sama yaitu dengan ukuran $6 \text{ m} \times 6 \text{ m}$ dan ketebalan sebesar 350 mm dan diletakkan pada tepi bangunan di kedua sisi bangunan gedung.



Gambar 5.3 Denah Gedung dengan *Core wall* Model 2

Pada Gambar 5.3 posisi letak *core wall* pada gedung model 2 diposisikan pada bagian tengah pada dikedua sisi ujung bangunan gedung. *Core wall* yang digunakan sebanyak 2 tipe *core wall* dengan ukuran yang sama yaitu dengan ukuran 6 m × 6 m dan ketebalan sebesar 350 mm.



Gambar 5.4 Denah Gedung dengan *Core wall* Model 3

Pada Gambar 5.4 posisi letak *core wall* pada gedung model 3 diposisikan pada kedua buah sisi bangunan gedung. *Core wall* tipe CW1 diletakkan pada sisi bagian ujung bangunan dan tipe CW2 diposisikan sesuai dengan posisi letak *core wall* pada model 1. Kedua tipe *core wall* yang digunakan pada model 3 memiliki ukuran yang sama yaitu dengan ukuran 6 m × 6 m dan ketebalan sebesar 350 mm.

Berdasarkan dari hasil *analysis modal* pada lampiran A-16 sampai lampiran A-21 dan kinerja simpangan antar lantai pada lampiran A-35 sampai lampiran A-40 berdasarkan dari 3 pemodelan posisi perletakan *core wall*, didapat posisi perletakan *core wall* yang optimal dalam mengurangi pengaruh beban gempa dan gaya puntir yaitu pada model 3, karena nilai simpangan antar lantai pada struktur gedung dengan *core wall* lebih kecil dari model 1 dan model 2.

Berikut ini merupakan karakteristik dinamik struktur dari gedung dengan *core wall* model 3 yang optimal dalam mengurangi pengaruh beban gempa dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Karakteristik Dinamik Struktur dengan *Core wall* Model 3

Mode	Periode (det)	UX (%)	UY (%)	RZ (%)	Pola Ragam Gerak
1.	1,343	0,060	67,610	0,900	Translasi Arah Y
2.	1,332	68,260	0,060	0,020	Translasi Arah X
3.	0,983	0,010	0,710	68,320	Rotasi Arah Z
4.	0,314	1,240	17,140	1,110	
5.	0,305	18,580	1,380	0,001	
6.	0,231	0,130	1,330	18,080	
7.	0,141	0,500	5,210	0,540	
8.	0,135	5,810	0,570	0	
9.	0,103	0,060	0,570	5,790	
10.	0,088	0,240	2,260	0,260	
11.	0,084	2,510	0,270	0,000	
12.	0,064	0,020	0,170	2,580	
13.	0,064	0,120	1,170	0,040	
14.	0,061	1,180	0,130	0	
15.	0,051	0,060	0,530	0,080	

Sumber : *Output software ETABS ver.16.2.0*

Berdasarkan karakteristik dinamik yang ditunjukkan pada Tabel 5.2 dari hasil analisis ragam (*modal analysis*) pada model 3, didapat pola ragam gerak dari struktur pada pola ragam gerak pertama mengalami gerakan translasi pada arah Y karena nilai rasio pada *mode 1* yaitu RY sebesar 67,610% dan pada pola ragam gerak kedua mengalami gerakan translasi pada arah X karena nilai rasio pada *mode 2* RX sebesar 68,260%. Berdasarkan SNI 1726-2002, perilaku gedung setelah ditambahkan dinding geser (*core wall*) telah memenuhi persyaratan pola ragam gerak yang baik. Jadi, gedung menggunakan 2 (dua) buah *core wall* dengan ukuran 6 m × 6 m dengan ketebalan 350 mm dan posisi perletakan *core wall* dapat dilihat pada Gambar 5.4.

5.2.3 Partisipasi Massa

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.9.1, perhitungan respon dinamik struktur harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90% dari total massa sesuai dengan peraturan gempa. Dalam penelitian ini jumlah ragam yang ditinjau dalam perhitungan respon dinamik adalah 15 (lima belas) ragam, agar partisipasi massa (*modal participating massa ratio*) dapat mencapai paling sedikit 90%. Hasil partisipasi massa pada gedung dengan *core wall* model 3 dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Partisipasi Massa Gedung dengan *Core wall* Model 3

Mode	Periode (det)	UX (%)	UY (%)	RZ (%)	Sum UX (%)	Sum UY (%)	Sum RZ (%)
1	1,343	0,060	67,610	0,900	0,060	67,610	0,900
2	1,332	68,260	0,060	0,020	68,310	67,670	0,920
3	0,983	0,010	0,710	68,320	68,330	68,380	69,240
4	0,314	1,240	17,140	1,110	69,570	85,520	70,350
5	0,305	18,580	1,380	0,001	88,150	86,900	70,350
6	0,231	0,130	1,330	18,080	88,280	88,230	88,430
7	0,141	0,500	5,210	0,540	88,780	93,440	88,970
8	0,135	5,810	0,570	0	94,590	94,010	88,970
9	0,103	0,060	0,570	5,790	94,650	94,580	94,760
10	0,088	0,240	2,260	0,260	94,890	96,850	95,020
11	0,084	2,510	0,270	0	97,410	97,110	95,020
12	0,064	0,020	0,170	2,580	97,420	97,280	97,600
13	0,064	0,120	1,170	0,040	97,550	98,460	97,640
14	0,061	1,180	0,130	0	98,730	98,580	97,640
15	0,051	0,060	0,530	0,080	98,790	99,110	97,720

Sumber : *Output software* ETABS ver.16.2.0

Pada Tabel 5.3 dapat dilihat bahwa pada ragam ke 9 (*mode*), partisipasi massa ragam terkombinasi sudah melebihi 90%, sehingga telah memenuhi

persyaratan partisipasi massa paling sedikit 90% dari total massa sesuai dengan peraturan SNI 1726-2012.

5.3 Ketidakberaturan Torsi

Ketidakberaturan torsi terjadi ketika adanya eksentrisitas antara pusat kekakuan dan pusat massa bangunan yang tidak saling berhimpit pada satu titik yang mengakibatkan adanya efek torsi pada bangunan. Berdasarkan SNI 1726-2012 bahwa ketidakberaturan torsi terjadi apabila :

- $\delta \max < 1,2 \delta \text{ avg}$ → tanpa ketidakberaturan torsi
 $1,2 \delta \text{ avg} \leq \delta \max \leq 1,4 \delta \text{ avg}$ → ketidakberaturan torsi 1a
 $\delta \max > 1,4 \delta \text{ avg}$ → ketidakberaturan torsi 1b

5.3.1 Model Gedung Tanpa Dinding Geser

Berikut ini merupakan ketidakberaturan torsi pada bangunan tanpa menggunakan dinding geser pada arah X dan arah Y yang dapat dilihat pada Tabel 5.4 dan Tabel 5.5 berikut :

Tabel 5.4 Ketidakberaturan Torsi Arah X

Lantai	δ arah X (mm)				Ket.
	δ maks	δ avg	1,2 δ avg	1,4 δ avg	
10	315,090	280,348	336,418	392,487	Tidak Ada Torsi
9	299,543	266,862	230,234	373,607	Tidak Ada Torsi
8	277,716	247,674	297,209	346,744	Tidak Ada Torsi
7	249,013	222,266	266,719	311,172	Tidak Ada Torsi
6	214,782	191,858	230,230	268,601	Tidak Ada Torsi
5	178,143	159,858	191,154	233,013	Tidak Ada Torsi
4	140,382	125,736	150,883	176,030	Tidak Ada Torsi
3	100,391	90,123	108,148	126,172	Tidak Ada Torsi
2	59,520	53,611	64,333	75,055	Tidak Ada Torsi
1	22,333	20,221	24,265	28,309	Tidak Ada Torsi

Sumber : *Output software ETABS ver.16.2.0*

Berdasarkan Tabel 5.4, bahwa pada gedung tanpa dinding geser akibat beban gempa tidak terjadi ketidakberaturan torsi 1a dan 1b pada arah X berdasarkan SNI 1726-2012.

Tabel 5.5 Ketidakberaturan Torsi Arah Y

Lantai	δ arah Y (mm)				Ket.
	δ maks	δ avg	1,2 δ avg	1,4 δ avg	
10	375,568	305,124	366,149	427,174	Torsi 1a
9	356,178	289,749	347,699	405,649	Torsi 1a
8	329,565	268,384	322,061	375,738	Torsi 1a
7	295,029	240,469	288,563	336,657	Torsi 1a
6	254,135	207,302	248,762	290,223	Torsi 1a
5	210,434	171,844	206,213	240,582	Torsi 1a
4	165,399	135,307	162,368	189,430	Torsi 1a
3	117,854	96,649	115,979	135,309	Torsi 1a
2	69,501	57,199	68,639	80,079	Torsi 1a
1	25,857	21,398	25,678	29,957	Torsi 1a

Sumber : *Output software* ETABS ver.16.2.0

Berdasarkan Tabel 5.5, bahwa pada gedung tanpa dinding geser akibat beban gempa pada arah Y terjadi ketidakberaturan torsi tipe 1a berdasarkan SNI 1726-2012.

5.3.2 Model Gedung Dengan Dinding Geser (*Core wall*)

Setelah didapat posisi perletakan *core wall*, selanjutnya gedung dengan *core wall* akan di cek ketidakberaturan torsi yang terjadi. Berikut ini merupakan ketidakberaturan torsi pada gedung dengan dinding geser (*core wall*) pada arah X dan arah Y yang dapat dilihat pada Tabel 5.6 dan Tabel 5.7 berikut :

Tabel 5.6 Ketidakberaturan Torsi Arah X

Lantai	δ arah X (mm)				Ket.
	δ maks	δ avg	1,2 δ avg	1,4 δ avg	
A	B	C	D	E	F

Tabel 5.6 Lanjutan

A	B	C	D	E	F
10	149,532	147,527	177,032	206,538	Tidak Ada Torsi
9	132,085	130,155	156,186	182,217	Tidak Ada Torsi
8	113,956	112,155	134,586	157,017	Tidak Ada Torsi
7	95,485	93,855	112,626	131,397	Tidak Ada Torsi
6	76,982	75,563	90,676	105,788	Tidak Ada Torsi
5	59,042	57,860	69,432	81,004	Tidak Ada Torsi
4	42,257	41,326	49,591	57,856	Tidak Ada Torsi
3	27,138	26,472	31,766	37,061	Tidak Ada Torsi
2	14,460	14,055	16,866	19,677	Tidak Ada Torsi
1	5,081	4,908	5,890	6,871	Tidak Ada Torsi

Sumber : *Output software* ETABS ver.16.2.0

Berdasarkan Tabel 5.6, bahwa pada gedung dengan dinding geser (*core wall*) akibat beban gempa tidak terjadi ketidakberaturan torsi 1a dan 1b pada arah X berdasarkan SNI 1726-2012.

Tabel 5.7 Ketidakberaturan Torsi Arah Y

Lantai	δ arah Y (mm)				Ket.
	δ maks	δ avg	1,2 δ avg	1,4 δ avg	
10	160,230	142,373	170,848	199,322	Tidak Ada Torsi
9	142,078	125,645	150,774	175,903	Tidak Ada Torsi
8	123,065	108,306	129,967	151,628	Tidak Ada Torsi
7	103,542	90,661	108,793	126,925	Tidak Ada Torsi
6	83,835	73,014	87,617	102,220	Tidak Ada Torsi
5	64,607	55,923	67,108	78,292	Tidak Ada Torsi
4	46,503	39,950	47,940	55,930	Tidak Ada Torsi
3	30,061	25,594	30,713	35,832	Tidak Ada Torsi
2	16,140	13,584	16,301	19,018	Tidak Ada Torsi
1	5,707	4,729	5,675	6,621	Torsi 1a

Sumber : *Output software* ETABS ver.16.2.0

Berdasarkan Tabel 5.7, bahwa pada gedung dengan dinding geser (*core wall*) akibat beban gempa pada arah Y terjadi ketidakberaturan torsi tipe 1a pada lantai 1 berdasarkan SNI 1726-2012.

5.4 Hasil Simpangan Horizontal Maksimum Pada Gedung Tanpa Dinding Geser dan Dengan Dinding Geser (*Core wall*)

Dari hasil analisis yang telah dilakukan dengan bantuan *software* ETABS, didapatkan hasil analisis berupa simpangan horizontal maksimum yang terjadi pada bangunan akibat beban kombinasi maksimum. Simpangan horizontal maksimum yang terjadi pada bangunan pada arah X dan arah Y dapat dilihat pada Tabel 5.8 dan Tabel 5.9, dan grafik simpangan horizontal maksimum dapat dilihat pada Gambar 5.5 untuk arah X dan Gambar 5.6 untuk arah Y.

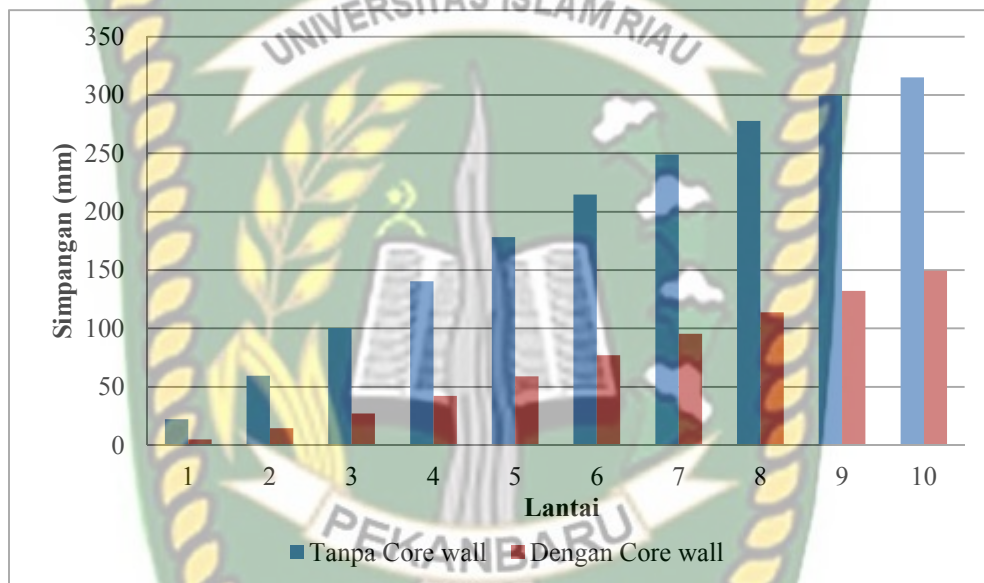
Tabel 5.8 Simpangan Horizontal Maksimum Arah X

Lantai	Elevasi (m)	Simpangan Horizontal Maksimum (δ maks) (mm)	
		Tanpa <i>Core wall</i>	Dengan <i>Core wall</i>
10	50,5	315,090	149,532
9	45,5	299,543	132,085
8	40,5	277,716	113,956
7	35,5	249,013	95,485
6	30,5	214,782	76,982
5	25,5	178,143	59,042
4	20,5	140,382	42,257
3	15,5	100,391	27,138
2	10,5	59,52	14,460
1	5,5	22,333	5,080

Sumber : *Output software* ETABS ver.16.2.0

Berdasarkan dari Tabel 5.8 dapat dilihat bahwa simpangan horizontal maksimum untuk arah X yang terjadi pada gedung tanpa *core wall* setelah dihitung dengan bantuan *software* ETABS, pada lantai 10 memiliki nilai sebesar 315,090 mm dan untuk lantai dibawahnya, simpangan horizontal terus menurun

sesuai dengan ketinggian lantai dan pengaruh beban gempa yang bekerja pada gedung. Dan setelah diberi dinding geser (*core wall*) nilai simpangan horisontal yang terjadi mengalami penurunan yang cukup besar yaitu pada lantai 10 sebesar 149,532 mm dan terus berkurang dari lantai 10 sampai dengan lantai paling bawah. Perbedaan nilai simpangan horisontal maksimum yang terjadi pada gedung sebelum dan setelah diberi *core wall* dapat dilihat pada grafik yang dapat dilihat pada Gambar 5.5.



Gambar 5.5 Grafik Simpangan Horisontal Maksimum Arah X

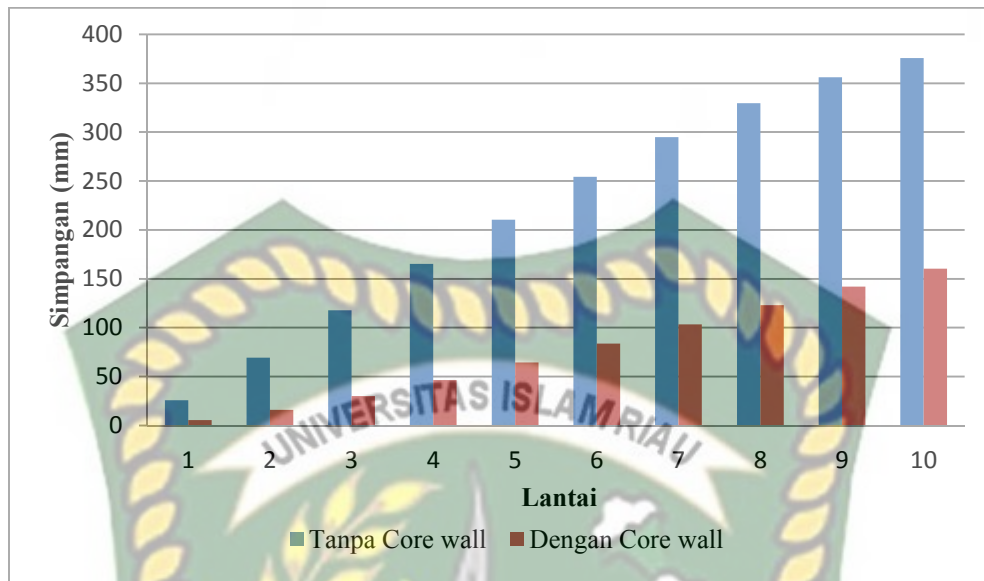
Dari Gambar 5.5 dapat dilihat perbedaan nilai simpangan horisontal maksimum pada arah X yang bekerja pada gedung sebelum dan setelah diberi *core wall*. Pada gedung sebelum diberi dinding geser (*core wall*), pada lantai 10 nilai simpangan horisontal maksimum yang terjadi sebesar 315,090 mm dan setelah ditambahkan dinding geser (*core wall*), nilai simpangan horisontal maksimum mengalami penurunan yang cukup besar menjadi 149,532 mm. Dan untuk lantai dibawahnya, nilai simpangan horisontal berkurang sesuai dengan pengaruh beban gempa yang bekerja disetiap lantai pada gedung, baik itu gedung tanpa *core wall* dan gedung dengan *core wall*.

Tabel 5.9 Simpangan Horisontal Maksimum Arah Y

Lantai	Elevasi (m)	Simpangan Horisontal Maksimum (δ maks) (mm)	
		Tanpa <i>Core wall</i>	Dengan <i>Core wall</i>
10	50,5	375,568	160,230
9	45,5	356,178	142,078
8	40,5	329,565	123,065
7	35,5	295,029	103,542
6	30,5	254,135	83,835
5	25,5	210,434	64,607
4	20,5	165,399	46,503
3	15,5	117,854	30,061
2	10,5	69,501	16,140
1	5,5	25,857	5,707

Sumber : *Output software* ETABS ver.16.2.0

Berdasarkan dari Tabel 5.9 dapat dilihat bahwa simpangan horisontal maksimum untuk arah Y yang terjadi pada gedung tanpa *core wall* setelah dihitung dengan bantuan *software* ETABS, pada lantai 10 memiliki nilai sebesar 375,568 mm dan untuk lantai dibawahnya, simpangan horisontal terus menurun sesuai dengan ketinggian lantai dan pengaruh beban gempa yang bekerja pada setiap lantai pada gedung gedung. Dan setelah diberi dinding geser (*core wall*) nilai simpangan horisontal yang terjadi mengalami penurunan yang cukup besar yaitu pada lantai 10 sebesar 160,230 mm dan terus berkurang dari lantai 10 sampai dengan lantai paling bawah. Perbedaan nilai simpangan horisontal maksimum yang terjadi pada gedung sebelum dan setelah diberi *core wall* dapat dilihat pada grafik yang dapat dilihat pada Gambar 5.6.



Gambar 5.6 Grafik Simpangan Horizontal Maksimum Arah Y

Dari Gambar 5.6 dapat dilihat perbedaan nilai simpangan horizontal maksimum pada arah Y yang bekerja pada gedung sebelum dan setelah diberi *core wall*. Pada gedung sebelum diberi dinding geser (*core wall*), pada lantai 10 nilai simpangan horizontal maksimum yang terjadi sebesar 375,568 mm dan setelah ditambahkan dinding geser (*core wall*), nilai simpangan horizontal maksimum mengalami penurunan yang cukup besar menjadi 160,230 mm. Dan untuk lantai dibawahnya, nilai simpangan horizontal berkurang sesuai dengan pengaruh beban gempa yang bekerja disetiap lantai pada gedung, baik itu gedung tanpa *core wall* dan gedung dengan *core wall*.

Dengan pemasangan dinding geser (*core wall*) dapat mengurangi nilai simpangan horizontal yang terjadi pada gedung. Berikut ini merupakan persentase perbandingan nilai simpangan horizontal pada gedung tanpa *core wall* dan gedung dengan *core wall* yang dapat dilihat pada Tabel 5.10.

Tabel 5.10 Perbandingan Nilai Simpangan pada Gedung tanpa *Core wall* dan gedung dengan *Core wall*

Lantai	Tanpa <i>Core wall</i> (mm)		Dengan <i>Core wall</i> (mm)		Perubahan simpangan tanpa dan dengan pemasangan <i>Core wall</i> (%)	
	δ_x	δ_y	δ_x	δ_y	Arah X	Arah Y
10	315,090	375,568	149,532	160,230	52,543	57,337
9	299,543	356,178	132,085	142,078	55,904	60,110
8	277,716	329,565	113,956	123,065	58,967	62,658
7	249,013	295,029	95,485	103,542	61,655	64,904
6	214,782	254,135	76,982	83,835	64,158	67,012
5	178,143	210,434	59,042	64,607	66,857	69,298
4	140,382	165,399	42,257	46,503	69,898	71,885
3	100,391	117,854	27,138	30,061	72,967	74,493
2	59,520	69,501	14,460	16,140	75,706	76,778
1	22,333	25,857	5,080	5,707	77,250	77,929

Sumber : Lampiran A-58

Dengan pemasangan dinding geser (*core wall*) pada gedung tidak beraturan memberikan pengaruh berupa berkurangnya nilai simpangan horisontal. Penurunan nilai simpangan horisontal pada arah X berkisar antara 52,543% sampai dengan 77,250% dan pada arah Y berkisar antara 57,337% sampai dengan 77,929%. Penurunan nilai simpangan horisontal menunjukkan bahwa pemasangan dinding geser (*core wall*) pada gedung tidak beraturan memberikan tambahan kekakuan pada struktur gedung.

5.5 Kinerja Simpangan Antar Lantai

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.8.6, simpangan antar lantai telah dibatasi oleh nilai simpangan ijin. Kinerja simpangan antar lantai struktur ditentukan oleh simpangan antar tingkat maksimum struktur akibat beban gempa. Simpangan

antar lantai yang terjadi pada gedung dan batasan simpangan ijin untuk arah X dan arah Y dapat dilihat pada tabel untuk gedung tanpa dinding geser (*core wall*) dan dengan dinding geser (*core wall*).

5.5.1 Hasil Simpangan Antar Lantai Untuk Gedung Tanpa Dinding Geser (*Core wall*)

Simpangan antar lantai pada gedung tanpa dinding geser (*core wall*) untuk arah X dan arah Y dapat dilihat pada Tabel 5.11 dan Tabel 5.12 dan untuk grafiknya dapat dilihat pada Gambar 5.7 dan Gambar 5.8.

Tabel 5.11 Simpangan Antar Lantai Arah X

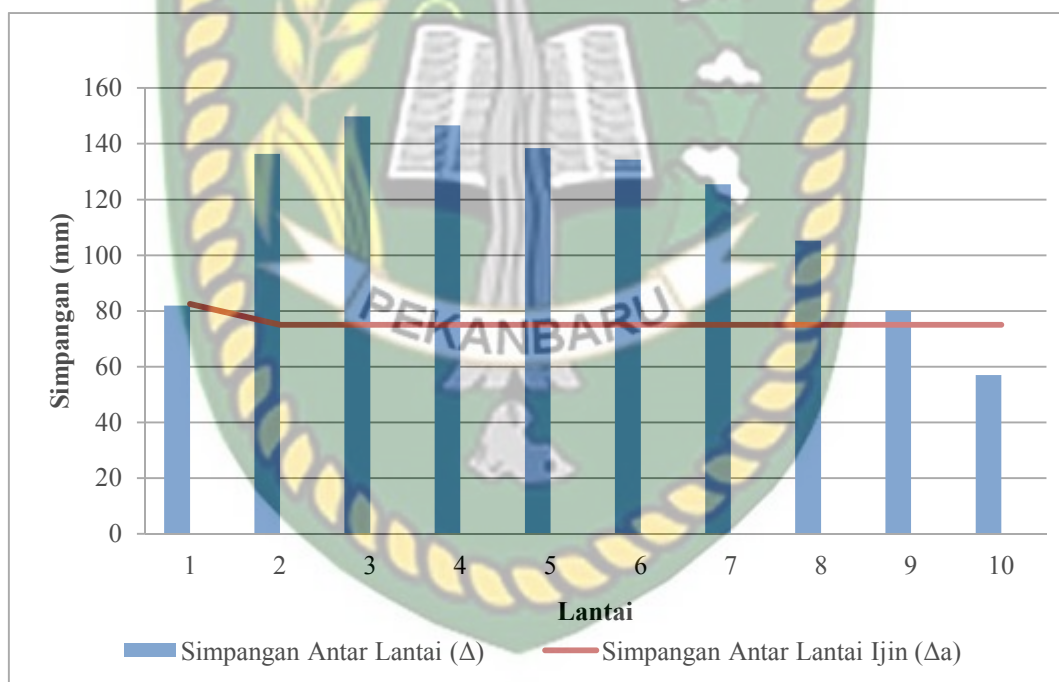
Lantai	Tinggi Lantai	Simpangan Antar Lantai (Δ)	Simpangan Antar Lantai Ijin (Δa)	Ket.
	(mm)	(mm)	(mm)	
10	5000	57,006	75	M
9	5000	80,032	75	TM
8	5000	105,244	75	TM
7	5000	125,514	75	TM
6	5000	134,343	75	TM
5	5000	138,457	75	TM
4	5000	146,634	75	TM
3	5000	149,860	75	TM
2	5000	136,352	75	TM
1	5500	81,887	82,5	M

Sumber : Lampiran A-33

M = Memenuhi, TM = Tidak Memenuhi

Pada Tabel 5.11, dapat dilihat bahwa nilai simpangan antar lantai pada lantai 10 sampai lantai 1 memiliki nilai yang berbeda-beda. Nilai simpangan antar lantai didapat dari selisih simpangan horisontal maksimum yang terjadi pada lantai atas dan lantai dibawahnya yang dapat dihitung berdasarkan pada persamaan 3.7, 3.8, dan 3.9 yang dijelaskan pada Bab 3. Nilai simpangan antar lantai yang terjadi pada gedung tanpa *core wall* untuk arah X pada lantai 10 sampai lantai 1 yaitu

57,006 mm, 80,032 mm, 105,244 mm, 125,514 mm, 134,343 mm, 138,457 mm, 146,634 mm, 149,860 mm, 136,352 mm dan 81,887 mm. Untuk dapat mengetahui simpangan antar lantai dapat mereduksi pengaruh beban gempa, maka nilai simpangan antar lantai dapat dibatasi agar tidak terjadi kegagalan struktur dalam menahan beban gempa. Nilai batasan simpangan antar lantai ijin didapat dari persamaan pada Tabel 3.8 pada Bab 3, dan dipilih berdasarkan pada jenis struktur dan kategori risikonya. Nilai batasan simpangan antar lantai ijin untuk lantai dengan tinggi lantai 5000 mm (5 m) didapat sebesar 75 mm dan untuk ketinggian lantai 5500 mm (5,5 m) sebesar 82,5 mm. Berikut ini merupakan grafik simpangan antar lantai dan batasan simpangan antar lantai ijin untuk arah X pada gedung tanpa *core wall* dan dapat dilihat pada Gambar 5.7.



Gambar 5.7 Grafik Simpangan Antar Lantai Tanpa Dinding Geser Arah X

Berdasarkan pada Gambar 5.8, dapat dilihat bahwa nilai simpangan antar lantai pada lantai 1 dan lantai 10 dibawah dari nilai simpangan antar lantai ijin dan pada lantai 2 sampai lantai 9, nilai simpangan antar lantai melebihi dari nilai simpangan antar lantai ijin. Simpangan antar lantai ijin pada lantai 1 sebesar 82,5 mm dan pada lantai 2 sampai 10 sebesar 75 mm. Berdasarkan SNI 1726-2012 karena nilai simpangan antar lantai pada gedung dengan *core wall* arah X diatas

nilai simpangan antar lantai ijin, maka gedung tanpa *core wall* belum mampu dalam mereduksi pengaruh beban gempa yang terjadi pada arah X.

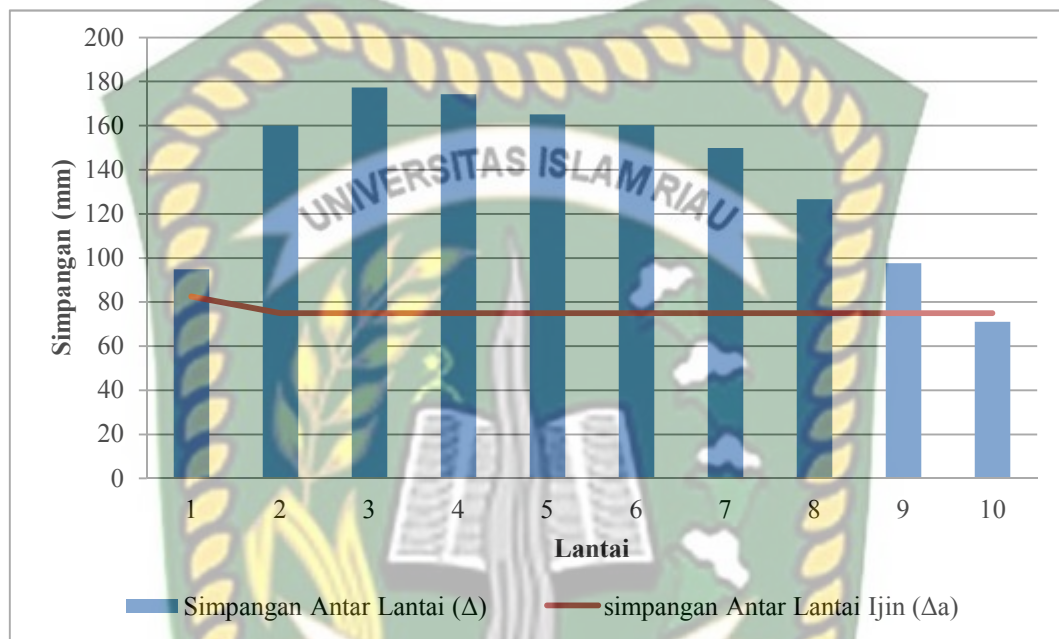
Tabel 5.12 Simpangan Antar Lantai Arah Y

Lantai	Tinggi Lantai	Simpangan Antar Lantai (Δ)	Simpangan Antar Lantai Ijin (Δa)	Ket.
	(mm)	(mm)	(mm)	
10	5000	71,097	75	M
9	5000	97,581	75	TM
8	5000	126,632	75	TM
7	5000	149,945	75	TM
6	5000	160,237	75	TM
5	5000	165,128	75	TM
4	5000	174,332	75	TM
3	5000	177,294	75	TM
2	5000	160,028	75	TM
1	5500	94,809	82,5	TM

Sumber : Lampiran A-33 dan A-34 M = Memenuhi, TM = Tidak Memenuhi

Pada Tabel 5.12, dapat dilihat bahwa nilai simpangan antar lantai pada lantai 10 sampai lantai 1 memiliki nilai yang berbeda-beda. Nilai simpangan antar lantai didapat dari selisih simpangan horisontal maksimum yang terjadi pada lantai atas dan lantai dibawahnya yang dapat dihitung berdasarkan pada persamaan 3.7, 3.8, dan 3.9 yang dijelaskan pada Bab 3. Nilai simpangan antar lantai yang terjadi pada gedung tanpa *core wall* untuk arah Y pada lantai 10 sampai lantai 1 yaitu 71,097 mm, 97,581 mm, 126,632 mm, 149,945 mm, 160,237 mm, 165,128 mm, 174,332 mm, 177,294 mm, 160,028 mm dan 94,809 mm. Untuk dapat mengetahui simpangan antar lantai dapat mereduksi pengaruh beban gempa, maka nilai simpangan antar lantai dibatasi agar tidak terjadi kegagalan struktur dalam menahan beban gempa. Nilai batasan simpangan antar lantai ijin didapat dari persamaan pada Tabel 3.8 pada Bab 3, dan dipilih berdasarkan pada jenis struktur dan kategori resikonya. Nilai batasan simpangan antar lantai ijin untuk lantai

dengan tinggi lantai 5000 mm (5 m) didapat sebesar 75 mm dan untuk ketinggian lantai 5500 mm (5,5 m) sebesar 82,5 mm. Berikut ini merupakan grafik simpangan antar lantai dan batasan simpangan antar lantai ijin untuk arah Y pada gedung tanpa *core wall* dan dapat dilihat pada Gambar 5.8.



Gambar 5.8 Grafik Simpangan Antar Lantai Tanpa Dinding Geser Arah Y

Berdasarkan pada Gambar 5.8, dapat dilihat bahwa nilai simpangan antar lantai pada lantai 1 sampai lantai 9 melebihi dari nilai simpangan antar lantai ijin dan pada lantai 10, nilai simpangan antar lantai dibawah dari nilai simpangan antar lantai ijin. Simpangan antar lantai ijin pada lantai 1 sebesar 82,5 mm dan pada lantai 2 sampai 10 sebesar 75 mm. Berdasarkan SNI 1726-2012 karena nilai simpangan antar lantai pada gedung dengan *core wall* arah X diatas nilai simpangan antar lantai ijin, maka gedung tanpa *core wall* belum mampu dalam mereduksi pengaruh beban gempa yang terjadi untuk arah X.

5.5.2 Hasil Simpangan Antar Lantai Untuk Gedung Dengan Dinding Geser (*Core wall*)

Simpangan antar lantai pada gedung dengan dinding geser (*core wall*) untuk arah X dan arah Y dapat dilihat pada Tabel 5.13 dan Tabel 5.14 dan untuk grafiknya dapat dilihat pada Gambar 5.9 dan Gambar 5.10.

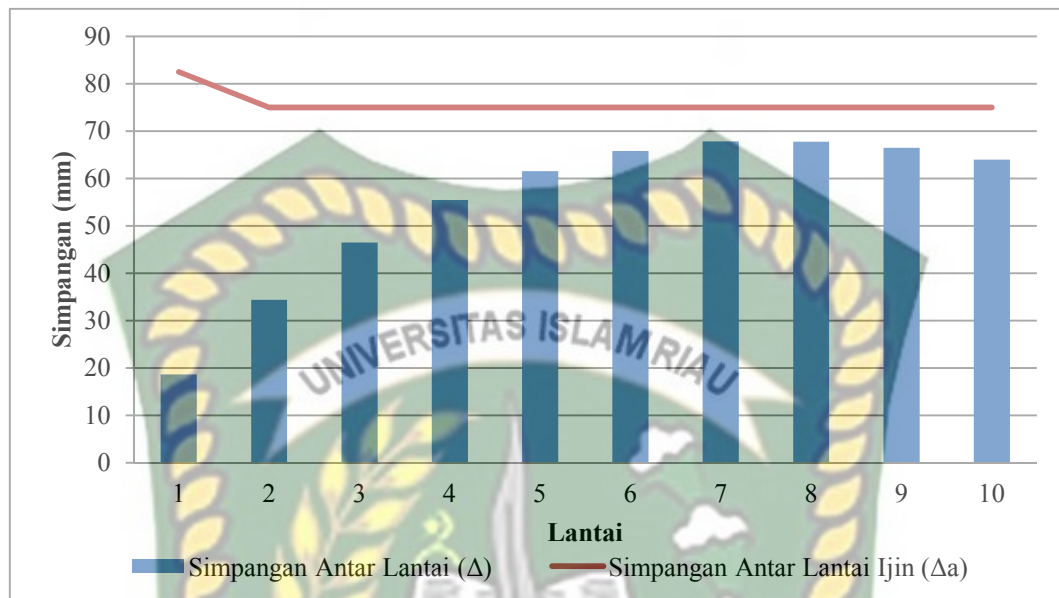
Tabel 5.13 Simpangan Antar Lantai Arah X

Lantai	Tinggi Lantai	Simpangan Antar Lantai (Δ)	Simpangan Antar Lantai Ijin (Δ_a)	Ket.
	(mm)	(mm)	(mm)	
10	5000	63,912	75	M
9	5000	66,474	75	M
8	5000	67,726	75	M
7	5000	67,845	75	M
6	5000	65,779	75	M
5	5000	61,543	75	M
4	5000	55,436	75	M
3	5000	46,488	75	M
2	5000	34,391	75	M
1	5500	18,629	82,5	M

Sumber : Lampiran A-39

M = Memenuhi, TM = Tidak Memenuhi

Pada Tabel 5.13, dapat dilihat bahwa nilai simpangan antar lantai pada lantai 10 sampai lantai 1 memiliki nilai yang berbeda-beda. Nilai simpangan antar lantai didapat dari selisih simpangan horisontal maksimum yang terjadi pada lantai atas dan lantai dibawahnya yang dapat dihitung berdasarkan pada persamaan 3.7, 3.8, dan 3.9 yang dijelaskan pada Bab 3. Maka, didapat nilai simpangan antar lantai untuk arah Y pada lantai 10 sampai lantai 1 yaitu 63,912 mm, 66,474 mm, 67,726 mm, 67,845 mm, 65,779 mm, 61,543 mm, 55,436 mm, 46,488 mm, 34,391 mm, dan 18,629 mm. Nilai simpangan antar lantai dibatasi agar tidak terjadi kegagalan struktur dalam menahan beban gempa. Nilai batasan simpangan antar lantai ijin didapat dari persamaan pada Tabel 3.8 pada Bab III, dan dipilih berdasarkan pada jenis struktur dan kategori resikonya. Nilai batasan simpangan antar lantai ijin untuk lantai dengan tinggi lantai 5000 mm (5 m) didapat sebesar 75 mm dan untuk ketinggian lantai 5500 mm (5,5 m) sebesar 82,5 mm. Berikut ini merupakan grafik simpangan antar lantai dan batasan simpangan antar lantai ijin untuk arah X pada gedung dengan *core wall* dan dapat dilihat pada Gambar 5.9.



Gambar 5.9 Grafik Simpangan Antar Lantai Dengan *Core wall* Arah X

Berdasarkan pada Gambar 5.9, dapat dilihat bahwa nilai simpangan antar lantai yang terjadi pada gedung dengan *core wall* arah X pada lantai 1 sampai lantai 10 dibawah dari nilai simpangan antar lantai ijin. Pada lantai 1, nilai simpangan antar lantai ijin sebesar 82,5 mm dan untuk lantai 2 sampai lantai 10 nilai simpangan antar lantai ijin sebesar 75 mm. Berdasarkan SNI 1726-2012 karena nilai simpangan antar lantai pada gedung dengan *core wall* arah X dibawah nilai simpangan antar lantai ijin, maka gedung dengan *core wall* mampu dalam mereduksi pengaruh beban gempa yang terjadi untuk arah X.

Tabel 5.14 Simpangan Antar Lantai Arah Y

Lantai	Tinggi Lantai (m)	Simpangan Antar Lantai (Δ)	Simpangan Antar Lantai Ijin (Δ_a)	Ket.
	(mm)	(mm)	(mm)	
A	B	C	D	E
10	5000	66,557	75	M
9	5000	69,715	75	M
8	5000	71,585	75	M

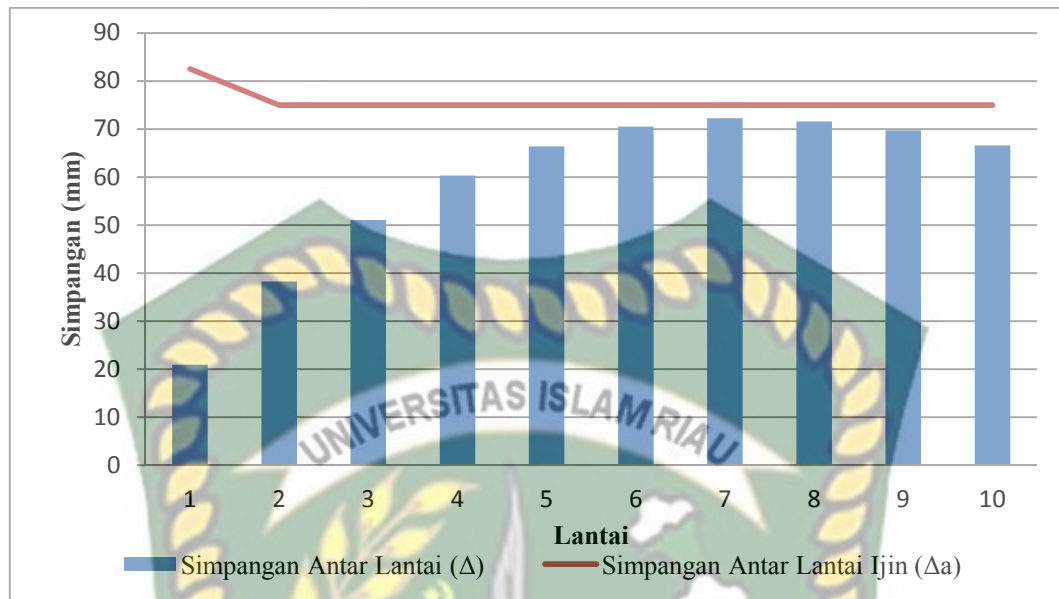
Tabel 5.14 Lanjutan

A	B	C	D	E
7	5000	72,259	75	M
6	5000	70,504	75	M
5	5000	66,381	75	M
4	5000	60,287	75	M
3	5000	51,044	75	M
2	5000	38,254	75	M
1	5500	20,925	82,5	M

Sumber : Lampiran A-39 dan A-40

M = Memenuhi, TM = Tidak Memenuhi

Pada Tabel 5.14, dapat dilihat bahwa nilai simpangan antar lantai pada lantai 10 sampai lantai 1 memiliki nilai yang berbeda-beda. Nilai simpangan antar lantai didapat dari selisih simpangan horisontal maksimum yang terjadi pada lantai atas dan lantai dibawahnya yang dapat dihitung berdasarkan pada persamaan 3.7, 3.8, dan 3.9 yang dijelaskan pada Bab 3. Maka, didapat nilai simpangan antar lantai untuk arah Y pada lantai 10 sampai lantai 1 yaitu 66,557 mm, 69,715 mm, 71,585 mm, 72, 259 mm, 70,504 mm, 66,381 mm, 60,287 mm, 51,044 mm, 38,254 mm, dan 20,925 mm. Nilai simpangan antar lantai dibatasi agar tidak terjadi kegagalan struktur dalam menahan beban gempa. Nilai batasan simpangan antar lantai ijin didapat dari persamaan pada Tabel 3.8 pada Bab III, dan dipilih berdasarkan pada jenis struktur dan kategori resikonya. Nilai batasan simpangan antar lantai ijin untuk lantai dengan tinggi lantai 5000 mm (5 m) didapat sebesar 75 mm dan untuk ketinggian lantai 5500 mm (5,5 m) sebesar 82,5 mm. Berikut ini merupakan grafik simpangan antar lantai dan batasan simpangan antar lantai ijin untuk arah Y pada gedung dengan *core wall* dan dapat dilihat pada Gambar 5.10.



Gambar 5.10 Grafik Simpangan Antar Lantai Dengan *Core wall* Arah Y

Berdasarkan pada Gambar 5.10, dapat dilihat bahwa nilai simpangan antar lantai yang terjadi pada gedung dengan *core wall* arah Y pada lantai 1 sampai lantai 10 dibawah dari nilai simpangan antar lantai ijin. Pada lantai 1, nilai simpangan antar lantai ijin sebesar 82,5 mm dan untuk lantai 2 sampai lantai 10 nilai simpangan antar lantai ijin sebesar 75 mm. Berdasarkan SNI 1726-2012 karena nilai simpangan antar lantai pada gedung dengan *core wall* arah X dibawah nilai simpangan antar lantai ijin, maka gedung dengan *core wall* mampu dalam mereduksi pengaruh beban gempa yang terjadi untuk arah Y.

5.6 *Core wall* dengan Bukaannya

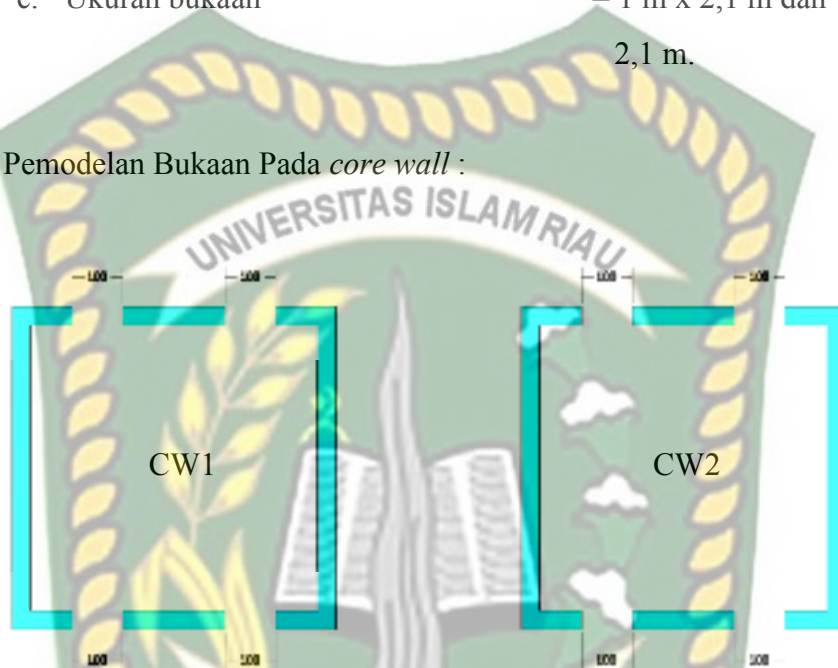
5.6.1 Pemodelan Struktur *Core wall* Dengan Bukaannya

Setelah didapat posisi dan ukuran *core wall* yang dapat mereduksi beban gempa pada bangunan gedung tidak beraturan, maka selanjutnya struktur dinding geser (*core wall*) akan diberi bukaan yang difungsikan sebagai pintu untuk lift. Pemodelan struktur *core wall* dengan bukaan akan dimodelkan sebanyak 12 model penempatan dan ukuran bukaan pada *core wall* yang berbeda. Ukuran bukaan yang digunakan untuk pintu lift disesuaikan dengan kebutuhan dan posisi bukaan sejajar mulai dari lantai 1 sampai lantai 10. Berikut ini merupakan data struktur *core wall* dan model bukaan pada *core wall* yang akan di analisis :

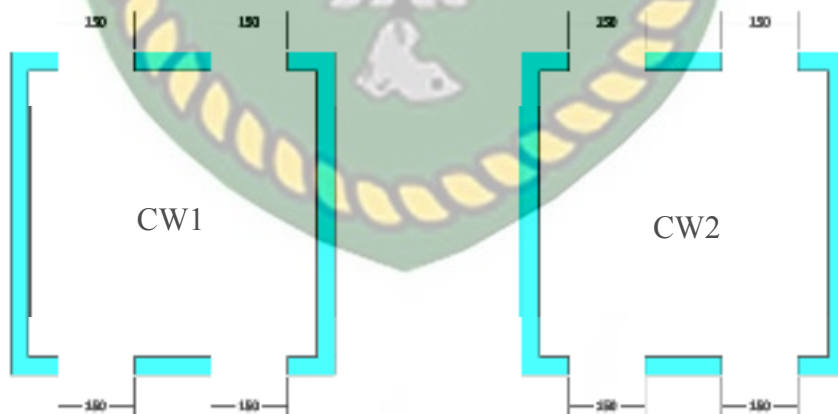
1. Data Struktur *Core wall* :

- Ukuran *core wall* untuk CW1 dan CW2 = 6 m x 6 m
- Tebal dinding geser (*core wall*) = 350 mm
- Ukuran bukaan = 1 m x 2,1 m dan 1,5 m x 2,1 m.

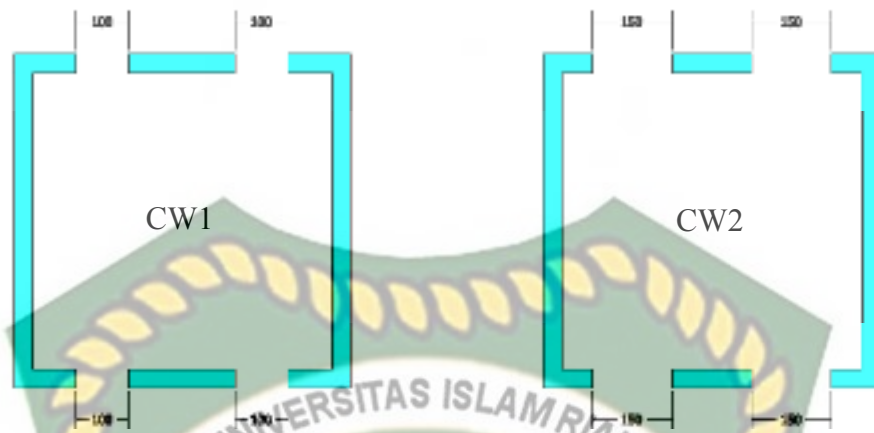
2. Pemodelan Bukaan Pada *core wall* :



Gambar 5.11 Bukaan Pada *Core wall* Model 1



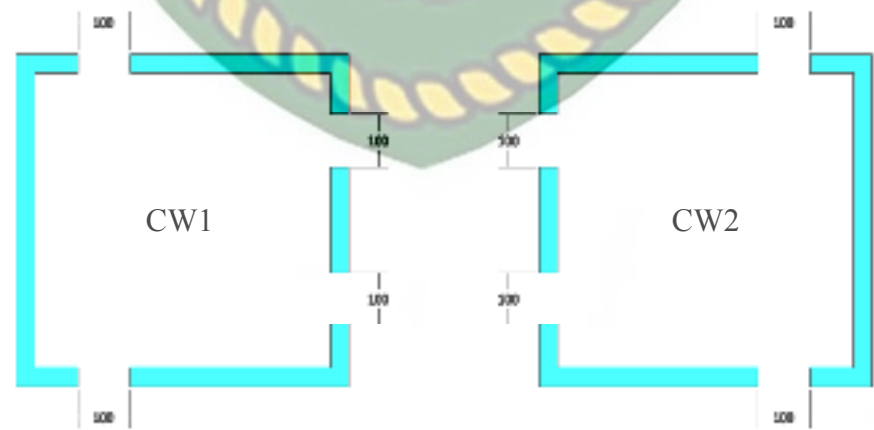
Gambar 5.12 Bukaan Pada *Core wall* Model 2



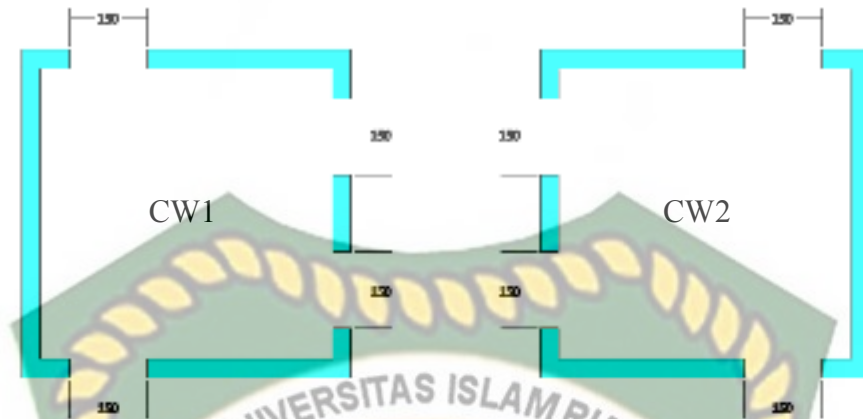
Gambar 5.13 Bukaan Pada Core wall Model 3



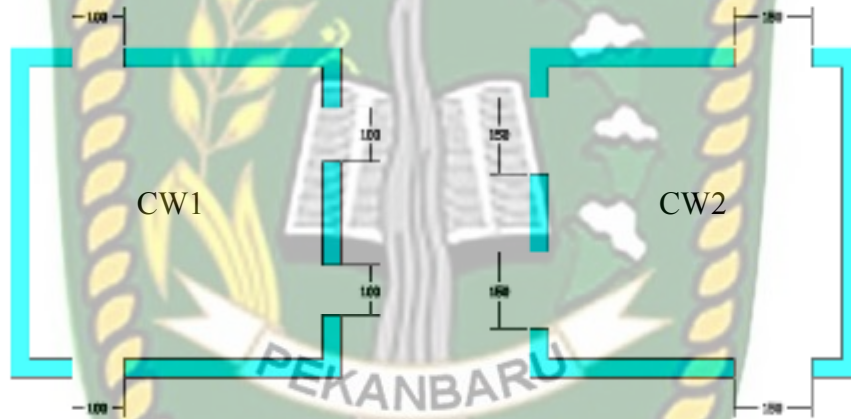
Gambar 5.14 Bukaan Pada Core wall Model 4



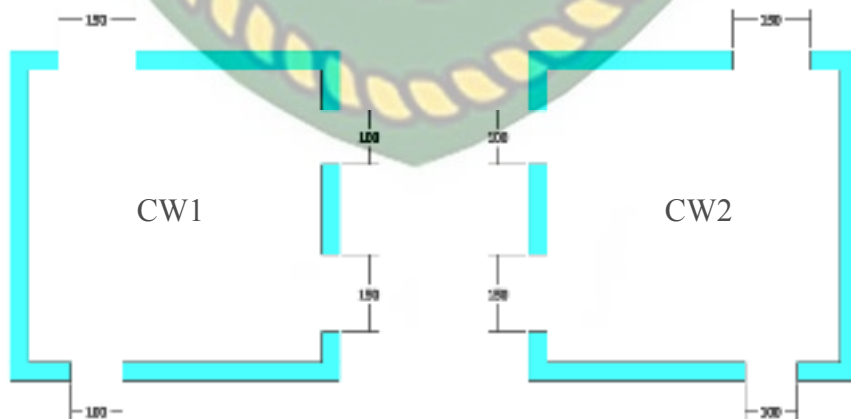
Gambar 5.15 Bukaan Pada Core wall Model 5



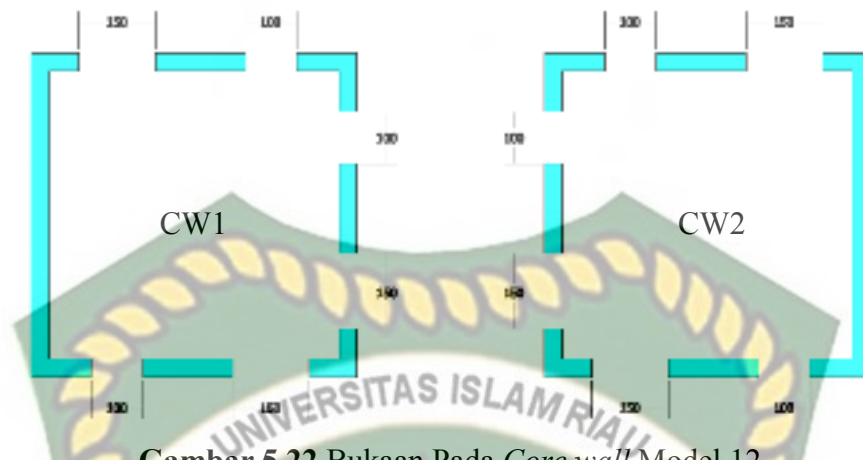
Gambar 5.16 Bukaan Pada Core wall Model 6



Gambar 5.17 Bukaan Pada Core wall Model 7



Gambar 5.18 Bukaan Pada Core wall Model 8



Gambar 5.22 Bukaan Pada *Core wall* Model 12

5.6.2 Ketidakberaturan Torsi Pada Gedung Dengan *Core wall* Akibat Bukaan

Berikut ini merupakan ketidakberaturan torsi pada gedung dengan dinding geser (*core wall*) akibat bukaan pada arah X dan arah Y dapat dilihat pada Tabel 5.15 dan Tabel 5.6 berikut :

Tabel 5.15 Ketidakberaturan Torsi Arah X

Lantai	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6	Model 7	Model 8	Model 9	Model 10	Model 11	Model 12
10	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi
9	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi
8	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi
7	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi
6	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi
5	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi
4	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi
3	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi
2	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi
1	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi

Sumber : Lampiran A-41 sampai A-52

Tabel 5.16 Ketidakberaturan Torsi Arah Y

Lantai	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6	Model 7	Model 8	Model 9	Model 10	Model 11	Model 12
10	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi
9	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi
8	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi
7	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi
6	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi
5	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi
4	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi
3	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Torsi 1a	Tidak ada torsi
2	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Torsi 1a	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Torsi 1a	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Torsi 1a	Tidak ada torsi
1	Torsi 1a	Tidak ada torsi	Torsi 1a	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Torsi 1a	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Tidak ada torsi	Torsi 1a	Tidak ada torsi

Sumber : Lampiran A-41 sampai A-52

Berdasarkan Tabel 5.15 untuk arah X, bahwa pada gedung dengan dinding geser (*core wall*) akibat bukaan terhadap beban gempa tidak terdapat ketidakberaturan torsi tipe 1a dan 1b berdasarkan SNI 1726-2012. Dan untuk arah Y berdasarkan Tabel 5.16 terdapat ketidakberaturan torsi tipe 1a yang terjadi pada gedung untuk model 1 pada lantai 1, model 3 pada lantai 1 dan 2, model 4 pada lantai 1, model 7 pada lantai 1 dan 2, dan model 11 pada lantai 1, 2 dan 3 berdasarkan SNI 1726-2012.

5.6.3 Hasil Simpangan Horizontal Maksimum Akibat Bukaan Pada Dinding Geser (*Core wall*)

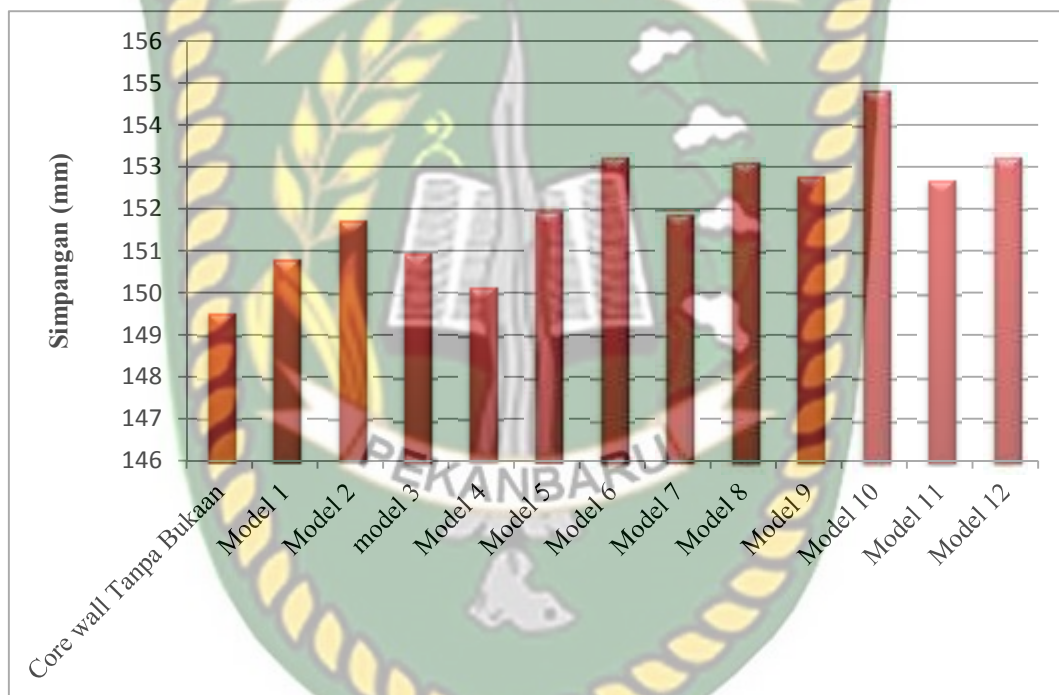
Setelah dinding geser (*core wall*) diberi bukaan, maka akan memberikan pengaruh berupa meningkatnya nilai simpangan horizontal pada struktur gedung dengan dinding geser (*core wall*) akibat bukaan. Meningkatnya nilai simpangan horizontal pada struktur gedung dengan dinding geser (*core wall*) akibat bukaan dapat dilihat dari hasil analisis yang telah dilakukan dengan bantuan *software* ETABS berdasarkan simpangan horizontal maksimum. Simpangan horizontal maksimum yang terjadi dapat dilihat pada Tabel 5.17 untuk arah X dan Tabel 5.18 untuk arah Y dan grafik simpangan horizontal maksimum akibat bukaan pada *core wall* dapat dilihat pada Gambar 5.23 untuk arah X dan Gambar 5.24 untuk arah Y.

Tabel 5.17 Simpangan Horizontal Maksimum Arah X

Lantai	Elevasi (m)	Simpangan Horizontal Maksimum (δ maks)											
		(mm)											
		Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6	Model 7	Model 8	Model 9	Model 10	Model 11	Model 12
10	50,5	150,809	151,739	150,692	150,157	151,952	153,239	151,892	153,112	152,786	154,843	152,687	153,243
9	45,5	133,540	134,644	133,780	133,095	134,514	135,809	134,523	135,634	135,486	137,682	135,537	136,073
8	40,5	115,468	116,645	115,759	115,189	116,293	117,545	116,353	117,343	117,327	119,543	117,488	117,990
7	35,5	96,981	98,167	97,300	96,841	97,660	98,827	97,756	98,614	98,705	100,848	98,944	99,401
6	30,5	78,390	79,521	78,713	78,361	78,925	79,967	79,042	79,758	79,929	81,911	80,214	80,617
5	25,5	60,321	61,360	60,633	60,384	60,714	61,609	60,841	61,413	61,641	63,405	61,948	62,291
4	20,5	43,371	44,285	43,657	43,503	43,630	44,360	43,757	44,186	44,448	45,945	44,754	45,032
3	15,5	28,023	28,755	28,260	28,185	28,168	28,708	28,277	28,569	28,829	29,989	29,098	29,307
2	10,5	15,061	15,558	15,266	15,204	15,120	15,457	15,198	15,365	15,582	16,349	15,779	15,914
1	5,5	5,349	5,569	5,424	5,424	5,368	5,510	5,406	5,472	5,591	5,930	5,685	5,746

Sumber : Lampiran A-53

Berdasarkan pada Tabel 5.17, simpangan horisontal maksimum yang terjadi pada gedung dengan *core wall* akibat bukaan untuk arah X lantai 10 pada model bukaan 1 sampai model bukaan 12 sebesar 150,809 mm, 151,739 mm, 150,692 mm, 150,157 mm, 151,952 mm, 153,239 mm, 151,892 mm, 153,112 mm, 152,786 mm, 154,843 mm, 152,687 mm dan 153,243 mm. Untuk dapat melihat perbedaan simpangan horisontal maksimum yang terjadi pada gedung dengan *core wall* akibat bukaan pada lantai 10 untuk arah X dapat dilihat dalam grafik pada gambar 5.23.



Gambar 5.23 Grafik Simpangan Horisontal Maksimum Arah X Pada Lantai 10

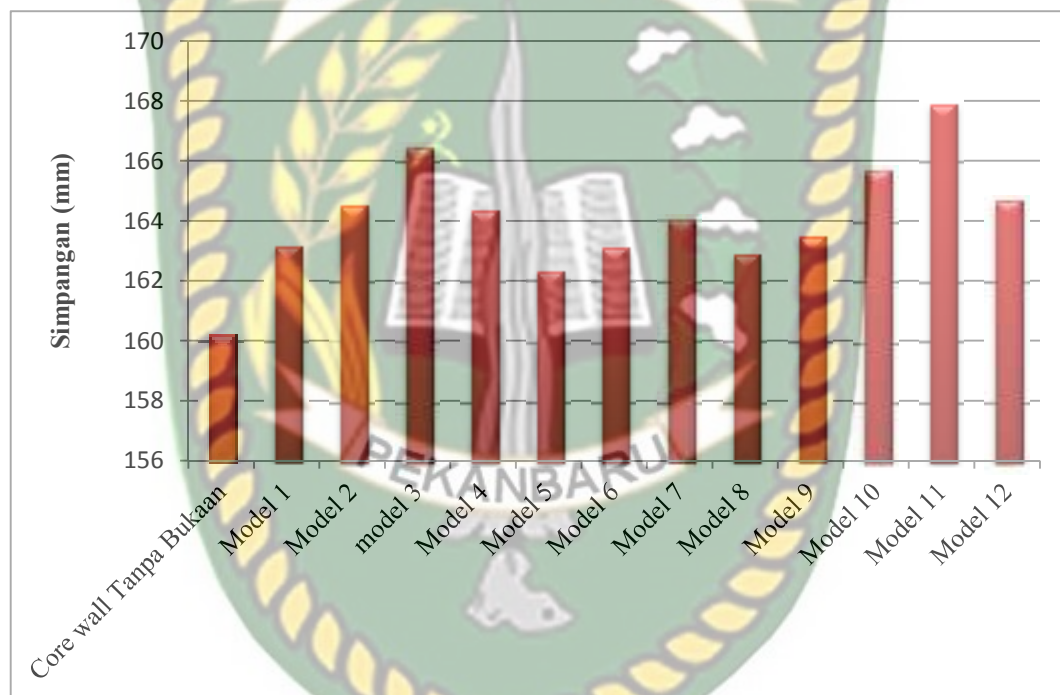
Berdasarkan Gambar 5.23, simpangan horisontal maksimum akibat bukaan pada dinding geser (*core wall*) pada sumbu arah X lantai 10 memberikan peningkatan nilai simpangan horisontal akibat dari adanya bukaan. Simpangan horisontal maksimum akibat bukaan yang paling besar terjadi pada model 10 sebesar 154,834 mm dan yang terkecil terjadi pada model 4 sebesar 150,157 mm.

Tabel 5.18 Simpangan Horizontal Maksimum Arah Y

Lantai	Elevasi (m)	Simpangan Horizontal Maksimum (δ maks)											
		(mm)											
		Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6	Model 7	Model 8	Model 9	Model 10	Model 11	Model 12
10	50,5	163,162	164,524	166,483	164,354	162,334	163,126	164,070	162,913	163,511	165,716	167,901	164,708
9	45,5	144,860	146,134	147,894	145,951	144,271	145,152	145,996	144,883	145,407	147,579	149,537	146,582
8	40,5	125,641	126,807	128,354	126,620	125,236	126,149	126,887	125,851	126,310	128,382	130,098	127,430
7	35,5	105,847	106,879	108,199	106,698	105,605	106,500	107,127	106,194	106,589	108,498	109,960	107,620
6	30,5	85,814	86,685	87,769	86,521	85,713	86,547	87,058	86,251	86,581	88,268	89,466	87,491
5	25,5	66,231	66,925	67,771	66,787	66,256	67,001	67,398	66,728	66,991	68,420	69,352	67,759
4	20,5	47,758	48,267	48,881	48,160	47,889	48,521	48,807	48,280	48,477	49,621	50,296	49,089
3	15,5	30,928	31,250	31,650	31,183	31,126	31,610	31,796	31,419	31,552	32,379	32,818	31,991
2	10,5	16,620	16,771	16,988	16,745	16,837	17,144	17,244	17,019	17,094	17,589	17,827	17,355
1	5,5	5,848	5,878	5,956	5,882	6,009	6,131	6,167	6,081	6,109	6,295	6,382	6,208

Sumber : Lampiran A-54

Berdasarkan pada Tabel 5.18, simpangan horisontal maksimum yang terjadi pada gedung dengan *core wall* akibat bukaan untuk arah Y lantai 10 pada model bukaan 1 sampai model bukaan 12 sebesar 163,162 mm, 164,524 mm, 166,483 mm, 166,354 mm, 162,334 mm, 163,126 mm, 164,070 mm, 162, 913 mm, 163, 511 mm, 165,716 mm, 167,901, dan 164,708 mm. Untuk dapat melihat perbedaan simpangan horisontal maksimum yang terjadi pada gedung dengan *core wall* akibat bukaan pada lantai 10 untuk arah Y dapat dilihat dalam grafik pada gambar 5.24.



Gambar 5.24 Grafik Simpangan Horisontal Maksimum Arah Y Pada Lantai 10

Berdasarkan Gambar 5.24 simpangan horisontal maksimum akibat bukaan pada dinding geser (*core wall*) pada sumbu arah Y lantai 10 memberikan pengaruh berupa meningkatnya nilai simpangan horisontal akibat dari adanya bukaan. Simpangan horisontal maksimum akibat bukaan yang paling besar terjadi pada model 11 sebesar 167,901 mm dan yang terkecil terjadi pada model 5 sebesar 162,334 mm.

Persentase perbandingan nilai simpangan horisontal pada *core wall* akibat bukaan dapat dilihat pada Tabel 5.19 untuk arah X dan Tabel 5.20 untuk arah Y.

Tabel 5.19 Perubahan Nilai Simpangan Akibat Bukaannya Pada *Core wall* Arah X

Lantai	Perubahan Nilai Simpangan Akibat Bukaannya Pada <i>Core wall</i> (%)											
	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6	Model 7	Model 8	Model 9	Model 10	Model 11	Model 12
10	0,847	1,454	0,947	0,416	1,592	2,419	1,554	2,338	2,130	3,430	2,066	2,421
9	1,089	1,900	1,267	0,759	1,806	2,742	1,812	2,616	2,510	4,065	2,547	2,931
8	1,309	2,305	1,558	1,070	2,010	3,053	2,060	2,886	2,873	4,674	3,006	3,419
7	1,542	2,732	1,865	1,400	2,227	3,382	2,323	3,173	3,262	5,318	3,496	3,939
6	1,796	3,193	2,199	1,760	2,462	3,733	2,606	3,481	3,687	6,018	4,029	4,509
5	2,120	3,778	2,624	2,222	2,754	4,167	2,957	3,861	4,216	6,881	4,691	5,216
4	2,567	4,578	3,206	2,863	3,146	4,740	3,427	4,365	4,928	8,026	5,578	6,161
3	3,157	5,622	3,969	3,713	3,655	5,467	4,026	5,007	5,864	9,505	6,734	7,399
2	3,991	7,058	5,031	4,894	4,365	6,450	4,856	5,890	7,201	11,554	8,359	9,137
1	5,016	8,769	6,330	6,330	5,353	7,792	6,018	7,152	9,128	14,323	10,630	11,579

Sumber : Lampiran A-60

Tabel 5.20 Perubahan Nilai Simpangan Akibat Bukaannya Pada *Core wall* Arah Y

Lantai	Perubahan Nilai Simpangan Akibat Bukaannya Pada <i>Core wall</i> (%)											
	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6	Model 7	Model 8	Model 9	Model 10	Model 11	Model 12
10	1,797	2,610	3,756	2,509	1,296	1,775	2,340	1,647	2,006	3,310	4,569	2,719
9	1,920	2,775	3,932	2,653	1,520	2,118	2,683	1,936	2,289	3,727	4,988	3,073
8	2,050	2,951	4,121	2,808	1,733	2,445	3,012	2,214	2,569	4,141	5,406	3,425
7	2,178	3,122	4,304	2,958	1,954	2,777	3,347	2,497	2,859	4,568	5,837	3,789
6	2,306	3,288	4,482	3,105	2,191	3,134	3,702	2,801	3,172	5,022	6,294	4,179
5	2,453	3,464	4,669	3,265	2,489	3,574	4,142	3,179	3,559	5,573	6,842	4,652
4	2,629	3,655	4,866	3,441	2,895	4,160	4,721	3,681	4,073	6,284	7,542	5,269
3	2,804	3,805	5,021	3,599	3,422	4,901	5,457	4,323	4,726	7,160	8,402	6,034
2	2,891	3,765	4,994	3,616	4,142	5,859	6,405	5,167	5,583	8,241	9,466	7,003
1	2,415	2,913	4,184	2,979	5,029	6,919	7,463	6,154	6,584	9,344	10,580	8,074

Sumber : Lampiran A-61

Dengan adanya bukaan pada dinding geser (*core wall*) memberikan pengaruh berupa berkurangnya kekakuan pada struktur gedung dengan *core wall*. Berdasarkan Tabel 5.19, penurunan kekakuan pada gedung dengan *core wall* akibat bukaan dapat dilihat dari nilai simpangan pada lantai 10 arah X berkisar antara 0,416% sampai dengan 3,430%. Dan untuk arah Y, berdasarkan Tabel 5.20 penurunan kekakuan pada gedung dengan *core wall* akibat bukaan dapat dilihat dari nilai simpangan pada lantai 10 arah Y berkisar antara 1,296% sampai dengan 4,569%.

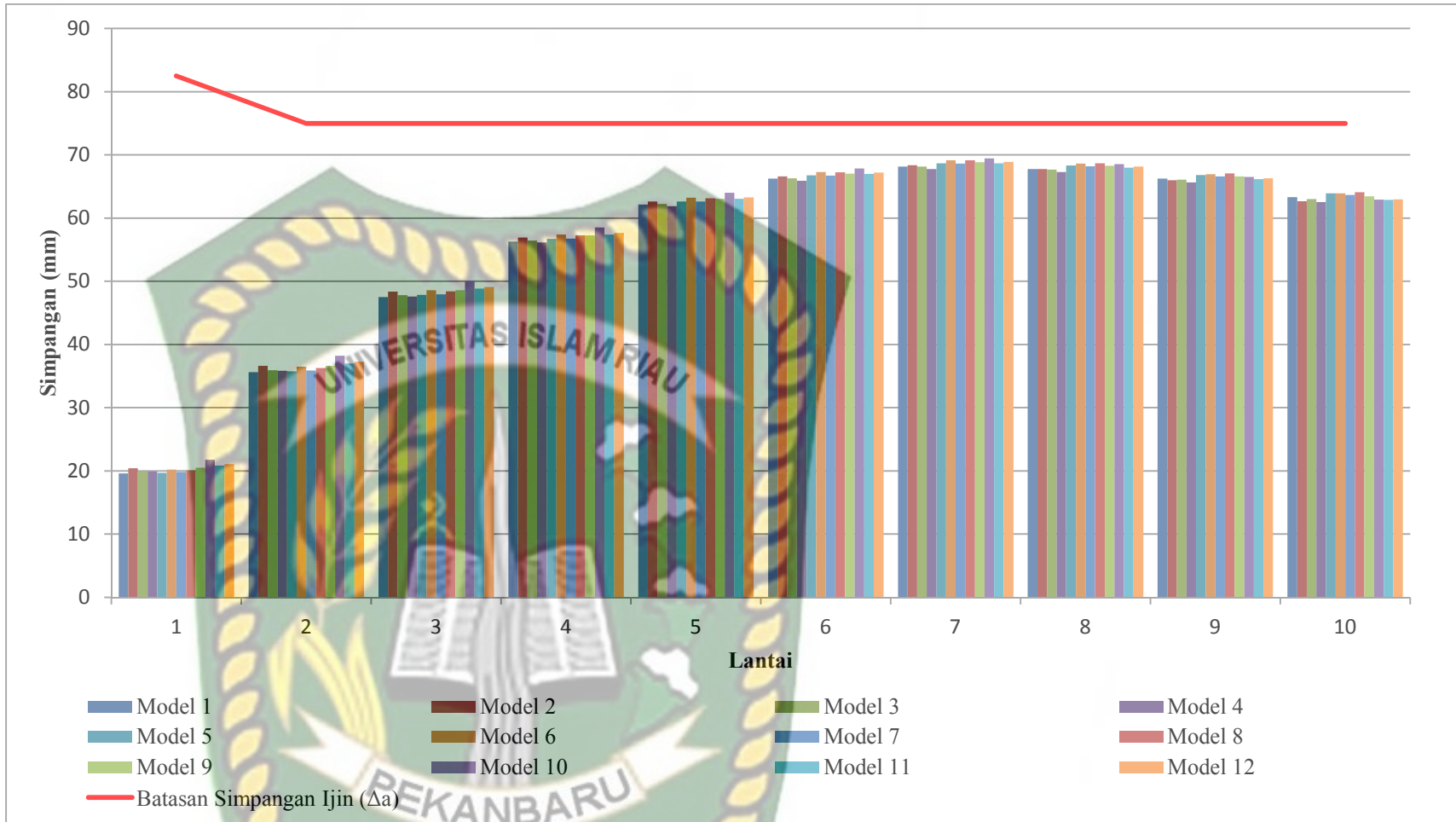
5.6.4 Kinerja Simpangan Antar Lantai Akibat Bukaan Pada *Core wall*

Simpangan antar lantai yang terjadi pada *core wall* akibat bukaan pada setiap model dapat dilihat pada Tabel 5.21 untuk arah X dan Tabel 5.22 untuk arah Y serta grafik simpangan antar lantai pada Gambar 5.25 untuk arah X dan Gambar 5.26 untuk arah Y.

Tabel 5.21 Simpangan Antar lantai Akibat Bukaannya Pada *Core wall* Arah X

Lantai	Simpangan Antar Lantai (Δ)											
	(mm)											
	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6	Model 7	Model 8	Model 9	Model 10	Model 11	Model 12
10	63,320	62,682	63,001	62,561	63,939	63,910	63,686	64,086	63,433	62,924	62,883	62,957
9	66,264	65,996	66,077	65,655	66,810	66,968	66,623	67,067	66,583	66,510	66,180	66,304
8	67,786	67,753	67,683	67,276	68,321	68,633	68,189	68,673	68,281	68,548	67,995	68,160
7	68,167	68,369	68,152	67,760	68,695	69,153	68,618	69,139	68,845	69,436	68,677	68,875
6	66,253	66,590	66,293	65,916	66,774	67,313	66,737	67,265	67,056	67,855	66,975	67,195
5	62,150	62,608	62,245	61,897	62,641	63,246	62,641	63,166	63,041	64,020	63,045	63,283
4	56,276	56,943	56,456	56,166	56,694	57,391	56,760	57,262	57,270	58,505	57,405	57,658
3	47,527	48,389	47,791	47,597	47,843	48,587	47,956	48,415	48,572	50,013	48,836	49,108
2	35,611	36,626	35,941	35,860	35,757	36,472	35,904	36,274	36,634	38,203	37,011	37,283
1	19,613	20,420	19,888	19,888	19,683	20,203	19,822	20,064	20,500	21,743	20,845	21,069

Sumber : Lampiran A-56

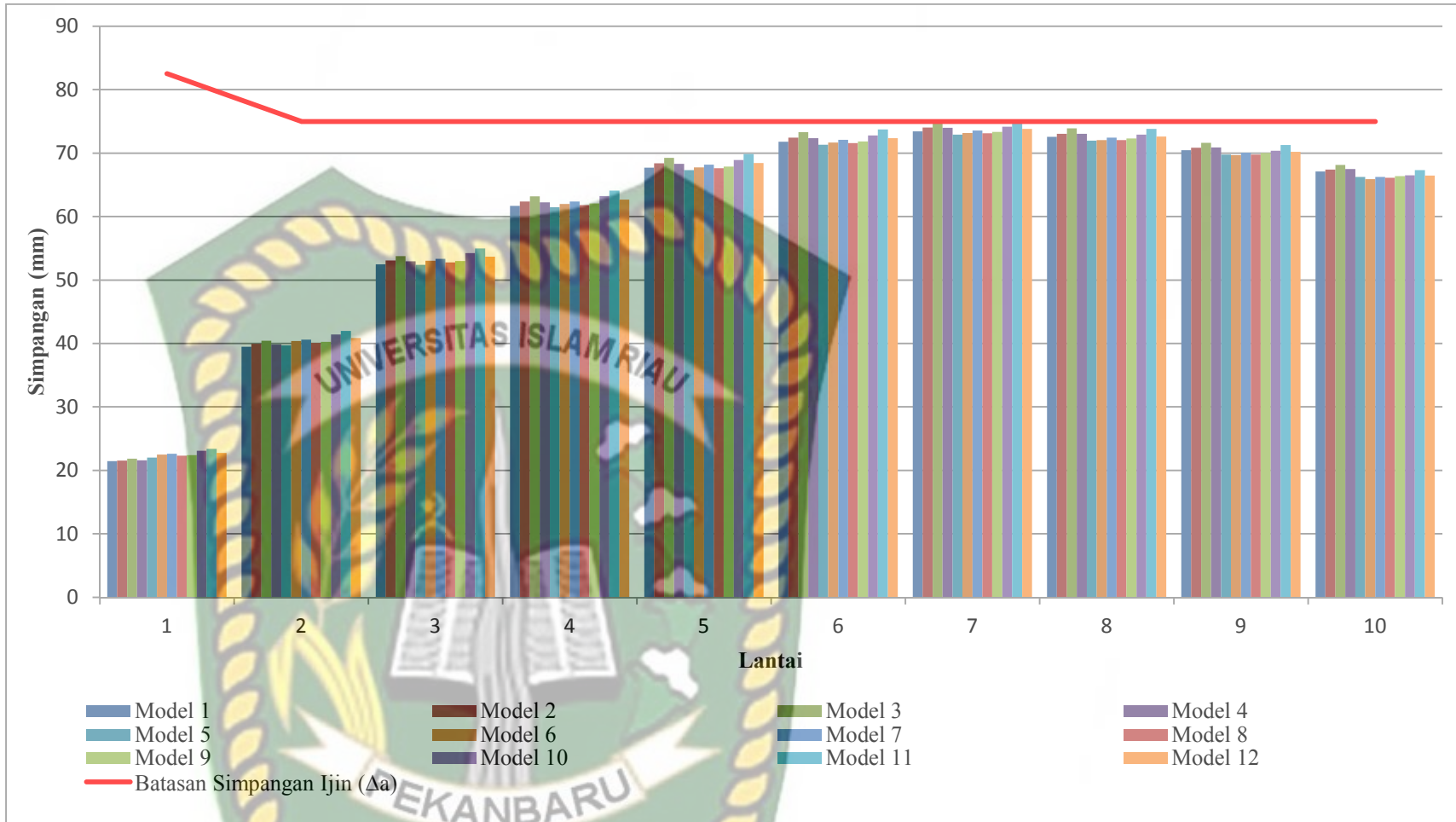


Gambar 5.25 Grafik Simpangan Antar Lantai Akibat Bukaannya Pada *Core wall* arah X

Tabel 5.22 Simpangan Antar lantai Akibat Bukaannya Pada Core wall Arah Y

Lantai	Simpangan Antar Lantai (Δ) (mm)											
	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6	Model 7	Model 8	Model 9	Model 10	Model 11	Model 12
10	67,107	67,430	68,160	67,478	66,231	65,905	66,271	66,110	66,381	66,502	67,335	66,462
9	70,470	70,866	71,647	70,880	69,795	69,678	70,066	69,784	70,022	70,389	71,276	70,224
8	72,578	73,069	73,902	73,047	71,980	72,046	72,453	72,076	72,310	72,908	73,839	72,637
7	73,454	74,045	74,910	73,982	72,937	73,161	73,586	73,124	73,363	74,177	75,145	73,806
6	71,804	72,453	73,326	72,358	71,342	71,669	72,087	71,584	71,830	72,776	73,751	72,351
5	67,734	68,413	69,263	68,299	67,346	67,760	68,167	67,643	67,885	68,930	69,872	68,457
4	61,710	62,396	63,180	62,249	61,464	62,007	62,374	61,824	62,058	63,221	64,086	62,693
3	52,463	53,090	53,761	52,939	52,393	53,042	53,357	52,800	53,013	54,230	54,967	53,665
2	39,497	39,941	40,451	39,831	39,703	40,381	40,616	40,106	40,278	41,411	41,965	40,872
1	21,443	21,553	21,839	21,567	22,033	22,480	22,612	22,297	22,400	23,082	23,401	22,763

Sumber : Lampiran A-57



Gambar 5.26 Grafik Simpangan Antar Lantai Akibat Bukaannya pada Core wall arah Y

Berdasarkan Tabel 5.21 serta Gambar 5.25 untuk arah X dan Tabel 5.22 serta Gambar 5.26 untuk arah Y terhadap kinerja struktur dinding geser (*core wall*) akibat bukaan pada seluruh model berdasarkan simpangan antar lantai, kinerja struktur dinding geser (*core wall*) untuk arah X yaitu nilai simpangan antar lantai dibawah nilai simpangan ijin yang ditetapkan oleh SNI 1726-2012, dan untuk arah Y pada model 11 lantai 7 nilai simpangan antar lantai melebihi nilai simpangan ijin yang telah ditentukan oleh SNI 1726-2012, yaitu nilai simpangan antar lantai pada model 11 lantai 7 (Δ_{y7}) sebesar 75,145 mm dan nilai simpangan ijin (Δ_a) sebesar 75 mm atau nilai simpangan antar lantai melebihi nilai simpangan ijin sebesar 0,19%. Dan pada model bukaan struktur dinding geser (*core wall*) selain dari model 11, nilai simpangan antar lantainya dibawah nilai simpangan ijin yang ditetapkan oleh SNI 1726-2012.

Berdasarkan dari hasil analisis simpangan antar lantai terhadap kinerja struktur gedung dengan dinding geser (*core wall*) akibat bukaan untuk arah X dan arah Y, struktur gedung dapat menahan pengaruh beban gempa yang terjadi.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tentang pengaruh bukaan pada *core wall* terhadap beban gempa pada bangunan tidak beraturan, dari hasil analisis dan pembahasan pada bab sebelumnya dapat diambil kesimpulan yaitu :

1. Berdasarkan karakteristik dinamik struktur pada bangunan tidak beraturan didapat dengan rincian sebagai berikut :
 - a. Pada gedung tanpa dinding geser pola ragam gerak pertama struktur mengalami gerakan dominan rotasi dan belum memenuhi persyaratan pola ragam gerak yang baik, maka struktur perlu diperkaku agar gerakan dapat dominan dalam gerakan translasi.
 - b. Pada gedung setelah penambahan dinding geser (*core wall*) didapat pola ragam gerak struktur pertama dan kedua mengalami gerakan translasi dan telah memenuhi persyaratan pola ragam gerak yang baik berdasarkan SNI 1726-2002.
2. Berdasarkan hasil analisis terhadap ketidakberaturan torsi pada gedung tidak beraturan didapat dengan rincian sebagai berikut :
 - a. Pada gedung tanpa dinding geser untuk arah X tidak terdapat ketidakberaturan torsi tipe 1a dan 1b dan untuk arah Y terdapat ketidakberaturan torsi tipe 1a.
 - b. Pada gedung dengan dinding geser (*core wall*) untuk arah X tidak terdapat ketidakberaturan torsi 1a dan 1b dan untuk arah Y terdapat ketidakberaturan torsi 1a pada lantai 1.
 - c. Pada gedung dengan dinding geser (*core wall*) akibat bukaan untuk arah X pada setiap model tidak terdapat ketidakberaturan torsi tipe 1a dan 1b, dan untuk arah Y terdapat ketidakberaturan torsi 1a pada model 1 lantai 1, model 3 lantai 1 dan 2, model 4 lantai 1 model 7 lantai 1 dan 2 dan model 11 lantai 1, 2 dan 3.

3. Hasil analisis terhadap kinerja struktur gedung berdasarkan pada simpangan antar lantai dengan metode respon spektrum didapat hasil sebagai berikut :
 - a. Pada gedung dengan dinding geser (*core wall*) tanpa bukaan, nilai simpangan antar lantai untuk arah X pada lantai 1 sebesar 18,629 mm, berada dibawah dari nilai batasan simpangan antar lantai ijin sebesar 82,5 mm. Pada lantai 2 sampai lantai 10, nilai simpangan antar lantai berkisar antara 34,391 mm sampai 67,845 mm dan nilai simpangan antar lantainya berada dibawah dari nilai batasan simpangan antar lantai ijin sebesar 75 mm. Maka, berdasarkan pada peraturan SNI 1726-2012 telah memenuhi batasan simpangan antar lantai ijin dan gedung mampu dalam menahan beban gempa karena nilai simpangan antar lantai dibawah nilai batasan simpangan ijin.
 - b. Pada gedung dengan dinding geser (*core wall*) tanpa bukaan, nilai simpangan antar lantai untuk arah Y pada lantai 1 sebesar 20,925 mm, berada dibawah dari nilai batasan simpangan antar lantai ijin sebesar 82,5 mm. Pada lantai 2 sampai lantai 10, nilai simpangan antar lantai berkisar antara 38,254 mm sampai 71,585 mm dan nilai simpangan antar lantainya berada dibawah dari nilai batasan simpangan antar lantai ijin sebesar 75 mm. Maka, berdasarkan pada peraturan SNI 1726-2012 telah memenuhi batasan simpangan antar lantai ijin dan gedung mampu dalam menahan beban gempa karena nilai simpangan antar lantai dibawah nilai batasan simpangan ijin.
 - c. Pada gedung dengan dinding geser (*core wall*) akibat bukaan untuk arah X telah memenuhi nilai batasan simpangan ijin karena nilai simpangan antar lantai pada setiap model bukaan pada lantai 1 dibawah nilai batasan simpangan antar lantai ijin sebesar 82,5 mm dan pada lantai 2 sampai lantai 10 dibawah nilai batasan simpangan antar lantai ijin sebesar 75 mm. Maka, gedung mampu dalam menahan beban gempa. Untuk arah Y pada model bukaan 11 lantai 7 nilai simpangan antar lantai melebihi nilai simpangan ijin sebesar 0,19% dan untuk model bukaan selain model 11, nilai simpangan antar lantai dibawah nilai simpangan ijin sebesar 82,5

mm untuk lantai 1 dan 75 mm untuk lantai 2 sampai lantai 10. Maka, model 11 masih mampu dalam menahan beban gempa karena nilai simpangan antar lantai masih aman terhadap batasan simpangan ijin.

- d. Dengan adanya bukaan pada *core wall* dapat mengurangi nilai kekakuan struktur. Pengurangan nilai kekakuan struktur untuk arah X, setiap model bukaan pada lantai 10 berkisar antara 0,416% sampai dengan 3,430% dan untuk arah Y, setiap model bukaan pada lantai 10 berkisar antara 1,296% sampai dengan 4,569%.

6.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, adapun saran untuk penelitian lebih lanjut, yaitu :

1. Untuk penelitian selanjutnya dapat digunakan metode rekaman gempa (*Time History*) dan metode analisis non-linear (*Pushover*) untuk mengetahui sendi plastis dan pola keruntuhan pada struktur dengan *core wall* akibat bukaan.
2. Untuk penelitian selanjutnya dapat menghitung kekakuan dan regangan yang terjadi pada *core wall* akibat bukaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Astriani, Ni Kadek., 2010, *Pengaruh Torsi Pada Bangunan*, GaneC Swara Edisi Khusus Vol. 4 No.3, 25-31
- Badan Standarisai Nasional, 2012, *SNI 1726-2012 : Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan non Gedung*, Jakarta.
- Badan Standarisai Nasional, 2013, *SNI 1727-2013 : Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung Dan Struktural Lain*, Jakarta.
- Badan Standarisai Nasional, 2013, *SNI 2847-2013 : Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*, Jakarta.
- Batu, Mikael Lumban., 2016, *Efisiensi Penggunaan Dinding Geser Untuk Mereduksi Efek Torsi Pada Bangunan Yang Tidak Beraturan*, Jurnal Sipil Statik Vol.4 No.1 Januari 2016, 29-35.
- Budiono, B. dan Supriatna, L., 2011, *Studi Komparasi Desain Bangunan Tahan Gempa Dengan Menggunakan SNI 03-1726-2002 dan RSNI 03-1726-201x*, ITB, Bandung.
- Christiani, Yohanna., 2012, *Shear Wall*, <http://yohannachristiani.blogspot.com/2012/06/shear-wall.html>, Diakses pada 2 Juli 2018.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1987, *Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah Dan Gedung*, Yayasan Badan Penerbit PU, Jakarta.
- Imran, I., dkk., 2008, *Aplicability Metoda Desain Kapasitas Pada Perancangan Struktur Dinding Geser Beton Bertulang*, Seminar dan Pameran HAKI – “Pengaruh Gempa dan Angin Terhadap Struktur”.
- Irwandi dan Imam P, Hastanto., 2004, *Kinerja Struktur Non Linier Portal Dinding Geser Dengan Bukaian Terhadap Beban Gempa Kuat*, Tugas Akhir, Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Juwana, Jimmy S., 2005, *Panduan Sistem Bangunan Tinggi Untuk Arsitek dan Praktisi Bangunan*, Erlangga, Jakarta.
- McCormac, Jack C., & Brown, Russell H., 2014, *Design of Reinforced Concrete*, Ninth Edition, United States of America : John Wiley & Sons, Inc.

- Paulay, T., & Priestley, M. J. N., 1992, *Seismic Design of Reinforced concrete and Mansory Building*, United States of America : John Wiley & Sons, Inc.
- Puskim PU, 2011, *Desain Spektra Indonesia*, http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/.html, Diakses pada Juli 2018.
- Rendra, Rezky., 2015, *Analisis Kinerja Struktur Akibat Beban Gempa Dengan Metode Respon Spektrum dan Time History*, Tugas Akhir, Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru.
- Saryudi, Meko., 2016, *Pengaruh Core Terhadap Kinerja Seismik Gedung Bertingkat*. Reka Ranca Jurnal Online Institut Teknologi Nasional, Vol. 2 No. 1 Teknik Sipil Itenas, 1-14.
- Schueller, Wolfgang., 1989, *Struktur Bangunan Bertingkat Tinggi*, PT. Bresco, Bandung.
- Standar Nasional Indonesia, 2002, *SNI 03-1726-2002 : Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung*, Bandung.
- Swetha K.S, 2017, *Effect of Opening in Shear Wall*, International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), Volume: 04 Issue: 05, 1601-1606.