

TUGAS AKHIR

**DAKTILITAS STRUKTUR SRPM BETON BERTULANG
MEMAKAI DINDING STRUKTURAL AKIBAT GEMPA
BERULANG YANG MENGANDUNG PULSE**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat-Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

MANDALA PUTRA HADI
1507210089



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2019



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

JL. KAPTEN MUKHTAR BASRI NO. 3 MEDAN 20238 Telp. (061)6623301
Website: <http://www.umsu.ac.id> Email: rektor@umsu.ac.id

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

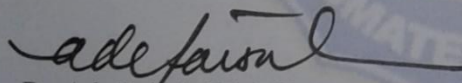
Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : MANDALA PUTRA HADI
NPM : 1507210089
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Daktilitas Struktur SRPM Beton Betulang Memakai Dinding
Struktural Akibat Getaran Gempa Berulang Yang Mengandung
Pulse.
Bidang Ilmu : Struktur.

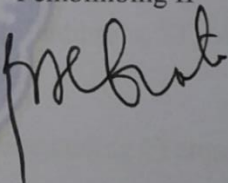
Disetujui Untuk Disampaikan Kepada
Panitia Ujian

Medan, September 2019

Pembimbing I


Dr. Ade Faisal, ST, MSc

Pembimbing II


Bambang Hadibroto, ST, MT

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Mandala Putra Hadi

NPM : 1507210089

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Daktilitas Struktur SRPM Beton Betulang Memakai Dinding Struktural Akibat Getaran Gempa Berulang Yang Mengandung *Pulse*.

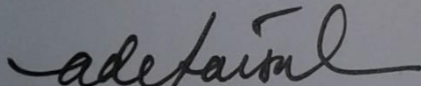
Bidang Ilmu : Struktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, September 2019

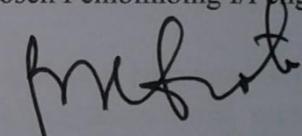
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I/Penguji



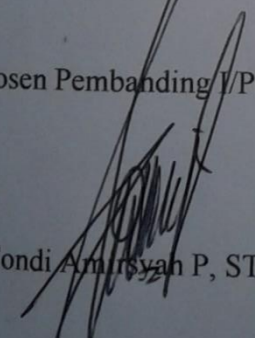
Dr. Ade Faisal, ST, MSc

Dosen Pembimbing I/Penguji



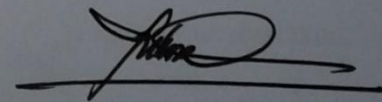
Bambang Hadibroto, ST, MT

Dosen Pembanding I/Penguji



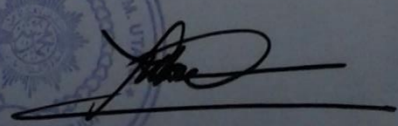
Tondi Amirsyah P, ST, MT

Dosen Pembanding I/Penguji



Dr. Fahrizal Z, ST, MSc

Program Studi Teknik Sipil
Ketua,



Dr. Fahrizal Z, ST, MSc



SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Mandala Putra Hadi

Tempat/Tanggal Lahir : Medan / 16 Agustus 1996

NPM : 1507210089

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Daktilitas Struktur SRPM Beton Betulang Memakai Dinding Struktural Akibat Getaran Gempa Berulang Yang Mengandung *Pulse*”.

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang ada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diguda kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia di proses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/ kerjasama saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Progam Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, September 2019

Saya yang menyatakan,



Mandala Putra Hadi

ABSTRAK

DAKTILITAS STRUKTUR SRPM BETON BERTULANG MEMAKAI DINDING STRUKTURAL AKIBAT GEMPA BERULANG YANG MENGANDUNG PULSE (STUDI LITERATUR)

Mandala Putra Hadi

1507210089

Dr. Ade Faisal, ST, MSc

Bambang Hadibroto, S.T.,M.T.

Gempa bumi merupakan fenomena alam yang disebabkan oleh adanya pelepasan energi regangan elastis batuan pada litosfir. Semakin besar energi yang dilepas semakin kuat gempa yang terjadi. Indonesia khususnya Kota Banda Aceh merupakan wilayah yang rawan gempa, sehingga bangunan bertingkat dapat mengalami kehancuran baik dalam kategori ringan, kecil, sedang, parah bahkan hancur total. Bangunan mengalami kehancuran karena jenis gempa yang bisa saja terjadi secara ringan, sedang maupun besar dengan skala tunggal maupun berulang. Untuk bangunan yang mengalami gempa dengan skala berulang, tentunya kehancuran struktur akan semakin tinggi. Oleh karena itu perlu adanya perencanaan struktur beton bertulang dengan sistem yang tahan terhadap gempa berulang. Dalam tugas akhir ini digunakan 2 daerah sebagai perencanaan gempa yaitu Banda Aceh dan Palembang untuk memenuhi dalam perencanaan 2 tiga sistem gedung, dalam hal ini terdapat 4 model struktur dengan sistem yang berbeda yaitu, SRPMK, dan SRPMB. spesifikasi material dan dimensi struktur berbeda- beda. Model 1 memiliki tinggi 106 m (30 lantai), Model 2 memiliki tinggi 71 m (20 lantai), Model 3 memiliki tinggi 53,5 m (15 lantai), dan Model 4 memiliki tinggi 36 m (10 lantai). Analisa yang digunakan adalah Respon Spektrum sebagai tahap desain dan Respon Riwayat Waktu Linear dan Nonlinear sebagai tahap evaluasi, dengan alat bantu *software* SAP2000 versi 15 dan RUAUMOKO2D versi 04. Pada struktur bangunan akan dikenakan respon gempa baik tunggal maupun berulang. Hasilnya menunjukkan bahwa struktur dengan SRPMK (Model 1) memiliki simpangan terbesar baik analisis secara linier dan non linier dikarenakan bangunan memiliki perioda yang terbesar dan berada pada jenis tanah lunak.

Kata kunci: Gempa bumi, gempa berulang, sistem struktur.

ABSTRACT

STRUCTURE DUCTILITY OF REINFORCED CONCRETE SRPM USING STRUCTURAL WALLS DUE TO REPEAT EARTHQUAKE CONTAINING PULSE (LITERATURE STUDY)

Mandala Putra Hadi
1507210089
Dr. Ade Faisal, ST, MSc
Bambang Hadibroto, S.T.,M.T.

Earthquakes are natural phenomena caused by the release of elastic rock energy in the lithosphere. The greater the energy released the stronger the earthquake that occurs. Indonesia, especially the city of Banda Aceh is an earthquake prone area, so that multi-storey buildings can be damaged both in the category of light, small, medium, severe and even totally destroyed. The building was destroyed because the type of earthquake that could have happened lightly, medium and large on a single or repetitive scale. For buildings that experience earthquakes with repeated scales, of course the destruction of the structure will be even higher. Therefore it is necessary to plan reinforced concrete structures with systems that are resistant to recurring earthquakes. In this final project, 2 regions were used as planning for the earthquake, namely Banda Aceh and Palembang to fulfill the planning of three building systems, in this case there are 2 structural models with different systems, namely, SRPMK, and SRPMB. material specifications and structural dimensions vary. Model 1 has a height of 106 m (30 floors), Model 2 has a height of 71 m (20 floors), Model 3 has a height of 53.5 m (15 floors), and Model 4 has a height of 36 m (10 floors). The analysis used is the Response Spectrum as the design phase and the Response of Linear and Nonlinear Time History as the evaluation stage, with the SAP2000 version 15 and RUAUMOKO2D version 04 software tools. The building structure will be subjected to a single or repeated earthquake response. The results show that the structure with SRPMK (Model 1) has the largest deviation both linear and non-linear analysis because the building has the largest period and is in the type of soft soil.

Keywords: Earthquake, repeated earthquake, system of structure.

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Daktilitas Struktur SRPM Beton Bertulang Memakai Dinding Struktural Akibat Gempa Berulang Yang Mengandung *Pulse*” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Dr. Ade Faisal selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Bambang Hadibroto, S.T.,M.T selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Tondi Amirsyah Putera P, ST, MT selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain selaku Dosen Pembimbing II sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar ST, MT selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipilan kepada penulis.
7. Utama dan teristimewa kedua orang tua Ayahanda Hadi Wirawan Muslim dan Ibunda Sri Suharni Lubis yang senantiasa memberi dukungan penuh, yang selalu mendoakan saya dalam setiap kehidupannya. Selalu memberikan

dukungan dan motivasi agar penulis menjadi lebih kuat dan bersemangat dalam menjalani kehidupan serta abang, kakak, dan adik- adik saya yang memotivasi saya selama ini

8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Teman-teman seperjuangan di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Teuku Yuan Rasuna, Khairatul Husna, Almaida, Roni Irwanda, Sherly Agustin, dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik sipil.

Medan, September 2019

Mandala Putra Hadi

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR NOTASI	xvii
DAFTAR SINGKATAN	xix
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Umum	6
2.2. Teori Gempa	6
2.2.1. Mekanisme Gempa Bumi	7
2.2.2. <i>groundmotion</i> (getaran tanah)	8
2.2.2.1. gempa dekat	9
2.2.2.2. gempa <i>pulse</i>	9
2.3. Filosofi bangunan tahan gempa	10
2.4. Sistem Rangka Pemikul Momen	12
2.4.1. SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus)	13
2.4.2. SRPMB (Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa)	14

2.4.4.	Faktor Modifikasi Respon (R)	14
2.4.5.	Defenisi Faktor Modifikasi Respon	15
2.5.	Dinding Struktural Beton	16
2.5.1	Konsep Perencanaan Dimensi Dinding Geser	17
2.5.2	Prilaku Struktur Rangka-Dinding Geser (<i>Dual System</i>)	18
2.6.	Perencanaan Bangunan Tahan Gempa Berdasarkan SNI 03-1726-2012	20
2.6.1.	Gempa Rencana dan Faktor Keutamaan	20
2.6.2.	Klasifikasi Situs dan Parameter	21
2.6.3.	Parameter Percepatan Gempa	23
2.6.4.	Parameter Percepatan Spektral Desain	24
2.6.5.	Struktur Penahan Beban Gempa	27
2.6.6.	Perioda Alami Struktur	28
2.6.7.	Gaya Geser Dasar Seismik	29
2.6.8.	Simpangan (<i>Drift</i>) Akibat Gaya Gempa	30
2.6.9.	Pengaruh P-Delta	31
2.6.10.	Metode Analisa	32
2.5.10.1.	Metode Analisa Respon Spektrum Ragam	34
2.5.10.2.	Metode Analisa Riwayat Waktu	35
2.6.11.	Pembebanan dan Kombinasi Pembebanan	35
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		
3.1.	Umum	39
3.2.	Pemodelan Struktur	40
3.2.1.	Data Perencanaan Struktur	40
3.2.2.	Konfigurasi Bangunan	41
3.2.3.	Dimensi Kolom-Balok	42
3.3.	Analisis Struktur	43
3.3.1.	Analisis Dinamik Struktur Linier	43
3.3.1.1.	Pembebanan	43
3.3.1.2.	Respon Spektrum Desain Gempa	44
3.3.1.2.1.	Desain Respon Spektrum Banda Aceh	44

3.3.1.2.2. Desain Respon Spektrum Palembang (Tanah Keras)	45
3.3.1.3. Kombinasi Pembebanan	46
3.3.1.4. Analisis Respon Spektrum Ragam	48
3.3.1.5. <i>Groundmotion Records</i> (Data Rekaman Gempa)	49
3.3.1.6. Analisis Respon Riwayat Waktu	50
3.3.1.7. Momen leleh (M_y)	54
3.3.1.8. Kapasitas Rotasi (θ_p)	55
3.3.1.9. Rotasi Leleh (θ_y)	55
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Hasil Model Linier Dan Non Linier	56
4.2. Hasil Analisa Linier	56
4.2.1. Respon Spektrum Ragam	56
4.2.2. Koreksi Gempa Dasar Nominal	57
4.2.3. Koreksi Faktor Redudansi	58
4.2.4. Koreksi Skala Simpangan Antar Tingkat	59
4.2.5. Nilai Simpangan Gedung	59
4.2.6. Kontrol Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak (<i>Soft Story</i>)	59
4.2.7. Pengaruh P-Delta	60
4.3. Hasil Analisa Non Linier	60
4.3.1 Grafik <i>Displacement</i>	60
4.3.2 Grafik <i>Interstory Drift</i>	85
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	91
5.2. Saran	92
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kategori resiko bangunan gedung dan struktur lainnya untuk beban gempa berdasarkan SNI 1726:2012	20
Tabel 2.2	Faktor keutaman gempa (SNI 03-1726-2012)	21
Tabel 2.3	Klasifikasi situs berdasarkan SNI 1726:2012	22
Tabel 2.4	Koefisien perioda pendek (F_a) berdasarkan SNI 1726:2012	24
Tabel 2.5	Koefisien perioda 1,0 detik (F_v) berdasarkan SNI 1726:2012	24
Tabel 2.6	Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa	27
Tabel 2.7	Nilai parameter perioda pendekatan C_t dan x berdasarkan SNI 1726:2012	28
Tabel 2.8	Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung berdasarkan SNI 1726:2012	29
Tabel 2.9	Prosedur analisa yang boleh digunakan	33
Tabel 2.10	Persyaratan masing-masing tingkat yang menahan lebih dari 35% gaya geser dasar	38
Tabel 3.1	Komponen struktural bangunan	42
Tabel 3.2	Berat material konstruksi berdasarkan PPPURG 1987	43
Tabel 3.3	Beban hidup pada lantai dan atap struktur berdasarkan SNI 1727:2013.	43
Tabel 3.4	Kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1726:2012 dengan nilai $\rho = 1.3$, $S_{DS} = 0.8094$	47
Tabel 3.5	Kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1726:2012 dengan nilai $\rho = 1$, $S_{DS} = 0.2096$	47
Tabel 3.6	Rekaman getaran gempa tanpa <i>Pulse</i> dari PEER NGA & COSMOS	51
Tabel 4.1	Nilai gaya geser dasar nominal analisa statik ekuivalen (V_1) dan Nilai gaya geser dasar nominal analisa respon spektrum <i>output</i> Program Analisa Struktur V_t	
Tabel 4.2	Koreksi skala simpangan antar tingkat	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Peta zonasi gempa di Indonesia	2
Gambar 2.1	Jenis-jenis pertemuan dua lempeng tektonik, a) pertemuan <i>divergen</i> ; b) pertemuan <i>konvergen</i> ; c) pertemuan saling bergeser horizontal	8
Gambar 2.2	Rekaman gempa Northridge (1994) dan Parkfield (1997) (Pawirodikromo, 2012)	9
Gambar 2.3	Rekaman gempa Northridge (1994) dan Parkfield (1997) (Pawirodikromo, 2012)	10
Gambar 2.4	Histeresis di sendi plastis yang stabil (Pawirodikromo, 2012)	13
Gambar 2.5	Respon gaya-perpindahan struktur kondisi elastis dan inelastis	15
Gambar 2.6	Hubungan antara faktor modifikasi respon (R), faktor kuat lebih struktur (Ω), dan faktor reduksi daktalitas ($R\mu$)	16
Gambar 2.7	Dimensi Minimum Dinding Geser (Paulay and Priestley, 1992)	17
Gambar 2.8	Hubungan Antara b_c dan μ_Δ (Paulay and Priestley, 1992)	18
Gambar 2.9	Superimpos <i>Mode</i> Individu dari Deformasi (Schueller, 1989)	19
Gambar 2.10	Spektrum respons desain	26
Gambar 3.1	Bagan Alir (<i>Flow Chart</i>) Penelitian	39
Gambar 3.2	a) Denah Struktur Dinding Geser diluar (Type I), b) Denah Struktur Dinding Geser diluar (Type I)	41
Gambar 3.3	Respon spektrum desain berdasarkan SNI 1726:2012 Kota Banda Aceh dengan jenis tanah lunak	45
Gambar 3.4	Respon spektrum desain berdasarkan SNI 1726:2012 Kota Palembang dengan jenis tanah keras	46
Gambar 3.5	Rekaman gempa Christchurch New Zealand sebelum diubah menjadi respon spektrum	51
Gambar 3.6	Rekaman gempa Christchurch New Zealand setelah diubah menjadi respon spektrum	51
Gambar 3.7	Respon spektrum Christchurch New Zealand setelah diskalakan (garis putus-putus) terhadap respon spektrum diindonesia (Banda aceh)	52

Gambar 3.8	Respon spektrum dengan 10 daerah gempa setelah diskalakan terhadap respon spektrum diindonesia (Banda aceh)	52
Gambar 3.9	Rekaman gempa Christchurch New Zealand setelah diskalakan (gambar bawah) ini termasuk gempa tunggal	53
Gambar 3.10	Rekaman gempa Christchurch New Zealand (<i>Main-shock</i>) dan Chi-chi Taiwan (<i>after-shock</i>) setelah digabungkan (<i>pulse Repeated</i>), ini termasuk gempa berulang 2 kali.	53
Gambar 3.11	kurva kapasitas untuk ketiga faktor R	54
Gambar 4.1	Nilai <i>Displacement</i> untuk struktur beton dual system SRPM 10 lantai dengan Gempa Pulse tunggal: a) R=7'(<i>shear wall</i> diluar), R=7'' (<i>shear wall</i> didalam), b) R=6'(<i>shear wall</i> diluar), R=6'' (<i>shear wall</i> didalam).	61
Gambar 4.2	Nilai <i>Displacement</i> untuk struktur beton dual system SRPM 10 lantai dengan Gempa Pulse tunggal: a) R=7'(<i>shear wall</i> diluar), R=7'' (<i>shear wall</i> didalam), b) R=6'(<i>shear wall</i> diluar), R=6'' (<i>shear wall</i> didalam).	62
Gambar 4.3	Nilai <i>Displacement</i> untuk struktur beton dual system SRPM 10 lantai dengan Gempa Pulse tunggal: a) R=7'(<i>shear wall</i> diluar), R=7'' (<i>shear wall</i> didalam), b) R=6'(<i>shear wall</i> diluar), R=6'' (<i>shear wall</i> didalam).	63
Gambar 4.4	Nilai <i>Displacement</i> untuk struktur beton dual system SRPM 10 lantai dengan Gempa Pulse berulang: a) R=7'(<i>shear wall</i> diluar), R=7'' (<i>shear wall</i> didalam), b) R=6'(<i>shear wall</i> diluar), R=6'' (<i>shear wall</i> didalam).	64
Gambar 4.5	Nilai <i>Displacement</i> untuk struktur beton dual system SRPM 10 lantai dengan Gempa Pulse berulang: a) R=7'(<i>shear wall</i> diluar), R=7'' (<i>shear wall</i> didalam), b) R=6'(<i>shear wall</i> diluar), R=6'' (<i>shear wall</i> didalam).	65
Gambar 4.6	Nilai <i>Displacement</i> untuk struktur beton dual system SRPM 10 lantai dengan Gempa Pulse berulang: a) R=7'(<i>shear wall</i> diluar), R=7'' (<i>shear wall</i> didalam), b) R=6'(<i>shear wall</i> diluar), R=6'' (<i>shear wall</i> didalam).	66
Gambar 4.7	Nilai <i>Displacement</i> untuk struktur beton dual system SRPM 15 lantai dengan Gempa Pulse tunggal: a) R=7'(<i>shear wall</i> diluar), R=7'' (<i>shear wall</i> didalam), b) R=6'(<i>shear wall</i> diluar), R=6'' (<i>shear wall</i> didalam).	67
Gambar 4.8	Nilai <i>Displacement</i> untuk struktur beton dual system SRPM 15 lantai dengan Gempa Pulse tunggal: a) R=7'(<i>shear wall</i> diluar), R=7'' (<i>shear wall</i> didalam), b) R=6'(<i>shear wall</i> diluar), R=6'' (<i>shear wall</i> didalam).	68

- Gambar 4.9 Nilai *Displacement* untuk struktur beton dual system SRPM 15 lantai dengan Gempa Pulse tunggal: a) $R=7'$ (*shear wall* diluar), $R=7''$ (*shear wall* didalam), b) $R=6'$ (*shear wall* diluar), $R=6''$ (*shear wall* didalam). 69
- Gambar 4.10 Nilai *Displacement* untuk struktur beton dual system SRPM 15 lantai dengan Gempa Pulse berulang: a) $R=7'$ (*shear wall* diluar), $R=7''$ (*shear wall* didalam), b) $R=6'$ (*shear wall* diluar), $R=6''$ (*shear wall* didalam). 70
- Gambar 4.11 Nilai *Displacement* untuk struktur beton dual system SRPM 15 lantai dengan Gempa Pulse berulang: a) $R=7'$ (*shear wall* diluar), $R=7''$ (*shear wall* didalam), b) $R=6'$ (*shear wall* diluar), $R=6''$ (*shear wall* didalam). 71
- Gambar 4.12 Nilai *Displacement* untuk struktur beton dual system SRPM 15 lantai dengan Gempa Pulse berulang: a) $R=7'$ (*shear wall* diluar), $R=7''$ (*shear wall* didalam), b) $R=6'$ (*shear wall* diluar), $R=6''$ (*shear wall* didalam). 72
- Gambar 4.13 Nilai *Displacement* untuk struktur beton dual system SRPM 20 lantai dengan Gempa Pulse tunggal: a) $R=7'$ (*shear wall* diluar), $R=7''$ (*shear wall* didalam), b) $R=6'$ (*shear wall* diluar), $R=6''$ (*shear wall* didalam). 73
- Gambar 4.14 Nilai *Displacement* untuk struktur beton dual system SRPM 20 lantai dengan Gempa Pulse tunggal: a) $R=7'$ (*shear wall* diluar), $R=7''$ (*shear wall* didalam), b) $R=6'$ (*shear wall* diluar), $R=6''$ (*shear wall* didalam). 74
- Gambar 4.15 Nilai *Displacement* untuk struktur beton dual system SRPM 20 lantai dengan Gempa Pulse tunggal: a) $R=7'$ (*shear wall* diluar), $R=7''$ (*shear wall* didalam), b) $R=6'$ (*shear wall* diluar), $R=6''$ (*shear wall* didalam). 75
- Gambar 4.16 Nilai *Displacement* untuk struktur beton dual system SRPM 20 lantai dengan Gempa Pulse berulang: a) $R=7'$ (*shear wall* diluar), $R=7''$ (*shear wall* didalam), b) $R=6'$ (*shear wall* diluar), $R=6''$ (*shear wall* didalam). 76
- Gambar 4.17 Nilai *Displacement* untuk struktur beton dual system SRPM 20 lantai dengan Gempa Pulse berulang: a) $R=7'$ (*shear wall* diluar), $R=7''$ (*shear wall* didalam), b) $R=6'$ (*shear wall* diluar), $R=6''$ (*shear wall* didalam). 77
- Gambar 4.18 Nilai *Displacement* untuk struktur beton dual system SRPM 20 lantai dengan Gempa Pulse berulang: a) $R=7'$ (*shear wall* diluar), $R=7''$ (*shear wall* didalam), b) $R=6'$ (*shear wall* diluar), $R=6''$ (*shear wall* didalam). 78
- Gambar 4.19 Nilai *Displacement* untuk struktur beton dual system SRPM 30 lantai dengan Gempa Pulse tunggal: a) $R=7'$ (*shear wall* diluar),

	R=7'' (<i>shear wall</i> didalam), b) R=6'(<i>shear wall</i> diluar), R=6'' (<i>shear wall</i> didalam).	79
Gambar 4.20	Nilai <i>Displacement</i> untuk struktur beton dual system SRPM 30 lantai dengan Gempa Pulse tunggal: a) R=7'(<i>shear wall</i> diluar), R=7'' (<i>shear wall</i> didalam), b) R=6'(<i>shear wall</i> diluar), R=6'' (<i>shear wall</i> didalam).	80
Gambar 4.21	Nilai <i>Displacement</i> untuk struktur beton dual system SRPM 30 lantai dengan Gempa Pulse tunggal: a) R=7'(<i>shear wall</i> diluar), R=7'' (<i>shear wall</i> didalam), b) R=6'(<i>shear wall</i> diluar), R=6'' (<i>shear wall</i> didalam).	81
Gambar 4.22	Nilai <i>Displacement</i> untuk struktur beton dual system SRPM 30 lantai dengan Gempa Pulse berulang: a) R=7'(<i>shear wall</i> diluar), R=7'' (<i>shear wall</i> didalam), b) R=6'(<i>shear wall</i> diluar), R=6'' (<i>shear wall</i> didalam).	82
Gambar 4.23	Nilai <i>Displacement</i> untuk struktur beton dual system SRPM 30 lantai dengan Gempa Pulse berulang: a) R=7'(<i>shear wall</i> diluar), R=7'' (<i>shear wall</i> didalam), b) R=6'(<i>shear wall</i> diluar), R=6'' (<i>shear wall</i> didalam).	83
Gambar 4.24	Nilai <i>Displacement</i> untuk struktur beton dual system SRPM 30 lantai dengan Gempa Pulse berulang: a) R=7'(<i>shear wall</i> diluar), R=7'' (<i>shear wall</i> didalam), b) R=6'(<i>shear wall</i> diluar), R=6'' (<i>shear wall</i> didalam).	84
Gambar 4.25	Nilai <i>Interstory Drift Reaction</i> untuk struktur beton dual system SRPM semua model struktur dengan Gempa Pulse Berulang: a) R=7, b) R=6.	85
Gambar 4.26	Nilai <i>Interstory Drift Reaction</i> untuk struktur beton dual system SRPM semua model struktur dengan Gempa Pulse Berulang: a) R=7, b) R=6.	86
Gambar 4.27	Nilai <i>Interstory Drift Reaction</i> untuk struktur beton dual system SRPM semua model struktur dengan Gempa Pulse Berulang: a) R=7, b) R=6.	87
Gambar 4.28	Nilai <i>Interstory Drift Reaction</i> untuk struktur beton dual system SRPM semua model struktur dengan Gempa Pulse Berulang: a) R=7, b) R=6.	88
Gambar 4.29	Nilai <i>Interstory Drift Reaction</i> untuk struktur beton dual system SRPM semua model struktur dengan Gempa Pulse Berulang: a) R=7, b) R=6.	89
Gambar 4.30	Nilai <i>Interstory Drift Reaction</i> untuk struktur beton dual system SRPM semua model struktur dengan Gempa Pulse Berulang: a) R=7, b) R=6.	90

DAFTAR NOTASI

C_d	=	Faktor kuat lebih sistem
DL	=	Beban mati, termasuk SIDL
E	=	Modulus elastisitas
E_x	=	Beban gempa arah x
E_y	=	Beban gempa arah y
F	=	Frekuensi Struktur
F_a	=	Koefisien perioda pendek
F_v	=	Koefisien perioda 1,0 detik
F_{PGA}	=	Nilai koefisien situs untuk PGA
h_n	=	Ketinggian struktur dalam m di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur (meter)
I	=	Momen Inersia kolom/balok
I_e	=	Faktor keutamaan gempa
ω	=	Kecepatan sudut
k	=	Kekakuan struktur
l	=	Panjang kolom/balok
LL	=	Beban hidup
M_{column}	=	Momen kapasitas 2 kolom yang bertemu di <i>joint</i>
M_{beam}	=	Momen kapasitas 2 balok yang menumpu di kolom
M_c	=	Momen puncak
M_y	=	Momen leleh
M_u	=	Momen ultimit
PGA	=	Nilai PGA dibatuan dasar (S_B) mengacu pada peta Gempa SNI 1726:2012
PGA_M	=	Nilai percepatan tanah puncak yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs
Q_E	=	Pengaruh gaya seismik horizontal dari V, yaitu gaya geser desain total di dasar struktur dalam arah yang ditinjau. Pengaruh tersebut harus dihasilkan dari penerapan gaya

		horizontal secara serentak dalam dua arah tegak lurus satu sama lain
R	=	Faktor koefisien modifikasi respon
S_S	=	Nilai parameter respon spektrum percepatan gempa periode pendek 0,2 detik di batuan dasar (S_B) mengacu pada Peta Gempa SNI 1726:2016
S_I	=	Nilai parameter respon spektrum percepatan gempa periode 1,0 detik di batuan dasar (S_B) mengacu pada Peta Gempa SNI 1726:2016
S_{DS}	=	Respon spektrum percepatan respon desain untuk periode pendek
S_{DI}	=	Respon spektrum percepatan desain untuk periode 1,0 detik
$T_{a \text{ minimum}}$	=	Nilai batas bawah periode bangunan
$T_{a \text{ maksimum}}$	=	Nilai batas atas periode bangunan
V_t	=	Gaya geser dasar nominal yang didapat dari hasil analisis ragam spektrum respon yang telah dilakukan
V_l	=	Gaya geser dasar prosedur gaya lateral statik ekuivalen
θ_y	=	Rotasi pada saat leleh
ϵ	=	Total tegangan yang terjadi
ϵ_y	=	Tegangan pada saat leleh
μ_p	=	Lendutan pada titik plastis
μ_y	=	Lendutan pada titik leleh
ϕ_m	=	Lengkungan maksimum yang akan timbul
ϕ_y	=	Lengkungan pada saat leleh
θ_u	=	Rotasi pada batas ultimit
θ_y	=	Rotasi pada batas leleh
θ_{pc}	=	Koefisien rotasi <i>post-capping</i>
θ_p	=	Koefisien rotasi plastis
Ω_0	=	Faktor pembesaran defleksi
ρ	=	Faktor redudansi

DAFTAR SINGKATAN

CQC	= <i>Complete Quadratic Combination</i>
PEER	= <i>Pacific Earthquake Engineering Research</i>
PPURG	= Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung
SRPMK	= Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus
SRSS	= <i>Square Root of the Sum of Square</i>

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

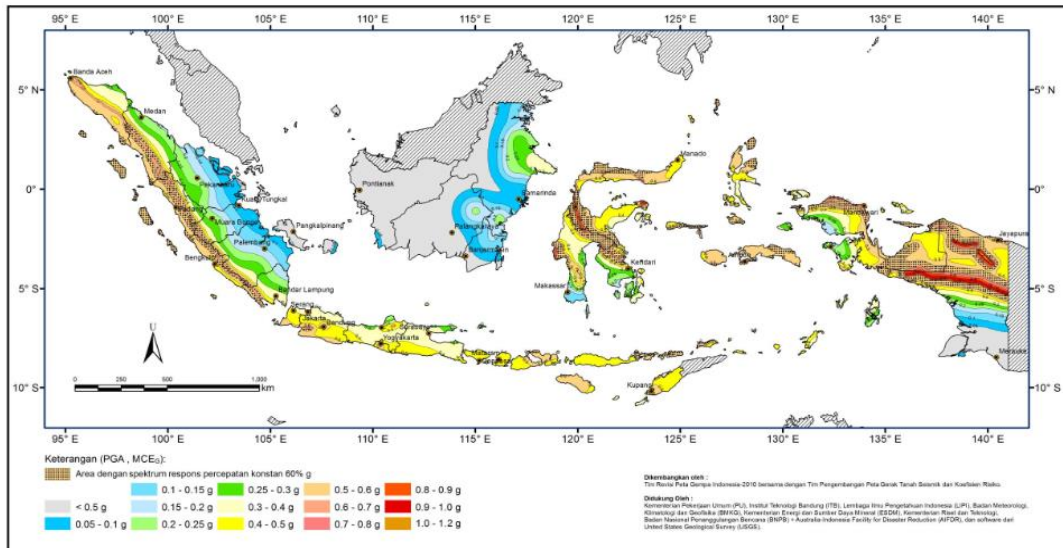
Indonesia merupakan negara yang mempunyai potensi gempa yang besar. Peristiwa gempa dapat menyebabkan semua yang ada di atas bumi termasuk infrastruktur bergerak ke segala arah. Pergerakan ini akan menyebabkan kerusakan bagi struktur dan membahayakan manusia yang berada di dalamnya.

Perencanaan struktur bangunan gedung tahan gempa sangat penting di Indonesia, mengingat sebagian besar wilayahnya terletak dalam wilayah gempa dengan intensitas sedang hingga tinggi.

Gempa bumi merupakan fenomena alam yang disebabkan oleh adanya pelepasan energi regangan elastis batuan pada litosfer. Semakin besar energi yang dilepas semakin kuat gempa yang terjadi. Gempa bumi juga didefinisikan sebagai getaran yang bersifat alamiah, yang terjadi pada lokasi tertentu dan sifatnya tidak berkelanjutan. Getaran pada bumi terjadi akibat adanya proses pergeseran secara tiba-tiba (*sudden slip*) pada kerak bumi. Pergeseran secara tiba-tiba terjadi karena adanya sumber gaya (*force*), baik yang bersumber dari alam maupun dari bantuan manusia (*artificial earthquakes*). Terdapat beberapa pendekatan untuk mengantisipasi terjadinya gempa agar tidak menimbulkan dampak yang besar. Pertama, pendekatan struktural yakni desain mengikuti kaidah-kaidah konstruksi yang benar dan memasukkan parameter kegempaan dalam mendirikan bangunan sesuai dengan standar yang ada. Kedua, intensif melakukan sosialisasi kepada masyarakat mengenai pemahaman dan pelatihan penyelamatan dampak gempa (Budiono, 2011).

Indonesia merupakan negara yang terletak di wilayah rawan bencana gempa bumi. Hal ini disebabkan letak geografis yang menempati zona tektonik sangat aktif. Indonesia terletak di pertemuan 4 lempeng besar dunia. Lempeng Indo-Australia, dan Lempeng Eurasia pada bagian pantai barat Sumatera, pantai Selatan Jawa (dikenal sebagai kawasan Busur Sunda atau *Sunda Arc*, dan terus melintasi Nusa Tenggara Timur dan Kepulauan Maluku. Lempeng Pasifik dan Lempeng Filipina di bagian Timur Kepulauan Maluku dan bagian Utara daerah kepala

burung Papua. Di bagian terakhir ini adalah kawasan pusat pertemuan 4 lempeng besar dunia tersebut. Zonasi gempa yang terdapat di Indonesia ditunjukkan pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1: Peta zonasi gempa di Indonesia.

Untuk bangunan yang mengalami gempa tunggal, tentunya kehancuran yang terjadi pada bangunan tersebut akan meningkat seiring dengan berlangsungnya gempa berikutnya dengan periode ulang tertentu. Oleh karena itu, kita perlu untuk mengetahui kinerja struktur yang terjadi pada suatu bangunan yang mengalami gempa tunggal dan gempa berulang dengan periode ulang gempa tertentu agar ketahanan bangunan dapat kita rencanakan sebaik mungkin. Bila terjadi gempa ringan, bangunan tidak boleh mengalami kerusakan baik pada komponen non struktural maupun pada komponen strukturalnya. Bila terjadi gempa sedang, bangunan boleh mengalami kerusakan pada komponen non strukturalnya, akan tetapi komponen strukturalnya tidak boleh mengalami kerusakan. Bila terjadi gempa besar, bangunan boleh mengalami kerusakan pada komponen non struktural maupun komponen strukturalnya, akan tetapi penghuni bangunan dapat menyelamatkan diri. Lalu bagaimana jadinya jika bangunan ini terkena gempa lainnya dan merupakan gempa dekat?

1.2. Rumusan Masalah

1. Perbandingan perpindahan yang di alami struktur bila terkena gempa dekat yang mengandung *pulse* ?
2. Perbandingan perpindahan yang di alami struktur bila terkena gempa dekat yang mengandung *pulse* berulang ?

1.3. Ruang Lingkup

Adapun batasan-batasan masalah yang ditetapkan pada Tugas Akhir ini adalah:

1. Struktur bangunan yang direncanakan merupakan:
 - Struktur Beton Bertulang Pemikul Momen (SRPM) 2 Dimensi diantaranya Struktur Beton Bertulang Pemikul Momen Khusus (SRPMK), Struktur Beton Bertulang Pemikul Momen Biasa (SRPMB) pada 10, 15, 20, dan 30 lantai yang difungsikan sebagai perkantoran yang terdapat di daerah Banda Aceh dengan jenis tanah lunak, dan Palembang dengan jenis tanah keras.
 - Struktur dengan dimensi kolom dan balok serta penulangan yang hanya dianalisa pada batas aman saja, tidak dianalisa sampai ekonomis.
2. Perencanaan struktur beton bertulang, pembebanan serta gedung direncanakan berdasarkan:
 - Tata cara perencanaan struktur beton bertulang menggunakan Persyaratan Beton Struktural untuk bangunan Gedung SNI 2847:2013.
 - Beban gravitasi menggunakan SNI 1727:2013 dan Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPURG) 1987.
 - Beban gempa dan gedung direncanakan menggunakan Standar Perencanaan Tahan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung SNI 1726:2012.
3. Analisis menggunakan alat bantu berupa program yaitu:
 - Program Analisa Struktur, untuk menganalisa tahap desain (Analisa Respon Spektrum Linear).
 - PEER NGA, COSMOS untuk mendapatkan rekaman gempa.
 - SEISMOSIGNAL, untuk mengubah *groundmotion* menjadi Respon Spektrum.

4. Parameter yang ditinjau:

- Linear adalah semua aspek yang harus di kontrol sesuai dengan SNI 1726:2012
- Nonlinear : - Simpangan antar tingkat
- Simpangan atap

1.4. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui selisih perpindahan struktur bila terkena gempa dekat yang mengandung *pulse*.
2. Untuk mengetahui selisih perpindahan struktur bila terkena gempa dekat yang mengandung *pulse* lebih dari sekali.

1.5. Manfaat Penelitian

Dari hasil perencanaan pada pemodelan Struktur Beton Bertulang dengan Sistem Ganda Rangka Pemikul Momen (SRPM) maka diharapkan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat untuk mengetahui bagaimana cara merencanakan struktur gedung beton bertulang dengan Sistem Ganda Rangka Pemikul Momen (SRPM) bila mengalami gempa berulang yang mengandung *pulse* di daerah Banda Aceh dengan jenis tanah lunak, dan Palembang dengan jenis tanah keras.

1.6. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan yang digunakan pada Tugas Akhir ini sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Didalam Bab ini akan menguraikan penjelasan tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, ruang lingkup permasalahan, tujuan penelitian, manfaat penelitian, sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini akan menguraikan penjelasan mengenai mekanisme gempa, konsep perencanaan struktur bangunan beton bertulang, analisa struktur beton bertulang sistem rangka pemikul momen (SRPM), dan konsep tentang kekuatan bangunan beton bertulang terhadap gempa yang terjadi.

BAB III PEMODELAN STRUKTUR

Bab ini akan menampilkan bagaimana metodologi penelitian yang digunakan dari awal sampai akhir penelitian dan penjelasan mengenai cara memodelkan dan mendesain struktur bangunan beton bertulang dengan sistem rangka pemikul momen (SRPM) terhadap gempa yang terjadi dengan menggunakan Program Analisa Struktur dan RUAOMOKO2D versi 04.

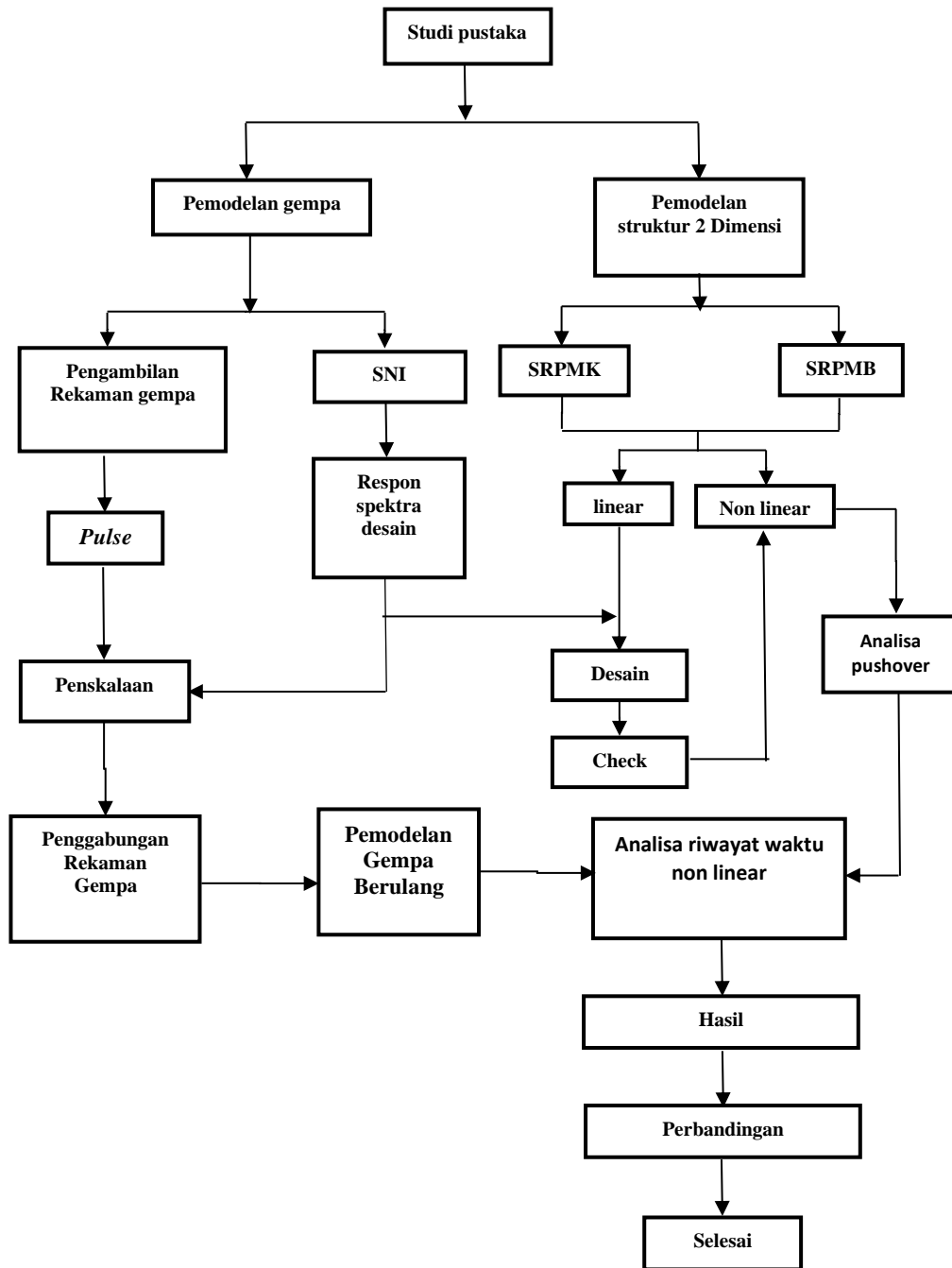
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan menyajikan penjelasan mengenai perhitungan, analisis pemodelan bentuk gambar, grafik atau tabel serta pembahasannya.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini akan menyajikan penjelasan mengenai kesimpulan yang dapat diambil dari keseluruhan penulisan Tugas Akhir ini dan saran-saran yang dapat diterima penulis agar lebih baik lagi kedepannya.

BAGAN ALIR PENELITIAN



BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Pada Bab ini akan dibahas mengenai teori-teori dasar dan syarat-syarat/ketentuan yang berhubungan dalam perencanaan struktur bangunan yang akan dianalisa, seperti struktur beton bertulang, teori gempa, sistem struktur penahan gempa, tata cara perencanaan bangunan tahan gempa berdasarkan SNI 1726:2012, dan teori-teori terkait lainnya yang berhubungan dengan perhitungan atau analisa data yang diperlukan dalam Tugas Akhir ini.

2.2. Teori Gempa

Gempa bumi adalah suatu gerakan tiba-tiba atau suatu rentetan gerakan tiba-tiba dari tanah dan bersifat transient yang berasal dari suatu daerah terbatas dan menyebar dari titik tersebut ke segala arah. Gempa bumi merupakan guncangan dan getaran yang terjadi di permukaan bumi yang disebabkan oleh tumbukan antar lempeng bumi, tanah longsor, maupun akibat patahan aktif aktifitas gunung api. Berdasarkan proses terjadinya, gempa bumi digolongkan menjadi empat, antara lain:

1. Gempa Reruntuhan : gempa yang disebabkan antara lain oleh reruntuhan yang terjadi baik di atas maupun dibawah permukaan tanah. Contoh: tanah longsor, salju longsor, batu jatuhan.
2. Gempa Vulkanik : gempa yang disebabkan oleh kegiatan gunung berapi baik sebelum maupun pada saat meletusnya gunung berapi tersebut.
3. Gempa Tektonik : gempa yang disebabkan oleh terjadinya pergeseran kulit bumi (*lithosphere*) yang umumnya terjadi di daerah patahan kulit bumi. Gempa tektonik merupakan gempa yang paling menimbulkan kerusakan yang paling luas. Maka dari itu gempa bumi tektonik yang ditinjau sebagai beban siklisnya.
4. Gempa Bumi Buatan

Gempa bumi buatan adalah gempa bumi yang disebabkan oleh aktivitas manusia seperti peledakan dinamit, bom, dan nuklir.

Pergerakan dari patahan atau sesar dapat dibedakan berdasarkan 2 (dua) arah pergerakan yaitu *strike* dan *dip*.

1. *Dip Slip Movement*

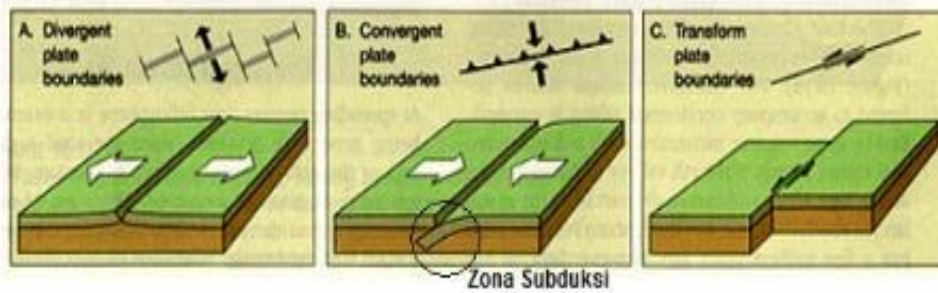
Pergerakan patahan mempunyai arah yang sejajar dengan kemiringan (slope) dip, atau tegak lurus dengan strike. Jenis patahan ini dibagi dua yaitu normal fault dan reverse fault.

2. *Strike Slip Movement*

Pergerakan patahan yang terjadi mempunyai arah sejajar dengan garis *strike*. Bidang patahan mendekati vertikal dan menyebabkan pergerakan besar.

2.2.1. Mekanisme Gempa Bumi

Gempa bumi tektonik lebih sering terjadi dibandingkan semua jenis gempa lainnya. Gempa bumi ini disebabkan oleh pergerakan lempeng bumi (kerak bumi). Walaupun kelihatannya diam, akan tetapi lapisan-lapisan bagian permukaan bumi (*litosfer*) yang materialnya bersifat padat, keras dan dingin selalu bergerak. Ini diakibatkan oleh sejumlah energi yang menekan dan menarik lapisan tersebut sebagai hasil dari proses konveksi yang terjadi pada lapisan di bawahnya (*astenosfer*) yang sifat materialnya lebih cair, lemah dan jauh lebih panas. Lapisan terluar bumi ini bergerak melalui lempeng-lempengnya, sehingga menimbulkan tekanan, tarikan dan geseran pada lempeng-lempeng itu sendiri. Artinya lempeng-lempeng itu dapat saling bertubrukan (*konvergen*), saling menjauh (*divergen*), dan saling bergeser horizontal (*transform*) seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1: Jenis-jenis pertemuan dua lempeng tektonik, a) pertemuan *divergen*; b) pertemuan *konvergen*; c) pertemuan saling bergeser horizontal.

Secara geologis, Indonesia terletak di antara tiga lempeng utama dunia yaitu Australia, Eurasia, dan Pasifik sehingga menyebabkan Indonesia menjadi salah satu Negara yang rawan gempa bumi. Selain itu, gempa bumi tektonik biasanya jauh lebih kuat getarannya dibandingkan dengan gempa bumi vulkanik, gempa bumi runtuh, maupun gempa bumi buatan. Oleh karena itu, getaran gempa bumi tektonik merupakan gempa yang paling banyak menimbulkan kerusakan terhadap benda atau bangunan di permukaan bumi dan mengakibatkan banyaknya korban jiwa.

2.2.2. *Ground Motion* (Getaran Tanah)

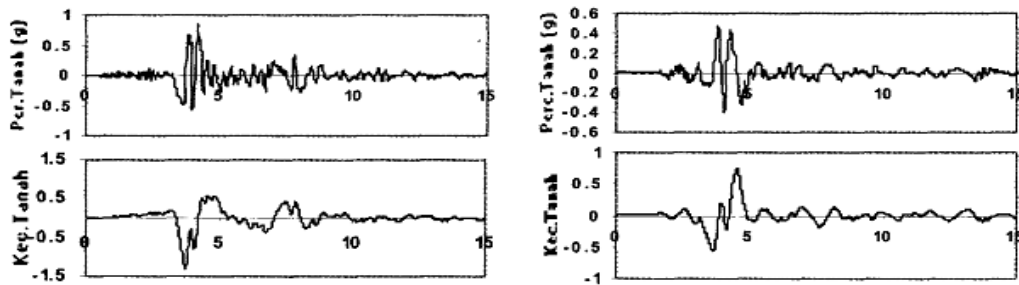
Ground motion adalah pergerakan permukaan bumi yang diakibatkan adanya gempa atau ledakan. Di dalam ilmu teknik gempa, *ground motion* juga populer dengan sebutan *strong motion* untuk lebih menekankan pada percepatan tanah akibat gempa daripada respon-respon tanah yang lain. Pada umumnya, pengertian pergerakan tanah akibat gempa lebih banyak ditujukan pada percepatan tanah. Khususnya untuk keperluan teknik, percepatan tanah akibat gempa merupakan data yang sangat penting (Pawirodikromo, 2012).

Respon gempa sensitif terhadap karakteristik getaran tanah, besar frekuensi gempa, pola *pulse*, durasi getaran, mekanisme *fault-rupture*, dan lainnya. Berdasarkan pola *pulse* nya, gempa dibagi menjadi 3, yaitu *near field* (gempa dekat, yaitu gempa dengan *pulse*), *far field* (gempa jauh, yaitu gempa tanpa *pulse/no-pulse*), dan gempa berulang.

2.2.2.1. Gempa Dekat

Pawirodikromo (2012) mengatakan bahwa percepatan tanah gempa dekat umumnya mempunyai 1-2 kali siklus getaran kuat (*strong-vibration cycles/pulse*). Siklus getaran kuat tersebut disebabkan oleh adanya kecepatan rambat patah V_r (*fault rupture velocity*) yang relatif dekat dengan kecepatan gelombang geser V_s . Berapa batasan jarak gempa dekat tersebut tidaklah dapat ditentukan secara pasti. Namun, beberapa peneliti mengindikasikan hanya beberapa sampai belasan kilometer saja.

Kalkan, dkk.(2004) memberikan batasan bahwa rekaman gempa *near-fault* adalah gempa yang direkam ≤ 15 km dari patahan (*fault rupture*). Contoh rekaman gempa dekat dapat dilihat pada Gambar 2.2.



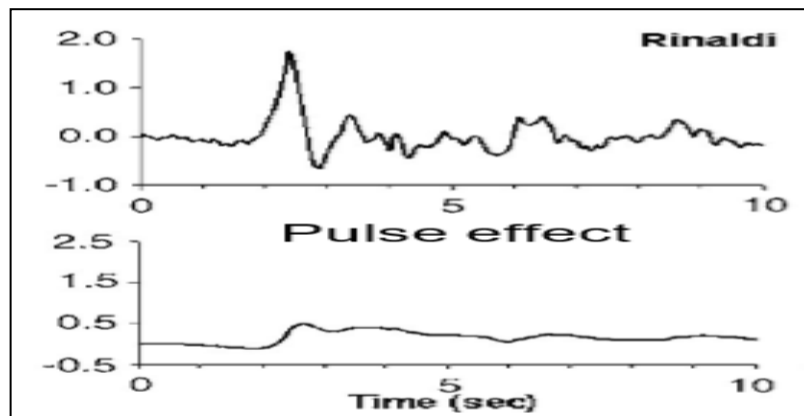
Gambar 2.2: Rekaman gempa Northridge (1994) dan Parkfield (1997) (Pawirodikromo, 2012).

Gambar 2.2 menunjukkan data rekaman gempa yang terjadi di Northridge pada tahun 1994 dan Parkfield pada tahun 1997. Pada gambar tersebut tampak jelas bahwa terdapat 2 kali *acceleration strong pulse* yang sangat berbeda dengan sebelum dan sesudahnya. Secara umum gempa dekat ini ditandai dengan munculnya kandungan *pulse* yang kuat pada rekaman gempunya.

2.2.2.2. Gempa pulse

Getaran gempa dekat yang mengandung efek *pulse* dapat menyebabkan bangunan yang tidak direncanakan secara baik akan mengalami kerusakan. Bangunan yang

tidak simetris sebidang termasuk yang memiliki resiko rusak bila mengalami gempa dekat.



Gambar 2.3: Rekaman gempa Northridge (1994) dan Parkfield (1997) (Pawirodikromo, 2012).

Gambar 2.3 menunjukkan data rekaman gempa yang mengandung *pulse*, pada gambar bagian atas merupakan waktu dengan kecepatan, dapat dilihat bahwa pada waktu ± 2.5 detik terjadi kenaikan yang drastis pada kecepatan rekaman gempa dan pada gambar bagian bawah merupakan waktu dengan perpindahan, dimana pada saat kenaikan kecepatan pada waktu ± 2.5 detik, seketika terjadi juga kenaikan nilai pada perpindahan .

2.3. Filosofi Desain Bangunan Tahan Gempa

Suatu bangunan yang baik pada daerah yang terletak berdekatan dengan daerah pertemuan lempengan benua seperti di Indonesia hendaknya didesain terhadap kemungkinan beban gempa yang akan terjadi di masa yang akan datang yang waktunya tidak dapat diketahui secara pasti. Berikut yang termasuk bangunan tahan gempa adalah:

1. Apabila terjadi gempa ringan, bangunan tidak boleh mengalami kerusakan baik pada komponen non-struktural (dinding retak, genting dan langit-langit jatuh, kaca pecah dan sebagainya) maupun pada komponen strukturalnya (kolom dan balok retak, pondasi amblas, dan lainnya).

2. Apabila terjadi gempa sedang, bangunan boleh mengalami kerusakan pada komponen non-strukturalnya akan tetapi komponen struktural tidak boleh rusak.
3. Apabila terjadi gempa kuat, bangunan boleh mengalami kerusakan baik komponen non-struktural maupun komponen strukturalnya, akan tetapi jiwa penghuni bangunan tetap selamat, artinya sebelum bangunan runtuh masih cukup waktu bagi penghuni bangunan untuk keluar/mengungsi ketempat aman.

Sulit untuk menghindari kerusakan bangunan akibat gempa, bila digunakan perencanaan konvensional, karena hanya bergantung pada kekuatan komponen struktur itu sendiri, serta perilaku respon pasca elastisnya. Seiring dengan perkembangan teknologi dalam perencanaan bangunan tahan gempa, telah dikembangkan suatu pendekatan desain alternatif untuk mengurangi resiko kerusakan bangunan saat terjadi gempa, dan mampu mempertahankan integritas komponen struktural dan non-struktural terhadap gempa kuat.

Dalam perencanaan struktur bangunan tahan gempa dengan tingkat keamanan memadai, struktur harus dirancang dapat memikul gaya horizontal atau gaya gempa. Struktur harus dapat memberikan layanan yang sesuai dengan perencanaan. Tingkat layanan dari struktur akibat gaya gempa terdiri dari tiga, yaitu:

1. Kemampuan layan (*serviceability*)

Jika gempa dengan intensitas (*intensity*) percepatan tanah yang kecil dalam waktu ulang yang besar mengenai suatu struktur, disyaratkan tidak mengganggu fungsi bangunan, seperti aktivitas normal di dalam bangunan dan perlengkapan yang ada. Artinya tidak dibenarkan terjadi kerusakan pada struktur baik pada komponen struktur maupun elemen non-struktur yang ada. Dalam perencanaan harus diperhatikan control dan batas simpangan yang dapat terjadi semasa gempa, serta menjamin kekuatan yang cukup bagi komponen struktur untuk menahan gaya gempa yang terjadi dan diharapkan struktur masih berperilaku elastis.

2. Kontrol kerusakan (*damage control*)

Jika struktur dikenai gempa dengan waktu ulang sesuai dengan umur (masa) rencana bangunan, maka struktur direncanakan untuk dapat menahan gempa ringan (kecil) tanpa terjadi kerusakan pada komponen struktur ataupun komponen non-struktur, dan diharapkan struktur masih dalam batas elastis.

3. Ketahanan (*survival*)

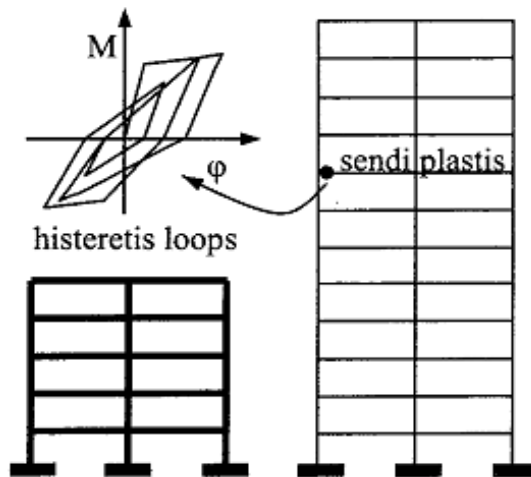
Jika gempa kuat yang mungkin terjadi pada umur (masa) bangunan yang direncanakan membebani struktur, maka struktur direncanakan untuk dapat bertahan dengan tingkat kerusakan yang besar tanpa mengalami keruntuhan (*collapse*). Tujuan utama dari keadaan batas ini adalah untuk menyelamatkan jiwa manusia.

2.4. Sistem Rangka Pemikul Momen

Sistem rangka pemikul momen (SRPM) adalah salah satu sistem struktur utama dalam menahan gaya-gaya lateral, baik itu gaya lateral akibat gempa maupun angin. SRPM ini dikenal cukup baik dalam memberikan sistem yang daktail namun sayangnya kurang baik dalam memberikan kekuatan lateral, khususnya untuk bangunan-bangunan yang tinggi. Umumnya SRPM cukup efektif dipakai sampai < 25 tingkat.

Menurut Pawirodikromo (2012), penggunaan SRPM untuk bangunan bertingkat akan mempunyai kelebihan dan kelemahan. Beberapa kelebihan diantaranya:

1. Apabila didesain secara baik maka struktur portal dapat menjadi struktur yang daktail dengan *hysteresis loops* di sendi plastis yang stabil, seperti Gambar 2.4 dan dapat memberikan sistem pengekangan/kekakuan yang cukup.
2. Karena fleksibilitasnya tinggi, SRPM akan mempunyai perioda getar T yang relatif besar.
3. Secara arsitektural SRPM memberi keleluasaan untuk menata ruangan yang diinginkan.



Gambar 2.4: Histeresis di sendi plastis yang stabil (Pawirodikromo, 2012).

Adapun kekurangan dari SRPM adalah:

1. Kerusakan secara total pada *frame* dapat saja terjadi terutama apabila tidak adanya penerapan pola mekanisme yang jelas.
2. Desain tulangan lateral tidak layak baik pada lokasi sendi plastis maupun pada *joint*.
3. Distribusi kekakuan struktur portal yang secara vertikal yang tidak merata akan menyebabkan timbulnya tingkat yang relatif lemah (*soft storey*).
4. Struktur portal yang terlalu fleksibel dapat menyebabkan simpangan antar tingkat yang relatif besar terutama pada tingkat-tingkat bawah.

2.4.1. SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus)

Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus adalah komponen struktur yang mampu memikul gaya akibat beban gempa dan direncanakan untuk memikul lentur. Komponen struktur tersebut juga harus memenuhi syarat-syarat di bawah ini :

1. Gaya aksial tekan terfaktor pada komponen struktur tidak boleh melebihi $0.1 \cdot A_g \cdot f_c'$.
2. Bentang bersih komponen struktur tidak boleh kurang dari empat kali tinggi efektifnya.
3. Perbandingan antara lebar dan tinggi tidak boleh kurang dari 0,3.

4. Lebarnya tidak boleh kurang dari 250 mm dan lebih dari lebar komponen struktur pendukung (diukur pada bidang tegak lurus terhadap sumbu longitudinal komponen struktur lentur) ditambah jarak pada tiap sisi komponen struktur pendukung yang tidak melebihi tiga perempat tinggi komponen struktur lentur.

Faktor Reduksi Gempa (R) = 7,0.

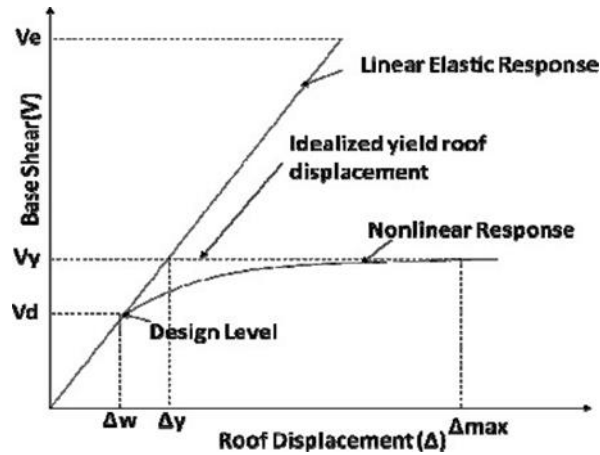
2.4.2. SRPMB (Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa)

Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa merupakan sistem yang memiliki deformasi inelastik dan tingkat daktilitas yang paling kecil tapi memiliki kekuatan yang besar, oleh karena itu desain SRPMB dapat mengabaikan persyaratan “Strong Column Weak Beam” yang dipakai untuk mendesain struktur yang mengandalkan daktilitas yang tinggi. Sistem ini masih jarang digunakan untuk wilayah gempa yang besar namun efektif untuk wilayah gempa yang kecil.

Faktor Reduksi Gempa (R) = 6,0.

2.4.3. Faktor Modifikasi Respon (R)

Persyaratan desain bangunan untuk beban-beban gravitasi akan selalu berbeda dengan beban yang bersifat lateral seperti beban angin dan gempa bumi. Beban lateral seperti angin dapat digolongkan kedalam pembebanan primer karena biasanya dirancang dengan kisaran 1% sampai 3% dari berat struktur sehingga bisa dilakukan dengan konsep desain elastisitas. Hal tersebut tidak berlaku terhadap beban gempa, beban lateral gempa biasanya dirancang dengan kisaran 30% sampai 40% dari berat struktur sehingga jika didesain dengan konsep elastisitas, struktur akan sangat berat dan tidak ekonomis. Oleh karena itu desain beban gempa lebih difokuskan kepada konsep pengendalian dan pencegahan keruntuhan. Hal ini dapat digambarkan pada gambar 2.5 untuk respon elastis dan inelastis pada struktur dengan kondisi linier elastis dan nonlinier.

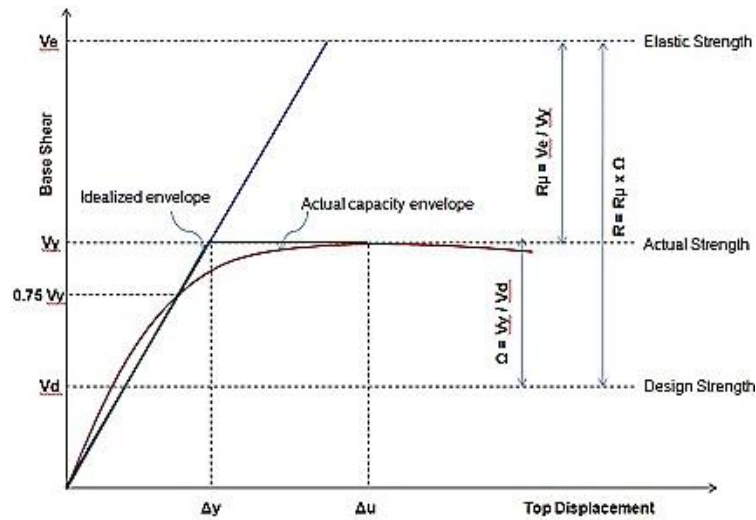


Gambar 2.5. Respon gaya-perpindahan struktur kondisi elastis dan inelastis

2.4.4. Definisi Faktor Modifikasi Respon (R)

Faktor R merupakan parameter desain seismik yang penting dalam mendefinisikan tingkat kekakuan struktur selama terjadi gempa. NEHRP (1988) mendefinisikan faktor R sebagai faktor yang digunakan untuk memperhitungkan nilai redaman dan daktilitas pada suatu sistem struktur sehingga struktur mampu berdeformasi cukup besar mendekati deformasi maksimumnya. Faktor R mencerminkan kemampuan struktur dalam mendisipasi energi melalui perilaku inelastis.

Sesuai dengan konsep desain bangunan tahan gempa, struktur dirancang untuk beban geser dasar yang lebih kecil dari yang diperlukan agar struktur berperilaku elastis selama terjadi gempa. Hubungan antara faktor modifikasi respon (R), faktor kuat lebih struktur (Ω), dan faktor reduksi daktilitas ($R\mu$) dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6: Hubungan antara faktor modifikasi respon (R), faktor kuat lebih struktur (Ω), dan faktor reduksi daktilitas ($R\mu$)

Reduksi yang besar ini terutama disebabkan oleh dua faktor utama (Gambar 2.6), yaitu:

1. Faktor reduksi daktilitas (R), mengurangi kekuatan elastis yang dibutuhkan ke tingkat kuat leleh maksimum struktur.
2. Faktor kuat lebih (Ω), yang dimasukkan kedalam perhitungan sebagai kekuatan lebih seperti yang dimuat di dalam peraturan.

2.5. Dinding Struktural Beton

Dinding Struktural Beton (DSB) adalah salah satu sistem struktur utama dalam menahan gaya-gaya lateral, baik itu gaya lateral akibat gempa maupun angin. DSB ini dikenal cukup baik dalam memberikan sistem yang daktil namun sayangnya kurang baik dalam memberikan kekuatan lateral, khususnya untuk bangunan-bangunan yang tinggi. Umumnya DSB cukup efektif dipakai sampai < 25 tingkat.

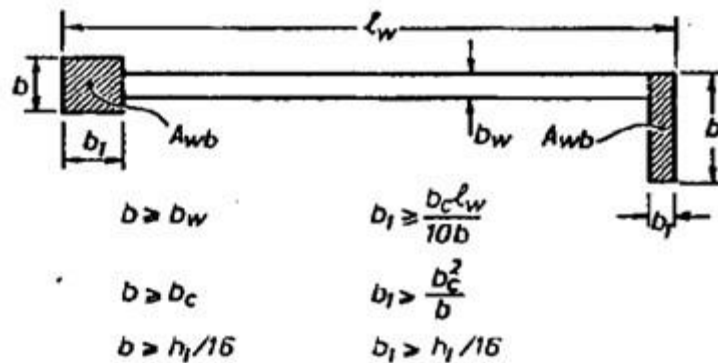
Menurut Pawirodikromo (2012), penggunaan DSB untuk bangunan bertingkat akan mempunyai kelebihan dan kelemahan. Beberapa kelebihan diantaranya:

1. Apabila dinding pada umumnya mempunyai kekuatan yang cukup besar sehingga dapat menahan beban horizontal yang cukup. Kadang-kadang direncanakan seluruh beban horizontal dibebankan pada struktur dinding.

2. Di samping mempunyai kekuatan yang cukup besar, struktur dinding umumnya sangat kaku disbanding dengan kolom, sehingga struktur ini memberikan kekakuan tambahan terhadap struktur secara keseluruhan. Kekakuan yang cukup diharapkan dapat mengendalikan simpangan yang terjadi.
3. Kekakuan struktur dinding juga mempunyai keuntungan yang lain yaitu kemampuannya dalam melindungi tingkat yang relative lemah (*soft story*). *Soft story* yang sering dijumpai misalnya adanya tinggi tingkat yang melebihi tinggi tingkat tipikal.
4. Struktur dinding dapat mengeliminasi simpangan antar tingkat khususnya pada tingkat-tingkat bawah sampai tengah. Dengan perkataan lain, pengendalian simpangan pada daerah ini akan dilakukan secara efektif oleh struktur dinding.

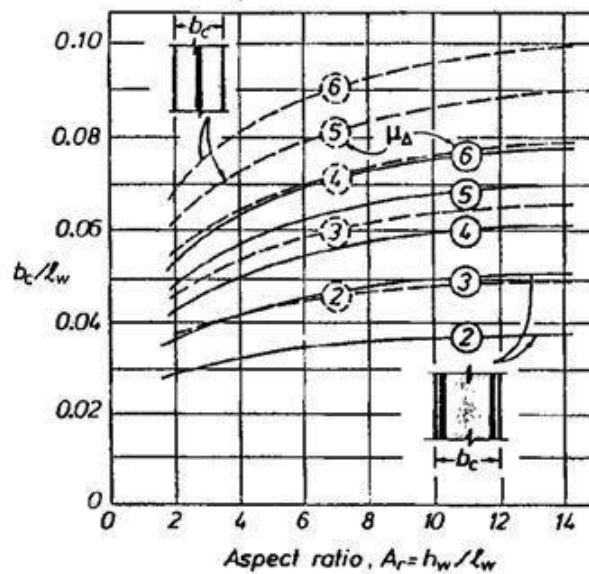
2.5.1 Konsep Perencanaan Dimensi Dinding Geser

Dilakukan asumsi terhadap dinding geser untuk menghindari tekuk adalah dengan memperlakukannya sebagai kolom, dimana dimensi dinding geser dengan komponen batas (*boundary element*) perlu dibatasi sesuai Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Dimensi Minimum Dinding Geser (Paulay and Priestley, 1992)

yang mana nilai b_c didapat dari hubungan antara ketebalan kritis dinding geser (b_c) dan daktilitas *displacement* (μ_Δ) sesuai dengan Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Hubungan Antara b_c dan μ_Δ (Paulay and Priestley, 1992)

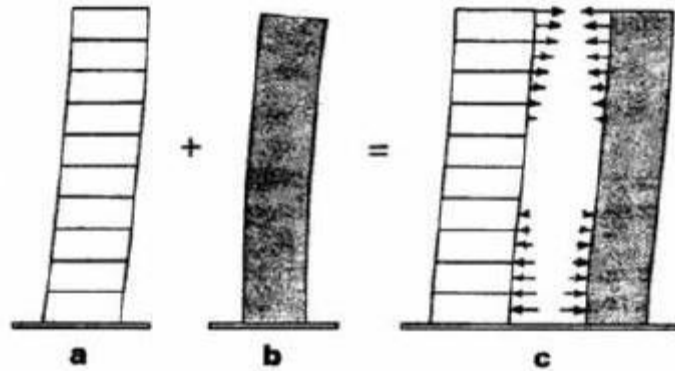
l_w adalah panjang dinding geser dan μ_Δ merupakan faktor daktilitas desain yang diambil ≤ 5 . Untuk memenuhi kriteria stabilitas semua persyaratan yang terdapat pada Gambar 3.7 harus terpenuhi dan luasan *boundary element* (A_{wb}) harus memenuhi syarat sesuai Persamaan 2.1.

$$b_c^2 \leq A_{wb} \leq \frac{b_c \cdot l_w}{10} \quad (2.1)$$

2.5.2 Perilaku Struktur Rangka-Dinding Geser (*Dual System*)

Struktur dengan kombinasi antara rangka kaku dengan dinding geser atau disebut juga *dual system*, lebih ekonomis digunakan daripada struktur rangka saja bila digunakan untuk menahan gaya lateral. Ini disebabkan karena, pada sistem rangka dimensi struktur balok dan kolom yang dibutuhkan akan semakin besar untuk menahan gaya lateral, dan ini kurang ekonomis digunakan pada bangunan tinggi. Dinding geser dan kolom-kolom struktur pada kombinasi struktur ini, oleh balok-balok pada setiap lantainya akan dihubungkan secara kaku (*rigid*). Karena adanya hubungan ini, antara struktur rangka dan dinding geser akan saling bekerjasama dalam menahan beban yang bekerja terhadap beban gravitasi maupun beban lateral dan juga simpangan yang terjadi akan jauh berkurang seiring dengan peningkatan jumlah lantai struktur. Maka, bila suatu struktur gedung yang semakin

tinggiakan semakin kecil pula simpangan yang terjadi. Cara menggabungkan kedua elemen tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Superimpos *Mode* Individu dari Deformasi
(Schueller, 1989)

Gambar 2.9.a menunjukkan deformasi *mode* geser untuk rangka kaku, sudut deformasi (lendutan) pada struktur ini paling besar terjadi pada dasar struktur dimana terjadi geser maksimum. Gambar 2.9.b menunjukan deformasi *mode* lentur untuk dinding geser, sudut deformasi (lendutan) paling besar terjadi pada bagian atas bangunan sehingga sistem dinding geser memberikan kekakuan paling kecil pada bagian atas bangunan. Dan Gambar 2.9.c menunjukkan interaksi antara struktur rangka kaku dan dinding geser, interaksi ini diperoleh dengan membuat superposisi *mode* s defleksi terpisah yang menghasilkan kurva S datar. Perbedaan sifat defleksi antara dinding geser dan rangka kaku menyebabkan dinding geser menahan simpangan rangka kaku pada bagian bawah, sedangkan rangka kaku akan menahan simpangan dinding geser pada bagian atas. Dengan demikian, geser akibat gaya lateral akan dipikul oleh rangka pada bagian atas bangunan dan dibagian bawah bangunan akan dipikul oleh dinding geser.

2.6. Perencanaan Bangunan Tahan Gempa Berdasarkan SNI 03-1726-2012

Perencanaan suatu konstruksi gedung harus memperhatikan aspek kegempaan, terutama di Indonesia karena merupakan salah satu daerah dengan zona gempa yang tinggi. Aspek kegempaan tersebut dianalisis berdasarkan peraturan yang berlaku di negara tersebut dan Indonesia memiliki peraturan sendiri dan peta

gempanya. Peraturan yang berlaku saat ini ialah SNI 03-1726-2012 yang merupakan revisi dari SNI 03-1726-2002 dimana parameter wilayah gempanya sudah tidak digunakan lagi dan diganti berdasarkan dari nilai S_s (parameter respons spectral percepatan gempa pada periode pendek) dan nilai S_1 (parameter respons spectral percepatan gempa pada periode 1 detik) pada setiap daerah yang ditinjau. Dalam hal ini, tata cara perencanaan bangunan gedung tahan gempa menjadi lebih rasional dan akurat.

2.6.1. Gempa Rencana dan Faktor Keutamaan

Tata cara ini menentukan pengaruh gempa rencana yang harus ditinjau dalam perencanaan dan evaluasi struktur bangunan gedung dan non gedung serta berbagai bagian dan peralatannya secara umum. Gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlewati besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2 persen.

Tabel 2.1: Kategori resiko bangunan gedung dan struktur lainnya untuk beban gempa berdasarkan SNI 1726:2012.

Jenis pemanfaatan	Kategori resiko
<p>Gedung dan struktur lainnya yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I

Tabel 2.1: *Lanjutan*

<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ Rumah susun - Pusat perbelanjaan/ Mall - Bangunan industry - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	<p>II</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

Untuk berbagai kategori resiko struktur bangunan gedung dan non gedung sesuai Tabel 2.1 pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan I_e menurut Tabel 2.2 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 2.2: Faktor keutaman gempa (SNI 03-1726-2012).

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,5

2.6.2. Klasifikasi Situs dan Parameter

Prosedur untuk klasifikasi suatu situs untuk memberikan kriteria seismik adalah berupa faktor-faktor amplifikasi pada bangunan. Dalam perumusan kriteria seismik suatu bangunan di permukaan tanah atau penentuan amplifikasi besaran

percepatan gempa puncak dari batuan dasar ke permukaan tanah untuk suatu situs, maka situs tersebut harus diklasifikasi terlebih dahulu. Profil tanah di situs harus diklasifikasikan berdasarkan profil tanah lapisan 30 m paling atas. Penetapan kelas situs harus melalui penyelidikan tanah di lapangan dan di laboratorium, yang dilakukan oleh otoritas yang berwenang atau ahli desain geoteknik bersertifikat, berikut disajikan dalam Tabel 2.3.

Tabel 2.3: Klasifikasi situs berdasarkan SNI 1726:2012.

Kelas Situs	\tilde{V}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{ch}	\bar{S}_u (kPa)
SA(batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
Kelas Situs	\tilde{V}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{ch}	\bar{S}_u (kPa)
SE (tanah lunak)	<175	<15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut: 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $W \geq 40 \%$, dan 3. Kuat geser niralir $S_u < 25$ kPa.		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisa respon spesifik situs yang mengikuti Pasal 6.10.1 tentang Analisa Respon Situs berdasarkan SNI 1726:2012	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: – Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah. – Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m – Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ dengan Indeks Plastisitas $PI > 7,5$)		

Catatan : N/A = tidak dapat dipakai

2.6.3. Parameter Percepatan Gempa

Parameter S_s (percepatan batuan dasar pada perioda pendek) dan S_I (percepatan batuandasar pada perioda 1 detik) harus ditetapkan masing-masing dari respons spectral percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismic pada Bab 14 yang tertera dalam SNI 03-1726-2012 dengan kemungkinan 2 persen terlampaui dalam 50 tahun (MCER, 2 persen dalam 50 tahun), dan dinyatakan dalam bilangan desimal terhadap percepatan gravitasi.

Untuk penentuan respons spectral percepatan gempa MCER di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismic pada perioda 0,2 detik dan perioda 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran perioda pendek (F_a) dan factor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran perioda 1 detik (F_v). Parameter spectrum respons percepatan pada perioda pendek (S_{MS}) dan perioda 1 detik (S_{MI}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan menggunakan Pers. (2.1) dan (2.2).

$$S_{MS} = F_a \cdot S_s \quad (2.2)$$

$$S_{MI} = F_v \cdot S_I \quad (2.3)$$

dimana:

S_s = Nilai parameter respon spektrum percepatan gempa perioda pendek 0,2 detik di batuan dasar (S_B) mengacu pada Peta Gempa SNI 1726:2012

S_I = Nilai parameter respon spektrum percepatan gempa perioda 1,0 detik di batuan dasar (S_B) mengacu pada peta Gempa SNI 1726:2012

F_a = Koefisien perioda pendek

F_v = Koefisien perioda 1,0 detik

Tabel 2.4: Koefisien perioda pendek (F_a) berdasarkan SNI 1726:2012.

Klasifikasi situs (sesuai Tabel 2.3)	PGA				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 0,4$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	Memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisa respon situs-spesifik				

Tabel 2.5: Koefisien perioda 1,0 detik (F_v) berdasarkan SNI 1726:2012.

Klasifikasi situs (sesuai Tabel 2.3)	PGA				
	$S_I \leq 0,1$	$S_I = 0,2$	$S_I = 0,3$	$S_I = 0,4$	$S_I \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	Memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisa respon situs-spesifik				

2.6.4. Parameter Percepatan Spektral Desain

Spektrum respons adalah salah satu cara penyelesaian problem persamaan diferensial gerakan struktur MDOF. Walaupun memakai prinsip dinamik, tetapi metode ini bukanlah kategori analisis riwayat waktu. Penggunaan metode ini hanya terbatas pada pencarian respons-respons maksimum. Dengan memakai spektrum respons yang telah disiapkan (tiap-tiap daerah gempa), maka respons-respons maksimum dapat dicari dalam waktu yang relatif singkat dibanding dengan cara analisis riwayat waktu. Namun demikian penyelesaian problem dengan cara ini hanya bersifat pendekatan artinya spektrum respons akan diperoleh dengan asumsi-asumsi tertentu.

Pada kenyataannya perlu diketahui prinsip dasar pada analisis dan desain struktur bangunan tahan gempa yaitu antara suplai (*supply*) dan kebutuhan (*demand*). Kebutuhan yang dimaksud dalam hal ini adalah kebutuhan kekuatan

struktur sedemikian sehingga dengan tercukupinya kebutuhan kekuatan struktur mampu menahan beban dengan aman. Spektrum respons akan berfungsi sebagai alat untuk mengestimasi dalam menentukan *strength demand*. Di lain pihak, suplai kekuatan dapat dilakukan setelah melakukan desain elemen struktur. Desain elemen dapat dilakukan dengan berdasar pada kekuatan bahan hasil uji elemen di laboratorium. Dengan demikian desain kekuatan harus didasarkan atas kekuatan yang nyata/riil atas bahan yang dipakai. Estimasi kebutuhan kekuatan struktur (*strength demand*) akibat beban gempa pada prinsipnya adalah menentukan seberapa besar beban horisontal yang akan bekerja pada tiap-tiap massa. Hal ini terjadi karena beban gempa akan mengakibatkan struktur menjadi bergetar dan pengaruhnya dapat diekivalenkan/seolah-olah terdapat gaya horisontal yang bekerja pada tiap-tiap massa. Spektrum respons dapat dipakai untuk menentukan gaya horisontal maupun simpangan struktur MDOF tersebut.

Spektrum respons merupakan suatu spektrum yang disajikan dalam bentuk grafik/plot antara perioda getar struktur, T , lawan respons-respons maksimum berdasarkan rasio redaman dan gempa tertentu. Respons-respons maksimum dapat berupa simpangan maksimum (spektrum perpindahan, S_d) kecepatan maksimum (spektrum kecepatan, S_v) atau percepatan maksimum (spektrum percepatan, S_a) massa struktur. Terdapat dua macam spektrum yaitu spektrum elastik dan spektrum inelastik. Spektrum elastik adalah spektrum yang didasarkan atas respons elastik struktur, sedangkan spektrum inelastik (juga disebut desain spektrum respons) adalah spektrum yang direduksi dari spektrum elastik dengan nilai daktilitas tertentu. Nilai spektrum dipengaruhi oleh perioda getar, rasio redaman, tingkat daktilitas dan jenis tanah. Umumnya beban gempa, rasio redaman, daktilitas dan jenis tanah sudah dijadikan suatu variabel kontrol sehingga grafik yang ada tinggal diplot antara periode getar, T , lawan nilai spektrum, apakah simpangan, kecepatan atau percepatan maksimum. Secara umum yang dipakai adalah spektrum akselerasi.

Bila spektrum respons desain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifik-situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respons desain harus mengikuti ketentuan berikut:

1. Untuk perioda yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respons percepatan desain, S_a , harus ditentukan berdasarkan Pers. (2.4).

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (2.4)$$

2. Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , spektrum respons percepatan desain, S_a , sama dengan S_{DS} .
3. Untuk perioda lebih besar dari T_s , spectrum respons percepatan desain, S_a , dihitung berdasarkan Pers. (2.5).

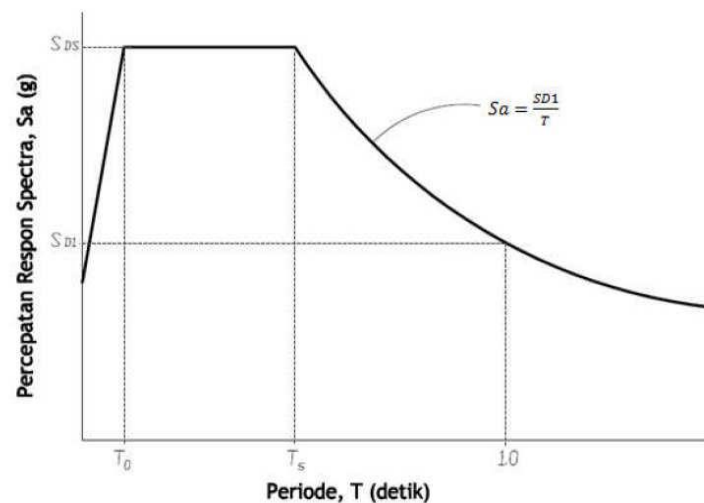
$$S_a = \frac{SD1}{T} \quad (2.5)$$

dimana:

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

$SD1$ = parameter respons spectral percepatan desain pada perioda 1 detik

T = perioda getar fundamental struktur



Gambar 2.10: Spektrum respons desain.

2.6.5. Struktur Penahan Beban Gempa

Sistem penahan gaya seismik lateral dan vertikal dasar harus memenuhi salah satu tipe yang telah ditetapkan pada SNI 1726:2012 Pasal 7.2 Struktur Penahan Beban Gempa tentang, setiap tipe dibagi-bagi berdasarkan tipe elemen vertikal yang digunakan untuk menahan gaya seismik lateral. Setiap sistem penahan gaya seismik yang dipilih harus dirancang dan didetailkan sesuai dengan persyaratan khusus bagi sistem tersebut yang telah ditetapkan.

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.2 tentang Struktur Penahan Beban Gempa, sistem struktur penahan gaya seismik ditentukan oleh parameter berikut:

- Faktor koefisien modifikasi respon (R)
- Faktor kuat lebih sistem (C_d)
- Faktor pembesaran defleksi (Ω_0)
- Faktor batasan tinggi sistem struktur

Tabel 2.6: Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa.

Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25% gaya gempa yang ditetapkan	Koef. Modifikasi respon, R^a	Faktor kuat lebih sistem, Ω_0^g	Faktor pembesaran defleksi, C_d^b	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
Sistem rangka pemikul momen								
1. Dinding geser beton bertulang khusus	8	2 1/2	5 1/2	TB	TB	TB	TB	TB
2. Dinding geser beton bertulang biasa	6	2 1/2	5	TB	TB	TI	TI	TI

2.5.6. Periode Alami Struktur

Periode adalah besarnya waktu yang diperlukan untuk mencapai satu getaran. Periode alami struktur perlu diketahui agar resonansi pada struktur dapat dihindari. Resonansi struktur adalah keadaan dimana frekuensi alami struktur sama dengan frekuensi beban luar yang bekerja sehingga dapat menyebabkan keruntuhan pada struktur (Budiono dan Supriatna, 2011).

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.8.2 tentang Penentuan Periode, periode struktur fundamental (T) dalam arah yang ditinjau harus diperoleh dengan menggunakan properti struktur dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam analisa yang teruji. Periode struktur fundamental memiliki nilai batas minimum dan batas maksimum. Nilai-nilai tersebut ditentukan dalam Pers. 2.4 dan Pers. 2.5.

- Periode fundamental pendekatan minimum ($T_{a \text{ minimum}}$):

$$T_{a \text{ minimum}} = C_t h_n^x \quad (2.6)$$

- Periode fundamental pendekatan maksimum ($T_{a \text{ maksimum}}$):

$$T_{a \text{ maksimum}} = C_u T_{a \text{ minimum}} \quad (2.7)$$

dimana:

$T_{a \text{ minimum}}$ = Nilai batas bawah periode bangunan

$T_{a \text{ maksimum}}$ = Nilai batas atas periode bangunan

h_n = Ketinggian struktur dalam m di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur (m)

x = Ditentukan dari Tabel 2.7

C_t = Ditentukan dari Tabel 2.7

C_u = Ditentukan dari Tabel 2.8

Tabel 2.7: Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x berdasarkan SNI 1726:2012.

Tipe Struktur	C_t	X
Sistem rangka pemikul momen dimana rangka memikul 100% seismik yang diisyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika gaya gempa:		
Tipe Struktur	C_t	X

Tabel 2.7: *Lanjutan.*

Rangka baja pemikul momen	0,0724a	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466a	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731a	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731a	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488a	0,75

Tabel 2.8: Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung berdasarkan SNI 1726:2012.

Parameter Percepatan Respon Spektrum Desain pada 1 Detik S_{DI}	Koefisien (C_U)
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

2.6.7. Gaya Geser Dasar Seismik

Bedasarkan SNI 1726:2012, geser dasar seismik (V) dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan Pers. 2.25.

$$V = C_s \cdot W \quad (2.8)$$

dimana:

C_s = Koefisien respon seismik yang ditentukan

W = Berat seismik efektif

Menurut SNI 1726:2012 Pasal 7.8.1.1, untuk mendapatkan koefisien C_s digunakan persamaan-persamaan yang terdapat pada Pers. 2.26 – Pers.2.29.

1. C_s maksimum

$$C_s \text{ maksimum} = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{T}\right)} \quad (2.9)$$

2. C_s hasil hitungan

$$C_s \text{ hasil hitungan} = \frac{S_{DS}}{T\left(\frac{R}{T}\right)} \quad (2.10)$$

3. C_s minimum

$$C_s \text{ minimum} = 0,044 S_{DS} I \geq 0,01 \quad (2.11)$$

4. C_s minimum tambahan

$$C_s \text{ minimum tambahan} = \frac{0,5S_1}{\left(\frac{R}{I}\right)} \quad (2.12)$$

dimana:

S_{DS} = Parameter percepatan respon spektrum desain untuk perioda pendek 0.2 detik

S_1 = Parameter percepatan respon spektrum desain untuk perioda 1 detik

R = Faktor modifikasi respon

I = Faktor keutamaan gempa yang ditentukan berdasarkan Tabel 2.2

T = Perioda struktur dasar (detik)

Nilai C_s hasil hitungan yang didapatkan tidak perlu melebihi nilai C_s maksimum dan juga tidak perlu kurang dari nilai C_s minimum. Sedangkan sebagai tambahan untuk struktur yang berlokasi di daerah dimana S_1 lebih besar dari 0,6 g maka C_s harus tidak kurang dari nilai C_s minimum tambahan.

2.6.8. Simpangan (*Drift*) Akibat Gaya Gempa

Simpangan (*drift*) adalah sebagai perpindahan lateral relatif antara dua tingkat bangunan yang berdekatan atau dapat dikatakan simpangan mendatar tiap-tiap tingkat bangunan (*horizontal story to story deflection*).

Simpangan lateral dari suatu sistem struktur akibat beban gempa adalah sangat penting yang dilihat dari tiga pandangan yang berbeda, menurut Farzat Naeim (1989):

1. Kestabilan struktur (*structural stability*)
2. Kesempurnaan arsitektural (*architectural integrity*) dan potensi kerusakan bermacam-macam komponen non-struktur
3. Kenyaman manusia (*human comfort*), sewaktu terjadi gempa bumi dan sesudah bangunan mengalami gerakan gempa.

Sementara itu Richard N. White (1987) berpendapat bahwa dalam perencanaan bangunan tinggi selalu dipengaruhi oleh pertimbangan lenturan (*deflection*), bukannya oleh kekuatan (*strength*).

Simpangan antar tingkat dari suatu titik pada suatu lantai harus ditentukan sebagai simpangan horizontal titik itu, relatif terhadap titik yang sesuai pada lantai yang berada dibawahnya. Untuk menjamin agar kenyamanan para penghuni gedung tidak terganggu maka dilakukan pembatasan-pembatasan terhadap simpangan antar tingkat pada bangunan. Pembatasan ini juga bertujuan untuk mengurangi momen-momen sekunder yang terjadi akibat penyimpangan garis kerja gaya aksial di dalam kolom-kolom (yang lebih dikenal dengan P-delta).

2.6.9. Pengaruh P-delta

Pengaruh P-delta pada geser dan momen tingkat, gaya dan momen elemen struktur yang dihasilkan, dan simpangan antar lantai tingkat yang timbul oleh pengaruh ini tidak disyaratkan untuk diperhitungkan bila koefisien stabilitas (θ) seperti ditentukan pada Pers. 2.13 berikut sama dengan atau kurang dari 0,10:

$$\theta = \frac{P_x \Delta I_e}{V_x h_{sx} C_d} \quad (2.13)$$

dimana:

- P_x = Beban desain vertikal total pada dan di atas tingkat x, dinyatakan dalam kilo newton (kN); bila menghitung P_x , faktor beban individu tidak perlu melebihi 1,0
- Δ = Adalah simpangan antar lantai tingkat desain seperti didefinisikan dalam SNI 1726:2012 pasal 7.8.6, terjadi secara serentak dengan V_x , dinyatakan dalam millimeter (mm)
- I_e = Faktor keutamaan gempa yang ditentukan sesuai dengan SNI 1726:2012 pasal 4.1.2
- V_x = Gaya geser seismik yang bekerja antar lantai tingkat x dan x-1 (kN)
- h_{sx} = Tinggi tingkat di bawah tingkat x, dinyatakan dalam millimeter (mm)
- C_d = Faktor pembesaran defleksi dalam Tabel 2.6

Koefisien stabilitas (θ) harus tidak melebihi θ_{\max} yang ditentukan sebagai berikut:

$$\theta_{\max} = \frac{0,5}{\beta C_d} \leq 0,25 \quad (2.14)$$

dimana β adalah rasio kebutuhan geser terhadap kapasitas geser untuk tingkat antara tingkat x dan $x-1$. Rasio ini diijinkan secara konservatif diambil sebesar 1,0.

Jika koefisien stabilitas (θ) lebih besar dari 0,10 tetapi kurang dari atau sama dengan θ_{\max} , faktor peningkatan terkait dengan pengaruh P-delta pada perpindahan dan gaya komponen struktur harus ditentukan dengan analisa rasional. Sebagai alternatif, diijinkan untuk mengalikan perpindahan dan gaya komponen struktur dengan 1,0 ($1-\theta$).

Jika θ lebih besar dari θ_{\max} struktur berpotensi tidak stabil dan harus didesain ulang.

Jika pengaruh P-delta disertakan dalam analisa otomatis, Pers. 2.14 masih harus dipenuhi, akan tetapi, nilai θ yang dihitung dari Pers. 2.30 menggunakan hasil analisa P-delta diijinkan dibagi dengan $(1+\theta)$ sebelum diperiksa dengan Pers. 2.14.

2.6.10. Metode Analisa

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7, analisa struktur yang disyaratkan harus terdiri dari salah satu tipe yang diijinkan dalam Tabel 2.11, berdasarkan pada kategori desain seismik struktur, sistem struktur, properti dinamis, dan keteraturan, atau dengan persetujuan pemberi ijin yang mempunyai kuasa hukum, sebuah prosedur alternatif yang diterima secara umum diijinkan digunakan. Prosedur analisa yang dipilih harus dilengkapi sesuai dengan persyaratan dari pasal yang terkait.

Tabel 2.9: Prosedur analisa yang boleh digunakan.

Kategori desain seismik	Karakteristik struktur	Analisa gaya lateral ekivalen Pasal 7.8	Analisa spektrum respon ragam Pasal 7.9	Prosedur riwayat respon seismik Pasal 11
B, C	Bangunan dengan Kategori Risiko I atau II dari konstruksi rangka ringan dengan ketinggian tidak melebihi 3 tingkat.	I	I	I
B, C	Bangunan lainnya dengan Kategori I atau II, dengan ketinggian tidak melebihi 2 tingkat.	I	I	I
	Semua struktur lainnya	I	I	I
D, E, F	Bangunan dengan Kategori Risiko I atau II dari konstruksi rangka ringan dengan ketinggian tidak melebihi 3 tingkat.	I	I	I
	Bangunan lainnya dengan Kategori Risiko I atau II dengan ketinggian tidak melebihi 2 tingkat.	I	I	I
	Struktur beraturan dengan $T < 3,5 T_s$ dan semua struktur dari konstruksi rangka ringan.	I	I	I
	Struktur tidak beraturan dengan $T < 3,5 T_s$ dan mempunyai hanya ketidakberaturan horizontal Tipe 2, 3, 4, atau 5 dari Tabel 10 atau ketidakberaturan vertikal Tipe 4, 5a, atau 5b dari Tabel 11.			
	Semua struktur lainnya	TI	I	I

Catatan: Dijinkan, TI: Tidak diijinkan

2.6.10.1. Metode Analisa Respon Spektrum Ragam

Menurut Budiono dan Supriatna (2011) parameter respon terkombinasi respon masing-masing ragam yang ditentukan melalui spektrum respon rencana gempa merupakan respon maksimum. Dalam hal ini, jumlah ragam vibrasi yang ditinjau dalam penjumlahan ragam respon menurut metode ini harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respon total harus mencapai sekurang-kurangnya 90%.

Untuk penjumlahan respon ragam yang memiliki waktu-waktu getar alami yang berdekatan, harus dilakukan dengan metode Kombinasi Kuadratik Lengkap (*Complete Quadratic Combination/CQC*). Waktu getar alami dianggap berdekatan apabila selisihnya kurang dari 15%. Sedangkan untuk struktur yang memiliki waktu getar alami yang berjauhan, penjumlahan respon ragam tersebut dapat dilakukan dengan metode yang dikenal dengan Akar Kuadrat Jumlah Kuadrat (*Square Root of the Sum of Squares/SRSS*).

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.4.1, nilai akhir respon dinamik struktur gedung terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana dalam suatu arah tertentu, tidak boleh diambil kurang dari 85% nilai respon ragam yang pertama. Bila respon dinamik struktur gedung dinyatakan dalam gaya geser V_t , maka persyaratan tersebut dapat dinyatakan dalam Pers. 2.32.

$$V_t \geq 0,85 V_1 \quad (2.15)$$

Maka, apabila nilai akhir respon dinamik lebih kecil dari nilai respon ragam pertama, gaya geser tingkat nominal akibat pengaruh gempa rencana sepanjang tinggi struktur gedung hasil analisa spektrum respon ragam dalam suatu arah tertentu harus dikalikan nilainya dengan suatu faktor skala yang ditentukan dengan Pers. 2.33.

$$\text{Faktor Skala} = \frac{0,85V_1}{V_t} \geq 1 \quad (2.16)$$

dimana:

V_t = Gaya geser dasar nominal yang didapat dari hasil analisa ragam spektrum respon yang telah dilakukan

V_l = Gaya geser dasar prosedur gaya lateral statik ekuivalen

2.6.10.2. Metode Analisa Riwayat Waktu

Analisa riwayat waktu terbagi menjadi 2 jenis metode, yaitu:

1. Analisa respon dinamik riwayat waktu linear

Adalah suatu cara analisa untuk menentukan riwayat waktu respon dinamik struktur gedung 3 dimensi yang berperilaku elastik penuh terhadap gerakan tanah akibat gempa rencana pada taraf pembebanan gempa nominal sebagai data maksimum, dimana respon dinamik dalam setiap interval waktu dihitung dengan metode integrasi langsung atau dapat juga dengan metode analisa ragam.

2. Analisa respon dinamik riwayat waktu nonlinear

Adalah suatu cara analisa untuk menentukan riwayat waktu respon dinamik struktur gedung 3 dimensi yang berperilaku elastik penuh (linear) maupun elasto-plastis (nonlinear) terhadap gerakan tanah akibat gempa rencana pada taraf pembebanan gempa nominal sebagai data maksimum, dimana respon dinamik dalam setiap interval waktu dihitung dengan metode integrasi langsung.

2.6.11. Pembebanan dan Kombinasi Pembebanan

Beban kerja pada struktur atau komponen struktur ditetapkan berdasarkan peraturan pembebanan yang berlaku. Berdasarkan PPPURG (1987), beban pada struktur atau komponen struktur dikelompokkan menjadi 5 jenis beban, yaitu:

1. Beban mati, yaitu 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 seperti pipa-pipa, saluran listrik, AC, lampu-lampu, penutup lantai/atap, plafon, dan sebagainya.

2. Beban hidup, yaitu semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan ke dalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut.
3. Beban angin, yaitu semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara.
4. Beban gempa, yaitu semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu.
5. Beban khusus, yaitu semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang terjadi akibat selisih suhu, pengangkatan dan pemasangan, penurunan pondasi, susut, gaya-gaya tambahan yang berasal dari beban hidup seperti gaya rem yang berasal dari keran, gaya sentrifugal dan gaya dinamis yang berasal dari mesin-mesin, serta pengaruh-pengaruh khusus lainnya.

Kombinasi beban untuk metode ultimit struktur, komponen-komponen struktur dan elemen-elemen pondasi harus dirancang sedemikian hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor.

Menurut Budiono dan Supriatna (2011), faktor-faktor dan kombinasi beban untuk beban mati nominal, beban hidup nominal, dan beban gempa nominal adalah:

1. 1,4 DL
2. 1,2 DL + 1,6 LL
3. $1,2 DL + 1 LL \pm 0,3 (\rho Q_E + 0,2 S_{DS} DL) \pm 1 (\rho Q_E + 0,2 S_{DS} DL)$
4. $1,2 DL + 1 LL \pm 1 (\rho Q_E + 0,2 S_{DS} DL) \pm 0,3 (\rho Q_E + 0,2 S_{DS} DL)$
5. $0,9 DL \pm 0,3 (\rho Q_E - 0,2 S_{DS} DL) \pm 1 (\rho Q_E - 0,2 S_{DS} DL)$
6. $0,9 DL \pm 1 (\rho Q_E - 0,2 S_{DS} DL) \pm 0,3 (\rho Q_E - 0,2 S_{DS} DL)$

dimana:

- DL* = Beban mati, termasuk *SIDL*
LL = Beban hidup
Ex = Beban gempa arah-x

E_y = Beban gempa arah-y

ρ = Faktor reduksi

S_{DS} = Parameter percepatan respon spektrum desain pada perioda pendek

Q_E = Pengaruh gaya seismik horizontal dari V , yaitu gaya geser desain total di dasar struktur dalam arah yang ditinjau. Pengaruh tersebut harus dihasilkan dari penerapan gaya horizontal secara serentak dalam dua arah tegak lurus satu sama lain

Faktor reduksi (ρ) harus dikenakan pada sistem penahan gaya seismik masing-masing dalam kedua arah orthogonal untuk semua struktur. Kondisi dimana nilai ρ diizinkan 1 sebagai berikut:

- Struktur dirancang untuk kategori desain seismik B atau C
- Perhitungan simpangan antar lantai dan pengaruh P-delta; desain komponen nonstruktural
- Desain struktural non gedung yang tidak mirip dengan bangunan gedung
- Desain elemen kolektor, sambungan lewatan, dan sambungannya dimana kombinasi beban dengan faktor kuat-lebih berdasarkan Pasal 7.4.3 pada SNI 1726:2012 yang digunakan
- Desain elemen struktur atau sambungan dimana kombinasi beban dengan faktor kuat-lebih berdasarkan Pasal 7.4.3 disyaratkan untuk didesain
- Beban diafragma ditentukan dengan menggunakan persamaan yang terdapat pada SNI 1726:2012, yaitu:

$$F_{px} = \frac{\sum F_i}{\sum w_i} w_{px}$$

(2.17)

dimana:

F_{px} = Gaya desain diafragma

F_i = Gaya desain yang diterapkan di tingkat i

w_i = Tributari berat sampai tingkat i

w_{px} = Tributari berat sampai diafragma di tingkat x

dimana F_{px} tidak boleh kurang dari Pers. 2.35.

$$F_{px} = 0,2 S_{DS} I_{ex} W_{px}$$

(2.18)

Dan F_{px} tidak boleh melebihi dari Pers. 2.36.

$$F_{px} = 0,4 S_{DS} I_{ex} W_{px}$$

(2.19)

- Struktur bagian sistem peredaman
- Desain dinding struktural terhadap gaya keluar bidang, termasuk sistem angkutnya

Untuk struktur yang dirancang bagi kategori desain seismik D, E, dan F faktor reduksi (ρ) harus sama dengan 1,3; kecuali jika satu dari dua kondisi berikut dipenuhi dimana ρ diizinkan diambil sebesar 1.

- Masing-masing tingkat yang menahan lebih dari 35% geser dasar dalam arah yang ditinjau sesuai dengan Tabel 2.12.

Tabel 2.10: Persyaratan masing-masing tingkat yang menahan lebih dari 35% gaya geser dasar.

Elemen Penahan Gaya Lateral	Persyaratan
Rangka pemikul momen	Kehilangan tahanan momen disambung balok ke kolom di kedua ujung balok tunggal tidak akan mengakibatkan lebih dari reduksi kuat tingkat sebesar 33% atau sistem yang dihasilkan tidak mempunyai ketidakberaturan torsi yang berlebih (Tabel 2.11 No.1b SNI 1726:2012)

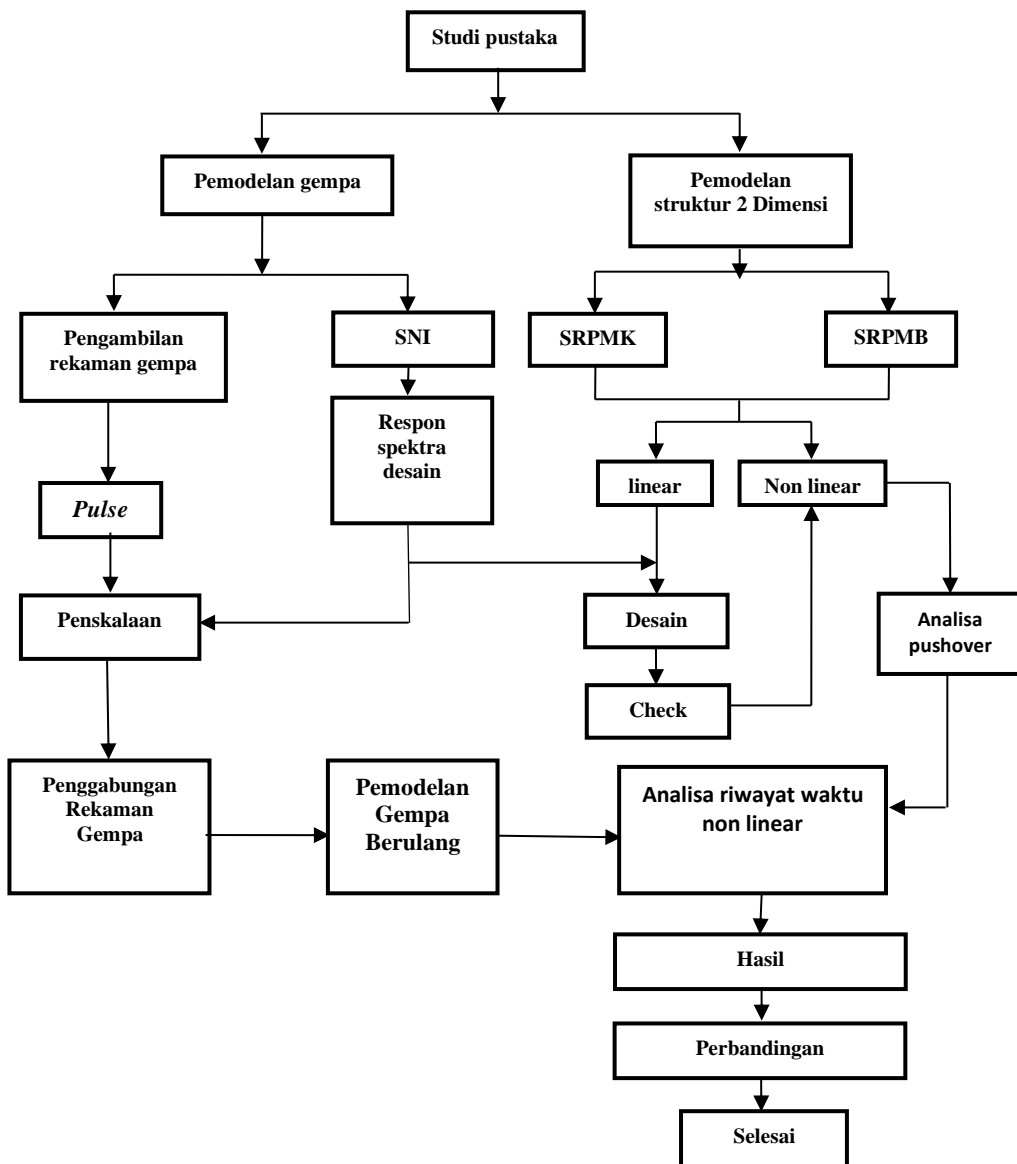
Struktur dengan denah beraturan di semua tingkat dengan sistem penahan gaya seismik terdiri dari paling sedikit dua bentang per meter penahan gaya yang merangka pada masing-masing sisi struktur dalam masing-masing arah ortogonal di setiap tingkat yang menahan lebih dari 35% geser dasar. Jumlah bentang untuk dinding struktur harus dihitung sebagai panjang dinding struktur dibagi dengan tinggi tingkat atau dua kali panjang dinding geser dibagi dengan tinggi tingkat untuk konstruksi rangka ringan.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Umum

Bab ini berisi tentang pemodelan struktur yang direncanakan. Struktur dianalisis menggunakan 2 *software* bantuan, yaitu Program Analisa Struktur, dan RUAUMOKO2D versi 04. Secara umum, metode penelitian dalam Tugas Akhir ini dibuat dalam suatu diagram alir seperti yang tampak pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1: Bagan alir penelitian.

Berdasarkan Gambar 3.1, dapat dijelaskan bahwa dalam Tugas Akhir ini analisis dilakukan terhadap 4 model, setiap modelnya memiliki 2 sistem ganda dinding geser pemikul momen yaitu sistem ganda dinding geser khusus, dan sistem ganda dinding geser biasa. Keempat model bangunan tersebut dianalisis secara Linear dan Non-Linear dengan menggunakan Metode Analisis Respon Spektrum (*Response Spectrum Analysis*) dengan menggunakan Program Analisa Struktur serta Analisis Riwayat Waktu (*Time History Analysis*) dengan menggunakan *software* RUAUMOKO versi 04 yang sudah dimuat dalam exel Microsoft word, untuk mendapatkan nilai simpangan yang ada ketika bangunan telah dikenakan gempa tunggal dan berulang. Kemudian nilai simpangan tersebut akan dibandingkan untuk setiap modelnya.

3.2. Pemodelan Struktur

3.2.1. Data Perencanaan Struktur

Adapun data perencanaan struktur yang digunakan pada keempat pemodelan dalam Program Analisa Struktur, yaitu:

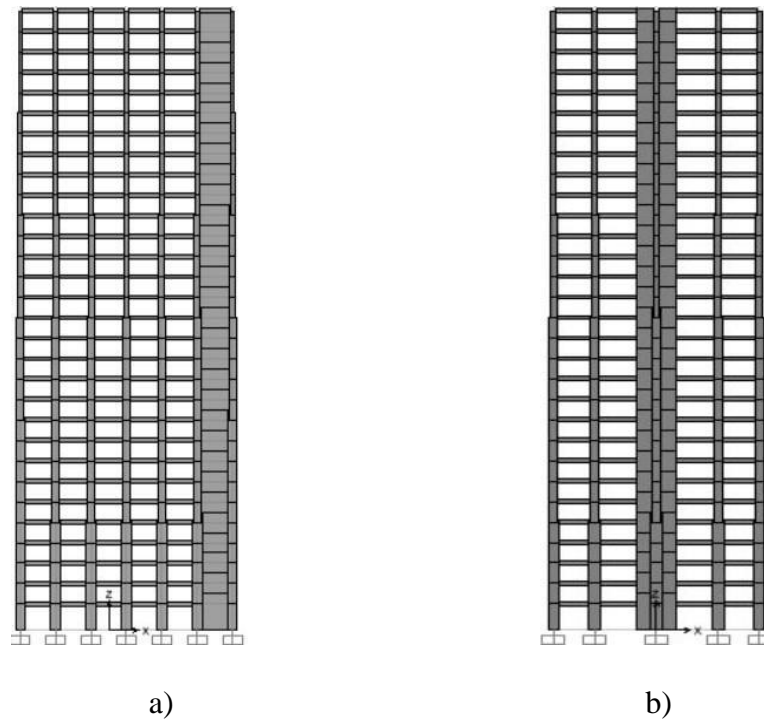
1. Jenis pemanfaatan gedung perkantoran.
2. Gedung terletak di Banda Aceh dan Palembang.
3. Klasifikasi situs tanah lunak (*SE*), dan tanah keras (*SC*).
4. Sistem struktur yang digunakan adalah Sistem Ganda Dinding Geser Khusus, dan Sistem Ganda Dinding Geser Biasa.
5. Jenis portal struktur gedung adalah beton bertulang.
6. Kuat tekan beton ($f'c$) yang digunakan:
 - Kolom : 50 MPa
 - Balok : 40 MPa
7. Mutu baja tulangan yang digunakan adalah BJTD 30:
 - Kuat leleh minimum (f_y) : 450 MPa
 - Kuat tarik minimum (f_u) : 555 Mpa

3.2.2. Konfigurasi Bangunan

Dalam Tugas Akhir ini, struktur bangunan yang direncanakan adalah struktur beton bertulang dengan sistem Ganda pemikul momen khusus. Bangunan berbentuk persegi yang menggunakan dinding geser (*Shear Wall*) diluar (Type I), dan didalam (Tipe II) seperti yang terlihat pada Gambar 3.2.

Adapun jenis pemodelan struktur yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah:

1. Model 1 = SRPMK, dan SRPMB (10 Lantai)
2. Model 2 = SRPMK, dan SRPMB (15 Lantai)
3. Model 3 = SRPMK, dan SRPMB (20 Lantai)
4. Model 4 = SRPMK, dan SRPMB (30 Lantai)



Gambar 3.2: a) Denah Struktur Dinding Geser diluar (Type I), b) Denah struktur Dinding Geser didalam (Type II)

3.2.3. Dimensi Kolom-Balok

Bangunan yang direncanakan adalah struktur beraturan, Struktur gedung direncanakan dengan dimensi penampang yang berbeda.

Ukuran balok dan kolom terdapat pada Tabel 3.1, sedangkan letak dan posisi dari masing-masing ukuran kolom dapat dilihat pada Gambar 3.2.

Tabel 3.1: Komponen struktural bangunan.

Model Bangunan	Ukuran Kolom (cm)	Keterangan	Ukuran Balok (cm)	Keterangan
Model 1	80 x 80	kolom lantai 1-5	40 x 70	sama untuk semua lantai
	60 x 60	kolom lantai 6-10		
Model 2	100 x 100	kolom lantai 1-5	40 x 70	sama untuk semua lantai
	80 x 80	kolom lantai 6-10		
	60 x 60	kolom lantai 11-15		
Model 3	140 x 140	kolom lantai 1-5	40 x 70	sama untuk semua lantai
	120 x 120	kolom lantai 6-10		
	100 x 100	kolom lantai 11-15		
	80 x 80	kolom lantai 16-20		
Model 4	160 x 160	kolom lantai 1-5	40 x 70	sama untuk semua lantai
	140 x 140	kolom lantai 6-10		
	120 x 120	kolom lantai 11-15		
	100 x 100	kolom lantai 16-20		
	80 x 80	kolom lantai 21-25		
	60 x 60	kolom lantai 26-30		

3.3. Analisis Struktur

3.3.1. Analisis Dinamik Struktur Linier

Analisis ini menggunakan Metode Respon Spektrum. Pada analisis ini, alat bantu *software* yang digunakan adalah Program Analisa Struktur.

3.3.1.1. Pembebanan

Beban gravitasi yang bekerja pada struktur bangunan diambil dari PPPURG (1987) dan SNI 1727:2013 yang telah disesuaikan dengan jenis dan fungsi bangunan. Beban-beban tersebut adalah beban hidup dan beban mati yang berhubungan dengan komponen material bangunan. Nilai beban hidup dan beban mati yang digunakan dalam perencanaan dapat dilihat pada Tabel 3.2 dan Tabel 3.3.

Tabel 3.2: Berat material konstruksi berdasarkan PPPURG 1987.

Beban Mati	Besarnya Beban
Beton bertulang	2400 kg/m ³
Plafon dan penggantung	18 kg/m ²
Adukan /cm dari semen	21 kg/m ²
Pasangan bata setengah batu	250 kg/m ²
Penutup lantai dari keramik	24 kg/m ²

Tabel 3.3: Beban hidup pada lantai dan atap struktur berdasarkan SNI 1727:2013.

Beban Hidup	Besarnya Beban
Lantai sekolah, perkantoran, apartemen, hotel, asrama, pasar, rumah sakit	240 kg/m ²
Beban hidup pada atap gedung	100 kg/m ²

Selanjutnya nilai-nilai tersebut dihitung dan diakumulasikan sesuai dengan luas bangunan pada masing-masing tingkat/lantai yang kemudian digunakan sebagai *input* dalam pemodelan Program Analisa Struktur.

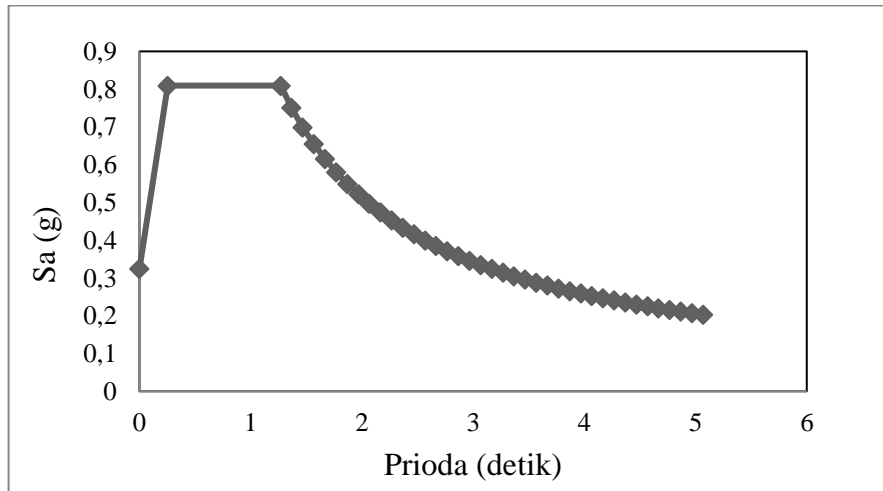
3.3.1.2. Respon Spektrum Desain Gempa

3.3.1.2.1 Desain Respon Spektrum Banda Aceh (Tanah Lunak)

Berdasarkan SNI 1726:2012, respon spektrum gempa didesain pada kondisi tanah lunak yang terletak di Kota Banda Aceh, kemudian dianalisis dengan data-data $PGA = 0.75 \text{ g}$, $S_s = 1.349 \text{ g}$ dan $S_l = 0.642 \text{ g}$. Berdasarkan tahap-tahap yang telah dibahas dalam sub Bab 2.5.3 dan 2.5.4, maka akan didapatkan koefisien atau nilai-nilai yang diperlukan dalam pembuatan respon spektrum desain. Nilai-nilai tersebut yaitu:

- Nilai $F_a = 0.9$
- Nilai $F_v = 2.4$
- $S_{MS} = 1.2141$
- $S_{MI} = 1.5408$
- $S_{DS} = 0.8094$
- $S_{DI} = 1.0272$
- $T_0 = 0.25382$
- $T_s = 1.26909$
- Nilai S_a

Respon spektrum diplot ke dalam grafik seperti yang ditampilkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3: Respon spektrum desain berdasarkan SNI 1726:2012 Kota Banda Aceh dengan jenis tanah lunak.

Selanjutnya nilai respon spektrum desain yang didapatkan tersebut digunakan dalam Analisis Dinamik Struktur Linear dengan Metode Respon Spektrum pada pemodelan menggunakan Program Analisa Struktur.

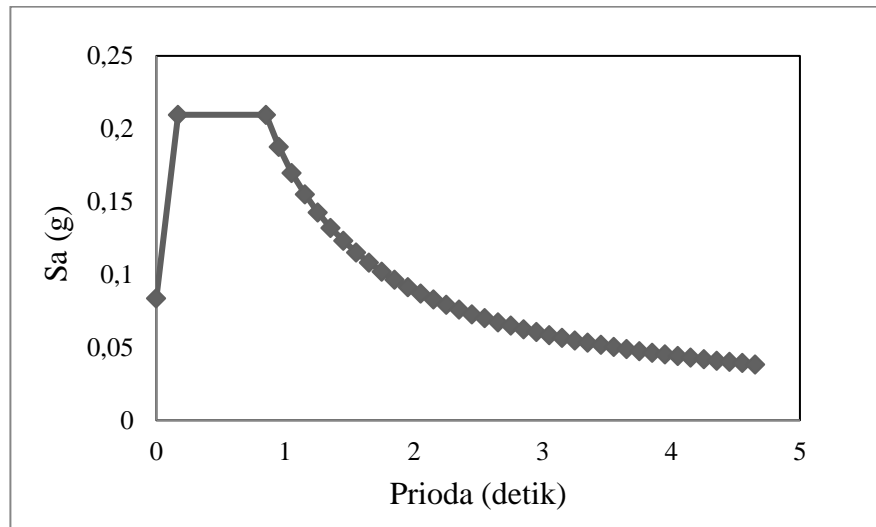
3.3.1.2.2 Desain Respon Spektrum Palembang (Tanah keras)

Berdasarkan SNI 1726:2012, respon spektrum gempa didesain pada kondisi tanah keras yang terletak di Kota Palembang, kemudian dianalisis dengan data-data $PGA = 0.147 g$, $S_s = 0.262 g$, dan $S_l = 0.164 g$ Berdasarkan tahap-tahap yang telah dibahas dalam sub bab 2.5.3 dan 2.5.4, maka akan didapatkan koefisien atau nilai-nilai yang diperlukan dalam pembuatan respon spektrum desain. Nilai-nilai tersebut yaitu:

- Nilai F_a = 1.2
- Nilai F_v = 1.636
- S_{MS} = 0.3144
- S_{MI} = 0.2683
- S_{DS} = 0.2096
- S_{DI} = 0.17887
- T_0 = 0.17068

- $T_s = 0.85338$
- Nilai S_a

Respon spektrum diplot ke dalam grafik seperti yang ditampilkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4: Respon spektrum desain berdasarkan SNI 1726:2012 Kota Palembang dengan jenis tanah keras.

Selanjutnya nilai respon spektrum desain yang didapatkan tersebut digunakan dalam Analisis Dinamik Struktur Linier dengan Metode Respon Spektrum pada pemodelan menggunakan Program Analisa Struktur.

3.3.1.3. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang digunakan dihitung berdasarkan ketentuan yang ditetapkan dalam SNI 1726:2012 tentang standar perencanaan bangunan tahan gempa. Berdasarkan sub Bab 2.5.11, maka didapatkan untuk Faktor $R=7$ nilai $\rho = 1.3$ yang diperoleh dari kategori desain seismik D dan nilai $S_{DS} = 0.8094$, untuk Faktor $R = 6$ nilai $\rho = 1.0$ yang diperoleh dari kategori desain seismik C dan nilai $S_{DS} = 0.2096$, maka kombinasi pembebanannya dapat dilihat pada Tabel 3.4 untuk faktor $R=7$ dan Tabel 3.5 untuk faktor $R=6$.

Tabel 3.4: Kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1726:2012 dengan nilai $\rho = 1.3$, $S_{DS} = 0.8094$.

Kombinasi	Koefisien (DL)	Koefisien (LL)	Koefisien (EX)	Koefisien (EY)
Kombinasi 1	1,4	0	0	0
Kombinasi 2	1.2	1.6	0	0
Kombinasi 3	1.248	1	0.39	0
Kombinasi 4	1.151	1	-0.39	0
Kombinasi 5	1.361	1	1.3	0
Kombinasi 6	1.038	1	-1.3	0
Kombinasi 7	0.85	0	0.39	0
Kombinasi 8	0.948	0	-0.39	0
Kombinasi 9	0.738	0	1.3	0
Kombinasi 10	1.0618	0	-1.3	0
Kombinasi Maximum <i>Envelope</i>	Nilai <i>absolute</i> dari seluruh kombinasi			

Tabel 3.5: Kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1726:2012 dengan nilai $\rho = 1$, $S_{DS} = 0.2096$.

Kombinasi	Koefisien (DL)	Koefisien (LL)	Koefisien (EX)	Koefisien (EY)
Kombinasi 1	1,4	0	0	0
Kombinasi 2	1.2	1.6	0	0
Kombinasi 3	1.2125	1	0.3	0
Kombinasi 4	1.1874	1	-0.3	0
Kombinasi 5	1.2419	1	1	0
Kombinasi 6	1.1581	1	-1	0
Kombinasi 7	0.8874	0	0.3	0
Kombinasi 8	0.9125	0	-0.3	0
Kombinasi 9	0.858	0	1	0
Kombinasi 10	0.9419	0	-1	0
Kombinasi Maximum <i>Envelope</i>	Nilai <i>absolute</i> dari seluruh kombinasi			

Kombinasi Maximum memiliki tipe kombinasi yang lain dari Kombinasi 1 sampai 10 yaitu kombinasi dengan tipe *linear add*, sementara Kombinasi Maximum

adalah kombinasi dengan tipe *envelope*. Tipe kombinasi ini tidak bersifat menjumlahkan beban seperti halnya tipe kombinasi *linear add*, namun tipe ini berfungsi untuk mencari nilai gaya maksimum dan minimum dari beban yang bergerak (dimana pada beban bergerak, beban maksimum dan minimum pada suatu batang maupun *joint* tergantung dari posisi bebannya).

3.3.1.4. Analisis Respon Spektrum Ragam

Analisis ini merupakan tahap desain yang harus memenuhi syarat-syarat batas berdasarkan SNI 1726:2012. Analisis telah memenuhi syarat jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi yaitu sebesar paling sedikit 90% dari massa aktual dalam masing-masing arah horizontal ortogonal dari respon yang ditinjau oleh model. Nilai untuk masing-masing parameter terkait gaya yang ditinjau, termasuk simpangan antar lantai tingkat, gaya dukung, dan gaya elemen struktur individu untuk masing-masing respon ragam telah dihitung menggunakan properti masing-masing ragam dan respon spektrum dibagi dengan kuantitas (R/I_e). Nilai untuk perpindahan dan kuantitas simpangan antar lantai harus dikalikan dengan kuantitas (C_d/I_e) yang nilainya telah tertera pada Tabel 2.5 untuk nilai I_e dan Tabel 2.10 untuk nilai R dan C_d .

Nilai untuk masing-masing parameter yang ditinjau, yang dihitung untuk berbagai ragam, telah dikombinasikan menggunakan metode akar kuadrat jumlah kuadrat (*Square Root of the Sum of Squares/SRSS*) atau metode kombinasi kuadrat lengkap (*Complete Quadratic Combination/CQC*). Metode akar kuadrat jumlah kuadrat diperoleh dari hasil selisih nilai perioda yang lebih dari 15%, sementara metode kombinasi kuadrat lengkap diperoleh dari hasil selisih nilai perioda yang kurang dari 15%. Sehingga metode yang digunakan dalam analisis respon spektrum ragam adalah *CQC* pada Model 1, *CQC* pada Model 2, *CQC* pada Model 3 dan *SRSS* pada Model 4. Perhitungan mendetail pemilihan metode yang digunakan dalam pemodelan struktur dapat dilihat pada Bab 4.

3.3.1.5. Groundmotion Records (Data Rekaman Gempa)

Data rekaman gempa diperoleh dari *website* resmi *Pacific Earthquake Engineering Research (PEER) Next Generation Attenuation (NGA)*, *COSMOS Strongmotion Data Center*.

Dalam pengambilan data rekaman gempa melalui PEER NGA, diperlukan data *Station*, *Date*, dan *Magnitude* agar terdapat korelasi antara data gempa yang diambil dari *website* tersebut dengan data gempa dari bangunan yang direncanakan.

Data rekaman gempa yang diambil sebanyak 20 rekaman gempa diantaranya rekaman gempa tanpa *Pulse* (gempa biasa) dengan jarak *epicentral* diatas 20 km diambil sebanyak 10 data rekaman gempa dan rekaman gempa yang mengandung *Pulse* diambil sebanyak 10 rekaman. Untuk tipe tanpa *Pulse* (gempa biasa) data rekaman gempa diperoleh dari PEER NGA seperti terlihat pada Tabel 3.6 dan untuk tipe *Pulse* data rekaman gempa diperoleh dari PEER NGA dan COSMOS seperti terlihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6: Rekaman getaran gempa *Pulse* dari PEER NGA & COSMOS.

Gempa	Nama Gempa	Tahun	Nama Stasiun Gempa	Mag
1	Christchurch New Zealand	2011	CBGS	6.1
2	Chi-Chi Taiwan	1999	TCU129	6.2
3	Niigata japan	2004	NIG020	6.6
4	Chi-Chi Taiwan	1999	TCU129	7.6
5	Northwest China	1997	Jianshi	5.8
6	Mendocino cape	1992	Petrolia CA	6.6
7	Nocera Umbra	1997	NCR	5.4
8	Nocera Umbra	1997	NCR	5.7
9	Hokkaido japan	2004	HKD071	7.0

Tabel 3.6: *Lanjutan*.

Gempa	Nama Gempa	Tahun	Nama Stasiun Gempa	Mag
10	Tohoku japan	2011	MYG001	7.1

Setiap data rekaman gempa terdiri dari 2 data gempa horizontal (arah X dan Y) dan 1 data gempa vertikal (arah Z), namun dalam Tugas Akhir ini data rekaman gempa yang digunakan hanya gempa horizontal arah X, sementara gempa horizontal arah Y tidak digunakan karena bangunan yang direncanakan dalam bentuk 2 dimensi (2D) pada sumbu X dan gempa vertikal arah Z karena dalam analisis karena data relatif sangat kecil (atau dianggap sama dengan 0).

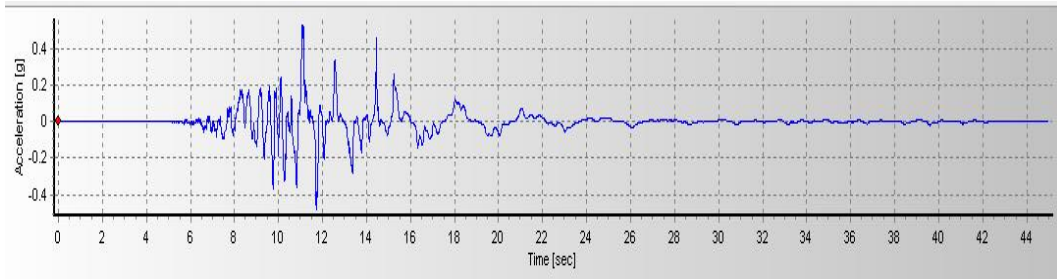
Selanjutnya data rekaman gempa yang diperoleh tersebut diskalakan terhadap respon spektrum desain. Pada proses penskalaan dibutuhkan data respon spektrum desain agar data rekaman gempa original disesuaikan dengan kondisi geologis pada Kota Banda Aceh (tanah lunak), Palembang (tanah keras), dan Palembang (tanah batuan). Selain itu, rentang perioda alami (T) juga dibutuhkan dalam proses penskalaan agar hasil skala lebih detail.

Kemudian data rekaman gempa yang telah diskalakan digunakan sebagai *input* pada *software* RUAUMOKO versi 04 yang sudah dimuat dalam Microsoft word excel. untuk Analisis Dinamik Non Linier Inelastis dengan Metode Analisa Riwayat Waktu.

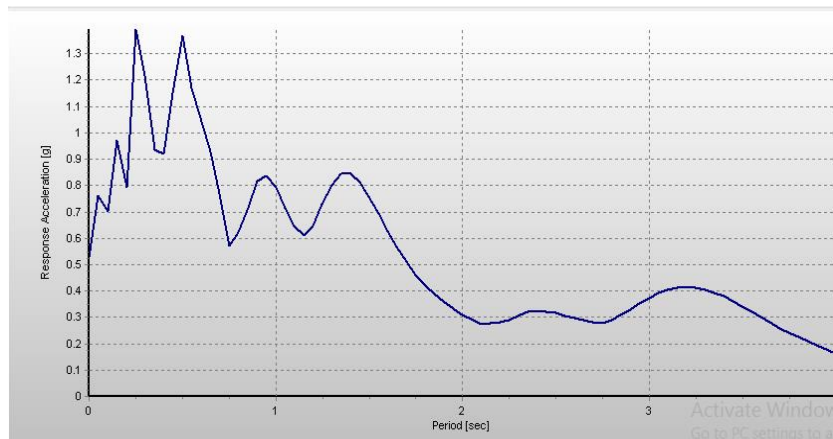
3.3.1.6. Analisis Respon Riwayat Waktu

Analisis ini merupakan tahap evaluasi yang dijadikan sebagai perbandingan terhadap analisis linear sebelumnya, sehingga tidak perlu seluruhnya memenuhi syarat-syarat SNI 1726:2012. Karena model yang digunakan merupakan model yang seluruhnya telah memenuhi syarat-syarat SNI 1726:2012 pada analisis linier sebelumnya yaitu dengan Metode Respon Spektrum. Pada Metode Respon Riwayat Waktu ini dianalisis secara dua dimensi. Alat bantu *software* yang digunakan adalah RUAUMOKO2D versi 04. Sebelum dianalisis dengan RUAUMOKO2D terdapat beberapa tahapan sebagai berikut :

- a. pengambilan rekaman gempa dari PEER NGA dan COSMOS. Daerah- daerah rekaman yang diambil tertera pada tabel 3.7 dan 3.8.
- b. mengubah rekaman gempa menjadi respon spektrum dengan bantuan *software Seismosignal*. Hal ini dilakukan untuk memudahkan proses penskalaan.

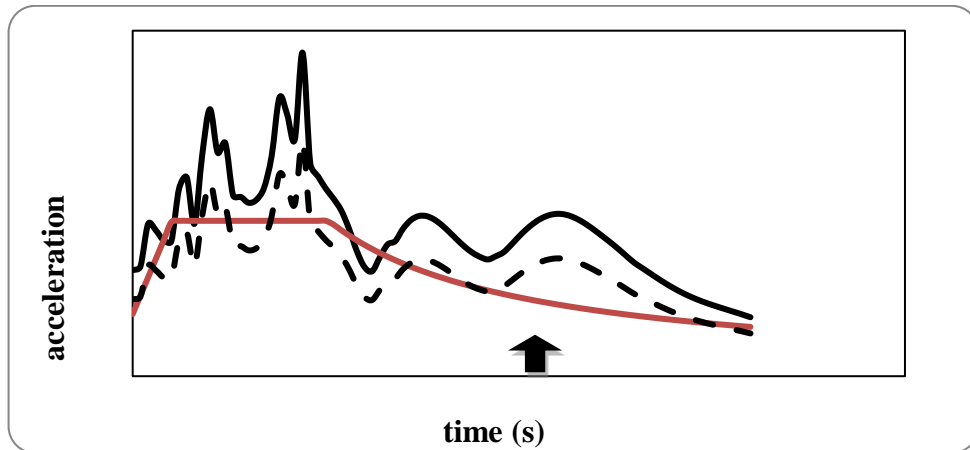


Gambar 3.5: Rekaman gempa Christchurch New Zealand sebelum diubah menjadi respon spektrum

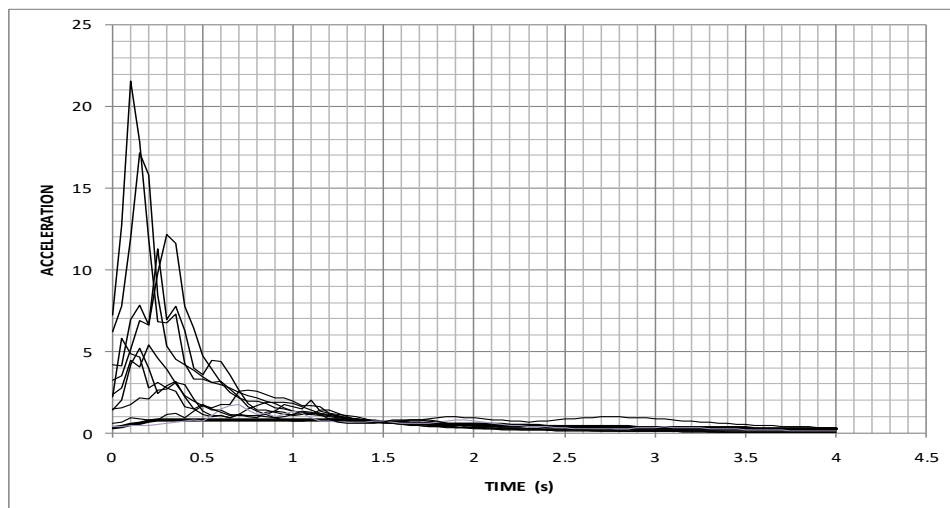


Gambar 3.6: Rekaman gempa Christchurch New Zealand setelah diubah menjadi respon spektrum

- c. kemudian respon spektrum diskalakan dengan respon spektrum yang direncanakan untuk wilayah Indonesia.



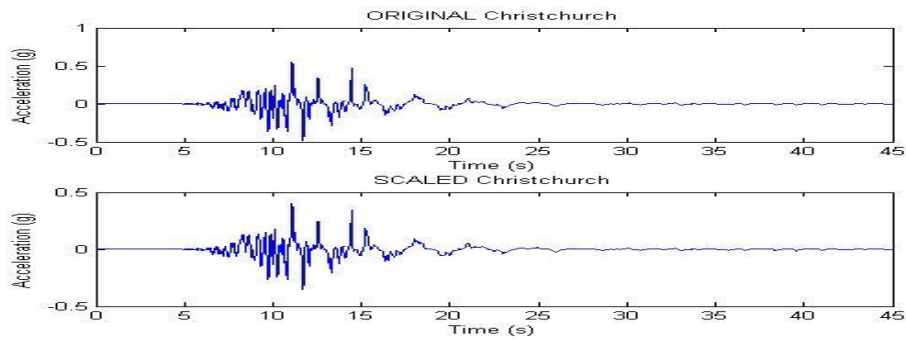
Gambar 3.7: Respon spektrum Christchurch New Zealand setelah diskalakan (garis putus-putus) terhadap respon spektrum diindonesia (Banda aceh).



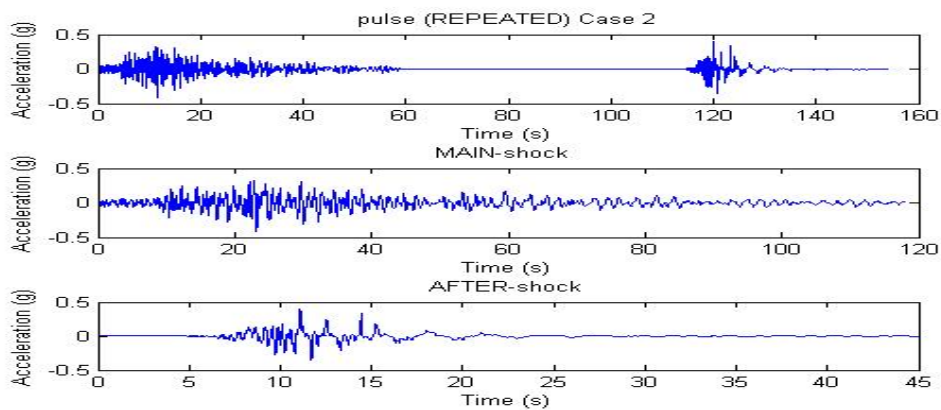
Gambar 3.8: Respon spektrum dengan 10 daerah gempa setelah diskalakan terhadap respon spektrum diindonesia (Banda aceh).

Respon spektrum akan diskalakan terhadap perioda gedung, Kemudian nilai skala akan digunakan untuk penskalaan rekaman gempa yang diambil dari PEER NGA dan COSMOS.

- d. Menskalakan rekaman gempa dengan menggunakan *software* MATLAB, rekaman gempa akan dijadikan gempa tunggal dan gempa berulang.



Gambar 3.9: Rekaman gempa Christchurch New Zealand setelah diskalakan (gambar bawah) ini termasuk gempa tunggal.



Gambar 3.10: Rekaman gempa Christchurch New Zealand (*Main-shock*) dan Chi-chi Taiwan (*after-shock*) setelah digabungkan (*pulse Repeated*), ini termasuk gempa berulang 2 kali.

Data- data rekaman yang telah diskalakan dan digabungkan dengan MATLAB akan digunakan sebagai input data pada analisis menggunakan RUAUMOKO2D.

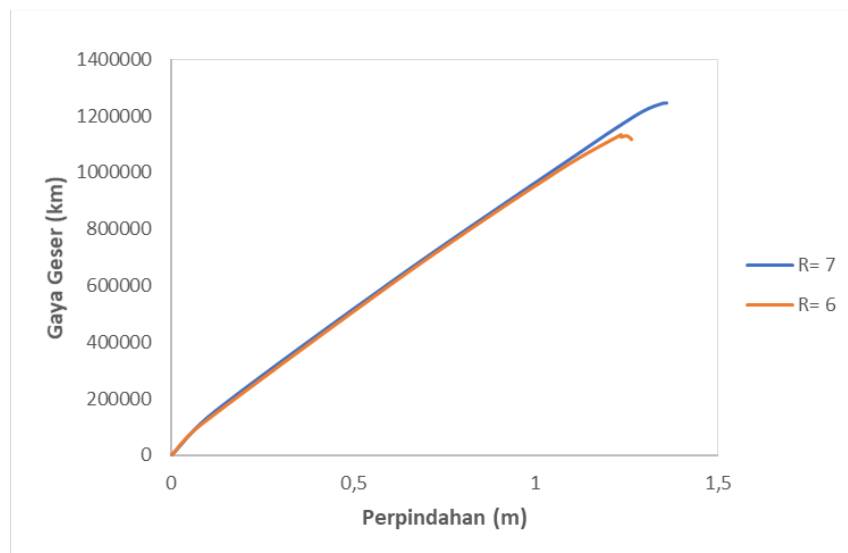
Adapun data-data yang dibutuhkan dalam analisis respon riwayat waktu nonlinier menggunakan *software* RUAUMOKO2D versi 04 antara lain:

- I : Momen inersia penampang
- E : Modulus elastisitas penampang
- M_y : Momen leleh
- M_c : Momen puncak
- K_o : Kekakuan rotasi elastis
- θ_p : Koefisien rotasi plastis
- θ_y : Koefisien rotasi leleh

- θ_c : Koefisien rotasi kapasitas plastis
- θ_{pc} : Koefisien rotasi *post-capping*
- θ_u : Koefisien rotasi ultimit
- $\mu\theta_c$: Daktilitas rotasi kapasitas plastis
- r : Rasio kekakuan *post-yield*

3.3.1.7 Momen leleh (My)

Berdasarkan Metode FEMA, momen leleh yang digunakan sebagai *input* analisis nonlinear pada program RUAUMOKO2D versi 04 adalah momen maksimum pada analisis linier respon riwayat waktu menggunakan Program Analisa Struktur. Nilai tersebut sebelumnya diambil dari Program Analisa Struktur dan disesuaikan dengan sistem bangunan yang direncanakan. Pengambilan momen leleh diambil setelah menyesuaikan kurva kapasitas pada analisa beban dorong (*push over*), Dimana untuk melihat perilaku dari ketiga sistem yang direncanakan.



Gambar 3.11: kurva kapasitas untuk ketiga faktor R

3.3.1.8. Kapasitas Rotasi (θ_p)

- Kapasitas rotasi plastis (θ_p)

Menurut Zareian dan Krawinkler (2009), terdapat 3 kategori kapasitas rotasi plastis yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Dalam tugas akhir ini nilai θ_p yang digunakan adalah kapasitas rendah yaitu 0,04.

- Rotasi pasca-puncak (θ_{pc})

Pada pemodelan nonlinear ini memilih $\theta_{pc} = 0,06$ berdasarkan rata-rata Zareian dan studi Krawinkler (2009), sedangkan $M_c/M_y = 1,13$ berdasarkan nilai rata-rata Haselton, dkk., (2007).

3.3.1.9. Rotasi Leleh (θ_y)

Rotasi pada saat leleh digunakan untuk mendapatkan nilai daktalitas yang dibutuhkan sebagai *input* dalam *software* RUAUMOKO2D versi 04. Nilai rotasi sendi plastis tersebut dihitung berdasarkan Pers. 2.6 dan dihitung untuk semua *frame* (balok-kolom) pada struktur gedung yang direncanakan. Nilai θ_y untuk semua *frame* dapat dilihat pada pembahasan selanjutnya.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Model Linier Dan Non Linier

Pada Bab ini akan membahas beberapa hasil analisa linier dan non linier oleh Program Analisa Struktur diantaranya, perioda getar, nilai simpangan dan gaya-gaya dalam struktur gedung, berdasarkan lima jenis model dan tiga jenis sistem rangka pemikul momen setiap modelnya, yaitu dengan system ganda rangka pemikul momen khusus (SRPMK), dan system ganda rangka pemikul momen biasa (SRPMB). Semua *input* pembebanan serta kombinasi, zona gempa dan konfigurasi bangunan adalah sama. Serta perbandingan metode analisa pada tiap pemodelan, yaitu analisa respon spektrum ragam dan analisa respon riwayat waktu.

4.2. Hasil Analisa Linier

4.2.1. Respon Spektrum Ragam

Berdasarkan SNI 1726:2012, analisa harus dilakukan untuk menentukan ragam getar alami untuk struktur. Analisa harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90 persen dari massa aktual dalam masing-masing arah horizontal ortogonal dari respon yang ditinjau oleh model. persentase nilai perioda yang menentukan jenis perhitungan menggunakan CQC atau SRSS.

Syarat : $SRSS > 15\%$, $CQC < 15\%$

Analisa menggunakan metode *CQC* (*Complete Quadratic Combination*) untuk dinding geser diluar, hasil persentase perioda rata-rata yang didapat lebih kecil dari 15% dan *SRSS* (*Square Root of the Sum of Square*) lebih besar dari 15%. Pada hasil analisa diperoleh hasil :

- a. Model 1 (Type I) untuk ketiga jenis nilai R, didapat 12 mode dan hasil persentase nilai perioda lebih banyak dibawah 15 %.
- b. Model 2 (Type I) untuk ketiga jenis nilai R, didapat 12 mode dan hasil persentase nilai perioda lebih banyak dibawah 15 %.

- c. Model 3 (Type I) untuk ketiga jenis nilai R, didapat 12 mode dan hasil persentase nilai perioda lebih banyak diatas 15 %.
- d. Model 4 (Type I) untuk ketiga jenis nilai R, didapat 12 mode dan hasil persentase nilai perioda lebih banyak diatas 15 %.
- e. Model 1 (Type II) untuk ketiga jenis nilai R, didapat 12 mode dan hasil persentase nilai perioda lebih banyak dibawah 15 %.
- f. Model 2 (Type II) untuk ketiga jenis nilai R, didapat 12 mode dan hasil persentase nilai perioda lebih banyak diatas 15 %.
- g. Model 3 (Type II) untuk ketiga jenis nilai R, didapat 12 mode dan hasil persentase nilai perioda lebih banyak diatas 15 %.
- h. Model 4 (Type II) untuk ketiga jenis nilai R, didapat 12 mode dan hasil persentase nilai perioda lebih banyak diatas 15 %.

4.2.2. Koreksi Gempa Dasar Nominal

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.4.1, kombinasi respon untuk geser dasar ragam (V_t) lebih kecil 85 persen dari geser dasar yang dihitung (V_1) menggunakan prosedur gaya lateral ekivalen, maka gaya dan simpangan antar lantai harus dikalikan dengan faktor skala yaitu:

$$0,85 \frac{V_1}{V_t} \geq 1 \quad (4.1)$$

dimana:

V_1 = Gaya geser dasar nominal statik ekivalen

V_t = Gaya geser dasar kombinasi ragam

Tabel 4.1: Nilai gaya geser dasar nominal analisa statik ekivalen (V_1) dan Nilai gaya geser dasar nominal analisa respon spektrum *output* Program Analisa Struktur V_t .

Struktur	Arah Gempa	V_1 (KN)	V_t (KN)
MODEL 1	Gempa X (R=7)	560,65	1236,533
	Gempa X (R=6)	654,092	1442,622
MODEL 2	Gempa X (R=7)	896,285	1486,572
	Gempa X (R=6)	1045,665	1734,334
MODEL 3	Gempa X (R=7)	1414,095	1967,036
	Gempa X (R=6)	1649,777	2294,876
MODEL 4	Gempa X (R=7)	2190,803	2151,2
	Gempa X (R=6)	2212,951	2509,734

Untuk memenuhi syarat berdasarkan SNI 1726:2012, maka nilai faktor skala harus lebih kecil atau sama dengan 1.

$$\text{Syarat} \quad : 0,85 \frac{V_1}{V_t} \leq 1$$

Untuk perhitungan tertera pada Lampiran A5.

4.2.3. Koreksi Faktor Redundansi

Berdasarkan sub Bab 2.5.11, nilai gaya geser dengan redundansi 1 per lantainya harus dikoreksi dengan 35 persen gaya geser dasar dengan redundansi 1. Jika persyaratan tersebut tidak terpenuhi, maka nilai faktor redundansi 1 harus diganti dengan redundansi 1,3. Dari hasil koreksi untuk setiap gaya geser diperoleh beberapa lantai yang tidak memenuhi syarat 35 persen gaya geser dasar. Untuk perhitungan terdapat pada lampiran A6.

4.2.4 Koreksi Skala Simpangan Antar Tingkat

Nilai V_1 dan gaya geser dasar nominal analisis respon spektrum (V_t) dapat dilihat pada Tabel 4.1. Kontrol Koreksi skala simpangan antar tingkat, yaitu:

$$\text{Syarat} \quad : V_t \geq 0,85 C_s W$$

Berdasarkan Tabel 4.2 nilai V_t sb. x diperoleh :

Struktur	Arah Gempa	V_t (KN)	$0,85 C_s W$	Cek
MODEL 1	Gempa X (R=7)	1236,533	476,553	Ok
	Gempa X (R=6)	1442,622	555,978	Ok
MODEL 2	Gempa X (R=7)	1486,572	761,842	Ok
	Gempa X (R=6)	1734,334	888,816	Ok
MODEL 3	Gempa X (R=7)	1967,036	1201,980	Ok
	Gempa X (R=6)	2294,876	1402,310	Ok
MODEL 4	Gempa X (R=7)	2151,2	1862,183	Ok
	Gempa X (R=6)	2509,734	1881,008	Ok

Dengan demikian syarat skala simpangan antar lantai telah terpenuhi, yaitu gaya geser dasar respon spektrum (V_i) lebih besar dari nilai $C_s.W$, sehingga simpangan antar lantai tidak perlu dikalikan dengan faktor skala.

4.2.5. Nilai Simpangan Gedung

Berdasarkan peraturan SNI 1726:2012, kontrol simpangan antar lantai hanya terdapat satu kinerja batas, yaitu kinerja batas ultimit. Simpangan antar lantai yang diizinkan yaitu 0,02 dikali tinggi lantai, nilai simpangan tidak boleh melebihi ketentuan tersebut. Pada hasil yang diperoleh, nilai simpangan antar lantai tidak melebihi batas izin atau memenuhi syarat. Untuk hasil perhitungan terdapat pada lampiran A7.

4.2.6. Kontrol Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak (*Soft Story*)

Berdasarkan SNI 1726:2012, kekakuan tingkat lunak (*soft story*) didefinisikan ada jika terdapat suatu tingkat dimana kekakuan lateralnya kurang dari 70 persen kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 80 persen kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya. Pada hasil kontrol ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak pada arah x untuk semua model, diperoleh nilai persentase kekakuan di atas batas yang ditentukan atau struktur yang direncanakan tidak mengalami *Soft Story*. Untuk hasil perhitungan terdapat pada lampiran A8.

4.2.7. Pengaruh Efek P-Delta

Berdasarkan SNI 1726:2012, efek P-delta dapat diabaikan jika nilai *stability ratio* lebih kecil dari 1. Pada hasil perhitungan, nilai *stability ratio* dibawah nilai 1 untuk semua model atau dapat dikatakan kontrolnya memenuhi syarat yang ditentukan. Pada dasarnya efek p-delta dapat diabaikan jika syarat *stability ratio* sudah terpenuhi. Untuk hasil perhitungan terdapat pada lampiran A9.

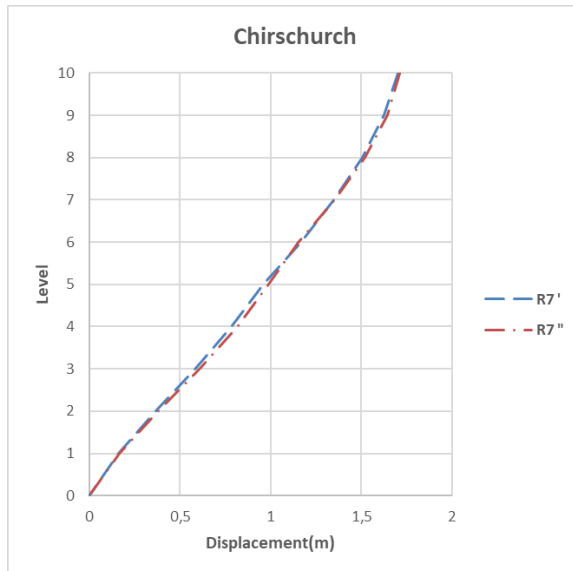
4.3. Hasil Analisa Non Linier

Pada tahap ini merupakan bagian dari evaluasi struktur dinding geser beton bertulang yang telah di desain terhadap beban gempa yang telah direncanakan, dalam hal ini respon struktur akan ditinjau terhadap perbedaan jenis gempa, waktu

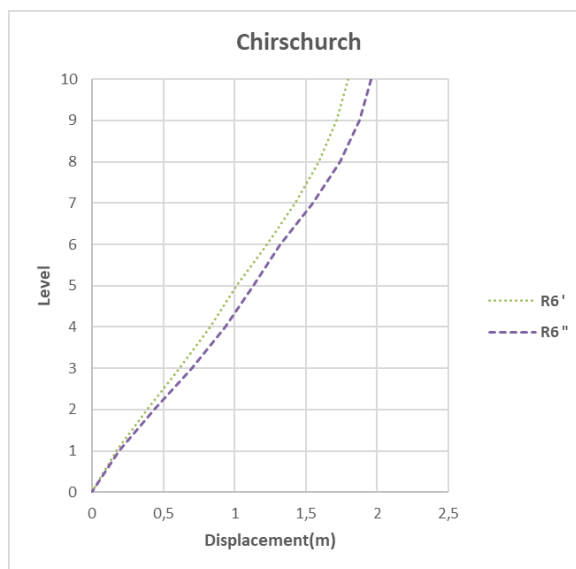
gempa yang terjadi pada gedung, leleh pertama pada struktur bangunan, dan perioda struktur bangunan. Jenis gempa yang diberikan pada struktur beton bertulang yaitu gempa gempa pulse tunggal, dan gempa *pulse* berulang 2 kali. Perbedaan nilai perioda didapat dari kelima jenis model yang telah didesain. Setiap model struktur akan diambil data *push over* dan *time history* setelah dianalisis, nilai tersebut dibandingkan terhadap faktor-faktor yang telah disebutkan diatas.

4.3.1. Grafik Displacement

Pada gambar 4.1 sampai 4.24 menunjukkan beberapa grafik hasil analisis *displacement* Gedung pada tiap tingkat dengan perbedaan jenis perioda struktur, jenis gempa, letak dinding geser, dan faktor R.



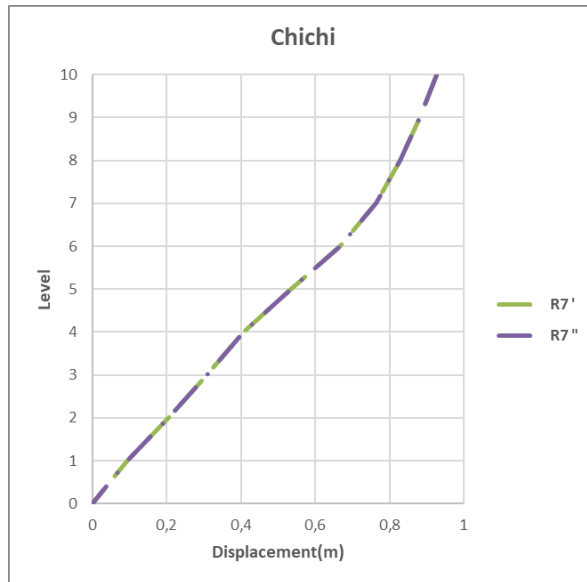
a)



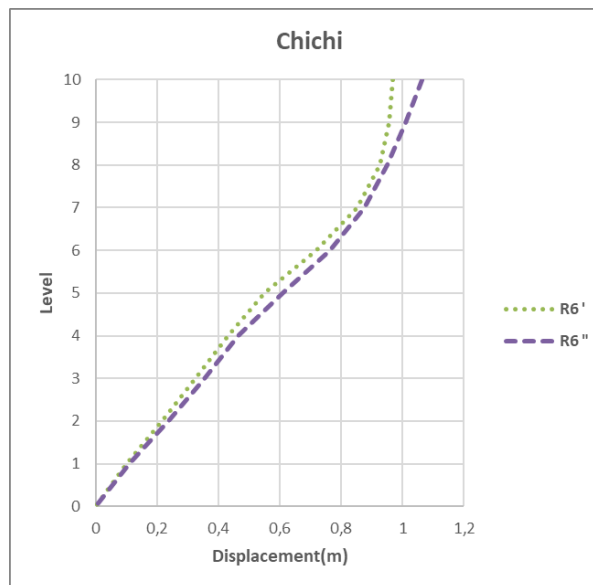
b)

Gambar 4.1: Nilai *Displacement* untuk struktur beton dual system SRPM 10 lantai dengan Gempa Pulse tunggal: a) $R=7'$ (*shear wall* diluar), $R=7''$ (*shear wall* didalam), b) $R=6'$ (*shear wall* diluar), $R=6''$ (*shear wall* didalam).

Pada gambar di atas nilai *Displacement* untuk struktur 10 lantai dalam gambar terlihat nilai perbandingan *Displacement* terbesar untuk jenis gempa tunggal terbesar terjadi pada lantai 4 pada $R=7''$ dan terjadi pada lantai 9 pada $R=6''$.



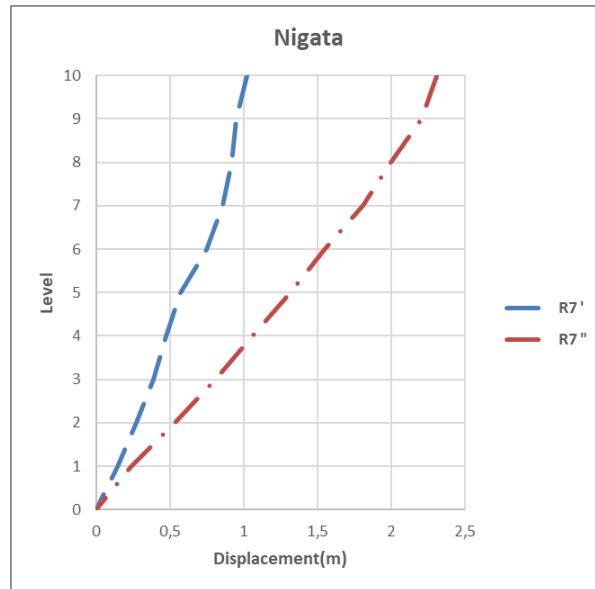
a)



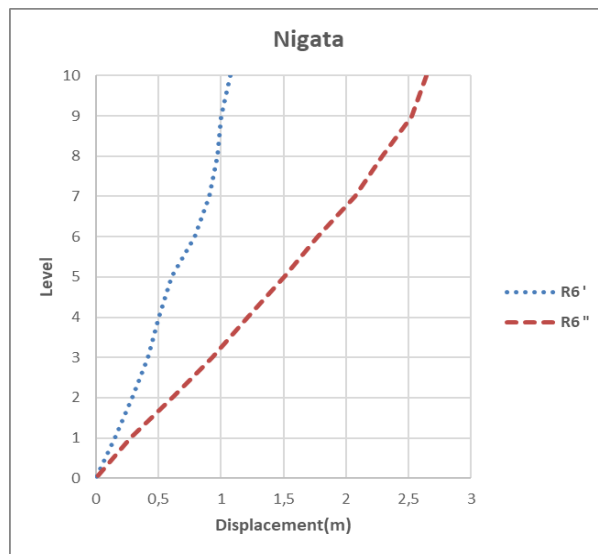
b)

Gambar 4.2: Nilai *Displacement* untuk struktur beton dual system SRPM 10 lantai dengan Gempa Pulse tunggal: a) R=7' (*shear wall* diluar), R=7'' (*shear wall* didalam), b) R=6' (*shear wall* diluar), R=6'' (*shear wall* didalam).

Pada gambar di atas nilai *Displacement* untuk struktur 10 lantai dalam gambar terlihat nilai perbandingan *Displacement* terbesar untuk jenis gempa tunggal terbesar terjadi pada lantai 8 pada R= 7'' dan terjadi pada lantai 10 pada R= 6''.



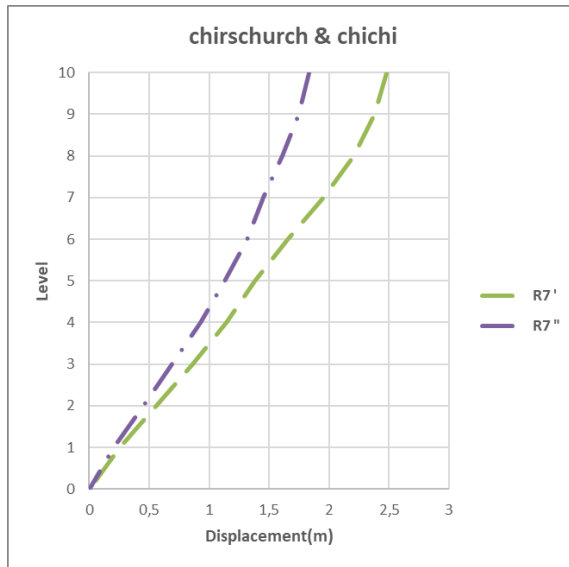
a)



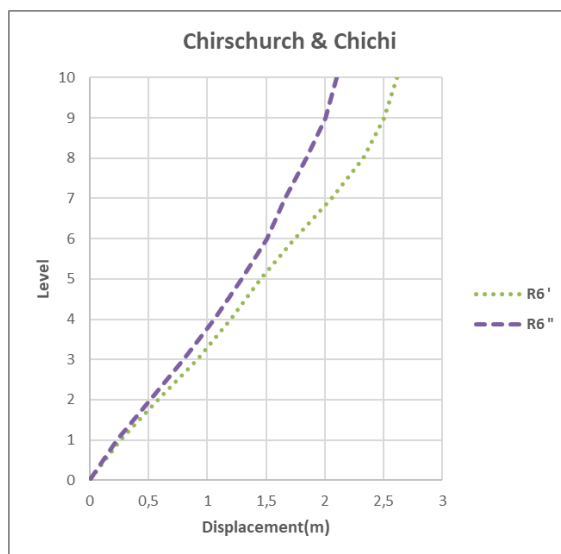
b)

Gambar 4.3: Nilai *Displacement* untuk struktur beton dual system SRPM 10 lantai dengan Gempa Pulse tunggal: a) $R=7'$ (*shear wall* diluar), $R=7''$ (*shear wall* didalam), b) $R=6'$ (*shear wall* diluar), $R=6''$ (*shear wall* didalam).

Pada gambar di atas nilai *Displacement* untuk struktur 10 lantai dalam gambar terlihat nilai perbandingan *Displacement* terbesar untuk jenis gempa tunggal terbesar terjadi pada lantai 10 pada $R=7''$ dan terjadi pada lantai 10 pada $R=6''$.



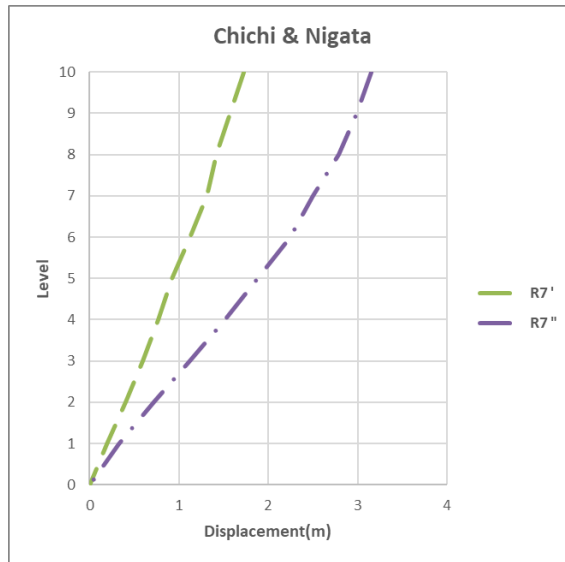
a)



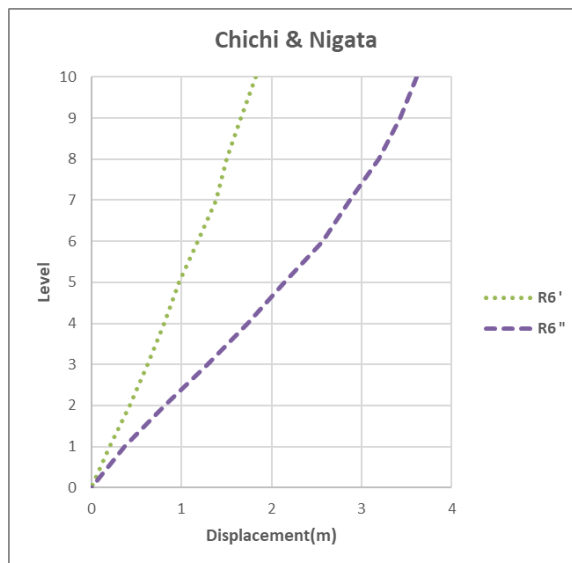
b)

Gambar 4.4: Nilai *Displacement* untuk struktur beton dual system SRPM 10 lantai dengan Gempa Pulse berulang: a) R=7' (*shear wall* diluar), R=7'' (*shear wall* didalam), b) R=6' (*shear wall* diluar), R=6'' (*shear wall* didalam).

Pada gambar di atas nilai *Displacement* untuk struktur 10 lantai dalam gambar terlihat nilai perbandingan *Displacement* terbesar untuk jenis gempa berulang terbesar terjadi pada lantai 10 pada R= 7'' dan terjadi pada lantai 10 pada R= 6''.



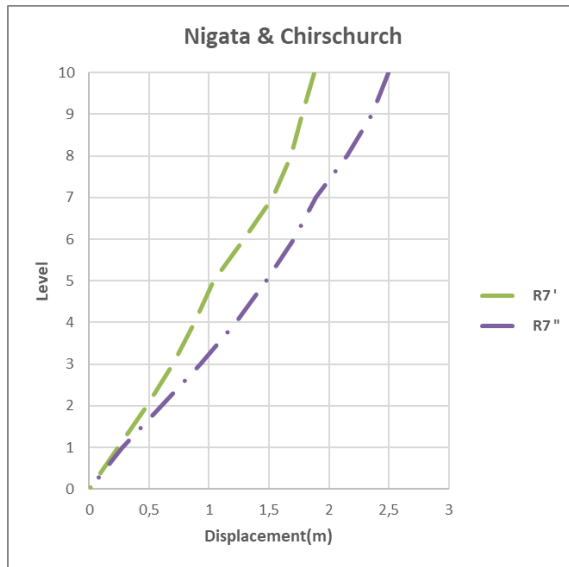
a)



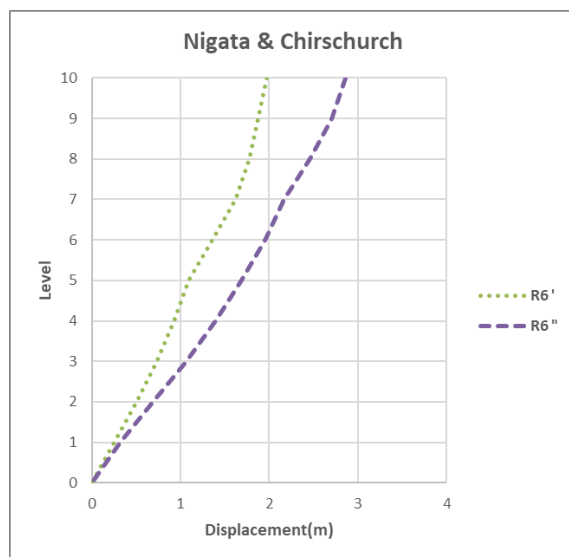
b)

Gambar 4.5: Nilai *Displacement* untuk struktur beton dual system SRPM 10 lantai dengan Gempa Pulse berulang: a) R=7' (*shear wall* diluar), R=7'' (*shear wall* didalam), b) R=6' (*shear wall* diluar), R=6'' (*shear wall* didalam).

Pada gambar di atas nilai *Displacement* untuk struktur 10 lantai dalam gambar terlihat nilai perbandingan *Displacement* terbesar untuk jenis gempa berulang terbesar terjadi pada lantai 10 pada R= 7'' dan terjadi pada lantai 10 pada R= 6''.



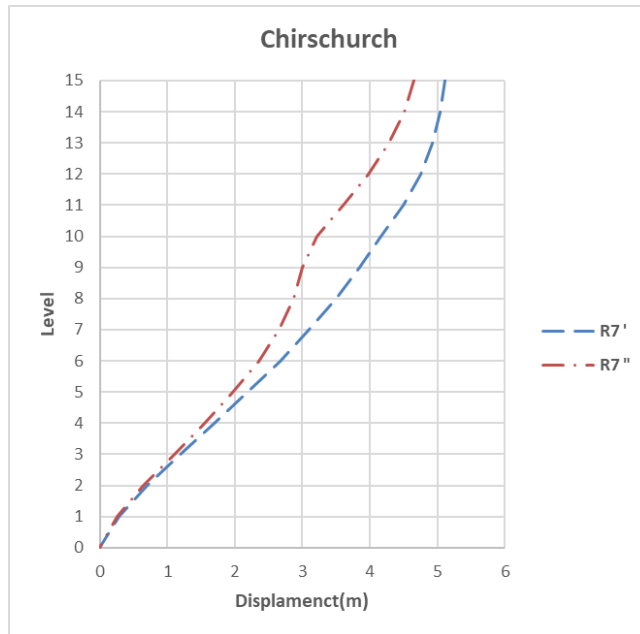
a)



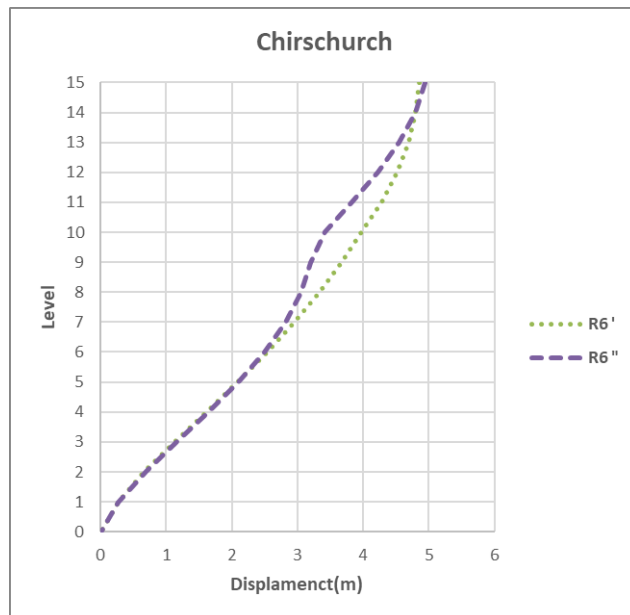
b)

Gambar 4.6: Nilai *Displacement* untuk struktur beton dual system SRPM 10 lantai dengan Gempa Pulse berulang: a) R=7' (*shear wall* diluar), R=7'' (*shear wall* didalam), b) R=6' (*shear wall* diluar), R=6'' (*shear wall* didalam).

Pada gambar di atas nilai *Displacement* untuk struktur 10 lantai dalam gambar terlihat nilai perbandingan *Displacement* terbesar untuk jenis gempa berulang terbesar terjadi pada lantai 10 pada R= 7'' dan terjadi pada lantai 10 pada R= 6''.



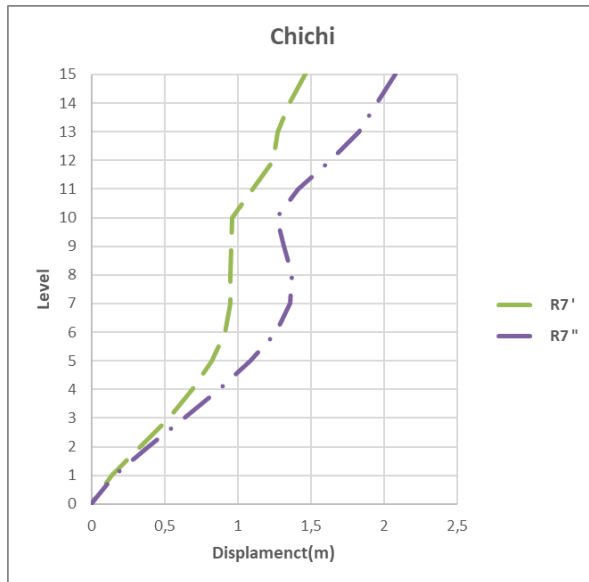
a)



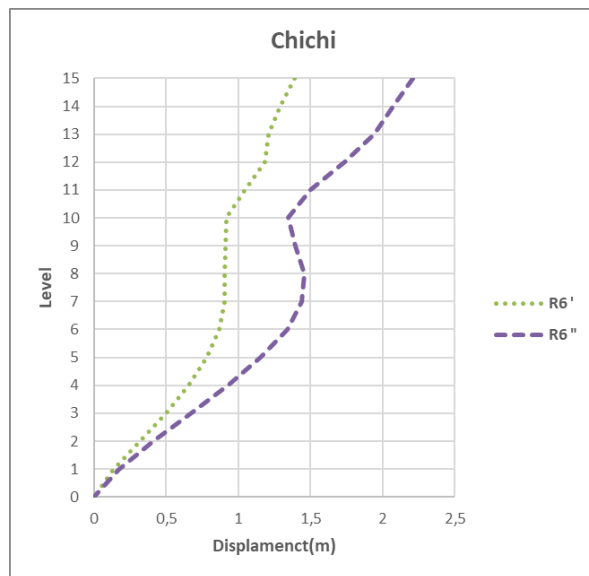
b)

Gambar 4.7: Nilai *Displacement* untuk struktur beton dual system SRPM 15 lantai dengan Gempa Pulse tunggal: a) $R=7'$ (*shear wall* diluar), $R=7''$ (*shear wall* didalam), b) $R=6'$ (*shear wall* diluar), $R=6''$ (*shear wall* didalam).

Pada gambar di atas nilai *Displacement* untuk struktur 15 lantai dalam gambar terlihat nilai perbandingan *Displacement* terbesar untuk jenis gempa tunggal terbesar terjadi pada lantai 10 pada $R=7''$ dan terjadi pada lantai 10 pada $R=6''$.



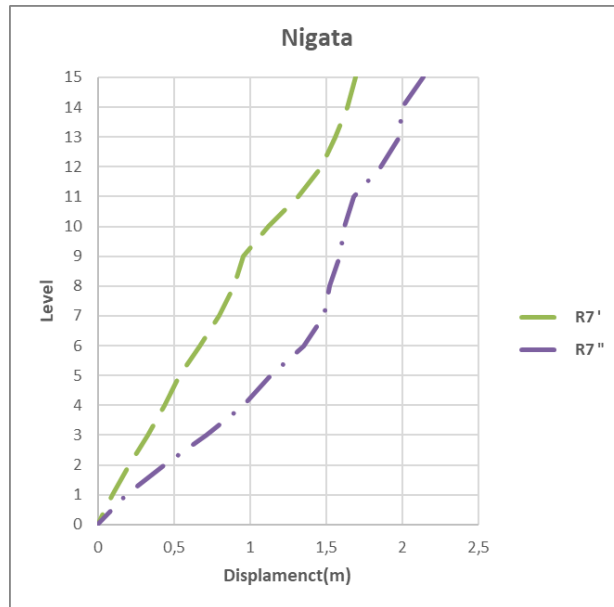
a)



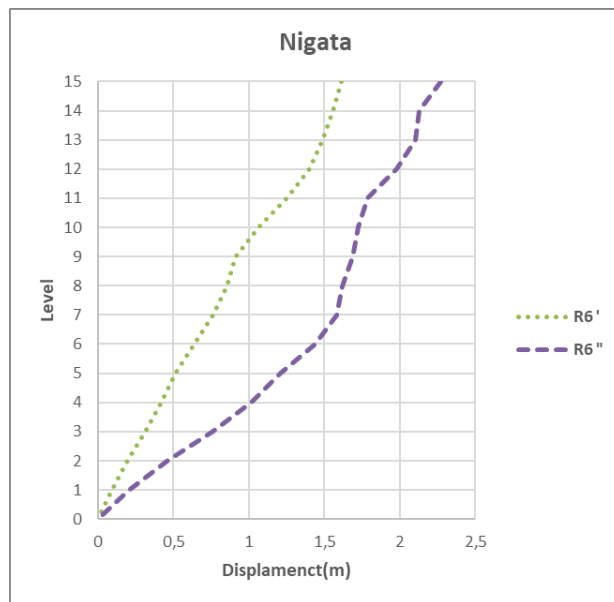
b)

Gambar 4.8: Nilai *Displacement* untuk struktur beton dual system SRPM 15 lantai dengan Gempa Pulse tunggal: a) $R=7'$ (*shear wall diluar*), $R=7''$ (*shear wall didalam*), b) $R=6'$ (*shear wall diluar*), $R=6''$ (*shear wall didalam*).

Pada gambar di atas nilai *Displacement* untuk struktur 15 lantai dalam gambar terlihat nilai perbandingan *Displacement* terbesar untuk jenis gempa tunggal terbesar terjadi pada lantai 15 pada $R=7''$ dan terjadi pada lantai 15 pada $R=6''$.



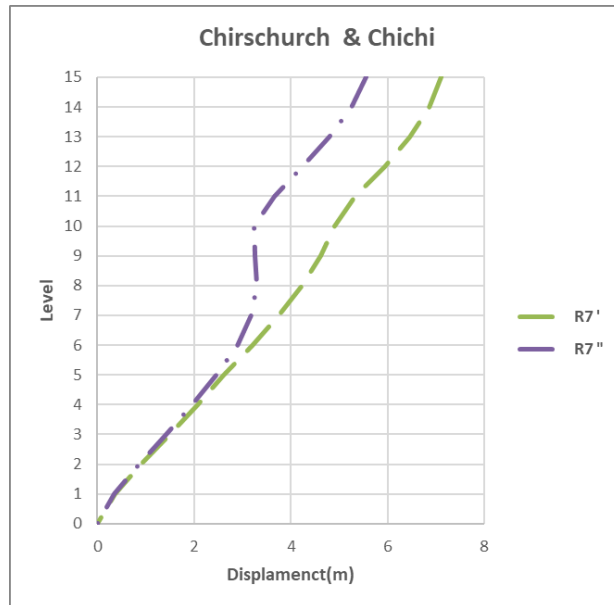
a)



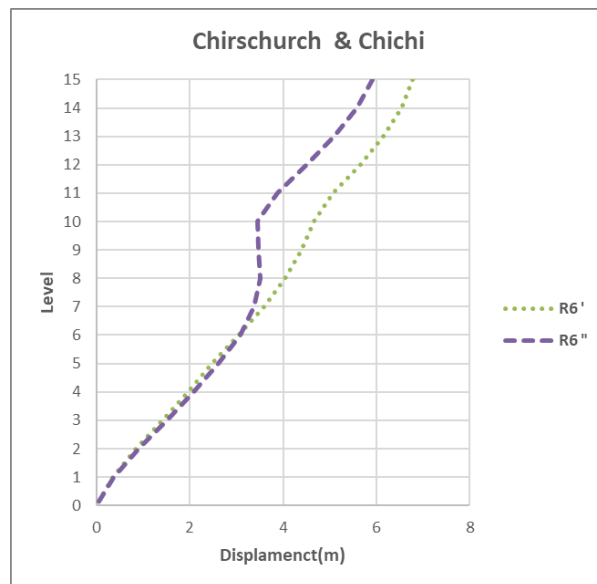
b)

Gambar 4.9: Nilai *Displacement* untuk struktur beton dual system SRPM 15 lantai dengan Gempa Pulse tunggal: a) $R=7'$ (*shear wall* diluar), $R=7''$ (*shear wall* didalam), b) $R=6'$ (*shear wall* diluar), $R=6''$ (*shear wall* didalam).

Pada gambar di atas nilai *Displacement* untuk struktur 15 lantai dalam gambar terlihat nilai perbandingan *Displacement* terbesar untuk jenis gempa tunggal terbesar terjadi pada lantai 7 pada $R=7''$ dan terjadi pada lantai 7 pada $R=6''$.



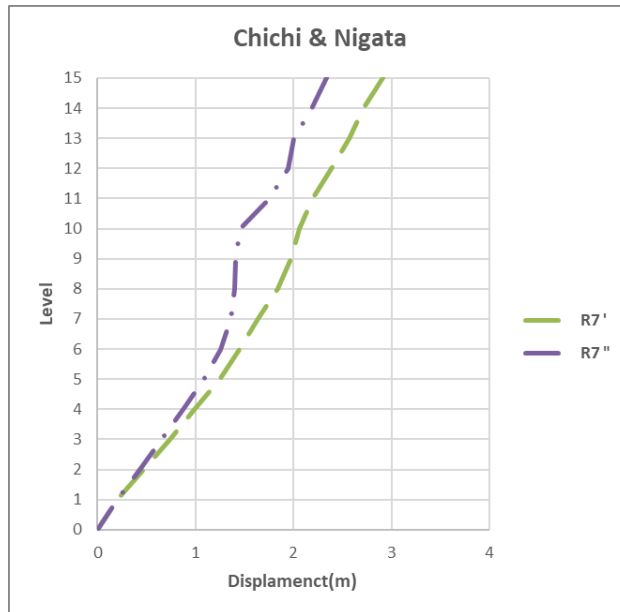
a)



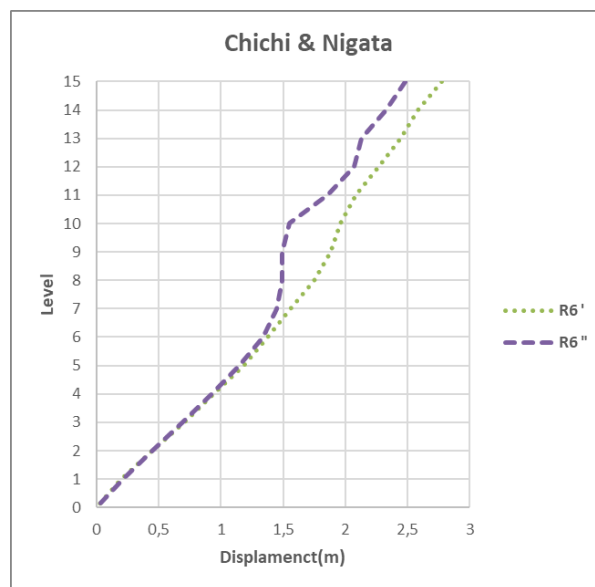
b)

Gambar 4.10: Nilai *Displacement* untuk struktur beton dual system SRPM 15 lantai dengan Gempa Pulse berulang: a) R=7' (*shear wall* diluar), R=7'' (*shear wall* didalam), b) R=6' (*shear wall* diluar), R=6'' (*shear wall* didalam).

Pada gambar di atas nilai *Displacement* untuk struktur 15 lantai dalam gambar terlihat nilai perbandingan *Displacement* terbesar untuk jenis gempa berulang terbesar terjadi pada lantai 12 pada R= 7'' dan terjadi pada lantai 10 pada R= 6''.



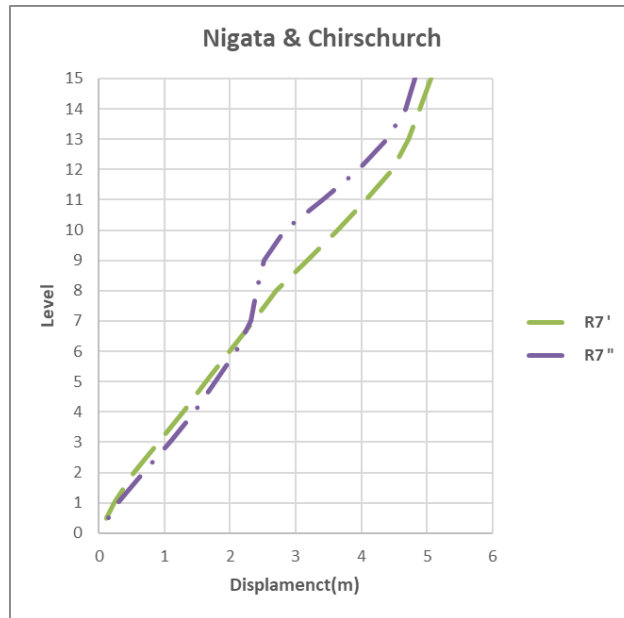
a)



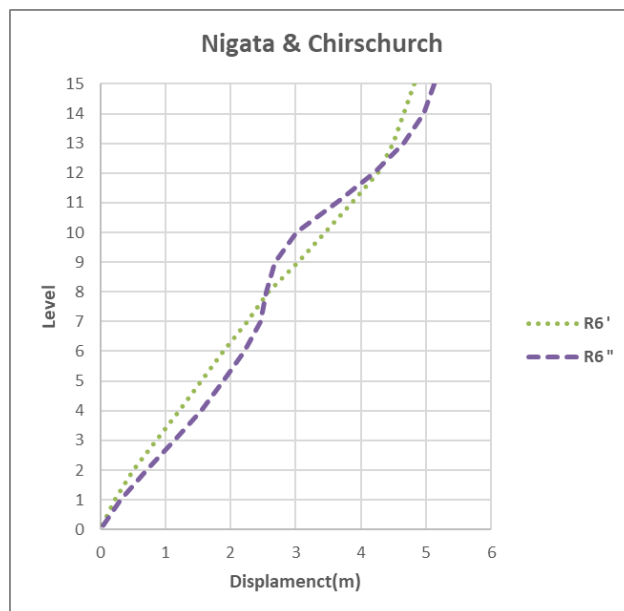
b)

Gambar 4.11: Nilai *Displacement* untuk struktur beton dual system SRPM 15 lantai dengan Gempa Pulse berulang: a) R=7' (*shear wall* diluar), R=7'' (*shear wall* didalam), b) R=6' (*shear wall* diluar), R=6'' (*shear wall* didalam).

Pada gambar di atas nilai *Displacement* untuk struktur 15 lantai dalam gambar terlihat nilai perbandingan *Displacement* terbesar untuk jenis gempa berulang terbesar terjadi pada lantai 10 pada R= 7'' dan terjadi pada lantai 10 pada R= 6''.



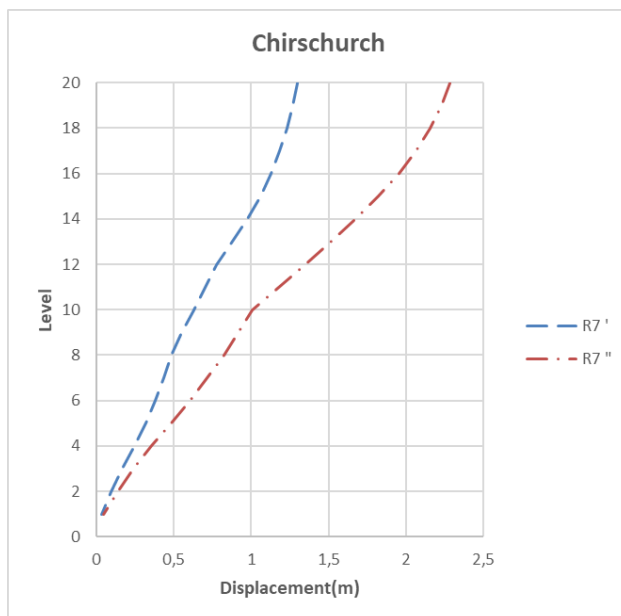
a)



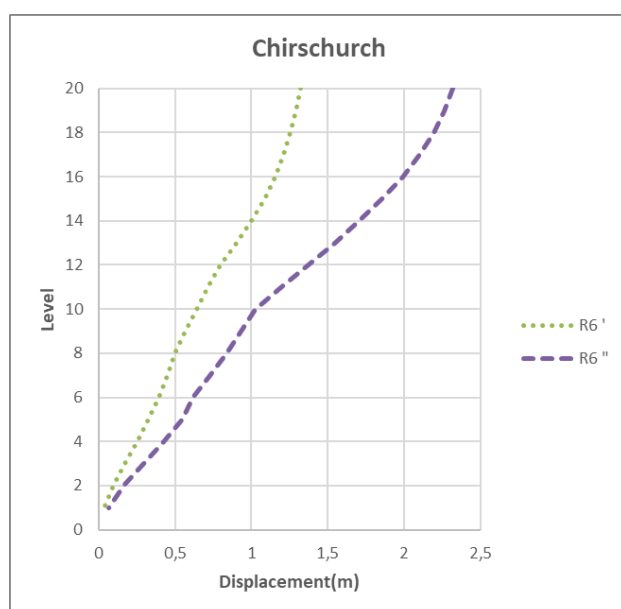
b)

Gambar 4.12: Nilai *Displacement* untuk struktur beton dual system SRPM 15 lantai dengan Gempa Pulse berulang: a) $R=7'$ (*shear wall* diluar), $R=7''$ (*shear wall* didalam), b) $R=6'$ (*shear wall* diluar), $R=6''$ (*shear wall* didalam).

Pada gambar di atas nilai *Displament* untuk struktur 15 lantai dalam gambar terlihat nilai perbandingan *Disploment* terbesar untuk jenis gempa berulang terbesar terjadi pada lantai 10 pada $R= 7''$ dan terjadi pada lantai 10 pada $R= 6''$.



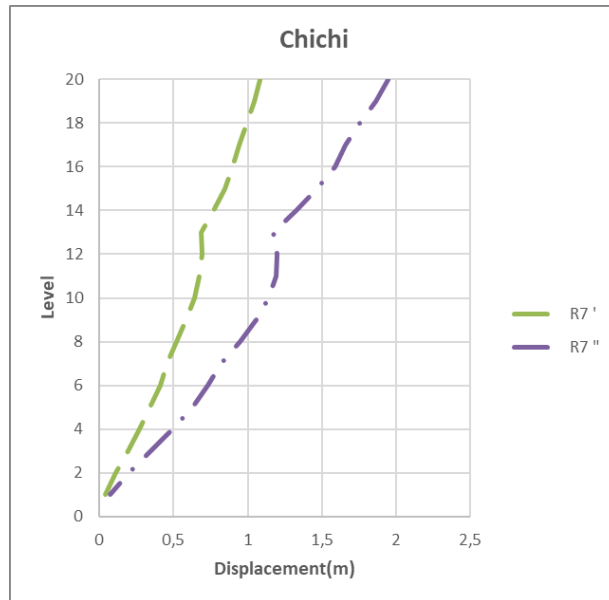
a)



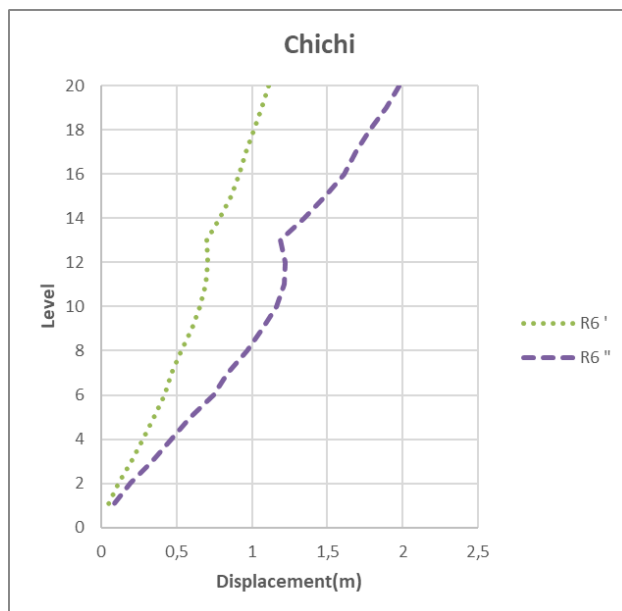
b)

Gambar 4.13: Nilai *Displacement* untuk struktur beton dual system SRPM 20 lantai dengan Gempa Pulse tunggal: a) $R=7'$ (*shear wall* diluar), $R=7''$ (*shear wall* didalam), b) $R=6'$ (*shear wall* diluar), $R=6''$ (*shear wall* didalam).

Pada gambar di atas nilai *Displacement* untuk struktur 20 lantai dalam gambar terlihat nilai perbandingan *Displacement* terbesar untuk jenis gempa tunggal terbesar terjadi pada lantai 20 pada $R=7''$ dan terjadi pada lantai 20 pada $R=6''$.



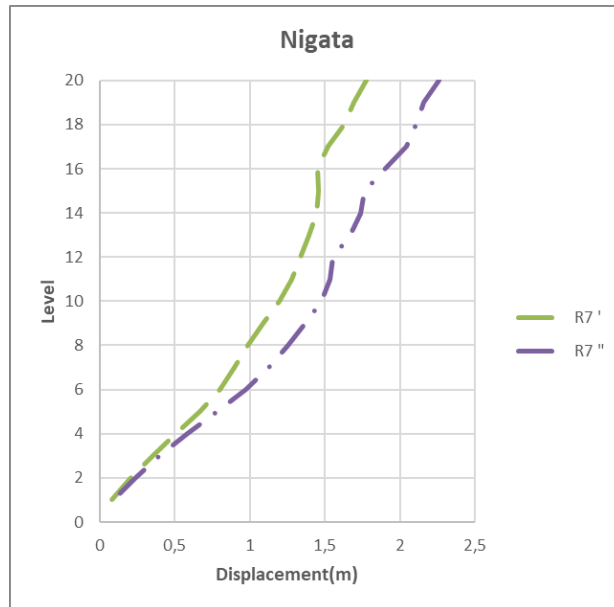
a)



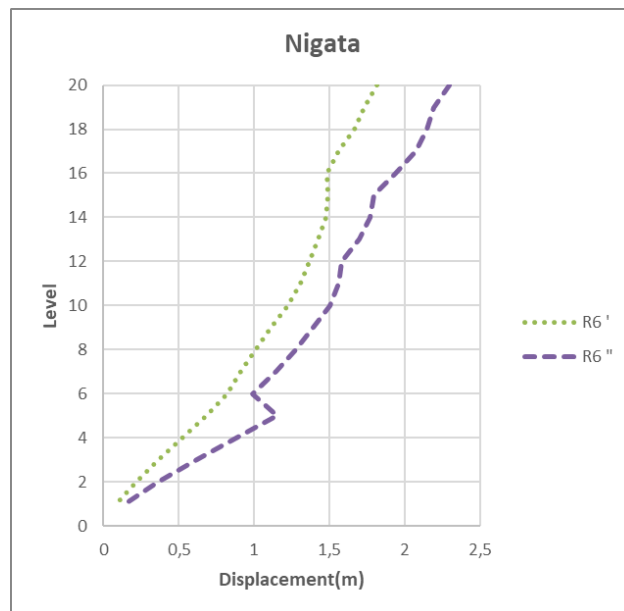
b)

Gambar 4.14: Nilai *Displacement* untuk struktur beton dual system SRPM 20 lantai dengan Gempa Pulse tunggal: a) $R=7'$ (*shear wall* diluar), $R=7''$ (*shear wall* didalam), b) $R=6'$ (*shear wall* diluar), $R=6''$ (*shear wall* didalam).

Pada gambar di atas nilai *Displacement* untuk struktur 20 lantai dalam gambar terlihat nilai perbandingan *Displacement* terbesar untuk jenis gempa tunggal terbesar terjadi pada lantai 20 pada $R=7''$ dan terjadi pada lantai 20 pada $R=6''$.



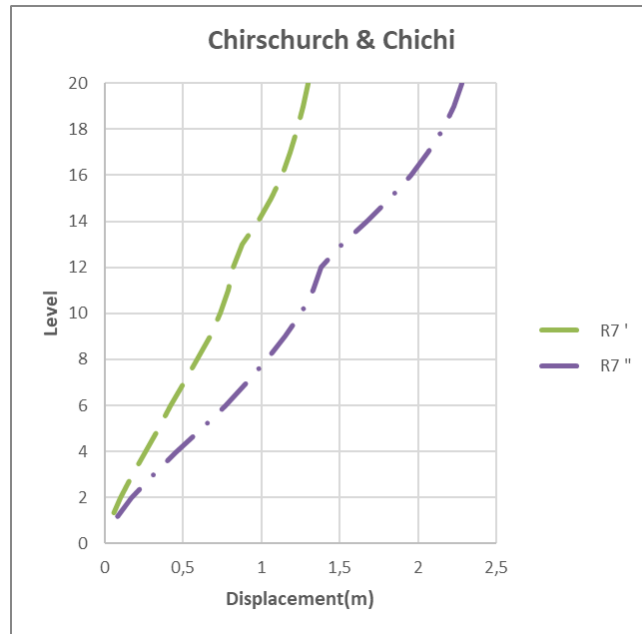
a)



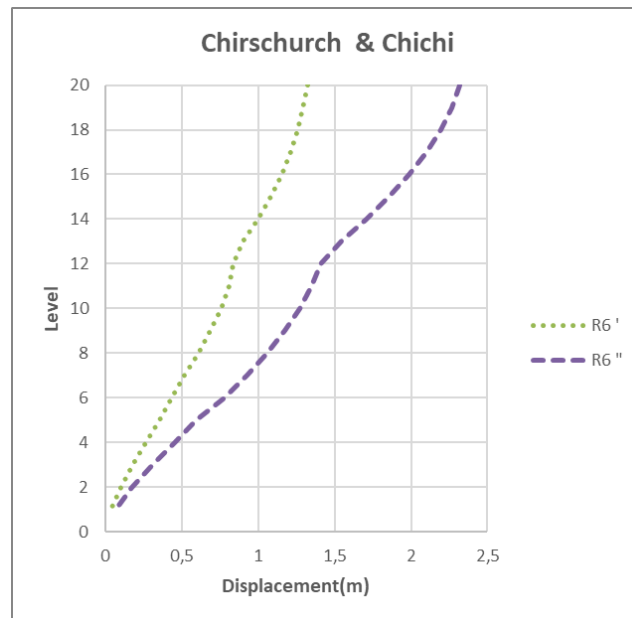
b)

Gambar 4.15: Nilai *Displacement* untuk struktur beton dual system SRPM 20 lantai dengan Gempa Pulse tunggal: a) $R=7'$ (*shear wall* diluar), $R=7''$ (*shear wall* didalam), b) $R=6'$ (*shear wall* diluar), $R=6''$ (*shear wall* didalam).

Pada gambar di atas nilai *Displacement* untuk struktur 20 lantai dalam gambar terlihat nilai perbandingan *Displacement* terbesar untuk jenis gempa tunggal terbesar terjadi pada lantai 17 pada $R=7''$ dan terjadi pada lantai 17 pada $R=6''$.



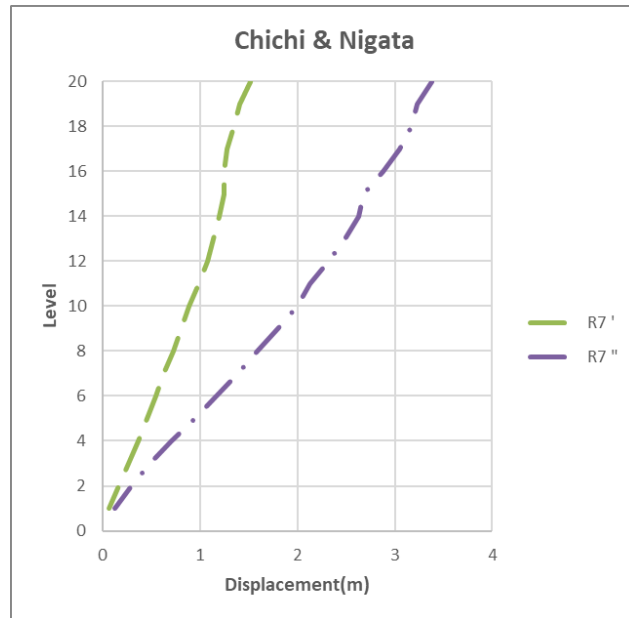
a)



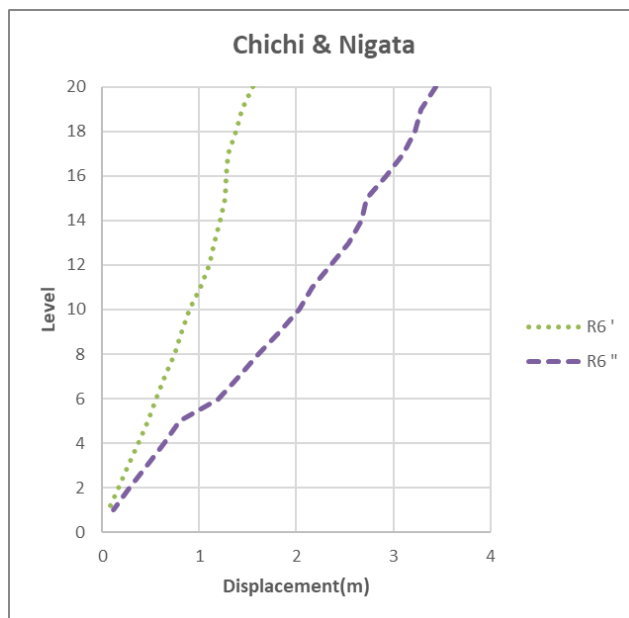
b)

Gambar 4.16: Nilai *Displacement* untuk struktur beton dual system SRPM 20 lantai dengan Gempa Pulse berulang: a) R=7' (*shear wall* diluar), R=7'' (*shear wall* didalam), b) R=6' (*shear wall* diluar), R=6'' (*shear wall* didalam).

Pada gambar di atas nilai *Displacement* untuk struktur 20 lantai dalam gambar terlihat nilai perbandingan *Displacement* terbesar untuk jenis gempa berulang terbesar terjadi pada lantai 20 pada R= 7'' dan terjadi pada lantai 20 pada R= 6''.



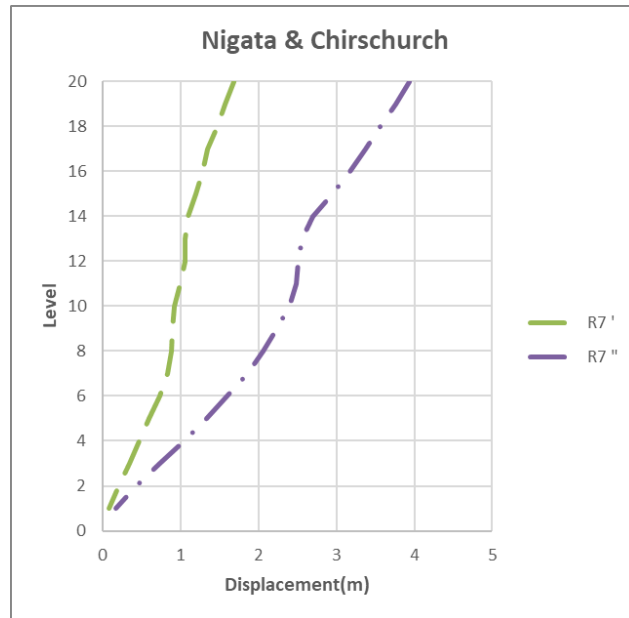
a)



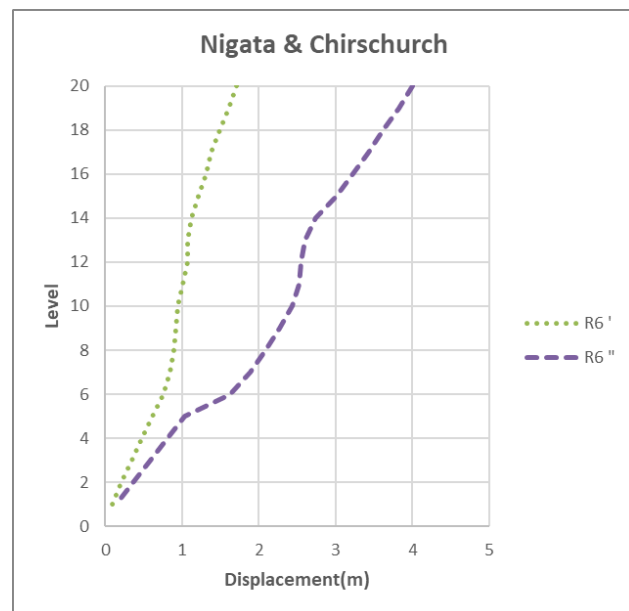
b)

Gambar 4.17: Nilai *Displacement* untuk struktur beton dual system SRPM 20 lantai dengan Gempa Pulse berulang: a) R=7' (*shear wall* diluar), R=7'' (*shear wall* didalam), b) R=6' (*shear wall* diluar), R=6'' (*shear wall* didalam).

Pada gambar di atas nilai *Displacement* untuk struktur 20 lantai dalam gambar terlihat nilai perbandingan *Displacement* terbesar untuk jenis gempa berulang terbesar terjadi pada lantai 20 pada R= 7'' dan terjadi pada lantai 20 pada R= 6''.



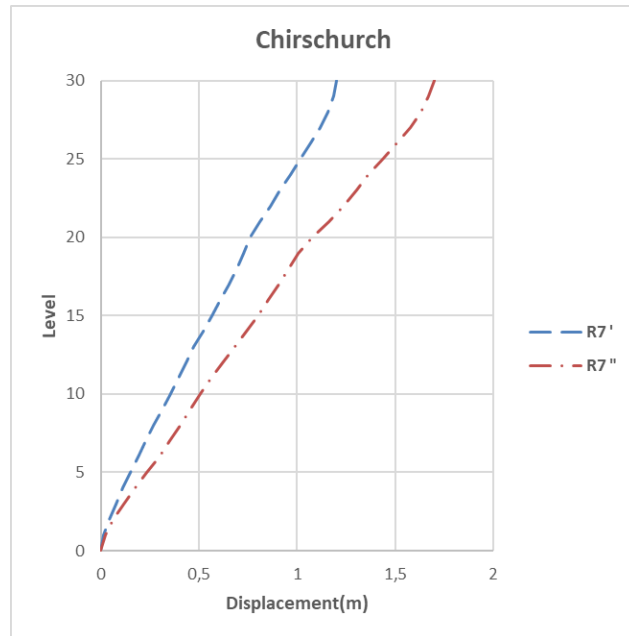
a)



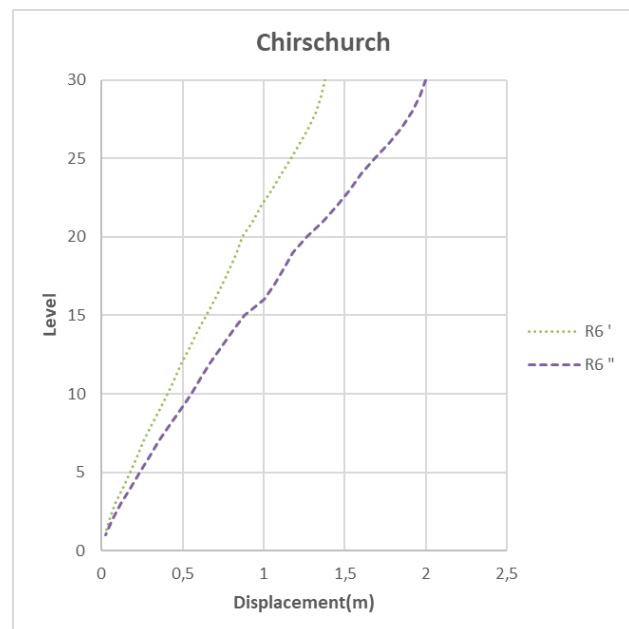
b)

Gambar 4.18: Nilai *Displacement* untuk struktur beton dual system SRPM 20 lantai dengan Gempa Pulse berulang: a) R=7' (*shear wall* diluar), R=7'' (*shear wall* didalam), b) R=6' (*shear wall* diluar), R=6'' (*shear wall* didalam).

Pada gambar di atas nilai *Displacement* untuk struktur 20 lantai dalam gambar terlihat nilai perbandingan *Displacement* terbesar untuk jenis gempa berulang terbesar terjadi pada lantai 20 pada R= 7'' dan terjadi pada lantai 20 pada R= 6''.



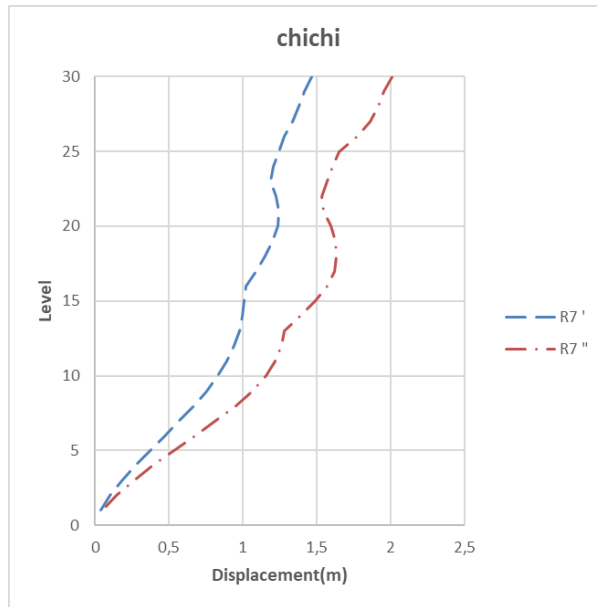
a)



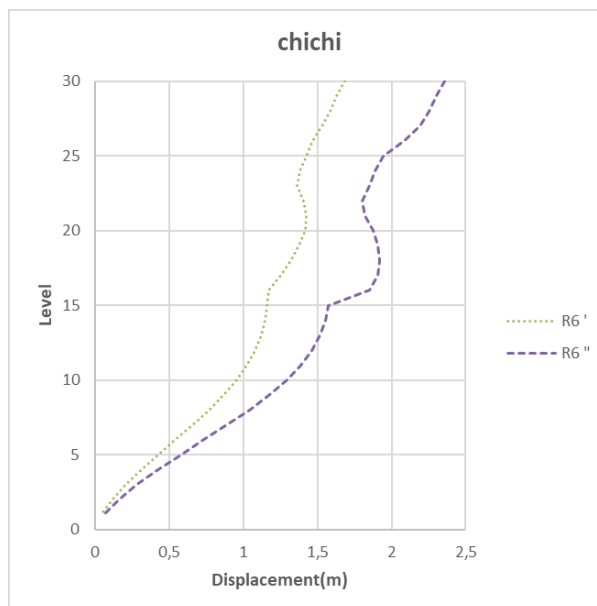
b)

Gambar 4.19: Nilai *Displacement* untuk struktur beton dual system SRPM 30 lantai dengan Gempa Pulse tunggal: a) R=7' (*shear wall* diluar), R=7'' (*shear wall* didalam), b) R=6' (*shear wall* diluar), R=6'' (*shear wall* didalam).

Pada gambar di atas nilai *Displacement* untuk struktur 30 lantai dalam gambar terlihat nilai perbandingan *Displacement* terbesar untuk jenis gempa tunggal terbesar terjadi pada lantai 30 pada R= 7'' dan terjadi pada lantai 30 pada R= 6''.



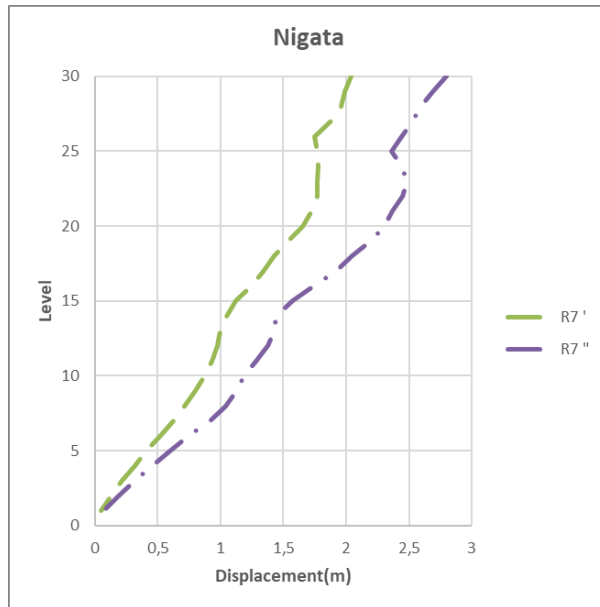
a)



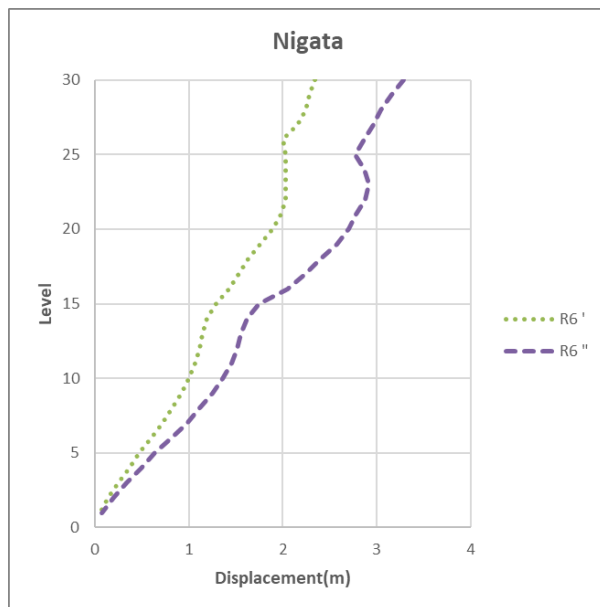
b)

Gambar 4.20: Nilai *Displacement* untuk struktur beton dual system SRPM 30 lantai dengan Gempa Pulse tunggal: a) $R=7'$ (*shear wall* diluar), $R=7''$ (*shear wall* didalam), b) $R=6'$ (*shear wall* diluar), $R=6''$ (*shear wall* didalam).

Pada gambar di atas nilai *Displacement* untuk struktur 30 lantai dalam gambar terlihat nilai perbandingan *Displacement* terbesar untuk jenis gempa tunggal terbesar terjadi pada lantai 16 pada $R=7''$ dan terjadi pada lantai 16 pada $R=6''$.



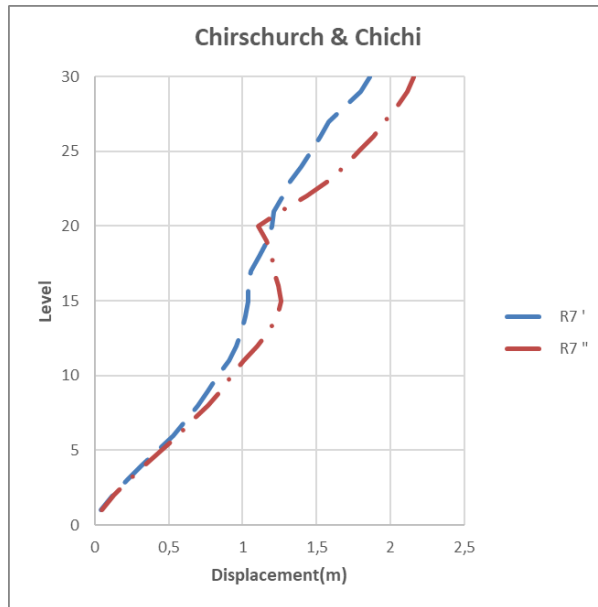
a)



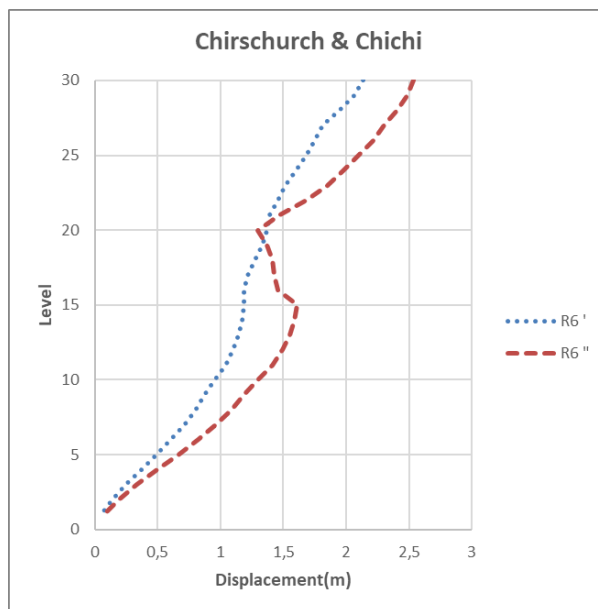
b)

Gambar 4.21: Nilai *Displacement* untuk struktur beton dual system SRPM 30 lantai dengan Gempa Pulse tunggal: a) R=7' (*shear wall* diluar), R=7'' (*shear wall* didalam), b) R=6' (*shear wall* diluar), R=6'' (*shear wall* didalam).

Pada gambar di atas nilai *Displacement* untuk struktur 30 lantai dalam gambar terlihat nilai perbandingan *Displacement* terbesar untuk jenis gempa tunggal terbesar terjadi pada lantai 30 pada R= 7'' dan terjadi pada lantai 30 pada R= 6''.



a)



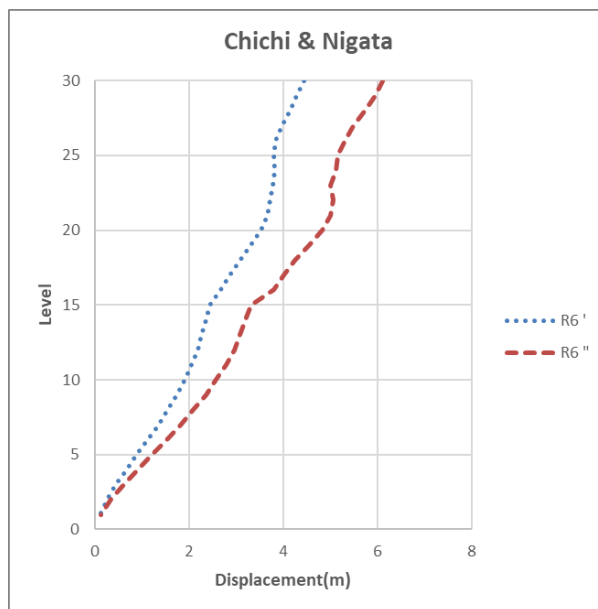
b)

Gambar 4.22: Nilai *Displacement* untuk struktur beton dual system SRPM 30 lantai dengan Gempa Pulse berulang: a) R=7' (*shear wall* diluar), R=7'' (*shear wall* didalam), b) R=6' (*shear wall* diluar), R=6'' (*shear wall* didalam).

Pada gambar di atas nilai *Displacement* untuk struktur 30 lantai dalam gambar terlihat nilai perbandingan *Displacement* terbesar untuk jenis gempa berulang terbesar terjadi pada lantai 27 pada R= 7'' dan terjadi pada lantai 27 pada R= 6''.



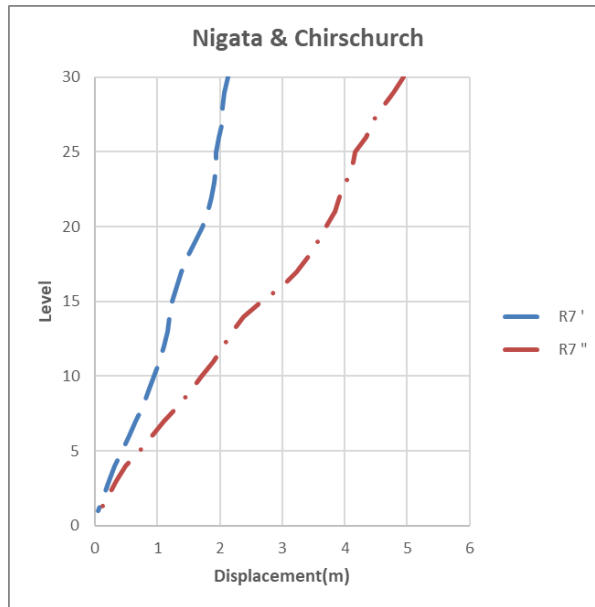
a)



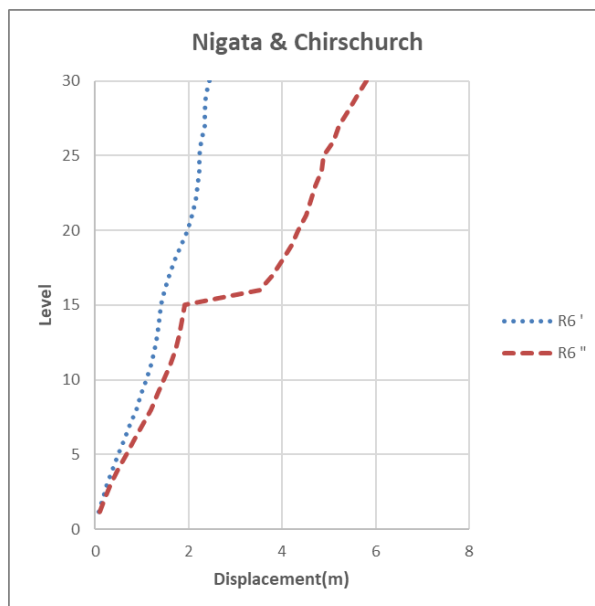
b)

Gambar 4.23: Nilai *Displacement* untuk struktur beton dual system SRPM 30 lantai dengan Gempa Pulse berulang: a) R=7' (*shear wall* diluar), R=7'' (*shear wall* didalam), b) R=6' (*shear wall* diluar), R=6'' (*shear wall* didalam).

Pada gambar di atas nilai *Displacement* untuk struktur 30 lantai dalam gambar terlihat nilai perbandingan *Displacement* terbesar untuk jenis gempa berulang terbesar terjadi pada lantai 30 pada R= 7'' dan terjadi pada lantai 30 pada R= 6''.



a)



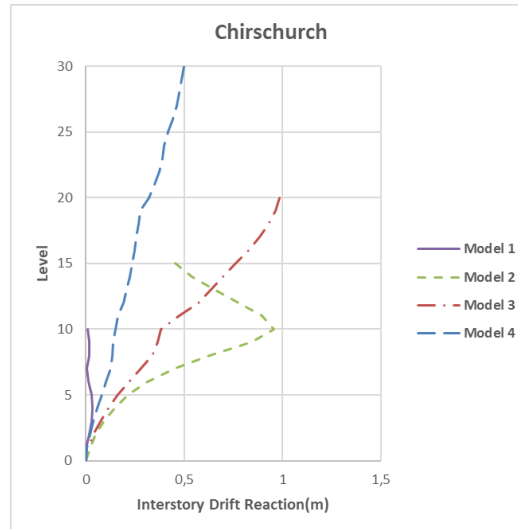
b)

Gambar 4.24: Nilai *Displacement* untuk struktur beton dual system SRPM 30 lantai dengan Gempa Pulse berulang: a) R=7' (*shear wall* diluar), R=7'' (*shear wall* didalam), b) R=6' (*shear wall* diluar), R=6'' (*shear wall* didalam).

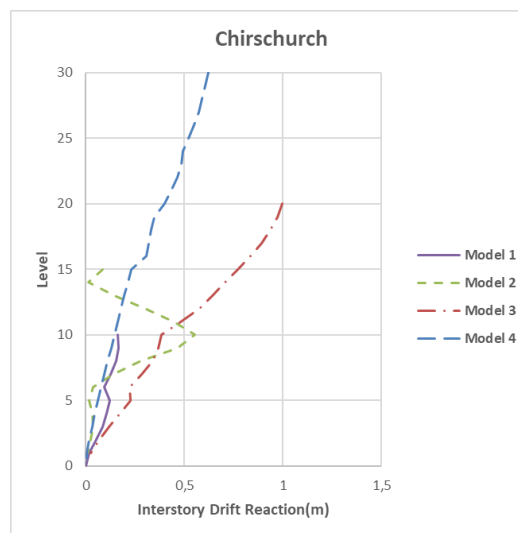
Pada gambar di atas nilai *Displacement* untuk struktur 30 lantai dalam gambar terlihat nilai perbandingan *Displacement* terbesar untuk jenis gempa berulang terbesar terjadi pada lantai 30 pada R= 7'' dan terjadi pada lantai 30 pada R= 6''.

4.3.2. Grafik Intersotry Drift

Pada gambar 4.25 sampai 4.30 menunjukkan beberapa grafik hasil analisis *interstory drift reaction* Gedung pada tiap tingkat dengan dalam perbedaan jenis perioda struktur, jenis gempa, dan faktor R.



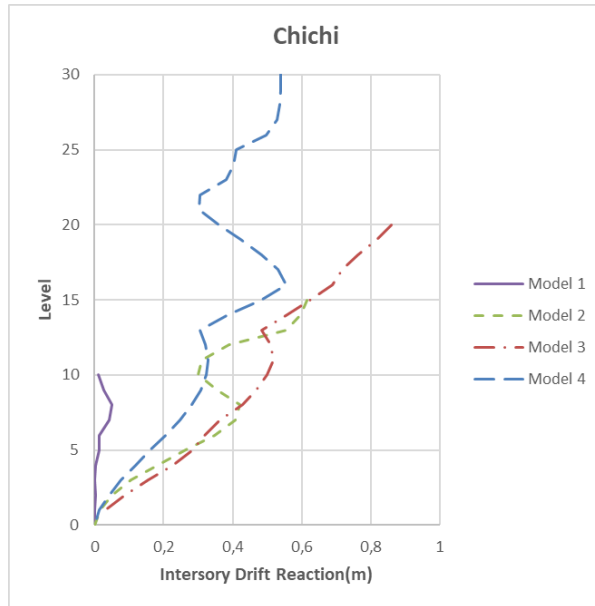
a)



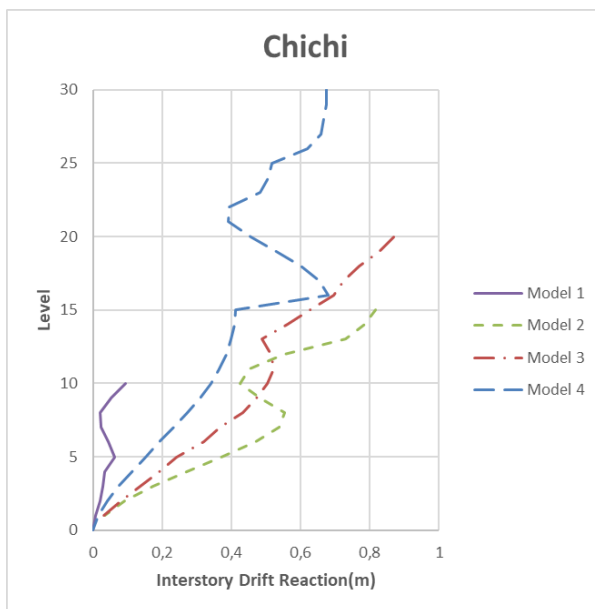
b)

Gambar 4.25: Nilai *Interstory Drift Reaction* untuk struktur beton dual system SRPM semua model struktur dengan Gempa Pulse tunggal: a) R=7, b) R=6.

Pada gambar di atas nilai *Interstory Drift Reaction* untuk semua model dalam gambar terlihat nilai perbandingan *Interstory Drift Reaction* terbesar untuk jenis gempa tunggal terbesar terjadi pada model 3 (20 lantai).



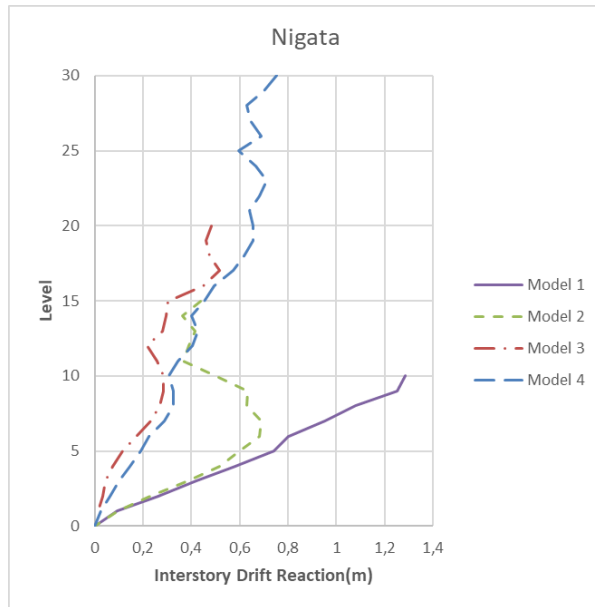
a)



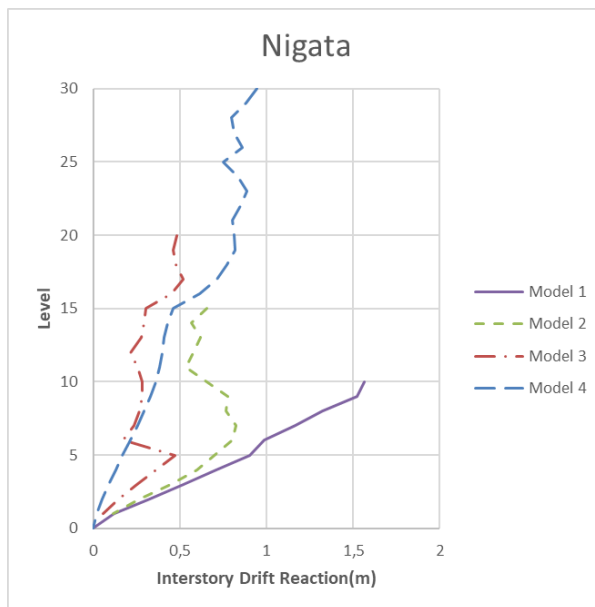
b)

Gambar 4.26: Nilai *Interstory Drift Reaction* untuk struktur beton dual system SRPM semua model struktur dengan Gempa Pulse tunggal: a) R=7, b) R=6.

Pada gambar di atas nilai *Interstory Drift Reaction* untuk semua model dalam gambar terlihat nilai perbandingan *Interstory Drift Reaction* terbesar untuk jenis gempa tunggal terbesar terjadi pada model 3 (20 lantai).



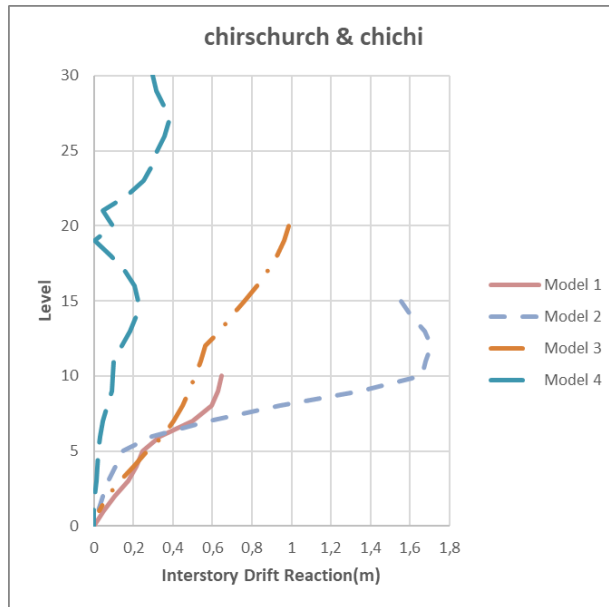
a)



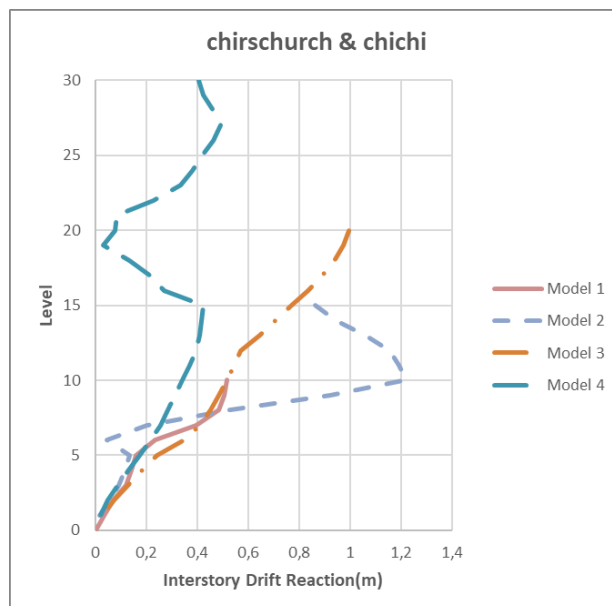
b)

Gambar 4.27: Nilai *Interstory Drift Reaction* untuk struktur beton dual system SRPM semua model struktur dengan Gempa Pulse tunggal: a) R=7, b) R=6.

Pada gambar di atas nilai *Interstory Drift Reaction* untuk semua model dalam gambar terlihat nilai perbandingan *Interstory Drift Reaction* terbesar untuk jenis gempa tunggal terbesar terjadi pada model 1 (10 lantai).



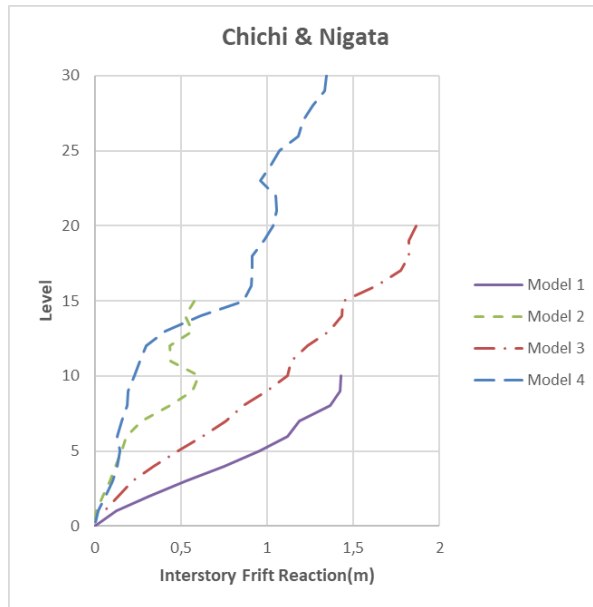
a)



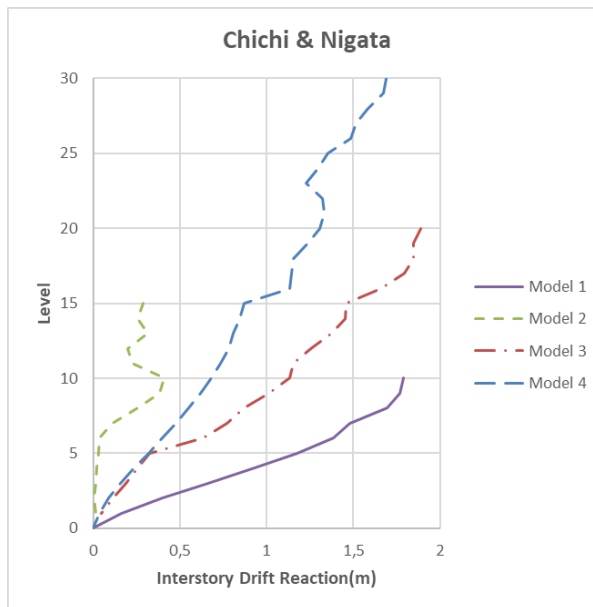
b)

Gambar 4.28: Nilai *Interstory Drift Reaction* untuk struktur beton dual system SRPM semua model struktur dengan Gempa Pulse Berulang: a) R=7, b) R=6.

Pada gambar di atas nilai *Interstory Drift Reaction* untuk semua model dalam gambar terlihat nilai perbandingan *Interstory Drift Reaction* terbesar untuk jenis gempa berulang terbesar terjadi pada model 2 (10 lantai).



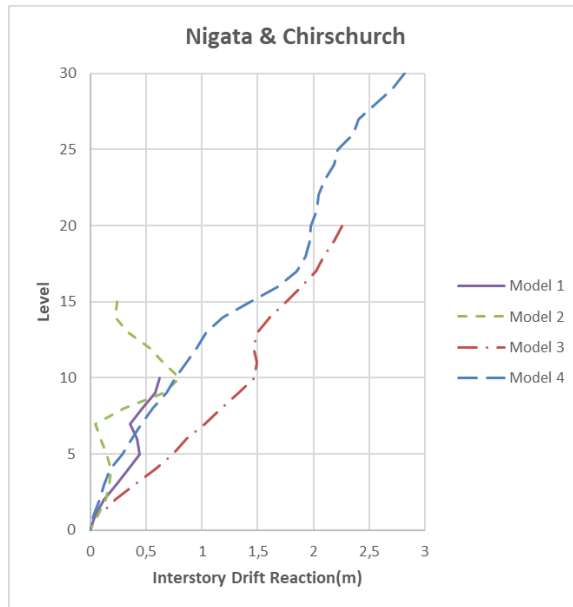
a)



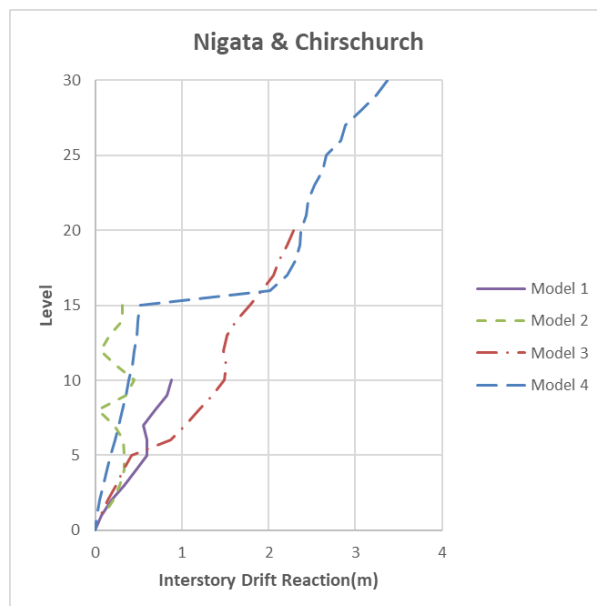
b)

Gambar 4.29: Nilai *Interstory Drift Reaction* untuk struktur beton dual system SRPM semua model struktur dengan Gempa Pulse Berulang: a) R=7, b) R=6.

Pada gambar di atas nilai *Interstory Drift Reaction* untuk semua model dalam gambar terlihat nilai perbandingan *Interstory Drift Reaction* terbesar untuk jenis gempa berulang terbesar terjadi pada model 3 (20 lantai).



a)



b)

Gambar 4.30: Nilai *Interstory Drift Reaction* untuk struktur beton dual system SRPM semua model struktur dengan Gempa Pulse Berulang: a) R=7, b) R=6.

Pada gambar di atas nilai *Interstory Drift Reaction* untuk semua model dalam gambar terlihat nilai perbandingan *Interstory Drift Reaction* terbesar untuk jenis gempa berulang terbesar terjadi pada model 4 (30 lantai).

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisis linear dan non linear yaitu pembahasan mengenai perbandingan simpangan antar tingkat dan simpangan atap sistem rangka pemikul momen (SRPM) terhadap getaran gempa dengan *pulse* tunggal dan berulang, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil analisa pada struktur saat terkena gempa *pulse* tunggal, menunjukkan bahwa sebagian struktur sudah mencapai lelehnya. Hasil *interstory drift* dan *displacement* yang diperoleh dari hasil analisis *push over (static)* dan *time history (dynamic)* untuk dalam kelima model dipengaruhi oleh nilai perioda setiap modelnya, letak *shear wall*, dan faktor R, hal itu didasari oleh kemampuan struktur tersebut dalam mengalami perpindahan setelah diberi sebuah gaya. Semakin besar nilai perioda pada struktur, maka semakin besar pula perpindahan yang terjadi. Faktor R pada struktur yang digunakan yaitu R=7 (SRPMK), dan R=6 (SRPMB). Untuk kedua jenis R tersebut nilai faktor R=7 memiliki kemampuan yang besar dalam perpindahan atau mampu berdeformasi dengan cukup besar. Dalam tugas akhir ini didapatkan hasil analisa *interstory drift* dan *top displacement* terbesar terjadi pada model 1 dengan faktor R=6 untuk nilai *interstory drift* nya > 1,5 m dan terbesar terjadi pada model 3 dengan faktor R=7 untuk nilai *top displacement* nya >5 m untuk dinding geser berada di bagian luar gedung.
2. Pada hasil analisa pada struktur saat terkena gempa *pulse* berulang, menunjukkan bahwa sebagian hampir semua struktur sudah mencapai lelehnya. Dalam tugas akhir ini gempa berulang untuk hasil analisa keduanya nilai *interstory drift* dan *top displacement* diperoleh dari hasil analisis *push over (static)* dan *time history (dynamic)* terbesar terjadi pada model 4 dengan faktor R=6 untuk nilai *interstory drift* nya > 3 m dan terbesar terjadi pada model 2 dengan faktor R=6 untuk nilai *top displacement* > 7 m untuk dinding geser berada di bagian luar gedung.

5.2. Saran

1. Dalam Tugas Akhir ini, dimensi balok kolom yang ekonomis diabaikan. Disarankan untuk penganalisaan selanjutnya komponen tersebut direncanakan agar data yang dihasilkan lebih akurat dan sesuai data kondisi yang ada dilapangan.
2. Dalam Tugas Akhir ini, jika terdapat hasil yang kurang sesuai pada analisa linier dan non linier diharapkan agar dapat diskusi dengan penulis. Apabila nilai yang didapatkan jauh dari hasil yang ada.
3. Diharapkan tugas akhir ini dapat diteruskan atau dievaluasi kembali dalam rangka mendapatkan hasil yang optimal dan dapat dilakukan perbandingan terhadap hasil yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional (2012) *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 1726:2012*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standarisasi Nasional (2013) *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung SNI 2847:2013*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Budiono, B. dan Supriatna, L. (2011) *Studi Komparasi Desain Bangunan Tahan Gempa Dengan Menggunakan SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012*. Bandung: ITB.
- Carr, A. J. (2010) *Ruaumoko Manual Volume: 1, Theory and User Guide to Associated Program*. University of Canterbury.
- Chairina, E. (2014) *Modul Praktikum Beton*. Medan: UMSU.
- Churrohman, F. (2012) *Studi Perilaku Geser Beton Bertulang dan Dinding Geser Pelat Baja dengan Analisa Statik Non-Linier Pushover*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Departemen Pekerjaan Umum (1987) *Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung*, Jakarta: Yayasan Badan Penerbit PU.
- Haselton, C. dkk. (2008) *Beam-Column Element Model Calibrated For Predicting Flexural Response Leading To Global Collapse of RC Frame Buildings*. Berkeley: University of California.
- <http://peer.berkeley.edu>.
- <http://puskim.pu.go.id>.
- <http://strongmotioncenter.org>.
- Ibarra, L. dkk. (2005) *Hysteretic Models That Incorporate Strength And Stiffness Deterioration*. USA : University of Maryland.
- Imran, I. dan Hendrik, F. (2009) *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa Berdasarkan SNI 03-2847-2002*. Bandung: ITB.
- Murty, C. V. R. dkk. (2008) *Perilaku Bangunan Struktur Rangka Beton Bertulang dengan Dinding Pengisi dari Bata terhadap Gempa*. Jakarta : Universitas Trisakti.
- Kalkan, E., dan Kunnath, K. (2006). Effects of Fling Step and Forward Directivity on Seismic Response of Buildings. *Earthquake Spectra*, Volume 22, No. 2 , 367–390.
- Pawirodikromo, W. (2012) *Seismologi Teknik & Rekayasa Kegempaan*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.

- Siregar, Y. A. N. (2008) *Evaluasi Daktilitas pada Struktur Ganda*. Jakarta: Fakultas Teknik, UI.
- Stathopoulos, K. G., Anagnostopoulos, S. A. (2005) *Inelastic Torsion Of Multistory Buildings Under Earthquake Excitations*. Greece: University of Patras.
- Syam, A. (1999) *Catatan Kuliah M. K. Struktur Beton 1*. Padang: ITP.
- Zareian, F., Krawinkler, H. (2009) *Simplified performance-based earthquake engineering*. Stanford: Report No.169, John A. Blume Earthquake Engineering Center, Stanford University.

LAMPIRAN

A.1. Perhitungan Pembebanan Struktur

Dalam Tugas Akhir ini, jenis pembebanan yang digunakan adalah beban gravitasi. Beban gravitasi dihitung berdasarkan beban hidup dan beban mati yang bekerja pada struktur bangunan kemudian akan dijadikan sebagai beban yang bekerja di pelat lantai pada analisis menggunakan Program Analisa Struktur.

A.1.1. Beban Gravitasi

A. Lantai Atap

- Beban Mati Tambahan:

- <i>Finishing</i> Lantai/Spesi (t = 2 cm)	=	39	kg/m ²
- <i>Waterproof</i>	=	18	kg/m ²
- Plafon + Penggantung	=	18	kg/m ²
- Instalasi M.E.	=	25	kg/m ²
<hr/>			
Total Beban Mati Tambahan	=	100	kg/m ²

- Beban Hidup = 100 kg/m²

B. Lantai Tipikal

- Beban Mati Tambahan:

- <i>Finishing</i> Lantai/Spesi (t = 3 cm)	=	53	kg/m ²
- Penutup Lantai Keramik	=	24	kg/m ²
- Plafon + Penggantung	=	18	kg/m ²
- Instalasi M.E.	=	25	kg/m ²
<hr/>			
Total Beban Mati Tambahan	=	120	kg/m ²

- Beban Hidup = 240 kg/m²

C. Berat Dinding

Beban dinding dijadikan sebagai beban terbagi rata yang ditumpu oleh balok-balok yang berhubungan pada masing-masing lantai. Nilai berat dinding yang didapatkan adalah sebagai berikut:

Data struktur:	Bs. Dinding ½ bata	=	250 kg/m ²
	Tinggi Lantai <i>Basement</i>	=	4,5 m
	Tinggi Lantai Tipikal	=	3,5 m

- Berat dinding *Basement* = (0,5 (tinggi lantai 1) + 0,5 (tinggi lantai 2)) x 250
 = (0,5 (4,5) + 0,5 (3,5)) x 250
 = 1000 kg/m
- Berat dinding lt.tipikal = (0,5 (tinggi lantai 2) + 0,5 (tinggi lantai 3)) x 250
 = (0,5 (3,5) + 0,5 (3,5)) x 250
 = 875,0 kg/m
- Berat dinding lt.teratas = (0,5 (tinggi lantai 5)) x 250
 = (0,5 (3,5)) x 250
 = 437,5 kg/m

A.2. Syarat Periode Struktur

Penentuan periode yang akan digunakan untuk perhitungan gaya geser dasar dan gaya lateral statik ekuivalen adalah berdasarkan SNI 1726:2012.

➤ Model 1

Data struktur:

- Tinggi lantai bawah : 4,5 m
- Tinggi lantai tipikal : 3,5 m
- Hn : 36 m
- Cu : 1,5 untuk, R=7 dan
 1,7 untuk, R=6
- Ct : 0,0488
- x : 0,75

Tabel L.1: Kontrol perioda getar alami struktur Model 1.

SYARAT PERIODA					
Arah	T_{amin} ($Ct \times hn^x$)	T_{amax} ($Cu \times T_{amin}$)	$T_{sap2000}$	$T_{dipakai}$	KONTROL
X (R=7)	0,717	1,08	0,9	0,9	OK
X (R=6)	0,717	1,22	0,9	0,9	OK

Berdasarkan Tabel L.1, perioda alami struktur yang digunakan adalah batas perioda sap2000 yaitu 0,9 karena nilai perioda pada Program Analisa Struktur diantara batas maximumnya dari kedua jenis R.

➤ Model 2

Data struktur:

- Tinggi lantai bawah : 4,5 m
- Tinggi lantai tipikal : 3,5 m
- H_n : 53,5 m
- C_u : 1,5 untuk, R=7 dan
1,7 untuk, R=6
- C_t : 0,0488
- x : 0,75

Tabel L.2: Kontrol perioda getar alami struktur Model 2.

SYARAT PERIODA					
Arah	T_{amin} ($Ct \times hn^x$)	T_{amax} ($Cu \times T_{amin}$)	$T_{sap2000}$	$T_{dipakai}$	KONTROL
X (R=7)	0,97	1,45	1,40	1,40	OK
X (R=6)	0,97	1,64	1,40	1,40	OK

Berdasarkan Tabel L.2, perioda alami struktur yang digunakan adalah batas perioda sap2000 yaitu 1,40 karena nilai perioda pada Program Analisa Struktur diantara batas maximumnya dari kedua jenis R.

➤ Model 3

Data struktur:

- Tinggi lantai bawah : 4,5 m
- Tinggi lantai tipikal : 3,5 m
- Hn : 36 m
- Cu : 1,5 untuk, R=7 dan
1,7 untuk, R=6
- Ct : 0,0488
- x : 0,75

Tabel L.3: Kontrol perioda getar alami struktur Model 3.

SYARAT PERIODA					
Arah	T_{amin} ($Ct \times hn^x$)	T_{amax} ($Cu \times T_{amin}$)	$T_{sap2000}$	$T_{dipakai}$	KONTROL
X (R=7)	1,19	1,90	1,90	1,90	OK
X (R=6)	1,19	2,03	1,90	1,90	OK

Berdasarkan Tabel L.1, perioda alami struktur yang digunakan adalah batas perioda maximum yaitu 1,9 karena nilai perioda pada Program Analisa Struktur diantara batas maximumnya dari kedua jenis R.

➤ Model 4

Data struktur:

- Tinggi lantai bawah : 4,5 m
- Tinggi lantai tipikal : 3,5 m
- Hn : 36 m
- Cu : 1,5 untuk, R=7 dan
1,7 untuk, R=6
- Ct : 0,0488
- x : 0,75

Tabel L.4: Kontrol perioda getar alami struktur Model 4.

SYARAT PERIODA					
Arah	T_{amin} ($C_t \times hn^x$)	T_{amax} ($C_u \times T_{amin}$)	$T_{sap2000}$	$T_{dipakai}$	KONTROL
X (R=7)	1,61	2,72	2,70	2,70	OK
X (R=6)	1,61	2,94	2,70	2,70	OK

Berdasarkan Tabel L.4, perioda alami struktur yang digunakan adalah batas perioda maximum yaitu 2,70 karena nilai perioda pada Program Analisa Struktur diantara batas maximumnya dari kedua jenis R.

A.3. Modal Participating Mass Ratios (Type I)

A.3.1. Modal Participating Mass Ratios Model 1

Tabel L.5: Hasil output *Modal Participating Mass Ratios* struktur pemodelan dengan Program Analisa Struktur (Model 1).

<i>Modal Participating Mass Ratios</i>				
<i>Case</i>	<i>Mode</i>	<i>Period</i>	<i>UX</i>	<i>Sum UX</i>
Modal	1	0,998	0,77	0,77
Modal	2	0,35	0,12	0,89
Modal	3	0,19	0,05	0,94
Modal	4	0,13	0,03	0,97
Modal	5	0,09	0,01	0,98
Modal	6	0,07	0,00	0,98
Modal	7	0,07	0,00	0,98
Modal	8	0,07	0,01	0,99
Modal	9	0,07	0,00	0,99
Modal	10	0,07	0,00	0,99
Modal	11	0,06	0,00	0,99
Modal	12	0,06	0,00	0,99

Tabel L.6: Hasil selisih persentase nilai perioda

Mode	Persentase (%)	CQC < 15%	SRSS > 15%
T1-T2	65,196	Not ok	Ok
T2-T3	44,559	Not ok	Ok
T3-T4	32,271	Not ok	Ok
T4-T5	27,419	Not ok	Ok
T5-T6	21,012	Not ok	Ok
T6-T7	2,827	Ok	Not ok
T7-T8	0,834	Ok	Not ok
T8-T9	3,155	Ok	Not ok
T9-T10	3,761	Ok	Not ok
T10-T12	13,398	Ok	Not ok
T11-T12	2,540	Ok	Not ok

A.3.2. Modal Participating Mass Ratios Model 2

Tabel L.7: Hasil output *Modal Participating Mass Ratios* struktur pemodelan dengan Program Analisa Struktur (Model 2).

<i>Modal Participating Mass Ratios</i>				
<i>Case</i>	<i>Mode</i>	<i>Period</i>	<i>UX</i>	<i>Sum UX</i>
Modal	1	1,44	0,73	0,73
Modal	2	0,51	0,12	0,85
Modal	3	0,29	0,05	0,90
Modal	4	0,19	0,03	0,93
Modal	5	0,14	0,02	0,95
Modal	6	0,11	0,01	0,97
Modal	7	0,09	0,00	0,97
Modal	8	0,09	0,00	0,97
Modal	9	0,09	0,01	0,97
Modal	10	0,09	0,00	0,97
Modal	11	0,08	0,00	0,97
Modal	12	0,07	0,00	0,98

Tabel L.8: Hasil selisih persentase nilai perioda

Mode	Persentase (%)	CQC < 15%	SRSS > 15%
T1-T2	64,217	Not ok	Ok
T2-T3	42,827	Not ok	Ok
T3-T4	33,707	Not ok	Ok
T4-T5	26,052	Not ok	Ok
T5-T6	23,502	Not ok	Ok
T6-T7	14,182	Ok	Not ok
T7-T8	4,194	Ok	Not ok
T8-T9	2,943	Ok	Not ok
T9-T10	2,849	Ok	Not ok
T10-T12	5,398	Ok	Not ok
T11-T12	11,458	Ok	Not ok

A.3.3. Modal Participating Mass Ratios Model 3

Tabel L.9: Hasil output *Modal Participating Mass Ratios* struktur pemodelan dengan Program Analisa Struktur (Model 3).

<i>Modal Participating Mass Ratios</i>				
<i>Case</i>	<i>Mode</i>	<i>Period</i>	UX	Sum UX
Modal	1	1,91	0,70	0,70
Modal	2	0,67	0,12	0,82
Modal	3	0,37	0,05	0,87
Modal	4	0,24	0,03	0,91
Modal	5	0,17	0,02	0,93
Modal	6	0,13	0,02	0,95
Modal	7	0,10	0,00	0,95
Modal	8	0,10	0,01	0,96
Modal	9	0,09	0,00	0,96
Modal	10	0,09	0,00	0,96
Modal	11	0,09	0,00	0,96
Modal	12	0,08	0,01	0,97

Tabel L.10: Hasil selisih persentase nilai perioda

Mode	Persentase (%)	CQC < 15%	SRSS > 15%
T1-T2	65,076	Not ok	Ok
T2-T3	44,095	Not ok	Ok
T3-T4	34,799	Not ok	Ok
T4-T5	30,184	Not ok	Ok
T5-T6	24,713	Not ok	Ok
T6-T7	22,153	Not ok	Ok
T7-T8	0,332	ok	Not ok
T8-T9	3,986	ok	Not ok
T9-T10	5,550	ok	Not ok
T10-T12	5,028	ok	Not ok
T11-T12	7,358	ok	Not ok

A.3.4. Modal Participating Mass Ratios Model 4

Tabel L.11: Hasil output *Modal Participating Mass Ratios* struktur pemodelan dengan Program Analisa Struktur (Model 4).

<i>Modal Participating Mass Ratios</i>				
<i>Case</i>	<i>Mode</i>	<i>Period</i>	UX	Sum UX
Modal	1	2,76	0,66	0,66
Modal	2	1,03	0,13	0,79
Modal	3	0,60	0,06	0,84
Modal	4	0,41	0,03	0,88
Modal	5	0,30	0,02	0,90
Modal	6	0,23	0,02	0,92
Modal	7	0,18	0,01	0,93
Modal	8	0,15	0,01	0,94
Modal	9	0,14	0,00	0,94
Modal	10	0,13	0,00	0,94
Modal	11	0,12	0,01	0,95
Modal	12	0,12	0,00	0,95

Tabel L.12: Hasil persentase nilai perioda

Mode	Persentase (%)	CQC < 15%	SRSS > 15%
T1-T2	62,76	Not ok	Ok
T2-T3	42,02	Not ok	Ok
T3-T4	32,15	Not ok	Ok
T4-T5	26,92	Not ok	Ok
T5-T6	23,49	Not ok	Ok
T6-T7	21,08	Not ok	Ok
T7-T8	18,01	Not ok	Ok
T8-T9	6,61	Ok	Not ok
T9-T10	7,04	Ok	Not ok
T10-T12	3,99	Ok	Not ok
T11-T12	5,30	Ok	Not ok

B.3. Modal Participating Mass Ratios (Type II)

B.3.1. Modal Participating Mass Ratios Model 1

Tabel L.13: Hasil output *Modal Participating Mass Ratios* struktur pemodelan dengan Program Analisa Struktur (Model 1).

<i>Modal Participating Mass Ratios</i>				
<i>Case</i>	<i>Mode</i>	<i>Period</i>	UX	Sum UX
Modal	1	0,89	0,76	0,76
Modal	2	0,31	0,13	0,89
Modal	3	0,17	0,05	0,94
Modal	4	0,11	0,03	0,96
Modal	5	0,08	0,02	0,98
Modal	6	0,06	0,01	0,99
Modal	7	0,06	0,00	0,99
Modal	8	0,05	0,00	0,99
Modal	9	0,05	0,00	0,99
Modal	10	0,05	0,00	0,99
Modal	11	0,05	0,00	0,99
Modal	12	0,05	0,00	0,99

Tabel L.14: Hasil selisih persentase nilai perioda

Mode	Persentase (%)	CQC < 15%	SRSS > 15%
T1-T2	64,833	Not ok	Ok
T2-T3	46,421	Not ok	Ok
T3-T4	33,506	Not ok	Ok
T4-T5	29,642	Not ok	Ok
T5-T6	24,289	Not ok	Ok
T6-T7	7,178	Ok	Not ok
T7-T8	0,002	Ok	Not ok
T8-T9	13,160	Ok	Not ok
T9-T10	0,498	Ok	Not ok
T10-T11	1,664	Ok	Not ok
T11-T12	0,004	Ok	Not ok

B.3.2. Modal Participating Mass Ratios Model 2

Tabel L.15: Hasil output *Modal Participating Mass Ratios* struktur pemodelan dengan Program Analisa Struktur (Model 2).

<i>Modal Participating Mass Ratios</i>				
<i>Case</i>	<i>Mode</i>	<i>Period</i>	UX	Sum UX
Modal	1	1,31	0,71	0,71
Modal	2	0,48	0,13	0,84
Modal	3	0,27	0,06	0,90
Modal	4	0,17	0,03	0,93
Modal	5	0,13	0,02	0,95
Modal	6	0,10	0,02	0,96
Modal	7	0,07	0,01	0,97
Modal	8	0,07	0,00	0,97
Modal	9	0,07	0,00	0,97
Modal	10	0,06	0,00	0,98
Modal	11	0,06	0,00	0,98
Modal	12	0,06	0,01	0,98

Tabel L.16: Hasil selisih persentase nilai perioda

Mode	Persentase (%)	CQC < 15%	SRSS > 15%
T1-T2	63,766	Not ok	Ok
T2-T3	43,585	Not ok	Ok
T3-T4	35,528	Not ok	Ok
T4-T5	26,977	Not ok	Ok
T5-T6	24,614	Not ok	Ok
T6-T7	22,063	Not ok	Ok
T7-T8	5,367	Ok	Not ok
T8-T9	0,001	Ok	Not ok
T9-T10	12,502	Ok	Not ok
T10-T12	0,249	Ok	Not ok
T11-T12	2,378	Ok	Not ok

B.3.3. Modal Participating Mass Ratios Model 3

Tabel L.17: Hasil output *Modal Participating Mass Ratios* struktur pemodelan dengan Program Analisa Struktur (Model 3).

<i>Modal Participating Mass Ratios</i>				
<i>Case</i>	<i>Mode</i>	<i>Period</i>	UX	Sum UX
Modal	1	1,89	0,67	0,67
Modal	2	0,67	0,13	0,80
Modal	3	0,36	0,06	0,86
Modal	4	0,23	0,04	0,90
Modal	5	0,16	0,03	0,92
Modal	6	0,12	0,02	0,94
Modal	7	0,09	0,01	0,96
Modal	8	0,08	0,00	0,96
Modal	9	0,08	0,00	0,96
Modal	10	0,07	0,00	0,96
Modal	11	0,07	0,00	0,96
Modal	12	0,07	0,01	0,97

Tabel L.18: Hasil selisih persentase nilai perioda

Mode	Persentase (%)	CQC < 15%	SRSS > 15%
T1-T2	64,848	Not ok	Ok
T2-T3	45,235	Not ok	Ok
T3-T4	35,819	Not ok	Ok
T4-T5	31,403	Not ok	Ok
T5-T6	25,645	Not ok	Ok
T6-T7	23,245	Not Ok	Ok
T7-T8	11,437	Ok	Not ok
T8-T9	0,000	Ok	Not ok
T9-T10	9,000	Ok	Not ok
T10-T12	0,743	Ok	Not ok
T11-T12	2,313	Ok	Not ok

B.3.4. Modal Participating Mass Ratios Model 4

Tabel L.19: Hasil output *Modal Participating Mass Ratios* struktur pemodelan dengan Program Analisa Struktur (Model 4).

<i>Modal Participating Mass Ratios</i>				
<i>Case</i>	<i>Mode</i>	<i>Period</i>	UX	Sum UX
Modal	1	2,75	0,63	0,63
Modal	2	1,04	0,14	0,77
Modal	3	0,59	0,06	0,83
Modal	4	0,40	0,04	0,87
Modal	5	0,29	0,03	0,89
Modal	6	0,22	0,02	0,91
Modal	7	0,17	0,01	0,92
Modal	8	0,14	0,01	0,94
Modal	9	0,12	0,01	0,95
Modal	10	0,11	0,00	0,95
Modal	11	0,11	0,00	0,95
Modal	12	0,10	0,01	0,95

Tabel L.20: Hasil persentase nilai perioda

Mode	Persentase (%)	CQC < 15%	SRSS > 15%
T1-T2	62,030	Not ok	Ok
T2-T3	43,089	Not ok	Ok
T3-T4	32,945	Not ok	Ok
T4-T5	27,472	Not ok	Ok
T5-T6	24,277	Not ok	Ok
T6-T7	22,302	Not ok	Ok
T7-T8	17,887	Not ok	Ok
T8-T9	16,978	Ok	Not ok
T9-T10	6,536	Ok	Not ok
T10-T12	0,000	Ok	Not ok
T11-T12	9,517	Ok	Not ok

A.4. Berat Sendiri Struktur

A.4.1. Berat Sendiri Struktur Model 1

Tabel L.21: Hasil output berat sendiri struktur pemodelan dengan Program Analisa Struktur (Model 1).

<i>Story</i>	<i>Self weight</i> (KN)
10	594,252
9	846,684
8	846,684
7	846,684
6	846,684
5	889,02
4	931,356
3	931,356
2	931,356
1	959,004
TOTAL	8623,08

Dapat dilihat pada tabel di atas bahwa berat total struktur untuk Model 1 adalah 8623,08 KN.

A.4.2. Berat Sendiri Struktur Model 2

Tabel L.22: Hasil output berat sendiri struktur pemodelan dengan Program Analisa Struktur (Model 2).

<i>Story</i>	<i>Self weight</i> (KN)
15	594,252
14	846,684
13	846,684
12	846,684
11	846,684
10	889,02
9	931,356
8	931,356
7	931,356
6	931,356
5	985,788
4	1040,22
3	1040,22

Tabel L.22: *Lanjutan.*

<i>Story</i>	<i>Self weight</i> (KN)
2	1040,22
1	1083,42
TOTAL	13785,3

Dapat dilihat pada tabel di atas bahwa berat total struktur untuk Model 2 adalah 13785,3 KN.

A.4.3. Berat Sendiri Struktur Model 3

Tabel L.23: Hasil output berat sendiri struktur pemodelan dengan Program Analisa Struktur (Model 3).

<i>Story</i>	<i>Self weight</i> (KN)
20	636,588
19	931,356
18	931,356
17	931,356
16	931,356
15	985,788
14	985,788
13	985,788
12	985,788
11	985,788
10	1106,748
9	1173,276
8	1173,276
7	1173,276
6	1173,276
5	1251,9
4	1330,524
3	1330,524
2	1330,524
1	1415,196
TOTAL	21749,472

Dapat dilihat pada tabel di atas bahwa berat total struktur untuk Model 3 adalah 21749,472 KN.

A.4.4. Berat Sendiri Struktur Model 4

Tabel L.24: Hasil output berat sendiri struktur pemodelan dengan Program Analisa Struktur (Model 4).

<i>Story</i>	<i>Self weight (KN)</i>
30	594,252
29	846,684
28	846,684
27	846,684
26	846,684
25	889,02
24	931,356
23	931,356
22	931,356
21	931,356
20	985,788
19	1040,22
18	1040,22
17	1040,22
16	1040,22
15	1106,748
14	1173,276
13	1173,276
12	1173,276
11	1173,276
10	1251,9
9	1330,524
8	1330,524
7	1330,524
6	1330,524
5	1421,244
4	1511,964
3	1511,964
2	1511,964
1	1622,556
TOTAL	33695,64

Dapat dilihat pada tabel di atas bahwa berat total struktur untuk Model 5 adalah 33695,64 KN.

A.5. Perhitungan Gaya Geser Dasar dan Gaya Lateral Statik Ekuivalen

Gaya geser dasar yang digunakan untuk menghitung gaya lateral statik ekuivalen ditentukan berdasarkan SNI 1726:2012.

➤ Model 1

❖ Untuk faktor R=7, Data struktur:

- S_{D1} : 1.0272
- S_{DS} : 0.8094
- R : 7.00
- I_e : 1.00
- S1 : 0.642

$$\begin{aligned} \checkmark \text{ Cs Maksimum} &= \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= \frac{0,8094}{\left(\frac{7}{1}\right)} = 0,11563 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \checkmark \text{ Cs Minimum} &= 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e \\ &= 0,044 \cdot 0,8094 \cdot 1 = 0,03561 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \checkmark \text{ Cs Hitungan} &= \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= \frac{1,0272}{1,09 \cdot \left(\frac{7}{1}\right)} = 0,13463 \end{aligned}$$

Tabel L.25: Nilai Cs yang digunakan untuk Model 1 (R=7).

Arah	Cs Maksimum	Cs Hitungan	Cs Minimum	Cs Digunakan
X	0,11563	0,1346	0,03561	0,11563

Pada peraturan SNI 1726:2012. Pemilihan nilai C_s di dapat karena nilai $C_{shitungan}$ berada diantara $C_{sminimum}$ dan $C_{smaksimum}$. Maka yang digunakan adalah $C_{shitungan}$.

Maka gaya geser dasar struktur gedung adalah $V = C_s \times W_t$

$$V = 0,11563 \times 8623,08$$

$$V = 997,0867 \text{ KN}$$

✓ Penentuan nilai k

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.8.3, kadalah eksponen yg terkait dengan perioda struktur sebagai berikut :

- Untuk struktur yg mempunyai perioda sebesar 0,5 detik atau kurang, $k = 1$
- Untuk struktur yg mempunyai perioda sebesar 2,5 detik atau lebih, $k = 2$
- Untuk struktur yg mempunyai perioda antara 0,5 dan 2,5 detik, k harus sebesar 2 atau harus ditentukan dengan interpolasi linear antara 1 dan 2.

Nilai perioda struktur adalah 0,9 detik, maka dengan interpolasi linear nilai k adalah 1,200.

Tabel L.26: Nilai *story shear* untuk gaya lateral statik ekuivalen Model 1 (R=7).

Lantai	Berat Seismik (W_x)	Tinggi Lantai (h_x)	$W_x \cdot h_x^k$	$\frac{Force (W_x \cdot h_x^k)}{(\sum W_x \cdot h_x^k)} \times V$	<i>Story Shear</i> (F_x)
10	594,252	36	43806,005	140,418	140,418
9	846,684	32,5	55205,378	176,958	317,375
8	846,684	29	48150,295	154,343	471,718
7	846,684	25,5	41263,833	132,269	603,987
6	846,684	22	34564,364	110,794	714,781
5	889,02	18,5	29479,330	94,494	809,275
4	931,356	15	24011,828	76,968	886,243
3	931,356	11,5	17456,337	55,955	942,199
2	931,356	8	11293,374	36,200	978,399
1	959,004	4,5	5830,092	18,688	997,087
TOTAL			311060,837	997,087	

Berdasarkan Tabel L.26, dapat diketahui nilai gaya geser pada lantai 1 yang merupakan nilai gaya geser dasar untuk Model 1 adalah 997,087 KN.

❖ Untuk faktor R=6, Data struktur:

- S_{D1} : 0,178
- S_{DS} : 0,2096
- R : 6,00
- I_e : 1,00
- S_1 : 0,164

$$\begin{aligned} \checkmark \text{ Cs Maksimum} &= \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= \frac{0,2096}{\left(\frac{6}{1}\right)} = 0,0349 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \checkmark \text{ Cs Minimum} &= 0,044 S_{DS} I_e \\ &= 0,044 \cdot (0,2096) \cdot (1,00) = 0,0092 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \checkmark \text{ Cs Hitungan} &= \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= \frac{0,164}{1,09 \cdot \left(\frac{6}{1}\right)} = 0,0274 \end{aligned}$$

Tabel L.27: Nilai Cs yang digunakan untuk Model 1 (R=6).

Arah	Cs Maksimum	Cs Hitungan	Cs Minimum	Cs Digunakan
X	0,0349	0,0274	0,0092	0,0349

Pada peraturan SNI 1726:2012. Pemilihan nilai Cs di dapat karena nilai C_{hitung} berada diantara $C_{sminimum}$ dan $C_{smaksimum}$. Maka yang digunakan adalah $C_{smaksimum}$.

Maka gaya geser dasar struktur gedung adalah $V = C_s \times W_t$

$$V = 0,0349 \times 8623,08$$

$$V = 300,945 \text{ KN}$$

✓ Penentuan nilai k

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.8.3, kadalah eksponen yg terkait dengan perioda struktur sebagai berikut :

- Untuk struktur yg mempunyai perioda sebesar 0,5 detik atau kurang, $k = 1$
- Untuk struktur yg mempunyai perioda sebesar 2,5 detik atau lebih, $k = 2$
- Untuk struktur yg mempunyai perioda antara 0,5 dan 2,5 detik, k harus sebesar 2 atau harus ditentukan dengan interpolasi linear antara 1 dan 2.

Nilai perioda struktur adalah 0,9 detik, maka dengan interpolasi linear nilai k adalah 1,200.

Tabel L.28: Nilai *story shear* untuk gaya lateral statik ekuivalen Model 1 (R=6) .

Lantai	Berat Seismik (W _x)	Tinggi Lantai (h _x)	W _x .h _x ^k	$\frac{Force}{(\sum W_x \cdot h_x^k)} \times V$	Story Shear (F _x)
10	594,252	36	43806,005	42,381	42,381
9	846,684	32,5	55205,378	53,410	95,792
8	846,684	29	48150,295	46,585	142,376
7	846,684	25,5	41263,833	39,922	182,298
6	846,684	22	34564,364	33,440	215,738
5	889,02	18,5	29479,330	28,521	244,259
4	931,356	15	24011,828	23,231	267,490
3	931,356	11,5	17456,337	16,889	284,379
2	931,356	8	11293,374	10,926	295,305
1	959,004	4,5	5830,092	5,641	300,945
TOTAL			311060,83 7	300,945	

Berdasarkan Tabel L.28, dapat diketahui nilai gaya geser pada lantai 1 yang merupakan nilai gaya geser dasar untuk Model 1(R=6) adalah 300,945 kN.

➤ Model 2

❖ Untuk faktor R=7, Data struktur:

- S_{D1} : 1.0272
- S_{DS} : 0.8094
- R : 7.00
- I_e : 1.00
- S1 : 0.642

$$\begin{aligned} \checkmark \text{ Cs Maksimum} &= \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= \frac{0,8094}{\left(\frac{7}{1}\right)} = 0,11563 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \checkmark \text{ Cs Minimum} &= 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e \\ &= 0,044 \cdot 0,8094 \cdot 1 = 0,03561 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \checkmark \text{ Cs Hitungan} &= \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= \frac{1,0272}{1,09 \cdot \left(\frac{7}{1}\right)} = 0,13463 \end{aligned}$$

Tabel L.29: Nilai Cs yang digunakan untuk Model 1 (R=7).

Arah	Cs Maksimum	Cs Hitungan	Cs Minimum	Cs Digunakan
X	0,11563	0,1346	0,03561	0,11563

Pada peraturan SNI 1726:2012. Pemilihan nilai C_s di dapat karena nilai $C_{shitungan}$ berada diantara $C_{sminimum}$ dan $C_{smaksimum}$. Maka yang digunakan adalah $C_{shitungan}$.

Maka gaya geser dasar struktur gedung adalah $V = C_s \times W_t$

$$V = 0,11563 \times 13785,300$$

$$V = 1593,994 \text{ KN}$$

✓ Penentuan nilai k

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.8.3, kadalah eksponen yg terkait dengan perioda struktur sebagai berikut :

- Untuk struktur yg mempunyai perioda sebesar 0,5 detik atau kurang, $k = 1$
- Untuk struktur yg mempunyai perioda sebesar 2,5 detik atau lebih, $k = 2$
- Untuk struktur yg mempunyai perioda antara 0,5 dan 2,5 detik, k harus sebesar 2 atau harus ditentukan dengan interpolasi linear antara 1 dan 2.

Nilai perioda struktur adalah 1,40 detik, maka dengan interpolasi linear nilai k adalah 1,450.

Tabel L.30: Nilai *story shear* untuk gaya lateral statik ekuivalen Model 1 ($R=7$).

Lantai	Berat Seismik (W_x)	Tinggi Lantai (h_x)	$W_x \cdot h_x^k$	$\frac{Force}{V} \left(\frac{W_x \cdot h_x^k}{\sum W_x \cdot h_x^k} \right) \times$	<i>Story Shear</i> (F_x)
15	594,252	53,5	190582,770	193,161	193,161
14	846,684	50,0	246165,881	249,496	442,657
13	846,684	46,5	221578,764	224,576	667,234
12	846,684	43,0	197811,080	200,487	867,721
11	846,684	39,5	174898,926	177,265	1044,986
10	889,020	36	160527,764	162,700	1207,686
9	931,356	32,5	144992,851	146,954	1354,640
8	931,356	29	122911,583	124,574	1479,215
7	931,356	25,5	101999,720	103,380	1582,594
6	931,356	22	82343,364	83,457	1666,052
5	985,788	18,5	67792,638	68,710	1734,762
4	1040,220	15	52778,559	53,493	1788,254
3	1040,220	11,5	35903,523	36,389	1824,643
2	1040,220	8	21213,175	21,500	1846,144
1	1083,420	4,5	9593,012	9,723	1855,866
TOTAL			1831093,610	1855,866	

Berdasarkan Tabel L.30, dapat diketahui nilai gaya geser pada lantai 1 yang merupakan nilai gaya geser dasar untuk Model 2 adalah 1855,866 KN.

❖ Untuk faktor R=6, Data struktur:

- S_{D1} : 0,178
- S_{DS} : 0,2096
- R : 6,00
- I_e : 1,00
- S1 : 0,164

$$\begin{aligned} \checkmark \text{ Cs Maksimum} &= \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= \frac{0,2096}{\left(\frac{6}{1}\right)} = 0,0349 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \checkmark \text{ Cs Minimum} &= 0,044 S_{DS} I_e \\ &= 0,044 \cdot (0,2096) \cdot (1,00) = 0,0092 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \checkmark \text{ Cs Hitungan} &= \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= \frac{0,164}{1,09 \cdot \left(\frac{6}{1}\right)} = 0,0274 \end{aligned}$$

Tabel L.31: Nilai Cs yang digunakan untuk Model 1 (R=6).

Arah	Cs Maksimum	Cs Hitungan	Cs Minimum	Cs Digunakan
X	0,0349	0,0274	0,0092	0,0349

Pada peraturan SNI 1726:2012. Pemilihan nilai C_s di dapat karena nilai $C_{shitungan}$ berada diantara $C_{sminimum}$ dan $C_{smaksimum}$. Maka yang digunakan adalah $C_{smaksimum}$.

Maka gaya geser dasar struktur gedung adalah $V = C_s \times W_t$

$$V = 0,0349 \times 13785,300$$

$$V = 481,107 \text{ KN}$$

✓ Penentuan nilai k

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.8.3, kadalah eksponen yg terkait dengan perioda struktur sebagai berikut :

- Untuk struktur yg mempunyai perioda sebesar 0,5 detik atau kurang, $k = 1$
- Untuk struktur yg mempunyai perioda sebesar 2,5 detik atau lebih, $k = 2$
- Untuk struktur yg mempunyai perioda antara 0,5 dan 2,5 detik, k harus sebesar 2 atau harus ditentukan dengan interpolasi linear antara 1 dan 2.

Nilai perioda struktur adalah 1,40 detik, maka dengan interpolasi linear nilai k adalah 1,45.

Tabel L.32: Nilai *story shear* untuk gaya lateral statik ekuivalen Model 1 (R=6) .

Lantai	Berat Seismik (Wx)	Tinggi Lantai (hx)	$Wx \cdot hx^k$	$\frac{Force (Wx \cdot hx^k)}{(\sum Wx \cdot hx^k)} \times V$	Story Shear (Fx)
15	594,252	53,5	190582,770	39,242	39,242
14	846,684	50,0	246165,881	50,686	89,928
13	846,684	46,5	221578,764	45,624	135,552
12	846,684	43,0	197811,080	40,730	176,282
11	846,684	39,5	174898,926	36,012	212,294
10	889,020	36	160527,764	33,053	245,347
9	931,356	32,5	144992,851	29,855	275,202
8	931,356	29	122911,583	25,308	300,510
7	931,356	25,5	101999,720	21,002	321,512
6	931,356	22	82343,364	16,955	338,467
5	985,788	18,5	67792,638	13,959	352,426
4	1040,220	15	52778,559	10,867	363,293
3	1040,220	11,5	35903,523	7,393	370,686
2	1040,220	8	21213,175	4,368	375,053
1	1083,420	4,5	9593,012	1,975	377,029
TOTAL			1831093,610	377,029	

Berdasarkan Tabel L.32, dapat diketahui nilai gaya geser pada lantai 1 yang merupakan nilai gaya geser dasar untuk Model 1(R=6) adalah 377,029 kN.

➤ Model 3

❖ Untuk faktor R=7, Data struktur:

- S_{D1} : 1.0272
- S_{DS} : 0.8094
- R : 7.00
- I_e : 1.00
- S1 : 0.642

$$\begin{aligned} \checkmark \text{ Cs Maksimum} &= \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= \frac{0,8094}{\left(\frac{7}{1}\right)} = 0,11563 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \checkmark \text{ Cs Minimum} &= 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e \\ &= 0,044 \cdot 0,8094 \cdot 1 = 0,03561 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \checkmark \text{ Cs Hitungan} &= \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= \frac{1,0272}{1,09 \cdot \left(\frac{7}{1}\right)} = 0,13463 \end{aligned}$$

Tabel L.33: Nilai Cs yang digunakan untuk Model 1 (R=7).

Arah	Cs Maksimum	Cs Hitungan	Cs Minimum	Cs Digunakan
X	0,11563	0,1346	0,03561	0,11563

Pada peraturan SNI 1726:2012. Pemilihan nilai Cs di dapat karena nilai $C_{hitungan}$ berada diantara $C_{minimum}$ dan $C_{maksimum}$. Maka yang digunakan adalah $C_{hitungan}$.

Maka gaya geser dasar struktur gedung adalah $V = Cs \times Wt$

$$V = 0,11563 \times 21749,472$$

$$V = 2514,891 \text{ KN}$$

✓ Penentuan nilai k

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.8.3, kadalah eksponen yg terkait dengan perioda struktur sebagai berikut :

- Untuk struktur yg mempunyai perioda sebesar 0,5 detik atau kurang, $k = 1$
- Untuk struktur yg mempunyai perioda sebesar 2,5 detik atau lebih, $k = 2$
- Untuk struktur yg mempunyai perioda antara 0,5 dan 2,5 detik, k harus sebesar 2 atau harus ditentukan dengan interpolasi linear antara 1 dan 2.

Nilai perioda struktur adalah 1,90 detik, maka dengan interpolasi linear nilai k adalah 1,70.

Tabel L.34: Nilai *story shear* untuk gaya lateral statik ekuivalen Model 1 ($R=7$).

Lantai	Berat Seismik (W_x)	Tinggi Lantai (h_x)	$W_x \cdot h_x^k$	$\frac{Force (W_x \cdot h_x^k)}{(\sum W_x \cdot h_x^k) \times V}$	<i>Story Shear</i> (F_x)
20	636,588	71,0	893300,630	243,704	243,704
19	931,356	67,5	1199311,866	327,188	570,893
18	931,356	64,0	1095523,436	298,874	869,766
17	931,356	60,5	995634,309	271,622	1141,389
16	931,356	57,0	899710,878	245,453	1386,842
15	985,788	53,5	855037,095	233,266	1620,108
14	985,788	50,0	762136,102	207,921	1828,029
13	985,788	46,5	673679,834	183,789	2011,818
12	985,788	43,0	589766,231	160,896	2172,714
11	985,788	39,5	510503,342	139,272	2311,986
10	1106,748	36,0	489511,611	133,545	2445,531
9	1173,276	32,5	436115,880	118,978	2564,510
8	1173,276	29,0	359316,188	98,026	2662,536
7	1173,276	25,5	288747,674	78,774	2741,310
6	1173,276	22,0	224656,374	61,289	2802,599
5	1251,900	18,5	178550,708	48,711	2851,310
4	1330,524	15,0	132854,985	36,245	2887,555

Tabel L.34 : *Lanjutan*

Lantai	Berat Seismik (W _x)	Tinggi Lantai (h _x)	W _x .h _x ^k	$\frac{Force (W_x \cdot h_x^k)}{(\sum W_x \cdot h_x^k) \times V}$	Story Shear (F _x)
3	1330,524	11,5	84568,581	23,071	2910,627
2	1330,524	8,0	45632,650	12,449	2923,076
1	1415,196	4,5	18250,630	4,979	2928,055
TOTAL			10732809,002	2928,055	

Berdasarkan Tabel L.34, dapat diketahui nilai gaya geser pada lantai 1 yang merupakan nilai gaya geser dasar untuk Model 1 adalah 2928,055 KN.

❖ Untuk faktor R=6, Data struktur:

- S_{D1} : 0,178
- S_{DS} : 0,2096
- R : 6,00
- I_e : 1,00
- S₁ : 0,164

$$\begin{aligned}
 \checkmark \text{ Cs Maksimum} &= \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\
 &= \frac{0,2096}{\left(\frac{6}{1}\right)} = 0,0349
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \checkmark \text{ Cs Minimum} &= 0,044 S_{DS} \cdot I_e \\
 &= 0,044 \cdot (0,2096) \cdot (1,00) = 0,0092
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \checkmark \text{ Cs Hitungan} &= \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)} \\
 &= \frac{0,164}{1,09 \cdot \left(\frac{6}{1}\right)} = 0,0274
 \end{aligned}$$

Tabel L.35: Nilai C_s yang digunakan untuk Model 1 ($R=6$).

Arah	C_s Maksimum	C_s Hitungan	C_s Minimum	C_s Digunakan
X	0,0349	0,0274	0,0092	0,0349

Pada peraturan SNI 1726:2012. Pemilihan nilai C_s di dapat karena nilai $C_{shitungan}$ berada diantara $C_{sminimum}$ dan $C_{smaksimum}$. Maka yang digunakan adalah $C_{smaksimum}$.

Maka gaya geser dasar struktur gedung adalah $V = C_s \times W_t$

$$V = 0,0349 \times 21749,472$$

$$V = 759,057 \text{ KN}$$

✓ Penentuan nilai k

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.8.3, k adalah eksponen yg terkait dengan perioda struktur sebagai berikut :

- Untuk struktur yg mempunyai perioda sebesar 0,5 detik atau kurang, $k = 1$
- Untuk struktur yg mempunyai perioda sebesar 2,5 detik atau lebih, $k = 2$
- Untuk struktur yg mempunyai perioda antara 0,5 dan 2,5 detik, k harus sebesar 2 atau harus ditentukan dengan interpolasi linear antara 1 dan 2.

Nilai perioda struktur adalah 1,90 detik, maka dengan interpolasi linear nilai k adalah 1,70.

Tabel L.36: Nilai *story shear* untuk gaya lateral statik ekuivalen Model 1 (R=6) .

Lantai	Berat Seismik (W _x)	Tinggi Lantai (h _x)	W _x .h _x ^k	$\frac{Force (W_x \cdot h_x^k)}{(\sum W_x \cdot h_x^k) \times V}$	Story Shear (F _x)
20	636,588	71,0	893300,630	49,510	49,510
19	931,356	67,5	1199311,866	66,470	115,980
18	931,356	64,0	1095523,436	60,718	176,697
17	931,356	60,5	995634,309	55,181	231,879
16	931,356	57,0	899710,878	49,865	281,744
15	985,788	53,5	855037,095	47,389	329,133
14	985,788	50,0	762136,102	42,240	371,373
13	985,788	46,5	673679,834	37,338	408,711
12	985,788	43,0	589766,231	32,687	441,398
11	985,788	39,5	510503,342	28,294	469,692
10	1106,748	36,0	489511,611	27,130	496,822
9	1173,276	32,5	436115,880	24,171	520,993
8	1173,276	29,0	359316,188	19,915	540,908
7	1173,276	25,5	288747,674	16,003	556,911
6	1173,276	22,0	224656,374	12,451	569,362
5	1251,900	18,5	178550,708	9,896	579,258
4	1330,524	15,0	132854,985	7,363	586,621
3	1330,524	11,5	84568,581	4,687	591,309
2	1330,524	8,0	45632,650	2,529	593,838
1	1415,196	4,5	18250,630	1,012	594,849
TOTAL			10732809,002	594,849	

Berdasarkan Tabel L.36, dapat diketahui nilai gaya geser pada lantai 1 yang merupakan nilai gaya geser dasar untuk Model 1(R=6) adalah 594,849 kN.

➤ Model 4

❖ Untuk faktor R=7, Data struktur:

- S_{D1} : 1.0272
- S_{DS} : 0.8094
- R : 7.00
- I_e : 1.00
- S1 : 0.642

$$\begin{aligned} \checkmark \text{ Cs Maksimum} &= \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= \frac{0,8094}{\left(\frac{7}{1}\right)} = 0,11563 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \checkmark \text{ Cs Minimum} &= 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e \\ &= 0,044 \cdot 0,8094 \cdot 1 = 0,03561 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \checkmark \text{ Cs Hitungan} &= \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= \frac{1,0272}{1,09 \cdot \left(\frac{7}{1}\right)} = 0,13463 \end{aligned}$$

Tabel L.37: Nilai Cs yang digunakan untuk Model 1 (R=7).

Arah	Cs Maksimum	Cs Hitungan	Cs Minimum	Cs Digunakan
X	0,11563	0,1346	0,03561	0,11563

Pada peraturan SNI 1726:2012. Pemilihan nilai C_s di dapat karena nilai $C_{shitungan}$ berada diantara $C_{sminimum}$ dan $C_{smaksimum}$. Maka yang digunakan adalah $C_{shitungan}$.

Maka gaya geser dasar struktur gedung adalah $V = C_s \times W_t$

$$V = 0,11563 \times 8623,08$$

$$V = 997,0867 \text{ KN}$$

✓ Penentuan nilai k

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.8.3, kadalah eksponen yg terkait dengan perioda struktur sebagai berikut :

- Untuk struktur yg mempunyai perioda sebesar 0,5 detik atau kurang, $k = 1$
- Untuk struktur yg mempunyai perioda sebesar 2,5 detik atau lebih, $k = 2$
- Untuk struktur yg mempunyai perioda antara 0,5 dan 2,5 detik, k harus sebesar 2 atau harus ditentukan dengan interpolasi linear antara 1 dan 2.

Nilai perioda struktur adalah 2,7 detik, maka nilai k adalah 2.

Tabel L.38: Nilai *story shear* untuk gaya lateral statik ekivalen Model 1 (R=7).

Lantai	Berat Seismik (W _x)	Tinggi Lantai (h _x)	W _x .h _x ^k	$\frac{Force (W_x \cdot h_x^k)}{(\sum W_x \cdot h_x^k) \times V}$	Story Shear (F _x)
30	594,252	106,0	6677015,472	275,156	275,156
29	846,684	102,5	8895473,775	366,577	641,733
28	846,684	99,0	8298349,884	341,970	983,703
27	846,684	95,5	7721969,751	318,218	1301,920
26	846,684	92,0	7166333,376	295,320	1597,240
25	889,020	88,5	6963026,895	286,942	1884,182
24	931,356	85,0	6729047,100	277,300	2161,482
23	931,356	81,5	6186299,391	254,934	2416,416
22	931,356	78,0	5666369,904	233,508	2649,923
21	931,356	74,5	5169258,639	213,022	2862,945
20	985,788	71,0	4969357,308	204,784	3067,730
19	1040,220	67,5	4739502,375	195,312	3263,042
18	1040,220	64,0	4260741,120	175,583	3438,624
17	1040,220	60,5	3807465,255	156,903	3595,527
16	1040,220	57,0	3379674,780	139,274	3734,802
15	1106,748	53,5	3167789,463	130,543	3865,344
14	1173,276	50,0	2933190,000	120,875	3986,219

Tabel L.38 : *Lanjutan*

Lantai	Berat Seismik (W _x)	Tinggi Lantai (h _x)	W _x .h _x ^k	$\frac{Force (W_x \cdot h_x^k)}{(\sum W_x \cdot h_x^k) \times V}$	Story Shear (F _x)
13	1173,276	46,5	2536916,031	104,545	4090,764
12	1173,276	43,0	2169387,324	89,399	4180,163
11	1173,276	39,5	1830603,879	75,438	4255,601
10	1251,900	36,0	1622462,400	66,861	4322,462
9	1330,524	32,5	1405365,975	57,914	4380,376
8	1330,524	29,0	1118970,684	46,112	4426,488
7	1330,524	25,5	865173,231	35,653	4462,141
6	1330,524	22,0	643973,616	26,538	4488,679
5	1421,244	18,5	486420,759	20,045	4508,724
4	1511,964	15,0	340191,900	14,019	4522,743
3	1511,964	11,5	199957,239	8,240	4530,984
2	1511,964	8,0	96765,696	3,988	4534,971
1	1622,556	4,5	32856,759	1,354	4536,325
TOTAL			110079909,981	4536,325	

Berdasarkan Tabel L.38, dapat diketahui nilai gaya geser pada lantai 1 yang merupakan nilai gaya geser dasar untuk Model 1 adalah 4536,325 KN.

❖ Untuk faktor R=6, Data struktur:

- S_{D1} : 0,178
- S_{DS} : 0,2096
- R : 6,00
- I_e : 1,00
- S_1 : 0,164

$$\begin{aligned} \checkmark \text{ Cs Maksimum} &= \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= \frac{0,2096}{\left(\frac{6}{1}\right)} = 0,0349 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \checkmark \text{ Cs Minimum} &= 0,044 S_{DS} I_e \\ &= 0,044 \cdot (0,2096) \cdot (1,00) = 0,0092 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \checkmark \text{ Cs Hitungan} &= \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= \frac{0,164}{1,09 \cdot \left(\frac{6}{1}\right)} = 0,0274 \end{aligned}$$

Tabel L.39: Nilai Cs yang digunakan untuk Model 1 (R=6).

Arah	Cs Maksimum	Cs Hitungan	Cs Minimum	Cs Digunakan
X	0,0349	0,0274	0,0092	0,0349

Pada peraturan SNI 1726:2012. Pemilihan nilai C_s di dapat karena nilai $C_{shitungan}$ berada diantara $C_{sminimum}$ dan $C_{smaksimum}$. Maka yang digunakan adalah $C_{smaksimum}$.

Maka gaya geser dasar struktur gedung adalah $V = C_s \times W_t$

$$V = 0,00349 \times 33695,640$$

$$V = 1175,978 \text{ KN}$$

✓ Penentuan nilai k

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.8.3, k adalah eksponen yg terkait dengan perioda struktur sebagai berikut :

- Untuk struktur yg mempunyai perioda sebesar 0,5 detik atau kurang, $k = 1$
- Untuk struktur yg mempunyai perioda sebesar 2,5 detik atau lebih, $k = 2$
- Untuk struktur yg mempunyai perioda antara 0,5 dan 2,5 detik, k harus sebesar 2 atau harus ditentukan dengan interpolasi linear antara 1 dan 2.

Nilai perioda struktur adalah 2,7 detik, maka nilai k adalah 2.

Tabel L.40: Nilai *story shear* untuk gaya lateral statik ekuivalen Model 1 (R=6) .

Lantai	Berat Seismik (W _x)	Tinggi Lantai (h _x)	W _x .h _x ^k	$\frac{Force (W_x \cdot h_x^k)}{(\sum W_x \cdot h_x^k) \times V}$	Story Shear (F _x)
30	594,252	106,0	6677015,472	55,899	55,899
29	846,684	102,5	8895473,775	366,577	422,476
28	846,684	99,0	8298349,884	341,970	764,446
27	846,684	95,5	7721969,751	318,218	1082,664
26	846,684	92,0	7166333,376	295,320	1377,984
25	889,020	88,5	6963026,895	286,942	1664,926
24	931,356	85,0	6729047,100	277,300	1942,226
23	931,356	81,5	6186299,391	254,934	2197,159
22	931,356	78,0	5666369,904	233,508	2430,667
21	931,356	74,5	5169258,639	213,022	2643,689
20	985,788	71,0	4969357,308	204,784	2848,473
19	1040,220	67,5	4739502,375	195,312	3043,785
18	1040,220	64,0	4260741,120	175,583	3219,368
17	1040,220	60,5	3807465,255	156,903	3376,271
16	1040,220	57,0	3379674,780	139,274	3515,545
15	1106,748	53,5	3167789,463	130,543	3646,088
14	1173,276	50,0	2933190,000	120,875	3766,963

Tabel L.40 : Lanjutan

Lantai	Berat Seismik (W _x)	Tinggi Lantai (h _x)	W _x .h _x ^k	$\frac{Force (W_x \cdot h_x^k)}{(\sum W_x \cdot h_x^k) \times V}$	Story Shear (F _x)
13	1173,276	46,5	2536916,031	104,545	3871,508
12	1173,276	43,0	2169387,324	89,399	3960,907
11	1173,276	39,5	1830603,879	75,438	4036,345
10	1251,900	36,0	1622462,400	66,861	4103,205
9	1330,524	32,5	1405365,975	57,914	4161,120
8	1330,524	29,0	1118970,684	46,112	4207,232
7	1330,524	25,5	865173,231	35,653	4242,885
6	1330,524	22,0	643973,616	26,538	4269,423
5	1421,244	18,5	486420,759	20,045	4289,468
4	1511,964	15,0	340191,900	14,019	4303,487
3	1511,964	11,5	199957,239	8,240	4311,727
2	1511,964	8,0	96765,696	3,988	4315,715
1	1622,556	4,5	32856,759	1,354	4317,069
TOTAL			110079909,981	4317,069	

Berdasarkan Tabel L.40, dapat diketahui nilai gaya geser pada lantai 1 yang merupakan nilai gaya geser dasar untuk Model 1(R=6) adalah 4317,069 kN.

A.6. Koreksi *story shear* dengan 35% *base shear*

A.6.1. Koreksi *story shear* dengan 35% *base shear* Model 1

Tabel L.41: Hasil analisa Koreksi *story shear* dengan 35% *base shear* dengan redundansi 1 untuk faktor R=7.

<i>Story</i>	V _x	35% V _x <i>base shear</i>	Kontrol
10	140,418	348,980	Tidak Oke
9	317,375	348,980	Tidak Oke
8	471,718	348,980	Tidak Oke
7	603,987	348,980	Oke
6	714,781	348,980	Oke
5	809,275	348,980	Oke
4	886,243	348,980	Oke
3	942,199	348,980	Oke
2	978,399	348,980	Oke
1	997,087	348,980	Oke
<i>base</i>	0	0	Oke

Tabel L.42: Hasil analisa Koreksi *story shear* dengan 35% *base shear* dengan redundansi 1 untuk faktor R=6.

<i>Story</i>	V _x	35% V _x <i>base shear</i>	Kontrol
10	42,381	105,331	Tidak Oke
9	95,792	105,331	Tidak Oke
8	142,376	105,331	Oke
7	182,298	105,331	Oke
6	215,738	105,331	Oke
5	244,259	105,331	Oke
4	267,490	105,331	Oke
3	284,379	105,331	Oke
2	295,305	105,331	Oke

Tabel L.42: *Lanjutan.*

<i>Story</i>	Vx	35% Vx <i>base shear</i>	Kontrol
1	300,945	105,331	Oke
<i>base</i>	0	0	Oke

A.6.2. Koreksi *story shear* dengan 35% *base shear* Model 2

Tabel L.43: Hasil analisa Koreksi *story shear* dengan 35% *base shear* dengan redundansi 1 untuk faktor R=7.

<i>Story</i>	Vx	35% Vx <i>base shear</i>	Kontrol
15	193,161	649,553	Tidak Oke
14	442,657	649,553	Tidak Oke
13	667,234	649,553	Oke
12	867,721	649,553	Oke
11	1044,986	649,553	Oke
10	1207,686	649,553	Oke
9	1354,640	649,553	Oke
8	1479,215	649,553	Oke
7	1582,594	649,553	Oke
6	1666,052	649,553	Oke
5	1734,762	649,553	Oke
4	1788,254	649,553	Oke
3	1824,643	649,553	Oke
2	1846,144	649,553	Oke
1	1855,866	649,553	Oke
<i>base</i>	0	0	Oke

Tabel L.44: Hasil analisa Koreksi *story shear* dengan 35% *base shear* dengan redundansi 1 untuk faktor R=6.

<i>Story</i>	Vx	35% Vx <i>base shear</i>	Kontrol
15	39,242	131,960	Tidak Oke
14	89,928	131,960	Tidak Oke
13	135,552	131,960	Oke
12	176,282	131,960	Oke
11	212,294	131,960	Oke
10	245,347	131,960	Oke
9	275,202	131,960	Oke
8	300,510	131,960	Oke
7	321,512	131,960	Oke
6	338,467	131,960	Oke
5	352,426	131,960	Oke
4	363,293	131,960	Oke
3	370,686	131,960	Oke
2	375,053	131,960	Oke
1	377,029	131,960	Oke
<i>base</i>	0	0	Oke

A.6.3. Koreksi *story shear* dengan 35% *base shear* Model 3

Tabel L.45: Hasil analisa Koreksi *story shear* dengan 35% *base shear* dengan redundansi 1 untuk faktor R=7.

<i>Story</i>	V_x	35% V_x <i>base shear</i>	Kontrol
20	243,704	1024,819	Tidak Oke
19	570,893	1024,819	Tidak Oke
18	869,766	1024,819	Tidak Oke
17	1141,389	1024,819	Oke
16	1386,842	1024,819	Oke
15	1620,108	1024,819	Oke
14	1828,029	1024,819	Oke
13	2011,818	1024,819	Oke
12	2172,714	1024,819	Oke
11	2311,986	1024,819	Oke
10	2445,531	1024,819	Oke
9	2564,510	1024,819	Oke
8	2662,536	1024,819	Oke
7	2741,310	1024,819	Oke
6	2802,599	1024,819	Oke
5	2851,310	1024,819	Oke
4	2887,555	1024,819	Oke
3	2910,627	1024,819	Oke
2	2923,076	1024,819	Oke
1	2928,055	1024,819	Oke
<i>base</i>	0	0	Oke

Tabel L.46: Hasil analisa Koreksi *story shear* dengan 35% *base shear* dengan redundansi 1 untuk faktor R=6.

<i>Story</i>	Vx	35% Vx <i>base shear</i>	Kontrol
20	49,510	208,197	Tidak Oke
19	115,980	208,197	Tidak Oke
18	176,697	208,197	Tidak Oke
17	231,879	208,197	Oke
16	281,744	208,197	Oke
15	329,133	208,197	Oke
14	371,373	208,197	Oke
13	408,711	208,197	Oke
12	441,398	208,197	Oke
11	469,692	208,197	Oke
10	496,822	208,197	Oke
9	520,993	208,197	Oke
8	540,908	208,197	Oke
7	556,911	208,197	Oke
6	569,362	208,197	Oke
5	579,258	208,197	Oke
4	586,621	208,197	Oke
3	591,309	208,197	Oke
2	593,838	208,197	Oke
1	594,849	208,197	Oke
<i>base</i>	0	0	Oke

A.6.4. Koreksi *story shear* dengan 35% *base shear* Model 4

Tabel L.47: Hasil analisa Koreksi *story shear* dengan 35% *base shear* dengan redundansi 1 untuk faktor R=7.

<i>Story</i>	V_x	35% V_x <i>base shear</i>	Kontrol
30	275,156	1587,714	Tidak Oke
29	641,733	1587,714	Tidak Oke
28	983,703	1587,714	Tidak Oke
27	1301,920	1587,714	Tidak Oke
26	1597,240	1587,714	Oke
25	1884,182	1587,714	Oke
24	2161,482	1587,714	Oke
23	2416,416	1587,714	Oke
22	2649,923	1587,714	Oke
21	2862,945	1587,714	Oke
20	3067,730	1587,714	Oke
19	3263,042	1587,714	Oke
18	3438,624	1587,714	Oke
17	3595,527	1587,714	Oke
16	3734,802	1587,714	Oke
15	3865,344	1587,714	Oke
14	3986,219	1587,714	Oke
13	4090,764	1587,714	Oke
12	4180,163	1587,714	Oke
11	4255,601	1587,714	Oke
10	4322,462	1587,714	Oke
9	4380,376	1587,714	Oke
8	4426,488	1587,714	Oke
7	4462,141	1587,714	Oke
6	4488,679	1587,714	Oke
5	4508,724	1587,714	Oke

Tabel L.47: *Lanjutan.*

<i>Story</i>	V_x	35% V_x <i>base shear</i>	Kontrol
4	4522,743	1587,714	Oke
3	4530,984	1587,714	Oke
2	4534,971	1587,714	Oke
1	4536,325	1587,714	Oke
<i>base</i>	0	0	Oke

Tabel L.48: Hasil analisa Koreksi *story shear* dengan 35% *base shear* dengan redundansi 1 untuk faktor $R=6$.

<i>Story</i>	V_x	35% V_x <i>base shear</i>	Kontrol
30	275,156	1587,714	Tidak Oke
29	641,733	1587,714	Tidak Oke
28	983,703	1587,714	Tidak Oke
27	1301,920	1587,714	Tidak Oke
26	1597,240	1587,714	Oke
25	1884,182	1587,714	Oke
24	2161,482	1587,714	Oke
23	2416,416	1587,714	Oke
22	2649,923	1587,714	Oke
21	2862,945	1587,714	Oke
20	3067,730	1587,714	Oke
19	3263,042	1587,714	Oke
18	3438,624	1587,714	Oke
17	3595,527	1587,714	Oke
16	3734,802	1587,714	Oke
15	3865,344	1587,714	Oke
14	3986,219	1587,714	Oke
13	4090,764	1587,714	Oke

Tabel L.48: *Lanjutan.*

<i>Story</i>	V _x	35% V _x <i>base shear</i>	Kontrol
12	4180,163	1587,714	Oke
11	4255,601	1587,714	Oke
10	4322,462	1587,714	Oke
9	4380,376	1587,714	Oke
8	4426,488	1587,714	Oke
7	4462,141	1587,714	Oke
6	4488,679	1587,714	Oke
5	4508,724	1587,714	Oke
4	4522,743	1587,714	Oke
3	4530,984	1587,714	Oke
2	4534,971	1587,714	Oke
1	4536,325	1587,714	Oke
<i>base</i>	0	0	Oke

A.7. Nilai Simpangan Gedung

A.7.1. Nilai Simpangan Gedung Model 1

Tabel L.49: Hasil analisa nilai simpangan gedung untuk faktor R=7.

Tinggi gedung (hi)	Lantai gedung	Simpangan (δ_{xe} - m)	Simpangan antar tingkat (($\delta \cdot Cd$)/Ic)	Syarat (Δa) 0.02*hi	Cek (Sb.X,Y) Story drift < Δa
		X	X		X
36	10	0.026978	0.0053295	0.07	OK
32.5	9	0.026009	0.008195	0.07	OK
29	8	0.024519	0.011698	0.07	OK
25.5	7	0.022392	0.014976	0.07	OK
22	6	0.019669	0.017777	0.07	OK
18.5	5	0.016438	0.018535	0.07	OK
15	4	0.013068	0.019618	0.07	OK
11.5	3	0.009501	0.019965	0.07	OK
8	2	0.005871	0.018419	0.07	OK
4.5	1	0.002522	0.013871	0.09	OK

Berdasarkan Tabel L.49: seluruh simpangan antar tingkat telah memenuhi syarat yaitu lebih kecil dari Δa (simpangan antar tingkat izin).

Tabel L.50: Hasil analisa nilai simpangan gedung untuk faktor R=6.

Tinggi gedung (hi)	Lantai gedung	Simpangan (δ_{xe} - m)	Simpangan antar tingkat ($(\delta \cdot C_d) / I_e$)	Syarat (Δa) 0.02*hi	Cek (Sb.X,Y) Story drift < Δa
		X	X		X
36	10	0.011189	0.0024035	0.07	OK
32.5	9	0.010752	0.0034045	0.07	OK
29	8	0.010133	0.0048455	0.07	OK
25.5	7	0.009252	0.006182	0.07	OK
22	6	0.008128	0.0073315	0.07	OK
18.5	5	0.006795	0.007667	0.07	OK
15	4	0.005401	0.008107	0.07	OK
11.5	3	0.003927	0.008239	0.07	OK
8	2	0.002429	0.0075735	0.07	OK
4.5	1	0.001052	0.005786	0.09	OK

Berdasarkan Tabel L.50: seluruh simpangan antar tingkat telah memenuhi syarat yaitu lebih kecil dari Δa (simpangan antar tingkat izin).

A.7.2. Nilai Simpangan Gedung Model 2

Tabel L.51: Hasil analisa nilai simpangan gedung untuk faktor R=7.

Tinggi gedung (hi)	Lantai gedung	Simpangan (δ_{xe} - m)	Simpangan antar tingkat (($\delta \cdot C_d$)/Ie)	Syarat (Δa) 0.02*hi	Cek (Sb.X,Y) Story drift < Δa
		X	X		X
53.5	15	0.060831	0.005885	0.07	OK
50	14	0.059761	0.010538	0.07	OK
46.5	13	0.057845	0.014916	0.07	OK
43	12	0.055133	0.0191235	0.07	OK
39.5	11	0.051656	0.0229075	0.07	OK
36	10	0.047491	0.021362	0.07	OK
32.5	9	0.043607	0.0238315	0.07	OK
29	8	0.039274	0.0263615	0.07	OK
25.5	7	0.034481	0.028556	0.07	OK
22	6	0.029289	0.03003	0.07	OK
18.5	5	0.023829	0.0287925	0.07	OK
15	4	0.018594	0.0291005	0.07	OK
11.5	3	0.013303	0.0285175	0.07	OK
8	2	0.008118	0.0257	0.07	OK
4.5	1	0.003451	0.0190	0.09	OK

Berdasarkan Tabel L.51: seluruh simpangan antar tingkat telah memenuhi syarat yaitu lebih kecil dari Δa (simpangan antar tingkat izin).

Tabel L.52: Hasil analisa nilai simpangan gedung untuk faktor R=6.

Tinggi gedung (hi)	Lantai gedung	Simpangan (δ_{xe} - m)	Simpangan antar tingkat (($\delta \cdot C_d$)/Ie))	Syarat (Δa) 0.02*hi	Cek (Sb.X,Y) Story drift < Δa
		X	X		X
53.5	15	0.014205	0.0009225	0.07	OK
50	14	0.014	0.0020925	0.07	OK
46.5	13	0.013535	0.0028755	0.07	OK
43	12	0.012896	0.0036495	0.07	OK
39.5	11	0.012085	0.0044325	0.07	OK
36	10	0.0111	0.004014	0.07	OK
32.5	9	0.010208	0.0045405	0.07	OK
29	8	0.009199	0.005013	0.07	OK
25.5	7	0.008085	0.005427	0.07	OK
22	6	0.006879	0.0057555	0.07	OK
18.5	5	0.0056	0.00549	0.07	OK
15	4	0.00438	0.00558	0.07	OK
11.5	3	0.00314	0.005481	0.07	OK
8	2	0.001922	0.0049185	0.07	OK
4.5	1	0.000829	0.0037305	0.09	OK

Berdasarkan Tabel L.52: seluruh simpangan antar tingkat telah memenuhi syarat yaitu lebih kecil dari Δa (simpangan antar tingkat izin).

A.7.3. Nilai Simpangan Gedung Model 3

Tabel L.53: Hasil analisa nilai simpangan gedung untuk faktor R=7.

Tinggi gedung (hi)	Lantai gedung	Simpangan (δ_{xe} - m)	Simpangan antar tingkat (($\delta \cdot C_d$)/I _e))	Syarat (Δa) 0.02*hi	Cek (Sb.X,Y) Story drift < Δa
		X	X		X
71	20	0.088075	0.0062535	0.07	OK
67.5	19	0.086938	0.0087065	0.07	OK
64	18	0.085355	0.012089	0.07	OK
60.5	17	0.083157	0.015477	0.07	OK
57	16	0.080343	0.0187935	0.07	OK
53.5	15	0.076926	0.020537	0.07	OK
50	14	0.073192	0.0228525	0.07	OK
46.5	13	0.069037	0.025465	0.07	OK
43	12	0.064407	0.027973	0.07	OK
39.5	11	0.059321	0.030195	0.07	OK
36	10	0.053831	0.0311795	0.07	OK
32.5	9	0.048162	0.0324995	0.07	OK
29	8	0.042253	0.033759	0.07	OK
25.5	7	0.036115	0.034551	0.07	OK
22	6	0.029833	0.034419	0.07	OK
15	4	0.023575	0.0330935	0.07	OK
11.5	3	0.017558	0.0314545	0.07	OK
8	2	0.011839	0.028314	0.07	OK
4.5	1	0.006691	0.022715	0.07	OK

Berdasarkan Tabel L.53: seluruh simpangan antar tingkat telah memenuhi syarat yaitu lebih kecil dari Δa (simpangan antar tingkat izin).

Tabel L.54: Hasil analisa nilai simpangan gedung untuk faktor R=5.

Tinggi gedung (hi)	Lantai gedung	Simpangan (δ_{xe} - m)	Simpangan antar tingkat ($(\delta * Cd) / I_e$)	Syarat (Δa) $0.02 * h_i$	Cek (Sb.X,Y) Story drift $< \Delta a$
		X	X		X
71	20	0.024693	0.0021175	0.07	OK
67.5	19	0.024308	0.00253	0.07	OK
64	18	0.023848	0.003465	0.07	OK
60.5	17	0.023218	0.0043835	0.07	OK
57	16	0.022421	0.0052635	0.07	OK
53.5	15	0.021464	0.005764	0.07	OK
50	14	0.020416	0.0063525	0.07	OK
46.5	13	0.019261	0.0070455	0.07	OK
43	12	0.01798	0.0077165	0.07	OK
39.5	11	0.016577	0.008327	0.07	OK
36	10	0.015063	0.008602	0.07	OK
32.5	9	0.013499	0.008976	0.07	OK
29	8	0.011867	0.0093555	0.07	OK
25.5	7	0.010166	0.0096085	0.07	OK
22	6	0.008419	0.009636	0.07	OK
15	4	0.006667	0.0092895	0.07	OK
11.5	3	0.004978	0.0088715	0.07	OK
8	2	0.003365	0.008008	0.07	OK
4.5	1	0.001909	0.006446	0.07	OK

Berdasarkan Tabel L.54: seluruh simpangan antar tingkat telah memenuhi syarat yaitu lebih kecil dari Δa (simpangan antar tingkat izin).

A.7.5. Nilai Simpangan Gedung Model 4

Tabel L.55: Hasil analisa nilai simpangan gedung untuk faktor R=7.

Tinggi gedung (hi)	Lantai gedung	Simpangan (δ_{xe} - m)	Simpangan antar tingkat (($\delta \cdot C_d$)/I _e)	Syarat (Δa) 0.02*hi	Cek (Sb.X,Y) Story drift < Δa
		X	X		X
106	30	0.134507	0.005923	0.07	OK
102.5	29	0.13343	0.009146	0.07	OK
99	28	0.131767	0.011995	0.07	OK
95.5	27	0.129586	0.014812	0.07	OK
88.5	25	0.123714	0.016533	0.07	OK
85	24	0.120708	0.018414	0.07	OK
81.5	23	0.11736	0.020416	0.07	OK
78	22	0.113648	0.02233	0.07	OK
74.5	21	0.109588	0.024068	0.07	OK
71	20	0.105212	0.023991	0.07	OK
67.5	19	0.10085	0.025311	0.07	OK
64	18	0.096248	0.026846	0.07	OK
60.5	17	0.091367	0.028342	0.07	OK
57	16	0.086214	0.029684	0.07	OK
53.5	15	0.080817	0.030019	0.07	OK
50	14	0.075359	0.031009	0.07	OK
46.5	13	0.069721	0.032142	0.07	OK
43	12	0.063877	0.033187	0.07	OK
39.5	11	0.057843	0.033985	0.07	OK
36	10	0.051664	0.034073	0.07	OK
32.5	9	0.045469	0.034381	0.07	OK

Tabel L.55: *Lanjutan.*

Tinggi gedung (hi)	Lantai gedung	Simpangan (δ_{xe} - m)	Simpangan antar tingkat (($\delta \cdot C_d$)/Ie))	Syarat (Δa) 0.02*hi	Cek (Sb.X,Y) Story drift < Δa
		X	X		X
29	8	0.039218	0.034485	0.07	OK
25.5	7	0.032948	0.034078	0.07	OK
22	6	0.026752	0.032813	0.07	OK
18.5	5	0.020786	0.030767	0.07	OK
15	4	0.015192	0.028424	0.07	OK
11.5	3	0.010024	0.024739	0.07	OK
8	2	0.005526	0.019091	0.07	OK
4.5	1	0.002055	0.011303	0.09	OK

Berdasarkan Tabel L.55: seluruh simpangan antar tingkat telah memenuhi syarat yaitu lebih kecil dari Δa (simpangan antar tingkat izin).

Tabel L.56: Hasil analisa nilai simpangan gedung untuk faktor R=6.

Tinggi gedung (hi)	Lantai gedung	Simpangan (δ_{xe} - m)	Simpangan antar tingkat (($\delta \cdot Cd$)/Ie)	Syarat (Δa) 0.02*hi	Cek (Sb.X,Y) Story drift < Δa
		X	X		X
106	30	0.029032	0.000837	0.07	OK
102.5	29	0.028846	0.0018045	0.07	OK
99	28	0.028445	0.0022725	0.07	OK
95.5	27	0.02794	0.0027675	0.07	OK
92	26	0.027325	0.00333	0.07	OK
88.5	25	0.026585	0.002952	0.07	OK
85	24	0.025929	0.003348	0.07	OK
81.5	23	0.025185	0.0036585	0.07	OK
78	22	0.024372	0.0039465	0.07	OK
74.5	21	0.023495	0.004248	0.07	OK
71	20	0.022551	0.0041175	0.07	OK
67.5	19	0.021636	0.004347	0.07	OK
64	18	0.02067	0.004581	0.07	OK
60.5	17	0.019652	0.004815	0.07	OK
57	16	0.018582	0.0050535	0.07	OK
53.5	15	0.017459	0.0050805	0.07	OK
50	14	0.01633	0.0052605	0.07	OK
46.5	13	0.015161	0.005481	0.07	OK
43	12	0.013943	0.005697	0.07	OK
39.5	11	0.012677	0.005895	0.07	OK
36	10	0.011367	0.00594	0.07	OK
32.5	9	0.010047	0.0060435	0.07	OK
29	8	0.008704	0.00612	0.07	OK
25.5	7	0.007344	0.006102	0.07	OK
22	6	0.005988	0.0059355	0.07	OK

Tabel L.56: *Lanjutan.*

Tinggi gedung (hi)	Lantai gedung	Simpangan (δ_{xe} - m)	Simpangan antar tingkat (($\delta \cdot C_d$)/Ie))	Syarat (Δa) 0.02*hi	Cek (Sb.X,Y) Story drift < Δa
		X	X		X
18.5	5	0.004669	0.0056025	0.07	OK
15	4	0.003424	0.005202	0.07	OK
11.5	3	0.002268	0.004554	0.07	OK
8	2	0.001256	0.003528	0.07	OK
4.5	1	0.000472	0.002124	0.09	OK

Berdasarkan Tabel L.56: seluruh simpangan antar tingkat telah memenuhi syarat yaitu lebih kecil dari Δa (simpangan antar tingkat izin).

A.8. Kontrol Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak (*Soft Story*)

A.8.1. Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Model 1

Tabel L.57: Kontrol ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak pada arah x.

ARAH X				
STORY	KEKAKUAN TOTAL	Ki/Ki+1 (%)	RATA-RATA KEK. 3TINGKAT (Kr)	Ki/Kr (%)
10	39855.97	-	35212.51	-
9	32888.37	83%	33332.08	-
8	32893.20	100%	33857.52	97%
7	34214.66	104%	38348.90	103%
6	34464.71	101%	44553.70	137%
5	46367.35	135%	55460.10	138%
4	52829.06	114%	72580.08	151%
3	67183.91	127%	86875.16	176%
2	97727.27	145%	-	132%
1	95714.29	98%	-	97%

A.8.2. Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Model 2

Tabel L.58: Kontrol ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak pada arah x.

ARAH X				
STORY	KEKAKUAN TOTAL	Ki/Ki+1 (%)	RATA-RATA KEK. 3TINGKAT (Kr)	Ki/Kr (%)
15	18149.74	-	-	-
14	15648.35	86%	15995.63	-
13	14188.79	91%	14859.29	-
12	14740.74	104%	14786.03	92%
10	16184.62	105%	16203.59	109%
9	16997.60	105%	17030.91	110%
8	17910.53	105%	18242.55	111%
7	19819.53	111%	19714.14	116%
6	21412.37	108%	22026.54	117%
5	24847.74	116%	25606.77	126%
4	30560.21	123%	31853.01	139%
3	40151.08	131%	42857.25	157%
2	57860.47	144%	-	182%
1	43323.53	75%	-	101%

A.8.3.Ketidakteraturan Kekakuan Tingkat Lunak Model 3

Tabel L.59: Kontrol ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak pada arah x.

ARAH X				
STORY	KEKAKUAN TOTAL	Ki/Ki+1 (%)	RATA-RATA KEK. 3TINGKAT (Kr)	Ki/Kr (%)
20	14684.41	-	-	-
19	11612.22	79%	12506.68	-
18	11223.42	97%	11334.10	-
17	11166.67	99%	11006.27	89%
16	10628.73	95%	11530.23	94%
15	12795.29	120%	11973.64	116%
14	12496.90	98%	12629.53	108%
13	12596.41	101%	12641.54	105%
12	12831.30	102%	12779.22	102%
11	12909.94	101%	13663.58	102%
10	15249.49	118%	14662.99	119%
9	15829.55	104%	15974.07	116%
8	16843.19	106%	16995.08	115%
7	18312.50	109%	18476.57	115%
6	20274.02	111%	21582.17	119%
5	26160.00	129%	26142.70	142%
4	31994.08	122%	33431.07	148%
3	42139.13	132%	44316.20	161%
2	58815.38	140%	-	176%
1	52666.67	90%	-	119%

A.8.4.Ketidakteraturan Kekakuan Tingkat Lunak Model 4

Tabel L.60: Kontrol ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak pada arah x.

ARAH X				
STORY	KEKAKUAN TOTAL	Ki/Ki+1 (%)	RATA-RATA KEK. 3TINGKAT (Kr)	Ki/Kr (%)
30	697462.7689	-	-	-
29	619365.7984	89%	626390.4748	-
28	562342.8571	91%	582469.339	-
27	565699.3616	101%	562724.1835	90%
26	560130.3318	99%	563153.5246	96%
25	563630.8806	101%	567138.2812	100%
24	577653.6313	102%	574504.6037	103%
23	582229.2994	101%	586124.5814	103%
22	598490.8136	103%	598691.1246	104%
21	615353.2609	103%	606516.1	105%
20	605704.2254	98%	611921.1229	101%
19	614705.8824	101%	620459.5312	101%
18	640968.4858	104%	639317.4119	105%
17	662277.8675	103%	661657.1249	107%

Tabel L.60: *Lanjutan.*

16	681725.0213	103%	684661.58	107%
15	709981.8512	104%	712395.974	107%
14	745481.0496	105%	742222.3631	109%
13	771204.1885	103%	769039.3466	108%
12	790432.8018	102%	803753.6835	106%
11	849624.0602	107%	849339.2519	110%
10	907960.8939	107%	919194.9847	113%
9	1000000	110%	991278.9354	118%
8	1065875.912	107%	1075090.387	116%
7	1159395.248	109%	1174208.553	117%
6	1297354.497	112%	1367340.005	121%
5	1645270.27	127%	1646312.711	140%
4	1996313.364	121%	2049509.36	146%
3	2506944.444	126%	2508680.873	152%
2	3022784.81	121%	-	147%
1	3789285.714	125%	-	151%

A.9. Pengaruh Efek P-Delta

A.9.1. Pengaruh Efek P-Delta Model 1

Tabel L.61: Hasil analisa P-Delta struktur pemodelan (R=7).

ARAH X								
LANTAI	TINGGI	INTER STORY DRIFT	Vu	Pu	Ie	Cd	STABILITY RATIO	CEK < 1
10	36	0.0053	90.20	2845.9	1	5.5	0.07643	OK
9	32.5	0.0082	203.86	5849.9	1	5.5	0.10689	OK
8	29	0.0117	301.48	8853.9	1	5.5	0.15616	OK
7	25.5	0.0150	383.70	11857.9	1	5.5	0.21038	OK
6	22	0.0178	451.21	14862.0	1	5.5	0.26605	OK
5	18.5	0.0185	514.05	17955.0	1	5.5	0.29427	OK
4	15	0.0196	568.56	21136.9	1	5.5	0.33152	OK
3	11.5	0.0200	606.78	24318.9	1	5.5	0.36371	OK
2	8	0.0184	630.33	27500.8	1	5.5	0.36528	OK
1	4.5	0.0139	642.37	30753.4	1	5.5	0.30185	OK

Tabel L.62: Hasil analisa P-Delta struktur pemodelan (R=6).

ARAH X								
LANTAI	TINGGI	INTER STORY DRIFT	Vu	Pu	Ie	Cd	STABILITY RATIO	CEK < 1
10	36	0.0038	32.98	2845.9	1	5.5	0.0943	OK
9	32.5	0.0057	74.54	5849.9	1	5.5	0.1215	OK
8	29	0.0081	110.23	8853.9	1	5.5	0.1769	OK
7	25.5	0.0103	140.29	11857.9	1	5.5	0.2375	OK
6	22	0.0122	164.97	14862.0	1	5.5	0.3002	OK
5	18.5	0.0128	187.95	17955.0	1	5.5	0.3329	OK
4	15	0.0135	207.88	21136.9	1	5.5	0.3747	OK
3	11.5	0.0137	221.86	24318.9	1	5.5	0.4105	OK
2	8	0.0127	230.47	27500.8	1	5.5	0.4108	OK
1	4.5	0.0096	234.87	30753.4	1	5.5	0.3444	OK

A.9.2. Pengaruh Efek P-Delta Model 2

Tabel L.63: Hasil analisa P-Delta struktur pemodelan (R=7).

ARAH X								
LANTAI	TINGGI	INTER STORY DRIFT	Vu	Pu	Ie	Cd	STABILITY RATIO	CEK < 1
15	53.5	0.0059	119.6	706.7	1	5.5	0.016	OK
14	50	0.0105	243.3	1502.3	1	5.5	0.030	OK
13	46.5	0.0149	353.6	2297.9	1	5.5	0.044	OK
12	43	0.0191	451.0	3093.6	1	5.5	0.060	OK
11	39.5	0.0229	536.2	3889.2	1	5.5	0.076	OK
10	36	0.0214	617.3	4754.0	1	5.5	0.075	OK
9	32.5	0.0238	692.6	5688.1	1	5.5	0.089	OK
8	29	0.0264	755.5	6622.1	1	5.5	0.105	OK
7	25.5	0.0286	806.7	7556.1	1	5.5	0.122	OK
6	22	0.0300	847.3	8490.1	1	5.5	0.137	OK
5	18.5	0.0288	881.5	9513.1	1	5.5	0.141	OK
4	15	0.0291	908.5	10625	1	5.5	0.155	OK
3	11.5	0.0285	926.2	11737	1	5.5	0.164	OK
2	8	0.0257	936.1	12849	1	5.5	0.160	OK
1	4.5	0.0059	119.6	706.7	1	5.5	0.016	OK

Tabel L.64: Hasil analisa P-Delta struktur pemodelan (R=6).

ARAH X								
LANTAI	TINGGI	INTER STORY DRIFT	Vu	Pu	Ie	Cd	STABILITY RATIO	CEK < 1
15	53.5	0.0005	33.95	706.7	1	5.5	0.005	OK
14	50	0.0012	69.07	1502.3	1	5.5	0.012	OK
13	46.5	0.0017	100.3	2297.9	1	5.5	0.017	OK
12	43	0.0021	128.0	3093.6	1	5.5	0.023	OK
11	39.5	0.0025	152.2	3889.2	1	5.5	0.029	OK
10	36	0.0023	175.2	4754.0	1	5.5	0.028	OK
9	32.5	0.0025	196.5	5688.1	1	5.5	0.033	OK
8	29	0.0028	214.4	6622.1	1	5.5	0.039	OK

Tabel L.64: Lanjutan.

ARAH X								
LANTAI	TINGGI	INTER STOR Y DRIFT	Vu	Pu	Ie	Cd	STABILITY RATIO	CEK < 1
7	25.5	0.0030	228.9	7556.1	1	5.5	0.046	OK
6	22	0.0032	240.5	8490.1	1	5.5	0.052	OK
5	18.5	0.0031	250.2	9513.1	1	5.5	0.054	OK
4	15	0.0032	257.8	10625	1	5.5	0.060	OK
3	11.5	0.0031	262.8	11737	1	5.5	0.064	OK
2	8	0.0028	265.7	12849	1	5.5	0.062	OK
1	4.5	0.0022	266.9	14031	1	5.5	0.051	OK

A.9.3. Pengaruh Efek P-Delta Model 3

Tabel L.65: Hasil analisa P-Delta struktur pemodelan (R=7).

ARAH X								
LANTAI	TINGGI	INTER STORY DRIFT	Vu	Pu	Ie	Cd	STABILITY RATIO	CEK < 1
20	71	0.006	124	2845.8	1	5.5	0.065	OK
19	67.5	0.009	264.5	5849.8	1	5.5	0.088	OK
18	64	0.012	391.8	8853.9	1	5.5	0.124	OK
17	60.5	0.015	506.8	11857	1	5.5	0.165	OK
16	57	0.019	609.8	14861	1	5.5	0.208	OK
15	53.5	0.021	711.6	17954	1	5.5	0.236	OK
14	50	0.023	810.4	21136	1	5.5	0.271	OK
13	46.5	0.025	896.9	24318	1	5.5	0.314	OK
12	43	0.028	971.9	27500	1	5.5	0.360	OK
11	39.5	0.030	1036	30682	1	5.5	0.406	OK
10	36	0.031	1102	34082	1	5.5	0.438	OK
9	32.5	0.032	1156	37481	1	5.5	0.479	OK
8	29	0.034	1201	40881	1	5.5	0.522	OK
7	25.5	0.035	1236	44280	1	5.5	0.562	OK
6	22	0.034	1263	47679	1	5.5	0.590	OK
5	18.5	0.033	1284	51207	1	5.5	0.599	OK
4	15	0.031	1301	54864	1	5.5	0.603	OK

Tabel L.65: lanjutan

ARAH X								
LANTAI	TINGGI	INTER STOR Y DRIFT	Vu	Pu	Ie	Cd	STABILITY RATIO	CEK < 1
3	11.5	0.028	1310	58520	1	5.5	0.575	OK
2	8	0.023	1316	62177	1	5.5	0.488	OK
1	4.5	0.014	1318	65972	1	5.5	0.320	OK

Tabel L.67: Hasil analisa P-Delta struktur pemodelan (R=6).

ARAH X								
LANTAI	TINGGI	INTER STORY DRIFT	Vu	Pu	Ie	Cd	STABILITY RATIO	CEK < 1
20	71	0.003	35.21	2845.8	1	5.5	0.12	OK
19	67.5	0.004	75.05	5849.8	1	5.5	0.15	OK
18	64	0.006	111.2	8853.9	1	5.5	0.21	OK
17	60.5	0.007	143.8	11857.	1	5.5	0.27	OK
16	57	0.009	173	14861	1	5.5	0.34	OK
15	53.5	0.010	201.9	17954	1	5.5	0.39	OK
14	50	0.011	229.9	21136	1	5.5	0.44	OK
13	46.5	0.012	254.5	24318	1	5.5	0.51	OK
12	43	0.013	275.7	27500	1	5.5	0.58	OK
11	39.5	0.014	293.9	30682	1	5.5	0.66	OK
10	36	0.014	312.7	34082	1	5.5	0.71	OK
9	32.5	0.015	328.2	37481	1	5.5	0.78	OK
8	29	0.016	340.8	40881	1	5.5	0.85	OK
7	25.5	0.016	350.8	44280	1	5.5	0.92	OK
6	22	0.016	358.4	47679	1	5.5	0.97	OK
5	18.5	0.015	364.5	51207	1	5.5	0.99	OK
4	15	0.015	369.1	54864	1	5.5	1.00	OK
3	11.5	0.013	371.9	58520	1	5.5	0.96	OK
2	8	0.011	373.4	62177	1	5.5	0.81	OK
1	4.5	0.007	373.9	65972	1	5.5	0.54	OK

A.9.4. Pengaruh Efek P-Delta Model 4

Tabel L.68: Hasil analisa P-Delta struktur pemodelan (R=7).

ARAH X								
LANTAI	TINGGI	INTER STORY DRIFT	Vu	Pu	Ie	Cd	STABILITY RATIO	CEK < 1
30	106	0.0059	97.13	706.7	1	5.5	0.02	OK
29	102.5	0.0091	201.72	1502.3	1	5.5	0.03	OK
28	99	0.0120	299.28	2297.9	1	5.5	0.04	OK
27	95.5	0.0148	390.08	3093.6	1	5.5	0.05	OK
26	92	0.0175	474.34	3889.2	1	5.5	0.07	OK
25	88.5	0.0165	560.29	4754	1	5.5	0.06	OK
24	85	0.0184	646.95	5688.1	1	5.5	0.07	OK
23	81.5	0.0204	726.62	6622.1	1	5.5	0.08	OK
22	78	0.0223	799.59	7556.1	1	5.5	0.10	OK
21	74.5	0.0241	866.16	8490.1	1	5.5	0.11	OK
20	71	0.0240	933.23	9513.1	1	5.5	0.11	OK
19	67.5	0.0253	999.82	10625.1	1	5.5	0.12	OK
18	64	0.0268	1059.69	11737.0	1	5.5	0.14	OK
17	60.5	0.0283	1113.19	12849.0	1	5.5	0.15	OK
16	57	0.0297	1160.67	13961.0	1	5.5	0.16	OK
15	53.5	0.0300	1207.09	15181.6	1	5.5	0.17	OK
14	50	0.0310	1251.64	16511.1	1	5.5	0.19	OK
13	46.5	0.0321	1290.17	17840.5	1	5.5	0.20	OK
12	43	0.0332	1323.12	19169.9	1	5.5	0.22	OK
11	39.5	0.0340	1350.93	20499.4	1	5.5	0.23	OK
10	36	0.0341	1376.48	21957.3	1	5.5	0.25	OK
9	32.5	0.0344	1399.30	23543.7	1	5.5	0.26	OK
8	29	0.0345	1417.47	25130.2	1	5.5	0.28	OK
7	25.5	0.0341	1431.52	26716.6	1	5.5	0.29	OK
6	22	0.0328	1441.98	28303.1	1	5.5	0.29	OK
5	18.5	0.0308	1450.12	30037.8	1	5.5	0.29	OK

Tabel L.68: *lanjutan*

ARAH X								
LANTAI	TINGGI	INTER STORY DRIFT	Vu	Pu	Ie	Cd	STABILITY RATIO	CEK < 1
4	15	0.0284	1455.96	31920.8	1	5.5	0.28	OK
3	11.5	0.0247	1459.40	33803.8	1	5.5	0.26	OK
2	8	0.0191	1461.06	35686.8	1	5.5	0.21	OK
1	4.5	0.0113	1461.64	37750.5	1	5.5	0.13	OK

Tabel L.69: Hasil analisa P-Delta struktur pemodelan (R=3).

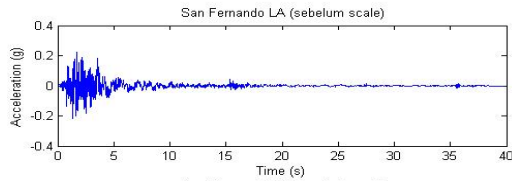
ARAH X								
LANTAI	TINGGI	INTER STORY DRIFT	Vu	Pu	Ie	Cd	STABILIT Y RATIO	CEK < 1
30	106	0.0005	26.68	706.7	1	5.5	0.006	OK
29	102.5	0.0010	55.41	1502.3	1	5.5	0.013	OK
28	99	0.0013	82.20	2297.9	1	5.5	0.017	OK
27	95.5	0.0016	107.14	3093.6	1	5.5	0.021	OK
26	92	0.0019	130.29	3889.2	1	5.5	0.026	OK
25	88.5	0.0017	153.90	4754	1	5.5	0.024	OK
24	85	0.0019	177.70	5688.1	1	5.5	0.028	OK
23	81.5	0.0021	199.58	6622.1	1	5.5	0.031	OK
22	78	0.0022	219.62	7556.1	1	5.5	0.035	OK
21	74.5	0.0024	237.91	8490.1	1	5.5	0.039	OK
20	71	0.0023	256.33	9513.1	1	5.5	0.039	OK
19	67.5	0.0025	274.62	10625.1	1	5.5	0.043	OK
18	64	0.0026	291.07	11737.0	1	5.5	0.048	OK
17	60.5	0.0027	305.76	12849.0	1	5.5	0.052	OK
16	57	0.0029	318.80	13961.0	1	5.5	0.057	OK
15	53.5	0.0029	331.55	15181.6	1	5.5	0.060	OK
14	50	0.0030	343.79	16511.1	1	5.5	0.065	OK
13	46.5	0.0031	354.37	17840.5	1	5.5	0.071	OK

Tabel L.69: *lanjutan*

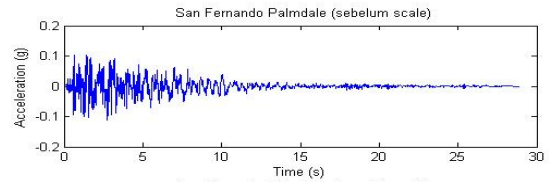
ARAH X								
LANTAI	TINGGI	INTER STORY DRIFT	Vu	Pu	Ie	Cd	STABILIT Y RATIO	CEK < 1
12	43	0.0032	363.42	19169.9	1	5.5	0.077	OK
11	39.5	0.0033	371.06	20499.4	1	5.5	0.083	OK
10	36	0.0033	378.08	21957.3	1	5.5	0.088	OK
9	32.5	0.0034	384.35	23543.7	1	5.5	0.095	OK
8	29	0.0035	389.34	25130.2	1	5.5	0.101	OK
7	25.5	0.0034	393.20	26716.6	1	5.5	0.106	OK
6	22	0.0034	396.07	28303.1	1	5.5	0.109	OK
5	18.5	0.0032	398.31	30037.8	1	5.5	0.109	OK
4	15	0.0030	399.91	31920.8	1	5.5	0.108	OK
3	11.5	0.0026	400.85	33803.8	1	5.5	0.100	OK
2	8	0.0020	401.31	35686.8	1	5.5	0.082	OK
1	4.5	0.0012	401.47	37750.5	1	5.5	0.052	OK

A.10. Groundmotion (Rekaman gempa)

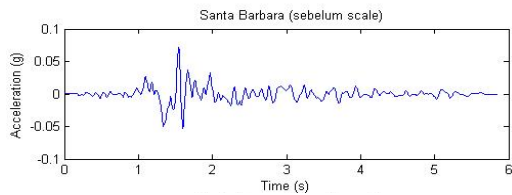
Tipe *groundmotion* yang akan digunakan dalam tugas akhir ini yaitu tipe *groundmotion* dengan *pulse*.



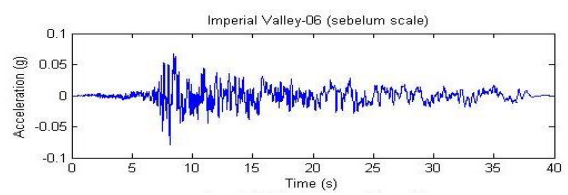
(a)



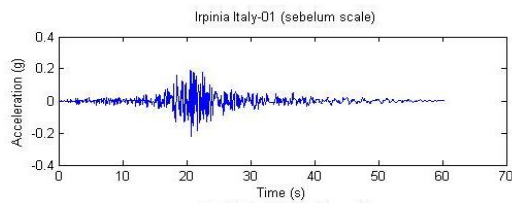
(b)



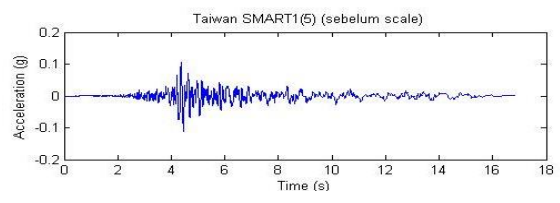
(c)



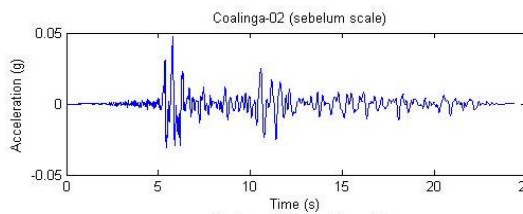
(d)



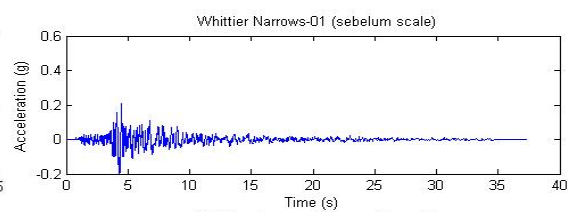
(e)



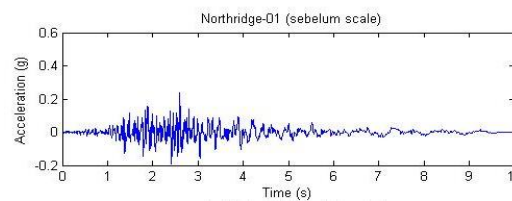
(f)



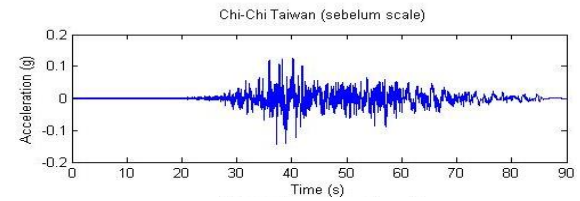
(g)



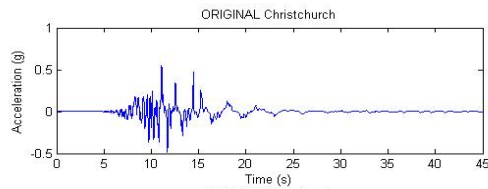
(h)



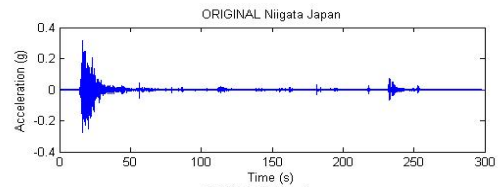
(i)



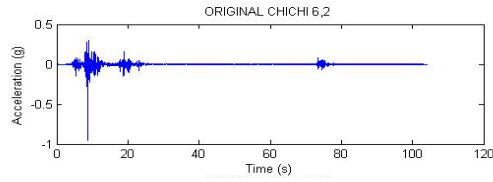
(j)



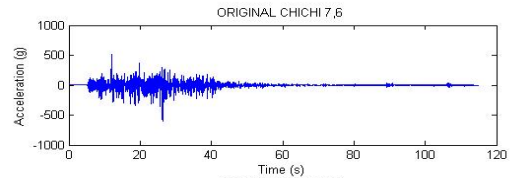
(k)



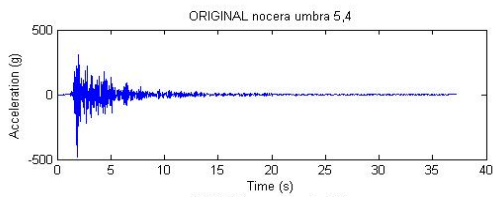
(l)



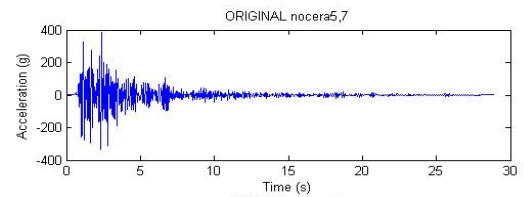
(m)



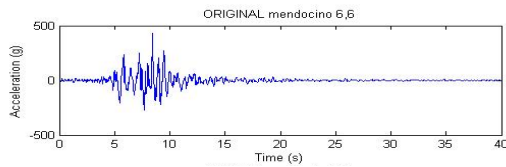
(n)



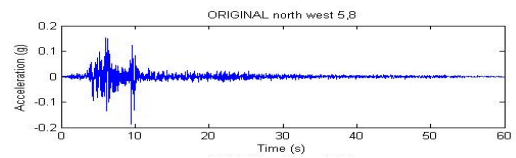
(o)



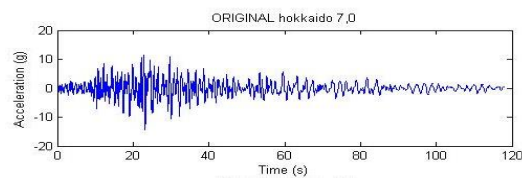
(p)



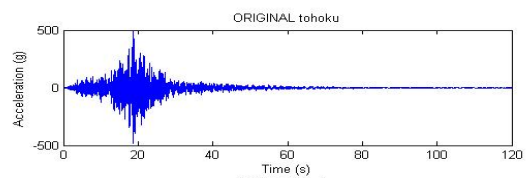
(q)



(r)

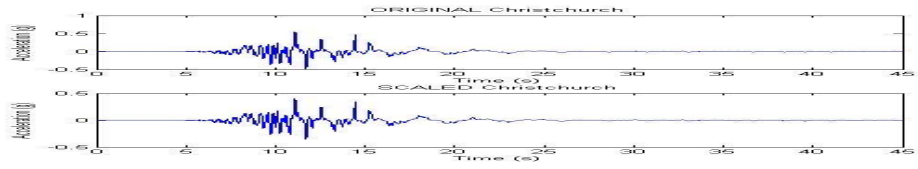


(s)

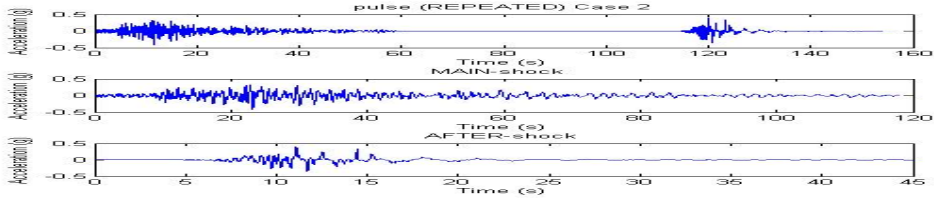


(t)

Gambar L.1: (a) sampai (j) gempa dengan tanpa *pulse* sebelum diskalakan dan (k) sampai (t) gempa *pulse* sebelum diskalakan.



(a)



(b)

Gambar 4.2: (a) *groundmotion pulse* tunggal sebelum dan sesudah *scaling*, (b) *groundmotion pulse* berulang 2 kali sebelum dan sesudah *scaling*.

A.11. Perhitungan *Displacement* dan *Interstory Drift*

A.11.1 *Displacement*

1. *Displacement Model 4*

Tabel L.70: Hasil analisa nilai *displacement* gempa tunggal untuk lantai 30 dengan faktor modifikasi respon (R) 7 dan 6 untuk daerah a). Chirschurch, b). chichi, dan c). Nigata.

Lantai	R7 Dalam	R7 Luar	R6 Dalam	R6 Luar
30	1,200834	1,699624	1,376843	1,99706
29	1,183945	1,670962	1,357479	1,963382
28	1,155756	1,630869	1,325158	1,916272
27	1,115999	1,577036	1,279574	1,853019
26	1,068583	1,509902	1,225208	1,774136
25	1,015799	1,433165	1,164687	1,68397
24	0,967002	1,364139	1,108738	1,602864
23	0,914641	1,303178	1,048703	1,531235
22	0,862124	1,237062	0,988488	1,453548
21	0,812055	1,160948	0,93108	1,364115
20	0,758706	1,07968	0,869912	1,268625
19	0,725824	1,003567	0,83221	1,179191
18	0,690745	0,957196	0,791989	1,124706
17	0,651443	0,908581	0,746927	1,067583
16	0,608657	0,85558	0,697869	1,005307
15	0,564035	0,799233	0,646707	0,877629
14	0,519553	0,741638	0,595706	0,808417
13	0,474601	0,68288	0,544165	0,738472
12	0,431266	0,621212	0,494478	0,671043
11	0,394444	0,55917	0,452259	0,613749
10	0,354782	0,504922	0,406783	0,552035
9	0,312467	0,452212	0,358266	0,486193
8	0,268017	0,40368	0,307301	0,41703
7	0,227256	0,351573	0,260565	0,353606
6	0,190795	0,29456	0,21876	0,296874
5	0,152278	0,233661	0,174598	0,236942
4	0,113259	0,17243	0,12986	0,176229
3	0,075543	0,113754	0,086615	0,117543
2	0,04175	0,061793	0,04787	0,064963
1	0,015413	0,022073	0,017672	0,023982

a)

Lantai	R7 Dalam	R7 Luar	R6 Dalam	R6 Luar
30	1,468066	2,007923	1,683244	2,359311
29	1,417793	1,957479	1,625603	2,300039
28	1,380171	1,915431	1,582466	2,250633
27	1,334167	1,862805	1,52972	2,188797
26	1,280394	1,777276	1,468065	2,0883
25	1,245064	1,654501	1,427556	1,944039
24	1,207206	1,60838	1,384149	1,889847
23	1,191197	1,573607	1,365793	1,848989
22	1,226731	1,532266	1,406537	1,800414
21	1,245111	1,548915	1,42761	1,819976
20	1,235458	1,594662	1,416542	1,873729
19	1,201744	1,624737	1,377887	1,909067
18	1,151958	1,635753	1,320803	1,922011
17	1,090274	1,62058	1,250079	1,904183
16	1,01886	1,573129	1,168197	1,848427
15	1,009176	1,490925	1,157093	1,570261
14	0,999256	1,386295	1,14572	1,554826
13	0,976466	1,280522	1,119589	1,519365
12	0,940759	1,261068	1,078648	1,463805
11	0,893044	1,220912	1,02394	1,389563
10	0,832036	1,154837	0,953989	1,294634
9	0,756933	1,064175	0,867878	1,177775
8	0,669571	0,950711	0,767712	1,041842
7	0,571631	0,817918	0,655417	0,889449
6	0,46892	0,675169	0,53765	0,729631
5	0,369645	0,530591	0,423825	0,575162
4	0,27282	0,39044	0,312808	0,424503
3	0,181221	0,25906	0,207783	0,281976
2	0,099886	0,142229	0,114527	0,155422
1	0,036806	0,051463	0,042201	0,05727

b)

Lantai	R7 Dalam	R7 Luar	R6 Dalam	R6 Luar
30	2,041251	2,794352	2,340442	3,283366
29	1,990586	2,691593	2,282351	3,162624
28	1,961424	2,590933	2,248914	3,044348
27	1,881879	2,526916	2,15771	2,969128
26	1,74878	2,439101	2,005104	2,865945
25	1,767741	2,362489	2,026843	2,775926
24	1,773893	2,440036	2,033897	2,867044
23	1,771476	2,483767	2,031126	2,918428
22	1,768086	2,449181	2,027239	2,87779
21	1,72745	2,367498	1,980647	2,781811
20	1,650715	2,304624	1,892664	2,707935
19	1,533657	2,19089	1,75845	2,574298
18	1,424825	2,044151	1,633665	2,401879
17	1,339692	1,914039	1,536054	2,248997
16	1,248156	1,741568	1,431101	2,046343
15	1,122231	1,576226	1,286719	1,746172
14	1,044663	1,443786	1,197782	1,625479
13	0,999852	1,427802	1,146403	1,555754
12	0,974614	1,378584	1,117466	1,516484
11	0,934277	1,278776	1,071216	1,453719
10	0,875465	1,183229	1,003785	1,36221
9	0,801995	1,126155	0,919545	1,247891
8	0,715261	1,041956	0,820099	1,112935
7	0,627193	0,914691	0,719123	0,975903
6	0,523477	0,74858	0,600205	0,814522
5	0,409339	0,599263	0,469337	0,636926
4	0,3157	0,460235	0,361973	0,491224
3	0,218906	0,321165	0,250991	0,340614
2	0,127667	0,190637	0,14638	0,198648
1	0,050006	0,074804	0,057335	0,077808

c)

Tabel L.71: Hasil analisa nilai *displacement* gempa berulang untuk lantai 30 dengan faktor modifikasi respon (R) 7 dan 6 untuk daerah a). chirschurch chichi, b). ChiChi Nigata, dan c). Nigata chirschurch.

Lantai	R7 Dalam	R7 Luar	R6 Dalam	R6 Luar
30	1,85912	2,157739	2,131616	2,535345
29	1,796793	2,113218	2,060154	2,483033
28	1,695431	2,046957	1,943935	2,405176
27	1,579881	1,959516	1,811448	2,302432
26	1,525527	1,883589	1,749128	2,213219
25	1,46568	1,786359	1,680509	2,098973
24	1,394972	1,685304	1,599436	1,980233
23	1,324044	1,575166	1,518112	1,850821
22	1,271197	1,434765	1,457519	1,68585
21	1,211726	1,254126	1,389332	1,473599
20	1,197224	1,103936	1,372704	1,297125
19	1,164922	1,162756	1,335668	1,36624
18	1,113551	1,200875	1,276767	1,411029
17	1,058569	1,213388	1,213727	1,425731
16	1,037741	1,242653	1,189846	1,460118
15	1,035246	1,257264	1,186985	1,610826
14	1,020476	1,232946	1,17005	1,587845
13	0,996399	1,179883	1,142444	1,550381
12	0,959954	1,102065	1,100657	1,493673
11	0,906244	1,004731	1,039075	1,410101
10	0,832601	0,925562	0,954637	1,295513
9	0,764278	0,85346	0,8763	1,189205
8	0,696913	0,764252	0,799061	1,084385
7	0,619503	0,662428	0,710305	0,963936
6	0,52839	0,560126	0,605838	0,822166
5	0,426196	0,449448	0,488665	0,663155
4	0,320079	0,3364	0,366994	0,498038
3	0,2163	0,226927	0,248004	0,336559
2	0,121075	0,126308	0,138822	0,188391
1	0,045203	0,04608	0,051829	0,070335

a)

Lantai	R7 Dalam	R7 Luar	R6 Dalam	R6 Luar
30	3,864554	5,208927	4,430991	6,120493
29	3,740512	5,075615	4,288768	5,963851
28	3,624616	4,887763	4,155886	5,743125
27	3,466562	4,672933	3,974665	5,490699
26	3,344451	4,527856	3,834656	5,320233
25	3,317722	4,387621	3,804008	5,155458
24	3,32987	4,350625	3,817937	5,111987
23	3,301587	4,265075	3,785508	5,011466
22	3,252208	4,300783	3,728893	5,053423
21	3,19211	4,249778	3,659986	4,993492
20	3,068837	4,104347	3,518645	4,822611
19	2,892671	3,874199	3,316657	4,552186
18	2,689429	3,605391	3,083626	4,236337
17	2,499294	3,413652	2,865622	4,011044
16	2,324854	3,234114	2,665613	3,800086
15	2,129115	2,987878	2,441184	3,312868
14	2,059411	2,673178	2,361264	3,20441
13	1,976993	2,384749	2,266766	3,07617
12	1,902047	2,20332	2,180835	2,959555
11	1,793419	2,057557	2,056284	2,79053
10	1,659551	1,891841	1,902796	2,582235
9	1,515294	1,706691	1,737394	2,357772
8	1,347383	1,534802	1,544872	2,096506
7	1,167559	1,326955	1,338691	1,816703
6	0,976859	1,109465	1,120039	1,519976
5	0,772958	0,917414	0,886252	1,20271
4	0,57747	0,709547	0,662111	0,898534
3	0,386958	0,493989	0,443675	0,6021
2	0,217697	0,281902	0,249605	0,338733
1	0,083202	0,104963	0,095397	0,129461

b)

Lantai	R7 Dalam	R7 Luar	R6 Dalam	R6 Luar
30	2,127765	4,946168	2,439637	5,81175
29	2,064308	4,774133	2,366879	5,60961
28	2,04315	4,601849	2,34262	5,407176
27	2,038614	4,446629	2,337419	5,224792
26	1,979866	4,340004	2,27006	5,099507
25	1,941616	4,159842	2,226203	4,887818
24	1,93923	4,124467	2,223468	4,846251
23	1,910554	4,01331	2,190589	4,715643
22	1,870876	3,919073	2,145095	4,604913
21	1,813007	3,84271	2,078744	4,515187
20	1,720937	3,699462	1,973179	4,34687
19	1,601525	3,567667	1,836265	4,192011
18	1,484876	3,413652	1,702518	4,011044
17	1,382714	3,234114	1,585381	3,800086
16	1,304095	2,987878	1,495239	3,510759
15	1,23618	2,673178	1,41737	1,923476
14	1,197098	2,384749	1,37256	1,862665
13	1,161736	2,20332	1,332015	1,807643
12	1,10269	2,057557	1,264314	1,715767
11	1,03217	1,891841	1,183457	1,606039
10	0,948057	1,706691	1,087016	1,475162
9	0,855736	1,534802	0,981164	1,331511
8	0,765361	1,326955	0,877542	1,19089
7	0,651113	1,109465	0,746549	1,013122
6	0,543332	0,917414	0,62297	0,845416
5	0,422838	0,709547	0,484814	0,657928
4	0,317222	0,493989	0,363718	0,493593
3	0,219737	0,344173	0,251945	0,341908
2	0,129206	0,209031	0,148144	0,201042
1	0,051309	0,082453	0,058829	0,079835

c)

2. Displacement Model 3

Tabel L.72: Hasil analisa nilai *displacement* gempa tunggal untuk lantai 20 dengan faktor modifikasi respon (R) 7 dan 6 untuk daerah a). Chirschurch, b). chichi, dan c). Nigata.

Lantai	R7 Dalam	R7 Luar	R6 Dalam	R6 Luar
20	1,295869	2,280685	1,324504	2,319334
19	1,265501	2,228968	1,293465	2,26674
18	1,230051	2,157856	1,257232	2,194424
17	1,185522	2,066465	1,211719	2,101483
16	1,130445	1,95627	1,155424	1,989421
15	1,062443	1,823957	1,08592	1,854866
14	0,978755	1,67737	1,000383	1,705795
13	0,880559	1,517624	0,900017	1,543342
12	0,778074	1,348229	0,795267	1,371077
11	0,700587	1,176243	0,716068	1,196176
10	0,627872	1,009966	0,641747	1,027081
9	0,553013	0,917853	0,565233	0,933407
8	0,4859	0,822228	0,496637	0,836162
7	0,437179	0,718006	0,446839	0,730173
6	0,383667	0,603545	0,392144	0,613773
5	0,318254	0,481963	0,325286	0,549766
4	0,244901	0,359856	0,250313	0,423053
3	0,168748	0,242671	0,172476	0,291502
2	0,0964	0,135725	0,09853	0,166525
1	0,036261	0,050011	0,037062	0,062639

a)

Lantai	R7 Dalam	R7 Luar	R6 Dalam	R6 Luar
20	1,083868	1,944391	1,107818	1,977341
19	1,042043	1,86012	1,065069	1,891642
18	0,990656	1,752977	1,012546	1,782683
17	0,942301	1,659518	0,963123	1,687641
16	0,897733	1,586635	0,917571	1,613522
15	0,844028	1,465972	0,862678	1,490814
14	0,767082	1,324143	0,784032	1,346582
13	0,687683	1,171944	0,702878	1,191804
12	0,690349	1,200001	0,705603	1,220337
11	0,676536	1,193734	0,691485	1,213963
10	0,641241	1,140704	0,65541	1,160034
9	0,587342	1,055678	0,600321	1,073568
8	0,521872	0,950176	0,533403	0,966278
7	0,458101	0,821801	0,468224	0,835728
6	0,41363	0,730738	0,42277	0,743121
5	0,343368	0,628288	0,350955	0,593149
4	0,271851	0,49696	0,277858	0,469607
3	0,193649	0,34965	0,197928	0,334518
2	0,113709	0,201193	0,116222	0,196426
1	0,043737	0,075706	0,044704	0,075554

b)

Lantai	R7 Dalam	R7 Luar	R6 Dalam	R6 Luar
20	1,773965	2,25906	1,813165	2,297342
19	1,694315	2,156675	1,731754	2,193222
18	1,6318	2,10837	1,667858	2,144099
17	1,524736	2,042772	1,558429	2,077389
16	1,454185	1,903502	1,486318	1,935759
15	1,460464	1,764791	1,492736	1,794697
14	1,443927	1,741295	1,475834	1,770803
13	1,391496	1,671168	1,422244	1,699488
12	1,337656	1,555887	1,367214	1,582253
11	1,280627	1,537149	1,308925	1,563198
10	1,195568	1,479689	1,221986	1,504764
9	1,086437	1,371561	1,110444	1,394804
8	0,983952	1,251948	1,005695	1,273164
7	0,894217	1,12738	0,913977	1,146485
6	0,801662	0,973672	0,819377	0,990172
5	0,667533	0,784162	0,682284	1,153126
4	0,509392	0,585562	0,520648	0,879945
3	0,356369	0,40291	0,364244	0,615608
2	0,208293	0,243098	0,212895	0,359814
1	0,081621	0,096478	0,083424	0,140995

c)

Tabel L.73: Hasil analisa nilai *displacement* gempa berulang untuk lantai 20 dengan faktor modifikasi respon (R) 7 dan 6 untuk daerah a). chirschurch chichi, b). ChiChi Nigata, dan c). Nigata chirschurch.

Lantai	R7 Dalam	R7 Luar	R6 Dalam	R6 Luar
20	1,295869	2,280685	1,324504	2,319334
19	1,265501	2,228968	1,293465	2,26674
18	1,230051	2,157856	1,257232	2,194424
17	1,185522	2,066465	1,211719	2,101483
16	1,130445	1,95627	1,155424	1,989421
15	1,062443	1,823957	1,08592	1,854866
14	0,978755	1,67737	1,000383	1,705795
13	0,880559	1,517624	0,900017	1,543342
12	0,818933	1,384195	0,837029	1,407652
11	0,789124	1,330214	0,806562	1,352756
10	0,740461	1,252244	0,756823	1,273464
9	0,673155	1,153797	0,68803	1,173349
8	0,593427	1,039927	0,60654	1,05755
7	0,505431	0,910108	0,5166	0,925531
6	0,420565	0,766704	0,429858	0,779697
5	0,343909	0,613816	0,351508	0,594083
4	0,260337	0,459222	0,26609	0,449717
3	0,177538	0,308368	0,181461	0,306686
2	0,101422	0,171166	0,103664	0,175201
1	0,038116	0,062579	0,038958	0,065842

a)

Lantai	R7 Dalam	R7 Luar	R6 Dalam	R6 Luar
20	1,514614	3,379319	1,548082	3,436585
19	1,408535	3,230533	1,43966	3,285278
18	1,347373	3,171432	1,377146	3,225176
17	1,271857	3,045683	1,299961	3,097295
16	1,246008	2,881408	1,273542	2,930236
15	1,243265	2,681659	1,270738	2,727103
14	1,191974	2,625315	1,218314	2,669804
13	1,133767	2,493396	1,15882	2,535649
12	1,078826	2,314912	1,102664	2,354141
11	0,989883	2,129143	1,011756	2,165223
10	0,882047	2,000177	0,901537	2,034073
9	0,802377	1,800888	0,820107	1,831406
8	0,726745	1,587094	0,742804	1,613989

Tabel L.73: Lanjutan

Lantai	R7 Dalam	R7 Luar	R6 Dalam	R6 Luar
7	0,629109	1,390102	0,64301	1,413659
6	0,545653	1,171025	0,55771	1,190869
5	0,459666	0,941841	0,469823	0,794046
4	0,365449	0,705175	0,373525	0,631293
3	0,26507	0,486918	0,270927	0,457893
2	0,16017	0,297244	0,163709	0,276685
1	0,065297	0,1204	0,06674	0,112796

b)

Lantai	R7 Dalam	R7 Luar	R6 Dalam	R6 Luar
20	1,676078	3,931934	1,713115	3,998565
19	1,572453	3,755977	1,6072	3,819626
18	1,465003	3,560756	1,497376	3,621098
17	1,345866	3,372231	1,375606	3,429377
16	1,279101	3,167625	1,307365	3,221305
15	1,191086	2,95265	1,217405	3,002686
14	1,093276	2,699576	1,117434	2,745324
13	1,050891	2,555352	1,074113	2,598655
12	1,050157	2,508721	1,073362	2,551234
11	0,991834	2,485323	1,013751	2,52744
10	0,918617	2,389961	0,938916	2,430462
9	0,897637	2,229099	0,917472	2,266874
8	0,878994	2,053207	0,898418	2,088001
7	0,827955	1,854935	0,84625	1,886369
6	0,733178	1,594511	0,749379	1,621531
5	0,596847	1,331822	0,610035	1,031019
4	0,463143	1,041699	0,473377	0,800053
3	0,339408	0,731197	0,346908	0,586308
2	0,206032	0,429786	0,210585	0,355909
1	0,082297	0,168869	0,084116	0,142163

c)

3. Displacement Model 2

Tabel L.74: Hasil analisa nilai *displacement* gempa tunggal untuk lantai 15 dengan faktor modifikasi respon (R) 7 dan 6 untuk daerah a). Chirschurh, b). chichi, dan c). Nigata.

Lantai	R7 Dalam	R7 Luar	R6 Dalam	R6 Luar
15	5,105999	4,651725	4,860745	4,945246
14	5,043601	4,506071	4,801344	4,790402
13	4,928333	4,276684	4,691613	4,546541
12	4,751631	3,973046	4,523399	4,223743
11	4,498443	3,605419	4,282371	3,832919
10	4,170214	3,214341	3,969908	3,417164
9	3,847657	3,007273	3,662844	3,19703
8	3,496033	2,868369	3,32811	3,049361
7	3,105369	2,652755	2,95621	2,820143
6	2,667841	2,353878	2,539698	2,502406
5	2,18649	1,972516	2,081467	2,09698
4	1,696055	1,550458	1,614589	1,648291
3	1,192273	1,101127	1,135006	1,170607
2	0,701542	0,650391	0,667846	0,69143
1	0,277955	0,256192	0,264604	0,272358

a)

Lantai	R7 Dalam	R7 Luar	R6 Dalam	R6 Luar
15	1,458735	2,07447	1,388668	2,205368
14	1,353626	1,9509	1,288608	2,074
13	1,271726	1,826042	1,210642	1,941264
12	1,244439	1,633527	1,184665	1,736602
11	1,099696	1,409915	1,046875	1,49888
10	0,963926	1,263286	0,917626	1,342998
9	0,957734	1,313034	0,911732	1,395885
8	0,94739	1,368985	0,901884	1,455368
7	0,948725	1,355524	0,903155	1,441057
6	0,912279	1,259267	0,86846	1,338726
5	0,819776	1,08353	0,7804	1,1519
4	0,689382	0,87096	0,656269	0,925917
3	0,528882	0,635525	0,503478	0,675626
2	0,33672	0,387293	0,320546	0,411731
1	0,141814	0,158764	0,135002	0,168782

b)

Lantai	R7 Dalam	R7 Luar	R6 Dalam	R6 Luar
15	1,695017	2,135143	1,613601	2,269869
14	1,637958	1,999477	1,559283	2,125643
13	1,560396	1,976808	1,485446	2,101543
12	1,46919	1,859246	1,398621	1,976564
11	1,317885	1,683353	1,254584	1,789572
10	1,122386	1,621627	1,068475	1,723951
9	0,954323	1,586589	0,908484	1,686702
8	0,895262	1,523224	0,85226	1,619338
7	0,800237	1,488576	0,7618	1,582504
6	0,670733	1,354002	0,638516	1,439439
5	0,536112	1,134721	0,510361	1,206322
4	0,438751	0,956877	0,417677	1,017256
3	0,329379	0,71481	0,313558	0,759914
2	0,208957	0,437509	0,198921	0,465115
1	0,094802	0,190486	0,090248	0,202505

c)

Tabel L.75: Hasil analisa nilai *displacement* gempa berulang untuk lantai 15 dengan faktor modifikasi respon (R) 7 dan 6 untuk daerah a). chirschurch chichi, b). ChiChi Nigata, dan c). Nigata chirschurch.

Lantai	R7 Dalam	R7 Luar	R6 Dalam	R6 Luar
15	7,107074	5,552222	6,765703	5,902563
14	6,857704	5,252954	6,528312	5,584412
13	6,46437	4,791371	6,153871	5,093703
12	5,938825	4,230526	5,653569	4,49747
11	5,331307	3,653762	5,075231	3,884312
10	4,905791	3,24618	4,670154	3,451012
9	4,610114	3,263153	4,388679	3,469056
8	4,233353	3,294836	4,030015	3,502738
7	3,760752	3,179303	3,580114	3,379915
6	3,193237	2,901261	3,039858	3,084329
5	2,60522	2,457939	2,480085	2,613033
4	2,066625	1,958937	1,96736	2,082545
3	1,494216	1,424352	1,422445	1,514228
2	0,901676	0,857811	0,858366	0,911938
1	0,365342	0,343592	0,347794	0,365273

a)

Lantai	R7 Dalam	R7 Luar	R6 Dalam	R6 Luar
15	2,911946	2,33589	2,772078	2,483284
14	2,713888	2,187973	2,583534	2,326033
13	2,571407	2,005954	2,447896	2,132529
12	2,383694	1,94891	2,269199	2,071885
11	2,192978	1,750659	2,087644	1,861125
10	2,062843	1,461224	1,963759	1,553426
9	1,973083	1,405506	1,878311	1,494193
8	1,836052	1,401995	1,747862	1,49046
7	1,636067	1,364576	1,557483	1,45068
6	1,444016	1,259267	1,374656	1,338726
5	1,242362	1,08353	1,182689	1,1519
4	0,991436	0,87096	0,943814	0,925917
3	0,740879	0,651835	0,705293	0,692965
2	0,473343	0,428535	0,450607	0,455575
1	0,206362	0,198563	0,19645	0,211092

b)

Lantai	R7 Dalam	R7 Luar	R6 Dalam	R6 Luar
15	5,061026	4,820478	4,817933	5,124647
14	4,894038	4,671312	4,658965	4,966069
13	4,720265	4,384842	4,493539	4,661523
12	4,473713	3,947373	4,25883	4,196449
11	4,064326	3,414465	3,869106	3,629915
10	3,6354	2,832784	3,460782	3,011531
9	3,177517	2,517831	3,024893	2,676705
8	2,70588	2,401909	2,57591	2,553468
7	2,361338	2,31923	2,247917	2,465572
6	1,989693	2,081844	1,894123	2,213207
5	1,624796	1,770949	1,546753	1,882695
4	1,275137	1,456854	1,213889	1,54878
3	0,905124	1,076858	0,861648	1,144807
2	0,537446	0,671461	0,511631	0,713829
1	0,22794	0,291464	0,216992	0,309856

c)

4. Displacement Model 1

Tabel L.76: Hasil analisa nilai *displacement* gempa tunggal untuk lantai 10 dengan faktor modifikasi respon (R) 7 dan 6 untuk daerah a). Chirschurch, b). chichi, dan c). Nigata.

Lantai	R7 Dalam	R7 Luar	R6 Dalam	R6 Luar
10	1,702206	1,710955	1,794506	1,958187
9	1,625905	1,641648	1,714067	1,878866
8	1,506795	1,521947	1,588499	1,741868
7	1,347936	1,351099	1,421026	1,546332
6	1,163779	1,151883	1,226883	1,31833
5	0,959725	0,990544	1,011764	1,133678
4	0,783265	0,815129	0,825736	0,932915
3	0,580742	0,608446	0,612231	0,696366
2	0,366064	0,381991	0,385913	0,437189
1	0,161515	0,163864	0,170273	0,187542

a)

Lantai	R7 Dalam	R7 Luar	R6 Dalam	R6 Luar
10	0,91678	0,927685	0,966491	1,061735
9	0,907552	0,880997	0,956763	1,008301
8	0,879148	0,829205	0,926818	0,949025
7	0,806763	0,764573	0,850508	0,875054
6	0,679235	0,66518	0,716065	0,761299
5	0,521186	0,533928	0,549447	0,61108
4	0,408063	0,405953	0,43019	0,464613
3	0,306824	0,308064	0,323461	0,352579
2	0,204324	0,206469	0,215403	0,236303
1	0,095702	0,094074	0,100892	0,107668

b)

Lantai	R7 Dalam	R7 Luar	R6 Dalam	R6 Luar
10	1.532	1.064	1.753374	1.121694
9	1.451	0.982	1.660669	1.035247
8	1.264	0.956	1.446648	1.007838
7	1.118	0.864	1.279551	0.910849
6	0.964	0.773	1.103298	0.814915
5	0.811	0.691	0.928189	0.728468
4	0.628	0.583	0.718746	0.614612
3	0.529	0.413	0.60544	0.435394
2	0.216	0.284	0.247212	0.299399
1	0.184	0.0935	0.210588	0.09857

c)

Tabel L.77: Hasil analisa nilai *displacement* gempa berulang untuk lantai 10 dengan faktor modifikasi respon (R) 7 dan 6 untuk daerah a). chirschurch chichi, b). ChiChi Nigata, dan c). Nigata chirschurch.

Lantai	R7 Dalam	R7 Luar	R6 Dalam	R6 Luar
10	1,021891	2,306452	1,077301	2,639734
9	0,951802	2,204588	1,003412	2,523151
8	0,918221	1,999194	0,96801	2,288077
7	0,860016	1,811207	0,906649	2,072926
6	0,747658	1,548058	0,788199	1,771752
5	0,575115	1,317681	0,606299	1,508086
4	0,476981	1,058776	0,502845	1,211769
3	0,391768	0,812013	0,413011	0,929349
2	0,276033	0,538172	0,291001	0,615938
1	0,143464	0,238274	0,151243	0,272705

a)

Lantai	R7 Dalam	R7 Luar	R6 Dalam	R6 Luar
10	2.964	1.462	3.392297	1.541275
9	2.558	1.258	2.92763	1.326213
8	2.237	1.167	2.560246	1.230279
7	1.891	1.095	2.164249	1.154375
6	1.637	1.003	1.873546	1.057386
5	1.358	0.916	1.554231	0.965669
4	1.034	0.794	1.183413	0.837053
3	0.886	0.612	1.014027	0.645185
2	0.654	0.482	0.748503	0.508136
1	0.371	0.268	0.439059	0.282532

b)

Lantai	R7 Dalam	R7 Luar	R6 Dalam	R6 Luar
10	2.642	1.256	3.023768	1.324105
9	2.528	1.058	2.893295	1.115368
8	2.335	0.846	2.672407	0.891873
7	2.194	0.795	2.511033	0.838108
6	1.872	0.706	2.142504	0.744282
5	1.524	0.594	1.744218	0.626209
4	1.236	0.468	1.429052	0.493377
3	1.109	0.302	1.26925	0.318375
2	0.646	0.195	0.768247	0.205574
1	0.212	0.0936	0.385984	0.109868

c)

A.11.2 Interstory Drift

1. Interstory Drift Model 4

Tabel L.78: Hasil analisa nilai *interstory drift* gempa tunggal untuk lantai 30 dengan faktor modifikasi respon (R) 7 dan 6 untuk daerah a). Chirschurch, b). chichi, dan c). Nigata.

Lantai	$\Delta\mu R7$	$\Delta\mu R6$
30	0,49879	0,620217
29	0,487017	0,605902
28	0,475112	0,591113
27	0,461037	0,573444
26	0,441319	0,548927
25	0,417366	0,519282
24	0,397137	0,494127
23	0,388536	0,482532
22	0,374937	0,46506
21	0,348893	0,433034
20	0,320974	0,398713
19	0,277742	0,346981
18	0,266451	0,332717
17	0,257138	0,320656
16	0,246923	0,307437
15	0,235198	0,230922
14	0,222085	0,212711
13	0,208279	0,194307
12	0,189946	0,176565
11	0,164725	0,16149
10	0,15014	0,145252
9	0,139745	0,127927
8	0,135663	0,109729
7	0,124317	0,093041
6	0,103765	0,078114
5	0,081383	0,062344
4	0,059171	0,046369
3	0,038212	0,030928
2	0,020043	0,017093
1	0,00666	0,00631

a)

Lantai	$\Delta\mu R7$	$\Delta\mu R6$
30	0,539857	0,676067
29	0,539686	0,674436
28	0,53526	0,668167
27	0,528637	0,659077
26	0,496881	0,620235
25	0,409437	0,516484
24	0,401173	0,505698
23	0,38241	0,483196
22	0,305535	0,393877
21	0,303804	0,392366
20	0,359204	0,457186
19	0,422993	0,53118
18	0,483795	0,601208
17	0,530306	0,654104
16	0,554269	0,680231
15	0,48175	0,413168
14	0,387039	0,409107
13	0,304056	0,399776
12	0,320309	0,385157
11	0,327867	0,365622
10	0,322802	0,340645
9	0,307242	0,309897
8	0,28114	0,27413
7	0,246287	0,234032
6	0,206249	0,191981
5	0,160945	0,151337
4	0,11762	0,111695
3	0,077839	0,074194
2	0,042343	0,040895
1	0,014657	0,015069

b)

Lantai	$\Delta\mu R7$	$\Delta\mu R6$
30	0,753101	0,942924
29	0,701007	0,880273
28	0,629509	0,795434
27	0,645038	0,811418
26	0,69032	0,860842
25	0,594748	0,749083
24	0,666143	0,833147
23	0,712291	0,887302
22	0,681096	0,850551
21	0,640048	0,801164
20	0,653909	0,815271
19	0,657233	0,815848

Tabel L.78: *Lanjutan*

Lantai	$\Delta\mu R7$	$\Delta\mu R6$
18	0,619326	0,768214
17	0,574347	0,712943
16	0,493412	0,615242
15	0,453995	0,459454
14	0,399123	0,427697
13	0,42795	0,409351
12	0,40397	0,399018
11	0,3445	0,382503
10	0,307764	0,358425
9	0,32416	0,328346
8	0,326695	0,292836
7	0,287498	0,25678
6	0,225103	0,214317
5	0,189924	0,167588
4	0,144535	0,129251
3	0,102259	0,089622
2	0,062969	0,052268
1	0,024798	0,020473

c)

Tabel L.79: Hasil analisa nilai *interstory drift* gempa berulang untuk lantai 30 dengan faktor modifikasi respon (R) 7 dan 6 untuk daerah a). chirschurch chichi, b). ChiChi Nigata, dan c). Nigata chirschurch.

Lantai	$\Delta\mu R7$	$\Delta\mu R6$
30	0,298619	0,403729
29	0,316425	0,422879
28	0,351525	0,46124
27	0,379635	0,490984
26	0,358062	0,464091
25	0,320678	0,418464
24	0,290332	0,380796
23	0,251122	0,332709
22	0,163568	0,228331
21	0,042399	0,084266
20	0,093288	0,075579
19	0,002166	0,030572
18	0,087325	0,134263
17	0,154818	0,212005
16	0,204911	0,270272
15	0,222018	0,423841
14	0,21247	0,417794
13	0,183483	0,407937
12	0,142111	0,393016

Tabel L.79: Lanjutan

Lantai	$\Delta\mu R7$	$\Delta\mu R6$
11	0,098486	0,371027
10	0,092961	0,340876
9	0,089182	0,312904
8	0,067339	0,285324
7	0,042925	0,253631
6	0,031736	0,216329
5	0,023251	0,17449
4	0,016321	0,131044
3	0,010627	0,088556
2	0,005233	0,04957
1	0,000876	0,018507

a)

Lantai	$\Delta\mu R7$	$\Delta\mu R6$
30	1,344374	1,689502
29	1,335103	1,675082
28	1,263147	1,587239
27	1,20637	1,516034
26	1,183405	1,485578
25	1,0699	1,35145
24	1,020755	1,29405
23	0,963489	1,225958
22	1,048575	1,32453
21	1,057667	1,333506
20	1,03551	1,303966
19	0,981528	1,235529
18	0,915961	1,152711
17	0,914358	1,145422
16	0,909261	1,134473
15	0,858764	0,871683
14	0,613767	0,843146
13	0,407756	0,809403
12	0,301272	0,778719
11	0,264138	0,734246
10	0,232289	0,679439
9	0,191397	0,620378
8	0,187419	0,551634
7	0,159396	0,478012
6	0,132606	0,399937
5	0,144456	0,316458
4	0,132077	0,236423
3	0,107031	0,158425
2	0,064205	0,089128
1	0,021761	0,034064

b)

Lantai	$\Delta\mu R7$	$\Delta\mu R6$
30	2,818403	3,372114
29	2,709825	3,242731
28	2,558699	3,064556
27	2,408015	2,887373
26	2,360138	2,829448
25	2,218227	2,661614
24	2,185237	2,622783
23	2,102756	2,525053
22	2,048197	2,459818
21	2,029703	2,436443
20	1,978526	2,373692
19	1,966142	2,355746
18	1,928776	2,308526
17	1,851401	2,214705
16	1,683784	2,01552
15	1,436998	0,506106
14	1,187651	0,490105
13	1,041584	0,475628
12	0,954867	0,451453
11	0,859671	0,422582
10	0,758634	0,388145
9	0,679066	0,350348
8	0,561594	0,313347
7	0,458351	0,266573
6	0,374082	0,222446
5	0,286709	0,173114
4	0,176767	0,129874
3	0,124436	0,089963
2	0,079826	0,052898
1	0,031144	0,021006

c)

2. Interstory Drift Model 3

Tabel L.80: Hasil analisa nilai *interstory drift* gempa tunggal untuk lantai 20 dengan faktor modifikasi respon (R) 7 dan 6 untuk daerah a). Chirschurch, b). chichi, dan c). Nigata.

Lantai	$\Delta\mu R7$	$\Delta\mu R6$
20	0,984816	0,994829
19	0,963467	0,973275
18	0,927805	0,937192
17	0,880943	0,889765
16	0,825825	0,833997
15	0,761514	0,768946
14	0,698615	0,705412
13	0,637064	0,643325
12	0,570155	0,575809
11	0,475655	0,480107
10	0,382094	0,385335
9	0,36484	0,368174
8	0,336328	0,339524
7	0,280827	0,283334
6	0,219878	0,221628
5	0,163709	0,224479
4	0,114955	0,17274
3	0,073924	0,119025
2	0,039326	0,067995
1	0,01375	0,025577

a)

Lantai	$\Delta\mu R7$	$\Delta\mu R6$
20	0,860523	0,869523
19	0,818077	0,826573
18	0,762322	0,770137
17	0,717217	0,724517
16	0,688902	0,695952
15	0,621944	0,628136
14	0,557061	0,56255
13	0,484261	0,488925
12	0,509653	0,514733
11	0,517198	0,522477
10	0,499463	0,504624
9	0,468336	0,473247
8	0,428305	0,432875
7	0,3637	0,367504
6	0,317108	0,320352
5	0,28492	0,242193

Tabel L.79: *Lanjutan*

Lantai	$\Delta\mu R7$	$\Delta\mu R6$
4	0,225109	0,191749
3	0,156001	0,13659
2	0,087483	0,080204
1	0,031968	0,03085

b)

Lantai	$\Delta\mu R7$	$\Delta\mu R6$
20	0,485094	0,484177
19	0,46236	0,461468
18	0,47657	0,476241
17	0,518035	0,51896
16	0,449317	0,449441
15	0,304327	0,301962
14	0,297368	0,29497
13	0,279672	0,277243
12	0,218231	0,215039
11	0,256522	0,254272
10	0,284121	0,282778
9	0,285124	0,28436
8	0,267996	0,26747
7	0,233163	0,232508
6	0,17201	0,170795
5	0,116628	0,470842
4	0,07617	0,359297
3	0,046541	0,251364
2	0,034805	0,146918
1	0,014857	0,057571

c)

Tabel L.81: Hasil analisa nilai *interstory drift* gempa berulang untuk lantai 20 dengan faktor modifikasi respon (R) 7 dan 6 untuk daerah a). chirschurch chichi, b). ChiChi Nigata, dan c). Nigata chirschurch.

Lantai	$\Delta\mu R7$	$\Delta\mu R6$
20	0,984816	0,994829
19	0,963467	0,973275
18	0,927805	0,937192
17	0,880943	0,889765
16	0,825825	0,833997
15	0,761514	0,768946
14	0,698615	0,705412
13	0,637064	0,643325
12	0,565262	0,570623

Tabel L.81: *Lanjutan*

Lantai	$\Delta\mu R7$	$\Delta\mu R6$
11	0,541089	0,546194
10	0,511783	0,516641
9	0,480642	0,485319
8	0,446499	0,451009
7	0,404677	0,408931
6	0,346139	0,349838
5	0,269907	0,242575
4	0,198885	0,183628
3	0,130831	0,125225
2	0,069744	0,071538
1	0,024464	0,026885

a)

Lantai	$\Delta\mu R7$	$\Delta\mu R6$
20	1,864705	1,888503
19	1,821998	1,845618
18	1,824059	1,84803
17	1,773826	1,797334
16	1,635399	1,656695
15	1,438394	1,456365
14	1,43334	1,45149
13	1,359628	1,376829
12	1,236086	1,251476
11	1,13926	1,153467
10	1,118131	1,132535
9	0,998511	1,011299
8	0,860349	0,871186
7	0,760993	0,770649
6	0,625372	0,633159
5	0,482175	0,324223
4	0,339726	0,257768
3	0,221848	0,186966
2	0,137074	0,112975
1	0,055104	0,046057

b)

Lantai	$\Delta\mu R7$	$\Delta\mu R6$
20	2,255856	2,28545
19	2,183523	2,212426
18	2,095753	2,123722
17	2,026365	2,053771
16	1,888524	1,913939
15	1,761565	1,785281
14	1,606301	1,62789
13	1,504461	1,524543
12	1,458564	1,477872
11	1,493489	1,513689
10	1,471344	1,491546
9	1,331462	1,349402
8	1,174213	1,189584
7	1,026981	1,040119
6	0,861333	0,872152
5	0,734975	0,420984
4	0,578556	0,326676
3	0,39179	0,2394
2	0,223754	0,145324
1	0,086572	0,058048

c)

3. *Interstory Drift Model 2*

Tabel L.82: Hasil analisa nilai *interstory drift* gempa tunggal untuk lantai 15 dengan faktor modifikasi respon (R) 7 dan 6 untuk daerah a). Chirschurch, b). chichi, dan c). Nigata.

Lantai	$\Delta\mu R7$	$\Delta\mu R6$
15	0,454273	0,084501
14	0,53753	0,010942
13	0,651649	0,145072
12	0,778585	0,299655
11	0,893024	0,449453
10	0,955872	0,552743
9	0,840384	0,465814
8	0,627664	0,278749
7	0,452613	0,136067
6	0,313963	0,037292
5	0,213974	0,015513
4	0,145597	0,033702
3	0,091147	0,035602
2	0,051151	0,023585
1	0,021763	0,007754

a)

Lantai	$\Delta\mu R7$	$\Delta\mu R6$
15	0,615735	0,816699
14	0,597274	0,785392
13	0,554316	0,730622
12	0,389089	0,551937
11	0,310219	0,452005
10	0,29936	0,425372
9	0,3553	0,484154
8	0,421595	0,553483
7	0,4068	0,537902
6	0,346987	0,470265
5	0,263754	0,3715
4	0,181578	0,269648
3	0,106643	0,172148
2	0,050573	0,091184
1	0,01695	0,03378

b)

Lantai	$\Delta\mu R7$	$\Delta\mu R6$
15	0,440126	0,656268
14	0,361519	0,56636
13	0,416412	0,616097
12	0,390056	0,577942
11	0,365468	0,534988
10	0,499241	0,655475
9	0,632266	0,778217
8	0,627962	0,767078
7	0,688338	0,820704
6	0,68327	0,800924
5	0,59861	0,695961
4	0,518126	0,599579
3	0,385431	0,446356
2	0,228551	0,266195
1	0,095684	0,112257

c)

Tabel L.83: Hasil analisa nilai *interstory drift* gempa berulang untuk lantai 30 dengan faktor modifikasi respon (R) 7 dan 6 untuk daerah a). chirschurch chichi, b). ChiChi Nigata, dan c). Nigata chirschurch.

Lantai	$\Delta\mu R7$	$\Delta\mu R6$
15	1,554852	0,86314
14	1,604751	0,9439
13	1,673	1,060167
12	1,708299	1,156099
11	1,677544	1,190918
10	1,659611	1,219142
9	1,346961	0,919623
8	0,938518	0,527277
7	0,581449	0,200198
6	0,291976	0,044471
5	0,147282	0,132948
4	0,107687	0,115186
3	0,069864	0,091782
2	0,043865	0,053572
1	0,021749	0,017479

a)

Lantai	$\Delta\mu R7$	$\Delta\mu R6$
15	0,576055	0,288794
14	0,525915	0,257501
13	0,565453	0,315368
12	0,434784	0,197315
11	0,442318	0,226519
10	0,601619	0,410333
9	0,567577	0,384118
8	0,434058	0,257402
7	0,271491	0,106802
6	0,184749	0,035931
5	0,158833	0,030789
4	0,120476	0,017898
3	0,089045	0,012328
2	0,044808	0,004968
1	0,0078	0,014642

b)

Lantai	$\Delta\mu R7$	$\Delta\mu R6$
15	0,240548	0,306715
14	0,222726	0,307104
13	0,335423	0,167984
12	0,526341	0,062381
11	0,649861	0,239191
10	0,802615	0,449251
9	0,659686	0,348188
8	0,303971	0,022442
7	0,042108	0,217655
6	0,092151	0,319084
5	0,146153	0,335941
4	0,181717	0,334891
3	0,171734	0,283158
2	0,134014	0,202198
1	0,063524	0,092864

c)

4. Interstory Drift Model 1

Tabel L.84: Hasil analisa nilai *interstory drift* gempa tunggal untuk lantai 10 dengan faktor modifikasi respon (R) 7 dan 6 untuk daerah a). Chirschurh, b). chichi, dan c). Nigata.

Lantai	$\Delta\mu R7$	$\Delta\mu R6$
10	0,008749	0,163682
9	0,015743	0,164799
8	0,015152	0,15337
7	0,003162	0,125306
6	0,011896	0,091447
5	0,030819	0,121913
4	0,031864	0,107179
3	0,027704	0,084135
2	0,015927	0,051276
1	0,002349	0,01727

a)

Lantai	$\Delta\mu R7$	$\Delta\mu R6$
10	0,010905	0,095244
9	0,026555	0,051538
8	0,049942	0,022207
7	0,04219	0,024545
6	0,014055	0,045233
5	0,012741	0,061633

Tabel L.81: *Lanjutan*

Lantai	$\Delta\mu R7$	$\Delta\mu R6$
4	0,00211	0,034423
3	0,00124	0,029119
2	0,002144	0,0209
1	0,001628	0,006776

b)

Lantai	$\Delta\mu R7$	$\Delta\mu R6$
10	1,284562	1,562433
9	1,252786	1,519739
8	1,080973	1,320067
7	0,951191	1,166277
6	0,8004	0,983553
5	0,742567	0,901787
4	0,581795	0,708924
3	0,420245	0,516338
2	0,262139	0,324937
1	0,094811	0,121462

c)

Tabel L.85: Hasil analisa nilai *interstory drift* gempa berulang untuk lantai 30 dengan faktor modifikasi respon (R) 7 dan 6 untuk daerah a). chirschurch chichi, b). ChiChi Nigata, dan c). Nigata chirschurch.

Lantai	$\Delta\mu R7$	$\Delta\mu R6$
10	0,646962	0,516666
9	0,628333	0,504525
8	0,597352	0,484591
7	0,497983	0,393759
6	0,334404	0,233746
5	0,248221	0,15972
4	0,212947	0,140892
3	0,171311	0,118004
2	0,105085	0,069988
1	0,047911	0,032345

a)

Lantai	$\Delta\mu R7$	$\Delta\mu R6$
10	1,427185	1,789447
9	1,42385	1,771216
8	1,367616	1,69373
7	1,18749	1,477883
6	1,120669	1,383994
5	0,956056	1,177323
4	0,750724	0,928138
3	0,529187	0,659337
2	0,313712	0,395517
1	0,127496	0,163617

b)

Lantai	$\Delta\mu R7$	$\Delta\mu R6$
10	0,622118	0,881239
9	0,582062	0,826784
8	0,466691	0,686285
7	0,359307	0,549706
6	0,414449	0,590692
5	0,438403	0,595094
4	0,342759	0,471488
3	0,233527	0,330175
2	0,121815	0,182864
1	0,0411	0,068395

c)



DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama Lengkap : Mandala Putra Hadi
Panggilan : Mandala
Agama : Islam
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 16 Agustus 1996
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Alamat Sekarang : Jl Anggrek No 9 Medan
No.Hp/ Telp Seluler : 0822-7773-3036
E-mail : Yasman_mandala@yahoo.com
Nama Orang Tua
Ayah : Hadi Wirawan Muslim
Ibu : Sri Suharni Lubis

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa : 1507210089
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perhuruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : JL. KAPTEN MUKHTAR BASRI NO. 3 MEDAN 20238

No	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun Kelulusan
1	Sekolah Dasar	SD Swasta Harapan 2 Medan	2008
2	SMP	SMP Swasta Harapan 1 Medan	2011
3	SMA/SMK	SMA Swasta Harapan 1 Medan	2014

4	Melanjutkan KUIAH Di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2015 sampai selesai
---	----------------------------------------------------------------------------------------