

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS PENGARUH STRUKTUR COREWALL  
TERHADAP PERILAKU SEISMIC GEDUNG HOTEL  
EL ROYALE YOGYAKARTA  
(ANALYSIS THE EFFECT OF COREWALL  
STRUCTURE ON SEISMIC AT EL ROYALE HOTEL  
BUILDING YOGYAKARTA)**

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



**SELO ARIEF BUSTAMAN  
16511146**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
2022**

## TUGAS AKHIR

# ANALISIS PENGARUH STRUKTUR COREWALL TERHADAP PERILAKU SEISMIC GEDUNG HOTEL EL ROYALE YOGYAKARTA (ANALYSIS THE EFFECT OF COREWALL STRUCTURE ON SEISMIC AT EL ROYALE HOTEL BUILDING YOGYAKARTA)



Disusun oleh :

**Selo Arief Bustaman**  
**16 511 146**

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

Diuji pada tanggal 13 Juli 2022  
oleh Dewan Penguji

**Pembimbing**

**Astriana Hardawati, S.T., M.Eng**  
NIK : 165111301

**Penguji I**

**Jafar, S.T., M.T., MURP.**  
NIK : 185111305

**Penguji II**

**Anggit Mas Arifudin, S.T., M.T.**  
NIK : 185111304

Mengesahkan,  
Ketua Program Studi Teknik Sipil

**Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T.**  
NIK : 885110101



## PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa 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 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 perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 13 Juli 2022  
Yang Membuat Pernyataan,



Selo Arief Bustaman  
16511146

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul Analisis Pengaruh Struktur Corewall Terhadap Perilaku Seismik Gedung Hotel El Royale Yogyakarta. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu di Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Penyusunan Tugas Akhir ini banyak mengalami hambatan, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, penelitian ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Bapak Prof. Fathul Wahid, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Rektor Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Dr.-Ing. Ir. Ilya Fadjar Maharika, MA., IAI. selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
3. Ibu Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, MT. selaku Ketua Program Studi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
4. Ibu Astriana Hardawati, S.T., M.Eng selaku Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk membimbing hingga terselesaikannya Tugas Akhir Ini.
5. Bapak/Ibu dosen Program Studi Teknik Sipil UII yang telah memberikan ilmu, semangat dan motivasi.
6. Bapak Suwardi, ibu Jumiati, bude Sulami dan keluarga yang telah berkorban begitu banyak, baik moral maupun materiil, hingga terselesainya Tugas Akhir ini.
7. Kakak Ardi Arif Bustaman, adek Jauhari Arief Bustaman dan Ulfatun Ni'mah Faridhatun Nisa yang selalu memotivasi dalam mengerjakan Tugas Akhir.

8. Keluarga besar PPSPA Komplek 4 yang telah memberikan tempat dan fasilitas untuk belajar ilmu agama.
9. Keluarga besar KMNU UII yang selalu menemani berproses dalam organisasi.
10. Fitriana Harjati dan teman-teman kontrakan Kudus : Opang, Ian, Ardi dan Safri yang senantiasa membantu dan menemani selama menempuh studi di prodi Teknik Sipil UII.
11. Teman-Teman Teknik Sipil Khususnya Angkatan 2016 semoga senantiasa diberikan kesehatan dan kesuksesan selalu.
12. Terimakasih sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penulisan Tugas Akhir ini.

Akhir kata penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat untuk berbagai pihak yang membaca.

Yogyakarta, 13 Juli 2022



Selo Arief Bustaman  
16511146

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xvi
ABSTRAK	xix
ABSTRACT	xx
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Umum	5
2.2 Penelitian Terdahulu	6
2.2.1 Penelitian Tentang Perbandingan Respon Struktur Bangunan	6
2.2.2 Penelitian Tentang Perbandingan Respon Dinamik SRPM dan Sistem Ganda	7
2.2.3 Penelitian Tentang Analisa Letak Dinding Geser	8
2.3 Keaslian Penelitian	11
BAB III LANDASAN TEORI	12
3.1 Konsep Bangunan Tahan Gempa	12
3.2 Dinding Geser / Shear Wall	13

3.3 Corewall	14
3.4 Pembebanan Struktur	14
3.4.1 Beban Mati	15
3.4.2 Beban Hidup	17
3.4.3 Beban Gempa	23
3.5 Periode Fundamental Struktur (T)	24
3.6 Macam dan Perilaku Goyangan Struktur Utama	25
3.6.1 Perilaku Goyangan Portal Terbuka	25
3.6.2 Perilaku Goyangan Struktur Dinding (Structural Wall)	26
3.6.3 Pola Goyangan Struktur Kombinasi antara Portal dengan Wall	27
3.7 Struktur Bangunan Gedung Beraturan dan Tidak Beraturan	27
3.7.1 Ketidakberaturan Horizontal	28
3.7.2 Ketidakberaturan Vertikal	31
3.8 Kategori Risiko Struktur Bangunan	36
3.9 Respons Spektrum	39
3.10 Kategori Desain Seismik	46
3.11 Kombinasi Sistem Struktur	47
3.12 Geser Dasar Seismik	50
3.13 Jumlah Ragam	52
3.14 Penskalaan Simpangan	52
3.15 Redundansi	52
3.15.1 Kondisi $\rho$ Adalah 1,0	52
3.15.2 Faktor Redundansi $\rho$ Untuk Kategori Desain Seismik D Sampai F	54
3.16 Simpangan Antar Lantai	55
3.17 Drift Ratio	57
3.18 Pengaruh P-Delta	57
<b>BAB IV METODOLOGI PENELITIAN</b>	<b>59</b>
4.1 Umum	59
4.2 Data Penelitian	60
4.3 Tahapan Penelitian	66
<b>BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN</b>	<b>69</b>



5.1 Pembebanan Struktur	69
5.1.1 Bahan Material	69
5.1.2 Beban Mati	69
5.1.3 Beban Hidup	73
5.1.4 Beban Gempa	73
5.2 Analisis Struktur	77
5.2.1 Analisis Struktur Dengan Corewall	77
5.2.1.1 Kontrol Periode Natural (T)	77
5.2.1.2 Perhitungan Koefisien Respons Seismik ( $C_s$ )	78
5.2.1.3 Gaya Geser Dasar	78
5.2.1.4 Partisipasi Massa	78
5.2.1.5 Skala Gaya Response Spektrum	79
5.2.1.6 Cek Sistem Rangka Memikul 25% Gaya Statik	80
5.2.1.7 Cek Ketidakberaturan Struktur	81
5.2.2 Analisis Struktur Tanpa Corewall	93
5.2.2.1 Kontrol Periode Natural (T)	93
5.2.2.2 Perhitungan Koefisien Respons Seismik ( $C_s$ )	93
5.2.2.3 Gaya Geser Dasar	94
5.2.2.4 Partisipasi Massa	94
5.2.2.5 Skala Gaya Response Spektrum	94
5.2.2.6 Cek Ketidakberaturan Struktur	95
5.3 Hasil Analisis	105
5.3.1 Hasil analisis struktur dengan corewall	105
5.3.1.1 Displacement	105
5.3.1.2 Simpangan Antar Lantai	107
5.3.1.3 Drift Ratio	110
5.3.1.4 Kestabilan P-Delta	112
5.3.2 Hasil analisis struktur tanpa corewall	114
5.3.2.1 Displacement	114
5.3.2.2 Simpangan antar lantai	116
5.3.2.3 Drift Ratio	119



5.3.2.4 Kestabilan P-Delta	120
5.3.3 Perbandingan Hasil Analisis	122
5.3.3.1 Perbandingan Displacement	122
5.3.3.2 Perbandingan Simpangan Antar Lantai	124
5.3.3.3 Perbandingan Drift Ratio	126
5.3.3.4 Perbandingan Kestabilan P-Delta	127
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	129
6.1 Kesimpulan	129
6.2 Saran	130
DAFTAR PUSTAKA	131



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Terdahulu	10
Tabel 3. 1 Berat Sendiri Bahan Bangunan	15
Tabel 3. 2 Berat Sendiri Komponen Gedung	16
Tabel 3. 3 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum	18
Tabel 3. 4 Koefisien Untuk Batas Atas Periode	24
Tabel 3. 5 Nilai Parameter Periode Pendekatan $C_t$ dan $x$	25
Tabel 3. 6 Ketidakberaturan Horizontal Pada Struktur	28
Tabel 3. 7 Ketidakberaturan Vertikal Pada Struktur	32
Tabel 3. 8 Kategori Risiko Bangunan	36
Tabel 3. 9 Faktor Keutamaan Gempa	39
Tabel 3. 10 Koefisien situs, $F_a$	43
Tabel 3. 11 Koefisien situs, $F_v$	44
Tabel 3. 12 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons	47
Tabel 3. 13 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons	47
Tabel 3. 14 Faktor $R$ , $C_d$ , $\zeta_0$ dan untuk sistem pemikul gaya seismik	48
Tabel 3. 15 Persyaratan Untuk Masing-Masing	53
Tabel 3. 16 Simpangan antar tingkat izin $\Delta_a^{a,b}$	56
Tabel 4. 1 Data Gedung	60
Tabel 4. 2 Dimensi Balok	60
Tabel 4. 3 Dimensi Kolom	61
Tabel 5. 1 Perhitungan Pembebanan Pelat Lantai	69
Tabel 5. 2 Perhitungan Pembebanan Pelat Atap	70
Tabel 5. 3 Perhitungan Pembebanan Tangga	70
Tabel 5. 4 Perhitungan Pembebanan Bordes	71
Tabel 5. 5 Desain Respons Spektrum	75
Tabel 5. 6 Berat Bangunan Total	76
Tabel 5. 7 Partisipasi Massa	79
Tabel 5. 8 Gaya Geser Sebelum Skala Gaya	79

Tabel 5. 9 Gaya Geser Setelah Skala Gaya	80
Tabel 5. 10 Kontrol Sistem Rangka Memikul 25%	80
Tabel 5. 11 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Arah X	81
Tabel 5. 12 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Arah Y	82
Tabel 5. 13 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Berlebihan Arah X	82
Tabel 5. 14 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Berlebihan Arah Y	83
Tabel 5. 15 Ketidakberaturan Massa	84
Tabel 5. 16 Ketidakberaturan Geometri Vertikal Arah X	85
Tabel 5. 17 Ketidakberaturan Geometri Vertikal Arah Y	85
Tabel 5. 18 Ketidakberaturan Tingkat Lemah 5a	86
Tabel 5. 19 Ketidakberaturan Tingkat Lemah 5b	87
Tabel 5. 20 Ketidakberaturan Horizontal Arah X Titik 1	88
Tabel 5. 21 Ketidakberaturan Horizontal Arah X Titik 2	89
Tabel 5. 22 Ketidakberaturan Horizontal Arah Y Titik 3	89
Tabel 5. 23 Ketidakberaturan Horizontal Arah Y Titik 4	90
Tabel 5. 24 Kontrol Ketidakberaturan Sudut Dalam	91
Tabel 5. 25 Kontrol Ketidakberaturan Diskontinuitas Diafragma	92
Tabel 5. 26 Partisipasi Massa	94
Tabel 5. 27 Gaya Geser Sebelum Skala Ulang	95
Tabel 5. 28 Gaya Geser Setelah Skala Ulang	95
Tabel 5. 29 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Arah X	96
Tabel 5. 30 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Arah Y	96
Tabel 5. 31 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Berlebihan Arah X	97
Tabel 5. 32 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Berlebihan Arah Y	98
Tabel 5. 33 Ketidakberaturan Massa	98
Tabel 5. 34 Ketidakberaturan Geometri Vertikal Arah X	99
Tabel 5. 35 Ketidakberaturan Geometri Vertikal Arah Y	100
Tabel 5. 36 Ketidakberaturan Tingkat Lemah 5a	100
Tabel 5. 37 Ketidakberaturan Tingkat Lemah 5b	101
Tabel 5. 38 Ketidakberaturan Horizontal Arah X Titik 1	102
Tabel 5. 39 Ketidakberaturan Horizontal Arah X Titik 2	102

Tabel 5. 40 Ketidakberaturan Horizontal Arah Y Titik 3	103
Tabel 5. 41 Ketidakberaturan Horizontal Arah Y Titik 4	103
Tabel 5. 42 Kontrol Ketidakberaturan Sudut Dalam	104
Tabel 5. 43 Kontrol Ketidakberaturan Diskontinuitas Diafragma	104
Tabel 5. 44 Displacement Arah X	106
Tabel 5. 45 Displacement Arah Y	106
Tabel 5. 46 Rekapitulasi Simpangan Antar Lantai Arah X	108
Tabel 5. 47 Rekapitulasi Simpangan Antar Lantai Arah Y	109
Tabel 5. 48 Rekapitulasi Drift Ratio	111
Tabel 5. 49 Rekapitulasi Koefisien Stabilitas Arah X	113
Tabel 5. 50 Rekapitulasi Koefisien Stabilitas Arah Y	113
Tabel 5. 51 Displacement Arah X	114
Tabel 5. 52 Displacement Arah Y	115
Tabel 5. 53 Rekapitulasi Simpangan Antar Lantai Arah X	117
Tabel 5. 54 Rekapitulasi Simpangan Antar Lantai Arah Y	117
Tabel 5. 55 Rekapitulasi Drift Ratio Arah X	119
Tabel 5. 56 Rekapitulasi Drift Ratio Arah Y	119
Tabel 5. 57 Rekapitulasi Koefisien Stabilitas Arah X	120
Tabel 5. 58 Rekapitulasi Koefisien Stabilitas Arah Y	121
Tabel 5. 59 Perbandingan Displacement	122
Tabel 5. 60 Perbandingan Simpangan Antar Lantai	124
Tabel 5. 61 Perbandingan Drift Ratio	126
Tabel 5. 62 Perbandingan Koefisien P-Delta	127

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Shearwall Model 1	6
Gambar 2. 2 Shearwall Model 2	6
Gambar 2. 3 Shearwall Model 3	7
Gambar 2. 4 Layout Variasi Letak Dinding Geser	9
Gambar 3. 1 Shearwall Berdasarkan Letak dan Fungsinya	14
Gambar 3. 2 Ketidakberaturan Horizontal	31
Gambar 3. 3 Ketidakberaturan Vertikal	35
Gambar 3. 4 $S_s$ , Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko	40
Gambar 3. 5 $S_1$ , Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko	41
Gambar 3. 6 $C_{RS}$ , Koefisien Risiko Terpetakan	42
Gambar 3. 7 $C_{R1}$ , Koefisien Risiko Terpetakan	42
Gambar 3. 8 Spektrum Respons Desain	46
Gambar 3. 9 Penentuan Simpangan Antar Lantai	55
Gambar 4. 1 Denah Struktur Gedung Lantai 1	62
Gambar 4. 2 Denah Struktur Gedung Lantai 2	63
Gambar 4. 3 Denah Struktur Gedung Lantai 3	64
Gambar 4. 4 Denah Struktur Gedung Lantai 4	65
Gambar 4. 5 Denah Struktur Gedung Lantai 5 Sampai 10	66
Gambar 5. 1 Grafik Respons Spektrum Tanah Sedang Yogyakarta	76
Gambar 5. 2 Acuan Ketidakberaturan 1a dan 1b	88
Gambar 5. 3 Cek Ketidakberaturan Sudut Dalam	91
Gambar 5. 4 Grafik Displacement Struktur Dengan Corewall	107
Gambar 5. 5 Grafik Simpangan Antar Lantai Struktur Dengan Corewall	110
Gambar 5. 6 Grafik Drift Ratio Struktur Dengan Corewall	111
Gambar 5. 7 Grafik Koefisien Stabilitas Struktur Dengan Corewall	114
Gambar 5. 8 Grafik Simpangan Struktur Tanpa Corewall	116
Gambar 5. 9 Grafik Simpangan Antar Lantai Struktur Tanpa Corewall	118
Gambar 5. 10 Grafik Drift Ratio Struktur Tanpa Corewall	120

Gambar 5. 11 Grafik Koefisien Stabilitas Struktur Tanpa Corewall	122
Gambar 5. 12 Grafik Perbandingan Simpangan Struktur	123
Gambar 5. 13 Grafik Perbandingan Simpangan Antar Lantai Struktur	125
Gambar 5. 14 Grafik Perbandingan Drift Ratio Struktur	126
Gambar 5. 15 Grafik Perbandingan Koefisien Stabilitas Struktur	128



## DAFTAR LAMPIRAN

Gambar L-1. 1 Denah Struktur Gedung Lantai 1	134
Gambar L-1. 2 Denah Struktur Gedung Lantai 2	135
Gambar L-1. 3 Denah Struktur Gedung Lantai 3	136
Gambar L-1. 4 Denah Struktur Gedung Lantai 4	137
Gambar L-1. 5 Denah Struktur Gedung Lantai 5 Sampai 10	138
Gambar L-1. 6 Model 3D Struktur Dengan Corewall	139
Gambar L-1. 7 Model 3D Struktur Dengan Corewall Tampak Samping	140
Gambar L-1. 8 Model 3D Struktur Dengan Corewall Tampak Depan	141
Gambar L-1. 9 Model 3D Struktur Dengan Corewall Tampak Atas	142
Gambar L-1. 10 Model 3D Struktur Tanpa Corewall	143
Gambar L-1. 11 Model 3D Struktur Tanpa Corewall Tampak Samping	144
Gambar L-1. 12 Model 3D Struktur Tanpa Corewall Tampak Depan	144
Gambar L-1. 13 Model 3D Struktur Tanpa Corewall Tampak Atas	145



## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

$C_d$	= faktor pembesaran simpangan lateral
$C_{RS}$	= nilai terpeta koefisien risiko spesifik situs pada periode pendek
$C_{R1}$	= nilai terpeta koefisien risiko spesifik situs pada periode 1 detik
$C_s$	= koefisien respons seismik
$C_u$	= koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung
$C_v$	= koefisien vertikal
$dx$	= simpangan horizontal arah x
$dy$	= simpangan horizontal arah y
$F_a$	= koefisien situs untuk periode pendek yaitu pada periode 0,2 detik
$F_{PGA}$	= koefisien situs untuk PGA
$F_v$	= koefisien situs untuk periode panjang (pada periode 1 detik)
$F_x$	= gaya seismik lateral (Kn) di level-x sebagaimana dijelaskan pada persamaan
$f'_c$	= mutu beton
$f_y$	= mutu baja
$g$	= percepatan gravitasi ( $m/detik^2$ )
$h$	= tinggi rata-rata struktur diukur dari dasar hingga level atap
$h_i, h_x$	= tinggi dari dasar sampai tingkat I atau x (m)
$h_n$	= batasan tinggi struktur (m)
$h_{sx}$	= tinggi tingkat di bawah level-x
$I_e$	= faktor keutamaan gempa
$k$	= eksponen yang terkait dengan periode struktur
$K$	= kekakuan
$L$	= pengaruh beban hidup
$MCE$	= gempa maksimum yang dipertimbangkan
$MCE_G$	= nilai tengah geometric gempa tertimbang maksimum
$MCE_R$	= gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget
$PGA$	= percepatan muka tanah puncak MCEG terpeta

- $PGA_M$  = percepatan muka tanah puncak MCEG yang sudah disesuaikan akibat pengaruh kelas situs  
 $P_x$  = total beban rencana vertikal tidak terfaktor pada dan di atas tingkat-x  
 $q_d$  = beban mati  
 $q_l$  = beban hidup  
 $R$  = koefisien modifikasi respons  
 $S_a$  = respons spektra percepatan  
 $S_{D1}$  = parameter percepatan respons spectral pada periode 1 detik, redaman 5 persen  
 $S_{DS}$  = parameter percepatan respons spectral pada periode pendek, redaman 5 persen  
 $S_{M1}$  = parameter percepatan respons spektral MCE pada periode 1 detik yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs  
 $S_{MS}$  = parameter percepatan respons spektral MCE pada periode pendek yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs  
 $S_s$  = parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada periode pendek, redaman 5 persen  
 $S_1$  = parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada periode 1 detik, redaman 5 persen  
 $SNI$  = Standar Nasional Indonesia  
 $T$  = periode getar fundamental struktur  
 $T_a$  = perioda fundamental pendekatan  
 $T_0 = 0,2 \frac{SD1}{SDS}$   
 $T_s = \frac{SD1}{SDS}$   
 $V$  = gaya geser seismik  
 $V_x$  = geser seismik desain di tingkat-x  
 $V_t$  = gaya dasar dari kombinasi ragam yang disyaratkan  
 $W_t$  = berat seismik efektif  
 $\Delta$  = simpangan antar lantai tingkat desain  
 $\Delta_a$  = simpangan antar lantai tingkat ijin

$\delta_{xe}$  = defleksi pada lokasi yang disyaratkan yang ditentukan dengan analisis elastis

$\rho$  = faktor redundansi struktur

$\zeta_0$  = faktor kuat lebih

$\mu$  = datalitas struktur

$\mu\Delta$  = *displacement ductility ratio*

$\varphi$  = rasio redaman



## ABSTRAK

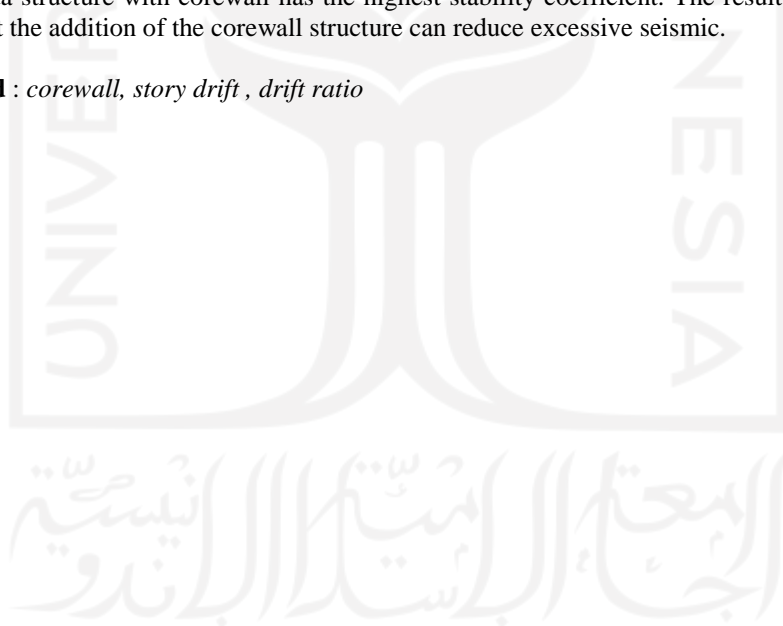
Yogyakarta memiliki luas wilayah sebesar 32,5 km<sup>2</sup> dengan kepadatan penduduk 12.781 jiwa/km<sup>2</sup>. Yogyakarta merupakan “kota pelajar” dan salah satu destinasi wisatawan Indonesia, hal tersebut akan berdampak pada pertumbuhan pembangunan yang semakin berkembang dan cepat sehingga ketersediaan lahan semakin berkurang. Salah satu cara untuk mengatasi masalah tersebut yaitu dengan menerapkan konsep bangunan bertingkat tinggi. Adapun dalam perancangan bangunan bertingkat tinggi harus mampu menahan gaya lateral yang diakibatkan oleh angin dan gempa. Wilayah Indonesia terletak di atas plat tektonik yang merupakan daerah aktif gempa. Akibat dari kekuatan gempa yang besar dapat mengakibatkan kerusakan bangunan hingga menimbulkan korban jiwa manusia. Menurut Gunawan (2019), salah satu cara agar bangunan tahan dari pengaruh gempa yaitu dengan menambahkan struktur dinding geser pada struktur bangunan. Objek bangunan yang ditinjau pada penelitian ini memiliki struktur dinding geser yang berada pada inti bangunan atau disebut sebagai corewall. Penelitian ini dianalisa untuk mengetahui perbandingan pengaruh struktur corewall terhadap bangunan dengan struktur tanpa menggunakan corewall ditinjau dari nilai simpangan, simpangan antar lantai, drift ratio dan kestabilan P-Delta. Analisis menggunakan software SAP2000 dengan berpedoman pada SNI 1726-2019 memodelkan objek 2 variasi permodelan. Hasil analisis menunjukkan bahwa struktur dengan corewall memiliki nilai simpangan lebih kecil yaitu sebesar 0,092 m baik pada arah x maupun arah y dibandingkan pada struktur tanpa corewall yang memiliki simpangan arah x sebesar 0,103 m dan pada arah y sebesar 0,114 m. Untuk nilai story drift pada masing-masing model mengalami ketidakamanan struktur akan tetapi struktur tanpa corewall yang memiliki ketidakamanan paling tinggi. Nilai drift ratio pada struktur dengan corewall memiliki nilai yang paling kecil menunjukkan bahwa struktur bangunan lebih kaku dan kestabilan P-Delta struktur dengan corewall memiliki koefisien kestabilan paling tinggi. Hasil analisis menunjukkan bahwa penambahan struktur corewall mampu mengurangi perilaku seismik yang berlebihan.

**Kata kunci :** *corewall, story drift, drift ratio*

## ABSTRACT

Yogyakarta has a 32.5 km<sup>2</sup> area with a population of 12,781 people/km<sup>2</sup>. Yogyakarta is “student city” and one of the destinations for Indonesian tourists, this will have an impact on development growth that is growing fast and the availability of land is decreasing one solution is to use the concept of high-rise buildings. for the design of high-rise buildings must be able to withstand lateral forces caused by wind and earthquakes. Indonesian territory is located on a tectonic plate which is an active earthquake area. The impact of a large earthquake can cause damage to buildings and cause human casualties. According to Gunawan (2019), to make buildings resistant to earthquake effects is to add a shear wall structure to the building structure. The building object reviewed in this study has a shear wall structure located at the core of the building or referred to as a corewall. This study wants to compare the effect of the corewall structure on buildings with structures without using corewall in terms of the value of deviation, drift between floors, drift ratio and P-Delta stability. Analysis using SAP2000 software based on SNI 1726-2019 modeled the object of 2 variations of the model. The results of the analysis show that the structure with corewall has a smaller deviation value of 0.092 m in both the x and y directions than the structure without corewall which has a deviation of 0.103 m in the x direction and 0.114 m in the y direction. For story drift values, each model has structural insecurity, but structures without a corewall have the highest insecurity. Drift ratio value on a structure with corewall having the smallest value indicates that the building structure is more rigid. the stability of P-Delta structure with corewall has the highest stability coefficient. The results of the analysis show that the addition of the corewall structure can reduce excessive seismic.

**Keyword** : *corewall, story drift, drift ratio*



# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Yogyakarta merupakan salah satu daerah tujuan wisata di Indonesia yang sangat terkenal dimana kebutuhan akan tempat tinggal untuk wisatawan sangat tinggi. Hal ini menjadi pertimbangan kedepan bahwa pembangunan tempat tinggal akan meningkat akan tetapi lahan yang tersedia semakin terbatas. Berdasarkan Badan Pusat Statistik (BPS), Kota Yogyakarta memiliki luas wilayah sebesar 32,5 km<sup>2</sup> dengan kepadatan penduduk 12.781 jiwa/km<sup>2</sup>. Salah satu cara untuk mengatasi permasalahan tersebut yaitu dengan menerapkan konsep bangunan bertingkat tinggi atau *high rise building*.

Bangunan bertingkat tinggi dirancang harus mampu menahan gaya lateral akibat adanya gaya angin dan gempa yang terjadi di sekitar bangunan. Terkhusus lagi wilayah Indonesia secara geografis berdekatan dan terletak di atas beberapa plat tektonik yang merupakan daerah aktif gempa. Apabila energi gempa yang dikeluarkan sangat besar dapat mengakibatkan kerusakan pada struktur bangunan. Gunawan dkk (2019), melaporkan bahwa salah satu cara agar bangunan tahan dari pengaruh gempa yaitu dengan menambahkan struktur dinding geser pada struktur bangunan.

Dinding geser merupakan dinding struktur yang dirancang untuk menahan kombinasi geser, momen, dan gaya aksial yang ditetapkan sebagai bagian sistem penahan gaya gempa. Objek penelitian ini mengambil data gedung hotel yang mana pada kondisi eksisting inti bangunan diberikan tambahan struktur dinding geser atau disebut *corewall*.

Gedung hotel ini berlokasi di pusat kota Yogyakarta berdekatan dengan area wisata Malioboro. Sekeliling gedung merupakan kawasan padat bangunan sehingga dalam perencanaan harus memperhatikan kondisi geografis dan perilaku seismik ketika terjadi gempa bumi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan struktur *corewall* terhadap perilaku seismik dibandingkan dengan permodelan tanpa penambahan struktur *corewall* dengan indikator berdasarkan nilai *displacement*, nilai simpangan antar lantai, nilai drift ratio dan kestabilan P-Delta. Untuk analisis menggunakan *software* SAP2000 dengan berpedoman pada SNI-1726-2019 dan SNI-1727-2020.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas mengenai bangunan vertikal dengan pemberian struktur tambahan agar tahan terhadap gaya gempa yang terjadi, maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh penambahan struktur *corewall* terhadap besar *displacement*?
2. Bagaimana pengaruh penambahan struktur *corewall* terhadap simpangan antar lantai struktur?
3. Berapa besar pengaruh penambahan struktur *corewall* terhadap nilai *drift ratio* bangunan yang ditinjau akibat beban gempa?
4. Bagaimana pengaruh penambahan struktur *corewall* terhadap kestabilan P-Delta bangunan?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang dimaksud dalam penelitian ini yaitu :

1. Mengetahui pengaruh penambahan struktur *corewall* terhadap besar nilai *displacement*.
2. Mengetahui pengaruh penambahan struktur *corewall* terhadap besar simpangan antar lantai bangunan.
3. Mengetahui besar nilai *drift ratio* akibat penambahan struktur *corewall* pada bangunan.
4. Mengetahui kestabilan bangunan dari nilai P-Delta.



#### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini ditujukan kepada praktisi, mahasiswa dan masyarakat umum. Adapun manfaat penelitian dari masing-masing sasaran adalah sebagai berikut:

##### 1. Praktisi

Praktisi mendapatkan referensi dalam menganalisis struktur bangunan bertingkat banyak baik dengan tambahan struktur *corewall* ataupun tidak. Selain itu, didapatkan juga gambaran mengenai pengaruh adanya struktur *corewall* terhadap bangunan sehingga apabila mempunyai pekerjaan yang berkaitan dengan bangunan berlantai banyak bisa digunakan sebagai referensi atau pembanding.

##### 2. Mahasiswa

Mahasiswa dapat memanfaatkan penelitian ini sebagai referensi bacaan untuk menambah wawasan ilmu teknik sipil dan sekaligus bisa digunakan sebagai referensi dalam menyusun Tugas Akhir.

#### 1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah ini bertujuan agar penulis tidak terlalu meluas dan lebih terarah dalam menyusun penelitian. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Gedung yang menjadi studi kasus dalam penelitian ini adalah Gedung Hotel El Royale Yogyakarta
2. Fungsi bangunan digunakan sebagai bangunan hunian.
3. Kondisi tanah menggunakan kondisi tanah daerah Yogyakarta pada umumnya yaitu tanah sedang.
4. Tinggi struktur bangunan tiap lantai yaitu 3,2 meter.
5. Analisis struktur menggunakan bantuan software SAP2000.
6. Struktur dimodelkan dengan variasi struktur tanpa menggunakan *corewall* dan dengan pemasangan *corewall*.
7. Struktur baja pada *Ballroom* dan *Meeting Room* tidak dimodelkan dalam SAP2000 tetapi beban tetap dimasukkan.
8. Struktur tangga tidak dimodelkan tetapi beban tetap dimasukkan.

9. Struktur bawah (pondasi) tidak diperhitungkan.
10. Tumpuan dimodelkan sebagai jepit.
11. Metode rekayasa gempa menggunakan metode respons spectrum.
12. Pedoman yang digunakan yaitu:
  - a. SNI 1726-2019 “Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung”.
  - b. SNI 1727-2020 “Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain”
  - c. Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung.
13. Pembebanan pada struktur digunakan beban mati, beban hidup dan beban gempa tanpa mempertimbangkan beban angin.
14. Rencana anggaran biaya tidak diperhitungkan.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjauan Umum**

Pada tahap perencanaan struktur, perlu dilakukan studi pustaka untuk mengetahui dasar-dasar teori yang akan digunakan. Struktur adalah rangkaian dari beberapa elemen yang didesain agar mampu untuk menahan berat sendiri dan beban luar seperti beban gempa tanpa mengalami perubahan bentuk struktur yang melewati batas persyaratan. Struktur harus mampu menahan beban, baik beban vertikal yaitu beban mati dan beban hidup maupun beban lateral yaitu beban angin dan beban gempa yang sudah tertuang dalam peraturan pembebanan.

Perencanaan struktur bangunan terdiri dari dua bagian utama, yaitu perencanaan struktur atas (*Upper Structure*) dan perencanaan struktur bawah (*Sub Structure*). Struktur bawah memiliki fungsi meneruskan beban yang dipikul oleh struktur atas ke dalam tanah pendukung. Seluruh beban pada bangunan harus dapat ditahan oleh tanah agar tidak terjadi kegagalan struktur akibat terjadi penurunan diluar batas persyaratan.

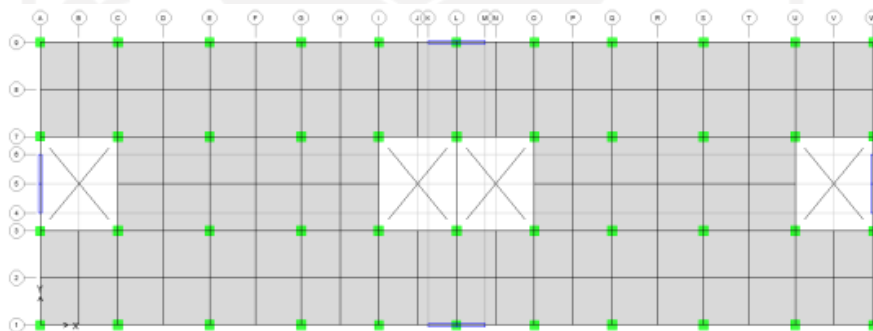
Juwana (2005) menyatakan, sistem struktur dibagi menjadi dua bagian yaitu sistem vertikal dan sistem horizontal. Sistem vertikal mencakup sistem struktur lateral yang dapat meningkatkan nilai kekakuan dan kekuatan komponen vertikal. Sedangkan sistem horizontal mencakup pengaku-pengaku horizontal atau horizontal bracing berupa rantai dan sistem deck framing yang biasa disebut dengan diafragma horizontal. Untuk meningkatkan kekakuan lateral, sistem struktur dasar dapat dimulai dari kolom kantilever (*cantilever column*), rangka tanpa pengaku (*unbraced frame*), rangka pengaku (*braced frame*), rangka dengan pengisi (*infilled frame*), dinding structural (*structural wall*), dan inti structural (*structural core*). Sistem penahan bebas lateral antara lain: rangka penahan momen (*Moment Resisting Frames*), rangka pengaku (*Braced Frame*), dinding structural, *Hybrid System* dan *Tube System*.

## 2.2 Penelitian Terdahulu

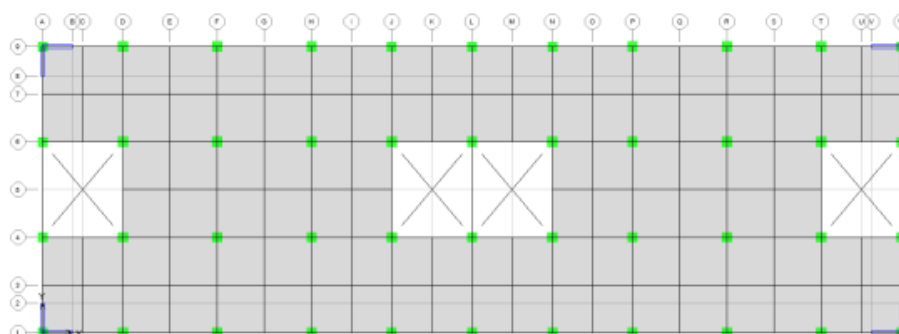
Penelitian ini memiliki beberapa referensi penelitian terdahulu yang digunakan sebagai acuan terkait dengan penelitian yang akan dilakukan. Referensi tersebut berupa tugas akhir maupun jurnal dari berbagai penelitian. Berikut penelitian terdahulu yang digunakan penulis sebagai referensi.

### 2.2.1 Penelitian Tentang Perbandingan Respon Struktur Bangunan

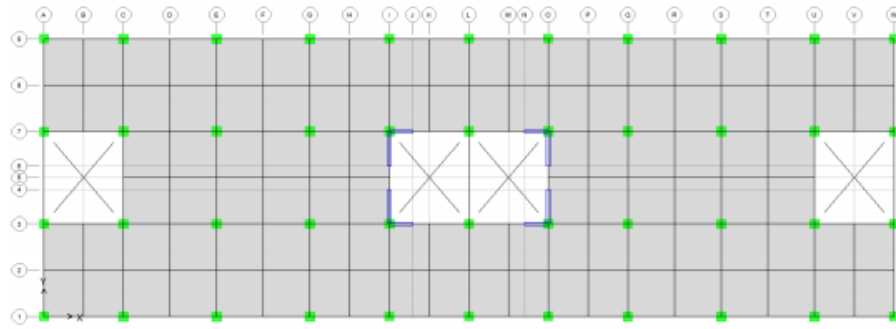
Penelitian yang dilakukan oleh Amalia N.J (2018) ini bertujuan untuk mengetahui besar pengaruh pemberian variasi dinding geser terhadap nilai drift ratio bangunan yang ditinjau akibat beban gempa. Pada penelitian ini berpedoman pada peraturan SNI 1726-2012 dan menggunakan software ETABS dalam melakukan permodelan struktur. Variasi tata letak dinding geser dapat dilihat pada gambar berikut.



**Gambar 2. 1 Shearwall Model 1**



**Gambar 2. 2 Shearwall Model 2**



**Gambar 2. 3 Shearwall Model 3**

Berdasarkan analisis struktur yang sudah dilakukan didapatkan hasil nilai *drift ratio* maksimum pada masing-masing model akibat beban gempa *respons spectrum* arah x sebesar 8,39% pada struktur *shearwall* model 1 dan pada arah y sebesar 29,5% pada struktur *shearwall* model 3. Nilai *drift ratio* minimum yang didapat pada masing-masing model akibat beban gempa *respons spectrum* pada arah x sebesar -1,586% pada struktur *shearwall* model 3 dan pada arah y sebesar 6,333% pada struktur *shearwall* model 2.

Penempatan dinding geser model 1 merupakan model struktur yang direkomendasikan karena memiliki nilai kekakuan yang tinggi dengan nilai *displacement* terkecil. Pola goyangan yang dimiliki struktur tanpa dinding geser adalah pola goyangan shear mode sedangkan struktur dengan dinding geser baik model 1, 2, dan 3 memiliki pola goyangan kombinasi.

#### 2.2.2 Penelitian Tentang Perbandingan Respon Dinamik SRPM dan Sistem Ganda

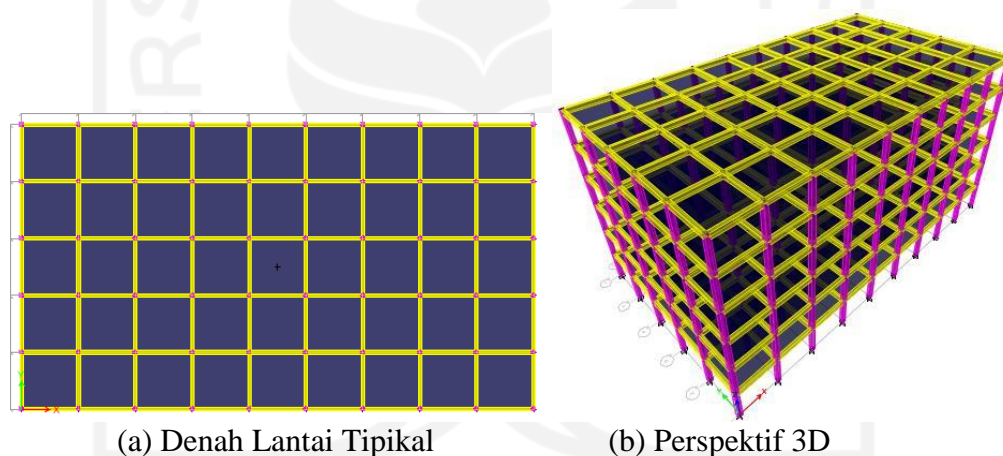
Penelitian oleh Seftian Yoga Wirawan (2018) ini berjudul “Perbandingan Respon Dinamik Menggunakan Sistem Tunggal (SRPM) dan Sistem Ganda (SRPM dan Dinding Geser)” menggunakan objek gedung 10 lantai berlokasi di Kota Denpasar memiliki berfungsi sebagai bangunan hotel atau tempat tinggal. Pada permodelan dilakukan perencanaan ulang menggunakan sistem rangka dan dinding geser dengan analisa pembebanan di inputkan ke aplikasi SAP2000v19.

Hasil yang didapatkan dari proses analisis berdasarkan analisa kekakuan dijelaskan bahwa *joint reaction* yang terjadi pada perencanaan *shearwall* dengan sistem ganda gempa RS X berkurang 35% terhadap arah x dan bertambah 83% terhadap arah y, sedangkan pada gempa RSY berkurang 25% terhadap arah x dan

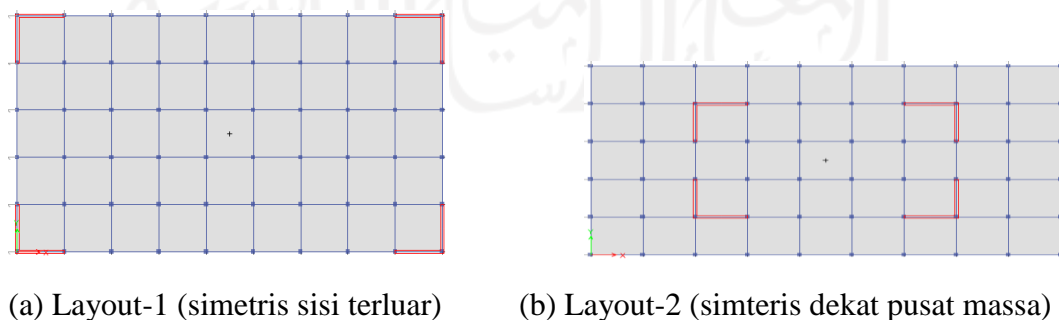
bertambah 50% terhadap arah  $y$ . Untuk nilai *Base Reaction* yang ditimbulkan pada perencanaan ulang dengan SRPM berkurang sebesar 27,94% pada gempa RSX dan 25,74% pada gempa RSY. Sedangkan untuk nilai simpangan yang terjadi pada perencanaan sistem ganda berkurang sebesar 2,32% terhadap sumbu  $y$  pada lantai 10 dan bertambah 58,1% terhadap sumbu  $y$  pada lantai 10.

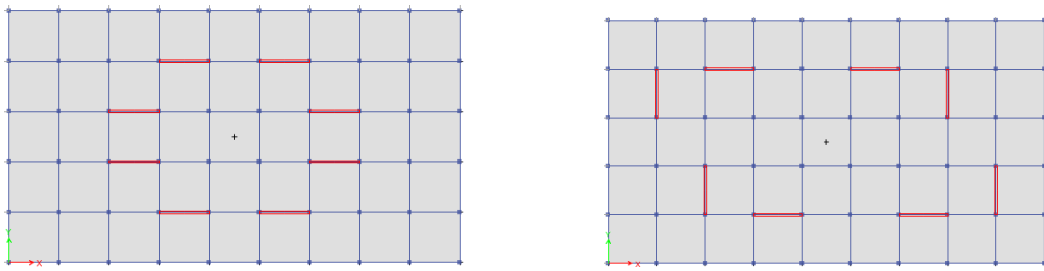
### 2.2.3 Penelitian Tentang Analisa Letak Dinding Geser

Penelitian oleh Nurul Anggraini Usmat I, dkk (2019) memiliki judul “Analisa Letak Dinding Geser (Shear Wall) Terhadap Perilaku Struktur Gedung Akibat Beban Gempa” menggunakan objek penelitian gedung dengan struktur beton bertulang yang memiliki fungsi sebagai gedung perkantoran di Kota Ternate. Adapun geometrik gedung dan variasi letak dinding geser dapat dilihat pada gambar-gambar berikut.



**Gambar 2. 4 Permodelan Geometrik Struktur Gedung**





(c) Layout-3 (simetris di sumbu kuat) (d) Layout-4 (asimetris bagian dalam)

### Gambar 2. 5 Layout Variasi Letak Dinding Geser

Hasil simulasi struktur terhadap beban gempa ditinjau berdasarkan waktu getar struktur  $T$ , tanpa dinding geser pada struktur SRPMK dan pada layout-3 kurang kaku dalam menerima beban lateral gempa dimana nilai  $T$  melebihi nilai  $T_{maks}$ . Adapun ditinjau berdasarkan simpangan antar lantainya pada model struktur layout-3 menghasilkan simpangan melampaui batas izin pada kombinasi beban arah-Y.

Dari 4 model, layout 1, 2, 3 dan 4 setelah pemasangan dinding geser sebagai elemen perkuatan penahan lateral terhadap beban gempa memenuhi sebagai struktur sistem ganda sedangkan pada layout-3 tidak sepenuhnya memenuhi sebagai struktur sistem ganda karena interaksi antara elemen frame dengan dinding geser tidak memenuhi proporsional. Pada simulai gempa arah-X baik statis maupun dinamik, elemen portal pada model layout-3 hanya menahan kurang dari 17% gaya geser gempa.



Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Nama Peneliti, Tahun	Penelitian Terdahulu			Penelitian yang Dilakukan
	Amalia N.J., 2018	Wirawan Seftian T., dkk, 2018	Usmat Anggraini N., dkk, 2019	
<b>Judul</b>	Kajian Perbandingan Respon Struktur Bangunan Bertingkat Dengan Variasi Tata Letak Dinding Geser Akibat Beban Gempa Dinamik	Perbandingan Respon Dinamik Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) dan Sistem Ganda (SRPM dan Dinding Geser)	Analisa Letak Dinding Geser (Shear Wall) Terhadap Perilaku Struktur Gedung Akibat Beban Gempa	Analisa Pengaruh Struktur Corewall Terhadap Perilaku Seismik Gedung Hotel El Royale Yogyakarta
<b>Model Struktur</b>	4 Model struktur, yaitu 1 struktur tanpa shearwall dan 3 variasi shearwall	Permodelan dibuat 2 tipe yaitu SRPM dan Sistem Ganda	Penempatan Shear Wall menggunakan 4 variasi layout	2 Model struktur, yaitu 1 struktur tanpa corewall dan 1 struktur menggunakan corewall
<b>Metode</b>	Metode respon spektrum	Metode respon spektrum	Metode respon spektrum	Metode respon spektrum
<b>Peraturan yang digunakan</b>	SNI 1726-2012 SNI 2847-2013	SNI 1726-2012 SNI 1727-2013 SNI 03-2847-2013	SNI 1726-2012 SNI 1727-2013	SNI 1726-2019 SNI 1727-2020 PPURG 1987

### 2.3 Keaslian Penelitian

Penelitian tentang analisa pengaruh struktur *corewall* terhadap kinerja Gedung El Royale Yogyakarta belum pernah dilakukan oleh peneliti lainnya, adapun perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah sebagai berikut:

1. Objek bangunan yang digunakan berbeda dengan penelitian sebelumnya, penelitian ini menggunakan objek bangunan Hotel El Royale Yogyakarta dengan desain bangunan berbentuk bangunan tinggi tidak beraturan.
2. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *respon spektrum* sesuai peraturan SNI 1726-2019.
3. Permodelan struktur yang digunakan yaitu bangunan dengan tambahan struktur *corewall* dan bangunan tanpa tambahan struktur *corewall*.

Adanya perbedaan-perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penelitian ini dapat dipertanggung jawabkan keasliannya.

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Konsep Bangunan Tahan Gempa**

Berdasarkan falsafah atau prinsip dasar perencanaan tahan gempa : “Struktur bangunan tidak boleh mengalami kerusakan jika terjadi gempa bumi dengan kekuatan ringan, jika terjadi gempa bumi berkekuatan sedang atau menengah kerusakan struktur boleh terjadi terbatas pada kerusakan ringan dan dapat diperbaiki. Sedangkan jika terjadi gempa bumi dengan kekuatan besar bangunan tidak boleh roboh, meskipun sudah mengalami kerusakan yang parah; sehingga korban jiwa manusia dikurangi meskipun terjadi kerusakan dan kerugian material”. Dengan demikian bangunan memiliki falsafah perencanaan dengan mempunyai ambang kekuatan minimum yang wajar dan ekonomis.

Periode ulang gempa rencana akan menentukan besarnya kekuatan gempa / percepatan tanah akibat gempa yang perlu diperhitungkan. Untuk bangunan biasa umumnya diambil probabilitas sebesar 10% terlampaui selama masa layan bangunan 50 tahun sehingga bangunan tersebut tidak perlu dibuat sangat kuat.

Hoedajanto dan Imran (2009) menjabarkan beberapa prinsip – prinsip perencanaan bangunan tahan gempa yang perlu diperhatikan :

1. Sistem struktur yang digunakan harus sesuai dengan tingkat kerawanan (resiko gempa) dimana bangunan tersebut didirikan.
2. Pendetailan penulangan, sambungan-sambungan, unsur-unsur bangunan harus terikat secara efektif menjadi satu kesatuan.
3. Material beton dan baja harus memenuhi syarat bangunan tahan gempa.
4. Unsur – unsur arsitektural yang memiliki massa yang besar harus terikat dengan kuat pada sistem portal utama.
5. Karakteristik bangunan sangat berpengaruh terhadap gaya gempa yang akan diterima bangunan. Bentuk denah bangunan yang simetris dan tidak terlalu panjang dapat mengurangi beban gempa yang diterima bangunan, selain itu massa bangunan sebisa mungkin dibuat ringan mungkin.

### 3.2 Dinding Geser / *Shear Wall*

Dinding geser / *Shear Wall* adalah struktur pengaku vertikal yang dirancang untuk menahan gaya lateral seperti gaya gempa dan angin yang bekerja pada bangunan. Dinding geser pada umumnya hanya boleh mempunyai bukaan sekitar 5% agar tidak mengurangi kekakuannya. Selain digunakan untuk menahan gaya lateral bisa juga digunakan sebagai dinding pendukung. Penempatannya dapat dilakukan pada sisi luar bangunan atau pada pusat bangunan. Berdasarkan letak dan fungsinya dinding geser diklasifikasikan dalam 3 jenis yaitu:

#### 1. *Bearing Wall*

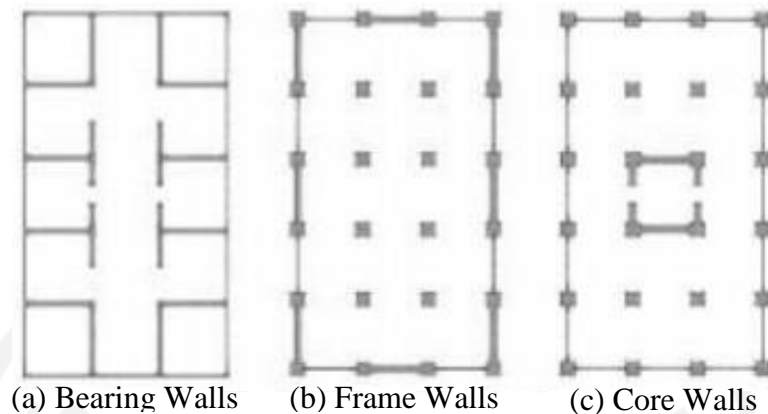
Dinding geser yang berfungsi mendukung sebagian besar beban gravitasi. Tembok-tembok ini menggunakan dinding partisi antar apartemen yang berdekatan.

#### 2. *Frame Wall*

Dinding geser yang berfungsi menahan beban lateral, dimana beban gravitasi berasal dari frame beton bertulang. Tembok-tembok ini dibangun diantara baris kolom.

#### 3. *Core Wall*

Dinding geser yang ditempatkan pada bagian dalam bangunan biasanya disebut dengan inti structural (struktural core / *corewall*) yang biasa digunakan untuk ruang lift dan tangga. Terletak pada inti pusat bangunan yang memiliki fungsi ganda, sehingga menjadi pilihan ekonomis pada pembangunan gedung tinggi. *Corewall* berfungsi sebagai penguat dan penopang kekakuan dari struktur bangunan itu sendiri. Berikut contoh gambar *shearwall* berdasarkan letak dan fungsinya.



**Gambar 3. 1 Shearwall Berdasarkan Letak dan Fungsinya**

### 3.3 Corewall

*Corewall* merupakan sistem dinding pendukung linear yang cukup sesuai untuk bangunan tinggi yang kebutuhan fungsi utilitasnya tetap yang juga berfungsi untuk memenuhi kekauan lateral yang diperlukan oleh struktur bangunan. Pada aplikasi konstruksi di lapangan kita dapat mengenal struktur *core wall* ini sebagai struktur ruang lift, *shaft* atau *service duct*. Struktur ini juga biasanya ditempatkan memanjang searah tinggi bangunan. Sebagai gambarannya, *corewall* dapat dibayangkan sebagai penahan lateral yang mirip dengan balok besar yang terkantilever dari tanah. Oleh sebab itu, tegangan geser dan lentur yang bekerja pada dinding inti menyerupai balok berpenampang persegi, dengan anggapan bahwa struktur itu akan sanggup menahan gaya-gaya yang bekerja padanya dan tidak akan runtuh. Pada era sekarang ini, penggunaan *corewall* dipertimbangkan sebagai suatu bagian dari sistem konstruksi bangunan tinggi yang bisa memikul gaya puntir (torsion), yang dapat terjadi akibat adanya eksentrisitas beban atau eksentrisitas struktur.

### 3.4 Pembebanan Struktur

Berdasarkan SNI 1727-2020, beban adalah gaya atau aksi lainnya akibat berat seluruh bahan bangunan, penghuni dan barang-barang yang dimilikinya, efek lingkungan, perbedaan pergerakan, dan gaya kekangan akibat perubahan dimensi. Struktur bangunan yang dirancang harus mampu menahan beban-beban

yang bekerja pada struktur tersebut. Adapun beban-beban yang bekerja pada struktur dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa kategori yaitu:

#### 3.4.1 Beban Mati

Berdasarkan SNI-1727-2020 definisi 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 dan structural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat derek dan sistem pengangkut material.

Berat sendiri dari bahan-bahan bangunan penting dan dari beberapa komponen gedung yang harus ditinjau di dalam menentukan beban mati dari suatu gedung, harus diambil menurut Tabel 3.1 dan Tabel 3.2 berikut.

**Tabel 3. 1 Berat Sendiri Bahan Bangunan**

<b>Bahan Bangunan</b>	<b>Berat Jenis</b>
Baja	7850 kg/m <sup>3</sup>
Batu alam	2600 kg/m <sup>3</sup>
Batu belah, batu bulat, batu gunung (berat tumpuk)	1500 kg/m <sup>3</sup>
Batu karang (berat tumpuk)	700 kg/m <sup>3</sup>
Batu pecah	1450 kg/m <sup>3</sup>
Batu tuang	7250 kg/m <sup>3</sup>
Beton	2200 kg/m <sup>3</sup>
Beton bertulang	2400 kg/m <sup>3</sup>
Kayu (Kelas 1)	1000 kg/m <sup>3</sup>
Kerikil, koral (kering udara sampai lembab, tanpa diayak)	1650 kg/m <sup>3</sup>
Pasangan bata merah	1700 kg/m <sup>3</sup>
Pasangan batu belah, batu bulat, batu gunung	2200 kg/m <sup>3</sup>
Pasangan batu cetak	2200 kg/m <sup>3</sup>
Pasangan batu karang	1450 kg/m <sup>3</sup>
Pasir (kering udara sampai lembab)	1600 kg/m <sup>3</sup>
Pasir (jenuh air)	1800 kg/m <sup>3</sup>

**Lanjutan Tabel 3. 1 Berat Sendiri Bahan Bangunan**

<b>Bahan Bangunan</b>	<b>Berat Jenis</b>
Pasir kerikil, koral (kering udara sampai lembab)	1850 kg/m <sup>3</sup>
Tanah, lempung dan lanau (kering udara sampai lembab)	1700 kg/m <sup>3</sup>
Tanah, lempung dan lanau (basah)	2000 kg/m <sup>3</sup>
Timah hitam (timbel)	11400 kg/m <sup>3</sup>
Tanah, lempung dan lanau (kering udara sampai lembab)	1700 kg/m <sup>3</sup>

(Sumber : PPURG 1987)

**Tabel 3. 2 Berat Sendiri Komponen Gedung**

<b>Komponen Gedung</b>	<b>Berat Jenis</b>
Adukan, per cm tebal:	
- dari semen	21 kg/m <sup>2</sup>
- dari kapur, semen merah atau tras	17 kg/m <sup>2</sup>
Aspal, termasuk bahan-bahan mineral penambah, per cm tebal	14 kg/m <sup>2</sup>
Dinding pasangan bata merah	
- satu batu	450 kg/m <sup>2</sup>
- setengah batu	250 kg/m <sup>2</sup>
Dinding pasangan batako:	
Berlubang:	
- tebal dinding 20 cm (HB 20)	200 kg/m <sup>2</sup>
- tebal dinding 10 cm (HB 10)	120 kg/m <sup>2</sup>
Tanpa lubang:	
- tebal dinding 15 cm	300 kg/m <sup>2</sup>
- tebal dinding 10 cm	200 kg/m <sup>2</sup>
Langit-langit dan dinding (termasuk rusuk-rusuknya, tanpa penggantung langit-langit atau pengaku), terdiri dari:	
- semen asbes (eternity dan bahan lain sejenis), dengan tebal maksimum 4 mm	11 kg/m <sup>2</sup>
- kaca, dengan tebal 3-5 mm	10 kg/m <sup>2</sup>



**Lanjutan Tabel 3. 2 Berat Sendiri Komponen Gedung**

<b>Komponen Gedung</b>	<b>Berat Jenis</b>
Lantai kayu sederhana dengan balok kayu, tanpa langit-langit dengan bentang maksimum 5 m dan untuk beban hidup maksimum 200 kg/m <sup>2</sup>	40 kg/ m <sup>2</sup>
Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s minimum 0,80 m	7 kg/ m <sup>2</sup>
Penutup atap genting dengan reng dan usuk/kaso per m <sup>2</sup> bidang atap	50 kg/ m <sup>2</sup>
Penutup atas sirap dengan reng dan usuk/kaso, per m <sup>2</sup> bidang atap	40 kg/ m <sup>2</sup>
Penutup atap seng gelombang (BJLS-25) tanpa usuk	10 kg/ m <sup>2</sup>
Penutup lantai dari ubin semen Portland, teraso dan beton, tanpa adukan, per cm tebal	24 kg/ m <sup>2</sup>
Semen asbes gelombang (tebal 5 mm)	11 kg/ m <sup>2</sup>

(Sumber : PPURG 1987)

Catatan :

- 1) Nilai ini tidak berlaku untuk beton pengisi.
- 2) Untuk beton getas dan beton pada lain sejenis, berat sendirinya harus ditentukan tersendiri.
- 3) Nilai ini adalah nilai rata-rata, untuk jenis-jenis kayu tertentu lihat Pedoman Perencanaan Konstruksi Kayu.

### 3.4.2 Beban Hidup

Berdasarkan SNI 1727-2020 definisi 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.

**Tabel 3. 3 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum, Lo dan Beban Hidup Terpusat Minimum**

Hunian atau Penggunaan	Merata Psf (kN/m <sup>2</sup> )	Terpusat Lb (kN)
Apartemen (lihat rumah tinggal)		
Sistem lantai akses		
Ruang kantor	50 (2,4)	2 000 (8,9)
Ruang komputer	100 (4,79)	2 000 (8,9)
Gudang persenjataan dan ruang latihan	150 (7,18)	
Ruang pertemuan		
Kursi tetap (terikat di lantai)	60 (2,87)	
Lobi	100 (4,79)	
Kursi dapat dipindahkan	100 (4,79)	
Panggung pertemuan	100 (4,79)	
Lantai podium	150 (7,18)	
Balkon dan dek	1,5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani. Tidak perlu melebihi 100 psf (4,79 kN/m <sup>2</sup> )	
Jalur untuk akses pemeliharaan	40 (1,92)	300 (1,33)
Koridor		
Lantai pertama	100 (4,79) sama seperti pelayanan hunian kecuali disebutkan lain	
Lantai lain		
Ruang makan dan restoran	100 (4,79)	
Hunian (lihat rumah tinggal)		

**Lanjutan Tabel 3.3 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum,  $L_o$  dan Beban Hidup Terpusat Minimum**

<b>Hunian atau Penggunaan</b>	<b>Merata Psf (kN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Terpusat Lb (kN)</b>
Dudukan mesin elevator (pada area 2 in.x 2 in. [50 mm x 50 mm])		300 (1,33)
Konstruksi pelat lantai finishing ringan (pada area 1 in.x 1 in. [25 mm x 25 mm])		200 (0,89)
Jalur penyelamatan terhadap kebakaran Hunian satu keluarga saja	100 (4,79) 40 (1,92)	
Tangga permanen	Lihat pasal 4.5	
Garasi/Parkir Mobil penumpang saja Truk dan bus	40 (1,92) Pasal 4.10.2	Pasal 4.10.2
Susunan tangga, rel pengamanan batang pegangan	Lihat pasal 4.5.1	
Helipad Helikopter dengan berat lepas landas sebesar 3.000 lb (13,35 kN) atau kurang Helikopter dengan berat lepas landas Lebih dari 3.000 lb (13,35 kN)	40 (1,92) 60 (2,87)	Pasal 4.11.2 Pasal 4.11.2
Rumah sakit: Ruang operasi, laboratorium Ruang pasien Koridor diatas lantai pertama	60 (2,87) 40 (1,92) 80 (3,83)	1 000 (4,45) 1 000 (4,45) 1 000 (4,45)
Hotel (lihat rumah tinggal)		
Perpustakaan Ruang baca Ruang penyimpanan Koridor di atas lantai pertama	60 (2,87) 150 (7,18) 80 (3,83)	1 000 (4,45) 1 000 (4,45) 1 000 (4,45)

**Lanjutan Tabel 3.3 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum,  $L_0$  dan Beban Hidup Terpusat Minimum**

Hunian atau Penggunaan	Merata Psf (kN/m <sup>2</sup> )	Terpusat Lb (kN)
Pabrik		
Ringan	125 (6,00)	2.000
Berat	250 (11,97)	(8,90)
		3.000
		(13,40)
Gedung perkantoran:		
Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian		
Lobi dan koridor lantai pertama	100 (4,79)	2 000
Kantor	50 (2,40)	(8,90)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	2 000
		(8,90)
		2 000
		(8,90)
Lembaga hukum		
Blok sel	40 (1,92)	
Koridor	100 (4,79)	
Tempat rekreasi		
Tempat bowling, Kolam renang, dan penggunaan yang sama	75 (3,59)	
Bangsal dansa dan Ruang dansa	100 (4,79)	
Gimnasium	100 (4,79)	
Rumah Tinggal		
Hunian (satu keluarga dan dua keluarga)		
Loteng yang tidak dapat didiami tanpa gudang	10 (0,48)	
Loteng yang tidak dapat didiami dengan gudang	20 (0,96)	

**Lanjutan Tabel 3.3 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum,  $L_0$  dan Beban Hidup Terpusat Minimum**

<b>Hunian atau Penggunaan</b>	<b>Merata Psf (kN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Terpusat Lb (kN)</b>
Loteng yang dapat didiami dan ruang tidur	30 (1,44)	
Semua ruang kecuali tangga dan balkon	40 (1,92)	
Semua hunian rumah tinggal lainnya		
Ruang pribadi dan koridornya	40 (1,92)	
Ruang public	100 (4,79)	
Koridor yang melayani mereka	100 (4,79)	
Atap		
Atap datar, berbubung, dan lengkung	20 (0,96)	1
Atap yang digunakan penghuni	Sama dengan	
Atap yang digunakan untuk tujuan lain	penggunaan yang dilayani	
Atap untuk tempat berkumpul	100 (4,70)	
Atap vegetative dan atap lansekap		
Atap bukan untuk hunian	20 (0,96)	
Atap untuk tempat berkumpul	100 (4,79)	
Atap untuk penggunaan lainnya		
Awning dan kanopi	5 (0,24)	
Atap konstruksi pabrik yang didukung oleh struktur rangka kaku ringan	5 (0,24)	200 (0,89)
Rangka tumpu layar penutup	berdasarkan area tributary dari atap yang didukung oleh komponen struktur rangka	

**Lanjutan Tabel 3.3 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum,  $L_0$  dan Beban Hidup Terpusat Minimum**

<b>Hunian atau Penggunaan</b>	<b>Merata Psf (kN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Terpusat Lb (kN)</b>
Semua konstruksi lainnya	20 (0,96)	2 000 (8,9)
Komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung dengan pekerjaan lantai		
Titik panel tunggal dari batang bawah rangka atap atau setiap titik sepanjang komponen struktur utama yang mendukung atap diatas pabrik, gudang, dan perbaikan garasi		300 (1,33)
Semua komponen struktur atap utama lainnya		300 (1,33)
Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan		
Sekolah		
Ruang kelas	40 (1,92)	1 000 (4,5)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	1 000 (4,5)
Koridor lantai pertama	100 (4,79)	1 000 (4,5)
Scuttles, rusuk untuk atap kaca dan langit-langit yang dapat diakses		200 (0,89)
Jalan di pinggir untuk pejalan kaki, jalan lintas kendaraan, dan lahan/jalan untuk truk-truk	250 (11,97)	8 000 (35,6)
Tangga dan jalan keluar	100 (4,79)	300 (1,33)
Rumah tinggal untuk satu dan dua keluarga saja	40 (1,92)	300 (1,33)
Gudang diatas langit-langit	20 (0,96)	
Gudang penyimpan dan pekerja (harus dirancang untuk beban lebih bera jika diperlukan)		
Ringan	125 (6,00)	
Berat	250 (11,97)	

**Lanjutan Tabel 3.3 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum,  $L_0$  dan Beban Hidup Terpusat Minimum**

Hunian atau Penggunaan	Merata Psf (kN/m <sup>2</sup> )	Terpusat Lb (kN)
Toko		
Eceran		
Lantai pertama	100 (4,79)	
Lantai di atasnya	75 (3,59)	
Grosir, di semua lantai	125 (6,00)	1.000 (4,45)
Penghalang kendaraan		1.000 (4,45)
Susuran jalan dan penggung yang ditinggikan (selain jalan keluar)	60 (2,87)	1.000 (4,45)
Pekarangan dan teras, jalur pejalan kaki	100 (4,79)	Pasal 4.5.3

(Sumber : SNI-1727-2020)

### 3.4.3 Beban Gempa

Berdasarkan PPPURG (1987) beban gempa adalah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa tersebut. Beban gempa dapat dihitung dengan metode statik dan metode dinamis (*respons spektrum* dan *time history*).

Kombinasi pembebanan gempa pada penelitian ini mengacu pada SNI-1726-2019 dengan ketentuan pasal 4.2.3.1. Berikut kombinasi beban yang digunakan dalam analisis pada penelitian ini.

1. D
2. D + L
3. D + (Lr atau R)
4. D + 0,75 L + 0,75 (Lr atau R)
5. D + 0,6 W
6. D + 0,75 (0,6W) + 0,75 L + 0,75 (Lr atau R)
7. 0,6 D + 0,6 W
8. 1,0 D + 0,7 Ev + 0,7 Eh

$$9. 1,0 D + 0,525 E_v + 0,525 E_h + 0,75 L$$

$$10. 0,6 D - 0,7 E_v + 0,7 E_h$$

### 3.5 Periode Fundamental Struktur (T)

Periode getaran alami dari sebuah struktur merupakan fungsi dari massa bangunan dengan kekakuan. Berdasarkan pasal 7.8.2 periode fundamental struktur,  $T$ , tidak boleh melebihi hasil perkalian koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung ( $C_u$ ) dari Tabel 3.7 dan periode fundamental pendekatan,  $T_a$ . Sebagai alternatif dalam melakukan analisis untuk menentukan periode fundamental struktur,  $T$ , diizinkan secara langsung menggunakan periode bangunan pendekatan,  $T_a$ .

**Tabel 3. 4 Koefisien Untuk Batas Atas Periode**

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, $S_{D1}$	Koefisien $C_u$
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

(Sumber : SNI-1726-2019)

Periode fundamental pendekatan ( $T_a$ ), dalam detik harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$T_a = C_t h_n^x \quad (3.1)$$

Keterangan:

$h_n$  adalah ketinggian struktur (m) diatas dasar sampai tingkat tertinggi struktur, dan koefisien  $C_t$  dan  $x$  ditentukan dari Tabel 3.8 berikut.



**Tabel 3. 5 Nilai Parameter Periode Pendekatan  $C_t$  dan  $x$** 

<b>Tipe Struktur</b>	<b><math>C_t</math></b>	<b><math>x</math></b>
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 % gaya seismik yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya seismik:	0,0724	0,8
• Rangka baja pemikul momen	0,0466	0,9
• Rangka beton pemikul momen		
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

(Sumber : SNI-1726-2019)

### 3.6 Macam dan Perilaku Goyangan Struktur Utama

Bangunan gedung bertingkat banyak, kekuatan struktur atas berada pada jenis, penempatan, ukuran dan bahan dari struktur utama. Oleh karena itu struktur utama harus benar-benar diketahui sifat perilakunya. Perilaku yang harus diketahui adalah perilaku goyangan horizontal terutama oleh beban gempa.

#### 3.6.1 Perilaku Goyangan Portal Terbuka

Moment Resistant Frame, atau yang biasa disebut portal merupakan gabungan antara struktur balok dan kolom yang dihubungkan secara kaku dan membentuk bangun kisi-kisi (grid). Portal termasuk struktur utama bangunan yang bersifat fleksibel, yaitu mampu berubah cukup besar, karena anggota-anggotanya yaitu balok dan kolom bertampang ramping. Pada kenyataannya kekuatan portal akan bergantung pada :

1. Kekakuan dasar balok dan kolom  $EI$  (*flexural rigidity*). Konstanta  $EI$  akan bergantung pada jenis, mutu bahan dan dimensi potongan.
2. Jenis joint yaitu jenis hubungan antara balok dan kolom. Apabila joint bersifat kaku, maka sifat kaku tersebut akan mampu mengekang/menahan

terjadinya rotasi ujung batang. Sifat pengekangan pada joint inilah yang memberikan andil kekuatan pada portal.

Untuk kombinasi beban vertikal dan horizontal, maka perubahan tempat yang dominan adalah pada arah mendatar yang sebenarnya sangat dipengaruhi oleh Shear Mode. Namun demikian pola goyangan tersebut akan dipengaruhi oleh rasio kekakuan antara balok dengan kolom (Chopra, 1998). Pola goyangan horizontal pada portal terbuka untuk berbagai rasio kekakuan antara balok dengan kolom adalah seperti pada Gambar. Pada gambar tersebut bahwa simpangan antara tingkat yang terjadi pada tingkat-tingkat bawah cukup besar.

### 3.6.2 Perilaku Goyangan Struktur Dinding (*Structural Wall*)

Pada konstruksi beton, untuk memperkaku struktur utama perlu menggunakan *shearwall*. Pada dinding beton yang pendek, apabila dibebani secara horizontal, maka proses deformasi akan didominasi oleh gaya geser, oleh karena itu konstruksinya disebut dinding geser, tetapi pada bangunan tinggi, dinding beton menjadi ramping dan lentur sehingga dinding beton akan lebih tepat disebut *cantilever wall*.

Tujuan utama memperkaku dinding adalah untuk mengendalikan simpangan antara tingkat yang cukup besar yang umumnya terjadi pada tingkat-tingkat bawah. Menurut Wolfgang Schueller (1977), walaupun struktur utama jenis ini sangat populer tetapi berdasarkan pengalaman jenis *moment resisting frame* ini hanya efektif untuk 20 tingkat kebawah pada konstruksi beton, dan 30 tingkat kebawah untuk konstruksi baja. Pada kenyataannya, didaerah yang beban gempanya relatif besar angka-angka tersebut keatas justru lebih kecil lagi. Karena struktur dinding merupakan struktur yang kaku, maka perilaku goyangan lebih dipengaruhi oleh lentur/flexure, kecuali untuk struktur yang pendek. Pola goyangan struktur dinding yang didominasi oleh flexural mode tersebut adalah seperti pada Gambar.

### 3.6.3 Pola Goyangan Struktur Kombinasi antara Portal dengan Wall

Simpangan apabila tidak dikendalikan maka akan mudah sekali terbentuk sendi-sendi plastis pada balok dengan curvature ductility demand yang besar. Untuk itu sebatas pemakaian portal masih cukup efektif, maka usaha untuk memperkaku portal dapat dilakukan dengan memasang “silangan” pada salah satu bentangan disemua tingkat bangunan yang bersangkutan. Silangan ini akan meningkatkan kekakuan dan sekaligus mengurangi simpangan yang terjadi, akan tetapi dari segi estetika silangan ini menjadi kurang menarik.

Berdasarkan gambar yang sudah ada, antara portal dan “*cantilever wall*” mempunyai pola simpangan yang berbeda. Antar dua gambar tersebut mempunyai pola simpangan yang berlawanan.

Interaksi antar pola simpangan tersebut adalah seperti pada gambar tampak bahwa:

1. Pada bagian dasar, pola simpangan sama, dan oleh karena itu, duanya saling mendukung.
2. Pada bagian bawah, pola simpangannya berlawanan, sehingga interaksinya juga berlawanan. Peran walls sangat membantu pada bagian bawah karena mengurangi/mengendalikan interstorey drift frame yang dahulunya besar.
3. Pada bagian atas, pola simpangan masih tetap berlawanan, maka interaksinya juga berlawanan.

Paulay dan Priestley (1992) mengatakan bahwa agar goyangan struktur kombinasi ini tidak mengakibatkan puntir, maka letak wall harus diatur sedemikian rupa sehingga prinsip simetri tetap dipertahankan.

### 3.7 Struktur Bangunan Gedung Beraturan dan Tidak Beraturan

Berpedoman pada SNI-1726-2019, struktur gedung harus diklasifikasikan sebagai beraturan atau tidak beraturan berdasarkan pada kriteria dalam pasal. Klasifikasi tersebut harus didasarkan pada konfigurasi horizontal dan vertikal dari struktur gedung.

### 3.7.1 Ketidakberaturan Horisontal

Struktur gedung yang mempunyai satu atau lebih tipe ketidakberaturan seperti yang terdaftar dalam Tabel 3.7 harus dianggap mempunyai ketidakberaturan struktur horizontal. Struktur-struktur yang dirancang untuk kategori desain seismik sebagaimana yang terdaftar dalam Tabel harus memenuhi persyaratan dalam pasal-pasal yang dirujuk dalam tabel itu.

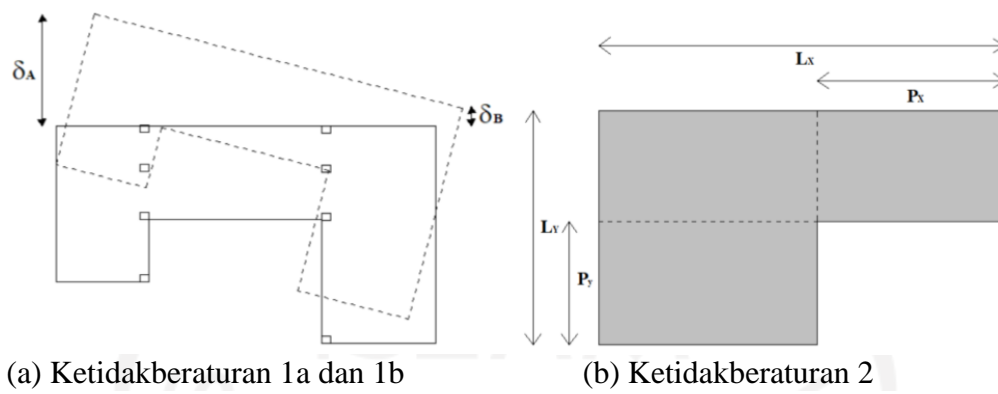
**Tabel 3. 6 Ketidakberaturan Horisontal Pada Struktur**

	<b>Tipe dan Penjelasan Ketidakberaturan</b>	<b>Pasal Referensi</b>	<b>Penerapan Kategori Desain Seismik</b>
1a.	<b>Ketidakteraturan torsi</b> 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.	Tabel 13	D, E, dan F B, C, D, E, dan F C, D, E, dan F C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F
1b.	<b>Ketidakteraturan torsi berlebihan</b> 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	Tabel 13	E dan F D B, C, dan D C dan D C dan D D B, C, dan D

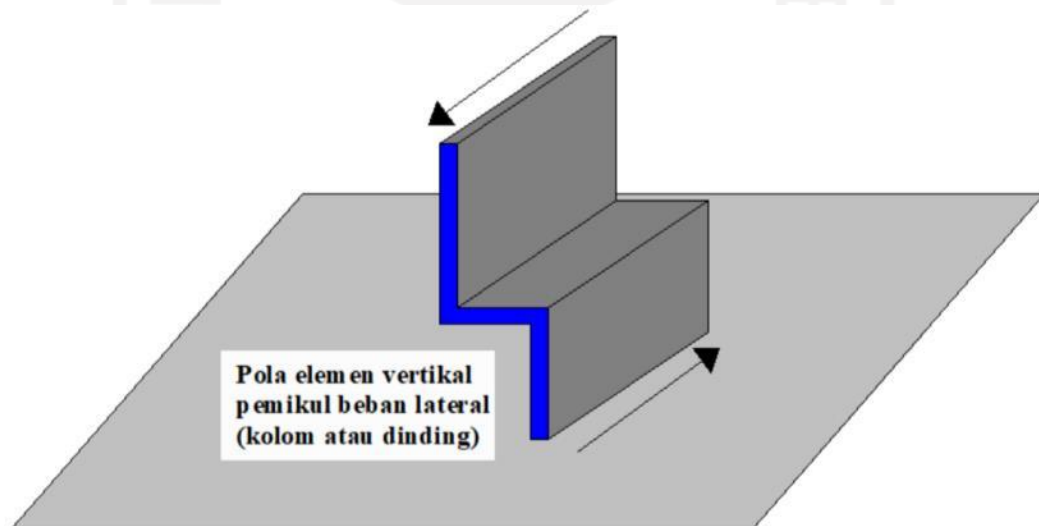
Lanjutan Tabel 3. 6 Ketidakberaturan Horisontal Pada Struktur

	<b>Tipe dan Penjelasan Ketidakberaturan</b>	<b>Pasal Referensi</b>	<b>Penerapan Kategori Desain Seismik</b>
2.	<b>Ketidakberaturan sudut dalam</b> didefinisikan ada jika kedua dimensi proyeksi denah struktur dari lokasi sudut dalam lebih besar dari 15 % dimensi denah struktur dalam arah yang ditinjau.	Tabel 13	D, E, dan F D, E, dan F
3.	<b>Ketidakberaturan diskontinuitas diafragma</b> 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.	Tabel 13	D, E, dan F D, E, dan F
4.	<b>Ketidakberaturan pergeseran melintang terhadap bidang</b> didefinisikan ada jika terdapat diskontinuitas dalam lintasan tahanan gaya lateral, seperti pergeseran tegak lurus terhadap bidang pada setidaknya satu elemen vertikal pemikul gaya lateral.	Tabel 13	B, C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F
5.	<b>Ketidakberaturan sistem nonparalel</b> didefinisikan ada jika elemen vertikal pemikul gaya lateral tidak paralel terhadap sumbu ortogonal utama sistem pemikul gaya seismik.	Tabel 13	C, D, E, dan F B, C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F

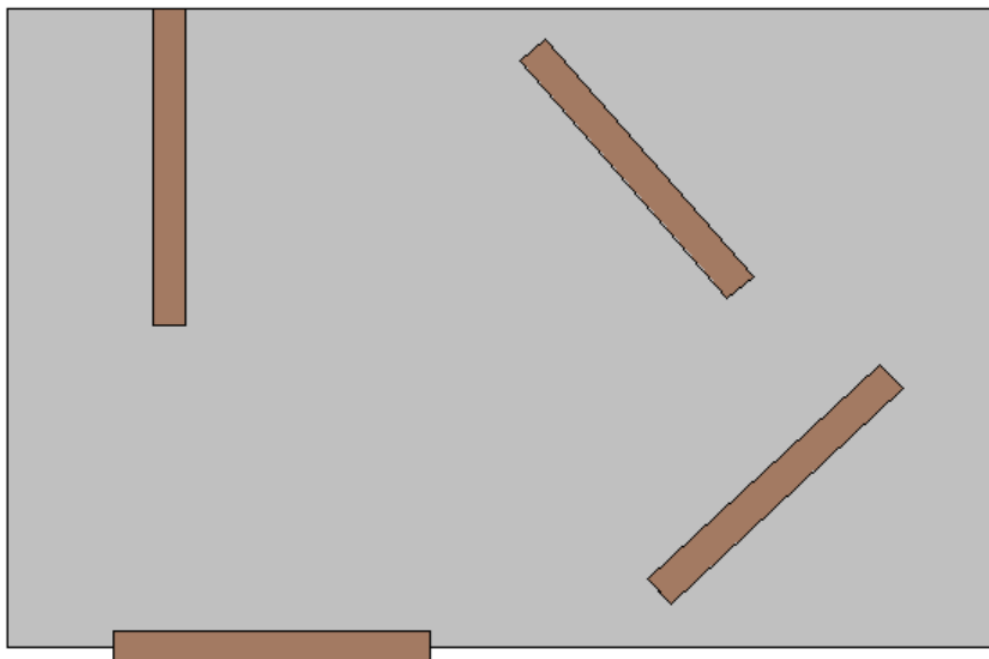
(Sumber : SNI-1726-2019)



(c) Ketidakberaturan 3



(d) Ketidakberaturan 4



(e) Ketidakberaturan 5

**Gambar 3. 2 Ketidakberaturan Horizontal***(Sumber : SNI-1726-2019)***3.7.2 Ketidakberaturan Vertikal**

Struktur gedung yang mempunyai satu atau lebih tipe ketidakberaturan seperti yang terdaftar dalam Tabel 3.12 harus dinyatakan mempunyai ketidakberaturan vertikal. Struktur-struktur yang didesain untuk kategori desain seismik sebagaimana yang terdaftar dalam Tabel 3.12 harus memenuhi persyaratan dalam pasal-pasal yang dirujuk dalam tabel itu.

Pengecualian:

1. Ketidakberaturan struktur vertikal Tipe 1a, 1b, atau 2 dalam Tabel tidak berlaku jika tidak ada rasio simpangan antar lantai akibat gaya gempa lateral desain yang nilainya lebih besar dari 130 persen rasio simpangan antar lantai tingkat di atasnya. Pengaruh torsi tidak perlu ditinjau pada perhitungan simpangan antar lantai. Hubungan rasio simpangan antar lantai tingkat untuk dua tingkat teratas struktur bangunan tidak perlu dievaluasi;

2. Ketidakberaturan struktur vertikal Tipe 1a, 1b, dan 2 dalam Tabel 3.12 tidak perlu ditinjau pada bangunan satu tingkat dalam semua kategori desain seismik atau bangunan dua tingkat yang dirancang untuk kategori desain seismik B, C, atau D.

**Tabel 3. 7 Ketidakberaturan Vertikal Pada Struktur**

	<b>Tipe dan Penjelasan Ketidakberaturan</b>	<b>Pasal Referensi</b>	<b>Penerapan Kategori Desain Seismik</b>
1a.	<b>Ketidakteraturan Kekakuan Tingkat Lunak</b> didefinisikan ada jika terdapat suatu tingkat yang kekakuan lateralnya kurang dari 70% kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 80% kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya.	Tabel 13	D, E, dan F
1b.	<b>Ketidakteraturan Kekakuan Tingkat Lunak Berlebihan</b> didefinisikan ada 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.	Tabel 13	E dan F D, E, dan F
2.	<b>Ketidakteraturan Berat (Massa)</b> didefinisikan ada jika massa efektif di sebarang tingkat lebih dari 150% massa efektif tingkat di dekatnya. Atap yang lebih ringan dari lantai di bawahnya tidak perlu ditinjau.	Tabel 13	D, E, dan F



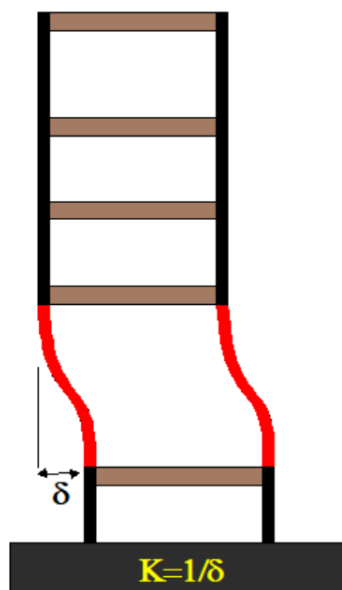
Lanjutan Tabel 3. 7 Ketidakberaturan Vertikal Pada Struktur

	<b>Tipe dan Penjelasan Ketidakberaturan</b>	<b>Pasal Referensi</b>	<b>Penerapan Kategori Desain Seismik</b>
3.	<b>Ketidakteraturan Geometri Vertikal</b> didefinisikan ada jika dimensi horizontal sistem pemikul gaya seismik di sembarang tingkat lebih dari 130% dimensi horizontal sistem pemikul gaya seismik tingkat didekatnya.	Tabel 13	D, E, dan F
4.	<b>Ketidakteraturan Akibat Diskontinuitas Bidang pada Elemen Vertikal Pemikul Gaya Lateral</b> didefinisikan ada jika pergeseran arah bidang elemen pemikul gaya lateral lebih besar dari panjang elemen itu atau terdapat reduksi kekakuan elemen pemikul di tingkat di bawahnya.	Tabel 13	B, C, D, E, dan F D, E, dan F D, E, dan F
5a.	<b>Ketidakteraturan Tingkat Lemah Akibat Diskontinuitas pada Kekakuan Lateral Tingkat</b> didefinisikan ada jika 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.	Tabel 13	E dan F D, E, dan F

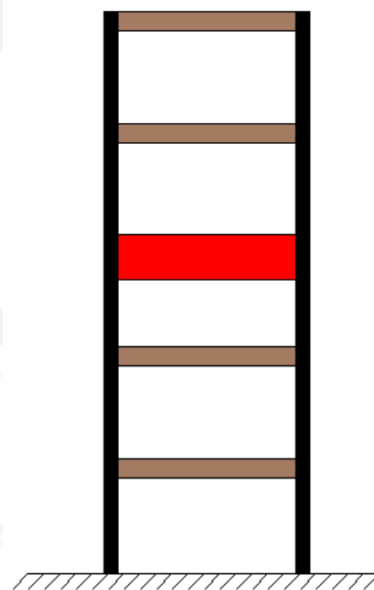
Lanjutan Tabel 3. 7 Ketidakberaturan Vertikal Pada Struktur

	<b>Tipe dan Penjelasan Ketidakberaturan</b>	<b>Pasal Referensi</b>	<b>Penerapan Kategori Desain Seismik</b>
5b.	<b>Ketidakberaturan Tingkat Lemah Berlebihan Akibat Diskontinuitas pada Kekuatan Lateral Tingkat</b> didefinisikan ada jika kekuatan lateral suatu tingkat kurang dari 65% kekuatan lateral tingkat di atasnya. Kekuatan lateral tingkat adalah kekuatan total semua elemen pemikul seismik yang berbagi geser tingkat pada arah yang ditinjau.	Tabel 13	D, E, dan F B dan C D, E, dan F

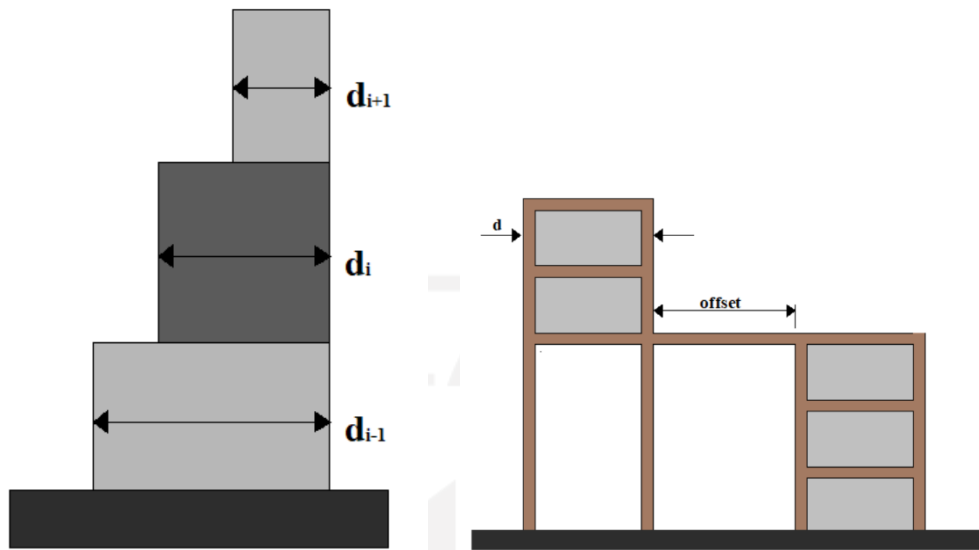
(Sumber : SNI-1726-2019)



(a) Ketidakberaturan 1a dan 1b

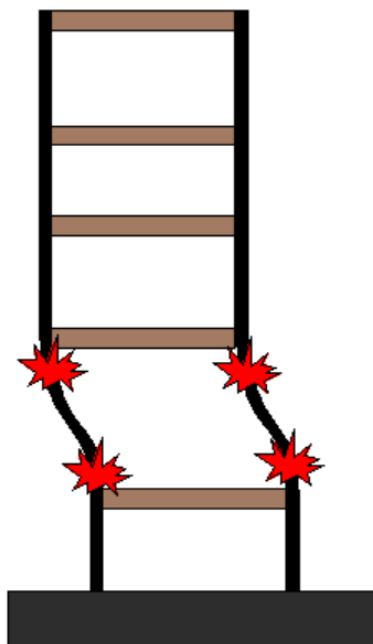


(b) Ketidakberaturan 2



(c) Ketidakberaturan 3

(d) Ketidakberaturan 4



(e) Ketidakberaturan 5a dan 5b

### Gambar 3. 3 Ketidakberaturan Vertikal

(Sumber : SNI-1726-2019)

### 3.8 Kategori Risiko Struktur Bangunan

Berdasarkan SNI 1726-2019 gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlewati besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2%.

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung sesuai Tabel 3.5 pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan  $I_e$  menurut Tabel 3.3. 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.

**Tabel 3. 8 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Nongedung Untuk Beban Gempa**

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan</li> <li>- Fasilitas sementara</li> <li>- Gudang penyimpanan</li> <li>- Rumah jaga dan struktur kecil lainnya</li> </ul>	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I, III, IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perumahan</li> <li>- Rumah ruko dan rumah kantor</li> <li>- Pasar</li> <li>- Gedung Perkantoran</li> <li>- Gedung apartemen/ rumah susun</li> <li>- Pusat perbelanjaan/ mall</li> <li>- Bangunan industry</li> </ul>	II

**Lanjutan Tabel 3.8 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung  
Untuk Beban Gempa**

<b>Jenis Pemanfaatan</b>	<b>Kategori Risiko</b>
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bioskop</li> <li>- Gedung pertemuan</li> <li>- Stadion</li> <li>- Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat</li> <li>- Fasilitas penitipan anak</li> <li>- Penjara</li> <li>- Bangunan untuk orang jompo</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang</p>	III
<p>Besar dan atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pusat pembangkit listrik biasa</li> <li>- Fasilitas penanganan air</li> <li>- Fasilitas penanganan limbah</li> <li>- Pusat telekomunikasi</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung 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.</p>	III

**Lanjutan Tabel 3.8 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung  
Untuk Beban Gempa**

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

*(Sumber : SNI 1726–2019)*

**Tabel 3. 9 Faktor Keutamaan Gempa**

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa, Ie
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

(Sumber : SNI 1726–2019)

### 3.9 Respons Spektrum

Prawirodikromo (2012) Respons spektrum adalah suatu spektrum yang disajikan dalam bentuk grafik/plot antara periode getar struktur T, lawan respons-respons maksimumnya untuk suatu rasio redaman dan beban gempa tertentu. Respons maksimum dapat berupa simpangan maksimum (*Spectral Displacement, SD*), kecepatan maksimum (*Spectral Velocity, SV*) atau percepatan maksimum (*Spectral Acceleration, SA*) suatu massa struktur dengan derajat kebebasan tunggal (*Single Degree of Freedom, SDOF*). Terdapat dua macam respons spektrum yang ada yaitu Respons Spektrum elastik dan Respons Spektrum inelastik. Respons Spektrum elastik adalah suatu spektrum yang didasarkan atas respons elastik struktur dengan derajat kebebasan tunggal (SDOF) berdasarkan rasio redaman dan beban gempa tertentu. Inelastik Respons Spektrum juga disebut desain Respons Spektrum, yaitu spektrum yang diturunkan berdasarkan elastik respons spektrum dengan tingkat daktilitas elemen tertentu. Dengan demikian suatu spektrum maksimum suatu gempa tertentu kadang-kadang dinyatakan dalam fungsi :

$$SD(\xi, T, \mu, S) \quad (3.2)$$

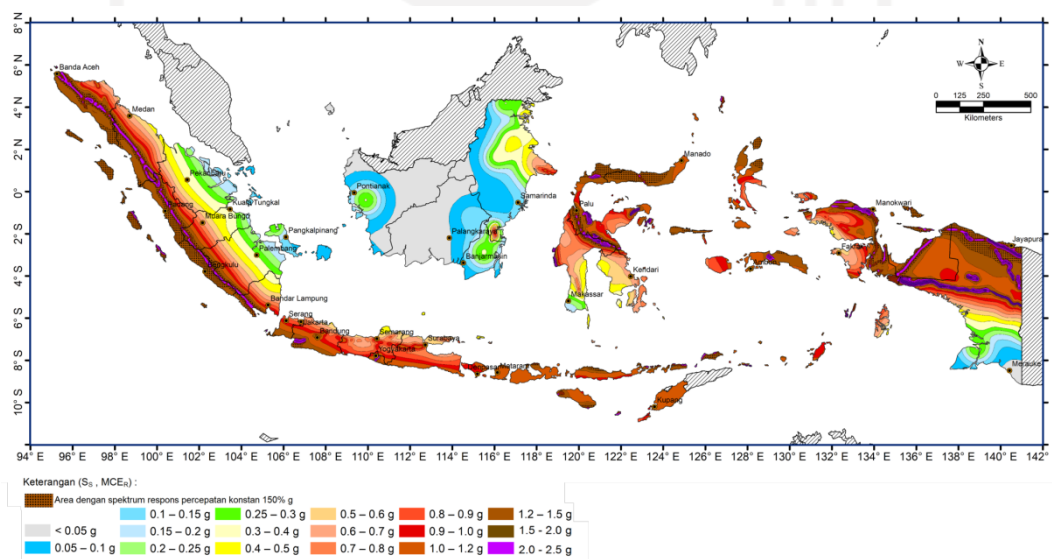
$$SV(\xi, T, \mu, S) \quad (3.3)$$

$$SA(\xi, T, \mu, S) \quad (3.4)$$

Dengan  $\xi$  adalah rasio redaman, T adalah periode getar dan  $\mu$  adalah daktilitas struktur dan S adalah jenis tanah.

Berdasarkan persamaan diatas dapat diketahui bahwa respons spectrum suatu struktur SDOF akan bergantung pada beban gempa, rasio redaman, periode getar, daktilitas struktur dan jenis tanah setempat. Umumnya beban gempa, rasio redaman, daktilitas dan jenis tanah sudah dijadikan suatu variable control sehingga grafik yang ada tinggalah plot antara periode getar  $T$  lawan nilai simpangan, kecepatan atau percepatan maksimum.

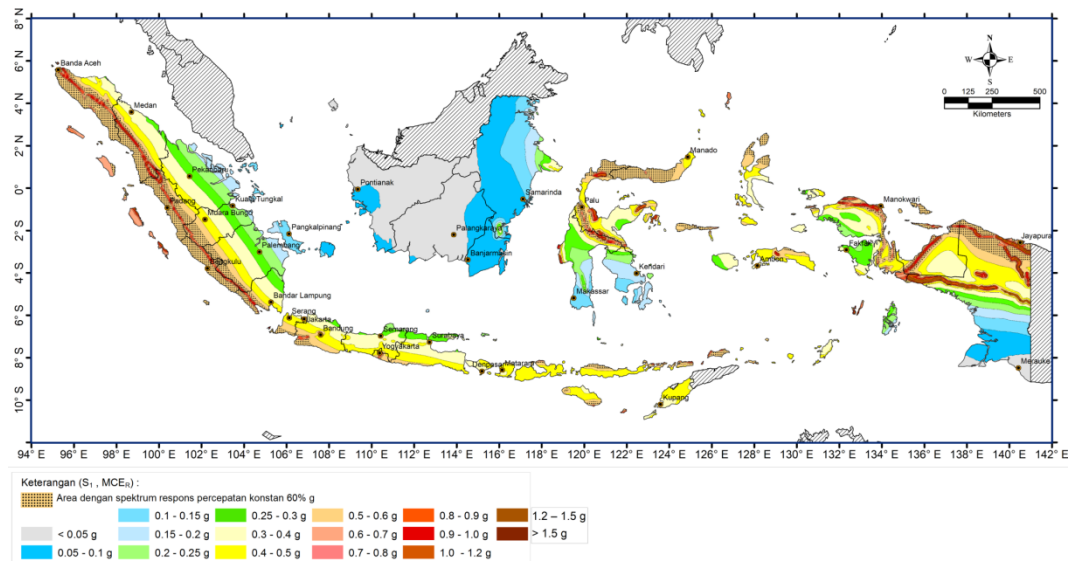
Parameter  $S_s$  (percepatan batuan dasar pada perioda pendek) dan  $S_1$  (percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik) harus ditetapkan masing-masing dari respons spektral percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik pada pasal 14 dengan kemungkinan 2 persen terlampaui dalam 50 tahun ( $MCE_R$ , 2 persen dalam 50 tahun), dan dinyatakan dalam bilangan desimal terhadap percepatan gravitasi. Bila  $S_1 \leq 0,04$  g dan  $S_s \leq 0,15$ g, maka struktur bangunan boleh dimasukkan ke dalam kategori desain seismik A, dan cukup memenuhi persyaratan perancangan untuk kategori desain seismik A. Nilai parameter  $S_s$  dan  $S_1$  dapat dilihat pada Gambar 3.2 dan Gambar 3.3 berikut.



**Gambar 3. 4  $S_s$ , Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko – Tertarget ( $MCE_R$ ), Kelas Situs SB**

(Sumber : SNI 1726-2019)



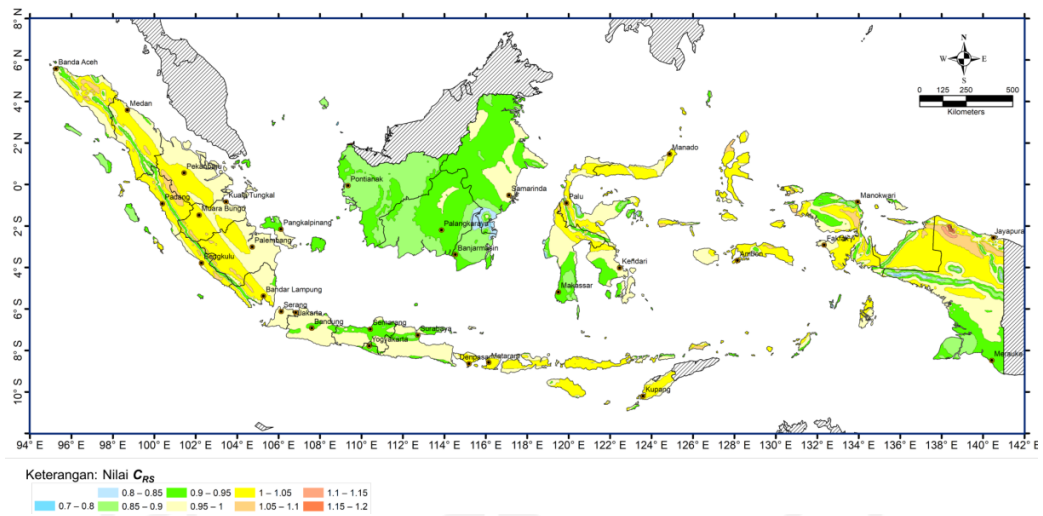


**Gambar 3.5 S1, Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko – Tertarget (MCE<sub>r</sub>), Kelas Situs SB**

(Sumber : SNI 1726-2019)

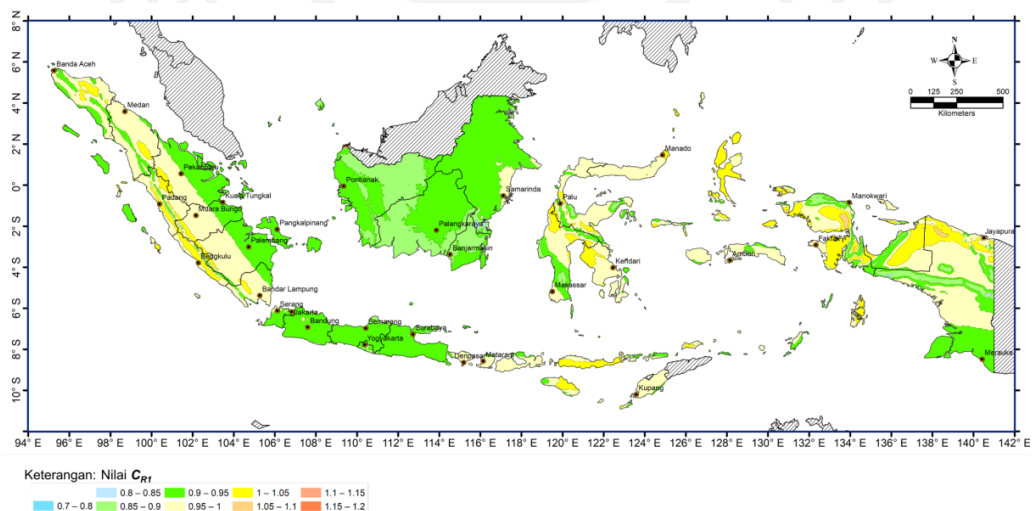
Berdasarkan sifat-sifat tanah pada situs, maka situs harus diklasifikasikan sebagai kelas situs SA, SB, SC, SD, SE, atau SF mengikuti kelas klasifikasi situs yang sudah ditetapkan. Apabila sifat-sifat tanah tidak teridentifikasi secara jelas sehingga tidak bisa ditentukan kelas situs, maka kelas situs SE dapat digunakan kecuali jika pemerintah / dinas yang berwenang memiliki data geoteknik yang dapat menentukan kelas situs SF.

Koefisien risiko terpetakan masing-masing  $C_{RS}$  dan  $C_{R1}$ , dengan  $C_{RS}$  adalah koefisien risiko terpetakan untuk spektrum respon periode pendek dan  $C_{R1}$  adalah koefisien risiko terpetakan untuk spectrum respon periode 1 detik. Nilai  $C_{RS}$  dan  $C_{R1}$  dapat dilihat pada Gambar 3.4 dan Gambar 3.5.



**Gambar 3. 6  $C_{RS}$ , Koefisien Risiko Terpetakan, Periode Respons Spektral 0,2 detik**

(Sumber : SNI 1726-2019)



**Gambar 3. 7  $C_{R1}$ , Koefisien Risiko Terpetakan, Periode Respons Spektral 1 detik**

(Sumber : SNI 1726-2019)

Untuk penentuan respons spektral percepatan gempa  $MCE_R$  di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek ( $F_a$ ) dan meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek ( $F_a$ ) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode detik ( $F_v$ ). Parameter spectrum respons percepatan pada

periode pendek ( $S_{MS}$ ) dan periode 1 detik ( $S_{M1}$ ) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan berikut ini :

$$S_{MS} = F_a S_s \quad (3.5)$$

$$S_{M1} = F_v S_1 \quad (3.6)$$

Keterangan :

$S_s$  = parameter respons spectral percepatan gempa  $MCE_R$  terpetakan untuk periode pendek;

$S_1$  = parameter respons spectral percepatan gempa  $MCE_R$  terpetakan untuk periode 1,0 detik.

Koefisien situs  $F_a$  dan  $F_v$  mengikuti Tabel 3.6 dan Tabel 3.7. Jika digunakan prosedur desain sesuai dengan pasal 8, maka nilai  $F_a$  harus ditentukan sesuai 8.8.1 serta nilai  $F_v$ ,  $S_{MS}$ , dan  $S_{M1}$  tidak perlu ditentukan.

**Tabel 3. 10 Koefisien situs,  $F_a$**

Kelas Situs	Parameter respons spectral percepatan gempa $MCE_R$ terpetakan pada periode pendek, $T=0,2$ detik, $S_s$					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	$S_s^{(a)}$					

(Sumber : SNI 1726-2019)

Catatan :

- (a) Untuk nilai-nilai antara  $S_s$  dapat dilakukan interpolasi linier
- (b)  $S_s$  = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik

Tabel 3. 11 Koefisien situs,  $F_v$ 

Kelas Situs	Parameter respons spectral percepatan gempa $MCE_R$ terpetakan pada perioda 1 detik, $S_1$					
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 = 0,5$	$S_1 \geq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	$S_s^{(a)}$					

(Sumber : SNI 1726-2019)

Catatan :

- (a) Untuk nilai-nilai antara  $S_1$  dapat dilakukan interpolasi linier
- (b)  $S_s$  = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik

Parameter percepatan spectral desain untuk perioda pendek,  $S_{DS}$  dan pada perioda 1 detik,  $S_{D1}$ , harus ditentukan melalui perumusan berikut ini:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (3.7)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (3.8)$$

Jika digunakan prosedur desain yang disederhanakan, maka nilai  $S_{DS}$  harus ditentukan seperti persamaan berikut ini:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} F_a S_s \quad (3.9)$$

dan nilai  $S_{D1}$  tidak perlu ditentukan.

Apabila spectrum respons desain diperlukan tata cara ini an prosedur gerak tanah dari spesifik-situs tidak digunakan, maka kurva spectrum respons desain

harus dikembangkan dengan mengacu Gambar 3.6 dan mengikuti ketentuan di bawah ini :

1. Untuk perioda yang lebih kecil dari  $T_0$ , spectrum respons percepatan desain,  $S_a$ , harus diambil dari persamaan;

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

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

3. Untuk perioda lebih besar dari  $T_s$ , spektrum respons percepatan desain,  $S_a$ , diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{SD1}{T} \quad (3.10)$$

Keterangan :

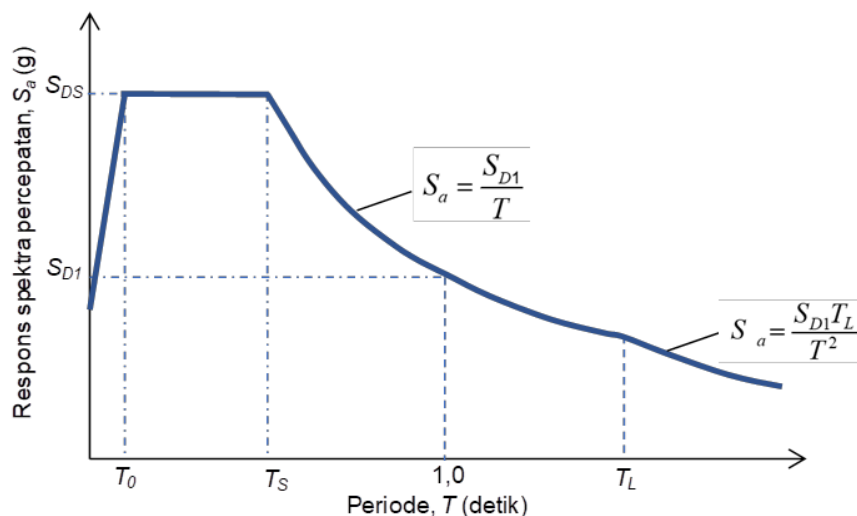
$S_{DS}$  = parameter respons spektral percepatan desain pada perioda pendek;

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

$T$  = perioda getar fundamental struktur.

$$T_0 = 0,2 \frac{SD1}{SDS}$$

$$T_s = \frac{SD1}{SDS}$$



**Gambar 3. 8 Spektrum Respons Desain**

(Sumber : SNI 1726 – 2019)

### 3.10 Kategori Desain Seismik

Struktur harus ditetapkan memiliki suatu kategori desain seismik yang mengikuti pasal ini. Struktur dengan kategori risiko I, II, atau III yang berlokasi di mana parameter respons spectral percepatan terpetakan pada perioda 1 detik,  $S_1$ , lebih besar dari atau sama dengan spectral percepatan terpetakan pada perioda 1 detik,  $S_1$ , lebih besar dari atau sama dengan 0,75, harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik F. Semua struktur lainnya harus ditetapkan kategori desain seismik-nya berdasarkan kategori risikonya dan parameter respons spectral percepatan desainnya,  $S_{DS}$  dan  $S_{D1}$ . Masing-masing bangunan dan struktur harus ditetapkan ke dalam kategori desain seismik yang lebih parah, dengan mengacu pada Tabel 3.9 atau Tabel 3.10, terlepas dari nilai perioda fundamental getaran struktur,  $T$ .

Apabila  $S_1$  lebih kecil dari 0,75, kategori desain seismik diijinkan untuk ditentukan sesuai Tabel 3.9 saja, di mana berlaku semua ketentuan dibawah:

1. Pada masing-masing dua arah orthogonal, perkiraan perioda fundamental struktur,  $T_a$ , yang ditentukan sesuai dengan
2. Pada masing-masing dua arah orthogonal, perioda fundamental struktur yang digunakan untuk menghitung simpangan antar lantai adalah kurang dari  $T_s$ ;

3. Persamaan 3.12 digunakan untuk menentukan koefisien respons seismik,  $C_s$ ;
4. Diafragma struktural adalah kaku sebagaimana disebutkan atau untuk diafragma yang fleksibel, jarak antara elemen-elemen vertikal penahan gaya gempa tidak melebihi 12 m.

Apabila digunakan alternatif prosedur penyederhanaan desain pada pasal 0, kategori desain seismik diperkenankan untuk ditentukan dari Tabel 3.9, dengan menggunakan nilai  $S_{DS}$  yang ditentukan dalam 8.8.1.

**Tabel 3. 12 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode Pendek**

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

(Sumber : SNI 1726-2019)

**Tabel 3. 13 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode 1 Detik**

Nilai $S_{D1}$	Kategori Risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,167$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

(Sumber : SNI 1726-2019)

### 3.11 Kombinasi Sistem Struktur

Sistem pemikul gaya seismik yang berbeda diizinkan untuk digunakan menahan gaya seismik pada masing-masing arah sumbu orthogonal struktur. Bila sistem yang berbeda digunakan, masing-masing nilai  $R$ ,  $C_d$ ,  $\zeta_0$  dan harus diterapkan pada setiap sistem, termasuk batasan sistem struktur yang termuat dalam Tabel 3.15 dibawah ini.

Tabel 3. 14 Faktor  $R$ ,  $C_d$ ,  $\zeta_0$  dan untuk sistem pemikul gaya seismik

Sitem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, $R^a$	Faktor kuat lebih sistem, $\zeta_0^b$	Faktor pembesaran defleksi, $C_d^c$	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $h_n$ (m) <sup>d</sup>				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D <sup>e</sup>	E <sup>e</sup>	F <sup>f</sup>
C. Sistem rangka pemikul momen								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5,5	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5,5	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4,5	3	4	TB	TB	10	TI	TI
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3,5	3	3	TB	TB	TI	TI	TI
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus <sup>m</sup>	8	3	5,5	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4,5	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2,5	TB	TI	TI	TI	TI



Lanjutan Tabel 3.14 Faktor  $R$ ,  $C_d$ ,  $\zeta_0$  dan untuk sistem pemikul gaya seismik

Sitem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, $R^a$	Faktor kuat lebih sistem, $\zeta_0^b$	Faktor pembedaan defleksi, $C_d^c$	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $h_n$ (m) <sup>d</sup>				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D <sup>e</sup>	E <sup>e</sup>	F <sup>f</sup>
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5,5	TB	TB	TB	TB	TB
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4,5	TB	TB	TI	TI	TI
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5,5	48	48	30	TI	TI
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2,5	TB	TI	TI	TI	TI
12. Rangka baja canai dingin pemikul momen khusus	3,5	3	3,5	10	10	10	10	10

Lanjutan Tabel 3.14 Faktor  $R$ ,  $C_d$ ,  $\zeta_0$  dan untuk sistem pemikul gaya seismik

Sitem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, $R^a$	Faktor kuat lebih sistem, $\zeta_0^b$	Faktor pembesaran defleksi, $C_d^c$	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $h_n$ (m) <sup>d</sup>				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D <sup>e</sup>	E <sup>e</sup>	F <sup>f</sup>
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	2,5	4	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	7	2,5	5,5	TB	TB	TB	TB	TB
3. Dinding geser beton bertulang khusus <sup>g,h</sup>	7	2,5	5,5	TB	TB	TB	TB	TB
4. Dinding geser beton bertulang biasa <sup>g</sup>	6	2,5	5	TB	TB	TI	TI	TI
5. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	2,5	4	TB	TB	TB	TB	TB

(Sumber : SNI 1726-2019)

### 3.12 Geser Dasar Seismik

Geser dasar seismik,  $V$ , dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$V = C_s W \quad (3.11)$$

Keterangan:

$C_s$  = koefisien respons seismik

$W$  = berat seismik efektif

Untuk perhitungan koefisien respons seismik,  $C_s$ , harus ditentukan dengan persamaan berikut:

$$C_s = \frac{SDS}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.12)$$

Keterangan:

$S_{DS}$  = parameter percepatan spectrum respons desain rentang perioda pendek

$R$  = faktor modifikasi respons

$I_e$  = faktor keutamaan gempa

Nilai  $C_s$  yang dihitung sesuai persamaan diatas tidak perlu melebihi berikut ini:

$$C_s = \frac{SD1}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.13)$$

$C_s$  harus tidak kurang dari  $C_s = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01$

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

$$C_s = \frac{0,5S1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.14)$$

Keterangan:

$S_{D1}$  = parameter percepatan spectrum respons desain pada perioda 1,0 detik

$T$  = perioda fundamental struktur (detik)

$S_1$  = parameter percepatan spectrum respons maksimum yang dipetakan

### 3.13 Jumlah Ragam

Analisis yang dilakukan untuk menentukan ragam getar alami struktur. Analisis menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar 100% dari massa struktur. Sebagai alternatif, analisis diizinkan untuk memasukkan jumlah ragam yang minimum untuk mencapai massa ragam terkombinasi paling sedikit 90% dari massa aktual dalam masing-masing arah horizontal orthogonal dari respons yang ditinjau oleh model.

### 3.14 Penskalaan Simpangan

Apabila kombinasi respons untuk gaya geser dasar hasil analisis ragam ( $V_t$ ) kurang dari  $C_s W$ , dan dimana  $C_s$  ditentukan berdasarkan persamaan (3.14), maka simpangan harus dikalikan dengan  $C_s W / V_t$ .

### 3.15 Redundansi

Faktor redundansi,  $\rho$ , harus diaplikasikan pada masing-masing kedua arah orthogonal untuk semua sistem struktur pemikul gaya seismik, sesuai dalam pasal 3.15.2.

#### 3.15.1 Kondisi $\rho$ Adalah 1,0

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

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 nongedung 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. Beban diafragma yang ditentukan menggunakan persamaan;
8. Desain struktur dengan sistem peredam sesuai pasal 0;

9. Desain dinding struktural terhadap gaya keluar bidang, termasuk sistem angkurnya.

**Tabel 3. 15 Persyaratan Untuk Masing-Masing Tingkat Yang Menahan Lebih Dari 35% Gaya Geser Dasar**

Elemen pemikul gaya lateral	Persyaratan
Rangka dengan bresing	Penghilangan suatu bresing individu, atau sambungan yang terhubung, tidak akan mengakibatkan reduksi kekuatan tingkat lebih dari 33 %, dan tidak akan menghasilkan sistem dengan ketidakberaturan torsi yang berlebihan (ketidakberaturan struktur horisontal Tipe 1b).
Rangka pemikul momen	Kehilangan tahanan momen di sambungan balok-kolom di kedua ujung suatu balok tunggal tidak akan mengakibatkan reduksi kekuatan tingkat lebih dari 33 %, dan tidak akan menghasilkan sistem dengan ketidakberaturan torsi yang berlebihan (ketidakberaturan struktur horizontal Tipe 1b).
Dinding geser atau pilar dinding dengan rasio tinggi terhadap panjang lebih dari 1,0	Penghilangan suatu dinding geser atau pilar dinding dengan rasio tinggi terhadap panjang lebih besar dari 1,0 di sebarang tingkat, atau sambungan kolektor yang terhubung, tidak akan mengakibatkan reduksi kekuatan tingkat lebih dari 33 %, dan tidak akan menghasilkan sistem dengan ketidakberaturan torsi yang berlebihan (ketidakberaturan struktur horizontal Tipe 1b).

**Lanjutan Tabel 3. 15 Persyaratan Untuk Masing-Masing Tingkat Yang Menahan Lebih Dari 35% Gaya Geser Dasar**

Elemen pemikul gaya lateral	Persyaratan
Kolom kantilever	Kehilangan tahanan momen di sambungan dasar pada sebarang kolom kantilever tunggal tidak akan mengakibatkan reduksi kekuatan tingkat lebih dari 33 %, dan tidak akan menghasilkan sistem dengan ketidakberaturan torsi yang berlebihan (ketidakberaturan struktur horizontal Tipe 1b).
Lainnya	Tidak ada persyaratan

(Sumber : SNI 1726-2019)

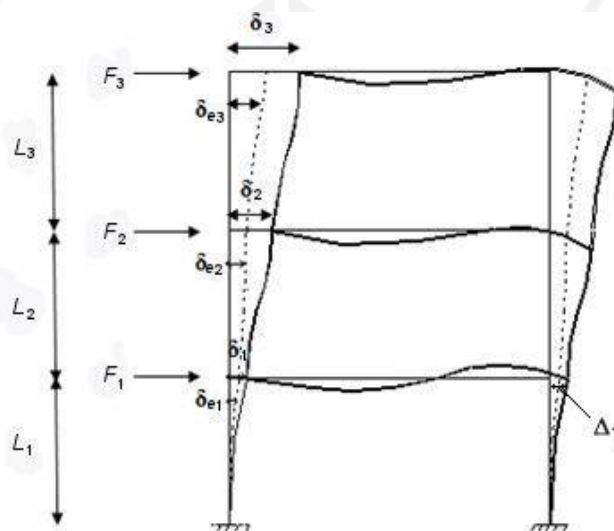
### 3.15.2 Faktor Redundansi $\rho$ Untuk Kategori Desain Seismik D Sampai F

Untuk struktur dengan kategori desain seismik D yang memiliki ketidakberaturan torsi berlebihan sesuai Tabel, tipe 1b,  $\rho$  harus sebesar 1,3. Kategori seismik desain E dan F tidak diizinkan memiliki ketidakberaturan torsi berlebihan. Untuk struktur yang tidak memiliki ketidakberaturan torsi berlebihan dengan kategori desain seismik D, E, atau F,  $\rho$  harus sebesar 1,3, kecuali jika satu dari dua kondisi berikut dipenuhi, di mana  $\rho$  diizinkan diambil sebesar 1,0:

- a. Masing-masing tingkat yang menahan lebih dari 35 % geser dasar dalam arah yang ditinjau harus sesuai dengan Tabel 3.11;
- b. 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.

### 3.16 Simpangan Antar Lantai

Penentuan simpangan antar tingkat desain ( $\Delta$ ) harus dihitung sebagai perbedaan simpangan pada pusat masa 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. Jika desain tegangan izin digunakan,  $\Delta$  harus dihitung menggunakan gaya seismik desain yang ditetapkan dalam 0 tanpa reduksi untuk desain tegangan izin. Gambar berikut adalah cara penentuan simpangan antar lantai.



**Gambar 3. 9 Penentuan Simpangan Antar Lantai**

(Sumber : SNI 1726 – 2019)

Bagi struktur yang didesain untuk kategori desain seismik C, D, E atau F yang memiliki ketidakberaturan horizontal Tipe 1a atau 1b, simpangan antar tingkat desain,  $\Delta$  harus dihitung sebagai selisih terbesar dari simpangan titik-titik yang segaris secara vertikal di sepanjang salah satu bagian tepi struktur, di atas dan di bawah tingkat yang ditinjau.

Simpangan pusat massa di tingkat-x ( $\delta_x$ ) (mm) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \quad (3.15)$$

Keterangan:

$C_d$  = faktor pembesaran simpangan lateral

$\delta_{xe}$  = simpangan di tingkat-x

$I_e$  = faktor keutamaan gempa

### 3.15.1 Batasan simpangan antar tingkat

Simpangan antar tingkat desain ( $\Delta$ ) seperti ditentukan dalam 0, atau 0, tidak boleh melebihi simpangan antar tingkat izin ( $\Delta_a$ ) seperti didapatkan dari tabel untuk semua tingkat.

**Tabel 3. 16 Simpangan antar tingkat izin  $\Delta_a^{a,b}$**

Struktur	Kategori Risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar tingkat.	0,025 $h_{sx}$ <sup>c</sup>	0,020 $h_{sx}$	0,015 $h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata	0,010 $h_{sx}$	0,010 $h_{sx}$	0,010 $h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007 $h_{sx}$	0,007 $h_{sx}$	0,007 $h_{sx}$
Semua struktur lainnya	0,020 $h_{sx}$	0,015 $h_{sx}$	0,010 $h_{sx}$

(Sumber : SNI 1726 – 2019)

Catatan

<sup>a</sup>  $h_{sx}$  adalah tinggi tingkat di bawah tingkat-x.

<sup>b</sup> Untuk sistem pemikul gaya seismik yang terdiri dari hanya rangka momen dalam kategori desain seismik D, E, dan F, simpangan antar tingkat izin harus sesuai dengan persyaratan 0

<sup>c</sup> Tidak boleh ada batasan simpangan antar tingkat untuk struktur satu tingkat dengan dinding interior, partisi, langit-langit, dan sistem dinding eksterior yang



telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar tingkat. Persyaratan pemisahan struktur dalam 0 tidak diabaikan.

<sup>d</sup> Struktur di mana sistem struktur dasar terdiri dari dinding geser batu bata yang didesain sebagai elemen vertikal kantilever dari dasar atau pendukung fondasinya yang dikonstruksikan sedemikian agar penyaluran momen di antara dinding geser (kopel) dapat diabaikan.

### 3.17 Drift Ratio

Drift ratio merupakan salah satu parameter yang paling berpengaruh untuk mengevaluasi kinerja seismik dari sistem struktur. Untuk mencari nilai *drift ratio* dapat ditentukan dari simpangan antar tingkat dibagi dengan tinggi tingkat. Berikut rumus yang digunakan untuk mencari nilai *drift ratio*.

$$Drift\ Ratio = \left[ \frac{y_i - y_{(i-1)}}{H} \right] \times 100 \quad (3.16)$$

### 3.18 Pengaruh P-Delta

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

$$\upsilon = \frac{P_x \Delta e}{V_x h_{sx} C_d} \quad (3.17)$$

Keterangan:

$P_x$  = beban desain vertikal total pada dan di atas tingkat  $x$ , dinyatakan dalam kilo newton (KN); bila menghitung  $P_x$ , faktor beban individu tidak perlu melebihi 1,0;

$\Delta$  = simpangan antar lantai tingkat desain, terjadi secara serentak dengan  $V_x$ , dinyatakan dalam millimeter (mm)

$I_e$  = faktor keutamaan gempa

$V_x$  = gaya geser seismik yang bekerja antara tingkat  $x$  dan  $x-1$  (kN)

$h_{sx}$  = tinggi tingkat di bawah tingkat  $x$ , dinyatakan dalam millimeter (mm);

$Cd$  = faktor pembesaran defleksi

Kofisien stabilitas ( $\nu$ ) harus tidak melebihi  $\nu_{\max}$  yang ditentukan sebagai berikut:

$$\nu_{\max} = \frac{0,5}{\beta Cd} \leq 0,25 \quad (3.18)$$

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

Jika koefisien stabilitas ( $\nu$ ) lebih besar dari 0,10 tetapi kurang dari atau sama dengan  $\nu_{\max}$ , faktor peningkatan terkait dengan pengaruh P-delta pada perpindahan dan gaya komponen struktur harus ditentukan dengan analisis rasional. Sebagai alternatif, diijinkan untuk mengalikan perpindahan dan gaya komponen struktur dengan  $1,0 / (1-\nu)$ . Jika  $\nu$  lebih besar dari  $\nu_{\max}$ , struktur berpotensi tidak stabil dan harus didesain ulang.

## **BAB IV METODOLOGI PENELITIAN**

### **4.1 Umum**

Penelitian ini dalam melakukan analisis struktur menggunakan software SAP2000 yang berpedoman pada peraturan SNI 1726-2019 “Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung” dan peraturan SNI 1727-2020 “Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung”. Penelitian ini mengambil objek Gedung Hotel El Royale Yogyakarta yang terletak di Jalan Dagen No. 6 Sosromenduran, Gedong Tengen, Kota Yogyakarta. Adapun lokasi gedung dapat dilihat dari satelit Google Earth pada Gambar berikut.



**Gambar 4. 1 Peta Lokasi Proyek Pembangunan Hotel El Royale**  
(Sumber : Google Earth 2019)

## 4.2 Data Penelitian

Untuk melakukan analisis struktur dibutuhkan data guna membantu jalannya penelitian ini. Data-data yang dibutuhkan akan disajikan didalam tabel 4.1.

**Tabel 4. 1 Data Gedung**

No	Material	Keterangan
1.	Fungsi bangunan	Hunian atau hotel
2.	Letak bangunan	Yogyakarta
3.	Jenis tanah dasar	Tanah sedang
4.	Jumlah lantai	10 lantai
5.	Tinggi antar lantai	3,2 m
6.	Luas bangunan	30061,9 m <sup>2</sup>
7.	Tinggi bangunan	32,550 m
8.	Jenis material	Struktur beton bertulang
9.	Mutu Beton ( $f'c$ )	30 MPa
10.	Mutu baja tulangan BJTD $f_y$ ( $\varnothing > 13$ mm)	240 Mpa 400 MPa

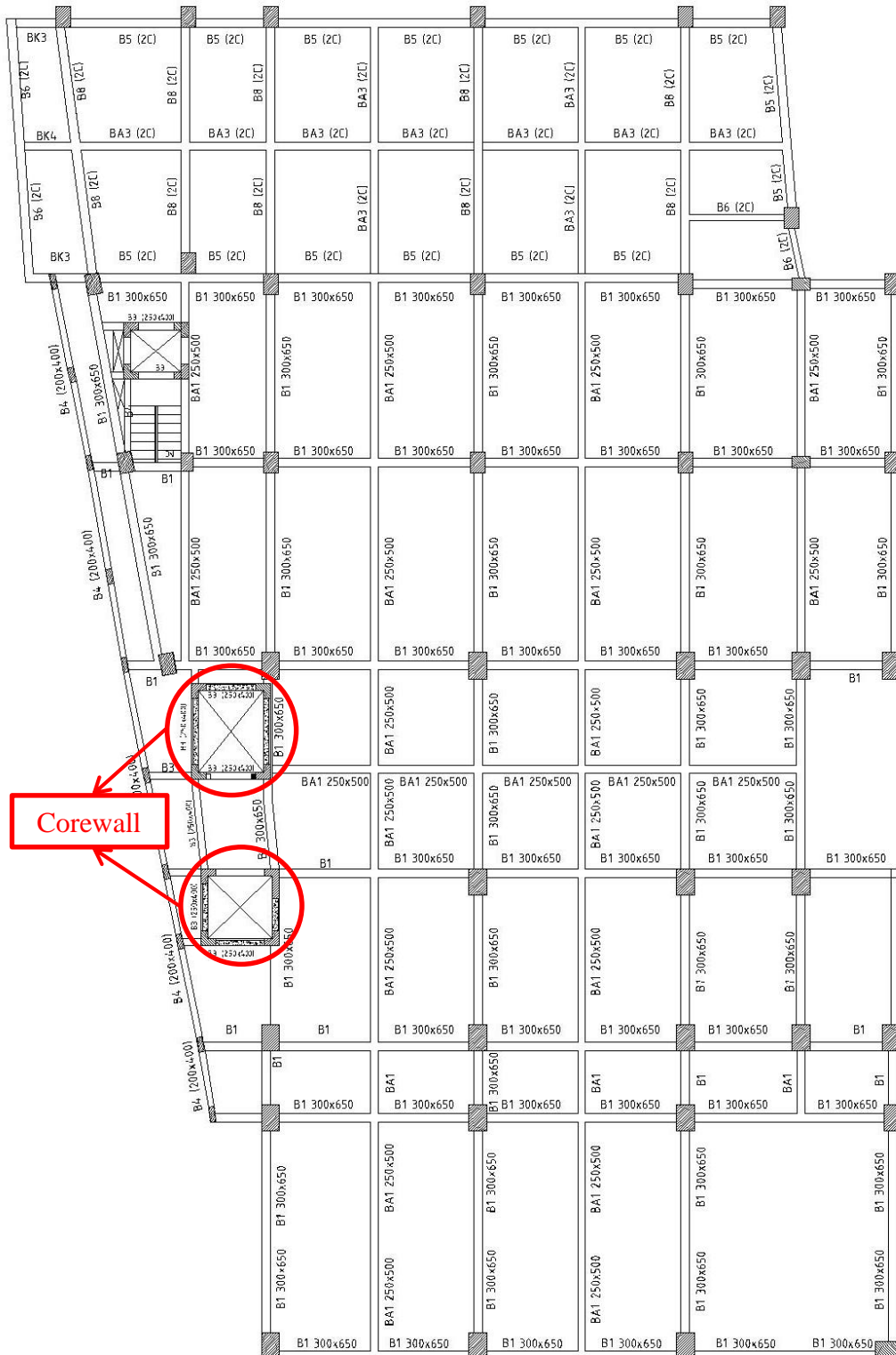
**Tabel 4. 2 Dimensi Balok**

Type	B (mm)	H (mm)	Type	B (mm)	H (mm)
B1	300	650	BA3	250	500
B2	350	700	BK1	300	600
B3	250	400	BK2	250	500
B4	200	400	BK3	300	600
B5	300	600	BK4	250	500
B6	200	400	BK6	250	600
B6B	200	400	BK7	300	750
B7	250	500	BK8	250	500
B8	300	700	TB1	300	600
B9	400	800	TB2	250	500
BA1	250	500	TB3	300	600
BA2	250	500	TB4	250	500

**Tabel 4. 3 Dimensi Kolom**

No	Kolom	Panjang (mm)	Lebar (mm)	
1	K1	600	900	
2	K2	500	700	
3	K3	200	500	
4	K4	250	500	500
5	K4A	250	500	1000
6	K5	300	600	
7	K5'	300	300	

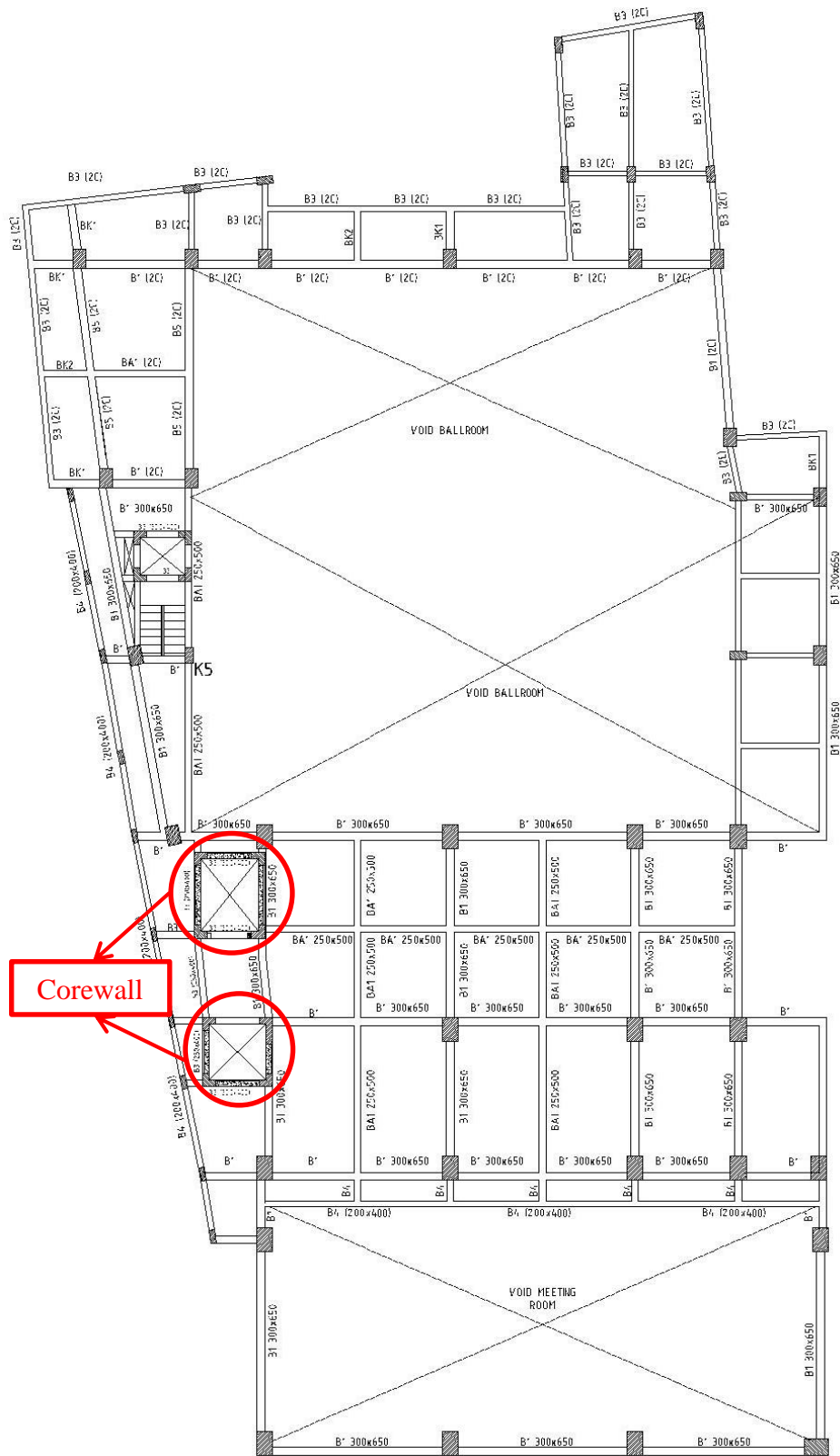
Penelitian ini mengambil objek bangunan di daerah Yogyakarta yang memiliki fungsi sebagai tempat hunian vertikal yaitu hotel. Struktur bangunan yang dimodelkan memiliki jarak antar lantai 3,2 m dengan jumlah total ada 10 lantai. Permodelan dilakukan dengan 2 model struktur, yaitu 1 model struktur sesuai kondisi eksisting yaitu struktur dengan *corewall* dan 1 model struktur dengan variasi tanpa *corewall*. Berikut adalah gambar denah dari bangunan yang akan dilakukan penelitian.



Gambar 4. 2 Denah Struktur Gedung Lantai 1

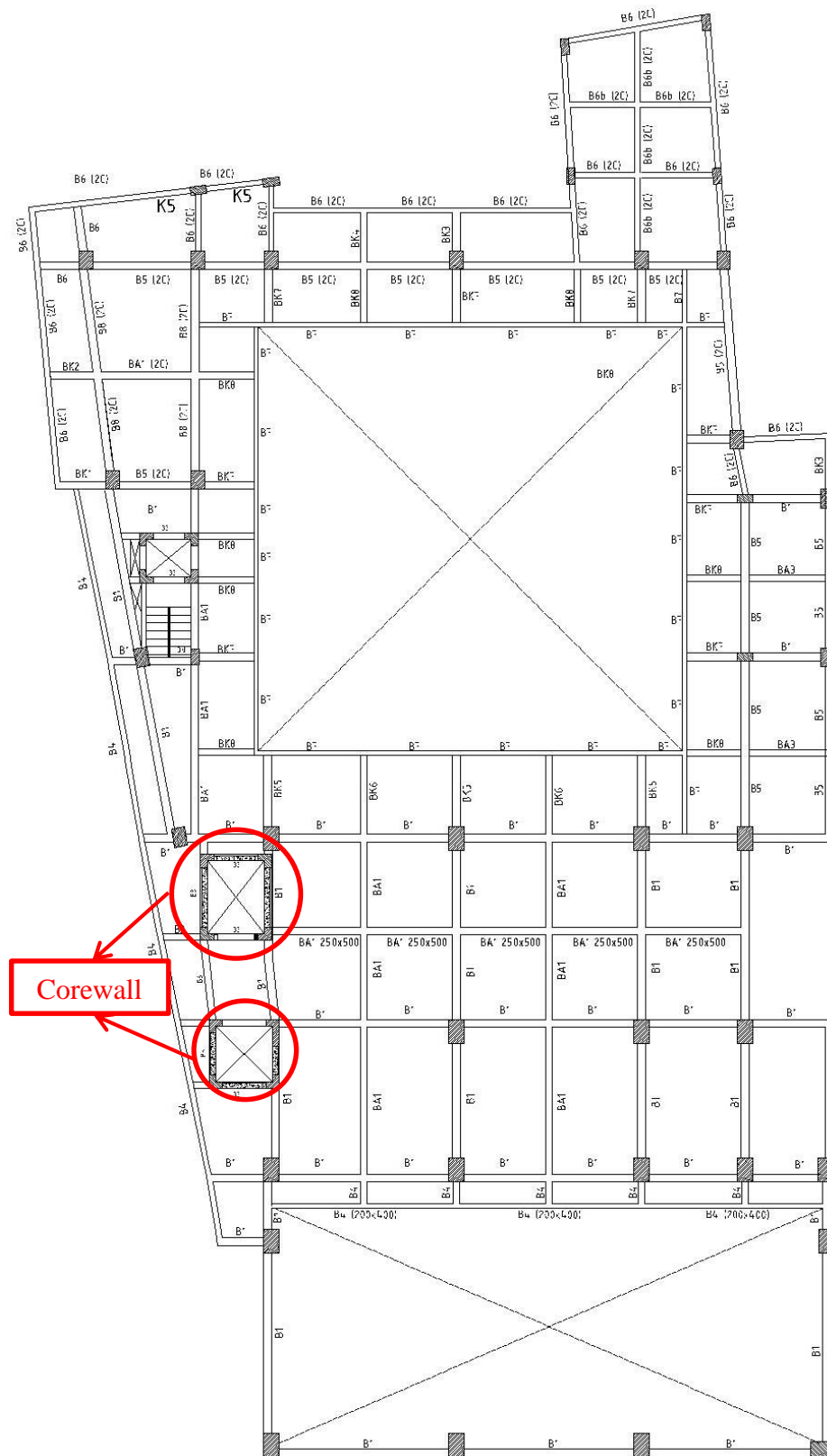




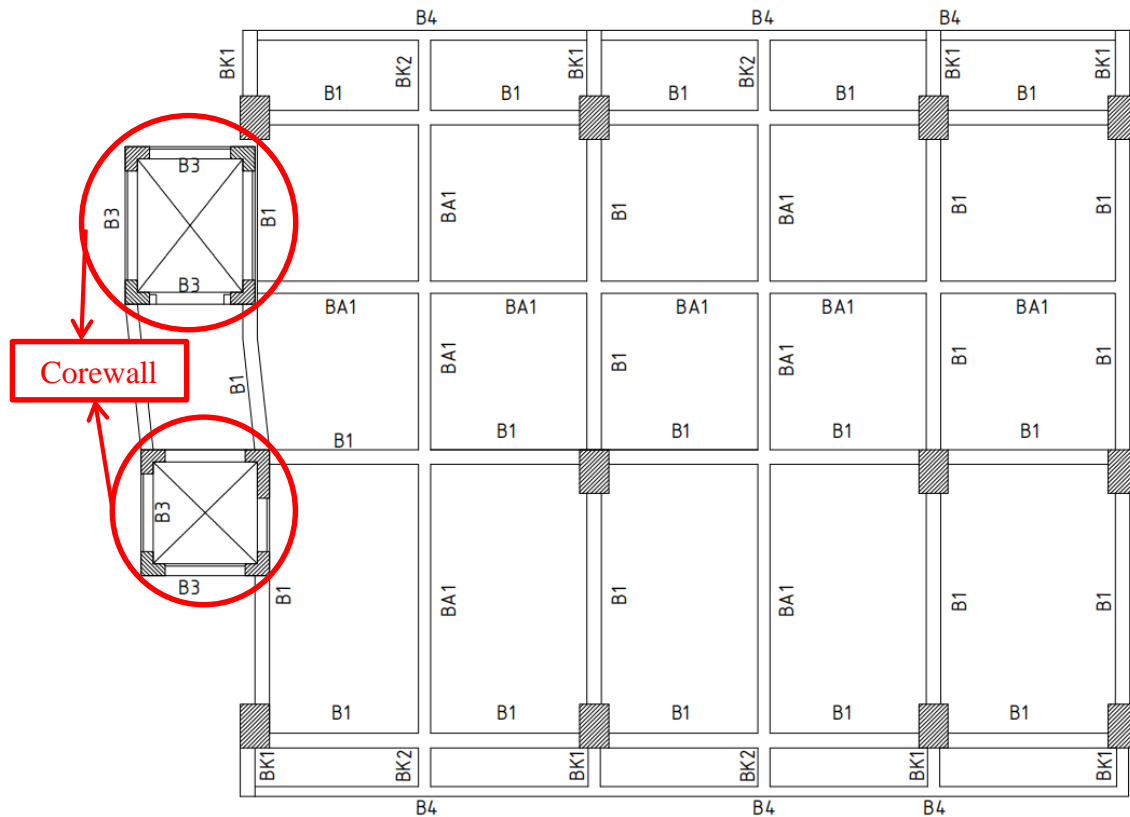


Gambar 4. 4 Denah Struktur Gedung Lantai 3





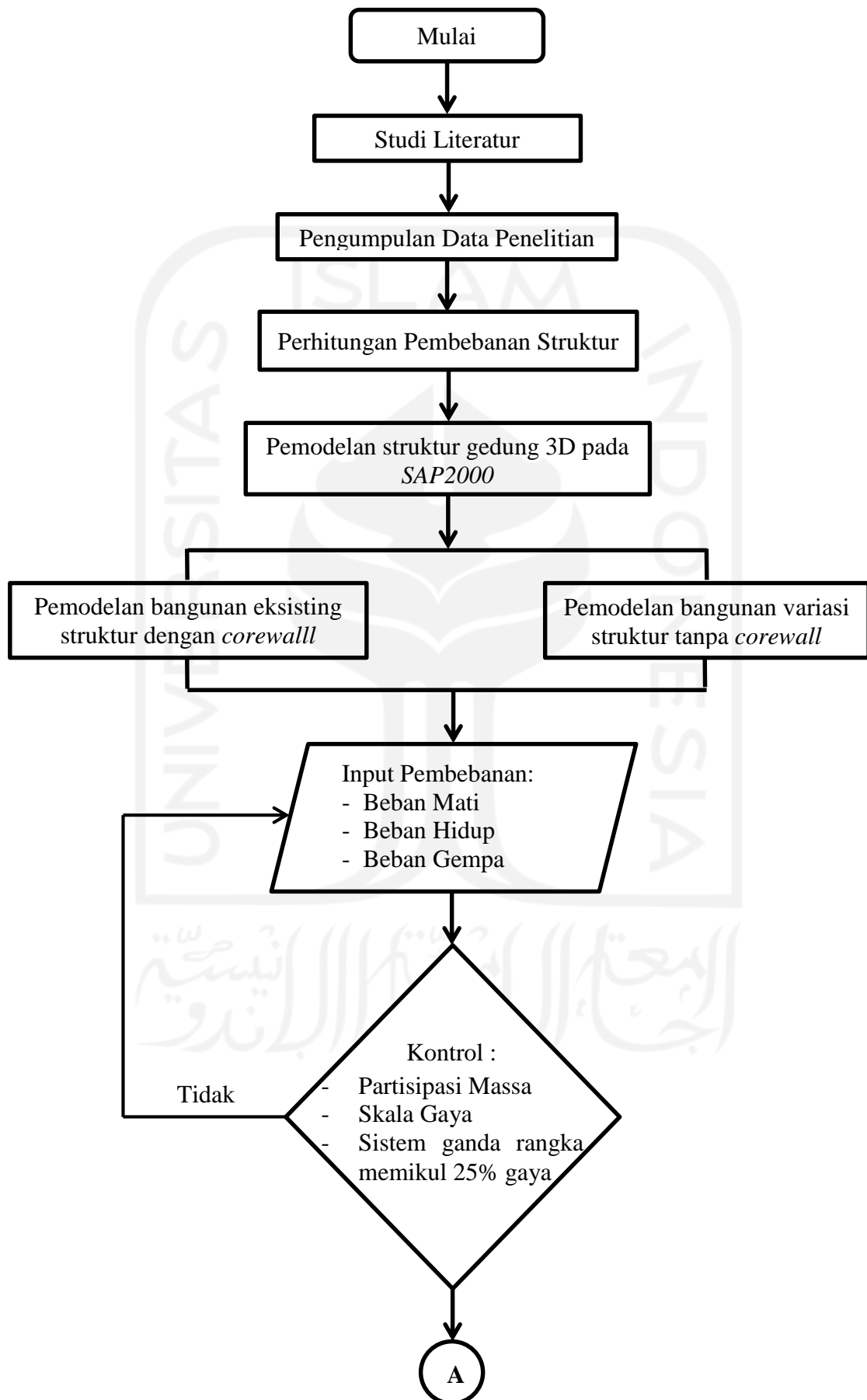
**Gambar 4. 5 Denah Struktur Gedung Lantai 4**

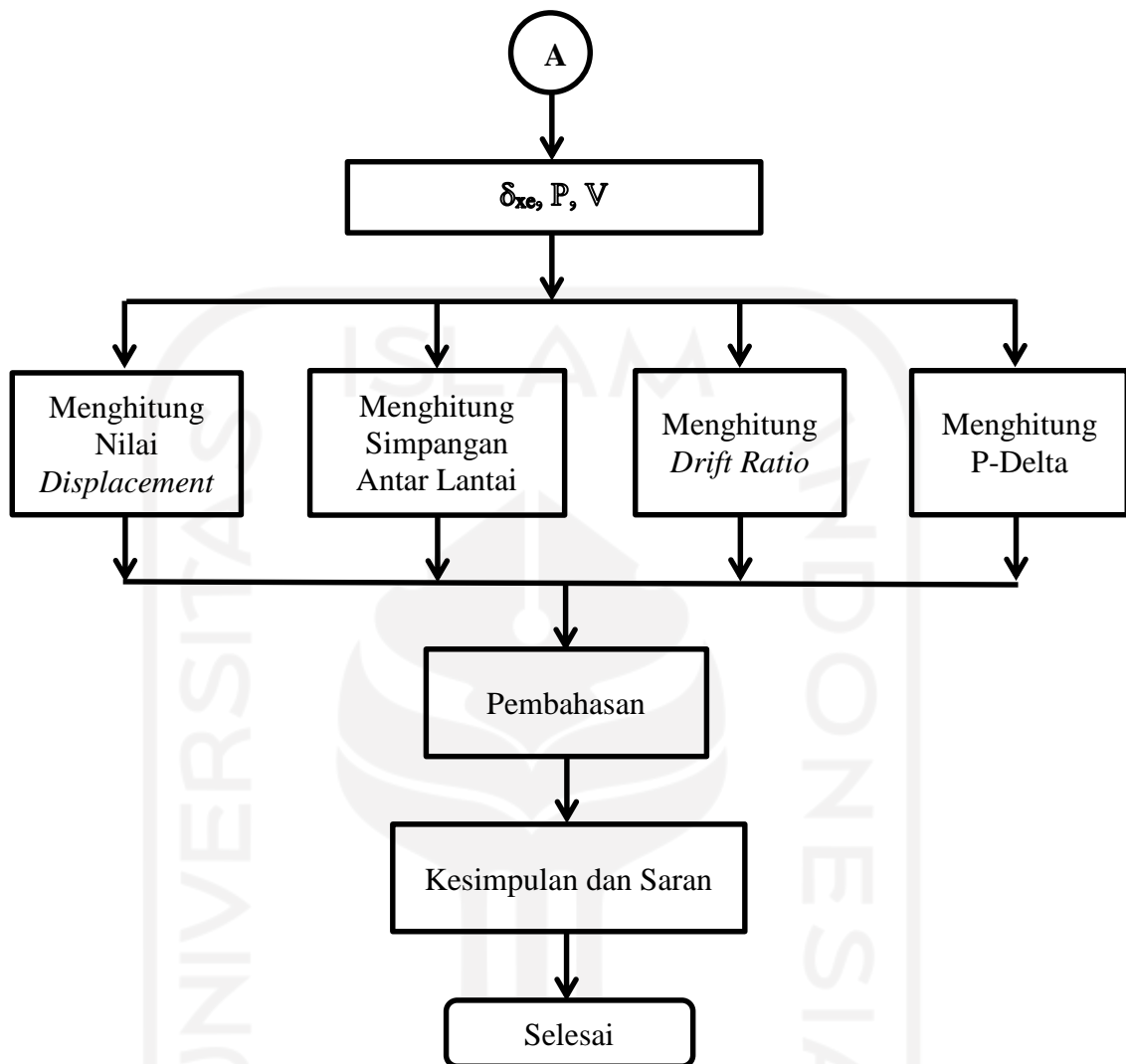


**Gambar 4. 6 Denah Struktur Gedung Lantai 5 Sampai 10**

### 4.3 Tahapan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode analisis dinamik *respons spektrum* dengan langkah awal dimulai dari pemodelan struktur bangunan tanpa *corewall* yang diberikan beban mati, beban hidup, dan beban gempa kemudian pemodelan struktur tersebut divariasikan dengan penempatan *corewall* sehingga diperoleh data yang akan dilakukan analisis dan pembahasan sehingga didapatkan kesimpulan. Untuk mempermudah analisis penelitian ini menggunakan *software* SAP2000. Berikut diagram alir penelitian akan disajikan pada gambar 4.7.





**Gambar 4. 7 Bagan Tahapan Penelitian**

## BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### 5.1 Pembebanan Struktur

Untuk melakukan permodelan struktur 3D di SAP2000, maka terlebih dahulu dilakukan perhitungan pembebanan struktur yang akan diinputkan ke dalam elemen-elemen struktur. Beban-beban yang digunakan adalah kombinasi dari beban mati, beban hidup dan beban gempa.

#### 5.1.1 Bahan Material

Bahan material yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

Beton ( $f'c$ )	= 30 MPa
Baja tulangan pokok ( $f_y$ )	= 400 MPa
Baja tulangan sengkang ( $f_{ys}$ )	= 240 MPa
Berat volume beton	= 2400 kg/m <sup>3</sup>
$E_c = 4700 \sqrt{f'c} = 4700 \sqrt{30}$	= 23500

#### 5.1.2 Beban Mati

Beban mati terdiri dari beban elemen struktur itu sendiri dan beban mati tambahan yang sudah diinputkan. Berikut penjabaran mengenai beban mati :

##### 1. Beban Mati Lantai

**Tabel 5. 1 Perhitungan Pembebanan Pelat Lantai**

No	Material	Dimensi	Berat Volume	Beban Qd	Beban Qd Total
		m	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>
1.	Pelat Lantai	0,13	2400	312	3,12
2.	Spesi	0,03	2100	63	0,63
3.	Pasir	0,05	1800	90	0,9
4.	Keramik	0,01	1700	17	0,17
5.	Plumbing				0,3
6.	Plafond				0,14
<b>Total</b>					<b>2,62</b>

## 2. Beban Mati Atap

**Tabel 5. 2 Perhitungan Pembebanan Pelat Atap**

No	Material	Dimensi	Berat Volume	Beban Qd	Beban Qd Total
		m	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>
1.	Pelat Atap	0,13	2400	312	3,12
2.	Spesi	0,03	2100	63	0,63
3.	Waterproof	0,05	1800	90	0,9
4.	Plumbing & Elektrikal				0,3
5.	Plafond				0,14
<b>Total</b>					<b>1,49</b>

## 3. Beban Mati Tangga dan Bordes

Struktur tangga tidak dimodelkan dalam analisis SAP, akan tetapi beban mati tangga tetap diinputkan ke dalam analisis. Perhitungan beban mati tangga dan bordes sebagai berikut.

**Tabel 5. 3 Perhitungan Pembebanan Tangga**

No	Material	Dimensi	Lebar	Panjang	Berat Volume	Beban Qd
		m	m	m	kg/m <sup>3</sup>	kN
1.	Pelat Tangga	0,15	0,85	3,22	2400	9,853
2.	Anak Tangga	0,024	0,85	5	2400	2,448
3.	Spesi	0,03	0,85	3,22	2100	1,724
4.	Pasir	0,05	0,85	3,22	1800	2,463
5.	Keramik	0,01	0,85	3,22	1700	0,465
<b>Total</b>						<b>16,954</b>

**Tabel 5. 4 Perhitungan Pembebanan Bordes**

No	Material	Dimensi	Lebar	Panjang	Berat Volume	Beban Qd
		m	m	m	kg/m <sup>3</sup>	kN
1.	Pelat Bordes	0,15	1,3	1,7	2400	7,956
2.	Spesi	0,03	1,3	1,7	2100	1,392
3.	Pasir	0,05	1,3	1,7	1800	1,989
4.	Keramik	0,01	1,3	1,7	1700	0,376
<b>Total</b>						<b>11,713</b>

### 5. Beban Mati Dinding

#### a. Dinding dengan luas bukaan 80%

$$\begin{aligned} \text{Plesteran} &= \text{Tinggi lantai} \times \text{plesteran} \times \text{berat jenis} \times \text{luas dinding} \\ &= 3,2 \text{ m} \times 2 \times 63 \text{ kg/m}^2 \times 20\% \\ &= 80,64 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat dinding} &= \text{Tinggi lantai} \times \text{berat jenis} \times \text{luas dinding} \\ &= 3,2 \text{ m} \times 200 \text{ kg/m}^2 \times 20\% \\ &= 128 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total} &= \text{Berat dinding} + \text{plesteran} \\ &= 128 \text{ kg/m} + 80,64 \text{ kg/m} \\ &= 208,64 \text{ kg/m} \\ &= 2,0864 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

#### b. Dinding dengan luas bukaan 40%

$$\begin{aligned} \text{Plesteran} &= \text{Tinggi lantai} \times \text{plesteran} \times \text{berat jenis} \times \text{luas dinding} \\ &= 3,2 \text{ m} \times 2 \times 63 \text{ kg/m}^2 \times 60\% \\ &= 241,92 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat dinding} &= \text{Tinggi antar lantai} \times \text{berat jenis} \times \text{luas dinding} \\ &= 3,2 \text{ m} \times 200 \text{ kg/m}^2 \times 60\% \\ &= 384 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total} &= \text{Berat dinding} + \text{plesteran} \\ &= 241,92 \text{ kg/m} + 384 \text{ kg/m} \\ &= 6,2592 \text{ kN} \end{aligned}$$

## 6. Beban Lift

Tipe Lift	= Hyundai
Kapasitas	= 8 Orang (550 kg)
Lebar Pintu	= 800 mm
Beban reaksi mesin	= R1 = 4100 kg
R2	= 1950 kg
R3	= 700 kg
R4	= 1800 kg

Keterangan : R1 dan R2 = berat mesin penggerak + beban kereta + perlengkapan

R3 dan R4 = Berat bandul pemberat + perlengkapan

Penentuan koefisien kejut dengan persamaan sebagaimana berikut ini.

$$\Psi = (1 + k_1 k_2 v) \geq 1,15$$

dimana :

$\Psi$  = koefisien kejut nilainya tidak boleh diambil kurang dari 1,15.

$v$  = kecepatan angkat maksimum dalam m/det pada pengangkatan muatan maksimum dalam kedudukan keran induk dan keran angkat yang paling menentukan bagi struktur yang ditinjau, dan nilainya tidak perlu diambil lebih dari 1,00 m/det.

$k_1$  = koefisien yang bergantung pada kekakuan struktur keran induk, yang untuk keran induk dengan struktur rangka, pada umumnya nilainya dapat diambil sebesar 0,6.

$k_2$  = koefisien yang bergantung pada sifat mesin angkat dari keran angkatnya, dan diambil sebesar 1,3.

Perhitungan beban yang bekerja pada balok sebagai berikut.

$$P = \sum R \cdot \Psi = (4100 + 1950 + 700 + 1800) (1 + (1,3)(0,6)(1)) = 15.219 \text{ kg.}$$

Beban P diatas diinputkan ke dalam struktur balok yang berada pada pelat atap gedung.



### 5.1.3 Beban Hidup

Beban yang ditimbulkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung seperti aktivitas manusia atau kendaraan bergerak. Beban hidup yang diinputkan ke dalam analisis sebagai berikut.

1. Beban hidup lantai = 4,79 kN/m<sup>2</sup>
2. Beban hidup atap = 0,96 kN/m<sup>2</sup>
3. Beban hidup koridor = 4,79 kN/m<sup>2</sup>
4. Beban hidup ruang public = 4,79 kN/m<sup>2</sup>
5. Beban hidup ruang pribadi = 1,92 kN/m<sup>2</sup>
6. Beban hidup tangga = 1,775 Kn/m<sup>2</sup>

### 5.1.4 Beban Gempa

Untuk keperluan perancangan struktur diperlukan data-data sebagai acuan salah satunya untuk memperoleh beban gempa respons spektrum. Berikut data-data yang diperoleh dari objek penelitian :

1. Lokasi bangunan yang dimodelkan berada di wilayah Yogyakarta.
2. Fungsi bangunan sebagai gedung hotel.
3. Jenis tanah pada lokasi bangunan adalah tanah sedang (SD).
4. Lantai gedung berjumlah 10 tingkat dengan tinggi tiap lantai 3,2 meter.
5. Berdasarkan fungsi bangunan maka masuk kedalam kategori risiko II, dengan faktor keutamaan gempa  $I_e$  sebesar 1,0.
6. Jenis struktur yang digunakan pada struktur dengan *corewall* adalah dinding geser beton bertulang khusus yang memiliki nilai  $R$  sebesar 7,  $\zeta_0$  sebesar 2,5 dan nilai  $C_d$  sebesar 5,5 sedangkan pada struktur tanpa *corewall* termasuk kedalam jenis struktur rangka beton bertulang pemikul momen khusus yang memiliki nilai  $R$  sebesar 8,  $\zeta_0$  sebesar 3 dan nilai  $C_d$  sebesar 5,5.
7. Nilai  $S_s$  dan  $S_1$   
 Nilai  $S_s$  dan  $S_1$  diperoleh dari membaca warna peta pada SNI 1726-2019.  
 $S_s = 1,107 g$

$$S_1 = 0,507 \text{ g}$$

8. Nilai  $F_a$  dan  $F_v$

Nilai  $F_a$  dan  $F_v$  diperoleh dari membaca tabel parameter respons spektral percepatan periode pendek dan tabel parameter respons spektral percepatan periode 1 detik.

$$F_a = 1,057$$

$$F_v = 1,793$$

9. Mencari nilai  $S_{DS}$  dan  $S_{D1}$

Untuk mendapatkan nilai  $S_{DS}$  dan  $S_{D1}$ , terlebih dahulu mencari nilai  $S_{MS}$  dan  $S_{M1}$  seperti berikut.

$$S_{MS} = F_a \times S_s = 1,057 \times 1,107 = 1,170$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 = 1,793 \times 0,507 = 0,909$$

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS} = \frac{2}{3} \times 1,170 = 0,780$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{M1} = \frac{2}{3} \times 0,909 = 0,606$$

10. Spektrum respons desain

$$T_0 = 0,2 \times \frac{SD1}{SDS} = 0,2 \times \frac{0,530}{0,683} = 0,155 \text{ detik}$$

$$T_s = \frac{SD1}{SDS} = \frac{0,530}{0,683} = 0,777 \text{ detik}$$

11. Mencari nilai  $S_a$

a. Untuk periode  $T < T_0$  maka  $S_a$  diambil dari persamaan

$$\begin{aligned} S_a &= S_{DS} \left( 0,4 + 0,6 \times \frac{T}{T_0} \right) \\ &= 0,780 \left( 0,4 + 0,6 \times \frac{0}{0,155} \right) \\ &= 0,312 \end{aligned}$$

b. Untuk periode  $T = T_0$  maka  $S_a = S_{DS}$

$$S_a = 0,780$$

c. Untuk periode  $T > T_s$

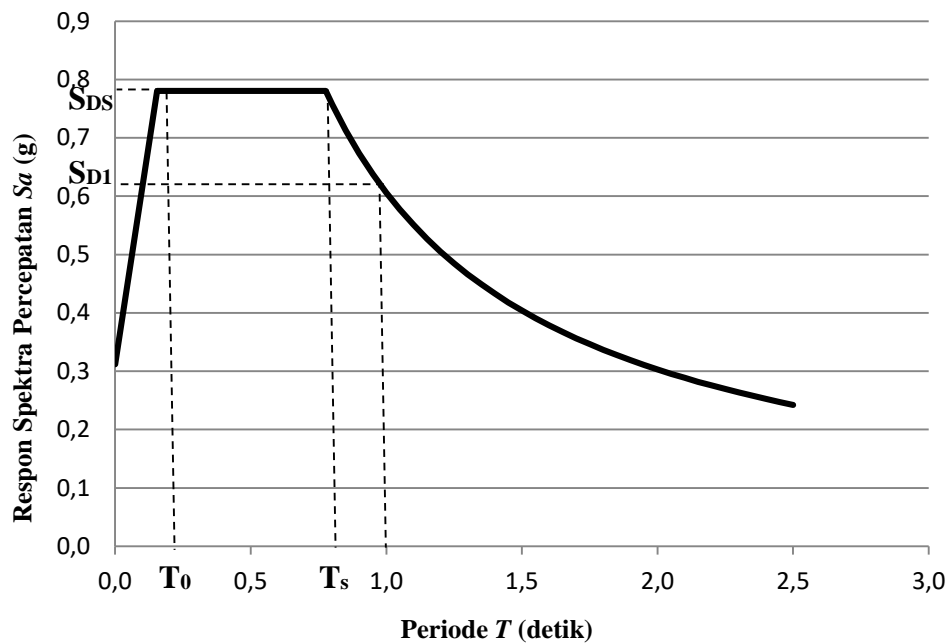
$$S_a = \frac{SD1R}{T} = \frac{0,530}{1} = 0,606$$

Berikut hasil analisis desain respons spektrum struktur 10 tingkat dapat dilihat pada Tabel 5.5.

**Tabel 5. 5 Desain Respons Spektrum**

<b>T (detik)</b>	<b>S<sub>a</sub></b>	<b>T (detik)</b>	<b>S<sub>a</sub></b>	<b>T (detik)</b>	<b>S<sub>a</sub></b>
0.000	0.312	1.250	0.485	1.850	0.328
0.155	0.780	1.300	0.466	1.900	0.319
0.777	0.780	1.350	0.449	1.950	0.311
0.800	0.758	1.400	0.433	2.000	0.303
0.850	0.713	1.450	0.418	2.050	0.296
0.900	0.673	1.500	0.404	2.100	0.289
0.950	0.638	1.550	0.391	2.150	0.282
1.000	0.606	1.600	0.379	2.200	0.275
1.050	0.577	1.650	0.367	2.250	0.269
1.100	0.551	1.700	0.356	2.300	0.263
1.150	0.527	1.750	0.346	2.350	0.258
1.200	0.505	1.800	0.337	2.400	0.253

Garfik desain respons spektrum struktur 10 lantai dari tabel diatas dapat dilihat pada gambar 5.1 dibawah ini.



**Gambar 5. 1 Grafik Respons Spektrum Tanah Sedang Yogyakarta**

#### 5.1.5 Beban Bangunan Total

Berat total bangunan diperoleh dengan menjumlahkan seluruh beban mati pada struktur. Pada penelitian ini disajikan dua hasil perhitungan yaitu berat total bangunan pada struktur dengan corewall dan berat total bangunan pada struktur tanpa corewall. Berikut beban total bangunan diperoleh dari hasil perhitungan manual seperti pada Tabel 5.6.

**Tabel 5. 6 Berat Bangunan Total**

Lantai	Berat struktur dengan corewall (kN)	Berat struktur tanpa corewall (kN)
10	4019,662	3723,406
9	3646,518	3350,262
8	3646,518	3350,262
7	3646,518	3350,262
6	3646,518	3350,262
5	5192,118	4895,862

Lanjutan Tabel 5. 7 Berat Bangunan Total

Lantai	Berat struktur dengan corewall (kN)	Berat struktur tanpa corewall (kN)
4	9663,524	9367,268
3	11062,191	10765,935
2	12046,920	11750,664
1	12366,044	12069,788
Total	68936,530	65973,970
SAP2000	71555,12	64511,007
Error	3,80%	-2,22%

Berdasarkan Tabel 5.1 untuk berat struktur dengan corewall memiliki selisih error sebesar 3,80% sedangkan pada struktur tanpa corewall memiliki selisih error sebesar -2,22% sehingga perhitungan berat bangunan masih masuk dalam batas toleransi error maksimal sebesar 65%.

## 5.2 Analisis Struktur

### 5.2.1 Analisis Struktur Dengan Corewall

#### 5.2.1.1 Kontrol Periode Natural (T)

Periode dapat diperoleh secara manual yaitu menggunakan rumus atau berdasarkan analisis menggunakan software SAP2000. Perhitungan rumus sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 T_a &= 0,0488 \times H^{0,75} \\
 &= 0,0488 \times (32)^{0,75} = 0,657 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Hasil  $T_a$  diatas digunakan sebagai nilai batas bawah perkiraan. Untuk mencari nilai batas atas dihitung berdasarkan SNI 1726-2019 dengan menggunakan rumus.

$$\begin{aligned}
 T_{a \text{ maks}} &= C_u \times T_a = 1,4 \times 0,657 \\
 &= 0,919 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil analisis dari software SAP2000 didapatkan nilai periode penampang retak sebesar 1,157 detik. Untuk menentukan nilai  $T_{pakai}$  mengacu pada persyaratan seperti berikut.

Jika  $T_c > T_{a \text{ maks}}$ , maka  $T_{pakai} = 0,919$  detik

Jika  $T_a < T < T_{a \text{ maks}}$  maka  $T_{pakai} = 1,157$  detik

Jika  $T < T_a$  maka  $T_{pakai} = 0,657$  detik

Maka nilai periode yang dihasilkan dari analisis melebihi batas atas dan bawah sehingga nilai yang dipakai yaitu nilai  $T_{a \text{ maks}}$  sebesar 0,919 detik.

#### 5.2.1.2 Perhitungan Koefisien Respons Seismik ( $C_s$ )

Untuk menghitung koefisien respons seismik digunakan 3 persamaan, dengan nilai R sebesar 7.

$$C_{s1} = \frac{SDS}{R/I_e} = \frac{0,78}{7/1} = 0,111$$

$$C_{s \text{ maks}} = \frac{SD1}{T \times \frac{R}{I_e}} = \frac{0,61}{0,919 \times \frac{7}{1}} = 0,095$$

$$\begin{aligned} C_{s \text{ min}} &= 0,044 \times S_{DS} \times I_e \geq 0,01 \\ &= 0,044 \times 0,78 \times 1 \geq 0,01 \\ &= 0,034 \geq 0,01 \end{aligned}$$

Maka nilai  $C_s$  yang digunakan yaitu nilai  $C_s$  maksimum karena nilai  $C_{s1}$  melebihi batas atas yaitu  $C_s$  maksimum sehingga  $C_{s \text{ pakai}}$  yang digunakan sebesar 0,095.

#### 5.2.1.3 Gaya Geser Dasar

Berat total bangunan

$$W = 65973,970 \text{ kN}$$

$$C_s = 0,095$$

$$V = C_s \times W$$

$$= 0,095 \times 68936,530 \text{ kN}$$

$$= 6535,380 \text{ kN}$$

Maka didapatkan gaya geser seismik sebesar 6535,380 kN

#### 5.2.1.4 Partisipasi Massa

Partisipasi massa dikontrol berdasarkan Pasal 7.9.1.1 SNI 1726-2019. Hasil partisipasi massa dapat dilihat pada Tabel 5.7 berikut ini.

**Tabel 5. 8 Partisipasi Massa**

<b>Mode</b>	<b>SumUX</b>	<b>SumUY</b>
484	0,96603	0,98377
485	0,96603	0,8377
486	0,96644	0,98395
487	1	1

Partisipasi massa bangunan struktur dengan corewall pada arah x dan y dapat dilihat pada kolom SumUX dan SumUY. Untuk mencapai ketentuan ragam satu badan kaku (single rigid body) maka nilai partisipasi massa ragam harus 100% atau sebagai alternatif diizinkan partisipasi massa ragam paling sedikit 90%. Partisipasi massa pada Tabel 5.7 sudah mencapai nilai 100% pada mode 487 baik untuk arah x maupun arah y sehingga struktur memenuhi ragam satu badan kaku (single rigid body).

#### 5.2.1.5 Skala Gaya Response Spektrum

Hasil gaya geser dasar dinamik ( $V_d$ ) perlu disetarakan dengan besaran gaya geser dasar statik ( $V_s$ ) sesuai pasal 7.9.2.5.2 SNI 1726-2019. Nilai awal gaya geser dasar dinamik dan statik dapat dilihat pada Tabel 5.8 berikut ini.

**Tabel 5. 9 Gaya Geser Sebelum Skala Gaya**

<b>Keterangan</b>	<b>Arah X</b>	<b>Arah Y</b>
<b>V Statik</b>	6535,380 kN	6535,380 kN
<b>V Dinamik</b>	2808 kN	2237 kN
<b>Kontrol 100%</b>	Tidak Memenuhi	Tidak Memenuhi

Nilai awal dapat dilihat pada Tabel 5.8 tidak setara sehingga tidak memenuhi syarat 100% maka perlu dilakukan penskalaan gaya dengan persamaan berikut.

$$\text{Skala ulang } V_d \text{ arah } x = \frac{V_{\text{statik Arah } x}}{V_{\text{dinamik Arah } x}} = 3,262$$

$$\text{Skala ulang } V_d \text{ arah } y = \frac{V_{\text{statik Arah } y}}{V_{\text{dinamik Arah } y}} = 4,094$$

Skala ulang diatas menjadi faktor pengali beban gempa dalam program analisa struktur untuk mendapatkan nilai 100% sama dengan gaya geser dasar statik. Hasil gaya geser dasar dinamik setelah dimasukkan faktor pengali dapat dilihat pada Tabel 5.9 berikut.

**Tabel 5. 10 Gaya Geser Setelah Skala Gaya**

<b>Keterangan</b>	<b>Arah X</b>	<b>Arah Y</b>
<b>V Statik</b>	6535,380 kN	6535,380 kN
<b>V Dinamik</b>	6537,488 kN	6537,883 kN
<b>Kontrol 100%</b>	Memenuhi	Memenuhi

Gaya geser dasar dinamik telah memenuhi persyaratan yaitu lebih dari 100% gaya geser statik.

#### 5.2.1.6 Cek Sistem Rangka Memikul 25% Gaya Statik

Mengacu pada Tabel 12 poin D SNI 1726-2019 untuk bangunan yang termasuk dalam sistem rangka ganda khusus harus memikul gaya seismik sebesar 25%. Hasil analisis struktur terhadap struktur dengan corewall sebagai berikut.

**Tabel 5. 11 Kontrol Sistem Rangka Memikul 25%**

<b>Lantai</b>	<b>X</b>		<b>Keterangan</b>	<b>Y</b>		<b>Keterangan</b>
	<b>Frame</b>	<b>CW</b>		<b>Frame</b>	<b>CW</b>	
1	96%	4%	Memenuhi	93%	7%	Memenuhi
2	98%	2%	Memenuhi	98%	2%	Memenuhi
3	96%	4%	Memenuhi	98%	2%	Memenuhi
4	98%	2%	Memenuhi	98%	2%	Memenuhi
5	92%	8%	Memenuhi	97%	3%	Memenuhi
6	93%	7%	Memenuhi	97%	3%	Memenuhi
7	94%	6%	Memenuhi	97%	3%	Memenuhi
8	95%	5%	Memenuhi	97%	3%	Memenuhi
9	95%	5%	Memenuhi	97%	3%	Memenuhi
10	96%	4%	Memenuhi	96%	4%	Memenuhi



Hasil analisis struktur dengan corewall diatas rangka pemikul momen mampu memikul paling sedikit 25% gaya seismik desain sehingga struktur memenuhi syarat.

#### 5.2.1.7 Cek Ketidakberaturan Struktur

Struktur bangunan dengan corewall yang dianalisis perlu dilakukan kontrol ketidakberaturan struktur berdasarkan kriteria dalam pasal 7.3.2 SNI 1726-2019. Klasifikasi ketidakberaturan dilakukan pada arah vertikal dan horizontal pada masing-masing sumbu.

##### 1. Ketidakberaturan Vertikal

###### a. Ketidakberaturan tingkat lunak 1a dan 1b

Terjadi ketidakberaturan 1a apabila terdapat suatu tingkat yang kekakuan lateralnya kurang dari 70% kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 80% kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya. Hasil kontrol ketidakberaturan 1a dapat dilihat pada Tabel 5.11 dan Tabel 5.12 berikut.

**Tabel 5. 12 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Arah X**

Lantai	Kekakuan (kN/mm)	70%Ki+1	Status 70%Ki+1	80%(Ki+3 Tingkat)	Status K>80%(Ki+3Tingkat)
10	75.683	0.000	Regular	0.000	Regular
9	143.968	52.978	Regular	60.546	Regular
8	208.304	100.777	Regular	87.860	Regular
7	273.280	145.813	Regular	114.121	Regular
6	348.432	191.296	Regular	166.814	Regular
5	459.277	243.902	Regular	221.338	Regular
4	676.002	321.494	Regular	288.264	Regular
3	909.091	473.201	Regular	395.656	Regular
2	1472.272	636.364	Regular	545.165	Regular
1	4494.382	1030.591	Regular	815.297	Regular

**Tabel 5. 13 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Arah Y**

Lantai	Kekakuan (kN/mm)	70%Ki+1	Status 70%Ki+1	80%(Ki+3 Tingkat)	Status K>80%(Ki+3Tingkat)
10	91.341	0.000	Regular	0.000	Regular
9	158.705	63.939	Regular	73.073	Regular
8	209.702	111.093	Regular	100.018	Regular
7	253.952	146.792	Regular	122.599	Regular
6	304.210	177.766	Regular	165.962	Regular
5	395.335	212.947	Regular	204.764	Regular
4	631.826	276.735	Regular	254.266	Regular
3	861.048	442.278	Regular	355.032	Regular
2	1505.017	602.734	Regular	503.522	Regular
1	9469.697	1053.512	Regular	799.438	Regular

Berdasarkan hasil Tabel 5.11 dan Tabel 5.12 diatas struktur dengan corewall tidak mengalami ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak baik pada arah x maupun arah y. Selanjutnya, kontrol ketidakberaturan tipe 1b didefinisikan ada apabila terdapat suatu tingkat yang mempunyai kekakuan lateral kurang dari 60% kekakuan lateral diatasnya atau kurang dari 70% kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya. Hasil kontrol ketidakberaturan 1b dapat dilihat pada Tabel 5.13 dan Tabel 5.14.

**Tabel 5. 14 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Berlebihan Arah X**

Lantai	Kekakuan (kN/mm)	60%Ki+1	Status 60%Ki+1	70%(Ki+3 Tingkat)	Status K>70%(Ki+3Tingkat)
10	75.683	0.000	Regular	0.000	Regular
9	143.968	45.410	Regular	52.978	Regular
8	208.304	86.381	Regular	76.878	Regular

**Lanjutan Tabel 5. 15 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak  
Berlebihan Arah X**

<b>Lantai</b>	<b>Kekakuan (kN/mm)</b>	<b>60%Ki+1</b>	<b>Status 60%Ki+1</b>	<b>70%(Ki+3 Tingkat)</b>	<b>Status K&gt;70%(Ki+3Tingkat)</b>
7	273.280	124.983	Regular	99.856	Regular
6	348.432	163.968	Regular	145.962	Regular
5	459.277	209.059	Regular	193.671	Regular
4	676.002	275.566	Regular	252.231	Regular
3	909.091	405.601	Regular	346.199	Regular
2	1472.272	545.455	Regular	477.020	Regular
1	4494.382	883.363	Regular	713.385	Regular

**Tabel 5. 16 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Berlebihan Arah Y**

<b>Lantai</b>	<b>Kekakuan (kN/mm)</b>	<b>60%Ki+1</b>	<b>Status 60%Ki+1</b>	<b>70%(Ki+3 Tingkat)</b>	<b>Status K&gt;70%(Ki+3Tingkat)</b>
10	91.341	0.000	Regular	0.000	Regular
9	158.705	54.805	Regular	63.939	Regular
8	209.702	95.223	Regular	87.516	Regular
7	253.952	125.821	Regular	107.275	Regular
6	304.210	152.371	Regular	145.217	Regular
5	395.335	182.526	Regular	179.168	Regular
4	631.826	237.201	Regular	222.483	Regular
3	861.048	379.096	Regular	310.653	Regular
2	1505.017	516.629	Regular	440.582	Regular
1	9469.697	903.010	Regular	699.508	Regular

Berdasarkan hasil tabel diatas struktur dengan corewall tidak mengalami ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak lunak berlebihan baik pada arah x maupun arah y sehingga tidak perlu dilakukan evaluasi.

b. Ketidakberaturan massa

Terjadi ketidakberaturan massa jika massa efektif di sembarang tingkat lebih dari 150% massa efektif tingkat di dekatnya. Hasil kontrol ketidakberaturan massa dapat dilihat pada Tabel 5.15 berikut ini.

**Tabel 5. 17 Ketidakberaturan Massa**

Lantai	W (kN)	150%Wi + 1	Status
10	4019.662	0	Regular
9	3646.518	6029.49261	Regular
8	3646.518	5469.77694	Regular
7	3646.518	5469.77694	Regular
6	3646.518	5469.77694	Regular
5	5192.118	5469.77694	Regular
4	9663.524	7788.17694	Irregular
3	11062.19	14495.28654	Regular
2	12046.92	16593.2859	Regular
1	12366.04	18070.38006	Regular

Berdasarkan tabel diatas terjadi ketidakberaturan massa yaitu terjadi pada lantai 4, sehingga prosedur analisis pada penelitian ini diizinkan menggunakan analisis dengan response spectrum.

c. Ketidakberaturan geometri vertikal

Terjadi ketidakberaturan ini jika dimensi horizontal sistem pemikul gaya seismik di sebarang tingkat lebih dari 130% dimensi horizontal sistem pemikul gaya seismik tingkat didekatnya. Hasil

kontrol ketidakberaturan geometri vertikal dapat dilihat pada Tabel 5.16 dan Tabel 5.17 berikut.

**Tabel 5. 18 Ketidakberaturan Geometri Vertikal Arah X**

Lantai	di (m)	130%di+1	di>130%di+1
10	20.23	0	0
9	20.23	26.299	Regular
8	20.23	26.299	Regular
7	20.23	26.299	Regular
6	20.23	26.299	Regular
5	29.05	26.299	Irregular
4	29.05	37.765	Regular
3	29.05	37.765	Regular
2	29.05	37.765	Regular
1	29.05	37.765	Regular

**Tabel 5. 19 Ketidakberaturan Geometri Vertikal Arah Y**

Lantai	di (m)	130%di+1	di>130%di+1
10	15.3	0	0
9	15.3	19.89	Regular
8	15.3	19.89	Regular
7	15.3	19.89	Regular
6	15.3	19.89	Regular
5	54	19.89	Irregular
4	54	70.2	Regular
3	54	70.2	Regular
2	54	70.2	Regular
1	44.45	70.2	Regular

Berdasarkan tabel diatas lantai 5 mengalami ketidakberaturan geometri vertikal sebab itu pada penelitian ini diizinkan menggunakan analisis *respons spectrum*.

- d. Ketidakberaturan akibat diskontinuitas bidang pada elemen vertikal pemikul gaya lateral

Ketidakberaturan ini didefinisikan ada jika pergeseran arah bidang elemen pemikul gaya lateral lebih besar dari panjang elemen itu atau terdapat reduksi kekakuan elemen pemikul ditingkat di bawahnya. Berdasarkan tinjauan objek pada struktur bangunan dengan corewall tidak mengalami ketidakberaturan yang dimaksudkan seperti definisi diatas.

- e. Ketidakberaturan tingkat lemah akibat diskontinuitas pada kekuatan lateral tingkat 5a dan 5b.

Ketidakberaturan 5a didefinisikan ada jika kekuatan lateral suatu tingkat kurang dari 80% kekuatan lateral tingkat diatasnya. Hasil kontrol ketidakberaturan 5a dapat dilihat pada Tabel 5.18 berikut.

**Tabel 5. 20 Ketidakberaturan Tingkat Lemah 5a**

Lantai	$V_x$	$V_i/V_{i+1}$	Status
10	0.162	0.00	Regular
9	0.291	1.80	Regular
8	0.403	1.39	Regular
7	0.498	1.24	Regular
6	0.578	1.16	Regular
5	0.668	1.16	Regular
4	0.796	1.19	Regular
3	0.900	1.13	Regular
2	0.969	1.08	Regular
1	1.000	1.03	Regular

Ketidakteraturan 5b didefinisikan ada jika kekuatan lateral suatu tingkat kurang dari 65% kekuatan lateral tingkat di atasnya. Hasil kontrol ketidakteraturan 5b dapat dilihat pada Tabel 5.19 berikut.

**Tabel 5. 21 Ketidakteraturan Tingkat Lemah 5b**

Lantai	V <sub>x</sub>	V <sub>i</sub> /V <sub>i+1</sub>	Status
10	0.162	0.00	Regular
9	0.291	1.80	Regular
8	0.403	1.39	Regular
7	0.498	1.24	Regular
6	0.578	1.16	Regular
5	0.668	1.16	Regular
4	0.796	1.19	Regular
3	0.900	1.13	Regular
2	0.969	1.08	Regular
1	1.000	1.03	Regular

## 2. Ketidakteraturan Horizontal

Berpedoman pada SNI 1726-2019 Tabel 13 ketidakteraturan horizontal mempunyai 6 tipe ketidakteraturan yaitu tipe 1a, 1b, 2, 3, 4, dan 5. Kontrol ketidakteraturan horizontal dapat dilihat pada penjelasan berikut.

### a. Ketidakteraturan torsi 1a dan torsi berlebihan 1b

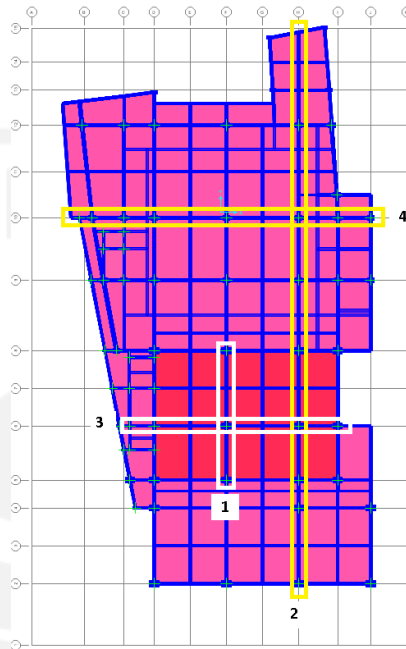
Kontrol ketidakteraturan horizontal berdasarkan SNI 1726-2019, menyatakan bahwa ketidakteraturan horizontal 1a dan 1b terjadi apabila:

$\delta_{max} < 1,2 \delta_{avg}$  : Tanpa Ketidakteraturan torsi

$1,2 \delta_{avg} \leq \delta_{max} \leq 1,4 \delta_{avg}$  : Ketidakteraturan torsi 1a

$\delta_{max} > 1,4 \delta_{avg}$  : Ketidakteraturan torsi 1b

Berikut gambar portal yang dijadikan acuan dalam melakukan kontrol ketidakberaturan horizontal 1a dan 1b.



**Gambar 5. 2 Acuan Ketidakberaturan 1a dan 1b**

Hasil kontrol ketidakberaturan horizontal 1a dan 1b dapat dilihat pada Tabel 5.20 hingga Tabel 5.23 berikut.

**Tabel 5. 22 Ketidakberaturan Horizontal Arah X Titik 2**

Lantai	$\delta_{max}$	$\delta_{rata-rata}$	$1.2\delta_{rata-rata}$	$1.4\delta_{avg}$	$\delta_{max} < 1.2\delta_{rata-rata}$	$\delta_{max} < 1.4\delta_{rata-rata}$
	mm	mm	mm	mm		
4	75.642	71.063	85.275	99.488	Regular	Regular
3	62.700	59.054	70.864	82.675	Regular	Regular
2	44.913	37.507	45.009	52.510	Regular	Regular
1	19.668	17.925	21.509	25.094	Regular	Regular



**Tabel 5. 23 Ketidakberaturan Horizontal Arah X Titik 1**

Lantai	$\delta_{\max}$	$\delta_{\text{rata-rata}}$	$1.2\delta_{\text{rata-rata}}$	$1.4\delta_{\text{avg}}$	$\delta_{\max} < 1.2\delta_{\text{rata-rata}}$	$\delta_{\max} < 1.4\delta_{\text{rata-rata}}$
	mm	mm	mm	mm		
10	67.001	65.423	78.507	91.592	Regular	Regular
9	72.265	70.235	84.282	98.329	Regular	Regular
8	76.159	73.530	88.235	102.941	Regular	Regular
7	78.018	74.555	89.466	104.377	Regular	Regular
6	76.665	72.058	86.470	100.882	Regular	Regular
5	69.982	63.676	76.412	89.147	Regular	Regular
4	57.167	48.939	58.727	68.515	Regular	Regular
3	46.877	40.703	48.843	56.984	Regular	Regular
2	27.946	27.167	32.601	38.034	Regular	Regular
1	6.776	5.734	6.881	8.027	Regular	Regular

**Tabel 5. 24 Ketidakberaturan Horizontal Arah Y Titik 4**

Lantai	$\delta_{\max}$	$\delta_{\text{rata-rata}}$	$1.2\delta_{\text{rata-rata}}$	$1.4\delta_{\text{avg}}$	$\delta_{\max} < 1.2\delta_{\text{rata-rata}}$	$\delta_{\max} < 1.4\delta_{\text{rata-rata}}$
	mm	mm	mm	mm		
4	72.958	68.129	81.754	95.380	Regular	Regular
3	64.565	60.112	72.135	84.157	Regular	Regular
2	42.994	39.982	47.979	55.975	Regular	Regular
1	9.702	8.913	10.695	12.478	Regular	Regular

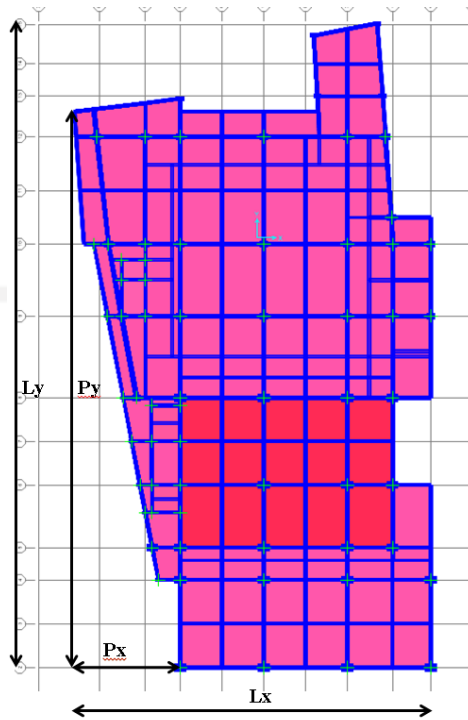
**Tabel 5. 25 Ketidakberaturan Horizontal Arah Y Titik 3**

Lantai	$\delta_{max}$	$\delta_{rata-rata}$	$1.2\delta_{rata-rata}$	$1.4\delta_{avg}$	$\delta_{max} < 1.2\delta_{rata-rata}$	$\delta_{max} < 1.4\delta_{rata-rata}$
	mm	mm	mm	mm		
10	91.619	84.123	100.947	117.772	Regular	Regular
9	109.929	100.744	120.892	141.041	Regular	Regular
8	125.230	114.714	137.656	160.599	Regular	Regular
7	134.712	123.439	148.127	172.815	Regular	Regular
6	134.607	123.472	148.167	172.861	Regular	Regular
5	115.016	105.922	127.106	148.290	Regular	Regular
4	72.958	68.129	81.754	95.380	Regular	Regular
3	64.565	60.112	72.135	84.157	Regular	Regular
2	42.994	39.982	47.979	55.975	Regular	Regular
1	9.702	8.913	10.695	12.478	Regular	Regular

Berdasarkan Tabel 5.20, Tabel 5.21, Tabel 5.22 dan Tabel 5.23 struktur dengan corewall tidak mengalami ketidakberaturan torsi maupun ketidakberaturan torsi berlebihan seperti yang tertuang dalam SNI 1726-2019.

b. Ketidakberaturan sudut dalam

Ketidakberaturan horizontal tipe 2 ini ada jika kedua dimensi proyeksi denah struktur dari lokasi sudut dalam lebih besar dari 15% dimensi denah struktur dalam arah yang ditinjau. Ketidakberaturan ini ada jika  $P_y > 0,15L_y$  dan  $P_x > 0,15L_x$ . Lebih jelasnya bisa dilihat pada Gambar berikut.



**Gambar 5. 3 Cek Ketidakberaturan Sudut Dalam**

**Tabel 5. 26 Kontrol Ketidakberaturan Sudut Dalam**

Keterangan	L	P	15%L	$P > 15\%L$
Arah X	30,15	8,85	4,52	Ketidakteraturan Sudut Dalam
Arah Y	54,15	46,8	8,12	Ketidakteraturan Sudut Dalam

Berdasarkan Tabel 5.24 struktur mengalami ketidakberaturan sudut dalam, maka prosedur analisis mengharuskan sambungan antara diafragma dengan elemen-elemen vertikal, elemen kolektor dan sambungannya gaya desain ditingkatkan sebesar 25%.

c. Ketidakberaturan diskontinuitas diafragma

Ketidakteraturan horizontal tipe 3 ini 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 besar dari 50%

dari suatu tingkat ke tingkat selanjutnya. Berikut hasil kontrol ketidakberaturan horizontal diskontinuitas diafragma adapat dilihat pada Tabel 5.25.

**Tabel 5. 27 Kontrol Ketidakberaturan Diskontinuitas Diafragma**

Lantai	Luas (m <sup>2</sup> )	Luas Diafragma (m <sup>2</sup> )	Luas Bukaannya (m <sup>2</sup> )	Persentase Bukaannya (%)	Persentase Bukaannya > 50%
10	260,88	279,16	10,5	3,62	Reguler
9	289,65	279,16	10,5	3,62	Reguler
8	289,65	279,16	10,5	3,62	Reguler
7	289,65	279,16	10,5	3,62	Reguler
6	289,65	279,16	10,5	3,62	Reguler
5	289,65	279,16	10,5	3,62	Reguler
4	1218,12	756,89	461,23	37,86	Reguler
3	1218,12	589,91	628,21	51,57	Irregular
2	1218,12	1204,11	14	1,15	Reguler
1	1108,7	1094,69	14	1,26	Reguler

Berdasarkan Tabel 5.25 struktur mengalami ketidakberaturan diskontinuitas diafragma yaitu terjadi pada lantai 3. Sehingga, prosedur analisis mengharuskan sambungan antara diafragma dengan elemen-elemen vertikal, elemen kolektor dan sambungannya gaya desain ditingkatkan sebesar 25%.

- d. Ketidakberaturan akibat pergeseran tegak lurus terhadap bidang Ketidakberaturan tipe 4 ini ada jika terdapat diskontinuitas dalam lintasan tahanan gaya lateral, seperti pergeseran tegak lurus terhadap bidang pada setidaknya satu elemen vertikal pemikul gaya lateral. Pada tinjauan objek penelitian gedung Hotel El Royale ini memiliki dinding geser menerus dari atas hingga bawah struktur sehingga tidak memiliki ketidakberaturan tipe 4 ini.

e. Ketidakberaturan sistem nonparalel

Ketidakberaturan tipe 5 ini ada jika elemen vertikal pemikul gaya lateral tidak parallel terhadap sumbu-sumbu orthogonal utama sistem pemikul gaya seismik. Berdasarkan tinjauan pada bangunan struktur Hotel El Royale ini tidak terjadi ketidakberaturan tipe 5 karena semua dinding geser berada pada arah sumbu x dan y.

## 5.2.2 Analisis Struktur Tanpa Corewall

### 5.2.2.1 Kontrol Periode Natural (T)

Batas bawah dan batas atas nilai periode didapatkan dari rumus  $T_a$  dan rumus  $C_u T_a$  seperti dibawah ini.

$$\begin{aligned} T_a &= 0,0466 \times H^{0,9} \\ &= 0,0466 \times (32)^{0,9} = 1,054 \text{ detik} \end{aligned}$$

Hasil  $T_a$  diatas digunakan sebagai nilai batas bawah perkiraan. Untuk mencari nilai batas atas dihitung berdasarkan SNI 1726-2019 dengan menggunakan rumus.

$$\begin{aligned} T_{a \text{ maks}} &= C_u \times T_a = 1,4 \times 1,054 \\ &= 1,476 \text{ detik} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil analisis dari software SAP2000 didapatkan nilai periode sebesar 1,347 detik. Maka nilai periode yang dihasilkan dari analisis tidak melebihi batas atas dan bawah sehingga nilai  $T_{\text{pakai}}$  yang digunakan yaitu nilai  $T$  hasil software SAP2000.

### 5.2.2.2 Perhitungan Koefisien Respons Seismik ( $C_s$ )

Untuk menghitung koefisien respons seismik digunakan 3 persamaan, dengan nilai R sebesar 8.

$$C_{s1} = \frac{SDS}{R/I_e} = \frac{0,78}{8/1} = 0,098$$

$$C_{s \text{ maks}} = \frac{SD1}{T \times \frac{R}{I_e}} = \frac{0,61}{1,347 \times \frac{8}{1}} = 0,052$$

$$\begin{aligned} C_{s \text{ min}} &= 0,044 \times S_{DS} \times I_e \geq 0,01 \\ &= 0,044 \times 0,78 \times 1 \geq 0,01 \\ &= 0,034 \geq 0,01 \end{aligned}$$

Maka nilai  $C_s$  yang digunakan yaitu nilai  $C_s$  maksimum karena nilai  $C_{s1}$  melebihi batas atas sehingga  $C_s$  pakai yang digunakan sebesar 0,052.

#### 5.2.2.3 Gaya Geser Dasar

Berat total bangunan ( $W$ ) = 65973,970 kN

$$C_s = 0,052$$

$$\begin{aligned} V &= C_s \times W \\ &= 0,052 \times 65973,970 \text{ kN} \\ &= 3407,717 \text{ kN} \end{aligned}$$

Maka didapatkan gaya geser seismik sebesar 3407,717 kN

#### 5.2.2.4 Partisipasi Massa

Partisipasi massa dikontrol berdasarkan Pasal 7.9.1.1 SNI 1726-2019. Hasil partisipasi massa dapat dilihat pada Tabel 5.26 berikut ini.

**Tabel 5. 28 Partisipasi Massa**

Mode	SumUX	SumUY
481	0,97742	0,99569
482	0,98591	0,9966
483	0,9939	0,99754
484	1	1

Partisipasi massa bangunan struktur tanpa corewall pada arah x dan y dapat dilihat pada kolom SumUX dan SumUY. Partisipasi massa pada Tabel 5.26 diatas sudah mencapai nilai 100% pada mode 484 baik untuk arah x maupun arah y sehingga struktur memenuhi ragam satu badan kaku (single rigid body).

#### 5.2.2.5 Skala Gaya Response Spektrum

Hasil gaya geser dasar dinamik ( $V_d$ ) perlu disetarakan dengan besaran gaya geser dasar statik ( $V_s$ ) sesuai pasal 7.9.2.5.2 SNI 1726-2019. Nilai awal gaya geser dasar dinamik dan statik dapat dilihat pada Tabel 5.27 berikut ini.

**Tabel 5. 29 Gaya Geser Sebelum Skala Ulang**

<b>Keterangan</b>	<b>Arah X</b>	<b>Arah Y</b>
<b>V Statik</b>	3407,717 kN	3407,717 kN
<b>V Dinamik</b>	1880,729 kN	1675,696 kN
<b>Kontrol 100%</b>	Tidak Memenuhi	Tidak Memenuhi

Nilai awal dapat dilihat pada Tabel tidak setara sehingga tidak memenuhi syarat 100% maka perlu dilakukan penskalaan gaya dengan persamaan berikut.

$$\text{Skala ulang Vd arah x} = \frac{V_{\text{statik Arah x}}}{V_{\text{dinamik Arah x}}} = 2,222$$

$$\text{Skala ulang Vd arah y} = \frac{V_{\text{statik Arah y}}}{V_{\text{dinamik Arah y}}} = 2,494$$

Skala ulang diatas menjadi faktor pengali beban gempa dalam program analisa struktur untuk mendapatkan nilai 100% sama dengan gaya geser dasar statik. Hasil gaya geser dasar dinamik setelah dimasukkan faktor pengali dapat dilihat pada Tabel 5.28 berikut.

**Tabel 5. 30 Gaya Geser Setelah Skala Ulang**

<b>Keterangan</b>	<b>Arah X</b>	<b>Arah Y</b>
<b>V Statik</b>	3407,717 kN	3407,717 kN
<b>V Dinamik</b>	3408,630 kN	3408,798 kN
<b>Kontrol 100%</b>	Memenuhi	Memenuhi

Nilai gaya geser dasar dinamik telah memenuhi persyaratan yaitu lebih dari 100% gaya geser statik.

#### 5.2.2.6 Cek Ketidakberaturan Struktur

Struktur bangunan tanpa corewall yang dianalisis perlu dilakukan kontrol ketidakberaturan seperti pada struktur dengan corewall berdasarkan kriteria dalam pasal 7.3.2 SNI 1726-2019. Klasifikasi ketidakberaturan dilakukan pada arah vertikal dan horizontal pada masing masing sumbu.

1. Ketidakberaturan Vertikal

a. Ketidakberaturan tingkat lunak (1a) dan (1b)

Sebagaimana halnya struktur dengan corewall pada struktur ini juga dilakukan kontrol ketidakberaturan tingkat lunak tipe 1a dan 1b . Hasil kontrol ketidakberaturan 1a dapat dilihat pada tabel-tabel berikut.

**Tabel 5. 31 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Arah X**

Lantai	Kekakuan (kN/mm)	70%Ki+1	Status 70%Ki+1	80%(Ki+3 Tingkat)	Status K>80%(Ki+3Tingkat)
10	82,068	0,000	Regular	0,000	Regular
9	122,220	57,448	Regular	65,654	Regular
8	141,610	85,554	Regular	81,715	Regular
7	157,220	99,127	Regular	92,239	Regular
6	181,396	110,054	Regular	112,280	Regular
5	244,978	126,977	Regular	128,060	Regular
4	444,614	171,485	Regular	155,625	Regular
3	594,663	311,230	Regular	232,263	Regular
2	1051,402	416,264	Regular	342,468	Regular
1	4666,356	735,981	Regular	557,514	Regular

**Tabel 5. 32 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Arah Y**

Lantai	Kekakuan (kN/mm)	70%Ki+1	Status 70%Ki+1	80%(Ki+3 Tingkat)	Status K>80%(Ki+3Tingkat)
10	90,424	0,000	Regular	0,000	Regular
9	122,979	63,297	Regular	72,339	Regular
8	134,886	86,085	Regular	85,361	Regular
7	143,415	94,420	Regular	92,877	Regular
6	157,124	100,391	Regular	107,008	Regular



**Lanjutan Tabel 5. 33 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Arah Y**

Lantai	Kekakuan (kN/mm)	70%Ki+1	Status 70%Ki+1	80%(Ki+3 Tingkat)	Status K>80%(Ki+3Tingkat)
5	198,046	109,987	Regular	116,113	Regular
4	320,483	138,632	Regular	132,956	Regular
3	414,658	224,338	Regular	180,174	Regular
2	771,671	290,261	Regular	248,850	Regular
1	10309,278	540,170	Regular	401,817	Regular

Berdasarkan Tabel 5.29 dan Tabel 5.30 struktur tidak mengalami ketidakberaturan tipe 1a. Selanjutnya, hasil kontrol ketidakberaturan tipe 1b pada struktur tanpa corewall dapat dilihat pada Tabel 5.31 dan Tabel 5.32.

**Tabel 5. 34 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Berlebihan Arah X**

Lantai	Kekakuan (kN/mm)	60%Ki+1	Status 60%Ki+1	70%(Ki+3 Tingkat)	Status K>70%(Ki+3Tingkat)
10	82.068	0.000	Regular	0.000	Regular
9	122.220	49.241	Regular	57.448	Regular
8	141.610	73.332	Regular	71.501	Regular
7	157.220	84.966	Regular	80.709	Regular
6	181.396	94.332	Regular	98.245	Regular
5	244.978	108.838	Regular	112.053	Regular
4	444.614	146.987	Regular	136.172	Regular
3	594.663	266.768	Regular	203.230	Regular
2	1051.402	356.798	Regular	299.659	Regular
1	4666.356	630.841	Regular	487.825	Regular

**Tabel 5. 35 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Berlebihan Arah Y**

Lantai	Kekakuan (kN/mm)	60%Ki+1	Status 60%Ki+1	70%(Ki+3 Tingkat)	Status K>70%(Ki+3Tingkat)
10	90.424	0.000	Regular	0.000	Regular
9	122.979	54.254	Regular	63.297	Regular
8	134.886	73.787	Regular	74.691	Regular
7	143.415	80.932	Regular	81.267	Regular
6	157.124	86.049	Regular	93.632	Regular
5	198.046	94.274	Regular	101.599	Regular
4	320.483	118.828	Regular	116.337	Regular
3	414.658	192.290	Regular	157.652	Regular
2	771.671	248.795	Regular	217.744	Regular
1	10309.278	463.003	Regular	351.590	Regular

Berdasarkan Tabel 5.31 dan Tabel 5.32 struktur tidak mengalami ketidakberaturan tipe 1b baik pada arah x maupun arah y.

b. Ketidakberaturan massa

Hasil kontrol ketidakberaturan massa pada struktur tanpa corewall dapat dilihat pada Tabel 5.33.

**Tabel 5. 36 Ketidakberaturan Massa**

Lantai	W (kN)	150%Wi + 1	Status
10	3723.406	0	Regular
9	3350.262	5585.10861	Regular
8	3350.262	5025.39294	Regular
7	3350.262	5025.39294	Regular
6	3350.262	5025.39294	Regular
5	4895.862	5025.39294	Regular

**Lanjutan Tabel 5. 37 Ketidakberaturan Massa**

Lantai	W (kN)	150%Wi + 1	Status
4	9367.268	7343.79294	Irregular
3	10765.93	14050.90254	Regular
2	11750.66	16148.9019	Regular
1	12069.79	17625.99606	Regular

Berdasarkan Tabel 5.33 struktur mengalami ketidakberaturan massa pada lantai 4, maka perlu merujuk pada pasal referensi sesuai ketentuan SNI 1726-2019 yang mengizinkan melakukan analisis menggunakan spectrum respons ragam.

c. Ketidakberaturan geometri vertikal

Hasil kontrol ketidakberaturan geometri vertikal pada struktur tanpa corewall dapat dilihat pada Tabel 5.34.

**Tabel 5. 38 Ketidakberaturan Geometri Vertikal Arah X**

Lantai	di (m)	130%di+1	di>130%di+1
10	20.23	0	0
9	20.23	26.299	Regular
8	20.23	26.299	Regular
7	20.23	26.299	Regular
6	20.23	26.299	Regular
5	29.05	26.299	Irregular
4	29.05	37.765	Regular
3	29.05	37.765	Regular
2	29.05	37.765	Regular
1	29.05	37.765	Regular

**Tabel 5. 39 Ketidakberaturan Geometri Vertikal Arah Y**

Lantai	di (m)	130%di+1	di>130%di+1
10	15.3	0	0
9	15.3	19.89	Regular
8	15.3	19.89	Regular
7	15.3	19.89	Regular
6	15.3	19.89	Regular
5	54	19.89	Irregular
4	54	70.2	Regular
3	54	70.2	Regular
2	54	70.2	Regular
1	44.45	70.2	Regular

Meninjau hasil dari Tabel 5.34 dan Tabel 5.35 struktur mengalami ketidakberaturan pada lantai 5 arah y, maka sesuai prosedur analisis struktur gedung diizinkan melakukan analisis dengan spektrum respons ragam.

- d. Ketidakberaturan akibat diskontinuitas bidang pada elemen vertikal pemikul gaya lateral

Pada struktur tanpa corewall tidak memiliki elemen vertikal pemikul gaya lateral, sehingga ketidakberaturan akibat diskontinuitas bidang tidak ada.

- e. Ketidakberaturan tingkat lemah akibat diskontinuitas pada kekuatan lateral tingkat (5a) dan (5b)

**Tabel 5. 40 Ketidakberaturan Tingkat Lemah 5a**

Lantai	Vx	Vi/Vi+1	Status
10	0.159	0.00	Regular
9	0.286	1.79	Regular

**Lanjutan Tabel 5. 41 Ketidakberaturan Tingkat Lemah 5a**

Lantai	Vx	Vi/Vi+1	Status
8	0.395	1.38	Regular
7	0.488	1.24	Regular
6	0.566	1.16	Regular
5	0.656	1.16	Regular
4	0.789	1.20	Regular
3	0.896	1.14	Regular
2	0.968	1.08	Regular
1	1.000	1.03	Regular

Meninjau Tabel 5.36 struktur tidak mengalami ketidakberaturan tipe 5a sehingga tidak perlu dilakukan evaluasi. Ketidakberaturan 5b didefinisikan ada jika kekuatan lateral suatu tingkat kurang dari 65% kekuatan lateral tingkat di atasnya. Hasil kontrol ketidakberaturan 5b dapat dilihat pada Tabel 5.37 berikut.

**Tabel 5. 42 Ketidakberaturan Tingkat Lemah 5b**

Lantai	Vx	Vi/Vi+1	Status
10	0.159	0.00	Regular
9	0.286	1.79	Regular
8	0.395	1.38	Regular
7	0.488	1.24	Regular
6	0.566	1.16	Regular
5	0.656	1.16	Regular
4	0.789	1.20	Regular
3	0.896	1.14	Regular
2	0.968	1.08	Regular
1	1.000	1.03	Regular

## 2. Ketidakberaturan Horizontal

### a. Ketidakberaturan torsi 1a dan torsi berlebihan 1b

Hasil kontrol ketidakberaturan horizontal 1a dan 1b pada struktur tanpa corewall dapat dilihat pada tabel-tabel berikut.

**Tabel 5. 43 Ketidakberaturan Horizontal Arah X Titik 2**

Lantai	$\delta_{max}$	$\delta_{rata-rata}$	$1.2\delta_{rata-rata}$	$1.4\delta_{avg}$	$\delta_{max} < 1.2\delta_{rata-rata}$	$\delta_{max} < 1.4\delta_{rata-rata}$
	mm	mm	mm	mm		
4	62.453	53.504	64.205	74.906	Regular	Regular
3	64.504	57.365	68.838	80.311	Regular	Regular
2	44.627	38.511	46.213	53.915	Regular	Regular
1	17.155	15.015	18.018	21.021	Regular	Regular

**Tabel 5. 44 Ketidakberaturan Horizontal Arah X Titik 1**

Lantai	$\delta_{max}$	$\delta_{rata-rata}$	$1.2\delta_{rata-rata}$	$1.4\delta_{avg}$	$\delta_{max} < 1.2\delta_{rata-rata}$	$\delta_{max} < 1.4\delta_{rata-rata}$
	mm	mm	mm	mm		
10	47.509	46.775	56.130	65.485	Regular	Regular
9	63.778	62.805	75.365	87.926	Regular	Regular
8	80.179	79.544	95.453	111.361	Regular	Regular
7	92.554	91.922	110.306	128.690	Regular	Regular
6	98.384	95.004	114.005	133.006	Regular	Regular
5	89.172	81.389	97.667	113.945	Regular	Regular
4	65.874	55.303	66.363	77.424	Regular	Regular
3	54.203	46.761	56.113	65.465	Regular	Regular
2	23.359	22.556	27.067	31.578	Regular	Regular
1	14.284	11.927	14.312	16.697	Regular	Regular

**Tabel 5. 45 Ketidakberaturan Horizontal Arah Y Titik 4**

Lantai	$\delta_{max}$	$\delta_{rata-rata}$	$1.2\delta_{rata-rata}$	$1.4\delta_{avg}$	$\delta_{max} < 1.2\delta_{rata-rata}$	$\delta_{max} < 1.4\delta_{rata-rata}$
	mm	mm	mm	mm		
4	89.062	78.609	94.331	110.052	Regular	Regular
3	79.376	68.126	81.751	95.376	Regular	Regular
2	49.968	44.292	53.150	62.008	Regular	Regular
1	7.953	7.835	9.402	10.969	Regular	Regular

**Tabel 5. 46 Ketidakberaturan Horizontal Arah Y Titik 3**

Lantai	$\delta_{max}$	$\delta_{rata-rata}$	$1.2\delta_{rata-rata}$	$1.4\delta_{avg}$	$\delta_{max} < 1.2\delta_{rata-rata}$	$\delta_{max} < 1.4\delta_{rata-rata}$
	mm	mm	mm	mm		
10	64.603	60.286	72.343	84.400	Regular	Regular
9	91.520	85.437	102.524	119.612	Regular	Regular
8	117.684	109.777	131.733	153.688	Regular	Regular
7	136.879	127.707	153.249	178.790	Regular	Regular
6	145.085	135.803	162.964	190.125	Regular	Regular
5	128.964	121.800	146.160	170.520	Regular	Regular
4	89.062	85.987	103.184	120.382	Regular	Regular
3	79.376	76.678	92.014	107.350	Regular	Regular
2	49.968	48.087	57.704	67.321	Regular	Regular
1	7.953	7.304	8.765	10.226	Regular	Regular

Meninjau Tabel 5.38, Tabel 5.39, Tabel 5.40 dan Tabel 5.41 struktur tidak mengalami ketidakberaturan torsi maupun ketidakberaturan torsi berlebih.

b. Ketidakberaturan sudut dalam

Hasil kontrol ketidakberaturan sudut dalam pada struktur tanpa corewall dapat dilihat pada Tabel 5.42.

**Tabel 5. 47 Kontrol Ketidakberaturan Sudut Dalam**

<b>Keterangan</b>	<b>L</b>	<b>P</b>	<b>15%L</b>	<b>P &gt; 15%L</b>
Arah X	30,15	8,85	4,52	Ketidakteraturan Sudut Dalam
Arah Y	54,15	46,8	8,12	Ketidakteraturan Sudut Dalam

Meninjau Tabel 5.42 struktur mengalami ketidakberaturan sudut dalam, maka prosedur analisis mengharuskan sambungan antara diafragma dengan elemen-elemen vertikal, elemen kolektor dan sambungannya gaya desain ditingkatkan sebesar 25%.

c. Ketidakteraturan diskontinuitas diafragma

Berikut hasil kontrol ketidakberaturan horizontal diskontinuitas diafragma pada struktur tanpa corewall dapat dilihat pada Tabel 5.43.

**Tabel 5. 48 Kontrol Ketidakteraturan Diskontinuitas Diafragma**

<b>Lantai</b>	<b>Luas (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Luas Diafragma (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Luas Bukaan (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Persentase Bukaan (%)</b>	<b>Persentase Bukaan &gt; 50%</b>
10	260,88	279,16	10,5	3,62	Reguler
9	289,65	279,16	10,5	3,62	Reguler
8	289,65	279,16	10,5	3,62	Reguler
7	289,65	279,16	10,5	3,62	Reguler
6	289,65	279,16	10,5	3,62	Reguler
5	289,65	279,16	10,5	3,62	Reguler
4	1218,12	756,89	461,23	37,86	Reguler
3	1218,12	589,91	628,21	51,57	Irregular
2	1218,12	1204,11	14	1,15	Reguler
1	1108,7	1094,69	14	1,26	Reguler



Berdasarkan Tabel 5.43 struktur mengalami ketidakberaturan diskontinuitas diafragma yaitu terjadi pada lantai 3. Sehingga, prosedur analisis mengharuskan sambungan antara diafragma dengan elemen-elemen vertikal, elemen kolektor dan sambungannya gaya desain ditingkatkan sebesar 25%.

- d. Ketidakberaturan akibat pergeseran tegak lurus terhadap bidang  
Ketidakberaturan tipe 4 ini ada jika terdapat diskontinuitas dalam lintasan tahanan gaya lateral, seperti pergeseran tegak lurus terhadap bidang pada setidaknya satu elemen vertikal pemikul gaya lateral. Pada tinjauan objek penelitian gedung Hotel El Royale ini tidak menggunakan dinding geser menerus sehingga tidak memiliki ketidakberaturan tipe 4 ini.
- e. Ketidakberaturan sistem nonparalel  
Berdasarkan tinjauan pada bangunan struktur tanpa corewall Hotel El Royale ini tidak terjadi ketidakberaturan tipe 5 karena semua dinding geser berada pada arah sumbu x dan y.

### 5.3 Hasil Analisis

#### 5.3.1 Hasil analisis struktur dengan *corewall*

Setelah melakukan analisis didapatkan 4 hasil data yang merupakan tujuan dari penelitian ini. Hasil yang didapatkan akan dijabarkan sebagai berikut.

##### 5.3.1.1 *Displacement*

Perpindahan elastik ( $\delta_x$ ) yang dihitung akibat gaya gempa desain tingkat kekuatan harus diperbesar dengan mengkalikan  $C_d/I_e$  sesuai rumus pada SNI 1726-2019 pasal 7.8.6 sebagai berikut.

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e}$$

$$C_d = 5,5$$

$$I_e = 1$$

$$\delta_{e10} = 0,0925 \text{ m}$$

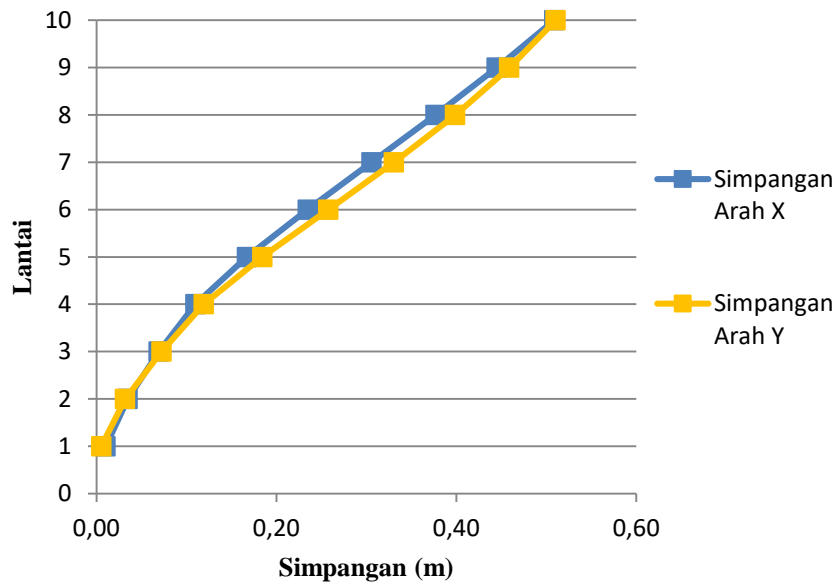
$$\delta_{10} = \frac{5,5 \times 0,0925}{1} = 0,509 \text{ m}$$

**Tabel 5. 49 Displacement Arah X**

<b>Lantai</b>	<b><math>\delta_{xe}</math> (m)</b>	<b><math>C_d/I_e</math></b>	<b><math>\delta_x</math> (m)</b>
10	0.0925	5.50	0.509
9	0.0809	5.50	0.445
8	0.0685	5.50	0.377
7	0.0556	5.50	0.306
6	0.0427	5.50	0.235
5	0.0304	5.50	0.167
4	0.0200	5.50	0.110
3	0.0126	5.50	0.069
2	0.0063	5.50	0.035
1	0.0018	5.50	0.010

**Tabel 5. 50 Displacement Arah Y**

<b>Lantai</b>	<b><math>\delta_{ye}</math> (m)</b>	<b><math>C_d/I_e</math></b>	<b><math>\delta_y</math> (m)</b>
10	0.0928	5.50	0.510
9	0.0834	5.50	0.459
8	0.0725	5.50	0.399
7	0.0601	5.50	0.331
6	0.0469	5.50	0.258
5	0.0335	5.50	0.184
4	0.0217	5.50	0.119
3	0.0131	5.50	0.072
2	0.0058	5.50	0.032
1	0.0010	5.50	0.005



**Gambar 5. 4 Grafik *Displacement* Struktur Dengan Corewall**

Hasil perpindahan elastik atau simpangan pada struktur dengan corewall memiliki nilai simpangan ke arah x maksimum sebesar 0,509 m sedangkan nilai simpangan ke arah y maksimum sebesar 0,510 m. Masing-masing nilai simpangan terbesar terjadi pada lantai tertinggi yaitu pada lantai 10.

#### 5.3.1.2 Simpangan Antar Lantai

Berdasarkan SNI 1726-2019 simpangan antar tingkat desain ( $\Delta$ ) tidak boleh melebihi simpangan antar tingkat ijin ( $\Delta_a$ ). Bangunan struktur pada objek penelitian ini berada pada kategori desain seismik D, maka simpangan antar lantai maksimum diijinkan sebesar  $\Delta_a/\rho$  dengan nilai  $\rho$  sebesar 1,3. Nilai simpangan antar lantai ijin dengan kategori risiko II didapatkan  $0,02h_{sx}$ . Berikut contoh perhitungan simpangan antar lantai arah x dan arah y.

Arah X

$$C_d = 5,5$$

$$I_e = 1,0$$

$$h_{sx} = 3,2 \text{ m}$$

$$\delta_{10} = 0,0925 \text{ m}$$

$$\delta_9 = 0,0809 \text{ m}$$

$$\Delta_{10} = \frac{(\delta_{10} - \delta_9) \times Cd}{Ie} = \frac{(0,0925 - 0,0809) \times 5,5}{1} = 0,064 \text{ m}$$

$$\Delta a = 0,02 \times 3,2 = 0,064 \text{ m}$$

$$\frac{\Delta a}{\rho} = \frac{0,064}{1,3} = 0,049 \text{ m}$$

Maka  $0,064 \text{ m} > 0,049 \text{ m}$

$\Delta_{10} > \Delta a = \text{Tidak Aman}$

Arah Y

$$Cd = 5,5$$

$$Ie = 1,0$$

$$hsx = 3,2 \text{ m}$$

$$\delta_{10} = 0,0928 \text{ m}$$

$$\delta_9 = 0,0834 \text{ m}$$

$$\Delta_{10} = \frac{(\delta_{10} - \delta_9) \times Cd}{Ie} = \frac{(0,0928 - 0,0834) \times 5,5}{1} = 0,052 \text{ m}$$

$$\Delta a = 0,02 \times 3,2 = 0,064 \text{ m}$$

$$\frac{\Delta a}{\rho} = \frac{0,064}{1,3} = 0,049 \text{ m}$$

Maka  $0,052 \text{ m} > 0,064 \text{ m}$

$\Delta_{10} > \Delta a = \text{Tidak Aman}$

Perhitungan simpangan antar lantai desain pada lantai lainnya dapat dilakukan dengan cara yang sama. Berikut hasil rekap hitungan antar lantai struktur dengan corewall disajikan pada Tabel 5.46 dan Tabel 5.47 berikut.

**Tabel 5. 51 Rekapitulasi Simpangan Antar Lantai Arah X**

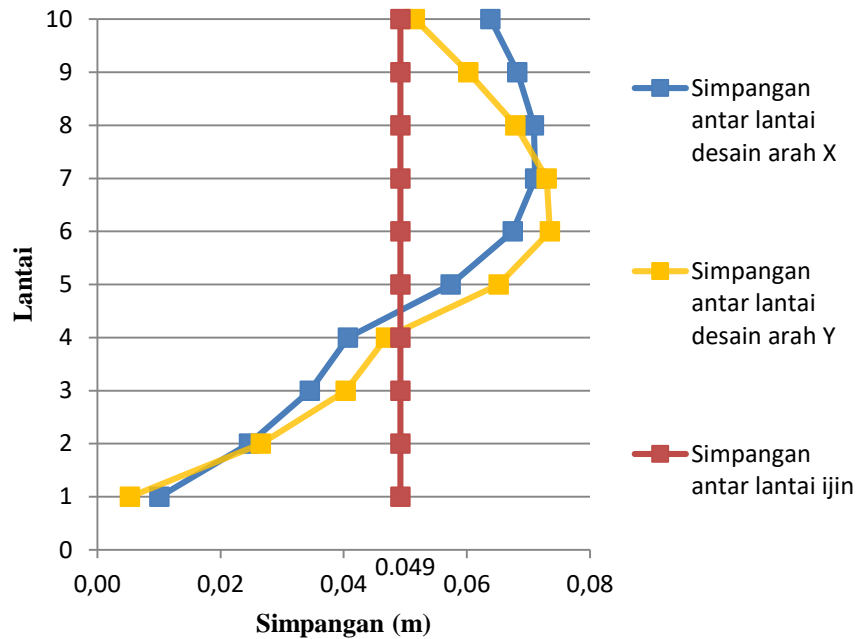
Lantai	Defleksi Elastik, $\delta_x$ (m)	Simpangan antar lantai tingkat desain, $\Delta$ (m)	Simpangan antar lantai tingkat ijin, $\Delta$ (m)	Keterangan
10	0.509	0.064	0.049	Tidak Memenuhi
9	0.445	0.068	0.049	Tidak Memenuhi
8	0.377	0.071	0.049	Tidak Memenuhi

Lanjutan Tabel 5. 52 Rekapitulasi Simpangan Antar Lantai Arah X

Lantai	Defleksi Elastik, $\delta_x$ (m)	Simpangan antar lantai tingkat desain, $\Delta$ (m)	Simpangan antar lantai tingkat ijin, $\Delta$ (m)	Keterangan
7	0.306	0.071	0.049	Tidak Memenuhi
6	0.235	0.067	0.049	Tidak Memenuhi
5	0.167	0.057	0.049	Tidak Memenuhi
4	0.110	0.041	0.049	Memenuhi
3	0.069	0.035	0.049	Memenuhi
2	0.035	0.025	0.049	Memenuhi
1	0.010	0.010	0.049	Memenuhi

Tabel 5. 53 Rekapitulasi Simpangan Antar Lantai Arah Y

Lantai	Defleksi Elastik, $\delta_x$ (m)	Simpangan antar lantai tingkat desain, $\Delta$ (m)	Simpangan antar lantai tingkat ijin, $\Delta$ (m)	Keterangan
10	0.510	0.052	0.049	Tidak Memenuhi
9	0.459	0.060	0.049	Tidak Memenuhi
8	0.399	0.068	0.049	Tidak Memenuhi
7	0.331	0.073	0.049	Tidak Memenuhi
6	0.258	0.073	0.049	Tidak Memenuhi
5	0.184	0.065	0.049	Tidak Memenuhi
4	0.119	0.047	0.049	Memenuhi
3	0.072	0.040	0.049	Memenuhi
2	0.032	0.027	0.049	Memenuhi
1	0.005	0.005	0.049	Memenuhi



**Gambar 5.5 Grafik Simpangan Antar Lantai Struktur Dengan Corewall**

Berdasarkan hasil analisis simpangan antar lantai pada struktur dengan corewall baik pada arah x maupun arah y lantai 10 hingga lantai 5 memiliki nilai simpangan antar lantai melebihi nilai simpangan ijin sehingga dinyatakan tidak aman.

### 5.3.1.3 Drift Ratio

Perhitungan drift ratio didapatkan dari hasil nilai simpangan antar lantai dibagi dengan tinggi lantai. Berikut contoh perhitungan drift ratio arah x dan arah y.

Arah X

$$\Delta_{10} = 0,064 \text{ m}$$

$$L = 3,2 \text{ m}$$

$$\text{Drift ratio} = \frac{\Delta_{10}}{L} = \frac{0,064}{3,2} = 0,020$$

Arah Y

$$\Delta_{10} = 0,052 \text{ m}$$

$$L = 3,2 \text{ m}$$

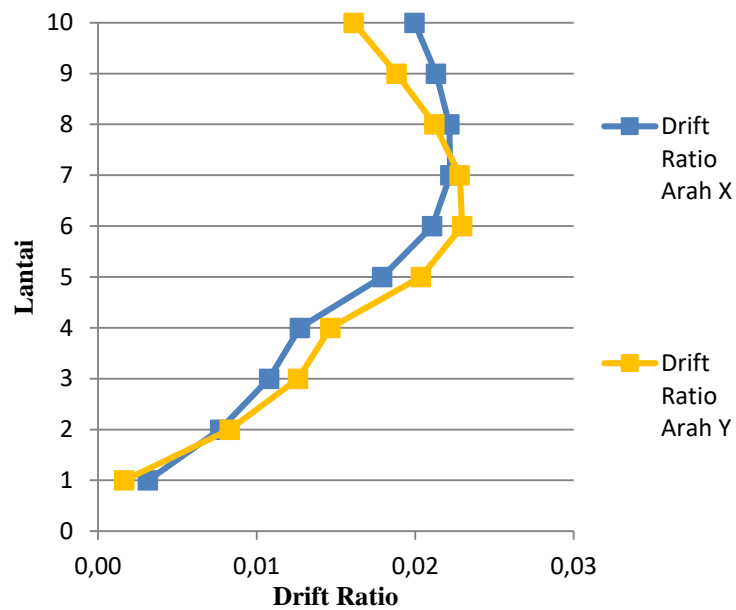
$$\text{Drift ratio} = \frac{\Delta_{10}}{L} = \frac{0,052}{3,2} = 0,016$$

Perhitungan drift ratio lainnya dapat dilakukan dengan cara yang sama. Berikut rekapitulasi hasil perhitungan drift ratio struktur dengan corewall.

**Tabel 5. 54 Rekapitulasi Drift Ratio**

Lantai	Drift Ratio	
	Arah X	Arah Y
10	0.020	0.016
9	0.021	0.019
8	0.022	0.021
7	0.022	0.023
6	0.021	0.023
5	0.018	0.020
4	0.013	0.015
3	0.011	0.013
2	0.008	0.008
1	0.003	0.002

Berikut grafik hasil dari nilai drift ratio arah x dan arah y pada struktur dengan corewall.



**Gambar 5. 6 Grafik Drift Ratio Struktur Dengan Corewall**

Nilai Drift ratio yang didapatkan dari hasil analisis struktur menunjukkan sifat kekakuan sebuah bangunan. Semakin kecil nilai drift ratio menunjukkan bahwa struktur semakin kaku. Pada struktur dengan corewall ini didapatkan nilai drift ratio terbesar berada pada lantai 7 dan 6 arah y sebesar 0,023.

#### 5.3.1.4 Kestabilan P-Delta

Kontrol kestabilan P-Delta dilakukan berdasarkan pasal 7.8.7 SNI 1726-2019 yang menjelaskan bahwa struktur perlu dilakukan pemeriksaan pengaruh P-Delta pada tingkat dan momen yang dihasilkan. Koefisien stabilitas ( $\theta$ ) yang terjadi tidak boleh melebihi koefisien stabilitas maksimum ( $\theta_{max}$ ). Apabila nilai koefisien stabilitas yang terjadi melebihi nilai stabilitas maksimum maka struktur mengalami ketidakstabilan sehingga perlu dilakukan desain ulang. Perhitungan koefisien stabilitas dapat dilihat pada berikut ini.

$$P_x = 3359.221 \text{ kN}$$

$$V_x = 1029.84 \text{ kN}$$

$$\Delta = 0.064 \text{ m}$$

$$h_{sx} = 3,2 \text{ m}$$

$$I_e = 1,0$$

$$C_d = 5,5$$

$$\beta = 1,0$$

$$v = \frac{P_x \cdot \Delta \cdot I_e}{V_x \cdot h_{sx} \cdot C_d} = \frac{3359,221 \times 0,064 \times 1}{1029,84 \times 3,2 \times 5,5} = 0,0118$$

$$v_{max} = \frac{0,5}{\beta \cdot C_d} = \frac{0,5}{1 \times 5,5} = 0,0909 \leq 0,25$$

Maka  $0,0118 < 0,0909$

$v < v_{max} =$  Struktur stabil

Perhitungan cek kestabilan P-Delta pada lantai lainnya dapat dilakukan dengan cara yang sama. Berikut hasil rekapitulasi perhitungan kestabilan P-Delta dapat dilihat pada Tabel 5.49 dan Tabel 5.50.

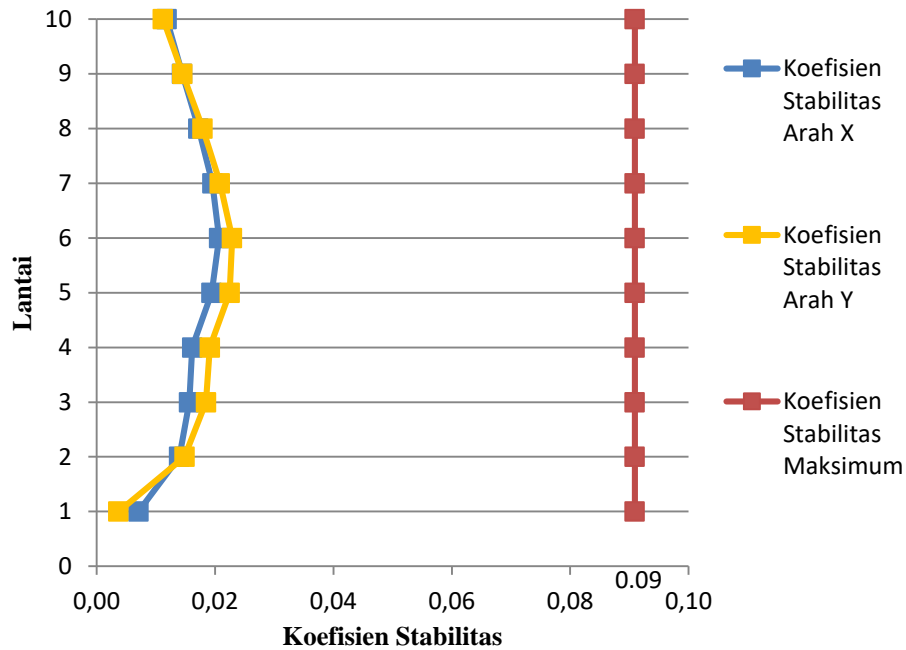


**Tabel 5. 55 Rekapitulasi Koefisien Stabilitas Arah X**

$\Delta$ (m)	$h_{sx}$	$P_x$	$V_x$	$I_e$	$C_d$	$\theta$	$\theta_{max}$	Status
0.064	3.2	3359.221	1029.84	1	5.5	0.0118	0,0909	Stabil
0.068	3.2	7669.646	2057.726	1	5.5	0.0144	0,0909	Stabil
0.071	3.2	11978.714	2803.316	1	5.5	0.0172	0,0909	Stabil
0.071	3.2	16287.783	3364.475	1	5.5	0.0196	0,0909	Stabil
0.067	3.2	20598.208	3812.506	1	5.5	0.0207	0,0909	Stabil
0.057	3.2	24907.276	4182.777	1	5.5	0.0194	0,0909	Stabil
0.041	3.2	33683.667	4827.494	1	5.5	0.0161	0,0909	Stabil
0.035	3.2	43326.465	5439.787	1	5.5	0.0156	0,0909	Stabil
0.025	3.2	61124.287	6136.669	1	5.5	0.0139	0,0909	Stabil
0.010	3.2	80134.957	6501.81	1	5.5	0.0071	0,0909	Stabil

**Tabel 5. 56 Rekapitulasi Koefisien Stabilitas Arah Y**

$\Delta$ (m)	$h_{sx}$	$P_x$	$V_x$	$I_e$	$C_d$	$\theta$	$\theta_{max}$	Status
0.052	3.2	3359.221	879.018	1	5.5	0.0112	0,0909	Stabil
0.060	3.2	7669.646	1808.881	1	5.5	0.0145	0,0909	Stabil
0.068	3.2	11978.714	2581.522	1	5.5	0.0179	0,0909	Stabil
0.073	3.2	16287.783	3242.814	1	5.5	0.0208	0,0909	Stabil
0.073	3.2	20598.208	3757.842	1	5.5	0.0229	0,0909	Stabil
0.065	3.2	24907.276	4103.301	1	5.5	0.0225	0,0909	Stabil
0.047	3.2	33683.667	4696.219	1	5.5	0.0191	0,0909	Stabil
0.040	3.2	43326.465	5375.716	1	5.5	0.0185	0,0909	Stabil
0.027	3.2	61124.287	6214.273	1	5.5	0.0149	0,0909	Stabil
0.005	3.2	80134.957	6544.998	1	5.5	0.0037	0,0909	Stabil



**Gambar 5. 7 Grafik Koefisien Stabilitas Struktur Dengan Corewall**

Pada struktur dengan corewall didapatkan nilai koefisien stabilitas tidak ada yang melebihi batas nilai koefisien stabilitas maksimum. Sehingga struktur tersebut memenuhi syarat kestabilan struktur.

### 5.3.2 Hasil analisis struktur tanpa corewall

Adapun hasil analisis struktur tanpa corewall dapat dilihat pada penjelasan berikut ini.

#### 5.3.2.1 Displacement

Proses perhitungan yang dilakukan pada struktur tanpa corewall ini sama dengan struktur sebelumnya. Pada model struktur ini langsung disajikan hasil analisis yang dapat dilihat pada Tabel 5.51 dan Tabel 5.52 berikut.

**Tabel 5. 57 Displacement Arah X**

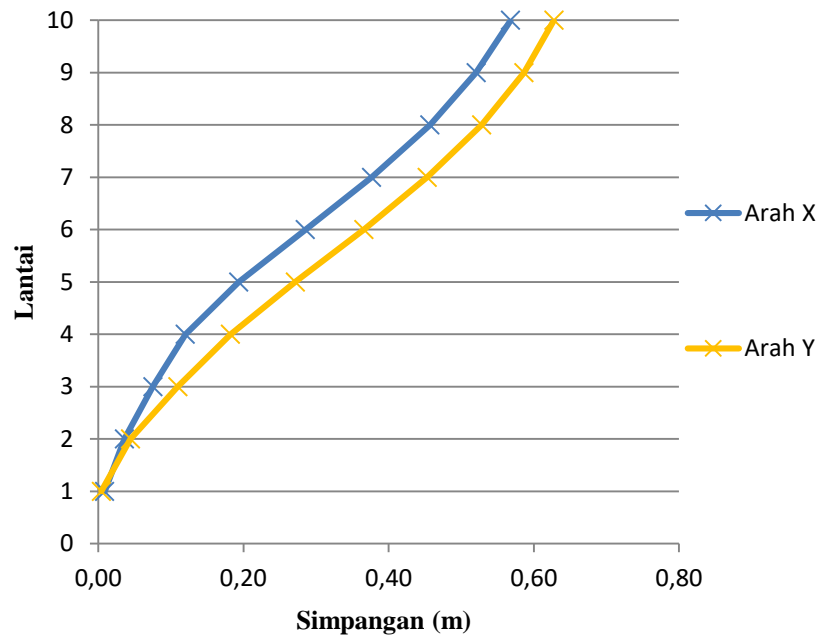
Lantai	$\delta_{xe}$ (m)	$C_d/I_e$	$\delta_x$ (m)
10	0.103	5.50	0.568
9	0.095	5.50	0.521
8	0.083	5.50	0.457

**Lanjutan Tabel 5. 58 Displacement Arah X**

Lantai	$\delta_{xe}$ (m)	$C_d/I_e$	$\delta_x$ (m)
7	0.068	5.50	0.377
6	0.052	5.50	0.285
5	0.035	5.50	0.194
4	0.022	5.50	0.120
3	0.014	5.50	0.075
2	0.007	5.50	0.036
1	0.002	5.50	0.009

**Tabel 5. 59 Displacement Arah Y**

Lantai	$\delta_{xe}$ (m)	$C_d/I_e$	$\delta_x$ (m)
10	0.114	5.50	0.628
9	0.107	5.50	0.586
8	0.096	5.50	0.528
7	0.082	5.50	0.453
6	0.067	5.50	0.366
5	0.049	5.50	0.272
4	0.033	5.50	0.182
3	0.020	5.50	0.110
2	0.008	5.50	0.044
1	0.001	5.50	0.004



**Gambar 5. 8 Grafik Simpangan Struktur Tanpa Corewall**

Hasil perpindahan elastik atau simpangan pada struktur tanpa corewall memiliki nilai simpangan ke arah y sebesar 0,628 pada lantai 10 lebih besar dibandingkan simpangan ke arah x sebesar 0,568. Selain itu, nilai simpangan akan berkurang seiring dengan rendahnya ketinggian lantai. Untuk mempermudah dalam pembacaan data, nilai simpangan ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 5.8.

#### 5.3.2.2 Simpangan antar lantai

Perhitungan simpangan antar lantai desain pada struktur ini dapat dilakukan dengan cara yang sama. Berikut rekapitulasi hasil hitungan simpangan antar lantai struktur tanpa *corewall* disajikan pada Tabel 5.53 dan Tabel 5.54 berikut.

**Tabel 5. 60 Rekapitulasi Simpangan Antar Lantai Arah X**

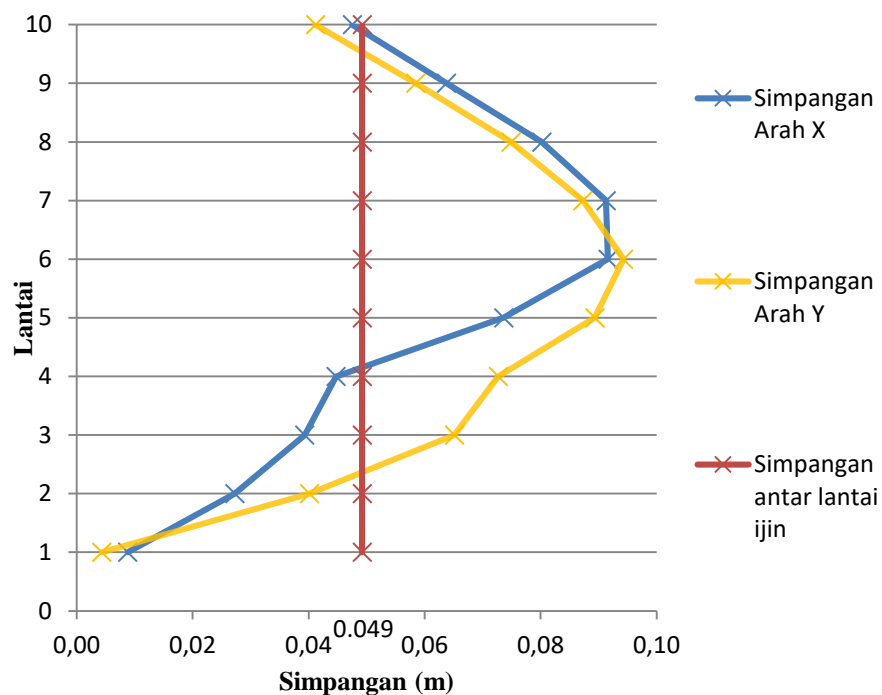
Lantai	hsx (m)	Defleksi Elastik, $\delta_x$ (m)	Simpangan antar lantai tingkat desain, $\Delta$ (m)	Simpangan antar lantai tingkat ijin, $\Delta a$ (m)	Keterangan
10	3,2	0.568	0.048	0.049	Memenuhi
9	3,2	0.521	0.064	0.049	Tidak Memenuhi
8	3,2	0.457	0.080	0.049	Tidak Memenuhi
7	3,2	0.377	0.091	0.049	Tidak Memenuhi
6	3,2	0.285	0.092	0.049	Tidak Memenuhi
5	3,2	0.194	0.074	0.049	Tidak Memenuhi
4	3,2	0.120	0.045	0.049	Memenuhi
3	3,2	0.075	0.039	0.049	Memenuhi
2	3,2	0.036	0.027	0.049	Memenuhi
1	3,2	0.009	0.009	0.049	Memenuhi

**Tabel 5. 61 Rekapitulasi Simpangan Antar Lantai Arah Y**

Lantai	hsx (m)	Defleksi Elastik, $\delta_x$ (m)	Simpangan antar lantai tingkat desain, $\Delta$ (m)	Simpangan antar lantai tingkat ijin, $\Delta$ (m)	Keterangan
10	3,2	0.628	0.041	0.049	Memenuhi
9	3,2	0.586	0.058	0.049	Tidak Memenuhi
8	3,2	0.528	0.075	0.049	Tidak Memenuhi
7	3,2	0.453	0.087	0.049	Tidak Memenuhi
6	3,2	0.366	0.094	0.049	Tidak Memenuhi
5	3,2	0.272	0.089	0.049	Tidak Memenuhi
4	3,2	0.182	0.073	0.049	Tidak Memenuhi
3	3,2	0.110	0.065	0.049	Tidak Memenuhi

Lanjutan Tabel 5. 62 Rekapitulasi Simpangan Antar Lantai Arah Y

Lantai	hsx (m)	Defleksi Elastik, $\delta_x$ (m)	Simpangan antar lantai tingkat desain, $\Delta$ (m)	Simpangan antar lantai tingkat ijin, $\Delta$ (m)	Keterangan
2	3,2	0.044	0.040	0.049	Memenuhi
1	3,2	0.004	0.004	0.049	Memenuhi



Gambar 5. 9 Grafik Simpangan Antar Lantai Struktur Tanpa Corewall

Berdasarkan hasil analisis simpangan antar lantai pada struktur tanpa corewall diketahui bahwa pada arah x lantai 9 hingga lantai 5 memiliki nilai simpangan tingkat desain melebihi simpangan tingkat ijin. Selain itu, pada arah y lantai 9 hingga lantai 3 juga mengalami hal yang sama sehingga struktur dinyatakan tidak aman. Grafik simpangan antar lantai pada stuktur tanpa corewall dapat dilihat pada Gambar 5.9 terlihat bahwa nilai simpangan tingkat desain pada beberapa lantai melebihi batas simpangan ijin.

### 5.3.2.3 Drift Ratio

Perhitungan *drift ratio* lainnya dapat dilakukan dengan cara yang sama.

Berikut rekapitulasi hasil perhitungan *drift ratio* struktur tanpa *corewall*.

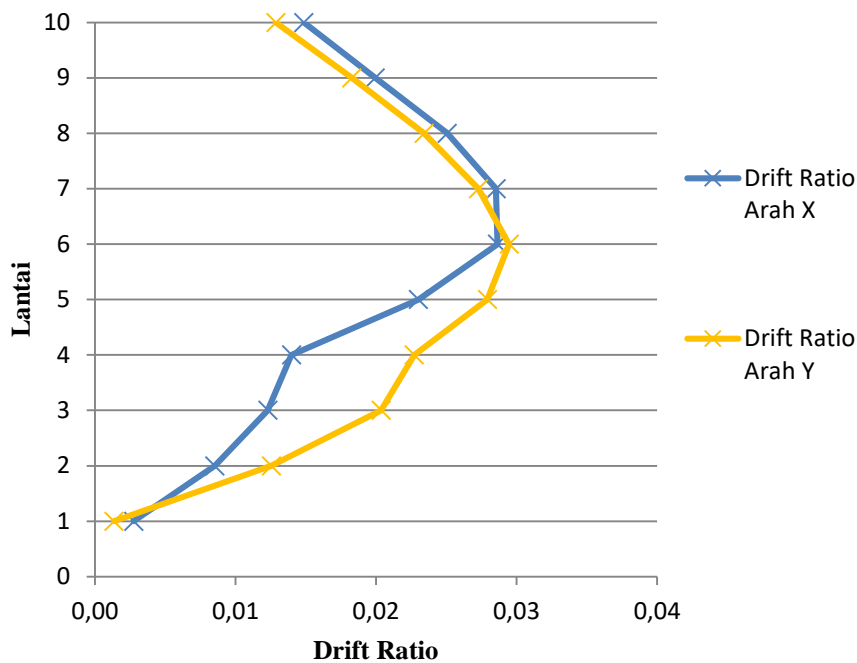
**Tabel 5. 63 Rekapitulasi Drift Ratio Arah X**

Lantai	L (m)	$\Delta$ (m)	Drift Ratio
10	3,2	0.048	0.015
9	3,2	0.064	0.020
8	3,2	0.080	0.025
7	3,2	0.091	0.029
6	3,2	0.092	0.029
5	3,2	0.074	0.023
4	3,2	0.045	0.014
3	3,2	0.039	0.012
2	3,2	0.027	0.009
1	3,2	0.009	0.003

**Tabel 5. 64 Rekapitulasi Drift Ratio Arah Y**

Lantai	L (m)	$\Delta$ (m)	Drift Ratio
10	3,2	0.041	0.013
9	3,2	0.058	0.018
8	3,2	0.075	0.023
7	3,2	0.087	0.027
6	3,2	0.094	0.029
5	3,2	0.089	0.028
4	3,2	0.073	0.023
3	3,2	0.065	0.020
2	3,2	0.040	0.013
1	3,2	0.004	0.001

Berikut grafik hasil dari nilai drift ratio arah x dan arah y pada struktur tanpa corewall.



**Gambar 5. 10 Grafik Drift Ratio Struktur Tanpa Corewall**

Drift ratio yang didapatkan dari hasil analisis struktur tanpa corewall dengan pembebanan arah x dan arah y memiliki nilai maksimum sebesar 0,029.

#### 5.3.2.4 Kestabilan P-Delta

Perhitungan cek kestabilan P-Delta pada lantai lainnya dapat dilakukan dengan cara yang sama. Berikut hasil rekapitulasi perhitungan kestabilan P-Delta pada struktur tanpa corewall dapat dilihat pada Tabel 5.57 dan Tabel 5.58.

**Tabel 5. 65 Rekapitulasi Koefisien Stabilitas Arah X**

$\Delta$ (m)	$h_{sx}$	$P_x$	$V_x$	$I_e$	$C_d$	$\theta$	$\theta_{max}$	Status
0.048	3.2	2758.595	796.204	1	5.5	0.0094	0.0909	Stabil
0.064	3.2	6553.973	1593.469	1	5.5	0.0149	0.0909	Stabil
0.080	3.2	10349.351	2200.671	1	5.5	0.0214	0.0909	Stabil
0.091	3.2	14144.728	2683.772	1	5.5	0.0273	0.0909	Stabil

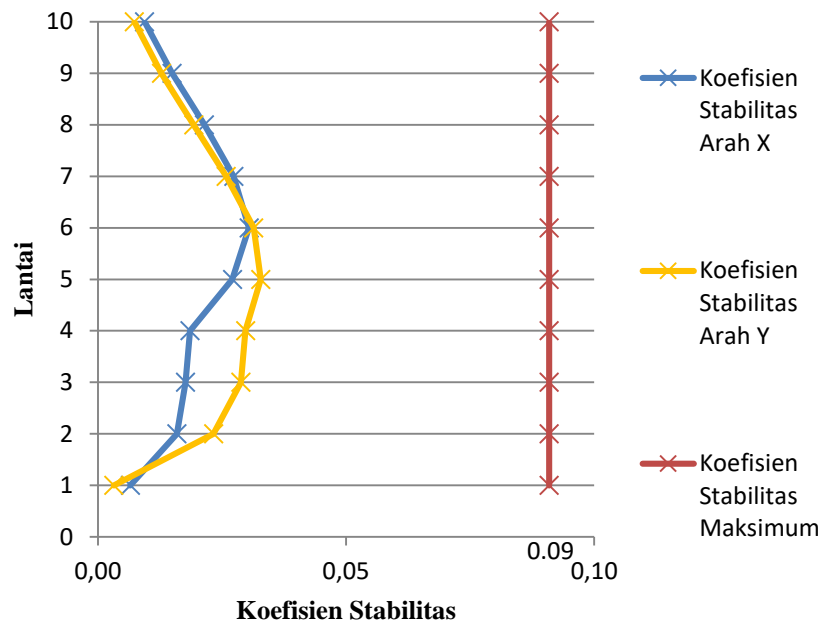


**Lanjutan Tabel 5. 66 Rekapitulasi Koefisien Stabilitas Arah X**

$\Delta$ (m)	$h_{sx}$	$P_x$	$V_x$	$I_e$	$C_d$	$\theta$	$\theta_{max}$	Status
0.092	3.2	17941.462	3069.246	1	5.5	0.0304	0.0909	Stabil
0.074	3.2	21736.84	3358.486	1	5.5	0.0271	0.0909	Stabil
0.045	3.2	28087.754	3856.453	1	5.5	0.0185	0.0909	Stabil
0.039	3.2	34497.7	4370.804	1	5.5	0.0176	0.0909	Stabil
0.027	3.2	52061.938	5078.908	1	5.5	0.0159	0.0909	Stabil
0.009	3.2	71154.435	5473.444	1	5.5	0.0065	0.0909	Stabil

**Tabel 5. 67 Rekapitulasi Koefisien Stabilitas Arah Y**

$\Delta$ (m)	$h_{sx}$	$P_x$	$V_x$	$I_e$	$C_d$	$\theta$	$\theta_{max}$	Status
0,0198	3.2	2758.595	883.343	1	5.5	0.0073	0.0909	Stabil
0,0276	3.2	6553.973	1705.361	1	5.5	0.0128	0.0909	Stabil
0,0351	3.2	10349.351	2284.877	1	5.5	0.0193	0.0909	Stabil
0,0399	3.2	14144.728	2715.722	1	5.5	0.0258	0.0909	Stabil
0,0402	3.2	17941.462	3065.59	1	5.5	0.0314	0.0909	Stabil
0,0328	3.2	21736.84	3366.198	1	5.5	0.0328	0.0909	Stabil
0,0215	3.2	28087.754	3903.536	1	5.5	0.0297	0.0909	Stabil
0,0149	3.2	34497.7	4436.291	1	5.5	0.0288	0.0909	Stabil
0,0055	3.2	52061.938	5101.635	1	5.5	0.0233	0.0909	Stabil
0,0342	3.2	71154.435	5474.032	1	5.5	0.0032	0.0909	Stabil



**Gambar 5. 11 Grafik Koefisien Stabilitas Struktur Tanpa Corewall**

Pada struktur tanpa corewall didapatkan nilai koefisien stabilitas tidak ada yang melebihi batas nilai koefisien stabilitas maksimum. Sehingga struktur tersebut memenuhi syarat kestabilan struktur.

### 5.3.3 Perbandingan Hasil Analisis

#### 5.3.3.1 Perbandingan Displacement

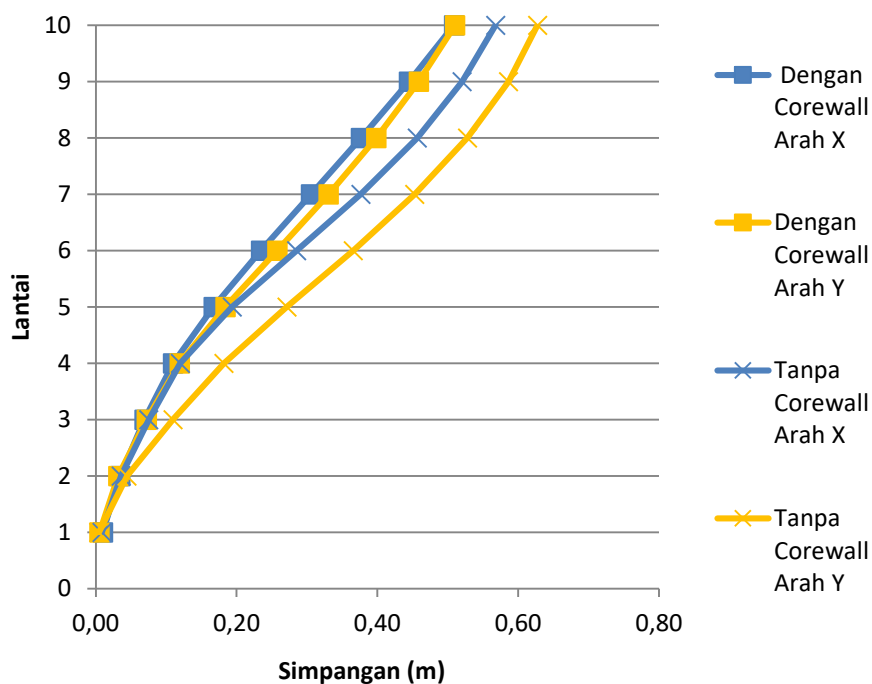
Setelah didapatkan hasil analisis dari masing-masing model struktur, untuk mempermudah pembahasan maka perlu dilakukan perbandingan antara model struktur dengan corewall dan tanpa corewall. Pembahasan perbandingan displacement dapat dilihat pada Tabel 5.59 dan Gambar 5.11 berikut.

**Tabel 5. 68 Perbandingan Displacement**

Lantai	Struktur Dengan Corewall		Struktur Tanpa Corewall	
	Arah X (m)	Arah Y (m)	Arah X (m)	Arah Y (m)
10	0.092	0.092	0.103	0.114
9	0.080	0.083	0.095	0.107
8	0.068	0.072	0.083	0.096

Lanjutan Tabel 5. 69 Perbandingan Displacement

Lantai	Struktur Dengan Corewall		Struktur Tanpa Corewall	
	Arah X (m)	Arah Y (m)	Arah X (m)	Arah Y (m)
7	0.055	0.060	0.068	0.082
6	0.042	0.046	0.052	0.067
5	0.030	0.033	0.035	0.049
4	0.020	0.021	0.022	0.033
3	0.012	0.013	0.014	0.020
2	0.006	0.005	0.007	0.008
1	0.001	0.001	0.002	0.001



Gambar 5. 12 Grafik Perbandingan Simpangan Struktur

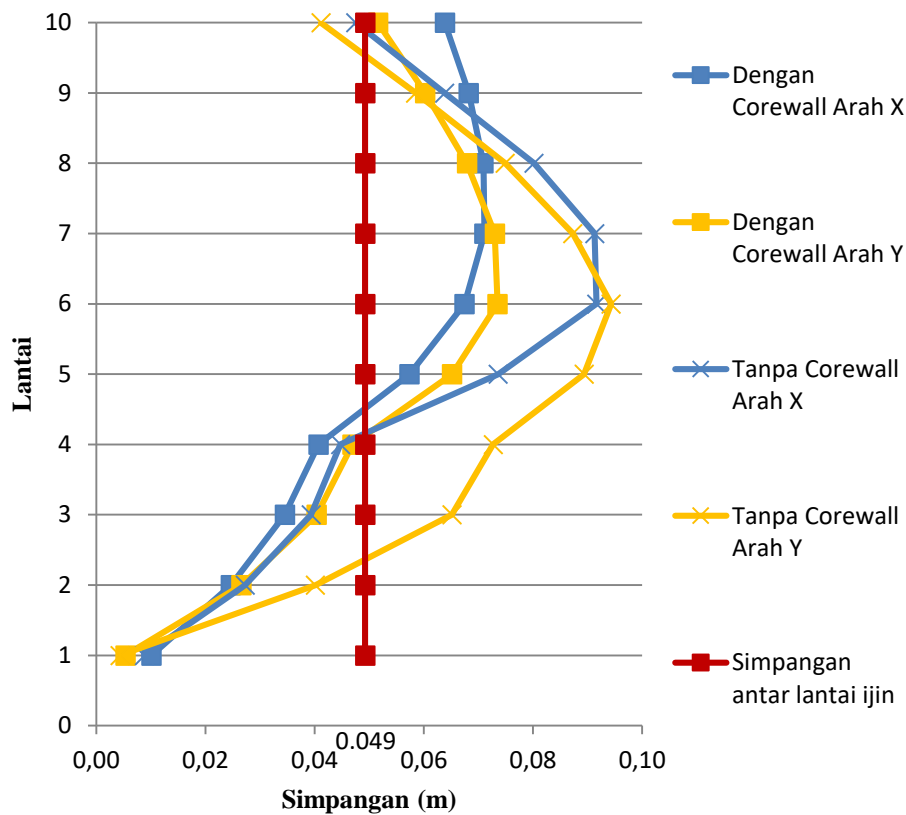
Berdasarkan Tabel 5.59 dan Gambar 5.12 nilai displacement antara 2 model struktur memiliki perbedaan. Model struktur dengan corewall memiliki nilai displacement yang lebih kecil dibandingkan pada struktur tanpa corewall. Simpangan secara keseluruhan tiap tingkat bergoyang dengan simpangan maksimum pada lantai paling atas yang berarti massa bangunan bergoyang

dengan arah yang sama. Nilai simpangan akan semakin besar pada tingkat yang semakin tinggi disebabkan karena semakin tinggi bangunan maka akan semakin fleksibel. Hal ini diperjelas dengan melihat grafik perbandingan simpangan struktur dimana bentuk grafik terkhusus lagi pada arah y memiliki bentuk yang semakin melebar. Hasil menunjukkan bahwa adanya penambahan struktur corewall mampu memperkecil adanya simpangan pada bangunan meskipun tidak banyak memberikan perbedaan. Adapun alasan simpangan arah y lebih besar dibandingkan simpangan arah x disebabkan adanya pengaruh denah bangunan yang tidak simetris dimana sumbu x merupakan sumbu lemah dan sumbu y merupakan sumbu kuat. Ketika terjadi guncangan kombinasi beban akan mengarah ke sumbu lemah yaitu sumbu x sehingga simpangan pada sumbu y semakin besar. Hasil simpangan ini akan mempengaruhi data pada analisis selanjutnya yaitu nilai simpangan antar lantai.

#### 5.3.3.2 Perbandingan Simpangan Antar Lantai

**Tabel 5. 70 Perbandingan Simpangan Antar Lantai**

Lantai	Struktur Dengan Corewall		Struktur Tanpa Corewall		$\Delta$ ijin
	$\Delta$ x	$\Delta$ y	$\Delta$ x	$\Delta$ y	
10	0.064	0.052	0.048	0.041	0.049
9	0.068	0.060	0.064	0.058	0.049
8	0.071	0.068	0.080	0.075	0.049
7	0.071	0.073	0.091	0.087	0.049
6	0.067	0.073	0.092	0.094	0.049
5	0.057	0.065	0.074	0.089	0.049
4	0.041	0.047	0.045	0.073	0.049
3	0.035	0.040	0.039	0.065	0.049
2	0.025	0.027	0.027	0.040	0.049
1	0.010	0.005	0.009	0.004	0.049



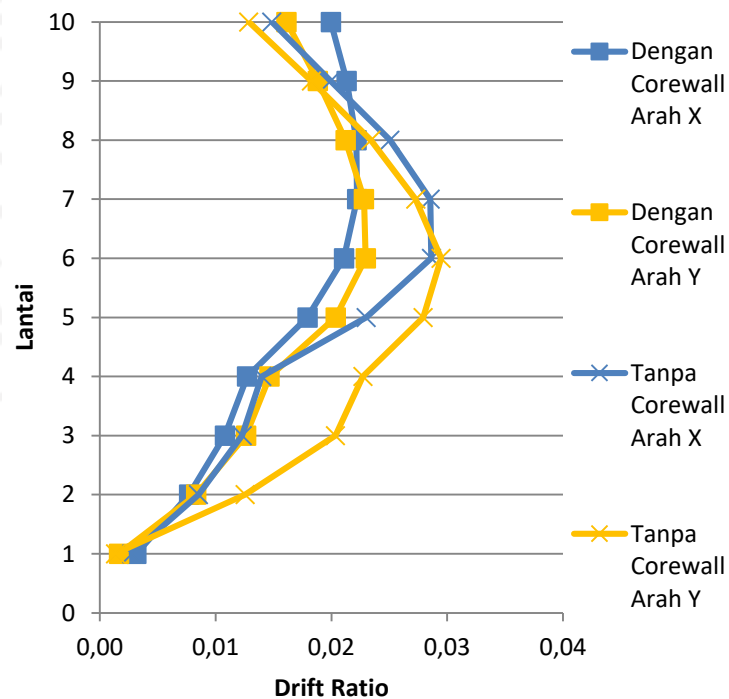
**Gambar 5.13 Grafik Perbandingan Simpangan Antar Lantai Struktur**

Berdasarkan Tabel 5.60 dan Gambar 5.13 menunjukkan bahwa struktur tanpa corewall memiliki simpangan antar lantai yang lebih besar dibandingkan struktur dengan corewall meskipun pada kedua model tersebut terdapat beberapa lantai yang memiliki nilai simpangan antar lantai desain melebihi batas simpangan ijin yang mengakibatkan struktur tersebut tidak memenuhi syarat. Struktur dengan corewall memiliki nilai simpangan melebihi nilai simpangan ijin pada lantai 10 hingga lantai 5 baik pada arah x maupun arah y. Untuk arah x pada struktur tanpa corewall tidak memenuhi syarat terjadi pada lantai 9 hingga lantai 5 dan arah y pada lantai 9 hingga lantai 3. Perbedaan ini menunjukkan bahwa selain mampu memperkecil nilai simpangan yang terjadi pada bangunan juga mampu menseragamkan simpangan antar lantai.

## 5.3.3.3 Perbandingan Drift Ratio

Tabel 5. 71 Perbandingan Drift Ratio

Lantai	Struktur Dengan Corewall		Struktur Tanpa Corewall	
	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y
10	0.020	0.016	0.015	0.013
9	0.021	0.019	0.020	0.018
8	0.022	0.021	0.025	0.023
7	0.022	0.023	0.029	0.027
6	0.021	0.023	0.029	0.029
5	0.018	0.020	0.023	0.028
4	0.013	0.015	0.014	0.023
3	0.011	0.013	0.012	0.020
2	0.008	0.008	0.009	0.013
1	0.003	0.002	0.003	0.001



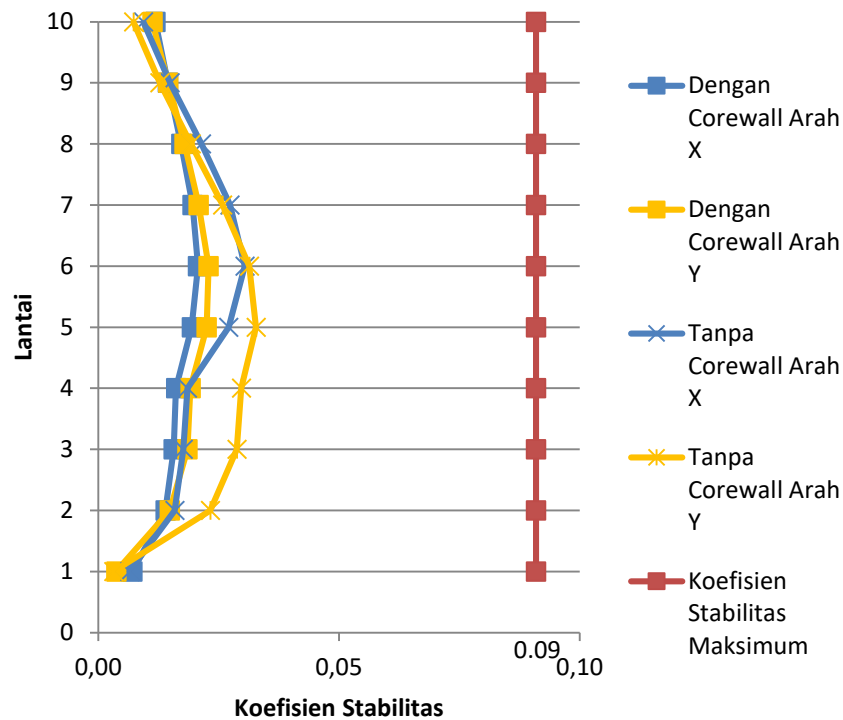
Gambar 5. 14 Grafik Perbandingan Drift Ratio Struktur

Berdasarkan Tabel 5.61 secara keseluruhan struktur tanpa corewall memiliki nilai drift ratio lebih besar dibanding struktur dengan corewall. Pada lantai bawah nilai drift ratio lebih kecil dibandingkan pada lantai atasnya. Untuk struktur dengan corewall arah x mengalami pembesaran hingga lantai 8 dan pada arah y hingga lantai 7 kemudian diikuti pegecilan nilai drift ratio hingga lantai 10. Begitu juga terjadi pada struktur tanpa corewall arah x lantai 7 dan arah y lantai 6 hingga kemudian mengalami penurunan nilai drift ratio. Selain itu, berdasarkan gambar 5.14 grafik pada struktur dengan corewall lebih ramping dan seragam dibandingkan grafik struktur tanpa corewall. Sehingga dapat diketahui bahwa adanya penambahan struktur corewall pada bangunan mampu memperbesar kekakuan struktur dan menseragamkan respons pada tiap lantainya.

#### 5.3.3.4 Perbandingan Kestabilan P-Delta

**Tabel 5. 72 Perbandingan Koefisien P-Delta**

Lantai	Struktur Dengan Corewall		Struktur Tanpa Corewall		$\upsilon_{max}$
	$\upsilon_x$	$\upsilon_y$	$\upsilon_x$	$\upsilon_y$	
10	0.013	0.011	0.009	0.007	0.091
9	0.016	0.015	0.015	0.013	0.091
8	0.019	0.020	0.021	0.019	0.091
7	0.021	0.025	0.027	0.026	0.091
6	0.022	0.028	0.030	0.031	0.091
5	0.021	0.027	0.027	0.033	0.091
4	0.017	0.023	0.019	0.030	0.091
3	0.015	0.022	0.018	0.029	0.091
2	0.014	0.018	0.016	0.023	0.091
1	0.007	0.004	0.006	0.003	0.091



**Gambar 5. 15 Grafik Perbandingan Koefisien Stabilitas Struktur**

Nilai kestabilan P-Delta pada kedua model struktur yang dianalisis tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Secara keseluruhan nilai P-Delta struktur dengan corewall ini cenderung lebih kecil sehingga memiliki kestabilan yang lebih tinggi dibandingkan struktur tanpa corewall. Ini dapat dilihat pada gambar grafik perbandingan koefisien stabilitas struktur memiliki nilai koefisien  $\nu$  yang tidak melebihi batas  $\nu_{max}$  sehingga kedua struktur dinyatakan memiliki struktur yang stabil dan struktur dengan corewall memiliki kestabilan yang lebih seragam dan merata di setiap lantainya.



## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **6.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisis pengaruh struktur corewall terhadap perilaku seismik gedung didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Nilai simpangan atau displacement maksimum akibat gempa respons spektrum
  - a) Simpangan maksimum struktur dengan corewall arah x memiliki nilai sebesar 0,092 meter dan pada arah y sebesar 0,092 meter.
  - b) Simpangan maksimum struktur tanpa corewall arah x sebesar 0,103 meter dan arah y sebesar 0,114 meter.

Struktur tanpa corewall mengalami simpangan yang lebih besar dibanding struktur yang menggunakan corewall.

2. Kedua struktur mengalami simpangan antar lantai berlebih karena nilai simpangan antar lantai desain melebihi nilai simpangan ijin sehingga dinyatakan struktur tidak aman. Struktur dengan corewall dinyatakan tidak aman terjadi pada lantai 10 hingga lantai 5 sedangkan untuk struktur tanpa corewall lantai yang dinyatakan tidak aman terjadi pada lantai 9 hingga lantai 3. Berdasarkan kesimpulan diatas dengan adanya penambahan struktur corewall pada struktur Gedung Hotel El Royale hanya memberikan sedikit perbedaan terhadap nilai simpangan antar lantai.

3. Kekakuan sebuah struktur bisa dilihat berdasarkan besarnya nilai drift ratio. Semakin kecil nilai drift ratio maka struktur bangunan akan semakin kaku. Pada penelitian ini struktur dengan corewall memiliki nilai drift ratio lebih kecil dibandingkan struktur tanpa corewall. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penambahan elemen corewall ke dalam struktur bangunan dapat memperkecil nilai drift ratio.

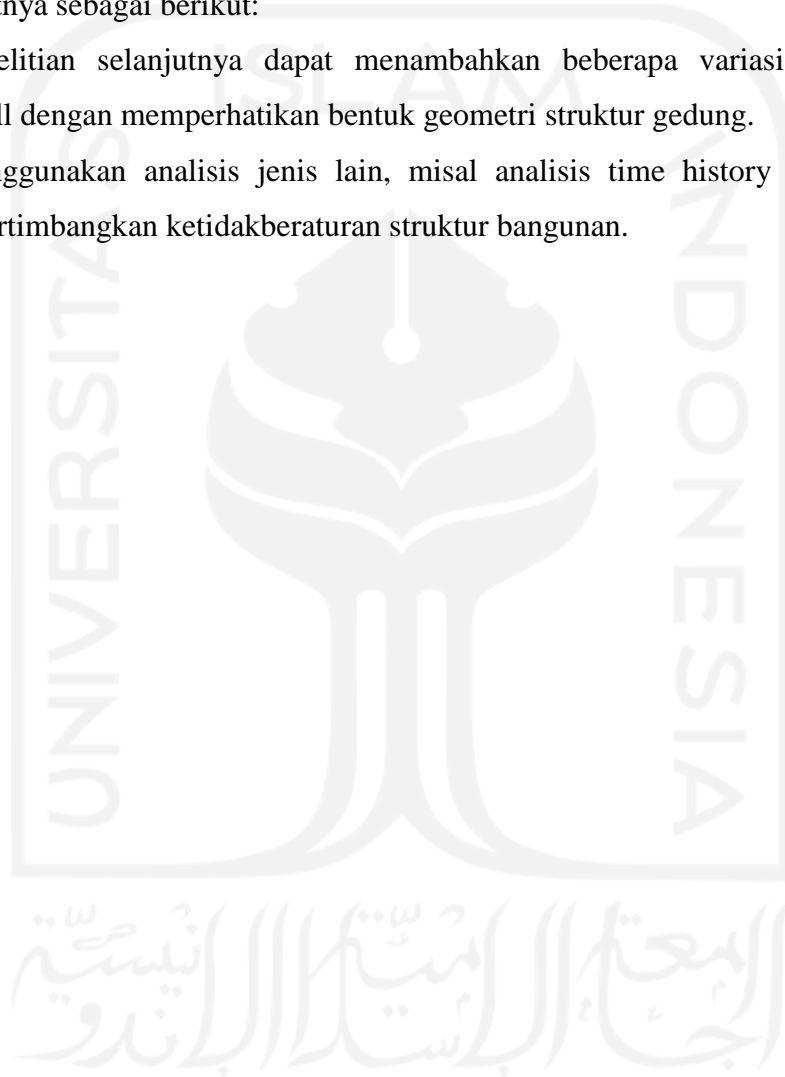
4. Untuk menyimpulkan kestabilan struktur bisa dilihat pada hasil analisis perhitungan P-Delta. Struktur dengan corewall maupun tanpa corewall memiliki nilai koefisien stabilitas ( $\nu$ ) kurang dari ( $\nu_{max}$ ) sehingga memenuhi syarat

kestabilan P-Delta. Perbedaan koefisien stabilitas ( $\nu$ ) pada struktur tanpa corewall lebih besar dibanding struktur dengan corewall.

## 6.2 Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan sebagai pengembangan penelitian selanjutnya sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya dapat menambahkan beberapa variasi penempatan corewall dengan memperhatikan bentuk geometri struktur gedung.
2. Menggunakan analisis jenis lain, misal analisis time history dengan tetap mempertimbangkan ketidakberaturan struktur bangunan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Fauziah, L., Sumajouw, M. D., & Windah, D. R. (2013). Pengaruh Penempatan Dan Posisi Dinding Geser Terhadap Simpangan Bangunan Beton Bertulang Bertingkat Banyak Akibat Beban Gempa. *Jurnal Sipil Statik*, 466-472.
- Jannah, A. N. (2018). Kajian Perbandingan Respon Struktur Bangunan Bertingkat Dengan Variasi Tata Letak Dinding Geser Akibat Beban Gempa Dinamik Respon Spektrum. Universitas Islam Indonesia.
- Juwana, J. (2005). Sistem Bangunan Tinggi Untuk Arsitek Dan Partisi Bangunan. Erlangga Jakarta.
- Kustanrika, I. W. (2016). Perencanaan Dinding Core Wall Pada Gedung Bertingkat Tinggi. *Jurnal Kilat*.
- 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*, 435-446.
- Pauley, T., & N, P. M. (1992). *Seismic Design of Reinforced Concrete And Masonry Buildings*. New York: John Wiley Sons, INC.
- Pawirodikromo, W. (2012). *Seismologi Teknik dan Rekayasa Kegempaan*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Purnomo, E., Purwanto, E., & Supriyadi, A. (2014). Analisis Kinerja Struktur Pada Gedung Bertingkat Dengan Analisis Dinamik Respon Spektrum Menggunakan Software ETABS (Studi Kasus: Bangunan Hotel Di Semarang). *e-Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL*, 569-576.
- Ratnasari, A. F. (2014). Pengaruh Kandungan Frekuensi Gempa Terhadap Simpangan dan Drift. Program Magister Teknik Sipil.
- Siswanto, B., & Salim, M. (2018). Kriteria Dasar Perencanaan Struktur Bangunan Tahan Gempa. *Jurnal Dosen*.
- SNI, 1726. (2019). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Nongedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI, 1727. (2020). *Beban Desain Minimum Dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Usmat, N. A., Imran, & Sultan, M. A. (2019). Analisa Letak Dinding Geser (Shear Wall) Terhadap Perilaku Struktur Gedung Akibat Beban Gempa. Print- ISSN-1978-6107, 297-306.

Wirawan, S. Y., & Sarya, G. (2018). Perbandingan Respon Dinamik Menggunakan Sistem Tunggal (SRPM) Dan Sistem Ganda (SRPM Dan Dinding Geser). Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.



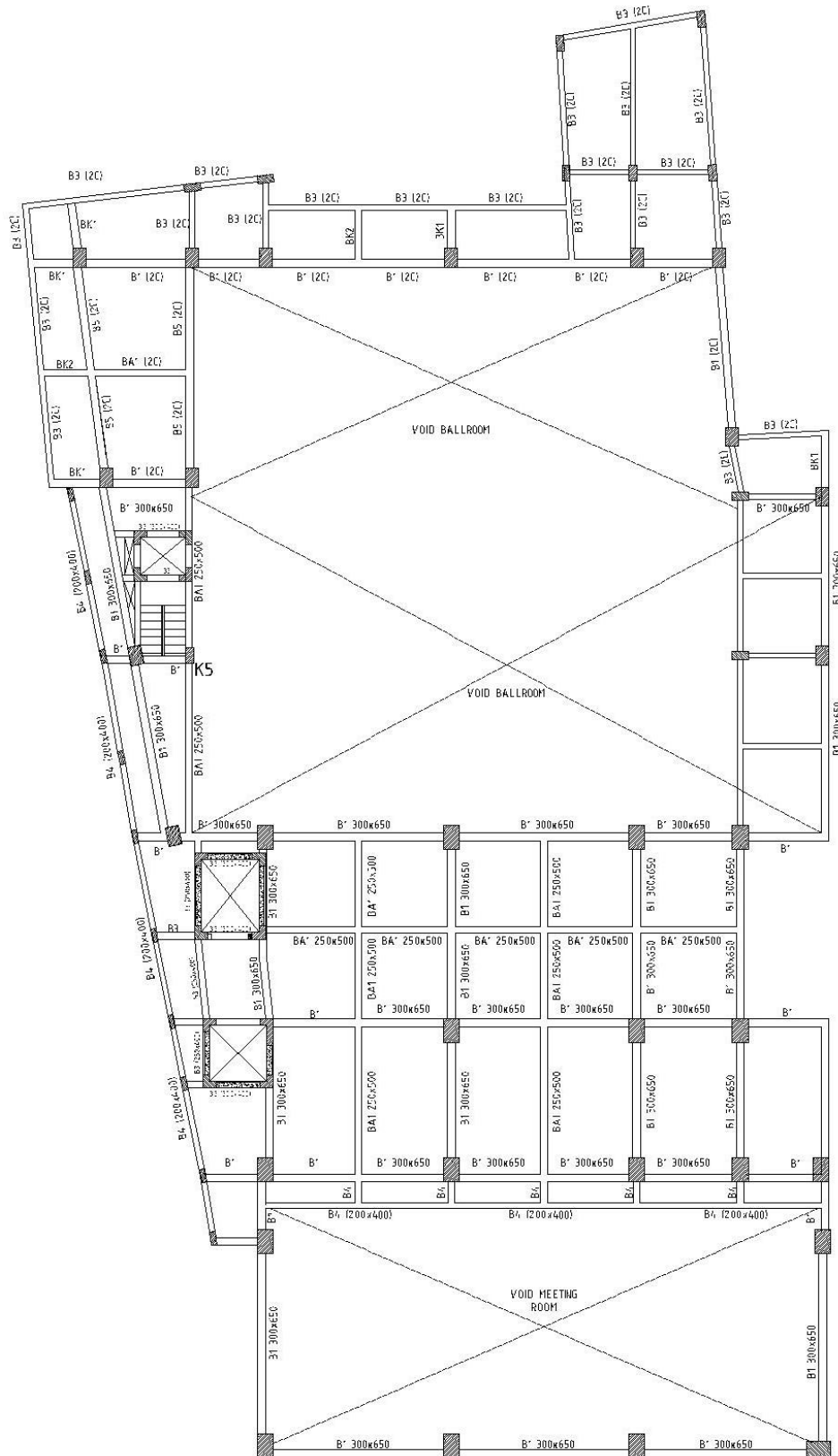


# LAMPIRAN



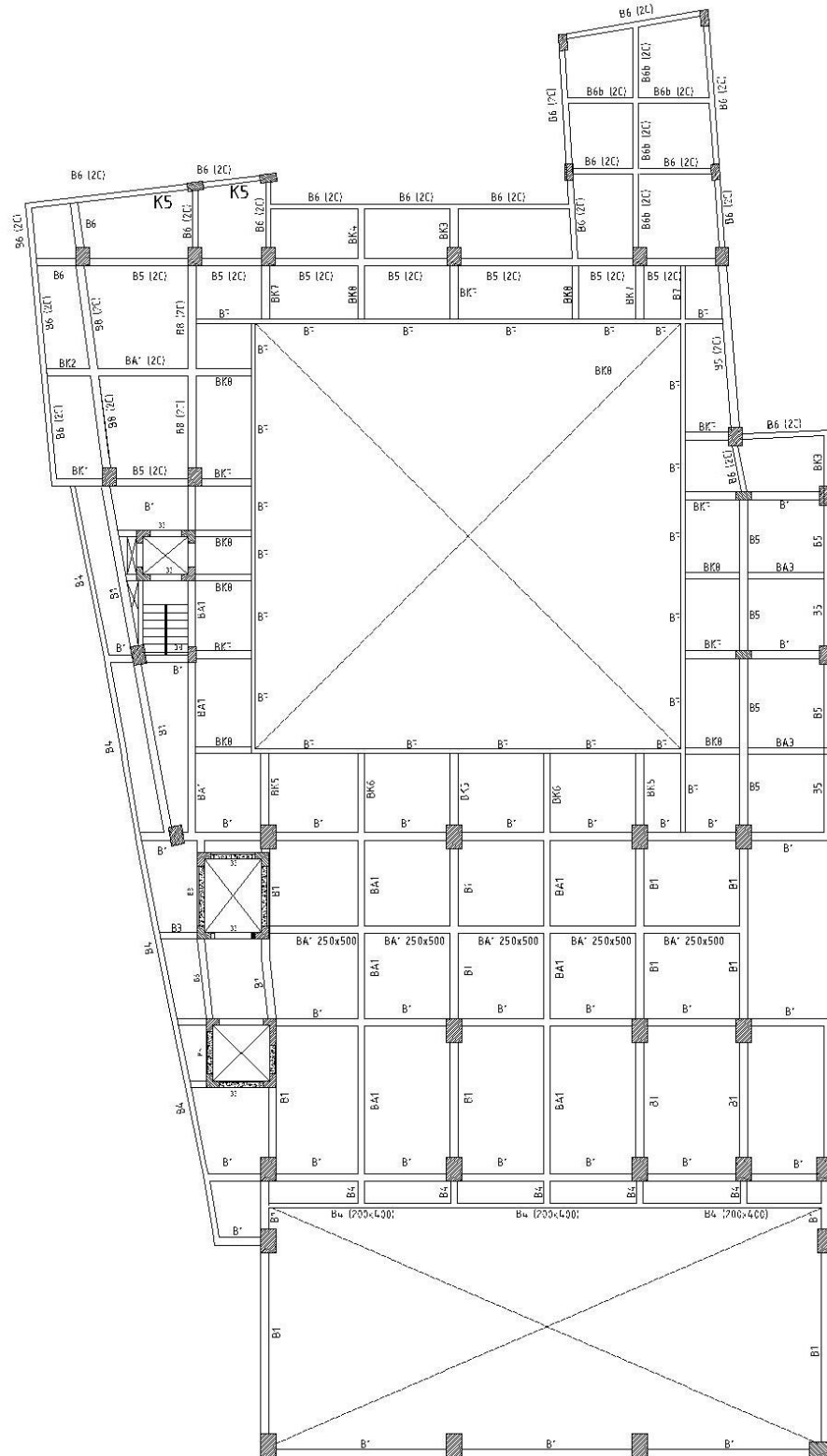
Gambar L-1. 1 Denah Struktur Gedung Lantai 1



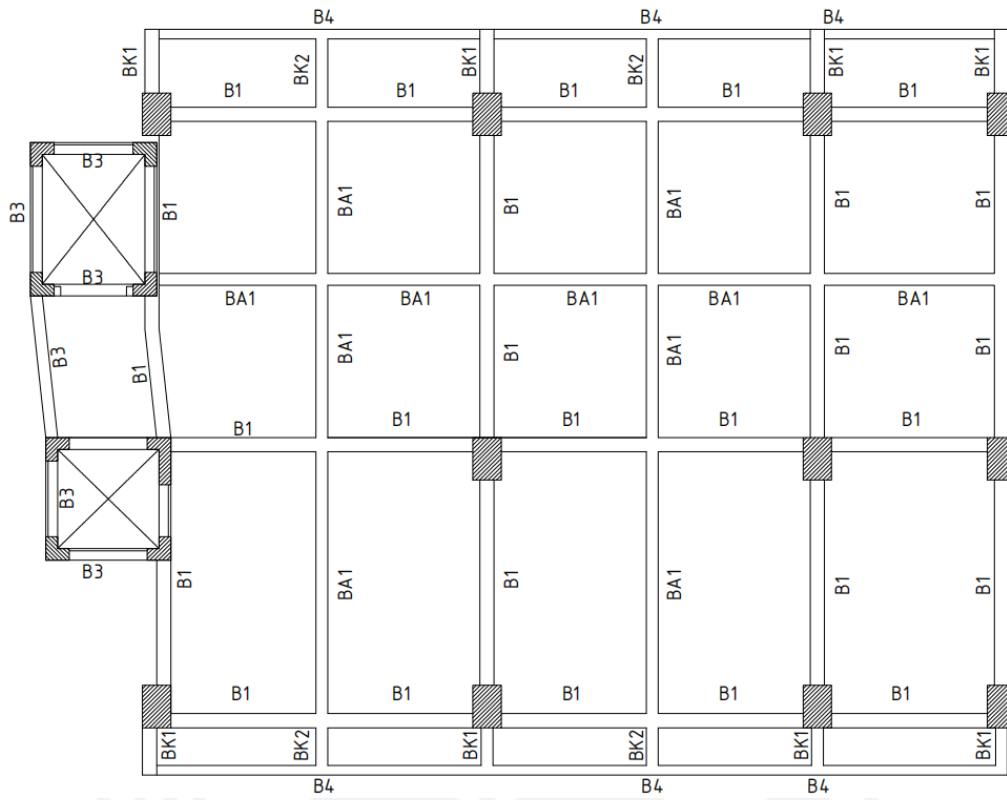


Gambar L-1. 3 Denah Struktur Gedung Lantai 3

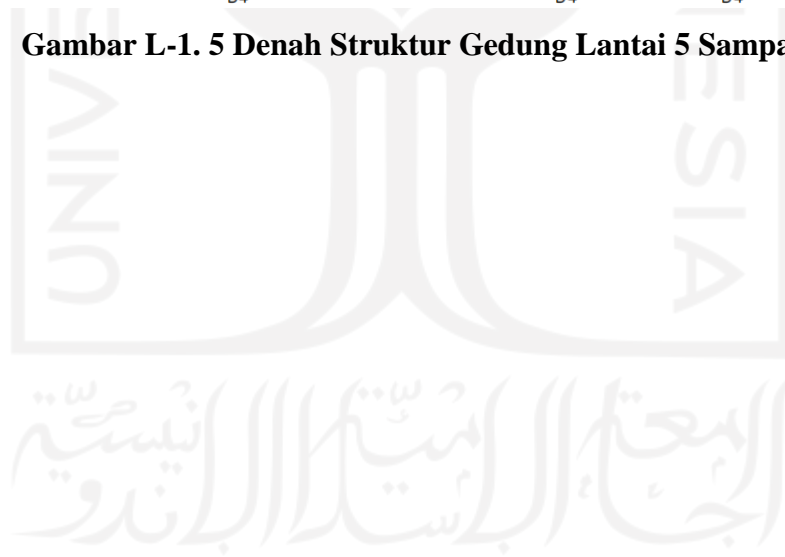


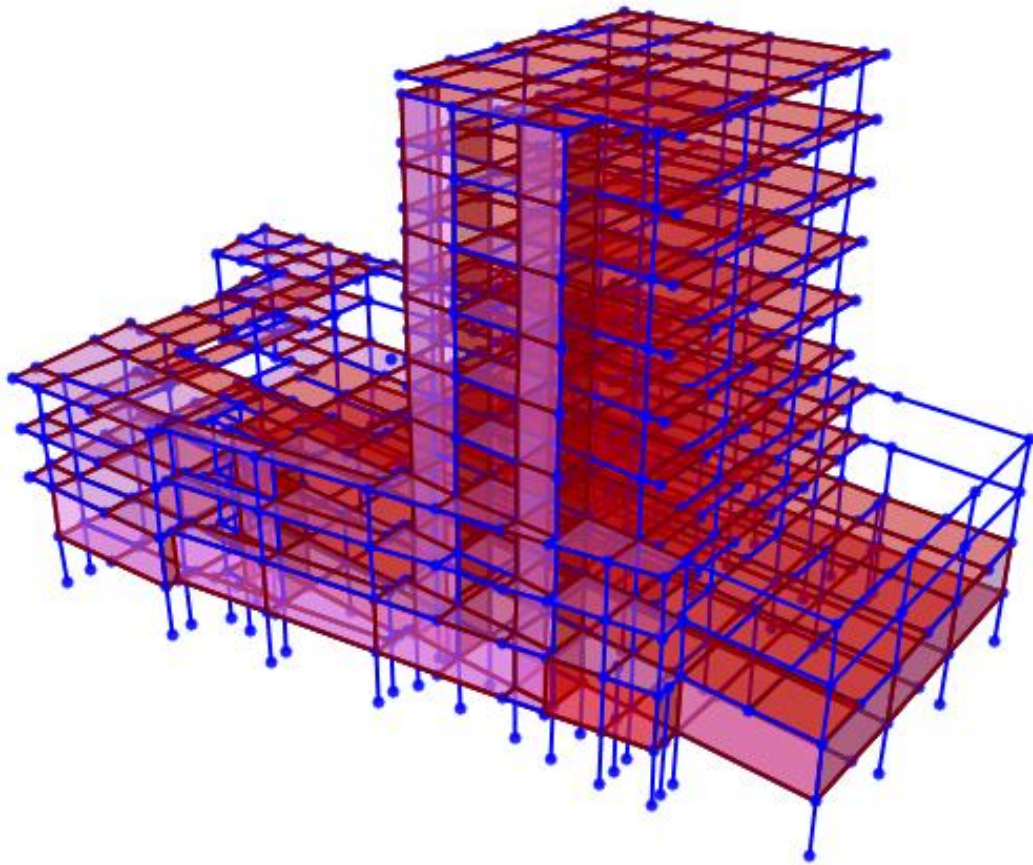


**Gambar L-1. 4 Denah Struktur Gedung Lantai 4**

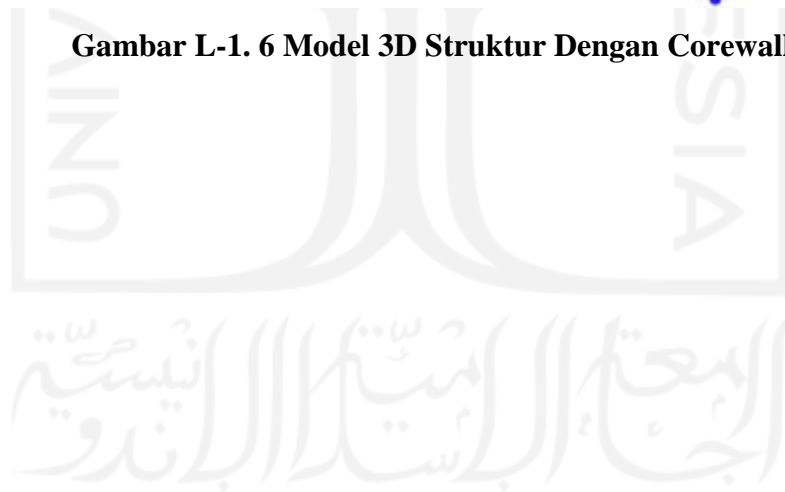


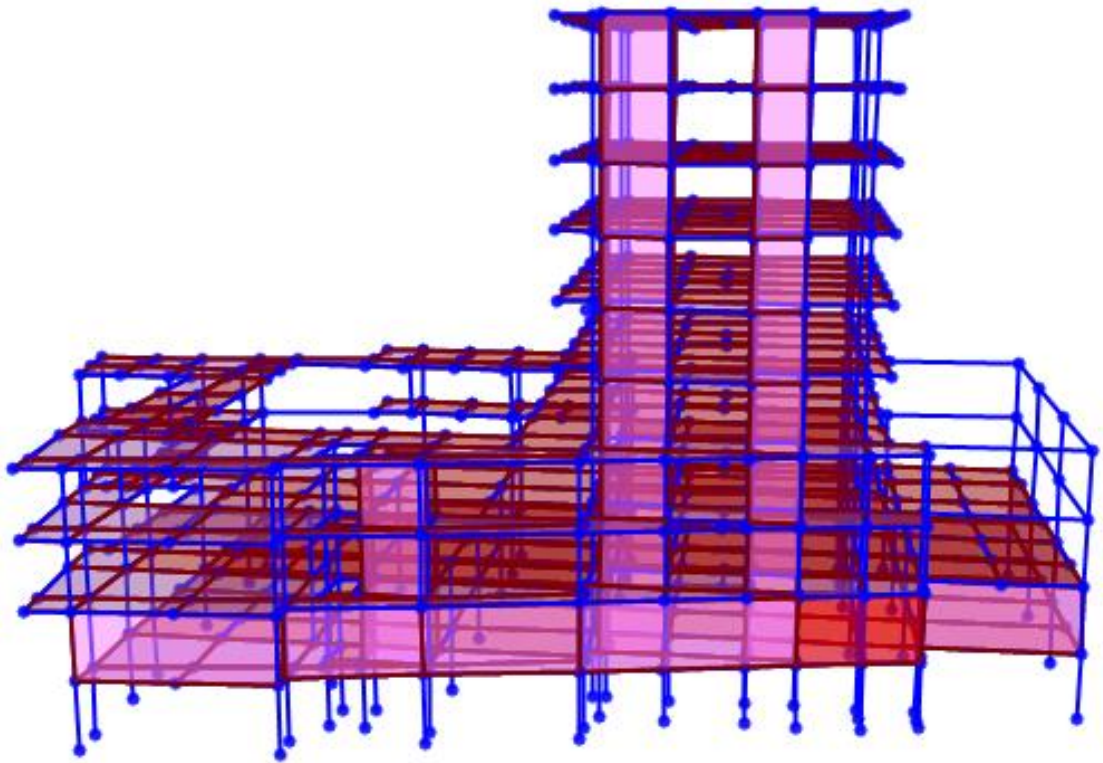
**Gambar L-1. 5 Denah Struktur Gedung Lantai 5 Sampai 10**



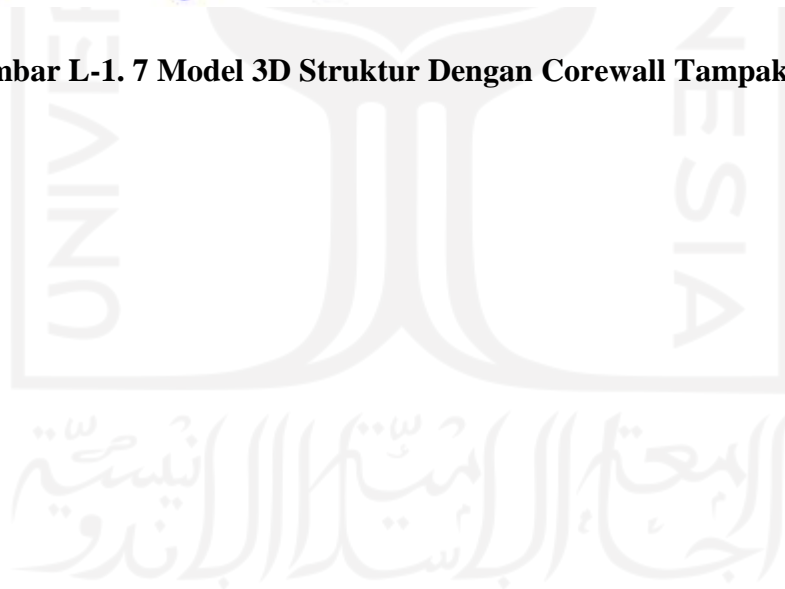


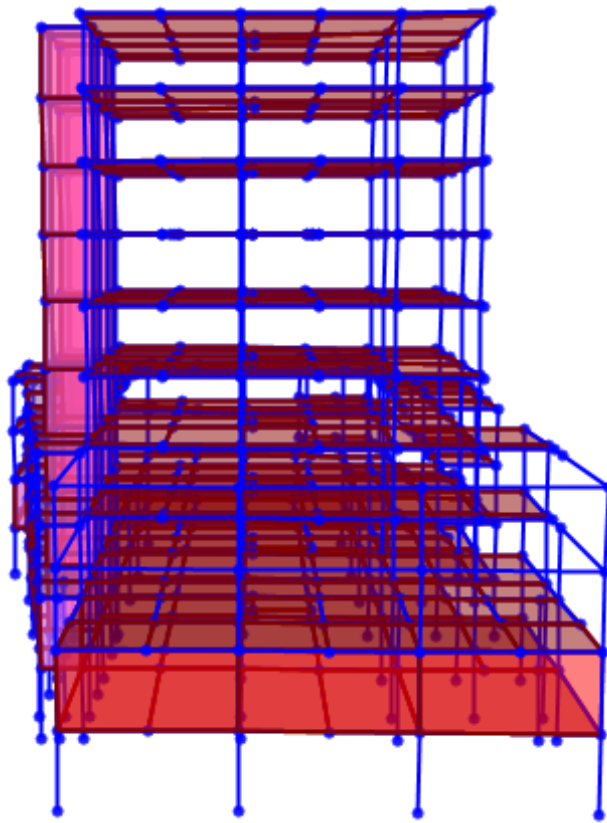
**Gambar L-1. 6 Model 3D Struktur Dengan Corewall**



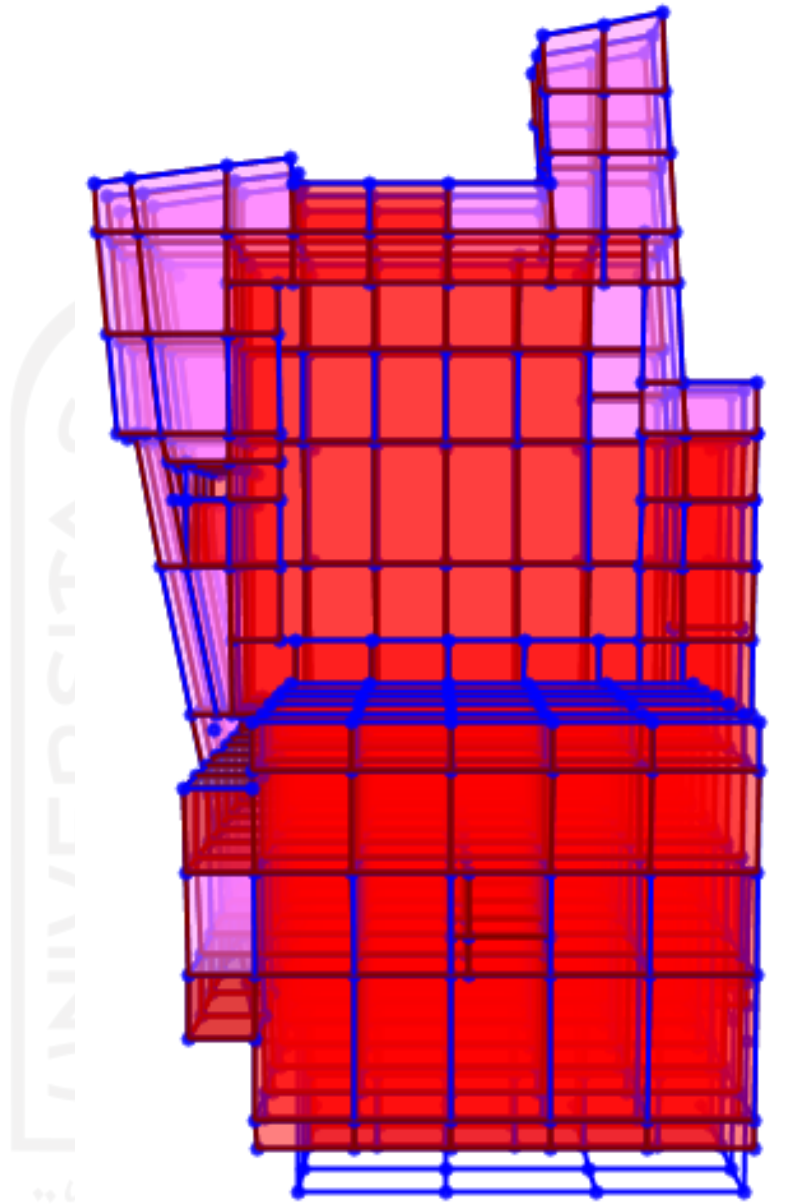


**Gambar L-1. 7 Model 3D Struktur Dengan Corewall Tampak Samping**



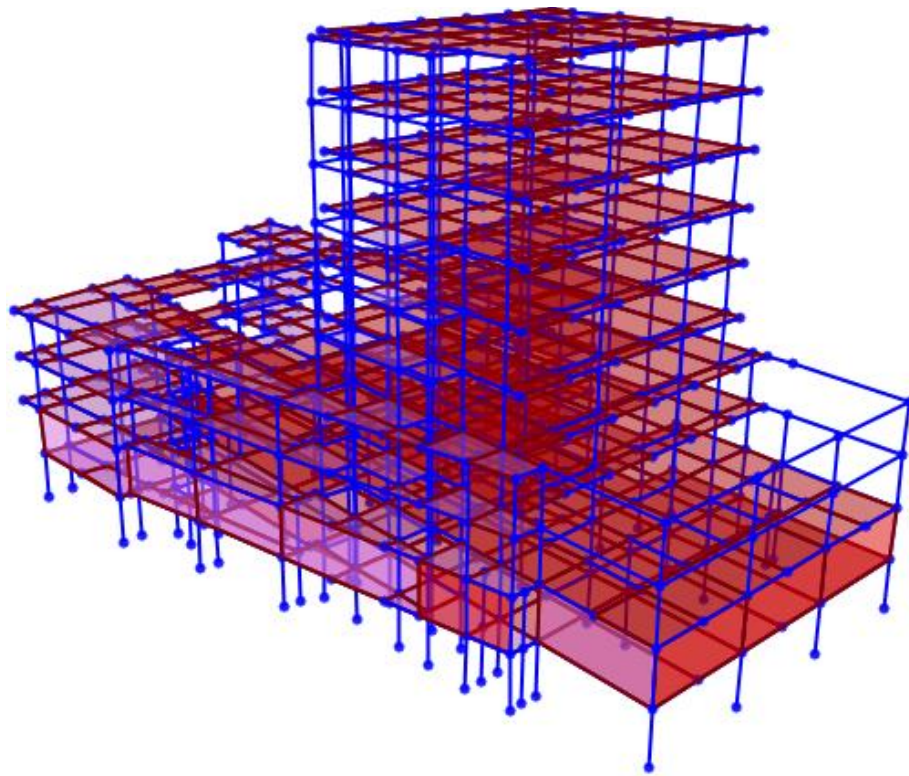


**Gambar L-1. 8 Model 3D Struktur Dengan Corewall Tampak Depan**

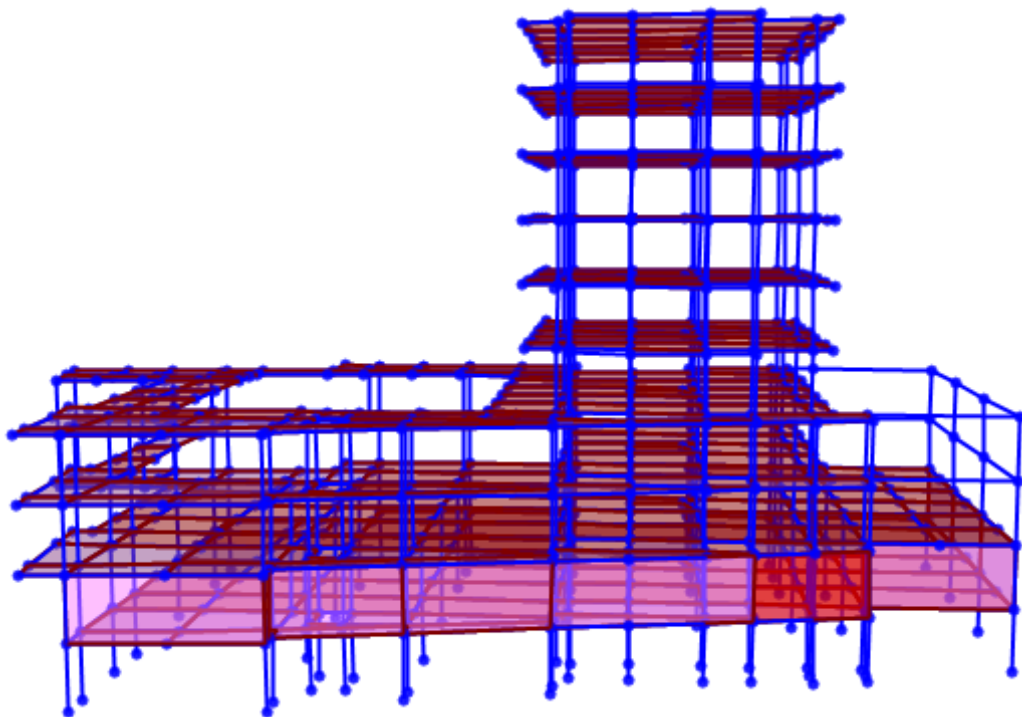


**Gambar L-1. 9 Model 3D Struktur Dengan Corewall Tampak Atas**

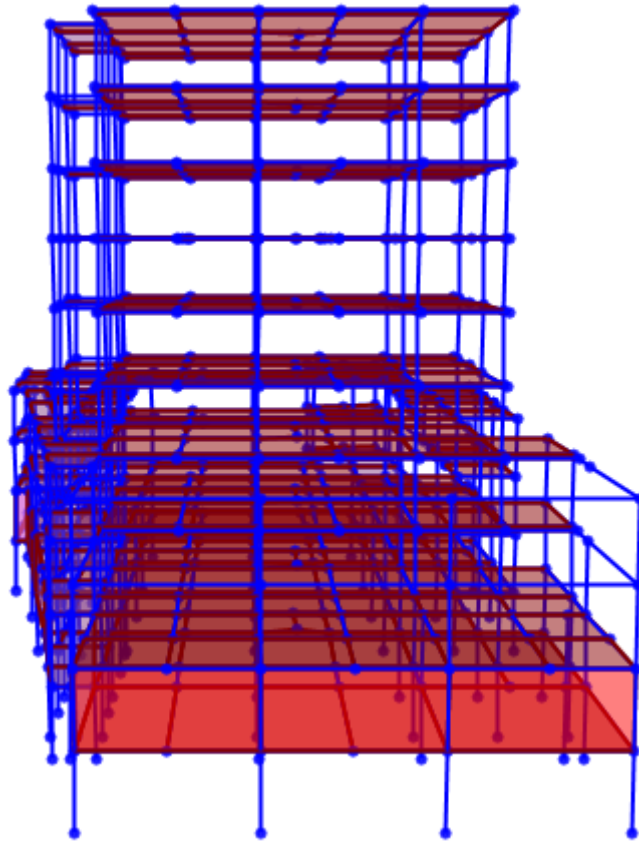




**Gambar L-1. 10 Model 3D Struktur Tanpa Corewall**



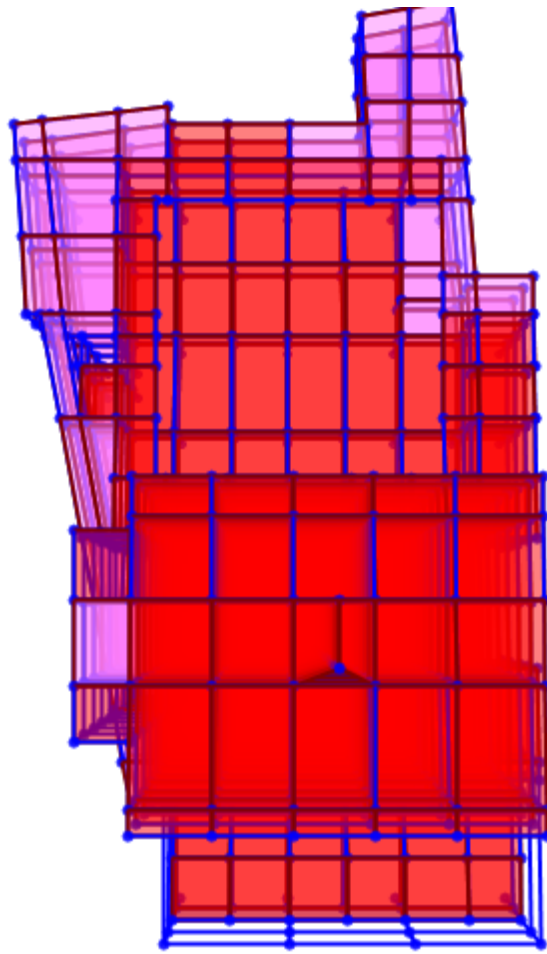
**Gambar L-1. 11 Model 3D Struktur Tanpa Corewall Tampak Samping**



**Gambar L-1. 12 Model 3D Struktur Tanpa Corewall Tampak Depan**







**Gambar L-1. 13 Model 3D Struktur Tanpa Corewall Tampak Atas**