

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PANJANG LINK BRESING EKSENTRIK
PADA STRUKTUR BAJA SISTEM GANDA
TERHADAP SIMPANGAN ANTAR
TINGKAT
(*Studi Literatur*)**

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

Disusun Oleh:

**ZULHAM MAULANA
1307210177**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2017**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Zulham Maulana

NPM : 1307210177

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : pengaruh panjang link bresing eksentrik pada struktur baja sistem ganda terhadap simpangan antar tingkat (Studi Literatur)

Bidang Ilmu : Struktur

Telah berhasil dipertahankan dihadapan 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, Oktober 2017

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I / Penguji
Penguji

Dosen Pembimbing II /

Dr. Ade Faisal

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

Dosen Pembanding I / Penguji

Dosen Pembanding II / Penguji

Tondi Amirsyah Putera, S.T,M.T

Dr. Fahrizal Zulkarnain

Program Studi Teknik Sipil
Ketua,

Dr. Ade Faisal

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Zulham Maulana

Tempat /Tanggal Lahir: Perupuk, 10 April 1994

NPM : 1307210177

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil

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

“PENGARUH PANJANG LINK BRESING EKSENTRIK PADA STRUKTUR BAJA SISTEM GANDA TERHADAP SIMPANGAN ANTAR TINGKAT”,

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.

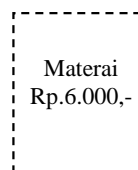
Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

2017

menyatakan,

Medan, Oktober

Saya yang



Zulham Maulana

ABSTRAK

PENGARUH PANJANG LINK BRESING EKSENTRIK PADA STRUKTUR BAJA SISTEM GANDA TERHADAP SIMPANGAN ANTAR TINGKAT

Zulham Maulana

1307210177

Dr. Ade Faisal

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

Indonesia adalah salah satu negara berkembang, terus melakukan pembangunan. Termasuk pembangunan-pembangunan gedung tingkat tinggi. Namun, mengingat letak geografis wilayah Indonesia yang memiliki intensitas gempa yang cukup tinggi, diperlukan perencanaan khusus dalam pembangunan gedung tingkat tinggi untuk menanggulangi hal tersebut. Penggunaan sistem-sistem penahan gaya lateral pada struktur gedung dianggap sebagai solusi. Sistem Rangka Breising Konsentrik salah satunya. Tugas Akhir ini, bertujuan mengetahui perilaku bangunan terhadap letak penempatan sistem penahan gaya lateral. Breising berfungsi sebagai pengaku yang menerus sampai ke pondasi dirancang untuk menahan gaya geser, gaya lateral akibat gempa bumi. Analisa yang digunakan pada tugas akhir ini adalah analisis respon spektrum berdasarkan peraturan gempa SNI 1726-2012. Dalam tugas akhir ini terdapat 4 Model dengan penempatan letak breising tipe K yang sama dengan ketinggian yang berbeda, yaitu Model dengan jumlah lantai 3 model 1, 6 sebagai model 2, 12 sebagai model 3 dan 24 sebagai model 4. link di letakkan pada dua sisi arah y dan x pada bangunan, Model 1 dan 2 dengan profil balok yang sama serta jarak panjang link yang sama. Model 3 dan 4 dengan balok yang sama serta jarak panjang link yang sama pula. input beban sama pada setiap model. Bangunan di modelkan menggunakan bantuan program ETABS. Hasil analisis pada model 1 simpangan antar tingkat rata-rata sebesar 0,79 m, model 2 simpangan terjadi sebesar 0,15 m, model 3 simpangan terjadi sebesar 0,69 m dan model 4 simpangan terjadi sebesar 0,27 m. Meskipun, pada model 2 simpangan terjadi lebih kecil, namun penggunaan sistem gaya lateral yang tidak simetris menyebabkan bangunan mengalami perilaku yang lebih kompleks dan memiliki gaya geser yang lebih besar.

Kata kunci : Gempa, breising konsentrik, simpangan.

ABSTRACT

PENGARUH PANJANG LINK BRESING EKSENTRIK PADA STRUKTUR BAJA SISTEM GANDA TERHADAP SIMPANGAN ANTAR TINGKAT

Zulham Maulana

1307210177

Dr. Ade Faisal

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

Being a developing country, Indonesia trying continoues to do the capability. Include on contruction zone. Construction of highrise building is more important to make the country existance. However, the location geographical of Indonesia,make us have a high enough intensity of earthquake. The planner is must require special planning on the contruction of highrise building. Use the systems of lateral force resisting to the structure of te building can be one stop solution. On this final project, we use The Frame Systems of Concentrically Braced. Studying about the behavior of buildings on location placement of lateral force resisting systems. Braced is being a stiffner continuous to the foundation are designed to restrain shear force, lateral force due of the earthquake. The analysis of earthquake response spectrum stand by SNI 1726-2012. In this final project there are 4 models with placement location of breed K type which is same with different height, that is Model with 3, 6,12 and 24 floor is placed on two side of y and x in building, Model 1 and 2 with beam profile the same as well as the same link length. Models 3 and 4 with the same beam and same link length distance. Load input is the same on each model. Buildings are modeled using ETABS program help. The results of analysis, in the 1st model deviation between the average level of 0.79m, the model 2 deviation occurs by 0.15m, 3-shift model occurs by 0.69m and the 4-shift model occurs by 0.27m. Although, in model 2 the deviation occurs smaller, but the use of an asymmetrical lateral force system causes the building to experience more complex behavior and has a larger shear force.

Keywords: Keywords: Earthquake, concentric braced, displacement.

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Pengaruh Panjang Link Bresing Eksentrik pada Struktur Baja Sistem Ganda terhadap Simpangan antar Tingkat” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

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

1. Bapak Dr. Ade Faisal selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Bambang Hadibroto, S.T,M.T. selaku Dosen Pimbimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Tondi Amisyah Putera, S.T, M.T, selaku Dosen Pembanding I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Dr. Fakhrizal Zulkarnain, selaku Dosen Pembanding II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Ibu Hj. Irma Dewi S.T, M.Si selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

6. Bapak Rahmatullah ST, MSc selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipilan kepada penulis.
8. Jajaran YBM BRI terkhusus kepada Pak Jhon dan teman YBM BRI angkatan pertama dan kedua, untuk jajaran YBM BRI dan Pegawai BRI semoga jadi amal Jariyah Amin.
9. Orang tua penulis: Abdul Muin dan Maryama, atas dukungan moril maupun material dan kasih sayang tulus selamanya ini kepada penulis.
10. Aba dan Kakak penulis: Khairani, Khairoah, Syamsiah, Taufik Hidayat, Sarmila dan Mislah, atas dukungannya kepada penulis.
11. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
12. Sahabat - sahabat penulis dalam mengerjakan tugas akhir ini, sahabat organisasi nasional dan daerah sedao satu musholah.

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

Medan, Oktober 2017

Zulham Maulana

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	xvi
DAFTAR NOTASI	xix
DAFTAR SINGKATAN	xxiv
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Ruang Lingkup Pembahasan	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Pendahuluan	5
2.2. Konsep Perencanaan Bangunan Tahan Gempa	6
2.2.1. Gempa Rencana	6
2.2.2. Arah Pembebanan Gempa	7
2.2.2.1. Distribusi Vertikal Gaya Gempa	8
2.2.2.2. Distribusi Horizontal Gaya Gempa	8
2.2.3. Wilayah Gempa	9
2.3. Kriteria Desain Perencanaan Struktur Gedung Tahan Gempa	11
2.3.1. Kategori Desain Seismik	11

2.3.1.1.	Kategori Desain Seismik A	12
2.3.1.2.	Kategori Desain Seismik B	12
2.3.1.3.	Kategori Desain Seismik C	12
2.3.1.4.	Kategori Desain Seismik D sampai F	13
2.3.2.	Kriteria Struktur Gedung	13
2.3.3.	Faktor Keutamaan Dan Kategori Resiko Bangunan	16
2.3.4.	Faktor Reduksi Gempa	18
2.3.5.	Klasifikasi Situs	19
2.3.6.	Penentuan Percepatan Tanah Puncak	21
2.3.7.	Penentuan Respon Spektrum	22
2.4.	Analisis Gaya Lateral Ekuivalen	25
2.4.1.	Gaya Dasar Seismik	25
2.4.2.	Perhitungan Koefisien Dasar Seismik	25
2.5.	Periode Alami Fundamental	26
2.6.	Analisis Respon Dinamik	28
2.7.	Simpangan Antar Lantai	30
2.8.	Torsi dan Eksentrisitas	32
2.9.	Beban dan Kombinasi Pembebanan	33
2.10.	Distribusi Kekakuan Secara Vertikal	35
2.10.1.	<i>Soft Storey</i>	36
2.10.2.	Kekakuan Struktur	37
2.11.	Struktur Gedung Beraturan dan Tidak Beraturan	37
2.11.1.	Struktur Gedung Beraturan	37
2.11.2.	Struktur Gedung Tidak Beraturan	39
2.12.	Konsep Umum Perencanaan Gedung Struktur Baja	39
2.12.1.	Metode Perencanaan Struktur Baja	39
2.12.1.1.	Metode Tegangan Izin	39
2.12.1.2.	Metode Desain Faktor Beban Ketahanan	40
2.12.2.	Perencanaan Stabilitas	40
2.12.3.	Perencanaan Aksial Tarik	42
2.12.4.	Perencanaan Aksial Tekan	44
2.12.5.	Perencanaan Elemen Lentur	46

2.12.6.	Perencanaan Struktur Untuk Geser	48
2.13.	Perencanaan Struktur Gedung Baja Tahan Gempa	49
2.13.1.	Sistem Rangka Pemikul Momen	49
2.13.2.	Sistem Rangka Breising Eksentrik	50
2.13.2.1.	Filosofi Desain dan Geometri EBF	50
2.13.2.2.	Elemen Link	51
2.13.2.3.	Kuat Elemen Link	52
2.13.2.4.	Konsep Perencanaan Link	52
2.13.2.5.	Jenis Link Berdasarkan Panjangnya	54
2.13.3.	Sistem Rangka Breising Konsentrik	55
BAB 3	METODOLOGI PENELITIAN	
3.1.	Metodologi Penelitian	60
3.2.	Tinjauan Umum	61
3.3.	Faktor Respon Gempa (C)	61
3.4.	Pemodelan dan Analisis Struktur	65
3.4.1.	Pemodelan Gedung	65
3.4.1.1.	Data Perencanaan Struktur	73
3.4.1.2.	Pemodelan Link	73
3.4.1.3.	Perhitungan Panjang Link	74
3.4.1.4.	Faktor Keutamaan Struktur (I)	76
3.4.1.5.	Faktor Reduksi Gempa	76
3.4.2.	Pembebanan Struktur	76
3.4.3.1.	Beban Mati (<i>Dead Load</i>)	76
3.4.3.2.	Beban Hidup (<i>Live Load</i>)	76
3.4.3.3.	Beban Notional	76
3.4.3.4.	Rekapitulasi Pembebanan	76
3.4.3.5.	Kombinasi Pembebanan	77
3.4.4.	Perhitungan Berat Per Lantai Gedung	71
3.5.1.	Dimensi Balok dan Kolom	77
3.5.2.	Analisa Respon Spektrum	77
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1.	Tinjauan Umum	81

4.2.	Hasil Analisis Gedung	81
4.2.1.	Model 1	81
4.2.2.	Model 2	85
4.2.3.	Model 3	89
4.2.4.	Model 4	94
4.3.	Selisih nilai perpindahan lantai dari model tanpa link ke masing- masing panjang link	100
4.3.1.	Model 1	100
4.3.2.	Model 2	101
4.3.3.	Model 3	102
4.3.2.	Model 4	104
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1.	Kesimpulan	108
5.2.	Saran	109
	DAFTAR PUSTAKA	110
	LAMPIRAN	
	DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respon Percepatan Pada Perioda Pendek	14
Tabel 2.2	Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Percepatan Perioda 1 Detik	14
Tabel 2.3	Ketidakteraturan Horizontal Pada Struktur Berdasarkan SNI 1726-2012	16
Tabel 2.4	ketidakteraturan Vertikal Pada Struktur Berdasarkan SNI 1726-2012	18
Tabel 2.5	Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Struktur Lainnya untuk beban gempa berdasarkan SNI 1726-2012	19
Tabel 2.6	Faktor Keutamaan (I_e), Berdasarkan SNI 1726-2012	21
Tabel 2.7	Faktor Koefisien Modifikasi Respon, Faktor Kuat Sistem, Faktor Pembesaran Defleksi dan Batasan Tinggi Struktur Berdasarkan SNI 1726-2012	22
Tabel 2.8	Klasifikasi Situs Berdasarkan SNI 1726-2013	23
Tabel 2.9	Koefisien Situs Untuk PGA Berdasarkan SNI 1726-2012	24
Tabel 2.10	Koefisien Periode Pendek (F_a) Berdasarkan SNI 1726-2012	26
Tabel 2.11	Koefisien Periode 1,0 Detik (F_v) Berdasarkan SNI 1726-2012	26
Tabel 2.12	Nilai Parameter Periode Pendekatan C_r , dan α Berdasarkan SNI 1726-2012	30
Tabel 2.13	Koefisien Untuk Batas Atas Pada Periode Yang Dihitung Berdasarkan SNI 1726-2012	31
Tabel 2.14	Simpangan Antar Lantai Izin Berdasarkan SNI 1726-2012	34
Tabel 2.15	Kombinasi Pembebanan Berdasarkan SNI 1727-2013	37
Tabel 2.16	Persyaratan Masing-Masing Tingkat Yang Menahan Lebih Dari 35% Gaya Geser Dasar	37
Tabel 3.1	Respon Spektrum SNI 1726-2012 Daerah Provinsi Sumatra Barat, Kota Padang Dengan Jenis Tanah Sedang	63
Tabel 3.2	Faktor Reduksi Gempa Pada Gedung, Pada Zona Gempa	

Tanah Sedang Berdasarkan SNI 1726-2012	76
Tabel 3.3 Berat Material Konstruksi berdasarkan PPUG 1983	77
Tabel 3.4 Berat Tambahan Komponen Struktur Gedung	77
Tabel 3.5 Beban Hidup Lantai Struktur Berdasarkan SNI 1727-2013	77
Tabel 3.6 Kombinasi Pembebanan Berdasarkan SNI 1727-2013	77
Tabel 3.7 Ukuran Penamang pada 4 Model	77
Tabel 4.1 Nilai Simpangan Antar Tingkat Model 1 tanap Link	81
Tabel 4.2 Distribusi Kekakuan tingkat bangunan arah X	82
Tabel 4.3 Distribusi Kekakuan tingkat bangunan arah Y	82
Tabel 4.4 Nilai Simpangan antar Tingkat Model 2 Tanpa Link	85
Tabel 4.5 Distribusi Kekakuan Tingkat Bangunan Arah X	86
Tabel 4.6 Distribusi Kekakuan Tingkat Bangunan Arah Y	86
Tabel 4.7 Nilai Simpangan antar Tingkat Model 3 Tanpa Link	89
Tabel 4.8 Distribusi Kekakuan tingkat bangunan arah X	90
Tabel 4.9 Distribusi Kekakuan tingkat bangunan arah Y	90
Tabel 4.10 Nilai simpangan antar tingkat model 4 tanpa link	94
Tabel 4.11 Distribusi Kekakuan tingkat bangunan arah X	95
Tabel 4.12 Distribusi Kekakuan tingkat bangunan arah Y	96
Tabel 4.13 Selisih Nilai Simpangan Lantai dari Masing – masing Jarak Panjang Link arah X	100
Tabel 4.14 Selisih Nilai Simpangan Lantai dari Masing – masing Jarak Panjang Link arah Y	100
Tabel 4.15 Selisih Nilai Simpangan Tingkat dari Masing – masing Jarak Panjang Link arah X	100
Tabel 4.16 Selisih Nilai Simpangan Tingkat dari Masing – masing Jarak Panjang Link arah Y	100
Tabel 4.17 Selisih Nilai Simpangan Lantai dari Masing – masing Jarak Panjang Link arah X	101
Tabel 4.18 Selisih Nilai Simpangan Lantai dari Masing – masing Jarak Panjang Link arah Y	101
Tabel 4.19 Selisih Nilai Simpangan Tingkat dari Masing – masing Jarak Panjang Link arah X	101

Tabel 4.20 Selisih Nilai Simpangan Tingkat dari Masing – masing Jarak Panjang Link arah Y	101
Tabel 4.21 Selisih Nilai Simpangan Lantai dari Masing – masing Jarak Panjang Link arah X	102
Tabel 4.22 Selisih Nilai Simpangan Lantai dari Masing – masing Jarak Panjang Link arah Y	102
Tabel 4.23 Selisih Nilai Simpangan Tingkat dari Masing – masing Jarak Panjang Link arah X	103
Tabel 4.24 Selisih Nilai Simpangan Tingkat dari Masing – masing Jarak Panjang Link arah Y	103
Tabel 4.25 Selisih Nilai Simpangan Lantai dari Masing – masing Jarak Panjang Link arah X	104
Tabel 4.26 Selisih Nilai Simpangan Lantai dari Masing – masing Jarak Panjang Link arah Y	105
Tabel 4.27 Selisih Nilai Simpangan Tingkat dari Masing – masing Jarak Panjang Link arah X	106
Tabel 4.28 Selisih Nilai Simpangan Tingkat dari Masing – masing Jarak Panjang Link arah Y	107

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Peta Respon Spektra Percepatan 0.2 Detik	12
Gambar 2.2	Peta Respon Spektra Percepatan 1 Detik	12
Gambar 2.3	Bentuk Tipikal Respon Spektra Desain Di Permukaan Tanah	13
Gambar 2.4	Bentuk Tipikal Respon Spektrum Desain	27
Gambar 3.1	Metodologi Penelitian	60
Gambar 3.2	Grafik Respon Spektrum SNI-03-1726-2012 Daerah Kota Manado Dengan Jenis Tanah Sedang	65
Gambar 3.3	Denah Perencanaan Gedung Baja Bresing Eksentris terhadap Sumbu X dan Y Model 1	66
Gambar 3.4	Tampak Samping portal struktur bangunan 3 lantai	66
Gambar 3.5	Bentuk Tipikal model struktur 3D	66
Gambar 3.6	Denah Perencanaan Gedung Baja Bresing Eksentris terhadap Sumbu X dan Y Model 2	67
Gambar 3.7	Tampak Samping portal struktur bangunan 6 lantai	67
Gambar 3.8	Bentuk Tipikal model struktur 3D	68
Gambar 3.9	Denah Perencanaan Gedung Baja Bresing Eksentris terhadap Sumbu X dan Y Model 2	68
Gambar 3.10	Denah Struktur Bangunan Baja Model 3	68
Gambar 3.11	Tampak Samping portal struktur bangunan 12 lantai	69
Gambar 3.12	Bentuk Tipikal model struktur 3D	69
Gambar 3.13	Denah Struktur Bangunan Baja Model 4	70
Gambar 3.14	Tampak Samping portal struktur bangunan 24 lantai	70
Gambar 3.15	Bentuk Tipikal model struktur 3D	71
Gambar 3.16	Gambar Pemodelan Link	73
Gambar 4.1	Diagram Simpangan antar Tingkat untuk berbagai jenis panjang link bresing eksentris pada arah X	82
Gambar 4.2	Diagram Simpangan antar Tingkat untuk berbagai jenis panjang link bresing eksentris pada arah Y	83
Gambar 4.3	Diagram simpangan pada lantai untuk berbagai jenis panjang	

	Link bresing eksentris pada arah X	83
Gambar 4.4	Diagram simpangan pada lantai untuk berbagai jenis panjang Link bresing eksentris pada arah Y	84
Gambar 4.5	Diagram Simpangan Gedung Gempa X Model 1	100
Gambar 4.6	Diagram Simpangan Antar Tingkat Gempa X Model 1	101
Gambar 4.7	Diagram Simpangan Gedung Gempa Y Model 1	103
Gambar 4.8	Diagram Simpangan Antar Tingkat Gempa Y Model 1	103
Gambar 4.9	Perbandingan Simpangan Per Lantai Gempa X Dan Gempa Y Model 1	104
Gambar 4.10	Perbandingan Simpangan Antar Lantai Gempa X Dan Gempa Y Model 1	104
Gambar 4.11	Diagram Gaya Geser Arah X Analisis Statik Ekuivalen Model 2	110
Gambar 4.12	Diagram Gaya Geser Arah Y Analisis Statik Ekuivalen Model 2	111
Gambar 4.13	Perbandingan Gaya Geser Hasil Analisis Statik Ekuivalen Arah X Dan Y Model 2	112
Gambar 4.14	Perbandingan Gaya Geser Hasil Analisis Respon Spektrum Gempa X Dan Gempa Y Model 2	114
Gambar 4.15	Diagram Simpangan Per Lantai Gempa X Model 2	116
Gambar 4.16	Diagram Simpangan Antar Tingkat Gempa X Model 2	116
Gambar 4.17	Diagram Simpangan Per Lantai Gempa Y Model 2	117
Gambar 4.18	Diagram Simpangan Antar Tingkat Gempa Y Model 2	118
Gambar 4.19	Perbandingan Simpangan Per Lantai Gempa X Dan Gempa Y Model 2	118
Gambar 4.20	Perbandingan Simpangan Antar Lantai Gempa X Dan Gempa Y Model 2	119
Gambar 4.21	Diagram Gaya Geser Arah X Analisis Statik Ekuivalen Model 3	125
Gambar 4.22	Diagram Gaya Geser Arah Y Analisis Statik Ekuivalen Model 3	126
Gambar 4.23	Perbandingan Gaya Geser Hasil Analisis Statik Ekuivalen Arah X Dan Y Model 3	127
Gambar 4.24	Perbandingan Gaya Geser Hasil Analisis Respon Spektrum Gempa X Dan Gempa Y Model 3	129

Gambar 4.25 Diagram Simpangan Gedung Akibat Gempa X Model 3	131
Gambar 4.26 Diagram Simpangan Antar Tingkat Gempa X Model 3	131
Gambar 4.27 Diagram Simpangan Gedung Akibat Gempa Y Model 3	132
Gambar 4.28 Diagram Simpangan Antar Tingkat Gempa Y Model 3	133
Gambar 4.29 Perbandingan Simpangan Per Lantai Gempa X Dan Gempa Y Model 3	133
Gambar 4.30 Perbandingan Simpangan Antar Lantai Gempa X Dan Gempa Y Model 2	134
Gambar 4.31 Perbandingan Gaya Geser Gempa X Ketiga Model	137
Gambar 4.32 Perbandingan Gaya Geser Gempa Y Ketiga Model	137
Gambar 4.33 Perbandingan Simpangan Antar Lantai Gempa X Dan Gempa Y Model 2	138
Gambar 4.34 Perbandingan Simpangan Gedung Akibat Gempa X Arah Y Ketiga Model	138
Gambar 4.35 Perbandingan Simpangan Gedung Akibat Gempa Y Arah X Ketiga Model	139
Gambar 4.36 Perbandingan Simpangan Gedung Akibat Gempa Y Arah Y Ketiga Model	139

DAFTAR NOTASI

C	= Faktor Respons Gempa dinyatakan dalam percepatan gravitasi yang nilainya bergantung pada waktu getar alami struktur gedung dan kurvanya ditampilkan dalam Spektrum Respons Gempa Rencana, g
C_d	= Faktor amplikasi defleksi
C_s	= Koefisien respon gempa, g
c	= Jarak dari serat tekan terluar ke sumbu netral, yang dihitung untuk beban
d	= Tinggi efektif komponen struktur, mm
d_i	= Simpangan horizontal lantai tingkat ke i dari hasil analisis 3 dimensi struktur gedung akibat beban gempa nominal statik ekuivalen yang menangkap pada pusat massa pada taraf lantai tingkat, mm
e	= Eksentrisitas, mm
E	= Modulus elastisitas baja, 200000 MPa
F_a	= Koefisien situs perioda pendek (pada perioda 0,2 detik)
F_i	= Beban gempa nominal statik ekuivalen yang menangkap pada pusat massa pada taraf lantai tingkat ke-i struktur atas gedung, kg
F_n	= Pembebanan gempa statik untuk lantai paling atas, kg
F_{PGA}	= Faktor amplikasi untuk PGA
F_v	= Koefisien situs perioda panjang (pada perioda 1 detik)
$f'c$	= Kuat tekan beton, MPa
f_y	= Kuat leleh tulangan, MPa
f_{yh}	= Kuat leleh tulangan transversal, MPa
g	= Percepatan gravitasi, mm/det ²
H	= Tinggi gedung yang ditinjau, m
h	= Tinggi komponen struktur, mm
h_i	= Tinggi tingkat yang ditinjau, m
h_x	= Spasi horizontal maksimum untuk kaki-kaki sengkang tertutup atau sengkang ikat pada semua muka kolom, mm
I	= Faktor Keutamaan gedung, faktor pengali dari pengaruh Gempa

Rencana pada berbagai kategori gedung, untuk menyesuaikan perioda ulang gempa yang berkaitan dengan penyesuaian probabilitas dilampauinya pengaruh tersebut selama umur gedung itu dan menyesuaikan umur gedung itu

- I_1 = Faktor Keutamaan gedung untuk menyesuaikan perioda ulang gempa yang berkaitan dengan penyesuaian probabilitas terjadinya gempa itu selama umur gedung
- I_2 = Faktor Keutamaan gedung untuk menyesuaikan perioda ulang gempa yang berkaitan dengan penyesuaian umur gedung
- I_e = Faktor Keutamaan
- I_x, I_y = Momen inersia, mm^4
- J = Konstanta torsi, mm^4
- k = Nilai eksponen distribusi
- K_z = Faktor panjang efektif untuk tekuk torsi, MPa
- l_o = Panjang minimum, diukur dari muka join sepanjang sumbu komponen struktur, dimana harus disediakan tulangan transversal, mm
- l_w = Panjang keseluruhan dinding atau segmen yang ditinjau dalam arah gaya geser, m
- M_u = Momen lentur terfaktor, N.mm
- M_n = Kuat nominal momen lentur, N.mm
- \bar{N} = Nilai rata-rata berbobot hasil Test Penetrasi Standar lapisan tanah di atas batuan dasar dengan tebal lapisan tanah sebagai besaran pembobotnya
- n = Nomor lantai tingkat paling atas; jumlah lantai tingkat struktur gedung
- N_u = Beban terfaktor, N/mm
- N_n = Kuat nominal, N/mm
- N_i = Beban notional yang digunakan pada level- i , N
- PGA = Percepatan muka tanah puncak MCE_G terpeta, g
- PGA_M = Nilai percepatan puncak di permukaan tanah berdasarkan klasifikasi *site*

P_u	= Gaya aksial yang bekerja pada dinding geser, kN
R	= Faktor reduksi gempa, Koefisien modifikasi respon
R_m	= Faktor reduksi gempa maksimum yang dapat dikerahkan oleh suatu jenis system atau subsistem struktur gedung
R_y	= Rasio tegangan leleh ekspektasi terhadap tegangan leleh minimum yang disyaratkan
\bar{S}_u	= Kuat geser niralir rata-rata berbobot dengan tebal lapisan tanah sebagai besaran pembobotnya, kPa
S_1	= Parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada periode 1 detik, redaman 5 persen
S_a	= Faktor respon gempa
S_B	= Batuan dasar
S_{D1}	= Parameter percepatan respons spektral spesifik situs pada periode 1 detik, redaman 5 persen
S_{DS}	= Parameter percepatan respons spektral spesifik situs pada periode pendek, redaman 5 persen
S_{M1}	= 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_{PGA}	= Nilai PGA di batuan dasar (S_B) mengacu pada Peta Gempa Indonesia 2012
S_S	= Parameter percepatan respon spectral MCE dari peta gempa pada periode pendek, redaman 5 persen
T	= Waktu getar alami struktur gedung dinyatakan dalam detik yang menentukan besarnya Faktor Respon Gempa struktur gedung dan kurvanya ditampilkan dalam Spektrum Respons Gempa Rencana, detik
T_0	= $0,2 S_{D1}/S_{DS}$, detik
T_1	= Waktu getar alami fundamental struktur gedung beraturan maupun tidak beraturan, detik
$T_{a_{maksimum}}$	= Nilai maksimum periode bangunan, detik

- $T_{a_{\text{minimum}}}$ = Nilai minimum perioda bangunan, detik
- T_s = S_{D1}/S_{DS} , detik
- t_w = Tebal dinding geser, mm
- V = Beban (gaya) geser dasar nominal statik ekuivalen akibat pengaruh Gempa Rencana yang bekerja di tingkat dasar struktur gedung beraturan dengan tingkat daktilitas umum, dihitung berdasarkan waktu getar alami fundamental struktur beraturan tersebut, kg
- V_1 = Gaya geser dasar nominal yang berkerja di tingkat dasar struktur gedung tidak beraturan dengan tingkat daktilitas umum, dihitung berdasarkan waktu getar fundamental struktur gedung, kg
- V_n = Pengaruh Gempa Rencana pada taraf pembebanan nominal untuk struktur gedung dengan tingkat daktilitas umum; pengaruh Gempa Rencana pada saat di dalam struktur terjadi pelelehan pertama yang sudah direduksi dengan faktor kuat lebih beban dan bahan f_1 , kg
- V_t = Gaya geser dasar nominal akibat pengaruh Gempa Rencana pada taraf pembebanan nominal yang bekerja di tingkat dasar struktur gedung dan yang didapat dari hasil analisis ragam spektrum respons atau dari hasil analisis respons dinamik riwayat waktu, kg
- V_u = Gaya geser rencana, kg
- \bar{v}_s = Kecepatan rambat rata-rata berbobot gelombang geser dengan tebal lapisan tanah sebagai besaran pembobotnya, m/det
- W_i = Berat lantai tingkat ke- i struktur atas suatu gedung, termasuk beban hidup yang sesuai (berat perlantai gedung), kg
- W_t = Berat total bangunan termasuk beban hidup yang sesuai, kg
- X_{max} = Simpangan maksimum struktur (diambang keruntuhan), mm
- X_y = Simpangan struktur pada saat terjadi sendi plastis yang pertama (leleh pertama), mm
- Y_i = Beban gravitasi yang digunakan pada level i , m/s^2
- Z = Modulus penampang plastis, mm^3
- μ = Faktor daktilitas struktur gedung, rasio anatara simpangan maksimum struktur gedung akibat pengaruh Gempa Rencana pada saat mencapai kondisi di ambang keruntuhan dan simpangan struktur gedung pada

saat terjadinya pelelehan pertama; konstanta yang tergantung pada peraturan perencanaan bangunan yang digunakan, misalnya IBC-2009 dan ASCE 7-10 dengan gempa 2500 tahun menggunakan nilai μ sebesar 2/3 tahun

- μ_m = Nilai faktor daktilitas maksimum yang dapat dikerahkan oleh suatu system atau subsistem struktur gedung
- i = Simpangan antartingkat yang telah dibagi faktor skala, cm
- u = Perpindahan rencana, mm
- = Koefisien pengali dari simpangan struktur gedung yang membatasi waktu getar alami fundamental struktur gedung, bergantung pada Wilayah Gempa; faktor pengali
- = Faktor redudansi
- v = Rasio penulangan arah vertikal
- 0 = Faktor kuat lebih

DAFTAR SINGKATAN

PGA	= Peak Ground Acceleration
DFBK	= Desain Faktor Beban dan Ketahanan
DKI	= Desain Kekuatan Izin
SRPMM	= Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah
SNI	= Standar Nasional Indonesia
SRBKB	= Sistem Rangka Breising Konsentrik Biasa
SRBKK	= Sistem Rangka Breising Konsentrik Khusus
SRBE	= Sistem Rangka Breising Eksentrik
PPIUG	= Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung
SRPMB	= Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa
SRPMK	= Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus
CQC	= Complete Quadratic Combination
SRSS	= Square Root of the Sum of Squares

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki ancaman gempa bumi yang cukup tinggi. Sebagai negara yang terletak pada daerah pertemuan empat lempeng tektonik utama, yakni Eurasia, Indo-Australia, Pasifik, dan Filipina, maka tidak mengherankan bahwa Indonesia sangat kerap dilanda gempa.

Sebagai antisipasi terhadap beban gempa yang terjadi pada bangunan, terdapat dua alternatif yang sudah digunakan yaitu membuat sistem struktur yang berperilaku elastis saat memikul beban gempa atau membuat sistem struktur yang berperilaku inelastis saat terjadi gempa. Keunggulan dari sistem struktur yang tetap elastis adalah tidak ada satu bagian struktur pun yang mengalami deformasi permanen. Namun, elemen struktur yang digunakan akan memerlukan penampang yang jauh lebih besar. Sedangkan, keunggulan pada sistem struktur yang direncanakan berperilaku inelastis pada saat terjadi gempa yakni pada struktur tersebut terdapat bagian tertentu yang akan mengalami plastifikasi akibat penyerapan energi gempa. Sistem struktur tersebut tentunya akan mengalami deformasi plastis pada bagian-bagian tertentu namun tetap memiliki kekakuan yang cukup untuk dapat berdiri (tidak runtuh) sehingga keselamatan pengguna bangunan saat terjadi gempa dapat terjamin.

Disebabkan gempa yang terjadi di Indonesia cukup besar, maka diperlukan material yang kuat serta bersifat duktail. Oleh karena itu, dalam tugas akhir ini penulis memilih material baja sebagai material yang mampu untuk berdeformasi inelastis. Selain itu, bangunan yang terbuat dari struktur baja juga memiliki berat struktur yang ringan. Namun, penggunaan struktur baja tahan gempa masih belum banyak diaplikasikan pada bangunan-bangunan tinggi di Indonesia. Oleh karena itu, diperlukan analisis struktur rangka baja tahan gempa pada berbagai wilayah di Indonesia.

Dalam perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung terdapat beberapa macam struktur rangka baja yang digunakan sebagai struktur baja tahan gempa

salah satunya Sistem Rangka Bresing Eksentrik (SRBE). sistem tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan. Hal tersebut akan dibahas pada tinjauan pustaka.

Pada Tugas Akhir ini, penulis mencoba membandingkan hubungan jarak link pada bangunan bertingkat dengan tingkatan bangunan yang bervariasi. Pada Pemodelan struktur bangunan menggunakan breising, jarak link akan diletakkan pada arah X atau arah Y pada sisi bangunan, yang diharapkan dapat memberikan gambaran perilaku tentang jarak link bangunan struktur baja yang hanya terpasang bresing pada sisi searah bangunan. Dan Tugas Akhir ini juga diharapkan dapat bermanfaat bagi penulis secara langsung dengan bertambahnya ilmu pengetahuan tentang bangunan baja yang dapat diterapkan nantinya di dunia kerja dan juga bermanfaat bagi pembaca dikedepannya.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang akan timbul pada Tugas Akhir ini adalah:

1. Bagaimana perilaku bangunan yang terpasang Breising, dengan ukuran panjang Link yang berbeda pada saat bangunan terjadi gempa.
2. Berapa besar simpangan pada masing-masing pemodelan.
3. Berapakah panjang maksimum link pada bangunan struktur baja yang bervariasi ketinggiannya.

1.3 Ruang Lingkup Pembahasan

Ruang lingkup dan aspek yang ditinjau pada Tugas Akhir ini adalah:

1. Penelitian terhadap sifat-sifat struktur seperti batas link geser dan lentur, simpangan antar lantai, panjang link pada masing-masing model bangunan yang terpasang (SRBE) tipe K pada sisi searah bangunan terhadap gaya gempa maksimum yang terjadi.
2. Pembebanan struktur mengacu pada Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain SNI 1727-2013.
3. Gedung direncanakan berada di Kota Padang Provinsi Sumatera Barat dengan kondisi tanah sedang berdasarkan Tata Cara Perencanaan

Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 1726-2012.

4. Desain bangunan baja mengacu pada Spesifikasi Bangunan Gedung Baja Struktural SNI 1729-2015.
5. Parameter perencanaan (SRBE) tipe K mengacu pada Ketentuan Seismik Untuk Struktur Bangunan Baja SNI 7860-2015.
6. Perencanaan Pembangunan untuk Rumah dan Gedung menggunakan aturan PPURG 1987.
7. Pemodelan struktur menggunakan program analisa struktur (Eetabs v. 16).
8. Pada tugas akhir ini mengabaikan desain Void dan Balok anak dan sambungan.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penulisan tugas akhir ini diantaranya adalah:

1. Menganalisis pengaruh panjang link pada variasi jumlah lantai pada SRBE tipe K terhadap gaya-gaya lateral yang bekerja, simpangan, simpangan antar lantai, distribusi beban lateral, berat dari struktur dan kekakuan bangunan.
2. Mengetahui besaran dimensi profil SRBE tipe K yang aman terhadap perpindahan antar lantai, simpangan antar tingkat dan kekakuan yang terjadi akibat pengaruh panjang link SRBE tipe K.
3. Memberikan informasi dalam pemilihan ukuran panjang link pada ukuran ketinggian bangunan yang paling aman dan ekonomis pada bangunan gedung stuktur baja.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah memberikan gambaran tentang penggunaan sistem pengaku bangunan stuktur baja pada satu sisi yang efektif, yaitu dari segi keamanan dan ekonomis dan juga memberikan gambaran tentang besaran –

besaran simpangan yang akan terjadi jika menggunakan breising dengan panjang ling yang berbeda pada setiap tingkatan bangunan.

Dan diharapkan nantinya Tugas Akhir ini bisa digunakan sebagai acuan dalam merencanakan pembangunan struktur baja dengan penggunaan bresing pada satu sisi bangunan yang mampu menahan gaya gempa yang cukup baik pada kondisi tanah sedang.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

Bab 1 Pendahuluan

Menguraikan hal-hal umum mengenai Tugas Akhir, seperti latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup dan tujuan penulisan.

Bab 2 Tinjauan Pustaka

Pada bab ini berisi teori-teori atau prosedur yang dilakukan penulis untuk memperoleh jawaban yang sesuai dengan kasus permasalahan.

Bab 3 Metode Penelitian

Pada bab ini menjelaskan rencana atau prosedur yang dilakukan penulis untuk memperoleh jawaban yang sesuai dengan kasus permasalahan.

Bab 4 Hasil dan Pembahasan

Pada bab ini menguraikan hasil pembahasan analisis desain dan kinerja struktur.

Bab 5 Kesimpulan dan Saran

Berisi kesimpulan sesuai dengan analisis terhadap studi literatur dan berisi saran untuk pengembangan lebih lanjut yang baik di masa yang akan datang.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pendahuluan

Dasar perencanaan struktur bangunan tahan gempa adalah terdapatnya komponen struktur yang diperbolehkan mengalami kelelahan. Komponen struktur yang leleh tersebut merupakan komponen yang menahan energi gempa selama gempa terjadi. Agar memenuhi konsep perencanaan struktur bangunan tahan gempa, maka pada saat gempa kelelahan yang terjadi hanya pada balok. Oleh karena itu dan sambungan harus dirancang sedemikian rupa agar kedua komponen struktur tersebut tidak mengalami kelelahan ketika gempa terjadi.

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

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

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

Secara tradisional dipahami bahwa baja selain berkekuatan tinggi, perilaku keruntuhannya adalah bersifat daktail. Daktilitas adalah kemampuan suatu struktur gedung untuk mengalami simpangan pascaelastik yang besar secara berulang kali dan bolak-balik akibat beban gempa. Material baja juga mudah dalam pekerjaannya dan cepat. Karena beberapa pertimbangan tersebut, penggunaan baja dianjurkan pada bangunan yang berada di daerah rawan gempa khususnya gempa berkekuatan tinggi.

Dalam mendesain bangunan struktur baja ada beberapa faktor yang harus diperhatikan diantaranya faktor kehandalan dan kemampuan untuk menahan beban sendiri, beban kerja, serta beban gempa yang telah direncanakan. Dalam hal ini, struktur harus didesain dengan metode kolom kuat balok lemah (*Strong Coloumn Weak Beam*) yang diharapkan hanya balok saja yang dapat mengalami kegagalan akibat gaya yang dipikul struktur berlebih. Pada struktur baja, untuk dapat menerapkan metode tersebut, dapat dilakukan dengan berbagai cara diantaranya adalah pada ujung balok dan kolom didesain sambungan kaku agar dapat menerima gaya geser dan momen. Namun, pada desain sambungan kaku akan menyebabkan rotasi pada balok akan berkurang.

Dalam bab ini, akan dibahas pengaruh panjang link eksentrik pada struktur baja sistem ganda terhadap simpangan antar lantai.

2.2 Konsep Perencanaan Bangunan Tahan Gempa

2.2.1 Gempa Rencana

Menurut Budiono dan Supriatna (2011), akibat pengaruh gempa rencana, struktur gedung secara keseluruhan masih harus berdiri walaupun sudah berada dalam kondisi diambang keruntuhan. Berdasarkan SNI 1726-2012, zona peta gempa menggunakan peta gempa untuk probabilitas 2% terlampaui dalam 50 tahun atau memiliki periode ulang 2500 tahun.

Faktor gempa yang berpengaruh pada respon atau reaksi struktur bangunan adalah lamanya waktu gempa dan rentang frekuensi gempa. Durasi gempa berpengaruh pada besarnya perpindahan energi dan vibrasi tanah ke energi struktur (*energy dispasi*). Gempa dengan percepatan sedang dan durasi yang lama

menyebabkan kerusakan lebih besar dibandingkan dengan gempa yang memiliki percepatan besar tapi durasinya singkat.

2.2.2 Arah Pembebanan Gempa

Gempa menyebabkan guncangan pada tanah. Tingkat keparahan beban gempa tergantung pada lokasi (sesuai dengan peraturan mengenai standar bangunan). Guncangan tanah dapat menambah beban pada unsur-unsur bangunan, guncangan tanah yang lebih kuat atau unsur-unsur bangunan yang lebih besar dapat menambah beban pada gedung itu sendiri.

Beban gempa cenderung horizontal (walaupun tetap ada komponen vertikal arah beban) dan dapat menyerang dari arah manapun. Beban gempa akan datang bersiklus.

Struktur bangunan yang bertingkat tinggi harus dapat memikul beban-beban yang bekerja pada struktur tersebut, diantaranya beban gravitasi dan beban lateral. Beban gravitasi adalah beban mati struktur dan beban hidup, sedangkan yang termasuk beban lateral adalah beban angin dan beban gempa.

Dalam perencanaan struktur gedung, arah utama pengaruh gempa rencana harus ditentukan sedemikian rupa sehingga memberi pengaruh terbesar terhadap unsur-unsur subsistem dan sistem struktur gedung secara keseluruhan.

Untuk mensimulasikan pengaruh gempa rencana yang sembarang terhadap struktur gedung, pengaruh pembebanan gempa dalam arah utama yang ditentukan harus dianggap efektif 100% dan harus dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebanan gempa dalam arah tegak lurus pada arah utama pembebanan tersebut, tetapi dengan efektifitas 30%.

2.2.2.1 Distribusi Vertikal Gaya Gempa

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.8.3, gaya gempa lateral (F_i) yang timbul disemua tingkat harus ditentukan dari Pers. 2.1 dan 2.2.

dimana:

$$F_i = C_{vx} \cdot V \quad (2.1)$$

Dan

$$C_{vx} = \frac{w_i h_i^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (2.2)$$

dimana:

C_{vx} = Faktor distribusi vertikal

V = Gaya geser atau laeral desain total

w_i = Bagian berat seismik efektif total struktur (W) yang dikenakan atau ditempatkan pada tingkat- i

h_i = Tinggi (meter) dari dasar sampai tingkat ke- i

K = Eksponen yang terkait dengan perioda struktur sebagai berikut.

- Untuk struktur yang memiliki $T \leq 0,5$ detik; $k = 1$
- Untuk struktur yang memiliki $T \geq 2,5$ detik; $k = 2$
- Untuk struktur yang memiliki $0,5 < T < 2,5$; k adalah hasil interpolasi.

2.2.2.2 Distribusi Horizontal Gaya Gempa

Berdasarkan SNI 1726-2012, geser tingkat desain gempa disemua tingkat (V_x) harus ditentukan dari Pers. 2.3.

$$V_x = \sum_{i=1}^n F_i \quad (2.3)$$

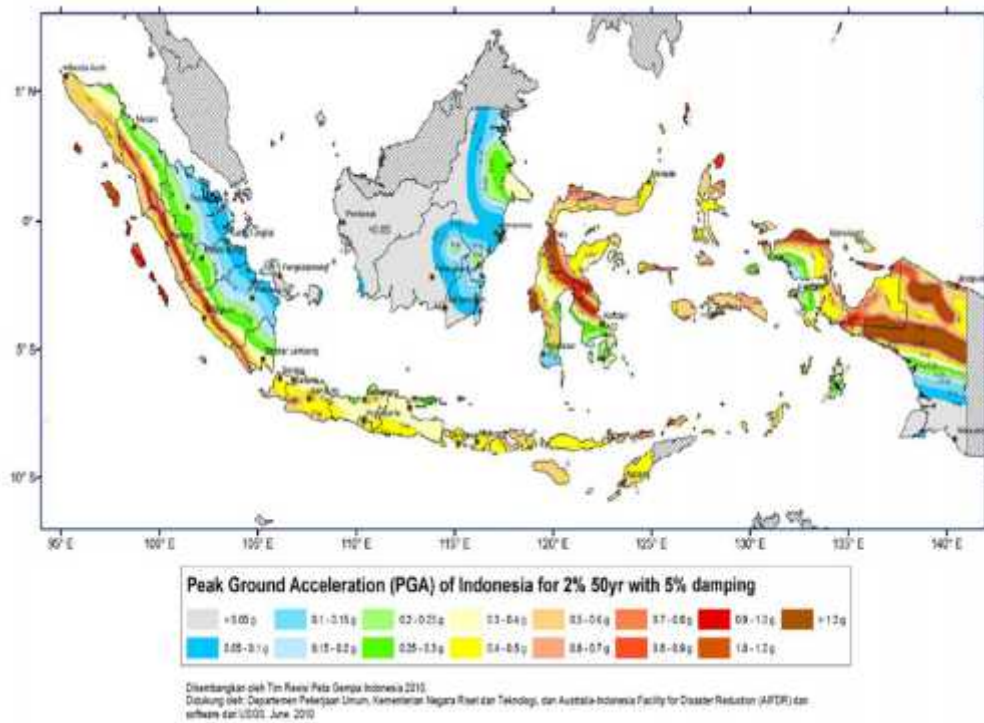
keterangan:

F_i = Bagian dari geser dasar seismik (V) (kN) yang timbul di tingkat ke- i

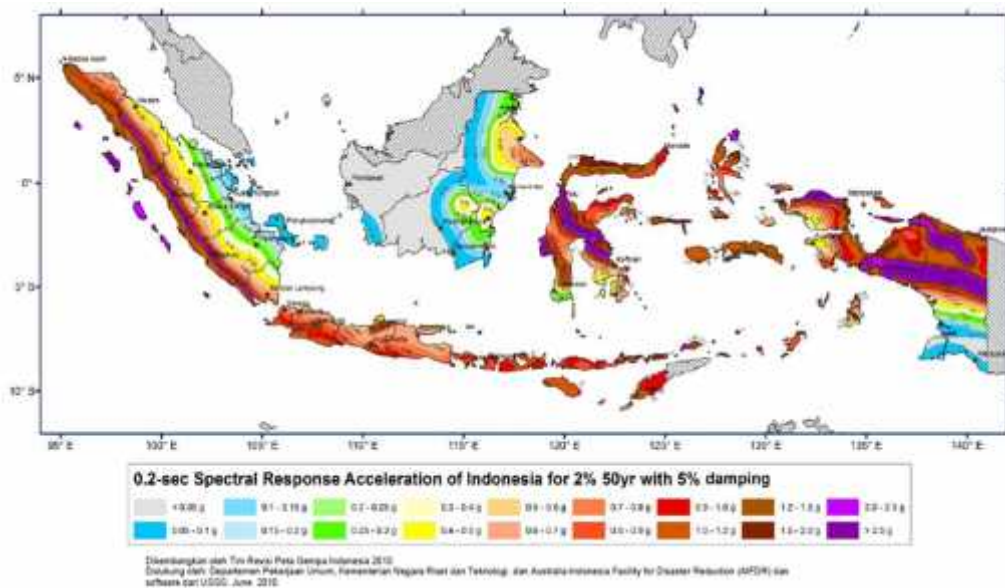
2.2.3 Wilayah Gempa

Pada umumnya, desain struktur bangunan tahan gempa merupakan desain yang mengatur hubungan antara respon gaya horizontal yang bekerja pada struktur (faktor kekuatan), kekakuan (*stiffness*), dan deformasi lateral struktur. Kekuatan struktur dirancang agar saat terjadi gempa kekuatannya dapat tercapai (*capacity design*). Karena struktur mempunyai kekakuan, didalam suatu perpindahan yang terjadi pada struktur. Redaman (*damping*) diperlukan oleh struktur sebagai penyerap energi gempa. Elemen yang daktail akan mampu berdeformasi melebihi batas kekuatan elastisnya dan akan terus mampu menahan beban sehingga mampu menyerap energi gempa yang lebih besar.

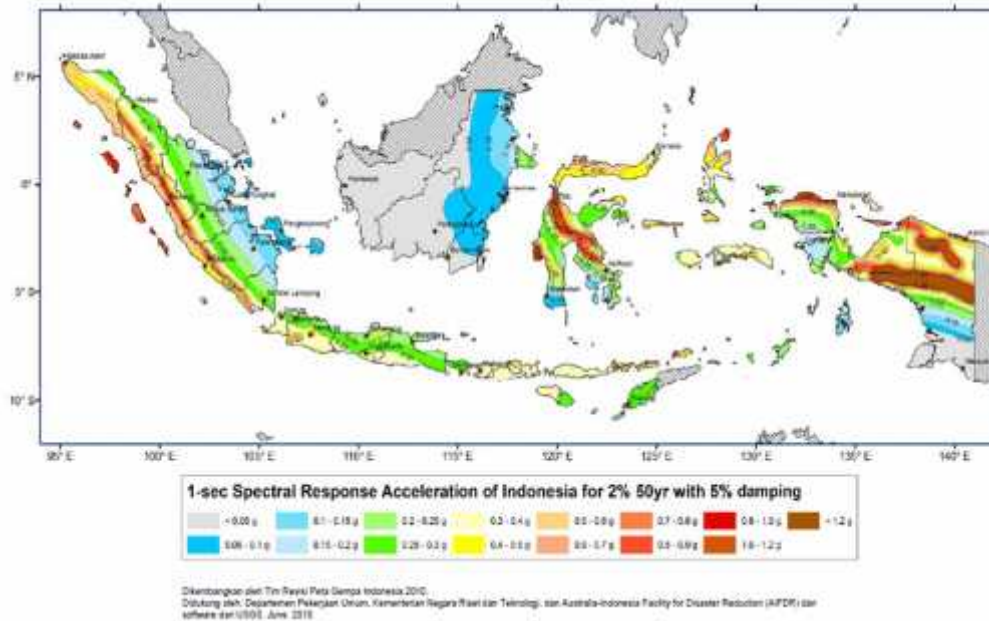
Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 14, wilayah gempa Indonesia ditetapkan berdasarkan parameter S_s (percepatan batuan dasar pada periode pendek 0,2 detik) dan S_l (percepatan batuan tanah dasar pada periode 1 detik).



Gambar 2.1: Peta percepatan puncak (PGA) di batuan dasar (S_B) untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun dengan redaman 5% (SNI 1726:2012).



Gambar 2.2: Peta respon spektra percepatan 0,2 detik (S_S) di batuan dasar (S_B) untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun dengan redaman 5% (SNI 1726:2012).



Gambar 2.3: Peta respon spektra percepatan 1,0 detik (S_1) di batuan dasar (S_B) untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun dengan redaman 5% (SNI 1726:2012).

2.3 Kriteria Desain Perencanaan Struktur Gedung Tahan Gempa

2.3.1 Kategori Desain Seismik

Struktur harus ditetapkan memiliki suatu kategori desain seismik. Struktur resiko I, II, atau III yang berlokasi dimana parameter respons spektral pada perioda detik, S_1 , lebih besar dari atau sama dengan 0,75 harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik E. Struktur yang berkategori IV yang berlokasi di mana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada perioda 1 detik, S_1 , lebih besar dari atau sama dengan 0,75 harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik F. Semua struktur lainnya harus ditetapkan kategori desain seismiknya berdasarkan kategori risikonya dan parameter respon spektral percepatan desainnya, S_{DS} dan S_{D1} . Masing-masing bangunan dan struktur harus ditetapkan ke dalam kategori desain seismik yang lebih parah di tunjukkan pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2.

Tabel 2.1: Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek.

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	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
$0.50 \leq S_{DS}$	D	D

Tabel 2.2: Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan perioda 1 detik.

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0.167$	A	A
$0.067 < S_{D1} < 0.133$	B	C
$0.133 < S_{D1} < 0.20$	C	D
$0.20 \leq S_{D1}$	D	D

2.3.1.1 Kategori Desain Seismik A

Bangunan gedung dan non gedung dengan kategori desain seismik elemen nonstruktural dalam kategori desain seismik A dibebaskan dari ketentuan-ketentuan seismik.

2.3.1.2 Kategori Desain Seismik B

Untuk bangunan yang dirancang dengan kategori desain seismik B, gaya gempa desain diijinkan untuk diterapkan secara terpisah dalam masing-masing arah dari dua arah orthogonal dan pengaruh interaksi orthogonal diijinkan untuk diabaikan.

2.3.1.3 Kategori desain seismik C

Pembebanan yang diterapkan pada struktur bangunan yang dirancang untuk kategori desain seismik C harus minimum sesuai dengan arah masing-masing orthogonal. Struktur yang mempunyai ketidakberaturan struktur horizontal harus menggunakan salah satu prosedur berikut:

1. Prosedur kombinasi orthogonal

Struktur harus dianalisis menggunakan prosedur analisis gaya lateral ekuivalen, prosedur analisis respon spektrum, atau prosedur riwayat respon linear, dengan pembebanan yang diterapkan secara terpisah dalam semua arah orthogonal. Pengaruh beban paling kritis akibat arah penerapan gaya gempa pada struktur dianggap terpenuhi jika komponen dan fondasinya didesain untuk memikul kombinasi beban-beban yang ditetapkan.

2. Penerapan serentak gerak tanah orthogonal

Struktur harus dianalisis menggunakan prosedur riwayat respons linear atau prosedur riwayat respons non linear dengan pasangan orthogonal percepatan gerak tanah yang diterapkan secara serentak.

2.3.1.4 Kategori Desain Seismik D Sampai F

Struktur yang dirancang untuk kategori desain seismik D, E, dan F harus minimum sesuai dengan persyaratan ketegori desain seismik C. Sebagai tambahan, semua kolom atau dinding yang berbentuk bagian dari dua atau lebih sistem penahan gaya gempa yang bekerja sepanjang baik sumbu denah utama sama atau melebihi 20 persen kuat desain aksial kolom atau dinding harus didesain untuk pengaruh beban paling kritis akibat penerapan gaya gempa kesemua arah.

2.3.2 Kriteria Struktur Gedung

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.3.2.1 dan pasal 7.3.2.2, ketidakberaturan struktur bangunan dapat dibedakan menjadi ketidak beraturan horizontal dan vertikal.

No	Tipe dan penjelasan ketidak beraturan	Penerapan kategori desain
----	---------------------------------------	---------------------------

		seismik
1a	Ketidakberaturan torsi di definisikan ada jika simpangan antar lantai tingkat maksimum, torsi yang melintang terhadap sumbu lebih dari 1,2 kali simpangan antar lantai tingkat rata-rata di kedua ujung struktur. Persyaratan ketidakberaturan torsi dalam pasal-pasal referensi berlaku hanya untuk struktur di mana diafragmanya kaku atau setengah kaku.	D, E, dan F B, C, D, E, dan F C, D, E, dan F C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F
1b	Ketidakberaturan torsi berlebihan di definisikan ada jika simpangan antar lantai tingkat maksimum, torsi	E dan F D

Tabel 2.3: Ketidakberaturan horizontal pada struktur berdasarkan SNI 1726-2012.

No	Tipe dan penjelasan ketidak beraturan	Penerapan kategori desain seismic
	yang dihitung termasuk tak terduga, di sebuah ujung struktur melintang terhadap sumbu lebih dari 1,4 kali simpangan antar lantai tingkat rata-rata di kedua ujung struktur. Persyaratan ketidakberaturan torsi berlebihan dalam pasal-pasal referensi berlaku hanya untuk struktur di mana diafragmanya kaku atau setengah kaku	B, C, dan D C dan D C dan D D B, C, dan D
2	Ketidakberaturan sudut dalam didefinisikan ada jika kedua proyeksi denah dari sudut dalam lebih besar dari 15% dimensi denah struktur dalam arah yang ditentukan	D, E, dan F D, E, dan F
3	Ketidakberaturan diskontinuitas diafragma di definisikan ada jika terdapat diafragma dengan	D, E, dan F D, E, dan F

diskontinuitas atau variasi kekakuan mendadak, termasuk yang mempunyai daerah terpotong atau terbuka lebih besar dari 50% daerah diaphragma bruto yang melingkupinya, atau perubahan kekakuan diafragma efektif lebih dari 50% dari suatu tingkat ketinggian selanjutnya.

4	Ketidakberaturan pergesekan melintang terhadap bidang didefinisikan ada jika terdapat diskontinuitas dalam lintasan tahanan gaya lateral, seperti pergeseran melintang terhadap bidang vertikal	B, C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F
5	Ketidak beraturan sistem non paralel didefinisikan ada jika elemen penahan gaya leteral vertikal tidak paralel atau simetris terhadap sumbu-sumbu orthogonal utama sistem penahan gaya gempa	C, D, E, dan F B, C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F

Tabel 2.4: Ketidakberaturan vertikal pada struktur berdasarkan SNI 1726-2012.

No.	Tipe dan penjelasan ketidak beraturan	Penerapan kategori desain seismic
1a	Ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak didefinisikan ada jika terdapat suatu tingkat dimana kekakuan lateralnya kurang dari 70% kekakuan leteral tingkat di atasnya atau kurang dari 80% persen kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya.	D, E, dan F
1b	Ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak berlebihan di definisikan ada jika terdapa suatu tingkat di mana kekakuan lateralnya kurang dari 60% kekakuan lateral tingkat di atasnya atau	E dan F D, E, dan F

kurang dari 70% kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya.

- 2 Ketidakberaturan berat (massa) di definisikan ada D, E, dan F jika massa efektif semua tingkat lebih dari 150% massa efektif tingkat di dekatnya. Atap yang lebih ringan dari lantai di bawahnya tidak perlu di tinjau
- 3 Ketidakberaturan geometri vertikal di definisikan D, E, dan F ada jika dimensi horizontal sistem penahan gaya seismic di semua tingkat lebih dari 130% dimensi horizontal sistem penahanan gaya seismic tingkat di dekatnya.
- 4 Diskontinuitas arah bidang dalam ketidak beraturan B, C, D, E, dan F elemen gaya lateral vertikal di definisikan ada jika D, E, dan F pegeseran arah bidang elemen penahan gaya lateral D, E, dan F lebih besar dari panjang elemen itu atau terdapat reduksi kekakuan elemen
- 5a Diskontruksi dalam ketidakberaturan kuat lateral E dan F tingkat di definisikan ada jika kuat lateral tingkat D, E, dan F kurang dari 80% kuat lateralnya tingkat di atasnya kuat lateral tingkat adalah kuat lateral total semua elemen penahan seismic yang berbagi geser tingkat untuk arah yang di tinjau.
- 5b Diskontinuitas dalam ketidakberaturan kuat lateral D, E, dan F tingkat yang berlebihan di definisikan ada jika kuat B dan C lateral tingkat kurang dari 65% kuat lateral tingkat D, E, dan F di atasnya. Kuat tingkat adalah kuat total semua elemem penahan seismic yang berbagi geser tingkat untuk arah yang ditinjau.

2.3.3 Faktor Keutamaan (I_e) dan Katagori Resiko Struktur Bangunan

Berdasarkan SNI 1762-2012 Pasal 4.1.2, tentang faktor keutamaan dan ketegori resiko struktur bangunan dimana untuk kategori resiko dijelaskan sesuai

Tabel 1 SNI 1726-2012, pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan I_e sesuai Tabel 2 SNI 1726-2012. Berikut kategori resiko dan faktor keutamaan dengan jenis pemanfaatan gedung yaitu gedung kantor yang disajikan pada Tabel 2.3 dan 2.4.

Tabel 2.5: Kategori resiko bangunan gedung dan struktur lainnya untuk beban gempa berdasarkan SNI 1726-2012.

Jenis pemanfaatan	Kategori resiko
Gedung dan struktur lainnya yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk tapi tidak dibatasi untuk :	I

Jenis pemanfaatan	Kategori resiko
<ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan dan - perikanan - Fasilitas sementara - Gedung penyimpanan Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam katagori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk : <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah took dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/rumah susun - Pusat perbelanjaan/Mall - Bangunan industri - Pabrik 	II
<ul style="list-style-type: none"> - tempat perlindungan lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat 	III

<ul style="list-style-type: none"> - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin Penjara - Bangunan untuk orang jompo 	
---	--

Jenis pemanfaatan	Kategori resiko
<ul style="list-style-type: none"> - Stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan beroperasi pada saat keadaan darurat. - Gedung dan struktur lainnya yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk kedalam katagori resiko IV. 	IV

Tabel 2.6: Faktor keutamaan (I_e), berdasarkan SNI 1726-2012.

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

2.3.4 Faktor Reduksi Gempa (R)

Berdasarkan SNI 1726-2012 Pasal 7.2 Tabel 9, sistem struktur memiliki penahan gaya seismik yang ditentukan oleh parameter-parameter berikut ini:

Tabel 2.7: Faktor koefisien modifikasi respons, faktor kuat lebih sistem, faktor pembesaran defleksi, dan batasan tinggi sistem struktur berdasarkan SNI 1726-2012.

No	Sistem penahan gaya seismic	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat lebih sistem, 0^g	Faktor pembesaran defleksi, C_d^b	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur (m) ^c				
					Kategori desain seismik				
					B	C	D ^d	E ^d	F ^e
1	Sistem rangka pemikul momen : – Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5 ½	TB	TB	TB	TB	TB
2	Sistem ganda dengan rangka pemikul momen menengah mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa yang ditetapkan : – Rangka baja dengan breising konsentris khusus	7	2 ½	5 ½	TB	TB	TB	TB	TB

2.3.5 Kasifikasi Situs

Berdasarkan SNI 1726-2012 menyatakan bahwa dalam perumusan kriteria desain seismik suatu bangunan dipermukaan tanah atau penentuan amplifikasi besaran percepatan gempa puncak dari batuan dasar ke permukaan tanah untuk suatu situs, maka situs tersebut harus diklasifikasikan terlebih dahulu. Profil tanah di situs yang harus diklasifikasikan setebal 30 m paling atas sesuai dengan Tabel

2.8, penetapan kelas situs didasarkan atas hasil penyelidikan tanah di lapangan dan di laboratorium, dengan minimal mengukur secara independen mengukur sedikitnya (dua) jenis penyelidikan parameter tanah yang berbeda dalam klasifikasi situs ini.

Tabel 2.8: Klasifikasi situs berdasarkan SNI 1726-2012.

Kelas situs	\bar{V}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{ch}	\bar{S}_u (kPa)
SA (batuan keras)	> 1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	> 50	100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	< 15	< 50

Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut:

1. Indeks plastisitas, $PI > 20$,
2. Kadar air, $w \geq 40$ persen, dan kuat geser niralir $\bar{S}_u < 25$ kPa

SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti Pasal 6.9.1)

Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut:

-) Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah
-) Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m)

Tabel 2.8: *Lanjutan.*
Kelas situs

	\bar{V}_s (m/detik)
J	Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan H)
J	> 7,5 m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$) Lapisan lempung lunak/setengah tegu dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{\sigma}_u < 50$ kPa

2.3.6 Penentuan Percepatan Tanah Puncak

Berdasarkan SNI 1726-2012, untuk menentukan besarnya percepatan tanah puncak diperoleh dengan mengalikan koefisien situs F_{PGA} dengan nilai PGA yang diperoleh dari peta percepatan puncak (PGA) di batuan dasar (S_B) untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun dengan redaman 5%. Besarnya F_{PGA} tergantung dari klasifikasi situs yang didasarkan pada Tabel 2.6 dan nilainya ditentukan sesuai Tabel 2.9.

Tabel 2.9: Koefisien situs untuk PGA (F_{PGA}) berdasarkan SNI 1726-2012.

Klasifikasi situs (sesuai Tabel 2.7)	PGA				
	PGA 0,1	PGA=0,2	PGA=0,3	PGA=0,4	PGA 0,5
Batuan Keras (S_A)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Batuan (S_B)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Tanah sangat padat dan batuan lunak (S_C)	1,2	1,2	1,0	1,0	1,0
Tanah sedang (S_D)	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
Tanah lunak (S_E)	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
Tanah khusus (S_F)	SS	SS	SS	SS	SS

Keterangan:

PGA = Nilai PGA di batuan dasar (S_B) mengacu pada peta SNI 1726-2012

(Gambar 2.1).

SS = Lokasi yang memerlukan investigasi geoteknik dan analisis respon spesifik.

Percepatan tanah puncak dapat diperoleh dengan menggunakan Pers. 2.4.

$$PGA_M = F_{PGA} \cdot PGA \quad (2.4)$$

Dimana:

PGA_M = Nilai percepatan tanah puncak yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs.

F_{PGA} = Nilai koefisien situs untuk PGA

2.3.7 Penentuan Respon Spektrum

Berdasarkan SNI 1726-2012 untuk menentukan respon spektra percepatan gempa di permukaan tanah, diperlukan faktor amplifikasi seismik pada pendek 0,2 detik (F_a) dan periode 1,0 detik (F_v). Selanjutnya parameter respons spektra percepatan gempa di permukaan tanah dapat diperoleh dengan cara mengalikan koefisien F_a dan F_v dengan spektra percepatan untuk periode pendek 0,2 detik (S_S) dan periode 1,0 detik (S_I) di batuan dasar yang diperoleh dari peta gempa Indonesia SNI 1726:2012 sesuai Pers. 2.5 dan 2.6:

$$S_{MS} = F_a \times S_S \quad (2.5)$$

$$S_{MI} = F_v \times S_I \quad (2.6)$$

Dimana:

S_S = Nilai parameter respon spektra percepatan gempa periode pendek 0,2 detik di batuan dasar (S_B) mengacu pada Peta Gempa SNI 1726-2012 (Gambar 2.2)

S_I = Nilai parameter respon spektra percepatan gempa periode 1,0 detik di batuan dasar (S_B) mengacu pada Peta Gempa SNI 1726-2012 (Gambar 2.3)

F_a = Koefisien periode pendek

F_v = Koefisien periode 1,0 detik

Tabel 2.10: Koefisien periode pendek (F_a) berdasarkan SNI 1726-2012.

Klasifikasi situs (sesuai Tabel 2.8)	S_S				
	$S_S = 0,25$	$S_S = 0,5$	$S_S = 0,75$	$S_S = 0,4$	$S_S = 1,25$
Batuan Keras (S_A)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Batuan (S_B)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Tanah sangat padat dan batuan lunak (S _C)	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
Tanah sedang (S _D)	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
Tanah lunak (S _E)	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
Tanah khusus (S _F)	SS	SS	SS	SS	SS

Tabel 2.11: Koefisien perioda 1,0 detik (F_v) berdasarkan SNI 1726-2012.

Klasifikasi situs (sesuai Tabel 2.8)	S_I				
	$S_I = 0,1$	$S_I = 0,2$	$S_I = 0,3$	$S_I = 0,4$	$S_I = 0,5$
Batuan Keras (S _A)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Batuan (S _B)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Menurut SNI 1726-2012 untuk mendapatkan parameter percepatan spektra desain, spektra percepatan desain untuk perioda pendek (S_{DS}) dan perioda 1 detik (S_{DI}) dapat diperoleh dari Pers. 2.7 dan 2.8.

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (2.7)$$

$$S_{DI} = \frac{2}{3} S_{MI} \quad (2.8)$$

Dimana:

S_{DS} = Respon spektra percepatan desain untuk perioda pendek

S_{DI} = Respon spektra percepatan desain untuk perioda 1,0 detik

Selanjutnya, untuk mendapatkan spektrum respons desain harus dikembangkan dengan mengacu Gambar 2.4 dan mengikuti ketentuan berikut:

1. Untuk perioda yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respons percepatan desain, S_a didapatkan dari Pers. 2.9.

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (2.9)$$

2. Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , spektrum respons percepatan desain, S_a sama dengan S_{DS} .

3. Untuk perioda lebih besar dari T_s , spektrum respons percepatan desain S_a diambil berdasarkan Pers. 2.10.

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (2.10)$$

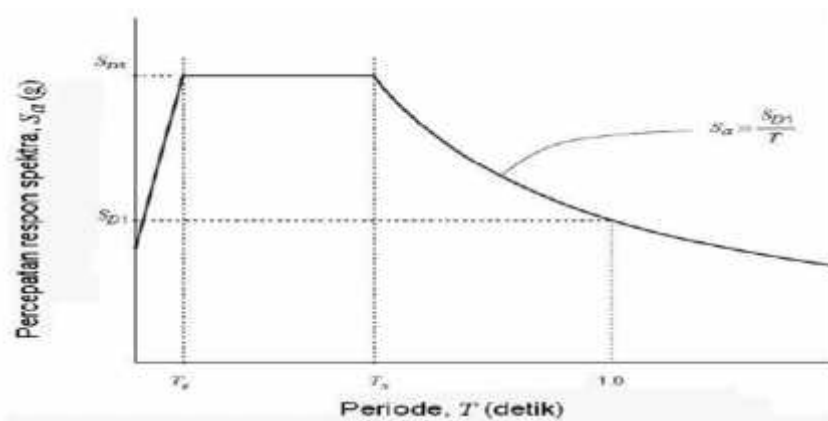
Dimana:

T = Perioda getar fundamental struktur

Untuk nilai T_0 dan T_s dapat ditentukan dengan Pers. 2.11 dan 2.12.

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{T} \quad (2.11)$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_D} \quad (2.12)$$



Gambar 2.4: Bentuk tipikal spektrum respon desain di permukaan tanah (SNI 1726-2012).

2.4 Analisis Gaya Lateral Ekuivalen

2.4.1 Geser Dasar Seismik

Berdasarkan SNI 1726-2012, geser dasar seismik (V) dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan Pers. 2.13.

$$V = C_s \times W_t \quad (2.13)$$

dimana:

C_s = Koefisien respon seismik yang ditentukan

W_t = Berat total gedung

2.4.2 Perhitungan Koefisien Dasar Seismik

Menurut SNI 1726-2012 Pasal 7.8.1.1, persamaan-persamaan yang digunakan untuk mendapatkan koefisien C_s adalah:

1. C_s maksimum

Untuk C_s maksimum ditentukan dengan Pers. 2.14.

$$C_{s \text{ maksimum}} = \frac{S_D}{\left(\frac{R}{I}\right)} \quad (2.14)$$

dimana:

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

R = Faktor modifikasi respon

I = Faktor keutamaan hunian yang ditentukan berdasarkan Tabel 2.3

Nilai C_s maksimum di atas tidak perlu melebihi C_s hitungan pada Pers. 2.15.

2. C_s hasil hitungan

$$C_{s \text{ hasil hitungan}} = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I}\right)} \quad (2.15)$$

dimana:

S_{D1} = Parameter percepatan respon spektrum desain pada perioda 1 detik

R = Faktor modifikasi respon

I = Faktor keutamaan hunian yang ditentukan berdasarkan Tabel 2.3

T = Perioda struktur dasar (detik)

Nilai C_s hitungan di atas tidak perlu kurang dari nilai C_s minimum pada Pers. 2.16.

3. C_s minimum

$$C_{s \text{ minimum}} = 0,044 S_{DS} I \geq 0,01 \quad (2.16)$$

dimana:

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

I = Faktor keutamaan hunian yang ditentukan berdasarkan Tabel 2.3

Sedangkan sebagai tambahan untuk struktur yang berlokasi di daerah dimana S_1 jika lebih besar dari 0,6 g maka C_s harus tidak kurang dari Pers. 2.17.

4. C_s minimum tambahan

$$C_{s \text{ minimum tambahan}} = \frac{0,5 \cdot I}{\left(\frac{R}{I}\right)} \quad (2.17)$$

dimana:

S_I = Parameter percepatan respon spektrum desain yang dipetakan

R = Faktor modifikasi respon berdasarkan Tabel 2.5

I = Faktor keutamaan hunian yang ditentukan berdasarkan Tabel 2.3

2.5 Periode Alami Fundamental

Periode adalah besarnya waktu yang dibutuhkan untuk mencapai satu getaran. Periode alami struktur perlu diketahui agar resonansi pada struktur tersebut dapat dihindari. Resonansi struktur adalah keadaan dimana frekuensi alami pada struktur sama dengan frekuensi beban luar yang bekerja sehingga dapat menyebabkan keruntuhan pada struktur.

Terdapat pembatasan waktu getar alami fundamental struktur di dalam standard aturan yang ada. Hal ini bertujuan untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel.

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.8.2 perioda fundamental struktur (T) dalam arah yang ditinjau harus diperoleh menggunakan property struktur dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam analisis yang teruji.

1. Perioda fundamental pendekatan (T_a), dalam detik harus ditentukan dari Persamaan 2.18 berikut:

$$T_a \text{ minimum} = C_r \times h_n^x \quad (2.18)$$

dimana :

$T_a \text{ minimum}$ = Nilai batas bawah perioda bangunan

h_n = Ketinggian struktur dalam m diatas dasar sampai tingkat tertinggi struktur (meter)

C_r = Ditentukan dari Tabel 2.10

x = Ditentukan dari Tabel 2.10

Tabel 2.12: Nilai parameter perioda pendekatan C_t dan x berdasarkan SNI 1726-2012.

Tipe Struktur	C_r	x
---------------	-------	-----

Sistem rangka pemikul momen dimana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:

Rangka baja pemikul momen	0.0724 ^u	0.8
Rangka beton pemikul momen	0.0466 ^u	0.9
Rangka baja dengan bracing eksentris	0.0731 ^u	0.75
Rangka baja dengan bracing terkekang terhadap tekuk	0.0731 ^u	0.75
Semua sistem struktur lainnya	0.0488 ^u	0.75

2. Periode fundamental pendekatan maksimum ($T_{a \text{ maksimum}}$) ditentukan dari Pers. 2.19.

$$T_{a \text{ maksimum}} = C_u T_{a \text{ minimum}} \quad (2.19)$$

dimana:

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

C_u = Ditentukan dari Tabel 2.12

Tabel 2.13: Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung berdasarkan SNI 1726-2012.

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
≥ 0.4	1.4
0.3	1.4
0.2	1.5
0.15	1.6
≤ 0.1	1.7

2.6 Analisis Respon Dinamik

Berdasarkan Studi Komparasi Desain Bangunan Tahan Gempa, parameter respon terkombinasi 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 respons 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 Kuadratik 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 mencapai 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 Kuadratik 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 respons ragam tersebut dapat dilakukan dengan metode yang dikenal dengan Akar Kuadrat Jumlah Kuadrat (*Square Root of the Sum of Squares/SRSS*).

Berdasarkan SNI 1726-2012 Pasal 7.9.4.1, nilai akhir respon dinamik struktur gedung terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana dalam suatu arah tertentu, tidak boleh diambil kurang dari 85% nilai respons ragam yang pertama. Bila respons dinamik struktur gedung dinyatakan dalam gaya geser V_t , maka persyaratan tersebut dapat dinyatakan dalam Pers. 2.20.

$$V_t \geq 0,85 V_1 \quad (2.20)$$

dimana:

V_1 = Gaya geser dasar nominal sebagai respons ragam yang pertama atau yang didapat dari prosedur gaya geser statik ekuivalen.

Maka, apabila nilai akhir respon dinamik lebih kecil dari nilai respons ragam pertama, gaya geser tingkat nominal akibat pengaruh gempa rencana sepanjang tinggi struktur gedung hasil analisis spektrum respons ragam dalam suatu arah tertentu harus dikalikan nilainya dengan suatu faktor skala yang ditentukan dengan Pers. 2.21.

$$\text{Faktor Skala} = \frac{C_{v, R} V_I}{V} \geq 1 \quad (2.21)$$

dimana:

V_I = gaya geser dasar nominal yang didapat dari hasil analisis ragam spektrum respons yang telah dilakukan.

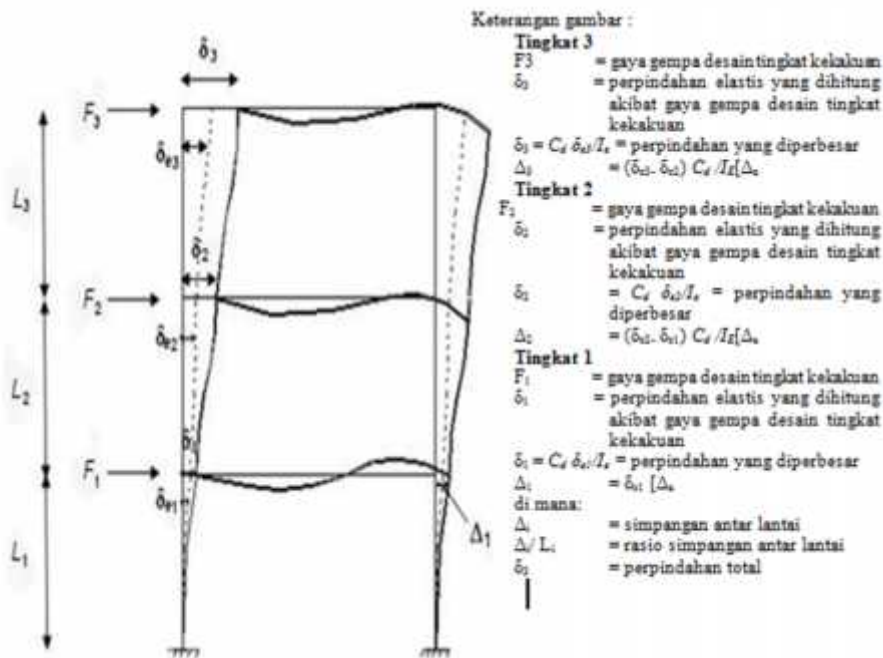
V_I = gaya geser dasar prosedur gaya lateral statik ekivalen.

2.7 Simpangan Antar Lantai

Berdasarkan SNI 1726-2012 penentuan simpang antar lantai tingkat desain (Δ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Apabila pusat massa tidak terletak segaris dalam arah vertical, diijinkan untuk menghitung defleksi di dasar tingkat berdasarkan proyeksi vertikal dari pusat massa tingkat di atasnya. Jika desain tegangan ijin digunakan, harus dihitung menggunakan gaya gempa tingkat kekuatan yang ditentukan tanpa reduksi untuk desain tegangan ijin.

Defleksi pusat massa di tingkat x (δ_x) (mm) harus ditentukan sesuai Pers. 2.22.

$$\delta_x = \frac{C_{d1} \delta_x}{I_e} \quad (2.22)$$



Gambar 2.5: Penentuan simpangan antar lantai berdasarkan SNI 1726-2012.

Simpangan antar lantai tingkat desain (δ) tidak boleh melebihi simpangan antarlantai tingkat izin (Δ_a) seperti pada tabel berikut ini.

Tabel 2.14: Simpangan antarlantai ijin (Δ_a) berdasarkan SNI 1726.2012.

Struktur	Kategori Resiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat	$0.025 h_{S_e}^E$	$0.020 h_{S_e}$	$0.015 h_{S_e}$
Struktur dinding geser kantilever atau bata	$0.010 h_{S_e}$	$0.010 h_{S_e}$	$0.010 h_{S_e}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0.007 h_{S_e}$	$0.007 h_{S_e}$	$0.007 h_{S_e}$
Semua struktur lainnya	$0.020 h_{S_e}$	$0.015 h_{S_e}$	$0.010 h_{S_e}$

2.8 Torsi dan Eksentrisitas

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.8.4.2 dan pasal 7.8.4.3 terdapat dua jenis torsi yang terjadi, yaitu:

1. Torsi bawaan

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

2. Torsi tak terduga

Jika diafragma tidak fleksibel, desain harus menyertakan momen torsi bawaan (M_t) yang dihasilkan dari lokasi massa struktur ditambah momen torsi tak terduga (M_{ta}) yang diakibatkan oleh perpindahan pusat massa dari lokasi aktualnya yang diasumsikan pada masing-masing arah dengan jarak sama dengan 5 persen dimensi struktur tegak lurus terhadap arah gaya yang diterapkan.

Jika gaya gempa diterapkan secara serentak dalam dua arah orthogonal, perpindahan pusat massa 5 persen yang disyaratkan tidak perlu diterapkan dalam kedua arah orthogonal pada saat bersamaan, tetapi harus diterapkan dalam arah yang menghasilkan pengaruh yang lebih besar.

Struktur yang dirancang untuk kategori desain seismic C, D, E, atau F, dimana tipe 1a atau 1b ketidakberaturan torsi harus mempunyai pengaruh yang diperhitungkan dengan mengalikan M_{ta} di masing-masing tingkat dengan faktor pembesaran torsi (A_x) ditentukan dari persamaan 2.23 berikut;

$$A_x = \left(\frac{\delta_m}{1.2\delta_a} \right)^2 \quad (2.23)$$

dimana:

- δ_m = perpindahan maksimum di tingkat x (mm) yang dihitung dengan mengasumsikan $A_x = 1$ (mm)
- δ_a = rata-rata perpindahan torsi (A_x) tidak diisyaratkan melebihi 3.0. pembebanan yang lebih parah untuk masing-masing elemen harus ditinjau untuk desain.

2.9 Beban dan Kombinasi Pembebanan

Beban kerja pada struktur atau komponen struktur bisa ditetapkan berdasarkan peraturan pembebanan yang berlaku.

Beban mati adalah beban-beban yang bersifat tetap selama masa layan, antara lain berat struktur, pipa-pipa, saluran-saluran listrik, AC/heater, lampu-lampu, penutup lantai/atap, dan plafon.

Beban hidup adalah beban-beban yang berubah besar dan lokasinya selama masa layan, antara lain berat manusia, perabotan, peralatan yang dapat dipindah-pindah, kendaraan, dan barang-barang lainnya.

Beban angin adalah tekanan-tekanan yang berasal dari gerakan-gerakan angin. Umumnya perlu diperhitungkan pada luas bidang tangkap angin yang relatif luas pada bangunan dengan beban-beban yang relatif ringan.

Beban gempa adalah gaya-gaya yang berasal dari gerakan-gerakan tanah dikombinasi dengan sifat-sifat dinamis struktur karena seringkali percepatan horizontal tanah lebih besar daripada percepatan vertikal, dan struktur secara umum lebih sensitif terhadap gerakan horizontal dari pada gerakan vertikal, maka pengaruh gempa horizontal seringkali lebih menentukan daripada pengaruh gempa vertikal.

Seluruh beban-beban yang bekerja, yaitu: beban mati, beban hidup dan beban gempa tersebut diperhitungkan dengan faktor pembesaran dan kombinasi (*load combination*) berdasarkan SNI 1727-2013.

Tabel 2.15: Kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1727-2013 metode DFBK.

Kombinasi	Koefisien	Koefisien	Koefisien	Koefisien	Koefisien	Koefisien	Koefisien	Koefisien
Kombinasi 1	1,4	DL	0	LL	0	EX	0	EY
Kombinasi 2	1,2	DL	1,6	LL	0	EX	0	EY
Kombinasi 3	1,43	DL	1	LL	0,39	EX	1,3	EY
Kombinasi 4	0,97	DL	1	LL	-0,39	EX	-1,3	EY
Kombinasi 5	1,07	DL	1	LL	0,39	EX	-1,3	EY
Kombinasi 6	1,33	DL	1	LL	-0,39	EX	1,3	EY
Kombinasi 7	1,43	DL	1	LL	1,3	EX	0,39	EY
Kombinasi 8	0,97	DL	1	LL	-1,3	EX	-0,39	EY
Kombinasi 9	1,33	DL	1	LL	1,3	EX	-0,39	EY
Kombinasi 10	1,07	DL	1	LL	-1,3	EX	0,39	EY
Kombinasi 11	1,13	DL	0	LL	0,39	EX	1,3	EY
Kombinasi 12	0,67	DL	0	LL	-0,39	EX	-1,3	EY
Kombinasi 14	1,03	DL	0	LL	-0,39	EX	1,3	EY
Kombinasi 15	1,13	DL	0	LL	1,3	EX	0,39	EY
Kombinasi 16	0,67	DL	0	LL	-1,3	EX	-0,39	EY
Kombinasi 17	1,03	DL	0	LL	1,3	EX	-0,39	EY
Kombinasi 18	0,77	DL	0	LL	-1,3	EX	0,39	EY
Kombinasi 19	1,20	DL	1	LL	1	EX	1	EY
Kombinasi 20	1,20	DL	1	LL	1	EX	-1	EY
Kombinasi 21	1,20	DL	1	LL	-1	EX	1	EY
Kombinasi 22	1,20	DL	1	LL	-1	EX	-1	EY
Kombinasi 23	0,90	DL	0	LL	1	EX	1	EY
Kombinasi 24	0,90	DL	0	LL	1	EX	-1	EY
Kombinasi 25	0,90	DL	0	LL	-1	EX	1	EY
Kombinasi 26	0,90	DL	0	LL	-1	EX	-1	EY

Tabel 2.16: Persyaratan masing-masing tingkat yang menahan lebih dari 35% gaya geser dasar.

Elemen Penahan Gaya Lateral	Persyaratan
Rangka dengan bresing	Pelepasan bresing individu, atau sambungan yang terhubung, tidak akan mengakibatkan reduksi kuat tingkat sebesar lebih dari 33 % atau sistem yang dihasilkan tidak mempunyai (ketidak beraturan struktur horizontal tipe b)
Rangka pemikul momen	Kehilangan tahanan momen disambungan)
Elemen Penahan Gaya Lateral	Persyaratan

	balok ke kolom dikedua ujung balok tunggal tidak akan mengakibatkan lebih dari reduksi kuat tingkat sebesar 33 % atau sistem yang dihasilkan tidak mempunyai (ketidakberaturan struktur horizontal tipe b)
Dinding geser atau pilar dinding dengan rasio tinggi terhadap panjang lebih dari 1	Pelepasan dinding geser atau pier dinding dengan rasio tinggi terhadap panjang lebih besar dari 1 di semua tingkat atau sambungan kolektor yang terhubung, tidak akan mengakibatkan reduksi kuat tingkat sebesar 33 % atau sistem yang dihasilkan mempunyai ketidakberaturan torsi yang
Kolom kantilever	berlebihan (ketidak beraturan struktur horizontal tipe b) Kehilangan tahanan momen disambungan dasar semua kantilever tunggal tidak akan mengakibatkan lebih dari reduksi kuat tingkat sebesar 33 % atau sistem yang dihasilkan mempunyai ketidakberaturan torsi yang berlebihan (ketidakberaturan struktur horizontal tipe b)
Lainnya	Tidak ada persyaratan

2.10 Distribusi Kekakuan Secara Vertikal

Berdasarkan Seismologi Teknik dan Rekayasa Kegempaan Kekakuan merupakan salah satu unsur penting terhadap kestabilan struktur bangunan. Struktur bangunan harus cukup kaku agar mampu menahan beban baik beban gravitasi maupun beban horisontal dengan nilai simpangan/*displacement* yang masih relatif kecil. Simpangan yang relatif besar walaupun tegangan bahannya masih relatif aman akan menjadi bangunan yang kurang/tidak nyaman untuk ditempati. Struktur atau elemen yang pendek umumnya akan ditentukan oleh

keterbatasan tegangan sedangkan struktur/elemen yang besar/panjang umumnya simpangan akan menjadi penentu tingkat layanan.

Sebagaimana pada denah dan potongan, distribusi kekakuan secara vertikal menurut tinggi bangunan dipandang sebagai sesuatu yang sangat penting untuk diperhatikan. Menurut pengamatan kerusakan bangunan akibat gempa distribusi banyak diantaranya bersumber pada distribusi kekakuan secara vertikal yang tidak baik.

2.10.1 Soft Storey

Bangunan gedung dengan kekakuan vertikal yang tidak baik adalah bangunan gedung yang dalam tingkat-tingkatnya terdapat tingkat yang lemah atau *soft storey*. Pada SNI 1726-2012 telah diatur secara jelas tentang bangunan reguler yang menyangkut tentang distribusi kekakuan yaitu: “Gedung reguler adalah gedung yang sistim strukturnya memiliki kekakuan lateral yang beraturan tanpa adanya tingkat lunak (*soft storey*). Yang dimaksud dengan struktur dengan tingkat lunak adalah suatu tingkat yang mana kekakuan lateralnya < 70 % kekakuan lateral tingkat di atasnya atau < 80 % kekakuan lateral rata-rata 3-tingkat di atasnya”.

Soft storey adalah suatu tingkat yang lemah, yang kekakuannya jauh lebih kecil dari pada tingkat-tingkat yang lain. Oleh karena itu dalam merencanakan kekakuan tingkat harus berhati-hati agar tidak terjadi *Soft Storey*. Kekakuan tingkat untuk setiap kolom pada lantai yang sama dapat diperkirakan dengan Pers. 2.24.

$$K = \frac{1}{h^3} E I \quad (2.24)$$

dimana:

h = Tinggi tingkat (cm)

I = Inersia kolom (m⁴)

K = Kekakuan tingkat (kg/cm)

Sedangkan untuk kekakuan tingkat yang lebih akurat juga dapat dihitung dengan cara menggunakan program analisa struktur statis.

2.10.2 Kekakuan Struktur

Kekakuan struktur adalah gaya yang diperlukan struktur bila mengalami deformasi sebesar satu satuan. Nilai kekakuan struktur ini tergantung dari material yang digunakan, dimensi elemen struktur, penulangan, modulus elastisitas, modulus elastisitas geser, dan momen inersia polar. Selain itu, kekakuan struktur juga terkait dengan nilai dari periode struktur tersebut. Dapat dilihat dari hubungan 2.25.

$$T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\omega} \quad (2.25)$$

Dimana $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$, dengan demikian $T = \frac{1}{\sqrt{k}}$.

Dengan demikian, semakin besar periode struktur maka nilai kekakuan dari struktur tersebut semakin kecil, begitu sebaliknya.

2.11 Struktur Gedung Beraturan Dan Tidak Beraturan

Berdasarkan SNI 1726-2012 Pasal 7.3.2, peencanaan struktur bangunan atau gedung dapat dibedakan menjadi.

2.11.1 Struktur Gedung Beraturan

Struktur gedung ditetapkan sebagai struktur gedung beraturan apabila memenuhi ketentuan sebagai berikut:

1. Tinggi struktur gedung diukur dari taraf penjepitan lateral tidak lebih dari 10 tingkat atau 40 m.
2. Denah struktur gedung adalah persegi panjang tanpa tonjolan. Tonjolan tersebut tidak lebih dari 25% dari ukuran terbesar denah struktur gedung dalam arah tonjolan tersebut.
3. Denah struktur gedung tidak menunjukkan coakan sudut. Jika terdapat coakan sudut, panjang sisi coakan sudut tersebut tidak lebih dari 15% ukuran terbear denah struktur sisi coakan tersebut.
4. Sistem struktur gedung tidak menunjukkan loncatan bidanag muka dan walaupun mempunyai loncatan bidang muka, ukuran dari denah struktur

bagian gedung yang menjulang dalam masing-masing arah tidak kurang dari 75% ukuran terbesar denah struktur bagian gedung bagian bawahnya.

5. Sistem struktur gedung terbentuk oleh subsistem-subsistem penahan beban lateral yang arahnya saling tegak lurus dan sejajar dengan sumbu-sumbu utama orthogonal denah struktur gedung secara keseluruhan.
6. Sistem struktur gedung memiliki kekakuan lateral yang beraturan tanpa adanya tingkat lunak (*soft storey*).
7. Sistem struktur gedung memiliki berat lantai tingkat yang beraturan, artinya setiap tingkat lantai memiliki berat yang tidak lebih dari 150% berat lantai tingkat di atasnya ataupun di bawahnya.
8. Sistem struktur gedung memiliki unsur-unsur vertikal dari sitem penahan beban lateral yang menerus tanpa ada perpindahan titik beratnya kecuali bila perpindahan tersebut tidak lebih dari setengah ukuran unsur dalam arah perpindahan tersebut.
9. Sistem struktur gedung memiliki lantai tingkat yang menerus tanpa lubang atau bukaan yang luasnya lebih dari 50% luas seluruh tingkat. Walaupun ada, lantai tingkat dengan lubang atau bukaan seperti itu jumlahnya tidak boleh melebihi 20% dari jumlah lantai seluruhnya.

2.11.2 Struktur Gedung Tidak Beraturan

Struktur gedung ditetapkan sebagai struktur gedung tidak beraturan jika tidak memenuhi persyaratan struktur gedung beraturan, pengaruh gempa rencana harus ditinjau sebagai pengaruh pembebanan dinamik.

2.12 Konsep Umum Perencanaan Gedung Struktur Baja

Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural SNI 1729-1-2015 harus digunakan untuk mendesain sistem baja struktural atau sistem dengan baja struktural yang bekerja secara komposit dengan beton bertulang. Perencanaan elemen struktur baja ini meliputi stabilitas, aksial tarik, aksial tekan, lentur, geser serta kombinasi dari gaya-gaya tersebut.

2.12.1 Metode Perencanaan Gedung Struktur Baja

2.12.1.1 Metode Tegangan Izin

Beban kerja sesuai dengan peraturan pembebanan yang berlaku dan menghitung besarnya tegangan yang diakibatkan oleh pembebanan tersebut. Menurut metode DKI, besar tegangan pada komponen struktur akibat beban kerja tidak boleh melebihi tegangan ijin bahan komponen struktur tersebut. Nilai tegangan ijin ditentukan lebih rendah daripada tegangan leleh bahan, dengan memperhitungkan Faktor Keamanan (*Safety Factor*). Pada pasal B4. Metode Desain Kekuatan Izin (DKI), harus memenuhi syarat persamaan 2.32 bila kekuatan izin dari setiap komponen struktur sama atau melebihi kekuatan perlu.

$$R_u \leq \frac{R_n}{\Omega} \quad (2.32)$$

dimana:

R_u : kekuatan perlu yang menggunakan kombinasi beban DKI

R_n : kekuatan nominal

Ω : faktor keamanan

R_u : kekuatan izin

2.12.1.2 Metode Desain Faktor Beban Ketahanan (DFBK)

Metode DFBK ini didasari oleh konsep keadaan batas, dimana perencana menghitung beban yang menyebabkan suatu struktur berhenti memenuhi fungsinya.

Ada dua kategori yang diperhitungkan sebagai keadaan batas struktur, yaitu keadaan batas kekuatan (*strength limit states*) dan keadaan batas mampu layan (*serviceability limit states*). Berbeda dengan metode DKI, metode DFBK memberikan faktor keamanan parsial untuk masing-masing kondisi dengan nilai yang berbeda sesuai dengan kemungkinan terjadinya. Metode DFBK secara umum memperhitungkan faktor kombinasi beban dan faktor reduksi kekuatan material struktur.

Pada pasal B3. desain menggunakan metode DFBK harus memenuhi persamaan 2.33 bila kekuatan desain dan ketahanan setiap komponen struktural sama dengan atau melebihi kekuatan perlu.

$$R_u \leq \phi R_n \quad (2.33)$$

dimana:

R_u : kekuatan perlu menggunakan kombinasi beban DFBK

R_n : kekuatan nominal

ϕ : faktor ketahanan

ϕR_n : kekuatan desain

Pada Tugas Akhir ini, perencanaan struktur baja menggunakan metode desain faktor beban ketahanan.

2.12.1 Perencanaan Stabilitas

Salah satu parameter yang harus dipenuhi dalam perencanaan struktur baja yang baik adalah adanya stabilitas yang cukup. Stabilitas yang perlu diperhatikan adalah stabilitas penampang dan stabilitas elemen struktur. Dengan adanya stabilitas yang baik, diharapkan baja tidak mengalami tekuk sehingga bisa memberikan performa yang baik bagi keseluruhan struktur.

1. Stabilitas penampang (untuk profil IWF)

Pengecekan sayap:

$$\frac{b_f}{2t_f} \leq 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (2.34)$$

Pengecekan badan:

$$\frac{h}{t_w} \leq 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (2.35)$$

dimana:

b_f : Lebar sayap (mm)

t_f : Tebal sayap (mm)

h : jarak bersih antara sayap profil (mm)

F_y : Tegangan leleh (Mpa)

E : Modus elastisitas baja (200.000 Mpa)

2. *Seimically Compact*

Berdasarkan SNI 1729:2015 terdapat tambahan persyaratan stabilitas sehingga bersifat lebih ketat dibandingkan struktur baja tidak tahan gempa. Penampang bersifat lebih ketat dibandingkan struktur baja tidak tahan gempa. Penampang yang dirancang harus memenuhi persyaratan *seimically compact*. Kategori *seimically compact* terbagi jadi dua yaitu *high ductility* dan *moderate ductility*. Tiap komponen struktur memiliki persyaratan daktilitas yang berbeda-beda.

3. Stabilitas Struktur

Pada SNI 1729-2015, faktor 0.80 harus digunakan pada semua kekakuan yang harus digunakan pada semua kekakuan yang berkontribusi terhadap stabilitas struktur.

Metode analisis yang disarankan untuk digunakan adalah *Direct Analysis Method*. Metode ini merupakan suatu metode analisis yang telah memperhitungkan beberapa hal dalam pemakaian struktur baja yaitu:

- a. Deformasi yang terjadi akibat lentur, geser dan aksial
- b. *Second order effects*, yaitu efek $P - \Delta$ dan $P - \delta$
- c. Ketidaksempurnaan geometri struktur
- d. Reduksi kekakuan akibat sifat inelastik struktur

Beberapa hal penting yang perlu diperhatikan dalam melakukan analisis ini adalah adanya reduksi pada kekakuan struktur hingga mencapai 80%. Besaran kekakuan struktur perlu direduksi karena isu stabilitas yang muncul akibat beban gempa yang mengenai struktur. Selain itu, diperlukan adanya beban tambahan yaitu *notional load* untuk mepresentasikan ketidaksempurnaan geometri struktur.

Pada SNI 1729-2015 mensyaratkan bahwa besaran *notional load* yang harus diterapkan adalah sebagai berikut:

$$N_1 = 0.002 \propto Y_1 \quad (2.36)$$

dimana:

N_i : beban notional yang digunakan pada level i (kN)

: 1,0 (DFBK)

Y_i : beban gravitasi yang digunakan pada level i (m/s^2)

2.12.2 Perencanaan Aksial Tarik

Dalam menentukan tahanan nominal dari suatu tarik, harus diperiksa terhadap tiga macam kondisi keruntuhan yang menentukan, yaitu:

1. Leleh dari luas penampang kotor, di daerah yang jauh dari sambungan
2. Faktor dari luas penampang efektif pada daerah sambungan

Menurut SNI 03:1729:2015 Pasal D2 menyatakan bahwa komponen struktur yang memikul gaya tarik aksial terfaktor terbesar, maka harus memenuhi:

$$P_u \leq \phi P_n \quad (2.37)$$

Perhitungan nilai P_n berbeda-beda sesuai dengan keadaan batas dari leleh tarik pada penampang bruto dan keruntuhan tarik pada penampang netto. Berikut tipe-tipe keruntuhan:

1. Kondisi leleh dari luas penampang bruto

Jika kondisi leleh menentukan keruntuhan, maka tahanan nominal P_n harus memenuhi persamaan 2.38 berikut ini;

$$P_n = F_y \cdot A_g \quad (2.38)$$

dimana:

A_g : Luas bruto komponen struktur (mm^2)

F_y : Tegangan leleh minimum (MPa)

ϕ : Koefisien tahanan nominal (0.90)

2. Keruntuhan tarik dari luas penampang netto

Untuk elemen tarik yang memiliki lubang, misalnya sebagai penempatan baut, luas penampang elemen berkurang dan disebut luas neto (A_n). lubang pada penampang menimbulkan konsentrasi tegangan akibat beban kerja. Tegangan yang terkonsentrasi di sekitar lubang tersebut dapat menimbulkan fraktur pada sambungan. Jika kondisi fraktur yang menentukan keruntuhan, maka tahanan nominal P_n memenuhi Pers. 2.39.

$$P_n = F_u \cdot A_e \quad (2.39)$$

dimana:

F_u : kekuatan tarik minimum (Mpa)

A_e : Luas netto efektif (mm^2)

2.12.4 Perencanaan Aksial Tekan

Dalam mendesain komponen struktur tekan, syarat kestabilan struktur harus sangat diperhatikan karena komponen-komponen tekan yang langsing memiliki resiko yang besar terhadap tekuk. Penampang baja yang terlalu langsing dapat menyebabkan masalah berupa bahaya tekuk. Jika penampang melintang suatu komponen struktur tekan cukup tipis, kemungkinan tekuk akan terjadi. Tekuk terjadi hanya pada sebagian atau bagian tertentu saja dari suatu elemen tekan (sayap saja atau badan saja) disebut tekuk lokal. Sementara berdasarkan SNI 1729-2015 pasal E menyebutkan bahwa tekuk yang terjadi pada keseluruhan suatu elemen tekan memiliki tiga macam potensi tekuk yang mungkin terjadi, yaitu tekuk lentur, tekuk torsi, dan tekuk lentur torsi. Berikut ini rinciannya.

1. Tekuk Lentur

Kekuatan komponen struktur yang memikul beban aksial tekan murni biasanya ditentukan oleh tekuk lentur. Tekuk lentur mengakibatkan defleksi terhadap sumbu lemah penampang. Semua komponen tekan suatu struktur dapat mengalami kegagalan akibat lentur. Berdasarkan SNI 1729-2015 Pasal E3, nilai kuat tekan nominal untuk penampang non-langsing ditentukan pada Pers. 3.40.

$$P_n = F_c \cdot A_g \quad (2.40)$$

Dimana F_{cr} adalah tegangan kritis yang ditentukan sebagai berikut:

- a. Jika $\frac{K}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ atau $\frac{F_y}{F_e} \leq 2,25$, maka

$$F_c = \left[0,658 \frac{F_y}{F_e} \right] \quad (2.41)$$

- b. Jika $\frac{K}{r} > 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ atau $\frac{F_y}{F_e} > 2,25$, maka

$$F_c = 0.877 F_e \quad (2.42)$$

Dengan F_e adalah tegangan tekuk elastik kritis yang ditentukan dengan persamaan berikut ini:

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{K}{r}\right)^2} \quad (2.45)$$

2. Tekuk Torsi dan Tekuk Lentur Torsi

Tekuk lentur torsi terjadi akibat kombinasi dari tekuk lentur torsi dan tekuk torsi, dimana batang tekan terlentur dan terpuntir secara bersamaan. Masalah tekuk ini dapat terjadi pada penampang-penampang dengan satu sumbu simetri dan asimetris. Seperti profil kanal, T, siku ganda, dan siku sama kaki. Dan juga terdapat pada komponen struktur simetris ganda tertentu tanpa elemen langsing bila panjang tanpa breising torsi melebihi panjang tanpa breising lateral, ketentuan ini diperlukan untuk siku tunggal dengan $b/t > 20$.

Menurut SNI 1729-2015 Pasal E4, kekuatan tekan nominal P_n harus ditentukan berdasarkan pada keadaan batas dari tekuk torsi dan tekuk torsi lentur, terdapat pada persamaan berikut:

$$P_n = F_c \cdot A_g \quad (2.46)$$

Dimana F_{cr} adalah tegangan kritis yang ditentukan sebagai berikut:

- a. Untuk komponen struktur tekan siku ganda dan profil T

$$F_c = \left(\frac{F_c + F_c}{2H} \right) \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4F_c F_c H}{(F_c + F_c)}} \right] \quad (2.47)$$

$$H = 1 - \frac{x_0^2 + y_0^2}{\bar{r}_0^2} \quad (2.48)$$

Dimana F_{cry} diambil sebagai F_{cr} dari persamaan sebelumnya, untuk tekuk lentur pada sumbu y simetris. Dan $KL/r = K_y L/r_y$ untuk komponen struktur tekan bebrbentuk T, dan $KL/r = KL/r$ untuk komponen tekan siku ganda. Dan untuk F_{crz} didapat dari Pers. berikut:

$$F_c = \left[\frac{G}{A_g \bar{r}_0^2} \right] \quad (2.49)$$

$$\bar{r}_0^2 = x_0^2 + y_0^2 + \frac{I_x + I_y}{A_g} \quad (2.50)$$

b. Untuk semua kasus lainnya, F_{cr} harus memenuhi persyaratan persamaan diatas, dengan menggunakan tegangan tekuk elastis torsi dan torsi lentur, F_e ditentukan pada Pers. 2.51.

- Untuk komponen struktur simetris ganda:

$$F_e = \left[\frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L)^2} + G \right] \frac{1}{I_x + I_y} \quad (2.51)$$

$$C_w = \frac{I_y^3}{4} \quad (2.52)$$

$$J = \sum \frac{b t^3}{3} \quad (2.53)$$

dimana:

I_x, I_y : momen inersia di sumbu utama (mm^4)

J : konstanta torsi (mm^4)

G : modulus elastis geser baja (77200 Mpa)

K_z : faktor panjang efektif untuk tekuk torsi

\bar{r}_0^2 : radius girasi polar di pusat geser (mm)

x_0, y_0 : koordinat pusat geser sehubungan dengan titik berat (mm)

2.12.5 Perencanaan Elemen Lentur

Suatu elemen struktur memikul lentur murni terfaktor, harus didesain sedemikian rupa sehingga memenuhi persamaan berikut:

$$M_u \leq \phi M_n \quad (2.54)$$

dimana :

M_u : momen lentur terfaktor (N.mm)

ϕ : faktor reduksi (0.90)

M_n : kuat nominal momen lentur (N.mm)

Berikut ini adalah kondisi-kondisi perhitungan momen lentur, yang di dasarkan atas panjang batang tak terkekang.

1. Kondisi Batas Leleh Momen Plastis

Berdasarkan SNI 1729-2015 Pasal F2.1, kuat lentur nominal berdasarkan kondisi batas leleh momen plastis dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$M = M_p = F_y Z_x \quad (2.56)$$

Dimana :

F_y : Tegangan leleh minimum (Mpa)

Z_x : Modulus penampang plastis di sumbu x (mm^3)

2. Kondisi Batas Tekuk Torsi Lateral

Berdasarkan SNI 1729-2015 Pasal F2.2, kondisi batas tekuk torsi lateral tidak berlaku apabila panjang komponen tak terkekang (L_b) tidak kurang dari panjang tekuk plastis (L_p). Berikut adalah perhitungan kuat lentur nominal berdasarkan klasifikasi panjang bentang komponen.

a. Apabila $L_b \leq L_p$, keadaan batas dari tekuk torsi-lateral tidak boleh digunakan.

b. Apabila $L_p < L_b \leq L_r$

$$M = C_b \left[M_p - (M_p - 0,7 F_y S_x \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right)) \right] \leq M_p \quad (2.57)$$

c. Apabila $L_b > L_r$

$$M = F_c S_x \leq M_p \quad (2.58)$$

$$F_c = \frac{C_{EN} E}{\left(\frac{L_b}{r_t} \right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{J}{S_x I_u} \left(\frac{L_b}{r_t} \right)^2} \quad (2.59)$$

Dengan:

$$L_p = 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (2.60)$$

$$L_r = 1,95 r_s \frac{E}{0,7 F_y} \sqrt{\frac{J}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{J}{S_x h_o}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 F_y}{E}\right)^2}} \quad (2.61)$$

$$r_e^2 = \frac{\sqrt{I_y C_w}}{S_x} \quad (2.62)$$

$$C_b = \frac{1,5 M_m}{2,5 M_m + 3M_A + 4M_B + 3M_C} \quad (2.63)$$

c untuk profil I simetris ganda= 1,0 (2.64)

c untuk kanal: $\frac{h_o}{2} \sqrt{\frac{I_y}{C_w}}$ (2.65)

2.12.6 Perencanaan Struktur Untuk Geser

Berdasarkan SNI 1729-2015 Pasal G2.1, kuat geser nominal elemen struktur baja dapat ditentukan berdasarkan Pers. 2.67.

$$V_n = 0,6 F_y A_w C_v \quad (2.67)$$

Dimana:

A_w : Luasan pelat badan

C_v : Koefesien yang berpengaruh terhadap kelangsingan struktur

Nilai C_v dapat diambil berdasarkan nilai kelangsingan dari profil dengan persamaan sebagai berikut:

- a. Untuk badan komponen struktur profil I-canai panas

Jika $\frac{h}{t} \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ maka $C_v = 1$ (2.68)

- b. Untuk badan dari semua profil simetris ganda dan profil simetris tunggal serta kanal lainnya.

- Apabila $\frac{h}{t} \leq 1,10 \sqrt{\frac{K_v E}{F_y}}$, maka $C_v = 1,0$ (2.69)

$$\text{-Apabila } 1,10 \sqrt{\frac{K_v E}{F_y}} < \frac{h}{t} \leq 1,37 \sqrt{\frac{K_v E}{F_y}}, m \quad C = \frac{1,1 \sqrt{K_v / F_y}}{h/t} \quad (2.70)$$

$$\text{-Apabila } \frac{h}{t} > 1,37 \sqrt{\frac{K_v E}{F_y}}, m \quad = \frac{1,5 K_v E}{(h/t)^2 F_y} \quad (2.71)$$

2.13 Struktur Bangunan Baja Tahan Gempa

Dua hal mendasar sistem kekuatan penahan lateral adalah frame penahan momen (momen frame) dan bresing frame (brace frame). Sistem – sistem ini dikembangkan selama dimulainya konstruksi high rise building pada sekitar awal abad dua puluh.

Suatu satruktur gedung harus memiliki sistem penahan gaya lateral dan vertikal yang lengkap, yang mampu memberikan kekuatan, kekakuan, dan kapasitas disipasi yang cukup untuk menahan gerak tanah.

Gerak tanah harus diasumsikan terjadi di sepanjang setiap arah horizontal 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 mengacu pada SNI 1726-2012.

Hingga saat ini, terdapat beberapa konfigurasi Struktur Bangunan Gempa yang dikenal dalam SNI 1729-2015.

2.13.1 Sistem Rangka Pemikul Momen (*Moment Resisting Frames*)

Sistem rangka pemikul momen mempunyai kemampuan menyerap energi yang baik, tetapi memerlukan terjadinya simpangan antar lantai yang cukup besar supaya timbul sendi-sendi plastis pada balok yang akan berfungsi sebagai penyerap energi gempa. Simpangan yang terjadi begitu besar akan menyebabkan struktur tidak kaku sehingga mengakibatkan kerusakan non-struktural yang besar disamping akan menambah pengaruh efek P- terutama pada bangunan tinggi.

Berdasarkan daktilitasnya, MRF terbagi dalam dua kategori, yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB).

a. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

SRBPMK adalah suatu rangka batang pemikul momen yang dipasang secara horizontal. Pada SRPMK ada suatu segmen khusus yang terdiri dari beberapa panel dengan batang-batangnya direncanakan secara khusus. SRPMK direncanakan mengalami deformasi inelastik yang cukup besar pada segmen khusus saat memikul gaya-gaya akibat beban gempa rencana.

b. Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB)

SRPMB diharapkan dapat mengalami deformasi inelastis secara terbatas pada komponen struktur dan sambungan-sambungannya akibat gaya gempa rencana. Pada SRPMB, kekakuan lebih besar dibandingkan dengan SRBPMK sehingga daktilitasnya lebih kecil.

2.13.2 Sistem Rangka Breising Eksentrik (*Eccentrically Braced Frames*)

Pada Sistem Rangka Breising Eksentrik ada satu bagian dari balok yang disebut *link* dan direncanakan secara khusus. SRBE diharapkan dapat mengalami deformasi inelastik yang cukup besar Pada *link* saat menerima gaya-gaya akibat beban gempa rencana. Elemen *link* tersebut berfungsi sebagai pendisipasi energi ketika struktur menerima beban gempa. Pendisipasian energi ini diwujudkan dalam bentuk plastifikasi pada elemen *link* tersebut. Hal tersebut yang menyebabkan sistem SRBE mempunyai nilai daktilitas yang lebih tinggi mengutamakan dari SRPMK.

2.13.2.1 Filosofi Desain dan Geometri EBF

Kekurangan pada sistem CBF dalam menerima gaya lateral telah diatasi dengan munculnya sistem EBF. Sistem portal EBF ini pertama kali diperkenalkan oleh Popov yang sekarang banyak digunakan untuk sistem bangunan tahan terhadap beban lateral seperti gempa. Sistem EBF mempunyai nilai daktilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan CBF yang lebih mengutamakan pada kekakuan strukturnya. Tingginya nilai daktilitas pada sistem EBF akibat adanya elemen link yang berfungsi sebagai pendisipasi energi ketika struktur menerima beban gempa. pendisipasian energi ini diwujudkan dalam bentuk plastifikasi pada

elemen link tersebut. Bentuk bentuk konfirmasi sistem portal EBF dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

2.13.2.2 Elemen Link

Link merupakan elemen struktur yang direncanakan untuk berperilaku inelastic serta mampu untuk mendeformasi plastis yang besar pada saat terjadi beban lateral. Bagian link ini berfungsi untuk menyerap energi pada saat terjadi beban lateral (gempa). mekanisme kelelahan pada elemen link terdiri dari dua mekanisme, yaitu kelelahan geser dan kelelahan lentur, tergantung dari panjang link (e) yang digunakan.

Pada sistem struktur EBF, elemen struktur di luar link direncanakan untuk berperilaku elastic sedangkan bagian link direncanakan untuk dapat berdeformasi inelastic pada saat terjadi beban lateral (gempa).

Ketahanan bresing eksentrik pada konstruksi tahan gempa sangat tergantung pada kestabilan sistem struktur dan sifat inelastic di bawah beban siklik lateral. Pada sistem struktur EBF yang baik, aktifitas inelastic di bawah beban siklik dibatasi terutama hanya terjadi pada elemen link yang didesain untuk dapat mengalami deformasi inelastic yang besar tanpa kehilangan kekuatan. Pada struktur EBF ini, elemen – elemen struktur selain link (balok, kolom dan bresing) didesain berdasarkan kapasitas link. Dengan membuat elemen link lebih lemah dari elemen – elemen struktur lainnya, kehancuran daktail diharapkan terjadi pada elemen link dan mengantisipasi agar elemen – elemen selain link mengalami kegagalan non daktail, seperti tekuk (buckling) pada elemen bresing.

Karakteristik sistem struktur EBF tergantung dari karakteristik elemen linknya. Kekuatan struktur EBF sangat dipengaruhi oleh nilai perbandingan e/L –nya. Kekuatan struktur EBF meningkat seiring dengan penurunan nilai e/L atau pemendekatan link hingga mencapai batas kapasitas geser plastis dari link.

Pada struktur EBF, link pendek (e/L kecil) memiliki keunggulan dalam menyediakan kekakuan struktur yang tinggi. Nilai e/L yang kecil mengakibatkan kebutuhan rotasi link yang sangat besar. Link panjang (e/L besar) menghasilkan kekakuan dan kekuatan yang rendah serta kebutuhan rotasi link yang lebih kecil. Nilai e/L yang besar menghasilkan struktur EBF yang mendekati sifat struktur

MRF, sedangkan nilai e/L yang kecil menghasilkan struktur EBF yang mendekati sifat struktur CBF.

2.13.2.3 Kuat Elemen Link

Link merupakan elemen balok pendek yang direncanakan mengalami kelelahan lebih awal pada saat bekerjanya beban lateral pada struktur. Pada bagian link ini bekerja gaya geser (shear) pada kedua ujung link dengan besar yang sama dan arah yang berlawanan. Gaya geser yang bekerja tersebut mengakibatkan momen pada kedua ujung link dengan besar dan arah yang sama.

2.13.2.4 Konsep Perencanaan Link

Gaya – gaya yang mendominasi pada suatu elemen link adalah gaya geser dan gaya lentur. Berdasarkan kedua gaya tersebut pola kelelahan elemen link dapat dibedakan menjadi leleh geser dan leleh lentur. Kondisi batas antara mekanisme keruntuhan akibat geser dan lentur dapat dijelaskan dengan menggunakan suatu pemodelan kantilever sederhana.

Panjang kantilever tersebut merupakan rasio momen maksimum dan geser maksimum pada bentang atau besarnya jarak antara titik dimana momen maksimum terjadi dengan titik dimana momen minimum ($M=0$) terjadi.

Kondisi ini memenuhi persamaan sebagai berikut.

$$d = \frac{M}{V} \quad (2.72)$$

Dimana : d = panjang bentang (mm)

M_{maks} = Momen maksimum (Nmm)

V_m = gaya geser di titik terjadinya momen maksimum (N)

Perilaku sistem rangka EBF juga dijelaskan dengan konsep yang sama. Rasio pada kondisi berimbang tercapai ketika pada bentang tersebut terjadi secara terus-menerus geser dan lentur, sesuai dengan persamaan :

$$d = \frac{M}{V} \quad (2.73)$$

Dimana :

d_{vb} = panjang bentang ketika gaya geser dan momen berimbang (mm)

M_p = momen plastis penampang (Nmm)

V_p = gaya geser plastis penampang (N)

Kekuatan atau kondisi batas link geser dan lentur didefinisikan sebagai berikut :

$$M_p = Z_x \cdot F_y \quad (2.74)$$

$$V_p = 0,6 \cdot F_y \cdot (h - 2t_f) \cdot t_w \quad (2.75)$$

Dimana :

M_p = momen plastis penampang (Nmm)

Z_x = modulus elastisitas penampang (mm^3)

F_y = tagangan leleh baja (Mpa)

V_p = gaya geser plastis penampang (N)

h = tinggi penampang (mm)

t_f = tebal pelat sayap (mm)

t_w = tebal pelat badan (mm)

Kuat geser rencana link ϕV_n harus lebih besar dari kuat geser perlu V_u

dengan :

$$\phi V_n = \phi \cdot 0,6 \cdot f_y \cdot (h - 2t_f) \cdot t_w \quad (2.76)$$

Dimana :

V_n = kuat geser nominal link diambil yang terkecil V_p atau $2M_p/e$

ϕ_v = factor reduksi geser (0,9)

e = panjang link

Kapasitas kekuatan link harus memenuhi syarat berikut :

$$M_n = M_p \quad (2.77)$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$\phi V_n > V_u$$

Dimana :

M_n = momen lentur rencana link

M_u = momen lentur perlu

ϕ = factor reduksi lentur (0,9)

2.13.2.5 Jenis Link Berdasarkan Panjangnya

Bentang geser yang ditunjukkan oleh kantilever pada gambar kantilever sederhana memiliki gubungan $M_p = d_v b \cdot V_p$ dimana balok kantilever tersebut

berprilaku sebagai moment link jika panjang link (e) lebih besar dari dv_b dan akan berprilaku sebagai shear link jika panjang link (e) lebih kecil dari dv_b . Apabila link terletak dekat dengan kolom (Gambar Letak Link pada system EBF-a) maka diasumsikan bahwa link tersebut dihubungkan dengan kolom melalui sambungan yang memiliki kapasitas plastis sekurang- kurangnya sama dengan yang dimiliki oleh balok. Sebaliknya, ketika link terletak menerus antara dua bresing (Gambar letak Link pada sistem EBF-b), maka sambungan tersebut harus mampu memikul sendi plastis yang terjadi pada ujung bresing. Konsensusnya, seluruh link pada kedua gambar tersebut akan mencapai kondisi sendi plastis pada kedua ujungnya. Sehingga, kondisi batas antara leleh geser dan leleh lentur pada link untuk jenis struktur EBF dirumuskan dengan persamaan :

$$e_b = 2dv_b = \frac{2M}{V} \quad (2.78)$$

Dimana :

e_b = panjang link pada kondisi berimbang (mm)



a. Link berada dekat kolom b. Link berada di tengah kolom

Gambar 2.6: Letak Link pada sistem EBF.

Batas yang jelas antara leleh lentur dan leleh geser ini sebenarnya tidak diketahui dengan pasti, sehingga pada perencanaannya diasumsikan bahwa leleh geser murni akan terjadi pada saat kondisi berimbang. Ketika panjang link mencapai lebih besar atau sama dengan $5 M_p / V_p$, diasumsikan bahwa mekanisme leleh yang terjadi pada link adalah lentur murni.

Jenis link berdasarkan panjangnya dapat dibedakan menjadi empat kelompok, yaitu :

- a. $e \leq 1,6 M_p / V_p$ (link dominan geser)
 Jenis link ini leleh akibat gaya geser pada saat merespon / deformasi inelastik
- b. $e > 2,6 M_p / V_p$ (link dominan lentur)
 Jenis link ini leleh akibat gaya lentur pada saat merespon / deformasi inelastik
- c. $1,6 M_p / V_p < e < 2,6 M_p / V_p$ (link kombinasi geser dan lentur)
 Jenis link ini meleleh dan melentur akibat merespon / deformasi inelastik

2.13.3 Sistem Rangka Breising Konsentrik (*Concentrically Braced Frames*)

Penggunaan rangka breising bertujuan untuk mempertahankan stabilitas struktur bangunan akibat beban lateral yang sejajar dengan bidang breising, minimal 30% tapi tidak lebih dari 70% gaya horizontal total harus dipikul oleh batang bresing tarik, kecuali jika kuat nominal tekan (N_n) untuk setiap batang bresing lebih besar daripada beban terfaktor (N_u).

Sistem Rangka Breising Konsentrik merupakan pengembangan dari sistem portal tak berpengaku atau lebih dikenal dengan *Moment Resisting Frames* (MRF). Sistem Rangka Breising Konsentrik dikembangkan sebagai sistem penahan gaya lateral dan memiliki tingkat kekakuan yang cukup baik. Hal ini bertolak belakang dengan sistem MRF yang hanya biasa digunakan sebagai penahan momen. Kekakuan sistem ini terjadi akibat adanya elemen pengaku yang berfungsi sebagai penahan gaya lateral yang terjadi pada struktur. Penyerapan energi pada sistem ini dilakukan melalui pelelehan yang dirancang terjadi pada pelat buhul. Sistem ini daktilitasnya kurang baik sehingga kegagalannya ditentukan oleh tekuk breising.

Kategori struktur pada sistem struktur CBF dibagi menjadi dua, yaitu Sistem Rangka Breising Konsentrik Biasa (SRBKB) dan Sistem Rangka Breising Konsentrik Khusus (SRBKK).

- a. Sistem Rangka Breising Konsentrik Biasa (SRBKB)
 SRBKB diharapkan dapat mengalami deformasi inelastis secara terbatas apabila dibebani gaya-gaya yang berasal dari beban gempa rencana.
- b. Sistem Rangka Breising Konsentrik Khusus (SRBK)

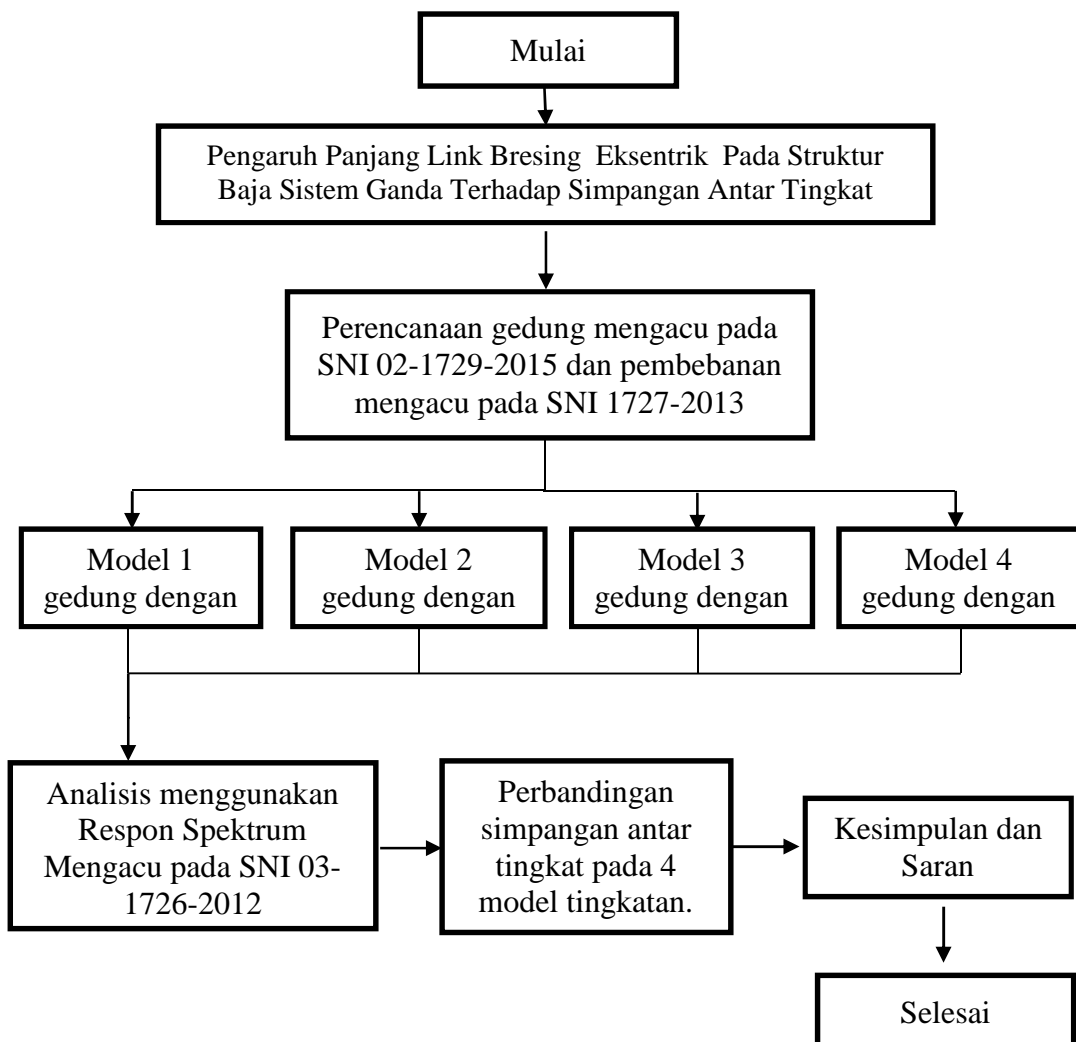
SRBKK diharapkan dapat mengalami deformasi inelastik yang cukup besar akibat gaya gempa rencana SRBKK memiliki tingkat daktilitas yang lebih tinggi daripada gaya gempa rencana SRBKK memiliki tingkat daktilitas yang lebih tinggi daripada tingkat daktilitas Sistem Rangka Breising Konsentrik Biasa (SRBKB) mengingat penurunan kekuatannya yang lebih kecil pada saat terjadinya tekuk pada batang breising tekan.

BAB 3

PEMODELAN STRUKTUR

3.1 Metodologi Penelitian

Langkah-langkah dalam perencanaan dan analisis struktur gedung pada tugas akhir ini dilakukan dengan beberapa tahapan, seperti tujuan perencanaan struktur gedung hingga pemodelan atau pendesainan struktur gedung. Langkah-langkah perencanaan struktur dapat dilihat pada gambar bagan alir Gambar 3.1:



Gambar 3.1: Metodologi penelitian.

3.2 Tinjauan Umum

Dalam tugas akhir ini akan dilakukan analisis respon spectrum bagi dua system struktur yang menggunakan system rangka khusus dan dan system rangka pemikul momen bracing K-EBF. Untuk SRMPK konsep yang dibuat mereduksi bagian dari balok baja didekat sambungan balok kolom yang dimaksudkan untuk menimbulkan sendi plastis didaerah ini. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan (*Reduced Beam Secsetion*) RBS sangat efektif dalam meningkatkan daktilitas pada frame struktur tahan gempa. Struktur dimodelkan 3 dimensi sebagai portal terbuka dengan menggunakan bantuan ETABS.

Dalam tugas akhir ini terdapat 4 gedung baja dengan tingkat ketinggian yang berbeda dan masing – masing dari gedung tersebut mempunyai 5 model dengan jarak panjang link yang berbeda pula.

3.3 Faktor Respon Gempa (C)

Berdasarkan SNI 1726-2012, spektrum respon gempa desain harus dianalisis terlebih dahulu. Dengan data $PGA = 0,75$ g Gambar 2.14, $S_s = 1,3$ g (Gambar 2.15) dan $S_1 = 0.6$ g (Gambar 2.16) yang berada di Kota Padang, tahap-tahap yang perlu dilakukan untuk membuat spektrum respon gempa desain dapat dilakukan sebagai berikut:

a. Penentuan koefesien F_a dan F_v

- Koefesien F_a

Koefesien F_a ditentukan berdasarkan beberapa parameter, yaitu nilai S_s yang terdapat pada Tabel 2.8 dan berdasarkan jenis tanah sedang. Maka diperoleh nilai F_a dibawah ini.

$$F_a = 1.1$$

- Koefesien F_v

Koefesien F_v ditentukan berdasarkan beberapa parameter, yaitu nilai S_1 yang diperoleh pada Tabel 2.9 dan berdasarkan jenis tanah sedang. Maka diperoleh nilai F_v diawah ini.

$$F_v = 1.5$$

b. Penentuan nilai S_{MS} dan S_{M1}

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

$$S_{MS} = 1 \times 1,372$$

$$S_{MS} = 1,372$$

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

$$S_{M1} = 1,500 \times 0,6$$

$$S_{M1} = 0,9$$

c. Penentuan nilai S_{DS} dan S_{D1}

$$- S_{DS} = \mu \times S_{MS}, \text{ Nilai } \mu = 2/3$$

$$S_{DS} = 2/3 \times 1,372$$

$$S_{DS} = 0,915$$

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

$$S_{D1} = 2/3 \times 0,9$$

$$S_{D1} = 0,567$$

d. Penentuan nilai T_s dan T_0

$$- T_s = \frac{S_{D1}}{S_D}$$

$$T_s = \frac{0,5}{0,9}$$

$$T_s = 0,620$$

$$- T_0 = 0,2 \times T_s$$

$$T_0 = 0,2 \times 0,620$$

$$T_0 = 0,124$$

e. Penentuan nilai S_a

- Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 , spectrum respon percepatan desain (S_a) harus diambil dari persamaan:

$$S_a = S_L \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_c} \right)$$

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

$$S_a = \frac{S_D}{T}$$

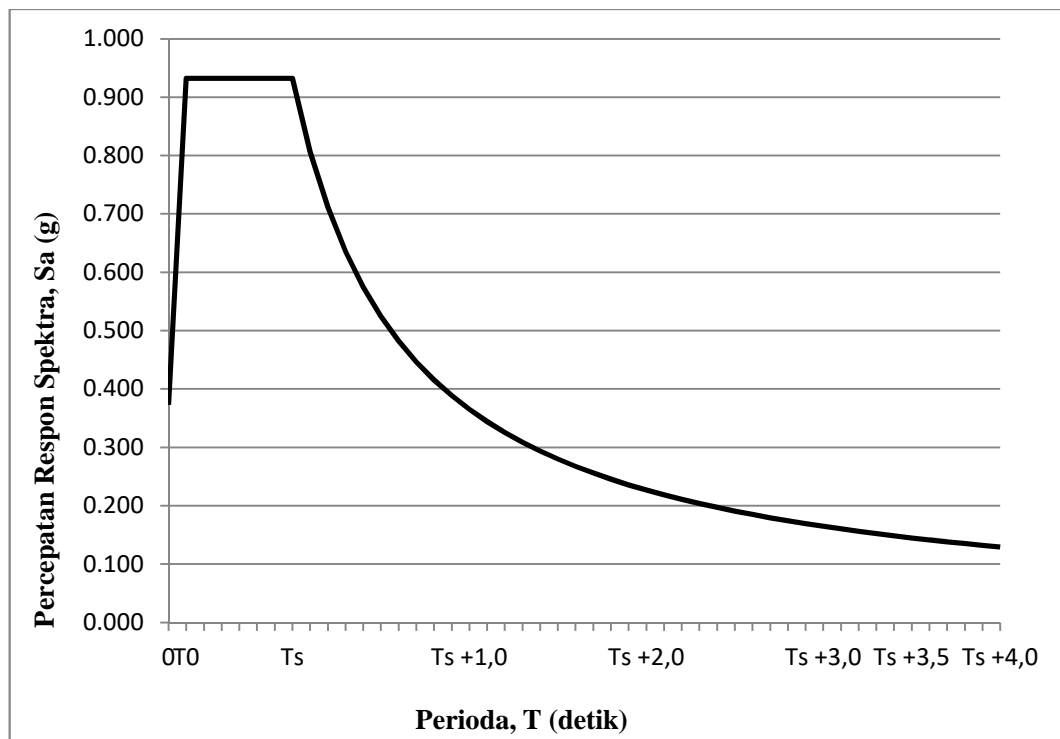
Tabel 3.1: Spektrum Respon Untuk Wilayah Gempa Padang berdasarkan SNI 1726-2012.

T (Detik)	S _a (g)
0,000	0,373
0,129	0,932
0,329	0,932
0,529	0,932
0,729	0,932
0,929	0,932
1,129	0,932
0,644	0,932
0,744	0,807
0,844	0,711
0,944	0,636
1,044	0,575
1,144	0,525
1,244	0,482
1,344	0,447
1,444	0,416
1,544	0,389
1,644	0,365
1,744	0,344
1,844	0,325
1,944	0,309
2,044	0,294
2,144	0,280
2,244	0,267
2,344	0,256
2,444	0,246
2,544	0,236
2,644	0,227
2,744	0,219
2,844	0,211
2,944	0,204
3,044	0,197
3,144	0,191
3,244	0,185
3,344	0,179

Tabel 3.1: *Lanjutan.*

3,444	0,174
3,544	0,169
3,644	0,165
3,744	0,160
3,844	0,156
3,944	0,152
4,044	0,148
4,144	0,145
4,244	0,141
4,344	0,138
4,444	0,135
4,544	0,132
4,644	0,129

Spektrum respon percepatan disajikan dalam tabel 3.2 dan grafik respon spektrum respon diplot ke dalam *Microsoft Excel* seperti dibawah ini:



Gambar 3.2: Grafik respon spektrum kota padang dengan kondisi tanah sedang berdasarkan SNI 1726-2012.

3.4. Pemodelan dan Analisis Struktur

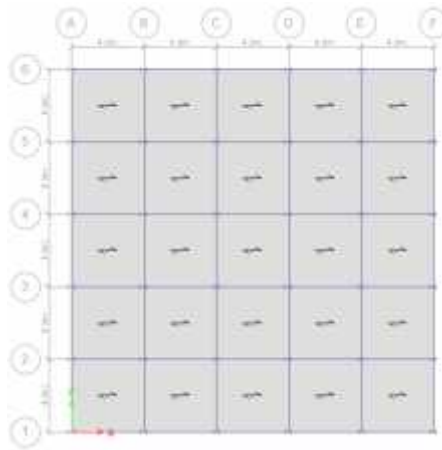
Pada Tugas Akhir ini, penelitian dilakukan dengan mengambil studi literatur pada 4 bangunan gedung perkantoran dengan tingkat 3, 6, 12 dan 24. Tugas Akhir ini terdapat 20 pemodelan gedung baja yang memiliki spesifikasi berbeda namun dengan penempatan Sistem Rangka Bresing Konsentrik Khusus (SRBKK) tipe K yang berbeda. Struktur gedung adalah portal baja yang dimodelkan sebagai *element frame* 3 dimensi (3D) pada ETABS Ver. 15 dengan mengacu pada Perencanaan Bangunan Gedung Tanan Gempa SNI 1726-2012 dan Perencanaan Struktur Baja berdasarkan SNI 1729-2015.

3.4.1 Pemodelan Gedung

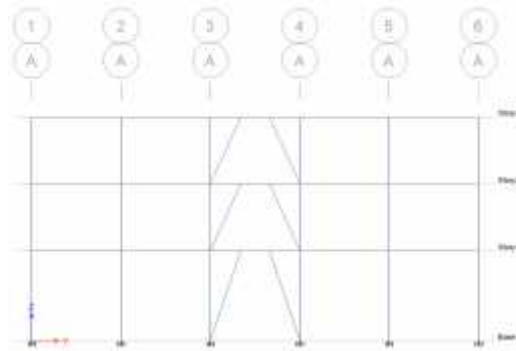
Dalam Tugas Akhir ini, struktur bangunan yang direncanakan adalah struktur baja dengan sistem ganda dengan sistem rangka pemikul momen khusus dan Rangka baja bresing eksentrik. Bangunan berbentuk persegi yang simetri (*regular building*) seperti yang terlihat pada Gambar 3.2.

Model 1

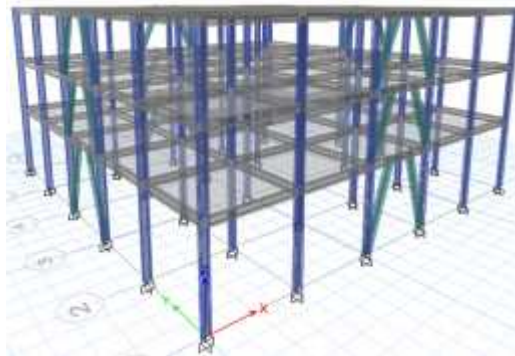
Gambar struktur bangunan baja 3 lantai ketinggian 10 m menggunakan bresing.



Gambar 3.3: Denah Perencanaan Gedung Baja Bresing Eksentris terhadap sumbu X dan Y model.



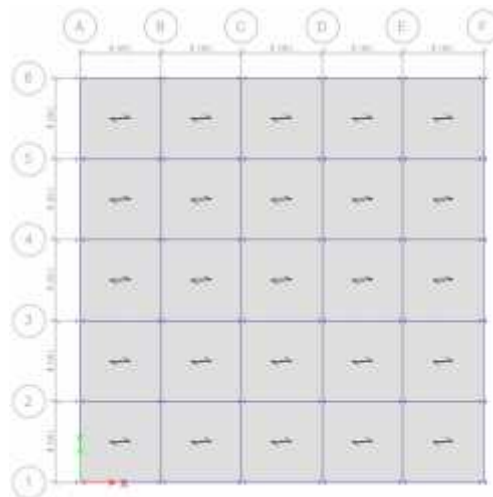
Gambar 3.4: Tampak samping portal struktur bangunan 3 lantai.



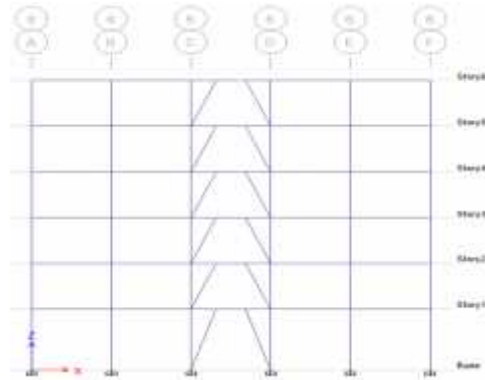
Gambar 3.5: Bentuk tipikal struktur model bresing eksentris 3 lantai.

Model 2

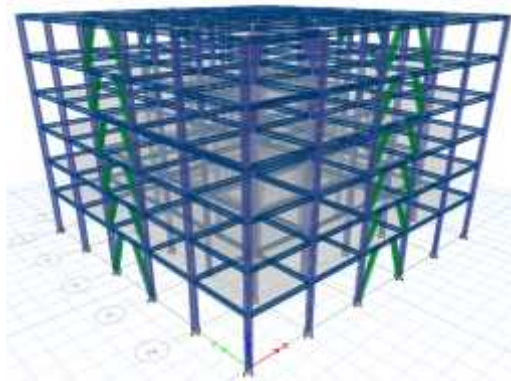
Gambar struktur bangunan baja 6 lantai ketinggian 19 m menggunakan bresing.



Gambar 3.6: Denah Perencanaan Gedung Baja Bresing Eksentris terhadap sumbu X dan Y model 2.



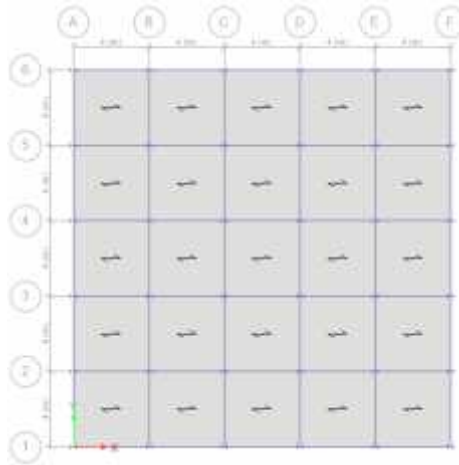
Gambar 3.7: Tampak samping portal struktur bangunan 6 lantai.



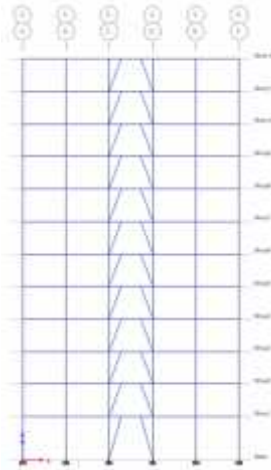
Gambar 3.8: Bentuk tipikal struktur model bresing eksentris 6 lantai.

Model 3

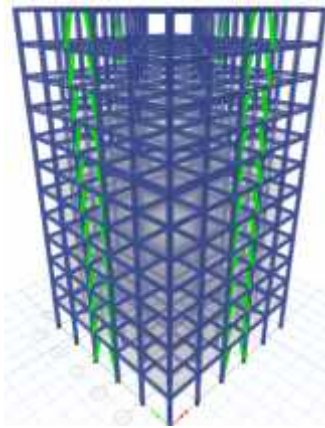
Gambar struktur bangunan baja 12 lantai ketinggian 37 m menggunakan bresing.



Gambar 3.9: Denah Perencanaan Gedung Baja Bresing Eksentris terhadap sumbu X dan Y model 3.



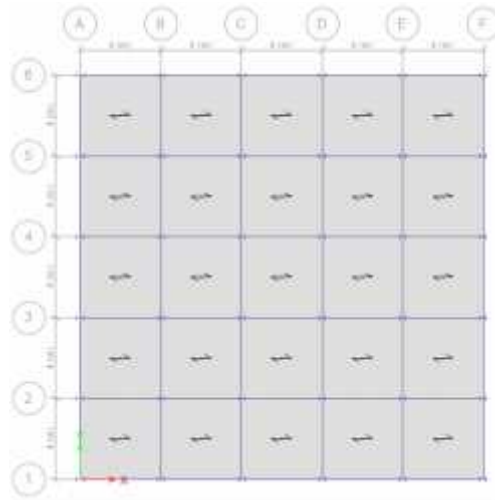
Gambar 3.10: Tampak samping portal struktur bangunan 12 lantai.



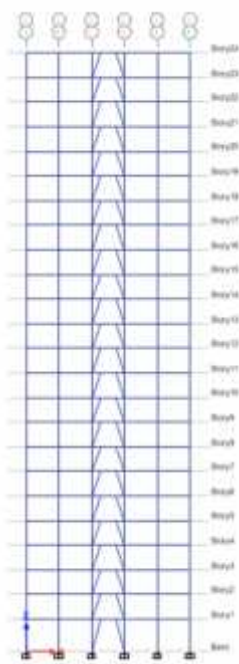
Gambar 3.11: Bentuk tipikal struktur model bresing eksentris 12 lantai.

Model 4

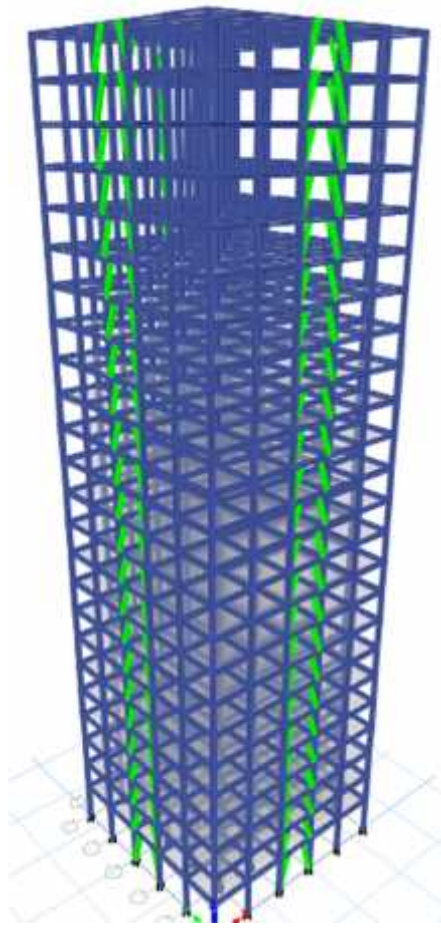
Gambar struktur bangunan baja 3 lantai ketinggian 73 m tanpa bresing dan menggunakan bresing.



Gambar 3.12: Denah Perencanaan Gedung Baja Bresing Eksentris terhadap sumbu X dan Y model 4.



Gambar 3.13: Tampak samping portal struktur bangunan 24 lantai.



Gambar 3.14: Bentuk tipikal struktur model bresing eksentris 24 lantai.

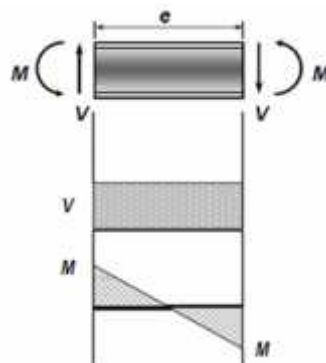
Adapun jenis pemodelan struktur yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah:

1. Model 1 = SRBE (3 Lantai)
 - 1a. = Panjang Link 1 m
 - 1b. = Panjang Link 1,1 m
 - 1c. = Panjang Link 1,2 m
 - 1d. = Panjang Link 1,3 m
 - 1e. = Panjang Link 1,4 m
2. Model 2 = SRBE (6 Lantai)
 - 2a. = Panjang Link 1 m
 - 2b. = Panjang Link 1,1 m
 - 2c. = Panjang Link 1,2 m
 - 2d. = Panjang Link 1,3 m
 - 2e. = Panjang Link 1,4 m
- Model 3 = SRBE (12 Lantai)
 - 3a. = Panjang Link 1,5 m
 - 3b. = Panjang Link 1,6 m
 - 3c. = Panjang Link 1,7 m
 - 3d. = Panjang Link 1,8 m
 - 3e. = Panjang Link 1,9 m
3. Model 4 = SRBE (24 Lantai)
 - 4a. = Panjang Link 1,5 m
 - 4b. = Panjang Link 1,6 m
 - 4c. = Panjang Link 1,7 m
 - 4d. = Panjang Link 1,8 m
 - 4e. = Panjang Link 1,9 m

3.4.1.1 Data Perencanaan Struktur

1. Jenis portal struktur gedung baja
2. Fungsi gedung perkantoran
3. Gedung terletak di Provinsi Sumatra Barat (Kota Padang)
4. Mutu Beton Pelat yang digunakan adalah $F'c = 35 \text{ MPa}$
5. Mutu Baja yang digunakan
 -) BJ 41 pada kolom
 -) BJ 37 pada balok
 -) BJ 37 pada bresing
 -) BJ 34 pada link
6. Direncanakan pada tanah sedang (SD).

3.4.1.2 Pemodelan Link



Gambar 3.3 Pemodelan Link

$$e = \frac{2M}{V} / e = \frac{2M}{V} = \text{Untuk mencari panjang link}$$

$$e < \frac{1,6M}{V} = \text{Link geser}$$

$$e > \frac{2,6M}{V} = \text{Link lentur}$$

$$\frac{1,6M}{V} \leq e \leq \frac{2,6M}{V} = \text{Kombinasi link geser dan lentur}$$

$$M = M_p = Z_x \cdot f_y$$

$$V = V_p = 0,6 f_y (d - 2t_f) t_w$$

3.4.1.3 Perhitungan panjang link

Model 1 dan 2 Dimensi profil balok

$$f_y = 240 \text{ Mpa} \quad d = 298 \text{ mm} \quad t_w = 9 \text{ mm} \quad t_f = 14 \text{ mm}$$

$$Z_x = 893 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned} M = M_p &= Z_x * f_y \\ &= 893 * 240 = 214320 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V = V_p &= 0,6 f_y (d - 2t_f) t_w \\ &= 0,6 * 240 (298 - (2 * 14)) * 9 = 349920 \end{aligned}$$

$$e = \frac{2M}{V} = \frac{2*214320}{349920} = 1,2 \text{ m}$$

$$e < \frac{1,6M}{V} = 1,2 \text{ TM} 0,9 \text{ Tidak Ok}$$

$$e > \frac{2,6M}{V} = 1,2 \mid 1,5 \text{ Tidak Ok}$$

$$\frac{1,6M}{V} \text{ TM } e \text{ TM } \frac{2,6M}{V} = 0,9 \text{ TM } 1,2 \text{ TM } 1,5 \text{ OK}$$

Model 3 dan 4 Dimensi profil balok

$$f_y = 240 \text{ Mpa} \quad d = 300 \text{ mm} \quad t_w = 10 \text{ mm} \quad t_f = 15 \text{ mm}$$

$$Z_x = 1360 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned} M = M_p &= Z_x * f_y \\ &= 1360 * 240 = 326400 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V = V_p &= 0,6 f_y (d - 2t_f) t_w \\ &= 0,6 * 240 (300 - (2 * 15)) * 10 = 388800 \end{aligned}$$

$$e = \frac{2M}{V} = \frac{2*326400}{388800} = 1,7 \text{ m}$$

$$e < \frac{1,6M}{V} = 1,7 \text{ TM} 1,3 \text{ Tidak Ok}$$

$$e > \frac{2,6M}{V} = 1,7 \mid 2,2 \text{ Tidak Ok}$$

$$\frac{1,6M}{V} \text{ TM } e \text{ TM } \frac{2,6M}{V} = 1,3 \text{ TM } 1,7 \text{ TM } 2,2 \text{ OK}$$

Maka link yang di gunakan pada masing-masing model yaitu :

1. Model 1

Model 1a panjang link = 1 m

Model 1b panjang link = 1,1 m

Model 1c panjang link = 1,2 m

Model 1d panjang link = 1,3 m

Model 1e panjang link = 1,4 m

2. Model 2

Model 2a panjang link = 1 m
Model 2c panjang link = 1,2 m
Model 2e panjang link = 1,4 m

Model 2b panjang link = 1,1 m
Model 2d panjang link = 1,3 m

3. Model 3

Model 3a panjang link = 1,5 m
Model 3a panjang link = 1,7 m
Model 3a panjang link = 1,9 m

Model 3b panjang link = 1,6 m
Model 3b panjang link = 1,8 m

4. Model 4

Model 4a panjang link = 1,5 m
Model 4a panjang link = 1,7 m
Model 4a panjang link = 1,9 m

Model 4b panjang link = 1,6 m
Model 4b panjang link = 1,8 m

3.4.1.4 Faktor Keutamaan Struktur (I)

Menurut SNI 1726-2012, sesuai Tabel 2.3 pemilihan nilai faktor keutamaan berdasarkan kategori resiko dengan fungsi bangunan perkantoran adalah kategori resiko I, dengan hal itu maka didapat melalui Tabel 2.4 nilai faktor keutamaan (I_e) = 1.

3.4.1.4 Faktor Reduksi Gempa

Desain bangunan direncanakan sebagai Sistem Rangka Breising Konsentrik (SRBK), dimana untuk nilai faktor reduksi gempa yang berdasarkan SNI 1726-2012 sesuai Tabel 2.5 dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2: Faktor reduksi gempa berdasarkan SNI 1726-2012.

Arah	Sistem penahan gaya seismic	R
X	Rangka baja dengan bresing konsentrik khusus tipe-K	8

Tabel 3.2: *Lanjutan.*

Y	Rangka baja dengan bresing konsentrik khusus tipe-K	8
X	Rangka baja pemikul momen	8
Y	Rangka baja pemikul momen	8

3.4.3 Pembebanan struktur

Di dalam struktur bangunan Teknik Sipil terdapat dua jenis beban luar yang bekerja yaitu beban statis dan beban dinamis. Beban yang bekerja terus-menerus pada suatu struktur adalah beban statis. Jenis dari beban statis adalah sebagai berikut:

3.4.3.1 Beban Mati (*Dead Load*)

Beban mati adalah beban-beban yang bekerja secara vertikal yang mengikuti arah gravitasi pada struktur bangunan. Adapun berat komponen material bangunan dapat ditentukan dari peraturan yang berlaku di Indonesia yaitu SNI 1727-2013 Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain dan juga menggunakan PPUG 1983 untuk berat satuan material disajikan pada Tabel 3.3 dan Tabel 3.4.

Tabel 3.3: Berat material konstruksi berdasarkan PPUG 1983.

Beban Mati	Berat Jenis
Beton Bertulang	2400 Kg/m ³
Baja	7850 Kg/m ³

Tabel 3.4: Berat tambahan komponen gedung berdasarkan PPUG 1983.

Beban Mati	Besarnya Beban
Plafond dan penggantung	18 Kg/m ²
Adukan 2 cm dari semen	42 Kg/m ²
Pasangan bata setengah batu	250 Kg/m ²
Penutup lantai dari keramik	24 Kg/m ²
Mekanikal Elektrikal	60 Kg/m ²

3.4.3.2 Beban Hidup (*Live Load*)

Beban hidup adalah beban yang disebabkan oleh penggunaan maupun hunian dan beban ini bisa ada atau tidak ada pada struktur pada waktu tertentu. Secara umum beban ini bekerja dengan arah vertikal ke bawah, tetapi terkadang dapat juga berarah horizontal. Semua beban hidup mempunyai karakteristik dapat bergerak atau berpindah. Berat beban hidup berdasarkan disajikan dalam Tabel 3.7.

Tabel 3.5: Beban hidup pada lantai dan atap struktur berdasarkan SNI 1727:2013.

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

3.4.3.3 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang digunakan dihitung berdasarkan ketentuan yang ditetapkan dalam SNI 1726:2012 tentang standar perencanaan bangunan tahan gempa. Berdasarkan sub Bab 2.8.13, maka didapatkan nilai $\gamma = 1,3$ yang diperoleh dari kategori desain seismik D dan nilai $S_{DS} = 1.050$ diperoleh dari sub Bab 3.3.1.2, maka kombinasi pembebanannya dapat dilihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6: Kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1726:2012 dengan nilai $\gamma = 1,3$ dan $S_{DS} = 1,050$.

Kombinasi	Koefisien (DL)	Koefisien (LL)	Koefisien (EX)	Koefisien (EY)
Kombinasi 1	1,4	0	0	0
Kombinasi 2	1.2	1.6	0	0
Kombinasi 3	1.47	1	0.39	1.3
Kombinasi 4	0.93	1	-0.39	-1.3
Kombinasi 5	1.05	1	0.39	-1.3
Kombinasi 6	1.35	1	-0.39	1.3
Kombinasi 7	1.47	1	1.3	0.39
Kombinasi 8	0.93	1	-1.3	-0.39
Kombinasi 9	1.35	1	1.3	-0.39
Kombinasi 10	1.05	1	-1.3	0.39
Kombinasi 11	1.17	0	0.39	1.3
Kombinasi 12	0.63	0	-0.39	-1.3
Kombinasi 13	0.75	0	0.39	-1.3
Kombinasi 14	1.05	0	-0.39	1.3
Kombinasi 15	1.17	0	1.3	0.39
Kombinasi 16	0.63	0	-1.3	-0.39
Kombinasi 17	1.05	0	1.3	-0.39
Kombinasi 18	0.75	0	-1.3	0.39
Kombinasi 19	1,20	1	1	1
Kombinasi 20	1,20	1	1	-1
Kombinasi 21	1,20	1	-1	1
Kombinasi 22	1,20	1	-1	-1
Kombinasi 23	0,90	0	1	1

Kombinasi 24	0,90	0	1	-1
Kombinasi 25	0,90	0	-1	1
Kombinasi 26	0,90	0	-1	-1
Kombinasi Maximum				
<i>Envelope</i>	Nilai <i>absolute</i> dari seluruh kombinasi			

Kombinasi Maximum memiliki tipe kombinasi yang lain dari Kombinasi 1 sampai 18 yaitu kombinasi dengan tipe *linear add*, sementara Kombinasi Maximum adalah kombinasi dengan tipe *envelope*. Tipe kombinasi ini tidak bersifat menjumlahkan beban seperti halnya tipe kombinasi *linear add*, namun tipe ini berfungsi untuk mencari nilai gaya maksimum dan minimum dari beban yang bergerak (dimana pada beban bergerak, beban maksimum dan minimum pada suatu batang maupun *joint* tergantung dari posisi bebannya).

3.4.4 Perhitungan Berat Per Lantai Gedung

Untuk berat sendiri struktur diperoleh menggunakan bantuan program ETABS Ver. 15.

3.5.1 Dimensi Balok dan Kolom

Berikut adalah dimensi profil pada 4 Model dengan ketinggian beragam yang menggunakan breising tipe K pada arah sumbu X dan Y bangunan.

Tabel 3.7: Ukuran Dimensi Profil pada 4 Model.

	Uraian	Dimensi (mm)	BJ(Mpa)
Model 1, 3 tingkat	Kolom	WF 406x403x16x24x22	41
	Balok	WF 298x299x9x14x18	37
	Breising	WF 298x201x9x14x18	37
	Link	WF 298x299x9x14x18	34
Model 2, 6 tingkat	Kolom	WF 406x403x16x24x22	41
	Balok	WF 298x299x9x14x18	37
	Breising	WF 298x201x9x14x18	37
	Link	WF 298x299x9x14x18	34

Model 3, 12 tingkat	Kolom	WF 458x417x30x50x22	41
	Balok	WF 300x300x10x15x18	37
	Breising	WF 298x201x9x14x18	37
	Link	WF 300x300x10x15x18	34
Model 4, 24 tingkat	Kolom	WF 458x417x30x50x22	41
	Balok	WF 300x300x10x15x18	37
	Breising	WF 298x201x9x14x18	37
	Link	WF 300x300x10x15x18	34

Dalam analisis gedung SBKK ini menggunakan analisis dinamik respon spektrum berdasarkan SNI 1726-2012. Penguraian analisisnya sebagai berikut.

3.5.2 Analisis Respon Spektrum

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

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

Model 3 dan SRSS pada Model 4. Perhitungan mendetail pemilihan metode yang digunakan dalam pemodelan struktur dapat dilihat pada Bab 4.

Model 1

Tidak menggunakan link.

Tabel 3.8: Pengecekan perioda berdasarkan pembatasan waktu getar alami fundamental Model 1 tidak menggunakan link berdasarkan SNI 1726-2012.

Syarat Perioda				Hasil		
Arah	Ta Min	Ta Max	T hasil dari ETABS	Cek Min	Cek Max	T yg digunakan
Arah X	0,411	0,576	0,574		OK	OK
Arah Y	0,411	0,576	0,524		OK	OK

Tabel 3.9: Data perioda *output* program ETABS Model 1 tidak menggunakan link.

TABLE: Modal Participating Mass Ratios

Case	Mode	Period sec	UX	UY	Sum UX	Sum UY	%	Syarat CQC	SRSS
Modal	1	0,574	0	0,8428	0	0,8428	15,51%	Not OK	OK
Modal	2	0,524	0,8494	0	0,8494	0,8428	29,16%	Not OK	OK
Modal	3	0,385	0	0	0,8494	0,8428	53,66%	Not OK	OK
Modal	4	0,143	0	0,1362	0,8494	0,979	26,97%	Not OK	OK
Modal	5	0,132	0,1303	0	0,9797	0,979	20,72%	Not OK	OK
Modal	6	0,107	0	0	0,9797	0,979	19,32%	Not OK	OK
Modal	7	0,06	0	0,021	0,9797	1	33,80%	Not OK	OK
Modal	8	0,057	0,0203	0	1	1	14,89%	OK	Not OK
Modal	9	0,051	0	0	1	1	100,00%	Not OK	OK

SRSS

a. Penentuan faktor respon gempa (C) Model 1 tidak menggunakan link

Berdasarkan sub bab 2.4.1 untuk peraturan SNI 1726:2012, penentuan nilai koefisien respon seismik (C_s) berdasarkan Pers. 2.12-2.14 pada Bab 2, yang dijelaskan di bawah ini:

$$C_s \text{ maksimum} = \frac{S_D}{\left(\frac{R}{I}\right)}$$

$$C_s \text{ maksimum arah X} = \frac{0,9}{\left(\frac{8}{1}\right)} = 0,117$$

$$C_s \text{ maksimum arah Y} = \frac{0,9}{\left(\frac{8}{1}\right)} = 0,117$$

$$J) C_s \text{ hasil hitungan} = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I} \right)}$$

$$C_s \text{ hasil hitungan arah X} = \frac{0,6}{0,4 \left(\frac{8}{1} \right)} = 0,162$$

$$C_s \text{ hasil hitungan arah Y} = \frac{0,6}{0,5 \left(\frac{8}{1} \right)} = 0,137$$

$$J) C_s \text{ minimum} = 0,044 S_{DS} I = 0,01$$

$$C_s \text{ minimum} = 0,044 \cdot 0,932 \cdot 1 = 0,041$$

$$C_s \text{ minimum} = 0,044 \cdot 0,932 \cdot 1 = 0,041$$

Tabel 3.10: Rangkuman nilai C_s dan nilai C_s yang digunakan Model 2.

Arah	$C_s \text{ maks}$	$C_s \text{ hitungan}$	$C_s \text{ min}$	C_s yang digunakan
X	0,117	0,162	0,041	0,162
Y	0,117	0,137	0,041	0,137

Pemilihan nilai C_s diatas di dapat karena nilai C_s hitungan berada diantara C_s minimum dan C_s maksimum. Maka yang digunakan C_s hitungan sesuai Peraturan SNI 1726:2012.

Model 1 menggunakan link.

Tabel 3.11: Pengecekan perioda berdasarkan pembatasan waktu getar alami fundamental Model 1 menggunakan link berdasarkan SNI 1726-2012.

Syarat Perioda				Hasil		
Arah	Ta Min	Ta Max	T hasil dari ETABS	Cek Min	Cek Max	T yg digunakan
Arah X	0,411	0,576	0,362		NOT OK	OK
Arah Y	0,411	0,576	0,352		NOT OK	OK

Tabel 3.12: Data perioda *output* program ETABS Model 1 menggunakan link.

TABLE: Modal Participating Mass Ratios

Case	Mode	Period sec	UX	UY	Sum UX	Sum UY	%	Syarat CQC	SRSS
Modal	1	0,362	0	0,9166	0	0,9166	9,97%	OK	Not OK
Modal	2	0,352	0,8665	0	0,8665	0,9166	32,63%	Not OK	OK
Modal	3	0,225	0	0	0,8665	0,9166	48,00%	Not OK	OK
Modal	4	0,117	0	0,072	0,8665	0,9886	18,80%	Not OK	OK
Modal	5	0,095	0,1155	0	0,982	0,9886	26,32%	Not OK	OK
Modal	6	0,07	0	0	0,982	0,9886	14,29%	OK	Not OK
Modal	7	0,06	0	0,0114	0,982	1	28,33%	Not OK	OK
Modal	8	0,043	0,018	0	1	1	18,60%	Not OK	OK

Modal	9	0,035	0	0	1	1	17,14%	Not OK	OK
Modal	10	0,029	0	0	1	1	37,93%	Not OK	OK
Modal	11	0,018	0	0	1	1	33,33%	Not OK	OK
Modal	12	0,012	0	0	1	1	100,00%	Not OK	OK

SRSS

b. Penentuan faktor respon gempa (C_s) Model 1 menggunakan link

Berdasarkan sub bab 2.4.1 untuk peraturan SNI 1726:2012, penentuan nilai koefisien respon seismik (C_s) berdasarkan Pers. 2.12-2.14 pada Bab 2, yang dijelaskan di bawah ini:

$$) C_{s \text{ maksimum}} = \frac{S_D}{\left(\frac{R}{I}\right)}$$

$$C_{s \text{ maksimum}} \text{ arah X} = \frac{0,9}{\left(\frac{R}{I}\right)} = 0,117$$

$$C_{s \text{ maksimum}} \text{ arah Y} = \frac{0,9}{\left(\frac{R}{I}\right)} = 0,117$$

$$) C_{s \text{ hasil hitungan}} = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I}\right)}$$

$$C_{s \text{ hasil hitungan}} \text{ arah X} = \frac{0,6}{0,3 \left(\frac{R}{I}\right)} = 0,224$$

$$C_{s \text{ hasil hitungan}} \text{ arah Y} = \frac{0,6}{0,3 \left(\frac{R}{I}\right)} = 0,202$$

$$) C_{s \text{ minimum}} = 0,044 S_{DS} I \quad 0,01$$

$$C_{s \text{ minimum}} = 0,044 \cdot 0,932 \cdot 1 = 0,041$$

$$C_{s \text{ minimum}} = 0,044 \cdot 0,932 \cdot 1 = 0,041$$

Tabel 3.13: Rangkuman nilai C_s dan nilai C_s yang digunakan Model 1 Menggunakan Link .

Arah	$C_{s \text{ maks}}$	$C_{s \text{ hitungan}}$	$C_{s \text{ min}}$	$C_{s \text{ yang digunakan}}$
X	0,117	0,224	0,041	0,117
Y	0,117	0,202	0,041	0,117

Pemilihan nilai C_s diatas di dapat karena nilai $C_{s \text{ hitungan}}$ berada diantara $C_{s \text{ minimum}}$ dan $C_{s \text{ maksimum}}$. Maka yang digunakan $C_{s \text{ hitungan}}$ sesuai Peraturan SNI 1726:2012.

Model 2 tidak menggunakan link

Tabel 3.14: Pengecekan perioda berdasarkan pembatasan waktu getar alami fundamental Model 2 tidak menggunakan link berdasarkan SNI 1726-2012.

Syarat Perioda			Hasil		T yg digunakan	
Arah	Ta Min	Ta Max	T hasil dari ETABS	Cek Min		Cek Max
Arah X	0,665	0,931	1,365	OK	NOT OK	0,931
Arah Y	0,665	0,931	1,131	OK	NOT OK	0,931

Tabel 3.15: Data perioda *output* program ETABS Model 2 tidak menggunakan link.

TABLE: Modal Participating Mass Ratios

Case	Mode	Period	UX	UY	Sum UX	Sum UY	%	Syarat CQC	SRSS
		sec							
Modal	1	1,365	0	0,8592	0	0,8576	17,14%	Not OK	OK
Modal	2	1,131	0,8232	0	0,8176	0,8576	31,21%	Not OK	OK
Modal	3	0,778	0	0	0,8176	0,8576	45,24%	Not OK	OK
Modal	4	0,426	0	0,0947	0,8176	0,9537	21,60%	Not OK	OK
Modal	5	0,334	0,1132	0	0,9341	0,9537	27,84%	Not OK	OK
Modal	6	0,241	0	0	0,9341	0,9537	6,67%	OK	Not OK
Modal	7	0,229	0	0,0299	0,9341	0,984	28,57%	Not OK	OK
Modal	8	0,165	0,0412	0	0,977	0,984	12,00%	OK	Not OK
Modal	9	0,144	0	0,0114	0,977	0,9954	9,09%	OK	Not OK
Modal	10	0,128	0	0	0,977	0,9954	22,50%	Not OK	OK
Modal	11	0,1	0	0,0039	0,977	0,9992	4,84%	OK	Not OK
Modal	12	0,098	0,0161	0	0,9936	0,9992	100,00%	Not OK	

SRSS

c. Penentuan faktor respon gempa (C) Model 2 tidak menggunakan link

Berdasarkan sub bab 2.4.1 untuk peraturan SNI 1726:2012, penentuan nilai koefisien respon seismik (C_s) berdasarkan Pers. 2.12-2.14 pada Bab 2, yang dijelaskan di bawah ini:

$$C_s \text{ maksimum} = \frac{S_D}{\left(\frac{R}{I}\right)}$$

$$C_s \text{ maksimum arah X} = \frac{0,9}{\left(\frac{8}{1}\right)} = 0,117$$

$$C_{s \text{ maksimum arah Y}} = \frac{0,9}{\left(\frac{R}{I}\right)} = 0,117$$

$$) \quad C_{s \text{ hasil hitungan}} = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I}\right)}$$

$$C_{s \text{ hasil hitungan arah X}} = \frac{0,6}{0,6 \left(\frac{R}{I}\right)} = 0,108$$

$$C_{s \text{ hasil hitungan arah Y}} = \frac{0,6}{0,8 \left(\frac{R}{I}\right)} = 0,089$$

$$) \quad C_{s \text{ minimum}} = 0,044 S_{DS} I \quad 0,01$$

$$C_{s \text{ minimum}} = 0,044 \cdot 0,932 \cdot 1 = 0,041$$

$$C_{s \text{ minimum}} = 0,044 \cdot 0,932 \cdot 1 = 0,041$$

Tabel 3.16: Rangkuman nilai C_s dan nilai C_s yang digunakan Model 2.

Arah	$C_{s \text{ maks}}$	$C_{s \text{ hitungan}}$	$C_{s \text{ min}}$	$C_{s \text{ yang digunakan}}$
X	0,117	0,108	0,041	0,108
Y	0,117	0,089	0,041	0,089

Pemilihan nilai C_s diatas di dapat karena nilai $C_{s \text{ hitungan}}$ berada diantara $C_{s \text{ minimum}}$ dan $C_{s \text{ maksimum}}$. Maka yang digunakan $C_{s \text{ hitungan}}$ sesuai Peraturan SNI 1726:2012.

Model 2 menggunakan link.

Tabel 3.17: Pengecekan perioda berdasarkan pembatasan waktu getar alami fundamental Model 2 menggunakan berdasarkan SNI 1726-2012.

Syarat Perioda				Hasil		
Arah	Ta Min	Ta Max	T hasil dari ETABS	Cek Min	Cek Max	T yg digunakan
Arah X	0,665	0,931	0,775	OK	OK	0,775
Arah Y	0,665	0,931	0,717	OK	OK	0,717

Tabel 3.18: Data perioda *output* program ETABS Model 2 menggunakan link.

TABLE: Modal Participating Mass Ratios

Case	Mode	Period	UX	UY	Sum UX	Sum UY		Syarat	
		sec					%	CQC	SRSS
Modal	1	0,886	0	0,8724	0	0,8681	8,35%	OK	Not OK
Modal	2	0,812	0,8408	0	0,8301	0,8681	34,73%	Not OK	OK

Modal	3	0,53	0	0	0,8301	0,8681	43,02%	Not OK	OK
Modal	4	0,302	0	0,0947	0,8301	0,9617	13,25%	OK	Not OK
Modal	5	0,262	0,1089	0	0,9416	0,9617	32,06%	Not OK	OK
Modal	6	0,178	0	0	0,9416	0,9617	7,30%	OK	Not OK
Modal	7	0,165	0	0,0223	0,9416	0,9872	17,58%	Not OK	OK
Modal	8	0,136	0,0328	0	0,9796	0,9872	19,12%	Not OK	OK
Modal	9	0,11	0	0,0074	0,9796	0,9962	11,82%	OK	Not OK
Modal	10	0,097	0	0	0,9796	0,9962	12,37%	OK	Not OK
Modal	11	0,085	0,0123	0	0,9942	0,9962	4,71%	OK	Not OK
Modal	12	0,081	0	0,0026	0,9942	0,9993	100,00%	Not OK	OK
SRSS									

d. Penentuan faktor respon gempa (C) Model 2 menggunakan link.

Berdasarkan sub bab 2.4.1 untuk peraturan SNI 1726:2012, penentuan nilai koefisien respon seismik (C_s) berdasarkan Pers. 2.12-2.14 pada Bab 2, yang dijelaskan di bawah ini:

$$) C_{s \text{ maksimum}} = \frac{S_D}{\left(\frac{R}{I}\right)}$$

$$C_{s \text{ maksimum}} \text{ arah X} = \frac{0,9}{\left(\frac{R}{I}\right)} = 0,117$$

$$C_{s \text{ maksimum}} \text{ arah Y} = \frac{0,9}{\left(\frac{R}{I}\right)} = 0,117$$

$$) C_{s \text{ hasil hitungan}} = \frac{S_{D1}}{I\left(\frac{R}{I}\right)}$$

$$C_{s \text{ hasil hitungan}} \text{ arah X} = \frac{0,6}{0,6 \left(\frac{R}{I}\right)} = 0,109$$

$$C_{s \text{ hasil hitungan}} \text{ arah Y} = \frac{0,6}{0,6 \left(\frac{R}{I}\right)} = 0,107$$

$$) C_{s \text{ minimum}} = 0,044 S_{DS} \text{ I } 0,01$$

$$C_{s \text{ minimum}} = 0,044 \cdot 0,932 \cdot 1 = 0,041$$

$$C_{s \text{ minimum}} = 0,044 \cdot 0,932 \cdot 1 = 0,041$$

Tabel 3.19: Rangkuman nilai C_s dan nilai C_s yang digunakan Model 2.

Arah	$C_s \text{ maks}$	$C_s \text{ hitungan}$	$C_s \text{ min}$	C_s yang digunakan
------	--------------------	------------------------	-------------------	----------------------

X	0,117	0,109	0,041	0,109
Y	0,117	0,107	0,041	0,107

Pemilihan nilai C_s diatas di dapat karena nilai C_s hitungan berada diantara C_s minimum dan C_s maksimum. Maka yang digunakan C_s hitungan sesuai Peraturan SNI 1726:2012.

Model 3 tidak menggunakan link

Tabel 3.20: Pengecekan perioda berdasarkan pembatasan waktu getar alami fundamental Model 3 tidak menggunakan link berdasarkan SNI 1726-2012.

Syarat Perioda				Hasil		T yg digunakan
Arah	Ta Min	Ta Max	T hasil dari ETABS	Cek Min	Cek Max	
Arah X	1,097	1,535	2,423	OK	NOT OK	1,535
Arah Y	1,097	1,535	2,153	OK	NOT OK	1,535

Tabel 3.21: Data perioda *output* program ETABS Model 3 tidak menggunakan link.

TABLE: Modal Participating Mass Ratios

Case	Mode	Period	UX	UY	Sum UX	Sum UY	%	Syarat	
		sec						CQC	SRSS
Modal	1	2,423	0	0,8157	0	0,8295	2,50%	OK	Not OK
Modal	2	2,153	0,7862	0	0,8014	0,8295	33,58%	Not OK	OK
Modal	3	1,431	0	0	0,8014	0,8295	44,57%	Not OK	OK
Modal	4	0,775	0	0,0991	0,8014	0,9271	14,84%	OK	Not OK
Modal	5	0,655	0,1081	0	0,9059	0,9271	31,40%	Not OK	OK
Modal	6	0,454	0	0	0,9059	0,9271	2,51%	OK	Not OK
Modal	7	0,431	0	0,0375	0,9059	0,9612	19,29%	Not OK	OK
Modal	8	0,339	0,0453	0	0,9467	0,9612	16,73%	Not OK	OK
Modal	9	0,281	0	0,0198	0,9467	0,9781	13,40%	OK	Not OK
Modal	10	0,25	0	0	0,9467	0,9781	11,60%	OK	Not OK
Modal	11	0,207	0,0251	0	0,9689	0,9781	5,00%	OK	Not OK
Modal	12	0,198	0	0,0116	0,9689	0,9875	100,00%	Not OK	OK

e. Penentuan faktor respon gempa (C) Model 3 tidak menggunakan link.

Berdasarkan sub bab 2.4.1 untuk peraturan SNI 1726:2012, penentuan nilai koefisien respon seismik (C_s) berdasarkan Pers. 2.12-2.14 pada Bab 2, yang dijelaskan di bawah ini:

$$J) C_{s \text{ maksimum}} = \frac{S_D}{\left(\frac{R}{I}\right)}$$

$$C_{s \text{ maksimum}} \text{ arah X} = \frac{0,9}{\left(\frac{R}{I}\right)} = 0,117$$

$$C_{s \text{ maksimum}} \text{ arah Y} = \frac{0,9}{\left(\frac{R}{I}\right)} = 0,117$$

$$J) C_{s \text{ hasil hitungan}} = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I}\right)}$$

$$C_{s \text{ hasil hitungan}} \text{ arah X} = \frac{0,6}{1,4 \left(\frac{R}{I}\right)} = 0,050$$

$$C_{s \text{ hasil hitungan}} \text{ arah Y} = \frac{0,6}{1,5 \left(\frac{R}{I}\right)} = 0,049$$

$$J) C_{s \text{ minimum}} = 0,044 S_{DS} I = 0,01$$

$$C_{s \text{ minimum}} = 0,044 \cdot 0,932 \cdot 1 = 0,041$$

$$C_{s \text{ minimum}} = 0,044 \cdot 0,932 \cdot 1 = 0,041$$

Tabel 3.22: Rangkuman nilai C_s dan nilai C_s yang digunakan Model 2.

Arah	$C_{s \text{ maks}}$	$C_{s \text{ hitungan}}$	$C_{s \text{ min}}$	C_s yang digunakan
X	0,117	0,050	0,041	0,050
Y	0,117	0,049	0,041	0,049

Pemilihan nilai C_s diatas di dapat karena nilai $C_{s \text{ hitungan}}$ berada diantara $C_{s \text{ minimum}}$ dan $C_{s \text{ maksimum}}$. Maka yang digunakan $C_{s \text{ hitungan}}$ sesuai Peraturan SNI 1726:2012.

Model 3 menggunakan link

Tabel 3.23: Pengecekan perioda berdasarkan pembatasan waktu getar alami fundamental Model 2 menggunakan berdasarkan SNI 1726-2012.

Syarat Perioda				Hasil		T yg digunakan
Arah	Ta Min	Ta Max	T hasil dari ETABS	Cek Min	Cek Max	
Arah X	1,097	1,535	1,488	OK	OK	1,488
Arah Y	1,097	1,535	1,411	OK	OK	1,411

Tabel 3.24: Data perioda *output* program ETABS Model 3 menggunakan link.

TABLE: Modal Participating Mass Ratios

Case	Mode	Period	UX	UY	Sum UX	Sum UY		Syarat	
		sec					%	CQC	SRSS
Modal	1	2,423	0	0,8157	0	0,8254	7,33%	OK	Not OK
Modal	2	2,153	0,7862	0	0,8017	0,8254	35,24%	Not OK	OK
Modal	3	1,431	0	0	0,8017	0,8254	44,84%	Not OK	OK
Modal	4	0,775	0	0,0991	0,8017	0,935	10,50%	OK	Not OK
Modal	5	0,655	0,1081	0	0,9143	0,935	33,16%	Not OK	OK
Modal	6	0,454	0	0	0,9143	0,935	6,11%	OK	Not OK
Modal	7	0,431	0	0,0375	0,9143	0,9681	13,41%	OK	Not OK
Modal	8	0,339	0,0453	0	0,9532	0,9681	20,66%	Not OK	OK
Modal	9	0,281	0	0,0198	0,9532	0,9827	12,43%	OK	Not OK
Modal	10	0,25	0	0	0,9532	0,9827	5,41%	OK	Not OK
Modal	11	0,207	0,0251	0	0,973	0,9827	10,71%	OK	Not OK
Modal	12	0,198	0	0,0116	0,973	0,9903	100,00%	Not OK	OK
									CQC

f. Penentuan faktor respon gempa (C) Model 3 menggunakan link.

Berdasarkan sub bab 2.4.1 untuk peraturan SNI 1726:2012, penentuan nilai koefisien respon seismik (C_s) berdasarkan Pers. 2.12-2.14 pada Bab 2, yang dijelaskan di bawah ini:

$$) \quad C_{s \text{ maksimum}} = \frac{S_D}{\left(\frac{R}{I}\right)}$$

$$C_{s \text{ maksimum}} \text{ arah X} = \frac{0,9}{\left(\frac{R}{I}\right)} = 0,117$$

$$C_{s \text{ maksimum}} \text{ arah Y} = \frac{0,9}{\left(\frac{R}{I}\right)} = 0,117$$

$$) \quad C_{s \text{ hasil hitungan}} = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I}\right)}$$

$$C_{s \text{ hasil hitungan}} \text{ arah X} = \frac{0,6}{1,2 \left(\frac{R}{I}\right)} = 0,061$$

$$C_{s \text{ hasil hitungan}} \text{ arah Y} = \frac{0,6}{1,3 \left(\frac{R}{I}\right)} = 0,056$$

$$) \quad C_{s \text{ minimum}} = 0,044 S_{DS} \text{ I } 0,01$$

$$C_{s \text{ minimum}} = 0,044 \cdot 0,932 \cdot 1 = 0,041$$

$$C_{s \text{ minimum}} = 0,044 \cdot 0,932 \cdot 1 = 0,041$$

Tabel 3.25: Rangkuman nilai C_s dan nilai C_s yang digunakan Model 3.

Arah	$C_{s \text{ maks}}$	$C_{s \text{ hitungan}}$	$C_{s \text{ min}}$	C_s yang digunakan
X	0,117	0,061	0,041	0,061
Y	0,117	0,056	0,041	0,056

Pemilihan nilai C_s diatas di dapat karena nilai $C_{s \text{ hitungan}}$ berada diantara $C_{s \text{ minimum}}$ dan $C_{s \text{ maksimum}}$. Maka yang digunakan $C_{s \text{ hitungan}}$ sesuai Peraturan SNI 1726:2012.

MODEL 4 Tidak menggunakan link.

Tabel 3.26: Pengecekan perioda berdasarkan pembatasan waktu getar alami fundamental Model 4 tidak menggunakan link berdasarkan SNI 1726-2012.

Syarat Perioda				Hasil		T yg digunakan
Arah	Ta Min	Ta Max	T hasil dari ETABS	Cek Min	Cek Max	
Arah X	1,826	2,556	4,967	OK	NOT OK	2,556
Arah Y	1,826	2,556	4,577	OK	NOT OK	2,556

Tabel 3.27: Data perioda *output* program ETABS Model 4 tidak menggunakan link.

TABLE: Modal Participating Mass Ratios

Case	Mode	Period sec	UX	UY	Sum UX	Sum UY	%	Syarat CQC	SRSS
Modal	1	4,967	0	0,8049	0	0,8151	7,18%	OK	Not OK
Modal	2	4,577	0,7862	0	0,7961	0,8151	36,75%	Not OK	OK
Modal	3	2,904	0	0	0,7961	0,8151	39,37%	Not OK	OK
Modal	4	1,626	0	0,099	0,7961	0,9215	15,46%	Not OK	OK
Modal	5	1,467	0,1016	0	0,9078	0,9215	31,92%	Not OK	OK
Modal	6	0,953	0	0	0,9078	0,9553	4,81%	OK	Not OK
Modal	7	0,938	0	0,0349	0,9078	0,9553	12,84%	OK	Not OK
Modal	8	0,818	0,0379	0	0,9436	0,9553	15,22%	Not OK	OK
Modal	9	0,647	0	0,0184	0,9436	0,9715	18,23%	Not OK	OK
Modal	10	0,287	0,0182	0	0,9618	0,9715	1,74%	OK	Not OK
Modal	11	0,282	0	0	0,9618	0,9715	4,61%	OK	Not OK
Modal	12	0,269	0	0,0092	0,9618	0,9807	100,00%	Not OK	OK

g. Penentuan faktor respon gempa (C) model 4 tidak menggunakan link

Berdasarkan sub bab 2.4.1 untuk peraturan SNI 1726:2012, penentuan nilai koefisien respon seismik (C_s) berdasarkan Pers. 2.12-2.14 pada Bab 2, yang dijelaskan di bawah ini:

$$) C_{s \text{ maksimum}} = \frac{S_D}{\left(\frac{R}{I}\right)}$$

$$C_{s \text{ maksimum}} \text{ arah X} = \frac{0,9}{\left(\frac{R}{I}\right)} = 0,117$$

$$C_{s \text{ maksimum}} \text{ arah Y} = \frac{0,9}{\left(\frac{R}{I}\right)} = 0,117$$

$$) C_{s \text{ hasil hitungan}} = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I}\right)}$$

$$C_{s \text{ hasil hitungan}} \text{ arah X} = \frac{0,6}{2,2 \left(\frac{R}{I}\right)} = 0,033$$

$$C_{s \text{ hasil hitungan}} \text{ arah Y} = \frac{0,6}{2,4 \left(\frac{R}{I}\right)} = 0,030$$

$$) C_{s \text{ minimum}} = 0,044 S_{DS} \text{ I } 0,01$$

$$C_{s \text{ minimum}} = 0,044 \cdot 0,932 \cdot 1 = 0,041$$

$$C_{s \text{ minimum}} = 0,044 \cdot 0,932 \cdot 1 = 0,041$$

Tabel 3.28: Rangkuman nilai C_s dan nilai C_s yang digunakan Model 4 tidak menggunakan link.

Arah	$C_{s \text{ maks}}$	$C_{s \text{ hitungan}}$	$C_{s \text{ min}}$	C_s yang digunakan
X	0,117	0,033	0,041	0,041
Y	0,117	0,030	0,041	0,041

Pemilihan nilai C_s diatas di dapat karena nilai $C_{s \text{ hitungan}}$ berada diantara $C_{s \text{ minimum}}$ dan $C_{s \text{ maksimum}}$. Maka yang digunakan $C_{s \text{ hitungan}}$ sesuai Peraturan SNI 1726:2012.

Model 4 Menggunakan link.

Tabel 3.29: Pengecekan perioda berdasarkan pembatasan waktu getar alami fundamental Model 2 menggunakan berdasarkan SNI 1726-2012.

Syarat Perioda				Hasil		
Arah	Ta Min	Ta Max	T hasil dari ETABS	Cek Min	Cek Max	T yg digunakan
Arah X	1,826	2,556	3,666	OK	NOT OK	2,556

Arah Y	1,826	2,556	3,534	OK	NOT OK	2,556
--------	-------	-------	-------	----	--------	-------

Tabel 3.30: Data perioda *output* program ETABS Model 4 menggunakan link.

TABLE: Modal Participating Mass Ratios

Case	Mode	Period	UX	UY	Sum UX	Sum UY	%	Syarat	
		sec						CQC	SRSS
Modal	1	3,666	0	0,7694	0	0,7772	7,60%	OK	Not OK
Modal	2	3,534	0,7603	0	0,7718	0,7772	39,36%	Not OK	OK
Modal	3	2,194	0	0	0,7718	0,7772	42,11%	Not OK	OK
Modal	4	1,18	0	0,1334	0,7718	0,9095	8,72%	OK	Not OK
Modal	5	1,118	0,1296	0	0,9024	0,9095	37,31%	Not OK	OK
Modal	6	0,71	0	0	0,9024	0,9095	1,90%	OK	Not OK
Modal	7	0,648	0	0,0427	0,9024	0,9533	9,95%	OK	Not OK
Modal	8	0,605	0,0432	0	0,9446	0,9533	23,18%	Not OK	OK
Modal	9	0,443	0	0,0196	0,9446	0,973	10,18%	OK	Not OK
Modal	10	0,405	0,0213	0	0,9648	0,973	4,30%	OK	Not OK
Modal	11	0,395	0	0	0,9648	0,973	11,43%	OK	Not OK
Modal	12	0,333	0	0,0109	0,9648	0,9832	100,00%	Not OK	OK
									CQC

h. Penentuan faktor respon gempa (C)

Berdasarkan sub bab 2.4.1 untuk peraturan SNI 1726:2012, penentuan nilai koefisien respon seismik (C_s) berdasarkan Pers. 2.12-2.14 pada Bab 2, yang dijelaskan di bawah ini:

$$J) C_{s \text{ maksimum}} = \frac{S_D}{\left(\frac{R}{I}\right)}$$

$$C_{s \text{ maksimum}} \text{ arah X} = \frac{0,9}{\left(\frac{R}{I}\right)} = 0,117$$

$$C_{s \text{ maksimum}} \text{ arah Y} = \frac{0,9}{\left(\frac{R}{I}\right)} = 0,117$$

$$J) C_{s \text{ hasil hitungan}} = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I}\right)}$$

$$C_{s \text{ hasil hitungan}} \text{ arah X} = \frac{0,6}{2,0 \left(\frac{R}{I}\right)} = 0,035$$

$$C_s \text{ hasil hitungan arah Y} = \frac{0,6}{2,2 \left(\frac{H}{I}\right)} = 0,033$$

$$J) C_s \text{ minimum} = 0,044 S_{DS} I = 0,01$$

$$C_s \text{ minimum} = 0,044 \cdot 0,932 \cdot 1 = 0,041$$

$$C_s \text{ minimum} = 0,044 \cdot 0,932 \cdot 1 = 0,041$$

Tabel 3.31: Rangkuman nilai C_s dan nilai C_s yang digunakan Model 4 menggunakan link.

Arah	$C_s \text{ maks}$	$C_s \text{ hitungan}$	$C_s \text{ min}$	$C_s \text{ yang digunakan}$
X	0,117	0,035	0,041	0,041
Y	0,117	0,033	0,041	0,041

Pemilihan nilai C_s diatas di dapat karena nilai C_s hitungan berada diantara C_s minimum dan C_s maksimum. Maka yang digunakan C_s hitungan sesuai Peraturan SNI 1726:2012.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Tinjauan Umum

Pada bab ini akan membahas beberapa nilai perbedaan hasil analisis oleh program struktur pada tiap model. Diantaranya adalah nilai simpangan, gaya-gaya dalam struktur gedung, kekakuan gedung dan tahanan gempa. Berdasarkan tiga jenis pemodelan struktur, yaitu struktur gedung yang dimodelkan dengan perbedaan panjang link 5 macam dari 4 jenis model dengan ketinggian yang berbeda pula dengan menggunakan bresing tipe K. untuk penempatan bresingnya semuanya sama terletak pada dua sisi arah X dan arah Y. Model 1, 2, 3 dan 4 masing-masing dengan jumlah lantai 3, 6, 12 dan 24 dengan perbedaan panjang link untuk penempatan bresing semuanya sama pada dua sisi arah bangunan X dan Y.

4.2 Hasil Analisis Gedung

Pada semua model analisis respon spektrum ini dilakukan dengan metode kombinasi akar jumlah kuadrat (*Square Root of the Sum of Squares/SRSS*).

4.2.1 Model 1

Tabel 4.1: Nilai simpangan antar tingkat model 1 tanpa link.

Tingkat	h (mm)	Perpindahan Elastis		Simpangan antar tingkat		(i*Cd)/Ie		Syarat		CEK	
		X	Y	X	Y	X	Y	0,02*hsx		X	Y
		mm	Mm	mm	mm	mm	mm	X	Y	X	Y
1	3000	1,8	13,8	4,9	37,9	10,7	68,9	46,1	46,1	OK	OK
2	3000	1,7	9,6	3,5	19,9	8,5	57,8	46,1	46,1	OK	OK
3	4000	1,0	5,1	2,2	10,4	4,7	37,2	61,5	61,5	OK	OK

Tabel 4.2 : Distribusi kekakuan tingkat bangunan arah X bangunan.

Distribusi kekakuan tingkat pada arah X

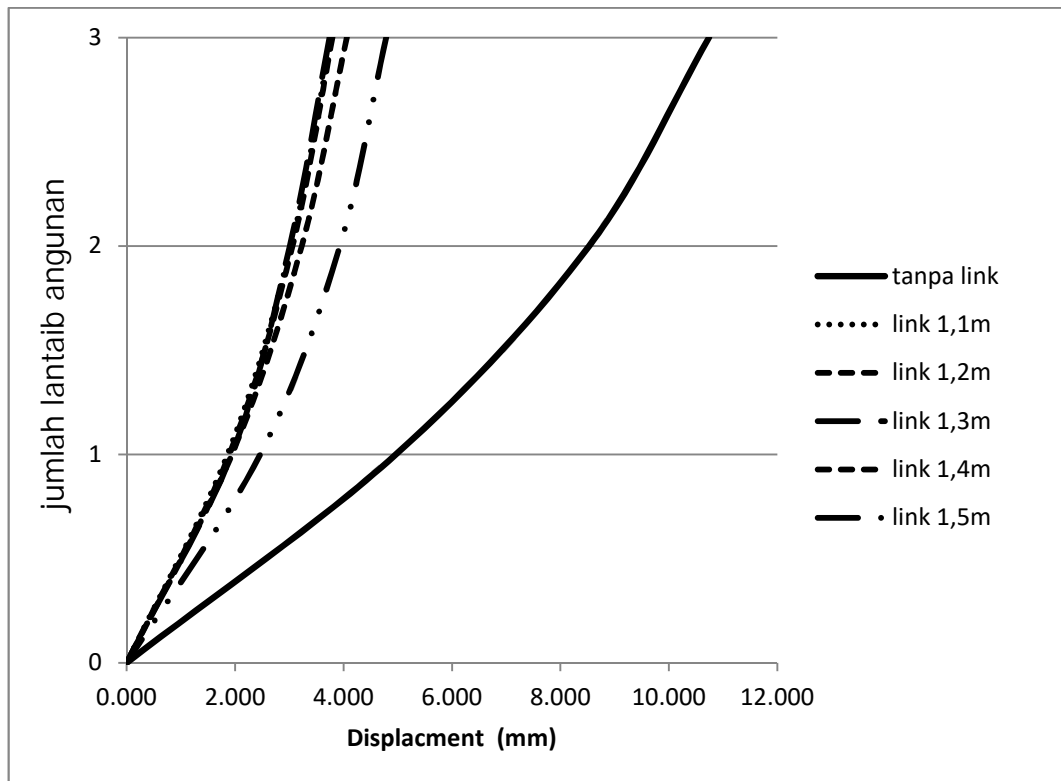
Tingkat	Tinggi tingkat	Kekakuan Total X	Ki/Ki*100	Rata-Rata Kekakuan	Ki/Kr
---------	----------------	------------------	-----------	--------------------	-------

	(m)	Arah X	%	3 tingkat (Kr)	%
3	10	56738,447			
2	7	62234,648	109,686	59240,475	
1	4	58748,332	94,3981	40327,66	99,1692

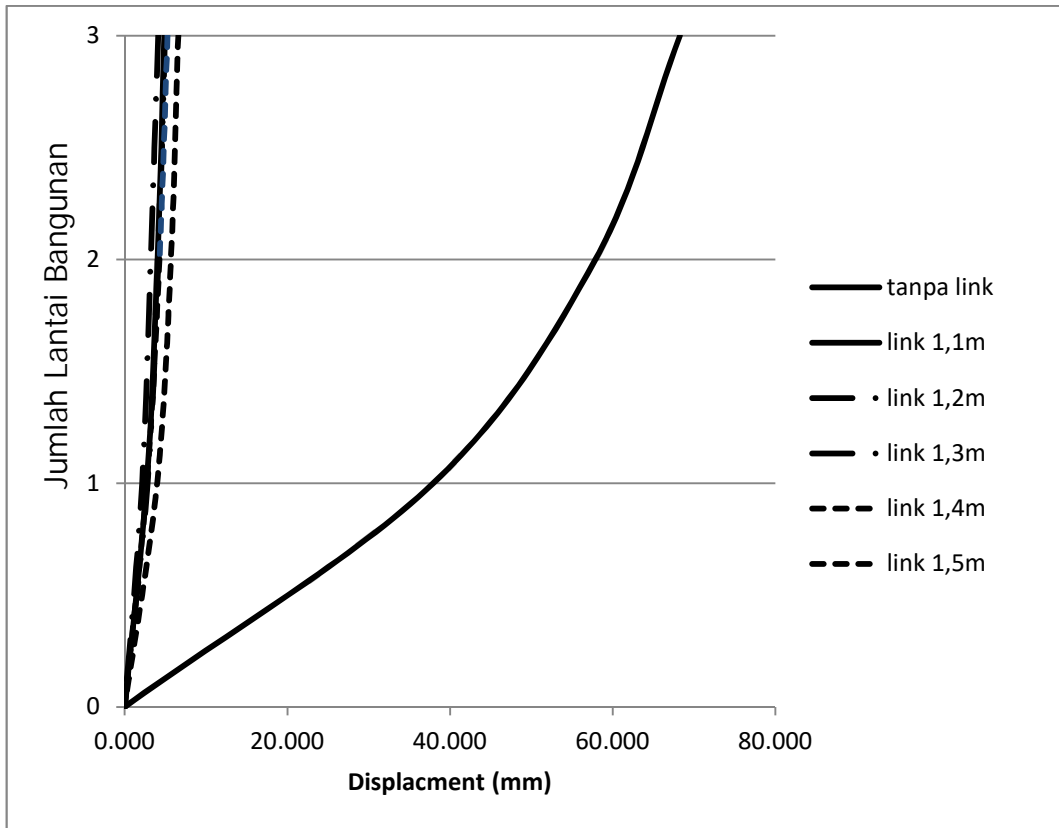
Tabel 4.3: Distribusi kekakuan tingkat bangunan arah Y bangunan.

Distribusi kekakuan tingkat pada arah Y

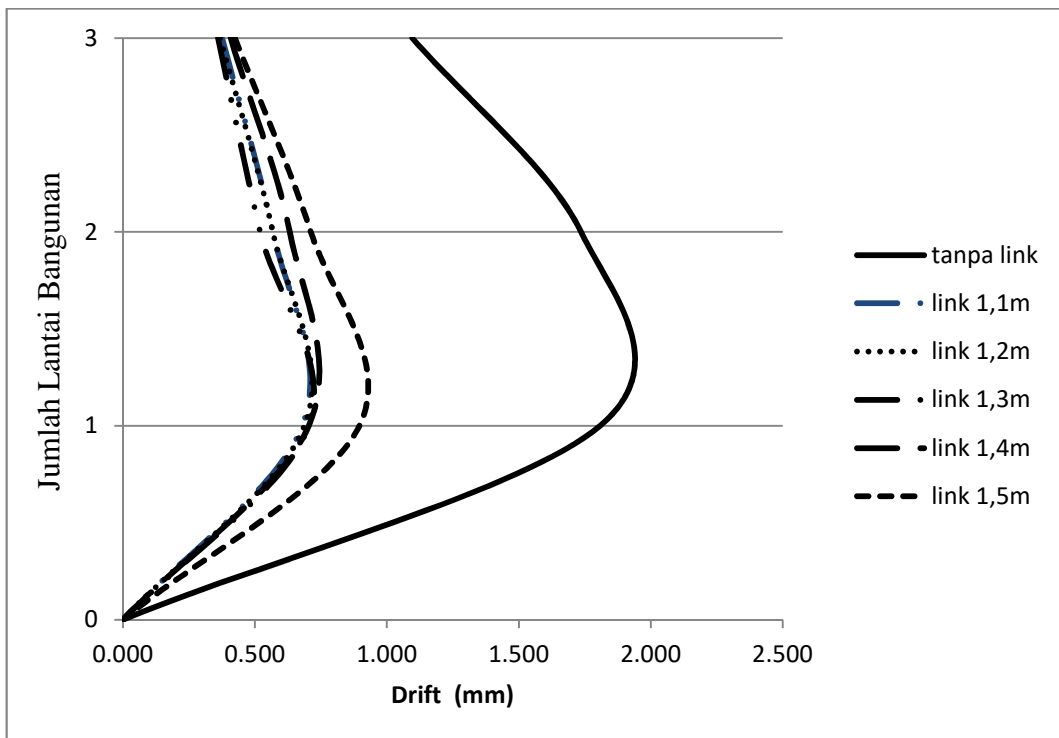
Tingkat	Tinggi tingkat (m)	Kekakuan Total Y	Ki/Ki*100	Rata-Rata Kekakuan	Ki/Kr
		Arah Y	%	3 tingkat (Kr)	%
3	10	63933,116			
2	7	66787,765	104,4650	62472,837	
1	4	56697,631	84,89224	41161,7986	90,7556



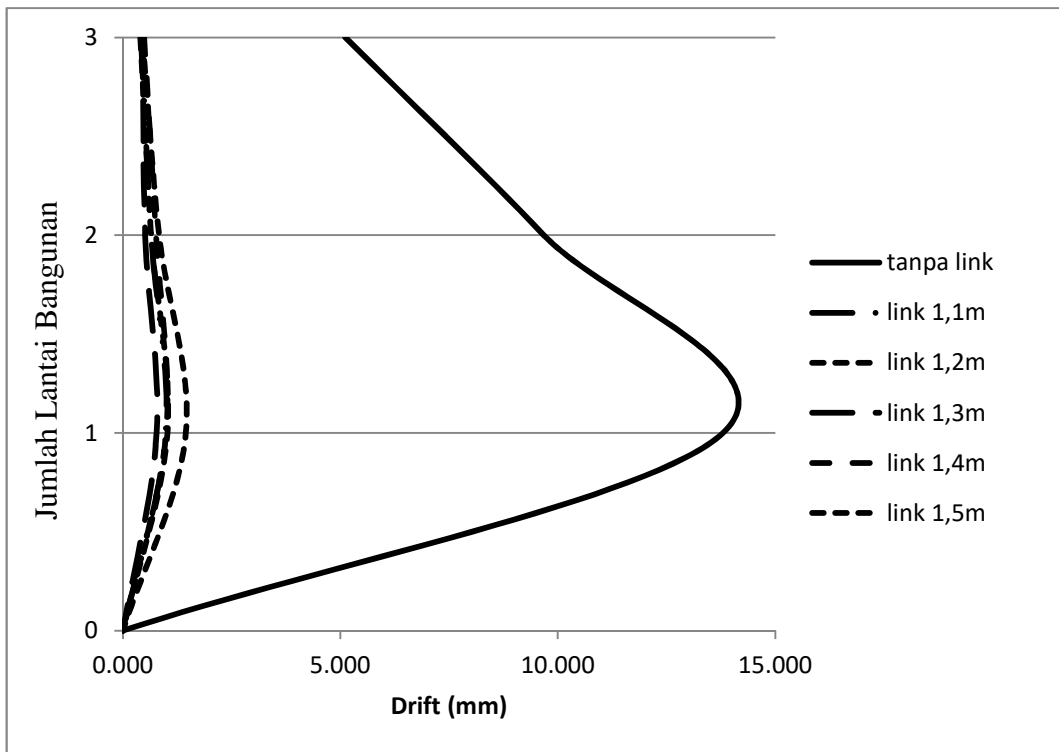
Gambar 4.1: Diagram perpindahan pada lantai untuk berbagai jenis panjang link bresing eksentris pada arah X



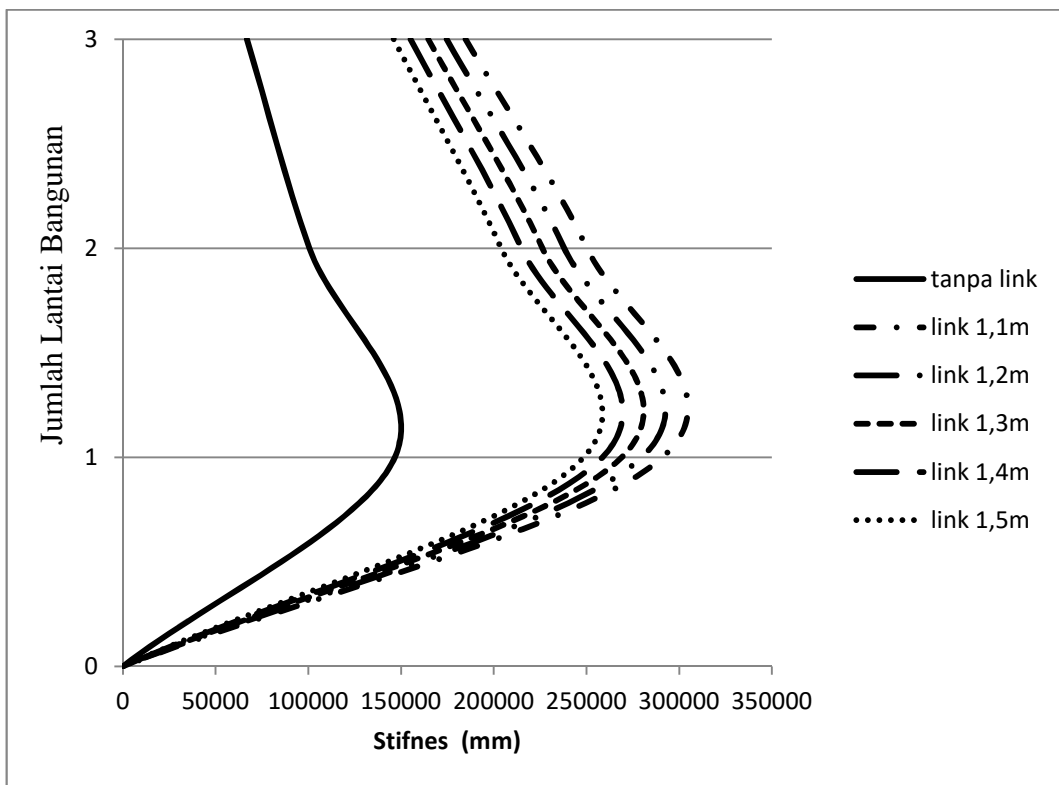
Gambar 4.2: Diagram perpindahan pada lantai untuk berbagai jenis panjang link bresing eksentris pada arah Y



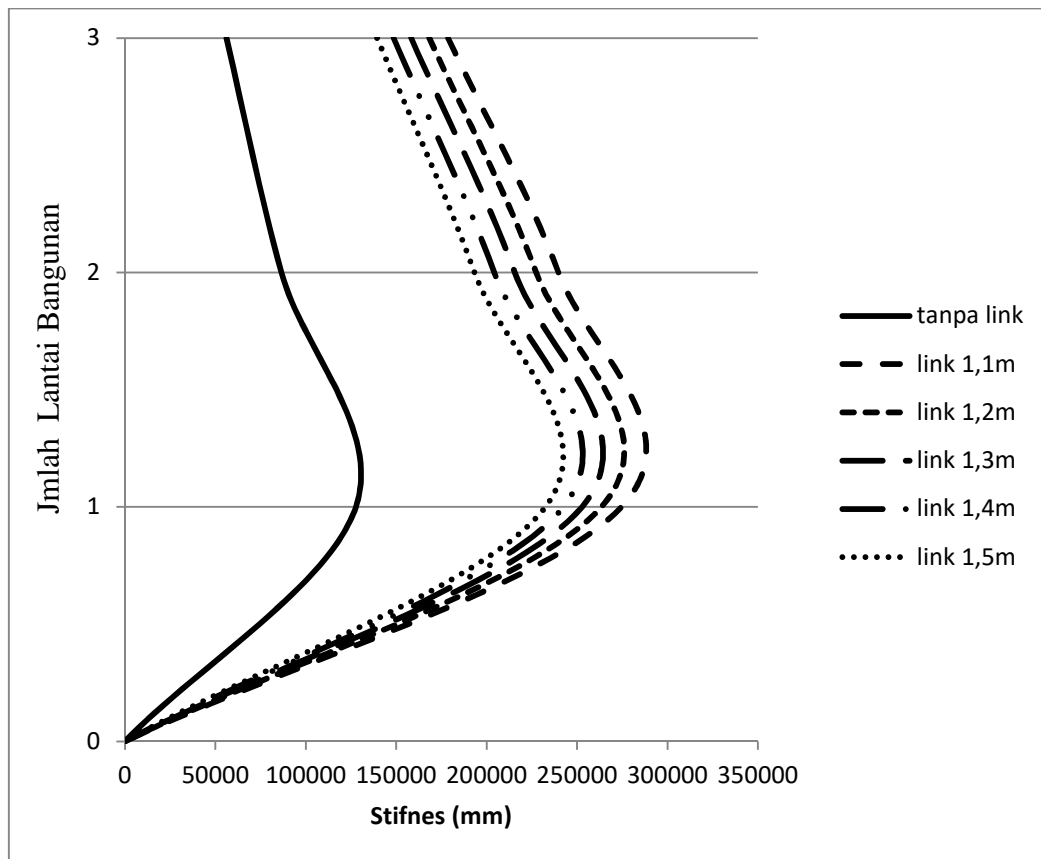
Gambar 4.3: Diagram simpangan pada lantai untuk berbagai jenis panjang link bresing eksentris pada arah X



Gambar 4.4: Diagram simpangan pada lantai untuk berbagai jenis panjang link bresing eksentris pada arah Y



Gambar 4.5: Diagram kekakuan tingkat pada lantai untuk berbagai jenis panjang link besing eksentris pada arah X



Gambar 4.6: Diagram kekakuan tingkat pada lantai untuk berbagai jenis panjang link besing eksentris pada arah Y

4.2.2 Model 2

Tabel 4.4: Nilai simpangan antar tingkat model 2 tanpa bresing

Tingkat	h (mm)	Displacement		Simpangan antar tingkat				Syarat		CEK	
		X	Y	X	Y	X	Y	0,02*hsx		X	Y
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	X	Y	X	Y
6	3000	1,3	6,9	2,2	13,8	26,7	247,4	46,1	46,1	OK	OK
5	3000	1,8	12,1	3,3	24,5	24,5	233,6	46,1	46,1	OK	OK
4	3000	2,3	17,1	4,4	35,0	21,1	209,1	46,4	46,1	OK	OK
3	3000	2,6	21,2	5,3	43,6	16,7	174,0	46,1	46,1	OK	OK
2	3000	2,8	26,0	5,8	53,5	11,4	130,3	46,4	46,1	OK	OK
1	4000	2,0	27,9	5,6	76,7	5,6	76,7	46,1	46,1	OK	OK

Tabel 4.5 :Distribusi kekakuan tingkat bangunan arah X bangunan.

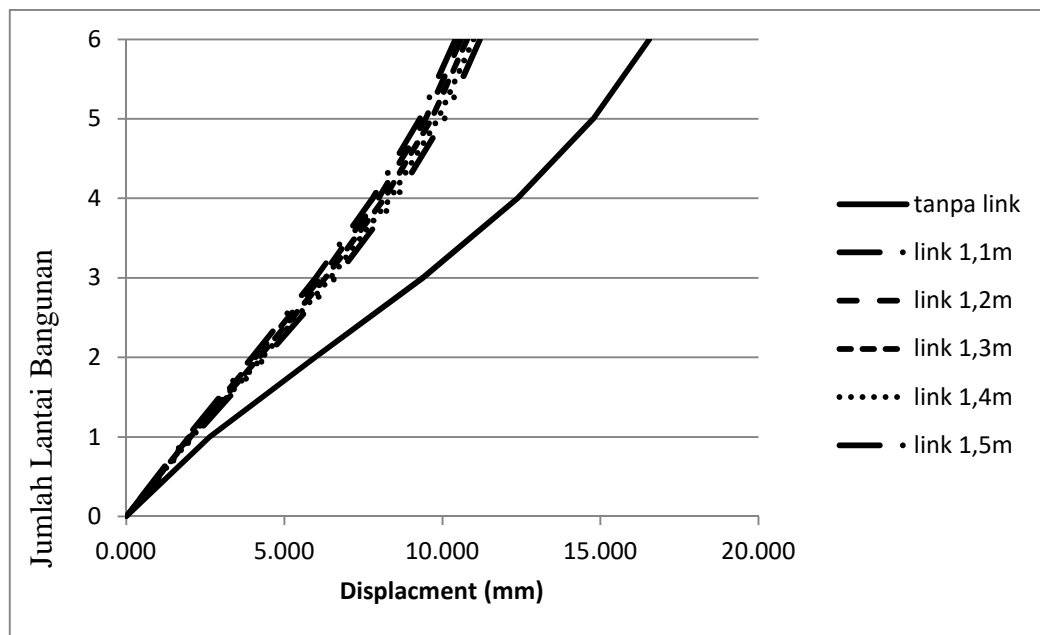
Distribusi kekakuan tingkat pada arah X

Tingkat	Tinggi tingkat (m)	Kekakuan Total X	Ki/Ki*100	Rata-Rata Kekakuan	Ki/Kr
		Arah X	%	3 tingkat (Kr)	%
6	19	63219,072			
5	16	90571,046	143,265	83648,504	
4	13	97155,395	107,269	95271,259	116,147
3	10	98087,337	100,959	97613,071	102,955
2	7	97596,483	99,4995	97492,305	99,9830
1	4	96793,097	99,1768	97130,066	99,2828

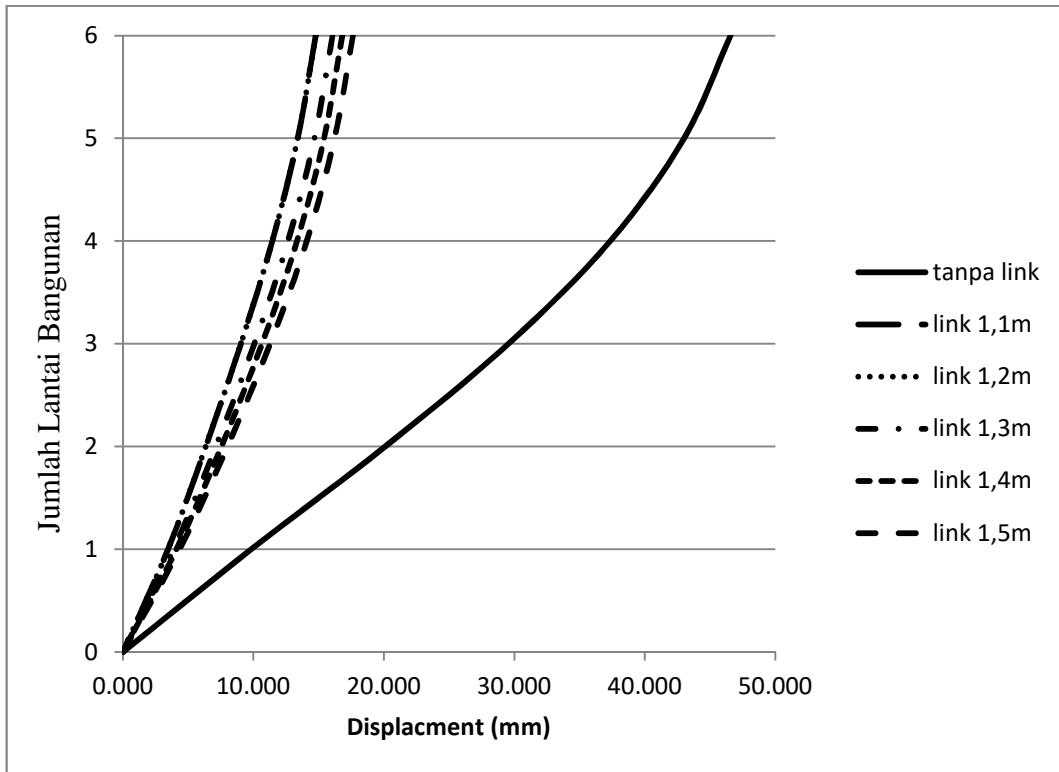
Tabel 4.6 : Distribusi kekakuan tingkat bangunan arah Y bangunan.

Distribusi kekakuan tingkat pada arah Y

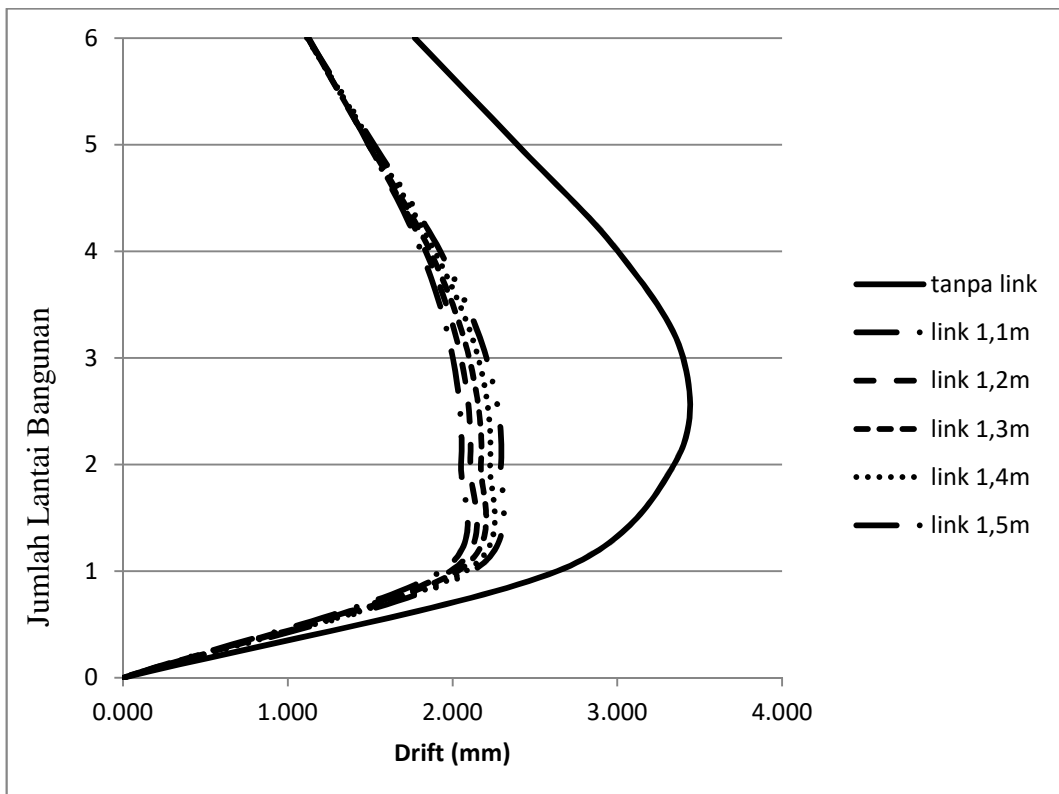
Tingkat	Tinggi tingkat (m)	Kekakuan Total Y	Ki/Ki*100	Rata-Rata Kekakuan	Ki/Kr
		Arah Y	%	3 tingkat (Kr)	%
6	19	54462,386			
5	16	73842,836	135,585	68943,322	
4	13	78524,744	106,3403	77478,075	113,897
3	10	80066,647	101,9635	79777,964	103,341
2	7	80742,502	100,8441	80666,675	101,209
1	4	81190,878	100,5553	81183,011	100,649



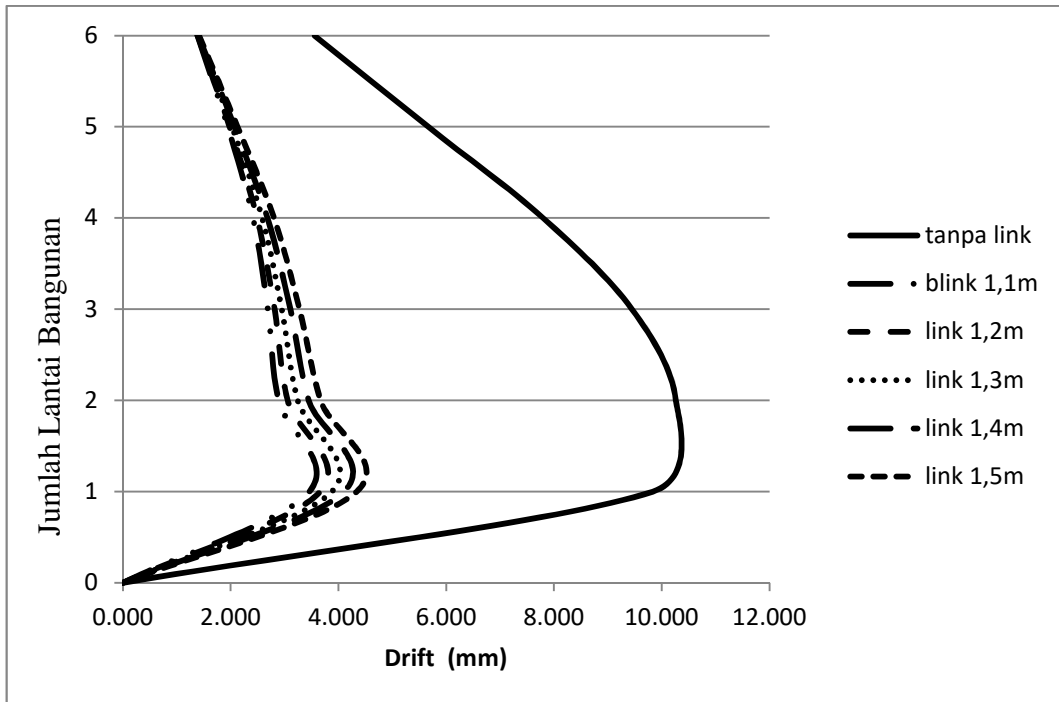
Gambar 4.7: Diagram perpindahan pada lantai untuk berbagai jenis panjang link bresing eksentris pada arah X.



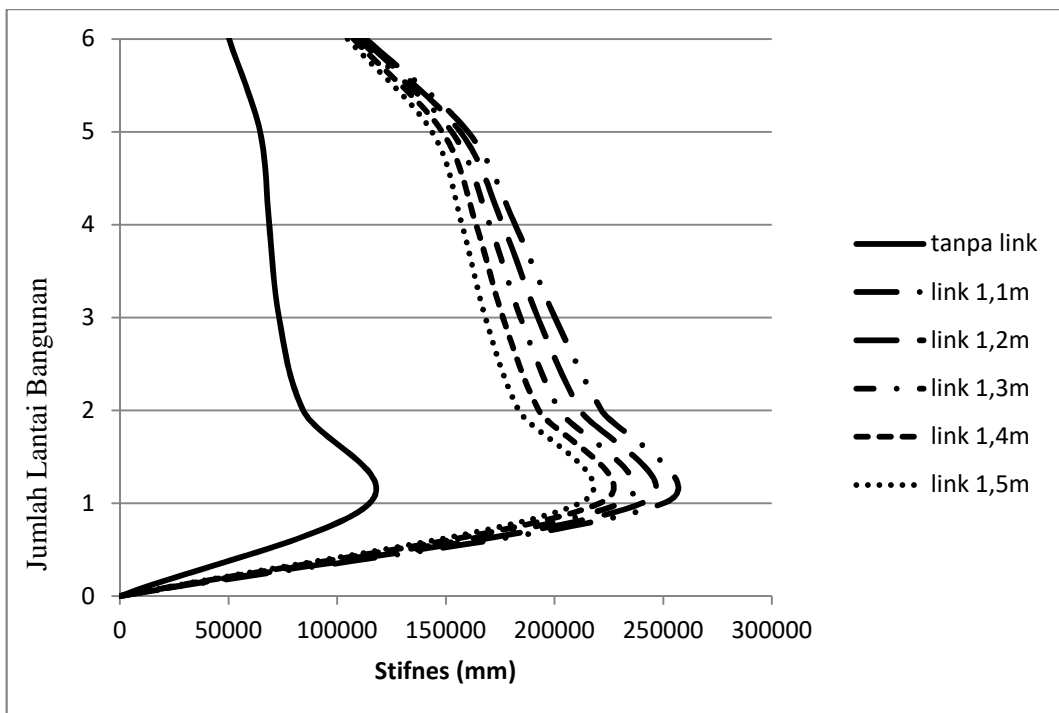
Gambar 4.8: Diagram perpindahan pada lantai untuk berbagai jenis panjang link bresing eksentris pada arah Y



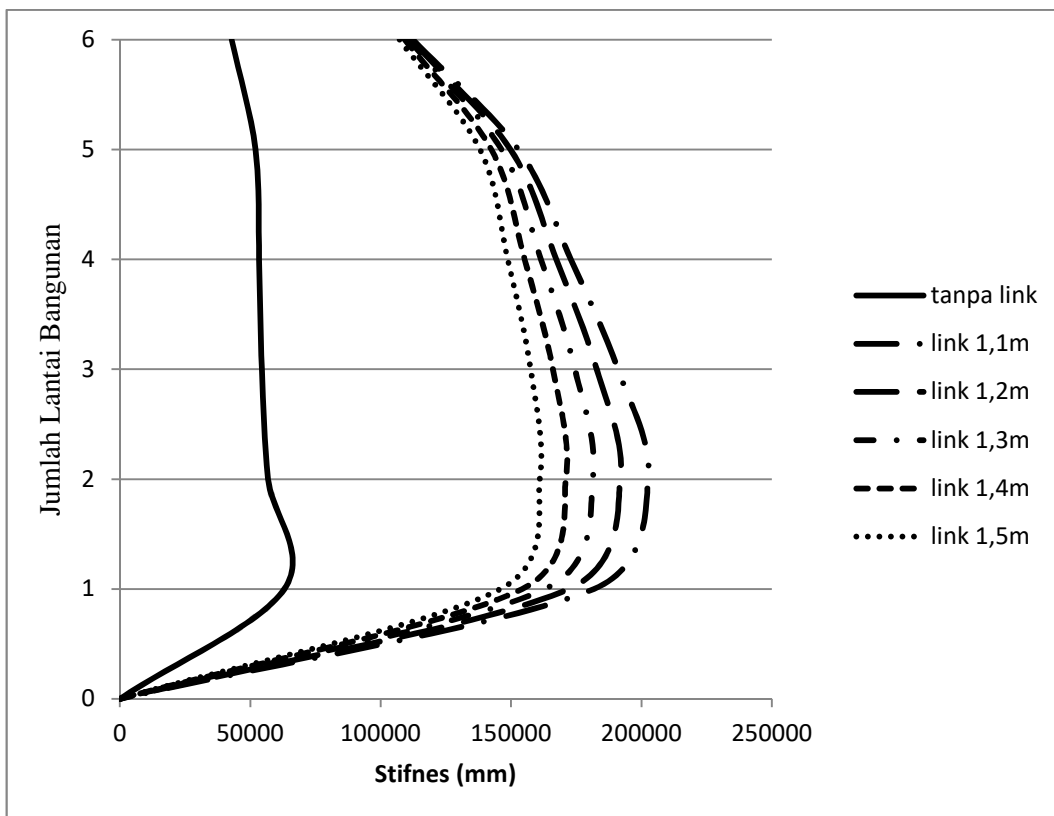
Gambar 4.9: Diagram simpangan pada lantai untuk berbagai jenis panjang link bresing eksentris pada arah X



Gambar 4.10: Diagram simpangan pada lantai untuk berbagai jenis panjang link bresing eksentris pada arah Y



Gambar 4.11: Diagram kekakuan tingkat pada lantai untuk berbagai jenis panjang link bresing eksentris pada arah X



Gambar 4.12: Diagram kekakuan tingkat pada lantai untuk berbagai jenis panjang link bising eksentris pada arah Y

4.2.3 Model 3

Tabel 4.7 : Nilai simpangan antar tingkat model tanpa bresing

Tingkat	H (m)	Total Drift		Simpangan antar tingkat		(i*Cd)/Ie		Syarat		CEK	
		X	Y	X	Y	X	Y	0,02*hsx	X	Y	
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	X	Y	OK	OK
12	3	0,5	1,9	0,9	3,8	32,0	183,6	46,1	46,1	OK	OK
11	3	0,8	3,1	1,2	6,2	31,1	179,7	46,1	46,1	OK	OK
10	3	1,0	4,3	1,7	8,8	29,8	173,5	46,1	46,1	OK	OK
9	3	1,2	5,5	2,0	11,2	28,1	164,7	46,1	46,1	OK	OK
8	3	1,3	6,6	2,4	13,4	26,0	153,5	46,1	46,1	OK	OK
7	3	1,4	7,6	2,1	15,5	23,6	140,0	46,1	46,1	OK	OK
6	3	1,5	8,4	3,06	17,3	20,8	124,4	46,1	46,1	OK	OK
5	3	1,6	9,2	3,3	18,8	17,8	107,1	46,1	46,1	OK	OK
4	3	1,7	9,8	3,6	20,1	14,4	88,2	46,1	46,1	OK	OK
3	3	1,8	10,2	3,7	21,1	10,8	68,0	46,1	46,1	OK	OK
2	3	1,8	10,7	3,7	22,1	7,0	46,9	46,1	46,1	OK	OK
1	4	1,2	9,0	3,3	24,7	3,3	24,7	61,5	61,5	OK	OK

Tabel 4.8 : Distribusi kekakuan tingkat bangunan arah X bangunan.

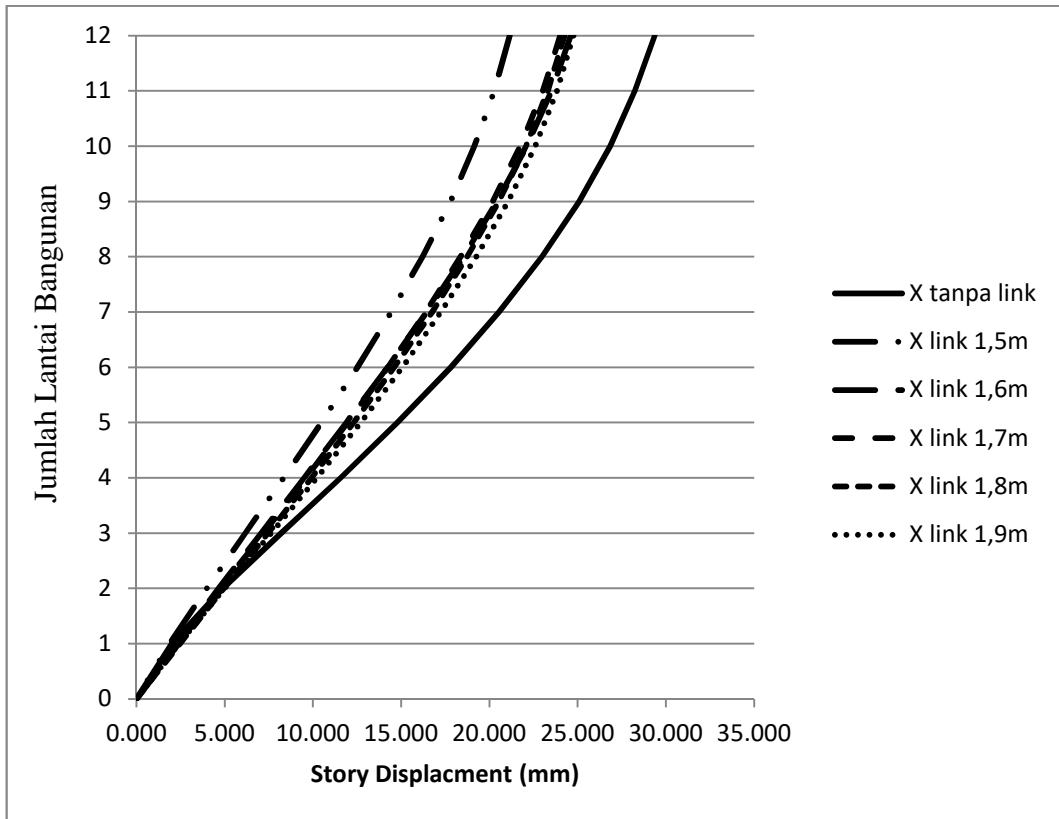
Distribusi kekakuan tingkat pada arah X

Tingkat	Tinggi tingkat (m)	Kekakuan Total X	Ki/Ki*100	Rata-Rata Kekakuan	Ki/Kr
		Arah X	%	3 tingkat (Kr)	%
12	37	63219,072			
11	34	90571,046	143,265	83648,504	
10	31	97155,395	107,269	95271,259	116,147
9	28	98087,337	100,959	97613,071	102,955
8	25	97596,483	99,4995	97492,305	99,9830
7	22	96793,097	99,1768	97130,066	99,2828
6	19	97000,62	100,214	97641,726	99,8667
5	16	99131,462	102,1967	100028,566	101,5257
4	13	103953,617	104,8644	105776,691	103,9239
3	10	114244,995	109,8999	118898,028	108,0058
2	7	138495,472	121,2267	152553,709	116,4825
1	4	204920,661	147,9619	114472,044	134,3268

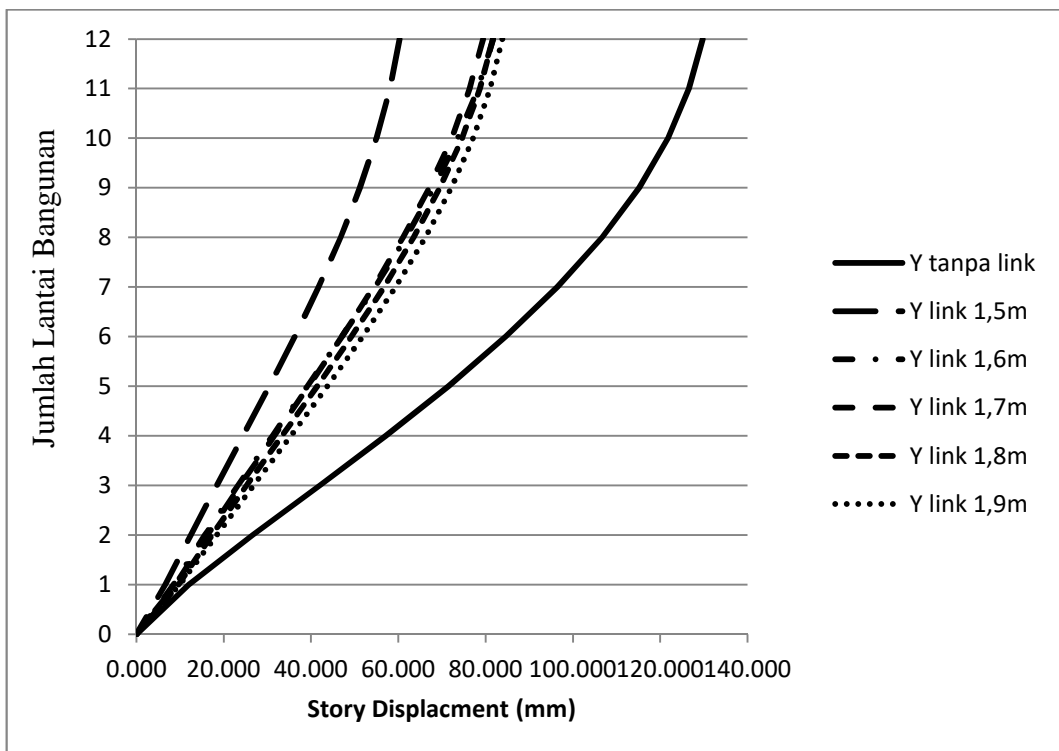
Tabel 4.9: Distribusi kekakuan tingkat bangunan arah Y bangunan.

Distribusi kekakuan tingkat pada arah Y

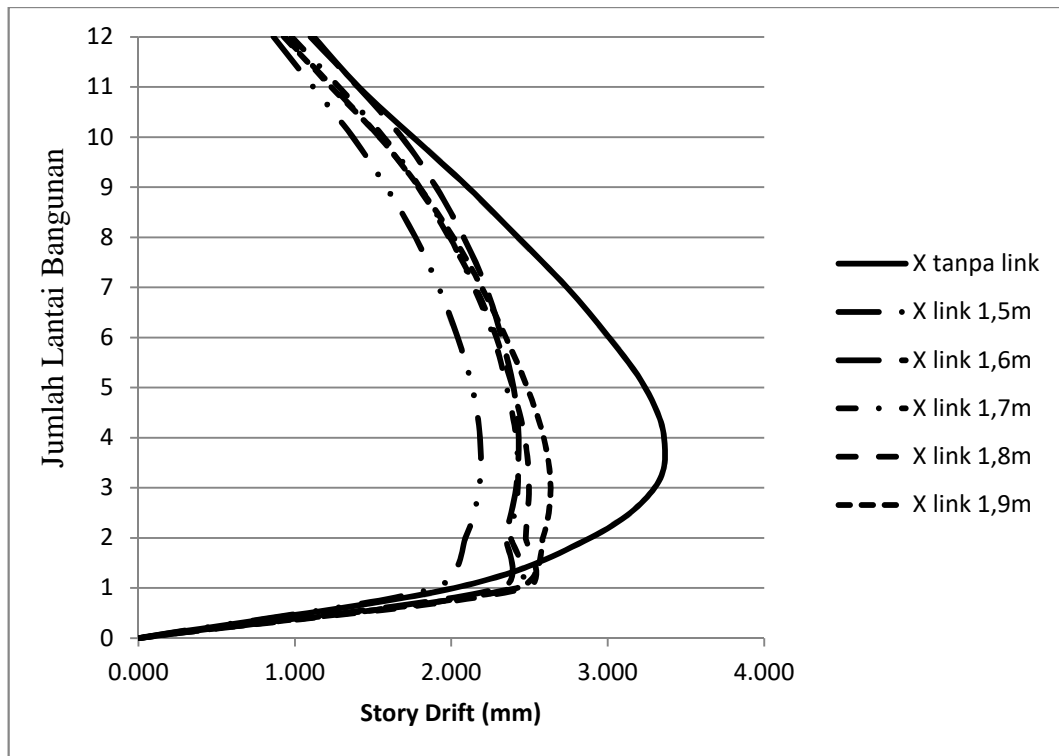
Tingkat	Tinggi tingkat (m)	Kekakuan Total Y	Ki/Ki*100	Rata-Rata Kekakuan	Ki/Kr
		Arah Y	%	3 tingkat (Kr)	%
12	37	54462,386			
11	34	73842,836	135,585	68943,322	
10	31	78524,744	106,3403	77478,075	113,897
9	28	80066,647	101,9635	79777,964	103,341
8	25	80742,502	100,8441	80666,675	101,209
7	22	81190,878	100,5553	81183,011	100,649
6	19	81615,655	100,5231	81663,719	100,532
5	16	82184,625	100,6971	82349,906	100,637
4	13	83249,438	101,2956	83769,675	101,092
3	10	85874,964	103,1538	87538,631	102,513
2	7	93491,493	108,8693	98239,847	106,800
1	4	115353,085	123,3835	69614,859	117,419



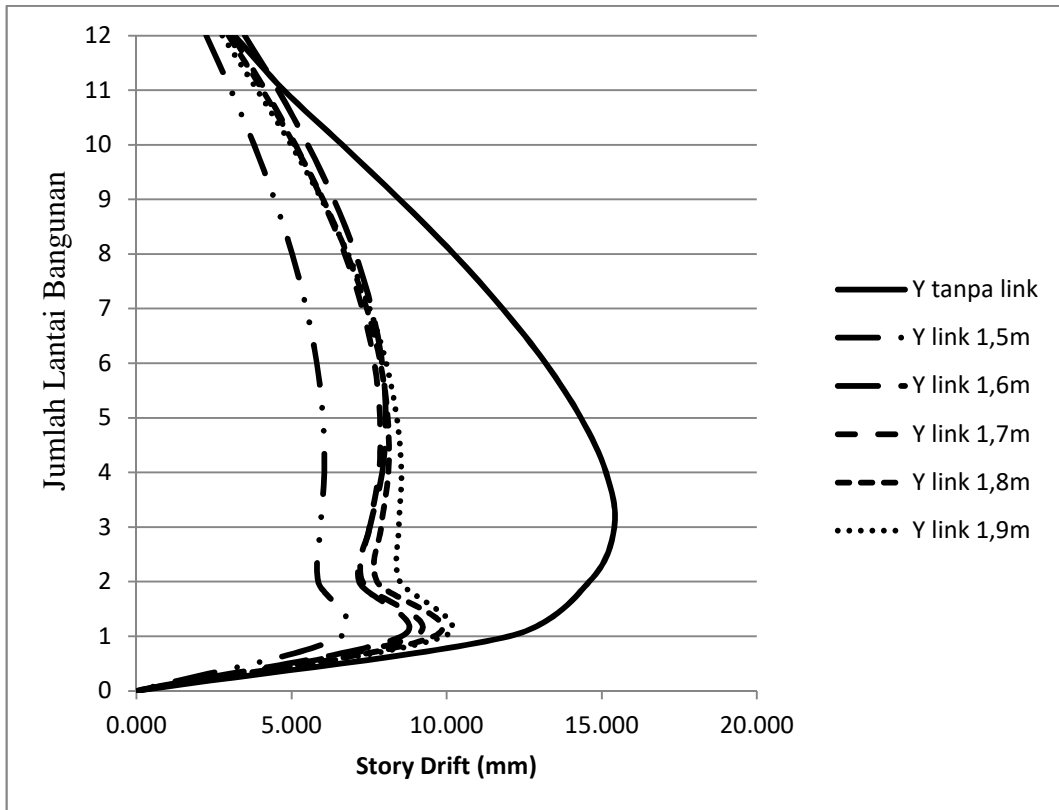
Gambar 4.13: Diagram perpindahan pada lantai untuk berbagai jenis panjang link bresing eksentris pada arah X



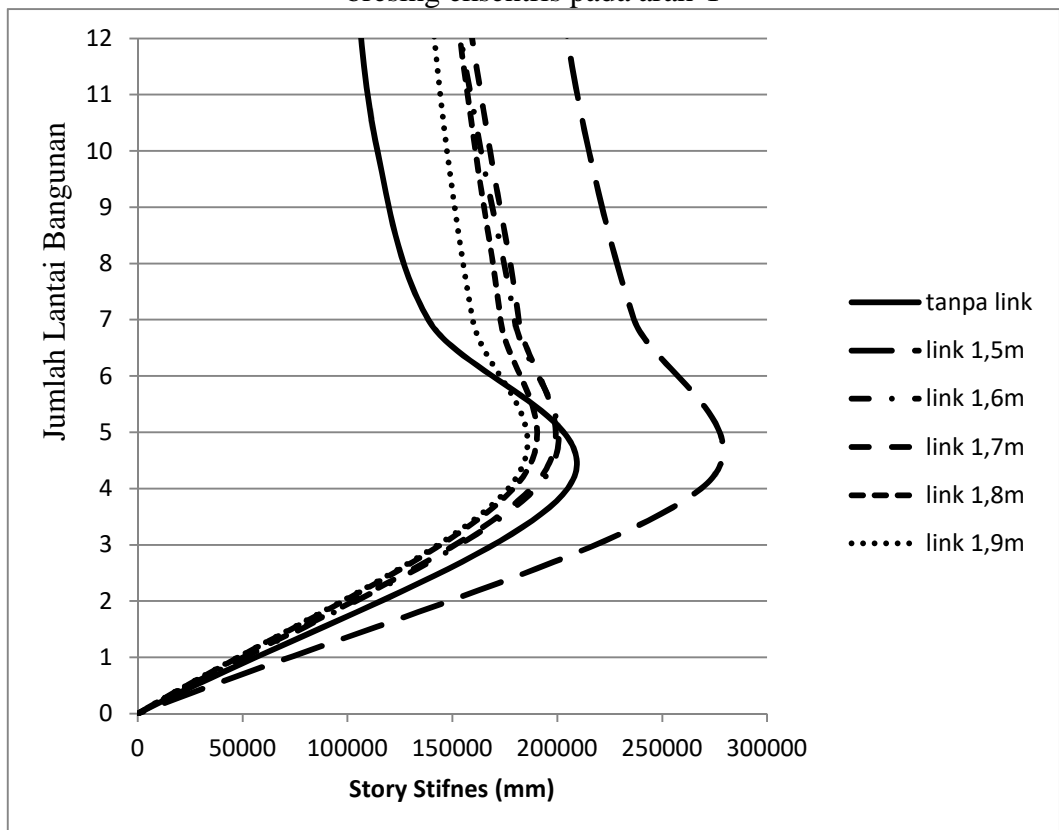
Gambar 4.14: Diagram perpindahan pada lantai untuk berbagai jenis panjang link bresing eksentris pada arah Y



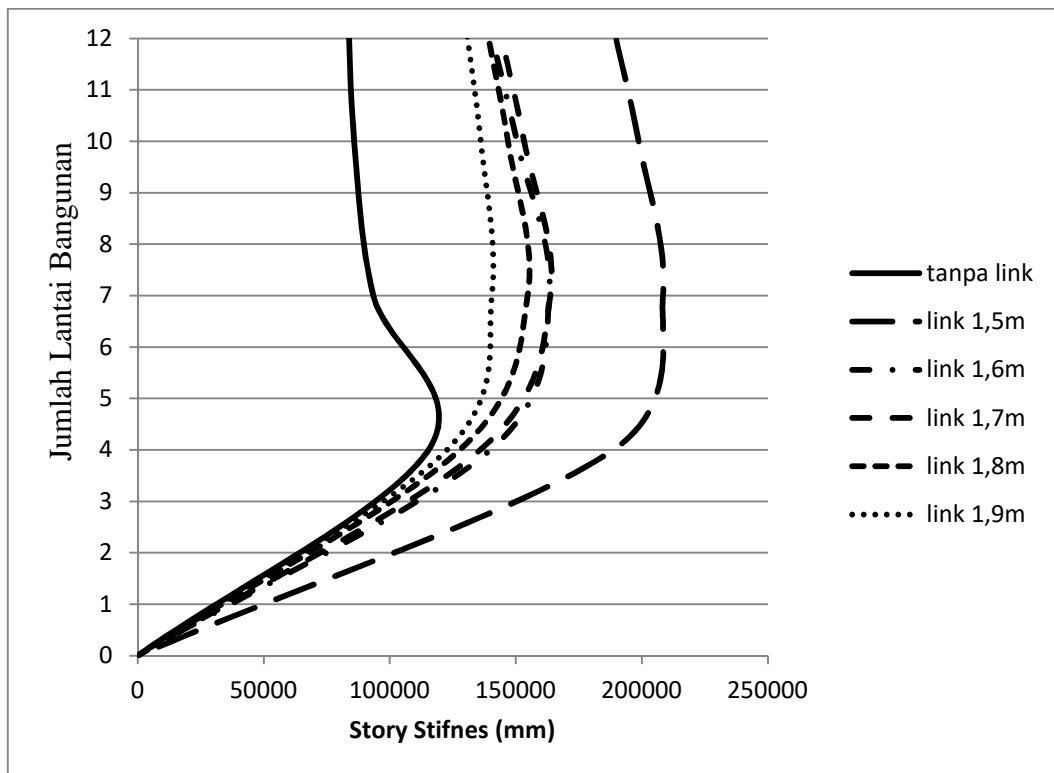
Gambar 4.15: Diagram simpangan pada lantai untuk berbagai jenis panjang link bresing eksentris pada arah X



Gambar 4.16: Diagram simpangan pada lantai untuk berbagai jenis panjang link bresing eksentris pada arah Y



Gambar 4.17: Diagram kekakuan tingkat pada lantai untuk berbagai jenis panjang link bresing eksentris pada arah X



Gambar 4.18: Diagram kekakuan tingkat pada lantai untuk berbagai jenis panjang link besing eksentris pada arah Y

4.2.4 Model 4

Tabel 4.10: Nilai simpangan antar tingkat model tanpa bresing

Tingkat	h (mm)	Total Drift		Simpangan antar tingkat		(i*Cd)/Ie		Syarat		CEK	
		X	Y	X	Y	X	Y	0,02*hsx		X	Y
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	X	Y	X	Y
24	3000	0,5280000	2,4720000	0,8	5,0	61,9	547,6	46,1	46,1	OK	OK
23	3000	0,6560000	3,3280000	1,0	6,6	61,1	542,7	46,1	46,1	OK	OK
22	3000	0,7920000	4,3520000	1,2	8,6	60,1	536,0	46,1	46,1	OK	OK
21	3000	0,9120000	5,3920000	1,4	10,7	58,9	527,4	46,1	46,1	OK	OK
20	3000	1,0160000	6,4160000	1,6	12,8	57,5	516,7	46,1	46,1	OK	OK
19	3000	1,1120000	7,4080000	1,8	14,8	56,0	503,8	46,1	46,1	OK	OK
18	3000	1,1920000	8,3600000	2,0	16,8	54,2	489,0	46,1	46,1	OK	OK
17	3000	1,2720000	9,2640000	2,2	18,7	52,2	472,2	46,1	46,1	OK	OK
16	3000	1,3440000	10,1200000	2,4	20,5	50,0	453,6	46,1	46,1	OK	OK
15	3000	1,4160000	10,9280000	2,5	22,2	47,6	433,1	46,1	46,1	OK	OK
14	3000	1,4800000	11,6880000	2,7	23,8	45,1	410,9	46,1	46,1	OK	OK
13	3000	1,5360000	12,4000000	2,9	25,3	42,4	387,1	46,1	46,1	OK	OK
12	3000	1,5920000	13,0560000	3,0	26,7	39,5	361,8	46,1	46,1	OK	OK
11	3000	1,6400000	13,6640000	3,1	28,0	36,5	335,1	46,1	46,1	OK	OK
10	3000	1,6880000	14,2160000	3,3	29,2	33,4	307,2	46,1	46,1	OK	OK
9	3000	1,7360000	14,7040000	3,4	30,2	30,1	278,0	46,1	46,1	OK	OK
8	3000	1,7760000	15,1360000	3,5	31,1	26,7	247,8	46,1	46,1	OK	OK
7	3000	1,8080000	15,5040000	3,6	31,9	23,2	216,7	46,1	46,1	OK	OK
6	3000	1,8240000	15,7920000	3,7	32,5	19,6	184,8	46,1	46,1	OK	OK
5	3000	1,8320000	15,9760000	3,7	32,9	15,9	152,2	46,1	46,1	OK	OK
4	3000	1,8000000	16,0000000	3,7	33,0	12,1	119,3	46,1	46,1	OK	OK
3	3000	1,6880000	15,6640000	3,5	32,3	8,4	86,3	46,1	46,1	OK	OK
2	3000	1,4320000	14,4640000	2,9	29,8	5,0	54,0	46,1	46,1	OK	OK
1	4000	0,7280000	8,7840000	2,0	24,2	2,0	24,2	61,5	61,5	OK	OK

Tabel 4.11: Distribusi kekakuan tingkat bangunan arah X bangunan.

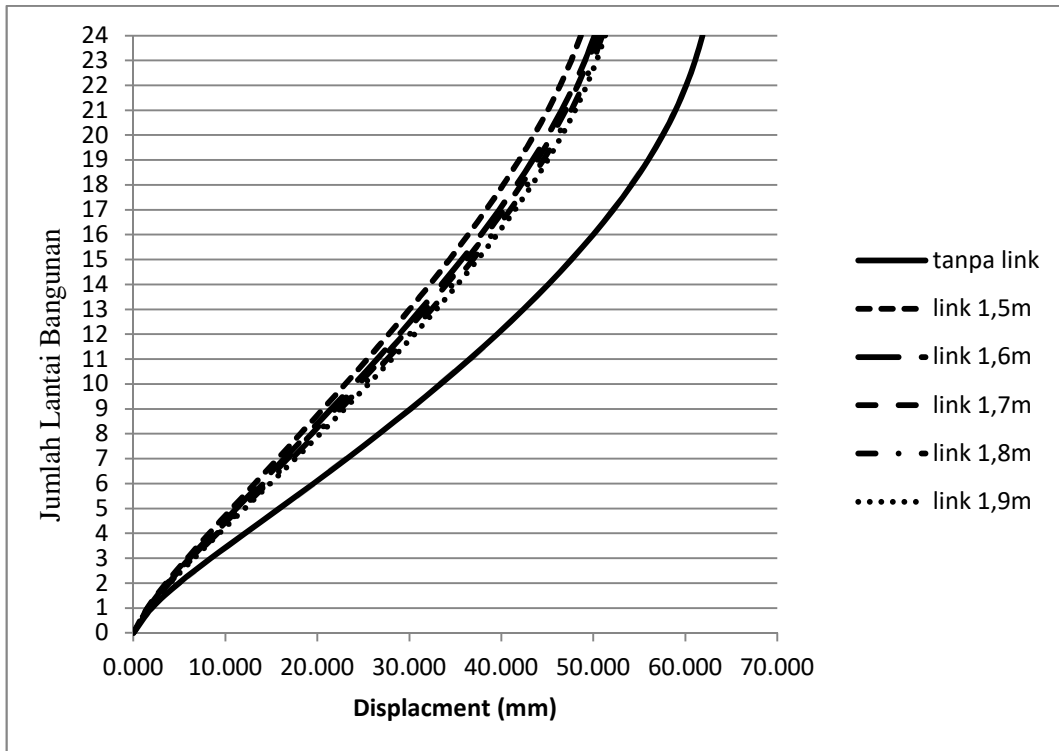
Distribusi kekakuan tingkat pada arah X

Tingkat	Tinggi tingkat (m)	Kekakuan Total X	Ki/Ki*100	Rata-Rata Kekakuan	Ki/Kr
		Arah X	%	3 tingkat (Kr)	%
24	73	46971,629			
23	70	73947,084	157,429	68367,592	
22	67	84184,062	113,844	81728,821	123,134
21	64	87055,318	103,411	86081,425	106,517
20	61	87004,896	99,942	86761,186	101,073
19	58	86223,345	99,102	86341,181	99,380
18	55	85795,303	99,504	85998,014	99,368
17	52	85975,395	100,210	86078,809	99,974
16	49	86465,729	100,570	86438,508	100,449
15	46	86874,399	100,473	86796,216	100,504
14	43	87048,521	100,200	87012,905	100,291
13	40	87115,795	100,077	87158,732	100,118
12	37	87311,879	100,225	87395,610	100,176
11	34	87759,156	100,512	87815,830	100,416
10	31	88376,454	100,703	88375,504	100,638
9	28	88990,901	100,695	88970,690	100,696
8	25	89544,715	100,622	89592,302	100,645
7	22	90241,290	100,778	90448,728	100,724
6	19	91560,178	101,462	92001,261	101,229
5	16	94202,316	102,886	94998,519	102,392
4	13	99233,062	105,340	100836,124	104,457
3	10	109072,995	109,916	113359,033	108,169
2	7	131771,041	120,810	145480,972	116,242
1	4	195598,881	148,438	109123,307	134,450
0	0	0,000	0,000	65199,627	0,000

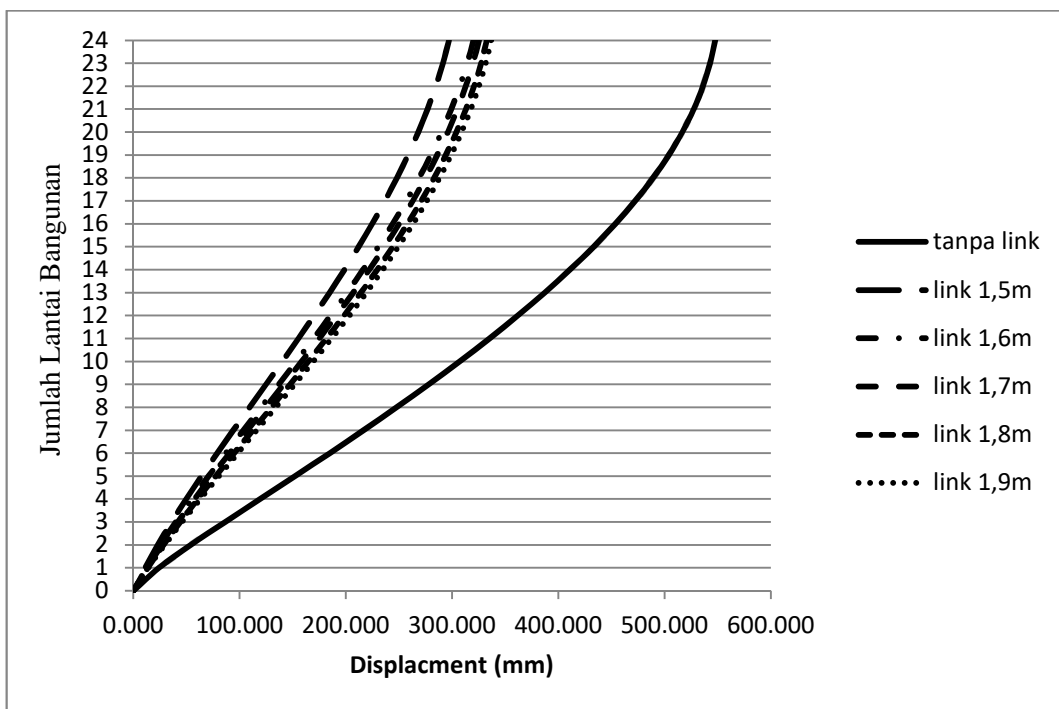
Tabel 4.12 : Distribusi kekakuan tingkat bangunan arah Y bangunan.

Distribusi kekakuan tingkat pada arah Y

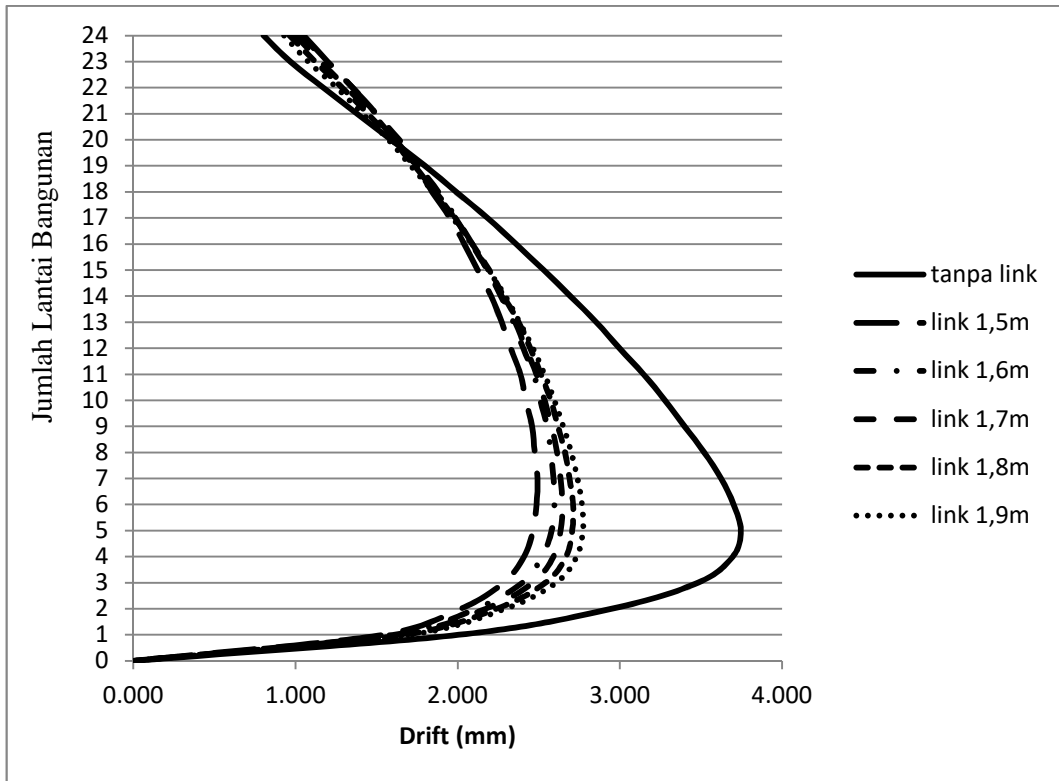
Tingkat	Tinggi tingkat (m)	Kekakuan Total Y	Ki/Ki*100	Rata-Rata Kekakuan	Ki/Kr
		Arah Y	%	3 tingkat (Kr)	%
24	73	35259,289			
23	70	54759,763	155,306	50998,028	
22	67	62975,031	115,002	61617,567	123,485
21	64	67117,908	106,579	66559,403	108,927
20	61	69585,270	103,676	69322,947	104,546
19	58	71265,662	102,415	71120,745	102,802
18	55	72511,303	101,748	72420,761	101,955
17	52	73485,317	101,343	73424,753	101,470
16	49	74277,639	101,078	74236,773	101,162
15	46	74947,364	100,902	74919,940	100,957
14	43	75534,816	100,784	75515,952	100,821
13	40	76065,677	100,703	76052,164	100,728
12	37	76556,000	100,645	76546,589	100,662
11	34	77018,090	100,604	77012,655	100,616
10	31	77463,876	100,579	77462,314	100,586
9	28	77904,977	100,569	77907,219	100,571
8	25	78352,805	100,575	78360,705	100,572
7	22	78824,334	100,602	78845,487	100,592
6	19	79359,323	100,679	79418,410	100,652
5	16	80071,572	100,897	80235,936	100,822
4	13	81276,912	101,505	81792,500	101,297
3	10	84029,016	103,386	85680,508	102,734
2	7	91735,596	109,171	96477,074	107,067
1	4	113666,611	123,907	68467,402	117,817
0	0	0,000	0,000	37888,870	0,000



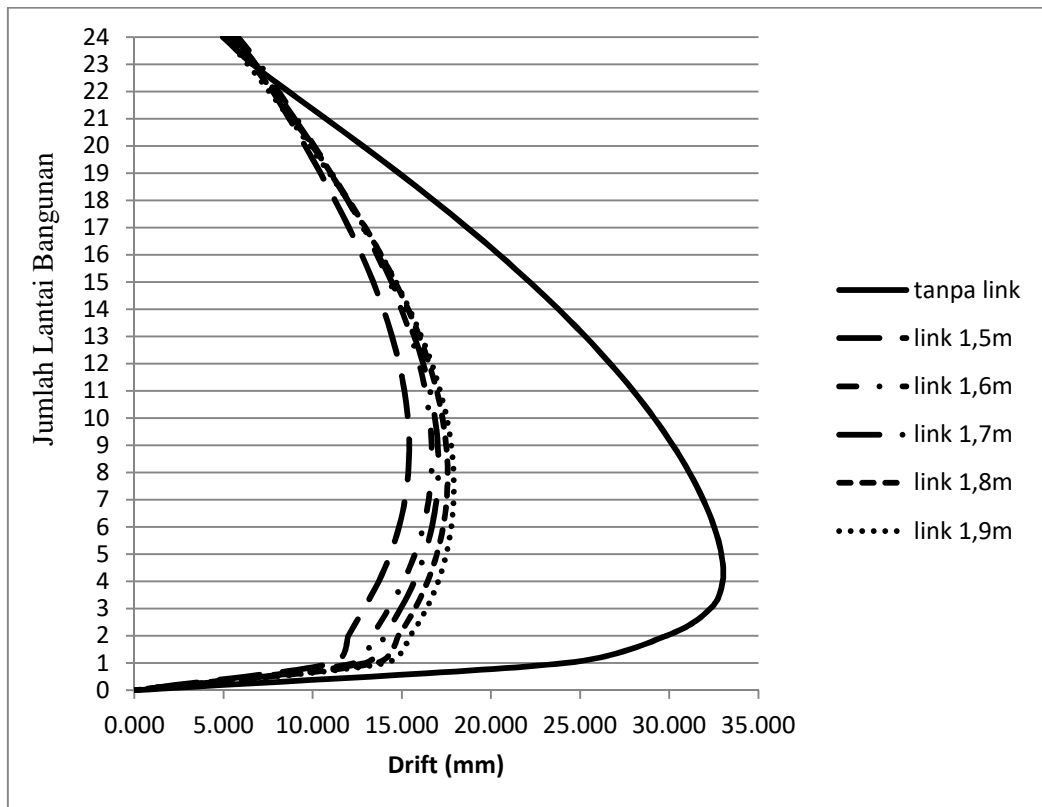
Gambar 4.19: Diagram perpindahan pada lantai untuk berbagai jenis panjang link bresing eksentris pada arah X



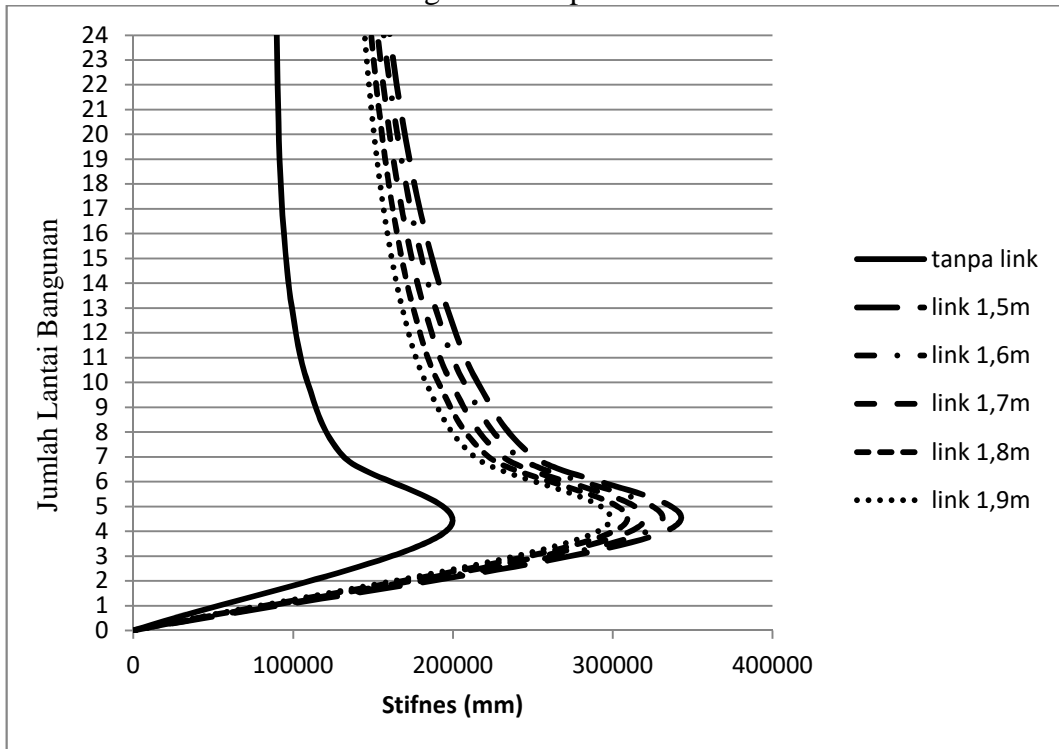
Gambar 4.20: Diagram perpindahan pada lantai untuk berbagai jenis panjang link bresing eksentris pada arah Y



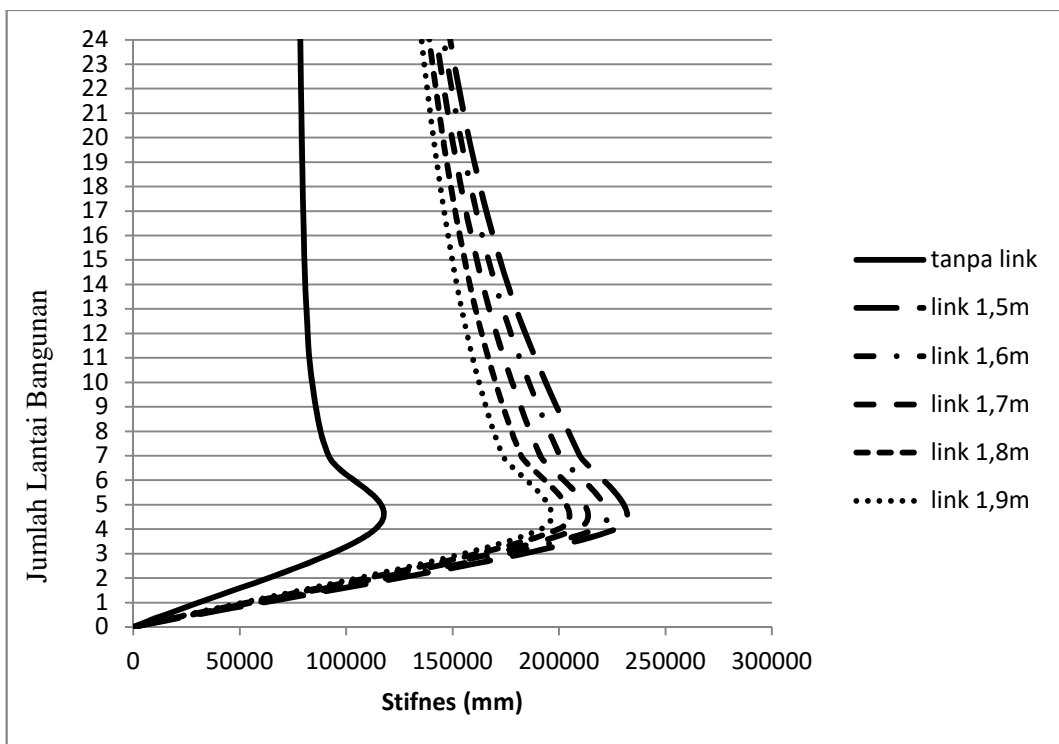
Gambar 4.21: Diagram simpangan pada lantai untuk berbagai jenis panjang link bresing eksentris pada arah X



Gambar 4.22: Diagram simpangan pada lantai untuk berbagai jenis panjang link bresing eksentris pada arah Y



Gambar 4.23: Diagram kekakuan tingkat pada lantai untuk berbagai jenis panjang link bresing eksentris pada arah X



Gambar 4.24: Diagram kekakuan tingkat pada lantai untuk berbagai jenis panjang link bresing eksentris pada arah Y

4.3 Selisih nilai perpindahan lantai dari model tanpa link ke masing – masing panjang link

4.3.1 Model 1

Gambar 4.13: Selisih nilai simpangan lantai (Displacement) dari masing – masing jarak panjang link arah X.

link 1a ke link 1b	link 1b ke link 1c	link 1c ke link 1d	link 1d ke link 1e
0,016	0,055	0,319	0,726
0,027	0,050	0,220	0,704
0,033	0,044	0,006	0,523

Gambar 4.14: Selisih nilai simpangan lantai (Displacement) dari masing – masing jarak panjang link arah Y.

link 1a ke link 1b	link 1b ke link 1c	link 1c ke link 1d	link 1d ke link 1e
0,066	0,842	1,161	1,315
0,099	0,952	1,089	1,403
0,099	0,671	0,583	1,260

Gambar 4.15 : Selisih nilai simpangan tingkat (Drift) dari masing – masing jarak panjang link arah X.

link 1a ke link 1b	link 1b ke link 1c	link 1c ke link 1d	link 1d ke link 1e
0,011	0,005	0,099	0,022
0,005	0,094	0,215	0,182
0,033	0,044	0,006	0,523

Gambar 4.16 : Selisih nilai simpangan tingkat (Drift) dari masing – masing jarak panjang link arah Y.

link 1a ke link 1b	link 1b ke link 1c	link 1c ke link 1d	link 1d ke link 1e
0,033	0,110	0,071	0,088
0,000	0,281	0,506	0,143
0,099	0,671	0,583	1,260

Selisih nilai rata – rata simpangan antar tingkat dan lantai untuk Model 1:

1. Simpangan antar lantai (Displacement) arah X = 0,227 mm
2. Simpangan antar lantai (Displacement) arah Y = 0,795 mm
3. Simpangan antar tingkat (Drift) arah X = 0,079 mm
4. Simpangan antar tingkat (Drift) arah Y = 0,088 mm

4.3.2 Model 2

Gambar 4.17: Selisih nilai simpangan lantai (Displacment) dari masing – masing jarak panjang link arah X.

link 1a ke link 1b	link 1b ke link 1c	link 1c ke link 1d	link 1d ke link 1e
0,182	0,193	0,198	0,203
0,187	0,192	0,204	0,198
0,187	0,187	0,187	0,187
0,160	0,160	0,160	0,154
0,110	0,110	0,105	0,105
0,055	0,044	0,050	0,039

Gambar 4.18: Selisih nilai simpangan lantai (Displacment) dari masing – masing jarak panjang link arah Y.

link 1a ke link 1b	link 1b ke link 1c	link 1c ke link 1d	link 1d ke link 1e
0,616	0,671	0,748	0,819
0,611	0,671	0,737	0,803
0,578	0,627	0,688	0,748
0,500	0,534	0,589	0,627
0,374	0,402	0,429	0,456
0,204	0,215	0,226	0,237

Gambar 4.19 : Selisih nilai simpangan tingkat (Drift) dari masing – masing jarak panjang link arah X.

link 1a ke link 1b	link 1b ke link 1c	link 1c ke link 1d	link 1d ke link 1e
0,006	0,000	0,006	0,005
0,000	0,005	0,017	0,011
0,028	0,028	0,027	0,033
0,049	0,049	0,055	0,049
0,055	0,066	0,055	0,066
0,055	0,044	0,050	0,039

Gambar 4.20: Selisih nilai simpangan tingkat (Drift) dari masing – masing jarak panjang link arah Y.

link 1a ke link 1b	link 1b ke link 1c	link 1c ke link 1d	link 1d ke link 1e
0,005	0,000	0,011	0,016
0,033	0,044	0,049	0,055
0,077	0,094	0,099	0,121
0,126	0,132	0,160	0,171
0,171	0,187	0,204	0,220
0,204	0,215	0,226	0,237

Selisih nilai rata – rata simpangan antar tingkat dan lantai untuk Model 2:

1. Simpangan antar lantai (Displacment) arah X = 0,148 mm
2. Simpangan antar lantai (Displacment) arah Y = 0,546 mm

3. Simpangan antar tingkat (Drift) arah X = 0,015 mm
4. Simpangan antar tingkat (Drift) arah Y = 0,199 mm

4.3.3 Model 3

Gambar 4.21: Selisih nilai simpangan lantai (Displacment) dari masing – masing jarak panjang link arah X.

link 1a ke link 1b	link 1b ke link 1c	link 1c ke link 1d	link 1d ke link 1e
3,476	0,610	0,237	0,522
3,240	0,490	0,281	0,528
2,954	0,369	0,319	0,539
2,640	0,253	0,346	0,539
2,321	0,149	0,358	0,533
2,013	0,061	0,363	0,506
1,711	0,016	0,352	0,467
1,430	0,066	0,336	0,407
1,166	0,110	0,297	0,314
0,919	0,127	0,242	0,192
0,682	0,116	0,171	0,055
0,424	0,083	0,077	0,055

Gambar 4.22: Selisih nilai simpangan lantai (Displacment) dari masing – masing jarak panjang link arah Y.

link 1a ke link 1b	link 1b ke link 1c	link 1c ke link 1d	link 1d ke link 1e
21,401	2,255	2,222	2,129
20,158	1,859	2,354	2,327
18,634	1,441	2,442	2,497
16,902	1,045	2,475	2,607
14,988	0,665	2,442	2,656
12,953	0,324	2,365	2,629
10,846	0,022	2,222	2,536
8,739	0,226	2,030	2,349
6,716	0,412	1,777	2,057
4,851	0,517	1,469	1,639
3,262	0,528	1,095	1,067
1,942	0,418	0,627	0,330

Gambar 4.23 : Selisih nilai simpangan tingkat (Drift) dari masing – masing jarak panjang link arah X.

link 1a ke link 1b	link 1b ke link 1c	link 1c ke link 1d	link 1d ke link 1e
0,236	0,121	0,044	0,005
0,286	0,121	0,038	0,011
0,314	0,116	0,027	0,000

0,319	0,104	0,011	0,006
-------	-------	-------	-------

Gambar 4.23 : *Lanjutan*

0,308	0,088	0,005	0,027
0,303	0,077	0,011	0,039
0,281	0,050	0,017	0,060
0,264	0,044	0,039	0,093
0,248	0,017	0,055	0,121
0,237	0,011	0,072	0,137
0,259	0,033	0,094	0,110
0,424	0,083	0,077	0,055

Gambar 4.24 : Selisih nilai simpangan tingkat (Drift) dari masing – masing jarak panjang link arah Y.

link 1a ke link 1b	link 1b ke link 1c	link 1c ke link 1d	link 1d ke link 1e
1,243	0,396	0,132	0,198
1,524	0,418	0,088	0,170
1,733	0,396	0,033	0,110
1,914	0,379	0,033	0,049
2,035	0,341	0,077	0,027
2,107	0,303	0,143	0,093
2,107	0,247	0,192	0,187
2,024	0,187	0,253	0,292
1,865	0,105	0,308	0,418
1,590	0,011	0,374	0,572
1,320	0,110	0,467	0,737
1,942	0,418	0,627	0,330

Selisih nilai rata – rata simpangan antar tingkat dan lantai untuk Model 3:

1. Simpangan antar lantai (Displacment) arah X = 0,673 mm
2. Simpangan antar lantai (Displacment) arah Y = 4,067 mm
3. Simpangan antar tingkat (Drift) arah X = 0,069 mm
4. Simpangan antar tingkat (Drift) arah Y = 0,402 mm

4.3.4 Model 4

Gambar 4.25: Selisih nilai simpangan lantai (Displacment) dari masing – masing jarak panjang link arah X.

link 1a ke link 1b	link 1b ke link 1c	link 1c ke link 1d	link 1d ke link 1e
1,480	0,324	0,512	0,319
1,491	0,363	0,550	0,352
1,502	0,396	0,583	0,396
1,501	0,434	0,611	0,429
1,502	0,457	0,638	0,462
1,480	0,484	0,654	0,484
1,463	0,495	0,671	0,506
1,425	0,511	0,676	0,517
1,386	0,517	0,682	0,528
1,337	0,523	0,676	0,533
1,276	0,523	0,666	0,539
1,216	0,517	0,654	0,528
1,144	0,506	0,632	0,523
1,067	0,490	0,605	0,506
0,984	0,473	0,577	0,484
0,897	0,446	0,539	0,462
0,803	0,418	0,501	0,429
0,704	0,380	0,451	0,390
0,605	0,336	0,396	0,341
0,495	0,286	0,330	0,286
0,380	0,231	0,259	0,220
0,270	0,160	0,182	0,154
0,154	0,093	0,105	0,088
0,060	0,033	0,039	0,033

Gambar 4.26: Selisih nilai simpangan lantai (Displacment) dari masing – masing jarak panjang link arah Y.

link 1a ke link 1b	link 1b ke link 1c	link 1c ke link 1d	link 1d ke link 1e
23,084	5,154	7,425	3,971
22,946	5,390	7,629	4,229
22,721	5,605	7,827	4,482
22,391	5,781	7,969	4,697
21,967	5,907	8,058	4,873
21,445	5,989	8,096	5,010
20,829	6,039	8,069	5,115
20,125	6,044	8,003	5,181
19,338	6,011	7,892	5,214

Gambar 4.26: Lanjutan.

18,480	5,946	7,733	5,209
17,545	5,836	7,535	5,170
16,544	5,687	7,293	5,093
15,472	5,511	7,002	4,983
14,350	5,285	6,672	4,829
13,173	5,022	6,297	4,642
11,946	4,724	5,874	4,400
10,687	4,378	5,407	4,114
9,383	3,993	4,884	3,779
8,058	3,553	4,312	3,388
6,699	3,064	3,685	2,931
5,324	2,519	2,998	2,404
3,938	1,903	2,255	1,810
2,547	1,238	1,452	1,161
1,205	0,561	0,660	0,506

Gambar 4.27 : Selisih nilai simpangan tingkat (Drift) dari masing – masing jarak panjang link arah X.

link 1a ke link 1b	link 1b ke link 1c	link 1c ke link 1d	link 1d ke link 1e
0,011	0,039	0,038	0,033
0,011	0,033	0,033	0,044
0,000	0,038	0,028	0,033
0,000	0,022	0,027	0,033
0,022	0,027	0,017	0,022
0,017	0,011	0,017	0,022
0,038	0,016	0,005	0,011
0,038	0,005	0,006	0,011
0,050	0,006	0,006	0,005
0,061	0,000	0,011	0,006
0,060	0,005	0,011	0,011
0,071	0,011	0,022	0,005
0,077	0,017	0,027	0,017
0,083	0,017	0,028	0,022
0,088	0,027	0,039	0,022
0,093	0,028	0,038	0,033
0,099	0,038	0,050	0,038
0,099	0,044	0,055	0,049
0,110	0,050	0,066	0,055
0,115	0,055	0,072	0,066
0,094	0,060	0,066	0,055
0,060	0,033	0,039	0,033

Gambar 4.28 : Selisih nilai simpangan tingkat (Drift) dari masing – masing jarak panjang link arah Y.

link 1a ke link 1b	link 1b ke link 1c	link 1c ke link 1d	link 1d ke link 1e
0,137	0,236	0,204	0,258
0,226	0,215	0,198	0,253
0,330	0,176	0,143	0,215
0,423	0,126	0,088	0,176
0,523	0,082	0,039	0,137
0,616	0,050	0,028	0,105
0,704	0,005	0,066	0,066
0,786	0,033	0,110	0,033
0,858	0,066	0,160	0,006
0,935	0,110	0,198	0,039
1,001	0,149	0,242	0,077
1,072	0,176	0,291	0,110
1,122	0,225	0,330	0,154
1,177	0,264	0,374	0,187
1,227	0,297	0,423	0,242
1,260	0,346	0,468	0,286
1,304	0,385	0,523	0,335
1,326	0,440	0,572	0,391
1,359	0,489	0,627	0,457
1,375	0,545	0,688	0,528
1,386	0,616	0,743	0,594
1,392	0,666	0,803	0,649
1,342	0,677	0,792	0,655
1,205	0,561	0,660	0,506

Selisih nilai rata – rata simpangan antar tingkat dan lantai untuk Model 4:

1. Simpangan antar lantai (Displacment) arah X = 0,580 mm
2. Simpangan antar lantai (Displacment) arah Y = 7,329 mm
3. Simpangan antar tingkat (Drift) arah X = 0,027 mm
4. Simpangan antar tingkat (Drift) arah Y = 0,068 mm

Pada tugas akhir ini simpangan antar tingkat perpindahan antar lantai dan kekakuan tingkat beragam untuk setiap model dengan jarak panjang link yang berbeda. Pada perpindahan antar lantai untuk semua model dengan ketinggian dan jumlah lantai yang berbeda struktur yang menggunakan link lebih besar perpindahannya dari pada menggunakan link, pada model 1 dengan ketinggian 3

lantai selisih nilai rata-rata perpindahan antar lantai dari yang menggunakan link 1 m sampai 1,5 m adalah $X = 0,227$ mm $Y = 0,795$ mm dengan simpangan antar tingkatnya arah $X = 0,079$ mm dan $Y = 0,088$ mm. Untuk model ke 2 dengan ketinggian 6 lantai perpindahan antar lantainya arah $X = 0,148$ mm $Y = 0,546$ mm dengan simpangan antar tingkatnya arah $X = 0,0155$ mm $Y = 0,199$ mm. Untuk model ke 3 dengan ketinggian 12 lantai selisih nilai rata-rata simpangan antar lantainya dari yang menggunakan link 1,5 m sampai 1,9 m nilai $X = 0,673$ mm $Y = 4,067$ mm dengan simpangan antar tingkatnya $X = 0,069$ mm $Y = 0,402$ mm, sedangkan di model 4 dengan ketinggian 24 lantai selisih nilai rata-rata perpindahan antar lantai $X = 0,580$ mm $Y = 7,329$ mm dengan simpangan antar tingkatnya $X = 0,027$ mm $Y = 0,068$ mm.

Untuk simpangan antar lantai di semua model nilai yang paling besar terjadi dilantai-lantai yang paling atas, sedangkan simpangna antar tingkatnya terjadi pembesaran di lantai 1 baik arah x maupun y, sedangakn di model ke 2 yang menggunakan link simpangan antar tinkatnya terjadi di 3 lantai yaitu lantai 1, 2 dan 3 sedangkan yang tidak menggunakan link pembesarannya terjadi di lantai ke 3. Untuk model ke 3 dengan ketinggian 12 lantai perpindahan antar lantainya sedikit di struktur yang menggunakan link terpendek yaitu 1,5 m, sedangkan simpangan antar tingaktnya terjadi pembesaran dilantai ke 1 pada lantai ke 2 menurun dengan selisih angka rata-rata 0,03 mm. Pada model terakhir sipangan antar tingakat terjadi pembesaran di lantai ke 4, pada arah x terjadi perpotongan grafik di lantai ke 20 sedangkan arah y di lantai ke 23.

Pada kekakuan tingkat untuk model 1 dan 2 pembesaran terjadi di lantai pertama berbeda dengan model 3 dan 4 terjadi pembesaran pada lantai ke 4.

4.4 Gaya Geser

Pada dasarnya nilai gaya geser pada gedung yang simetris akibat arah X maupun arah Y tetap sama. Tetapi, nilai gaya geser yang dihasilkan oleh respon spektrum ETABS sangat teliti sehingga arah X dan arah Y tidak sama walaupun bangunannya simetris. Adapun bangunan yang direncanakan menggunakan struktur rangka pemikul momen khusus dan breising ini memiliki Inersia arah X dan arah Y yang berlainan. Oleh karena itu, hasil perioda yang diperoleh terhadap arah X dan arah Y tidak sama. Ketentuan ini berlaku pada gedung setiap model.

Dari hasil analisis respon spektrum yang menggunakan program ETABS Ver. 15 diperoleh nilai gaya geser dasar (V) berdasarkan SNI 1726-2012 yang disajikan pada Tabel 4.1.

Model 1 tidak menggunakan link.

Tabel 4.29: Gaya geser dasar nominal hasil analisis ragam respon spektrum.

TABEL: <i>Base Reactions</i>		
<i>OutputCase</i>	FX	FY
<i>Text</i>	Kgf	Kgf
GEMPA X	53711	██████████
GEMPA Y	██████████	57261,400

Berikut perhitungan koreksi nilai akhir respon spektrum terhadap respon ragam pertama.

- Gempa Arah X

$$V_{Ix} = C_s \cdot W_t$$

$$V_{Ix} = 0.117 \times 546793,66$$

$$= 63701,46 \text{ Kgf (Gaya geser statik ekivalen arah X)}$$

- Gempa Arah Y

$$V_{Iy} = C_s \cdot W_t$$

$$V_{Iy} = 0,117 \times 546793,66$$

$$= 63701,46 \text{ Kgf (Gaya geser statik ekivalen arah Y)}$$

Berdasarkan SNI 1726- 2012 kontrol faktor skala:

- Arah X

$$V_x = 53711 \text{ Kgf}$$

$$0,85 \cdot V_{Ix} = 54146,242 \text{ Kgf}$$

$$\text{Faktor Skala} = \frac{0,8 V_{I_x}}{V_x} \geq 1$$

$$= \frac{5,2}{5} = 1,01$$

- Arah Y

$$V_y = 57261,4 \text{ Kgf}$$

$$V_{Iy} = 313859,5608 \text{ Kgf}$$

$$\text{Faktor Skala} = \frac{0,8 V_{I_y}}{V_y} \geq 1$$

$$= \frac{0,8 \cdot 3,5}{5,4} = 0,95$$

Model 1 menggunakan link.

Tabel 4.30: Gaya geser dasar nominal hasil analisis ragam respon spektrum.

TABEL: <i>Base Reactions</i>		
<i>OutputCase</i>	FX	FY
<i>Text</i>	Kgf	Kgf
GEMPA X	56115,800	
GEMPA Y		60363,400

Berikut perhitungan koreksi nilai akhir respon spektrum terhadap respon ragam pertama.

- Gempa Arah X

$$V_x = C_s \cdot W_t$$

$$V_{Ix} = 0,117 \times 545919,86$$

$$= 192163,7907 \text{ Kgf (Gaya geser statik ekivalen arah X)}$$

- Gempa Arah Y

$$V_y = C_s \cdot W_t$$

$$V_{Iy} = 0,117 \times 545919,86$$

$$= 197622,9893 \text{ Kgf (Gaya geser statik ekivalen arah Y)}$$

Berdasarkan SNI 1726- 2012 kontrol faktor skala:

- Arah X

$$V_x = 56115,800 \text{ Kgf}$$

$$V_{Ix} = 192163,7907 \text{ Kgf}$$

$$\text{Faktor Skala} = \frac{0,8 V_I}{V_x} \geq 1$$

$$= \frac{0,8 \cdot 1,7}{5,8} = 0,96$$

- Arah Y

$$V_y = 60363,400 \text{ Kgf}$$

$$V_{Iy} = 197622,9893 \text{ Kgf}$$

$$\text{Faktor Skala} = \frac{0,8 V_I}{V_x} \geq 1$$

$$= \frac{0,8 \cdot 1,9}{6,4} = 0,90$$

Model 2 tidak menggunakan link.

Tabel 4.31: Gaya geser dasar nominal hasil analisis ragam respon spektrum.

TABEL: <i>Base Reactions</i>		
<i>OutputCase</i>	FX	FY
<i>Text</i>	Kgf	Kgf
GEMPA X	61863,200	
GEMPA Y		116939,700

Berikut perhitungan koreksi nilai akhir respon spektrum terhadap respon ragam pertama.

- Gempa Arah X

$$V_{Ix} = C_s \cdot W_t$$

$$V_{Ix} = 0,931 \times 1100809,45$$

$$= 1024853,598 \text{ Kgf (Gaya geser statik ekivalen arah X)}$$

- Gempa Arah Y

$$V_{Iy} = C_s \cdot W_t$$

$$V_{Iy} = 0,931 \times 1100809,45$$

$$= 1024853,598 \text{ Kgf (Gaya geser statik ekivalen arah Y)}$$

Berdasarkan SNI 1726- 2012 kontrol faktor skala:

- Arah X

$$V_x = 61863,200 \text{ Kgf}$$

$$V_{Ix} = 1024853,598 \text{ Kgf}$$

$$\text{Faktor Skala} = \frac{0,8 V_{I}}{V_x} \geq 1$$

$$= \frac{0,8 \cdot 1,5}{6,2} = 1,2$$

- Arah Y

$$V_y = 116939,700 \text{ Kgf}$$

$$V_{Iy} = 1024853,598 \text{ Kgf}$$

$$\text{Faktor Skala} = \frac{0,8 V_{I}}{V_x} \geq 1$$

$$= \frac{0,8 \cdot 1,5}{1,7} = 0,7$$

Model 2 menggunakan link.

Tabel 4.32: Gaya geser dasar nominal hasil analisis ragam respon spektrum.

TABEL: <i>Base Reactions</i>		
<i>OutputCase</i>	FX	FY
<i>Text</i>	Kgf	Kgf
GEMPA X	85839,500	
GEMPA Y		119010,200

Berikut perhitungan koreksi nilai akhir respon spektrum terhadap respon ragam pertama.

- Gempa Arah X

$$V_{Ix} = Cs \cdot Wt$$

$$V_{Ix} = 0,108 \times 1021070,43$$

$$= 1099313,05 \text{ Kgf (Gaya geser statik ekivalen arah X)}$$

- Gempa Arah Y

$$V_{Iy} = Cs \cdot Wt$$

$$V_{Iy} = 0,089 \times 1021070,43$$

$$= 1099313,05 \text{ Kgf (Gaya geser statik ekivalen arah Y)}$$

Berdasarkan SNI 1726- 2012 kontrol faktor skala:

- Arah X

$$V_x = 85839,500 \text{ Kgf}$$

$$V_{Ix} = 1099313,05 \text{ Kgf}$$

$$\text{Faktor Skala} = \frac{0,8 V_I}{V_x} \geq 1$$

$$= \frac{0,8 \cdot 1099313,05}{85839,500} = 1,0$$

- Arah Y

$$V_y = 119010,200 \text{ Kgf}$$

$$V_{Iy} = 1099313,05 \text{ Kgf}$$

$$\text{Faktor Skala} = \frac{0,8 V_I}{V_x} \geq 1$$

$$= \frac{0,8 \cdot 1099313,05}{119010,200} = 0,8$$

Model 3 tidak menggunakan link.

Tabel 4.33: Gaya geser dasar nominal hasil analisis ragam respon spektrum.

TABEL: <i>Base Reactions</i>		
<i>OutputCase</i>	FX	FY

<i>Text</i>	Kgf	Kgf
GEMPA X	75107,500	██████████
GEMPA Y	██████████	251921,600

Berikut perhitungan koreksi nilai akhir respon spektrum terhadap respon ragam pertama.

- Gempa Arah X

$$V_{Ix} = C_s \cdot W_t$$

$$V_{Ix} = 0,050 \times 2495542,31$$

$$= 3830657,446 \text{ Kgf (Gaya geser statik ekivalen arah X)}$$

- Gempa Arah Y

$$V_{Iy} = C_s \cdot W_t$$

$$V_{Iy} = 0,049 \times 2495542,31$$

$$= 3830657,446 \text{ Kgf (Gaya geser statik ekivalen arah Y)}$$

Berdasarkan SNI 1726- 2012 kontrol faktor skala:

- Arah X

$$V_x = 75107,500 \text{ Kgf}$$

$$V_{Ix} = 3830657,446 \text{ Kgf}$$

$$\text{Faktor Skala} = \frac{0,8 V_I}{V_x} \geq 1$$

$$= \frac{0,8 \cdot 3,4}{7,5} = 1,3$$

- Arah Y

$$V_y = 251921,600 \text{ Kgf}$$

$$V_{Iy} = 3830657,446 \text{ Kgf}$$

$$\text{Faktor Skala} = \frac{0,8 V_I}{V_x} \geq 1$$

$$= \frac{0,8 \cdot 3,4}{2,6} = 0,4$$

Model 3 menggunakan link.

Tabel 4.34: Gaya geser dasar nominal hasil analisis ragam respon spektrum.

TABEL: <i>Base Reactions</i>		
<i>OutputCase</i>	FX	FY
<i>Text</i>	Kgf	Kgf
GEMPA X	109844,600	██████████

GEMPA Y		251138,600
---------	--	------------

Berikut perhitungan koreksi nilai akhir respon spektrum terhadap respon ragam pertama.

- Gempa Arah X

$$V_{Ix} = Cs \cdot Wt$$

$$V_{Ix} = 0,061 \times 2513685,88$$

$$= 3546810,777 \text{ Kgf (Gaya geser statik ekivalen arah X)}$$

- Gempa Arah Y

$$V_{Iy} = Cs \cdot Wt$$

$$V_{Iy} = 0,056 \times 2513685,88$$

$$= 3740364,589 \text{ Kgf (Gaya geser statik ekivalen arah Y)}$$

Berdasarkan SNI 1726- 2012 kontrol faktor skala:

- Arah X

$$V_x = 109844,600 \text{ Kgf}$$

$$V_{Ix} = 3546810,777 \text{ Kgf}$$

$$\text{Faktor Skala} = \frac{0,8 V_I}{V_x} \geq 1$$

$$= \frac{0,8 \cdot 3,7}{1,6} = 1,1$$

- Arah Y

$$V_y = 251138,600 \text{ Kgf}$$

$$V_{Iy} = 3740364,589 \text{ Kgf}$$

$$\text{Faktor Skala} = \frac{0,8 V_I}{V_x} \geq 1$$

$$= \frac{0,8 \cdot 3,5}{2,6} = 0,4$$

Model 4 tidak menggunakan link.

Tabel 4.35: Gaya geser dasar nominal hasil analisis ragam respon spektrum.

TABEL: Base Reactions		
OutputCase	FX	FY
Text	Kgf	Kgf
GEMPA X	145831,200	
GEMPA Y		499287,300

Berikut perhitungan koreksi nilai akhir respon spektrum terhadap respon ragam pertama.

- Gempa Arah X

$$V_{lx} = Cs \cdot Wt$$

$$V_{lx} = 2,556 \times 5046312,90$$

$$= 12898375,77 \text{ Kgf (Gaya geser statik ekivalen arah X)}$$

- Gempa Arah Y

$$V_{ly} = Cs \cdot Wt$$

$$V_{ly} = 2,556 \times 5046312,90$$

$$= 12898375,77 \text{ Kgf (Gaya geser statik ekivalen arah Y)}$$

Berdasarkan SNI 1726- 2012 kontrol faktor skala:

- Arah X

$$V_x = 145831,200 \text{ Kgf}$$

$$V_{lx} = 12795440,67 \text{ Kgf}$$

$$\text{Faktor Skala} = \frac{0,8 V_I}{V_x} \geq 1$$

$$= \frac{0,8 \cdot 1,6}{1,2} = 1,75$$

- Arah Y

$$V_y = 499287,300 \text{ Kgf}$$

$$V_{ly} = 12795440,67 \text{ Kgf}$$

$$\text{Faktor Skala} = \frac{0,8 V_I}{V_x} \geq 1$$

$$= \frac{0,8 \cdot 1,6}{4,3} = 0,99$$

Model 4 menggunakan link.

Tabel 4.36: Gaya geser dasar nominal hasil analisis ragam respon spektrum.

TABEL: <i>Base Reactions</i>		
<i>OutputCase</i>	FX	FY
<i>Text</i>	Kgf	Kgf
GEMPA X	143063,700	
GEMPA Y		484475,800

Berikut perhitungan koreksi nilai akhir respon spektrum terhadap respon ragam pertama.

- Gempa Arah X

$$V_{Ix} = Cs \cdot Wt$$

$$V_{Ix} = 0,041 \times 5046312,90$$

$$= 12898375,77 \text{ Kgf (Gaya geser statik ekivalen arah X)}$$

- Gempa Arah Y

$$V_{Iy} = Cs \cdot Wt$$

$$V_{Iy} = 0,041 \times 5046312,90$$

$$= 12898375,77 \text{ Kgf (Gaya geser statik ekivalen arah Y)}$$

Berdasarkan SNI 1726- 2012 kontrol faktor skala:

- Arah X

$$V_x = 12898375,77 \text{ Kgf}$$

$$V_{Ix} = 217546,0418 \text{ Kgf}$$

$$\text{Faktor Skala} = \frac{0,8 V_{Ix}}{V_x} \geq 1$$

$$= \frac{0,8 \cdot 217546,0418}{12898375,77} = 1,3$$

- Arah Y

$$V_y = 484475,800 \text{ Kgf}$$

$$V_{Iy} = 12898375,77 \text{ Kgf}$$

$$\text{Faktor Skala} = \frac{0,8 V_{Iy}}{V_y} \geq 1$$

$$= \frac{0,8 \cdot 12898375,77}{484475,800} = 0,4$$

Tabel 4.37 : Hasil perbandingan perioda Model 1

	Syarat Perioda Model 1				Hasil		
	Arah	Ta Min	Ta Max	T hasil dari ETABS	Cek Min	Cek Max	T yg digunakan
tanpa link	Arah X	0,411	0,576	0,574	OK	OK	0,574
	Arah Y	0,411	0,576	0,524	OK	OK	0,524
link 1 m	Arah X	0,411	0,576	0,362	NOT OK	OK	0,411
	Arah Y	0,411	0,576	0,352	NOT OK	OK	0,411
link 1,1 m	Arah X	0,411	0,576	0,370	NOT OK	OK	0,411
	Arah Y	0,411	0,576	0,359	NOT OK	OK	0,411
link 1,2 m	Arah X	0,411	0,576	0,378	NOT OK	OK	0,411
	Arah Y	0,411	0,576	0,367	NOT OK	OK	0,411

link 1,3 m	Arah X	0,411	0,576	0,387	NOT OK	OK	0,411
	Arah Y	0,411	0,576	0,374	NOT OK	OK	0,411
link 1,4 m	Arah X	0,411	0,576	0,395	NOT OK	OK	0,411
	Arah Y	0,411	0,576	0,382	NOT OK	OK	0,411

Max = 0,395

Min = 0,352

Selisih = 0,043

Tabel 4.38 : Hasil perbandingan perioda Model 2

	Syarat Perioda Model 2				Hasil		
	Arah	Ta Min	Ta Max	T hasil dari ETABS	Cek Min	Cek Max	T yg digunakan
tanpa link	Arah X	0,665	0,931	1,365	OK	NOT OK	0,931
	Arah Y	0,665	0,931	1,131	OK	NOT OK	0,931
link 1 m	Arah X	0,665	0,931	0,775	OK	OK	0,775
	Arah Y	0,665	0,931	0,717	OK	OK	0,717
link 1,1 m	Arah X	0,665	0,931	0,789	OK	OK	0,789
	Arah Y	0,665	0,931	0,736	OK	OK	0,736

Tabel 4.38 : Lanjutan.

link 1,2 m	Arah X	0,665	0,931	0,806	OK	OK	0,806
	Arah Y	0,665	0,931	0,749	OK	OK	0,749
link 1,3 m	Arah X	0,665	0,931	0,823	OK	OK	0,823
	Arah Y	0,665	0,931	0,763	OK	OK	0,763
link 1,4 m	Arah X	0,665	0,931	0,886	OK	OK	0,886
	Arah Y	0,665	0,931	0,812	OK	OK	0,812

Max = 0,886

Min = 0,717

Selisih = 0,0,169

Tabel 4.39 : Hasil perbandingan perioda Model 3

	Syarat Perioda Model 3				Hasil		
	Arah	Ta Min	Ta Max	T hasil dari ETABS	Cek Min	Cek Max	T yg digunakan
tanpa link	Arah X	1,097	1,535	2,423	OK	NOT OK	1,535
	Arah Y	1,097	1,535	2,153	OK	NOT OK	1,535
link 1,5 m	Arah X	1,097	1,535	1,488	OK	OK	1,488
	Arah Y	1,097	1,535	1,411	OK	OK	1,411

link 1,6 m	Arah X	1,097	1,535	1,739	OK	NOT OK	1,535
	Arah Y	1,097	1,535	1,638	OK	NOT OK	1,535
link 1,7 m	Arah X	1,097	1,535	1,739	OK	NOT OK	1,535
	Arah Y	1,097	1,535	1,638	OK	NOT OK	1,535
link 1,8 m	Arah X	1,097	1,535	1,775	OK	NOT OK	1,535
	Arah Y	1,097	1,535	1,667	OK	NOT OK	1,535
link 1,9 m	Arah X	1,097	1,535	1,723	OK	NOT OK	1,535
	Arah Y	1,097	1,535	1,603	OK	NOT OK	1,535

Max = 1,775

Min = 1,411

Selisih = 0,364

Tabel 4.40 : Hasil perbandingan perioda Model 4

	Syarat Perioda Model 4				Hasil		T yg digunakan
	Arah	Ta Min	Ta Max	T hasil dari ETABS	Cek Min	Cek Max	
tanpa link	Arah X	1,826	2,556	4,967	OK	NOT OK	2,556
	Arah Y	1,826	2,556	4,577	OK	NOT OK	2,556
link 1,5 m	Arah X	1,826	2,556	3,666	OK	NOT OK	2,556
	Arah Y	1,826	2,556	3,534	OK	NOT OK	2,556

Tabel 4.40 : Lanjutan.

link 1,6 m	Arah X	1,826	2,556	3,703	OK	NOT OK	2,556
	Arah Y	1,826	2,556	3,567	OK	NOT OK	2,556
link 1,7 m	Arah X	1,826	2,556	3,744	OK	NOT OK	2,556
	Arah Y	1,826	2,556	3,603	OK	NOT OK	2,556
link 1,8 m	Arah X	1,826	2,556	3,789	OK	NOT OK	2,556
	Arah Y	1,826	2,556	3,643	OK	NOT OK	2,556
link 1,9 m	Arah X	2,826	3,556	3,839	OK	NOT OK	2,556
	Arah Y	3,826	4,556	3,686	OK	NOT OK	2,556

Max = 3,839

Min = 3,534

Selisih = 0,305

Tabel 4.41 : Perbandingan statik ekivalen dengan respon Model 1 menggunakan T Max.

Model 1	Tanpa link		link 1 m		link 1,1 m		link 1,2 m		link 1,3 m		link 1,4 m	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
CS	1,01	0,95	0,96	0,90	0,96	0,90	0,97	0,90	0,97	0,90	0,97	0,90

Tabel 4.42 : Perbandingan statik ekivalen dengan respon Model 2 menggunakan T Max.

Model 2	Tanpa link		link 1 m		link 1,1m		link 1,2m		link 1,3m		link 1,4m	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
CS	1,24	0,65	1,01	0,77	1,01	0,75	1,01	0,74	1,01	0,72	1,01	0,66

Tabel 4.43 : Perbandingan statik ekivalen dengan respon Model 3 menggunakan T Max.

Model 3	Tanpa link		link 1,5 m		link 1,6 m		link 1,7 m		link 1,8 m		link 1,9 m	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
CS	1,38	0,41	1,03	0,43	1,02	0,42	1,08	0,41	1,10	0,41	1,07	0,41

Tabel 4.44 : Perbandingan statik ekivalen dengan respon Model 4 menggunakan T Max.

Model 4	Tanpa link		link 1,5 m		link 1,6 m		link 1,7 m		link 1,8 m		link 1,9 m	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
CS	1,75	0,35	1,33	0,36	1,34	0,36	1,36	0,36	1,37	0,36	1,40	0,36

Pada perbandingan statik ekivalen dengan respon pada 4 model ini terjadi perbedaan pada CS yang digunakan pada model 1 dengan ketinggian 3 lantai terdapat 5 struktur dengan menggunakan link yang berbeda panjangnya dari 1 m sampai dengan 1,4 m. Pada model 1 tanpa menggunakan link nilai X yang didapat 1,24 sedangkan yang menggunakan link 1 m sampai dengan 1,4 m adalah 1,01 seragam, dikarenakan yang menggunakan link tidak berada diantara nilai periode T_a Max dan T_a Min melainkan di bawah T_a Min sehingga nilai yang digunakan T_a Min 0,411. Untuk model 2 dengan ketinggian 6 lantai periode yang didapat memenuhi syarat T_a Min dan T_a Max sehingga Cs yang digunakan adalah Cs hitungan dan selisih angka untuk faktor skala untuk $x = 0,009$ untuk $y = 0,103$.

Sedangkan model ke 3 dengan ketinggian 12 lantai yang memenuhi perioda adalah struktur yang menggunakan link terpendek yaitu 1,5 m, sedangkan yang tidak menggunakan link dan menggunakan link 1,6 m sampai 1,9 m melebihi batas Ta Max sehingga nilai perioda yang digunakan adalah Ta Max = 1,535 dan nilai statik ekuivalen yang terkecil dengan menggunakan link didapat $x = 1,02$ untuk nilai yang terbesar $x = 1,10$ sedangkan nilai y yang terkecil 0,41 dan terbesar 0,43. Untuk model 4 dengan ketinggian 24 lantai semua nilai periodanya melebihi Ta Max, maka nilai perioda yang digunakan nilai Ta Max = 2,556 maka nilai statik ekuivalen yang didapat untuk struktur yang menggunakan link dengan nilai terkecilnya $x = 1,33$ dan $y = 0,36$, nilai x model 4 ini lebih besar dari pada nilai x pada model 1,2 dan 3 begitu juga nilai y pada model 4 ini lebih kecil dari model 1, 2 dan 3.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis data dan pembahasan mengenai “Pengaruh Panjang Link Bresing Eksentris Pada Struktur Baja Sistem Ganda Terhadap Simpangan Antar Tingkat”, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Panjang link dapat mempengaruhi terhadap perpindahan antar lantai, simpangan antar tingkat dan kekakuan.
2. Dimensi profil pada setiap Model berbeda disesuaikan dengan kebutuhan dan keseragaman hasil warna analysis software struktur.
3. Setelah di analisis, keempat model memiliki masing-masing keuntungan dan kerugian. Namun, panjang link yang paling efektif diantara masing – masing model adalah:
 - a. Model 1 dan 2 panjang link 1,2 m
 - b. Model 3 dan 4 panjang link 1,7 m
4. Nilai simpangan antar tingkat dan lantai yang paling kecil pada gempa arah X di akibat desain bangunan sumbu profil arah X lebih kuat.
5. Semakin tinggi suatu bangunan struktur maka semakin besar nilai simpangannya.
6. Simpangan tingkat yang minimal pada semua model adalah dengan menggunakan desain link yang paling pendek dan sebaliknya yang maksimum pada desain link yang paling panjang.
7. Besarnya nilai simpangan antar tingkat terjadi pada lantai yang awal pada setiap bangunan yaitu lantai 1 pada model 1, lantai 3 pada model 2, lantai 3 pada model 3, lantai 5 pada model 4.
8. Kekakuan lantai yang paling besar pada lantai – lantai awal disetiap bangunan yang menggunakan desain link yang terpendek.
9. Pada bangunan struktur 24 lantai diagram simpangan antar tingkat terjadi perpotongan di lantai 20.

5.2. Saran

1. Pada Tugas Akhir ini, analisa beban struktur gempa hanya menggunakan analisis respon spektrum hingga batas elastis. Penulis menyarankan agar dilakukan peninjauan lebih dalam lagi sampai batas plastis menggunakan analisis *push over* (analisis non-linear). Sehingga pada analisi *push over* maka didapat batas leleh maksimum yang terjadi pada struktur baja menggunakan Breising Tipe Ktersebut.
2. Penulis menyarankan nantinya dalam tugas akhir ini dilakukan perbandingan menggunakan analisis *time history* baik itu gempa dekat (*pulse*) dan gempa jauh (*no pulse*).
3. Untuk mendapatkan hasil yang akurat sebaiknya tanah yang di tinjau ada 3 jenis yaitu tanah keras, tanah sedang, dan tanah lunak. Di sini penulis hanya meninjau pada 1 jenis tanah yaitu tanah sedang.

DAFTAR PUSTAKA

- Musmar, M.A. (2012) *Effect of Link on Eccentrically Braced Frame*. *Journal of Engineering Sciences, Assiut University*. Vol 40.
- Ohsaki, M., dan T. Nakajima (2012) *Optimization of Link Member Of Eccentrically Braced Frames for Maximum Energy Dissipation*. *Journal of Constructional Steel Research*.
- Ir. Jimmy S. Juwana, MSAE (2008) *Panduan sistem bangunan tinggi untuk arsitek dan praktisi bangunan*. Jakarta, Erlangga.
- Badan Standarisasi Indonesia (2015) *Spesifikasi Untuk Bangunan Baja Struktural SNI 03-1729-2015*, Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standarisasi Nasional (2012) *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 1726-2012*, Jakarta, Departemen Pekerjaan Umum.
- Budiono, B. dan Supriatna, L. (2011) *Studi Komparasi Desain Bangunan Tahan Gempa Dengan Menggunakan SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012*. Bandung. ITB.
- Departemen Pekerjaan Umum (1987) *Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung*, Jakarta. Yayasan Badan Penerbit PU.
- Fauzi, A. (2013) *Modifikasi Perencanaan Menggunakan Sistem Rangka Bracing Konsentris Khusus Pada Gedung Apartemen Metropoli*. Laporan Tugas Akhir. Surabaya. Program Studi Teknik Sipil, ITS.
- Standar Nasional Indonesia. 2013, *Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain SNI 1727-2013*. Jakarta. Departemen Pekerjaan Umum.
- Suherman (2015) *Perbandingan Simpangan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus Dan Rangka Baja Bracing Eksentris Di Zona Gempa Tinggi*. Laporan Tugas Akhir. Program Studi Teknik Sipil. Medan.UMSU

Gambar L.4 : Data Model 4

Maximum Story Drift												
Story	Tanpa Link		Link 1,5m		Link 1,6m		Link 1,7m		Link 1,8m		Link 1,9m	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
	mm	mm	mm	mm	Mm	mm	mm	mm	mm	Mm	mm	mm
24	0,000066	0,000309	0,000074	0,000349	0,000073	0,000357	0,000071	0,000344	0,000069	0,000331	0,000068	0,000315
23	0,000082	0,000416	0,000087	0,00042	0,000086	0,000433	0,000084	0,00042	0,000083	0,000409	0,000081	0,000394
22	0,000099	0,000544	0,0001	0,000482	0,0001	0,000501	0,000098	0,000491	0,000097	0,000482	0,000095	0,00047
21	0,000114	0,000674	0,000111	0,000539	0,000112	0,000565	0,00011	0,000558	0,00011	0,000553	0,000108	0,000543
20	0,000127	0,000802	0,00012	0,000595	0,000121	0,000626	0,000121	0,000622	0,00012	0,00062	0,000119	0,000612
19	0,000139	0,000926	0,000128	0,000648	0,000129	0,000685	0,000129	0,000683	0,000129	0,000684	0,000128	0,000679
18	0,000149	0,001045	0,000134	0,000698	0,000136	0,00074	0,000136	0,00074	0,000136	0,000745	0,000135	0,000742
17	0,000159	0,001158	0,000139	0,000744	0,000142	0,000791	0,000141	0,000794	0,000142	0,000801	0,000141	0,0008
16	0,000168	0,001265	0,000144	0,000787	0,000147	0,000839	0,000147	0,000844	0,000147	0,000853	0,000147	0,000854
15	0,000177	0,001366	0,000147	0,000825	0,000151	0,000881	0,000151	0,000888	0,000152	0,000901	0,000152	0,000904
14	0,000185	0,001461	0,000151	0,000858	0,000155	0,000919	0,000155	0,000928	0,000156	0,000943	0,000157	0,000948
13	0,000192	0,00155	0,000153	0,000886	0,000158	0,000951	0,000159	0,000962	0,00016	0,00098	0,000161	0,000987
12	0,000199	0,001632	0,000156	0,000909	0,00016	0,000977	0,000161	0,000991	0,000163	0,001011	0,000164	0,001021
11	0,000205	0,001708	0,000157	0,000926	0,000162	0,000997	0,000163	0,001013	0,000166	0,001036	0,000167	0,001048
10	0,000211	0,001777	0,000158	0,000936	0,000163	0,00101	0,000165	0,001029	0,000167	0,001054	0,000169	0,001069
9	0,000217	0,001838	0,000158	0,000939	0,000164	0,001016	0,000166	0,001037	0,000169	0,001065	0,000171	0,001083
8	0,000222	0,001892	0,000158	0,000935	0,000164	0,001014	0,000166	0,001038	0,000169	0,001069	0,000171	0,00109
7	0,000226	0,001938	0,000156	0,000923	0,000163	0,001003	0,000165	0,00103	0,000169	0,001065	0,000172	0,001089
6	0,000228	0,001974	0,000154	0,000902	0,000161	0,000984	0,000164	0,001014	0,000168	0,001052	0,000171	0,001079
5	0,000229	0,001997	0,000152	0,000872	0,000158	0,000955	0,000162	0,000988	0,000166	0,00103	0,00017	0,001061

Gambar L.4 : Data Model 4 Lanjutan

Maximum Story Drift												
Story	Tanpa Link		Link 1,5m		Link 1,6m		Link 1,7m		Link 1,8m		Link 1,9m	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
4	0,000225	0,002	0,000147	0,000831	0,000154	0,000916	0,000158	0,000952	0,000163	0,000998	0,000167	0,001034
3	0,000211	0,001958	0,000139	0,000781	0,000145	0,000865	0,00015	0,000905	0,000154	0,000954	0,000158	0,000993
2	0,000179	0,001808	0,000122	0,000727	0,000128	0,000808	0,000132	0,000849	0,000136	0,000898	0,000139	0,000937
1	0,000091	0,001098	0,00007	0,000507	0,000073	0,000561	0,000074	0,000587	0,000076	0,000617	0,000077	0,00064
Base	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Gambar L.4 : Lanjutan

Tingkat	h (m)	Perpindahan Elastis (e)											
		Tanpa Link		Link 1,5 m		Link 1,6 m		Link 1,7 m		Link 1,8 m		Link 1,9 m	
		X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
		m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
Story24	3	0,066	0,309	0,074	0,349	0,073	0,357	0,071	0,344	0,069	0,331	0,068	0,315
Story23	3	0,082	0,416	0,087	0,420	0,086	0,433	0,084	0,420	0,083	0,409	0,081	0,394
Story22	3	0,099	0,544	0,100	0,482	0,100	0,501	0,098	0,491	0,097	0,482	0,095	0,470
Story21	3	0,114	0,674	0,111	0,539	0,112	0,565	0,110	0,558	0,110	0,553	0,108	0,543
Story20	3	0,127	0,802	0,120	0,595	0,121	0,626	0,121	0,622	0,120	0,620	0,119	0,612
Story19	3	0,139	0,926	0,128	0,648	0,129	0,685	0,129	0,683	0,129	0,684	0,128	0,679

Gambar L.4 : Lanjutan

Tingkat	h (m)	Perpindahan yang diperbesar (i*Cd)/Ie											
		Tanpa Link		Link 1,5m		Link 1,6m		Link 1,7m		Link 1,8m		Link 1,9m	
		X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
Story24	3	61,87	547,608	48,653	296,984	50,133	320,067	50,457	325,221	50,969	332,646	51,288	336,617
Story23	3	61,067	542,652	47,603	291,313	49,093	314,259	49,456	319,649	50,006	327,278	50,358	331,507
Story22	3	60,099	536,03	46,404	284,521	47,905	307,241	48,301	312,846	48,884	320,672	49,28	325,155
Story21	3	58,927	527,39	45,051	276,76	46,552	299,151	46,987	304,931	47,597	312,901	48,026	317,598
Story20	3	57,547	516,659	43,555	268,076	45,056	290,043	45,513	295,95	46,151	304,007	46,613	308,88
Story19	3	55,957	503,85	41,938	258,5	43,417	279,945	43,901	285,934	44,556	294,03	45,04	299,041
Story18	3	54,159	489,016	40,194	248,061	41,657	268,89	42,152	274,929	42,823	282,997	43,329	288,112
Story17	3	52,168	472,225	38,352	236,803	39,776	256,927	40,288	262,972	40,964	270,974	41,481	276,155
Story16	3	49,984	453,558	36,399	224,769	37,785	244,107	38,302	250,118	38,984	258,011	39,512	263,225
Story15	3	47,625	433,087	34,359	212,02	35,695	230,5	36,218	236,445	36,894	244,178	37,428	249,387
Story14	3	45,095	410,916	32,236	198,627	33,512	216,172	34,034	222,008	34,7	229,543	35,239	234,713
Story13	3	42,4	387,134	30,03	184,663	31,246	201,207	31,763	206,894	32,417	214,187	32,945	219,28
Story12	3	39,545	361,84	27,759	170,214	28,903	185,686	29,409	191,197	30,041	198,198	30,564	203,181
Story11	3	36,548	335,148	25,432	155,364	26,499	169,714	26,989	174,999	27,594	181,671	28,1	186,5
Story10	3	33,402	307,159	23,045	140,217	24,03	153,39	24,503	158,411	25,08	164,709	25,564	169,351
Story9	3	30,124	278,003	20,625	124,883	21,522	136,829	21,967	141,554	22,506	147,428	22,968	151,828
Story8	3	26,725	247,792	18,167	109,467	18,97	120,153	19,388	124,531	19,888	129,938	20,317	134,052
Story7	3	23,205	216,662	15,692	94,105	16,396	103,488	16,775	107,481	17,226	112,365	17,617	116,144
Story6	3	19,58	184,751	13,2	78,925	13,805	86,983	14,141	90,536	14,537	94,848	14,878	98,236
Story5	3	15,879	152,224	10,714	64,081	11,209	70,78	11,495	73,843	11,825	77,528	12,111	80,46
Story4	3	12,133	119,295	8,25	49,72	8,63	55,044	8,861	57,563	9,119	60,561	9,339	62,964

Gambar L.4 : Lanjutan

Tingkat	h (m)	Perpindahan yang diperbesar ($i \cdot C_d$) / I_e											
		Tanpa Link		Link 1,5m		Link 1,6m		Link 1,7m		Link 1,8m		Link 1,9m	
		X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
Story3	3	8,437	86,301	5,841	36,014	6,111	39,952	6,27	41,855	6,452	44,11	6,606	45,92
Story2	3	4,956	53,988	3,559	23,139	3,713	25,685	3,806	26,923	3,911	28,375	3,999	29,535
Story1	4	2,008	24,162	1,54	11,143	1,601	12,348	1,634	12,909	1,672	13,569	1,705	14,075
Base		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Gambar L.4 : Lanjutan

Tingkat	h (m)	Perpindahan yang diperbesar ($i \cdot C_d$) / I_e											
		Tanpa Link		Link 1,5m		Link 1,6m		Link 1,7m		Link 1,8m		Link 1,9m	
		X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
Story24	3	0,803	4,955	1,051	5,671	1,04	5,808	1,001	5,572	0,962	5,368	0,929	5,11
Story23	3	0,968	6,622	1,199	6,792	1,188	7,018	1,155	6,803	1,122	6,606	1,078	6,353
Story22	3	1,172	8,64	1,353	7,761	1,353	8,091	1,315	7,915	1,287	7,772	1,254	7,557
Story21	3	1,381	10,731	1,496	8,685	1,496	9,108	1,474	8,981	1,447	8,893	1,414	8,717
Story20	3	1,59	12,81	1,617	9,575	1,639	10,098	1,612	10,016	1,595	9,977	1,573	9,839
Story19	3	1,799	14,834	1,744	10,439	1,76	11,055	1,749	11,006	1,733	11,033	1,711	10,929
Story18	3	1,991	16,792	1,843	11,259	1,881	11,963	1,865	11,957	1,859	12,023	1,848	11,957
Story17	3	2,184	18,667	1,953	12,034	1,991	12,821	1,986	12,854	1,98	12,964	1,969	12,931
Story16	3	2,359	20,471	2,041	12,749	2,09	13,607	2,085	13,673	2,09	13,833	2,085	13,838
Story15	3	2,53	22,171	2,123	13,393	2,184	14,328	2,184	14,438	2,195	14,636	2,189	14,674
Story14	3	2,695	23,782	2,206	13,965	2,266	14,966	2,272	15,114	2,283	15,356	2,294	15,433

Gambar L.9 : Output Perioda Model 2 tanpa link

Syarat Perioda				Hasil		
Arah	Ta Min	Ta Max	T hasil dari ETABS	Cek Min	Cek Max	T yg digunakan
Arah X	0,411	0,576	3,406	OK	NOT OK	3,406
Arah Y	0,411	0,576	2,016	OK	NOT OK	2,016

Gambar L.10 : Modal Participating Mass Ratios Model 2 dengan Link 1m

Case	Mode	Period sec	UX	UY	Sum UX	Sum UY	RX	RY	Syarat		
									%	CQC	SRSS
Modal	1	3,406	0	0,8985	0	0,8985	0,1039	0	40,81%	Not OK	OK
Modal	2	2,016	0,8473	0	0,8473	0,8985	0	0,1567	24,21%	Not OK	OK
Modal	3	1,528	0	0	0,8473	0,8985	0	0	28,14%	Not OK	OK
Modal	4	1,098	0	0,0748	0,8473	0,9733	0,7961	0	42,90%	Not OK	OK
Modal	5	0,627	0	0,0179	0,8473	0,9913	0,0465	0	1,28%	OK	Not OK
Modal	6	0,619	0,1004	0	0,9477	0,9913	0	0,675	21,81%	Not OK	OK
Modal	7	0,484	0	0	0,9477	0,9913	0	0	11,98%	OK	Not OK
Modal	8	0,426	0	0,0061	0,9477	0,9973	0,0429	0	24,18%	Not OK	OK
Modal	9	0,323	0,0337	0	0,9814	0,9973	0	0,0869	1,24%	OK	Not OK
Modal	10	0,319	0	0,0022	0,9814	0,9995	0,0077	0	16,30%	Not OK	OK
Modal	11	0,267	0	0	0,9814	0,9995	0	0	2,25%	OK	Not OK
Modal	12	0,261	0	0,0005	0,9814	1	0,0029	0	100,00%	Not OK	OK
											SRSS

Gambar L.11 : Output Periode Model 2 dengan Link 1m

Syarat Periode				Hasil		
Arah	Ta Min	Ta Max	T hasil dari ETABS	Cek Min	Cek Max	T yg digunakan
Arah X	0,411	0,576	1,163	OK	NOT OK	1,163
Arah Y	0,411	0,576	1,038	OK	NOT OK	1,038

Gambar L.12 : Modal Participating Mass Ratios Model 2 dengan Link 1m

TABLE: Modal Participating Mass Ratios									
Case	Mode	Period	UX	UY	Sum UX	Sum UY	Syarat		
		sec					%	CQC	SRSS
Modal	1	1,163	0	0,8877	0	0,8877	10,75%	OK	Not OK
Modal	2	1,038	0,8894	0	0,8894	0,8877	35,36%	Not OK	OK
Modal	3	0,671	2,96E-05	0	0,8895	0,8877	31,45%	Not OK	OK
Modal	4	0,46	0	0,0966	0,8895	0,9843	16,09%	Not OK	OK
Modal	5	0,386	0,0907	0	0,9801	0,9843	33,16%	Not OK	OK
Modal	6	0,258	3,72E-06	0	0,9801	0,9843	4,26%	OK	Not OK
Modal	7	0,247	0	0,0127	0,9801	0,997	17,00%	Not OK	OK
Modal	8	0,205	0,0149	0	0,995	0,997	14,63%	OK	Not OK
Modal	9	0,175	0	0,0022	0,995	0,9992	19,43%	Not OK	OK
Modal	10	0,141	0	0,0007	0,995	0,9999	1,42%	OK	Not OK
Modal	11	0,139	0,0001	0	0,9951	0,9999	1,44%	OK	Not OK
Modal	12	0,137	0,0035	0	0,9986	0,9999	100,00%	Not OK	OK
									SRSS

Gambar L.13 : Output Perioda Model 3 tanpa link

Syarat Perioda				Hasil		
Arah	Ta Min	Ta Max	T hasil dari ETABS	Cek Min	Cek Max	T yg digunakan
Arah X	0,411	0,576	2,722	OK	NOT OK	2,722
Arah Y	0,411	0,576	2,304	OK	NOT OK	2,304

Gambar L.14 : Modal Participating Mass Ratios Model 3 tanpa link

Case	Mode	Period	UX	UY	Sum UX	Sum UY	Syarat		
		sec					%	CQC	SRSS
Modal	1	2,722	0	0,8399	0	0,8399	15,36%	Not OK	OK
Modal	2	2,304	0,816	0	0,816	0,8399	33,85%	Not OK	OK
Modal	3	1,524	0	0	0,816	0,8399	41,54%	Not OK	OK
Modal	4	0,891	0	0,0953	0,816	0,9352	17,28%	Not OK	OK
Modal	5	0,737	0,1009	0	0,9169	0,9352	30,39%	Not OK	OK
Modal	6	0,513	0	0,0315	0,9169	0,9667	2,92%	OK	Not OK
Modal	7	0,498	0	0	0,9169	0,9667	17,67%	Not OK	OK
Modal	8	0,41	0,0371	0	0,954	0,9667	14,39%	OK	Not OK
Modal	9	0,351	0	0,0148	0,954	0,9815	17,95%	Not OK	OK
Modal	10	0,288	0	0	0,954	0,9815	6,60%	OK	Not OK
Modal	11	0,269	0,0193	0	0,9733	0,9815	3,72%	OK	Not OK
Modal	12	0,259	0	0,008	0,9733	0,9895	100,00%	Not OK	OK
									SRSS

Gambar L.16 : Output Perioda Model 3 dengan link 1,7m

Syarat Perioda				Hasil		T yg digunakan
Arah	Ta Min	Ta Max	T hasil dari ETABS	Cek Min	Cek Max	
Arah X	0,411	0,576	1,812	OK	NOT OK	1,812
Arah Y	0,411	0,576	1,708	OK	NOT OK	1,708

Gambar L.17 : Modal Participating Mass Ratios Model 3 dengan link 1,7m

TABLE: Modal Participating Mass Ratios									
Case	Mode	Period sec	UX	UY	Sum UX	Sum UY	Syarat		
							%	CQC	SRSS
Modal	1	1,812	0	0,7767	0	0,7767	5,74%	OK	Not OK
Modal	2	1,708	0,7741	0	0,7741	0,7767	37,35%	Not OK	OK
Modal	3	1,07	0	0	0,7741	0,7767	44,95%	Not OK	OK
Modal	4	0,589	0	0,159	0,7741	0,9357	7,30%	OK	Not OK
Modal	5	0,546	0,15	0	0,9241	0,9357	36,08%	Not OK	OK
Modal	6	0,349	0	0	0,9241	0,9357	9,46%	OK	Not OK
Modal	7	0,316	0	0,0398	0,9241	0,9755	7,91%	OK	Not OK
Modal	8	0,291	0,042	0	0,966	0,9755	26,46%	Not OK	OK
Modal	9	0,214	0	0,0132	0,966	0,9887	8,88%	OK	Not OK
Modal	10	0,195	0,0164	0	0,9825	0,9887	3,08%	OK	Not OK
Modal	11	0,189	0	0	0,9825	0,9887	14,81%	OK	Not OK
Modal	12	0,161	0	0,0056	0,9825	0,9943	100,00%	Not OK	OK
									SRSS

Gambar L.21 : Output Periode Model 4 dengan link 1,7m

Syarat Periode				Hasil		
Arah	Ta Min	Ta Max	T hasil dari ETABS	Cek Min	Cek Max	T yg digunakan
Arah X	0,411	0,576	4,395	OK	NOT OK	4,395
Arah Y	0,411	0,576	4,058	OK	NOT OK	4,058

Gambar L.20 : Modal Participating Mass Ratios Model 4 dengan link 1,7m

TABLE: Modal Participating Mass Ratios									
Case	Mode	Period	UX	UY	Sum UX	Sum UY	Syarat		
		sec					%	CQC	SRSS
Modal	1	4,395	0	0,7405	0	0,7405	7,67%	OK	Not OK
Modal	2	4,058	0,7457	0	0,7457	0,7405	39,13%	Not OK	OK
Modal	3	2,47	0	0	0,7457	0,7405	45,99%	Not OK	OK
Modal	4	1,334	0	0,1462	0,7457	0,8867	6,97%	OK	Not OK
Modal	5	1,241	0,1405	0	0,8862	0,8867	37,95%	Not OK	OK
Modal	6	0,77	0	0	0,8862	0,8867	8,05%	OK	Not OK
Modal	7	0,708	0	0,0575	0,8862	0,9443	6,64%	OK	Not OK
Modal	8	0,661	0,0534	0	0,9396	0,9443	28,90%	Not OK	OK
Modal	9	0,47	0	0,0263	0,9396	0,9706	6,38%	OK	Not OK
Modal	10	0,44	0,0254	0	0,965	0,9706	4,77%	OK	Not OK
Modal	11	0,419	0	0	0,965	0,9706	16,95%	Not OK	OK
Modal	12	0,348	0	0,0126	0,965	0,9832	100,00%	Not OK	OK
									SRSS

Gambar L.23 : Maximum Story stifnes Model 3

Story	Elev	Tanpa Link		Link 1,5m		Link 1,6m		Link 1,7m		Link 1,8m		Link 1,9m	
		X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
	m	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
12	37	57439,9	40187,17	87091,71	68396,83	88825,2	70931,5	90398,51	73729,56	91634,08	76688,3	92041,04	79489,4
11	34	72570,5	49900,37	138564,8	112161,4	139335,5	113837,1	139777,4	115581,8	139662	117183,4	138417,9	118244,8
10	31	74611,05	52102,61	164438,5	140519,7	163197,2	140186,7	161456,9	139570,5	159028,3	138428,9	155474,9	136453,4
9	28	74790,03	53179,52	180139,7	160833,6	177106,6	158612,5	173446,1	155813,6	169005,8	152236,7	163489,1	147678,9
8	25	74904,05	53840,79	192348,9	176975,7	187731,8	172996,9	182370,3	168258,8	176160,4	162599,8	168916,7	155871,7
7	22	74976,47	54333,33	204152,6	191501,6	197871,9	185772,9	190781,9	179148,8	182785,2	171521,1	173830,4	162836,5
6	19	75203,89	54742,03	217969,4	206183,5	209702,5	198504	200584,2	189847,2	190582,4	180166,1	179730,4	169486,5
5	16	75773,91	55117,01	235535,7	222580,2	224662,2	212489,6	213004,5	201402,9	200603,7	189347,8	187574,7	176450
4	13	76717,44	55441,32	258045,3	242444,3	243721,2	229071,9	228873,4	214812,8	213621,9	199788,7	198147,5	184240,1
3	10	78850,35	55888,1	288267,6	268073,2	269578,8	249815,5	250960,5	231137,2	232550,6	212274	214508,4	193563,1
2	7	84658,1	55178,66	334777,3	293965,7	311420,7	269971,3	289006,2	246830,7	267541,1	224673	247061,7	203699,5
1	4	98256,14	50465,31	424556,7	301127,9	397803,3	277028,5	372543,5	254701,3	348601,6	233972,5	325888,1	214782,1
Base	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Gambar L.24 : Maximum Story stifnes Model 4

Story	Elev	Tanpa Link		Link 1,5m		Link 1,6 m		Link 1,7 m		Link 1,8 m		Link 1,9 m	
		X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
	m	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
24	73	46971,629	35259,29	53909,06	31882,76	54065,16	32830,38	54784,29	33804,28	55403,22	34881,22	55928,04	36147,14
23	70	73947,084	54759,76	90040,63	55231,85	89862,09	56154,86	90529,2	57359	91106,39	58575,53	91530,72	60200,63
22	67	84184,062	62975,03	109135,8	71904,32	108415,9	72483,65	108548,8	73450,97	108544,8	74348,22	108381,9	75575,62

Gambar L.24 : Maximum Story stifnes Model 4 *Lanjutan*

Sto ry	Elev M	Tanpa Link		Link 1,5 m		Link 1,6 m		Link 1,7 m		Link 1,8 m		Link 1,9 m	
		X mm	Y mm	X mm	Y mm	X mm	Y mm	X mm	Y mm	X mm	Y mm	X mm	Y mm
21	64	87055,318	67117,91	118727,6	84104,41	117540,4	84345,2	117080,4	84937,58	116513,8	85408,78	115769,6	86096,23
20	61	87004,896	69585,27	123158,4	93224,03	121692,4	93221,46	120837,2	93398,55	119867,1	93476,73	118741,6	93680,87
19	58	86223,345	71265,66	125186,5	100355,1	123555,1	100068,1	122437	99894,86	121180,6	99708,41	119818,2	99383,56
18	55	85795,303	72511,3	126552,9	106089,2	124873,8	105560	123577,3	105105,7	122135,6	104610,5	120634,1	103940,5
17	52	85975,395	73485,32	128179,7	110894,4	126454	110172,6	125020,1	109465,1	123457,2	108656,3	121783,1	107735,6
16	49	86465,729	74277,64	130271,2	115062,2	128516,8	114153,4	126956,3	113216,8	125271,5	112158,3	123494,3	110966
15	46	86874,399	74947,36	132657,3	118835,6	130839,8	117746,1	129178,5	116625,4	127340,6	115337,7	125412	113882
14	43	87048,521	75534,82	135190,4	122370	133295,5	121124,3	131503,6	119805,5	129510,3	118304,6	127395,2	116597,1
13	40	87115,795	76065,68	137877,2	125862,7	135862,2	124435,1	133913,3	122888	131780,6	121152,4	129421,9	119224,6
12	37	87311,879	76556	140911,8	129421,7	138744,8	127807,5	136592	126044,6	134252,9	124070	131673,3	121882,8
11	34	87759,156	77018,09	144442,1	133177,5	142059,2	131319,9	139637,7	129304,7	137042,2	127062,7	134199,1	124604,4
10	31	88376,454	77463,88	148528	137243	145833,4	135083,9	143100,1	132772,6	140189,3	130250,4	137045	127480,5
9	28	88990,901	77904,98	153152,2	141776,3	150056	139280,4	146939,5	136620,2	143624,9	133729,3	140116,9	130609,8
8	25	89544,715	78352,81	158472	146949,1	154877,6	144043,1	151267,8	140959,5	147463,9	137637,1	143501,3	134101,8
7	22	90241,29	78824,33	164836,3	152989,6	160596,7	149540,9	156369,5	145922,2	151972	142086,3	147450,2	138029,4
6	19	91560,178	79359,32	172780,9	160180,7	167722,6	156039,2	162738,8	151749,7	157617,4	147242,9	152418,3	142549,1
5	16	94202,316	80071,57	182938,3	168943,1	176881,1	163897,4	170972,3	158719,7	164986,3	153360	158998,9	147863,2
4	13	99233,062	81276,91	196268,4	179837,3	189027,9	173552,9	182067	167196,7	175118,4	160737,7	168258,3	154228,6
3	10	109072,995	84029,02	215464,9	193745,8	206951,6	185818,8	198833,7	177952,9	190851,9	170129,2	183071,4	162407,3
2	7	131771,041	91735,6	250528,6	209772,7	240723,5	200329,4	231389,7	191139,8	222305,1	182203,5	213520,9	173565,2
1	4	195598,881	113666,6	333059,1	226652,5	321964,8	217343,1	311258,6	208336,6	300848,6	199671,7	290761,9	191359

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



PERSONAL INFO

Nama Lengkap : Zulham Maulana
Tempat, Tanggal Lahir : Perupuk, 10 April 1994
Agama : Islam
Alamat KTP : Dsn VI Desa Perupuk Kec. Lima Puluh
No. Hp : 0813-7501-9317
E-mail : maulanazulham37@gmail.com

EDUCATION HISTORY

Nomor Pokok Mahasiswa : 1307210177
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

No.	Tingkat Pendidikan	Tempat	Tahun Kelulusan
1	SD Negeri 014727 Desa Perupuk	Kecamatan Lima Puluh	2004
2	SMP N 4 Lima Puluh	Kecamatan Lima Puluh	2008
3	SMK N 1 Air Putih	Kecamatan Air Putih	2011
4	Melanjutkan studi di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2013 sampai selesai		