

**TUGAS AKHIR**

**KINERJA STRUKTUR BANGUNAN BAJA 5 LANTAI  
MENGUNAKAN *BASE ISOLATOR* DAN *BRACING* LANTAI  
DASAR DENGAN ANALISIS BEBAN DORONG (*PUSHOVER*)  
(*Studi Literatur*)**

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

**Disusun Oleh:  
TRI FAUZAN  
1407210241**



**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](mailto:rektor@umsu.ac.id)

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

**LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING**

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Tri Fauzan

NPM : 1407210241

Program Studi : Teknik Sipil


Judul Skripsi : Kinerja Struktur Bangunan Baja 5 Lantai Menggunakan *Base Isolator* dan *Bracing* Lantai Dasar Dengan Analisa Beban Dorong (*Pushover*).  
(Studi Literatur)

Bidang Ilmu : Struktur.

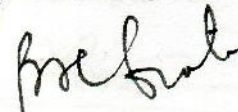
Disetujui Untuk Disampaikan Kepada  
Panitia Ujian

Medan, 25 Maret 2019

Pembimbing I

  
Dr. Ade Faisal, M.Sc

Pembimbing II

  
Bambang Hadibroto, S.T, M.T

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Tri Fauzan

NPM : 1407210241

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Kinerja Struktur Bangunan Baja 5 Lantai Menggunakan *Base Isolator* Dan *Bracing* Lantai Dasar Dengan Analisis Beban Dorong (*Pushover*)(Studi Literatur)

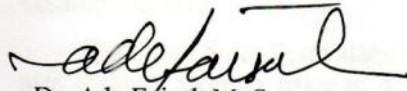
Bidang ilmu : Struktur

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, 25 Maret 2019

Mengetahui dan menyetujui:

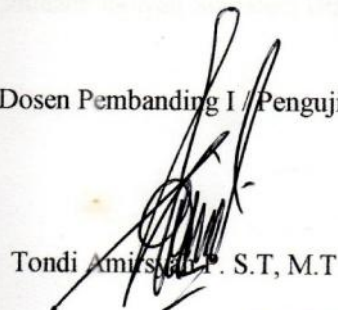
Dosen Pembimbing I / Penguji

  
Dr. Ade Faisal, M. Sc

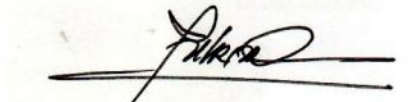
Dosen Pembimbing II / Penguji

  
Bambang Hadibroto, S.T, M.T

Dosen Pembanding I / Penguji

  
Tondi Amirsyah, S.T, M.T

Dosen Pembanding II / Penguji

  
Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T, M.Sc

Program Studi Teknik Sipil  
Ketua,

  
Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T, M.Sc



## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Tri Fauzan

Tempat /Tanggal Lahir: Medan, 19 September 1996

NPM : 1407210241

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil,

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

“Kinerja Struktur Bangunan Baja 5 Lantai Menggunakan *Base Isolator* Dan *Bracing* Lantai Dasar Dengan Analisis Beban Dorong (*Pushover*)”,

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 pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

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

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

Medan, 25 Maret 2019

Saya yang menyatakan,  
  
Fauzan

## ABSTRAK

### **KINERJA STRUKTUR BANGUNAN BAJA 5 LANTAI MENGGUNAKAN BASE ISOLATOR DAN BRACING LANTAI DASAR DENGAN ANALISIS BEBAN DORONG (*PUSHOVER*)**

Tri Fauzan  
1407210241

Dr. Ade Faisal, M, Sc  
Bambang Hadibroto, S.T, M.T

Gempa bumi adalah fenomena alam yang tidak dapat dielakkan oleh manusia di mana insiden tersebut berakhir dengan kerugian material dan korban. Dampaknya sebagian besar terjadi oleh kerusakan dan runtuhnya sebuah bangunan. Teknologi yang dikembangkan di fondasi baru-baru ini sangat berpengaruh untuk meminimalkan keruntuhan struktur akibat gempa. Isolator dasar adalah terobosan teknologi canggih yang ditempatkan pada pondasi yang berfungsi untuk mengurangi efek gempa. Kekakuan dalam struktur juga mempengaruhi daya tahan kerusakan bangunan yang runtuh. Dinding bata berfungsi untuk meningkatkan kekakuan struktur bangunan. Tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui dan membandingkan respon struktur menggunakan isolator basis teknologi dan basis tetap. Parameter ditinjau, yaitu periode alami ( $T$ ), gaya geser ( $V$ ), dan penyimpangan ( $\delta$ ). Analisis yang digunakan adalah analisis statik ekuivalen dan analisis spektrum respons. Ada dua model yang menjadi titik perbandingan. Struktur Bresiing dan Base isolator mempunyai nilai simpangan sebesar 2.897 cm, dan struktur bresig tanpa base isolator mempunyai nilai simpangan sebesar 0.007 cm.

Kata kunci :Gempa Bumi, Basis Isolator, kekakuan, fondasi teknologi, bresiing.

## **ABSTRACT**

### ***THE PERFORMANCE OF STEEL BUILDING STRUCTURES FLOORS USING THE BASE INSULATOR AND FLOOR WITH A BRACING OF PUSHOVER***

Tri Fauzan  
1407210241  
Dr. Ade Faisal, M, Sc  
Bambang Hadibroto, S.T, M.T

*Earthquakes are natural phenomena that cannot be avoided by humans where the incident ends with material losses and casualties. The impact is mostly caused by damage and collapse of a building. The technology developed on the foundation recently has been very influential to minimize structural collapse from the earthquake. The basic isolator is a breakthrough in advanced technology that is placed on a foundation that serves to reduce the effects of earthquakes. Stiffness in the structure also affects the durability of damaged buildings. Brick wall serves to increase the rigidity of the building structure. This final project aims to find out and compare the response of structures using technology base insulators and fixed bases. The parameters are reviewed, namely the natural period ( $T$ ), shear ( $V$ ), and deviation ( $\delta$ ). The analysis used is equivalent static analysis and response spectrum analysis. There are two models that are comparison points. The Bracing structure and base isolator have a deviation value of 2.897 cm, and a bracing structure without base isolator has a deviation value of 0.007 cm*

*Keywords: Earthquake, Base Isolator, stiffness, technology foundation, bracing.*

## KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur bagi Allah SWT yang telah menganugerahkan rahmat, hidayah, dan inayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul “Kinerja Struktur Bangunan Baja 5 Lantai Menggunakan *Base Isolator* Dan *Bracing* Lantai Dasar Dengan Analisis Beban Dorong (*Pushover*)” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU). Shalawat dan salam tak lupa pula penulis hanturkan kepada junjungan alam Nabi Muhammad SAW selaku suri tauladan umat manusia di dunia.

Dalam pembuatan laporan ini penulis memperoleh bantuan dari banyak pihak, untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang tulus dan sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ade Faisal, M. Sc, selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah membimbing, mengarahkan dan memberi masukan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Bambang Hadibroto, S.T, M.T, selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah membimbing, mengarahkan dan memberi masukan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Tondi Amirsyah P, S.T, M.T, selaku Dosen Pembimbing I, Penguji yang telah membimbing, mengarahkan dan memberi masukan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T, M. Sc, selaku Dosen Pembimbing II, Penguji serta Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Ibu Irma Dewi, S.T, M.Si selaku Sekretaris Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan ilmu keteknisipilan yang sangat bermanfaat kepada penulis.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Kedua orang tua penulis: Suriadi dan Dra. Nursyahriawati yang telah mendidik dan membesarkan penulis sampai saat ini.
10. Sahabat-sahabat penulis: Ninik Gusni Sitompul, M. Aditya Putra Panjaitan, rekan-rekan Teknik Sipil stambuk 2014 Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan semua teman-teman yang memberi penulis masukan-masukan yang bermanfaat, dukungan serta semangat pada proses penyelesaian laporan ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa hasil penulisan laporan kerja praktek ini masih jauh dari kata sempurna, maka dengan demikian penulis mengharapkan adanya saran dan kritikan yang bersifat konstruktif dan membangun dari para pembaca, sehingga menjadi bahan pembelajaran pada masa yang akan datang untuk mencapai hasil yang maksimal. Semoga laporan Proposal Tugas Akhir ini bermanfaat bagi pembaca atau bagi dunia konstruksi teknik sipil.

Medan, 25 Maret 2018

Tri Fauzan



## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR NOTASI	xvii
DAFTAR SINGKATAN	xxi
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	3
1.5.1. Manfaat Teoritis	3
1.5.2. Manfaat Praktis	4
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB 2 STUDI PUSTAKA	
2.1. Gempa	5
2.2. Wilayah Gempa	7
2.3. Klasifikasi Situs, Jenis Pemanfaatan dan Kategori Risiko Struktur Bangunan	8
2.4. Parameter Respon Spektra Percepatan Gempa	11
2.5. Kategori Desain Seismik	14
2.6. Faktor Reduksi Gempa	15
2.7. Gaya Geser Dasar Seismik	18
2.8. Perioda Fundamental	19

2.9. Penentuan Distribusi Vertikal Gaya Gempa ( $F_i$ )	20
2.10. Parameter Respon Terkombinasi	21
2.11. Kekakuan ( <i>Stiffnes</i> )	22
2.12. Pembebanan	23
2.12.1. Beban Mati	23
2.12.2. Beban Hidup	25
2.12.3. Beban Angin	29
2.12.4. Beban Gempa	30
2.13. Simpangan Antar Lantai	30
2.14. Kombinasi Beban	31
2.15. Persyaratan Untuk Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) Berdasarkan SNI 2847;2013	33
2.16. Dinding Pengisi	34
2.16.1. Material Baja	34
2.17. Isolasi Dasar	35
2.17.1. Elemen Dasar Isolasi Dasar	37
2.17.2. <i>High Dumping Rubber Bearing</i> (HDRB)	38
2.17.3. Prosedur Desain Isolasi Dasar HDRB	39
2.18. Prosedur Gaya Lateral Ekuivalen Sistem Isolasi Menurut SNI 1726-2012	41
2.18.1. Perpindahan Rencana	42
2.18.2. Periode Efektif Pada Saat Perpindahan Rencana	42
2.18.3. Perpindahan Maksimum	43
2.18.4. Perpindahan Efektif Pada Saat Perpindahan Maksimum	43
2.18.5. Perpindahan Total	44
2.18.6. Kekakuan Efektif Maksimum	44
2.18.7. Gaya Lateral Minimum	45
2.18.8. Distribusi Gaya Vertikal	45
2.18.9. Batas Simpangan Antar Lantai Pada struktur Isolasi Dasar	45
<b>BAB 3</b> <b>METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1. Bagan Alir / <i>Flow Chart</i> Penelitian	46

3.2.	Rancangan Penelitian	47
3.3.	Data Penelitian: Data Desain Pada <i>Software</i>	47
3.3.1.	Data Material	47
3.3.2.	Desain Balok dan Kolom	48
3.3.3.	Desain Plat	48
3.3.4.	Pembebanan	50
3.4.	Metode Respon Spektrum Berdasarkan SNI 1726;2012	53
3.5.	Kombinasi Beban	57
3.6.	Desain Isolasi Dasar	58
3.7.	Prosedur Gaya Lateral Ekuivalen Sistem Isolasi Menurut SNI 1726;2012	59
<b>BAB 4</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1.	Tinjauan Umum	61
4.2.	Hasil Analisis	61
4.3.	Penentuan Berat Total Perlantai ( $W_i$ )	62
4.4.	Penentuan Perioda Alami Struktur ( $T_1$ )	62
4.5.	Perioda Fundamental Pendekatan ( $T_a$ )	64
4.6.	Penentuan Gaya Geser Seismik ( $V$ )	65
4.7.	Penentuan Distribusi Vertikal Gaya Gempa ( $F_i$ )	66
4.8.	Spektrum Respon Ragam	68
4.9.	Gaya Geser Analisis Respon Spektrum	69
4.10.	Nilai Simpangan Gedung (Nilai Respon Bangunan)	72
4.11.	Kekakuan Struktur	74
4.12.	Analisa Isolasi Dasar	76
4.13.	Analisa <i>Pushover Fixed Base</i>	77
<b>BAB 5</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1.	Kesimpulan	82
5.2.	Saran	82
	<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>84</b>
	<b>LAMPIRAN</b>	
	<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Ekuivalen Energy Gempa Bumi Dikonversikan Kedalam Satuan Skala Richter	5
Tabel 2.2	Klasifikasi Situs (SNI 1726;2012)	8
Tabel 2.3	Kategori Risiko Bangunan Gedung Dan Non Gedung Untuk Beban Gempa (SNI 1726;2012)	9
Tabel 2.4	Faktor Keutamaan Gempa (SNI 1726;2012)	11
Tabel 2.5	Koefisien Situs, $F_a$ (SNI 1726;2012)	11
Tabel 2.6	Koefisien Situs, $F_v$ (SNI 1726;2012)	12
Tabel 2.7	Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode Pendek	14
Tabel 2.8	Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode 1 Detik	14
Tabel 2.9	Faktor $R$ , $C_d$ , dan $\rho_0$ Untuk Sistem Penahan Gaya Gempa (SNI 1726;2012)	15
Tabel 2.10	Nilai Parameter Periode Pendekatan $C_r$ , Dan $\alpha$ Berdasarkan SNI 1726 ;2012	20
Tabel 2.11	Koefisien Untuk Batas Atas Pada Periode Yang Dihitung Berdasarkan SNI 1726;2012	20
Tabel 2.12	Berat Sendiri Bahan Bangunan Dan Komponen Gedung	23
Tabel 2.13	Beban Hidup Pada Lantai Gedung	25
Tabel 2.14	Faktor Elemen Hidup	29
Tabel 2.15	Simpangan Antar Lantai Izin Berdasarkan SNI 1726;2012	31
Tabel 2.16	Tabel Sifat Mekanis Baja Struktural	36
Tabel 2.17	Nilai dasar material isolasi HDRB	39
Tabel 2.18	Koefisien redaman, $B_D$ atau $B_M$	42
Tabel 3.1	Jenis Baja	47
Tabel 3.2	<i>Satndard Section Dimension</i>	48
Tabel 3.3	Beban Hidup Pada Lantai Gedung	50
Tabel 3.4	Beban Mati Tambahan Pada Lantai Gedung	51

Tabel 3.5	Interpolasi koefisien situs, $F_a$ dan $F_v$ (SNI 1726-2012).	53
Tabel 3.6	Nilai $S_{DS}$ dan $S_{D1}$ untuk kota Medan	54
Tabel 3.7	Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek.	54
Tabel 3.8	Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik.	54
Tabel 3.9	Data spektrum respon berdasarkan SNI 1726-2012 Kota Medan untuk tanah sedang.	56
Tabel 3.10	Tabel kombinasi pembebanan untuk $\rho = 1.3$ dan $S_{DS} = 0.466$ .	57
Tabel 3.11	Nilai dasar material isolasi HDRB (Farissi dan Budiono).	58
Tabel 3.12	Nilai-nilai parameter desain isolasi dasar HDRB	58
Tabel 3.13	Nilai-nilai prosedur dalam mencari gaya lateral ekuivalen	59
Tabel 4.1	Hasil berat sendiri bangunan per lantai struktur bangunan	61
Tabel 4.2	Rekapitulasi berat total per lantai struktur bangunan	62
Tabel 4.3	Waktu getar alami struktur SRPMK dengan bresing tanpa base isolator	62
Tabel 4.4	Waktu getar alami struktur SRPMK dengan bresing dengan base isolator	63
Tabel 4.5	Hasil persentase nilai perioda	64
Tabel 4.6	Nilai koefisien batas atas ( $C_u$ )	64
Tabel 4.7	Pengecekan nilai perioda SAP2000	65
Tabel 4.8	Nilai $C_s$ Yang digunakan	66
Tabel 4.9	Gaya geser nominal static ekuivalen ( $V$ )	66
Tabel 4.10	Nilai $F_{ix}$ dan $F_{iy}$ per lantai pada struktur bangunan	67
Tabel 4.11	Gaya geser gedung tiap lantai	67
Tabel 4.12	Pengecekan story shear dengan 35% gaya geser dasar reduksi 1	68
Tabel 4.13	Pengecekan story shear dengan 35% gaya geser dasar reduksi 1,368	68
Tabel 4.14	Gaya geser respon spektrum struktur bangunan	69
Tabel 4.15	Pengecekan gayageser respon spektrum struktur bangunan	70
Tabel 4.16	Hasil gaya geser respon spectrum setelah dikalikan faktor skala	71
Tabel 4.17	Pengecekan gaya geser respon spektrum	71
Tabel 4.18	Nilai simpangan gedung arah x dan y pada kinerja batas ultimitit	72

Tabel 4.19 Nilai kekakuan struktur gedung tiap lantai	75
Tabel 4.20 Distribusi gaya vertical system isolasi	76
Tabel 4.21 Nilai $F_{ix}$ dan $F_{iy}$ tiap lantai pada struktur bangunan isolasi dasar	76
Tabel 4.22 Nilai simpangan gedung arah X	77
Tabel 4.22 Nilai simpangan gedung arah Y	78

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Peta Tektonik Wilayah Indonesia	6
Gambar 2.2	Peta Respon Spektra Percepatan 0,2 Detik Di Batuan Dasar $S_b$ Untuk Probabilitas Terlampaui 2% Dalam 50 Tahun (Redaman 5%)	7
Gambar 2.3	Peta Respon Spektra Percepatan 1 Detik Di Batuan Dasar $S_b$ Untuk Probabilitas Terlampaui 2% Dalam 50 Tahun (Redaman 5%)	7
Gambar 2.4	Bentuk Tipikal Respon Spektra Desain Di Permukaan Tanah (SNI 1726-2012)	13
Gambar 2.5	Letak Isolasi Dasar Pada Struktur Bangunan Gedung	37
Gambar 2.6	Perangkat HDRB Dan Mekanisme Pergerakannya	39
Gambar 3.1	Bagan Alir ( <i>Flow Chart</i> ) Penelitian	46
Gambar 3.2	Denah Struktur Tampak Atas	49
Gambar 3.3	Model 1 Denah Struktur Perletakan Jepit Tampak Depan	49
Gambar 3.4	Model 2 Denah Struktur Dengan Isolasi Dasar	50
Gambar 3.5	Model Struktur Bangunan Pada <i>Software</i>	52
Gambar 3.6	Grafik Spektrum Respon Gempa Rencana	55
Gambar 3.7	Pemodelan Desain Isolasi Dasar Yang Akan Diinput Pada <i>software</i>	59
Gambar 4.1	Grafik pengecekan gaya geser antar lantai dengan 35% gaya geser dasar dengan reduksi 1,3 ( $=1,3$ )	69
Gambar 4.2	Grafik simpangan antar tingkat arah x dan y struktur bangunan SRPMK dengan bresing tanpa base isolator	73
Gambar 4.3	Grafik simpangan antar tingkat arah x dan y struktur bangunan SRPMK dengan bresing dengan base isolator	74
Gambar 4.4	Kurva <i>pushover</i> struktur bangunan SRPMK dengan bresing tanpa base isolator	79
Gambar 4.5	Kurva <i>pushover</i> struktur bangunan SRPMK dengan bresing dengan base isolator	80

## DAFTAR NOTASI

$A$	= luasan area bantalan ( $\text{mm}^2$ )
$a$	= percepatan ( $\text{m/s}^2$ )
	= lebar efektif strat (m)
$A_g$	= luas bruto penampang kolom ( $\text{mm}^2$ )
$A_T$	= luas struktur bangunan ( $\text{m}^2$ )
$A_S$	= luasan penyangga besi perletakan bantalan ( $\text{mm}^2$ )
$b$	= ukuran denah struktur tependek diukur tegak lurus terhadap d (mm)
$B_D$	= koefisien numerik terkait dengan redaman efektif sistem isolasi pada perpindahan rencana
$B_M$	= koefisien numerik terkait dengan redaman efektif sistem isolasi pada perpindahan rencana
$b_w$	= lebar komponen balok
$c_2$	= komponen struktur penumpu
$C_d$	= koefisien amplikasi defleksi
$C_r$	= parameter periode pendekatan
$C_s$	= koefisien respons seismik
$C_u$	= Ditentukan dari Tabel 2.12
$C_{vx}$	= faktor distribusi vertikal
$d$	= ukuran terpanjang denah struktur (mm)
$D$	= perpindahan horizontal maksimum (mm)
$D$ atau $DL$	= beban mati
$d$	= perpindahan (mm)
$D_D$	= perpindahan rencana sistem isolasi (mm)
$D_M$	= perpindahan maksimum sistem isolasi (mm)
$D_{TD}$	= perpindahan rencana total (mm)
$D_{TM}$	= total perpindahan maksimum (mm)
$D_y$	= deformasi leleh (m)
$e$	= eksentrisitas sesungguhnya diukur dari denah antara titik pusat massa struktur di atas batas pemisah isolasi dan titik pusat



kekakuan sistem isolasi, ditambah dengan eksentrisitas tak terduga, diambil sebesar 5% dari ukuran maksimum bangunan tegak lurus untuk arah gaya yang ditinjau

$E$	= beban gempa
$E_c$	= modulus elastisitas (MPa)
$E_{fe}$	= modulus elastisitas material portal
$E_h$	= beban gempa horizontal
$E_{me}$	= modulus elastisitas material portal
$E_v$	= beban gempa vertical
$E_X$	= beban gempa arah x
$E_Y$	= beban gempa arah y
$F_a$	= koefisien situs untuk perioda pendek
$f'_c$	= mutu beton (MPa)
$F_i$ atau $F_x$	= bagian V yang bekerja di tingkat x (kg)
$f'_m$	= kuat tekan rata-rata
$F_v$	= koefisien situs untuk perioda panjang
$F_{ys}$	= Tegangan leleh tulangan sengkang (MPa)
$G$	= modulus geser (MPa)
$g$	= percepatan grafitasi ( $m/s^2$ )
$h$ atau $h_n$	= tinggi struktur (m)
$h_{col}$	= tinggi kolom diantara as-balok (m)
$h_{inf}$	= tinggi dinding portal (m)
$h_x$ dan $h_i$	= tinggi tingkat x dari dasar (m)
$I_{col}$	= inersia penampang kolom ( $m^4$ )
$I_e$	= faktor keutamaan gempa
$K_d$	= kekakuan rencana (kN/m)
$K_{Dmin}$	= kekakuan efektif minimum sistem isolasi
$K_{Dmax}$	= kekakuan efektif maksimum
$K_{eff}$	= kekakuan efek satu unit isolasi (kN/m)
$K_H$	= kekakuan horizonral (N/mm)
$K_i$	= kekakuan di tingkat-i
$K_{LL}$	= faktor elemen beban hidup

$K_{Mmin}$	= kekakuan efektif minimum sistem isolasi, pada saat perpindahan maksimum
$K_u$	= kekakuan ultimit (kN/m)
$K_v$	= kekakuan vertical (N/mm)
L atau LL	= beban hidup rencana tereduksi
$\ell_n$	= Bentang bersih komponen struktur (m)
$W_o$	= beban hidup rencana tanpa reduksi
$N$	= jumlah tingkat
$q_{std}$ atau $q_{std} \bar{h}$	= tahanan penetrasi standar lapangan rata-rata
$PI$	= indeks plastisitas
$P_U$	= gaya tekan aksial terfaktor
$Q_u$	= kapasitas ultimit (kN)
$Q_y$	= kapasitas gaya leleh (kN)
R atau $R^a$	= koefisien modifikasi respons
$R_1$	= koefisien numerik yang berhubungan dengan sistem gaya penahan
$r_{inf}$	= panjang diagonal dinding pengisi (m)
S	= shape faktor
$S_a$	= respon spektra percepatan
$S_I$	= parameter percepatan respon spektral MCE dari peta gempa pada periode 1 detik, redaman 5 persen
$S_d$	= simpangan relatif maksimum
$S_{DI}$	= parameter percepatan respon spektral pada periode 1 detik, redaman 5 persen
$S_{DS}$	= parameter percepatan respon spektral pada periode pendek, redaman 5 persen
$S_{MI}$	= parameter percepatan respon spektral MCE pada periode 1 detik yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs
$S_{MS}$	= parameter percepatan respon spektral MCE pada periode pendek yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs
$S_s$	= parameter percepatan respon spektral MCE dari peta gempa pada periode pendek, redaman 5 persen
$\bar{u}$	= kuat geser niralir rata-rata (kpa)
T	= periode fundamental bangunan (s)

$T_0$	$= 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$
$T_a$	= Periode fundamental pendekatan minimum (s)
$T_{a \text{ maksimum}}$	= Periode fundamental pendekatan maksimum (s)
$T_D$	= periode efektif, pada saat perpindahan rencana (s)
$T_M$	= periode efektif, pada saat perpindahan maksimum (s)
$t_{inf}$	= tebal dinding pengisi (m)
$T_S$	$= \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$
$t$	= tebal karet per layer
$t_r$	= tebal keseluruhan bantalan (mm)
$V$	= gaya geser dasar (kg)
$v$	= kecepatan (m/s)
$\bar{f}_b$	= gaya lateral minimum yang berada dibawah sistem isolasi (kg)
$\bar{f}_s$	= gaya lateral minimum diatas sistem isolasi (kg)
$\bar{v}$	= kecepatan rata-rata gelombang geser (m/s)
$\bar{W}$	= berat total gedung (kg)
$w$	= kadar air (%)
$w_x \text{ dan } w_i$	= bagian dari $W$ yang ditempatkan di tingkat $x$ (kg)
$y$	= jarak antara titik pusat kekakuan sistem isolasi dan elemen yang diinginkan dihitung tegak lurus dengan arah yang ditinjau
	= faktor redundansi struktur
$c$	= renggangan pada tegangan maksimum
	= redaman (%)
	= sudut yang dibentuk antara tinggi dan panjang dinding pengisi
	= regangan geser maksimum
	= faktor reduksi kekakuan
$\lambda$	= koefisien yang digunakan untuk menentukan lebar efektif strat
$\alpha$	= faktor kuat lebih sistem
$\mu$	= adalah konstanta yang tergantung pada peraturan perencanaan bangunan yang digunakan, misalnya untuk IBC-2009 dan ASCE 7-10 dengan gempa 2500 tahun menggunakan nilai $\mu$ sebesar 2/3 tahun
	= simpangan antar tingkat

<i>i</i>	= simpangan di tingkat <i>i</i>
$\Phi$	= diameter lingkaran karet (mm)
<i>SA</i>	=batuan keras
<i>SB</i>	= batuan
<i>SC</i>	= tanah keras, sangat padat dan batuan lunak
<i>SD</i>	= tanah sedang
<i>SE</i>	= tanah lunak
<i>SF</i>	= tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs

## DAFTAR SINGKATAN

ASCE	= American Society of Civil Engineers
BJLS	= BaJa Lapis Seng
CQC	= Complete Quadratic Combination
DKK	= Dan Kawan Kawan
SAP	= Structural Analysis Program
FEMA	= Federal Emergency Management Agency
FPS	= Friction Pendulum System
HDRB	= High-Dumping Rubber Bearing
IBC	= Intermediate Bulk Container
LRB	= Lead Rubber Bearing
PPPURG	= Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung
RBE	= Rangka Bresing Eksentris
SDOF	= Single Degree Of Freedom
SNI	= Standar Nasional Indonesia
SRPMB	= Struktur Rangka Pemikul Momen Biasa
SRPMK	= Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus
SRPMM	= Struktur Rangka Pemikul Momen Menengah
SRSS	= Square Root of the Sum of Squares
TNT	= Tri Nitro Toluene
UBC	= Uniform Building Code

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sistem perancang struktur khususnya konstruksi baja kini berkembang menuju ke arah penghematan, tanpa mengurangi faktor kekuatan dan keamanan dari system konstruksinya. Hal ini ditandai dengan adanya penemuan konsep-konsep perancang yang baru, sebagai penyempurnaan konsep perancang sebelumnya, yang dikembangkan dalam perancang sebuah struktur.

Masalah gempa yang menjadi ancaman suatu struktur bangunan sipil dalam hal kita ambil sebagai contoh adalah gedung., terus dipikirkan sehingga diperoleh suatu konfigurasi yang tahan gempa. Hal ini ditandai dengan adanya penemuan konsep-konsep perancang yang baru, sebagai penyempurnaan konsep perancangan pada sebuah struktur.

Gempa bumi sendiri adalah fenomena getaran yang dikaitkan dengan kejutan pada kerak bumi. Beban kejut ini dapat disebabkan oleh banyak hal, tetapi salah satu yang utama adalah benturan pergesekan kerak bumi yang mempengaruhi permukaan bumi. Lokasi gesekan ini disebut *fault zone*. Gelombang ini menyebabkan permukaan bumi dan bangunan di atasnya bergetar. Pada saat bangunan bergetar, timbul gaya-gaya pada struktur bangunan karena adanya kecenderungan masa bangunan untuk mempertahankan dirinya dari gerakan. Gaya yang timbul ini disebut inersia. Faktor lain adalah bagaimana masa tersebut terdistribusi, kekakuan struktur, kekakuan tanah, jenis pondasi, adanya mekanisme redaman pada bangunan, dan tentu saja perilaku yang terbesar getaran itu sendiri. Gerakan tanah horizontal biasanya merupakan bentuk terpenting dalam tinjauan desain struktural.

Massa dan kekakuan struktur, juga periode alami getaran yang berkaitan, merupakan faktor terpenting yang mempengaruhi respon keseluruhan struktur terhadap gerakan dan besar serta perilaku gaya-gaya yang timbul sebagai akibat

gerakan tersebut. Struktur mempunyai fleksibilitas seperti umumnya struktur gedung yang akan ditinjau berikutnya.

Satu aspek penting yang utama dalam meninjau perilaku struktur fleksibel yang mengalami percepatan tanah adalah periode alami getaran. Apabila puncak struktur dipindahkan secara horizontal, kemudian dilepaskan, jelaslah bahwa bagian atas struktur itu akan bersosialisasi bolak-balik dengan amplitude yang semakin kecil sampai pada akhirnya struktur kembali diam.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang dikemukakan diatas, maka rumusan masalah dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui penggunaan *base isolator* pada struktur rangka baja yang dikenai beban gempa mampu mereduksi respon struktur yang baik perpindahan, kecepatan maupun percepatan.
2. Mengetahui nilai kuat dinding panel dengan *bracing* (perkuatan) menggunakan diagonal tulangan baja.
3. Mengetahui perbandingan perilaku seismik antara system struktur baja dengan *bracing* lantai dasar berdasarkan analisis *pushover*

## **1.3 Batasan Masalah**

Untuk menghindari perluasan masalah-masalah yang tidak terkait dengan tugas akhir ini, maka ditetapkan batasan masalah sebagai berikut:

1. Struktur yang dianalisis adalah bangunan yang menggunakan material utama beton yang terdiri dari 5 lantai termasuk atap dengan denah tipikal dan beraturan. Elemen struktur yang direncanakan adalah elemen struktur balok dan kolom.
2. Menggunakan alat bantu *software* analisis struktur, dalam perencanaan struktur gedung.
3. Sistem struktur yang digunakan yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

4. Bangunan gedung diasumsikan sebagai gedung perkantoran yang terletak dikota Medan dengan klasifikasi situs tanah sedang (SD)
5. Menggunakan isolasi dasar jenis *High Dumping Rubber Bearing*(HDRB).
6. Untuk struktur bawah dan tangga diabaikan.
7. Plat lantai hanya diasumsikan menggunakan beton setebal 12 cm kecuali plat lantai atap 10 cm, serta tidak diperhitungkan secara detail dalam tugas akhir ini.
9. Penyusunan tugas akhir ini berpedoman pada peraturan-peraturan sebagai berikut:
  - a. Menggunakan peraturan *SNI 1729;2015* untuk baja.
  - b. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung *SNI 1726;2012*.
  - c. Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain *SNI 1727;2013*.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah di atas, adapun tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk menganalisa bangunan baja 5 lantai menggunakan *base isolator* dan *bracing* lantai dasar dengan menggunakan Sap2000 sebagai analisis struktur sebagai pemodelan.
2. Untuk melakukan perbandingan nilai simpangan pada setiap model.
3. Untuk mengetahui kemampuan bangunan dalam merespon kekuatan gempa dengan analisa beban dorong (*pushover*).

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penulisan skripsi ini dapat dikemukakan menjadi dua sisi:

##### **1.5.1 Manfaat teoritis**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat secara teoritis, sekurang-kurangnya dapat berguna sebagai sumbangan pemikiran bagi dunia pendidikan khususnya teknik sipil.



### **1.5.2 Manfaat praktis**

Menambah wawasan penulis mengenai pentingnya memperhatikan struktur bangunan yang kita rencanakan khususnya struktur bangunan penahan gempa dengan menggunakan isolasi dasar karena kita berada dalam daerah yang rawan akan gempa bumi.

Bagi pembaca dan masyarakat umum agar tugas akhir ini untuk selanjutnya dijadikan sebagai acuan dan pertimbangan dalam perencanaan struktur bangunan tahan gempa kedepannya. Terutama daerah yang dekat dengan patahan lempeng seperti Jawa dan Sumatera agar kita dapat mengurangi korban jiwa dan kerugian ekonomi yang disebabkan oleh bencana gempa bumi.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

### **BAB 1: Pendahuluan**

Dalam bab ini dibahas latar belakang, rumusan masalah, tujuan, ruang lingkup penelitian, manfaat penelitian, sistematika penulisan dan bagan alir.

### **BAB 2: Studi Pustaka**

Bab ini membahas mengenai dasar teori yang digunakan dalam menyelesaikan masalah-masalah yang ada.

### **BAB 3: Metodologi Penelitian**

Bab ini berisikan rancangan penelitian, geometri model, dan analisa struktur.

### **BAB 4: Hasil dan Pembahasan**

Bab ini berisi tentang data hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan.

### **BAB 5: Kesimpulan dan Saran**

Dalam bab ini mengenai kesimpulan mengenai hasil penelitian dan analisis. Sebagai pelengkap laporan disertakan juga beberapa data hasil analisis sebagai lampiran.

## BAB 2

### STUDI PUSTAKA

#### 2.1 Gempa

Ilmu yang mempelajari tentang terjadinya gempa bumi dinamakan seismologi, dimana gempa adalah suatu getaran yang terjadi di bumi, bersumber dari dalam perut bumi dan kemudian getaran tersebut dirasakan atau berdampak pada permukaan kulit bumi.

Besarnya nilai gempa yang terjadi adalah jumlah total energi yang dilepaskan, besarnya diukur secara langsung oleh pihak yang berwenang di wilayah tersebut. Saat ini nilai yang sering digunakan untuk menentukan besarnya gempa yang terjadi adalah skala richter (Young, 1975). Untuk melihat besarnya energi gempa yang terjadi dalam skala richter bisa dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1: Ekuivalen energi gempa bumi dikonversikan kedalam satuan skala Richter.

<i>Earthquake Magnitude (SR)</i>	TNT ekuivalen	Contoh
1.0	6 ons	
1.5	2 pounds	
2.0	13 pounds	
2.5	63 pounds	
3.0	397 pounds	
3.5	1.000 pounds	
4.0	6 tons	
4.5	32 tons	
5.0	199 tons	
5.3	500 tons	
5.5	1.000 tons	
6.0	6.270 tons	
6.3	15.800 tons	Solok dan Bukit Tinggi, 2007
6.5	31.550 tons	Kepulauan Banggai, 2000
7.0	199.000 tons	
7.1	250.000 tons	Papua, 1976
7.5	1.000.000 tons	Pulau Flores, 1992

Tabel 2.1: Lanjutan.

<i>Earthquake Magnitude (SR)</i>	TNT Ekivalen	Contoh
7.7	1.990.000 tons	Ciamis dan Cilacap, 2006
8.0	6.270.000 tons	Kepulauan Sunda, 1977
8.2	12.550.000 tons	Pulau Nias, 2005
8.5	31.550.000 tons	Seluruh Pulau Sumatera, 2012
9.0	199.999.000 tons	Aceh dan sebagian Sumatera Utara, 2004

- **Gempa Bumi Tektonik**

Gempa bumi tektonik disebabkan adanya pergeseran-pergeseran di dalam bumi secara tiba-tiba. Gejala ini sangat erat hubungannya dengan pembentukan pegunungan yang biasanya diikuti dengan pembentukan sesar-sesar baru.

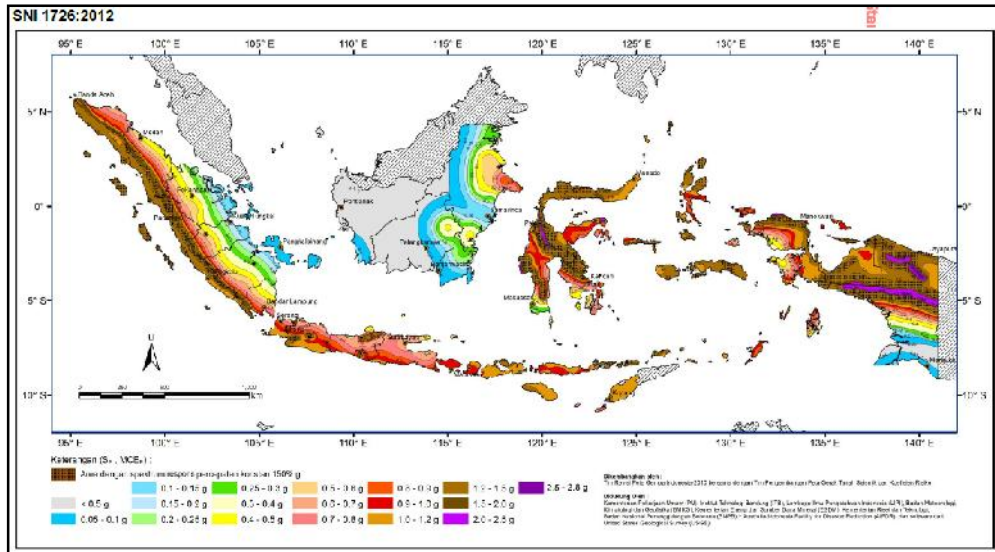
Ketegangan-ketegangan yang terjadi di dalam bumi akan mengaktifkan kembali sesar-sesar lama yang sudah tidak aktif. Apabila pergerakan tersebut cukup besar dan terekam oleh seismograf akan menyebabkan terjadinya gempa bumi tektonik. Letak dan jenis lempeng yang mengapit Indonesia bisa dilihat pada Gambar 2.1.



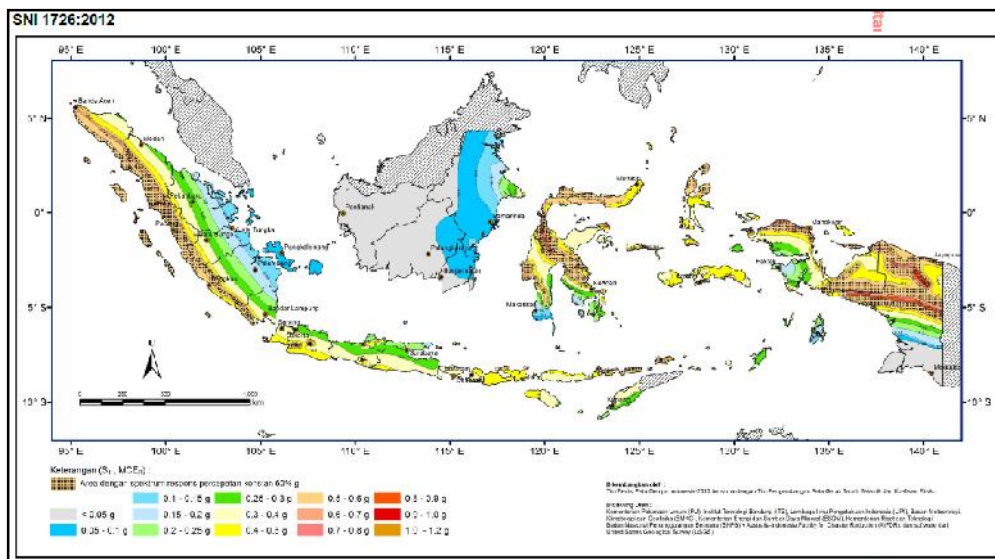
Gambar 2.1: Peta tektonik wilayah Indonesia (Noroadityo, 2000).

## 2.2 Wilayah Gempa

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 14, wilayah gempa Indonesia ditetapkan berdasarkan parameter  $S_s$  (percepatan batuan dasar pada periode pendek 0,2 detik) dan  $S_I$  (percepatan batuan tanah dasar pada periode 1 detik).



Gambar 2.2: Peta respon spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar  $s_b$  untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun (redaman 5%).



Gambar 2.3: Peta respon spektra percepatan 1 detik di batuan dasar  $s_b$  untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun (redaman 5%).

### 2.3 Klasifikasi Situs, Jenis Pemanfaatan dan Kategori Risiko Struktur Bangunan

Struktur bangunan direncanakan sebagai gedung perkantoran dengan kategori resiko II dan klasifikasi situs untuk desain seismik diasumsikan dengan kelas situs SC. Karena penulis tidak melakukan analisis perhitungan geoteknik, maka untuk kecepatan rata-rata gelombang geser,  $\bar{v}_s$ , tahanan penetrasi standar lapangan rata-rata,  $\bar{N}$ , dan kuat geser niralir rata-rata,  $\bar{S}_u$  nilainya hanya diasumsikan.

Tabel 2.2: Klasifikasi Situs (SNI 1726;2012).

Kelas situs	$\bar{v}_s$ (m/de)	Tahanan penetrasi standar lapangan (kPa)	$\bar{S}_u$ (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
SE (tanah lunak)	<175	<15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Indeks plastisitas, <math>PI &gt; 20</math>,</li> <li>2. Kadar air, <math>w &gt; 40\%</math></li> <li>3. Kuat geser niralir, <math>S_u &lt; 25</math> kPa</li> </ol>		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti likuifaksi, lempung sangat sensitif, dan tanah tersementasi lemah</li> <li>- Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan <math>H &gt; 3</math>m)</li> <li>- Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan <math>H &gt; 7,5</math>m dengan indeks plastisitas <math>PI &gt; 75</math>)</li> </ul> Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $S_u < 50$ kPa		

Catatan: N/A = tidak dapat dipakai

Tabel 2.3: Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa (SNI 1726;2012).

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk tapi tidak dibatasi untuk, antara lain :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan</li> <li>- Fasilitas sementara</li> <li>- Gudang penyimpanan</li> <li>- Rumah jaga dan struktur kecil lainnya.</li> </ul>	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I, II, IV termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perumahan</li> <li>- Rumah toko dan rumah kantor</li> <li>- Pasar</li> <li>- Gedung perkantoran</li> <li>- Gedung apartemen/ rumah susun</li> <li>- Pusat perbelanjaan/ mall</li> <li>- Bangunan industri</li> <li>- Fasilitas manufaktur</li> <li>- Pabrik</li> </ul>	II
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bioskop</li> <li>- Gedung pertemuan</li> <li>- Stadion</li> <li>- Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat</li> <li>- Penjara</li> <li>- Bangunan untuk orang jompo</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan /atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pusat pembangkit listrik biasa</li> <li>- Fasilitas penanganan air</li> <li>- Fasilitas penanganan limbah</li> <li>- Pusat telekomunikasi</li> </ul>	III

Tabel 2.3: *Lanjutan.*

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak dimana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	III
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas penting, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bangunan-bangunan monumental</li> <li>- Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan</li> <li>- Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat</li> <li>- fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat</li> <li>- Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, badai angin, dan tempat perlindungan darurat lainnya</li> <li>- Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat</li> <li>- Pust pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat</li> <li>- Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	IV

Tabel 2.4: Faktor keutamaan gempa (SNI 1726;2012).

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, $I_e$
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

## 2.4 Parameter Respon Spektra Percepatan Gempa

Respon spektra merupakan konsep pendekatan yang digunakan untuk keperluan perencanaan bangunan. Definisi respons spektra adalah respons maksimum dari suatu sistem struktur *Single Degree of Freedom (SDOF)* baik percepatan ( $a$ ), kecepatan ( $v$ ), perpindahan ( $d$ ) dengan struktur tersebut di bebani oleh gaya luar tertentu.

Absis dari respons spektra adalah periode alami sistem struktur dan ordinat dari respons spektra adalah respons maksimum. Kurva respons spektra akan memperlihatkan simpangan relatif maksimum ( $S_d$ ) (Budiono, B. dan Supriatna, 2011). Untuk penentuan parameter respon spektra percepatan di permukaan tanah, diperlukan faktor amplifikasi terkait spectra percepatan untuk perioda pendek ( $F_a$ ) dan periode 1,0 detik ( $F_v$ ).

Selanjutnya parameter respon spektra percepatan di permukaan tanah dapat diperoleh dengan cara mengalikan koefisien  $F_a$  dan  $F_v$  dengan spektra percepatan untuk perioda pendek ( $S_s$ ) dan perioda 1,0 detik ( $S_I$ ) di batuan dasar yang di peroleh dari peta gempa Indonesia SNI 1726;2012.

Tabel 2.5: Koefisien situs,  $F_a$  (SNI 1726;2012).

Kelas situs	Parameter respon spektral percepatan gempa ( $MCE_R$ ) terpetakan pada perioda pendek, $T = 0,2$ detik, $S_s^a$				
	$S_s = 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$
<i>SA</i>	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
<i>SB</i>	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
<i>SC</i>	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
<i>SD</i>	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
<i>SE</i>	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
<i>SF</i>	$SS^b$				



Tabel 2.6: Koefisien situs,  $F_v$  (SNI 1726;2012).

Kelas situs	Parameter respon spektral percepatan gempa ( $MCE_R$ ) terpetakan pada perioda pendek, $T = 1$ detik, $S_1^a$				
	$S_1 = 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 = 0,5$
<i>SA</i>	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
<i>SB</i>	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
<i>SC</i>	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
<i>SD</i>	2,4	2	1,8	1,6	1,5
<i>SE</i>	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
<i>SF</i>	$SS^b$				

Catatan:

- Untuk nilai-nilai antara  $S_j$  dapat dilakukan interpolasi linier
- $SS$  = situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisa respons situs-spesifik.

Parameter spektrum respon percepatan pada periode pendek ( $S_{MS}$ ) dan periode 1 detik ( $S_{M1}$ ) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan Pers. 2.1 dan 2.2 berikut:

$$S_{MS} = F_a S_s \quad (2.1)$$

$$S_{M1} = F_v S_1 \quad (2.2)$$

dimana:

$S_s$  adalah parameter respon spektral percepatan gempa terpetakan untuk periode pendek,

$S_1$  adalah parameter respon spektral percepatan gempa terpetakan untuk periode 1 detik.

Parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek,  $S_{DS}$  dan pada perioda 1 detik,  $S_{D1}$ , ditentukan dari Pers. 2.3 dan 2.4 :

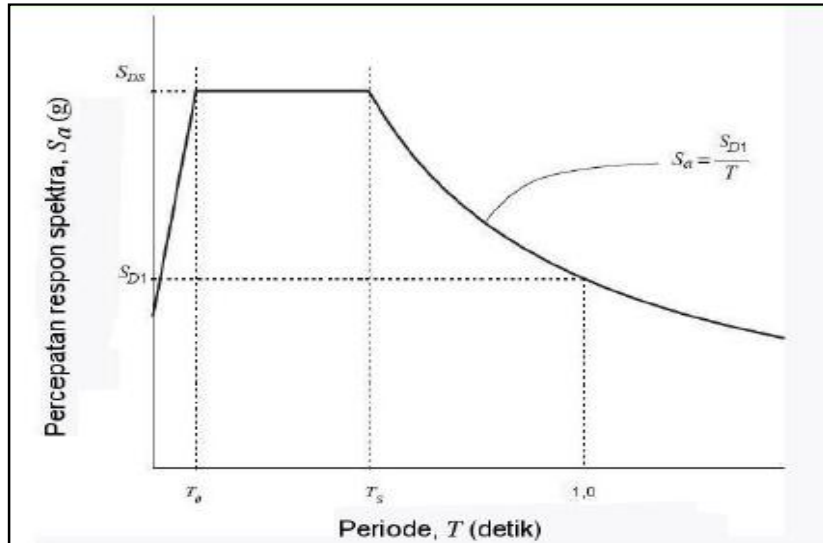
$$S_{DS} = \mu S_{MS} \quad (2.3)$$

$$S_{D1} = \mu S_{M1} \quad (2.4)$$

dimana:

$S_{DS}$  adalah respon spektra percepatan desain untuk periode pendek,

$S_{D1}$  adalah respon spektra percepatan desain untuk periode 1 detik,  
 $\mu$  adalah konstanta yang tergantung pada peraturan perencanaan bangunan yang digunakan, misalnya untuk IBC-2009 dan ASCE 7-10 dengan gempa 2500 tahun menggunakan nilai  $\mu$  sebesar 2/3 tahun.



Gambar 2.4. Bentuk tipikal respon spektra desain di permukaan tanah (SNI1726;2012).

Kurva spektrum respon desain harus mengikuti ketentuan berikut ini:

1. Untuk periode lebih kecil dari  $T_0$ , respon spektra percepatan desain,  $S_a$  harus diambil dari Pers. 2.5 berikut:

$$S_a = S_{DS} \left( 0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (2.5)$$

2. Untuk periode lebih besar atau sama dengan  $T_0$ , dan lebih kecil atau sama dengan  $T_s$ , respon spektra percepatan,  $S_a$  adalah sama dengan  $S_{DS}$ .
3. Untuk periode lebih besar dari  $T_s$ , respon spektra percepatan,  $S_a$  didapatkan dari Pers. 2.6.

$$S_a = \frac{S_{DS}}{T} \quad (2.6)$$

Untuk nilai  $T_0$  dan  $T_s$  dapat ditentukan dengan Pers. 2.7 dan 2.8.

$$T_0 = 0.2 T_s \quad (2.7)$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (2.8)$$

Keterangan:

T adalah periode getar fundamental struktur.

## 2.5 Kategori Desain Seismik

Struktur harus ditetapkan memiliki suatu katagori desain seismik mengikuti pada Tabel 2.7 dan 2.8. Struktur dengan katagori risiko I, II, atau III yang berlokasi dimana parameter respon spektral percepatan terpetakan pada periode 1 detik,  $S_I$ , lebih besar dari atau sama dengan 0,75 harus ditetapkan sebagai struktur dengan katagori desain seismik E.

Tabel 2.7: Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek.

Nilai $S_{DS}$	Kategori resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
0,167 $S_{DS} < 0,33$	B	C
0,33 $S_{DS} < 0,50$	C	D
0,50 $S_{DS}$	D	D

Tabel 2.8: Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik.

Nilai $S_{D1}$	Kategori resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
0,067 $S_{D1} < 0,133$	B	C
0,133 $S_{D1} < 0,20$	C	D
0,20 $S_{D1}$	D	D

## 2.6 Faktor Reduksi Gempa

Sistem struktur yang digunakan harus sesuai dengan batasan sistem struktur dan batasan ketinggian struktur. Koefisien modifikasi respons yang sesuai,  $R$ , faktor kuat lebih sistem,  $\rho_0$ , dan koefisien amplifikasi defleksi,  $C_d$ , harus digunakan dalam penentuan geser dasar, gaya desain elemen, dan simpangan antar lantai tingkat desain.

Pada perencanaan tugas akhir ini penulis memakai Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Berdasarkan SNI 1726;2012, nilai koefisien modifikasi respons ( $R^a$ ), Faktor kuat lebih sistem ( $\rho_0^g$ ), Faktor pembesaran defleksi ( $C_d^b$ ) untuk sistem ganda adalah sebagai berikut :

Tabel 2.9: Faktor  $R$ ,  $C_d$ , dan  $\rho_0$  untuk sistem penahan gaya gempa (SNI 1726;2012).

Sistem Penahan gaya seismik	Koefisien modifikasi respons $R^a$	Faktor kuat lebih sistem $\rho_0^g$	Faktor pembesaran defleksi $C_d^b$	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $h_n$ (m) <sup>c</sup>				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D <sup>d</sup>	E <sup>d</sup>	F <sup>d</sup>
C. Sistem rangka pemikul momen								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5/2	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5/2	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4 1/2	3	4	TB	TB	10 <sup>h</sup>	TI <sup>h</sup>	TI <sup>i</sup>
4. rangka baja pemikul momen biasa	3 1/2	3	3	TB	TB	TI <sup>h</sup>	TI <sup>h</sup>	TI <sup>i</sup>
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5/2	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4 1/2	TB	TB	TI	TI	TI

7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5½	48	48	30	TI	TI
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
12. Rangka baja canal dingin pemikul momen khusus dengan pembautan	3½	3°	3½	10	10	10	10	10
D. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa yang ditetapkan								
1. Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka baja	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB

dengan bresing konsentris khusus									
3.Dinding geser beton bertulang khusus	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB	
4.Dinding geser beton bertulang biasa	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI	
5.Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB	
6.Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	6	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB	
7.Dinding geser pelat baja dan beton komposit	7½	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB	
8.Dinding geser baja dan beton komposit khusus	7	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB	
9.Dinding geser baja dan beton komposit biasa	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI	
10. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5½	3	5	TB	TB	TB	TB	TB	
11. Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	3	3½	TB	TB	TI	TI	TI	
12. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB	
13. Dinding geser	8	2½	6½	TB	TB	TB	TB	TB	

pelat baja khusus								
-------------------	--	--	--	--	--	--	--	--

Catatan : <sup>c</sup>TB = Tidak Dibatasi dan TI = Tidak Dijinkan

<sup>a</sup> faktor modifikasi respon, <sup>b</sup> faktor pembesaran defleksi, <sup>d</sup> sistem penahan gaya gempa yang dibatasi, <sup>g</sup> harga tabel faktor kuat lebih, <sup>h</sup> untuk struktur yang dikenai kategori disain seismik D atau E, <sup>i</sup> untuk struktur yang dikenai kategori disain seismic E.

## 2.7 Gaya Geser Dasar Seismik

Berdasarkan SNI 1726;2012Pasal 7.8.1, gaya geser dasar ( $V$ ) dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan Pers. 2.9.

$$V = C_s \cdot W \quad (2.9)$$

dimana:

$C_s$  = koefisien respons seismik

$W$  = berat total gedung

Untuk nilai  $C_s$  menurut SNI 1726 ;2012Pasal 7.8.1.1, persamaan yang digunakan untuk menentukan koefisien  $C_s$  adalah:

- Koefisien respon seismik,  $C_s$

Untuk koefisien respon seismik  $C_s$  ditentukan berdasarkan rumus berikut

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (2.10)$$

dimana:

$S_{DS}$  = parameter percepatan spektrum respons desain dalam rentang periode pendek.

$R$  = faktor modifikasi respon berdasarkan Tabel 2.9

$I_e$  = faktor keutamaan hunian yang ditentukan berdasarkan Tabel 2.4

Nilai  $C_s$  diatas tidak perlu melebihi  $C_s$  hitungan berdasarkan rumus berikut:

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (2.11)$$

$C_s$  harus tidak kurang dari:

$$C_s = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01 \quad (2.12)$$

dimana:

$S_{D1}$  = parameter percepatan respons spektrum desain pada periode 1 detik

$T$  = periode getar struktur (detik)

$S_I$  = parameter percepatan spektrum respons maksimum yang dipetakan

Sebagai tambahan untuk struktur yang berlokasi di daerah dimana  $S_I$  sama dengan atau lebih besar dari 0,6 g maka  $C_s$  harus tidak kurang dari Pers. 2.13.

$$C_s = \frac{0,5 \cdot S_I}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (2.13)$$

## 2.8 Periode Fundamental

Menurut SNI 1726;2012 pasal 7.8.2.1 menyatakan bahwa periode struktur fundamental ( $T$ ) dalam arah yang ditinjau harus diperoleh dengan menggunakan properti struktur dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam analisis yang teruji. Periode struktur fundamental memiliki nilai batas minimum dan nilai batas maksimum. Nilai batas tersebut adalah:

1. Periode fundamental pendekatan minimum ( $T_a$ )

$$T_a = C_t \cdot h_n^x \quad (2.14)$$

dimana:

$T_a$  = Nilai batas bawah periode bangunan

$h_n$  = Ketinggian struktur dalam m diatas dasar sampai tingkat tertinggi struktur

$C_t$  = Koefisien fundamental

$x$  = Ditentukan dari Tabel 2.10

Sebagai alternatif diizinkan untuk menentukan periode fundamental ( $T_a$ ) dari persamaan berikut untuk struktur dengan ketinggian tidak melebihi 12 tingkat dimana sistem penahan gaya gempa terdiri dari rangka pemikul momen beton atau baja secara keseluruhan dan tinggi tingkat paling sedikit 3 meter menurut Pers. 2.15.

$$T_a = 0.1 N \quad (2.15)$$

dimana :

$N$  = jumlah tingkat

2. Periode fundamental pendekatan maksimum ( $T_{a \text{ maksimum}}$ )



$$Ta_{maksimum} = C_u \cdot Ta \quad (2.16)$$

dimana:

$Ta_{maksimum}$  = Nilai batas atas periode bangunan

$C_u$  = Ditentukan dari Tabel 2.11

Tabel 2.10: Nilai parameter periode pendekatan  $C_r$ , dan  $X$  berdasarkan SNI 1726 ;2012.

Tipe Struktur	$C_r$	$X$
Sistem rangka pemikul momen dimana rangka pemikul 100% seismik yang diisyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 <sup>a</sup>	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 <sup>a</sup>	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 <sup>a</sup>	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 <sup>a</sup>	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 <sup>a</sup>	0,75

<sup>a</sup> faktor modifikasi respon.

Tabel 2.11: Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung berdasarkan SNI 1726;2012.

Parameter Percepatan Respons Spektra 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

## 2.9 Penentuan Distribusi Vertikal Gaya Gempa ( $F_i$ )

Distribusi horizontal gaya gempa ditentukan berdasarkan Pers. 2.17 dan 2.18.

$$F_x = C_{vx}V \quad (2.17)$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (2.18)$$

dimana:

$F_x$  = bagian  $V$  yang bekerja di tingkat  $x$ .

$C_{vx}$	= faktor distribusi vertikal.
$V$	= gaya geser lateral struktur sesuai Pers 2.9.
$w_x$ dan $w_i$	= bagian dari $W$ yang ditempatkan di tingkat $x$ .
$h_x$ dan $h_i$	= tinggi tingkat $x$ dari dasar.
$k$	= eksponen yang terkait dengan perioda struktur sebagai berikut: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Untuk struktur yang mempunyai perioda sebesar 0,5 detik atau kurang, <math>k = 1</math>.</li> <li>• Untuk struktur yang mempunyai perioda sebesar 2,5 detik atau lebih, <math>k = 2</math>.</li> <li>• Untuk struktur yang mempunyai perioda antara 0,5 dan 2,5 detik, <math>k</math> harus sebesar 2 atau harus ditentukan dengan interpolasi linier antar 1 dan 2.</li> </ul>

## 2.10 Parameter Respon Terkombinasi

Menurut (Budiono, B. dan Supriatna, 2011), respons masing-masing ragam yang ditentukan melalui spektrum respons rencana gempa merupakan respons maksimum. Pada umumnya, respons masing-masing ragam mencapai nilai maksimum pada saat yang berbeda sehingga respon maksimum ragam-ragam tersebut tidak dapat dijumlahkan begitu saja. Terdapat dua cara metode superposisi, yaitu metode Akar Kuadrat Jumlah Kuadrat (*Square Root of the Sum of Squares/SRSS*) dan Kombinasi Kuadrat Lengkap (*Complete Quadratic Combination/CQC*).

Dalam hal ini, jumlah ragam vibrasi yang ditinjau dalam penjumlahan ragam respons menurut metode ini harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respons total harus sekurang-kurangnya 90%. Untuk penjumlahan respons ragam yang memiliki waktu-waktu getar alami yang berdekatan, harus dilakukan dengan metode yang telah disebutkan sebelumnya yaitu Kombinasi Kuadrat Lengkap (*Complete Quadratic Combination/CQC*). Waktu getar alami harus dianggap berdekatan apabila selisihnya kurang dari 15%. Untuk struktur yang memiliki waktu getar alami yang berjauhan, penjumlahan respon ragam tersebut dapat dilakukan dengan metode yang dikenal dengan metode Akar Kuadrat Jumlah Kuadrat (*Square Root of the Sum of Squares/SRSS*).

### 2.11 Kekakuan (*stiffness*)

Struktur bangunan harus diberikan kekakuan secukupnya, sehingga gaya inersia ( $F = m.a$ ) yang terjadi tidak besar dan lendutan atau simpangan (*deviasi/sway-drift*) antar tingkat bangunan/lantai bangunan masih terletak pada batas yang diizinkan.

Apabila kekakuan bangunan sangat kecil, maka pada saat tanah bergerak akibat gempa bangunan praktis tidak mengalami percepatan atau tidak terbawa untuk bergerak, bangunan lebih terasa mengayun secara fleksibel atau dengan istilah bangunan lebih elastis. Bangunan yang demikian dikatakan memiliki respons yang kecil terhadap gempa. Apabila kekakuan bangunan sangat besar, maka massa bangunan akan dipaksa untuk mengikuti sepenuhnya pergerakan tanah, sehingga percepatan yang dialami bangunan akan persis sama percepatan tanah. Bangunan yang demikian dikatakan mempunyai respons yang besar terhadap gempa. Optimasi yang ideal adalah gabungan komposisi kedua prinsip diatas dalam batas yang diizinkan dengan tidak terlalu kaku dan tidak terlalu lentur. Dalam hal ini material struktur, sistem sambungan struktur sangat berpengaruh terhadap pergerakan massa bangunan.

Untuk bangunan bertingkat *displacement govern* dapat terjadi pada balok biasa atau balok kantilever yang bentangnya panjang serta pada bangunan gedung yang jumlah tingkatnya sangat banyak (*high rise building*). Lendutan balok umumnya diproporsikan terhadap bentang, sedangkan simpangan tingkat biasanya diproporsikan terhadap tinggi tingkat dalam istilah *drift ratio*. *Drift ratio* adalah rasio antara simpangan antar tingkat dengan tinggi tingkat, seperti ditunjukkan pada Pers. 2.19.

$$\text{Drift ratio} = \frac{\Delta}{h} \quad (2.19)$$

Yang mana  $\Delta$  adalah simpangan antar tingkat dan  $h$  adalah tinggi tingkat.

Apabila simpangan antar tingkat ( $\Delta$ ) terlalu besar maka akan timbul efek P- $\Delta$ . Efek P- $\Delta$  pada umumnya akan sangat membahayakan kestabilan struktur, karena akan menimbulkan momen kolom yang sangat besar (akibat P yang umumnya sangat besar). Selain pembatasan lendutan dan simpangan yang terjadi sebagai

bentuk dari design kriteria, maka struktur bangunan hendaknya jangan terlalu fleksibel. System pengaku dapat dipakai untuk mengurangi/mengendalikan lendutan/simpangan.

Menurut (Tumilar, 2015)kekakuan struktur dapat juga dihitung dengan Pers. 2.20.

$$K_i = \frac{V}{\Delta i} \quad (2.20)$$

## 2.12 Pembebanan

Menurut SNI 1727;2013, struktur gedung harus direncanakan kekuatannya terhadap pembebanan-pembebanan oleh beban mati, beban hidup, beban angin dan beban gempa.

### 2.12.1 Beban Mati

Menurut SNI 1727;2013 pasal 3.1.1 bahwa beban mati adalah berat dari seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung dan komponen arsitektural serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran. Nilai berat bahan dan konstruksi yang digunakan adalah nilai yang disetujui oleh pihak yang berwenang.Oleh karena itu berat bahan dan konstruksi diambil dari PPPURG 1987.Berat sendiri dari bahan bangunan adalah merupakan salah satu beban mati yang mana di jabarkan dalam Tabel 2.12.

Tabel 2.12 Berat sendiri bahan bangunan dan komponen gedung.

<i>BAHAN BANGUNAN</i>	<i>Berat Jenis</i>
Baja	7.850 kg/m <sup>3</sup>
Batu alam	2.600 kg/m <sup>3</sup>
Batu belah, batu bulat, batu gunung (berat tumpuk)	1.500 kg/m <sup>3</sup>
Batu karang (berat tumpuk)	700 kg/m <sup>3</sup>
Batu pecah	1.450 kg/m <sup>3</sup>
Besi tuang	7.250 kg/m <sup>3</sup>
Beton	2.200 kg/m <sup>3</sup>

Beton bertulang	2.400 kg/m <sup>3</sup>
Kayu (Kelas I)	1.000 kg/m <sup>3</sup>
Kerikil, koral (kering udara sampai lembab, tanpa diayak)	1.650 kg/m <sup>3</sup>
Pasangan bata merah	1.700 kg/m <sup>3</sup>
Pasangan batu belah, batu bulat, batu gunung)	2.200 kg/m <sup>3</sup>
Pasangan batu cetak	2.200 kg/m <sup>3</sup>
Pasangan batu karang	1.450 kg/m <sup>3</sup>
Pasir (kering udara sampai lembab)	1.600 kg/m <sup>3</sup>
Pasir (jenuh air)	1.800 kg/m <sup>3</sup>
Pasir kerikil, koral (kering udara sampai lembab)	1.850 kg/m <sup>3</sup>
Tanah, lempung dan lanau (kering udara sampai lembab)	1.700 kg/m <sup>3</sup>
Tanah, lempung dan lanau (basah)	2.000 kg/m <sup>3</sup>
Timah hitam (timbel)	11.400 kg/m <sup>3</sup>
<i>KOMPONEN GEDUNG</i>	
Adukan, per cm tebal:	
- dari semen	21 kg/m <sup>2</sup>
- dari kapur, semen merah atau tras	17 kg/m <sup>2</sup>
Aspal, termasuk bahan-bahan mineral penambah, per cm tebal	14 kg/m <sup>2</sup>
Dinding pasangan bata merah	
- satu bata	450 kg/m <sup>2</sup>
- setengah batu	250 kg/m <sup>2</sup>
Dinding pasangan batako, berlubang:	
- tebal dinding 20 cm (HB 20)	200 kg/m <sup>2</sup>
- tebal dinding 10 cm (HB 10)	120 kg/m <sup>2</sup>
Dinding pasangan batako, tanpa lubang:	
- tebal dinding 15 cm	300 kg/m <sup>2</sup>
- tabal dinding 10 cm	200 kg/m <sup>2</sup>
Langit-langit dan dinding (termasuk rusuk-rusuknya, tanpa penggantung langit-langit atau pengaku), terdiri dari:	
- semen asbes (eternit dan bahan lain sejenis), dengan tebal maksimum 4 mm	11 kg/m <sup>2</sup>
- kaca, dengan tebal 3-5 mm	10 kg/m <sup>2</sup>
Lantai kayu sederhana dengan balok kayu, tanpa langit-langit dengan bentang maksimum 5 m dan untuk beban hidup 200 kg/m <sup>2</sup>	40 kg/m <sup>2</sup>
Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s. minimum 0,8 m	7 kg/m <sup>2</sup>

Penutup atap genting dengan reng dan usuk/kaso, per m <sup>2</sup> bidang atap	50 kg/m <sup>2</sup>
Penutup atap sirap dengan reng dan usuk/kaso, per m <sup>2</sup> bidang atap	40 kg/m <sup>2</sup>
Penutup atap seng gelombang (BJLS-25) tanpa gordeng	10 kg/m <sup>2</sup>
Penutup lantai dab ubin semen portland, teraso dan beton, tanpa adukan, per cm tebal	24 kg/m <sup>2</sup>
Semen asbes gelombang (tebal 5 mm)	11 kg/m <sup>2</sup>

### 2.12.2 Beban Hidup

Menurut SNI 1727;2013, beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir atau beban mati. beban hidup pada lantai gedung harus diambil menurut Tabel 2.13.

Tabel 2.13: Beban hidup pada lantai gedung.

Hunian atau Penggunaan	Beban Merata psf (kN/m <sup>2</sup> )	Beban terpusat lb (kN)
Apartemen dan hotel (lihat rumah tinggal)		
Sistem lantai akses		
Ruang kantor	50 (2.4)	2000 (8.9)
Ruang computer	100 (4.79)	2000 (8.9)
Gudang persenjataan dan ruang latihan	150 (7.18) <sup>a</sup>	
Ruang pertemuan		
Kursi tetap (terikat dilantai)	100 (4.79) <sup>a</sup>	
Lobi	100 (4.79) <sup>a</sup>	
Kursi dapat dipindahkan	100 (4.79) <sup>a</sup>	
Panggung pertemuan	100 (4.79) <sup>a</sup>	
Lantai podium	150 (7.18)	
Balkon dan dek	1.5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani. Tidak perlu melebihi 100 psf (4.79 kN/m <sup>2</sup> )	
Jalur untuk akses pemeliharaan	40 (1.92)	300 (1.33)
Koridor		
Lantai pertama		

Lantai lain	100 (4.79) Sama seperti pelayanan hunian kecuali disebutkan lain	
Ruang makan dan restoran	100 (4.79) <sup>a</sup>	
Hunian (lihat rumah tinggal)		
Ruang mesin elevator (pada daerah 2inx2in [50 mmx50 mm])		300 (1.33)
Konstruksi pelat lantai <i>finishing</i> ringan (pada area 1inx1in. [25 mmx 25mm])		200 (0.89)
Jalur penyelamatan terhadap kebakaran Hunian satu keluarga saja	100 (4.79) 40 (1.92)	
Tangga permanen	SNI-1727-2013 pasal 4.5	
Garasi/parker Mobil penumpang saja Truk dan bus	40 (1.92) <sup>a,b,c</sup>	
Susunan tangga, rel pengamandan batang pegangan	SNI-1726-2013 pasal 4.5	
Helipad	60 (2.87) <sup>de</sup> Tidak boleh direduksi	e,f,g
Rumah sakit: Ruang operasi laboratorium Ruang pasien Koridor diatas lantai pertama	60 (2.87) 40 (1.92) 80 (3.83)	1000 (4.45) 1000 (4.45) 1000 (4.45)
Perpustakaan Ruang baca Ruang penyimpanan Koridor diatas lantai pertama	60 (2.87) 150 (7.18) <sup>a,h</sup> 80 (3.83)	1000 (4.45) 1000 (4.45) 1000 (4.45)
Pabrik Ringan Berat	125 (6.00) <sup>a</sup> 250 (11.97) <sup>a</sup>	2000 (8.9) 3000 (13.4)
Gedung perkantoran Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian Lobi dan koridor lantai pertama kantor koridor diatas lantai pertama	100 (4.79) 50 (2.4) 80 (3.83)	2000 (8.9) 2000 (8.9) 2000 (8.9)
Lembaga hokum Balok sel Koridor	40 (1.92) 100 (4.79)	
Tempat rekreasi Tempat bowling, kolam renang, dan penggunaan yang sama	75 (3.59) <sup>a</sup>	

Bangsai dansa dan ruang dansa	100 (4.79) <sup>a</sup>	
Gymnasium	100 (4.79) <sup>a</sup>	
Tempat menonton baik terbuka atau tertutup	100 (4.79) <sup>a,k</sup>	
Stadium dan tribun / arena dengan tempat duduk tetap (terikat pada lantai)	60 (2.87)	
Rumah tinggal		
Hunian (satu keluarga dan dua keluarga)		
Loteng yang tidak dapat didiami tanpa gudang	10 (0.48) <sup>l</sup>	
Loteng yang tidak dapat didiami dengan gudang	20 (0.96) <sup>m</sup>	
Loteng yang dapat didiami dan ruang tidur	30 (1.44)	
Semua ruang terkecuali tangga dan balkon	40 (1.92)	
Semua hunian rumah tinggal lainnya	40 (1.92)	
Ruang pribadi dan koridor yang melayani mereka	100 (4.79)	
Ruang publik <sup>a</sup> dan koridor yang melayani Mereka		
Atap		
Atap datar, berbubung dan lengkung	20 (0.96) <sup>n</sup>	
Atap digunakan untuk taman atap	100 (4.79)	
Atap yang digunakan untuk tujuan lain	Sama seperti hunian dilayani <sup>a</sup>	i
Atap yang digunakan untuk hunian lainnya		
Awning dan kanopi		
Konstruksi pabrik yang didukung oleh struktur rangka kaku ringan		
Rangka tumpu layar penutup	5 (0.24) tidak boleh direduksi	200 (0.89)
Semua konstruksi lainnya		
Komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung dengan pekerjaan lantai	5 (0.24) tidak boleh direduksi dan berdasarkan luas tributary dari atap yang ditumpu oleh rangka	2000 (8.9)
Titik panel tunggal dari batang bawah rangka	20 (0.96)	300 (1.33)
atau setiap titik sepanjang komponen struktur utama yang mendukung atap diatas pabrik, gudang, dan perbaikan garasi		
Semua komponen struktur atap utama lainnya		300 (1.33)
Semua permukaan atap dengan beban pekerja		
Pemeliharaan		
Sekolah		



Ruang kelas	40 (1.92)	1000 (4.5)
Koridor diatas lantai pertama	80 (3.83)	1000 (4.5)
Koridor lantai pertama	100 (4.79)	1000 (4.5)
Bak-bak/ <i>scuttles</i> . Rusuk untuk atap kaca dan langit-langit yang dapat diakses		200 (0.89)
Pinggir jalan untuk pejalan kaki, jalan lintas kendaraan, dan lahan/jalan untuk truk-truk	250 (11.97) <sup>a,p</sup>	8000 (35.6) <sup>q</sup>
Tangga dan jalan keluar	100 (4.79)	300 <sup>f</sup>
Rumah tinggal untuk satu dan dua keluarga Saja	40 (1.92)	300 <sup>f</sup>
Gudang diatas langit-langit	20 (0.96)	
Gudang penyimpanan barang sebelum disalurkan ke pncecer (jika diantisipasi menjadi gudang penyimpanan, harus dirancang untuk beban lebih berat)	125 (6.00) <sup>a</sup>	
Ringan	250 (11.97) <sup>a</sup>	
Berat		
Toko		
Eceran		
Lantai pertama	100 (4.79)	1000 (4.45)
Lantai diatasnya	75 (.59)	1000 (4.45)
Grosir, disemua lantai	125 (6.00) <sup>a</sup>	1000 (4.45)
Penghalang kendaraan	Lihat pasal 4.5	
Susunan jalan dan panggung yang ditinggikan (selain jalan keluar)	60 (2.87)	
Pekarangan dan teras, jalur pejalan kaki	100 (4.79) <sup>a</sup>	

Berhubungan dengan peluang untuk terjadinya beban hidup penuh yang membebani semua bagian dari semua unsur struktur pemikul secara serempak selama umur gedung tersebut adalah sangat kecil, maka untuk hal-hal tersebut beban hidup tersebut dianggap tidak efektif sepenuhnya, sehingga beban hidup terbagi rata dapat dikalikan dengan suatu koefisien reduksi. Menurut SNI-1727-2013 pasal 4.7.2, bahwa koefisien reduksi beban hidup dapat dilihat pada Pers. 2.21.

$$L = L_o \left( 0.25 + \frac{4.57}{\sqrt{K_{LL} A_T}} \right) \quad (2.21)$$

Dimana:

$L$  = beban hidup rencana tereduksi.

$L_o$  = beban hidup rencana tanpa reduksi.

$K_{LL}$  = faktor elemen beban hidup.

$A_T$  = luas struktur bangunan.

L tidak boleh kurang dari  $0.4L_o$  untuk komponen struktur yang mendukung dua lantai atau lebih. Nilai faktor elemen hidup ( $K_{LL}$ ) dapat dilihat pada Tabel 2.14.

Tabel 2.14: Faktor elemen hidup.

Elemen	$K_{LL}^a$
Kolom-kolom interior	4
Kolom-kolom eksterior tanpa pelat kantilever	4
Kolom-kolom tepi dengan pelat kantilever	3
Kolom-kolom sudut dengan pelat kantilever	2
Balok-balok tepi tanpa pelat-pelat kantivaler	2
Balok-balok interior	2
Semua komponen struktur yang tidak disebut diatas: Balok-balok tepi dengan pelat-pelat kantiveler Balok-balok kantilever Pelat-pelat satu arah Pelat-pelat dua arah Komponen struktur tanpa ketentuan-ketentuan untuk penyaluran Geser menerus tegak lurus terhadap bentangnya	1

Beban hidup penuh tanpa dikalikan dengan koefisien reduksi tetap harus ditinjau pada:

- Lantai gedung, ruang arsip, perpustakaan dan ruang-ruang penyimpanan lain sejenis.
- Lantai ruang yang memikul beban berat tertentu yang bersifat tetap, seperti alat-alat dan mesin-mesin.

### 2.12.3 Beban Angin

Beban angin adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara. Beban angin berpengaruh pada gedung yang berlantai 25 atau lebih. Jadi dalam masalah ini beban angin di hiraukan dikarenakan struktur bangunan hanya 5 lantai < 25 lantai

dan struktur bangunan tidak memakai atap segitiga dengan menggunakan kuda-kuda.

#### **2.12.4 Beban Gempa**

Beban gempa adalah beban yang timbul akibat percepatan getaran tanah pada saat gempa terjadi. Untuk merencanakan struktur bangunan tahan gempa, sesuai dengan pasal-pasal yang ditentukan oleh SNI 1726;2012 Tata Cara Pecencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, maka terlebih dahulu harus menganalisis/menentukan faktor keutamaan dan kategori resiko struktur bangunan serta kelas situs desain seismik.

Struktur bangunan gedung harus memiliki sistem penahan gaya lateral dan vertikal yang lengkap, yang mampu memberikan kekuatan, kekakuan, dan kapasitas disipasi energi yang lengkap, untuk menahan gerak tanah desain dalam batasan-batasan kebutuhan deformasi dan kekuatan yang disyaratkan. Gerak tanah desain harus diasumsikan terjadi di sepanjang setiap arah horisontal struktur bangunan gedung. Kecukupan sistem struktur harus ditunjukkan melalui pembentukan model matematik dan pengevaluasian model tersebut untuk pengaruh gerak tanah desain.

Gaya gempa desain, dan distribusinya di sepanjang ketinggian struktur bangunan gedung, harus ditetapkan berdasarkan salah satu prosedur yang sesuai dan gaya dalam serta deformasi yang terkait pada komponen-elemen struktur tersebut harus ditentukan.

#### **2.13 Simpangan Antar Lantai**

Berdasarkan SNI 1726;2012 pasal 7.8.6, simpangan antar lantai hanya terdapat satu kinerja, yaitu kinerja batas ultimit. Penentuan simpangan antar lantai tingkat desain ( $\Delta$ ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat masa teratas dan terbawah yang ditinjau. Apabila pusat masa tidak terletak segaris, dalam arah vertikal, diizinkan untuk menghitung defleksi didasar tingkat berdasarkan proyeksi vertikal dari pusat massa diatasnya.

Jika digunakan desain tegangan izin, harus dihitung memakai gaya gempa tingkat kekuatan tanpa reduksi. Simpangan antar lantai, nilainya harus diperbesar dengan menggunakan Pers. 2.22 di bawah ini

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \quad (2.22)$$

Dimana:

$\delta_x$  = defleksi pusat massa di tingkat x.

$\delta_{xe}$  = defleksi pada lokasi yang disyaratkan.

$C_d$  = Faktor pembesaran defleksi.

$I_e$  = Faktor keutamaan gempa.

Dari nilai simpangan antar tingkat desain ( ) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai izin ( a), sesuai dengan peraturan SNI 1726;2012, bahwa struktur gedung harus berada dalam simpangan yang diizinkan.

Tabel 2.15: Simpangan antar lantai izin berdasarkan SNI 1726;2012.

Struktur	Kategori resiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem mengakomodasi simpangan antarlantai tingkat.	$0,025 h_{sx}^c$	$0,020 h_{sx}$	$0,015 h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata	$0,010 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007 h_{sx}$	$0,007 h_{sx}$	$0,007 h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020 h_{sx}$	$0,015 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$

Catatan:  $h_{sx}$  = tinggi tingkat yang bersangkutan

<sup>c</sup> = tidak boleh ada batasan simpangan antar lantai

## 2.14 Kombinasi Beban

Menurut (Budiono, B. dan Supriatna, 2011), standar kombinasi pembebanan sebagai berikut :

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

Keterangan :

- D Adalah beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanent, termasuk dinding, lantai, atap, plafond, partisi tetap, tangga, dan peralatan tetap ;
- L Adalah beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan, dan lain – lain ;
- E Adalah beban gempa.
- Pengaruh beban gempa,  $E$ , untuk penggunaan dalam kombinasi beban 3 dan 4 harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:  

$$E = E_h + E_v$$
  - Pengaruh beban gempa,  $E$ , untuk penggunaan dalam kombinasi beban 5 dan 6 harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:  

$$E = E_h - E_v$$

Dimana:

$E$  adalah pengaruh beban seismik

$E_h$  adalah pengaruh beban seismik horizontal

$E_v$  adalah pengaruh beban seismik vertikal

- Untuk pengaruh beban seismik horizontal,  $E_h$ , harus ditentukan dengan persamaan berikut:  

$$E_h = \rho Q_E$$
- Untuk pengaruh beban seismik vertikal,  $E_v$ , harus ditentukan dengan persamaan berikut:
- $E_v = 0,2S_{DS}DL$

Faktor redundansi,  $\rho$ , harus dikenakan pada sistem penahan gaya gempa dalam masing-masing kedua arah ortogonal untuk semua struktur.

Nilai  $\rho$  diijinkan sama dengan 1,0 untuk hal-hal berikut:

1. Struktur dirancang untuk kategori desain seismik B atau C

2. Perhitungan simpangan antar lantai dan pengaruh P-delta
3. Desain komponen struktural
4. Desain struktur non gedung yang tidak mirip dengan bangunan gedung
5. Desain elemen kolektor, sambungan lewatan dan sambungan dimana kombinasi beban dengan faktor kuat lebih digunakan
6. Desain elemen struktur atau sambungan dimana kombinasi beban dengan faktor kuat lebih disyaratkan untuk desain
7. Struktur dengan sistem peredaman

Sedangkan nilai  $\rho$  sama dengan 1,3 untuk struktur yang dirancang untuk kategori desain seismik D, E, dan F, kecuali jika satu dari dua kondisi berikut terpenuhi, dimana  $\rho$  diijinkan diambil sebesar 1,0:

1. Masing-masing tingkat yang menahan lebih dari 35 persen geser dasar dalam arah yang ditinjau
2. Struktur dengan denah beraturan di semua tingkat dengan sistem penahan gaya gempa terdiri paling sedikit dua bentang perimeter penahan gaya gempa yang merangka pada masing-masing sisi struktur dalam masing-masing arah ortogonal di setiap tingkat yang menahan lebih dari 35 persen geser dasar. Jumlah bentang untuk dinding geser harus dihitung sebagai panjang dinding geser dibagi dengan tinggi tingkat atau dua kali panjang dinding geser dibagi dengan tinggi tingkat,  $h_{sx}$ , untuk konstruksi rangka ringan.

Karena struktur direncanakan dengan denah beraturan dan di desain dengan dinding geser, maka diambil nilai  $\rho$  adalah 1,0.

### **2.15 Persyaratan Untuk Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) Berdasarkan SNI 03-2847-2013**

Komponen struktur lentur pada SRPMK harus memenuhi syarat-syarat dibawah ini:

- 1) Gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur,  $P_u$ , tidak boleh melebihi  $A_g f'_c / 10$ .

- 2) Bentang bersih komponen struktur,  $\ell_n$ , tidak boleh kurang dari empat kali tinggi efektifnya.
- 3) Lebar komponen,  $b_w$ , tidak boleh kurang dari yang lebih kecil dari  $0,3h$  dan 250 mm.
- 4) Lebar komponen struktur,  $b_w$ , tidak boleh melebihi lebar komponen struktur penumpu,  $c_2$ , ditambah suatu jarak pada masing-masing sisi komponen struktur penumpu yang sama dengan yang lebih kecil dari (a) dan (b) :
  - a. Lebar komponen struktur penumpu,  $c_2$ , dan
  - b. 0,75 kali dimensi keseluruhan komponen struktur penumpu,  $c_1$ .

## 2.16 Dinding Pengisi

Dinding pengisi yang umumnya difungsikan sebagai penyekat, dinding eksterior, dan dinding yang terdapat pada sekeliling tangga dan elevator secara struktural memberikan pengaruh memperkaku rangka terhadap beban horizontal. Dinding pengisi umumnya digunakan untuk meningkatkan kekakuan dan kekuatan struktur beton bertulang dan umumnya dianggap sebagai elemen non-struktural.

### 2.16.1 Material Baja

Berikut ini adalah karakteristik dari material baja, baik sifat mekanis, alat sambungan untuk struktur baja.

#### 1. Sifat Mekanis Baja

Sifat mekanis baja struktural yang digunakan dalam perencanaan harus memenuhi persyaratan minimum yang diberikan pada tabel dibawah.

#### 2. Tegangan leleh

Tegangan leleh untuk perencanaan ( $f_y$ ) tidak boleh diambil melebihi nilai yang diberikan tabel dibawah.

3. Tegangan putus

Tegangan putus untuk perencanaan ( $f_u$ ) tidak boleh diambil melebihi nilai yang diberikan tabel dibawah.

4. Sifat-sifat mekanis lainnya

Sifat-sifat mekanis lainnya baja struktural untuk maksud perencanaan ditetapkan sebagai berikut:

- a. Modulus elastisitas :  $E = 200.000 \text{ Mpa}$
- b. Modulus geser :  $G = 80.000 \text{ Mpa}$
- c. Nisbah poisson :  $\mu = 0,3$
- d. Koefisien pemuaian :  $= 12 \times 10E-6 \text{ }^\circ\text{C}$

5. Syarat Penerimaan baja

Laporan uji material baja di pabrik yang disahkan oleh lembaga yang berwenang dapat dianggap sebagai bukti yang cukup untuk memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam standar ini.

6. Baja yang tidak teridentifikasi

Baja yang tidak teridentifikasi boleh digunakan selama memenuhi ketentuan berikut ini:

- a. bebas dari cacat permukaan
- b. sifat fisik material dan kemudahannya untuk dilas tidak mengurangi kekuatan dan kemampuan layan strukturnya
- c. ditest sesuai ketentuan yang berlaku. Tegangan leleh ( $f_y$ ) untuk perencanaan tidak boleh diambil lebih dari 170 MPa sedangkan tegangan putusnya ( $f_u$ ) tidak boleh diambil lebih dari 300 MPa.

7. Alat sambungan.

- a. Baut, mur, dan ring.  
Baut, mur, dan ring harus memenuhi ketentuan yang berlaku.
- b. Alat sambung mutu tinggi.



Alat sambung mutu tinggi boleh digunakan bila memenuhi ketentuan berikut:

- komposisi kimiawi dan sifat mekanisnya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
- diameter batang, luas tumpu kepala baut, dan mur atau penggantinya, harus lebih besar dari nilai nominal yang ditetapkan dalam ketentuan yang berlaku. Ukuran lainnya boleh berbeda.
- cara penarikan baut dan prosedur pemeriksaan untuk alat sambung boleh berbeda dari ketentuan selama persyaratan gaya tarik minimum alat sambung dipenuhi dan prosedur penarikannya dapat diperiksa.

c. Las.

Material pengelasan dan logam las harus sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

8. Penghubung geser jenis paku yang dilas.

Semua penghubung geser jenis paku yang dilas harus sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

9. Baut angker.

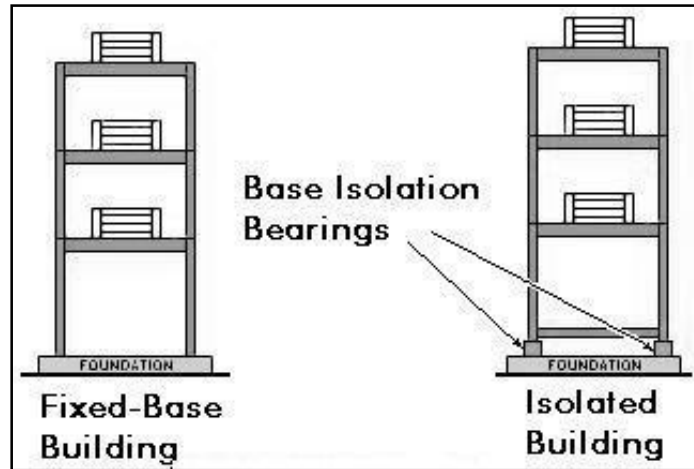
Baut angker harus memenuhi ketentuan Butir atau dibuat dari batang yang memenuhi ketentuan selama ulirnya memenuhi ketentuan yang berlaku.

Tabel 2.16: Tabel Sifat mekanis baja struktural.

Jenis Baja	Tegangan putus minimum, $f_u$ (MPa)	Tegangan leleh minimum, $f_y$ (MPa)	Peregangan minimum (%)
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	550	410	13

## 2.17 Isolasi Dasar

Isolasi dasar merupakan teknologi yang digunakan untuk meredam kekuatan seismik, meminimalisir terjadinya kerusakan bangunan dan jumlah jatuhnya korban jiwa akibat terjadinya gempa bumi. Isolasi dasar di letakkan diantara kolom dan pondasi bangunan seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.5: Letak isolasi dasar pada struktur bangunan gedung.

Prinsip isolasi dasar adalah membedakan struktur bawah dengan struktur atas agar gaya gempa yang diterima struktur bawah (pondasi) tidak masuk ke struktur atas bangunan. Untuk mencegah terjadinya gaya gempa, struktur bangunan dibuat tidak mengikuti percepatan gempa (Muliadi, Arifuddin, M, & Aulia, 2014)

### 2.17.1 Elemen Dasar Isolasi dasar

Menurut (Mayers, R.L. dan Naeim, 2002), terdapat tiga elemen dasar pada system isolasi dasar, yaitu:

1. Pemasangan yang flexibel, sehingga getaran perioda total diperpanjang.
2. *Damper* atau energi peredam, sehingga lendutan relatif antar bangunan dan tanah dapat dikendalikan untuk desain praktis.
3. Alat untuk memberikan kekakuan pada bagian bawah struktur berdasarkan beban angin dan gempa ringan.

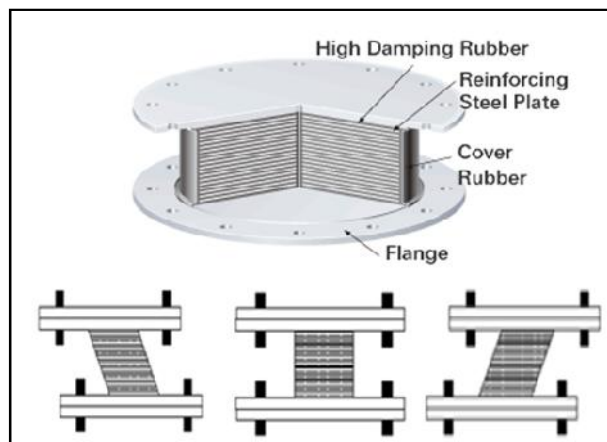
Menurut(Teruna, D.R. dan Singarimbun, 2010), Prinsip utama cara kerja isolasi dasar jenis *elastomeric bearing* (HDRB atau LRB) adalah dengan memperpanjang waktu getar alami struktur diluar frekwensi dominan gempa sampai 2.5 atau 3 kali dari waktu getar struktur tanpa isolasi (*fixed base structures*) dan memiliki damping antara 10 s/d 20%. Akibatnya gaya gempa yang disalurkan ke struktur menjadi lebih kecil.

Sedangkan pada *friction pendulum system* (FPS), parameter yang berpengaruh terhadap besarnya reduksi gaya gempa yang bekerja pada struktur adalah koefisien gesekan dan radius kelengkungan dari permukaan cekung bidang gelincir sistem FPS. Disamping itu satu hal yang unik dari sistem ini adalah waktu getar struktur tidak tergantung kepada massa bangunan tetapi tergantung kepada radius kelengkungan dan percepatan gravitasi Bumi.

### **2.17.2 High-Damping Rubber Bearing (HDRB)**

*High-damping rubber bearing* merupakan salah satu jenis dari *Elestomeric Isolasi*. Menurut (Budiono, B. dan Setiawan, 2014), *High-damping rubber bearing* merupakan salah satu jenis laminated rubber bearing yang terbuat dari campuran senyawa karet dengan nilai rasio redaman yang tinggi. *High-damping rubber bearing* memiliki nilai kekakuan awal yang tinggi sehingga mampu mengakomodasi gaya angin dan gempa ringan tanpa berdeformasi secara signifikan.

Dengan meningkatnya eksitasi gempa maka deformasi lateral akan meningkat dan modulus geser dari rubber akan menurun dan menghasilkan sistem isolasi dasar yang efektif (cukup fleksibel untuk memperpanjang periode struktur). Pada nilai regangan geser 250 hingga 300%, kekakuan horizontal akan meningkat kembali akibat pengaruh *hardening effects*. Pengaruh ini berfungsi sebagai “sekring” untuk membatasi deformasi yang melebihi batas gempa maksimum yang direncanakan. Perangkat HDRB dan mekanisme pergerakannya dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.6: Perangkat HDRB dan mekanisme pergerakannya.

### 2.17.3 Prosedur Desain Isolasi Dasar HDRB

Dalam mendisain isolasi dasar untuk jenis HDRB. Harus memperhatikan nilai yang terdapat pada material yang akan digunakan, seperti modulus geser dan dimensi yang akan digunakan. Menurut penelitian (Budiono, B. dan Setiawan, 2014), nilai material yang dimaksud terdapat pada Tabel 2.16.

Tabel 2.17: Nilai dasar material isolasi HDRB.

<i>HDRB Material Properties</i>	
Diameter	1100 mm
Ketebalan karet	250 mm
Ketebalan tiap lapis	10 mm
Modulus Geser (G)	0.624 Mpa
<i>Poition Ratio</i>	0.49
Berat jenis	1522 kg/m <sup>3</sup>
Berat isolasi dasar	361.747 kg
$K_{eff}$	2359.10 kN/m
$Q_y$	217.05 Kn
$K_d$	1469.74 kN/m
$K_u$	14697.42 kN/m
$D_y$	0.02 m

$Q_u$	575.74 kN
	24.89%

Salah satu parameter yang paling penting dalam mendisain isolasi HDRB adalah mencari nilai *shape factor* dengan Pers. 2.23.

$$S = \frac{\Phi}{4t} \quad (2.23)$$

dimana:

$S$  = *shape factor*.

$\Phi$  = diameter lingkaran karet.

$t$  = tebal karet per 1 lembar.

Umumnya desain yang bagus memiliki nilai *shape factor* antara 10-20. Selanjutnya mencari nilai kekakuan horizontal dan vertikal menurut Pers. 2.24 dan 2.25.

$$K_H = \frac{GA}{t_r} \quad (2.24)$$

$$K_V = \frac{E_C A_S}{t_r} \quad (2.25)$$

dimana:

$K_H$  = kekakuan arah horizontal.

$K_V$  = kekakuan arah vertikal.

$G$  = modulus geser material.

$A$  = luasan area bantalan.

$t_r$  = tebal keseluruhan bantalan.

$E_c$  = modulus elastisitas material.

$A_s$  = luasan penyangga besi perletakan bantalan.

Pada Pers. 2.25 terdapat nilai modulus elastisitas ( $E_C$ ) yang didapat dengan menggunakan Pers. 2.26.

$$E_C = 6GS^2 \quad (2.26)$$

Selain mencari kekakuan, *shape factor*, dan modulus elastisitas yang akan digunakan dalam mendesain isolasi HDRB, perlu mencari nilai regangan geser maksimum (  $\gamma$  ) dengan menggunakan Pers. 2.27.

$$\gamma = \frac{D}{t_r} \quad (2.27)$$

dimana:

$D$  = perpindahan horizontal maksimum.

## **2.18 Prosedur Gaya Lateral Ekuivalen Sistem Isolasi Menurut SNI 1726; 2012**

Menurut SNI 1726;2012 pasasl 12.4.1, prosedur gaya lateral ekuivalen sistem isolasi boleh digunakan untuk perencanaan struktur dengan isolasi seismik dengan ketentuan sebagai berikut:

1. Struktur terletak disitus dengan  $S_1$  kurang atau sama dengan 0.60g.
2. Struktur terletak pada kelas situs SA, SB, SC, atau SD.
3. Tinggi struktur diatas pemisah isolasi kurang atau sama dengan 4 lantai, atau 19.8 m dari tinggi struktur,  $h_n$ , diukur dari dasar.
4. Perioda efektif struktur dengan isolasi pada perpindahan maksimum,  $T_M$ , kurang atau sama dengan 3.0 detik.
5. Perioda efektif struktur dengan isolasi dengan perpindahan rencana,  $T_D$ , lebih besar 3 kali perioda elastic struktur terjepit dari struktur diatas sistem isolasi.
6. Konfigurasi struktur diatas sistem isolasi adalah beraturan.
7. Sistem isolasi harus memenuhi semua kriteria berikut:
  - a. Kekakuan efektif sistem isolasi pada perpindahan rencana lebih besar dari 1/3 kekakuan efektif pada saat 20% perpindahan rencana.
  - b. Sistem isolasi mampu menghasilkan suatu gaya pemulih.
  - c. Sistem isolasi tidak membatasi perpindahan gempa maksimum yang dipertimbangkan lebih kecil dari perpindahan maksimum total.

### 2.18.1 Perpindahan Rencana

Menurut SNI 1726;2012 pasal 12.5.3.1 sistem isolasi harus direncanakan dan dibangun untuk menahan perpindahan gempa lateral minimum ( $D_D$ ) yang dicari menggunakan Pers. 2.28.

$$D_D = \frac{gS_{D1}T_D}{4\pi^2 B_D} \quad (2.28)$$

dimana:

$g$  = percepatan gravitasi.

$S_{D1}$  = parameter percepatan spektral rencana dengan dengan redaman 5% pada periode 1 detik.

$T_D$  = periode efektif struktur dengan isolasi seismik pada perpindahan rencana dalam arah yang ditinjau.

$B_D$  = koefisien numerik terkait dengan redaman efektif sistem isolasi pada perpindahan rencana.

Koefisien redaman ( $B_D$ ) yang termasuk pada Pers. 2.28 dapat dilihat pada Tabel 2.17.

Tabel 2.18: Koefisien redaman,  $B_D$  atau  $B_M$ .

Redaman Efektif, $D$ atau $M$	Faktor $B_D$ atau $B_M$
$\leq 2$	0.8
5	1.0
10	1.2
20	1.5
30	1.7
40	1.9
$\geq 50$	2.0

### 2.18.2 Periode Efektif Pada Saat Perpindahan Rencana

Menurut SNI 1726;2012 pasal 12.5.3.2, periode efektif struktur yang di isolasi pada perpindahan rencana ( $T_D$ ) di hitung dengan menggunakan Pers. 2.29.

$$T_D = 2\pi \sqrt{\frac{W}{K_{Dmin}g}} \rightarrow K_{Dmin} = \frac{Wg}{\left(\frac{T_D}{2\pi}\right)^2} \quad (2.29)$$

dimana:

$W$  = berat seismik efektif struktur diatas pemisah isolasi.

$K_{Dmin}$  = kekakuan efektif minimum sistem isolasi.

$g$  = percepatan grafitasi.

### 2.18.3 Perpindahan Maksimum

Menurut SNI 1726;2012 pasal 12.5.3.3, perpindahan maksimum sistem isolasi ( $D_M$ ) arah yang paling menentukan dari respons horizontal sesuai Pers. 2.30.

$$D_M = \frac{gS_{M1}T_M}{4\pi^2 B_M} \quad (2.30)$$

dimana:

$g$  = percepatan grafitasi.

$S_{M1}$  = parameter percepatan spektral gempa maksimum yang dipertimbangkan dengan redaman 5% pada perioda 1 detik.

$T_M$  = perioda efektif struktur dengan isolasi seismik pada perpindahan maksimum dalam arah yang ditinjau.

$B_M$  = koefisien numerik terkait dengan redaman efektif sistem isolasi pada perpindahan maksimum.

### 2.18.4 Periode Efektif Pada Saat Perpindahan Maksimum

Menurut SNI 1726;2012 pasal 12.5.3.4, periode efektif struktur yang di isolasi pada perpindahan rencana ( $T_D$ ) di hitung dengan menggunakan Pers. 2.31.

$$T_M = 2\pi \sqrt{\frac{W}{K_{Mmin}g}} \rightarrow K_{Mmin} = \frac{Wg}{\left(\frac{T_M}{2\pi}\right)^2} \quad (2.31)$$

dimana:

$W$  = berat seismik efektif struktur diatas pemisah isolasi.



- $K_{Mmin}$  = kekakuan efektif minimum sistem isolasi, pada saat perpindahan Maksimum.
- $g$  = percepatan grafitasi.

### 2.18.5 Perpindahan Total

Menurut SNI 1726;2012 pasal 12.5.3.5, bahwa perpindahan rencana total ( $D_{TD}$ ) dan total perpindahan maksimum ( $D_{TM}$ ) dari elemen sistem isolasi dengan distribusi spasial kekakuan lateral yang seragam tidak boleh diambil kurang dari nilai yang ditentukan oleh Pers. 2.32 dan 2.33.

$$D_{TD} = D_D \left( 1 + y \frac{12e}{b^2 + d^2} \right) \quad (2.32)$$

$$D_{TM} = D_M \left( 1 + y \frac{12e}{b^2 + d^2} \right) \quad (2.33)$$

dimana:

$D_D$  = perpindahan rencana di titik pusat kekakuan sistem isolasi di arah yang ditinjau.

$D_M$  = perpindahan maksimum di titik pusat kekakuan sistem isolasi di arah yang ditinjau.

$y$  = jarak antara titik pusat kekakuan sistem isolasi dan elemen yang diinginkan dihitung tegak lurus dengan arah yang ditinjau.

$e$  = eksentrisitas sesungguhnya diukur dari denah antara titik pusat massa stuktur di atas batas pemisah isolasi dan titik pusat kekakuan sistem isolasi, ditambah dengan eksentrisitas tak terduga, diambil sebesar 5% dari ukuran maksimum bangunan tegak lurus untuk arah gaya yang ditinjau.

$b$  = ukuran denah struktur tependek diukur tegak lurus terhadap  $d$ .

$d$  = ukuran terpanjang denah struktur.

### 2.18.6 Kekakuan Efektif Maksimum

Menurut Mayes dan Naeim (2000) pasal 14.7.9, nilai kekakuan efektif maksimum ( $K_{Dmax}$ ) dan kekakuan efektif maksimum pada saat perpindahan maksimum ( $K_{Mmax}$ ) diambil dari nilai  $K_{Dmin}$  dan  $K_{Mmin}$  ditambahkan 10% dari nilai tersebut.

### 2.18.7 Gaya Lateral Minimum

Menurut SNI-1726-2012 pasal 12.5.4 terdapat dua gempa gaya lateral minimum yang bekerja pada struktur isolasi, yaitu gaya lateral minimum yang berada dibawah sistem isolasi ( $V_b$ ) dan gaya lateral minimum diatas sistem isolasi ( $V_s$ ). Kedua gaya lateral minimum tersebut dapat menggunakan Pers. 2.34 dan 2.35.

$$V_b = K_{Dmax} D_D \quad (2.34)$$

$$V_s = \frac{V_b}{R_I} \quad (2.35)$$

dimana:

$K_{Dmax}$  = kekakuan efektif maksimum.

$D_D$  = perpindahan rencana.

$R_I$  = koefisien numerik yang berhubungan dengan sistem gaya penahan.

Faktor  $R_I$  harus bernilai  $3/8$  dari nilai  $R$  dengan nilai maksimum tidak lebih besar dari 2 dan nilai minimum tidak lebih kecil dari 1.

### 2.18.8 Distribusi Gaya Vertikal

Menurut SNI 1726;2012 pasal 12.5.5, gaya geser  $V_s$  harus di distribusikan ke seluruh tinggi struktur diatas batas pemisah isolasi sesuai Pers. 2.36.

$$F_x = \frac{V_s w_x h_x}{\sum_{i=1}^n w_i h_i} \quad (2.36)$$

dimana:

$V_s$  = gaya geser lateral gempa sesuai Pers 2.37.

$w_x$  = bagian dari  $W$  yang ditempatkan di tingkat  $x$ .

$h_x$  = tinggi tingkat  $x$  dari dasar.

$F_x$  = bagian  $V$  yang bekerja di tingkat  $x$ .

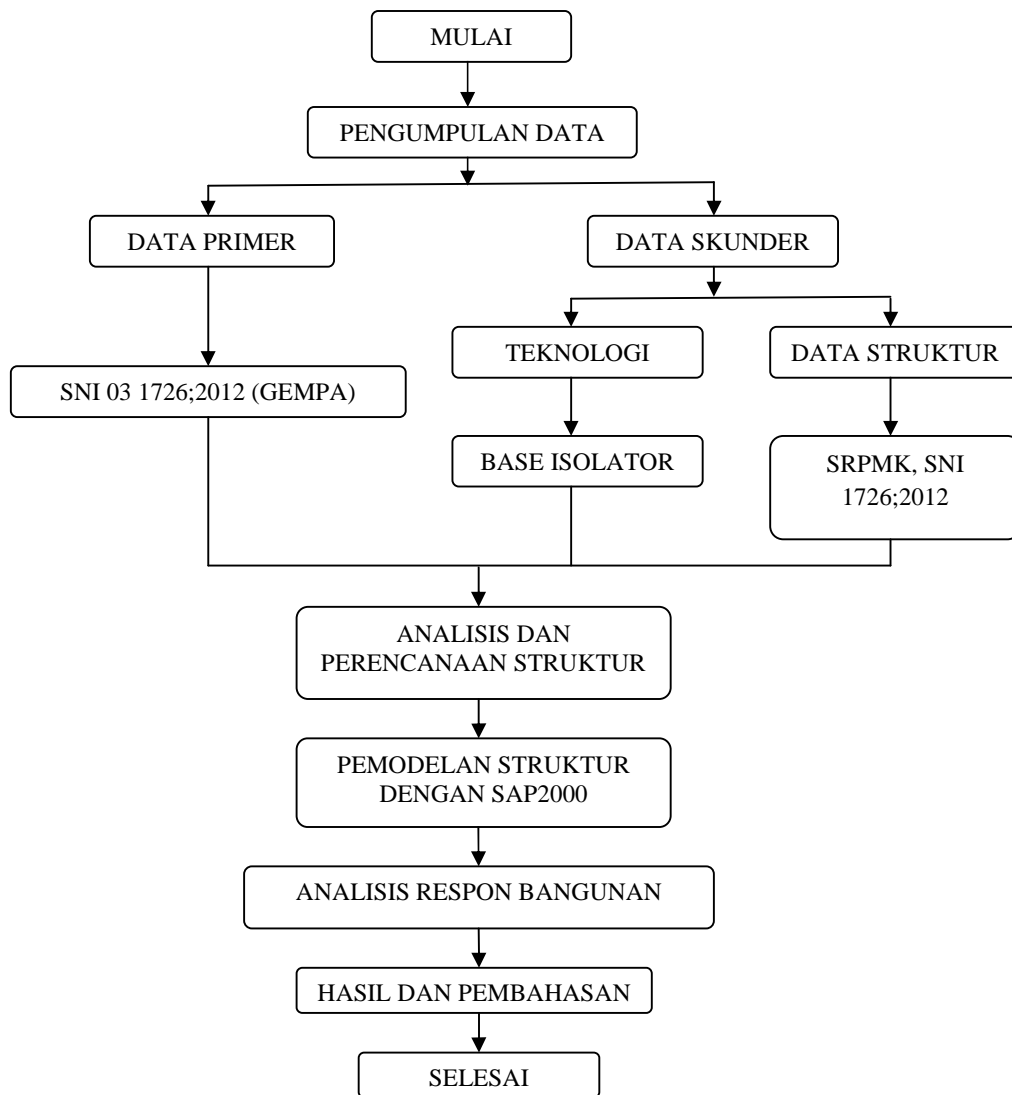
### 2.18.9 Batas Simpangan Antar Lantai Pada Struktur Isolasi Dasar

Menurut SNI 1726;2012 pasal 12.5.6, bahwa simpangan antar lantai struktur diatas sistem isolasi tidak boleh melebihi  $0.015 h_{sx}$ .

**BAB 3**  
**METODOLOGI**

**3.1 Bagan Alir/Flow Chart Penelitian**

Langkah-langkah dalam pengerjaan penelitian ini disajikan dalam bentuk bagan alir (*flow chart*) yang mana bagan alir ini sebagai pedoman penelitian yang akan dilakukan dalam penulisan ini. Bagan alir tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1: Bagan alir (*flow chart*) penelitian.

### 3.2 Rancangan Penelitian

Konstruksi bangunan yang akan dirancang merupakan bangunan gedung baja lantai lima SRPMK. Pemodelan struktur terdiri dari 4 model, yaitu:

1. Struktur SRPMK dengan bresing tanpa base isolator.
2. Struktur SRPMK dengan bresing dan base isolator.

Bangunan gedung terletak di wilayah Medan. Fungsi gedung adalah untuk perkantoran yang terletak di tengah kota dan bangunan terletak diatas tanah keras.

### 3.3 Data Penelitian: Data Desain Pada SAP2000

Data penelitian yang digunakan adalah data material, data desain balok dan kolom, desain plat, dan pembebanan.

#### 3.3.1 Data Material

a) Beton

- Kuat tekan beton  $f_c = 30$  MPa.
- Modulus elastisitas beton  $= 4700 \sqrt{f_c} = 25742.96$  MPa.
- Poison Ratio  $= 0.2$ .
- Berat jenis  $= 2400$  kg/m<sup>3</sup>.

b) Material properties

- Modulus elastisitas,  $E = 200.000$  MPa
- Rasio poisson,  $\mu = 0.3$
- Modulus geser,  $G = \frac{E}{2(1+\mu)}$

Diambil:  $G = 77.200$  MPa (AISC'05), atau  $80.000$  MPa (SNI)

c) Jenis baja

Tabel 3.1 :Jenis baja

Jenis baja	Tegangan putus tarik $F_u$ (MPa)	Tegangan leleh tarik $F_y$ (MPa)
BJ34	340	210
BJ37	370	240
BJ41	410	250
BJ50	500	290

Tabel 3.1 :*Lanjutan*

Jenis baja	Tegangan putus tarik $F_u$ (MPa)	Tegangan leleh tarik $F_y$ (MPa)
BJ52	520	360
BJ55	550	410

d) *Standard section dimension*

Tabel 3.2 :*Standard section dimension*

Dimesnional (mm)	HxB (mm)	t1 (mm)	t2 (mm)	r (mm)	Section area (mm)	Unit Weight
WF 350 x 150	350 x 150	7	11	14	63,14	49,60
WF 400 x 200	400 x 200	8	13	16	84,1	66,0
HB 400 x 400	400 x 400	13	21	22	218,7	172
Angle 120 x 120	120 x 120	11	13	6,5	25,370	19,90
Angle 200 x 200	200 x 200	15	17	12	57,750	45,30
Angle 250 x 250	250 x 250	25	24	12	119,400	93,70

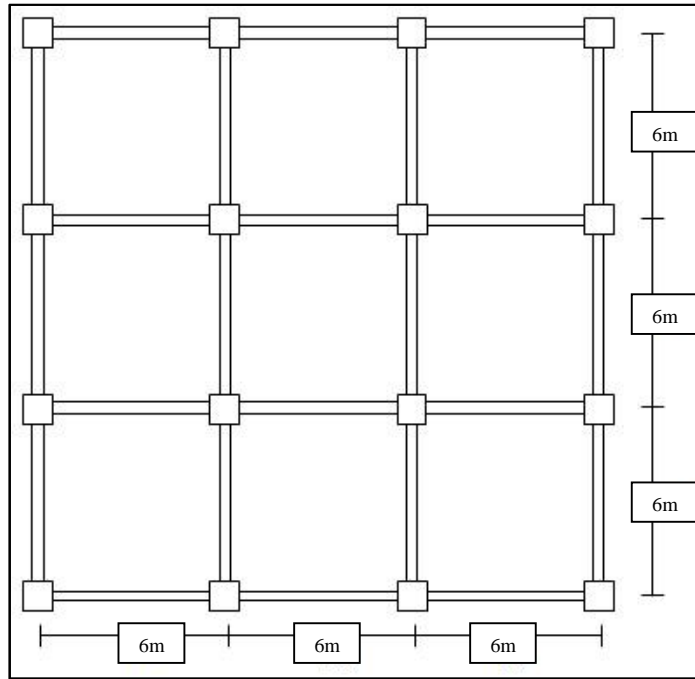
### 3.3.2 Desain Balok dan Kolom

- a) Dimensi balok induk = 0.35 x 0.15 m, panjang balok = 6 m.
- b) Dimensi kolom lantai 1 = 0.40 x 0.40 m, panjang kolom = 4,5 m.
- c) Dimensi kolom lantai 2 s/d 5 = 0.40 x 0.40 m, panjang kolom = 3,2 m.

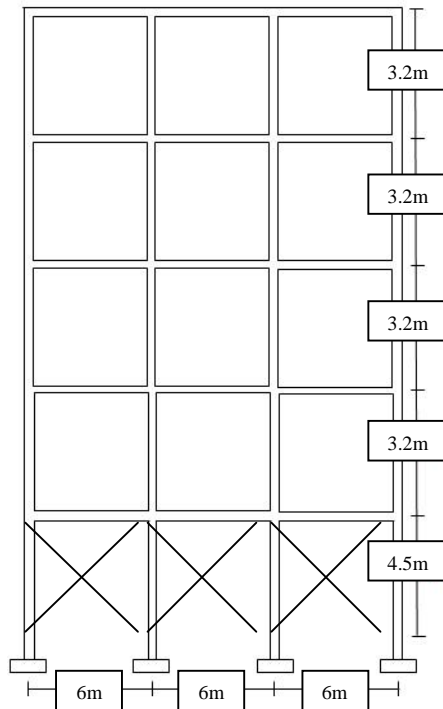
### 3.3.3 Desain Plat

- a) Selimut beton (SNI 03-2847-2013 Pasal 7.7.1)
  - Untuk plat yang tidak berhubungan langsung dengan cuaca = 40 mm.
  - Untuk plat yang berhubungan langsung dengan cuaca = 50 mm.
  - Untuk balok dan kolom = 40 mm.
- b) Tebal plat lantai  
 Asumsi plat lantai yang digunakan:
  - Plat atap = 10 cm.
  - Plat lantai = 12 cm.

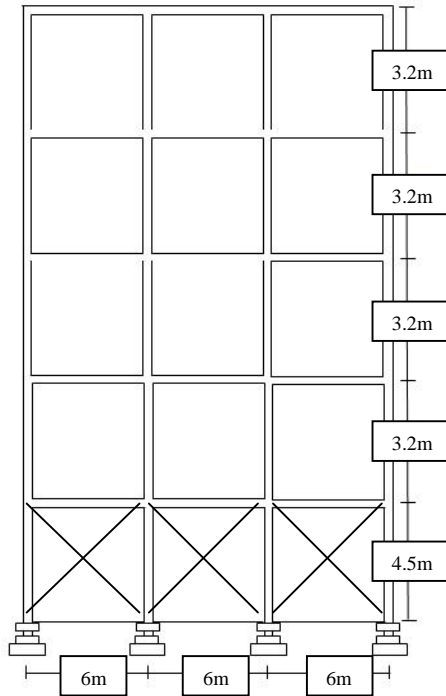
Gambar denah tampak atas, depan dan samping bisa dilihat pada Gambar 3.2 sampai 3.4.



Gambar 3.2: Denah struktur tampak atas.



Gambar 3.3: Tampak samping, depan, dan belakang struktur *fixed base* menggunakan bresing.



Gambar 3.4: Tampak samping, depan, dan belakang struktur *fixed base* menggunakan bresing dan *base isolator*.

### 3.3.4 Pembebanan

Berdasarkan sub bab 2.13.2 diperoleh data beban hidup seperti pada Tabel 3.1.

Tabel 3.3: Beban hidup pada lantai gedung.

Hunian atau Penggunaan	Beban Merata (kg/m <sup>2</sup> )
Gedung perkantoran	
Ruangan sip dan computer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian	
Lobi dan koridor lantai pertama	479
kantor	240
koridor di atas lantai pertama	383
Tangga dan jalankeluar	479
Atap datar	96

Nilai reduksi beban hidup menurut SNI 1727;2013 pasal 4.7.2 dengan menggunakan Pers 3.1.

$$L = L_o \left( 0.25 + \frac{4.57}{\sqrt{K_{LL}A_T}} \right) \quad (3.1)$$

$$L = L_o \left( 0.25 + \frac{4.57}{\sqrt{4 \times 144}} \right)$$

$$L = 0.44L_o$$

Berat sendiri komponen struktur sudah dihitung secara otomatis oleh SAP2000 berdasarkan input data dimensi dan karakteristik material yang direncanakan. Sedangkan untuk beban mati tambahan berdasarkan SNI-1727-2013 Pasal 2.1.1 diperoleh data seperti pada Tabel 3.2.

Table 3.4: Beban Mati tambahan pada lantai gedung.

Jenis Material	Berat Jenis Material
Keramik	24 kg/m <sup>2</sup>
Plafond dan penggantung	18 kg/m <sup>2</sup>
<i>Water proofing</i>	5 kg/m <sup>2</sup>
Spesi/adukan, per cm tebal dari semen	21 kg/m <sup>2</sup>
Dinding pasangan bata merah (1/2 batu)	250/m2

#### 1. Beban Mati (DL):

yaitu akibat berat sendiri struktur, beban finishing, beban plafon dan beban dinding. (Berat sendiri komponen struktur berupa balok dan kolom, plat dihitung secara otomatis oleh SAP2000).

##### Beban Layan Yang Bekerja (SNI 1727;2013)

- Beton  $\gamma$  = 2400 kg/m<sup>3</sup>
  - Beban dinding ½ bata  $\gamma$  = 250 kg/m<sup>2</sup>
  - Beban atap metal roof = 10 kg/m<sup>2</sup>
  - Beban dinding bata ringan = 120 kg/m<sup>2</sup>
  - Beban hidup lantai = 250 kg/m<sup>2</sup>
  - Beban Super Dead Load (SDL) = 115 kg/m<sup>2</sup>
    - Screed/acian 3 cm = 3 x 21 kg/m<sup>2</sup> = 63 kg/m<sup>2</sup>
    - Mekanika dan Elektrikal = 10 kg/m<sup>2</sup>
    - Penutup Lantai Ubin/keramik = 24 kg/m<sup>2</sup>
    - Penggantung langit-langit/plafon = 18 kg/m<sup>2</sup>
- Total = 115 kg/m<sup>2</sup>



- Beban hidup atap = 100 kg/m<sup>2</sup>

**a. Beban Mati lantai 1 dan 4**

Screed/spesi 3 cm = 3 x 21 kg/m<sup>2</sup> = 63 kg/m<sup>2</sup>

Mekanika dan Elektrikal = 10 kg/m<sup>2</sup>

Penutup Lantai Ubin/keramik = 24 kg/m<sup>2</sup>

Penggantung langit-langit/plafon = 18 kg/m<sup>2</sup>

**Dead Total = 115 kg/m<sup>2</sup>**

**b. Beban lantai 5 (atap)**

Mekanika dan Elektrikal = 10 kg/m<sup>2</sup>

Water Proofing = 5 kg/m<sup>2</sup>

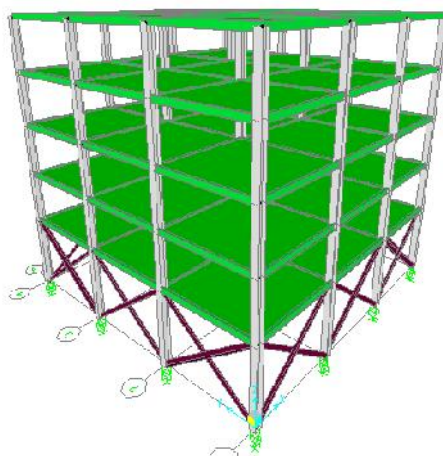
Penggantung langit-langit/plafon = 18 kg/m<sup>2</sup>

**Total = 33 kg/m<sup>2</sup>**

2. Beban Hidup (L<sub>0</sub>)

- Lantai 1 s/d Lantai 4 = 200 kg/m<sup>2</sup> (Fungsi bangunan Kantor, SNI 1727;2013)
- Plat atap (dek beton) = 100 kg/m<sup>2</sup>

Gambar desain struktur bangunan pada SAP2000 dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5: Model struktur bangunan pada SAP 2000.

### 3.4 Metode Respon Spektrum Berdasarkan SNI 1726;2012

Berdasarkan SNI 1726;2012 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung, terlebih dahulu harus ditentukan kategori resiko bangunan yang akan direncanakan yaitu bangunan yang digunakan sebagai gedung perkantoran, dengan kategori resiko II dan faktor keutamaan gempa adalah 1,0. Bangunan direncanakan berada di kota Medan.

Penentuan kategori desain seismik dapat ditentukan dengan terlebih dahulu menentukan nilai spektral percepatan ( $S_s$ ) dan spektral percepatan ( $S_I$ ) untuk kota Padang yang dapat dilihat pada Peta Zonasi Gempa tahun 2012 yang dikeluarkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum dibawah ini.

Berdasarkan Peta Zonasi Gempa 2012 dan menurut Tumilar (2015), maka:

- $PGA = 0.506 \text{ g}$
- $S_s = 0.5 \text{ g}$
- $S_I = 0.4 \text{ g}$

Untuk kategori resiko bangunan adalah II dan faktor keutamaan gempa  $I_e$  adalah 1,0. Karena tidak dilakukannya penyelidikan geoteknik, maka diasumsikan klasifikasi situs berada di  $SD$  (tanah sedang). Langkah-langkah yang dilakukan dalam membuat spektrum respon gempa rencana sebagai berikut :

- 1) Penentuan faktor amplikasi terkait spektra percepatan untuk periode pendek ( $F_a$ ) dan periode 1,0 detik ( $F_v$ )

Tabel 3.5: Interpolasi koefisien situs,  $F_a$  dan  $F_v$  (SNI 1726;2012).

Koefisien situs $F_a$ dan $F_v$ , untuk kota Medan		
Kelas situs	$F_a (S_s = 0.5)$	$F_v (S_I = 0,4)$
SD – tanah sedang	1.4	1.6

- 2) Penentuan nilai spektra percepatan untuk periode pendek ( $S_{MS}$ ) dan periode 1,0 detik ( $S_{M1}$ )

$$S_{MS} = F_a \times S_s$$

$$S_{MS} = 1,4 \times 0.5 = 0.7$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1$$

$$S_{M1} = 1.6 \times 0.4 = 0.64$$

- 3) Penentuan respon spektra percepatan desain untuk periode pendek ( $S_{DS}$ ) dan periode 1,0 detik ( $S_{D1}$ )

$$S_{DS} = \mu \times S_{MS}$$

$$S_{D1} = \mu \times S_{M1}$$

dimana:

$\mu$  merupakan konstanta yang tergantung pada peraturan perencanaan bangunan yang digunakan, misalnya untuk IBC-2009 dan ASCE 7-10 dengan gempa 2500 tahun menggunakan nilai  $\mu$  sebesar 2/3 tahun.

Tabel 3.6: Nilai  $S_{DS}$  dan  $S_{D1}$  untuk kota Medan.

Nilai $S_{DS}$ , dan $S_{D1}$ untuk kota Medan		
Kelas situs	$S_{DS} = 2/3 \times S_{MS}$	$S_{D1} = 2/3 \times S_{M1}$
SD – tanah sedang	$2/3 \times 0,7 = 0.466$	$2/3 \times 0.64 = 0.426$

Tabel 3.7: Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek.

Nilai $S_{DS}$	Kategori resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} \leq 0.167$	A	A
$0.167 < S_{DS} < 0.33$	B	C
$0.33 < S_{DS} < 0.50$	C	D
$S_{DS} \geq 0.50$	D	D

Tabel 3.8: Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik.

Nilai $S_{D1}$	Kategori resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} \leq 0.067$	A	A
$0.067 < S_{D1} < 0.133$	B	C
$0.133 < S_{D1} < 0.20$	C	D
$S_{D1} \geq 0.20$	D	D

Berdasarkan tabel diatas untuk penentuan kategori desain seismik untuk kota Padang adalah kategori desain seismik D.

4) Penentuan nilai  $T_0$  dan  $T_S$

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

$$T_s = \frac{0.466}{0.426} = 0.914$$

$$T_0 = 0.2 \times T_s$$

$$T_0 = 0.2 \times 0.914 = 0.183$$

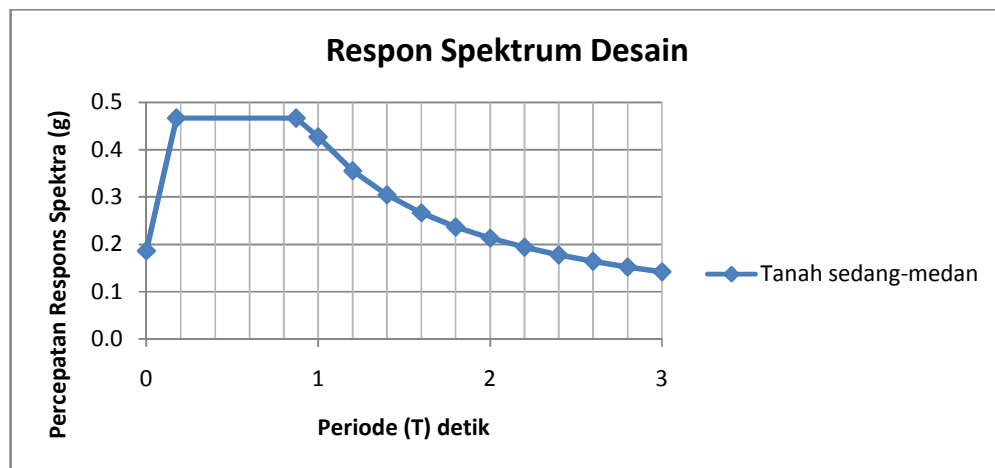
5) Penentuan nilai  $S_a$

- Untuk periode lebih kecil dari  $T_0$ , respon spektrum percepatan desain ( $S_a$ ) diperoleh dari persamaan berikut:

$$S_a = S_{DS} \left( 0.4 + 0.6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (3.2)$$

- Untuk periode yang lebih besar dari atau sama dengan  $T_0$  dan lebih kecil atau sama dengan  $T_s$ , spektrum respon percepatan desain ( $S_a$ ) sama dengan  $S_{DS}$
- Untuk periode yang lebih besar dari  $T_s$ , spektrum respon percepatan desain ( $S_a$ ) diperoleh dari persamaan berikut:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (3.3)$$



Gambar3.6: Grafikspektrum respon gempa rencana.

Nilai yang dimasukkan ke SAP2000 v.14 untuk *Define Response Spektrum Function* adalah nilai yang ada pada tabel dibawah ini dengan cara *copy* data dan *paste* ke dalam *Notepad*, karena dalam SAP2000 v.14 tidak bisa menerima data dalam format *Ms-Excel*.

Tabel 3.9: Data spektrum respon berdasarkan SNI 1726;2012 Kota Medan untuk tanah sedang.

Data yang Diperoleh	
T (detik)	KoefisienGampa C
0.000	0.359
$T_0 = 0.116$	0.899
0.200	0.899
0.300	0.899
0.400	0.899
0.500	0.899
$T_s = 0.578$	0.899
0.600	0.865
0.700	0.742
0.800	0.649
0.900	0.577
1.000	0.519
1.100	0.472
1.200	0.433
1.300	0.399
1.400	0.371
1.500	0.346
1.600	0.324
1.700	0.305
1.800	0.288
1.900	0.273
2.000	0.260
2.100	0.247
2.200	0.236
2.300	0.226
2.400	0.216
2.500	0.208
2.600	0.200
2.700	0.192
2.800	0.185

Tabel 3.9: Lanjutan.

Data yang Diperoleh	
T (detik)	Koefisien Gempa C
2.900	0.179
3.000	0.173

Nilai spektrum respon tersebut dikalikan dengan faktor skala yang besarnya ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Faktor skala} &= \frac{I}{R} \times g && (3.4) \\
 &= 1/8 \times 9.81 \text{ m/s}^2 \\
 &= 1.225
 \end{aligned}$$

### 3.5 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang akan di *input* kedalam SAP2000 v.14 untuk  $\rho = 1.3$  dan  $S_{DS} = 0.466$  adalah sebagai berikut:

Tabel 3.10: Tabel kombinasi pembebanan untuk  $\rho = 1.3$  dan  $S_{DS} = 0.466$ .

KOMBINASI PEMBEBANAN								
Kombinasi	Koefisien		Koefisien		Koefisien		Koefisien	
Kombinasi 1	1.4	DL						
Kombinasi 2	1.2	DL	1.6	LL				
Kombinasi 3	1.32	DL	1	LL	0.3	EX	1	EY
Kombinasi 4	1.08	DL	1	LL	-0.3	EX	-1	EY
Kombinasi 5	1.13	DL	1	LL	0.3	EX	-1	EY
Kombinasi 6	1.27	DL	1	LL	-0.3	EX	1	EY
Kombinasi 7	1.32	DL	1	LL	1	EX	0.3	EY
Kombinasi 8	1.08	DL	1	LL	-1	EX	-0.3	EY
Kombinasi 9	1.27	DL	1	LL	1	EX	-0.3	EY
Kombinasi 10	1.13	DL	1	LL	-1	EX	0.3	EY
Kombinasi 11	1.02	DL			0.3	EX	1	EY
Kombinasi 12	0.78	DL			-0.3	EX	-1	EY
Kombinasi 13	0.83	DL			0.3	EX	-1	EY
Kombinasi 14	0.97	DL			-0.3	EX	1	EY
Kombinasi 15	1.02	DL			1	EX	0.3	EY
Kombinasi 16	0.78	DL			-1	EX	-0.3	EY
Kombinasi 17	0.97	DL			1	EX	-0.3	EY

Tabel 3.10: Lanjutan.

Kombinasi 18	0.83	DL		-1	EX	0.3	EY
--------------	------	----	--	----	----	-----	----

### 3.6 Desain Isolasi Dasar

Isolasi dasar yang digunakan adalah jenis HDRB (*High-Dumping Rubber Bearing*). Sesuai sub bab 2.17.3, nilai material yang dimaksud terdapat pada Tabel 3.9.

Tabel 3.11: Nilai dasar material isolasi HDRB.

HDRB Material Properties	
Diameter	1100 mm
Ketebalan karet	250 mm
Ketebalan tiap lapis	10 mm
Modulus Geser (G)	0.624 Mpa
<i>Poition Ratio</i>	0.49
Berat jenis	1522 kg/m <sup>3</sup>
Berat isolasi dasar	361.747 kg
$K_{eff}$	2359.10 kN/m
$Q_y$	217.05 kN
$K_d$	1469.74 kN/m
$K_u$	14697.42 kN/m
$D_y$	0.02 m
$Q_u$	575.74 kN
	24.89%

Sesuai sub bab 2.17.3, nilai-nilai parameter yang diambil dalam mendesain isolasi dasar terdapat pada Tabel 3.10.

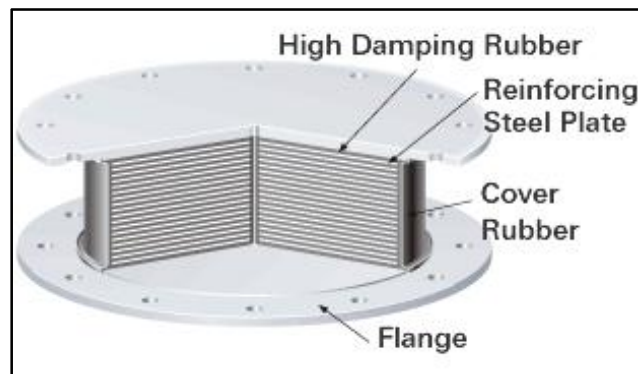
Tabel 3.12: Nilai-nilai parameter desain isolasi dasar HDRB.

Isolasi dasar tanpadindingbata		
Variabel yang dicari	Persamaan	Hasil
<i>Shape factor</i> (S)	Pers. 2.23	27.5
Kekakuan horizontal ( $K_H$ )	Pers. 2.24	2372.98 N/mm

Tabel 3.12: Lanjutan.

Kekakuan vertical ( $K_V$ )	Pers. 2.25	4077216 N/mm
Modulus elastisitas ( $E_C$ )	Pers. 2.26	2831 Mpa
Regangangesermaksimum ( )	Pers. 2.27	0.9277

Pemodelan desain isolasi dasar HDRB pada SAP2000 dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7: Pemodelan desain isolasi dasar yang akan diinput pada SAP2000.

### 3.7 Prosedur Gaya Lateral Ekivalen Sistem Isolasi Menurut SNI-1726-2012

Sesuai sub bab 2.18, nilai-nilai yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 3.11.

Tabel 3.13: Nilai-nilai prosedur dalam mencari gaya lateral ekivalen.

Variabel yang dicari	Persamaan	Hasil
Kekakuan efektif minimum ( $K_{Dmin}$ )	Pers. 2.29	702829.30 kg/m
Kekakuan efektif minimum saat perpindahan maksimum ( $K_{Mmin}$ )	Pers. 2.31	488075.90 kg/m
Kekakuan efektif maksimum ( $K_{Dmax}$ )	Sub bab 2.18.6	773112.26 kg/m
Kekakuan efektif maksimum saat perpindahan maksimum ( $K_{Mmax}$ )	Sub bab 2.18.6	536883.51 kg/m
Perpindahan rencana total ( $D_{TD}$ )	Pers. 2.32	0.231928 m
Total perpindahan maksimum ( $D_{TM}$ )	Pers. 2.33	0.278314 m



*Tabel 3.13: Lanjutan.*

Gaya lateral minimum yang beradadibawah system isolasi ( $V_b$ )	Pers. 2.34	155918.91 kg
Gaya lateral minimum diatas sistem isolasi ( $V_s$ )	Pers. 2.35	77959.46 kg

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Tinjauan Umum

Dalam bab ini akan membahas beberapa nilai hasil analisis oleh SAP 2000 v.14 pada struktur:

1. Struktur SRPMK dengan bresing tanpa base isolator.
2. Struktur SRPMK dengan bresing dan base isolator.

Data yang hasil diperoleh diantaranya berat sendiri bangunan, berat total bangunan, perioda struktur alami, gaya geser seismik dasar, distribusi vertical gaya gempa, kekakuan struktur, nilai simpangan, *curva pushover*, perbandingan *curva pushover*, simpangan *non-linear pushover*.

#### 3.2 Hasil Analisis

Pada Sap 2000 berat sendiri per lantai dapat dihitung secara otomatis. Adapun hasil berat sendiri per lantai struktur bangunan yang dihitung otomatis oleh SAP2000 dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1: Hasil berat sendiri bangunan per lantai struktur bangunan.

<i>Group</i>	<i>SelfMass (kgsec<sup>2</sup>/m)</i>	<i>SelfWeight (kg)</i>	<i>TotalMassX</i>	<i>TotalMassY</i>
<i>ALL</i>	56759,84	556623,82	56759,84	56759,84
LANTAI 1	13323,89	130662,69	13323,89	13323,89
LANTAI 2	11255,91	110382,77	11255,91	11255,91
LANTAI 3	11255,91	110382,77	11255,91	11255,91
LANTAI 4	11255,91	110382,77	11255,91	11255,91
LANTAI 5	9668,22	94812,82	9668,22	9668,22

### 3.3 Penentuan Berat Total per Lantai ( $W_t$ )

Untuk perhitungan analisis statik ekivalen dibutuhkan berat total per lantai, maka berat total per lantai bisa didapat dengan menjumlahkan antara berat sendiri, berat mati dan berat hidup. Adapun perhitungan berat total per lantai dapat dilihat pada lampiran. Rekapitulasi berat total per lantai struktur bangunan dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2: Rekapitulasi berat total per lantai struktur bangunan.

Lantai	Beban sendiri (kg)	Beban mati tambahan (kg)	Beban hidup (kg)	Total beban ( $W_t$ )
1	130662,69	34020	21600	186283
2	110382,77	34020	21600	166003
3	110382,77	34020	21600	166003
4	110382,77	34020	21600	166003
5	94812,82	27864	12442	166003
Total				633127

### 3.4 Penentuan Periode Alami Struktur ( $T_1$ )

Dari model struktur pada SAP2000 diperoleh waktu getar alami fundamental struktur gedung tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3: Waktu getar alami struktur bangunan SRPMK dengan bresing tanpa base isolator.

Mode	Perioda	$SumUX$	$SumUY$
1	0,68855	0	0,678
2	0,58738	0,671	0,678
3	0,57537	0,671	0,678
4	0,21821	0,671	0,762
5	0,17553	0,773	0,762
6	0,17344	0,773	0,762
7	0,12213	0,773	0,793
8	0,08994	0,822	0,793

Tabel 4.3: *Lanjutan.*

Mode	Perioda	<i>SumUX</i>	<i>SumUY</i>
9	0,08971	0,822	0,793
10	0,08446	0,822	0,804
11	0,07389	0,822	0,804
12	0,07193	0,822	0,804

Tabel 4.4: Waktu getar alami struktur bangunan SRPMK dengan bresing dengan base isolator.

Mode	Perioda	<i>SumUX</i>	<i>SumUY</i>
1	1,1536	0	0,955
2	1,0655	0,963	0,955
3	0,8668	0,963	0,955
4	0,3523	0,963	0,991
5	0,3087	0,995	0,991
6	0,2969	0,995	0,991
7	0,1825	0,995	0,995
8	0,1476	0,995	0,995
9	0,1464	0,997	0,995
10	0,1184	0,997	0,998
11	0,1152	0,997	0,998
12	0,1152	0,997	0,998

Dari Tabel 4.3 dan 4.4 dapat dilihat perbandingan dengan bangunan struktur SRPMK dengan bresing tanpa base dan bangunan struktur SRPMK dengan base bahwa berbagai macam respon metode respon dan partisipasi massa hasil respon total harus mencapai sekurang-sekurangnya 90%. Jadi dari Tabel 4.3 partisipasi massa mencapai 100% sehingga model tersebut memenuhi syarat. Dapat dilihat persentase nilai perioda yang menentukan jenis perhitungan menggunakan CQC atau SRSS pada SAP2000 pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5: Hasil persentase nilai perioda.

Struktur bresing tanpa base isolator				Struktur bresing dengan base isolator			
Mode	(%)	CQC < 15%	SRSS > 15%	Mode	(%)	CQC < 15%	SRSS > 15%
T1-T2	14,7	OK	NOT OK	T1-T2	7,6	OK	NOT OK
T2-T3	2,05	OK	NOT OK	T2-T3	18,6	NOT OK	OK
T3-T4	62,07	NOT OK	OK	T3-T4	59,4	NOT OK	OK
T4-T5	19,56	NOT OK	OK	T4-T5	12,4	OK	NOT OK
T5-T6	1,19	OK	NOT OK	T5-T6	3,8	OK	NOT OK
T6-T7	29,58	NOT OK	OK	T6-T7	38,5	NOT OK	OK
T7-T8	26,35	NOT OK	OK	T7-T8	19,1	NOT OK	OK
T8-T9	0,26	OK	NOT OK	T8-T9	0,8	OK	NOT OK
T9-T10	5,86	OK	NOT OK	T9-T10	19,2	NOT OK	OK
T10-T12	12,51	OK	NOT OK	T10-T12	2,6	OK	NOT OK
T11-T12	2,65	OK	NOT OK	T11-T12	0,0	OK	NOT OK

### 3.5 Perioda Fundamental Pendekatan ( $T_a$ )

Menurut SNI-1726-2012 pasal 7.8.2, perioda ( $T$ ) tidak boleh melebihi hasil koefisien batasan atas pada perioda yang dihitung ( $C_u$ ) dan perioda pendekatan fundamental ( $T_a$ ), yang mana perioda fundamental dihitung pada Pers. 4.1 dan 4.2.

$$T = 0,1N \quad (4.1)$$

$$T_{max} = T \times C_u \quad (4.2)$$

Dimana Pers. 4.1 dipakai dengan syarat gedung tidak melebihi 12 tingkat dimana sistem penahan gaya gempa terdiri dari rangka pemikul momen beton dan tinggi tingkat paling sedikit 3 meter, nilai  $C_u$  yang digunakan diambil dari Tabel 4.6.

Tabel 4.6: Nilai koefisien batas atas ( $C_u$ ).

Parameter Percepatan Respon Spektar Desain Pada 1 Detik, $S_{D1}$	Koefisien $C_u$
0.4	1.4
0.3	1.4
0.2	1.5

Tabel 4.6: *Lanjutan.*

0.15	1.6
0.1	1.7

Pengecekan nilai perioda yang dihitung oleh SAP2000 dengan persyaratan maksimum nilai perioda dapat dilihat pada Table 4.6.

Tabel 4.7: Pengecekan nilai perioda SAP2000.

struktur bangunan SRPMK dengan bresing tanpa base isolator				
SYARAT PERIODA				
Arah	Ta =0.1*N	Ta Max = Cu*Ta	T hasil dari SAP2000	CEK
X	0,708	0,992	0,678	OK
Y	0,708	0,992	0,678	OK
struktur bangunan SRPMK dengan bresing dengan base isolator				
SYARAT PERIODA				
Arah	Ta =0.1*N	Ta Max = Cu*Ta	T hasil dari SAP2000	CEK
X	0,708	0,992	1,154	NOT OK
Y	0,708	0,992	1,154	NOT OK

### 3.6 Penentuan Gaya Geser seismic (V)

Menurut SNI-1726-2012 pasal 7.8.1, nilai gaya geser nominal statik ekuivalen (v) masing-masing arah dapat ditentukan berdasarkan Pers. 4.3 dan dirangkum seperti pada Tabel 4.7.

$$V = C_s W \quad (4.3)$$

Menurut SNI-1726-2012 pasal 7.8.1.1 dimana nilai  $C_s$  diambil dari Pers. 4.4.

$$C_s = \frac{S_{Ds}}{\left(\frac{R}{T_e}\right)} \quad (4.4)$$

$C_s$  yang dihitung pada Pers. 4.4 tidak boleh melebihi nilai yang dihitung menurut per 4.5 dan tidak kurang dari nilai yang dihitung menurut Pers 4.5 dan sebagai tambahan untuk struktur yang berlokasi didaerah dimana  $s_1$  sama dengan atau lebih besar dari 0,6g maka  $C_s$  harus tidak kurang dari pers 4.7

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (4.5)$$

$$C_s = 0.044 S_{DS} I_e \geq 0.01 \quad (4.6)$$

$$C_s = \frac{0,5S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (4.7)$$

Hasil nilai  $C_s$  yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.8: Nilai  $C_s$  yang digunakan.

struktur bangunan SRPMK dengan bresing tanpa base isolator					
PERHITUNGAN NILAI $C_s$					
Arah	$C_s$ Max- $SD_S$ / (R/I)	$C_s$ Hitungan - $SD_I / (T*(R/I))$	$C_s$ Min - $0.004*SD_S*I$	$C_s$ Tambahan - $0.5*S_I/(R/I)$	$C_s$ Yg digunakan
T1	0,058	0,433	0,025	0,025	0,058
T2	0,058	0,433	0,025	0,025	0,058
struktur bangunan SRPMK dengan bresing dengan base isolator					
PERHITUNGAN NILAI $C_s$					
Arah	$C_s$ Max- $SD_S$ / (R/I)	$C_s$ Hitungan - $SD_I / (T*(R/I))$	$C_s$ Min - $0.004*SD_S*I$	$C_s$ Tambahan - $0.5*S_I/(R/I)$	$C_s$ Yg digunakan
T1	0,058	0,254	0,025	0,025	0,058
T2	0,058	0,254	0,025	0,025	0,058

Dari Tabel 4.7 diatas telah disepakatikan nilai  $C_s$  yang dibutuhkan untuk mencari nilai gaya geser dasar struktur bangunan. Nilai gaya geser dasar ( $V$ ) dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9: Gaya geser nominal statik ekivalen ( $V$ ).

Wt (kg)	$V_{arah x}$ (kg)	$V_{arah y}$ (kg)
819409,42	47525,75	47525,75

### 3.7 Penentuan Distribusi Vertikal Gaya Gempa

Distribusi horizontal gaya gempa ditentukan berdasarkan Pers 4.8 dan 4.9.

$$F_i = C_{vx} V \quad (4.8)$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (4.9)$$

Dikarenakan nilai V arah x dan y pada struktur *open frame* bernilai sama, maka nilai  $F_i$  pada arah x dan y bernilai sama pula. Pada sub bab 2.9, nilai k diambil dari nilai periode yang terjadi. Pada struktur ini diambil nilai  $k = 1$  karena nilai periode lebih kecil dari 0.5 ( $T < 0.5$ ). dan nilai k pada sktruktur tanpa bata diambil dengan interpolasi antara nilai 1 dan 2 karena nilai periode lebih besar dari 0,5 yaitu 0.548 ( $0,5 < T < 2,5$ ). Nilai  $F_i$  masing-masing arah pada struktur bangunan dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10: Nilai  $F_{ix}$  dan  $F_{iy}$  per lantai pada struktur bangunan.

Nilai Fix dan Fiy <i>fixed base</i>				
Lantai (i)	Wi (kg)	hi (m)	wi . hi (kg.m)	Fi (kg)
Lantai 5	135118,42	18,9	2557923,40	12911,70
Lantai 4	166002,77	15,4	2561305,14	12928,77
Lantai 3	166002,77	11,9	1980016,03	9994,58
Lantai 2	166002,77	8,4	1398726,92	7060,39
Lantai 1	186282,69	4,9	917301,05	4630,29
Total	819409,42		9415272,55	47525,75

Gaya geser gedung tiap tingkat pada gedung dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11: Gaya geser gedung tiap lantai.

Nilai Fix dan Fiy <i>fixed base</i>				
Lantai (i)	Berat per lantai (kg)	Tinggi (m)	Fi (kg)	Story Shear / Vx (kg)
Lantai 5	135118,42	3,2	12911,70	12911,70
Lantai 4	166002,77	3,2	12928,77	25840,48
Lantai 3	166002,77	3,2	9994,58	35835,06
Lantai 2	166002,77	3,2	7060,39	42895,46
Lantai 1	186282,69	4,5	4630,29	47525,75
Total	819409,42	17,3	47525,75	



### 3.8 Spektrum Respon Ragam

Berdasarkan SNI-1726-2012 pasal 7.3.4, faktor redundansi ( $\rho$ ) harus dikenakan pada sitem penahan gaya seismik dalam masing-masing kedua arah orthogonal. SNI-2012 pasal 7.3.4.2 menyebutkan bahwa untuk katagori dasain

seismic D, E atau F nilai  $\rho$  dapat diambil = 1 bila masing masing tingkat yang menahan lebih dari 35% gaya geser dasar pada arah yang ditinjau memenuhi persyaratan, selain dari persyaratan tersebut nilai  $\rho$  harus diambil = 1,3. Gaya geser gedung tiap lantai dengan pengecekan 35% V base shear dengan nilai redundansi ( $\rho$ ) = 1 dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.12: Pengecekan story shear dengan 35% gaya geser dasar redundansi 1 ( $\rho = 1$ ).

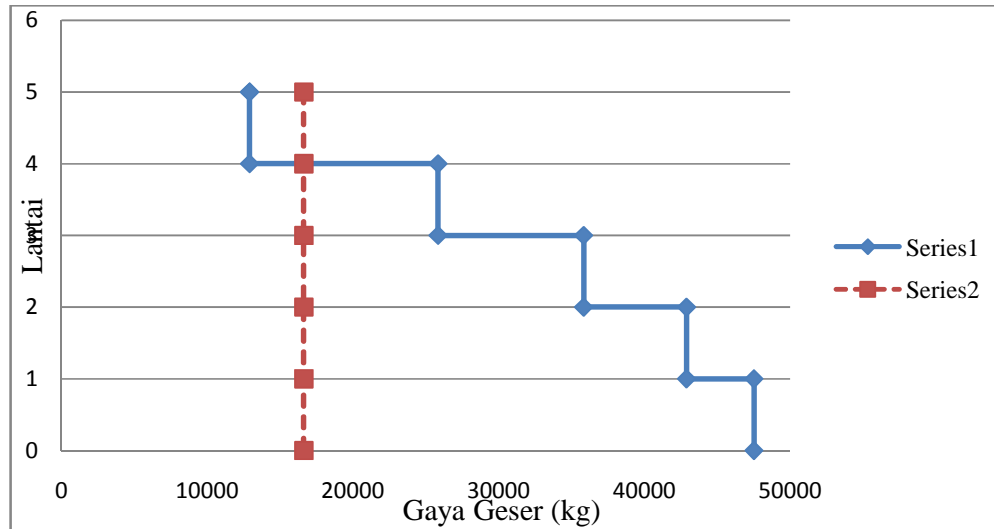
Struktur <i>fixed base</i>					
No	Lantai Ke-	Arah X,Y			Cek
		Story Shear ( $V_x$ ) (kg)	Base Shear ( $V_x$ ) (kg)	35% V Base Shear p=1 (kg)	
1	5	12911,70	47525,75	16634,011	NOT OK
2	4	25840,48	47525,75	16634,011	OK
3	3	35835,06	47525,75	16634,011	OK
4	2	42895,46	47525,75	16634,011	OK
5	1	47525,75	47525,75	16634,011	OK

Tabel 4.13: Pengecekan story shear dengan 35% gaya geser dasar redundansi 1,3 ( $\rho = 1,3$ ).

Struktur <i>fixed base</i>					
No	Lantai Ke-	Arah X,Y			Cek
		Story Shear ( $V_x$ ) (kg)	Base Shear ( $V_x$ ) (kg)	35% V Base Shear p=1,3 (kg)	
1	5	16785,22	47525,75	16634,011	OK
2	4	33592,62	47525,75	16634,011	OK

Tabel 4.13: Lanjutan.

3	3	46585,58	47525,75	16634,011	OK
4	2	55764,10	47525,75	16634,011	OK
5	1	61783,47	47525,75	16634,011	OK



Gambar 4.1: Grafik pengecekan gaya geser antar lantai dengan 35% gaya geser dasar dengan reduksi 1,3 ( $=1,3$ ).

### 3.9 Gaya Geser Analisis Respon Spektrum

Gaya geser analisis respon spectrum yang telah diproses pada SAP2000 dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14: Gaya geser respon spektrum struktur bangunan.

TABLE: Base Reactions			
struktur bangunan SRPMK dengan bresing tanpa base isolator			
<i>OutputCase</i>	<i>StepType</i>	<i>GlobalFX</i>	<i>GlobalFY</i>
<i>Text</i>	<i>Text</i>	Kg	Kg
GEMPA X	Max	75344,1	41128,87
GEMPA Y	Max	101399	137072,5
struktur bangunan SRPMK dengan bresing dengan base isolator			
<i>OutputCase</i>	<i>StepType</i>	<i>GlobalFX</i>	<i>GlobalFY</i>
<i>Text</i>	<i>Text</i>	Kg	Kg
GEMPA X	Max	94335,66	46738,54
GEMPA Y	Max	126958,05	155768,21

Menurut (Riza, 2010), sebelum mendapatkan data hasil gaya geser analisis respon spectrum dari SAP terdapat faktor sala gempa arah x 100% dan arah y 30% dari arah x, yaitu:

- Faktor skala gempa arah x =  $g \times I / R = 9.81 \times 1/8.0 = 1.2263$
- Faktor skala gempa arah y = 30% arah x = 0.3679
- Skala diatas untuk gempa X, untuk gempa Y nilai diatas dibalik.

Menurut SNI 1726;2012 pasal 7.9.4 bahwa 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 tersebut dapat dinyatakan menurut Pers. 4.10.

$$0.85 \frac{V}{V_t} \tag{4.10}$$

Dimana V adalah gaya geser dasar nominal sebagai respon ragam yang pertama terhadap pengaruh Gempa Rencana menurut Pers. 4.3 sebelumnya. Hasil pengecekan pada gaya respon spectrum dengan Pers 4.10 dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15: Pengecekan gaya geser respon spektrum.

struktur bangunan SRPMK dengan bresing tanpa base isolator				
Arah	V	V <sub>1</sub>	0.85*V <sub>1</sub>	Cek $V \geq 0.85V_1$
X	75344,1	47525,75	40396,88	OK
Y	137072,54	47525,75	40396,88	OK
struktur bangunan SRPMK dengan bresing dengan base isolator				
Arah	V	V <sub>1</sub>	0.85*V <sub>1</sub>	Cek $V \geq 0.85V_1$
X	94335,66	47525,75	40396,88	OK
Y	155768,21	47525,75	40396,88	OK

Pada Tabel 4.15 diatas dapat dilihat bahwa pada struktur *Fixed Base* pengecekan tidak sesuai syarat yang dianjurkan sesuai pasal 7.9.4 SNI 1726;2012. Oleh karena itu, untuk memenuhi persyaratan menurut pasal 7.9.4, maka gaya

geser tingkat nominal akibat pengaruh Gempa Rencana sepanjang tinggi struktur gedung analisis ragam spektrum respons dalam suatu arah tertentu, harus dikalikan nilainya dengan suatu faktor skala dengan Pers. 4.11.

$$\text{Faktor Skala} = 0.85V_1/V \quad I \quad (4.11)$$

Dengan menggunakan Pers. 4.11, mencari faktor skala untuk memenuhi persyaratan dengan hasil faktor skala sebagai berikut:

1. Gempa X

- $F_x \Rightarrow U1 = (0.85 \times 47525,75) / 101234 = 0,3991$
- $F_y \Rightarrow U2 = (0.85 \times 47525,75) / 49372,2 = 0,8182$

2. Gempa Y

- $F_x \Rightarrow U1 = (0.85 \times 47525,75) / 137274,6 = 0,2943$
- $F_y \Rightarrow U2 = (0.85 \times 47525,75) / 162151,4 = 0,2491$

Gempa di arah X dan Y di kalikan dengan faktor skala sehingga didapatkan hasil gaya geser respon spektrum yang berbeda sehingga memenuhi persyaratan yang ditentukan menurut SNI-1726;2012 pasal 7.9.4 oleh SNI 1726;2012 Hasil tersebut dan pengecekannya dapat dilihat pada Tabel 4.16 dan 4.17.

Tabel 4.16: Hasil gaya geser respon spektrum setelah dikalikan faktor skala.

TABLE: Base Reactions			
Struktur <i>Fixed Base</i>			
OutputCase	StepType	GlobalFX	GlobalFY
Text	Text	Kg	Kg
GEMPA X	Max	81901,06	81871,15
GEMPA Y	Max	81871,15	81901,06

Tabel 4.17: Pengecekan gaya geser respon spektrum.

Struktur <i>Fixed Base</i>				
Arah	V	V <sub>1</sub>	0.85*V <sub>1</sub>	Cek $V \geq 0.85V_1$
X	81901,06	47525,75	40396,89	OK
Y	40396,88	47525,75	40396,80	OK

### 3.10 Nilai Simpangan Gedung (Nilai Respon Bangunan)

Berdasarkan peraturan SNI 1726;2012, kontrol simpangan antar lantai hanya terdapat satu kinerja batas, yaitu kinerja batas ultimate. Nilai simpangan antar lantai yang diperbesar didapat berdasarkan rumus Pers. 4.12.

$$\text{Story drift} = \frac{\delta_i \cdot C_d}{I_e} \quad (4.12)$$

Keterangan :

$\delta_i$  = Simpangan antar tingkat

$C_d$  = Faktor pembesaran defleksi

$I_e$  = Faktor keutamaan gedung

Nilai simpangan antara arah x dan y memiliki nilai yang sama dikarenakan bentuk bangunan yang simetris. Nilai simpangan dan pengecekan *story drift* terdapat pada Tabel 4.18.

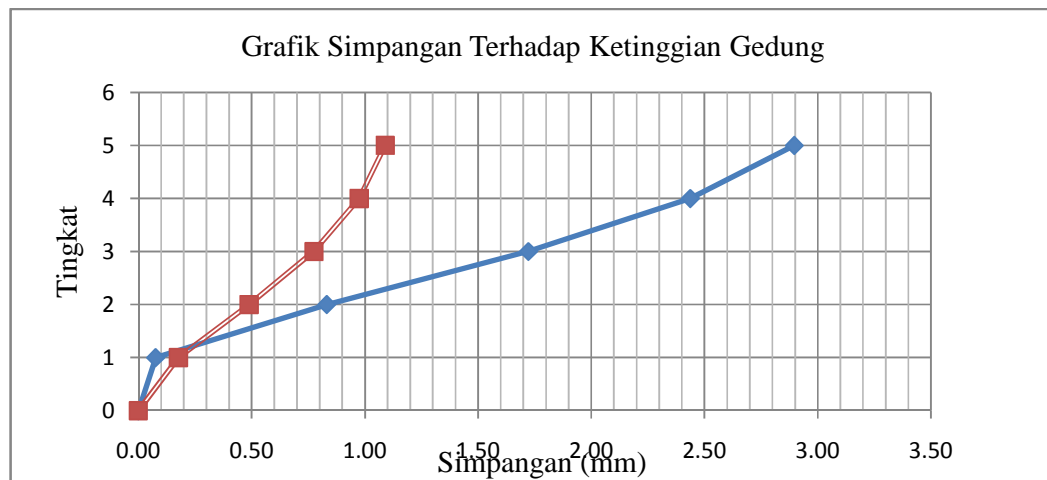
Tabel 4.18: Nilai simpangan gedung arah x dan y pada kinerja batas ultimit.

struktur bangunan SRPMK dengan bresing tanpa base isolator						
Tinggi gedung (hi)	Lantai gedung	Perpindahan	Perpindahan antar tingkat ( i )	Simpangan yang diperbesar	Syarat ( a ) 0,020*hi (cm)	Cek (Sb. X)
		Arah X	Arah X	$\frac{\delta_i \cdot C_d}{I_e}$		Story drift < a
		cm	Cm	Arah X (cm)		
0	0	0,000	0,000	0,00	0,0	OK
450	1	0,076	0,076	0,42	9,0	OK
320	2	0,823	0,756	4,16	6,4	OK
320	3	1,723	0,891	4,90	6,4	OK
320	4	2,438	0,715	3,93	6,4	OK
320	5	2,897	0,459	2,52	6,4	OK
struktur bangunan SRPMK dengan bresing dengan base isolator						
Tinggi gedung (hi)	Lantai gedung	Perpindahan	Perpindahan antar tingkat ( i )	Simpangan yang diperbesar	Syarat ( a ) 0,020*hi (cm)	Cek (Sb. X)
		Arah X	Arah X	$\frac{\delta_i \cdot C_d}{I_e}$		Story drift < a
		cm	Cm	Arah X (cm)		
0	0	0,000	0,000	0,00	0,0	OK
450	1	0,004	0,004	0,02	9,0	OK

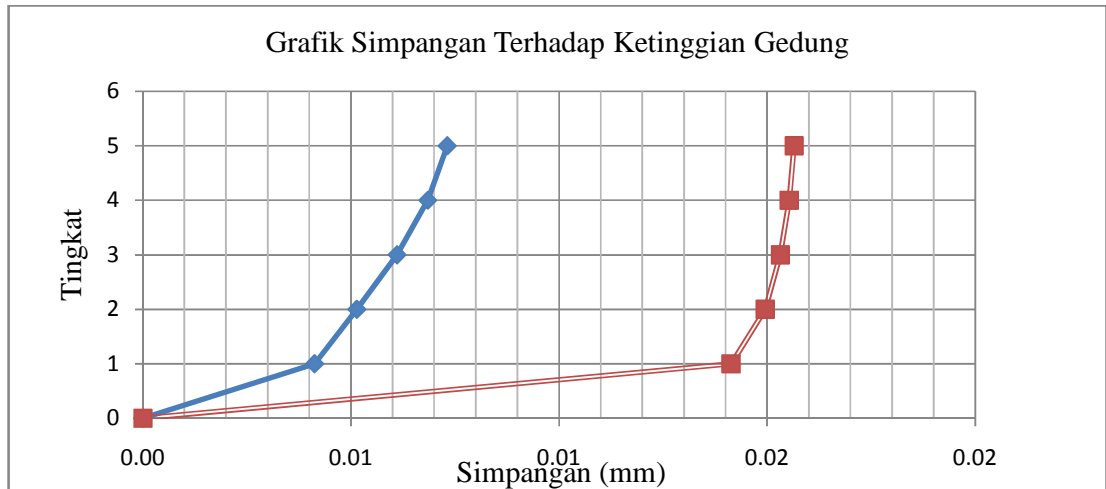
Tabel 4.18: Lanjutan.

320	2	0,005	0,001	0,01	6,4	OK
320	3	0,006	0,001	0,01	6,4	OK
320	4	0,007	0,001	0,00	6,4	OK
320	5	0,007	0,000	0,00	6,4	OK

Total simpangan arah x dan y terhadap ketinggian gedung dan total simpangan arah x dan y antar tingkat terhadap ketinggian gedung dalam bentuk diagram grafik dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan 4.3.



Gambar 4.2: Grafik simpangan antar tingkat arah x dan y struktur bangunan SRPMK dengan bresing tanpa base isolator.



Gambar 4.3: Grafik simpangan antar tingkat atah x dan y struktur bangunan SRPMK dengan bresing dengan base isolator.

Gambar 4.2 dan 4.3 bisa kita lihat bahwa simpangan yang terjadi pada struktur bangunan SRPMK tanpa bresing dengan base isolator memiliki nilai simpangan yang lebih kecil dari pada struktur bangunan SRPMK dengan bresing dengan base isolator. Ini membuktikan bahwa base isolator sebagai pengaku untuk menahan gaya gempa yang terjadi sehingga simpangan yang dihasilkan lebih kecil.

### 3.11 Kekakuan Struktur

Berdasarkan SNI 1726;2012, didapatkan nilai kekakuan struktur pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19: Nilai kekakuan struktur gedung tiap lantai

No	Lantai Ke -	Gaya geser ( $V_{x,y}$ ) ( KN)	Simpangan ( $x,y$ ) ( mm )	Selisih ( $\delta_1$ ) ( mm )	Kekakuan ( $V_{x,y}/\Delta_1$ ) ( KN/mm )	Rasio Kekakuan $R_1$ (%)	Rasio Kekakuan $R_2$ (%)	Soft Story Type 1.A		Extreme Soft Story Type 1.B		Batas Soft Story (%)	Batas Extreme Soft story (%)	Batas Soft Story (%)	Batas Extreme Soft story (%)
								Cek $R_1 <$ 70%	Cek $R_2 <$ 80%	Cek $R_1 <$ 60%	Cek $R_2 <$ 70%				
1	5	1,00	0,43661	0,0664	15,061	64,646	64,646					70	60	80	70
2	4	1,00	0,37022	0,10271	9,736	64,646	64,646	OK	OK	OK	OK	70	60	80	70
3	3	1,00	0,26751	0,13346	7,493	76,960	43,396	OK	OK	OK	OK	70	60	80	70
4	2	1,00	0,13405	0,12033	8,310	110,909	33,564	OK	OK	OK	OK	70	60	80	70
5	1	1,00	0,01372	0,01372	72,913	877,375	238,592	OK	OK	OK	OK	70	60	80	70
TOTAL		5,0000	1,2221	0,4366	113,5130										



#### 4.12 Analisa isolasi dasar

Nilai distribusi gaya vertikal system isolasi dapat dilihat pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20: Distribusi gaya vertikal sistem isolasi.

Nilai Fix dan Fiybase isolator struktur				
Lantai (i)	Wi (kg)	hi (m)	wi . hi (kg.m)	Fi (kg)
Lantai 5	135118,42	18,93	2557923,40	7937,89
Lantai 4	166002,77	15,43	2561305,14	7948,36
Lantai 3	166002,77	11,93	1980016,03	6144,47
Lantai 2	166002,77	8,43	1389726,92	4340,59
Lantai 1	186282,69	4,92	917301,05	2846,61
Total	819409,42		9415272,55	29217,89

Mensimulasikan arah pengaruh gempa rencana yang sembarang terhadap struktur gedung, pengaruh pembebanan gempa dalam arah utama harus dianggap efektif 100% dan harus dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebanan gempa dalam arah tegak lurus pada arah utama pembebanan tadi, tetapi dengan efektifitas hanya 30%. Nilai  $F_{ix}$  dan  $F_{iy}$  yang akan dimasukkan menjadi beban gempa rencana per total menggunakan Pers. 4.13.

$$F_{ix} = F_{iy} = F_i \frac{P_i}{\text{Total Panjang Bentang}} \quad (4.13)$$

Dengan menggunakan Pers. 4.13 diatas, maka nilai  $F_{ix}$  dan  $F_{iy}$  tiap lantai dengan panjang bentang pada arah x dan y adalah 25 meter, dapat dilihat pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21: Nilai  $F_{ix}$  dan  $F_{iy}$  tiap lantai pada struktur bangunan isolasi dasar.

Struktur Bangunan base isolator		
Lantai	F <sub>x,y</sub> (kg)	Gaya Perportal F <sub>x,y</sub> /4 (kg)
1	7937,89	711,65
2	7948,36	1085,15
3	6144,47	1536,12

Tabel 4.21: *Lanjutan.*

4	4340,59	1987,09
5	2846,61	1984,47

#### 4.13 Analisa *pushover fixed base*

Nilai simpangan yang terjadi pada *pushover* pada perletakan *fixed base* dengan melakukan pengontrolan di join 80 terdapat pada Tabel 4.22.

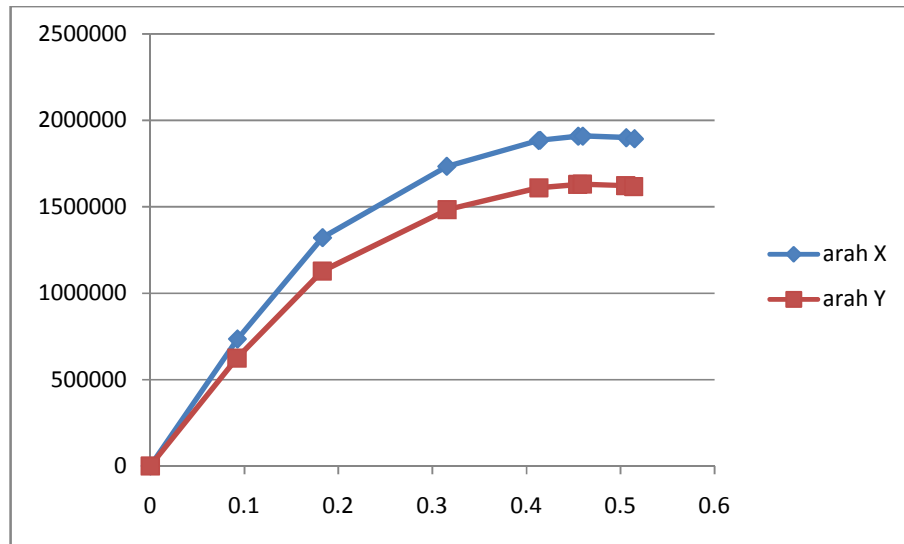
Tabel 4.22: Nilai simpangan gedung arah X.

struktur bangunan SRPMK tanpa bresing tanpa base isolator			
Tinggi gedung (hi)	Lantai gedung	Perpindahan (cm)	Perpindahan antar tingkat (cm)
0	0	0,00	0,00
450	1	0,080	0,080
320	2	3,159	3,078
320	3	5,703	2,545
320	4	7,041	1,338
320	5	7,798	0,758
struktur bangunan SRPMK tanpa bresing dengan base isolator			
Tinggi gedung (hi)	Lantai gedung	Perpindahan (cm)	Perpindahan antar tingkat (cm)
0	0	0,00	0,00
450	1	0,773	0,773
320	2	0,843	0,070
320	3	0,902	0,059
320	4	0,941	0,039
320	5	0,964	0,000

Tabel 4.23: Nilai simpangan gedung arah Y.

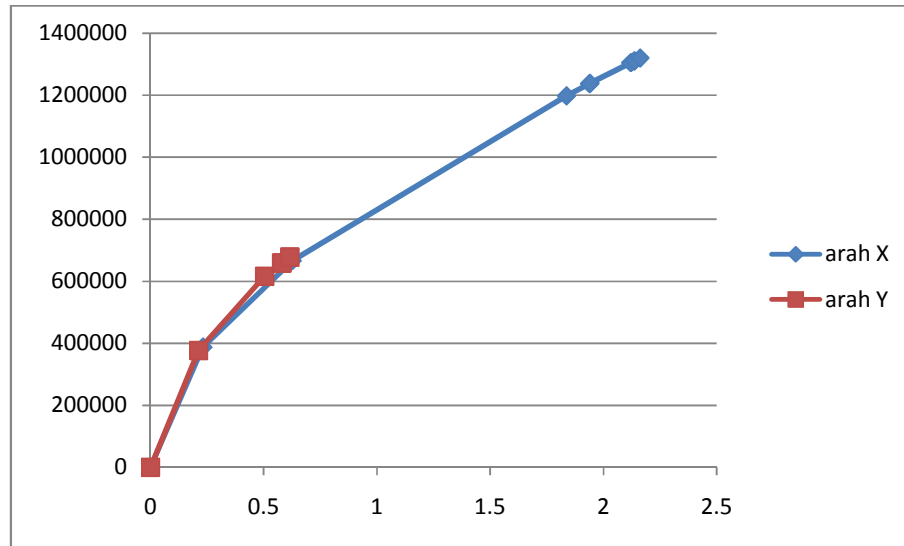
struktur bangunan SRPMK tanpa bresing tanpa base isolator			
Tinggi gedung (hi)	Lantai gedung	Perpindahan (cm)	Perpindahan antar tingkat (cm)
0	0	0,00	0,00
450	1	0,713	0,713
320	2	23,334	22,621
320	3	38,795	15,461
320	4	47,165	8,370
320	5	51,909	4,744
struktur bangunan SRPMK tanpa bresing dengan base isolator			
Tinggi gedung (hi)	Lantai gedung	Perpindahan (cm)	Perpindahan antar tingkat (cm)
0	0	0,00	0,00
450	1	2,544	2,544
320	2	2,662	0,117
320	3	2,763	0,102
320	4	2,831	0,068
320	5	2,871	0,040

Hasil perbandingan kurva *pushover* yang didapat dari SAP2000 dapat dilihat pada Gambar 4.4 dan 4.5.



Gambar 4.6: Kurva *pushover* struktur bangunan SRPMK bresing tanpa base isolator.

Kurva diatas menunjukkan perbandingan hubungan antara gaya geser dasar terhadap perpindahan yang terjadi akibat beban gempa pada struktur bangunan pada titik tinjau diarah x dan titik tinjau diarah y. Pada titik tinjau diarah x dan diarah y menunjukkan batas linear yang kemudian diikuti terjadinya pelelehan pertama pada struktur.



Gambar 4.5: Kurva *pushover* struktur bangunan SRPMK dengan bresing dengan base isolator.

Kurva diatas menunjukkan perbandingan hubungan antara gaya geser dasar terhadap perpindahan yang terjadi akibat beban gempa pada struktur bangunan pada titik tinjau diarah x dan titik tinjau diarah y. Pada titik tinjau diarah y sendi plastis mengalami 4 sendi tingkat *C to D* yang artinya batas maximum gaya geser yang mampu ditahan gedung sedangkan pada titik tinjau arah x sendi plastis hanya sampai pada tingkat *B to IO* menunjukkan batas linear yang kemudian diikuti terjadinya pelelehan pertama pada struktur.

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan perbandingan dari hasil perencanaan struktur perletakan jepit dan isolasi dasar baik dengan metode linear maupun metode non linear analisa beban dorong, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Bangunan struktur SRPMK dengan bresing tanpa base isolator memiliki nilai simpangan yang lebih kecil daripada bangunan struktur SRPMK dengan bresing dan base isolator sebagai berikut:
  - a) Bangunan struktur SRPMK dengan bresing tanpa base isolator  
= 2.897 cm.
  - b) Bangunan struktur SRPMK dengan bresing dan base isolator  
= 0,007 cm.
- Perletakkan base isolator dapat meningkatkan kekakuan dan menahan gaya lateral dan merupakan suatu komponen reduksi lateral serta mengambil sifat fleksibel bangunan.

#### 5.2 Saran

Penelitian ini belum sempurna hanya menganalisa pengaruh penggunaan isolasi dasar jenis *High-Damping Rubber Bearing* terhadap bangunan SRPMK dengan analisa linear dan non-linear. Respon struktur bangunan yang dikaji berupa simpangan antar lantai yang berbentuk simetris 5 lantai yang terletak di kota Medan dengan klasifikasi tanah sedang.

Pada struktur terisolasi dasar, tidak ditambahkan pengaku dilantai dasar seperti balok dan plat lantai. Seharusnya pengaku dilantai dasar yang berada tepat diatas isolasi dasar harus ditambahkan balok dan plat lantai untuk mencegah terjadinya simpangan dengan arah yang berbeda dari setiap sistem isolasi dasar. Analisa non

linear beban dorong tidak menganalisa kurva kapasitas kemampuan struktur, hanya menganalisa sampai kemampuan bangunan dalam merespon kekuatan gempa.

Oleh karenanya disarankan untuk studi selanjutnya dilakukan analisis penggunaan balok dan plat lantai pada lantai dasar diatas sistem isolasi serta menganalisa kapasitas kemampuan bangunan sampai dititik mana bangunan runtuh.

## DAFTAR PUSTAKA

- Budiono, B. dan Setiawan, A. (2014). Studi Komparas Sistem Isolasi Dasar High Damping Rubber Bearing dan Friction Pendulum System pada Bangunan Beton Bertulang. *Jurnal Teknik Sipil*, 21 (3), 180–181.
- Budiono, B. dan Supriatna, L. (2011). Studi Komparasi Desain Bangunan Tahan Gempa. *Jurnal Teknik Sipil*.
- Mayers, R.L. dan Naeim, F. (2002). Design of Structural with Seismic Isolation.
- Muliadi, Arifuddin, M, & Aulia, T. . (2014). Analisis Respon Bangunan Menggunakan Isolasi Dasar Sebagai Pereduksi Beban Gempa di Wilayah Gempa Kuat. *Jurnal Teknik Sipil*, 3 (2), 109–118.
- Riza, M. . (2010). Aplikasi Perencana Struktur Gedung ETABS.
- SNI, 1727;2013. (2013). Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain. *Bandung: Badan Standardisasi Indonesia*, 196. Retrieved from [www.bsn.go.id](http://www.bsn.go.id)
- Teruna, D.R. dan Singarimbun, H. (2010). Analisis Respon Bangunan ICT Universitas Syiah Kuala Yang Memakai Slider Isolator Akibat Gaya Gempa Seminar dan Pameran Haki.
- Tumilar, S. (2015). Contoh Analisis Gedung 4 Lantai di Banda Aceh. Medan.
- Young, K. (1975). *Geology The Paredox of Earth and Man*. United States of America: Houghton Mifflin Company.



## LAMPIRAN

### perhitungan beban total per lantai struktur bangunan

#### 1. berat lantai 5 (atap)

diketahui :

dimensi denah	panjang	=	18 m
	lebar	=	18 m
	tinggi per lantai	=	5 m
	luas lantai (18x18)	=	324 m <sup>2</sup>

#### a) berat material tambahan

spesi (tebal 3cm)		=	63 kg/m <sup>2</sup>
water proofing		=	5 kg/m <sup>2</sup>
plafond dan penggantung		=	18 kg/m <sup>2</sup>
total		=	86 kg/m <sup>2</sup>
total beban material dalam kg		=	27864 kg
dinding 1/2 bata merah		=	0 kg/m <sup>2</sup>
lebar perportal dikurangi dimensi kolom		=	4,5 m
tinggi perportal dikurangi dimensi balok		=	3,55 m
jumlah portal		=	24
total beban dinding 1/2 bata		=	0 kg

total beban material tambahan = 27864 kg

#### b) berat hidup

berat hidup atap		=	96 kg/m <sup>2</sup>
	dalam kg	=	31104 kg

koefisien reduksi = 0,4 BAB III Pers. 3.1

#### 2. berat lantai 1

diketahui :

luas lantai (18x18) = 324 m<sup>2</sup>

#### a) berat material tambahan

spesi (tebal 3cm)		=	63 kg/m <sup>2</sup>
keramik		=	24 kg/m <sup>2</sup>
plafond dan penggantung		=	18 kg/m <sup>2</sup>
total		=	105 kg/m <sup>2</sup>
total beban material dalam kg		=	34020 kg
dinding 1/2 bata merah		=	0 kg/m <sup>2</sup>
lebar perportal dikurangi dimensi kolom		=	5,6 m
tinggi perportal dikurangi dimensi balok		=	4,15 m

jumlah portal	=	24
total bebandinding 1/2 bata	=	0 kg
total bebanmatitambahan	=	34020 kg

b) berathidup		
luasanruangankantorlantai	=	225 m2
berathidupruangankantorlantai 1,2 dan 3	=	240 kg/m2
dalam kg	=	54000
total bebanhidup	=	54000 kg

koefisienreduksi = 0,4 BAB III Pers. 3.1

2. berat lantai 2-4  
diketahui :

luasanlantai (18x18)	=	324 m2
a) beratmatitambahan		
spesi (tebal 3cm)	=	63 kg/m2
keramik	=	24 kg/m2
plafond danpenggantung	=	18 kg/m2
total	=	105 kg/m2
total bebanmatidalam kg	=	34020 kg
dinding 1/2 batamerah	=	0 kg/m2
lebarperportaldikurangidimensikolom	=	5,6 m
tinggiperportaldikurangidimensibalok	=	2,85 m
jumlah portal	=	24
total bebandinding 1/2 bata	=	0 kg
total bebanmatitambahan	=	34020 kg

b) berathidup		
luasanruangankantorlantai	=	225 m2
berathidupruangankantorlantai 1,2 dan 3	=	240 kg/m2
dalam kg	=	54000
total bebanhidup	=	54000 kg

koefisienreduksi = 0,4 BAB III Pers. 3.1

Srtukturbangunan SRPMK denganbresingtanpa base isolator

Story	Point	Load	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
BASE	1	RSPX	7287,36	3971,64	21579,88	760,32	1941,31	4,069E-09
BASE	2	RSPX	14861,88	532,85	5859,42	695,06	1584,44	4,069E-09
BASE	3	RSPX	14861,88	532,85	5859,42	695,06	1584,44	4,069E-09
BASE	4	RSPX	7287,36	3971,64	9860,28	760,32	1941,31	4,069E-09
BASE	5	RSPX	1739,87	7473,39	9860,28	547,24	1828,65	4,069E-09
BASE	6	RSPX	1419,29	365,17	743,82	446,04	1385,36	4,069E-09
BASE	7	RSPX	1419,29	365,17	743,82	446,04	1385,36	4,069E-09
BASE	8	RSPX	1739,87	7473,39	9860,28	547,24	1828,65	4,069E-09
BASE	9	RSPX	1739,87	7473,39	9860,28	547,24	1828,65	4,069E-09
BASE	10	RSPX	1419,29	365,17	743,82	446,04	1385,36	4,069E-09
BASE	11	RSPX	1419,29	365,17	743,82	446,04	1385,36	4,069E-09
BASE	12	RSPX	1739,87	7473,39	21579,88	547,24	1828,65	4,069E-09
BASE	13	RSPX	7287,36	3971,64	21579,88	760,32	1941,31	4,069E-09
BASE	14	RSPX	14861,88	532,85	5859,42	695,06	1584,44	4,069E-09
BASE	15	RSPX	14861,88	532,85	5859,42	695,06	1584,44	4,069E-09
BASE	16	RSPX	7287,36	3971,64	152173,6	760,32	1941,31	4,069E-09
	TOTAL		101234	49372,2	282767,3	9794,64	26959,04	6,51E-08

Story	Point	Load	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
BASE	1	RSPY	10045,35	12710,76	42246	2533,95	2612,66	5,777E-09
BASE	2	RSPY	20021,68	1775,84	19180,76	2316,45	2132,37	5,777E-09
BASE	3	RSPY	20021,68	1775,84	19180,76	2316,45	2132,37	5,777E-09
BASE	4	RSPY	10045,35	12710,76	42246	2533,95	2612,66	5,777E-09
BASE	5	RSPY	2341,53	24834,23	13343	1823,78	2461,02	5,777E-09
BASE	6	RSPY	1910,1	1217,01	2142,06	1486,55	1864,43	5,777E-09
BASE	7	RSPY	1910,1	1217,01	2142,06	1486,55	1864,43	5,777E-09
BASE	8	RSPY	2341,53	24834,23	13343	1823,78	2461,02	5,777E-09
BASE	9	RSPY	2341,53	24834,23	13343	1823,78	2461,02	5,777E-09
BASE	10	RSPY	1910,1	1217,01	2142,06	1486,55	1864,43	5,777E-09
BASE	11	RSPY	1910,1	1217,01	2142,06	1486,55	1864,43	5,777E-09
BASE	12	RSPY	2341,53	24834,23	13343	1823,78	2461,02	5,777E-09
BASE	13	RSPY	10045,35	12710,76	42246	2533,95	2612,66	5,777E-09
BASE	14	RSPY	20021,68	1775,84	19180,76	2316,45	2132,37	5,777E-09
BASE	15	RSPY	20021,68	1775,84	19180,76	2316,45	2132,37	5,777E-09
BASE	16	RSPY	10045,35	12710,76	42246	2533,95	2612,66	5,777E-09
	TOTAL		137274,6	162151,4	307647,3	32642,92	36281,92	9,243E-08

Srtukturbangunan SRPMK denganbresingdan base isolator

Story	Point	Load	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
BASE	1	RSPX	8383,15	4691,2	19098,58	0	0	0
BASE	2	RSPX	8461,34	1039,32	6568,88	0	0	0
BASE	3	RSPX	8461,34	1039,32	6568,88	0	0	0
BASE	4	RSPX	8383,15	4691,2	19098,58	0	0	0
BASE	5	RSPX	3185,8	4730,64	12879,65	0	0	0
BASE	6	RSPX	3554,78	1224,64	976,62	0	0	0
BASE	7	RSPX	3554,78	1224,64	976,62	0	0	0
BASE	8	RSPX	3185,8	4730,64	12879,65	0	0	0
BASE	9	RSPX	3185,8	4730,64	12879,65	0	0	0
BASE	10	RSPX	3554,78	1224,64	976,62	0	0	0
BASE	11	RSPX	3554,78	1224,64	976,62	0	0	0
BASE	12	RSPX	3185,8	4730,64	12879,65	0	0	0
BASE	13	RSPX	8383,15	4691,2	19098,58	0	0	0
BASE	14	RSPX	8461,34	1039,32	6568,88	0	0	0
BASE	15	RSPX	8461,34	1039,32	6568,88	0	0	0
BASE	16	RSPX	8383,15	4691,2	19098,58	0	0	0
	TOTAL		94340	46743,2	158094,9	0	0	0

Story	Point	Load	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
BASE	1	RSPX	11282,19	15634,49	36805,45	0	0	0
BASE	2	RSPX	11387,37	3463,79	21642,59	0	0	0
BASE	3	RSPX	11387,37	3463,79	21642,59	0	0	0
BASE	4	RSPX	11282,19	15634,49	36805,45	0	0	0
BASE	5	RSPX	4287,48	15766,08	17464,94	0	0	0
BASE	6	RSPX	4784,06	4081,42	2612,48	0	0	0
BASE	7	RSPX	4784,06	4081,42	2612,48	0	0	0
BASE	8	RSPX	4287,48	15766,08	17464,94	0	0	0
BASE	9	RSPX	4287,48	15766,08	17464,94	0	0	0
BASE	10	RSPX	4784,06	4081,42	2612,48	0	0	0
BASE	11	RSPX	4784,06	4081,42	2612,48	0	0	0
BASE	12	RSPX	4287,48	15766,08	17464,94	0	0	0
BASE	13	RSPX	11282,19	15634,49	36805,45	0	0	0
BASE	14	RSPX	11387,37	3463,79	21642,59	0	0	0
BASE	15	RSPX	11387,37	3463,79	21642,59	0	0	0
BASE	16	RSPX	11282,19	15634,49	36805,45	0	0	0
	TOTAL		126964	155783,1	314101,8	0	0	0

struktur bangunan SRPMK dengan bresing tanpa base isolator

TABLE: Pushover Curve Demand - FEMA356 - PUSHOVER X		
Step	Displacement	BaseForce
	m	Kgf
0	0,000026	0
1	0,092258	624685,02
2	0,182976	1127996,9
3	0,315785	1482487,16
4	0,411909	1608007,53
5	0,413845	1609619,53
6	0,45326	1628741,24
7	0,458231	1629973,83
8	0,504644	1621874,91
9	0,513245	1616449,38

TABLE: Pushover Curve Demand - FEMA356 - PUSHOVER Y		
Step	Displacement	BaseForce
	m	Kgf
0	0,000026	0
1	0,0927	690237,71
2	0,183036	1240768,98
3	0,315291	1629295,22
4	0,41275	1769592,14
5	0,414559	1771248,97
6	0,454922	1792457,71
7	0,459983	1793823,88
8	0,506186	1784919,47
9	0,51493	1778873,6

struktur bangunan SRPMK dengan bresing dengan base isolator

TABLE: Pushover Curve Demand - FEMA356 - PUSHOVER X		
Step	Displacement	BaseForce
	m	Kgf
0	0,000722	0
1	0,212444	376866,58
2	0,504032	616007,62
3	0,579191	658142,83
4	0,580859	659753,99
5	0,61468	677801,39
6	0,614774	677984,82

TABLE: Pushover Curve Demand - FEMA356 - PUSHOVER Y		
Step	Displacement	BaseForce
	m	Kgf
0	0,000722	0
1	0,23207	387503,82
2	0,627004	666235,44
3	1,837266	1197520
4	1,939371	1236903,48
5	1,941728	1238302,22
6	2,121642	1304657,21
7	2,121642	1304657,21
8	2,137199	1310300,63
9	2,137199	1310300,63
10	2,162884	1319862,6
11	2,162884	1319862,6
12	2,204835	1335181,87
13	2,204835	1335181,87
14	2,243775	1349443,18
15	2,243775	1349443,18
16	2,870878	1603099,15



**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

**LEMBAR ASISTENSI**

NAMA : TRI FAUZAN  
 NPM : 1407210241  
 JUDUL : KINERJA STRUKTUR BANGUNAN BAJA 5 LANTAI  
 MENGGUNAKAN *BASE ISOLATOR* DAN *BRACING* LANTAI  
 DASAR DENGAN ANALISIS BEBAN DORONG (*PUSHOVER*)

NO.	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- buat laporan hasil runtineat</li> <li>- cek grafik</li> <li>- buat komputer</li> <li>- perbaiki ketimpulan</li> <li>- perbaiki bab 4</li> <li>- lampirkan ke pembimbing 2</li> </ul> <p style="text-align: right;">all with similar!</p>	<p style="text-align: right;">Vldh <sup>15</sup>/<sub>09</sub> 18</p> <p style="text-align: right;">Vldh <sup>20</sup>/<sub>10</sub> 18</p> <p style="text-align: right;">Vldh <sup>13</sup>/<sub>10</sub> 18</p>

**Dosen Pembimbing I**

**(Dr. Ade Faisal, M.Sc)**



**FAKULTAS TEKNIK**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

**LEMBAR ASISTENSI**

NAMA : TRI FAUZAN  
 NPM : 1407210241  
 JUDUL : KINERJA STRUKTUR BANGUNAN BAJA 5 LANTAI  
 MENGGUNAKAN *BASE ISOLATOR* DAN *BRACING* LANTAI  
 DASAR DENGAN ANALISIS BEBAN DORONG (*PUSHOVER*)

NO.	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
		- perbaiki metodologi - perbaiki Bab 1	22/02/18
		- perbaiki Bab 1 & Bab 2 - buat pemodelan struktur	07/03/18
		- perbaiki model linear! - lanjutkan!	12/04/18
		- cek hasil model linear! - perbaiki Bab 2 & Bab 3 - buat model non linear	20/05/18
		- perbaiki model non linear - cek hasil model linear! - lanjutkan!	23/06/18
		- perbaiki model non linear - cek hasil model linear - perbaiki Bab 3 & Bab 4	15/07/18
		- cek hasil model non linear - buat grafik hasil	20/08/18

Dosen Pembimbing I

(Dr. Ade Faisal, M.Sc)



**FAKULTAS TEKNIK**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

**LEMBAR ASISTENSI**

NAMA : TRI FAUZAN  
NPM : 1407210241  
JUDUL : KINERJA STRUKTUR BANGUNAN BAJA 5 LANTAI  
MENGUNAKAN *BASE ISOLATOR* DAN *BRACING* LANTAI  
DASAR DENGAN ANALISIS BEBAN DORONG (*PUSHOVER*)

NO.	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1	15 Maret 2018	1) Perbaiki Bab I - Rumusan Masalah - Batasan Masalah	
2	13 April 2018	2) Perbaiki Bab II. - spasi judul gambar dan tabel. - Perbaiki Daftar Pustaka. - Kutipan Kalimat acuan. diatur miring.	
3	4 Mei 2018	3) Perbaiki Bab III. - bagan Alir. Penelitian. - Gambar Model	
4	20 Juli 2018	4) Perbaiki Bab IV. - Tabel dan Grafik. - satuan yg digunakan	
5	10 Agustus 2018	5) Perbaiki Lampiran.	
6	21 September 2018	6) Perbaiki Daftar. Notasi, Gambar dan Tabel.	
7	10 Oktober 2018	7) Ace outok di seminarikan	

Dosen Pembimbing II

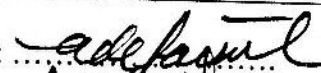
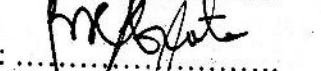

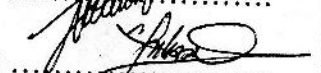
(Bambang Hadibroto, ST, MT)






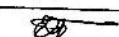


**DAFTAR HADIR SEMINAR  
TUGAS AKHIR TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK – UMSU  
TAHUN AKADEMIK 2018 – 2019**

Peserta seminar


Nama : Tri Fauzan  
 NPM : 1407210241  
 Judul Tugas Akhir : Kinerja Struktur bangunan Baja 5 Lantai menggunakan Base Isolator Dan bracing Lantai Dasar Dengan Analisis Beban Dorong ( Push Over ).

DAFTAR HADIR	TANDA TANGAN
Pembimbing – I : DR.Ade Faisal .S.T.M.Sc	: 
Pembimbing – II : Bambang Hadibroto.S.T.M.T	: 
Pembanding – I : Tondi Amirsyah P.S.T.M.T	: 
Pembanding – II : DR.Fahrizal Z.S.T.M.Sc	: 

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1407210166	DICKY HADINATA .S	
2	1407210190	DICKY HADI WIMATA	: 
3	1507210087	M. ICHSAN	
4	1407210085	FIRMANSYAH	
5	1407210070	AGUSTIN PRADANI	
6	1307210164	DENI SUBAGIO	
7			
8			
9			
10			

Medan, 24 Jum. Akhir 1440 H  
01 maret 2019 M

Ketua Prodi T.Sipil

  
DR.Fahrizal Zulkarnain.S.T.M.Sc

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTAR

NAMA : Tri Fauzan  
NPM : 1407210241  
Judul T.Akhir : Kinerja Struktur bangunan baja 5 lantai Menggunakan base Iso-Lator Dan Bracing lantai Dasar Dengan Analisis Beban Dorong Push Over ).

Dosen Pembimbing - I : DR.Ade faisal.S.T.M.Sc  
Dosen Pembimbing - II : Bambang Hadibroto.,S.T.M.T  
Dosen pembanding - I : Tondi Amirsyah P.S.T.M.T  
Dosen Pembanding - II : DR.Fahrizal Zulkarnain.S.T.M.Sc

*Ade Sidiq*  
15/3-2019  
(Tondi Amirsyah)

KEPUTUSAN

- 1 Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
- 2 Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :


*\* detail perbagian*  
*\* kesimpulan tidak jelas*  
*\* kurva momen aksial & geser*

- 3 Harus mengikuti seminar kembali
- Perbaikan :

Medan, 24 Jum. Akhir 1440 H  
01 Maret 2019 M

Diketahui :

Ketua Prodi T. Sipil

  
DR.Fahrizal Zulkarnain.S.T.M.Sc

Dosen Pembanding - I

  
Tondi Amirsyah P.S.T.M.T

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTAR

NAMA : Tri Fauzan  
NPM : 1407210241  
Judul T.Akhir : Kinerja Struktur bangunan baja 5 lantai Menggunakan base Iso-Lator Dan Bracing lantai Dasar Dengan Analisis Beban Dorong Push Over ).

Dosen Pembimbing - I : DR.Ade faisal.S.T.M.Sc  
Dosen Pembimbing - II : Bambang Hadibroto.,S.T.M.T  
Dosen pembanding - I : Tondi Amirsyah P.S.T.M.T  
Dosen Pembanding - II : DR.Fahrizal Zulkarnain.S.T.M.Sc

KEPUTUSAN

- 1 Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)  
2 Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

- Daftar Tabel  
- Perbaikan Tabel  
- Kata Pengantar & Logo dan Buku

- 3 Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :

*Ace*  
*Ulu*  
*Indra*  
18/3/19

Medan, 24 Jum. Akhir 1440 H  
01 Maret 2019 M

Diketahui :

Ketua Prodi T. Sipil



DR. Fahrizal Zulkarnain.S.T.M.Sc

Dosen Pembanding - II



DR. Fahrizal Zulkarnain.S.T.M.Sc



## **DAFTAR RIWAYAT HIDUP**

Nama : Tri Fauzan  
Jenis Kelamin : Laki - Laki  
Tempat/ Tgl Lahir : Medan, 19 September 1996  
Alamat : Jl. Karya Dame No.72, Medan  
Agama : Islam  
Nama Orang Tua

- Ayah : Suriadi
- Ibu : Dra. Nursyahriawati

## **JENJANG PENDIDIKAN**

❖ SDS AL-FALAH MEDAN	: Berijazah Tahun 2008
❖ SMPS SUTAN OLOAN MEDAN	: Berijazah Tahun 2011
❖ SMKN 1 PERCUT SEI TUAN	: Berijazah Tahun 2014
❖ UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA	: Berijazah Tahun 2019