

TUGAS AKHIR

KOMPARASI RESPON DINAMIK STRUKTUR PADA GEDUNG BERTINGKAT DENGAN VARIASI BENTUK DAN PENEMPATAN DINDING GESER MENGACU SNI 1726-2019 (COMPARISON OF STRUCTURAL DYNAMIC RESPONSE ON HIGHRISE BUILDINGS WITH A VARIETY OF SHEAR WALL'S SHAPES AND PLACEMENTS REFERRING TO SNI 1726-2019 CODE)

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**Anas Hoga Prathama
16511097**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA 2020**

TUGAS AKHIR

KOMPARASI RESPON DINAMIK STRUKTUR PADA GEDUNG BERTINGKAT DENGAN VARIASI BENTUK DAN PENEMPATAN DINDING GESER MENGACU SNI 1726-2019 (COMPARISON OF STRUCTURAL DYNAMIC RESPONSE ON HIGHRISE BUILDINGS WITH A VARIETY OF SHEAR WALL'S SHAPES AND PLACEMENTS REFERRING TO SNI 1726-2019 CODE)

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



Anas Hoga Prathama 16511097

**Disetujui:
Pembimbing**



Prof. Ir. Mochamad Teguh, MSCE., Ph.D.

Tanggal: 16 April 2021

TUGAS AKHIR

KOMPARASI RESPON DINAMIK STRUKTUR PADA GEDUNG BERTINGKAT DENGAN VARIASI BENTUK DAN PENEMPATAN DINDING GESER MENGACU SNI 1726-2019

(COMPARISON OF STRUCTURAL DYNAMIC RESPONSE ON HIGHRISE BUILDINGS WITH A VARIETY OF SHEAR WALL'S SHAPES AND PLACEMENTS REFERRING TO SNI 1726-2019 CODE)

Disusun oleh

Anas Hoga Prathama 16511097

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
Untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 30 April 2021

Oleh Dewan Penguji

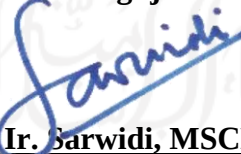
Pembimbing



Prof. Ir. Mochamad Teguh, MSCE., Ph. D.

NIP : 855110201

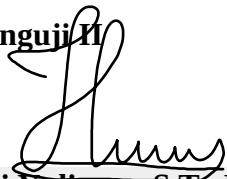
Penguji I



Prof. Ir. Sarwidi, MSCE., Ph. D.

NIP : 845110101

Penguji II

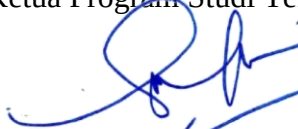


Hariadi Yudianto, S.T., M.Eng

NIP : 155111305

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Dr. Ir. Sri Amin Yuni Astuti, MT.



PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundangundangan yang berlaku

Yogyakarta, 24 Februari 2021

Yang membuat pernyataan,



Anas Hoga Prathama

(16511097)

DEDIKASI

Bismillahirrohmanirrohim

Dengan Rahmat Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha penyayang atas segala Rahmat-Nya saya dapat selesainya tugas akhir ini, dengan segala ucapan terima kasih saya persembahkan tugas akhir ini untuk :

1. Bapak Istiko Tauhid Jati dan Ibu Raden Rara Zuraida Henny Hapsari selaku orang tua saya yang telah mendukung saya dalam hal apapun dan juga yang selalu memberikan motivasi, Tiyas Dwi Anggraini selaku adik saya tersayang yang selalu memberikan bantuan dan motivasi di segala situasi dan kondisi yang ada. Terima kasih sebanyak – banyaknya atas kasih sayang yang teramat sangat besar yang telah diberikan kepada saya.
2. Seluruh keluarga saya yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu. Terima kasih atas dukungannya.
3. Teman – teman Teknik Sipil 2016 Kiko, Aryo, Rhesnu, Aul, Koko, Fauzi, Adit, Aya, Yumi, Amartya, Bagas, Naufal, dan Bagus yang telah memberikan arahan dalam mengerjakan naskah tugas akhir ini dan teman angkatan yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu, terima kasih atas bantuan dan saran – saran yang kalian berikan.
4. Terima kasih juga kepada Aprillia Hasna Dewi Kartini atas semangat yang diberikan kepada saya untuk menuntaskan tugas akhir dan tak terlupakan teman – teman seperjuangan SWAT atas dukungan yang kalian berikan.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha penyayang atas segala Rahmat-Nya, sehingga dapat selesainya Tugas Akhir yang berjudul *Komparasi Respon Dinamik Struktur Pada Gedung Bertingkat Dengan Variasi Bentuk dan Penempatan Dinding Geser Mengacu SNI 1726-2019*. Tugas Akhir ini adalah salah satu syarat akademik dalam penyelesaian studi sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi, namun berkat saran kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, Alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, ucapan terima kasih sedalam-dalamnya ditujukan kepada :

1. Bapak Prof. Ir. Mochamad Teguh, MSCE., Ph. D. selaku Dosen Pembimbing,
2. Bapak Prof. Ir. Sarwidi, MSCE., Ph. D. selaku Penguji I,
3. Bapak Hariadi Yulianto, S.T., M.Eng. selaku Penguji II,

Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pihak yang membacanya.

Yogyakarta, 24 Februari 2021

Penulis,



Anas Hoga Prathama

(16511097)

DAFTAR ISI

Halaman	i
Halaman Pengesahan	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Perbedaan Penelitian	9
BAB III LANDASAN TEORI	12
3.1 Filosofi dan Konsep Bangunan Tahan Gempa	12
3.2 Pembebanan	12
3.2.1 Beban Mati	13
3.2.2 Beban Hidup	13
3.2.3 Kombinasi Pembebanan Dasar untuk Metode Ultimit	13
3.2.4 Kombinasi Pembebanan Dasar untuk Metode Tegangan Izin	14
3.2.5 Redundansi	15
3.3 Ketidakberaturan Struktur	16
3.3.1 Ketidakberaturan Horizontal	16
3.3.2 Ketidakberaturan Vertikal	20
3.4 Respon Dinamik Struktur	23
3.4.1 Gempa Rencana	23
3.4.2 Faktor Keutamaan Gempa dan Kategori Risiko	

Struktur Bangunan	24
3.4.3 Klasifikasi Situs	24
3.4.4 Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa Maksimum	25
3.4.5 Parameter Percepatan Spektral Desain	25
3.4.6 Spektrum Respons Desain	25
3.4.7 Kategori Desain Seismik	28
3.4.8 Pemilihan Sistem Struktur	29
3.4.9 Geser Dasar Seismik	29
3.4.10 Periode Fundamental Pendekatan	30
3.4.11 Distribusi Vertikal Gaya Seismik	31
3.4.12 Distribusi Horizontal Gaya Seismik	32
3.4.13 Simpangan Antar Tingkat	32
3.4.14 Batasan Simpangan Antar Tingkat	33
3.5 Dinding Geser	33
3.5.1 Variasi Bentuk Dinding Geser	34
3.5.2 Penempatan Bentuk Dinding Geser	34
3.5.3 Kebutuhan Dimensi Dinding Geser	36
3.5.4 Ketentuan Desain Struktural Khusus	36
3.5.5 Kontrol Sistem Ganda Struktur Redesain	36
3.5.6 Perilaku Dinding Geser	36
BAB IV METODE PENELITIAN	38
4.1 Jenis Penelitian	38
4.2 Data Penelitian	38
4.2.1 Model Struktur	38
4.2.2 Data Penelitian Bangunan	41
4.3 Metode Penelitian	42
4.4 Tahapan Penelitian	42
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	45
5.1 Perhitungan Pembebanan Struktur	45
5.1.1 Bahan Material / Mutu Bangunan	45
5.1.2 Beban Mati	45

5.1.3 Beban Hidup	48
5.1.4 Beban Dinding	46
5.1.5 Beban Gempa Respons Spektrum	47
5.2 Permodelan Struktur	66
5.3 <i>Base Shear</i>	68
5.3.1 Pengecekan Nilai <i>Base Shear Trial 1</i>	68
5.3.2 Pengecekan Nilai <i>Base Shear Trial 2</i>	70
5.4 Cek Ketidakberaturan Struktur	71
5.4.1 Ketidakberaturan Horizontal	71
5.4.2 Ketidakberaturan Vertikal	97
5.5 Simpangan Antar Lantai	101
5.6 <i>Drift Ratio</i>	115
5.7 <i>Displacement</i>	121
5.8 Pola Simpangan Bangunan	124
5.9 Kontrol SRPMK Dengan 25 Persen Gaya Lateral	129
5.10 Komparasi Respon Struktur	135
5.10.1 Simpangan Antar Lantai	135
5.10.2 <i>Drift Ratio</i>	138
5.10.3 <i>Base Shear</i>	142
5.10.4 <i>Displacement</i>	143
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	147
6.1 Kesimpulan	147
6.2 Saran	148
DAFTAR PUSTAKA	150
LAMPIRAN	152

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Denah Bangunan Dengan Penempatan dan Posisi Dinding Geser yang Berbeda	6
Gambar 2.2 Permodelan 3D Struktur Tanpa Dinding Geser	8
Gambar 2.3 Permodelan 3D Struktur Dengan Dinding Geser	9
Gambar 3.1 Faktor Pembebanan Torsi (A_x)	18
Gambar 3.2 Ketidakberaturan Sudut Dalam	18
Gambar 3.3 Ketidakberaturan Diskontinuitas Diafragma	19
Gambar 3.4 Ketidakberaturan Akibat Pergeseran Tegak Lurus Terhadap Bidang	19
Gambar 3.5 Ketidakberaturan Sistem Nonparalel	20
Gambar 3.6 Ketidakberaturan Berat (Massa)	20
Gambar 3.7 Ketidakberaturan Geometri Vertikal	21
Gambar 3.8 Ketidakberaturan Akibat Diskontinuitas Bidang Pada Elemen Vertikal Pemikul Gaya Lateral	21
Gambar 3.9 Spektrum Respons Desain	26
Gambar 3.10 Peta Transisi Periode Panjang, T_L , Wilayah Indonesia	27
Gambar 3.11 Parameter Gerak Tanah (S_1) di Indonesia	27
Gambar 3.12 Parameter Gerak Tanah (S_s) di Indonesia	28
Gambar 3.13 Penentuan Simpangan Antar Tingkat	32
Gambar 3.14 Sistem Penempatan Dinding Geser Tidak Simetris	34
Gambar 3.15 Sistem Penempatan Dinding Geser Simetris	34
Gambar 4.1 Denah Bangunan <i>Dinding geser</i> (SW1)	37
Gambar 4.2 Denah Bangunan <i>Dinding geser</i> (SW2)	37
Gambar 4.3 Denah Bangunan <i>Dinding geser</i> (SW3)	38
Gambar 4.4 Denah Bangunan <i>Dinding geser</i> (SW4)	38
Gambar 4.5 Denah Bangunan <i>Dinding geser</i> (SW5)	39
Gambar 4.6 Bagan Alur Penelitian	41
Gambar 5.1 Tinggi Vertikal Pelat Tangga	44

Gambar 5.2 Potongan Ruang Mesin	46
Gambar 5.3 Beban Dinding Pada Portal 1	47
Gambar 5.4 Grafik Respon Spektrum Desain	50
Gambar 5.5 Model Struktur Tanpa <i>Dinding geser</i>	65
Gambar 5.6 Model Struktur <i>Dinding geser</i> Model 1	66
Gambar 5.7 Model Struktur <i>Dinding geser</i> Model 2	66
Gambar 5.8 Model Struktur <i>Dinding geser</i> Model 3	67
Gambar 5.9 Model Struktur <i>Dinding geser</i> Model 4	67
Gambar 5.10 Model Struktur <i>Dinding geser</i> Model 5	68
Gambar 5.11 Ketidakberaturan Torsi	72
Gambar 5.12 Ketidakberaturan Sudut Dalam	95
Gambar 5.13 Simpangan Antar Lantai Arah X untuk Struktur Tanpa Dinding Geser	102
Gambar 5.14 Simpangan Antar Lantai Arah Y untuk Struktur Tanpa Dinding Geser	102
Gambar 5.15 Simpangan Antar Lantai Arah X untuk Struktur Dinding Geser Model 1	103
Gambar 5.16 Simpangan Antar Lantai Arah Y untuk Struktur Dinding Geser Model 1	104
Gambar 5.17 Simpangan Antar Lantai Arah X untuk Struktur Dinding Geser Model 2	105
Gambar 5.18 Simpangan Antar Lantai Arah Y untuk Struktur Dinding Geser Model 2	105
Gambar 5.19 Simpangan Antar Lantai Arah X untuk Struktur Dinding Geser Model 3	106
Gambar 5.20 Simpangan Antar Lantai Arah Y untuk Struktur Dinding Geser Model 3	107
Gambar 5.21 Simpangan Antar Lantai Arah X untuk Struktur Dinding Geser Model 4	108
Gambar 5.22 Simpangan Antar Lantai Arah Y untuk Struktur Dinding Geser Model 4	108

Gambar 5.23 Simpangan Antar Lantai Arah Y untuk Struktur Dinding Geser Model 5	109
Gambar 5.24 Simpangan Antar Lantai Arah Y untuk Struktur Dinding Geser Model 5	110
Gambar 5.25 Rekapitulasi Simpangan Antar Lantai Arah X	114
Gambar 5.26 Rekapitulasi Simpangan Antar Lantai Arah Y	114
Gambar 5.27 Nilai <i>Drift Ratio</i> Arah X	118
Gambar 5.28 Nilai <i>Drift Ratio</i> Arah Y	118
Gambar 5.29 Penurunan Nilai <i>Drift Ratio</i> Arah X	120
Gambar 5.30 Penurunan Nilai <i>Drift Ratio</i> Arah Y	120
Gambar 5.31 Nilai <i>Displacement</i> Arah X	123
Gambar 5.32 Nilai <i>Displacement</i> Arah Y	123
Gambar 5.33 Pola Goyangan Struktur Tanpa Dinding Geser	124
Gambar 5.34 Pola Goyangan Struktur Dinding Geser Model 1	125
Gambar 5.35 Pola Goyangan Struktur Dinding Geser Model 2	126
Gambar 5.36 Pola Goyangan Struktur Dinding Geser Model 3	127
Gambar 5.37 Pola Goyangan Struktur Dinding Geser Model 4	128
Gambar 5.38 Pola Goyangan Struktur Dinding Geser Model 5	129
Gambar 5.39 Komparasi Simpangan Antar Lantai Arah X	135
Gambar 5.40 Komparasi Simpangan Antar Lantai Arah X	138
Gambar 5.41 Komparasi <i>Drift Ratio</i> Arah X	141
Gambar 3.42 Komparasi <i>Drift Ratio</i> Arah Y	141
Gambar 5.43 Komparasi <i>Displacement</i> Arah X	145
Gambar 5.44 Komparasi <i>Displacement</i> Arah Y	145

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbedaan dengan Penelitian Terdahulu	10
Tabel 4.1 Data Awal Perencanaan	39
Tabel 4.2 Konfigurasi Penempatan Dinding Geser	40
Tabel 5.1 Spektrum Respons Desain	49
Tabel 5.2 Berat Seismik Efektif	58
Tabel 5.3 Penentuan Nilai K	60
Tabel 5.4 Gaya Seismik Lateral dengan Struktur Tanpa Dinding Geser	61
Tabel 5.5 Gaya Seismik Lateral dengan Struktur Dinding Geser Model 1	61
Tabel 5.6 Gaya Seismik Lateral dengan Struktur Dinding Geser Model 2	62
Tabel 5.7 Gaya Seismik Lateral dengan Struktur Dinding Geser Model 3	62
Tabel 5.8 Gaya Seismik Lateral dengan Struktur Dinding Geser Model 4	63
Tabel 5.9 Gaya Seismik Lateral dengan Struktur Dinding Geser Model 5	64
Tabel 5.10 Dimensi Balok	64
Tabel 5.11 Dimensi Kolom	64
Tabel 5.12 Dimensi Pelat	65
Tabel 5.13 Kontrol Parameter Respons Ragam Struktur Tanpa Dinding Geser	
<i>Trial 1</i>	68
Tabel 5.14 Kontrol Parameter Respons Ragam Struktur Dinding Geser Model 1	
<i>Trial 1</i>	69
Tabel 5.15 Kontrol Parameter Respons Ragam Struktur Dinding Geser Model 2	
<i>Trial 1</i>	69
Tabel 5.16 Kontrol Parameter Respons Ragam Struktur Dinding Geser Model 3	
<i>Trial 1</i>	69
Tabel 5.17 Kontrol Parameter Respons Ragam Struktur Dinding Geser Model 4	
<i>Trial 1</i>	69
Tabel 5.18 Kontrol Parameter Respons Ragam Struktur Dinding Geser Model 5	
<i>Trial 1</i>	69
Tabel 5.19 Kontrol Parameter Respons Ragam Struktur Tanpa Dinding Geser	

<i>Trial 2</i>	70
Tabel 5.20 Kontrol Parameter Respons Ragam Struktur Dinding Geser Model 1	
<i>Trial 2</i>	70
Tabel 5.21 Kontrol Parameter Respons Ragam Struktur Dinding Geser Model 2	
<i>Trial 2</i>	70
Tabel 5.22 Kontrol Parameter Respons Ragam Struktur Dinding Geser Model 3	
<i>Trial 2</i>	71
Tabel 5.23 Kontrol Parameter Respons Ragam Struktur Dinding Geser Model 4	
<i>Trial 2</i>	71
Tabel 5.24 Kontrol Parameter Respons Ragam Struktur Dinding Geser Model 5	
<i>Trial 2</i>	71
Tabel 5.25 Cek Ketidakberaturan Torsi Arah X Struktur Model Tanpa Dinding Geser	73
Tabel 5.26 Cek Ketidakberaturan Torsi Arah Y Struktur Model Tanpa Dinding Geser	74
Tabel 5.27 Cek Ketidakberaturan Torsi Arah X Struktur Model Dinding Geser Model 1	75
Tabel 5.28 Cek Ketidakberaturan Torsi Arah Y Struktur Model Dinding Geser Model 1	77
Tabel 5.29 Cek Ketidakberaturan Torsi Arah X Struktur Model Dinding Geser Model 2	79
Tabel 5.30 Cek Ketidakberaturan Torsi Arah Y Struktur Model Dinding Geser Model 2	81
Tabel 5.31 Cek Ketidakberaturan Torsi Arah X Struktur Model Dinding Geser Model 3	83
Tabel 5.32 Cek Ketidakberaturan Torsi Arah Y Struktur Model Dinding Geser Model 3	85
Tabel 5.33 Cek Ketidakberaturan Torsi Arah X Struktur Model Dinding Geser Model 4	87
Tabel 5.34 Cek Ketidakberaturan Torsi Arah Y Struktur Model Dinding Geser Model 4	89

Tabel 5.35 Cek Ketidakberaturan Torsi Arah X Struktur Model	
Dinding Geser Model 5	91
Tabel 5.36 Cek Ketidakberaturan Torsi Arah Y Struktur Model	
Dinding Geser Model 5	93
Tabel 5.37 Rekapitulasi Pengecekan Ketidakberaturan Diskontinuitas	
Diafragma	96
Tabel 5.38 Persentase Ketidakberaturan berat Struktur Tanpa Dinding Geser	97
Tabel 5.39 Persentase Ketidakberaturan Berat Struktur Dinding Geser	
Model 1	98
Tabel 5.40 Persentase Ketidakberaturan Berat Struktur Dinding Geser	
Model 2	98
Tabel 5.41 Persentase Ketidakberaturan Berat Struktur Dinding Geser	
Model 3	99
Tabel 5.42 Persentase Ketidakberaturan Berat Struktur Dinding Geser	
Model 4	99
Tabel 5.43 Persentase Ketidakberaturan Berat Struktur Dinding Geser	
Model 5	100
Tabel 5.44 Rekapitulasi Simpangan Antar Lantai Arah X	112
Tabel 5.45 Rekapitulasi Simpangan Antar Lantai Arah Y	113
Tabel 5.46 Nilai <i>Drift Ratio</i>	116
Tabel 5.47 Penurunan Nilai <i>Drift Ratio</i>	119
Tabel 5.48 <i>Displacement</i>	122
Tabel 5.49 <i>Joint Reaction</i> Kontrol SRPMK Pada Struktur	
Dinding Geser Model 1	130
Tabel 5.50 <i>Joint Reaction</i> Kontrol SRPMK Pada Struktur	
Dinding Geser Model 2	131
Tabel 5.51 <i>Joint Reaction</i> Kontrol SRPMK Pada Struktur	
Dinding Geser Model 3	132
Tabel 5.52 <i>Joint Reaction</i> Kontrol SRPMK Pada Struktur	
Dinding Geser Model 4	133
Tabel 5.53 <i>Joint Reaction</i> Kontrol SRPMK Pada Struktur	

Dinding Geser Model 5	134
Tabel 5.54 Komparasi Simpangan Antar Lantai Arah X	136
Tabel 5.55 Komparasi Simpangan Antar Lantai Arah Y	137
Tabel 5.56 Komparasi Nilai <i>Drift Ratio</i>	139
Tabel 5.57 Komparasi Nilai <i>Base Shear</i>	143
Tabel 5.58 Komparasi <i>Displacement</i>	144



ABSTRAK

Pertumbuhan aktivitas manusia yang terus meningkat menyebabkan perubahan pola tempat tinggal di daerah perkotaan. Krisis lahan yang terjadi pada daerah perkotaan mengakibatkan harga tanah menjadi tidak ekonomis, sehingga bangunan didesain dengan arah vertikal. Salah satu solusi untuk menahan gempa pada bangunan bertingkat adalah dengan menambahkan struktur dinding geser dengan penempatan dan bentuk yang tepat sasaran. Perencanaan dinding geser terdapat variasi bentuk yang bisa digunakan, dengan variasi yang berbeda akan memberikan pengaruh terhadap nilai *base shear*, *drift ratio*, *displacement*, dan pola simpangan. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan nilai simpangan antar lantai, geser dasar, *drift ratio*, simpangan, dan pola simpangan gedung terhadap variasi model bentuk dan penempatan dinding geser yang terjadi akibat beban gempa respons spektrum. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Force Based Design* (FBD) dengan menggunakan pendekatan *Response Spectrum*. Variasi pembanding merupakan bangunan gedung tanpa dinding geser, bangunan dengan dinding geser *straight shape*, dan dinding geser *L-shape* dengan dimodelkan 5 model struktur bangunan yaitu 1 model struktur rangka dan 5 model struktur bangunan dengan variasi penempatan dinding geser menggunakan program SAP2000. Hasil analisis ini menunjukkan nilai simpangan antar lantai terkecil terdapat pada struktur bangunan dinding geser model 5. Pada struktur dinding geser model 5 mengalami penurunan simpangan antar lantai arah x jika dibandingkan dengan model tanpa dinding geser sebesar 126,5 mm dengan presentase penurunan sebesar 76,29%. Pada struktur dinding geser model 5 penurunan simpangan antar lantai arah y jika dibandingkan dengan model tanpa dinding geser sebesar 227,15 mm dengan presentase penurunan sebesar 88,44%.

Kata kunci : Dinding Geser, Penempatan Dinding Geser, Bentuk Dinding Geser,
SNI 1726-2019

ABSTRACT

The growing growth of human activities has led to changes in housing patterns in urban areas. The land crisis in urban areas has made land prices uneconomical, so buildings are designed vertically. One solution to resist earthquakes in multistory buildings is to add a shear wall structure with the proper placement and shape. Shear wall designs have various forms that can be used, with different variations that will influence the value of the base shear, drift ratio, displacement, and deviation patterns. This study compares the value of the deviation between floors, base shear, drift ratio, divergence, and deviation patterns of buildings against variations in the shape and placement of shear walls that occur due to earthquake load spectrum response. The method used in this research is the Force Based Design (FBD) method utilizing the Response Spectrum approach. Comparative variations are buildings without shear walls, buildings with straight-shape shear walls, L-shape shear walls with the 5th building structure models, the 1st frame structure model, and the 5th building structure models with shear wall placement variations SAP2000 program. This analysis shows that the slightest deviation value between floors is found in the shear wall structure model 5. In the shear wall structure model 5, there is a decrease in the deviation between floors in the x-direction compared to the model without shear walls of 126.5 mm, decreasing 76.29 %. In the shear wall structure model 5, the decrease in deviation between floors in the y-direction compared to the model without shear walls is 227.15 mm, decreasing 88.44%.

Keywords : Shearwall, Placement of Shearwall, Form of Shearwall,

SNI 1726-2019

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia terletak di antara lempeng Eurasia, Indo-Australia, Pasifik, dan Filipina. Selain itu Indonesia juga terletak pada kawasan daerah cincin api pasifik yang mengakibatkan sering terjadi aktivitas gempa bumi. Kondisi geologi ini menyebabkan pergerakan gempa tektonik di Indonesia menjadi sangat tinggi. Pertumbuhan aktivitas manusia yang terus meningkat menyebabkan perubahan pola tempat tinggal di daerah perkotaan. Krisis lahan yang terjadi pada daerah perkotaan mengakibatkan harga tanah menjadi tidak ekonomis, sehingga bangunan didesain dengan arah vertikal. Pembangunan gedung secara vertikal dinilai menjadi salah satu alternatif dalam kecukupan pertumbuhan aktivitas manusia. Konstruksi gedung bertingkat perlu mempertimbangkan berbagai aspek dalam pembangunan yang dilakukan agar memenuhi standarisasi keamanan.

Majore, dkk (2015) menyatakan pada bangunan gedung bertingkat sering dijumpai permasalahan yaitu apakah bangunan tersebut aman dan mampu menahan beban yang bekerja pada bangunan tersebut, baik beban bangunan itu sendiri maupun beban yang bekerja dari luar bangunan tersebut seperti akibat angin dan gempa bumi. Semakin tinggi bangunan tersebut, maka semakin besar beban yang akan diterima oleh struktur.

Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.2.1 terdapat beberapa sistem struktur pemikul gaya seismik. Beberapa sistem pemikul gaya seismik itu meliputi sistem dinding penumpu, sistem rangka bangunan, sistem rangka pemikul momen dan sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus. Salah satu solusi untuk menahan gempa tersebut adalah menambahkan struktur dinding geser dengan penempatan dan bentuk yang tepat sasaran. Dengan adanya dinding geser akan mempengaruhi kekakuan bangunan sehingga keseluruhan gaya lateral tidak sepenuhnya ditahan oleh struktur rangka (kolom, balok, dan pelat). Perencanaan dinding geser terdapat variasi bentuk yang bisa digunakan, dengan variasi yang

berbeda akan memberikan pengaruh terhadap nilai *base shear*, *drift ratio*, *displacement*, dan pola simpangan. Wiryadi (2019) menyatakan pada bangunan terdapat 3 macam bentuk dinding geser yaitu dinding geser *L-shape*, dinding geser *C-shape*, dan dinding geser *straight shape*.

Penempatan dan bentuk dinding geser yang tepat sasaran dapat mengurangi simpangan antar lantai pada struktur gedung dan juga dapat meningkatkan kekakuan pada bangunan, sehingga berkontribusi saat terjadinya torsi pada gedung. Astariani (2010) menyatakan beban lateral dapat mengakibatkan torsi pada bangunan ketika beban lateral tersebut cenderung memutar bangunan tersebut dengan arah vertikal. Hal ini terjadi ketika pusat beban tidak tepat dengan pusat kekakuan elemen vertikal beban lateral – sistem ketahanan struktur tersebut. Eksentrisitas diantara pusat kekakuan dan massa bangunan dapat menyebabkan gerakan torsi selama terjadinya gempa. Torsi ini dapat meningkatkan *displacement* pada titik ekstrim bangunan dan menimbulkan masalah pada elemen penahan lateral yang berlokasi pada tepi gedung.

Penelitian variasi bentuk dan penempatan dinding geser pada bangunan dengan mempertimbangkan pengaruh nilai *base shear*, *drift ratio*, dan simpangan harus dilakukan untuk mengetahui posisi dinding geser mana yang paling efektif dalam menahan gaya-gaya tersebut. Majore, dkk. (2015) menyatakan bahwa dinding geser yang ditempatkan di sisi luar suatu bangunan dapat menahan gaya lateral lebih besar daripada dinding geser yang ditempatkan di bagian dalam bangunan sebagai inti bangunan, ataupun sebaliknya. Dalam penelitian ini dinding geser ditempatkan pada sisi terluar sisi bangunan dan sisi dalam bangunan dengan varian dinding geser berupa dinding geser *L-shape* dan dinding geser *straight shape*. Selanjutnya, setiap model struktur dilakukan analisis dan hasil-hasilnya meliputi nilai *base shear*, *drift ratio*, *displacement*, dan pola simpangan dari konfigurasi penempatan dinding geser pada bangunan gedung tersebut dibandingkan untuk ditentukan respon strukturnya.

1.2 Rumusan Masalah

Dari penjelasan pada latar belakang di atas, dapat dirumuskan rumusan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh dari penempatan dan bentuk dinding geser terhadap nilai gaya *base shear* ?
2. Bagaimana pengaruh dari penempatan dan bentuk dinding geser terhadap nilai *displacement* bangunan ?
3. Bagaimana pengaruh dari penempatan dan bentuk dinding geser terhadap nilai *drift ratio* bangunan gedung ?
4. Bagaimana pengaruh dari penempatan dan bentuk dinding geser terhadap pola simpangan bangunan gedung ?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, dapat dirumuskan tujuan penelitian yang ingin dicapai adalah sebagai berikut.

1. Menentukan pengaruh dari penempatan dan bentuk dinding geser terhadap nilai gaya *base shear*.
2. Menentukan pengaruh dari penempatan dan bentuk dinding geser terhadap nilai *displacement* bangunan.
3. Menentukan pengaruh dari penempatan dan bentuk dinding geser terhadap nilai *drift ratio* bangunan gedung.
4. Menentukan pengaruh dari penempatan dan bentuk dinding geser terhadap pola simpangan bangunan gedung.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Menentukan efektivitas penempatan dan bentuk dinding geser dalam menahan gaya gempa.
2. Memberikan referensi mengenai perilaku struktur dan alternatif dalam penentuan penempatan dinding geser.
3. Menambah referensi untuk penelitian-penelitian selanjutnya yang akan membahas tentang dinding geser dengan acuan SNI 1726:2019.

4. Bahan masukan untuk pembaca dalam menganalisis struktur bangunan bertingkat tahan gempa.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan lingkup permasalahan yang akan dibatasi dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Model struktur atas bangunan merupakan bangunan gedung simulasi 15 lantai dengan tinggi total 45 m dengan bentuk bangunan tidakberaturan secara horizontal dengan denah berbentuk L.
2. Permodelan analisis struktur menggunakan program aplikasi SAP2000.
3. Permodelan pembebanan gempa dengan metode respon spektrum.
4. Beban yang diperhitungkan dalam analisis adalah beban mati, beban hidup, dan beban gempa.
5. Beban angin tidak diperhitungkan.
6. Struktur bawah tidak dianalisis.
7. Ruang lift dan tangga tidak dimodelkan tetapi dimasukkan pembebanannya di dalam analisis struktur.
8. Komparasi dinding geser tidak meninjau pada persamaan bentuk volume dan dalam bentuk luasan.
9. Kondisi tanah adalah tanah sedang.
10. Peraturan yang digunakan, meliputi :
 - a. Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain SNI 1727:2013
 - b. Perencanaan beban gempa menggunakan peraturan SNI 1726:2019
 - c. Perencanaan beton bertulang menggunakan peraturan SNI 2847:2019
11. Bangunan yang digunakan adalah bangunan simulasi.
12. Semua tumpuan diasumsikan jepit pada pelat dasar (pelat struktur).
13. Penelitian tidak meninjau metode pelaksanaan dan biaya.

BAB II

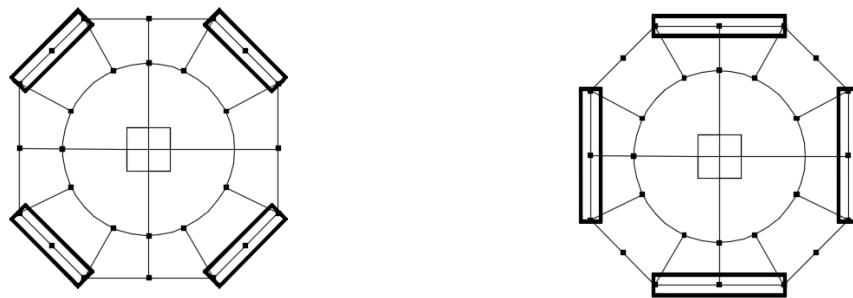
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Beberapa referensi dari peneliti terdahulu dapat digunakan sebagai referensi dalam melakukan penelitian yang akan dilakukan. Referensi dapat berupa jurnal ilmiah, prosiding, ataupun skripsi. Penelitian-penelitian mengenai pengaruh penempatan dinding geser terhadap respon struktur telah banyak dilakukan. Adapun beberapa penelitian terdahulu yang dapat dijadikan sebagai tinjauan pustaka pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengaruh penempatan dinding geser pada arah sumbu utama dan sumbu diagonal pada bangunan gedung tahan gempa

Fauziah, dkk. (2013) melakukan penelitian tentang penempatan dinding geser dan bertujuan untuk mengetahui perbandingan respon struktur berupa simpangan horizontal maksimum yang dihasilkan dari penempatan dinding geser yang berbeda secara diagonal dan searah beban gempa rencana (sumbu-x dan sumbu-y) pada kasus struktur beton bertulang tiga dimensi yang menerima beban gravitasi (beban mati dan beban hidup) dan beban lateral (beban gempa). Struktur gedung yang dibahas adalah struktur gedung beton bertulang segi 8 berukuran 30m x 30m dengan 20 lantai dengan penempatan dinding geser diagonal dan penempatan dinding geser searah sumbu-x dan sumbu-y. Model denah yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.1.



(a) Penempatan dinding geser arah diagonal (b) Penempatan dinding geser diagonal searah sumbu

Gambar 2.1 Denah bangunan dengan penempatan dan posisi dinding geser yang berbeda

Setelah dilakukan penelitian, berdasarkan analisis data dan pembahasan mengenai penempatan dinding geser searah beban gempa rencana (sumbu-x dan sumbu-y) pada simpangan bangunan beton bertulang bertingkat banyak, maka dapat diambil kesimpulan :

- a. Perbandingan simpangan horizontal maksimum pada penempatan dinding geser diagonal dan dinding geser searah beban gempa adalah sebesar 27,81% akibat beban gempa statik dan 24,40% akibat beban gempa dinamik.
 - b. Struktur dengan penempatan dinding geser searah beban gempa rencana (sumbu-x dan sumbu-y) lebih kuat menahan beban lateral (gempa) karena menghasilkan simpangan horizontal yang lebih kecil dibandingkan penempatan dinding geser diagonal.
2. Komparasi variasi penempatan dinding geser terhadap respons dinamik bangunan

Majore, dkk. (2015) melakukan penelitian tentang penempatan dinding geser dengan bertujuan untuk membandingkan simpangan horizontal yang terjadi akibat beban gempa pada struktur yang menggunakan dinding geser pada sisi bagian luar bangunan dan dinding geser pada inti bangunan. Penelitian yang dilakukan juga bertujuan untuk mendapatkan informasi berapa besar

kontribusi yang diberikan inti struktural atau *structural core* terhadap kekuatan dan daya tahan bangunan ketika diberikan beban lateral berupa beban akibat gempa, dengan membandingkan struktur dengan penempatan dinding geser pada sisi bagian luar bangunan dan dinding geser pada inti bangunan.

Struktur bangunan yang diteliti adalah bangunan beton bertulang berbentuk persegi dengan panjang sisi masing-masing sebesar 30 meter dengan tinggi tiap lantai 4 meter sebanyak 25 lantai.

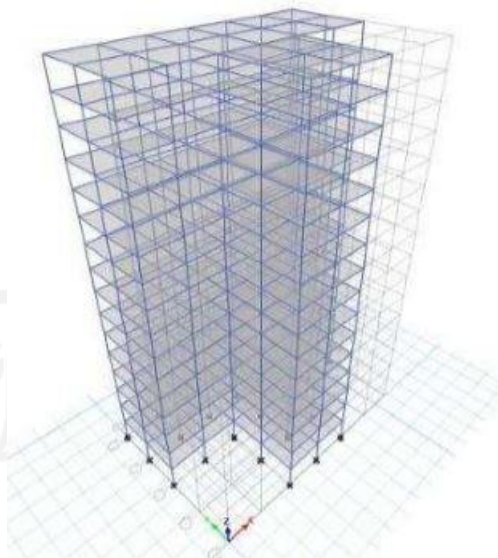
Setelah dilakukan penelitian, hasil analisis permodelan dengan variasi tata letak dinding geser atau *shearwall* dan permodelan dengan variasi ketebalan dinding geser, dapat disimpulkan sebagai berikut.

- a. Terdapat perbedaan nilai respon dinamik, yaitu nilai simpangan horizontal yang terjadi akibat beban gempa, antara bangunan bertingkat banyak yang menggunakan rangka kaku (*rigid frame*) dan bangunan yang menggunakan kombinasi antara dinding geser (*shearwall*) dan rangka kaku (*rigid frame*). Model I yang dengan rangka kaku menghasilkan nilai simpangan sebesar 1168,6 mm untuk beban gempa statis dan 735,6 mm untuk beban gempa dinamis. Model A yang dengan kombinasi *rigid frame* dan dinding geser menghasilkan 122,4 mm untuk beban statis dan 62,4 mm untuk beban dinamis.
- b. Respons dinamik suatu bangunan bertingkat banyak, dalam hal ini simpangan horisontal, dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya adalah tata letak dinding geser. Dinding geser yang di posisikan mendekati pusat massa suatu bangunan, baik sumbu x maupun sumbu y dalam arah ortogonal, menghasilkan nilai simpangan horisontal yang lebih kecil dibandingkan dinding geser yang di posisikan menjauhi pusat massa bangunan tersebut. Model A, dengan dinding geser yang diletakkan pada pusat massa bangunan memiliki nilai simpangan paling kecil diantara model-model lainnya, dan menghasilkan persentase selisih rata-rata dengan Model B sebesar 124,72 % untuk beban statis, dan 106,21% untuk beban dinamis. Model B dengan dinding geser yang diletakkan pada sisi

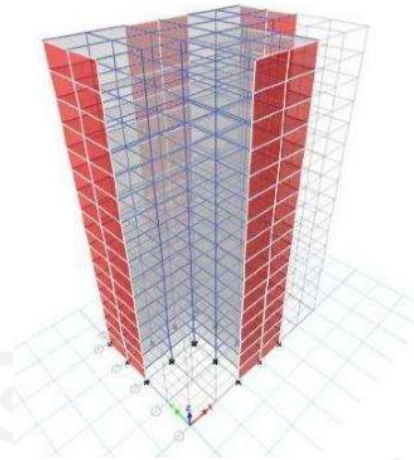
bagian luar bangunan, menghasilkan nilai simpangan sebesar 268,9 mm untuk beban statis, dan 120,9 mm untuk beban dinamis.

3. Komparasi analisa bangunan gedung dengan dinding geser dan bangunan gedung tanpa dinding geser.

Ahmad dan Rizwanullah. (2017) melakukan tentang penelitian bertujuan untuk mengkomparasikan bangunan dengan penggunaan dinding geser dan bangunan tanpa penggunaan dinding geser. Struktur bangunan gedung dengan tiap panjang balok arah x dan arah y sepanjang 5 meter dengan tinggi masing-masing lantai diasumsikan 3 meter dengan jumlah 25 lantai. Asumsi dimensi balok menggunakan 300 x 450 mm dan asumsi dimensi kolom menggunakan 450 x 600 mm. Penelitian berfokus pada nilai *base shear*, kekakuan kolom, simpangan maksimal, *story drift*. Model bangunan gedung yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.2 dan Gambar 2.3.



Gambar 2.2 Permodelan 3D Struktur Tanpa Dinding Geser



Gambar 2.3 Permodelan 3D Struktur Dengan Dinding Geser

Setelah dilakukan penelitian didapatkan bahwa simpangan maksimal tanpa menggunakan dinding geser pada arah x adalah sebesar 86,282 mm sedangkan dengan menggunakan dinding geser pada arah x adalah sebesar 17,568 mm. Pada arah y tanpa menggunakan dinding geser adalah sebesar 59,659 mm sedangkan dengan menggunakan dinding geser pada arah y adalah sebesar 19,459 mm.

2.2 Perbedaan Penelitian

Berdasarkan tinjauan pustaka dari beberapa penelitian terdahulu adapun perbedaan dengan penelitian yang akan dilakukan dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Perbedaan penelitian terdahulu

No	Peneliti	Substansi Penelitian	
		Penelitian Terdahulu	Penelitian yang Dilaksanakan
1	Fauziah, dkk. (2013)	1. Analisis gempa didasarkan dengan peraturan SNI 1726-2002	1. Analisis gempa didasarkan dengan peraturan SNI 1726-2019
		2. Analisa gempa dengan metode statik dan dinamik	2. Analisa gempa dengan metode dinamik
		3. Perbandingan penempatan straight dinding geser pada sumbu horizontal & vertikal dengan straight dinding geser arah diagonal bangunan	3. Perbandingan penempatan dinding geser pada bentuk L-shape dinding geser dan Straight Dinding geser dengan variasi penempatan dinding geser
2	Majore, dkk. (2015)	1. Analisis gempa didasarkan dengan peraturan SNI 1726-2012	1. Analisis gempa didasarkan dengan peraturan SNI 1726-2019
		2. Permodelan dan analisa struktur menggunakan software ETABS	2. Permodelan dan analisa struktur menggunakan software SAP2000
		3. Bangunan yang ditinjau berupa gedung berbentuk segi 4 dengan 25 lantai	3. Bangunan yang ditinjau berupa gedung dengan denah L dengan 15 lantai

Tabel 2.1 Perbedaan penelitian terdahulu (lanjutan)

No	Peneliti	Substansi Penelitian	
		Penelitian Terdahulu	Penelitian yang Dilaksanakan
3	Ahmad dan Rizwanullah (2017)	1. Analisis gempa didasarkan dengan peraturan IS-1896-2016 dan IS-1893-2002 (Indian Seismic Code)	1. Analisis gempa didasarkan dengan peraturan SNI 1726-2019
		2. Analisa perbandingan bangunan menggunakan straight dinding geser dan tidak menggunakan dinding geser	2. Perbandingan penempatan dinding geser pada bentuk L-shape dinding geser dan Straight Dinding geser dengan variasi penempatan dinding geser

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Filosofi dan Konsep Bangunan Tahan Gempa

Bangunan gedung mempunyai kategori risiko bergantung pada penting atau tidaknya suatu fungsi bangunan. Bangunan dengan fungsi yang semakin tinggi dan menanggung lebih banyak nyawa manusia maka semakin lama bangunan tersebut harus bertahan pada gaya-gaya yang terjadi pada bangunan tersebut, dengan kata lain gaya gempa yang diperhitungkan untuk bangunan tersebut juga semakin besar.

Desain filosofi (*earthquake design philosophy*) suatu gedung yang diakibatkan oleh gaya gempa yang terjadi dimaksudkan sebagai berikut ini.

1. Pada gempa berskala kecil (*minor earthquake*) dengan intensitas yang tinggi, kerusakan struktur utama tidak ditolerir dan bangunan harus tetap berfungsi dengan baik. Kerusakan kecil pada bagian non-struktural masih diperbolehkan.
2. Pada gempa berskala menengah (*moderate earthquake*) dengan intensitas jarang terjadi, kerusakan struktural yang ditolerir hanya sebatas rusak/retak ringan yang dapat diperbaiki. Kerusakan pada bagian non-struktural dapat terjadi dan dapat diganti dengan yang baru.
3. Pada gempa kuat (*strong earthquake*) dengan intensitas jarang terjadi, kerusakan struktural boleh mengalami kerusakan namun tidak diperbolehkan mengalami runtuh total. Kondisi tersebut bertujuan untuk melindungi dan menyelamatkan penghuni bangunan gedung tersebut secara maksimum.

3.2 Pembebanan

Pembebanan yang dipakai dalam penelitian ini untuk menganalisa bangunan gedung tersebut adalah beban mati, beban hidup dan beban gempa. Penjelasan beban yang dipakai dalam menganalisa penelitian ini adalah sebagai berikut.

3.2.1 Beban Mati

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung dan komponen arsitektural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran (SNI 1727-2013 pasal 3.1).

Dalam menentukan beban mati untuk perancangan, harus digunakan berat bahan dan konstruksi yang sebenarnya, dengan ketentuan bahwa jika tidak ada informasi yang jelas, nilai yang harus digunakan adalah nilai yang disetujui oleh pihak berwenang. Dalam menentukan beban mati rencana, harus diperhitungkan berat peralatan layan yang digunakan dalam bangunan gedung seperti plambing, mekanikal elektrik, alat pemanas, ventilasi, dan sistem pengkondisian udara. Berat sendiri dari bahan bangunan dan komponen gedung dapat dilihat pada Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung SKBI-1987 Tabel 1. Berat Sendiri Bahan Bangunan dan Komponen Gedung

3.2.2 Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati. Beban hidup yang digunakan dalam perancangan bangunan gedung dan struktur lain harus beban maksimum yang diharapkan terjadi akibat penghunian dan penggunaan bangunan gedung. Beban tersebut sudah diatur dalam SNI 1727-2013 Pasal 4 Tabel 4-1 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum, L_0 dan Beban Hidup Terpusat Minimum.

3.2.3 Kombinasi Pembebanan Dasar untuk Metode Ultimit

Kombinasi pembebanan dasar untuk metode ultimit mengacu pada SNI 1726-2019. Kombinasi pembebanan yang dipakai adalah sebagai berikut.

$$1. \quad 1,4 D \quad (3.1)$$

$$2. \quad 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (L_r \text{ atau } R) \quad (3.2)$$

$$3. \quad 1,2 D + 1,6 (L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5 W) \quad (3.3)$$

$$4. \quad 1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (L_r \text{ atau } R) \quad (3.4)$$

$$5. \quad 1,2 D + 1,0 E + L \quad (3.5)$$

$$6. \quad 0,9 D + 1,0 W \quad (3.6)$$

$$7. \quad 0,9 D + 1,0 E \quad (3.7)$$

dengan :

D = beban mati,

E = beban gempa,

L = beban hidup,

L_r = beban hidup atap,

R = beban hujan,

S = beban salju,

W = beban angin,

3.2.4 Kombinasi Pembebanan Dasar untuk Metode Tegangan Izin

Kombinasi pembebanan dasar untuk metode ultimit mengacu pada SNI 1726-2019. Kombinasi pembebanan yang dipakai adalah sebagai berikut.

$$1. \quad D \quad (3.8)$$

$$2. \quad D + L \quad (3.9)$$

$$3. \quad D + (L_r \text{ atau } R) \quad (3.10)$$

$$4. \quad D + 0,75 L + 0,75 (L_r \text{ atau } R) \quad (3.11)$$

$$5. \quad D + 0,6 W \quad (3.12)$$

$$6. \quad D + 0,75 (0,6 W) + 0,75 L + 0,75 (L_r \text{ atau } R) \quad (3.13)$$

$$7. \quad 0,6 D + 0,6 W \quad (3.14)$$

$$8. \quad 0,6 D + 0,7 E \quad (3.15)$$

$$9. \quad 1 D + 0,7 E \quad (3.16)$$

$$10. \quad 1 D + 0,525 E + 0,75 L \quad (3.17)$$

dengan :

D = beban mati,

E = beban gempa,

L = beban hidup,

L_r	= beban hidup atap,
R	= beban hujan,
S	= beban salju,
W	= beban angin,

3.2.5 Redundansi

Faktor redundansi, ρ , harus diaplikasikan pada masing – masing kedua arah ortogonal pada sistem struktur pemikul gaya seismik dengan nilai ρ diizinkan sama dengan 1,0 sesuai dengan SNI 1726-2019 pasal 7.3.4.1 sebagai berikut.

1. Desain struktur untuk kategori desain seismik B atau C.
2. Perhitungan simpangan antar tingkat dan pengaruh P-delta.
3. Desain komponen nonstruktural.
4. Desain struktur non gedung yang tidak mirip dengan bangunan gedung.
5. Desain elemen kolektor, sambungan lewatan, dan sambungan yang memperhitungkan kombinasi pengaruh beban seismik termasuk faktor kuat lebih.
6. Desain elemen struktur atau sambungan yang memperhitungkan kombinasi pengaruh beban seismik termasuk faktor kuat lebih.
7. Desain dinding struktural terhadap gaya keluar bidang, termasuk sistem angkurnya.

Menurut SNI 1726-2019 pasal 7.3.4.2, untuk struktur dengan kategori desain seismik D yang memiliki ketidakberaturan torsi berlebihan sesuai dengan Tabel 3.4, tipe 1b, ρ harus sebesar 1,3. Kategori seismik desain E dan F tidak diizinkan memiliki ketidakberaturan torsi berlebihan. Untuk struktur yang tidak memiliki ketidak beraturan torsi berlebihan dengan kategori seismik D, E, atau F, ρ harus sebesar 1,3, kecuali jika satu dari dua kondisi berikut dipenuhi dimana ρ diizinkan diambil sebesar 1,0 sebagai berikut.

1. Masing – masing tingkat yang menahan lebih dari 35% geser dasar dalam arah yang ditinjau harus sesuai dengan SNI 1726-2019 Pasal 7.3.4.1 Tabel 15

tentang persyaratan untuk masing-masing tingkat yang menahan lebih dari 35% gaya geser dasar.

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

3.3 Ketidakberaturan Struktur

Struktur bangunan gedung dapat diklasifikasikan sebagai bentuk ketidakberaturan ataupun keberaturan struktur berdasarkan dalam SNI 1726-2019 pasal 7.3.3. Klasifikasi tersebut harus didasarkan pada konfigurasi horizontal dan vertikal sesuai dengan SNI 1726-2019 Tabel 13 dan SNI 1726-2019 Tabel 14.

3.3.1 Ketidakberaturan Horizontal

Berdasarkan pada denah Gambar 4.1 diketahui bahwa bangunan gedung memiliki potensi ketidakberaturan sudut dalam, maka pada penelitian ini akan dibahas tentang ketidakberaturan horizontal. Struktur dianggap sebagai klasifikasi ketidakberaturan horizontal apabila memiliki satu atau lebih dari tipe ketidakberaturan seperti berikut.

1. Ketidakberaturan torsi (1a dan 1b)

Ketidakberaturan torsi 1a didefinisikan ada jika simpangan antar tingkat maksimum, yang dihitung termasuk torsi tak terduga dengan $A_x = 1,0$, di salah satu ujung struktur melintang terhadap suatu sumbu adalah lebih dari 1,2 kali simpangan antar 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. Ketidakberaturan torsi 1a dirumuskan sebagai berikut.

$$1,2 \delta_{avg} \leq \delta_{max} \leq 1,4 \delta_{avg} \quad (3.18)$$

Ketidakberaturan torsi berlebihan 1b didefinisikan ada jika simpangan antar

tingkat maksimum yang dihitung termasuk akibat torsi tak terduga dengan $A_x = 1,0$ di salah satu ujung struktur melintang terhadap suatu sumbu adalah lebih dari 1,4 kali simpangan antar tingkat rata-rata di kedua ujung struktur. Persyaratan ketidakberaturan torsi berlebihan dalam pasal-pasal referensi berlaku hanya untuk struktur di mana diafragmanya kaku dan setengah kaku. Ketidakberaturan torsi 1b dirumuskan sebagai berikut.

$$\delta_{\max} \geq 1,4 \delta_{\text{avg}} \quad (3.19)$$

struktur yang didesain untuk kategori desain seismik C, D, E, atau F, dimana ketidakberaturan torsi tipe 1a atau 1b terjadi seperti didefinisikan seperti di atas harus mempunyai pengaruh yang diperhitungkan dengan mengalikan M_{ta} di masing-masing tingkat dengan faktor pembesaran torsi (A_x) seperti digambarkan dalam Gambar 3.1 dan ditentukan dari persamaan berikut :

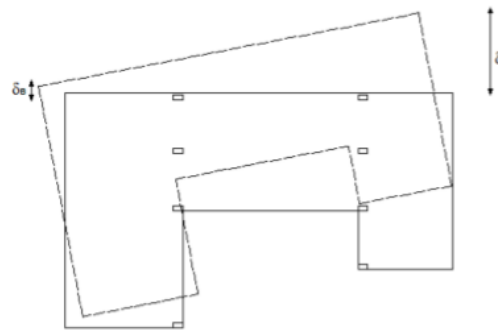
$$A_x = \left(\frac{\delta_{\max}}{1,2 \delta_{\text{avg}}} \right)^2 \quad (3.20)$$

dengan:

$\delta_{\max}$ = perpindahan maksimum di tingkat x (mm) yang dihitung dengan mengasumsikan $A_x = 1$ (mm),

δ_{avg} = rata-rata perpindahan di titik – titik terjauh struktur di tingkat x yang dihitung dengan mengasumsikan $A_x = 1$ (mm).

faktor pembesaran torsi (A_x) tidak boleh kurang dari 1 dan tidak perlu melebihi 3,0. Pembebanan yang lebih parah untuk masing-masing elemen harus ditinjau untuk desain. Faktor pembesaran torsi dapat dilihat pada Gambar 3.1 sebagai berikut.



$$\delta_{avg} = \frac{\delta_A + \delta_B}{2} \quad A_x = \left[\frac{\delta_{max}}{1,2(\delta_{avg})} \right]^2$$

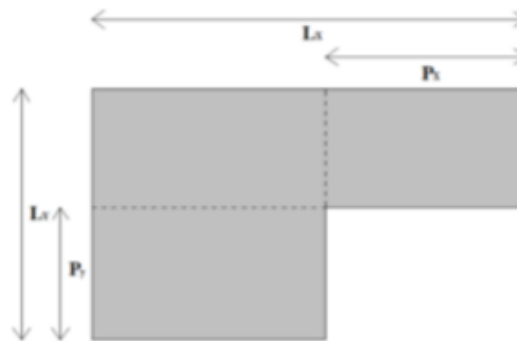
Gambar 3.1 Faktor pembesaran torsi (Ax)

(Sumber : SNI 1726-2019)

2. Ketidakberaturan sudut dalam

Ketidakberaturan sudut dalam didefinisikan ada jika kedua dimensi proyeksi denah struktur dari lokasi sudut dalam lebih besar dari 15% dimensi denah struktur dalam arah yang ditinjau. Ketidak beraturan sudut dalam dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$P_y > 0,15 L_y \text{ dan } P_x > 0,15 L_x \quad (3.21)$$



Gambar 3.2 Ketidakberaturan sudut dalam

(Sumber : SNI 1726-2019)

3. Ketidakberaturan diskontinuitas diafragma

Ketidakberaturan diskontinuitas diafragma didefinisikan ada jika terdapat suatu diafragma yang memiliki diskontinuitas atau variasi kekakuan mendadak, termasuk yang mempunyai daerah terpotong atau terbuka lebih besar dari 50% daerah diafragma bruto yang tertutup, atau perubahan kekakuan diafragma efektif lebih dari 50% dari suatu tingkat ke tingkat selanjutnya. Faktor ketidakberaturan diskontinuitas diafragma dapat dilihat pada Gambar 3.3.

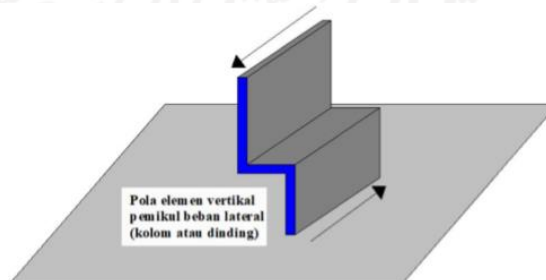


Gambar 3.3 Ketidakberaturan diskontinuitas diafragma

(Sumber : SNI 1726-2019)

4. Ketidakberaturan akibat pergeseran tegak lurus terhadap bidang

Ketidakberaturan akibat pergeseran tegak lurus Terhadap Bidang didefinisikan ada jika terdapat diskontinuitas dalam lintasan tahanan gaya lateral, seperti pergeseran tegak lurus terhadap bidang pada setidaknya satu elemen vertikal pemikul gaya lateral. Faktor ketidakberaturan akibat pergeseran tegak lurus dapat dilihat pada Gambar 3.4.

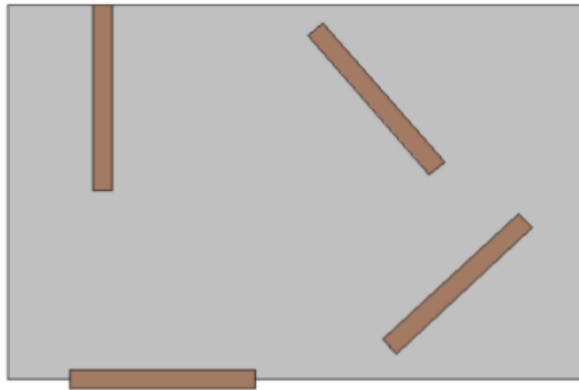


Gambar 3.4 Ketidakberaturan akibat pergeseran tegak lurus terhadap bidang

(Sumber : SNI 1726-2019)

5. Ketidakberaturan sistem nonparalel

Ketidakberaturan sistem nonparalel didefinisikan ada jika elemen vertikal pemikul gaya lateral tidak paralel terhadap sumbu-sumbu ortogonal sistem pemikul gaya seismik. Faktor ketidakberaturan sistem nonparalel dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Ketidakberaturan sistem nonparalel
(Sumber : SNI 1726-2019)

3.3.2 Ketidakberaturan Vertikal

Struktur dianggap sebagai klasifikasi ketidakberaturan vertikal apabila memiliki satu atau lebih dari tipe ketidakberaturan seperti berikut.

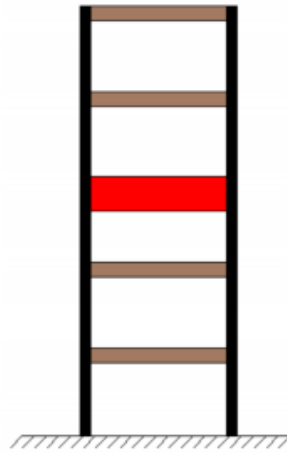
1. Ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak

Ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak terjadi jika terdapat suatu tingkat yang kekakuan lateralnya kurang dari 70% kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 80% kekakuan rata-rata tingkat di atasnya. Ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak berlebihan terjadi jika terdapat suatu tingkat yang kekakuan lateralnya kurang dari 60% kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 70% kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya.

2. Ketidakberaturan berat (massa)

Ketidakberaturan berat terjadi bila massa efektif sebarang tingkat lebih dari 150% massa efektif pada tingkat yang berdekatan. Menurut SNI 1726:2019 Pasal 7.3.2.2, ketidakberaturan berat (massa) tidak berlaku jika tidak ada rasio simpangan antar tingkat akibat gaya seismik lateral desain yang nilainya lebih

besar dari 130% rasio simpangan antar tingkat di atasnya.

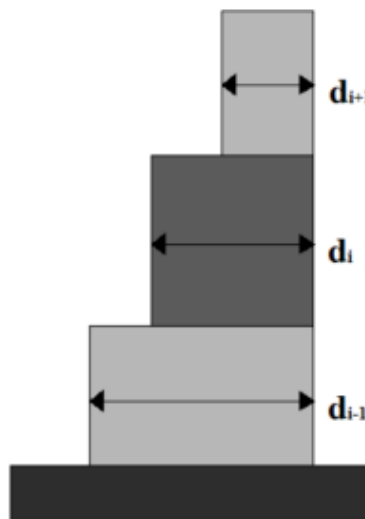


Gambar 3.6 Ketidakberaturan berat (massa)

(Sumber : SNI 1726-2019)

3. Ketidakberaturan geometri vertikal

Ketidakteraturan ini ada bila dimensi sistem penahan beban lateral pada sebarang tingkat lebih dari 130% dimensi pada sebarang tingkat yang berada di dekatnya.



Gambar 3.7 Ketidakberaturan geometri vertikal

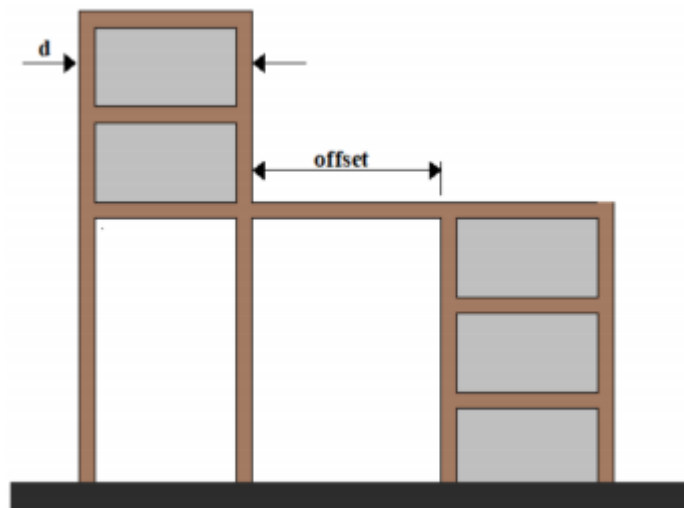
(Sumber : SNI 1726-2019)

4. Ketidakberaturan tingkat lemah akibat diskontinuitas pada kekuatan letral tingkat

Ketidakberaturan tersebut terjadi jika terdapat kekuatan lateral suatu tingkat kurang dari 80% kekuatan lateral tingkat di atasnya. Kekuatan lateral tingkat adalah kekuatan total semua elemen pemikul seismik yang berbagi geser tingkat pada arah yang ditinjau. Ketidakberaturan tingkat lemah berlebihan akibat diskontinuitas pada kekuatan lateral tingkat terjadi jika kekuatan lateral suatu tingkat kurang dari 65% kekuatan lateral tingkat di atasnya. Kekuatan lateral tingkat adalah kekuatan total semua elemen pemikul gaya seismik tingkat pada arah yang ditinjau.

5. Ketidakberaturan akibat diskontinuitas bidang pada elemen vertikal pemikul gaya lateral

Ketidakberaturan ini terjadi apabila terdapat suatu pergeseran (*offset*) elemen penahan yang lebih besar dari lebar elemen tersebut, atau terdapat reduksi kekakuan elemen penahan pada tingkat dibawahnya.



Gambar 3.8 Ketidakberaturan akibat diskontinuitas bidang pada elemen vertikal pemikul gaya lateral

(Sumber : SNI 1726-2019)

Pada penelitian struktur bangunan struktur akan dibahas ketidakberaturan struktur horizontal dan ketidakberaturan vertikal. Ketidakberaturan struktur

horizontal yang akan dibahas adalah ketidakberaturan torsi, ketidakberaturan sudut dalam, dan ketidakberaturan diskontinuitas diafragma. Pada penelitian ini tidak akan dibahas ketidakberaturan akibat pergeseran tegak lurus terhadap bidang dikarenakan tidak terdapat diskontinuitas dalam lintasan tahanan gaya lateral, seperti pergeseran melintang terhadap bidang. Pada penelitian ini juga tidak terdapat ketidakberaturan sistem nonparalel dikarenakan penahan gaya lateral berupa dinding geser dan kolom berada simetris terhadap sumbu, sehingga bangunan dikatakan tidak memiliki ketidakberaturan sistem non paralel. Pada ketidakberaturan vertikal yang akan dibahas adalah ketidakberaturan berat (massa), ketidakberaturan geometri vertikal, ketidakberaturan akibat diskontinuitas bidang pada elemen vertikal pemikul gaya lateral.

3.4 Respon Dinamik Struktur

3.4.1 Gempa Rencana

SNI 1726-2019 menyatakan tata cara ini menentukan pengaruh gempa rencana yang harus ditinjau dalam perencanaan dan evaluasi struktur bangunan gedung dan nongedung serta berbagai bagian dan peralatannya secara umum. Gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlampaui besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2%. Menurut SNI 1726-2019 Pasal 7.4.2 tentang pengaruh beban seismik bahwa pengaruh beban seismik terbagi dalam pengaruh beban seismik horizontal dan pengaruh beban sesimik vertikal.

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

$$E = E_h + E_v \quad (3.22)$$

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

$$E = E_h - E_v \quad (3.23)$$

1. Pengaruh beban seismik horizontal

Pengaruh beban sesimik horizontal (E_h) harus ditentukan dengan persamaan berikut.

$$E_h = \rho Q_E \quad (3.24)$$

2. Pengaruh beban seismik vertikal

Pengaruh beban seismik vertikal (E_v) harus ditentukan dengan persamaan berikut.

$$E_v = 0,2 S_{DS} D \quad (3.25)$$

dengan :

E = pengaruh beban seismik

E_h = pengaruh beban seismik horizontal

E_v = pengaruh beban seismik vertikal

3.4.2 Faktor Keutamaan Gempa dan Kategori Risiko Struktur Bangunan

SNI 1726-2019 menyatakan untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan nongedung. Pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan gempa I_e , menurut SNI 1726-2019 Pasal 4.1.2 Tabel 4 tentang faktor keutamaan gempa. Khusus untuk struktur bangunan dengan kategori risiko IV, bila dibutuhkan pintu masuk untuk operasional dari struktur bangunan yang bersebelahan, maka struktur bangunan yang bersebelahan tersebut harus didesain sesuai dengan kategori risiko IV. Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa dapat dilihat dapat SNI 1726-2019 Pasal 4.1.2 Tabel 3 tentang kategori risiko bangunan gedung dan nongedung untuk beban gempa.

3.4.3 Klasifikasi Situs

Klasifikasi situs memberikan penjelasan mengenai prosedur untuk klasifikasi suatu situs untuk memberikan kriteria desain seismik berupa faktor-faktor amplifikasi pada bangunan. Dalam perumusan kriteria desain seismik suatu bangunan di permukaan tanah atau penentuan amplifikasi besaran percepatan gempa puncak dari batuan dasar ke permukaan tanah untuk suatu situs, maka situs tersebut harus diklasifikasikan terlebih dahulu. Profil tanah di situs harus diklasifikasikan sesuai dengan Tabel 5 SNI 1726:2019 yang terbagi menjadi 6 bagian yaitu SA (batuan keras), SB (batuan), SC (tanah keras, sangat padat dan

batuan lunak), SD (tanah sedang), SE (tanah lunak), SF (tanah khusus yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik).

3.4.4 Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa Maksimum

Untuk penentuan respons spektral percepatan gempa di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik pada periode 0,2 detik dan periode 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek (F_a) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik (F_v). Parameter respons spektral percepatan pada periode pendek (S_{ms}) dan periode 1 detik (S_{m1}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs maka ditentukan dengan persamaan 3.26 dan 3.27 sebagai berikut.

$$S_{ms} = F_a S_s \quad (3.26)$$

$$S_{m1} = F_v S_1 \quad (3.27)$$

dengan:

S_s = parameter respons spektral percepatan gempa MCER terpetakan untuk periode pendek,

S_1 = parameter respons spektral percepatan gempa MCER terpetakan untuk periode 1,0 detik,

F_a = faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek,

F_v = faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode 1 detik,

S_{ms} = Parameter respons spektral percepatan pada periode pendek,

S_{m1} = Parameter respons spektral percepatan pada periode 1 detik.

Nilai koefisien F_a dan F_v didapatkan melalui SNI 1726-2019 Pasal 6.2 Tabel 6 dan Tabel 7 tentang koefisien situs (F_a) dan koefisien situs (F_v)

3.4.5 Parameter Percepatan Spektral Desain

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek, S_{DS} dan pada periode 1 detik, S_{D1} , harus ditentukan melalui persamaan 3.28 dan persamaan 3.29.

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (3.28)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (3.29)$$

3.4.6 Spektrum Respons Desain

Spektrum respons desain harus dikembangkan sesuai dengan Gambar 3.6 sebagai berikut dan mengikuti ketentuan di bawah ini :

1. Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , spektrum respons percepatan desain, S_a sama dengan S_{DS} , harus diambil dari persamaan berikut,

$$S_a = S_{DS} (0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0}) \quad (3.30)$$

2. Untuk periode 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 periode lebih besar dari atau sama dengan T_s tetapi lebih kecil dari atau sama dengan T_L , respons spektral percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan persamaan 3.31.

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (3.31)$$

4. Untuk periode lebih besar dari T_L , respons spektral percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan persamaan 3.32..

$$S_a = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \quad (3.32)$$

dengan:

S_{DS} = parameter respons spektral percepatan desain pada periode pendek,

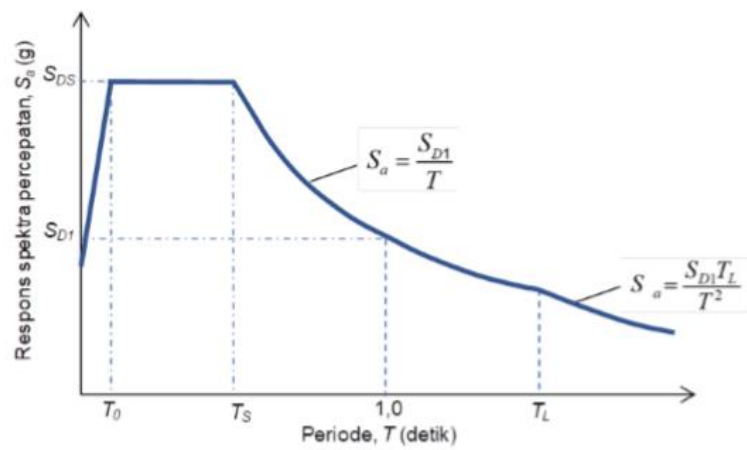
S_{D1} = parameter respons spektral percepatan desain pada periode 1 detik,

T = periode getar fundamental struktur,

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

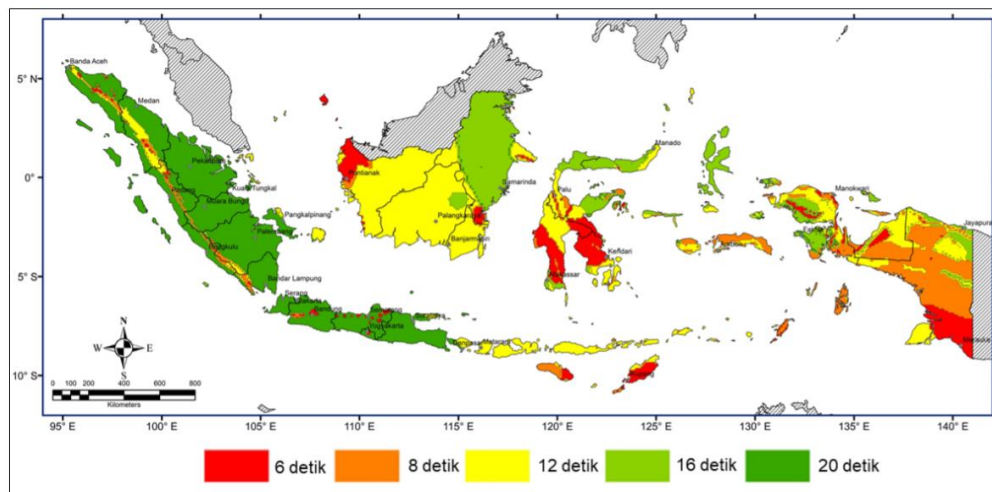
$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}},$$

T_L = Peta transisi periode panjang yang ditunjukkan pada Gambar 3.6 yang nilainya diambil Gambar 3.7.



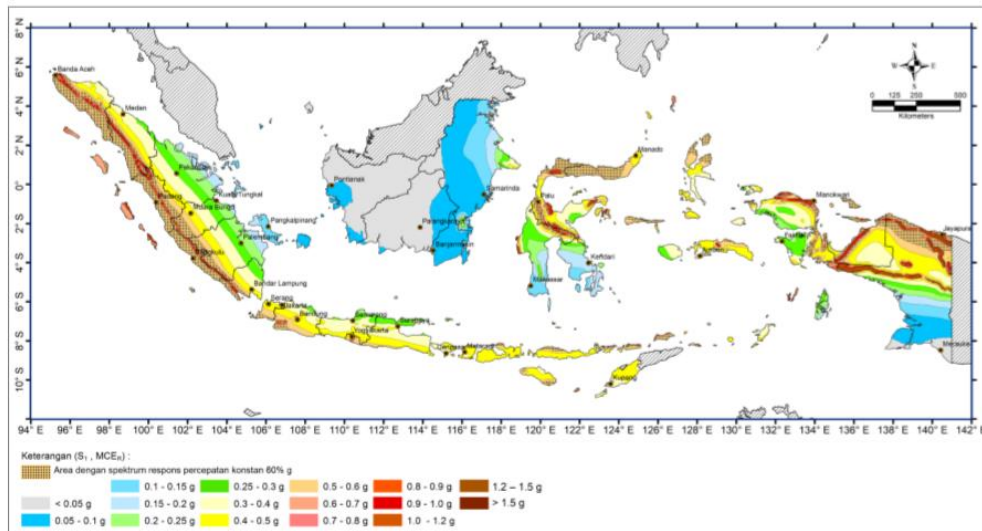
Gambar 3.9 Spektrum respons desain

Sumber : SNI 1726-2019

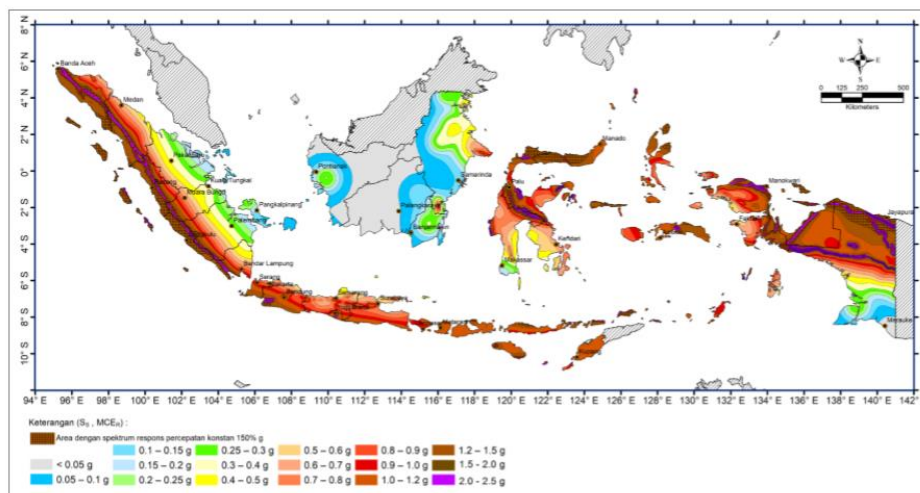


Gambar 3.10 Peta transisi periode panjang, T_L , wilayah Indonesia

(Sumber : SNI 1726-2019)



Gambar 3.11 Parameter gerak tanah (S_1) di Indonesia
(Sumber : SNI 1726-2019)



Gambar 3.12 Parameter gerak tanah (S_s) di Indonesia
(Sumber : SNI 1726-2019)

3.4.7 Kategori Desain Seismik

Struktur harus memiliki kategori desain seismik sesuai dengan SNI 1726:2019 pasal 6.5. Menurut SNI 1726:2019, struktur yang memiliki kategori risiko I, II, dan II yang berlokasi di mana parameter respons spektral percepatan pada periode 1 detik (S_1) bernilai lebih besar atau sama dengan 0,75 maka

ditetapkan sebagai struktur kategori desain seismik E dan struktur yang memiliki kategori resiko IV yang berlokasi di mana parameter respons spektral pada periode 1 detik bernilai (S_1) bernilai lebih besar atau sama dengan 0,75 maka ditetapkan sebagai struktur kategori desain seismik F. Bangunan struktur lainnya dapat ditentukan kategori seismiknya berdasarkan SNI 1726-2019 Pasal 6.5 Tabel 8 tentang kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek dan SNI 1726-2019 Pasal 6.5 Tabel 9 tentang kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik.

3.4.8 Pemilihan Sistem Struktur

Sistem struktur yang digunakan harus sesuai dengan batasan sistem struktur dan batasan ketinggian struktur, h_n , yang ditunjukkan pada SNI 1726-2019 Tabel 12 halaman 49. Koefisien modifikasi respons, R , faktor kuat lebih sistem, Ω_0 , dan faktor pembesaran simpangan lateral C_d , yang sesuai sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3.7 harus digunakan dalam penentuan geser dasar, gaya desain elemen, dan simpangan antar tingkat desain.

Setiap sistem pemikul gaya seismik yang dipilih harus didesain dan didetailkan sesuai dengan persyaratan khusus untuk sistem tersebut sebagaimana ditetapkan dalam dokumen acuan SNI 1726-2019 Pasal 7.2.2 Tabel 12 tentang Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk sistem pemikul gaya seismik.

3.4.9 Geser Dasar Seismik

Gaya geser dasar seismik (v) dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan persamaan 3.33.

$$V = C_s W \quad (3.33)$$

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.34)$$

dengan:

C_s = koefisien respons seismik yang ditentukan sesuai dengan persamaan 3.34

W = berat seismik efektif

S_{DS} = parameter respons spektral desain dalam rentang periode pendek

R = koefisien modifikasi respons dalam SNI 1726-2019 Tabel 12

I_e = Faktor keutamaan gempa

Nilai C_s yang dihitung sesuai dengan persamaan 3.34 tidak perlu melebihi sesuai persamaan berikut ini.

Untuk $T \leq T_L$

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e} \right)} \quad (3.35)$$

Untuk $T > T_L$

$$C_s = \frac{S_{D1} T_L}{T^2 \left(\frac{R}{I_e} \right)} \quad (3.36)$$

C_s harus tidak kurang dari

$$C_s = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01 \quad (3.37)$$

Untuk struktur yang berlokasi di daerah di mana S_1 sama dengan atau lebih besar dari 0,6g, maka harus C_s harus tidak kurang dari:

$$C_s = \frac{0,5 S_1}{\left(\frac{R}{I_e} \right)} \quad (3.38)$$

dengan:

S_{D1} = parameter percepatan respons spektral desain pada periode sebesar 1 detik,

T = periode fundamental struktur (detik) yang ditentukan,

S_1 = parameter percepatan respons spektral maksimum yang dipetakan.

3.4.10 Periode Fundamental Pendekatan

Periode fundamental pendekatan (T_a) harus ditentukan dari persamaan 3.39 berikut.

$$T_a = C_t h_n^x \quad (3.39)$$

Keterangan:

h_n adalah ketinggian struktur (m), di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur, dan koefisien C_t , dan x ditentukan pada SNI 1726-2019 Pasal 7.8.2.1 Tabel 18 tentang nilai parameter periode pendekatan C_t dan x .

Sebagai alternatif diizinkan untuk menentukan periode fundamental pendekatan (T_a) dalam detik, dari persamaan berikut untuk struktur dengan

ketinggian tidak melebihi 12 tingkat di mana sistem pemikul gaya seismik terdiri dari rangka pemikul momen yang seluruhnya beton atau seluruhnya baja dan rata-rata tinggi tingkat sekurang-kurangnya 3m.

$$T_a = 0,1 N \quad (3.40)$$

Keterangan:

N = jumlah tingkat

Untuk struktur dinding geser batu bata atau dinding geser beton dengan tinggi tidak melebihi 36,6 m, perhitungan periode fundamental pendekatan, T_a diizinkan menggunakan Persamaan 3.41.

$$T_a = \frac{0,00058}{\sqrt{C_w}} h_n \quad (3.41)$$

Dimana h_n didefinisikan di atas dan C_w dihitung dari Persamaan 3.42 berikut.

$$C_w = \frac{100}{A_B} \sum_{i=1}^x \frac{A_i}{[1+0,83 \left(\frac{h_n}{D_i}\right)^2]} \quad (3.42)$$

Keterangan:

A_B = luas dasar struktur (m^2),

A_i = luas badan dinding geser ke-i (m^2),

D_i = panjang dinding geser ke-i (m),

x = jumlah dinding geser dalam bangunan yang efektif memikul gaya lateral dalam arah yang ditinjau.

3.4.11 Distribusi Vertikal Gaya Seismik

Gaya seismik lateral F_x (KN) di sembarang tingkat harus ditentukan dari Persamaan 3.43 dan Persamaan 3.44.

$$F_x = C_{vx} V \quad (3.43)$$

Dan

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (3.44)$$

Keterangan:

- C_{vx} = faktor distribusi vertikal,
 V = gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur,
 w_i dan w_x = bagian berat seismik efektif total struktur (W) yang ditempatkan
 Atau dikenakan pada tingkat i atau x ,
 h_i dan h_x = tinggi dari dasar sampai tingkat i atau x (m)
 k = eksponen yang terkait dengan periode struktur,
 untuk struktur dengan $T \leq 0,5$ detik, $k = 1$,
 untuk struktur dengan $T \geq 2,5$ detik, $k = 2$,
 untuk struktur dengan $0,5 < T < 2,5$ detik, $k = 2$ atau ditentukan
 dengan interpolasi linier antara 1 dan 2.

3.4.12 Distribusi Horizontal Gaya Seismik

Geser tingkat desain seismik di semua tingkat (V_x) harus ditentukan dari Persamaan 3.45.

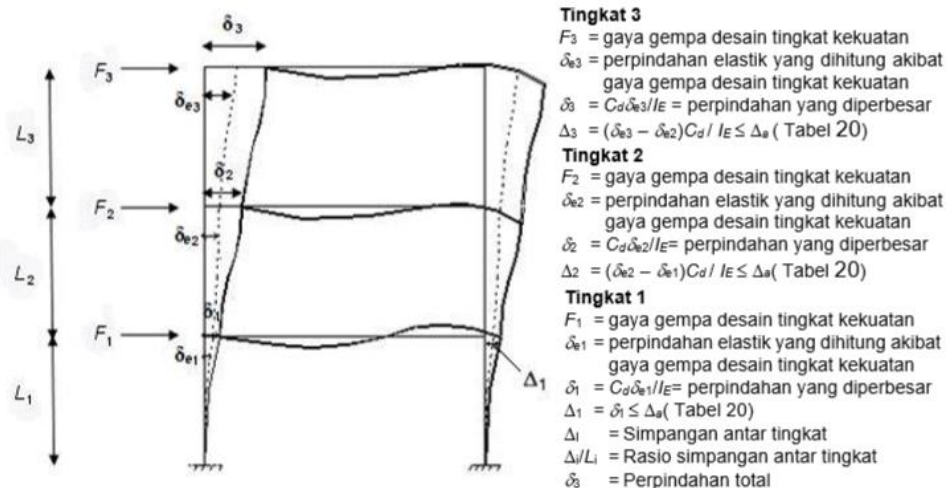
$$V_x = \sum_{i=x}^n F_i \quad (3.45)$$

Keterangan:

F_i = bagian dari geser dasar seismik (V) pada tingkat ke- i (kN).

3.4.13 Simpangan Antar Tingkat

Menurut SNI 1726:2019 pasal 7.8.6, penentuan simpangan antar tingkat desain (Δ) harus dihitung sebagai perbedaan simpangan pada pusat massa di atas dan di bawah tingkat yang ditinjau. Apabila pusat massa tidak segaris dalam arah vertikal, diizinkan untuk menghitung simpangan di dasar tingkat berdasarkan proyeksi vertikal dari pusat massa tingkat di atasnya.



Gambar 3.13 Penentuan simpangan antar tingkat

(Sumber : SNI 1726-2019)

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

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \quad (3.46)$$

keterangan:

C_d = faktor pembesaran simpangan lateral dalam SNI 1726:2019 Pasal 7.2.2

Tabel 12,

δ_{xe} = simpangan di tingkat -x yang ditentukan dengan analisis elastik,

I_e = faktor keutamaan gempa.

Drift ratio adalah rasio antara simpangan antar tingkat dengan tinggi tingkat, seperti yang dipaparkan pada persamaan 3.47

$$DR = \left(\frac{y_i - y_{(i-1)}}{H} \right) \times 100 \quad (3.47)$$

3.4.14 Batasan Simpangan Antar Tingkat

Simpangan antar tingkat desain (Δ) seperti ditentukan dalam perhitungan simpangan tidak boleh melebihi simpangan antar tingkat izin (Δ_a) seperti didapatkan dari SNI 1726-2019 Pasal 7.12.1 Tabel 20 tentang simpangan antar tingkat izin ($\Delta_a^{a,b}$).

3.5 Dinding Geser

3.5.1 Variasi Bentuk Dinding Geser

Menurut Manalip (2015), penempatan bentuk dinding geser berdasarkan jumlah panel untuk letak dinding geser dengan tetap mempertahankan kesimetrisannya terhadap titik pusat masa gedung, pada penempatan dinding geser penelitian disesuaikan dengan kelas situs tanah yang disesuaikan dengan bentuk dinding geser.

Menurut Putra (2018), untuk lebih aman dalam merespons gempa pada bangunan disarankan bentuk – bentuk bangunan maupun dinding geser yang lebih sederhana dan simetrik. Bentuk dinding geser yang sesuai memiliki keuntungan utama karena menyediakan kontinuitas vertikal pada sistem lateral struktur gedung.

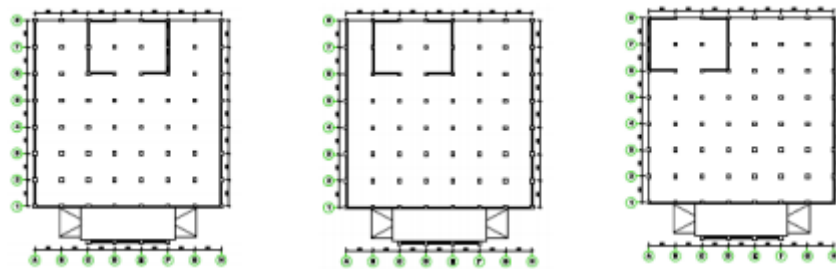
3.5.2 Penempatan Bentuk Dinding Geser

Penempatan dinding geser dinilai kurang cocok dalam aspek keindahan dalam perencanaan bangunan itu sendiri, dengan menutup sebagian dinding dengan dinding geser tentunya dapat memberi kesan kaku pada bangunan tersebut dan mengurangi esensi keindahan dari bangunan. Tetapi, bagi seorang ahli struktur dalam perencanaanya harus mampu menyelesaikan persoalan – persoalan struktur ini dengan tetap menggunakan dinding geser sesuai dengan penempatannya sebagai struktur utama dalam bangunan tinggi tersebut.

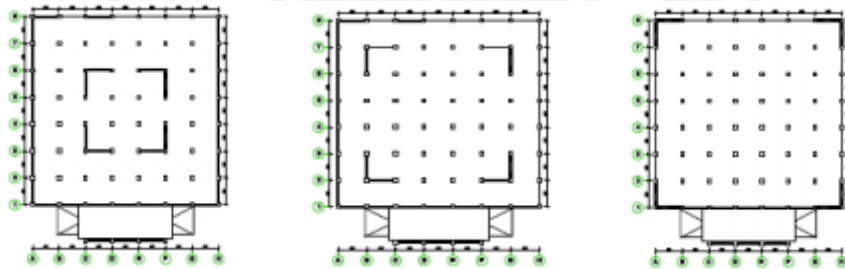
Menurut Andalas, dkk (2016), menjelaskan bahwa nilai defleksi horizontal dipengaruhi oleh kekakuan struktur, dimana besar kecilnya kekakuan tersebut dipengaruhi oleh jarak antara dinding geser dan pusat massa. Semakin jauh jarak dinding geser dan pusat massa maka semakin besar pula kekakuan suatu struktur. Maka dari itu, semakin besar kekakuan struktur suatu bangunan maka semakin kecil pula simpangan yang terjadi pada struktur tersebut.

Menurut Effendi, dkk (2017), penempatan dinding geser dengan model tidak simetris menjadi penyebab bahwa nilai waktu getar alami fundamental semakin besar, sehingga bangunan bergerak lebih fleksibel. Pada perencanaan gedung menggunakan dinding geser yang lebih simetris dapat memperkecil waktu getar

alami fundamental, tetapi dengan hanya memiliki waktu getar alami fundamental yang relatif lebih pendek tidak dapat menjamin analisis respons struktur seperti *displacement* dan gaya geser dasar serta gaya-gaya dalam kolom juga akan kecil. Pemasangan dinding geser yang simetris dapat menghasilkan gaya-gaya dalam yang lebih kecil dari pada permodelan dinding geser yang tidak simetris, sehingga pertimbangan penempatan dinding geser simetris dinilai merupakan bangunan paling aman dan stabil untuk digunakan.



Gambar 3.14 Sistem penempatan dinding geser tidak simetris
(Sumber : Efendi, dkk 2017)



Gambar 3.15 Sistem penempatan dinding geser simetris
(Sumber : Efendi, dkk 2017)

Berdasarkan penempatannya dinding geser terdiri dari 2 macam, yaitu sebagai berikut.

- a. *Shearwall* (dinding geser), ditempatkan pada bangunan sebagai eksterior ataupun interior, dinding geser biasanya berbentuk pelat (semakin tinggi suatu bangunan maka dinding geser pun akan semakin tebal)
- b. *Corewall* (dinding inti), merupakan dinding geser yang diletakkan di dalam bangunan, misalnya melindungi core yang berfungsi sebagai area

layanan dan tangga darurat yang menyerupai bentuk kotak ataupun bentuk yang lain sebagai kekakuan dari struktur.

3.5.3 Kebutuhan Dimensi Dinding Geser

Dalam merencanakan dinding geser, perlu diperhatikan bahwa dinding geser yang berfungsi untuk menahan gaya lateral akibat beban gempa tentunya tidak boleh runtuh akibat gaya lateral, karena apabila dinding geser runtuh karena gaya lateral maka keseluruhan struktur bangunan akan runtuh karena tidak ada elemen struktur yang mampu menahan gaya lateral. Karena itu, dinding geser harus didesain untuk mampu menahan gaya lateral. Ketebalan dinding geser minimum harus disesuaikan dengan SNI 2847:2019 Pasal 11.3.1.1.

3.5.4 Ketentuan Desain Struktural Khusus

Persyaratan dimensi dan pendetailan dari dinding struktural khusus dan semua komponen termasuk balok kopel dan pilar dinding. Ketentuan desain segmen vertikal dinding tergantung pada aspek rasio segmen dinding pada bidang dinding dan aspek rasio dari penampang horizontal. Ketentuan desain yang menentukan untuk segmen vertikal dinding dapat dilihat pada SNI 2847:2019 Tabel R18.10.1.

3.5.5 Kontrol Sistem Ganda Struktur Redesain

Berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 7.2.2 bahwa sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan 25% dari beban gaya lateral yang bekerja pada struktur bangunan tersebut. Analisis dilakukan dengan menghitung gaya geser yang dipikul pada setiap *joint reaction* yang ada pada setiap lantai struktur bangunan.

3.5.6 Perilaku Dinding Geser

Dinding geser merupakan suatu sistem gedung yang memiliki fungsi utama untuk menahan gaya lateral akibat beban gempa. Keruntuhan pada dinding geser disebabkan oleh momen lentur karena terjadinya sendi plastis pada kaki dinding. Semakin tinggi suatu gedung, semakin besar juga gaya lateral yang diterima dan semakin besar juga simpangan horizontal yang terjadi akibat gaya lateral. Maka dari

itu penggunaan dinding geser pada struktur bangunan tinggi untuk memperkaku struktur sehingga simpangan yang terjadi dapat berkurang.

Menurut Shueller (1989), Gaya lateral yang terjadi pada gedung dapat diakibatkan oleh beban gempa akan disebarkan melalui struktur lantai yang berfungsi sebagai diafragma horizontal yang kemudian akan ditahan oleh dinding geser yang memiliki kekakuan untuk menahan gaya lateral. Kemampuan dinding geser dalam menahan gaya lateral tergantung dari konfigurasi geometri, orientasi, dan lokasi dinding geser pada suatu struktur bangunan.



BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Jenis Penelitian

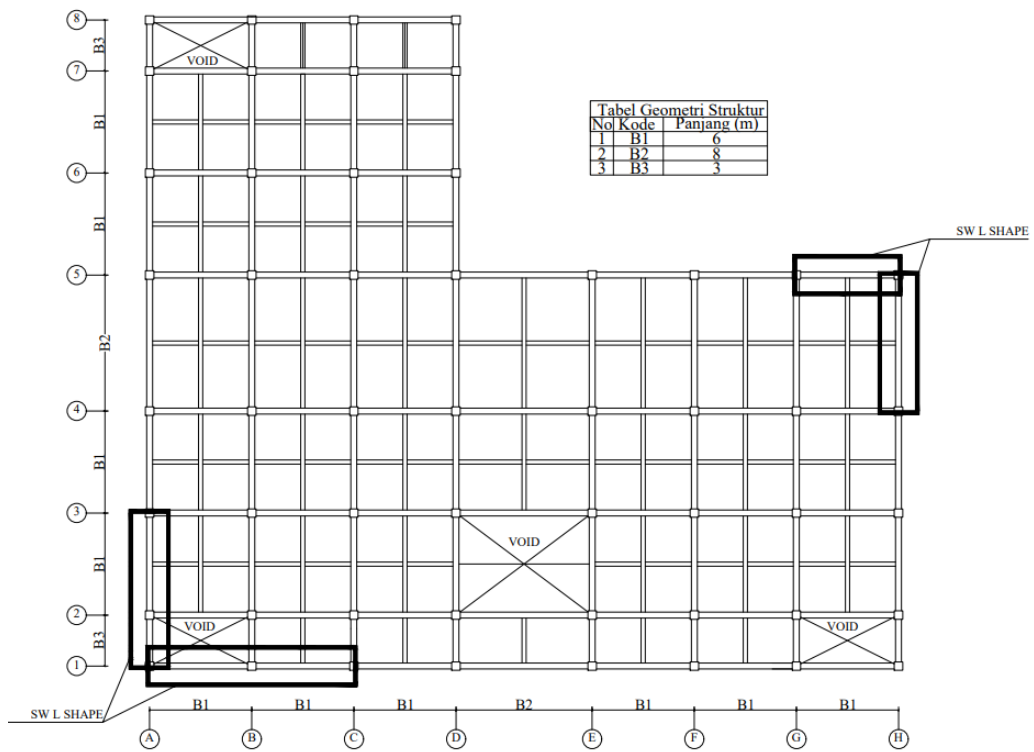
Penelitian yang dilakukan merupakan jenis penelitian komparatif, yaitu penelitian yang bersifat membandingkan. Penelitian ini membandingkan kinerja bangunan ketidakberaturan horizontal dengan dinding geser menggunakan metode peletakan dinding geser secara desain.

4.2 Data Penelitian

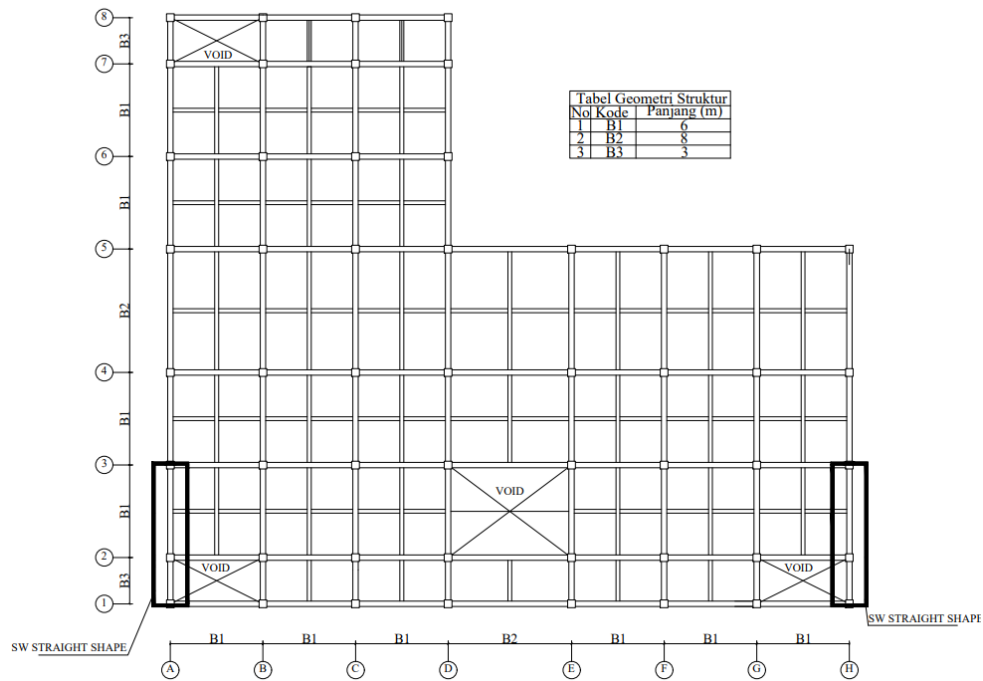
4.2.1 Model Struktur

Model struktur yang digunakan untuk objek penelitian adalah struktur rangka beton bertulang dengan ketidakberaturan sudut dalam. Jumlah tingkat struktur dengan 15 lantai dan tinggi antar lantai 3 meter. Penelitian ini menggunakan 5 model yaitu yang sudah tertera pada Tabel 4.2 konfigurasi penempatan dinding geser. Penempatan dinding geser adalah untuk mendapatkan informasi seberapa besar kontribusi yang diberikan oleh dinding geser terhadap nilai geser dasar, *drift ratio*, simpangan, dan bagaimana pola simpangan yang disebabkan oleh variasi penempatan dinding geser.

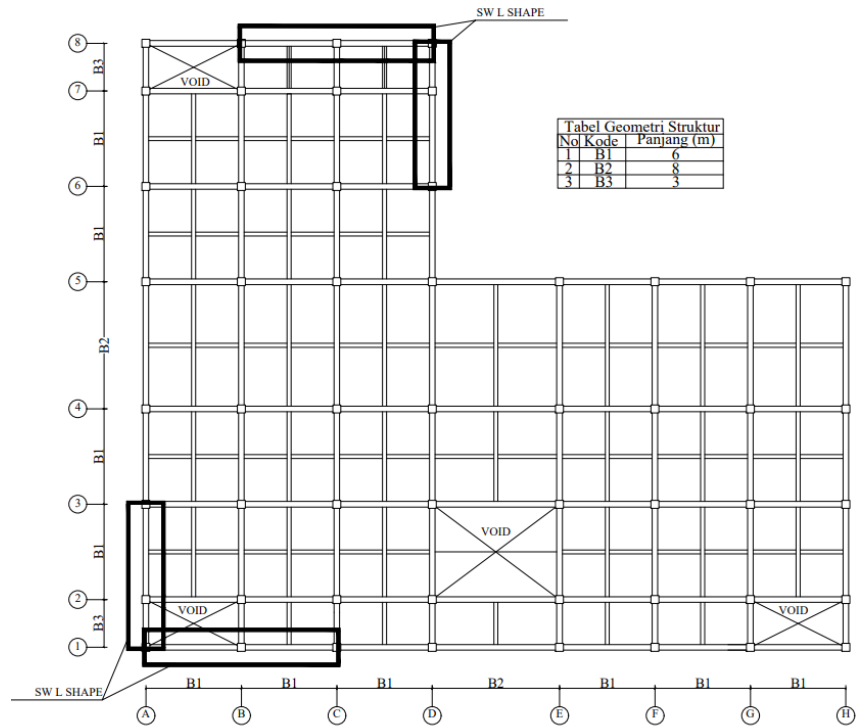
Andalas (2016) menyatakan bahwa ketika dinding geser ditempatkan pada lokasi-lokasi tertentu yang cocok dan strategis, dinding tersebut dapat digunakan secara ekonomis untuk menyediakan tahanan beban horizontal yang diperlukan. Batu, dkk. (2016) menyatakan ketika dinding cukup kuat mereka akan mentransfer gaya horizontal ini ke elemen berikut dalam jalur beban dibawah mereka, seperti lantai dan pondasi dinding. Sebagai kekakuan karena dinding geser dapat mencegah atap atau lantai di atas dari sisi goyangan yang berlebihan. Denah objek penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.1 sampai Gambar 4.4.



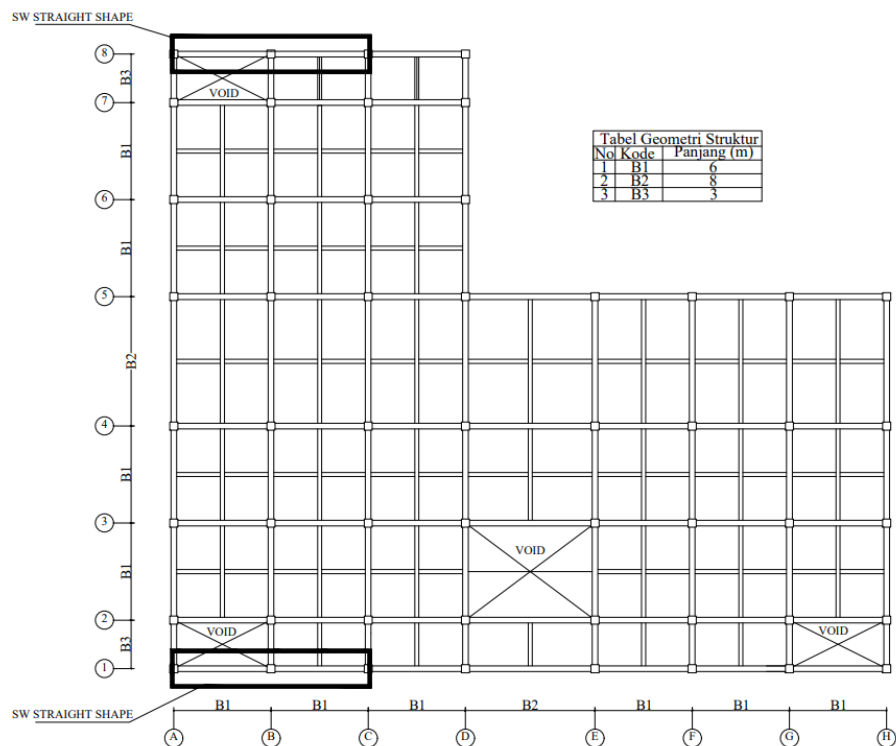
Gambar 4.1 Denah bangunan dinding geser (SW1)



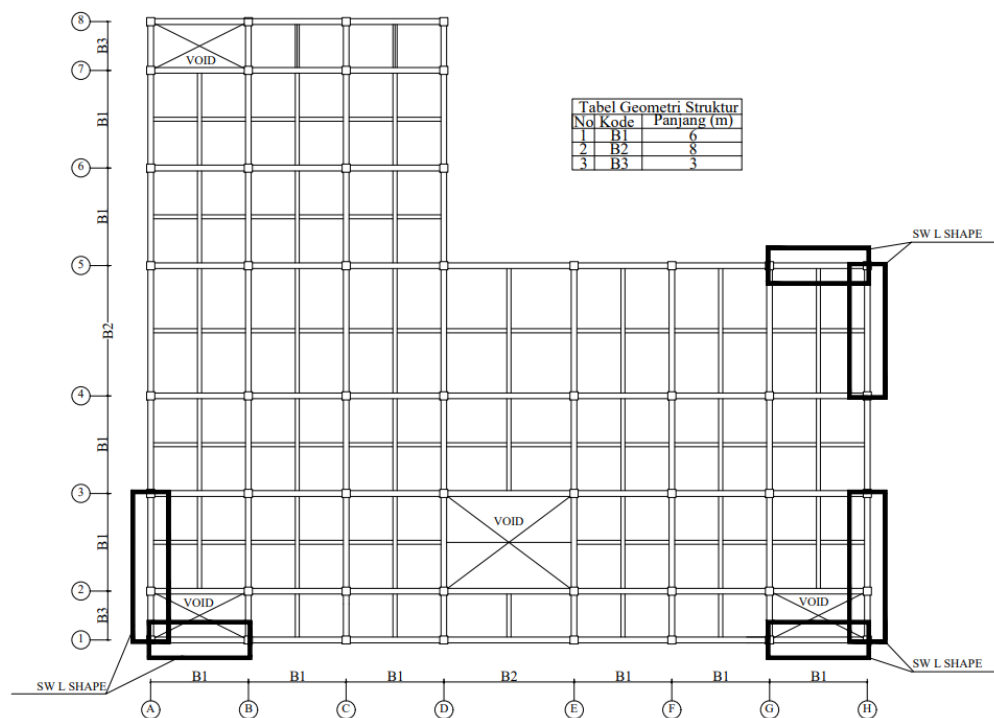
Gambar 4.2 Denah bangunan dinding geser (SW2)



Gambar 4.3 Denah bangunan dinding geser (SW3)



Gambar 4.4 Denah bangunan dinding geser (SW4)



Gambar 4.5 Denah bangunan dinding geser (SW5)

4.2.2 Data Penelitian Bangunan

Data awal yang digunakan untuk penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data awal perencanaan

No	Parameter	Nilai
1	Fungsi bangunan	Apartemen
2	Letak bangunan	Yogyakarta
3	Jenis tanah dasar	Tanah sedang
4	Jumlah lantai	15 lantai
5	Tinggi antar lantai	3 meter
6	Tinggi bangunan	45 meter
7	Panjang bangunan arah X	44 meter
8	Panjang bangunan arah Y	38 meter
9	Luas bangunan	1672 m ²
10	Jenis struktur	Struktur beton bertulang
11	Sistem struktur	Sistem ganda
12	Mutu beton pelat	25 MPa
13	Mutu beton balok dan kolom	30 MPa
14	mutu baja tulangan $d \leq 12$ mm	280 MPa
15	mutu baja tulangan $d > 12$ mm	420 MPa

4.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Force Based Design* (FBD) dengan menggunakan pendekatan *Static Equivalent* dan *Response Spectrum*. Variasi pembanding merupakan bangunan gedung tanpa dinding geser, bangunan dengan dinding geser *straight shape*, dan dinding geser *L-shape*.

4.4 Tahapan Penelitian

Tahapan-tahapan yang dilakukan pada penelitian sebagai berikut.

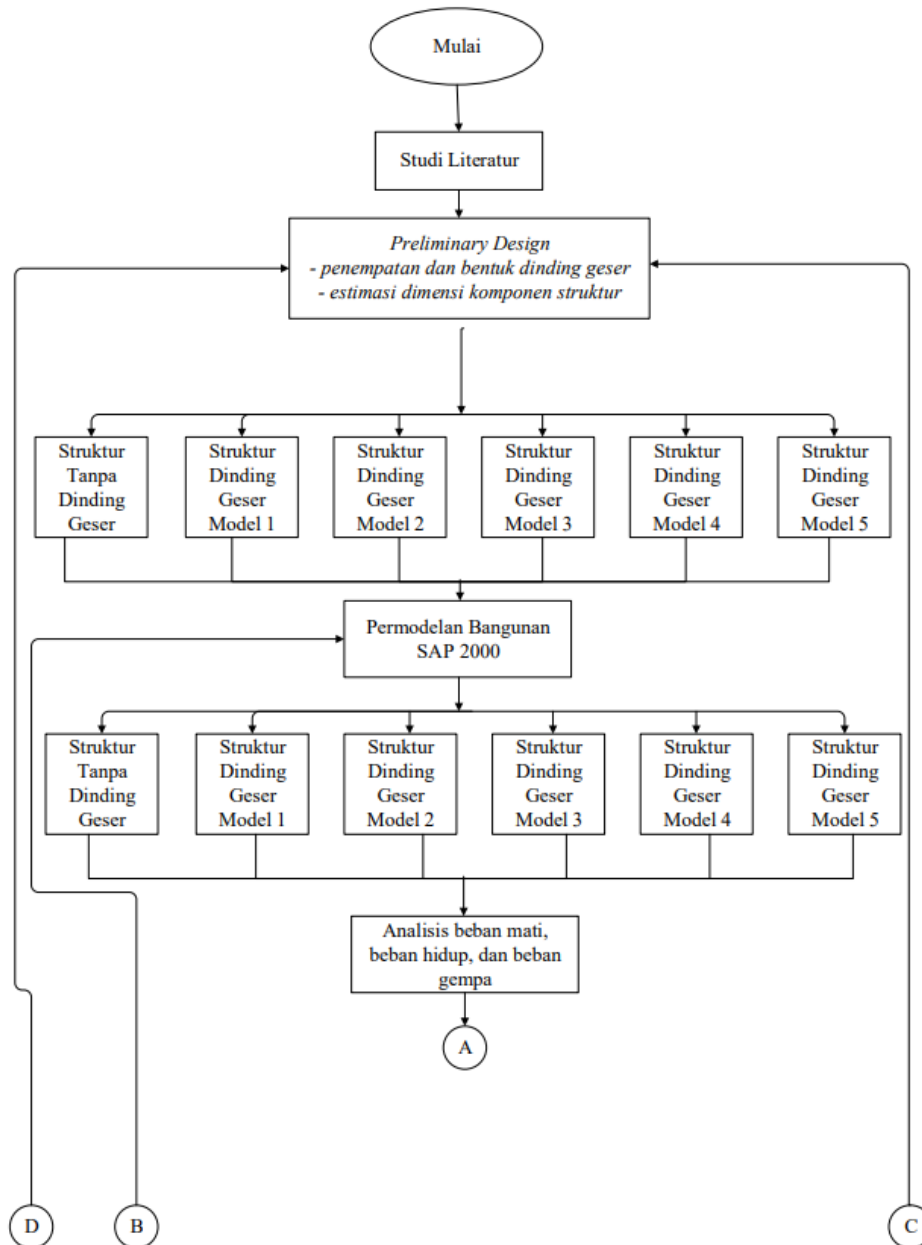
1. Studi Literatur
2. *Preliminary design* atau desain awal. Tahapan ini meliputi penentuan model struktur, fungsi bangunan, mutu beton, mutu baja tulangan, estimasi dimensi awal komponen struktur.
3. Analisis pembebanan, tahapan ini meliputi perhitungan beban mati, beban hidup, dan beban gempa sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan.
4. Permodelan bangunan pada SAP2000 sesuai dengan model yang telah ditentukan sebagai berikut.

Tabel 4.2 Konfigurasi penempatan dinding geser

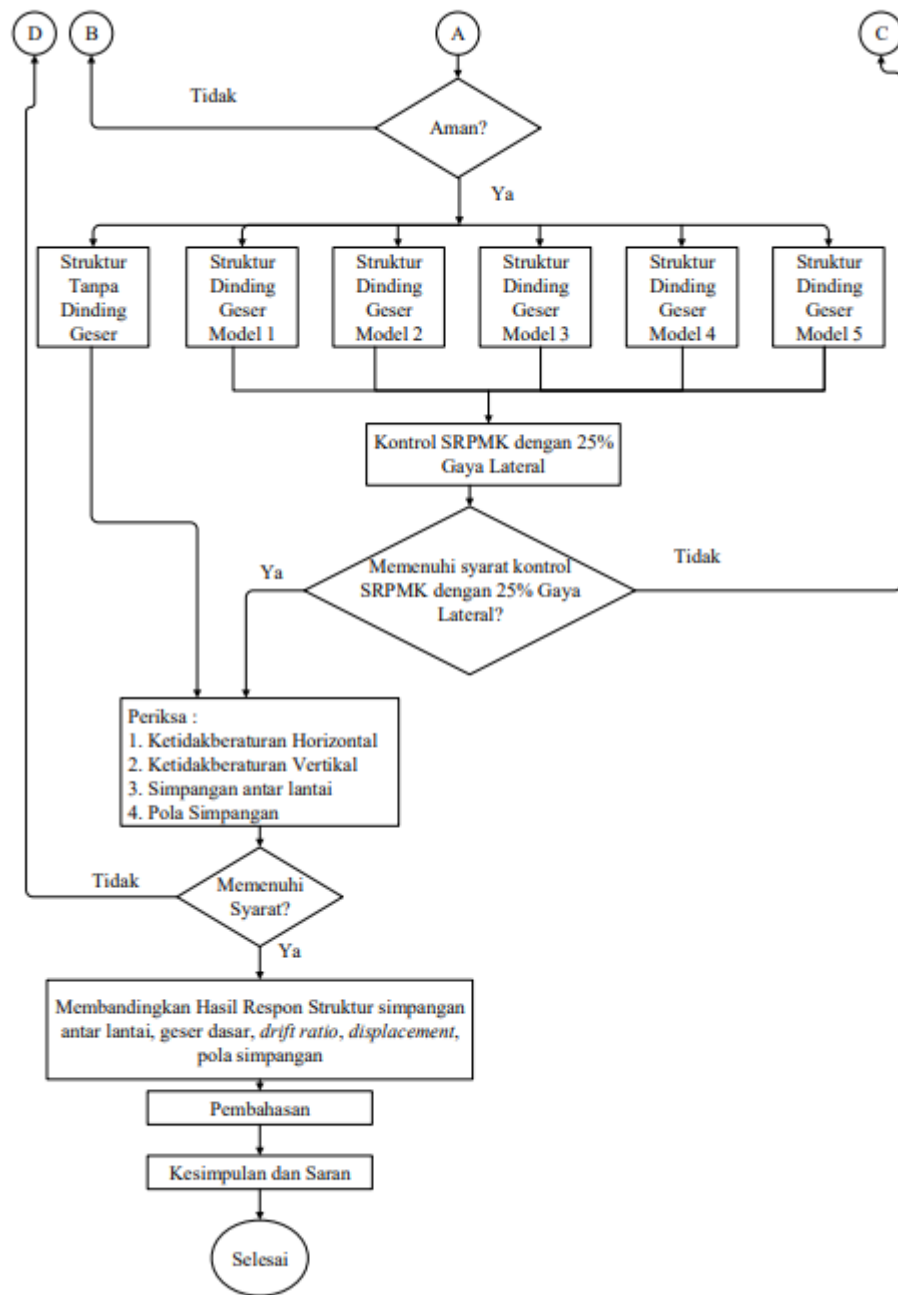
Model	Tipe Dinding geser	Konfigurasi Peletakan Dinding geser
1	Dinding geser <i>L-Shape</i>	A1-A3 & A1-C1, H4-H5 & G5-H5
2	Dinding geser <i>straight-shape</i>	A1-A3 & H1-H3
3	Dinding geser <i>L-Shape</i>	A1-A3 & A1-C1, D6-D8 & B8-D8
4	Dinding geser <i>straight-shape</i>	A1-C1 & A8-C8
5	Dinding geser <i>L-Shape</i>	A1-A3 & A1-B1, G1-H1 & H1-H3, H4-H5 & G5-H5

5. *Input* pembebanan yang telah dianalisa sebelumnya pada SAP2000 untuk setiap komponen struktur yang ada pada bangunan gedung.
6. Membandingkan hasil kinerja struktur sesuai dengan penempatan dinding geser yang telah ditentukan pada masing-masing permodelan.
7. Membuat pembahasan perbandingan dari kinerja struktur masing-masing permodelan.
8. Membuat kesimpulan dan saran dari penelitian yang dilakukan.

Langkah-langkah penyelesaian tugas akhir ini dapat diringkas dalam bentuk *flow chart* sesuai dengan Gambar 4.5 sebagai berikut.



Gambar 4.6 Bagan alur penelitian



Gambar 4.6 Bagan alur penelitian (Lanjutan)

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Perhitungan Pembebanan Struktur

Perhitungan pembebanan struktur yang digunakan dalam penelitian merupakan kombinasi dari beban mati (DL), beban mati tambahan (ADL), beban hidup (L), dan beban gempa (E)

5.1.1 Bahan Material / Mutu Bangunan

Mutu bangunan yang dipakai pada penelitian ini adalah:

Beton ($f'c$) balok, kolom, dan dinding geser = 30 MPa

Beton ($f'c$) pelat lantai dan pelat atap = 25 MPa

Baja tulangan $d \leq 12$ mm (f_y) = 280 MPa

Baja tulangan $d \geq 12$ mm (f_y) = 420 MPa

5.1.2 Beban Mati

1. Beban mati pada lantai

Tegel Keramik = $24 \text{ kg/m}^2 = 0,23544 \text{ kN/m}^2$

Lapis Spesi = $21 \text{ kg/m}^2 = 0,20601 \text{ kN/m}^2$

Lapis Pasir = $80 \text{ kg/m}^2 = 0,7848 \text{ kN/m}^2$

Plafond = $20 \text{ kg/m}^2 = 0,1962 \text{ kN/m}^2$

Beban mati pada lantai = $1,42245 \text{ kN/m}^2$

Berikut dapat dilihat pada Gambar 5.1 beban mati pada lantai yang diinput di SAP2000.

2. Beban mati pada atap

Lapisan waterproof = $5 \text{ kg/m}^2 = 0,04905 \text{ kN/m}^2$

Lapis pasir = $80 \text{ kg/m}^2 = 0,7848 \text{ kN/m}^2$

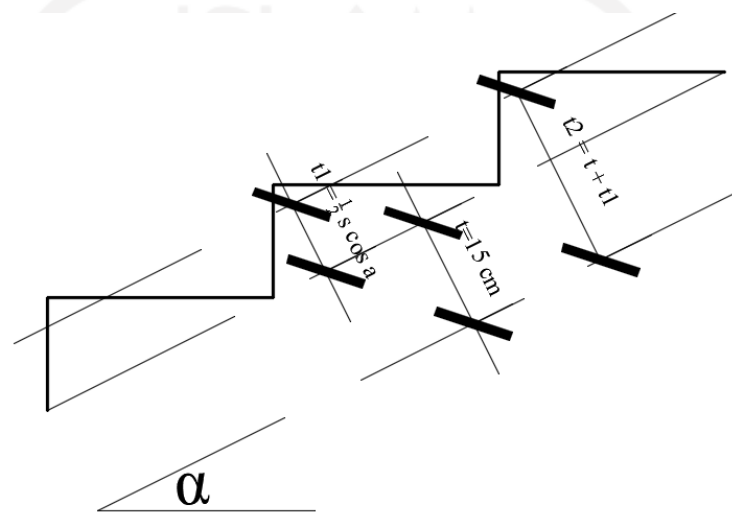
Lapis spesi = $21 \text{ kg/m}^2 = 0,20601 \text{ kN/m}^2$

Plafond = $20 \text{ kg/m}^2 = 0,1962 \text{ kN/m}^2$

Beban mati pada atap = $1,23606 \text{ kN/m}^2$

3. Beban mati pada tangga

Pada penelitian ini tangga tidak dimodelkan, namun tetap dimasukkan berat sendiri tangga sebagai pembebanan pada bangunan. Struktur tangga diasumsikan sebagai balok sederhana sehingga, perhitungan terbagi menjadi dua bagian yaitu bagian tangga dan bagian bordes. Tebal pelat tangga diketahui (t) = 150 mm merupakan tebal dari pelat tangga.



Gambar 5.1 Tinggi vertikal pelat tangga

$$\begin{aligned}
 t_1 &= \frac{1}{2} S \cos \alpha \\
 &= \frac{1}{2} 150 \cos (\tan^{-1} (\text{antrede/optrede})) \\
 &= \frac{1}{2} 150 \cos (\tan^{-1} (150/300)) \\
 &= \frac{1}{2} 150 \cos (26,565) \\
 &= 67,082 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_2 &= t + t_1 \\
 &= 150 + 67,082 \\
 &= 217,082 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Sehingga dapat dihasilkan perhitungan beban mati pada pelat tangga sebagai berikut.

$$\text{Pelat tanngga} = 24 \times 0,217082 \times 1,5 = 7,814 \text{ kN/m}$$

$$\text{Spesi} = 21 \times 1,5 \times 0,00981 = 0,309015 \text{ kN/m}$$

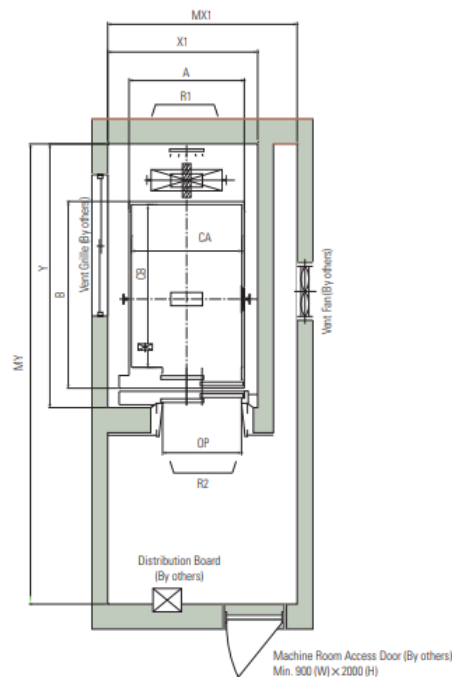
Pasir	$= 80 \times 1,5 \times 0,00981$	$= 1,1772 \text{ kN/m}$
Beban mati pada pelat tangga		$= 9,3 \text{ kN/m}$
Perhitungan beban mati pada pelat bordes adalah sebagai berikut.		
Pelat bordes	$= 24 \times 0,15 \times 3$	$= 10,8 \text{ kN/m}$
Spesi	$= 21 \times 3 \times 0,00981$	$= 0,6183 \text{ kN/m}$
Pasir	$= 80 \times 3 \times 0,00981$	$= 2,3544 \text{ kN/m}$
Beban mati pada pelat bordes		$= 13,7727 \text{ kN/m}$

4. Beban mati pada lift

Pada penelitian ini lift tidak dimodelkan, namun tetap dimasukkan berat sendiri lift sebagai pembebanan pada bangunan. Menurut *planning guide hyundai elevator*, pembebanan yang terjadi pada struktur lift ada pada ruang mesin dengan beban tumpuan yang berada ruang mesin. Pembebanan menurut *planning guide hyundai elevator* pada beban lift dapat dihasilkan pada spesifikasi berikut.

Kapasitas	$= 10 \text{ orang (700 kg)}$
Tipe pembukaan lift	$= 2P-CO$
Clear opening (OP)	$= 800 \text{ mm}$
Car size (CA x CB)	$= 1400 \times 1250 \text{ mm}^2$
Hoistway size (mm)	$= 1800 \times 1850 \text{ mm}^2$
Machine room size	$= 2100 \times 3500 \text{ mm}^2$
M/C Room (R1)	$= 4200 \text{ kg}$
M/C Room (R2)	$= 2700 \text{ kg}$

Berikut dapat dilihat pada Gambar 5.2 lift tipe *Luxen Gearless Elevators* sebagai berikut.



Gambar 5.2 Potongan ruang mesin

5.1.3 Beban Hidup

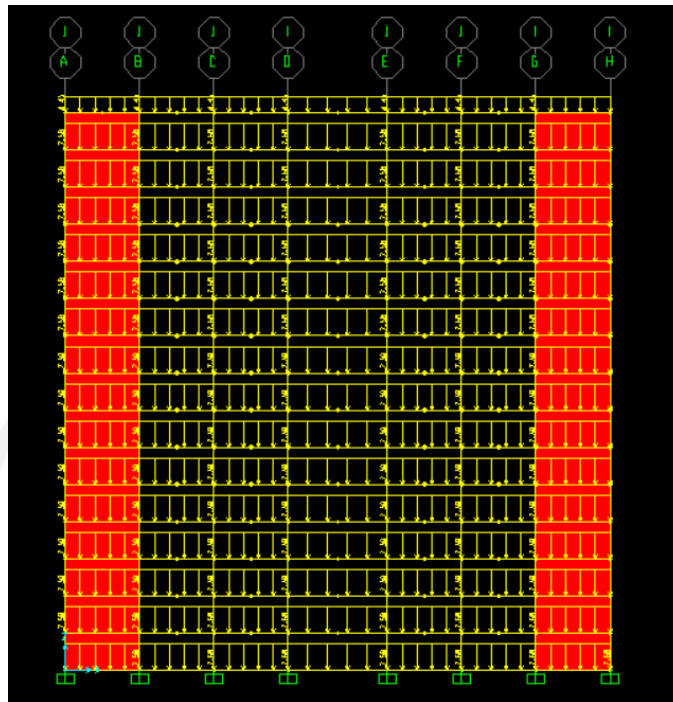
1. Beban hidup pada lantai = $4,79 \text{ kN/m}^2$
2. Beban hidup pada atap = $0,96 \text{ kN/m}^2$

5.1.4 Beban Dinding

1. Beban dinding = berat jenis dinding x tebal dinding x tinggi dinding
 $= 1700 \text{ kg/m}^3 \times 0,15 \text{ m} \times 3 \text{ m}$
 $= 765 \text{ kg/m}$
 $= 7,50645 \text{ kN/m}$

Pada penelitian ini pembebanan dinding yang dimasukkan pada aplikasi SAP2000 merupakan beban dinding bata saja. Penelitian ini tidak meninjau aspek arsitektural sehingga, mempertimbangkan kebutuhan terbesar dalam pembebanan yaitu pembebanan dengan dinding bata pada keseluruhan bangunan.

Berikut dapat dilihat pada Gambar 5.1 beban dinding yang diinput di SAP2000.



Gambar 5.3 Beban dinding pada portal 1

5.1.5 Beban Gempa Respons Spektrum

Data yang diperlukan untuk perencanaan penelitian adalah sebagai berikut.

1. Lokasi bangunan yang dimodelkan berada di wilayah Yogyakarta.
2. Fungsi bangunan sebagai gedung apartemen.
3. Jenis tanah pada lokasi penelitian adalah tanah sedang (SD).
4. Lantai gedung berjumlah 15 tingkat dengan masing – masing setiap lantai 3 meter.
5. Berdasarkan kategori risiko bangun gedung merupakan kategori risiko II, dengan faktor keutamaan gempa (I_e) adalah 1,0.
6. Jenis struktur yang digunakan adalah sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25% gaya seismik yang ditetapkan, dinding geser beton bertulang khusus dengan koefisien modifikasi respons (R) sebesar 7, faktor kuat lebih sistem (Ω) sebesar 2,5, dan faktor pembesaran defleksi (C_d) sebesar 5,5.
7. Nilai S_s , S_1 , dan T_L didapat dari SNI 1726:2019 seperti pada Gambar 3.7 sampai Gambar 3.9.

- a. $S_s = 2,2$
 - b. $S_1 = 0,85$
 - c. $T_L = 6$ detik
8. Nilai Faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek (F_a) dan nilai faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik (F_v), yang dapat dilihat pada Tabel 3.3 dan Tabel 3.4.
 - a. $F_a = 1,0$
 - b. $F_v = 1,7$
9. Mencari nilai S_{DS} dan S_{D1}
 Untuk mencari nilai S_{DS} dan S_{D1} , maka harus ditentukan terdahulu parameter respons spektral percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan Periode 1 detik (S_{M1})
 - a. $S_{MS} = F_a \times S_s$
 $= 1,0 \times 2,2$
 $= 2,2$
 - b. $S_{M1} = F_v \times S_1$
 $= 1,7 \times 0,85$
 $= 1,445$
 - c. $S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS}$
 $= \frac{2}{3} \times 2,2$
 $= 1,4667$
 - d. $S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{M1}$
 $= \frac{2}{3} \times 1,445$
 $= 0,9633$
10. Spektrum respons desain
 - a. $T_0 = 0,2 \times (S_{D1}/S_{DS})$
 $= 0,2 \times (0,9633 / 1,4667)$
 $= 0,13136$
 - b. $T_s = S_{D1}/S_{DS}$
 $= 0,9633 / 1,4667$
 $= 0,65681$
 - c. $T_L = 6$
11. Mencari nilai S_a
 - a. Spektrum respons percepatan desain S_a untuk $T < T_0$:
 $S_a = S_{DS} (0,4 + 0,6 (T/T_0))$
 $= 1,4667 (0,4 + 0,6 (0/0,13136))$
 $= 0,58667$
 - b. Spektrum respons percepatan desain S_a untuk $T = T_0$ dan $T \leq T_s$:
 $S_a = S_{DS}$
 $= 1,4667$
 - c. Spektrum respons percepatan desain S_a untuk $T > T_s$:
 $S_a = S_{D1} / T$

$$= 0,9633 / 0,66$$

$$= 1,45959$$

- d. Spektrum respons desain percepatan desain S_a untuk $T > T_L$:

$$S_a = (S_{D1} \times T_L) / T^2$$

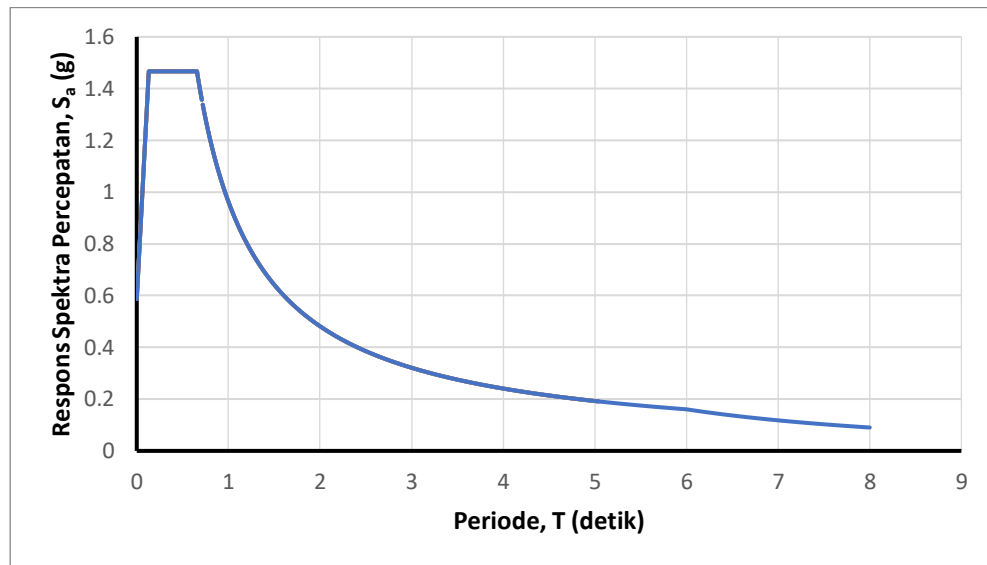
$$= (0,9633 \times 6) / 6,01^2$$

$$= 0,160022$$

Tabel 5.1 Spektrum respons desain

T (Detik)	Sa (g)	T (Detik)	Sa (g)	T (Detik)	Sa (g)
0	0,586667	2,02	0,476898	5,04	0,191138
0,01	0,653656	2,03	0,474548	5,05	0,190759
0,02	0,720646	2,04	0,472222	5,06	0,190382
0,03	0,787636	2,05	0,469919	5,07	0,190007
0,04	0,854625	2,06	0,467638	5,08	0,189633
0,05	0,921615	2,07	0,465378	5,09	0,18926
0,131364	1,466667	2,08	0,463141	5,1	0,188889
0,14	1,466667	4	0,240833	6	0,160556
0,15	1,466667	4,01	0,240233	6,01	0,160022
0,16	1,466667	4,02	0,239635	6,02	0,159491
0,17	1,466667	4,03	0,239041	6,03	0,158962
0,18	1,466667	4,04	0,238449	6,04	0,158436
0,19	1,466667	4,05	0,23786	6,05	0,157913
0,656818	1,466667	4,06	0,237274	6,06	0,157392
0,66	1,459596	4,07	0,236691	6,07	0,156874
0,67	1,437811	4,08	0,236111	6,08	0,156358
0,68	1,416667	4,09	0,235534	6,09	0,155845
0,69	1,396135	4,1	0,234959	6,1	0,155335
0,7	1,37619	5	0,192667		
0,71	1,356808	5,01	0,192282		
2	0,481667	5,02	0,191899		
2,01	0,47927	5,03	0,191518		

Grafik respon spektrum desain struktur pada Tabel 5.1 dapat dilihat pada Gambar 5.3 sebagai berikut.



Gambar 5.4 Grafik respon spektrum desain

12. Periode fundamental struktur (T)

Periode fundamental struktur dapat dicari dengan menggunakan pendekatan sesuai dengan SNI 1726:2019 pada persamaan 3.39 dan didapatkan berdasarkan hasil analisis menggunakan *software* SAP2000 sebagai berikut.

a. Struktur tanpa dinding geser

$$\begin{aligned} T_a &= 0,0488 \times H^{0,75} \\ &= 0,0488 \times 45^{0,75} \\ &= 0,84786 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil analisis menggunakan *software* SAP2000, didapatkan nilai periode struktur $T_{\text{eigenvalue}}$ arah x sebesar 2,08048 dan $T_{\text{eigenvalue}}$ arah y sebesar 2,13252. Dicari batasan untuk periode fundamental struktur bahwa, periode fundamental struktur tidak boleh melebihi hasil perkalian koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung (C_u) sebesar 1,4.

$$\begin{aligned} C_u \times T_a &= 1,4 \times 0,84786 \\ &= 1,18701 \end{aligned}$$

Dari hasil tersebut maka dapat digunakan untuk menentukan periode getar yang dipakai, syarat dalam menentukan periode getar adalah sebagai berikut.

1) Jika $T_a > T_{\text{eigenvalue}}$, maka T yang digunakan $T = T_{\text{eigenvalue}}$

2) Jika $T_a < T_{\text{eigenvalue}} < C_u \times T_a$, maka T yang digunakan $T = T_{\text{eigenvalue}}$

3) Jika $T_{\text{eigenvalue}} > C_u \times T_a$, maka T yang digunakan $T = C_u \times T_a$

Maka T yang dipakai untuk arah x sebesar 1,18701 dan T yang dipakai untuk arah y sebesar 1,18701.

b. Struktur dinding geser model 1

$$\begin{aligned} T_a &= 0,0488 \times H^{0,75} \\ &= 0,0488 \times 45^{0,75} \\ &= 0,84786 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil analisis menggunakan *software* SAP2000, didapatkan nilai periode struktur $T_{\text{eigenvalue}}$ arah x sebesar 1,48333 dan $T_{\text{eigenvalue}}$ arah y sebesar 1,42591. Dicari batasan untuk periode fundamental struktur bahwa, periode fundamental struktur tidak boleh melebihi hasil perkalian koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung (C_u) sebesar 1,4.

$$\begin{aligned} C_u \times T_a &= 1,4 \times 0,84786 \\ &= 1,18701 \end{aligned}$$

Dari hasil tersebut maka dapat digunakan untuk menentukan periode getar yang dipakai, syarat dalam menentukan periode getar adalah sebagai berikut.

1) Jika $T_a > T_{\text{eigenvalue}}$, maka T yang digunakan $T = T_{\text{eigenvalue}}$

2) Jika $T_a < T_{\text{eigenvalue}} < C_u \times T_a$, maka T yang digunakan $T = T_{\text{eigenvalue}}$

3) Jika $T_{\text{eigenvalue}} > C_u \times T_a$, maka T yang digunakan $T = C_u \times T_a$

Maka T yang dipakai untuk arah x sebesar 1,18701 dan T yang dipakai untuk arah y sebesar 1,18701.

c. Struktur dinding geser model 2

$$\begin{aligned} T_a &= 0,0488 \times H^{0,75} \\ &= 0,0488 \times 45^{0,75} \\ &= 0,84786 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil analisis menggunakan *software* SAP2000, didapatkan nilai periode struktur $T_{\text{eigenvalue}}$ arah x sebesar 0,88301 dan $T_{\text{eigenvalue}}$ arah y sebesar 2,06053. Dicari batasan untuk periode fundamental struktur

bahwa, periode fundamental struktur tidak boleh melebihi hasil perkalian koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung (C_u) sebesar 1,4.

$$\begin{aligned} C_u \times T_a &= 1,4 \times 0,84786 \\ &= 1,18701 \end{aligned}$$

Dari hasil tersebut maka dapat digunakan untuk menentukan periode getar yang dipakai, syarat dalam menentukan periode getar adalah sebagai berikut.

- 1) Jika $T_a > T_{\text{eigenvalue}}$, maka T yang digunakan $T = T_{\text{eigenvalue}}$
- 2) Jika $T_a < T_{\text{eigenvalue}} < C_u \times T_a$, maka T yang digunakan $T = T_{\text{eigenvalue}}$
- 3) Jika $T_{\text{eigenvalue}} > C_u \times T_a$, maka T yang digunakan $T = C_u \times T_a$

Maka T yang dipakai untuk arah x sebesar 0,88301 dan T yang dipakai untuk arah y sebesar 1,18701.

d. Struktur dinding geser model 3

$$\begin{aligned} T_a &= 0,0488 \times H^{0,75} \\ &= 0,0488 \times 45^{0,75} \\ &= 0,84786 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil analisis menggunakan *software* SAP2000, didapatkan nilai periode struktur $T_{\text{eigenvalue}}$ arah x sebesar 0,86208 dan $T_{\text{eigenvalue}}$ arah y sebesar 1,15895. Dicari batasan untuk periode fundamental struktur bahwa, periode fundamental struktur tidak boleh melebihi hasil perkalian koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung (C_u) sebesar 1,4.

$$\begin{aligned} C_u \times T_a &= 1,4 \times 0,84786 \\ &= 1,18701 \end{aligned}$$

Dari hasil tersebut maka dapat digunakan untuk menentukan periode getar yang dipakai, syarat dalam menentukan periode getar adalah sebagai berikut.

- 1) Jika $T_a > T_{\text{eigenvalue}}$, maka T yang digunakan $T = T_{\text{eigenvalue}}$
- 2) Jika $T_a < T_{\text{eigenvalue}} < C_u \times T_a$, maka T yang digunakan $T = T_{\text{eigenvalue}}$
- 3) Jika $T_{\text{eigenvalue}} > C_u \times T_a$, maka T yang digunakan $T = C_u \times T_a$

Maka T yang dipakai untuk arah x sebesar 0,86208 dan T yang dipakai untuk arah y sebesar 1,15895.

e. Strukur dinding geser model 4

$$\begin{aligned} T_a &= 0,0488 \times H^{0,75} \\ &= 0,0488 \times 45^{0,75} \\ &= 0,84786 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil analisis menggunakan *software* SAP2000, didapatkan nilai periode struktur $T_{\text{eigenvalue}}$ arah x sebesar 1,0867 dan $T_{\text{eigenvalue}}$ arah y sebesar 1,9768. Dicari batasan untuk periode fundamental struktur bahwa, periode fundamental struktur tidak boleh melebihi hasil perkalian koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung (C_u) sebesar 1,4.

$$\begin{aligned} C_u \times T_a &= 1,4 \times 0,84786 \\ &= 1,18701 \end{aligned}$$

Dari hasil tersebut maka dapat digunakan untuk menentukan periode getar yang dipakai, syarat dalam menentukan periode getar adalah sebagai berikut.

- 1) Jika $T_a > T_{\text{eigenvalue}}$, maka T yang digunakan $T = T_{\text{eigenvalue}}$
- 2) Jika $T_a < T_{\text{eigenvalue}} < C_u \times T_a$, maka T yang digunakan $T = T_{\text{eigenvalue}}$
- 3) Jika $T_{\text{eigenvalue}} > C_u \times T_a$, maka T yang digunakan $T = C_u \times T_a$

Maka T yang dipakai untuk arah x sebesar 1,0867 dan T yang dipakai untuk arah y sebesar 1,18701.

f. Struktur dinding geser model 5

$$\begin{aligned} T_a &= 0,0488 \times H^{0,75} \\ &= 0,0488 \times 45^{0,75} \\ &= 0,84786 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil analisis menggunakan *software* SAP2000, didapatkan nilai periode struktur $T_{\text{eigenvalue}}$ arah x sebesar 1,5367 dan $T_{\text{eigenvalue}}$ arah y sebesar 1,31658. Dicari batasan untuk periode fundamental struktur bahwa, periode fundamental struktur tidak boleh melebihi hasil perkalian koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung (C_u) sebesar 1,4.

$$\begin{aligned} C_u \times T_a &= 1,4 \times 0,84786 \\ &= 1,18701 \end{aligned}$$

Dari hasil tersebut maka dapat digunakan untuk menentukan periode getar yang dipakai, syarat dalam menentukan periode getar adalah sebagai berikut.

- 1) Jika $T_a > T_{\text{eigenvalue}}$, maka T yang digunakan $T = T_{\text{eigenvalue}}$
- 2) Jika $T_a < T_{\text{eigenvalue}} < C_u \times T_a$, maka T yang digunakan $T = T_{\text{eigenvalue}}$
- 3) Jika $T_{\text{eigenvalue}} > C_u \times T_a$, maka T yang digunakan $T = C_u \times T_a$

Maka T yang dipakai untuk arah x sebesar 1,18701 dan T yang dipakai untuk arah y sebesar 1,18701.

13. Perhitungan koefisien respons seismik

a. Struktur tanpa dinding geser

Dalam menghitung koefisien respons seismik digunakan persamaan 3.34 sampai dengan persamaan 3.38 sebagai berikut dengan nilai R sebesar 7.

- 1) $C_s = \frac{S_{DS}}{T(\frac{R}{I_e})}$
 $= 1,4667/(7/1)$
 $= 0,20952$
- 2) $C_s = \frac{S_{D1}}{T(\frac{R}{I_e})}$
 $= 0,9633/(1,18701 \times (7/1))$
 $= 0,11593$
- 3) $C_s = 0,044 S_{DS}$
 $= 0,044 \times 1,46667$
 $= 0,064533$
- 4) $C_s = \frac{0,5 S_1}{T(\frac{R}{I_e})}$
 $= (0,5 \times 0,85) / (7/1)$
 $= 0,0607142$

Maka C_s yang dipakai sebesar 0,11593.

b. Struktur dinding geser model 1

Dalam menghitung koefisien respons seismik digunakan persamaan 3.34 sampai dengan persamaan 3.38 sebagai berikut dengan nilai R sebesar 7.

$$\begin{aligned}
 1) \quad C_s &= \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\
 &= 1,4667/(7/1) \\
 &= 0,20952 \\
 2) \quad C_s &= \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\
 &= 0,9633/(1,18701 \times (7/1)) \\
 &= 0,11593 \\
 3) \quad C_s &= 0,044 S_{DS} \\
 &= 0,044 \times 1,46667 \\
 &= 0,064533 \\
 4) \quad C_s &= \frac{0,5 S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\
 &= (0,5 \times 0,85) / (7/1) \\
 &= 0,0607142
 \end{aligned}$$

Maka C_s yang dipakai sebesar 0,11593.

c. Struktur dinding geser model 2

Dalam menghitung koefisien respons seismik digunakan persamaan 3.34 sampai dengan persamaan 3.38 sebagai berikut dengan nilai R sebesar 7.

$$\begin{aligned}
 1) \quad C_s &= \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\
 &= 1,4667/(7/1) \\
 &= 0,20952 \\
 2) \quad C_s &= \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\
 &= 0,9633/(0,88301 \times (7/1)) \\
 &= 0,15585 \\
 3) \quad C_s &= 0,044 S_{DS} \\
 &= 0,044 \times 1,46667 \\
 &= 0,064533 \\
 4) \quad C_s &= \frac{0,5 S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\
 &= (0,5 \times 0,85) / (7/1)
 \end{aligned}$$

$$= 0,0607142$$

Maka C_s yang dipakai sebesar 0,15585.

d. Struktur dinding geser model 3

Dalam menghitung koefisien respons seismik digunakan persamaan 3.34 sampai dengan persamaan 3.38 sebagai berikut dengan nilai R sebesar 7.

$$\begin{aligned} 1) \quad C_s &= \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= 1,4667/(7/1) \\ &= 0,20952 \\ 2) \quad C_s &= \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= 0,9633/(0,86208 \times (7/1)) \\ &= 0,15963 \\ 3) \quad C_s &= 0,044 S_{DS} \\ &= 0,044 \times 1,46667 \\ &= 0,064533 \\ 4) \quad C_s &= \frac{0,5 S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= (0,5 \times 0,85) / (7/1) \\ &= 0,0607142 \end{aligned}$$

Maka C_s yang dipakai sebesar 0,15963.

e. Struktur dinding geser model 4

Dalam menghitung koefisien respons seismik digunakan persamaan 3.34 sampai dengan persamaan 3.38 sebagai berikut dengan nilai R sebesar 7.

$$\begin{aligned} 1) \quad C_s &= \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= 1,4667/(7/1) \\ &= 0,20952 \\ 2) \quad C_s &= \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= 0,9633/(1,0867 \times (7/1)) \\ &= 0,126639 \\ 3) \quad C_s &= 0,044 S_{DS} \end{aligned}$$

$$= 0,044 \times 1,46667$$

$$= 0,064533$$

$$\begin{aligned} 4) \quad C_s &= \frac{0,5 S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= (0,5 \times 0,85) / (7/1) \\ &= 0,0607142 \end{aligned}$$

Maka C_s yang dipakai sebesar 0,126639.

f. Struktur dinding geser model 5

Dalam menghitung koefisien respons seismik digunakan persamaan 3.34 sampai dengan persamaan 3.38 sebagai berikut dengan nilai R sebesar 7.

$$\begin{aligned} 1) \quad C_s &= \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= 1,4667 / (7/1) \\ &= 0,20952 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) \quad C_s &= \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= 0,9633 / (1,187017 \times (7/1)) \\ &= 0,115936 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3) \quad C_s &= 0,044 S_{DS} \\ &= 0,044 \times 1,46667 \\ &= 0,064533 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4) \quad C_s &= \frac{0,5 S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= (0,5 \times 0,85) / (7/1) \\ &= 0,0607142 \end{aligned}$$

Maka C_s yang dipakai sebesar 0,115936.

14. Berat seismik efektif (W_t)

Berat seismik efektif struktur didapatkan dengan menjumlah keseluruhan beban mati dan 25 % beban hidup lantai yang digunakan dalam perencanaan daerah yang digunakan. Berat seismik efektif struktur diperoleh dari hasil analisis *software* SAP2000 seperti pada Tabel 5.2 sebagai berikut.

Tabel 5.2 Berat seismik efektif

Lantai	Berat Struktur Tanpa Dinding Geser (kN)	Berat Struktur Dinding Geser model 1 (kN)	Berat Struktur Dinding Geser model 2 (kN)	Berat Struktur Dinding Geser model 3 (kN)	Berat Struktur Dinding Geser model 4 (kN)	Berat Struktur Dinding Geser model 5 (kN)
15	9533,54	10356,13	9978,37	9572,72	9572,72	10578,54
14	13082,46	13947,41	13527,29	12378,88	12378,88	14169,83
13	13082,46	13947,41	13527,29	12378,88	12378,88	14169,83
12	13082,46	13947,41	13527,29	12378,88	12378,88	14169,83
11	13082,46	13947,41	13527,29	12378,88	12378,88	14169,83
10	13082,46	13947,41	13527,29	12378,88	12378,88	14169,83
9	13082,46	13947,41	13527,29	12378,88	12378,88	14169,83
8	13082,46	13947,41	13527,29	12378,88	12378,88	14169,83
7	13082,46	13947,41	13527,29	12378,88	12378,88	14169,83
6	13082,46	13947,41	13527,29	12378,88	12378,88	14169,83
5	13082,46	13947,41	13527,29	12378,88	12378,88	14169,83
4	13082,46	13947,41	13527,29	12378,88	12378,88	14169,83
3	13082,46	13947,41	13527,29	12378,88	12378,88	14169,83
2	13082,46	13947,41	13527,29	12378,88	12378,88	14169,83
1	13082,46	13947,41	13527,29	12378,88	12378,88	14169,83
Total	192687,982	205619,8	199360,43	182877,04	182877,04	208956,16

15. Perhitungan gaya geser dasar seismik

a. Struktur tanpa dinding geser

$$\text{Berat Seismik bangunan (Wt)} = 192687,982 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 C_s &= 0,115936 \\
 V &= C_s \times W_t \\
 &= 0,115936 \times 192687,982 \\
 &= 22339,627 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Maka, didapat gaya geser dasar seismik sebesar 22339,627 kN,

b. Struktur dinding geser model 1

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Seismik bangunan (Wt)} &= 205619,87 \text{ kN} \\
 C_s &= 0,115936 \\
 V &= C_s \times W_t \\
 &= 0,115936 \times 205619,87 \\
 &= 23838,909 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Maka, didapat gaya geser dasar seismik sebesar 23838,909 kN.

c. Struktur dinding geser model 2

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Seismik bangunan (Wt)} &= 199360,432 \text{ kN} \\
 C_s &= 0,15585 \\
 V &= C_s \times W_t \\
 &= 0,15585 \times 199360,432 \\
 &= 31070,7611 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Maka didapat gaya geser dasar seismik sebesar 31070,7611 kN.

d. Struktur dinding geser model 3

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Seismik bangunan (Wt)} &= 182877,044 \text{ kN} \\
 C_s &= 0,15963 \\
 V &= C_s \times W_t \\
 &= 0,15963 \times 182877,044 \\
 &= 29193,769 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Maka, didapat gaya geser dasar seismik sebesar 29193,769 kN.

e. Struktur dinding geser model 4

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Seismik bangunan (Wt)} &= 182877,044 \text{ kN} \\
 C_s &= 0,126639 \\
 V &= C_s \times W_t \\
 &= 0,126639 \times 182877,044
 \end{aligned}$$

$$= 23159,44 \text{ kN}$$

Maka, didapat gaya geser dasar seismik sebesar 23159,44 kN.

f. Struktur dinding geser model 5

$$\text{Berat Seismik bangunan (Wt)} = 208956,16 \text{ kN}$$

$$C_s = 0,115936$$

$$V = C_s \times W_t$$

$$= 0,115936 \times 208956,16$$

$$= 24225,70 \text{ kN}$$

Maka, didapat gaya geser dasar seismik sebesar 24225,70 kN.

16. Perhitungan nilai K

Sesuai dengan SNI 1726:2019 Pasal 7.8.3 tentang distribusi vertikal gaya seismik dibutuhkan nilai eksponen yang terkait dengan periode struktur dari bangunan perencanaan tersebut dengan penentuan nilai k adalah sebagai berikut.

- Untuk struktur dengan $T \leq 0,5$ detik, $k = 1$,
- Untuk struktur dengan $T \geq 2,5$ detik, $k = 2$,
- Untuk struktur dengan $0,5 < T < 2,5$ detik, $k = 2$ atau ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2.

Nilai T yang didapat dalam penelitian setiap permodelan dapat dilihat pada Tabel 5.3 sebagai berikut.

Tabel 5.3 Penentuan nilai K

Model Struktur Bangunan	T	K
Struktur Tanpa Dinding geser	1,18702	1,34351
Struktur Dinding Geser Model 1	1,18702	1,34351
Struktur Dinding Geser Model 2	1,18702	1,34351
Struktur Dinding Geser Model 3	1,15895	1,32948
Struktur Dinding Geser Model 4	1,18702	1,34351
Struktur Dinding Geser Model 5	1,18702	1,34351

17. Gaya seismik lateral (F)

Hasil Perhitungan gaya seismik lateral tingkat dapat dilihat pada Tabel sebagai berikut.

Tabel 5.4 Gaya seismik lateral dengan struktur tanpa dinding geser

Lantai	Wi	H	H^k	$W \times H^k$	Cvx	Fi = Cvx x V
	kN	m			%	kN
15	9533,542	45	166,38	1586207,64	10,98%	2453,27
14	13082,46	42	151,65	1983989,23	13,74%	3068,49
13	13082,46	39	137,28	1795969,27	12,43%	2777,70
12	13082,46	36	123,28	1612856,40	11,17%	2494,49
11	13082,46	33	109,68	1434915,85	9,93%	2219,28
10	13082,46	30	96,50	1262452,34	8,74%	1952,54
9	13082,46	27	83,76	1095820,43	7,59%	1694,83
8	13082,46	24	71,50	935439,11	6,48%	1446,78
7	13082,46	21	59,76	781812,89	5,41%	1209,17
6	13082,46	18	48,58	635563,89	4,40%	982,98
5	13082,46	15	38,03	497483,30	3,44%	769,42
4	13082,46	12	28,18	368620,12	2,55%	570,12
3	13082,46	9	19,14	250450,98	1,73%	387,35
2	13082,46	6	11,10	145258,84	1,01%	224,66
1	13082,46	3	4,38	57240,85	0,40%	88,53
Jumlah	192687,98			14444081,13	100,00%	22339,63

Tabel 5.5 Gaya seismik lateral dengan struktur dinding geser model 1

Lantai	Wi	H	H^k	$W \times H^k$	Cvx	Fi = Cvx x V
	kN	m			%	kN
15	10356,13	45	166,38	1723071,29	11,17%	2661,92
14	13947,41	42	151,65	2115161,15	13,71%	3267,64
13	13947,41	39	137,28	1914710,21	12,41%	2957,97
12	13947,41	36	123,28	1719490,79	11,14%	2656,38
11	13947,41	33	109,68	1529785,66	9,91%	2363,31
10	13947,41	30	96,50	1345919,68	8,72%	2079,27
9	13947,41	27	83,76	1168270,87	7,57%	1804,82
8	13947,41	24	71,50	997285,89	6,46%	1540,67
7	13947,41	21	59,76	833502,64	5,40%	1287,65

Tabel 5.5 Gaya seismik lateral dengan struktur dinding geser model 1 (Lanjutan)

Lantai	Wi	H	H^k	$W \times H^k$	Cvx	Fi = Cvx x V
	kN	m			%	kN
6	13947,41	18	48,58	677584,36	4,39%	1046,78
5	13947,41	15	38,03	530374,53	3,44%	819,36
4	13947,41	12	28,18	392991,53	2,55%	607,12
3	13947,41	9	19,14	267009,61	1,73%	412,49
2	13947,41	6	11,10	154862,66	1,00%	239,24
1	13947,41	3	4,38	61025,34	0,40%	94,28
Jumlah	205619,87			15431046,19	1,00	23838,91

Tabel 5.6 Gaya seismik lateral dengan struktur dinding geser model 2

Lantai	Wi	H	H^k	$W \times H^k$	Cvx	Fi = Cvx x V
	kN	m			%	kN
15	9978,372	45	93,28	930830,63	10,41%	3234,14
14	13527,29	42	85,92	1162305,91	13,00%	4038,40
13	13527,29	39	78,66	1064074,99	11,90%	3697,09
12	13527,29	36	71,51	967281,79	10,82%	3360,79
11	13527,29	33	64,46	872022,62	9,75%	3029,82
10	13527,29	30	57,54	778409,56	8,70%	2704,56
9	13527,29	27	50,75	686574,84	7,68%	2385,48
8	13527,29	24	44,11	596677,14	6,67%	2073,14
7	13527,29	21	37,62	508910,84	5,69%	1768,19
6	13527,29	18	31,31	423520,33	4,74%	1471,51
5	13527,29	15	25,20	340823,41	3,81%	1184,18
4	13527,29	12	19,31	261252,62	2,92%	907,71
3	13527,29	9	13,71	185436,63	2,07%	644,29
2	13527,29	6	8,46	114388,38	1,28%	397,44
1	13527,29	3	3,70	50084,48	0,56%	174,02
Jumlah	199360,43			8942594,17	1,00	31070,76

Tabel 5.7 Gaya seismik lateral dengan struktur dinding geser model 3

Lantai	Wi	H	H^k	$W \times H^k$	Cvx	Fi = Cvx x V
	kN	m			%	kN
15	9572,724	45	157,73	1509872,39	11,51%	3360,10
14	12378,88	42	143,90	1781355,93	13,58%	3964,26
13	12378,88	39	130,40	1614217,20	12,31%	3592,31
12	12378,88	36	117,24	1451264,66	11,06%	3229,67

Tabel 5.7 Gaya seismik lateral dengan struktur dinding geser model 3 (Lanjutan)

Lantai	Wi	H	H^k	$W \times H^k$	Cvx	Fi = Cvx x V
	kN	m			%	kN
11	12378,88	33	104,43	1292729,54	9,85%	2876,86
10	12378,88	30	92,00	1138877,81	8,68%	2534,48
9	12378,88	27	79,98	990019,37	7,55%	2203,21
8	12378,88	24	68,38	846520,92	6,45%	1883,86
7	12378,88	21	57,26	708824,71	5,40%	1577,43
6	12378,88	18	46,65	577477,10	4,40%	1285,13
5	12378,88	15	36,61	453174,31	3,45%	1008,50
4	12378,88	12	27,21	336841,69	2,57%	749,61
3	12378,88	9	18,56	229785,66	1,75%	511,37
2	12378,88	6	10,83	134033,69	1,02%	298,28
1	12378,88	3	4,31	53333,75	0,41%	118,69
Jumlah	182877,04			13118328,74	1,00	29193,77

Tabel 5.8 Gaya seismik lateral dengan struktur dinding geser model 4

Lantai	Wi	H	H^k	$W \times H^k$	Cvx	Fi = Cvx x V
	kN	m			%	kN
15	9572,724	45	166,38	1592726,81	11,58%	2680,89
14	12378,88	42	151,65	1877289,48	13,64%	3159,87
13	12378,88	39	137,28	1699381,31	12,35%	2860,41
12	12378,88	36	123,28	1526116,33	11,09%	2568,77
11	12378,88	33	109,68	1357745,49	9,87%	2285,37
10	12378,88	30	96,50	1194557,14	8,68%	2010,69
9	12378,88	27	83,76	1036886,77	7,54%	1745,30
8	12378,88	24	71,50	885130,82	6,43%	1489,86
7	12378,88	21	59,76	739766,68	5,38%	1245,18
6	12378,88	18	48,58	601383,01	4,37%	1012,25
5	12378,88	15	38,03	470728,45	3,42%	792,33
4	12378,88	12	28,18	348795,58	2,54%	587,10
3	12378,88	9	19,14	236981,62	1,72%	398,89
2	12378,88	6	11,10	137446,76	1,00%	231,35
1	12378,88	3	4,38	54162,41	0,39%	91,17
Jumlah	182877,04			13759098,66	1,00	23159,44

Tabel 5.9 Gaya seismik lateral dengan struktur dinding geser model 5

Lantai	Wi	H	H ^k	W x H ^k	Cvx	Fi = Cvx x V
	kN	m			%	kN
15	10578,54	45	166,38	1760076,26	11,22%	2718,18
14	14169,83	42	151,65	2148891,73	13,70%	3318,64
13	14169,83	39	137,28	1945244,18	12,40%	3004,14
12	14169,83	36	123,28	1746911,59	11,14%	2697,85
11	14169,83	33	109,68	1554181,22	9,91%	2400,20
10	14169,83	30	96,50	1367383,12	8,72%	2111,72
9	14169,83	27	83,76	1186901,34	7,57%	1832,99
8	14169,83	24	71,50	1013189,66	6,46%	1564,72
7	14169,83	21	59,76	846794,54	5,40%	1307,75
6	14169,83	18	48,58	688389,82	4,39%	1063,12
5	14169,83	15	38,03	538832,44	3,43%	832,15
4	14169,83	12	28,18	399258,59	2,55%	616,60
3	14169,83	9	19,14	271267,62	1,73%	418,93
2	14169,83	6	11,10	157332,26	1,00%	242,98
1	14169,83	3	4,38	61998,52	0,40%	95,75
Jumlah	208956,16			15686652,88	100,00%	24225,71

5.2 Permodelan Struktur

Permodelan struktur dilakukan dengan menggunakan bantuan program SAP2000. Data – data struktural yang dibutuhkan dalam melakukan permodelan adalah sebagai berikut.

Tabel 5.10 Dimensi balok

Tipe Balok	Dimensi B/H
	mm
BI	550/800
BI Atap	400/600
BA	200/350
BA Atap	200/350

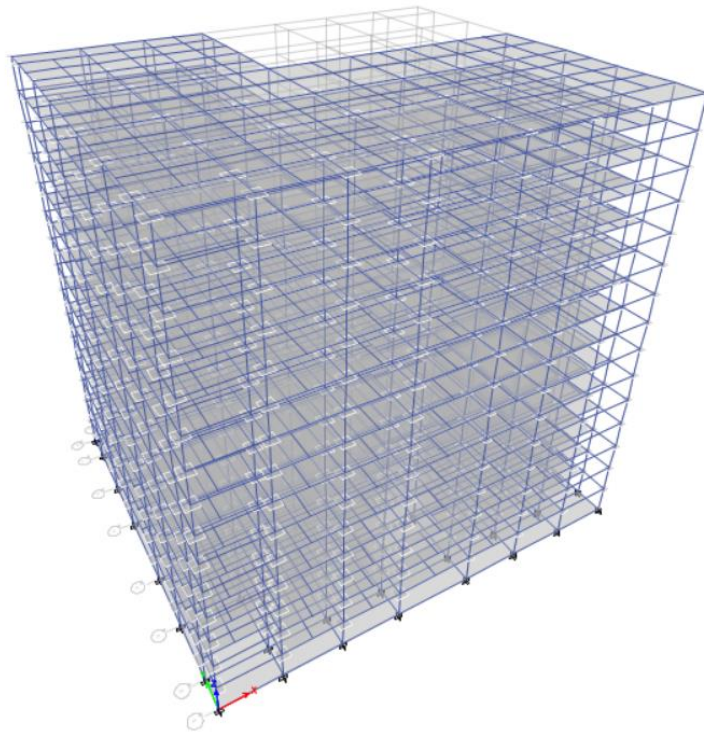
Tabel 5.11 Dimensi kolom

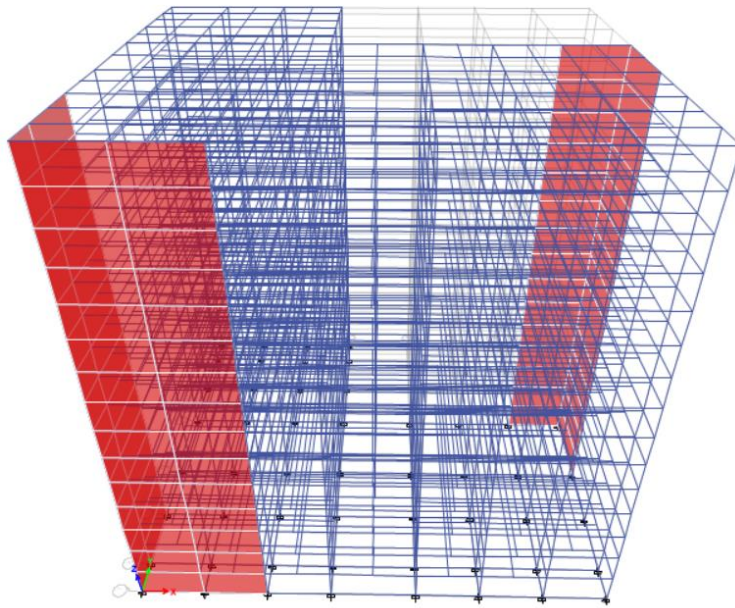
Tipe Kolom	Dimensi B/H
	mm
K _{utama}	1100/1100
K _{utara}	700/800
K _{timur}	800/700

Tabel 5.12 Dimensi pelat

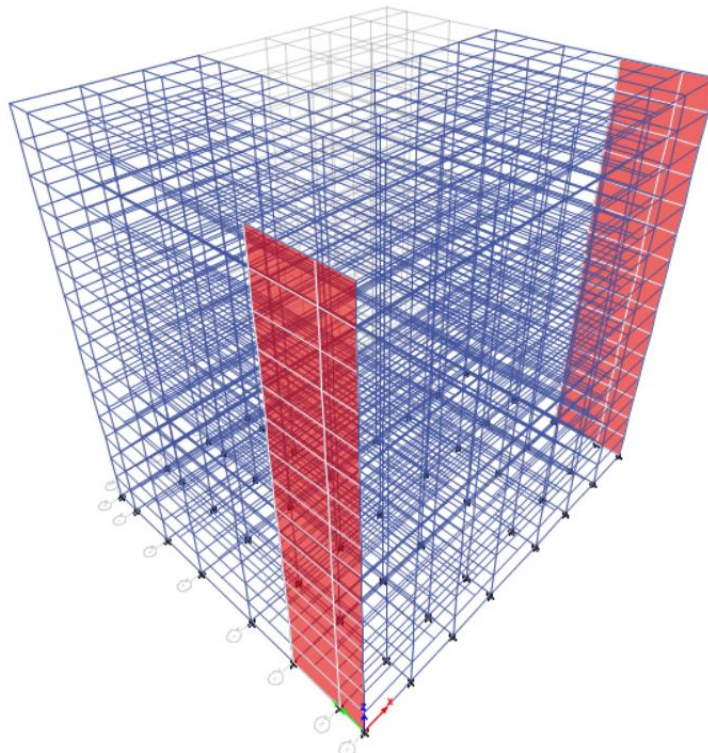
Tipe Pelat	Ketebalan
	mm
Pelat Lanti	150
Pelat Atap	100
Dinding Geser	350

Hasil permodelan pada program SAP2000 dapat dilihat pada Gambar 5.3 sampai dengan Gambar 5.8 sebagai berikut.

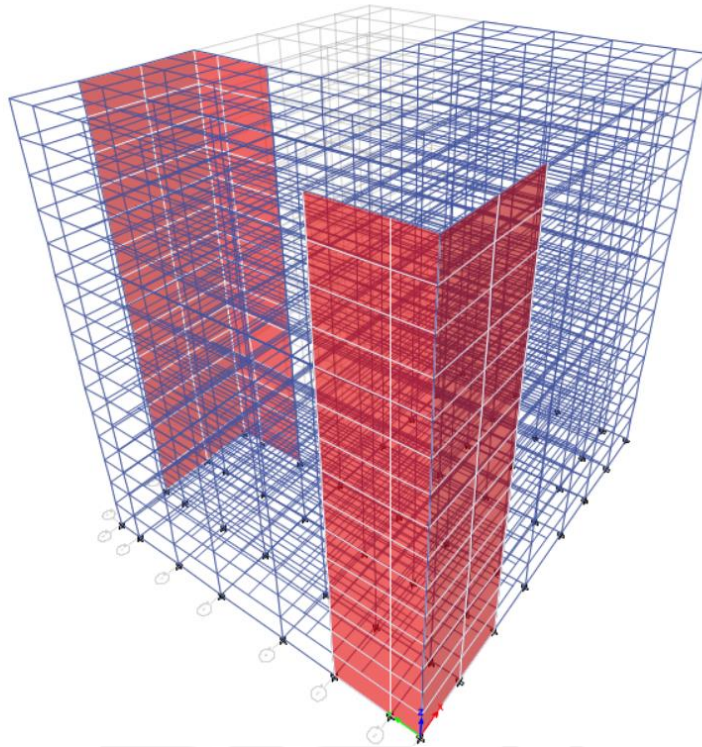
**Gambar 5.5 Model struktur tanpa dinding geser**



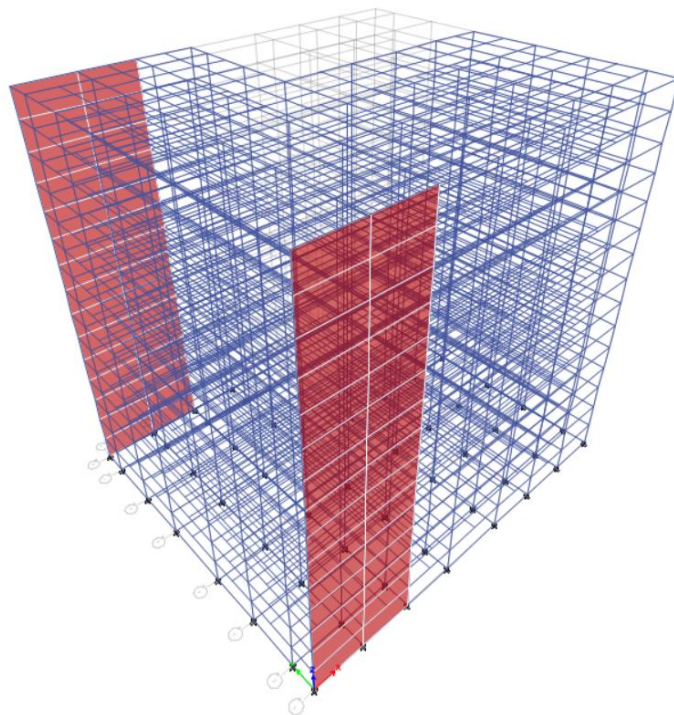
Gambar 5.6 Model struktur dinding geser model 1



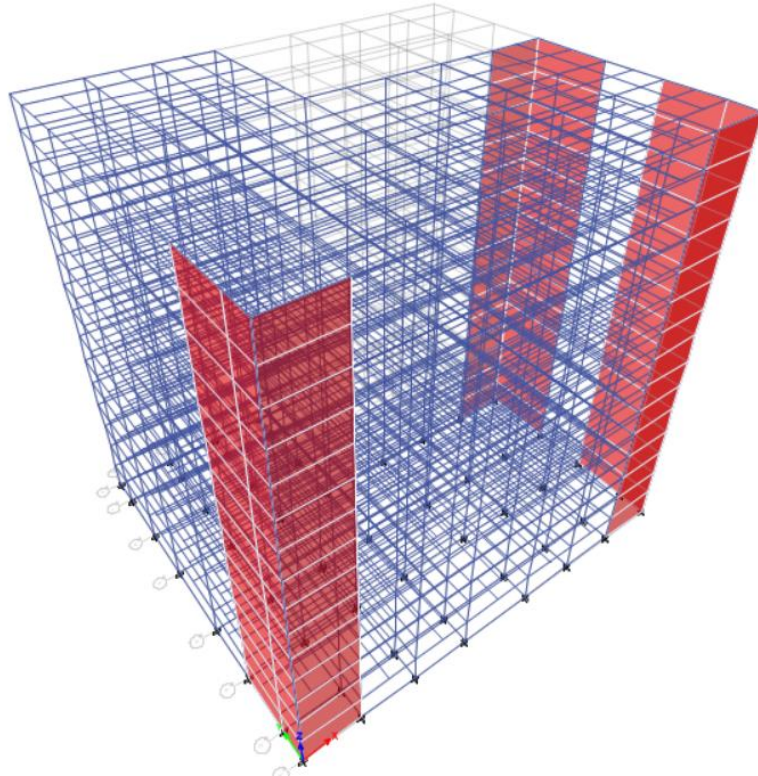
Gambar 5.7 Model struktur dinding geser model 2



Gambar 5.8 Model struktur dinding geser model 3



Gambar 5.9 Model struktur dinding geser model 4



Gambar 5.10 Model struktur dinding geser model 5

5.3 Titik Pusat Massa dan Titik Pusat Kekakuan Bangunan

Menurut Andalas, dkk (2016), menjelaskan bahwa nilai defleksi horizontal dipengaruhi oleh kekakuan struktur, dimana besar kecilnya kekakuan tersebut dipengaruhi oleh jarak antara dinding geser dan pusat massa. Semakin jauh jarak dinding geser dan pusat massa maka semakin besar pula kekakuan suatu struktur. Maka dari itu, semakin besar kekakuan struktur suatu bangunan maka semakin kecil pula simpangan yang terjadi pada struktur tersebut. Nilai pusat massa dan pusat kekakuan didapatkan dari ETABS dengan cara *Display – Analysis – Results – Structure Output – Center of Mass and Rigidity*. Rekapitulasi Perhitungan koordinat titik pusat massa dan pusat kekakuan bangunan dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 5.13 Eksentrisitas Total Struktur Model Tanpa Dinding Geser

Lantai	XCM	YCM	XCR	YCR	Ex	Ey
	m	m	m	m	m	m
15	18,8339	15,4516	16,8702	14,2781	1,96	1,17
14	18,7932	15,5355	16,8103	14,2579	1,98	1,28
13	18,7932	15,5355	16,7485	14,2431	2,04	1,29
12	18,7932	15,5355	16,7032	14,2408	2,09	1,29
11	18,7932	15,5355	16,6585	14,2381	2,13	1,30
10	18,7932	15,5355	16,6092	14,2304	2,18	1,31
9	18,7932	15,5355	16,5524	14,2152	2,24	1,32
8	18,7932	15,5355	16,4842	14,1894	2,31	1,35
7	18,7932	15,5355	16,3988	14,1488	2,39	1,39
6	18,7932	15,5355	16,2866	14,0865	2,51	1,45
5	18,7932	15,5355	16,1313	13,9917	2,66	1,54
4	18,7932	15,5355	15,9043	13,8468	2,89	1,69
3	18,7932	15,5355	15,5565	13,6248	3,24	1,91
2	18,7932	15,5355	15,0084	13,2911	3,78	2,24
1	18,7932	15,5355	14,1748	12,8437	4,62	2,69

Tabel 5.14 Eksentrisitas Total Struktur Dinding Geser Model 1

Lantai	XCM	YCM	XCR	YCR	Ex	Ey
	m	m	m	m	m	m
15	18,8462	15,2115	16,2858	5,8251	2,56	9,39
14	18,9468	15,308	16,354	5,8833	2,59	9,42
13	18,9468	15,308	16,4428	5,8925	2,50	9,42
12	18,9468	15,308	16,5453	5,8877	2,40	9,42
11	18,9468	15,308	16,6612	5,8805	2,29	9,43
10	18,9468	15,308	16,7927	5,8835	2,15	9,42
9	18,9468	15,308	16,9421	5,9118	2,00	9,40
8	18,9468	15,308	17,1121	5,9826	1,83	9,33
7	18,9468	15,308	17,3054	6,1163	1,64	9,19
6	18,9468	15,308	17,5233	6,3364	1,42	8,97
5	18,9468	15,308	17,7632	6,6681	1,18	8,64
4	18,9468	15,308	18,0122	7,1352	0,93	8,17
3	18,9468	15,308	18,2337	7,7535	0,71	7,55
2	18,9468	15,308	18,2867	8,5554	0,66	6,75
1	18,9468	15,308	17,6937	9,7685	1,25	5,54

Tabel 5.15 Eksentrisitas Total Struktur Dinding Geser Model 2

Lantai	XCM	YCM	XCR	YCR	Ex	Ey
	m	m	m	m	m	m
15	18,9002	15,2221	17,2716	14,2206	1,6286	1,0015
14	18,8714	15,2881	17,304	14,2105	1,5674	1,0776
13	18,8714	15,2881	17,3514	14,2013	1,52	1,0868
12	18,8714	15,2881	17,4041	14,1948	1,4673	1,0933
11	18,8714	15,2881	17,4633	14,1872	1,4081	1,1009
10	18,8714	15,2881	17,5333	14,1766	1,3381	1,1115
9	18,8714	15,2881	17,6189	14,1605	1,2525	1,1276
8	18,8714	15,2881	17,7264	14,1356	1,145	1,1525
7	18,8714	15,2881	17,864	14,0968	1,0074	1,1913
6	18,8714	15,2881	18,0418	14,0362	0,8296	1,2519
5	18,8714	15,2881	18,2711	13,9399	0,6003	1,3482
4	18,8714	15,2881	18,5583	13,7842	0,3131	1,5039
3	18,8714	15,2881	18,8838	13,5276	0,0124	1,7605
2	18,8714	15,2881	19,0924	13,1108	0,221	2,1773
1	18,8714	15,2881	18,4457	12,5555	0,4257	2,7326

Tabel 5.16 Eksentrisitas Total Struktur Dinding Geser Model 3

Lantai	XCM	YCM	XCR	YCR	Ex	Ey
	m	m	m	m	m	m
15	18,3661	18,3661	12,726	14,7105	5,64	0,91
14	18,2803	18,2803	12,6394	14,8296	5,64	1,04
13	18,2803	18,2803	12,4884	14,9786	5,79	0,90
12	18,2803	18,2803	12,3154	15,1441	5,96	0,73
11	18,2803	18,2803	12,1221	15,3281	6,16	0,55
10	18,2803	18,2803	11,9107	15,5332	6,37	0,34
9	18,2803	18,2803	11,6839	15,7611	6,60	0,11
8	18,2803	18,2803	11,4453	16,0132	6,84	0,14
7	18,2803	18,2803	11,2001	16,2901	7,08	0,42
6	18,2803	18,2803	10,956	16,5906	7,32	0,72
5	18,2803	18,2803	10,7249	16,9094	7,56	1,04
4	18,2803	18,2803	10,5262	17,2341	7,75	1,36
3	18,2803	18,2803	10,393	17,5397	7,89	1,67
2	18,2803	18,2803	10,4092	17,7282	7,87	1,85
1	18,2803	18,2803	10,8449	17,3664	7,44	1,49

Tabel 5.17 Eksentrisitas Total Struktur Dinding Geser Model 4

Lantai	XCM	YCM	XCR	YCR	Ex	Ey
	m	m	m	m	m	m
15	18,4778	15,5501	16,7403	14,8721	1,74	0,68
14	18,4786	15,6365	16,7072	14,9417	1,77	0,69
13	18,4786	15,6365	16,6745	15,0407	1,80	0,60
12	18,4786	15,6365	16,6421	15,1541	1,84	0,48
11	18,4786	15,6365	16,6041	15,2816	1,87	0,35
10	18,4786	15,6365	16,5583	15,4255	1,92	0,21
9	18,4786	15,6365	16,5023	15,588	1,98	0,05
8	18,4786	15,6365	16,432	15,7721	2,05	0,14
7	18,4786	15,6365	16,341	15,9815	2,14	0,35
6	18,4786	15,6365	16,2182	16,2197	2,26	0,58
5	18,4786	15,6365	16,0442	16,4882	2,43	0,85
4	18,4786	15,6365	15,7841	16,7807	2,69	1,14
3	18,4786	15,6365	15,3727	17,0651	3,11	1,43
2	18,4786	15,6365	14,6936	17,2009	3,79	1,56
1	18,4786	15,6365	13,7043	16,6314	4,77	0,99

Tabel 5.18 Eksentrisitas Total Struktur Dinding Geser Model 5

Lantai	XCM	YCM	XCR	YCR	Ex	Ey
	m	m	m	m	m	m
15	19,3612	14,2903	25,6433	7,125	6,2821	7,1653
14	19,3612	14,2903	25,5118	6,6645	6,1506	7,6258
13	19,3612	14,2903	25,2607	6,4549	5,8995	7,8354
12	19,3612	14,2903	24,9691	6,4326	5,6079	7,8577
11	19,3612	14,2903	24,6729	6,5382	5,3117	7,7521
10	19,3612	14,2903	24,3884	6,7248	5,0272	7,5655
9	19,3612	14,2903	24,1228	6,9571	4,7616	7,3332
8	19,3612	14,2903	23,8792	7,2087	4,518	7,0816
7	19,3612	14,2903	23,6592	7,4591	4,298	6,8312
6	19,3612	14,2903	23,4637	7,6917	4,1025	6,5986
5	19,3612	14,2903	23,2937	7,8915	3,9325	6,3988
4	19,3612	14,2903	23,1522	8,0435	3,791	6,2468
3	19,3531	14,4788	23,0751	8,1049	3,722	6,3739
2	19,3612	14,2903	25,4186	7,9034	6,0574	6,3869
1	19,3612	14,2903	23,8723	9,1425	4,5111	5,1478

5.4 Base Shear

5.4.1 Pengecekan Nilai *Base Shear* Trial 1

Berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 7.9.1.4.1 tentang penskalaan gaya disebutkan bahwa apabila kombinasi respons untuk gaya geser dasar kurang dari 100% dari gaya geser yang dihitung melalui metode ekuivalen statik, maka kombinasi respons tersebut diharuskan untuk diskalakan dengan V/V_t . Gaya geser dasar (*base shear*) yang dihasilkan pada analisis statik ekuivalen (V) dan analisis kombinasi respons (V_t) dapat dilihat pada Tabel sebagai berikut.

Tabel 5.19 Kontrol parameter respons ragam struktur tanpa dinding geser trial 1

Trial 1	Arah Gaya	Vs	100% Vs	Vd	Kontrol Vd = Vs	Skala baru Vs / Vd
	X	38509,3	38509,3	30381,3	Not Ok	1,26753
	Y	38509,3	38509,3	28913,9	Not Ok	1,33186

Tabel 5.20 Kontrol parameter respons ragam struktur dinding geser model 1 trial 1

Trial 1	Arah Gaya	Vs	100% Vs	Vd	Kontrol Vd = Vs	Skala baru Vs / Vd
	X	39833,7	39833,7	34993,6	Not Ok	1,13831
	Y	39833,7	39833,7	35145,7	Not Ok	1,13339

Tabel 5.21 Kontrol parameter respons ragam struktur dinding geser model 2 trial 1

Trial 1	Arah Gaya	Vs	100% Vs	Vd	Kontrol Vd = Vs	Skala baru Vs / Vd
	X	39192,51	39192,51	38927,26	Not Ok	1,006814
	Y	39192,51	39192,51	34411,85	Not Ok	1,138925

**Tabel 5.22 Kontrol parameter respons ragam struktur dinding geser model
3 trial 1**

Trial 1	Arah Gaya	Vs	100% Vs	Vd	Kontrol Vd = Vs	Skala baru Vs / Vd
	X	40103,4	40103,4	42867,2	Not Ok	0,93553
	Y	40103,4	40103,4	36422,6	Not Ok	1,10106

**Tabel 5.23 Kontrol parameter respons ragam struktur dinding geser model
4 trial 1**

Trial 1	Arah Gaya	Vs	100% Vs	Vd	Kontrol Vd = Vs	Skala baru Vs / Vd
	X	38791,9	38791,9	40960,3	Not Ok	0,94706
	Y	38791,9	38791,9	36816,8	Not Ok	1,05365

**Tabel 5.24 Kontrol parameter respons ragam struktur dinding geser model
5**

Trial 1	Arah Gaya	Vs	100% Vs	Vd	Kontrol Vd = Vs	Skala baru Vs / Vd
	X	40175,31	40175,31	44328,16	Not Ok	0,906316
	Y	40175,31	40175,31	48129,01	Not Ok	0,834742

5.4.2 Pengecekan Nilai *Base Shear* Trial 2

Berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 7.9.1.4.1 tentang penskalaan gaya, disebutkan bahwa apabila kombinasi respons untuk gaya geser dasar kurang dari 100% dari gaya geser yang dihitung melalui metode ekuivalen statik maka kombinasi respons tersebut diharuskan untuk diskalakan dengan V/V_t . Gaya geser dasar (*base shear*) yang dihasilkan pada analisis statik ekuivalen (V) dan analisis kombinasi respons (V_t) dapat dilihat pada Tabel sebagai berikut.

**Tabel 5.25 Kontrol parameter respons ragam struktur tanpa dinding geser
trial 2**

Trial 2	Arah Gaya	Vs	100% Vs	Vd	Kontrol Vd = Vs	Skala baru Vs / Vd
	X	38509,3	38509,3	38509	Ok	-
	Y	38509,3	38509,3	38509	Ok	-

Tabel 5.26 Kontrol parameter respons ragam struktur tanpa dinding geser model 1 trial 2

Trial 2	Arah Gaya	Vs	100% Vs	Vd	Kontrol Vd = Vs	Skala baru Vs / Vd
	X	39833,7	39833,7	39833	Ok	-
	Y	39833,7	39833,7	39833	Ok	-

Tabel 5.27 Kontrol parameter respons ragam struktur dinding geser model 2 trial 2

Trial 2	Arah Gaya	Vs	100% Vs	Vd	Kontrol Vd = Vs	Skala baru Vs / Vd
	X	39192,51	39192,51	39191,76	Ok	-
	Y	39192,51	39192,51	39192,05	Ok	-

Tabel 5.28 Kontrol parameter respons ragam struktur dinding geser model3 trial 2

Trial 2	Arah Gaya	Vs	100% Vs	Vd	Kontrol Vd = Vs	Skala baru Vs / Vd
	X	40103,4	40103,4	40103	Ok	-
	Y	40103,4	40103,4	40103	Ok	-

Tabel 5.29 Kontrol parameter respons ragam struktur dinding geser model 4 trial 2

Trial 2	Arah Gaya	Vs	100% Vs	Vd	Kontrol Vd = Vs	Skala baru Vs / Vd
	X	38791,9	38791,9	38791	Ok	-
	Y	38791,9	38791,9	38791	Ok	-

Tabel 5.30 Kontrol parameter respons ragam struktur dinding geser model 5 trial 2

Trial 2	Arah Gaya	Vs	100% Vs	Vd	Kontrol Vd = Vs	Skala baru Vs / Vd
	X	40175,31	40175,31	40175	Ok	-
	Y	40175,31	40175,31	40175	Ok	-

5.5 Cek Ketidakberaturan Struktur

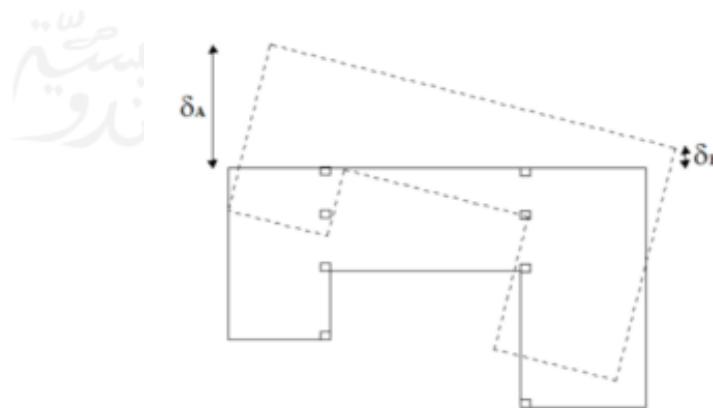
Struktur bangunan yang harus diklasifikasikan sebagai beraturan atau ketidakberaturan berdasarkan pada karakteristik dalam SNI 1726:2019 Pasal 7.3.2.1. Karakteristik tersebut harus berdasarkan pada penerapan-penerapan yang telah ditentukan.

5.5.1 Ketidakberaturan Horizontal

1. Ketidakberaturan torsi

Ketidakberaturan torsi didefinisikan ada jika simpangan antar tingkat maksimum, yang dihitung termasuk torsi tak terduga dengan $A_x = 1,0$, di salah satu ujung struktur terhadap suatu sumbu adalah lebih dari 1,2 kali simpangan antar tingkat rata – rata. Sedangkan, pada ketidakberaturan torsi berlebihan diartikan jika simpangan antar tingkat maksimum yang berada pada salah satu ujung struktur adalah lebih dari 1,4 kali simpangan antar tingkat rata-rata di kedua ujung struktur. Pengaruh torsi pada struktur bangunan dibagi dalam klasifikasi torsi 1a dan 1b, dengan klasifikasi sebagai berikut.

- | | |
|--|--------------------------------|
| a. $\delta_{\max} < 1,2 \delta_{\text{avg}}$ | → Tanpa ketidakberaturan Torsi |
| b. $1,2 \delta_{\text{avg}} \leq \delta_{\max} \leq 1,4 \delta_{\text{avg}}$ | → Ketidakberaturan Torsi 1a |
| c. $\delta_{\max} > 1,4 \delta_{\text{avg}}$ | → Ketidakberaturan Torsi 1b |



Gambar 5.11 Ketidakberaturan torsi

Rekapitulasi hasil cek ketidakberaturan torsi dapat dilihat pada Tabel 5.25 sampai Tabel 5.36.



Tabel 5.31 Cek ketidakberaturan torsi arah x struktur model tanpa dinding geser

Story	Elevasi	δ_{max} (m)	δ_{min} (m)	$(\delta_{max} i-1)$	$(\delta_{mini}-1)$	δ_{avg} (m)	$1,2\delta_{avg}$ (m)	$1,4\delta_{avg}$ (m)	Kontrol
15	45	0,301	0,301	0,008	0,008	0,008	0,009	0,011	Tidak Terpenuhi
14	42	0,293	0,293	0,009	0,009	0,009	0,011	0,013	Tidak Terpenuhi
13	39	0,284	0,284	0,012	0,012	0,012	0,014	0,016	Tidak Terpenuhi
12	36	0,273	0,273	0,014	0,014	0,014	0,017	0,020	Tidak Terpenuhi
11	33	0,259	0,259	0,017	0,017	0,017	0,020	0,024	Tidak Terpenuhi
10	30	0,242	0,242	0,019	0,019	0,019	0,023	0,027	Tidak Terpenuhi
9	27	0,223	0,223	0,021	0,021	0,021	0,026	0,030	Tidak Terpenuhi
8	24	0,201	0,201	0,024	0,024	0,024	0,028	0,033	Tidak Terpenuhi
7	21	0,178	0,178	0,026	0,026	0,026	0,031	0,036	Tidak Terpenuhi
6	18	0,152	0,152	0,027	0,027	0,027	0,033	0,038	Tidak Terpenuhi
5	15	0,125	0,125	0,029	0,029	0,029	0,035	0,041	Tidak Terpenuhi
4	12	0,096	0,096	0,030	0,030	0,030	0,036	0,042	Tidak Terpenuhi

Tabel 5.31 Cek ketidakberaturan torsi arah x struktur model tanpa dinding geser (Lanjutan)

Story	Elevasi	δ_{max} (m)	δ_{min} (m)	$(\delta_{max} i-1)$	$(\delta_{mini}-1)$	δ_{avg} (m)	$1,2\delta_{avg}$ (m)	$1,4\delta_{avg}$ (m)	Kontrol
3	9	0,066	0,066	0,029	0,029	0,029	0,035	0,041	Tidak Terpenuhi
2	6	0,037	0,037	0,025	0,025	0,025	0,030	0,035	Tidak Terpenuhi
1	3	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,015	0,017	Tidak Terpenuhi
base	0	0	0	0	0	0	0	0	Tidak Terpenuhi

Tabel 5.32 Cek ketidakberaturan torsi arah y struktur model tanpa dinding geser

Story	Elevasi	δ_{max} (m)	δ_{min} (m)	$(\delta_{max} i-1)$	$(\delta_{mini}-1)$	δ_{avg} (m)	$1,2\delta_{avg}$ (m)	$1,4\delta_{avg}$ (m)	Kontrol
15	45	0,496	0,496	0,014	0,014	0,014	0,017	0,019	Tidak Terpenuhi
14	42	0,482	0,482	0,017	0,017	0,017	0,020	0,023	Tidak Terpenuhi
13	39	0,465	0,465	0,021	0,021	0,021	0,025	0,029	Tidak Terpenuhi
12	36	0,444	0,444	0,025	0,025	0,025	0,030	0,035	Tidak Terpenuhi
11	33	0,420	0,420	0,029	0,029	0,029	0,034	0,040	Tidak Terpenuhi
10	30	0,391	0,391	0,032	0,032	0,032	0,038	0,045	Tidak Terpenuhi
9	27	0,359	0,359	0,035	0,035	0,035	0,042	0,049	Tidak Terpenuhi
8	24	0,324	0,324	0,038	0,038	0,038	0,045	0,053	Tidak Terpenuhi

Tabel 5.32 Cek ketidakberaturan torsi arah y struktur model tanpa dinding geser (Lanjutan)

Story	Elevasi	$\delta_{\max}$ (m)	$\delta_{\min}$ (m)	$(\delta_{\max i-1})$	$(\delta_{\min i-1})$	δ_{avg} (m)	$1,2\delta_{\text{avg}}$ (m)	$1,4\delta_{\text{avg}}$ (m)	Kontrol
7	21	0,287	0,287	0,040	0,040	0,040	0,048	0,056	Tidak Terpenuhi
6	18	0,247	0,247	0,043	0,043	0,043	0,051	0,060	Tidak Terpenuhi
5	15	0,204	0,204	0,045	0,045	0,045	0,054	0,063	Tidak Terpenuhi
4	12	0,159	0,159	0,047	0,047	0,047	0,056	0,065	Tidak Terpenuhi
3	9	0,112	0,112	0,047	0,047	0,047	0,056	0,065	Tidak Terpenuhi
2	6	0,065	0,065	0,042	0,042	0,042	0,051	0,059	Tidak Terpenuhi
1	3	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,028	0,032	Tidak Terpenuhi
base	0	0	0	0	0	0	0	0	Tidak Terpenuhi

Tabel 5.33 Cek ketidakberaturan torsi arah x struktur dinding geser model 1

Story	Elevasi	$\delta_{\max}$ (m)	$\delta_{\min}$ (m)	$(\delta_{\max i-1})$	$(\delta_{\min i-1})$	δ_{avg} (m)	$1,2\delta_{\text{avg}}$ (m)	$1,4\delta_{\text{avg}}$ (m)	Kontrol
15	45	0,119	0,119	0,005	0,005	0,005	0,006	0,008	Tidak Terpenuhi
14	42	0,114	0,114	0,006	0,006	0,006	0,007	0,008	Tidak Terpenuhi
13	39	0,108	0,108	0,007	0,007	0,007	0,008	0,009	Tidak Terpenuhi

Tabel 5.34 Cek ketidakberaturan torsi arah y struktur dinding geser model 1

Story	Elevasi	$\delta_{\max}$ (m)	$\delta_{\min}$ (m)	$(\delta_{\max i-1})$	$(\delta_{\min i-1})$	δ_{avg} (m)	$1,2\delta_{\text{avg}}$ (m)	$1,4\delta_{\text{avg}}$ (m)	Kontrol
15	45	0,217	0,217	0,012	0,012	0,012	0,014	0,016	Tidak Terpenuhi
14	42	0,205	0,205	0,012	0,012	0,012	0,015	0,017	Tidak Terpenuhi
13	39	0,192	0,192	0,014	0,014	0,014	0,016	0,019	Tidak Terpenuhi
12	36	0,179	0,179	0,014	0,014	0,014	0,017	0,020	Tidak Terpenuhi
11	33	0,165	0,165	0,015	0,015	0,015	0,018	0,021	Tidak Terpenuhi
10	30	0,149	0,149	0,016	0,016	0,016	0,019	0,022	Tidak Terpenuhi
9	27	0,133	0,133	0,016	0,016	0,016	0,020	0,023	Tidak Terpenuhi
8	24	0,117	0,117	0,017	0,017	0,017	0,020	0,023	Tidak Terpenuhi
7	21	0,100	0,100	0,017	0,017	0,017	0,020	0,024	Tidak Terpenuhi
6	18	0,084	0,084	0,017	0,017	0,017	0,020	0,023	Tidak Terpenuhi

Tabel 5.34 Cek ketidakberaturan torsi arah y struktur dinding geser model 1 (Lanjutan)

[illegible]

Tabel 5.35 Cek ketidakberaturan torsi arah x struktur dinding geser model 2

<i>Story</i>	Elevasi	$\delta_{\max}$ (m)	$\delta_{\min}$ (m)	$(\delta_{\max i-1})$	$(\delta_{\min i-1})$	δ_{avg} (m)	$1,2\delta_{\text{avg}}$ (m)	$1,4\delta_{\text{avg}}$ (m)	Kontrol
15	45	0,241	0,241	0,005	0,005	0,005	0,006	0,008	Tidak Terpenuhi
14	42	0,236	0,236	0,007	0,007	0,007	0,008	0,009	Tidak Terpenuhi
13	39	0,229	0,229	0,009	0,009	0,009	0,011	0,012	Tidak Terpenuhi
12	36	0,220	0,220	0,011	0,011	0,011	0,013	0,015	Tidak Terpenuhi
11	33	0,209	0,209	0,013	0,013	0,013	0,016	0,018	Tidak Terpenuhi
10	30	0,196	0,196	0,015	0,015	0,015	0,018	0,021	Tidak Terpenuhi
9	27	0,181	0,181	0,017	0,017	0,017	0,021	0,024	Tidak Terpenuhi
8	24	0,163	0,163	0,019	0,019	0,019	0,023	0,026	Tidak Terpenuhi
7	21	0,145	0,145	0,021	0,021	0,021	0,025	0,029	Tidak Terpenuhi
6	18	0,124	0,124	0,022	0,022	0,022	0,027	0,031	Tidak Terpenuhi

Tabel 5.36 Cek ketidakberaturan torsi arah y struktur dinding geser model 2

Story	Elevasi	$\delta_{\max}$ (m)	$\delta_{\min}$ (m)	$(\delta_{\max} i-1)$	$(\delta_{\min i-1})$	δ_{avg} (m)	$1,2\delta_{\text{avg}}$ (m)	$1,4\delta_{\text{avg}}$ (m)	Kontrol
15	45	0,132	0,132	0,010	0,010	0,010	0,012	0,014	Tidak Terpenuhi
14	42	0,123	0,123	0,010	0,010	0,010	0,012	0,014	Tidak Terpenuhi
13	39	0,113	0,113	0,010	0,010	0,010	0,012	0,014	Tidak Terpenuhi
12	36	0,102	0,102	0,010	0,010	0,010	0,012	0,015	Tidak Terpenuhi
11	33	0,092	0,092	0,011	0,011	0,011	0,013	0,015	Tidak Terpenuhi
10	30	0,081	0,081	0,011	0,011	0,011	0,013	0,015	Tidak Terpenuhi
9	27	0,071	0,071	0,011	0,011	0,011	0,013	0,015	Tidak Terpenuhi
8	24	0,060	0,060	0,010	0,010	0,010	0,012	0,015	Tidak Terpenuhi
7	21	0,050	0,050	0,010	0,010	0,010	0,012	0,014	Tidak Terpenuhi

Tabel 5.37 Cek ketidakberaturan torsi arah x struktur dinding geser model 3

Story	Elevasi	$\delta_{\max}$ (m)	$\delta_{\min}$ (m)	$(\delta_{\max i-1})$	$(\delta_{\min i-1})$	δ_{avg} (m)	$1,2\delta_{\text{avg}}$ (m)	$1,4\delta_{\text{avg}}$ (m)	Kontrol
15	45	0,112	0,112	0,005	0,005	0,005	0,006	0,007	Tidak Terpenuhi
14	42	0,106	0,106	0,006	0,006	0,006	0,007	0,008	Tidak Terpenuhi
13	39	0,101	0,101	0,006	0,006	0,006	0,008	0,009	Tidak Terpenuhi
12	36	0,094	0,094	0,007	0,007	0,007	0,008	0,010	Tidak Terpenuhi
11	33	0,087	0,087	0,008	0,008	0,008	0,009	0,011	Tidak Terpenuhi
10	30	0,080	0,080	0,008	0,008	0,008	0,009	0,011	Tidak Terpenuhi
9	27	0,072	0,072	0,008	0,008	0,008	0,010	0,012	Tidak Terpenuhi
8	24	0,064	0,064	0,009	0,009	0,009	0,010	0,012	Tidak Terpenuhi
7	21	0,055	0,055	0,009	0,009	0,009	0,011	0,012	Tidak Terpenuhi

Tabel 5.38 Cek ketidakberaturan torsi arah y struktur dinding geser model 3

Story	Elevasi	$\delta_{\max}$ (m)	$\delta_{\min}$ (m)	$(\delta_{\max i-1})$	$(\delta_{\min i-1})$	δ_{avg} (m)	$1,2\delta_{\text{avg}}$ (m)	$1,4\delta_{\text{avg}}$ (m)	Kontrol
15	45	0,147	0,147	0,007	0,007	0,007	0,009	0,010	Tidak Terpenuhi
14	42	0,140	0,140	0,008	0,008	0,008	0,009	0,011	Tidak Terpenuhi
13	39	0,132	0,132	0,009	0,009	0,009	0,010	0,012	Tidak Terpenuhi
12	36	0,123	0,123	0,009	0,009	0,009	0,011	0,013	Tidak Terpenuhi
11	33	0,114	0,114	0,010	0,010	0,010	0,012	0,014	Tidak Terpenuhi
10	30	0,104	0,104	0,011	0,011	0,011	0,013	0,015	Tidak Terpenuhi
9	27	0,093	0,093	0,011	0,011	0,011	0,013	0,015	Tidak Terpenuhi
8	24	0,082	0,082	0,011	0,011	0,011	0,013	0,016	Tidak Terpenuhi
7	21	0,071	0,071	0,011	0,011	0,011	0,014	0,016	Tidak Terpenuhi

Tabel 5.39 Cek ketidakberaturan torsi arah x struktur dinding geser model 4

Story	Elevasi	$\delta_{\max}$ (m)	$\delta_{\min}$ (m)	$(\delta_{\max} i-1)$	$(\delta_{\min i-1})$	δ_{avg} (m)	$1,2\delta_{\text{avg}}$ (m)	$1,4\delta_{\text{avg}}$ (m)	Kontrol
15	45	0,081	0,081	0,004	0,004	0,004	0,005	0,006	Tidak Terpenuhi
14	42	0,077	0,077	0,005	0,005	0,005	0,006	0,006	Tidak Terpenuhi
13	39	0,072	0,072	0,005	0,005	0,005	0,006	0,007	Tidak Terpenuhi
12	36	0,067	0,067	0,005	0,005	0,005	0,006	0,007	Tidak Terpenuhi
11	33	0,062	0,062	0,006	0,006	0,006	0,007	0,008	Tidak Terpenuhi
10	30	0,056	0,056	0,006	0,006	0,006	0,007	0,008	Tidak Terpenuhi
9	27	0,051	0,051	0,006	0,006	0,006	0,007	0,008	Tidak Terpenuhi
8	24	0,045	0,045	0,006	0,006	0,006	0,007	0,009	Tidak Terpenuhi
7	21	0,039	0,039	0,006	0,006	0,006	0,007	0,009	Tidak Terpenuhi

Tabel 5.40 Cek ketidakberaturan torsi arah y struktur dinding geser model 4

Story	Elevasi	$\delta_{\max}$ (m)	$\delta_{\min}$ (m)	$(\delta_{\max} i-1)$	$(\delta_{\min i-1})$	δ_{avg} (m)	$1,2\delta_{\text{avg}}$ (m)	$1,4\delta_{\text{avg}}$ (m)	Kontrol
15	45	0,138	0,138	0,005	0,005	0,005	0,006	0,007	Tidak Terpenuhi
14	42	0,133	0,133	0,006	0,006	0,006	0,007	0,008	Tidak Terpenuhi
13	39	0,127	0,127	0,007	0,007	0,007	0,008	0,010	Tidak Terpenuhi
12	36	0,121	0,121	0,008	0,008	0,008	0,009	0,011	Tidak Terpenuhi
11	33	0,113	0,113	0,009	0,009	0,009	0,010	0,012	Tidak Terpenuhi
10	30	0,104	0,104	0,009	0,009	0,009	0,011	0,013	Tidak Terpenuhi
9	27	0,095	0,095	0,010	0,010	0,010	0,012	0,014	Tidak Terpenuhi
8	24	0,085	0,085	0,011	0,011	0,011	0,013	0,015	Tidak Terpenuhi
7	21	0,075	0,075	0,011	0,011	0,011	0,013	0,016	Tidak Terpenuhi

Tabel 5.41 Cek ketidakberaturan torsi arah x struktur dinding geser model 5

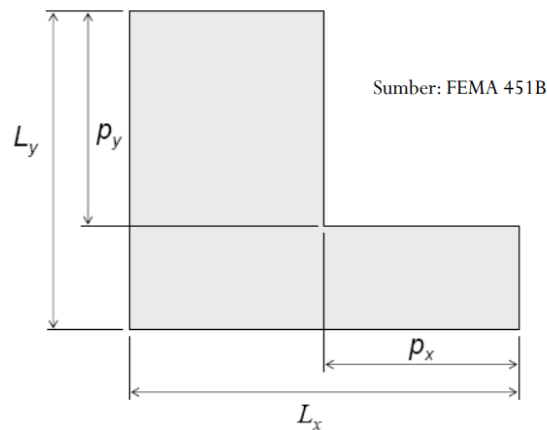
Story	Elevasi	$\delta_{\max}$ (m)	$\delta_{\min}$ (m)	$(\delta_{\max} - \delta_{\min})$	$(\delta_{\max} - \delta_{\min})$	δ_{avg} (m)	$1,2\delta_{\text{avg}}$ (m)	$1,4\delta_{\text{avg}}$ (m)	Kontrol
15	45	0,086	0,086	0,004	0,004	0,004	0,005	0,006	Tidak Terpenuhi
14	42	0,082	0,082	0,004	0,004	0,004	0,005	0,006	Tidak Terpenuhi
13	39	0,078	0,078	0,005	0,005	0,005	0,006	0,007	Tidak Terpenuhi
12	36	0,073	0,073	0,005	0,005	0,005	0,006	0,007	Tidak Terpenuhi
11	33	0,068	0,068	0,006	0,006	0,006	0,007	0,008	Tidak Terpenuhi
10	30	0,062	0,062	0,006	0,006	0,006	0,007	0,009	Tidak Terpenuhi
9	27	0,056	0,056	0,007	0,007	0,007	0,008	0,009	Tidak Terpenuhi
8	24	0,049	0,049	0,007	0,007	0,007	0,008	0,009	Tidak Terpenuhi
7	21	0,043	0,043	0,007	0,007	0,007	0,008	0,010	Tidak Terpenuhi

Tabel 5.42 Cek ketidakberaturan torsi arah y struktur dinding geser model 5

Story	Elevasi	$\delta_{\max}$ (m)	$\delta_{\min}$ (m)	$(\delta_{\max} i-1)$	$(\delta_{\min i-1})$	δ_{avg} (m)	$1,2\delta_{\text{avg}}$ (m)	$1,4\delta_{\text{avg}}$ (m)	Kontrol
15	45	0,087	0,087	0,005	0,005	0,005	0,006	0,007	Tidak Terpenuhi
14	42	0,082	0,082	0,005	0,005	0,005	0,006	0,008	Tidak Terpenuhi
13	39	0,077	0,077	0,006	0,006	0,006	0,007	0,008	Tidak Terpenuhi
12	36	0,071	0,071	0,006	0,006	0,006	0,007	0,009	Tidak Terpenuhi
11	33	0,065	0,065	0,006	0,006	0,006	0,008	0,009	Tidak Terpenuhi
10	30	0,059	0,059	0,007	0,007	0,007	0,008	0,009	Tidak Terpenuhi
9	27	0,052	0,052	0,007	0,007	0,007	0,008	0,009	Tidak Terpenuhi
8	24	0,045	0,045	0,007	0,007	0,007	0,008	0,010	Tidak Terpenuhi
7	21	0,038	0,038	0,007	0,007	0,007	0,008	0,009	Tidak Terpenuhi

2. Ketidakberaturan sudut dalam

Ketidakberaturan sudut dalam diartikan jika kedua dimensi dari proyek denah perencanaan gedung dari lokasi sudut dalam lebih besar dari 15% dimensi denah struktur terhadap arah tinjauan.



Gambar 5.12 Ketidakberaturan sudut dalam

Sumber: FEMA 451B

Ketidakberaturan sudut dalam dapat dikatakan ada bila $P_y > 0,15L_y$ dan $P_x > 0,15L_x$. Berdasarkan Tabel 4.1, didapatkan bahwa bentang panjang arah X (L_x) sebesar 44 meter, sedangkan bentang pendek pada arah X (P_x) sebesar 18 meter. Panjang pada bentang arah Y (L_y) sebesar 38 meter dan pada bentang pendek arah Y (P_y) sebesar 23 meter, sehingga ketidakberaturan sudut dalam dapat diketahui dengan persamaan 3.21 adalah sebagai berikut.

a. $P_x > 0,15 \times 44$

$$18 > 6,6$$

b. $P_y > 0,15 \times 38$

$$23 > 5,7$$

Dari hasil perhitungan di atas didapatkan nilai kedua proyeksi denah sudut dalam arah x maupun arah y lebih besar dari 15% sehingga dapat disimpulkan bahwa struktur memiliki ketidakberaturan sudut dalam.

3. Ketidakberaturan diskontinuitas diafragma

Ketidakberaturan diskontinuitas diafragma diartikan jika terdapat suatu tingkat yang memiliki diskontinuitas atau daerah yang terbuka lebih besar dari 50% daerah bruto yang tertutup. Berikut dicontohkan perhitungan diskontinuitas diafragma pada lantai 1. Menurut Gambar 4.1 didapatkan luas bukaan total sebesar 102000000 mm² dan luas bruto sebesar 1282000000 mm². Bangunan dinyatakan sebagai ketidakberaturan diskontinuitas diafragma jika memiliki luas bukaan melebihi batas 50% jika dibandingkan dengan luas total bruto. Berdasarkan perhitungan dilakukan kontrol terhadap ketidakberaturan diskontinuitas diafragma pada luas bukaan total harus lebih kecil dari 50% luas total sebagai berikut.

$$\frac{\text{Luas Bukaan Total}}{\text{Luas Bukaan bruto}} \times 100\% < 50\%$$

$$\frac{102000000}{1282000000} \times 100\% < 50\%$$

$$7,96\% < 50\%$$

Berdasarkan hasil kontrol di atas didapatkan rasio luas bukaan total terhadap luas bruto sebesar 7,96% sehingga dapat dinyatakan pada lantai 1 tidak terjadi ketidakberaturan diskontinuitas diafragma. Rekapitulasi perhitungan ketidakberaturan diskontinuitas diafragma dapat dilihat pada Tabel 5.31 berikut.

Tabel 5.43 Rekapitulasi pengecekan ketidakberaturan diskontinuitas diafragma

Lantai	A _{bruto} (mm ²)	A _{bukaan} (mm ²)	Rasio Bukaan	Kontrol
15	1282000000	0	0,00%	Tidak Ada
14	1282000000	102000000	7,96%	Tidak Ada
13	1282000000	102000000	7,96%	Tidak Ada
12	1282000000	102000000	7,96%	Tidak Ada
11	1282000000	102000000	7,96%	Tidak Ada
10	1282000000	102000000	7,96%	Tidak Ada
9	1282000000	102000000	7,96%	Tidak Ada

Tabel 5.43 Rekapitulasi pengecekan ketidakberaturan diskontinuitas diafragma (Lanjutan)

Lantai	A_{bruto} (mm²)	A_{bukaan} (mm²)	Rasio Bukaan	Kontrol
8	1282000000	102000000	7,96%	Tidak Ada
7	1282000000	102000000	7,96%	Tidak Ada
6	1282000000	102000000	7,96%	Tidak Ada
5	1282000000	102000000	7,96%	Tidak Ada
4	1282000000	102000000	7,96%	Tidak Ada
3	1282000000	102000000	7,96%	Tidak Ada
2	1282000000	102000000	7,96%	Tidak Ada
1	1282000000	102000000	7,96%	Tidak Ada

5.5.2 Ketidakberaturan Vertikal

1. Ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak

Ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak terjadi jika terdapat suatu tingkat yang kekakuan lateralnya kurang dari 70% kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 80% kekakuan rata-rata tingkat di atasnya. Ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak berlebihan terjadi jika terdapat suatu tingkat yang kekakuan lateralnya kurang dari 60% kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 70% kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya. Nilai persentase ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 5.44 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Struktur Tanpa Dinding Geser Arah X

Story	Stiffness X-Direction	K_i	check	$K_{mi} = \text{avg}(K_{i-1,i-2,i-3})$	K_i	check
		K_{i+1}			K_{mi}	
		0,7			0,8	
15	10736,06	-	-			
14	29559,95	2,75	Regular			
13	47819,01	1,62	Regular			
12	66047,75	1,38	Regular	29371,67	2,25	Regular
11	84890,45	1,29	Regular	47808,90	1,78	Regular
10	105105,06	1,24	Regular	66252,40	1,59	Regular
9	127667,97	1,21	Regular	85347,75	1,50	Regular
8	153915,12	1,21	Regular	105887,82	1,45	Regular
7	186306,70	1,21	Regular	128896,05	1,45	Regular

Tabel 5.44 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Struktur Tanpa Dinding Geser Arah X (Lanjutan)

Story	Stiffness X-Direction	K_i	check	$K_{mi} = \text{avg}(K_{i-1,i-2,i-3})$	K_i	check
		K_{i+1}			K_{mi}	
		0,7			0,8	
6	229075,69	1,23	Regular	155963,26	1,47	Regular
5	290029,41	1,27	Regular	189765,84	1,53	Regular
4	388182,88	1,34	Regular	235137,27	1,65	Regular
3	574177,97	1,48	Regular	302429,33	1,90	Regular
2	1036542,11	1,81	Regular	417463,42	2,48	Regular
1	3156500,49	3,05	Regular	666300,99	4,74	Regular

Tabel 5.45 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Struktur Tanpa Dinding Geser Arah Y

Story	Stiffness Y-Direction	K_i	check	$K_{mi} = \text{avg}(K_{i-1,i-2,i-3})$	K_i	check
		K_{i+1}			K_{mi}	
		0,7			0,8	
15	6514,38	-	-			
14	17993,54	2,76	Regular			
13	29227,87	1,62	Regular			
12	40559,02	1,39	Regular	17911,93	2,26	Regular
11	52350,80	1,29	Regular	29260,14	1,79	Regular
10	65025,35	1,24	Regular	40712,56	1,60	Regular
9	79174,76	1,22	Regular	52645,06	1,50	Regular
8	95585,90	1,21	Regular	65516,97	1,46	Regular

Tabel 5.45 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Struktur Tanpa Dinding Geser Arah Y (Lanjutan)

Story	Stiffness Y-Direction	K_i	check	$K_{mi} = \text{avg}(K_{i-1,i-2,i-3})$	K_i	check
		K_{i+1}			K_{mi}	
		0,7			0,8	
7	115605,03	1,21	Regular	79928,67	1,45	Regular
6	141534,39	1,22	Regular	96788,56	1,46	Regular
5	177975,83	1,26	Regular	117575,11	1,51	Regular
4	234965,67	1,32	Regular	145038,42	1,62	Regular
3	339170,37	1,44	Regular	184825,30	1,84	Regular
2	588221,75	1,73	Regular	250703,96	2,35	Regular
1	1674317,65	2,85	Regular	387452,60	4,32	Regular

Tabel 5.46 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Struktur Dinding Geser Model 1 Arah X

Story	Stiffness X-Direction	K_i	check	$K_{mi} = \text{avg}(K_{i-1,i-2,i-3})$	K_i	check
		K_{i+1}			K_{mi}	
		0,7			0,8	
15	27813,00	-	-			
14	78473,62	2,82	Regular			
13	129889,11	1,66	Regular			
12	183452,71	1,41	Regular	78725,24	2,33	Regular
11	240717,43	1,31	Regular	130605,15	1,84	Regular
10	304344,71	1,26	Regular	184686,42	1,65	Regular
9	377250,35	1,24	Regular	242838,29	1,55	Regular
8	464693,59	1,23	Regular	307437,50	1,51	Regular

Tabel 5.46 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Struktur Dinding Geser Model 1 Arah X (Lanjutan)

Story	Stiffness X-Direction	K_i	check	$K_{mi} = \text{avg}(K_{i-1, i-2, i-3})$	K_i	check
		K_{i+1}			K_{mi}	
		0,7			0,8	
7	574797,25	1,24	Regular	382096,22	1,50	Regular
6	720485,60	1,25	Regular	472247,06	1,53	Regular
5	927490,47	1,29	Regular	586658,81	1,58	Regular
4	1252492,09	1,35	Regular	740924,44	1,69	Regular
3	1849940,76	1,48	Regular	966822,72	1,91	Regular
2	3233129,43	1,75	Regular	1343307,77	2,41	Regular
1	9210691,86	2,85	Regular	2111854,09	4,36	Regular

Tabel 5.47 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Struktur Dinding Geser Model 1 Arah Y

Story	Stiffness Y-Direction	$\frac{K_i}{K_{i+1}}$	check	$K_{mi} = \text{avg}(K_{i-1, i-2, i-3})$	$\frac{K_i}{K_{mi}}$	check
		0,7			0,8	
15	15274,67	-	-			
14	43490,02	2,85	Regular			
13	72640,69	1,67	Regular			
12	103570,29	1,43	Regular	43801,79	2,36	Regular
11	137260,15	1,33	Regular	73233,66	1,87	Regular
10	175222,59	1,28	Regular	104490,37	1,68	Regular
9	219331,60	1,25	Regular	138684,34	1,58	Regular
8	272461,37	1,24	Regular	177271,45	1,54	Regular

Tabel 5.47 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Struktur Dinding Geser Model 1 Arah Y (Lanjutan)

Story	Stiffness Y-Direction	$\frac{K_i}{K_{i+1}}$	check	$K_{mi} = \text{avg}(K_{i-1, i-2, i-3})$	$\frac{K_i}{K_{mi}}$	check
		0,7			0,8	
7	339835,26	1,25	Regular	222338,52	1,53	Regular
6	429702,79	1,26	Regular	277209,41	1,55	Regular
5	557326,11	1,30	Regular	347333,14	1,60	Regular
4	757435,93	1,36	Regular	442288,06	1,71	Regular
3	1118445,56	1,48	Regular	581488,28	1,92	Regular
2	1924106,29	1,72	Regular	811069,20	2,37	Regular
1	5211312,50	2,71	Regular	1266662,59	4,11	Regular

Tabel 5.48 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Struktur Dinding Geser Model 2 Arah X

Story	Stiffness X-Direction	K_i	check	$K_{mi} = \text{avg}(K_{i-1, i-2, i-3})$	K_i	check
		K_{i+1}			K_{mi}	
		0,7			0,8	
15	13630,90	-	-			
14	37466,16	2,75	Regular			
13	60481,22	1,61	Regular			
12	83371,91	1,38	Regular	37192,76	2,24	Regular
11	106932,31	1,28	Regular	60439,76	1,77	Regular
10	132147,39	1,24	Regular	83595,14	1,58	Regular
9	160304,13	1,21	Regular	107483,87	1,49	Regular
8	193069,67	1,20	Regular	133127,94	1,45	Regular

Tabel 5.48 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Struktur Dinding Geser Model 2 Arah X (Lanjutan)

Story	Stiffness X-Direction	K_i	check	$K_{mi} = \text{avg}(K_{i-1, i-2, i-3})$	K_i	check
		K_{i+1}			K_{mi}	
		0,7			0,8	
7	233434,96	1,21	Regular	161840,40	1,44	Regular
6	286807,49	1,23	Regular	195602,92	1,47	Regular
5	363155,50	1,27	Regular	237770,71	1,53	Regular
4	486237,79	1,34	Regular	294465,98	1,65	Regular
3	720642,46	1,48	Regular	378733,59	1,90	Regular
2	1305433,21	1,81	Regular	523345,25	2,49	Regular
1	4040464,85	3,10	Regular	837437,82	4,82	Regular

Tabel 5.49 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Struktur Dinding Geser Model 2 Arah Y

Story	Stiffness Y-Direction	$\frac{K_i}{K_{i+1}}$	check	$K_{mi} = \text{avg}(K_{i-1,i-2,i-3})$	$\frac{K_i}{K_{mi}}$	check
		0,7			0,8	
15	24801,23	-	-			
14	71968,03	2,90	Regular			
13	122896,11	1,71	Regular			
12	179119,35	1,46	Regular	73221,79	2,45	Regular
11	242922,30	1,36	Regular	124661,16	1,95	Regular
10	317868,05	1,31	Regular	181645,92	1,75	Regular
9	409263,03	1,29	Regular	246636,57	1,66	Regular
8	524046,25	1,28	Regular	323351,13	1,62	Regular

Tabel 5.49 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Struktur Dinding Geser Model 2 Arah Y (Lanjutan)

Story	Stiffness Y-Direction	$\frac{K_i}{K_{i+1}}$	check	$K_{mi} = \text{avg}(K_{i-1, i-2, i-3})$	$\frac{K_i}{K_{mi}}$	check
		0,7			0,8	
7	677336,39	1,29	Regular	417059,11	1,62	Regular
6	892129,82	1,32	Regular	536881,89	1,66	Regular
5	1217709,54	1,36	Regular	697837,49	1,74	Regular
4	1747767,19	1,44	Regular	929058,58	1,88	Regular
3	2759031,14	1,58	Regular	1285868,85	2,15	Regular
2	5204327,07	1,89	Regular	1908169,29	2,73	Regular
1	15074041,92	2,90	Regular	3237041,80	4,66	Regular

Tabel 5.50 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Struktur Dinding Geser Model 3 Arah X

Story	Stiffness X-Direction	K_i	check	$K_{mi} = \text{avg}(K_{i-1,i-2,i-3})$	K_i	check
		K_{i+1}			K_{mi}	
		0,7			0,8	
15	30059,39	-	-			
14	84810,24	2,82	Regular			
13	140715,10	1,66	Regular			
12	199203,94	1,42	Regular	85194,91	2,34	Regular
11	262222,20	1,32	Regular	141576,43	1,85	Regular
10	332168,82	1,27	Regular	200713,75	1,65	Regular
9	412338,20	1,24	Regular	264531,65	1,56	Regular
8	508341,54	1,23	Regular	335576,41	1,51	Regular

Tabel 5.50 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Struktur Dinding Geser Model 3 Arah X (Lanjutan)

Story	Stiffness X-Direction	K_i	check	$K_{mi} = \text{avg}(K_{i-1, i-2, i-3})$	K_i	check
		K_{i+1}			K_{mi}	
		0,7			0,8	
7	627537,09	1,23	Regular	417616,19	1,50	Regular
6	786395,78	1,25	Regular	516072,28	1,52	Regular
5	1009460,67	1,28	Regular	640758,14	1,58	Regular
4	1356918,60	1,34	Regular	807797,85	1,68	Regular
3	1976206,55	1,46	Regular	1050925,02	1,88	Regular
2	3413644,96	1,73	Regular	1447528,61	2,36	Regular
1	9326382,79	2,73	Regular	2248923,37	4,15	Regular

Tabel 5.51 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Struktur Dinding Geser Model 3 Arah Y

Story	Stiffness Y-Direction	$\frac{K_i}{K_{i+1}}$	check	$K_{mi} = \text{avg}(K_{i-1, i-2, i-3})$	$\frac{K_i}{K_{mi}}$	check
		0,7			0,8	
15	22789,59	-	-			
14	64501,86	2,83	Regular			
13	107160,78	1,66	Regular			
12	152066,54	1,42	Regular	64817,41	2,35	Regular
11	200576,98	1,32	Regular	107909,73	1,86	Regular
10	254801,30	1,27	Regular	153268,10	1,66	Regular
9	316979,48	1,24	Regular	202481,61	1,57	Regular
8	391743,79	1,24	Regular	257452,59	1,52	Regular

Tabel 5.51 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Struktur Dinding Geser Model 3 Arah Y (Lanjutan)

Story	Stiffness Y-Direction	$\frac{K_i}{K_{i+1}}$	check	$K_{mi} = \text{avg}(K_{i-1, i-2, i-3})$	$\frac{K_i}{K_{mi}}$	check
		0,7			0,8	
7	484754,78	1,24	Regular	321174,85	1,51	Regular
6	606535,64	1,25	Regular	397826,01	1,52	Regular
5	780037,79	1,29	Regular	494344,73	1,58	Regular
4	1046034,29	1,34	Regular	623776,07	1,68	Regular
3	1514334,52	1,45	Regular	810869,24	1,87	Regular
2	2560233,72	1,69	Regular	1113468,87	2,30	Regular
1	6683907,67	2,61	Regular	1706867,51	3,92	Regular

Tabel 5.52 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Struktur Dinding Geser Model 4 Arah X

Story	Stiffness X-Direction	K_i	check	$K_{mi} = \text{avg}(K_{i-1,i-2,i-3})$	K_i	check
		K_{i+1}			K_{mi}	
		0.7			0.8	
15	30,059.39	-	-			
14	84,810.24	2.82	Regular			
13	140,715.10	1.66	Regular			
12	199,203.94	1.42	Regular	85194.91	2.34	Regular
11	262,222.20	1.32	Regular	141576.43	1.85	Regular
10	332,168.82	1.27	Regular	200713.75	1.65	Regular
9	412,338.20	1.24	Regular	264531.65	1.56	Regular
8	508,341.54	1.23	Regular	335576.41	1.51	Regular

Tabel 5.52 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Struktur Dinding Geser Model 4 Arah X (Lanjutan)

Story	Stiffness X-Direction	K_i	check	$K_{mi} = \text{avg}(K_{i-1, i-2, i-3})$	K_i	check
		K_{i+1}			K_{mi}	
		0.7			0.8	
7	627,537.09	1.23	Regular	417616.19	1.50	Regular
6	786,395.78	1.25	Regular	516072.28	1.52	Regular
5	1,009,460.67	1.28	Regular	640758.14	1.58	Regular
4	1,356,918.60	1.34	Regular	807797.85	1.68	Regular
3	1,976,206.55	1.46	Regular	1050925.02	1.88	Regular
2	3,413,644.96	1.73	Regular	1447528.61	2.36	Regular
1	9,326,382.79	2.73	Regular	2248923.37	4.15	Regular

Tabel 5.53 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Struktur Dinding Geser Model 4 Arah Y

Story	Stiffness Y-Direction	$\frac{K_i}{K_{i+1}}$	check	$K_{mi} = \text{avg}(K_{i-1,i-2,i-3})$	$\frac{K_i}{K_{mi}}$	check
		0.7			0.8	
15	22789.59	-	-			
14	64501.86	2.83	Regular			
13	107160.78	1.66	Regular			
12	152066.54	1.42	Regular	64817.41	2.35	Regular
11	200576.98	1.32	Regular	107909.73	1.86	Regular
10	254801.30	1.27	Regular	153268.10	1.66	Regular
9	316979.48	1.24	Regular	202481.61	1.57	Regular
8	391743.79	1.24	Regular	257452.59	1.52	Regular

Tabel 5.53 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Struktur Dinding Geser Model 4 Arah Y (Lanjutan)

Story	Stiffness Y-Direction	K_i	check	$K_{mi} = \text{avg}(K_{i-1, i-2, i-3})$	K_i	check
		K_{i+1}			K_{mi}	
		0.7			0.8	
7	484754.78	1.24	Regular	321174.85	1.51	Regular
6	606535.64	1.25	Regular	397826.01	1.52	Regular
5	780037.79	1.29	Regular	494344.73	1.58	Regular
4	1046034.29	1.34	Regular	623776.07	1.68	Regular
3	1514334.52	1.45	Regular	810869.24	1.87	Regular
2	2560233.72	1.69	Regular	1113468.87	2.30	Regular
1	6683907.67	2.61	Regular	1706867.51	3.92	Regular

Tabel 5.54 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Struktur Dinding Geser Model 5 Arah X

Story	Stiffness X-Direction	K_i	check	$K_{mi} = \text{avg}(K_{i-1, i-2, i-3})$	K_i	check
		K_{i+1}			K_{mi}	
		0.7			0.8	
15	747923.13	-	-			
14	1610981.04	2.15	Regular			
13	2201678.73	1.37	Regular			
12	2624196.89	1.19	Regular	1520194.30	1.73	Regular
11	2947759.85	1.12	Regular	2145618.89	1.37	Regular
10	3221524.20	1.09	Regular	2591211.82	1.24	Regular
9	3481167.26	1.08	Regular	2931160.31	1.19	Regular
8	3754392.87	1.08	Regular	3216817.10	1.17	Regular

Tabel 5.54 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Struktur Dinding Geser Model 5 Arah X (Lanjutan)

Story	Stiffness X-Direction	K_i	check	$K_{mi} = \text{avg}(K_{i-1, i-2, i-3})$	K_i	check
		K_{i+1}			K_{mi}	
		0.7			0.8	
7	4067838.36	1.08	Regular	3485694.77	1.17	Regular
6	4457227.01	1.10	Regular	3767799.49	1.18	Regular
5	4977116.66	1.12	Regular	4093152.75	1.22	Regular
4	5723991.26	1.15	Regular	4500727.34	1.27	Regular
3	6912663.75	1.21	Regular	5052778.31	1.37	Regular
2	9118689.68	1.32	Regular	5871257.22	1.55	Regular
1	17279551.23	1.89	Regular	7251781.56	2.38	Regular

Tabel 5.55 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Struktur Dinding Geser Model 5 Arah Y

Story	Stiffness Y-Direction	K_i	check	$K_{mi} = \text{avg}(K_{i-1, i-2, i-3})$	K_i	check
		K_{i+1}			K_{mi}	
		0.7			0.8	
15	987477.09	-	-			
14	2199973.59	2.23	Regular			
13	3130045.25	1.42	Regular			
12	3866276.92	1.24	Regular	2105831.98	1.84	Regular
11	4478772.72	1.16	Regular	3065431.92	1.46	Regular
10	5030159.07	1.12	Regular	3825031.63	1.32	Regular
9	5570390.25	1.11	Regular	4458402.90	1.25	Regular
8	6143666.34	1.10	Regular	5026440.68	1.22	Regular

Tabel 5.55 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Struktur Dinding Geser Model 5 Arah Y (Lanjutan)

Story	Stiffness Y-Direction	K_i	check	$K_{mi} = \text{avg}(K_{i-1, i-2, i-3})$	K_i	check
		K_{i+1}			K_{mi}	
		0.7			0.8	
7	6796728.60	1.11	Regular	5581405.22	1.22	Regular
6	7589413.74	1.12	Regular	6170261.73	1.23	Regular
5	8613544.25	1.13	Regular	6843269.56	1.26	Regular
4	10032332.97	1.16	Regular	7666562.20	1.31	Regular
3	12195133.20	1.22	Regular	8745096.99	1.39	Regular
2	15939081.13	1.31	Regular	10280336.80	1.55	Regular
1	28483515.30	1.79	Regular	12722182.43	2.24	Regular

2. Ketidakberaturan berat (massa)

Nilai persentase massa dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 5.56 Persentase ketidakberaturan berat struktur tanpa dinding geser

Lantai	Berat (kN)	Persentase di atas (%)	Persentase di bawah (%)
15	9533,542	-	72,87%
14	13082,46	137,23%	100,00%
13	13082,46	100,00%	100,00%
12	13082,46	100,00%	100,00%
11	13082,46	100,00%	100,00%
10	13082,46	100,00%	100,00%
9	13082,46	100,00%	100,00%
8	13082,46	100,00%	100,00%
7	13082,46	100,00%	100,00%
6	13082,46	100,00%	100,00%
5	13082,46	100,00%	100,00%
4	13082,46	100,00%	100,00%
3	13082,46	100,00%	100,00%
2	13082,46	100,00%	100,00%
1	13082,46	100,00%	-

Tabel 5.57 Persentase ketidakberaturan berat struktur dinding geser model 1

Lantai	Berat (kN)	Persentase di atas (%)	Persentase di bawah (%)
15	10356,13	-	74,25%
14	13947,41	134,68%	100,00%
13	13947,41	100,00%	100,00%
12	13947,41	100,00%	100,00%
11	13947,41	100,00%	100,00%
10	13947,41	100,00%	100,00%
9	13947,41	100,00%	100,00%
8	13947,41	100,00%	100,00%
7	13947,41	100,00%	100,00%
6	13947,41	100,00%	100,00%
5	13947,41	100,00%	100,00%
4	13947,41	100,00%	100,00%
3	13947,41	100,00%	100,00%
2	13947,41	100,00%	100,00%
1	13947,41	100,00%	-

Tabel 5.58 Persentase ketidakberaturan berat struktur dinding geser model 2

Lantai	Berat (kN)	Persentase di atas (%)	Persentase di bawah (%)
15	9978,372	-	73,76%
14	13527,29	135,57%	100,00%
13	13527,29	100,00%	100,00%
12	13527,29	100,00%	100,00%
11	13527,29	100,00%	100,00%
10	13527,29	100,00%	100,00%
9	13527,29	100,00%	100,00%
8	13527,29	100,00%	100,00%
7	13527,29	100,00%	100,00%
6	13527,29	100,00%	100,00%
5	13527,29	100,00%	100,00%
4	13527,29	100,00%	100,00%
3	13527,29	100,00%	100,00%
2	13527,29	100,00%	100,00%
1	13527,29	100,00%	-

Tabel 5.59 Persentase ketidakberaturan berat struktur dinding geser model 3

Lantai	Berat (kN)	Persentase di atas (%)	Persentase di bawah (%)
15	9572,724	-	77,33%
14	12378,88	129,31%	100,00%
13	12378,88	100,00%	100,00%
12	12378,88	100,00%	100,00%
11	12378,88	100,00%	100,00%
10	12378,88	100,00%	100,00%
9	12378,88	100,00%	100,00%
8	12378,88	100,00%	100,00%
7	12378,88	100,00%	100,00%
6	12378,88	100,00%	100,00%
5	12378,88	100,00%	100,00%
4	12378,88	100,00%	100,00%
3	12378,88	100,00%	100,00%
2	12378,88	100,00%	100,00%
1	12378,88	100,00%	-

Tabel 5.60 Persentase ketidakberaturan berat struktur dinding geser model 4

Lantai	Berat (kN)	Persentase di atas (%)	Persentase di bawah (%)
15	9572,724	-	77,33%
14	12378,88	129,31%	100,00%
13	12378,88	100,00%	100,00%
12	12378,88	100,00%	100,00%
11	12378,88	100,00%	100,00%
10	12378,88	100,00%	100,00%
9	12378,88	100,00%	100,00%
8	12378,88	100,00%	100,00%
7	12378,88	100,00%	100,00%
6	12378,88	100,00%	100,00%
5	12378,88	100,00%	100,00%
4	12378,88	100,00%	100,00%
3	12378,88	100,00%	100,00%
2	12378,88	100,00%	100,00%
1	12378,88	100,00%	-

Tabel 5.61 Persentase ketidakberaturan berat struktur dinding geser model 5

Lantai	Berat (kN)	Persentase di atas (%)	Persentase di bawah (%)
15	10578,54	-	74,66%
14	14169,83	133,95%	100,00%
13	14169,83	100,00%	100,00%
12	14169,83	100,00%	100,00%
11	14169,83	100,00%	100,00%
10	14169,83	100,00%	100,00%
9	14169,83	100,00%	100,00%
8	14169,83	100,00%	100,00%
7	14169,83	100,00%	100,00%
6	14169,83	100,00%	100,00%
5	14169,83	100,00%	100,00%
4	14169,83	100,00%	100,00%
3	14169,83	100,00%	100,00%
2	14169,83	100,00%	100,00%
1	14169,83	100,00%	-

Berdasarkan hasil dari tabel – tabel di atas, didapatkan nilai persentase massa pada semua model struktur bangunan tidak ada yang melebihi dari 150% sehingga dapat disimpulkan bahwa struktur tidak memiliki ketidakberaturan berat (massa).

3. Ketidakberaturan geometri vertikal

Ketidakberaturan ini ada apabila dimensi sistem penahan beban lateral pada sebarang tingkat lebih dari 130% dimensi pada sebarang tingkat yang berada didekatnya. Pada perencanaan bangunan, kolom tidak mengalami perubahan dari awal tingkat hingga tingkat akhir. Dimensi kolom pada perencanaan adalah kolom utama sebesar 1100/1100, kolom utara sebesar 800/700, dan kolom timur sebesar 700/800. Elemen dinding geser juga tidak mengalami pengecilan penampang sehingga dapat dikatakan bahwa struktur tidak mengalami ketidakberaturan geometri vertikal.

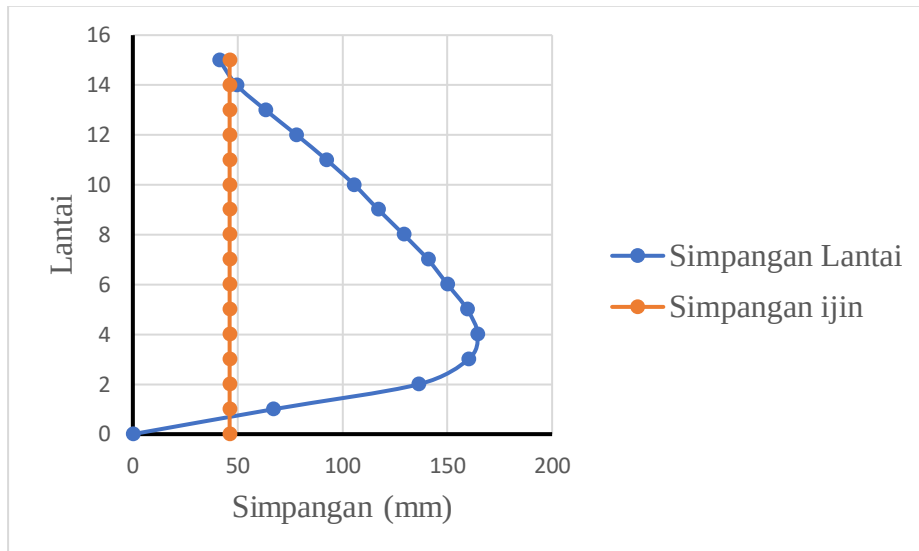
4. Ketidakberaturan diskontinuitas bidang elemen pada elemen vertikal pemikul gaya lateral

Ketidakberaturan ini ada apabila terdapat pergeseran (*offset*) elemen penahan yang lebih besar dari lebar (d) elemen tersebut, atau terdapat reduksi kekakuan elemen penahan pada tingkat dibawahnya. Pada bangunan struktur tidak terdapat pergeseran pada elemen penahan gaya lateral yang lebih besar dari elemen itu sendiri, sehingga perencanaan bangunan ini tidak memiliki ketidakberaturan diskontinuitas bidang elemen pada elemen vertikal pemikul gaya lateral.

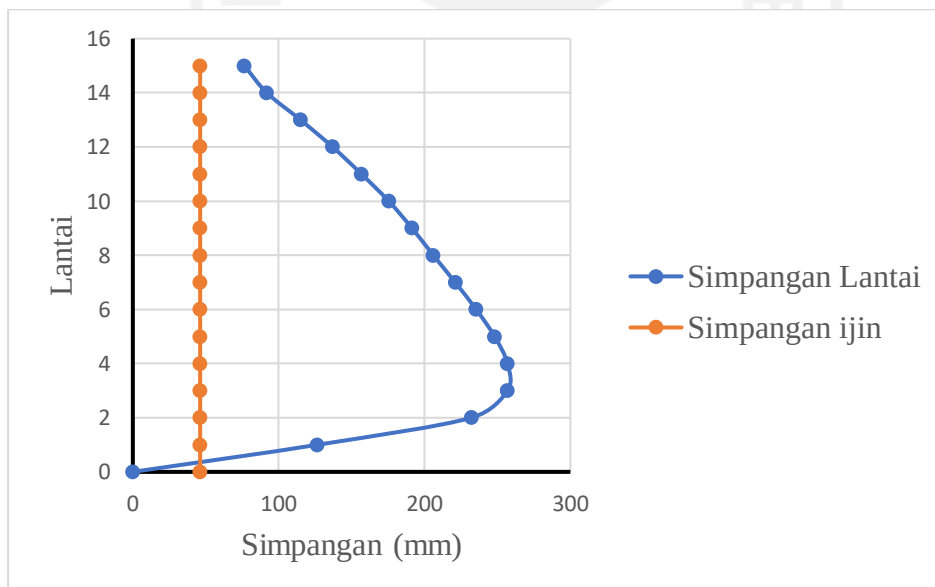
5.6 Simpangan Antar Lantai

Berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 7.8.6 dalam penentuan simpangan antar tingkat harus dihitung tidak boleh melebihi simpangan ijin antar tingkat. Fungsi bangunan pada penelitian ini adalah gedung apartemen yang menurut Tabel 3.5 dan Tabel 3.6 berada pada kategori desain seismik D, maka menurut SNI 1726:2019 pasal 7.3.4.2 bahwa untuk kategori desain seismik D yang tidak memiliki ketidakberaturan torsi pada faktor redundansi (ρ) harus sebesar 1,3. Nilai simpangan antar lantai ijin dengan kategori risiko II didapatkan sebesar $0,02 h_{sx}$. Berikut merupakan grafik simpangan antar lantai setiap model struktur . Model

struktur tanpa dinding geser dapat dilihat pada Gambar 5.13 dan Gambar 5.14 sebagai berikut. Analisa simpangan antar lantai dapat dilihat pada Lampiran 15 sampai dengan Lampiran 20.

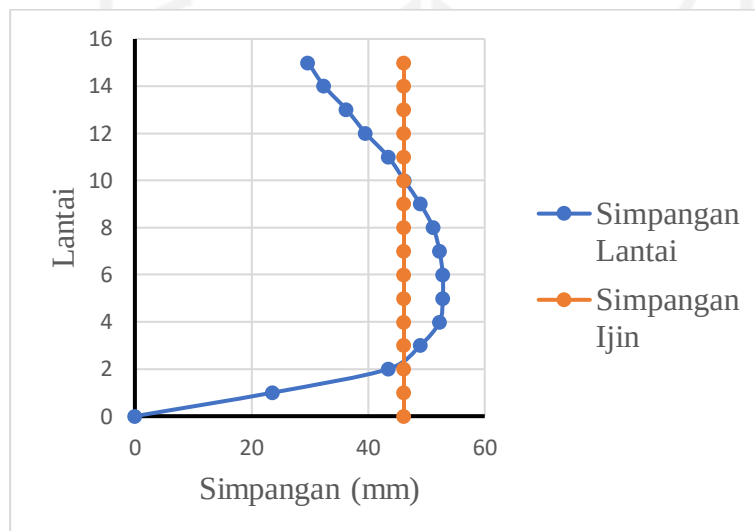


Gambar 5.13 Simpanan antar lantai arah x untuk struktur tanpa dinding geser

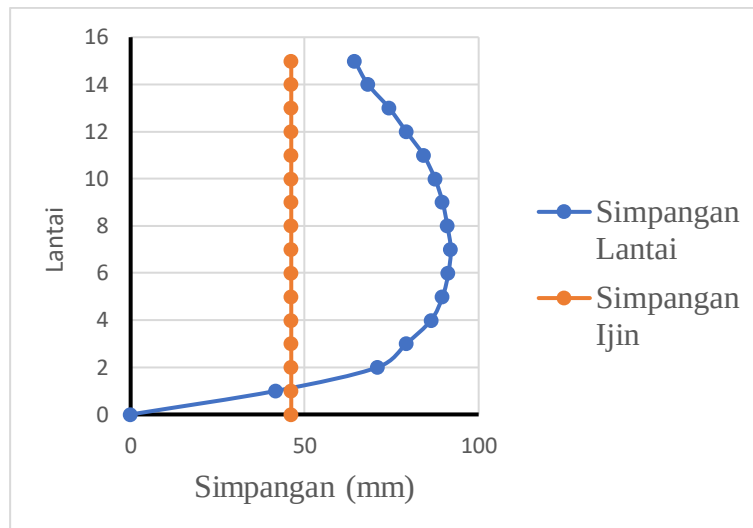


Gambar 5.14 Simpanan antar lantai arah y untuk struktur tanpa dinding geser

Pada Grafik yang dapat dilihat pada Gambar 5.13 dan Gambar 5.14 dapat dijelaskan bahwa, struktur tanpa dinding geser memiliki simpangan yang melebihi batas simpangan ijin, sehingga diperlukan sebuah perlakuan khusus seperti penambahan struktur dinding geser agar simpangan antar lantai pada gedung dapat sesuai dengan standar yang telah ditetapkan oleh SNI 1726-2019 Pasal 7.12.1 tentang batasan simpangan antar tingkat. Pada lantai 1 sampai dengan lantai 3 struktur tanpa dinding geser memiliki simpangan yang perbedaannya terlalu jauh jika dibandingkan dengan simpangan antar lantai di atasnya, dikarenakan menurut Tabel 5.13 bahwa pada lantai tersebut memiliki rentang eksentrisitas antara pusat massa dan pusat kekakuan yang terpaut jauh jika dibandingkan dengan eksentrisitas pada lantai di atasnya.

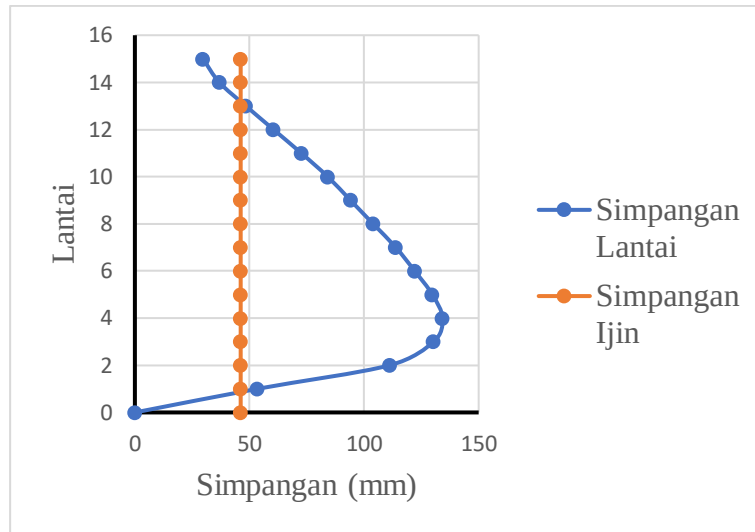


Gambar 5.15 Simpangan antar lantai arah x untuk struktur dinding geser model 1

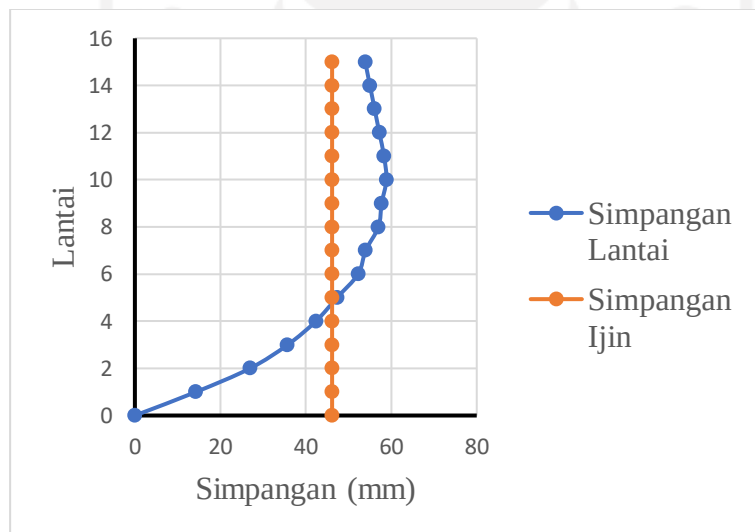


Gambar 5.16 Simpangan antar lantai arah y untuk struktur dinding geser model 1

Pada grafik yang dapat dilihat pada Gambar 5.15 dan Gambar 5.16 simpangan antar lantai arah x dan arah y untuk struktur dinding geser model 1, terjadi pengurangan simpangan antar lantai yang signifikan pada arah x dikarenakan bentuk dinding geser *L-Shape* yang terletak pada arah x bangunan. Permodelan dinding geser *L-Shape* terlihat lebih dominan dalam menahan simpangan yang terjadi pada arah x, tetapi dilihat pada Tabel 5.50 bahwa permodelan dinding geser *L-Shape* pada penempatan arah x lebih stabil dalam menahan gaya lateral yang terjadi baik pada arah x maupun pada arah y.



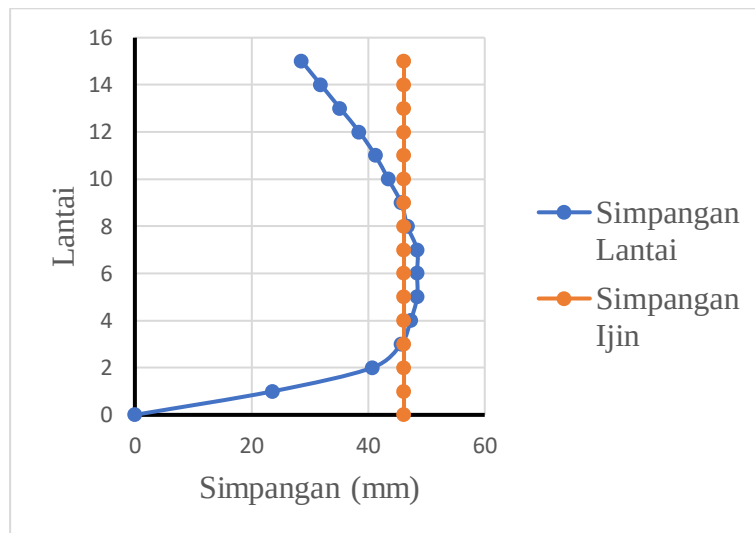
Gambar 5.17 Simpanan antar lantai arah x untuk struktur dinding geser model 2



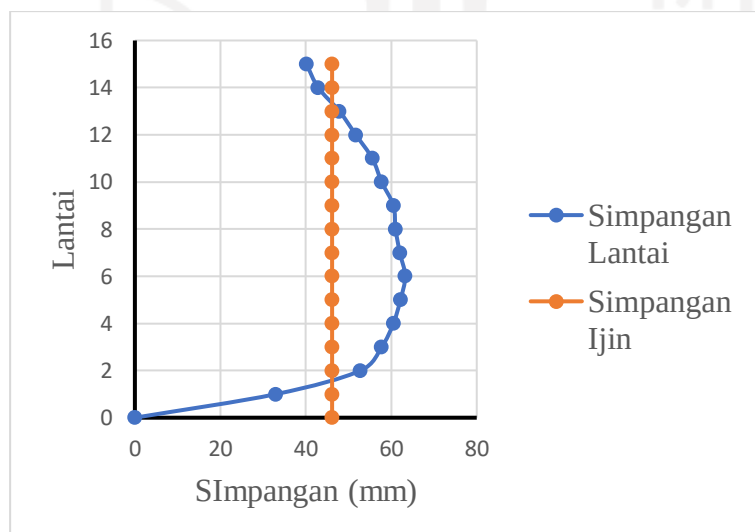
Gambar 5.18 Simpanan antar lantai arah y untuk struktur dinding geser model 2

Pada grafik yang dapat dilihat pada Gambar 5.17 dan Gambar 5.18 simpangan antar lantai arah x dan arah y untuk struktur dinding geser model 2, terjadi pengurangan simpangan antar lantai yang signifikan pada arah y dengan catatan bahwa struktur dinding geser model 2 masih belum aman dikarenakan simpangan antar lantai yang melampaui batas simpangan antar lantai yang telah ditetapkan pada SNI 1726-2019 Pasal 7.12.1 tentang batasan simpangan antar tingkat. Pada

permodelan struktur dinding geser model 2 simpangan arah y cenderung lebih kecil daripada arah x dikarenakan perletakan dinding geser *straight shape* yang berada pada sumbu y bangunan, sehingga seperti yang dapat dilihat pada Tabel 5.51 bahwa struktur dinding geser pada arah y memiliki kecenderungan menahan gaya lateral lebih besar ketimbang dengan arah x.



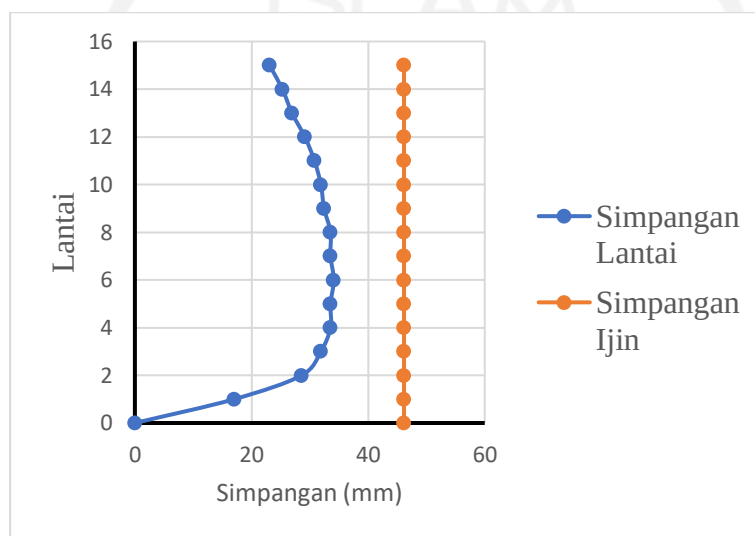
Gambar 5.19 Simpanan antar lantai arah x untuk struktur dinding geser model 3



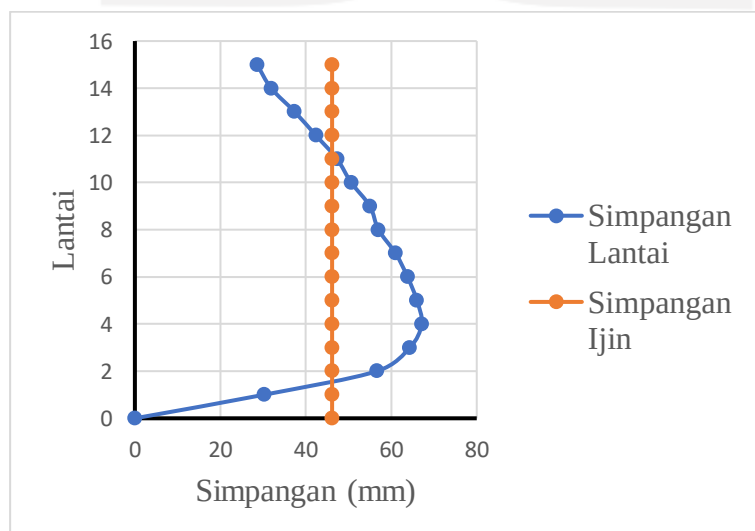
Gambar 5.20 Simpanan antar lantai arah y untuk struktur dinding geser model 3

Pada grafik yang dapat dilihat pada Gambar 5.19 dan Gambar 5.20 simpangan antar lantai arah x dan arah y untuk struktur dinding geser model 3, terjadi

pengurangan simpangan antar lantai yang signifikan pada arah x dan arah y dikarenakan oleh perletakan dinding geser *L-Shape* pada sumbu y arah bangunan. Permodelan dinding geser pada struktur model 3 pada arah y memiliki kecenderungan lebih stabil dalam menahan gaya lateral pada gedung. Pada Tabel 5.52 dapat dilihat bahwa struktur dinding geser pada arah x dan arah y menahan gaya lateral yang terjadi pada bangunan cenderung memiliki hasil yang tidak berbeda jauh dengan catatan bahwa dinding geser arah x pada beberapa lantai menahan persentase gaya lateral lebih besar jika dibandingkan dengan dinding geser pada arah y.

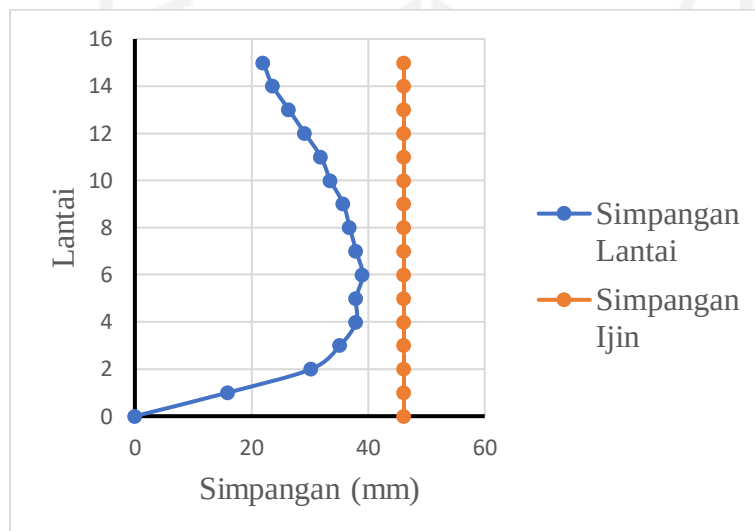


Gambar 5.21 Simpangan antar lantai arah x untuk struktur dinding geser model 4

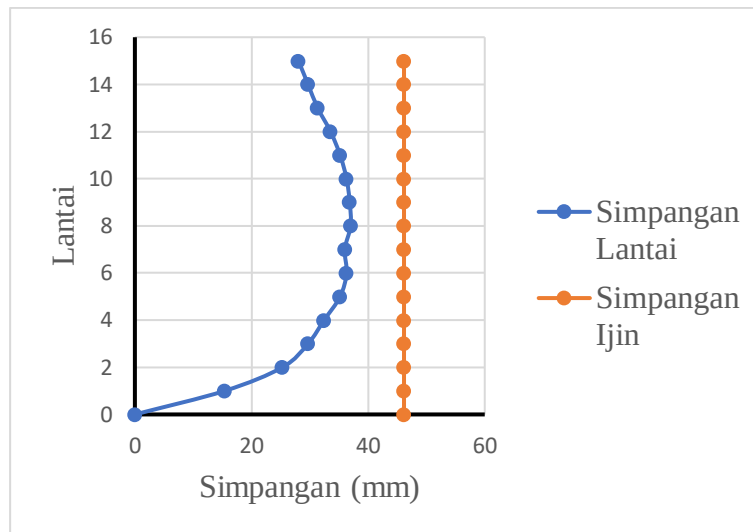


Gambar 5.22 Simpangan antar lantai arah y untuk struktur dinding geser model 4

Pada grafik yang dapat dilihat pada Gambar 5.21 dan Gambar 5.22 simpangan antar lantai arah x dan arah y untuk struktur dinding geser model 4, terjadi pengurangan simpangan antar lantai yang signifikan pada arah x dikarenakan perletakan dinding geser dengan bentuk *straight shape* yang berada pada sisi arah x bangunan gedung. . Pada permodelan struktur dinding geser model 4 simpangan arah x cenderung lebih kecil daripada arah y dikarenakan perletakan dinding geser *straight shape* yang berada pada sumbu x bangunan, sehingga seperti yang dapat dilihat pada Tabel 5.53 bahwa struktur dinding geser pada arah x memiliki kecenderungan menahan gaya lateral lebih besar ketimbang dengan arah y.



Gambar 5.23 Simpangan antar lantai arah x untuk struktur dinding geser model 5



Gambar 5.24 Simpangan antar lantai arah y untuk struktur dinding geser model 5

Pada grafik yang dapat dilihat pada Gambar 5.23 dan Gambar 5.24 simpangan antar lantai arah x dan arah y untuk struktur dinding geser model 5, terjadi pengurangan simpangan antar lantai yang signifikan pada arah x dan arah y dikarenakan oleh perletakan dinding geser *L-Shape* pada bentang panjang bangunan. Permodelan dinding geser pada struktur model 5 pada arah x dan arah y memiliki kecenderungan lebih stabil dalam menahan gaya lateral pada gedung. Pada Tabel 5.54 dapat dilihat bahwa struktur dinding geser pada arah x dan arah y menahan gaya lateral yang terjadi pada bangunan cenderung memiliki hasil yang tidak berbeda jauh.

Simpangan antar tingkat pada bangunan tanpa struktur dinding geser memiliki simpangan yang jauh dari batas yang telah diijinkan, maka dari itu diperlukan tinjauan penambahan struktur tambahan seperti dinding geser. Seperti yang dapat dilihat pada grafik rekapitulasi simpangan antar tingkat dapat disimpulkan bahwa simpangan antar lantai tingkat desain pada tiap struktur baik struktur tanpa dinding geser dan struktur dengan model dinding geser memiliki simpangan yang berbeda dengan berdasarkan penempatan letak dinding geser.

Berdasarkan hasil kontrol nilai simpangan antar lantai yang telah disajikan pada Lampiran 15 sampai dengan Lampiran 20, dapat diketahui bahwa besar simpangan antar lantai desain berbeda sesuai dengan variabel penempatan dinding

geser dan didapatkan hasil optimum pada varian struktur dinding geser pada model ke-lima.

Hasil simpangan antar lantai tingkat desain ke-enam model struktur dengan analisis respon spektrum arah x dan arah y secara informatif dapat dilihat pada Tabel 5.44 dan Tabel 5.45, serta Gambar 5.25 dan Gambar 5.26 sebagai berikut.

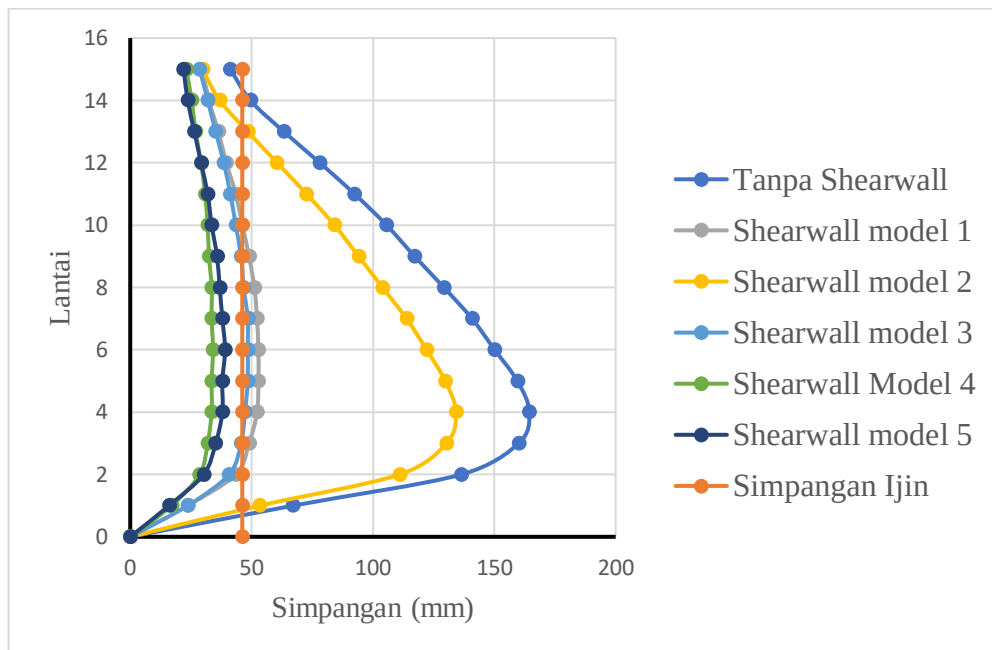


Tabel 5.62 Rekapitulasi simpangan antar lantai arah X

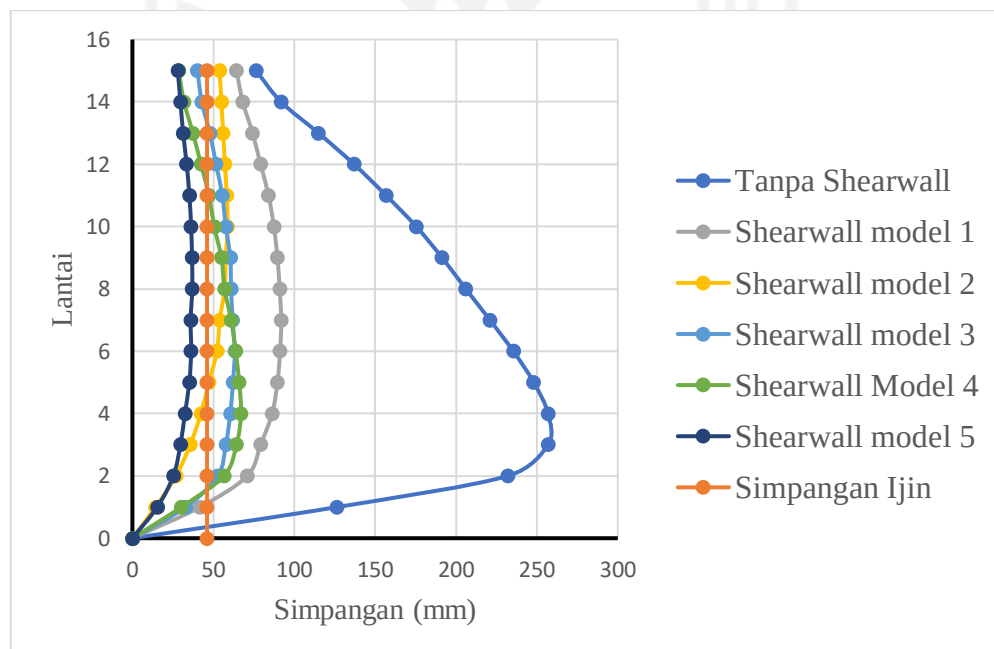
Lantai	Simpangan Antar Lantai Arah X						
	Struktur Tanpa Dinding geser (mm)	Struktur Dinding geser Model 1 (mm)	Struktur Dinding geser Model 2 (mm)	Struktur Dinding geser Model 3 (mm)	Struktur Dinding geser Model 4(mm)	Struktur Dinding geser Model 5 (mm)	Simpangan Ijin (mm)
15	41,25	29,7	29,7	28,6	23,1	22	60
14	49,5	32,45	36,85	31,9	25,3	23,65	60
13	63,25	36,3	48,4	35,2	26,95	26,4	60
12	78,1	39,6	60,5	38,5	29,15	29,15	60
11	92,4	43,45	72,6	41,25	30,8	31,9	60
10	105,6	46,2	84,15	43,45	31,9	33,55	60
9	117,15	48,95	94,05	45,65	32,45	35,75	60
8	129,25	51,15	103,95	46,75	33,55	36,85	60
7	140,8	52,25	113,85	48,4	33,55	37,95	60
6	150,15	52,8	122,1	48,4	34,1	39,05	60
5	159,5	52,8	129,8	48,4	33,55	37,95	60
4	164,45	52,25	134,2	47,3	33,55	37,95	60
3	160,05	48,95	130,35	45,65	31,9	35,2	60
2	136,4	43,45	111,1	40,7	28,6	30,25	60
1	67,1	23,65	53,35	23,65	17,05	15,95	60
0	0	0	0	0	0	0	60

Tabel 5.63 Rekapitulasi simpangan antar lantai arah Y

La nt ai	Simpangan Antar Lantai Arah Y						
	Struktur Tanpa Dinding Geser (mm)	Struktur Dinding Geser Model 1 (mm)	Struktur Dinding Geser Model 2 (mm)	Struktur Dinding Geser Model 3 (mm)	Struktur Dinding Geser Model 4 (mm)	Struktur Dinding Geser Model 5 (mm)	Simpang an Ijin (mm)
15	76,45	64,35	53,9	40,15	28,6	28,05	60
14	91,85	68,2	55	42,9	31,9	29,7	60
13	114,95	74,25	56,1	47,85	37,4	31,35	60
12	136,95	79,2	57,2	51,7	42,35	33,55	60
11	156,75	84,15	58,3	55,55	47,3	35,2	60
10	175,45	87,45	58,85	57,75	50,6	36,3	60
9	191,4	89,65	57,75	60,5	55	36,85	60
8	206	91	57	61	57	37	60
7	221	92	54	62	61	36	60
6	235,4	91,3	52,25	63,25	63,8	36,3	60
5	248,05	89,65	47,3	62,15	66	35,2	60
4	256,85	86,35	42,35	60,5	67,1	32,45	60
3	256,85	79,2	35,75	57,75	64,35	29,7	60
2	232,1	70,95	26,95	52,8	56,65	25,3	60
1	126,5	41,8	14,3	33	30,25	15,4	60
0	0	0	0	0	0	0	60



Gambar 5.25 Rekapitulasi simpangan antar lantai arah X



Gambar 5.26 Rekapitulasi simpangan antar lantai arah Y

Pada Analisis ini arah x struktur dinding geser model 5 memiliki nilai simpangan lebih kecil dibanding dengan model struktur dinding geser lainnya

dengan penurunan simpangan arah x jika dibandingkan dengan model tanpa dinding geser sebesar 126,5 mm dengan presentase penurunan sebesar 76,92%. Sedangkan, penurunan simpangan terbesar arah y jika dibandingkan dengan model tanpa dinding geser sebesar 227,15 mm dengan presentase penurunanan sebesar 88,44%. Hal ini berarti bahwa, struktur dinding geser model 5 merupakan model paling optimum pada penelitian ini dengan nilai simpangan yang relatif kecil, tidak melewati simpangan ijin jika dibandingkan dengan struktur model lainnya.

Pada Grafik di atas dapat dilihat bahwa struktur tanpa dinding geser memiliki nilai simpangan antar lantai terbesar dikarenakan nilai kekakuan antar lantai yang lebih kecil ketimbang struktur model dinding geser yang lainnya. Kekakuan antar lantai yang dimaksud dapat dilihat pada Tabel 5.44 sampai dengan Tabel 5.55. Pada Tabel 5.13 sampai dengan Tabel 5.18 dapat dilihat bahwa pusat massa dan pusat kekakuan yang dimiliki permodelan struktur menunjukkan bahwa eksentrisitas yang dimiliki oleh model struktur tanpa dinding geser menunjukkan nilai yang relatif lebih kecil, tetapi memiliki simpangan antar lantai yang besar dikarenakan model struktur tanpa dinding geser memiliki kekakuan yang lebih kecil ketimbang model struktur dengan dinding geser. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pada kekakuan yang lebih kecil menunjukkan bangunan tersebut tidak kaku dan dapat memperbesar nilai simpangan antar lantai.

Pada struktur dinding geser model 1 sampai dengan struktur dinding geser model 5 memiliki simpangan antar lantai yang relatif jauh kecil ketimbang struktur tanpa dinding geser, dikarenakan pada model struktur dinding geser memiliki kekakuan antar lantai dengan nilai relatif lebih besar yang dapat dilihat pada Tabel 5.44 sampai dengan Tabel 5.55.

5.6 *Drift Ratio*

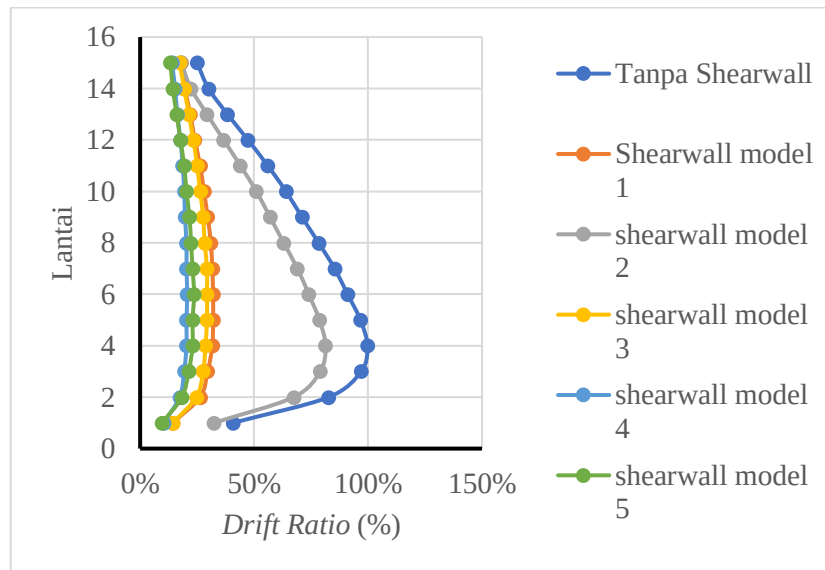
Hasil *drift ratio* akibat beban gempa respons spektrum dapat dilihat pada Tabel 5.46.

Tabel 5.64 Nilai *drift ratio*

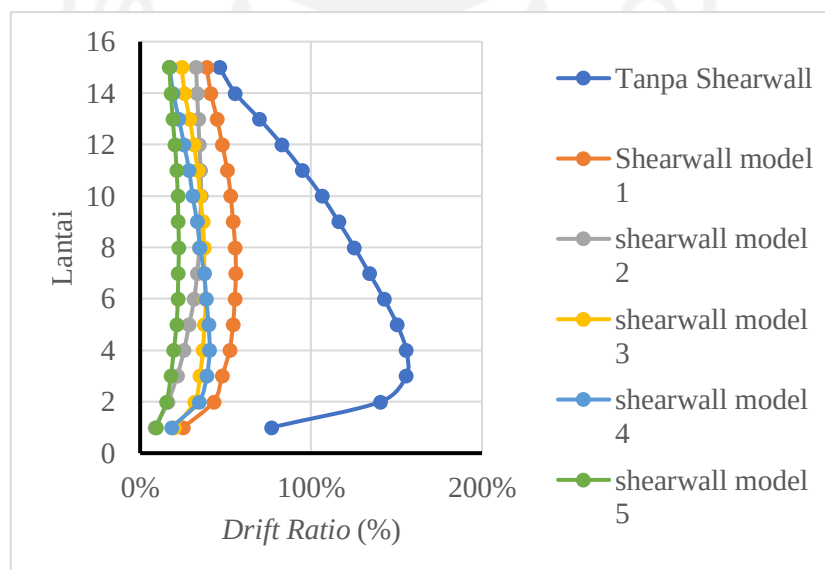
Lantai	<i>Drift Ratio</i>											
	Struktur Tanpa Dinding Geser		Struktur Dinding Geser Model 1		Struktur Dinding Geser Model 2		Struktur Dinding Geser Model 3		Struktur Dinding Geser Model 4		Struktur Dinding Geser Model 5	
	DR X	DR Y	DR X	DR Y	DR X	DR Y	DR X	DR Y	DR X	DR Y	DR X	DR Y
15	25,00%	46,33%	18,00 %	39,00 %	18,00 %	32,67 %	17,33 %	24,33 %	14,00 %	17,33 %	13,33 %	17,00 %
14	30,00%	55,67%	19,67 %	41,33 %	22,33 %	33,33 %	19,33 %	26,00 %	15,33 %	19,33 %	14,33 %	18,00 %
13	38,33%	69,67%	22,00 %	45,00 %	29,33 %	34,00 %	21,33 %	29,00 %	16,33 %	22,67 %	16,00 %	19,00 %
12	47,33%	83,00%	24,00 %	48,00 %	36,67 %	34,67 %	23,33 %	31,33 %	17,67 %	25,67 %	17,67 %	20,33 %
11	56,00%	95,00%	26,33 %	51,00 %	44,00 %	35,33 %	25,00 %	33,67 %	18,67 %	28,67 %	19,33 %	21,33 %
10	64,00%	106,33%	28,00 %	53,00 %	51,00 %	35,67 %	26,33 %	35,00 %	19,33 %	30,67 %	20,33 %	22,00 %
9	71,00%	116,00%	29,67 %	54,33 %	57,00 %	35,00 %	27,67 %	36,67 %	19,67 %	33,33 %	21,67 %	22,33 %
8	78,33%	125,33%	31,00 %	55,67 %	63,00 %	34,67 %	28,33 %	37,33 %	20,33 %	35,00 %	22,33 %	22,67 %

Tabel 5.64 Nilai *drift ratio* (Lanjutan)

Lantai	<i>Drift Ratio</i>											
	Struktur Tanpa Dinding Geser		Struktur Dinding Geser Model 1		Struktur Dinding Geser Model 2		Struktur Dinding Geser Model 3		Struktur Dinding Geser Model 4		Struktur Dinding Geser Model 5	
	DR X	DR Y	DR X	DR Y	DR X	DR Y	DR X	DR Y	DR X	DR Y	DR X	DR Y
7	85,33 %	134,00 %	31,67%	56,00%	69,00%	33,33%	29,33%	37,67%	20,33%	37,33%	23,00%	22,33%
6	91,00 %	142,67 %	32,00%	55,33%	74,00%	31,67%	29,33%	38,33%	20,67%	38,67%	23,67%	22,00%
5	96,67 %	150,33 %	32,00%	54,33%	78,67%	28,67%	29,33%	37,67%	20,33%	40,00%	23,00%	21,33%
4	99,67 %	155,67 %	31,67%	52,33%	81,33%	25,67%	28,67%	36,67%	20,33%	40,67%	23,00%	19,67%
3	97,00 %	155,67 %	29,67%	48,00%	79,00%	21,67%	27,67%	35,00%	19,33%	39,00%	21,33%	18,00%
2	82,67 %	140,67 %	26,33%	43,00%	67,33%	16,33%	24,67%	32,00%	17,33%	34,33%	18,33%	15,33%
1	40,67 %	76,67%	14,33%	25,33%	32,33%	8,67%	14,33%	20,00%	10,33%	18,33%	9,67%	9,33%



Gambar 5.27 Nilai *drift ratio* arah X

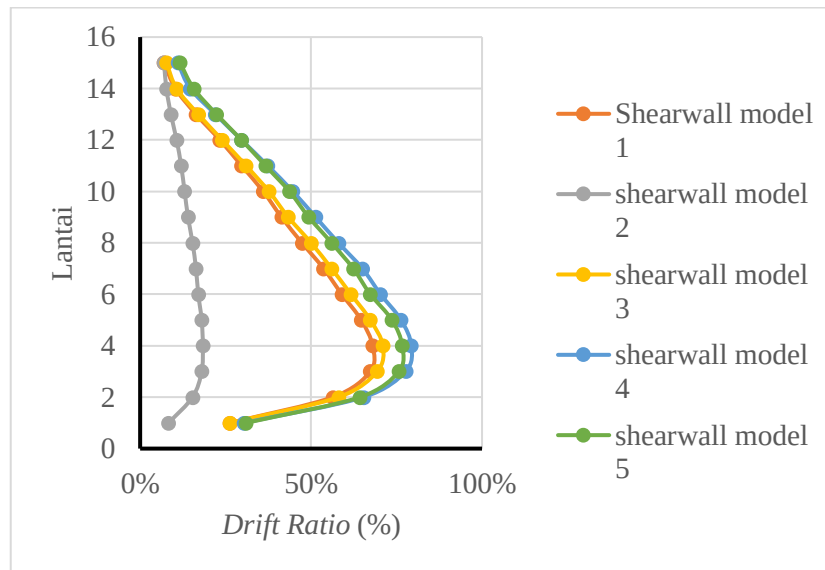


Gambar 5.28 Nilai *drift ratio* arah Y

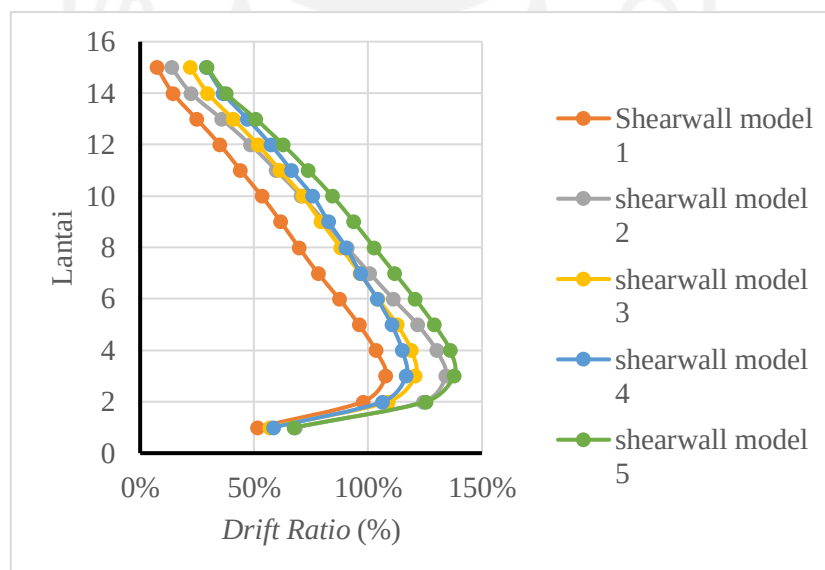
Dari hasil analisis di atas, selanjutnya dapat dilakukan perhitungan presentase penurunan yang dibandingkan dengan variabel penempatan dinding geser yang dapat dilihat pada Tabel 5.48 sebagai berikut.

Tabel 5.65 Penurunan nilai *drift ratio*

Lantai	Penurunan <i>Drift Ratio</i>									
	Struktur Tanpa Dinding Geser		Struktur Dinding Geser Model 1		Struktur Dinding Geser Model 2		Struktur Dinding Geser Model 3		Struktur Dinding Geser Model 4	
	DR X	DR Y	DR X	DR Y	DR X	DR Y	DR X	DR Y	DR X	DR Y
15	7,00%	7,33%	7,00%	13,67%	7,67%	22,00%	11,00%	29,00%	11,67%	29,33%
14	10,33%	14,33%	7,67%	22,33%	10,67%	29,67%	14,67%	36,33%	15,67%	37,67%
13	16,33%	24,67%	9,00%	35,67%	17,00%	40,67%	22,00%	47,00%	22,33%	50,67%
12	23,33%	35,00%	10,67%	48,33%	24,00%	51,67%	29,67%	57,33%	29,67%	62,67%
11	29,67%	44,00%	12,00%	59,67%	31,00%	61,33%	37,33%	66,33%	36,67%	73,67%
10	36,00%	53,33%	13,00%	70,67%	37,67%	71,33%	44,67%	75,67%	43,67%	84,33%
9	41,33%	61,67%	14,00%	81,00%	43,33%	79,33%	51,33%	82,67%	49,33%	93,67%
8	47,33%	69,67%	15,33%	90,67%	50,00%	88,00%	58,00%	90,33%	56,00%	102,67%
7	53,67%	78,00%	16,33%	100,67%	56,00%	96,33%	65,00%	96,67%	62,33%	111,67%
6	59,00%	87,33%	17,00%	111,00%	61,67%	104,33%	70,33%	104,00%	67,33%	120,67%
5	64,67%	96,00%	18,00%	121,67%	67,33%	112,67%	76,33%	110,33%	73,67%	129,00%
4	68,00%	103,33%	18,33%	130,00%	71,00%	119,00%	79,33%	115,00%	76,67%	136,00%
3	67,33%	107,67%	18,00%	134,00%	69,33%	120,67%	77,67%	116,67%	75,67%	137,67%
2	56,33%	97,67%	15,33%	124,33%	58,00%	108,67%	65,33%	106,33%	64,33%	125,33%
1	26,33%	51,33%	8,33%	68,00%	26,33%	56,67%	30,33%	58,33%	31,00%	67,33%



Gambar 5.29 Penurunan nilai *drift ratio* arah X



Gambar 5.30 Penurunan nilai *drift ratio* arah y

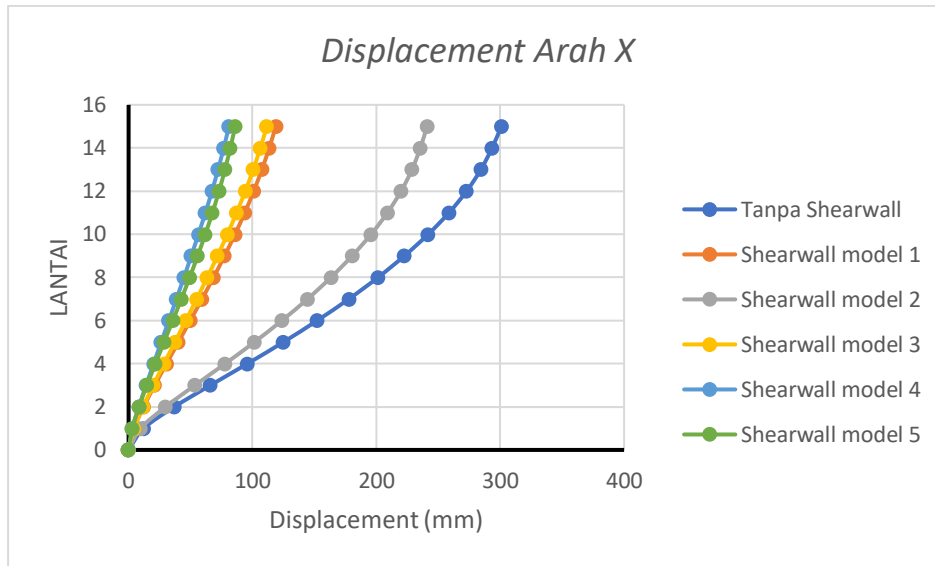
Hasil nilai perbandingan *drift ratio* maksimum yang didapat pada masing-masing permodelan dinding geser pada arah x adalah sebesar 20,67 pada permodelan struktur dinding geser model 4 dan pada arah y adalah sebesar 22,67 pada permodelan struktur dinding geser model 5.

Semakin besar nilai *drift ratio* pada suatu struktur bangunan, maka struktur bangunan tersebut memiliki sifat yang fleksibel / kurang kaku. Nilai *drift ratio* pada

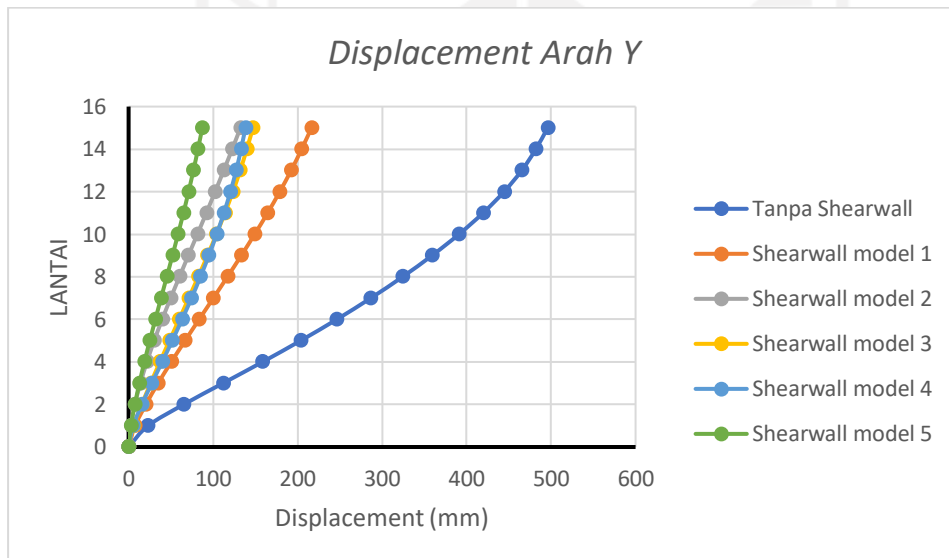
suatu struktur bangunan bernilai kecil dapat berarti bahwa struktur bangunan tersebut lebih memiliki sifat lebih kaku, Sehingga dengan pemberian dinding geser pada suatu perencanaan bangunan dapat menurunkan nilai simpangan yang terjadi pada setiap lantai bangunan. Pada gambar grafik simpangan antar lantai dan grafik drift ratio dapat dilihat bahwa model dinding geser 1,2,3,4, dan 5 menghasilkan simpangan antar lantai yang lebih kecil dari model tanpa dinding geser pada titik yang ditinjau pada arah x maupun yang ditinjau pada arah y. Hal tersebut menandakan bahwa variabel penempatan dinding geser yang dilakukan dapat menghasilkan nilai simpangan yang lebih kecil jika dibandingkan dengan model tanpa dinding geser.

5.7 *Displacement*

Nilai *displacement* akibat beban respons dapat dilihat pada Tabel 5.48.



Gambar 5.31 Nilai *displacement* arah X



Gambar 5.32 Nilai *displacement* arah Y

Nilai *displacement* yang dihasilkan berdasarkan analisis pada aplikasi SAP2000 di atas menyatakan bahwa *displacement* yang dihasilkan pada permodelan struktur menggunakan dinding geser dapat mengurangi *displacement* dalam presentase yang signifikan sehingga dapat membantu perencanaan bangunan gedung untuk meminimalisir terjadinya kegagalan struktur pada bangunan.

Hasil nilai *displacement* teroptimum pada masing–masing permodelan dinding geser pada arah x adalah permodelan struktur dinding geser model 4 dan struktur

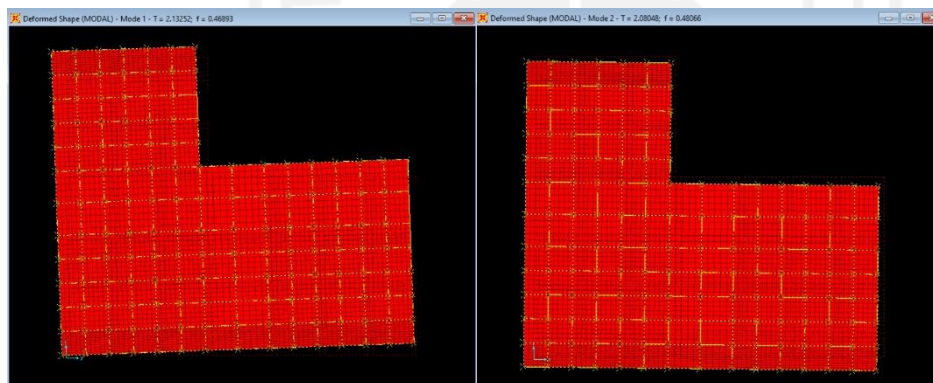
dinding geser model 5, sedangkan hasil teroptimimum untuk arah y adalah permodelan struktur dinding geser model 5.

5.8 Pola Simpangan Bangunan

Pola simpangan atau pola goyangan struktur pada bangunan dapat dilihat pada *mode shape* yang telah ditunjukkan pada aplikasi SAP2000. Sehingga pada perencanaan gedung dapat dilihat kondisi perlakuan bangunan terhadap beban yang terdapat pada bangunan.

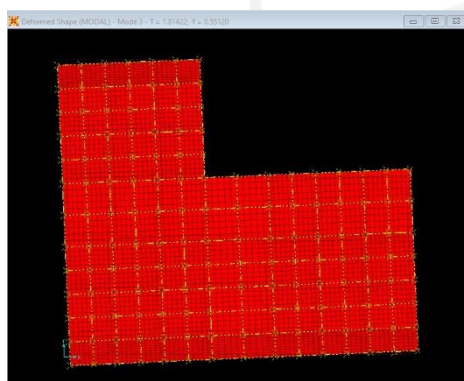
1. Struktur tanpa dinding geser

Pola goyangan yang dihasilkan oleh struktur tanpa dinding geser menunjukkan pada *mode 1* terlihat translasi diagonal arah kiri, pada *mode 2* terlihat translasi diagonal arah kanan, dan pada *mode 3* terlihat pola goyangan berupa rotasi pada bangunan penelitian.



(a) *Mode 1* translasi

(b) *Mode 2* translasi

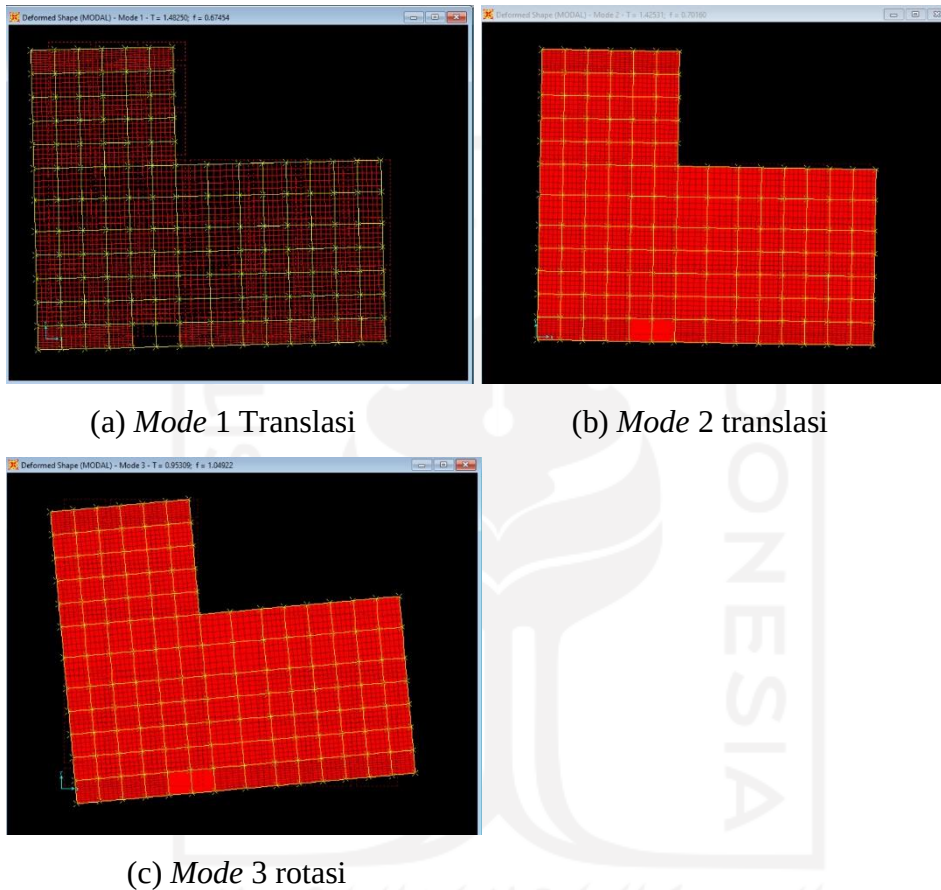


(c) *Mode 3* rotasi

Gambar 5.33 Pola goyangan struktur tanpa dinding geser

2. Struktur dinding geser model 1

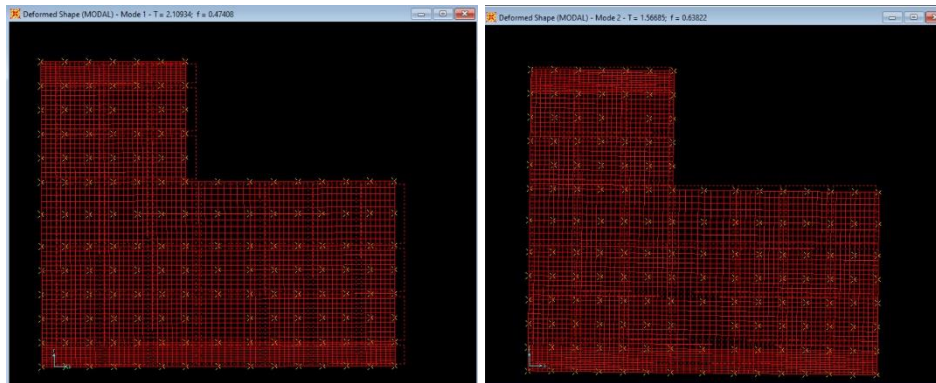
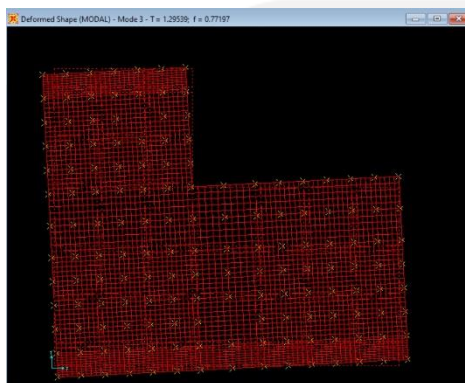
Pola goyangan yang dihasilkan oleh struktur *dinding geser* model 1 menunjukkan pada *mode* 1 menunjukkan translasi pada arah x, pada *mode* 2 menunjukkan translasi pada arah y, pada *mode* 3 menunjukkan pola goyangan rotasi pada perencanaan bangunan.



Gambar 5.34 Pola Goyangan Struktur Dinding Geser Model 1

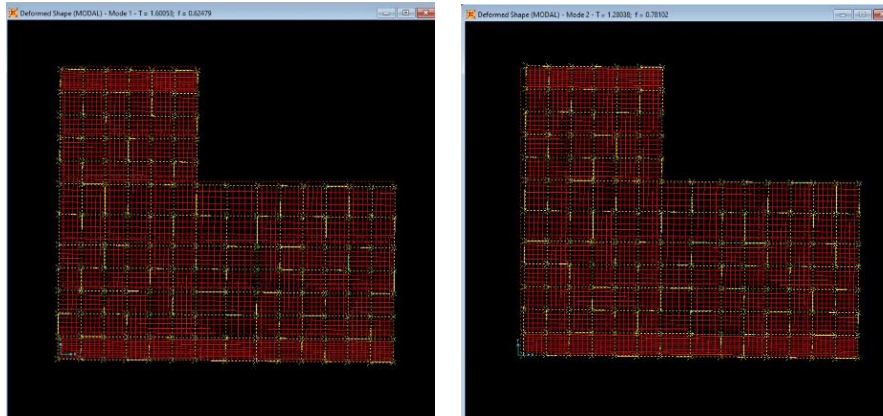
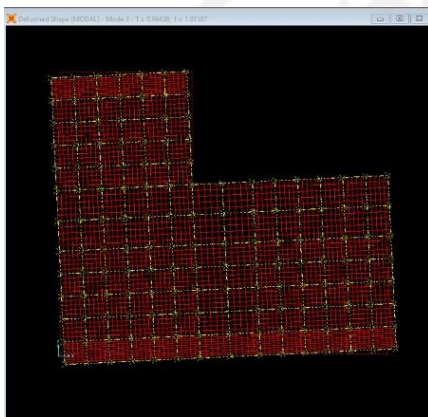
3. Struktur dinding geser model 2

Pola goyangan yang dihasilkan oleh struktur *dinding geser* model 2 menunjukkan pada *mode* 1 menunjukkan translasi pada arah x, pada *mode* 2 menunjukkan translasi pada arah y, dan pada *mode* 3 menunjukkan pola goyangan rotasi pada perencanaan bangunan.

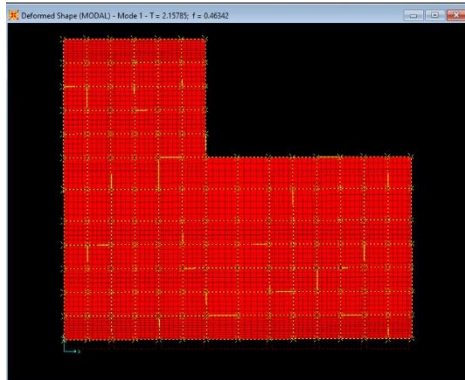
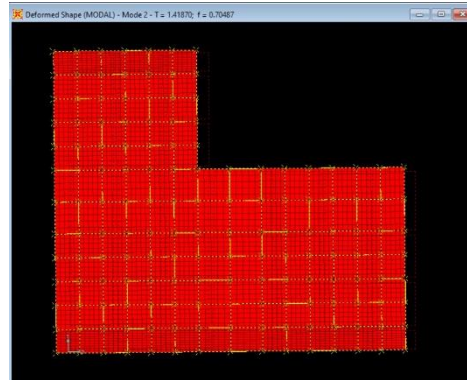
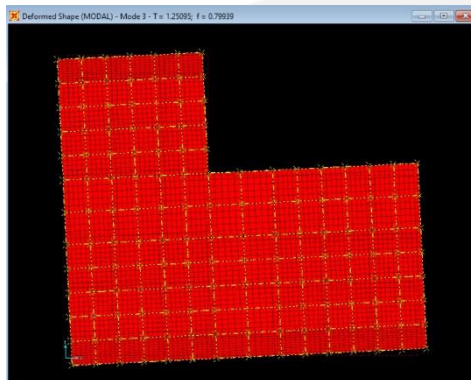
(a) *Mode 1* translasi(b) *Mode 2* translasi(c) *Mode 3* rotasi**Gambar 5.35 Pola Goyangan Struktur Dinding Geser Model 2**

3. Struktur dinding geser model 3

Pola goyangan yang dihasilkan oleh struktur dinding geser model 3 menunjukkan pada *mode 1* menunjukkan translasi pada arah y, pada *mode 2* menunjukkan translasi pada arah x, dan pada *mode 3* menunjukkan pola goyangan rotasi pada perencanaan bangunan.

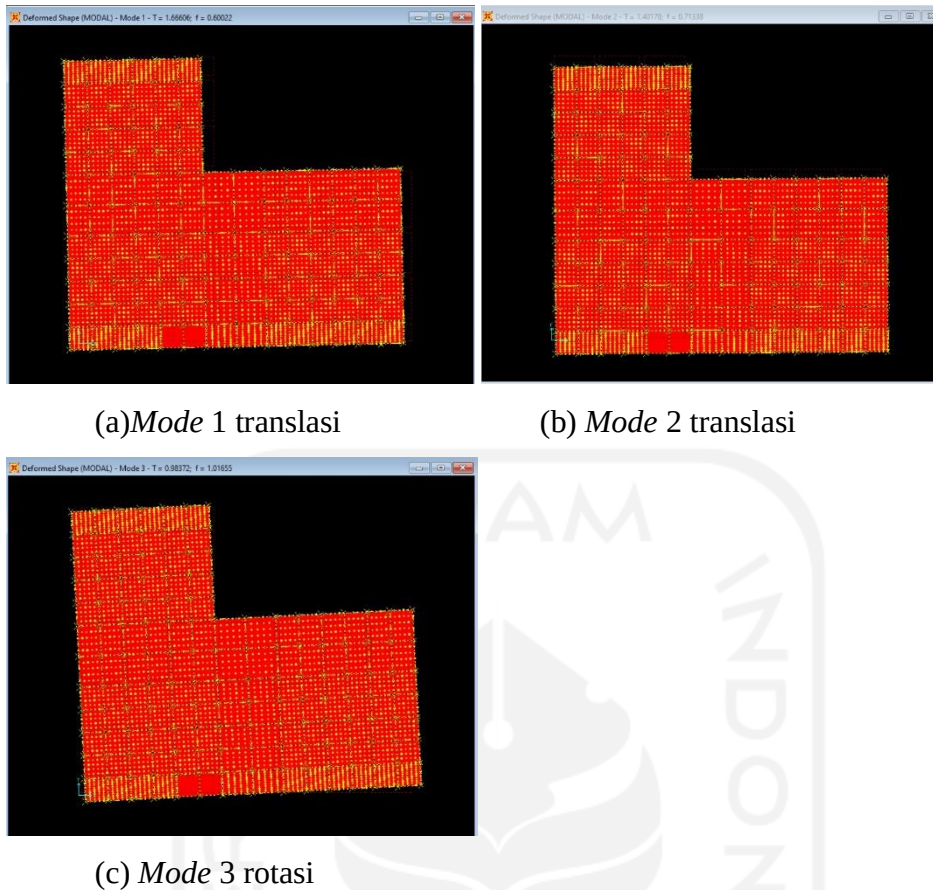
(a) *Mode 1* translasi(b) *Mode 2* translasi(c) *Mode 3* rotasi**Gambar 5.36 Pola goyangan struktur dinding geser model 3****4. Struktur dinding geser model 4**

Pola goyangan yang dihasilkan oleh struktur dinding geser model 4 menunjukkan pada *mode 1* menunjukkan translasi pada arah y, pada *mode 2* menunjukkan translasi pada arah x, dan pada *mode 3* menunjukkan pola goyangan rotasi pada perencanaan bangunan.

(a) *Mode 1* translasi(b) *Mode 2* translasi(c) *Mode 3* rotasi**Gambar 5.37 Pola goyangan struktur dinding geser model 4**

5. Struktur dinding geser model 5

Pola goyangan yang dihasilkan oleh struktur dinding geser model 5 menunjukkan pada *mode 1* menunjukkan translasi pada arah x, pada *mode 2* menunjukkan translasi pada arah y, dan pada *mode 3* menunjukkan pola goyangan rotasi pada perencanaan bangunan.



Gambar 5.38 Pola goyangan struktur dinding geser model 5

5.9 Kontrol SRPMK Dengan 25 Persen Gaya Lateral

Struktur pada model penelitian memiliki sistem ganda, sesuai dengan SNI 1726:2019 Pasal 7.2.2 terkait dengan kombinasi sistem struktur dalam arah yang berbeda yang terdapat pada Tabel 12 bahwa sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25% gaya seismik yang ditetapkan. Untuk itu dilakukan analisis dengan cara menghitung gaya geser yang dipikul pada setiap *joint reaction* yang ada pada setiap lantai bangunan perencanaan. *Frame* tersebut dibagi menjadi struktur rangka pemikul momen dan sistem ganda, kemudian dapat dianalisa presentase yang dipikul oleh masing – masing struktur rangka pemikul momen dan sistem ganda tersebut.

Tabel 5.67 *Joint reaction kontrol SRPMK pada struktur dinding geser model 1*

Lantai	Frame		Dinding Geser		Frame		Dinding Geser	
	Fx (kN)	Fy (kN)	Fx (kN)	Fy (kN)	Rasio X	Rasio Y	Rasio X	Rasio Y
15	3344,31	2838,09	2191,23	2699,53	60,42%	51,25%	39,58%	48,75%
14	4068,33	3761,28	906,105	1208,42	81,78%	75,68%	18,22%	24,32%
13	3524,21	3078,13	1172,27	1579,51	75,04%	66,09%	24,96%	33,91%
12	3120,05	2716,13	1024,73	1374,82	75,28%	66,39%	24,72%	33,61%
11	2939,83	2556,62	925,647	1246,2	76,05%	67,23%	23,95%	32,77%
10	2970,85	2595,65	902,214	1217,49	76,71%	68,07%	23,29%	31,93%
9	3081,31	2720,31	920,466	1262,12	77,00%	68,31%	23,00%	31,69%
8	3264,79	2903,06	980,39	1367,42	76,91%	67,98%	23,09%	32,02%
7	3355,29	3076,32	1050,47	1507,96	76,16%	67,11%	23,84%	32,89%
6	3415,47	3110,77	1154,34	1646,3	74,74%	65,39%	25,26%	34,61%
5	3397,57	3066,83	1290,6	1800,04	72,47%	63,01%	27,53%	36,99%
4	3273,29	2888,28	1459,11	1959,96	69,17%	59,57%	30,83%	40,43%
3	2977,69	2633,27	1613,44	2087,57	64,86%	55,78%	35,14%	44,22%
2	2348,6	2123,7	1513,56	1976,31	60,81%	51,80%	39,19%	48,20%
1	1289,42	1262,04	26,713	27,648	97,97%	97,86%	2,03%	2,14%

Tabel 5.68 Joint reaction kontrol SRPMK pada struktur dinding geser model 2

Lantai	Frame		Dinding Geser		Frame		Dinding Geser	
	Fx (kN)	Fy (kN)	Fx (kN)	Fy (kN)	Rasio X	Rasio Y	Rasio X	Rasio Y
15	2980,8	2864,37	147,255	2921,64	95,29%	49,51%	4,71%	50,49%
14	3758,42	3795,04	128,28	1246,18	96,70%	75,28%	3,30%	24,72%
13	3336,13	3085,56	114,333	1627,78	96,69%	65,46%	3,31%	34,54%
12	2818,36	2685,46	100,217	1392,45	96,57%	92,01%	3,43%	47,71%
11	2818,36	2519,41	93,797	1252,66	96,78%	66,79%	3,22%	33,21%
10	2736,86	2580,67	92,014	1234,08	96,75%	67,65%	3,25%	32,35%
9	2849,85	2743,4	96,26	1294,17	96,73%	67,95%	3,27%	32,05%
8	3071,83	2934,71	103,587	1409,56	96,74%	67,55%	3,26%	32,45%
7	3265,39	3070,71	109,44	1546,02	96,76%	66,51%	3,24%	33,49%
6	3332,54	3122,92	111,136	1700,14	96,77%	64,75%	3,23%	35,25%
5	3211,14	3080,47	106,706	1861,62	96,78%	62,33%	3,22%	37,67%
4	3055,37	2888,11	103,199	2015,71	96,73%	58,90%	3,27%	41,10%
3	2788,82	2602,5	102,876	2019,52	96,44%	56,31%	3,56%	43,69%
2	2405,2	2097,47	110,108	2005,13	95,62%	51,13%	4,38%	48,87%
1	1571,86	1320,49	24,92	14,232	98,44%	98,93%	1,56%	1,07%

Tabel 5.69 Joint reaction kontrol SPRMK pada struktur dinding geser model 3

Lantai	Frame		Dinding Geser		Frame		Dinding Geser	
	Fx (kN)	Fy (kN)	Fx (kN)	Fy (kN)	Rasio X	Rasio Y	Rasio X	Rasio Y
15	2330,93	2773,91	1785,58	2762,14	56,62%	50,11%	43,38%	49,89%
14	3313,18	3726,98	1718,34	1306,32	65,85%	74,05%	34,15%	25,95%
13	2822,95	3061,75	2091,24	1629,28	57,44%	65,27%	42,56%	34,73%
12	2463,28	2644,38	1853,36	1415,55	57,06%	65,13%	42,94%	34,87%
11	2292,45	2483,06	1715,07	1282,86	57,20%	65,94%	42,80%	34,06%
10	2266,83	2558,44	1682,37	1281,85	57,40%	66,62%	42,60%	33,38%
9	2322,61	2692,2	1725,23	1335,29	57,38%	66,51%	42,62%	32,99%
8	2420,52	2849,13	1813,61	1428,53	57,17%	66,60%	42,83%	33,40%
7	2491,1	2948,06	1904,41	1549,2	56,67%	65,55%	43,33%	34,45%
6	2515,43	3062,86	1992,19	1702,25	55,80%	64,28%	44,20%	35,72%
5	2483,81	3006,16	2060,77	1847,72	54,65%	61,93%	45,35%	38,07%
4	2321,74	2875,04	2088,63	1984,63	52,64%	59,16%	47,36%	40,84%
3	2046,39	2537	2031,22	2045,3	50,19%	55,37%	49,81%	44,63%
2	1601,96	2042,32	1695,56	1756,79	48,58%	53,76%	51,42%	46,24%
1	1049,88	1319,55	27,131	33,851	97,48%	97,50%	2,52%	2,50%

Tabel 5.70 Joint reaction kontrol SPRMK pada struktur dinding geser model 4

Lantai	Frame		Dinding Geser		Frame		Dinding Geser	
	Fx (kN)	Fy (kN)	Fx (kN)	Fy (kN)	Rasio X	Rasio Y	Rasio X	Rasio Y
15	2579,43	3020,74	1990,34	209,86	56,45%	93,50%	43,55%	6,50%
14	3511,63	3805,24	1391,05	157,714	71,63%	96,02%	28,37%	3,98%
13	3167,42	3268,93	1606,05	117,866	66,35%	96,52%	33,65%	3,48%
12	2565,59	2901,29	1601,42	108,623	61,57%	96,39%	38,43%	3,61%
11	2366,09	2667,26	1456,41	99,035	61,90%	96,42%	38,10%	3,58%
10	2393,8	2595,66	1445,89	95,665	62,34%	96,45%	37,66%	3,55%
9	2527,53	2835,55	1516,21	103,608	62,50%	96,47%	37,50%	3,53%
8	2618,88	3040,99	1593,46	113,448	62,17%	96,40%	37,83%	3,60%
7	2716,09	3295,23	1696,41	125,251	61,55%	96,34%	38,45%	3,66%
6	2768,67	3392,55	1816,79	131,371	60,38%	96,27%	39,62%	3,73%
5	2762,88	3279,63	1929,98	130,512	58,87%	96,17%	41,13%	3,83%
4	2579,57	3103,02	2000,49	124,141	56,32%	96,15%	43,68%	3,85%
3	2276,94	2805,61	2000,21	118,371	53,23%	95,95%	46,77%	4,05%
2	1844,08	2292,67	1679,1	107,324	52,34%	95,53%	47,66%	4,47%
1	1204,49	1633,65	12,217	25,756	99,00%	98,45%	1,00%	1,55%

Tabel 5.71 Joint reaction kontrol SPRMK pada struktur dinding geser model 5

Lantai	Frame		Dinding Geser		Frame		Dinding Geser	
	Fx (kN)	Fy (kN)	Fx (kN)	Fy (kN)	Rasio X	Rasio Y	Rasio X	Rasio Y
15	2604,535	2356,452	3179,48	2130,75	45,03%	52,51%	54,97%	47,49%
14	3481,236	3269,571	1267,04	1431,13	73,32%	69,56%	26,68%	30,44%
13	2851,24	2703,094	1630,52	1695,83	63,62%	61,45%	36,38%	38,55%
12	2496,695	2338,752	1376,04	1478,08	64,47%	61,27%	35,53%	38,73%
11	2353,261	2209,978	1199,02	1376,9	66,25%	61,61%	33,75%	38,39%
10	2442,91	2234,533	1177,84	1371,38	67,47%	61,97%	32,53%	38,03%
9	2580,709	2310,975	1228,45	1413,98	67,75%	62,04%	32,25%	37,96%
8	2718,237	2429,464	1319,15	1506,8	67,33%	61,72%	32,67%	38,28%
7	2799,364	2549,182	1448,45	1630,88	65,90%	60,98%	34,10%	39,02%
6	2877,337	2569,876	1645,83	1745	63,61%	59,56%	36,39%	40,44%
5	2856,76	2529,139	1873,39	1862,45	60,39%	57,59%	39,61%	42,41%
4	2698,393	2397,223	2119,64	1976,05	56,01%	54,82%	43,99%	45,18%
3	2417,888	2124,894	2349,59	2025,16	57,13%	59,24%	55,51%	56,46%
2	2015,85	1714,807	2216,57	1872,3	47,63%	47,80%	52,37%	52,20%
1	1309,986	1104,579	45,798	35,061	96,62%	96,92%	3,38%	3,08%

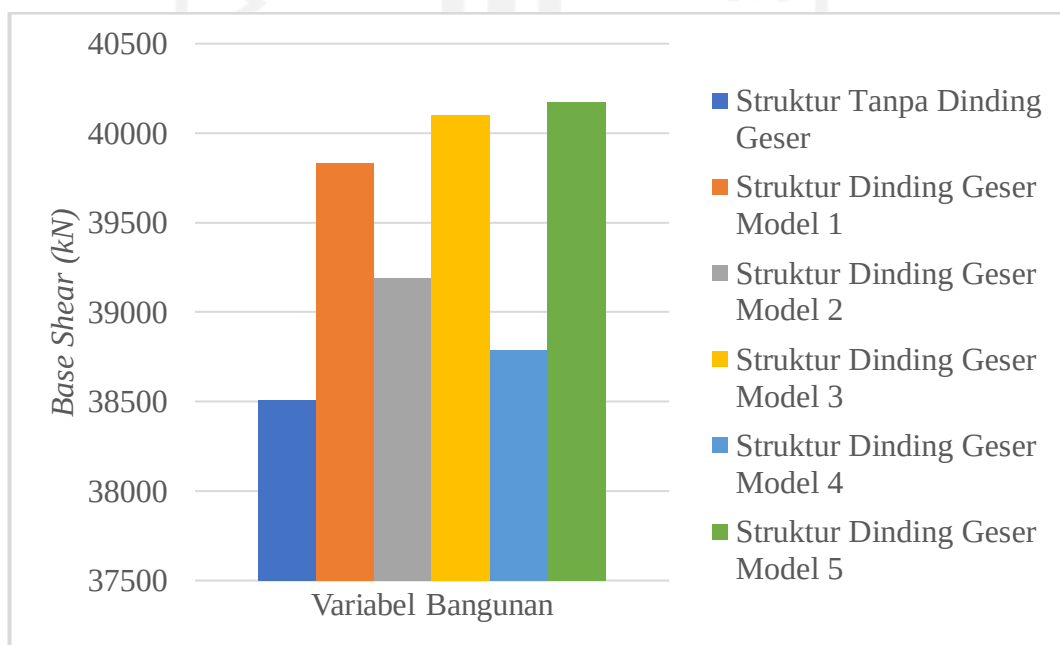
Dapat dilihat pada Tabel 5.49 sampai dengan Tabel 5.53 bahwa presentase struktur pemikul momen khusus lebih dari 25 persen pada gaya gempa arah x dan arah y, sehingga dapat disimpulkan bahwa ke 5 model tersebut memenuhi syarat dalam SNI 1726:2019 Pasal 7.2.2 tentang presentase SRPMK harus menahan gaya gempa paling sedikit 25 persen dari gaya seismik yang ditetapkan.

Berdasarkan Iswandi (2016), rangka pemikul momen harus direncanakan secara terpisah mampu memikul sekurang-kurangnya 25% dari seluruh beban lateral yang bekerja. Kedua sistem harus direncanakan untuk memikul secara bersama – sama seluruh beban lateral gempa, dengan memperhatikan interaksi keduanya.

5.10 Komparasi Respon Struktur

5.10.1 Base Shear

Gaya geser dasar (*base shear*) yang dihasilkan pada analisis statik ekuivalen (V) dan analisis kombinasi respons (V_i) dapat dilihat pada Tabel sebagai berikut.



Gambar 5.39 Gaya geser dasar

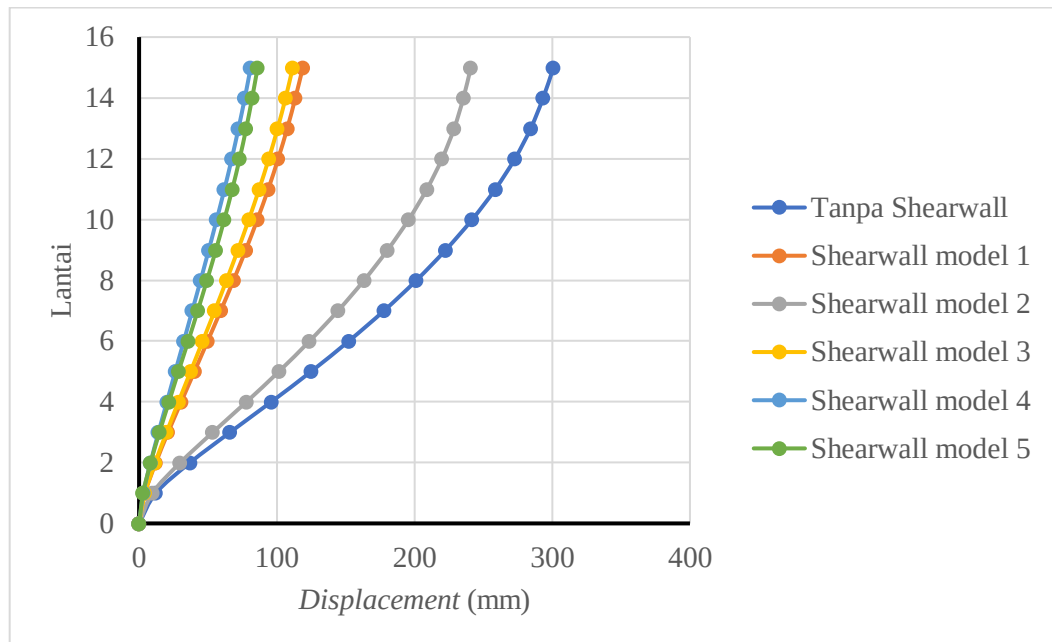
Tabel 5.72 Komparasi Nilai *Base Shear*

<i>Base Shear</i>		Struktur Tanpa Dinding Geser	Struktur Dinding Geser Model 1	Struktur Dinding Geser Model 2	Struktur Dinding Geser Model 3	Struktur Dinding Geser Model 4	Struktur Dinding Geser Model 5
Statik	E Q X	38509,3	39833,7	39192,51	40103,4	38791,9	40175,31
	E Q Y	38509,3	39833,7	39192,51	40103,4	38791,9	40175,31
Dinamik	R S X	38509	39833	39191,76	40103	38791	40175
	R S Y	38509	39833	39192,05	40103	38791	40175

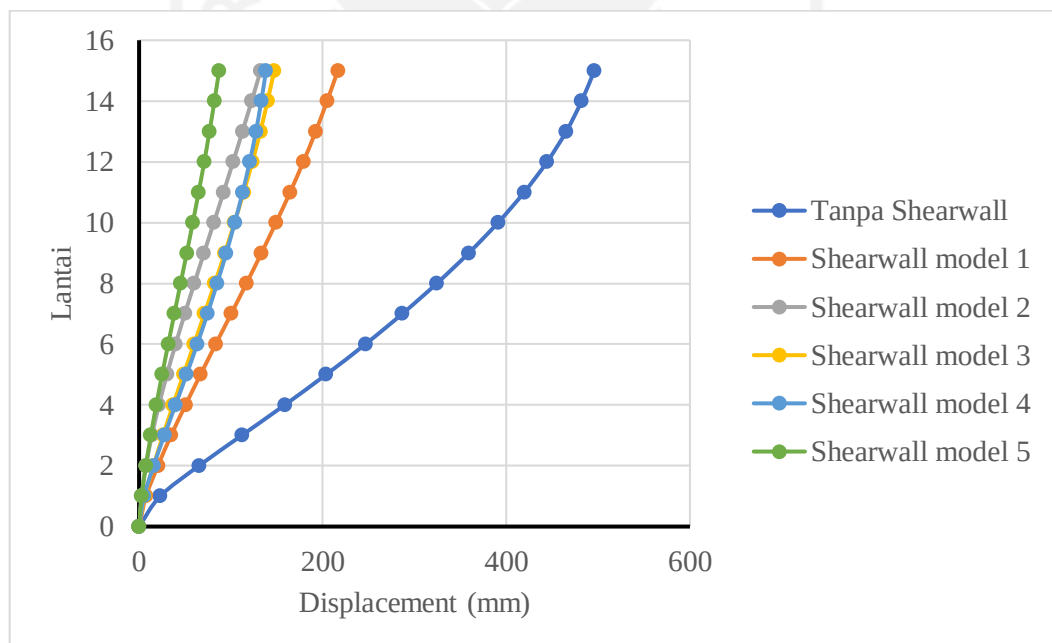
Berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 7.9.1.4.1 tentang penskalaan gaya, disebutkan bahwa kombinasi respons untuk gaya geser dasar (*base shear*) diharuskan tidak boleh kurang dari 100% yang dihitung melalui metode ekuivalen statik. Penskalaan kombinasi respons untuk gaya geser dasar dapat dilakukan dengan V/V_t dengan hasil komparasi harus 100%. Pada model struktur bangunan yang menggunakan dinding geser memiliki nilai geser dasar yang lebih besar dibandingkan dengan struktur tanpa dinding geser.

5.10.2 Displacement

Komparasi *displacement* yang terjadi akibat perbedaan model struktur bangunan dapat dilihat pada Tabel dan Gambar sebagai berikut.



Gambar 5.40 Komparasi *displacement* arah X



Gambar 5.41 Komparasi *displacement* arah Y

Pada komparasi *displacement* dapat dilihat bahwa penurunan yang signifikan terjadi karena terdapat perletakan dinding geser pada permodelan dengan struktur dinding geser. Pada hasil komparasi dapat dilihat bahwa nilai *displacement* teroptimum pada arah x terletak pada permodelan struktur dinding geser model 4

dan struktur dinding geser model 5, sedangkan hasil teroptimum untuk arah y adalah permodelan struktur dinding geser model 5. Sehingga, menempatkan struktur dinding geser model 5 sebagai model struktur yang paling optimum dalam analisis *displacement*.

Hasil analisis *displacement* juga ditentukan oleh perletakan dinding geser pada perencanaan bangunan, sehingga dapat dilihat pada permodelan yang memiliki bentuk *straight shape*, bahwa struktur dinding geser model 2 memiliki nilai arah x yang cenderung lebih besar dari pada arah y struktur dinding geser model 2. Pada permodelan struktur dinding geser model 4 memiliki nilai arah y yang cenderung lebih besar dari pada arah x struktur dinding geser model 4. Pada permodelan yang memiliki bentuk *L-Shape* seperti struktur dinding geser model 1, struktur dinding geser model 3, dan struktur dinding geser model 5 memiliki kecenderungan lebih stabil dan memiliki nilai lebih aman ketimbang dengan permodelan struktur dinding geser yang memiliki bentuk *straight shape*. Menurut Batu (2016), model struktur yang baik untuk mereduksi efek pada bangunan adalah model struktur dengan perletakan dinding geser yang dipasang mengelilingi pusat massa bangunan, dengan beragam bentuk bangunan yang tidak beraturan dianjurkan untuk menempatkan dinding geser pada pusat massa bangunan ataupun mengarah pada pusat massa bangunan, dengan perletakan dinding geser bentuk *L-Shape* di setiap sudut bangunan dapat menekan nilai simpangan yang terjadi pada bangunan struktur.

5.10.3 Drift Ratio

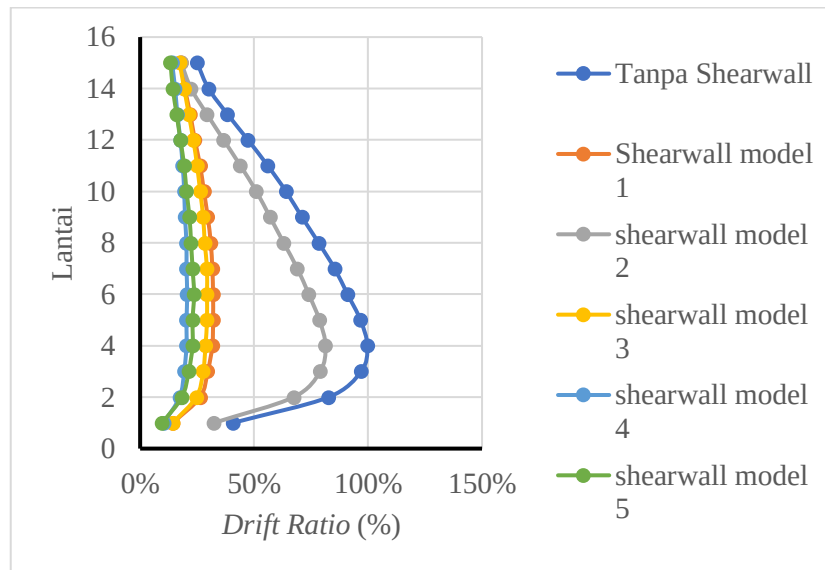
Komparasi *drift ratio* yang terjadi akibat perbedaan model struktur bangunan dapat dilihat pada Tabel dan Gambar sebagai berikut.

Tabel 5.74 Komparasi nilai *drift ratio*

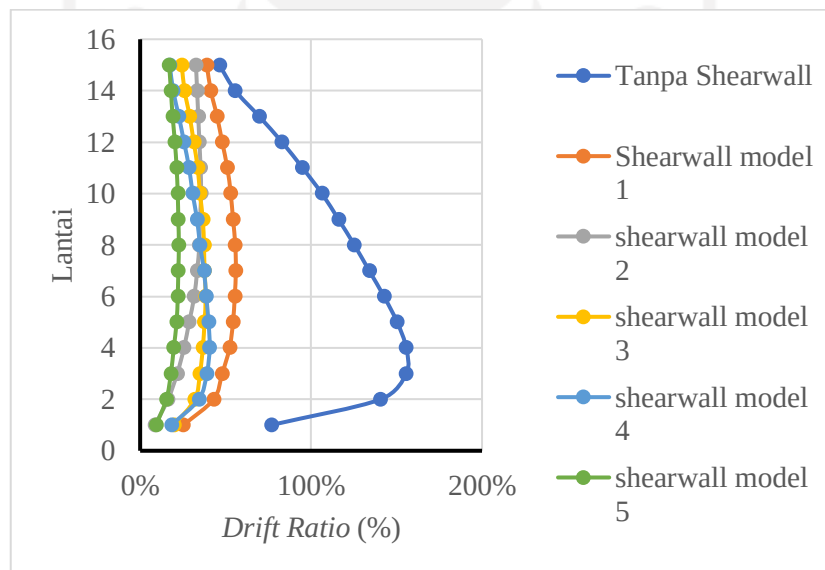
Lantai	<i>Drift Ratio</i>											
	Tanpa Dinding Geser		Dinding Geser Model 1		Dinding Geser Model 2		Dinding Geser Model 3		Dinding Geser Model 4		Dinding Geser Model 5	
	DR X	DR Y	DR X	DR Y	DR X	DR Y	DR X	DR Y	DR X	DR Y	DR X	DR Y
15	25,00%	46,33%	18,00 %	39,00 %	18,00 %	32,67 %	17,33 %	24,33 %	14,00 %	17,33 %	13,33 %	17,00 %
14	30,00%	55,67%	19,67 %	41,33 %	22,33 %	33,33 %	19,33 %	26,00 %	15,33 %	19,33 %	14,33 %	18,00 %
13	38,33%	69,67%	22,00 %	45,00 %	29,33 %	34,00 %	21,33 %	29,00 %	16,33 %	22,67 %	16,00 %	19,00 %
12	47,33%	83,00%	24,00 %	48,00 %	36,67 %	34,67 %	23,33 %	31,33 %	17,67 %	25,67 %	17,67 %	20,33 %
11	56,00%	95,00%	26,33 %	51,00 %	44,00 %	35,33 %	25,00 %	33,67 %	18,67 %	28,67 %	19,33 %	21,33 %
10	64,00%	106,33%	28,00 %	53,00 %	51,00 %	35,67 %	26,33 %	35,00 %	19,33 %	30,67 %	20,33 %	22,00 %
9	71,00%	116,00%	29,67 %	54,33 %	57,00 %	35,00 %	27,67 %	36,67 %	19,67 %	33,33 %	21,67 %	22,33 %
8	78,33%	125,33%	31,00 %	55,67 %	63,00 %	34,67 %	28,33 %	37,33 %	20,33 %	35,00 %	22,33 %	22,67 %
7	85,33%	134,00%	31,67 %	56,00 %	69,00 %	33,33 %	29,33 %	37,67 %	20,33 %	37,33 %	23,00 %	22,33 %
6	91,00%	142,67%	32,00 %	55,33 %	74,00 %	31,67 %	29,33 %	38,33 %	20,67 %	38,67 %	23,67 %	22,00 %

Tabel 5.74 Komparasi nilai *drift ratio* (Lanjutan)

Lantai	<i>Drift Ratio</i>											
	Tanpa Dinding Geser		Dinding Geser Model 1		Dinding Geser Model 2		Dinding Geser Model 3		Dinding Geser Model 4		Dinding Geser Model 5	
	DR X	DR Y	DR X	DR Y	DR X	DR Y	DR X	DR Y	DR X	DR Y	DR X	DR Y
5	96,67 %	150,33 %	32,00%	54,33%	78,67%	28,67%	29,33%	37,67%	20,33%	40,00%	23,00%	21,33%
4	99,67 %	155,67 %	31,67%	52,33%	81,33%	25,67%	28,67%	36,67%	20,33%	40,67%	23,00%	19,67%
3	97,00 %	155,67 %	29,67%	48,00%	79,00%	21,67%	27,67%	35,00%	19,33%	39,00%	21,33%	18,00%
2	82,67 %	140,67 %	26,33%	43,00%	67,33%	16,33%	24,67%	32,00%	17,33%	34,33%	18,33%	15,33%
1	40,67 %	76,67%	14,33%	25,33%	32,33%	8,67%	14,33%	20,00%	10,33%	18,33%	9,67%	9,33%



Gambar 5.42 Komparasi *drift ratio* arah X



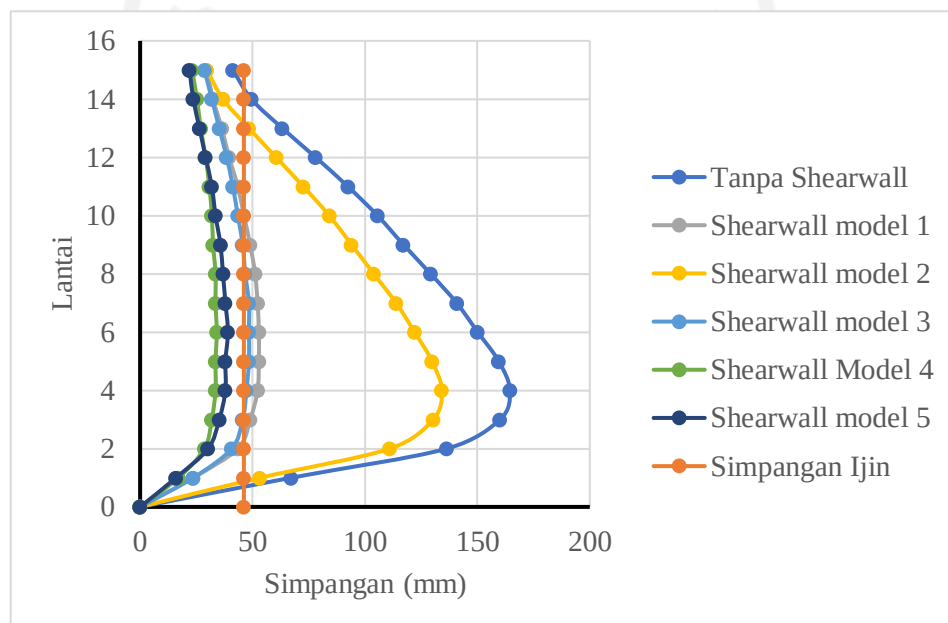
Gambar 5.43 Komparasi *drift ratio* arah Y

Pada komparasi nilai perbandingan *drift ratio* didapat pada masing – masing permodelan struktur dinding geser pada arah x terdapat pada permodelan struktur dinding geser model 4 dan pada arah y terdapat pada permodelan struktur dinding geser model 5. Pada perencanaan bangunan dengan menggunakan dinding geser dapat menurunkan simpangan yang terjadi pada setiap lantai bangunan. Analisis tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.42 dan Gambar 5.43 yang menunjukkan

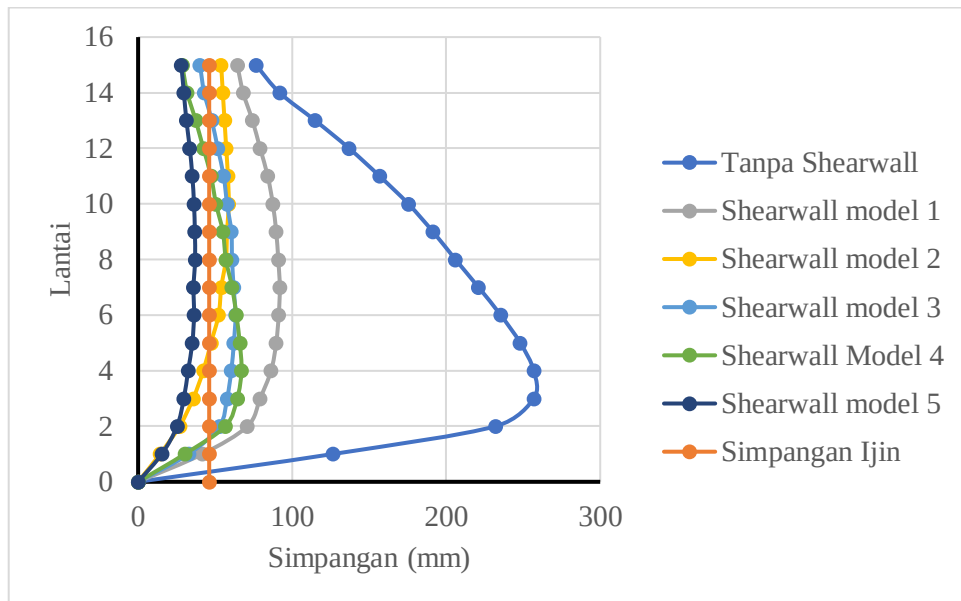
bahwa *drift ratio* antara struktur tanpa dinding geser dengan struktur dengan dinding geser model 1 sampai dengan 5 mengalami penurunan, sehingga penggunaan struktur dinding geser dinilai sangat tepat untuk mengurangi simpangan pada bangunan dan dapat menambahkan dalam segi faktor keamanan.

5.10.4 Simpangan Antar Lantai

. Komparasi simpangan antar lantai yang terjadi akibat perbedaan model struktur bangunan dapat dilihat pada Tabel dan Gambar sebagai berikut.



Gambar 5.44 Komparasi simpangan antar lantai arah X



Gambar 5.45 Komparasi simpangan antar lantai arah Y

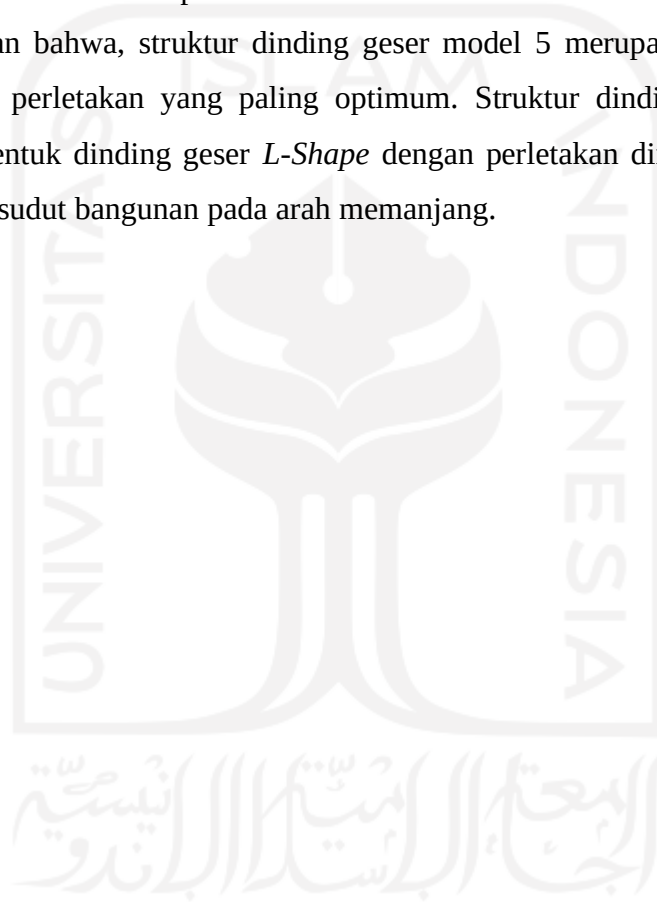
Tabel 5.75 Komparasi simpangan antar lantai arah X

Lantai	Simpangan Antar Lantai Arah X						
	Struktur Tanpa Dinding Geser (mm)	Struktur Dinding Geser Model 1 (mm)	Struktur Dinding Geser Model 2 (mm)	Struktur Dinding Geser Model 3 (mm)	Struktur Dinding Geser Model 4(mm)	Struktur Dinding Geser Model 5 (mm)	Simpangan Ijin (mm)
15	41,25	29,7	29,7	28,6	23,1	22	60
14	49,5	32,45	36,85	31,9	25,3	23,65	60
13	63,25	36,3	48,4	35,2	26,95	26,4	60
12	78,1	39,6	60,5	38,5	29,15	29,15	60
11	92,4	43,45	72,6	41,25	30,8	31,9	60
10	105,6	46,2	84,15	43,45	31,9	33,55	60
9	117,15	48,95	94,05	45,65	32,45	35,75	60
8	129,25	51,15	103,95	46,75	33,55	36,85	60
7	140,8	52,25	113,85	48,4	33,55	37,95	60
6	150,15	52,8	122,1	48,4	34,1	39,05	60
5	159,5	52,8	129,8	48,4	33,55	37,95	60
4	164,45	52,25	134,2	47,3	33,55	37,95	60
3	160,05	48,95	130,35	45,65	31,9	35,2	60
2	136,4	43,45	111,1	40,7	28,6	30,25	60
1	67,1	23,65	53,35	23,65	17,05	15,95	60
0	0	0	0	0	0	0	60

Tabel 5.76 Komparasi simpangan antar lantai arah Y

Lantai	Simpangan Antar Lantai Arah Y						
	Struktur Tanpa Dinding Geser (mm)	Struktur Dinding Geser Model 1 (mm)	Struktur Dinding Geser Model 2 (mm)	Struktur Dinding Geser Model 3 (mm)	Struktur Dinding Geser Model 4(mm)	Struktur Dinding Geser Model 5 (mm)	Simpangan Ijin (mm)
15	76,45	64,35	53,9	40,15	28,6	28,05	60
14	91,85	68,2	55	42,9	31,9	29,7	60
13	114,95	74,25	56,1	47,85	37,4	31,35	60
12	136,95	79,2	57,2	51,7	42,35	33,55	60
11	156,75	84,15	58,3	55,55	47,3	35,2	60
10	175,45	87,45	58,85	57,75	50,6	36,3	60
9	191,4	89,65	57,75	60,5	55	36,85	60
8	206	91	57	61	57	37	60
7	221	92	54	62	61	36	60
6	235,4	91,3	52,25	63,25	63,8	36,3	60
5	248,05	89,65	47,3	62,15	66	35,2	60
4	256,85	86,35	42,35	60,5	67,1	32,45	60
3	256,85	79,2	35,75	57,75	64,35	29,7	60
2	232,1	70,95	26,95	52,8	56,65	25,3	60
1	126,5	41,8	14,3	33	30,25	15,4	60
0	0	0	0	0	0	0	60

Pada hasil simpangan antar lantai pada berbagai tipe model dinding geser memiliki hasil yang berbeda, jika ditinjau pada perletakan dinding geser hasil simpangan antar tingkat akan lebih kecil pada sumbu yang terdapat perletakan dinding geser di sumbu tersebut. Seperti yang dapat dilihat pada struktur dinding geser model 2 akan lebih dominan menurunkan simpangan antar lantai pada arah y, begitu pula pada struktur dinding geser model 4 akan lebih dominan menurunkan simpangan antar lantai pada arah x. Pada Gambar 5.44 dan Gambar 5.45 menunjukkan bahwa, struktur dinding geser model 5 merupakan model dengan bentuk dan perletakan yang paling optimum. Struktur dinding geser model 5 memiliki bentuk dinding geser *L-Shape* dengan perletakan dinding geser berada pada setiap sudut bangunan pada arah memanjang.



BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan hasil analisis terhadap variasi bentuk dan penempatan dinding geser berdasarkan SNI 1726:2019 adalah sebagai berikut.

1. Nilai geser dasar yang dihasilkan dari permodelan struktur bangunan adalah sebagai berikut.
 - a. Pada model struktur bangunan yang menggunakan dinding geser memiliki nilai geser dasar yang lebih besar dibandingkan dengan struktur tanpa dinding geser.
 - b. Nilai geser dasar terbesar didapatkan pada struktur dinding geser model 5 sebesar 40175 kN.
2. *Displacement* yang dihasilkan dari keenam permodelan struktur adalah sebagai berikut.
 - a. Permodelan dengan nilai terefektif pada arah x adalah permodelan struktur dinding geser model 4 dan struktur dinding geser model 5, sedangkan pada arah y adalah permodelan struktur dinding geser model 5. Hasil dikatakan efektif dikarenakan memiliki selisih nilai paling besar jika dibandingkan dengan struktur tanpa dinding geser.
 - b. Permodelan dengan nilai terkecil pada arah x adalah permodelan struktur dinding geser model 4 dan struktur dinding geser model 5 sebesar 40 mm, sedangkan pada arah y adalah permodelan struktur dinding geser model 5 sebesar 42 mm.
3. Perbandingan nilai *drift ratio* adalah sebagai berikut.
 - a. Nilai perbandingan *drift ratio* maksimum yang didapatkan pada nilai terefektif pada arah x adalah pada struktur dinding geser model 4 sebesar 20,67% dan nilai *drift ratio* terefektif didapatkan pada struktur dinding geser model 5 dengan nilai sebesar 22,67%.

4. Nilai simpangan antar lantai adalah sebagai berikut.
 - a. Nilai simpangan terkecil terdapat pada struktur dinding geser model 5 dengan penurunan simpangan antar lantai arah x sebesar 126,5 mm dengan presentase penurunan sebesar 76,29%. Pada struktur dinding geser model 5 penurunan simpangan antar lantai arah y sebesar 227,15 mm dengan presentase penurunan 88,44%.
 - b. Struktur dinding geser model 5 merupakan model terfektif dalam parameter simpangan antar lantai, dengan nilai simpangan yang relatif kecil dibandingkan model lainnya.
5. Pola simpangan / pola goyangan yang didapatkan pada analisa menggunakan permodelan aplikasi SAP2000 adalah sebagai berikut.
 - a. Pola goyangan pada masing-masing struktur memiliki translasi pada mode pertama, translasi pada mode ke-dua, dan rotasi pada mode ke-tiga. Translasi pada perencanaan bangunan yang dihasilkan dapat terjadi pada arah x maupun arah y tergantung kepada penempatan dinding geser pada bangunan.

6.2 Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan sebagai pengembangan dalam penelitian ini diuraikan sebagai berikut ini.

1. Pada penelitian selanjutnya dapat menggunakan beberapa variasi penempatan dinding geser dengan penyesuaian kondisi bangunan.
2. Menggunakan analisis *time history* dengan menyesuaikan peraturan SNI 1726:2019 ataupun peraturan terbaru lainnya.
3. Memilih struktur dengan denah ketidakberaturan horizontal bentuk lain, maupun ketidakberaturan vertikal pada perencanaan gedung selanjutnya.
4. Memakai aplikasi lain yang memungkinkan dalam membantu penelitian.
5. Pada penelitian selanjutnya menggunakan bangunan eksisting dalam penelitian agar hasil lebih akurat dalam pengaplikasian di lapangan.
6. Menggunakan penambahan variabel lainnya dalam menahan gaya lateral, contohnya saja perpaduan model struktur *bracing* dan *outrigger*.

7. Asumsi tumpuan jepit akan lebih realistis apabila diletakkan di posisi struktur *pile cap*.



DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, W. dan Rizwanullah, 2017, Comparative analysis of an irregular structure with dinding geser and without dinding geser frame system, *International research journal of engineering and technology (IRJET)*, Volume 4, issue 07, Al-Falah University, India,
- Andalas, G., Suyadi, & Husni, H. R. (2016). Analisis Layout Shearwall Terhadap Perilaku Struktur Gedung. *Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung*.
- Astariani, N. K., 2010, Pengaruh torsi pada bangunan, *Ganec Swara*, Edisi khusus vol,4 No,3, Fakultas Teknik Universitas Ngurai Rai Denpasar, Denpasar,
- Batu, M. L., Servie, B., Dapas S. O., & Wallah, S. E. (2016). Efisiensi Penggunaan Dinding Geser Untuk Mereduksi Efek Torsi Pada Bangunan Yang Tidak Beraturan. *Jurnal Sipil Statik Januari*, 4(1), 29–35, Universitas Sam Ratulangi, Manado,
- Effendi, F., Wesli, W., Chandra, Y., & Akbar, S. J. (2018). Studi Penempatan Dinding Geser Terhadap Waktu Getar Alami Fundamental Struktur Gedung. *Teras Jurnal*, 7(2), 274, , Universitas Malikussaleh, Aceh,
- Fauziah, L., Sumajouw, M. D. J., Dapas, S. O., Windah, R. S., 2013, Pengaruh penempatan dan posisi dinding geser terhadap simpangan bangunan beton bertulang bertingkat banyak akibat beban gempa, *Jurnal Sipil Statik*, Vol,1 No,7 Juni 2013 (466-472), Universitas Sam Ratulangi, Manado,
- Hyundai Elevator.2015. *Planning Guide Hyundai Elevator: C-EPG-E1705*.Korea
- Iswandi, I., Fajar H., 2016 Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang, ITB Press, Bandung,
- Majore, B. O., Wallah, S. E., & Dapas, S. O. (2015). Studi perbandingan respons dinamik bangunan bertingkat banyak dengan variasi tata letak dinding geser. *Jurnal Sipil Statik*, Vol,3 No,6 Juni 2015 (435-446), Universitas Sam Ratulagi, Manado,
- Manalip, H.,Kumaat, E.J., Runtu, F. I., 2015, Penempatan Dinding Geser Pada Banguna beton Bertulang Dengan Analisa *Pushover*, *Jurnal Ilmiah Media Engineering Vol. 5 No.1*, Universitas Sam Ratulagi, Manado,
- Muhammad Dicky Pratama Putra, 2018, Perbandingan Struktur Gedung Tidak Beraturan Horizontal Berbentuk “L” Terhadap Kondisi Sistem *Rigid Floor*

Flexuran Floor, dan Sistem Dinding Geser, Skripsi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan,

PPURG, 1987, *Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung*, Yayasan Badan Penerbit PU, Jakarta,

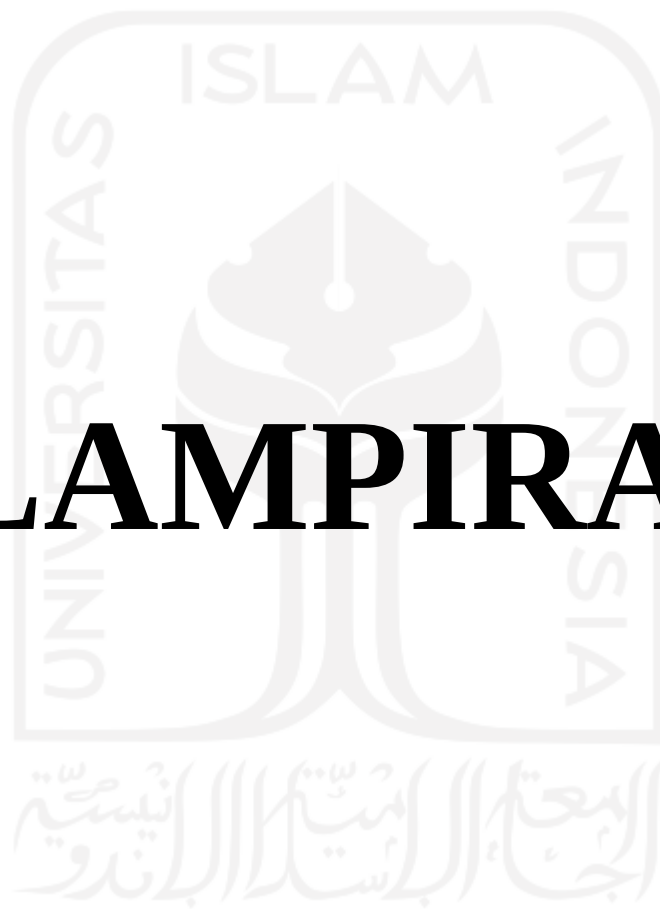
Standar Nasional Indonesia, 2019, *Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung*, SNI 1726, Jakarta,

Standar Nasional Indonesia, 2013, *Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan*, SNI 2847, Jakarta,

Standar Nasional Indonesia, 2013, *Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain*, SNI 1727, Jakarta,



LAMPIRAN



Lampiran 1 Surat Keterangan Hasil Cek Plagiasi



Direktorat Perpustakaan Universitas Islam Indonesia
Gedung Moh. Hatta
Jl. Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext.2301
F. (0274) 898444 psw.2091
E. perpustakaan@uii.ac.id
W. library.uui.ac.id

SURAT KETERANGAN HASIL CEK PLAGIASI

Nomor: 1516002176/Perpus./10/Dir.Perpus/II/2021

Bismillaahirrahmaanirrahiim

Assalamualaikum Wr. Wb.

Dengan ini, menerangkan Bahwa:

Nama : Anas Hoga Prathama
Nomor Mahasiswa : 16511097
Pembimbing : Prof. Ir. Mochamad Teguh, MSCE., Ph.D.
Fakultas / Prodi : Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan/ Teknik Sipil
Judul Karya Ilmiah : KOMPARASI RESPON DINAMIK STRUKTUR PADA GEDUNG BERTINGKAT DENGAN VARIASI BENTUK DAN PENEMPATAN DINDING GESER MENGACU SNI 1726-2019

Karya ilmiah yang bersangkutan di atas telah melalui proses cek plagiasi menggunakan **Turnitin** dengan hasil kemiripan (*similarity*) sebesar **11 (Sebelas) %**.

Demikian Surat Keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

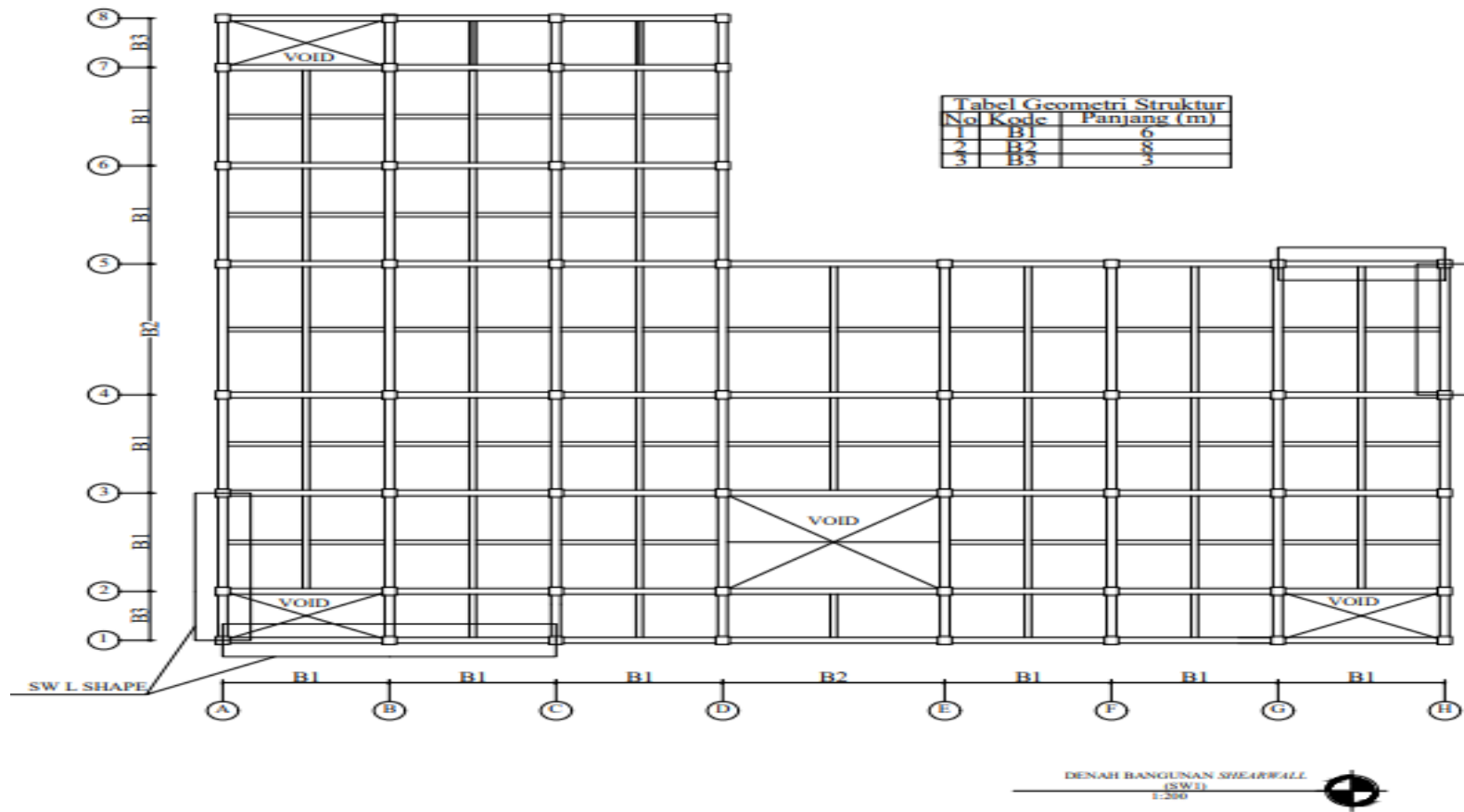
Yogyakarta, 23 Februari 2021

Direktur

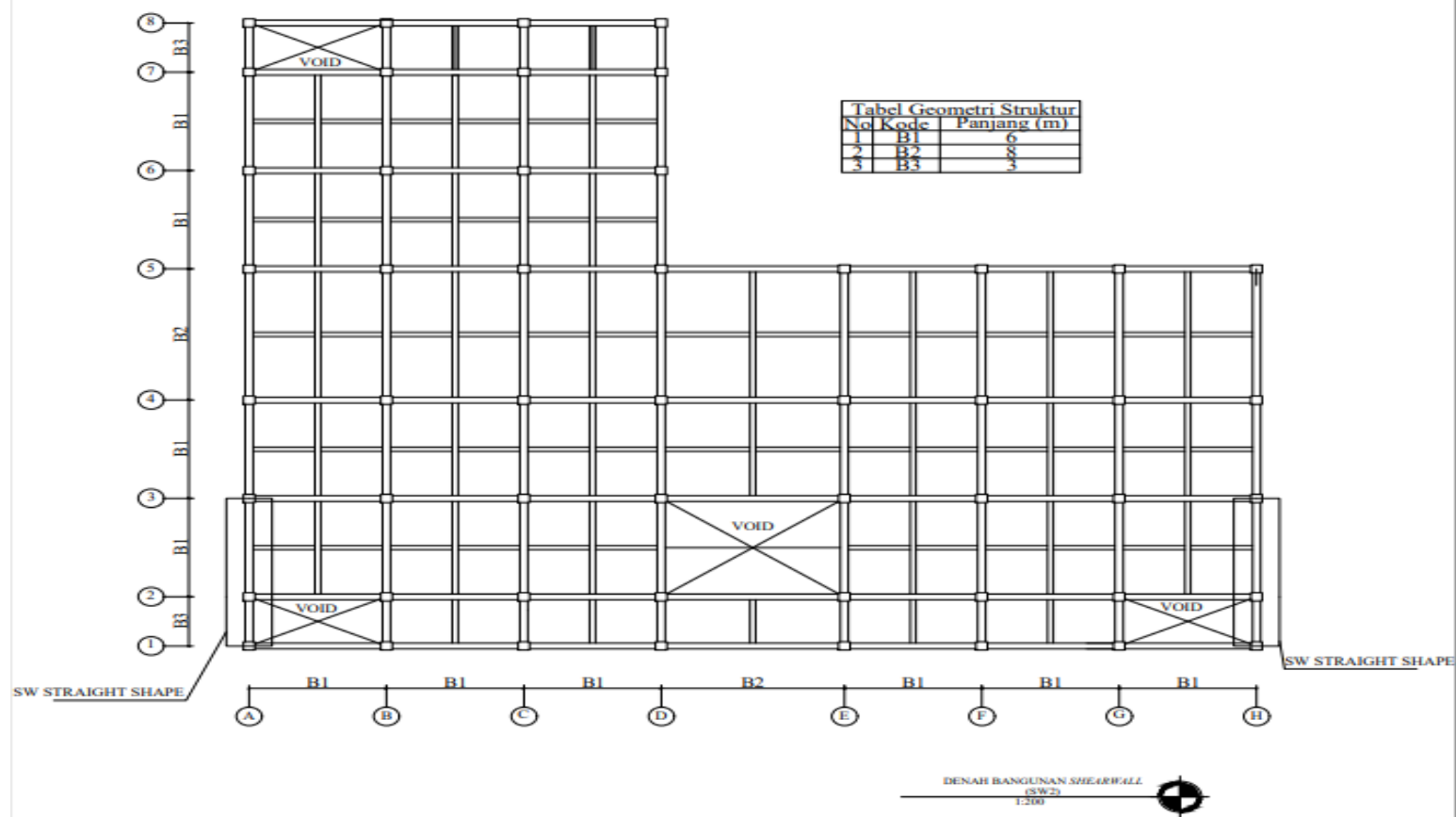


Joko S. Prianto, SIP., M.Hum

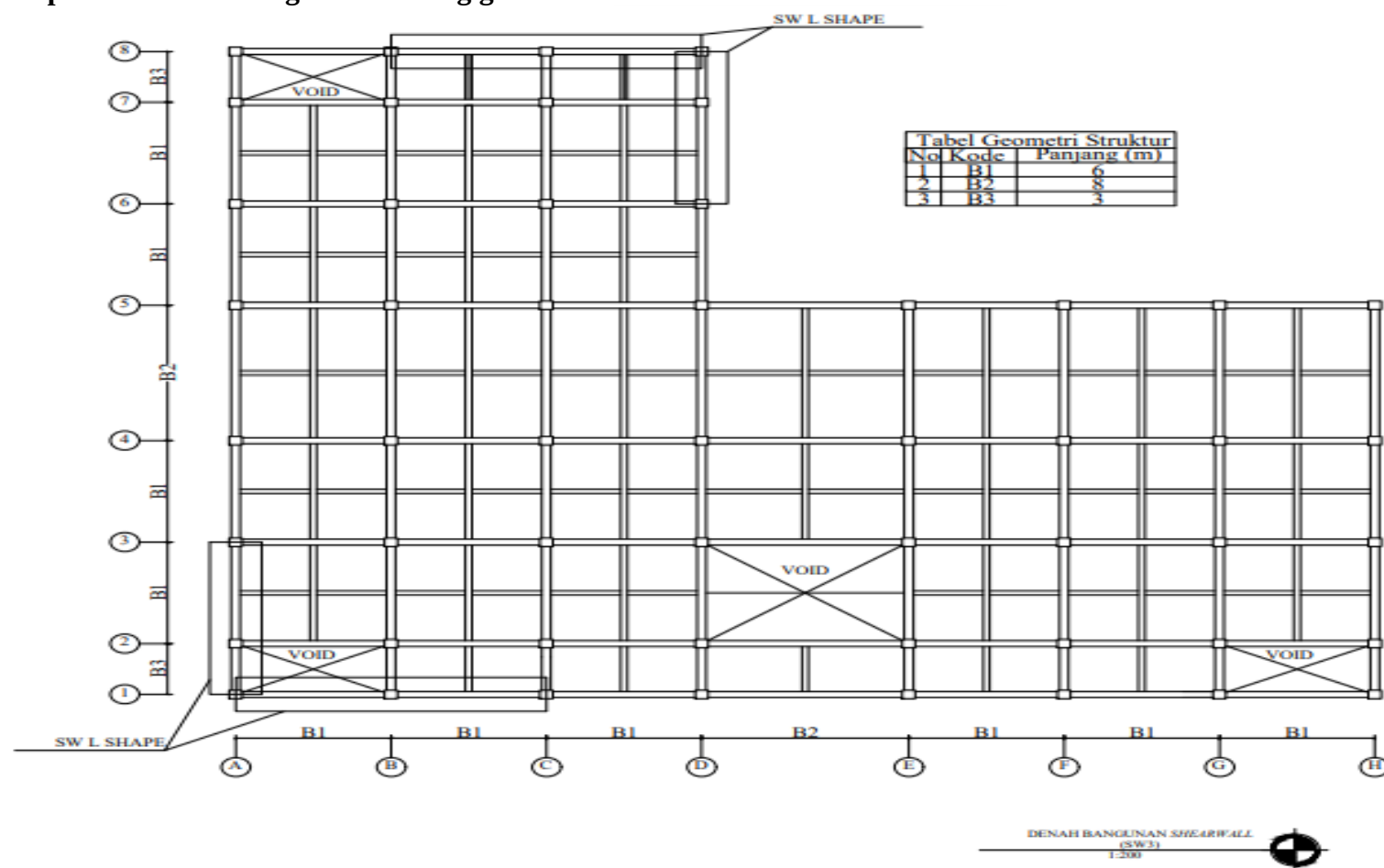
Lampiran 2 Denah Bangunan Dinding geser Model 1



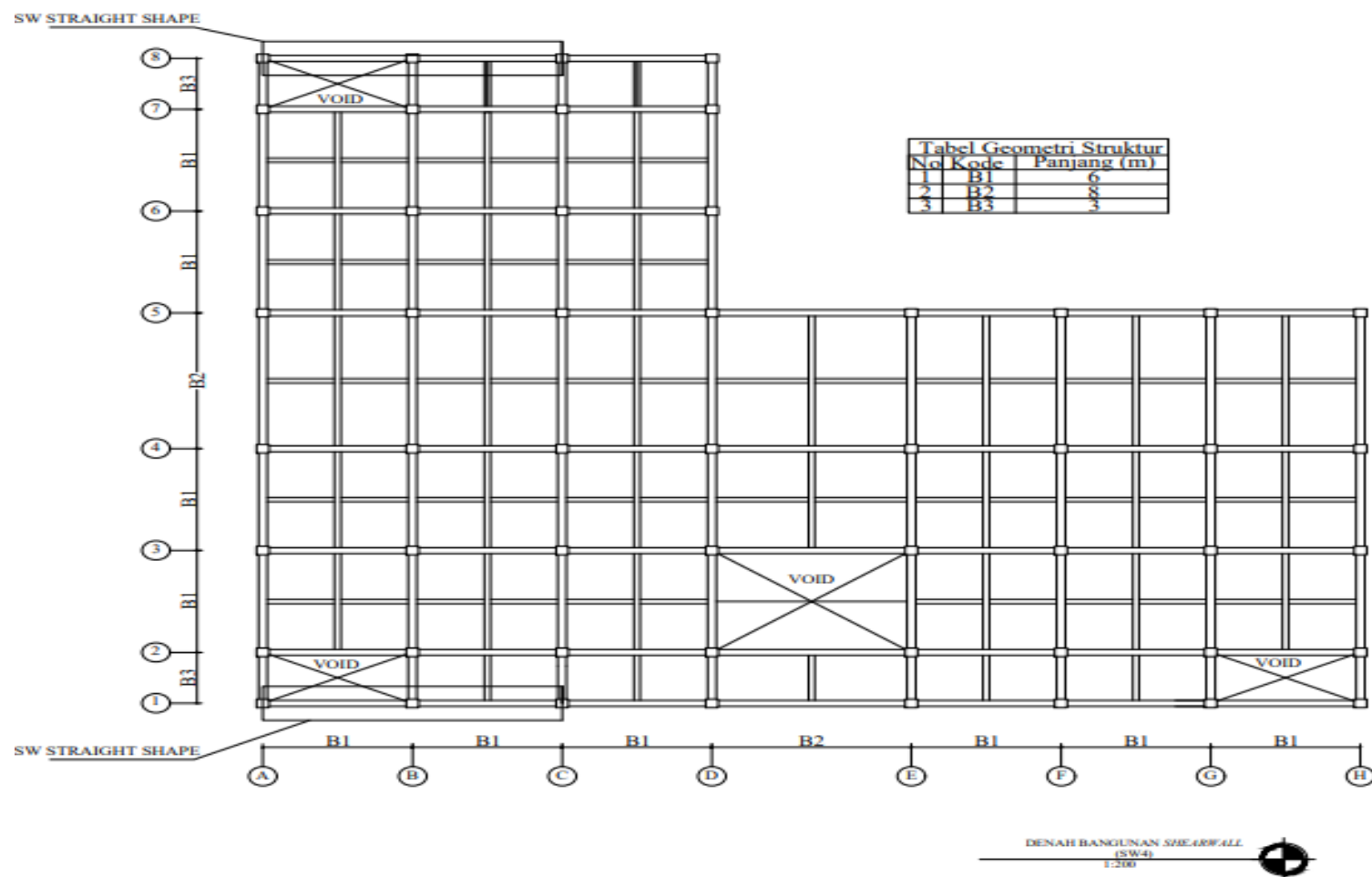
Lampiran 3 Denah Bangunan Dinding geser Model 2



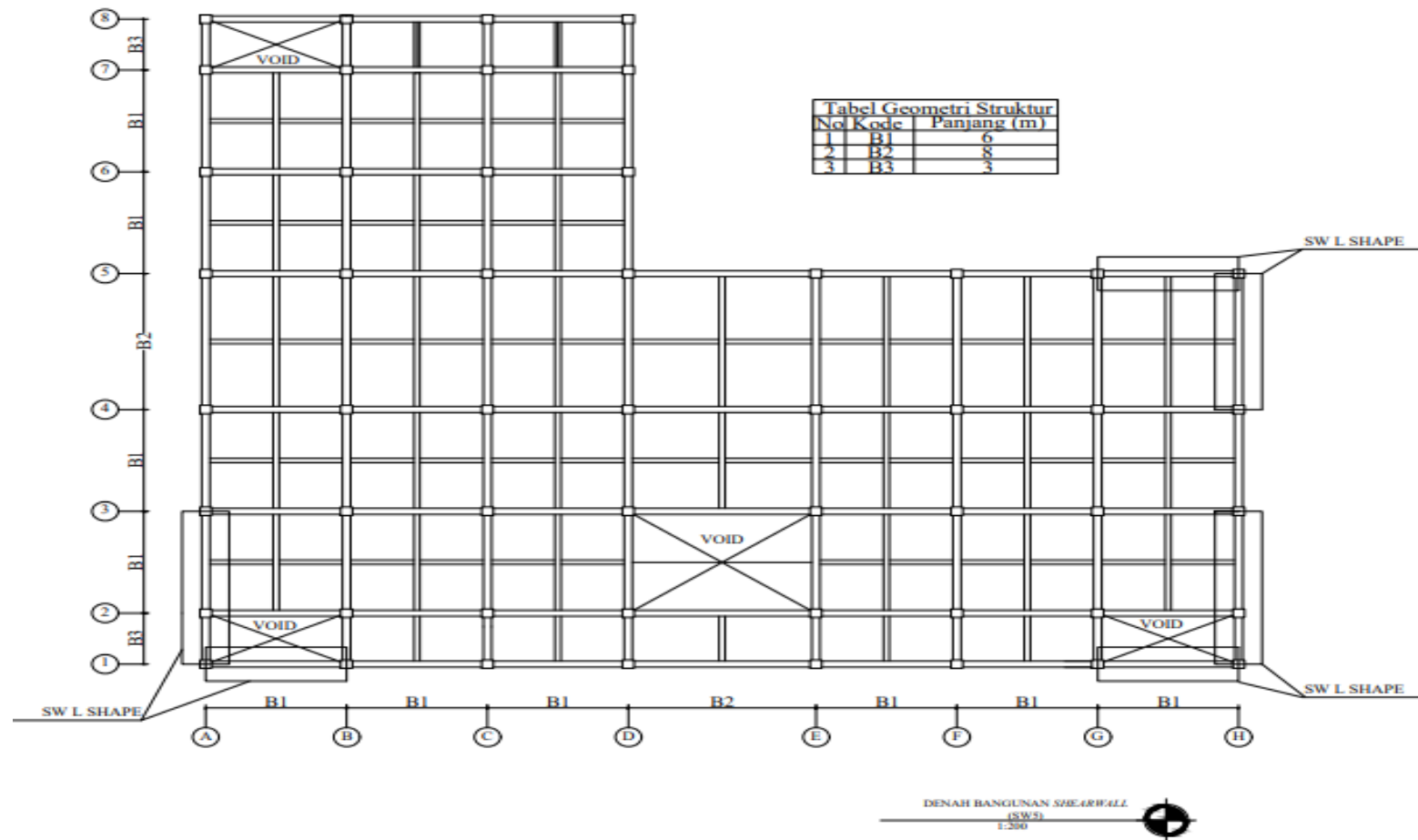
Lampiran 4 Denah Bangunan Dinding geser Model 3



Lampiran 5 Denah Bangunan Dinding geser Model 4



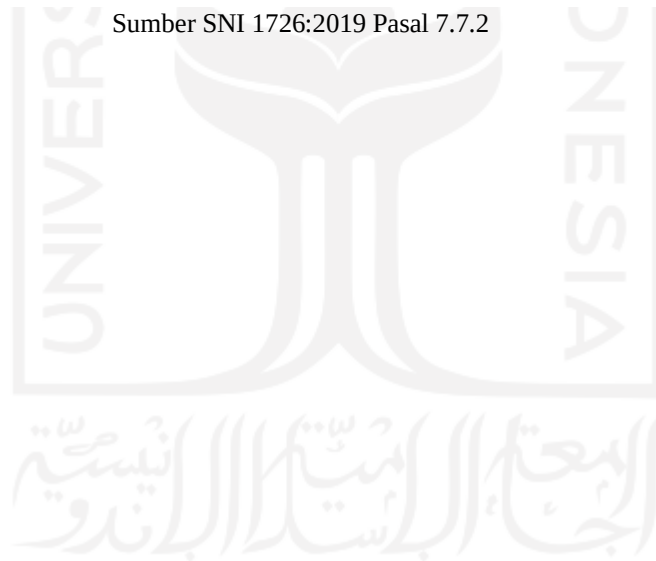
Lampiran 6 Denah Bangunan Dinding geser Model 5



Lampiran 7 Prosedur Analisis yang Diizinkan

Kategori desain seismik	Karakteristik struktur	Analisis gaya lateral ekuivalen pasal 0	Analisis spektrum respons ragam pasal 0	Prosedur respons riwayat waktu seismik pasal 0
B, C	Semua struktur	I	I	I
D, E, F	Bangunan dengan kategori risiko I atau II yang tidak melebihi 2 tingkat diatas dasar	I	I	I
	Struktur tanpa ketidakberaturan struktural dan ketinggiannya tidak melebihi 48,8 m	I	I	I
	Struktur tanpa ketidakberaturan struktural dengan ketinggian melebihi 48,8 m dan $T < 3,5 T_s$	I	I	I
	Struktur dengan ketinggian tidak melebihi 48,8 m dan hanya memiliki ketidakberaturan horizontal tipe 2,3,4 atau 5 atau ketidakberaturan vertikal tipe 4, 5a atau 5b	I	I	I
	Semua struktur lainnya	TI	I	I

Sumber SNI 1726:2019 Pasal 7.7.2



Lampiran 8 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung Untuk Beban Gempa

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

Sumber SNI 1726:2019 Pasal 4.1.2

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

Sumber SNI 1726:2019 Pasal 4.1.2

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

Sumber SNI 1726:2019 Pasal 4.1.2

Lampiran 9 Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk sistem pemikul gaya seismik

Sistem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat lebih sistem, Ω_0^b	Faktor pembesaran defleksi, C_d^c	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m) ^d				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^e	E ^e	F ^f
A. Sistem dinding penumpu								
1. Dinding geser beton bertulang khusus ^{g,h}	5	2½	5	TB	TB	48	48	30
2. Dinding geser beton bertulang biasa ^g	4	2½	4	TB	TB	TI	TI	TI
3. Dinding geser beton polos didetail ^g	2	2½	2	TB	TI	TI	TI	TI
4. Dinding geser beton polos biasa ^g	1½	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI
5. Dinding geser pracetak menengah ^g	4	2½	4	TB	TB	12 ⁱ	12 ⁱ	12 ⁱ
6. Dinding geser pracetak biasa ^g	3	2½	3	TB	TI	TI	TI	TI
7. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5	2½	3½	TB	TB	48	48	30
8. Dinding geser batu bata bertulang menengah	3½	2½	2½	TB	TB	TI	TI	TI
9. Dinding geser batu bata bertulang biasa	2	2½	1½	TB	48	TI	TI	TI
10. Dinding geser batu bata polos didetail	2	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI
11. Dinding geser batu bata polos biasa	1½	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI
12. Dinding geser batu bata prategang	1½	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI
13. Dinding geser batu bata ringan (AAC) bertulang biasa	2	2½	2	TB	10	TI	TI	TI
14. Dinding geser batu bata ringan (AAC) polos biasa	1½	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI
15. Dinding rangka ringan (kayu) dilapisi dengan panel struktur kayu yang ditujukan untuk tahanan geser, atau dengan lembaran baja	6½	3	4	TB	TB	20	20	20
16. Dinding rangka ringan (baja canai dingin) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang ditujukan untuk tahanan geser, atau dengan lembaran baja	6½	3	4	TB	TB	20	20	20
17. Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2	2½	2	TB	TB	10	TI	TI
18. Sistem dinding rangka ringan (baja canai dingin) menggunakan bresing strip datar	4	2	3½	TB	TB	20	20	20
B. Sistem rangka bangunan								
1. Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2	4	TB	TB	48	48	30
2. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	6	2	5	TB	TB	48	48	30
3. Rangka baja dengan bresing konsentris biasa	3½	2	3½	TB	TB	10 ^j	10 ^j	TI ^k
4. Dinding geser beton bertulang khusus ^{g,h}	6	2½	5	TB	TB	48	48	30
5. Dinding geser beton bertulang biasa ^g	5	2½	4½	TB	TB	TI	TI	TI
6. Dinding geser beton polos detail ^g	2	2½	2	TB	TI	TI	TI	TI
7. Dinding geser beton polos biasa ^g	1½	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI
8. Dinding geser pracetak menengah ^g	5	2½	4½	TB	TB	12 ⁱ	12 ⁱ	12 ⁱ
9. Dinding geser pracetak biasa ^g	4	2½	4	TB	TI	TI	TI	TI
10. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	2	4	TB	TB	48	48	30
11. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	5	2	4½	TB	TB	48	48	30
12. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing biasa	3	2	3	TB	TB	TI	TI	TI
13. Dinding geser pelat baja dan beton komposit	6½	2½	5½	TB	TB	48	48	30
14. Dinding geser baja dan beton komposit khusus	6	2½	5	TB	TB	48	48	30
15. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	5	2½	4½	TB	TB	TI	TI	TI
16. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5½	2½	4	TB	TB	48	48	30
17. Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	2½	4	TB	TB	TI	TI	TI
18. Dinding geser batu bata bertulang biasa	2	2½	2	TB	48	TI	TI	TI

Sumber SNI 1726:2019 Pasal 7.2.2

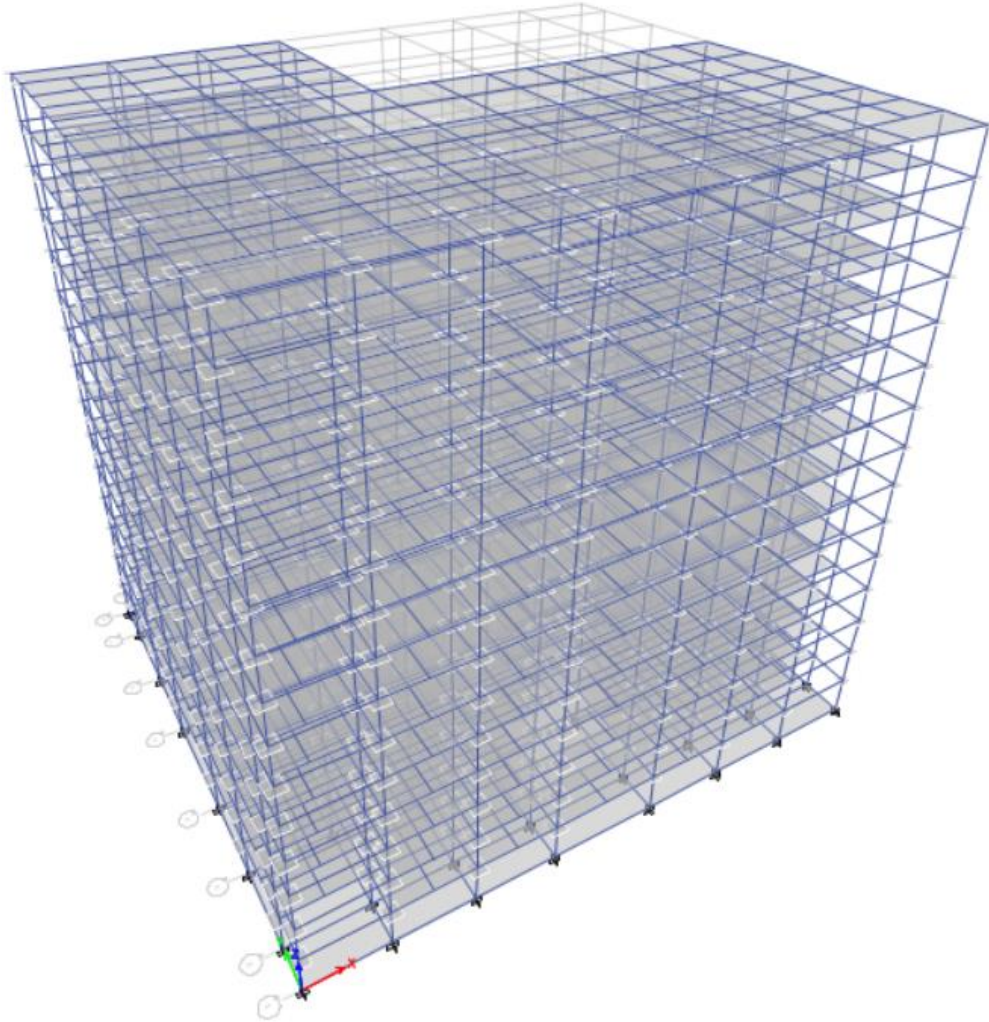
Sistem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat lebih sistem, Ω_o^b	Faktor pembesaran defleksi, C_d^c	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m) ^d				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^e	E ^e	F ^f
19. Dinding geser batu bata polos didetail	2	2½	2	TB	TI	TI	TI	TI
20. Dinding geser batu bata polos biasa	1½	2½	1¼	TB	TI	TI	TI	TI
21. Dinding geser batu bata prategang	1½	2½	1¼	TB	TI	TI	TI	TI
22. Dinding rangka ringan (kayu) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser	7	2½	4½	TB	TB	22	22	22
23. Dinding rangka ringan (baja canal dingin) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser, atau dengan lembaran baja	7	2½	4½	TB	TB	22	22	22
24. Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2½	2½	2½	TB	TB	10	TB	TB
25. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	48	48	30
26. Dinding geser pelat baja khusus	7	2	6	TB	TB	48	48	30
C. Sistem rangka pemikul momen								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5½	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4½	3	4	TB	TB	10 ^g	TI ^h	TI ^h
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI ⁱ	TI ⁱ	TI ⁱ
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus ^m	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5½	48	48	30	TI	TI
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
12. Rangka baja canal dingin pemikul momen khusus dengan pembautan ⁿ	3½	3 ^o	3½	10	10	10	10	10
D. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 % gaya seismik yang ditetapkan								
1. Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
3. Dinding geser beton bertulang khusus ^{g,h}	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
4. Dinding geser beton bertulang biasa ^g	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI
5. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	6	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB
7. Dinding geser pelat baja dan beton komposit	7½	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB
8. Dinding geser baja dan beton komposit khusus	7	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB
9. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI
10. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5½	3	5	TB	TB	TB	TB	TB
11. Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	3	3½	TB	TB	TI	TI	TI
12. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB
13. Dinding geser pelat baja khusus	8	2½	6½	TB	TB	TB	TB	TB

Sumber SNI 1726:2019 Pasal 7.2.2

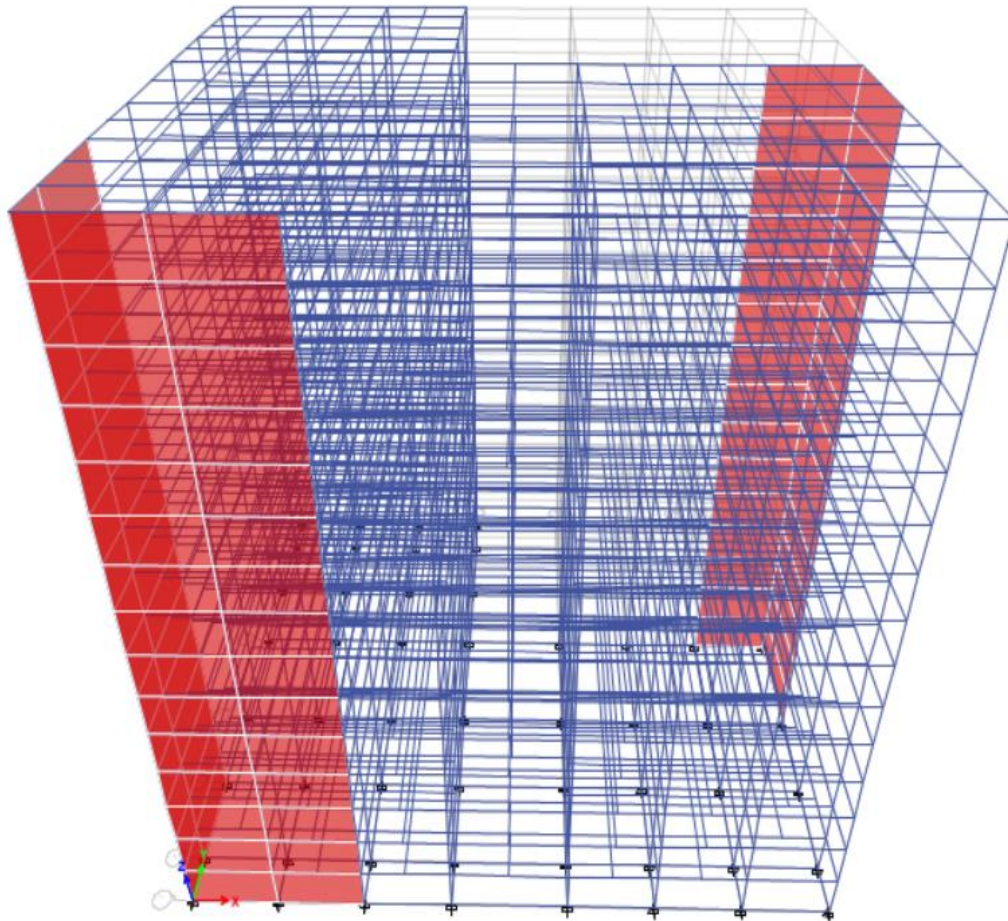
Sistem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat lebih sistem, Ω_0^b	Faktor pembesaran defleksi, C_d^c	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m) ^d				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^e	E ^e	F ^f
E. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen menengah mampu menahan paling sedikit 25 % gaya seismik yang ditetapkan								
1. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus ^g	6	2½	5	TB	TB	10	TI	TI
2. Dinding geser beton bertulang khusus ^{g,h}	6½	2½	5	TB	TB	48	30	30
3. Dinding geser batu bata bertulang biasa	3	3	2½	TB	48	TI	TI	TI
4. Dinding geser batu bata bertulang menengah	3½	3	3	TB	TB	TI	TI	TI
5. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	5½	2½	4½	TB	TB	48	30	TI
6. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing biasa	3½	2½	3	TB	TB	TI	TI	TI
7. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
8. Dinding geser beton bertulang biasa ^g	5½	2½	4½	TB	TB	TI	TI	TI
F. Sistem interaktif dinding geser-rangka dengan rangka pemikul momen beton bertulang biasa dan dinding geser beton bertulang biasa^g	4½	2½	4	TB	TI	TI	TI	TI
G. Sistem kolom kantilever didetail untuk memenuhi persyaratan untuk :								
1. Sistem kolom baja dengan kantilever khusus	2½	1¼	2½	10	10	10	10	10
2. Sistem kolom baja dengan kantilever biasa	1¼	1¼	1¼	10	10	TI ⁱ	TI ⁱ	TI ⁱ
3. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus ⁿ	2½	1¼	2½	10	10	10	10	10
4. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	1½	1¼	1½	10	10	TI	TI	TI
5. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	1	1¼	1	10	TI	TI	TI	TI
6. Rangka kayu	1¼	1¼	1¼	10	10	10	TI	TI
H. Sistem baja tidak didetail secara khusus untuk ketahanan seismik, tidak termasuk sistem kolom kantilever	3	3	3	TB	TB	TI	TI	TI

Sumber SNI 1726:2019 Pasal 7.2.2

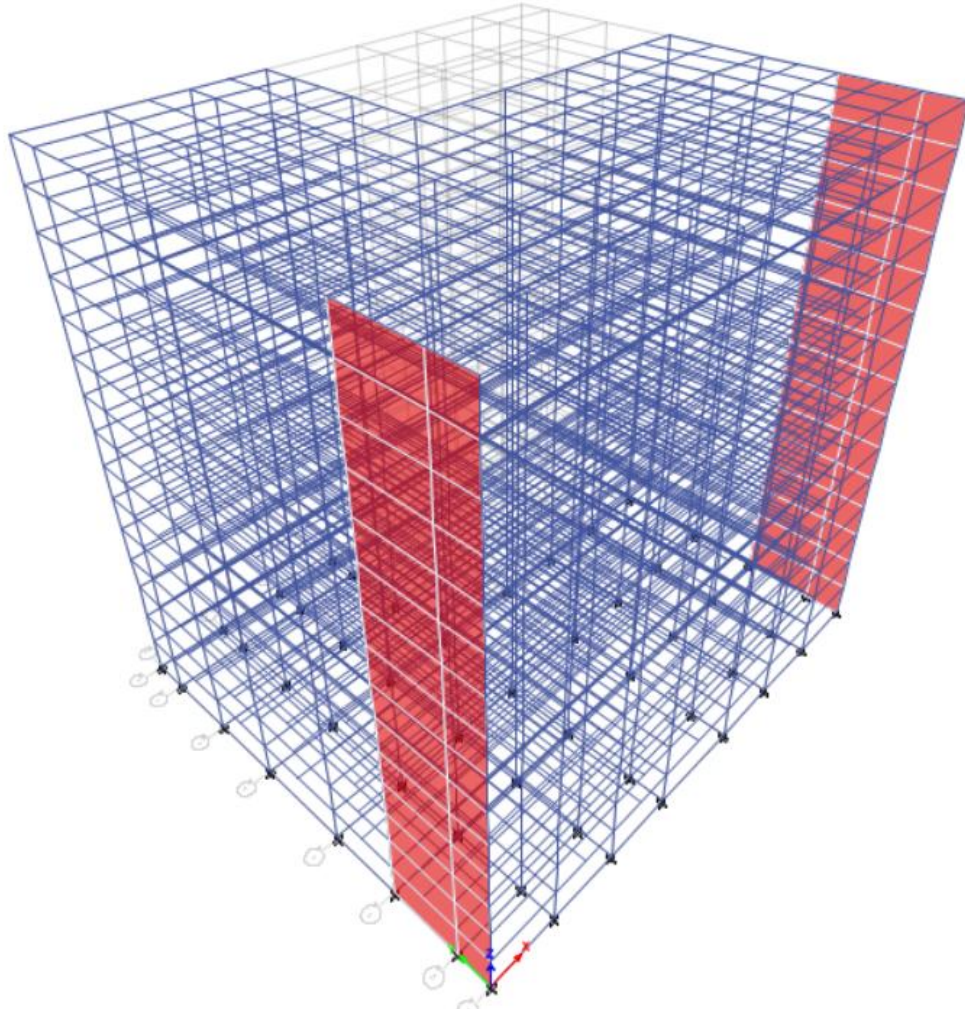
الجامعة الإسلامية

Lampiran 10 Permodelan Aplikasi SAP2000 Struktur Tanpa Dinding Geser

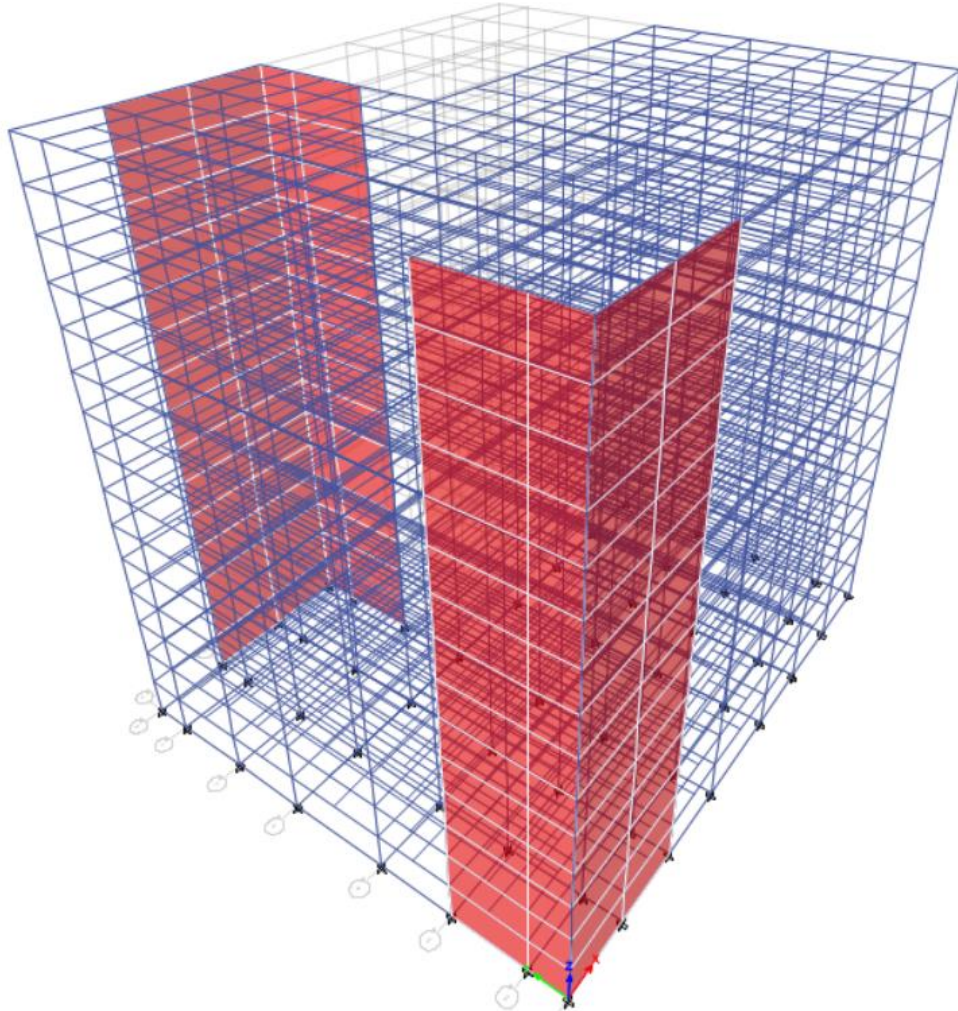
الجامعة الإسلامية
الاستاذ الدكتور

Lampiran 11 Permodelan Aplikasi SAP2000 Struktur Dinding Geser Model 1

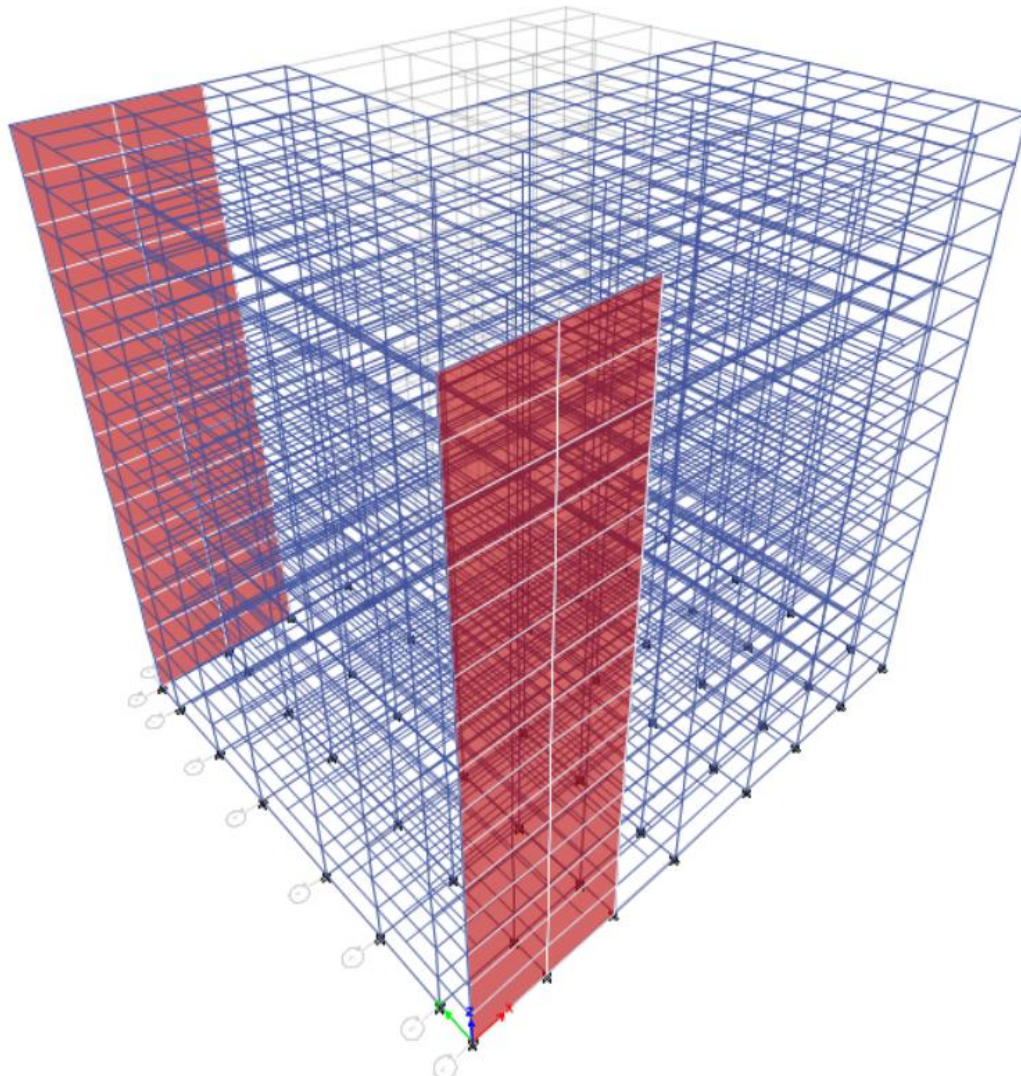
استاد ارشد

Lampiran 12 Permodelan Aplikasi SAP2000 Struktur Dinding Geser Model 2

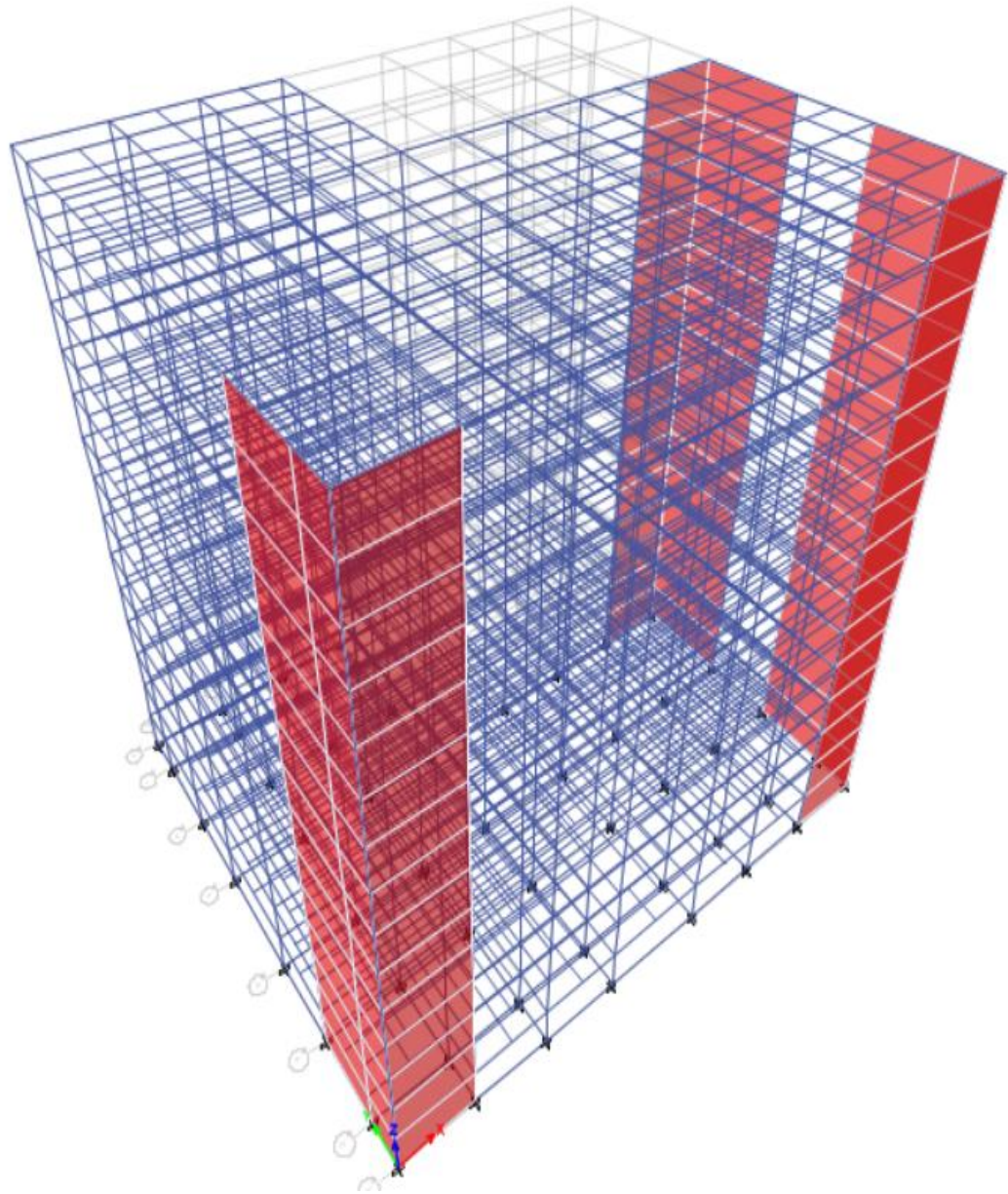
الجامعة الإسلامية
الاستاذ الدكتور

Lampiran 13 Permodelan Aplikasi SAP2000 Struktur Dinding Geser Model 3

الجامعة الإسلامية
الاستاذ الدكتور

Lampiran 14 Permodelan Aplikasi SAP2000 Struktur Dinding Geser Model 4

الجامعة الإسلامية

Lampiran 15 Permodelan Aplikasi SAP2000 Struktur Dinding Geser Model 5

Lampiran 16 Simpangan Antar Lantai Struktur Tanpa Dinding Geser

Tabel L16.1 Simpangan Antar Lantai Arah X untuk Struktur Tanpa Dinding Geser

Lantai	H	PX(kN)	VX(kN)	U1 (m)	U1 (mm)	$dx = U * Cd/I$	$\Delta = dx(i) - dx(i-1)$	$\Delta_{max} = 0,02 * h_{sx}$	$\Delta_{ijin} = \Delta_{max} / \rho$	$\Delta < \Delta_{ijin}$
	mm	kN	kN	m	mm	mm	mm	mm	mm	
15	3000	11660,817	3751,952	0,3009	300,9	1654,950	41,250	60	46,154	Oke
14	3000	35961,44	10065,38	0,2934	293,4	1613,700	49,500	60	46,154	Tidak Oke
13	3000	60262,062	15814,84	0,2844	284,4	1564,200	63,250	60	46,154	Tidak Oke
12	3000	84562,684	21011,63	0,2729	272,9	1500,950	78,100	60	46,154	Tidak Oke
11	3000	108863,307	25667,72	0,2587	258,7	1422,850	92,400	60	46,154	Tidak Oke
10	3000	133163,929	29795,89	0,2419	241,9	1330,450	105,600	60	46,154	Tidak Oke
9	3000	157464,551	33409,83	0,2227	222,7	1224,850	117,150	60	46,154	Tidak Oke
8	3000	181765,174	36524,38	0,2014	201,4	1107,700	129,250	60	46,154	Tidak Oke
7	3000	206065,796	39155,68	0,1779	177,9	978,450	140,800	60	46,154	Tidak Oke

Tabel L16.1 Simpangan Antar Lantai Arah X untuk Struktur Tanpa Dinding Geser (Lanjutan)

Lantai i	H	PX(kN)	VX(kN)	U1 (m)	U1 (mm)	$dx = U * Cd/I$	$\Delta = dx(i) - dx(i-1)$	$\Delta_{max} = 0,02 * h_{sx}$	$\Delta_{ijin} = \Delta_{max} / \rho$	$\Delta < \Delta_{ijin}$
	mm	kN	kN	m	mm	mm	mm	mm	mm	
6	3000	230366,41 8	41321,5 9	0,152 3	152,3	837,65	150,15	60	46,154	Tidak Oke
5	3000	254667,04 1	43042,1 2	0,125	125	687,5	159,5	60	46,154	Tidak Oke
4	3000	278967,66 3	44340,2	0,096	96	528	164,45	60	46,154	Tidak Oke
3	3000	303268,28 5	45242,9	0,066 1	66,1	363,55	160,05	60	46,154	Tidak Oke
2	3000	327568,90 8	45783,9 1	0,037	37	203,5	136,4	60	46,154	Tidak Oke
1	3000	351869,53	45598,9 6	0,012 2	12,2	67,1	67,1	60	46,154	Tidak Oke
base	3000	0	0	0	0	0	0	60	46,154	Oke

Tabel L16.2 Simpangan Antar Lantai Arah Y untuk Struktur Tanpa Dinding Geser

Lantai	H	PX(kN)	VX(kN)	U1 (m)	U1 (mm)	$dx = U * \frac{Cd}{I}$	$\Delta = dx(i) - dx(i-1)$	$\Delta_{max} = 0,02 * h_{sx}$	$\Delta_{ijin} = \Delta_{max} / \rho$	$\Delta < \Delta_{ijin}$
	mm	kN	kN	m	mm	mm	mm	mm	mm	
15	3000	11660,82	3357,5	0,4959	495,900	2727,450	76,450	60,000	46,154	Tidak Oke
14	3000	35961,44	8975,962	0,482	482,000	2651,000	91,850	60,000	46,154	Tidak Oke
13	3000	60262,06	14062,18	0,4653	465,300	2559,150	114,950	60,000	46,154	Tidak Oke
12	3000	84562,68	18630,01	0,4444	444,400	2444,200	136,950	60,000	46,154	Tidak Oke
11	3000	108863,3	22694,09	0,4195	419,500	2307,250	156,750	60,000	46,154	Tidak Oke
10	3000	133163,9	26269,89	0,391	391,000	2150,500	175,450	60,000	46,154	Tidak Oke
9	3000	157464,6	29373,89	0,3591	359,100	1975,050	191,400	60,000	46,154	Tidak Oke
8	3000	181765,2	32023,78	0,3243	324,300	1783,650	206,000	60,000	46,154	Tidak Oke
7	3000	206065,8	34238,63	0,2867	286,700	1576,850	221,000	60,000	46,154	Tidak Oke
6	3000	230366,4	36039,32	0,2465	246,500	1355,750	235,400	60,000	46,154	Tidak Oke
5	3000	254667	37448,94	0,2037	203,700	1120,350	248,050	60,000	46,154	Tidak Oke
4	3000	278967,7	38493,56	0,1586	158,600	872,300	256,850	60,000	46,154	Tidak Oke
3	3000	303268,3	39203,41	0,1119	111,900	615,450	256,850	60,000	46,154	Tidak Oke
2	3000	327568,9	39615,2	0,0652	65,200	358,600	232,100	60,000	46,154	Tidak Oke
1	3000	351869,5	11510,59	0,023	23,000	126,500	126,500	60,000	46,154	Tidak Oke
0	3000	0	0	0	0,000	0,000	0,000	60,000	46,154	Oke

Lampiran 17 Simpangan Antar Lantai Struktur Dinding Geser Model 1

Tabel L17.1 Simpangan Antar Lantai Arah X untuk Struktur Dinding Geser Model 1

Lantai	H	PX(kN)	VX(kN)	U1 (m)	U1 (mm)	$dx = U * Cd/I$	$\Delta = dx(i) - dx(i-1)$	$\Delta_{max} = 0,02 * h_{sx}$	$\Delta_{ijin} = \Delta_{max} / \rho$	$\Delta < \Delta_{ijin}$
	mm	kN	kN	m	mm	mm	mm	mm	mm	
15	3000	11621,288	3306,966	0,1189	118,900	653,950	29,700	60,000	46,154	Oke
14	3000	36638,581	8906,756	0,1135	113,500	624,250	32,450	60,000	46,154	Oke
13	3000	61655,873	13976,07	0,1076	107,600	591,800	36,300	60,000	46,154	Oke
12	3000	86673,165	18528,72	0,101	101,000	555,500	39,600	60,000	46,154	Oke
11	3000	111690,458	22579,3	0,0938	93,800	515,900	43,450	60,000	46,154	Oke
10	3000	136707,75	26143,21	0,0859	85,900	472,450	46,200	60,000	46,154	Tidak Oke
9	3000	161725,042	29236,9	0,0775	77,500	426,250	48,950	60,000	46,154	Tidak Oke
8	3000	186742,335	31877,98	0,0686	68,600	377,300	51,150	60,000	46,154	Tidak Oke
7	3000	211759,627	34085,48	0,0593	59,300	326,150	52,250	60,000	46,154	Tidak Oke
6	3000	236776,919	35880,18	0,0498	49,800	273,900	52,800	60,000	46,154	Tidak Oke
5	3000	261794,212	37285,12	0,0402	40,200	221,100	52,800	60,000	46,154	Tidak Oke
4	3000	286811,504	38326,26	0,0306	30,600	168,300	52,250	60,000	46,154	Tidak Oke
3	3000	311828,796	39033,75	0,0211	21,100	116,050	48,950	60,000	46,154	Tidak Oke
2	3000	336846,089	39444,18	0,0122	12,200	67,100	43,450	60,000	46,154	Oke
1	3000	361863,381	39605,98	0,0043	4,300	23,650	23,650	60,000	46,154	Oke
0	3000	0	0	0	0,000	0,000	0,000	60,000	46,154	Oke

Tabel L17.2 Simpangan Antar Lantai Arah Y untuk Struktur Dinding Geser Model 1

Lantai	H	PX(kN)	VX(kN)	U1 (m)	U1 (mm)	$dx = U * \frac{Cd}{I}$	$\Delta = dx(i) - dx(i-1)$	$\Delta_{max} = 0,02 * h_{sx}$	$\Delta_{ijin} = \Delta_{max} / \rho$	$\Delta < \Delta_{ijin}$
	mm	kN	kN	m	mm	mm	mm	mm	mm	
15	3000	11621,29	3306,966	0,2165	216,500	1190,750	64,350	60,000	46,154	Tidak Oke
14	3000	36638,58	8906,756	0,2048	204,800	1126,400	68,200	60,000	46,154	Tidak Oke
13	3000	61655,87	13976,07	0,1924	192,400	1058,200	74,250	60,000	46,154	Tidak Oke
12	3000	86673,17	18528,72	0,1789	178,900	983,950	79,200	60,000	46,154	Tidak Oke
11	3000	111690,5	22579,3	0,1645	164,500	904,750	84,150	60,000	46,154	Tidak Oke
10	3000	136707,8	26143,21	0,1492	149,200	820,600	87,450	60,000	46,154	Tidak Oke
9	3000	161725	29236,9	0,1333	133,300	733,150	89,650	60,000	46,154	Tidak Oke
8	3000	186742,3	31877,98	0,117	117,000	643,500	91,000	60,000	46,154	Tidak Oke
7	3000	211759,6	34085,48	0,1003	100,300	551,650	92,000	60,000	46,154	Tidak Oke
6	3000	236776,9	35880,18	0,0835	83,500	459,250	91,300	60,000	46,154	Tidak Oke
5	3000	261794,2	37285,12	0,0669	66,900	367,950	89,650	60,000	46,154	Tidak Oke
4	3000	286811,5	38326,26	0,0506	50,600	278,300	86,350	60,000	46,154	Tidak Oke
3	3000	311828,8	39033,75	0,0349	34,900	191,950	79,200	60,000	46,154	Tidak Oke
2	3000	336846,1	39444,18	0,0205	20,500	112,750	70,950	60,000	46,154	Tidak Oke
1	3000	361863,4	39605,98	0,0076	7,600	41,800	41,800	60,000	46,154	Oke
0	3000	0	0	0	0,000	0,000	0,000	60,000	46,154	Oke

Lampiran 18 Simpangan Antar Lantai Struktur Dinding Geser Model 2

Tabel L18.1 Simpangan Antar Lantai Arah X untuk Struktur Dinding Geser Model 2

Lantai	H	PX(kN)	VX(kN)	U1 (m)	U1 (mm)	$dx = U * Cd/I$	$\Delta = dx(i) - dx(i-1)$	$\Delta_{max} = 0,02 * h_{sx}$	$\Delta_{ijin} = \Delta_{max} / \rho$	$\Delta < \Delta_{ijin}$
	mm	kN	kN	m	mm	mm	mm	mm	mm	
15	3000	11660,817	3283,683	0,2409	240,900	1324,950	29,700	60,000	46,154	Oke
14	3000	36406,269	8823,281	0,2355	235,500	1295,250	36,850	60,000	46,154	Oke
13	3000	61151,721	13838,1	0,2288	228,800	1258,400	48,400	60,000	46,154	Tidak Oke
12	3000	85897,173	18341,82	0,22	220,000	1210,000	60,500	60,000	46,154	Tidak Oke
11	3000	110642,625	22348,85	0,209	209,000	1149,500	72,600	60,000	46,154	Tidak Oke
10	3000	135388,077	25874,46	0,1958	195,800	1076,900	84,150	60,000	46,154	Tidak Oke
9	3000	160133,529	28934,9	0,1805	180,500	992,750	94,050	60,000	46,154	Tidak Oke
8	3000	184878,981	31547,58	0,1634	163,400	898,700	103,950	60,000	46,154	Tidak Oke
7	3000	209624,433	33731,35	0,1445	144,500	794,750	113,850	60,000	46,154	Tidak Oke
6	3000	234369,885	35506,77	0,1238	123,800	680,900	122,100	60,000	46,154	Tidak Oke
5	3000	259115,337	36896,6	0,1016	101,600	558,800	129,800	60,000	46,154	Tidak Oke
4	3000	283860,789	37926,55	0,078	78,000	429,000	134,200	60,000	46,154	Tidak Oke
3	3000	308606,241	38626,44	0,0536	53,600	294,800	130,350	60,000	46,154	Tidak Oke
2	3000	333351,693	39032,45	0,0299	29,900	164,450	111,100	60,000	46,154	Tidak Oke
1	3000	358097,145	39192,51	0,0097	9,700	53,350	53,350	60,000	46,154	Tidak Oke
0	3000	0	0	0	0,000	0,000	0,000	60,000	46,154	Oke

Tabel L18.2 Simpangan Antar Lantai Arah Y untuk Struktur Dinding Geser Model 2

Lantai	H	PX(kN)	VX(kN)	U1 (m)	U1 (mm)	$dx = U * Cd/I$	$\Delta = dx(i) - dx(i-1)$	$\Delta_{max} = 0,02 * h_{sx}$	$\Delta_{ijin} = \Delta_{max} / \rho$	$\Delta < \Delta_{ijin}$
	mm	kN	kN	m	mm	mm	mm	mm	mm	
15	3000	11660,82	3283,683	0,1324	132,400	728,200	53,900	60,000	46,154	Tidak Oke
14	3000	36406,27	8823,281	0,1226	122,600	674,300	55,000	60,000	46,154	Tidak Oke
13	3000	61151,72	13838,1	0,1126	112,600	619,300	56,100	60,000	46,154	Tidak Oke
12	3000	85897,17	18341,82	0,1024	102,400	563,200	57,200	60,000	46,154	Tidak Oke
11	3000	110642,6	22348,85	0,092	92,000	506,000	58,300	60,000	46,154	Tidak Oke
10	3000	135388,1	25874,46	0,0814	81,400	447,700	58,850	60,000	46,154	Tidak Oke
9	3000	160133,5	28934,9	0,0707	70,700	388,850	57,750	60,000	46,154	Tidak Oke
8	3000	184879	31547,58	0,0602	60,200	331,100	57,000	60,000	46,154	Tidak Oke
7	3000	209624,4	33731,35	0,0498	49,800	273,900	54,000	60,000	46,154	Tidak Oke
6	3000	234369,9	35506,77	0,0398	39,800	218,900	52,250	60,000	46,154	Tidak Oke
5	3000	259115,3	36896,6	0,0303	30,300	166,650	47,300	60,000	46,154	Tidak Oke
4	3000	283860,8	37926,55	0,0217	21,700	119,350	42,350	60,000	46,154	Oke
3	3000	308606,2	38626,44	0,014	14,000	77,000	35,750	60,000	46,154	Oke
2	3000	333351,7	39032,45	0,0075	7,500	41,250	26,950	60,000	46,154	Oke
1	3000	358097,1	39192,51	0,0026	2,600	14,300	14,300	60,000	46,154	Oke
0	3000	0	0	0	0,000	0,000	0,000	60,000	46,154	Oke

Lampiran 19 Simpangan Antar Lantai Struktur Dinding Geser Model 3

Tabel L19.1 Simpangan Antar Lantai Arah X untuk Struktur Dinding Geser Model 3

Lantai	H	PX(kN)	VX(kN)	U1 (m)	U1 (mm)	$dx = U * Cd/I$	$\Delta = dx(i) - dx(i-1)$	$\Delta_{max} = 0,02 * h_{sx}$	$\Delta_{ijin} = \Delta_{max} / \rho$	$\Delta < \Delta_{ijin}$
	mm	kN	kN	m	mm	mm	mm	mm	mm	
15	3000	11660,817	3751,95	0,1116	111,600	613,800	28,600	60,000	46,154	Oke
14	3000	36999,376	10065,4	0,1064	106,400	585,200	31,900	60,000	46,154	Oke
13	3000	62337,934	15814,8	0,1006	100,600	553,300	35,200	60,000	46,154	Oke
12	3000	87676,492	21011,6	0,0942	94,200	518,100	38,500	60,000	46,154	Oke
11	3000	113015,05	25667,7	0,0872	87,200	479,600	41,250	60,000	46,154	Oke
10	3000	138353,61	29795,9	0,0797	79,700	438,350	43,450	60,000	46,154	Oke
9	3000	163692,17	33409,8	0,0718	71,800	394,900	45,650	60,000	46,154	Oke
8	3000	189030,73	36524,4	0,0635	63,500	349,250	46,750	60,000	46,154	Tidak Oke
7	3000	214369,28	39155,7	0,055	55,000	302,500	48,400	60,000	46,154	Tidak Oke
6	3000	239707,84	41321,6	0,0462	46,200	254,100	48,400	60,000	46,154	Tidak Oke
5	3000	265046,4	43042,1	0,0374	37,400	205,700	48,400	60,000	46,154	Tidak Oke
4	3000	290384,96	44340,2	0,0286	28,600	157,300	47,300	60,000	46,154	Tidak Oke
3	3000	315723,52	45242,9	0,02	20,000	110,000	45,650	60,000	46,154	Oke
2	3000	341062,07	45783,9	0,0117	11,700	64,350	40,700	60,000	46,154	Oke
1	3000	366400,63	45599	0,0043	4,300	23,650	23,650	60,000	46,154	Oke
0	3000	0	0	0	0,000	0,000	0,000	60,000	46,154	Oke

Tabel L19.2 Simpangan Antar Lantai Arah Y untuk Struktur Dinding Geser Model 3

Lantai	H	PX(kN)	VX(kN)	U1 (m)	U1 (mm)	$\frac{dx}{U} = \frac{U}{Cd/I}$	$\Delta = dx(i) - dx(i-1)$	$\Delta_{max} = 0,02 * h_{sx}$	$\Delta_{ijin} = \Delta_{max} / \rho$	$\Delta < \Delta_{ijin}$
	mm	kN	kN	m	mm	mm	mm	mm	mm	
15	3000	11660,817	3357,5	0,1472	147,200	809,600	40,150	60,000	46,154	Oke
14	3000	36999,376	8975,962	0,1399	139,900	769,450	42,900	60,000	46,154	Oke
13	3000	62337,934	14062,176	0,1321	132,100	726,550	47,850	60,000	46,154	Tidak Oke
12	3000	87676,492	18630,011	0,1234	123,400	678,700	51,700	60,000	46,154	Tidak Oke
11	3000	113015,05	22694,088	0,114	114,000	627,000	55,550	60,000	46,154	Tidak Oke
10	3000	138353,608	26269,887	0,1039	103,900	571,450	57,750	60,000	46,154	Tidak Oke
9	3000	163692,167	29373,893	0,0934	93,400	513,700	60,500	60,000	46,154	Tidak Oke
8	3000	189030,725	32023,777	0,0824	82,400	453,200	61,000	60,000	46,154	Tidak Oke
7	3000	214369,283	34238,634	0,0712	71,200	391,600	62,000	60,000	46,154	Tidak Oke
6	3000	239707,841	36039,324	0,0599	59,900	329,450	63,250	60,000	46,154	Tidak Oke
5	3000	265046,399	37448,942	0,0484	48,400	266,200	62,150	60,000	46,154	Tidak Oke
4	3000	290384,957	38493,555	0,0371	37,100	204,050	60,500	60,000	46,154	Tidak Oke
3	3000	315723,516	39203,406	0,0261	26,100	143,550	57,750	60,000	46,154	Tidak Oke
2	3000	341062,074	39615,203	0,0156	15,600	85,800	52,800	60,000	46,154	Tidak Oke
1	3000	366400,632	11510,587	0,006	6,000	33,000	33,000	60,000	46,154	Oke
0	3000	0	0	0	0,000	0,000	0,000	60,000	46,154	Oke

Lampiran 20 Simpangan Antar Lantai Struktur Dinding Geser Model 4

Tabel L20.1 Simpangan Antar Lantai Arah X untuk Struktur Dinding Geser Model 4

Lantai	H	PX(kN)	VX(kN)	U1 (m)	U1 (mm)	$dx = U * Cd/I$	$\Delta = dx(i) - dx(i-1)$	$\Delta_{max} = 0,02 * h_{sx}$	$\Delta_{ijin} = \Delta_{max} / \rho$	$\Delta < \Delta_{ijin}$
	mm	kN	kN	m	mm	mm	mm	mm	mm	
15	3000	12918,03	3751,95	0,081	81,000	445,500	23,100	60,000	46,154	Oke
14	3000	39794,663	10065,4	0,0768	76,800	422,400	25,300	60,000	46,154	Oke
13	3000	66671,296	15814,8	0,0722	72,200	397,100	26,950	60,000	46,154	Oke
12	3000	93547,93	21011,6	0,0673	67,300	370,150	29,150	60,000	46,154	Oke
11	3000	120424,56	25667,7	0,062	62,000	341,000	30,800	60,000	46,154	Oke
10	3000	147301,2	29795,9	0,0564	56,400	310,200	31,900	60,000	46,154	Oke
9	3000	174177,83	33409,8	0,0506	50,600	278,300	32,450	60,000	46,154	Oke
8	3000	201054,46	36524,4	0,0447	44,700	245,850	33,550	60,000	46,154	Oke
7	3000	227931,1	39155,7	0,0386	38,600	212,300	33,550	60,000	46,154	Oke
6	3000	254807,73	41321,6	0,0325	32,500	178,750	34,100	60,000	46,154	Oke
5	3000	281684,36	43042,1	0,0263	26,300	144,650	33,550	60,000	46,154	Oke
4	3000	308561	44340,2	0,0202	20,200	111,100	33,550	60,000	46,154	Oke
3	3000	335437,63	45242,9	0,0141	14,100	77,550	31,900	60,000	46,154	Oke
2	3000	362314,26	45783,9	0,0083	8,300	45,650	28,600	60,000	46,154	Oke
1	3000	389190,9	45599	0,0031	3,100	17,050	17,050	60,000	46,154	Oke
0	3000	0	0	0	0,000	0,000	0,000	60,000	46,154	Oke

Tabel L20.2 Simpangan Antar Lantai Arah Y untuk Struktur Dinding Geser Model 4

Lantai	H	PX(kN)	VX(kN)	U1 (m)	U1 (mm)	$dx = U * Cd/I$	$\Delta = dx(i) - dx(i-1)$	$\Delta_{max} = 0,02 * h_{sx}$	$\Delta_{ijin} = \Delta_{max} / \rho$	$\Delta < \Delta_{ijin}$
	mm	kN	kN	m	mm	mm	mm	mm	mm	
15	3000	12918	3357,5	0,1383	138,300	760,650	28,600	60,000	46,154	Oke
14	3000	39794,7	8975,96	0,1331	133,100	732,050	31,900	60,000	46,154	Oke
13	3000	66671,3	14062,2	0,1273	127,300	700,150	37,400	60,000	46,154	Oke
12	3000	93547,9	18630	0,1205	120,500	662,750	42,350	60,000	46,154	Oke
11	3000	120425	22694,1	0,1128	112,800	620,400	47,300	60,000	46,154	Tidak Oke
10	3000	147301	26269,9	0,1042	104,200	573,100	50,600	60,000	46,154	Tidak Oke
9	3000	174178	29373,9	0,095	95,000	522,500	55,000	60,000	46,154	Tidak Oke
8	3000	201054	32023,8	0,085	85,000	467,500	57,000	60,000	46,154	Tidak Oke
7	3000	227931	34238,6	0,0745	74,500	409,750	61,000	60,000	46,154	Tidak Oke
6	3000	254808	36039,3	0,0633	63,300	348,150	63,800	60,000	46,154	Tidak Oke
5	3000	281684	37448,9	0,0517	51,700	284,350	66,000	60,000	46,154	Tidak Oke
4	3000	308561	38493,6	0,0397	39,700	218,350	67,100	60,000	46,154	Tidak Oke
3	3000	335438	39203,4	0,0275	27,500	151,250	64,350	60,000	46,154	Tidak Oke
2	3000	362314	39615,2	0,0158	15,800	86,900	56,650	60,000	46,154	Tidak Oke
1	3000	389191	11510,6	0,0055	5,500	30,250	30,250	60,000	46,154	Oke
0	3000	0	0	0	0,000	0,000	0,000	60,000	46,154	Oke

Lampiran 21 Simpangan Antar Lantai Struktur Dinding Geser Model 5

Tabel L21.1 Simpangan Antar Lantai Arah X untuk Struktur Dinding Geser Model 5

Lantai	H	PX(kN)	VX(kN)	U1 (m)	U1 (mm)	$dx = U * Cd/I$	$\Delta = dx(i) - dx(i-1)$	$\Delta_{max} = 0,02 * h_{sx}$	$\Delta_{ijin} = \Delta_{max} / \rho$	$\Delta < \Delta_{ijin}$
	mm	kN	kN	m	mm	mm	mm	mm	mm	
15	3000	11621,288	3751,952	0,0861	86,100	473,550	22,000	60,000	46,154	Oke
14	3000	37009,272	10065,379	0,0821	82,100	451,550	23,650	60,000	46,154	Oke
13	3000	62397,256	15814,842	0,0778	77,800	427,900	26,400	60,000	46,154	Oke
12	3000	87785,239	21011,631	0,073	73,000	401,500	29,150	60,000	46,154	Oke
11	3000	113173,223	25667,722	0,0677	67,700	372,350	31,900	60,000	46,154	Oke
10	3000	138561,207	29795,888	0,0619	61,900	340,450	33,550	60,000	46,154	Oke
9	3000	163949,191	33409,834	0,0558	55,800	306,900	35,750	60,000	46,154	Oke
8	3000	189337,174	36524,375	0,0493	49,300	271,150	36,850	60,000	46,154	Oke
7	3000	214725,158	39155,678	0,0426	42,600	234,300	37,950	60,000	46,154	Oke
6	3000	240113,142	41321,589	0,0357	35,700	196,350	39,050	60,000	46,154	Oke
5	3000	265501,125	43042,122	0,0286	28,600	157,300	37,950	60,000	46,154	Oke
4	3000	290889,109	44340,197	0,0217	21,700	119,350	37,950	60,000	46,154	Oke
3	3000	316277,093	45242,903	0,0148	14,800	81,400	35,200	60,000	46,154	Oke
2	3000	341665,076	45783,913	0,0084	8,400	46,200	30,250	60,000	46,154	Oke
1	3000	367053,06	45598,955	0,0029	2,900	15,950	15,950	60,000	46,154	Oke
0	3000	0	0	0	0,000	0,000	0,000	60,000	46,154	Oke

Tabel L21.2 Simpangan Antar Lantai Arah Y untuk Struktur Dinding Geser Model 5

Lantai	H	PX(kN)	VX(kN)	U1 (m)	U1 (mm)	$dx = U * Cd/I$	$\Delta = dx(i) - dx(i-1)$	$\Delta_{max} = 0,02 * h_{sx}$	$\Delta_{ijin} = \Delta_{max} / \rho$	$\Delta < \Delta_{ijin}$
	mm	kN	kN	m	mm	mm	mm	mm	mm	
15	3000	11621,288	3357,5	0,0872	87,200	479,600	28,050	60,000	46,154	Oke
14	3000	37009,272	8975,962	0,0821	82,100	451,550	29,700	60,000	46,154	Oke
13	3000	62397,256	14062,176	0,0767	76,700	421,850	31,350	60,000	46,154	Oke
12	3000	87785,239	18630,011	0,071	71,000	390,500	33,550	60,000	46,154	Oke
11	3000	113173,223	22694,088	0,0649	64,900	356,950	35,200	60,000	46,154	Oke
10	3000	138561,207	26269,887	0,0585	58,500	321,750	36,300	60,000	46,154	Oke
9	3000	163949,191	29373,893	0,0519	51,900	285,450	36,850	60,000	46,154	Oke
8	3000	189337,174	32023,777	0,0452	45,200	248,600	37,000	60,000	46,154	Oke
7	3000	214725,158	34238,634	0,0384	38,400	211,200	36,000	60,000	46,154	Oke
6	3000	240113,142	36039,324	0,0317	31,700	174,350	36,300	60,000	46,154	Oke
5	3000	265501,125	37448,942	0,0251	25,100	138,050	35,200	60,000	46,154	Oke
4	3000	290889,109	38493,555	0,0187	18,700	102,850	32,450	60,000	46,154	Oke
3	3000	316277,093	39203,406	0,0128	12,800	70,400	29,700	60,000	46,154	Oke
2	3000	341665,076	39615,203	0,0074	7,400	40,700	25,300	60,000	46,154	Oke
1	3000	367053,06	11510,587	0,0028	2,800	15,400	15,400	60,000	46,154	Oke
0	3000	0	0	0	0,000	0,000	0,000	60,000	46,154	Oke

COMPARISON OF STRUCTURAL DYNAMIC RESPONSE ON HIGHRISE BUILDINGS WITH A VARIETY OF SHEAR WALL'S FORMS AND PLACEMENTS REFERRING TO SNI 1726-2019 CODE

Anas Hoga Prathama¹, Mochammad Teguh¹

¹ Department of Civil engineering, Islamic University of Indonesia, Indonesia

Abstract : *The growing growth of human activities has led to changes in housing patterns in urban areas. The land crisis in urban areas has made land prices uneconomical, so buildings are designed in a vertical direction. One solution to resist earthquakes in multi-story buildings is to add a shear wall structure with the right placement and shape. Shear wall designs have various forms that can be used, with different variations that will influence the value of the base shear, drift ratio, displacement, and deviation patterns. This study aims to compare the value of the deviation between floors, base shear, drift ratio, divergence, and deviation patterns of buildings against variations in the shape and placement of shear walls that occur due to earthquake load spectrum response. The method used in this research is the Force Based Design (FBD) method utilizing the Response Spectrum approach. Comparative variations are buildings without shear walls, buildings with straight-shape shear walls, and L-shape shear walls with the 5th building structure models, the 1st frame structure model, and the 5th building structure models with shear wall placement variations using the SAP2000 program. This analysis shows that the smallest deviation value between floors is found in the shear wall structure model 5. In the shear wall structure model 5, there is a decrease in the deviation between floors in the x-direction compared to the model without shear walls of 126.5 mm with a decreasing percentage of 76.29 %. In the shear wall structure model 5, the decrease in a deviation between floors in the y-direction compared to the model without shear walls is 227.15 mm with a decreasing percentage of 88.44%.*

Keywords : Shearwall, Placement of Shearwall, Form of Shearwall, SNI 1726-2019

1. INTRODUCTION

1.1 Background

Indonesia is located between the Eurasian, Indo-Australian, Pacific and Philippine plates. In addition, Indonesia is also located in the area of the Pacific Ring of Fire which causes frequent earthquake activity. This geological condition causes the movement of tectonic earthquakes in Indonesia to be very high. The growing growth of human activities has led to changes in housing patterns in urban areas. The land crisis that occurs in urban areas has made land prices uneconomical, so buildings are designed in a vertical direction. Vertical building construction is considered to be an alternative in terms of adequate human activity growth. Multi-storey building construction needs to consider various aspects of the construction carried out in order to meet

security standards. The placement and shape of the shear walls that are right on target can reduce deviation between floors in the building structure and can also increase the rigidity of the building, thus contributing to the occurrence of torsion in the building. Astariani (2010) states that lateral loads can cause torsion on buildings when these lateral loads tend to rotate the building in a vertical direction. This occurs when the load center does not match the center of stiffness of the vertical element of the lateral load - the resistance system of the structure. The eccentricity between the center of stiffness and the mass of the building can cause torsional movement during an earthquake. This torque can increase displacement at extreme points of the building and cause problems with lateral retaining elements located on the edge of the building.

Research on variations in the shape and placement of shear walls in buildings by considering the effect of the value of the base shear, drift ratio, and deviation must be carried out to determine which shear wall position is the most effective in resisting these forces. Majore (2015) states that shear walls that are placed on the outside of a building can withstand greater lateral forces than shear walls that are placed on the inside of the building as the core of the building, or vice versa. In this study, shear walls are placed on the outer side of the building and the inside of the building with a variant of the shear walls in the form of L-shape shear walls and straight shape shear walls. Furthermore, each structural model is analyzed and the results include the value of the base shear, drift ratio, displacement, and the deviation pattern of the shear wall placement configuration in the building compared to determine the structural response.

2. THEORETICAL BASIS

2.1 Structural Irregularity

Building structures can be classified as a form of irregularity or structural order based on SNI 1726-2019 clause 7.3.3. The classification must be based on horizontal and vertical configurations in accordance with SNI 1726-2019 Table 13 and SNI 1726-2019 Table 14. The characteristics of horizontal irregularity are as follows.

1. Torsion irregularity (1a and 1b)

The torsion irregularity 1a is defined to exist if the deviation between the maximum levels, which is calculated including the torsion unpredictable with $A_x = 1.0$, at one end of the structure transverse to an axis is more than 1.2 times the deviation between the mean levels at both ends of the structure. . The torsion irregularity requirement in the reference articles applies only to structures in which the diaphragm is rigid or semi-rigid. The torsional irregularity 1a is formulated as follows.

$$1,2\delta_{avg} \leq \delta_{max} \leq 1,4\delta_{avg} \quad (1)$$

If at one end of the structure the transverse of an axis is more than 1.4 times the average deviation between the levels at both ends of the structure. The excess torsion irregularity requirement in the reference articles applies only to structures in which the diaphragm is rigid and semi-rigid. The torsion irregularity 1b is formulated as follows.

$$\delta_{max} \geq 1,4\delta_{avg} \quad (2)$$

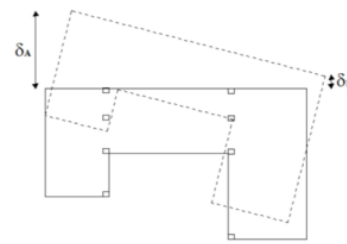


Fig. 1 Torsion Irregularity

2. Re-entrant Corner Irregularity

The defined re-entrant corner irregularity exists if the two dimensions of the structure plan projection from the inner corner location are greater than 15% of the dimension of the structure plan in the direction under consideration. Re-entrant corner irregularity can be formulated as follows.

$$P_y > 0,15L_y \text{ and } P_x > 0,15L_x \quad (3)$$

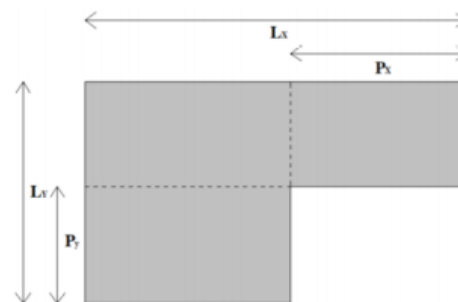


Fig. 2 Re-entrant Corner Irregularity

3. Irregularity of Diaphragm Discontinuity

A Irregularity of Diaphragm Discontinuity is defined as existing if there is a diaphragm that has discontinuity or sudden stiffness variations,

including one with a cut or open area greater than 50% of the gross diaphragm area closed, or a change in effective diaphragm stiffness by more than 50% from one level to the next. .



Fig. 3 Irregularity of Diaphragm Discontinuity

The characteristics of vertical irregularity are as follows.

1. Weight Irregularity

Weight irregularity occurs when the effective mass of any level is more than 150% of the effective mass at adjacent levels. According to SNI 1726: 2019 clause 7.3.2.2, weight irregularity (mass) does not apply if there is no deviation ratio between levels due to the design lateral seismic force whose value is greater than 130% of the deviation ratio between levels above it.

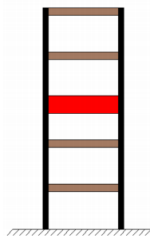


Fig. 4 Weight Irregularity

2. Vertical Geometric Irregularity

This irregularity exists when the dimensions of the lateral load bearing system at any level are more than 130% of the dimensions at any adjacent level.

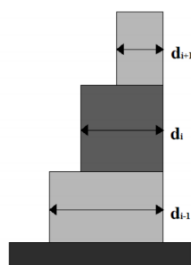


Fig. 5 Vertical Geometric Irregularity

3. Irregularity due to plane discontinuity on vertical elements that bear the lateral force.

This irregularity occurs when there is a shift (offset) of the holding element that is greater than the width of the element, or there is a reduction in the stiffness of the holding element at the level below it.

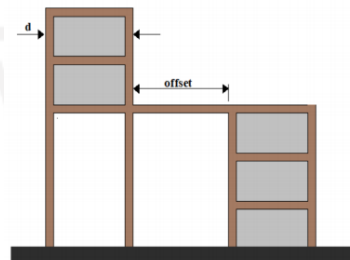


Fig. 6 Irregularity due to plane discontinuity on vertical elements that bear the lateral force.

2.2 Design response spectrum

The design response spectrum should be developed following the following conditions.

For periods less than T_0 and less than or equal to T_s , the design acceleration response spectrum, S_a equal to S_{DS} , must be taken from the following equation,

$$S_a = S_{DS} (0,4 + 0,6 T/T_0) \quad (4)$$

For periods greater than or equal to T_0 and less than or equal to T_s , the acceleration response spectrum of S_a design equals S_{DS} ,

For periods greater than or equal to T_s but less than or equal to T_L , the design acceleration spectral response, S_a , is taken based on the following equation.

$$S_a = S_{D1}/T \quad (5)$$

For periods greater than or equal to T_s but less than or equal to T_L , the design acceleration spectral response, S_a , is taken based on the following equation.

$$S_a = (S_{D1} * T_L)/T^2 \quad (6)$$

2.3 Base Shear Seismic

The seismic basic shear force (v) in the specified direction shall be determined according to the following equation.

$$V = C_S * W \quad (7)$$

$$C_S = S_{DS} / ((R/I_e)) \quad (8)$$

The value of C_S calculated according to equation 8 does not need to exceed according to the following equation.

For $T \leq T_L$

$$C_S = S_{D1} / (T(R/I_e)) \quad (9)$$

For $T > T_L$

$$C_S = (S_{D1} T_L) / (T^2 (R/I_e)) \quad (10)$$

C_S must be not less than

$$C_S = 0,044 S_{DS} * I_e \geq 0,01 \quad (11)$$

For structures located in areas where S_1 is equal to or greater than 0.6g, the C_S must be not less than:

$$C_S = (0,5 S_1) / ((R/I_e)) \quad (12)$$

2.4 Story Drift

According to SNI 1726: 2019 article 7.8.6, the determination of the deviation between the design levels (Δ) must be calculated as the difference in the deviation at the center of mass above and below the level being reviewed. If the center of mass is not aligned in the vertical direction, it is permissible to calculate the deviation at the base of the level based on the vertical projection of the center of mass of the level above it. The deviation of the centroid at the -x (δ_x) level must be determined according to the following equation:

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \quad (13)$$

$$DR = \left(\frac{y_i - y_{(i-1)}}{H} \right) \times 100 \quad (14)$$

3. METHODOLOGY

3.1 Types of Research

This research is a type of comparative research, that is, research that is comparative in nature. This study compares the performance of horizontal irregular buildings with shear walls using the method of form and placements shear walls by design.

3.2 Structural Model

The structural model used for the research object is a reinforced concrete frame structure with an irregular inner angle. The number of levels of the structure with 15 floors and a height between floors of 3 meters. The placement of shear walls is to obtain information on how much contribution the shear wall makes to the base shear value, drift ratio, deviation, and how the deviation pattern is caused by variations in the placement of shear walls. This study uses 5 models with the following configurations.

Table 1. Shear wall placement configuration

Model	Shearwall Type	Shear wall placement configuration
1	L-Shape Shearwall	A1-A3 & A1-C1, H4-H5 & G5-H5
2	straight-shape Shearwall	A1-A3 & H1-H3
3	L-Shape Shearwall	A1-A3 & A1-C1, D6-D8 & B8-D8
4	straight-shape Shearwall	A1-C1 & A8-C8
5	L-Shape Shearwall	A1-A3 & A1-B1, G1-H1 & H1-H3, H4-H5 & G5-H5

Preliminary data used for research can be seen in the following table.

Tabel 2. Preliminary design

N	Parameter	Value
0		
1	Building function	Apartment
2	The location of building	Yogyakarta
3	Subgrade type	Soft Soil Profile
4	Number of storeys	15 Storeys
5	height between floors	3 meter
6	Building height	45 meter

7	The length of the building in X direction	44 meter
8	The length of the building in Y direction	38 meter
9	Area of Building	1672 m2
10	Structural Type	reinforced concrete structures
11	Structural System	Dual system
12	Slab concrete grade	25 MPa
13	Slab concrete beam and column grade	30 MPa
14	Reinforcing steel grade $d \leq 12$ mm	280 MPa
15	Reinforcing steel grade $d > 12$ mm	420 MPa

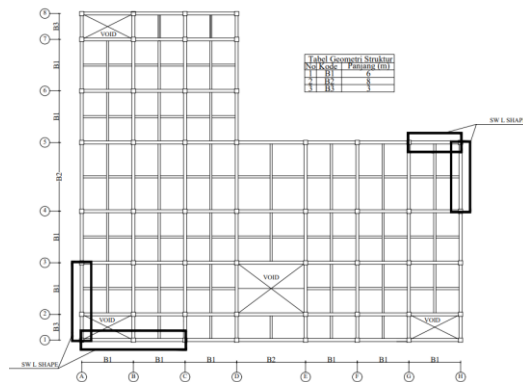


Fig. 7 Shearwall Model 1

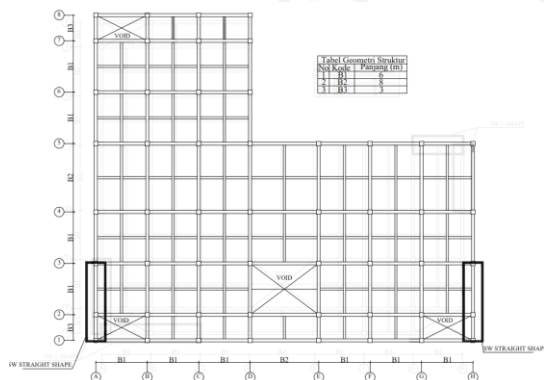


Fig. 8 Shearwall Model 2

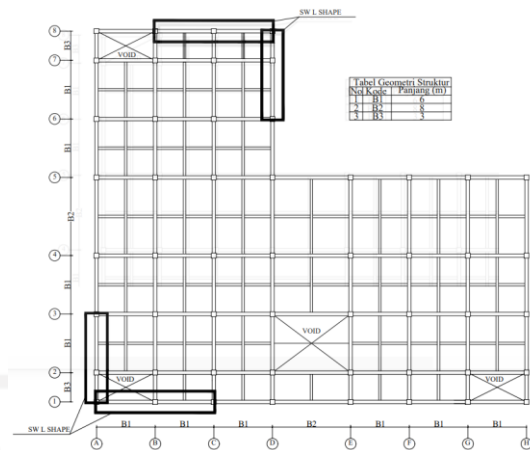


Fig. 9 Shearwall Model 3

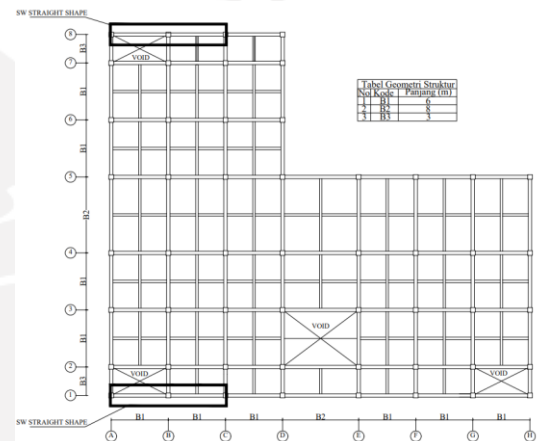


Fig. 10 Shearwall Model 4

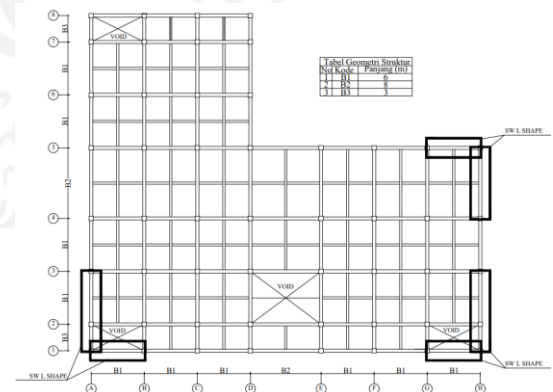


Fig. 11 Shearwall Model 5

3.3 Research Methods

The method used in this research is the Force Based Design (FBD) method using the Static Equivalent and Response Spectrum approach. The comparison variations are buildings

without shear walls, buildings with straight-shape shear walls, and L-shape shear walls.

3.4 Research Stages

The stages of the research carried out in the study are as follows.

1. Study of literature.
2. *Preliminary design.* This stage includes determining the structural model, building function, concrete grade, reinforcing steel grade, estimating the initial dimensions of the structural components.
3. Loading analysis, this stage includes the calculation of dead load, live load, and earthquake load in accordance with the stipulated conditions.
4. Building modeling on SAP2000 is in accordance with the model specified in Table 1 Configuration of shear wall placement.
5. Load input that has been analyzed previously on SAP2000 for each structural component in the building.
6. Comparing the results of the performance of the structure according to the placement of the shear walls that have been determined in each model.
7. Make a comparison discussion of the performance of the structure of each model.
8. Make conclusions and recommendation from the research.

4. RESULTS AND DISCUSSION

4.1 Base shear

The base shear generated in the equivalent static analysis (V) and the combined response (Vt) analysis can be seen in the following figure.

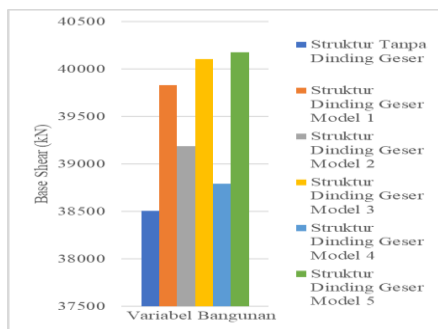


Fig. 12 Base Shear

4.2 Displacement

The displacement comparisons that occur due to differences in building structure models can be seen in the following figure.

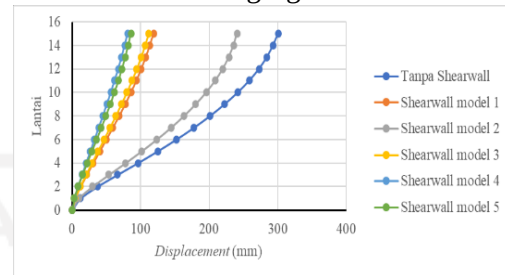


Fig. 13 Displacement comparisons on X Direction

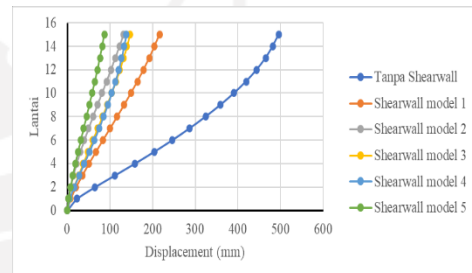


Fig. 14 Displacement comparisons on Y Direction

The resulting displacement value based on the analysis in the SAP2000 application above states that the displacement generated in structural modeling using shear walls can reduce displacement by a significant percentage so that it can help building planning to minimize the occurrence of structural failures in buildings. The result of the optimal displacement value in each shear wall modeling in the x direction is the shear wall structure model 4 and the shear wall structure model 5, while the optimal result for the y direction is the shear wall structure model 5. The results are said to be effective and optimum because they have the greatest differences value when compared to structures without shear walls.

4.3 Drift ratio

The drift ratio comparison that occurs due to differences in building structure models can be seen in the following figure. The greater the drift ratio value in a building structure, the more flexible / less rigid the structure of the building

is. The value of drift ratio in a building structure is of small value which means that the structure of the building is more rigid, so that the provision of shear walls in a building plan can reduce the value of the displacement that occurs on each floor of the building.

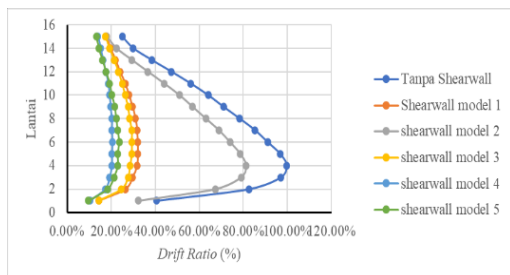


Fig. 15 Drift ratio comparisons on X Direction

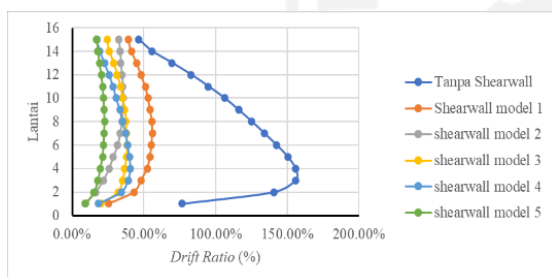


Fig. 16 Drift ratio comparisons on Y Direction

The maximum drift ratio value obtained in the effective value in the x direction is the shear wall structure model 4 with a value of 20.67% and the most effective drift ratio value is obtained in the shear wall structure model 5 with a value of 22.67%.

In the graph of the deviation between floors and the drift ratio graph, it can be seen that the shear wall models 1,2,3,4, and 5 produce a smaller displacement between floors than the model without shear walls at the points viewed in the x direction or those viewed in the direction y. This indicates that the shear wall placement variable can produce a smaller displacement value when compared to the model without shear walls.

4.4 Story Drift

The results of the story drift between floors on various types of shear wall models have

different results, if you look at the placement of shear walls, the results of the story drift between levels will be smaller on the axis where the shear wall placement is on that axis. Comparison of story drift between floors that occurs due to differences in building structure models can be seen in the following figure.

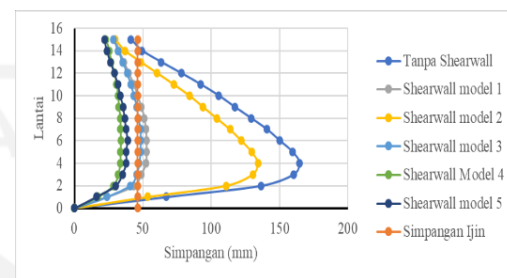


Fig. 17 Story drift comparisons on X Direction

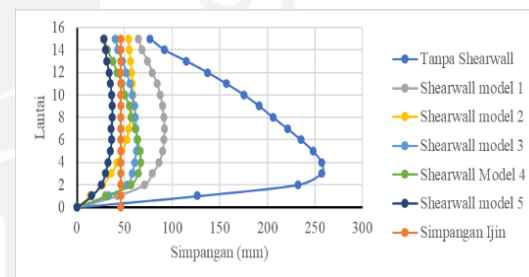


Fig. 17 Story drift comparisons on Y Direction

The shear wall structure model 5 is a focused model in terms of the parameters of the deviation between floors, with a relatively small deviation value compared to other models. As can be seen in the shear wall structure model 2 will more dominantly reduce the deviation between floors in the y direction, likewise in the shear wall structure model 4 will more dominantly reduce the deviation between floors in the x direction. Figure 16 and Figure 17 show that the shear wall structure model 5 is the model with the most optimum shape and placement. The shear wall structure model 5 has an L-Shape shear wall with the placement of the shear walls at each corner of the building in the longitudinal direction.

On the 1st floor to the 3rd floor the structure without shearwall has story drift that are too far different from the deviations between the floors above it, because that floor has an

eccentricity range between the center of mass and the center of stiffness which is far adrift when compared to the eccentricity on the floor above. structures without shear walls have the largest story drift because the stiffness value is smaller than other shear wall model structures. The center of mass and center of stiffness of the structural modeling shows that the eccentricity of the structural model without shear walls shows a relatively smaller value, but has a large story drift because the structural model without shear walls has smaller stiffness than the structural model with shearwall. These results indicate that at lower stiffness the building is not rigid and can increase the value of the story drift.

5. CONCLUSION

The conclusions that can be drawn based on the results of the analysis of variations in the shape and placement of shear walls are as follows.

6. The base shear values generated from modeling the building structure are as follows.
 - a. The largest base shear value is obtained in the shear wall structure model 5 of 40175 kN.
7. The displacements generated from the five structural modeling are as follows.
 - c. The modeling with the smallest value in the x direction is the shear wall structure modeling model 4 and the shear wall structure model 5 of 40 mm, while in the y direction is the shear wall structure modeling model 5 of 42 mm.
8. The comparison of drift ratio values is as follows.
 - b. The maximum drift ratio value obtained in the effective value in the x direction is the shear wall structure model 4 of 20.67% and the most effective drift ratio value is obtained in the shear wall structure model 5 with a value of 22.67%.
9. Story drift values between floors are as follows.
 - c. The smallest deviation value is found in the shear wall structure model 5 with a decrease in the deviation between floors in the x direction of 126.5 mm with a decrease percentage of 76.29%. In the shear wall structure model 5, the decrease

in deviation between floors in the y direction is 227.15 mm with a decrease percentage of 88.44%.

5. The results of the 25 percent SRPMK control on lateral forces are as follows.
 - a. The proportion of shear walls with a greater value is obtained by increasing the placement of shear walls in the appropriate building planning. This is evidenced in the shear wall structural modeling model 5 has an average ratio of the x direction of 39.05% and the y direction of 41.68%.

6. REFERENCES

- [1] Ahmad, W. dan Rizwanullah, 2017, Comparative analysis of an irregular structure with dinding geser and without dinding geser frame system, *International research journal of engineering and technology (IRJET)*, Volume 4, issue 07, Al-Falah University, India,
- [2] Andalas, G., Suyadi, & Husni, H. R. (2016). Analisis Layout Shearwall Terhadap Perilaku Struktur Gedung. *Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung*.
- [3] Astariani, N. K., 2010, Pengaruh torsi pada bangunan, *Ganec Swara*, Edisi khusus vol,4 No,3, Fakultas Teknik Universitas Ngurai Rai Denpasar, Denpasar,
- [4] Batu, M. L., Servie, B., Dapas S. O., & Wallah, S. E. (2016). Efisiensi Penggunaan Dinding Geser Untuk Mereduksi Efek Torsi Pada Bangunan Yang Tidak Beraturan. *Jurnal Sipil Statik Januari*, 4(1), 29–35, Universitas Sam Ratulangi, Manado,
- [5] Effendi, F., Wesli, W., Chandra, Y., & Akbar, S. J. (2018). Studi Penempatan Dinding Geser Terhadap Waktu Getar Alami Fundamental Struktur Gedung. *Teras Jurnal*, 7(2), 274, Universitas Malikussaleh, Aceh,
- [6] Fauziah, L., Sumajouw, M. D. J., Dapas, S. O., Windah, R. S., 2013, Pengaruh penempatan dan posisi dinding geser terhadap simpangan bangunan beton bertulang bertingkat banyak akibat beban

- gempa, *Jurnal Sipil Statik*, Vol,1 No,7 Juni 2013 (466-472), Universitas Sam Ratulangi, Manado,
- [7] *Hyundai Elevator*.2015. *Planning Guide Hyundai Elevator: C-EPG-E1705*.Korea
- [8] Iswandi, I., Fajar H., 2016 Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang, ITB Press, Bandung,
- [9] Majore, B. O., Wallah, S. E., & Dapas, S. O. (2015). Studi perbandingan respons dinamik bangunan bertingkat banyak dengan variasi tata letak dinding geser. *Jurnal Sipil Statik*, Vol,3 No,6 Juni 2015 (435-446), Universitas Sam Ratulagi, Manado,
- [10] Manalip, H.,Kumaat, E.J., Runtu, F. I., 2015, Penempatan Dinding Geser Pada Banguna beton Bertulang Dengan Analisa *Pushover*, *Jurnal Ilmiah Media Engineering Vol. 5 No.1*, Universitas Sam Ratulagi, Manado,
- [11] Muhammad Dicky Pratama Putra, 2018, Perbandingan Struktur Gedung Tidak Beraturan Horizontal Berbentuk “L” Terhadap Kondisi Sistem *Rigid Floor Flexuran Floor*, dan Sistem Dinding Geser, Skripsi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan,
- [12] PPURG, 1987, *Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung*, Yayasan Badan Penerbit PU, Jakarta,
- [13] Standar Nasional Indonesia, 2019, *Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung*, SNI 1726, Jakarta,
- [14] Standar Nasional Indonesia, 2013, *Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan*, SNI 2847, Jakarta,
- [15] Standar Nasional Indonesia, 2013, *Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain*, SNI 1727, Jakarta

