

TUGAS AKHIR

PERBANDINGAN RESPON STRUKTUR *FRAME-WALL* DAN *FRAME-GLOBAL BRACING* GEDUNG ENAM LANTAI AKIBAT BEBAN GEMPA DENGAN METODE RESPON SPEKTRUM (*COMPARISON OF THE RESPONSE OF FRAME-WALL AND FRAME-GLOBAL BRACING STRUCTURES OF A SIX-STORY BUILDING DUE TO EARTHQUAKE LOADS USING THE SPECTRUM RESPONSE METHOD*)

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



**Bayu Muhammad Iqbal
21511091**

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

2025

TUGAS AKHIR

PERBANDINGAN RESPON STRUKTUR *FRAME-WALL* DAN *FRAME-GLOBAL BRACING* GEDUNG ENAM LANTAI AKIBAT BEBAN GEMPA DENGAN METODE RESPON SPEKTRUM (*COMPARISON OF THE RESPONSE OF FRAME-WALL AND FRAME-GLOBAL BRACING STRUCTURES OF A SIX-STORY BUILDING DUE TO EARTHQUAKE LOADS USING THE SPECTRUM RESPONSE METHOD*)

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



الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

**Bayu Muhammad Iqbal
21511091**

**Disetujui oleh:
Pembimbing**

Ir. Yunalia Muntafi S.T., M.T., Ph.D. (Eng)., IPM.

Tanggal: 29 Agustus 2025

LEMBAR PENGESAHAN

**PERBANDINGAN RESPON STRUKTUR *FRAME-WALL* DAN *FRAME-GLOBAL BRACING* GEDUNG ENAM LANTAI AKIBAT BEBAN GEMPA DENGAN METODE RESPON SPEKTRUM
(COMPARISON OF THE RESPONSE OF FRAME-WALL AND FRAME-GLOBAL BRACING STRUCTURES OF A SIX-STORY BUILDING DUE TO EARTHQUAKE LOADS USING THE SPECTRUM RESPONSE METHOD)**

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

Disusun Oleh:

Bayu Muhammad Iqbal
21511091

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

Diuji pada tanggal: 29 Agustus 2025
Oleh Dewan Penguji

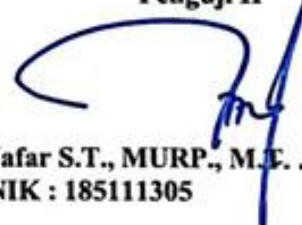
Pembimbing


Ir. Yunalia Muntafi S.T., M.T., PhD. (Eng.), IPM.
NIK : 095110101

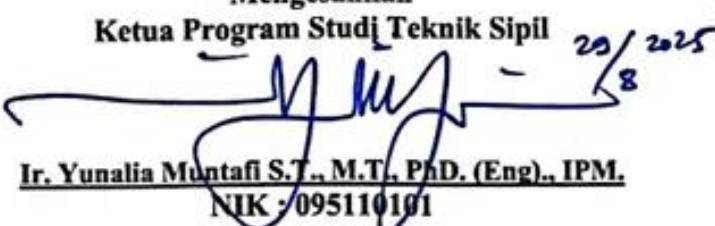
Penguji I


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

Penguji II


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

Mengesahkan
Ketua Program Studi Teknik Sipil


Ir. Yunalia Muntafi S.T., M.T., PhD. (Eng.), IPM.
NIK : 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya dengan penuh kesadaran menyatakan bahwa laporan Tugas Akhir ini saya susun sebagai salah satu syarat kelulusan program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, merupakan hasil karya saya sendiri. Setiap kutipan atau referensi dari sumber lain telah dicantumkan dengan jelas sesuai dengan kaidah dan etika penulisan ilmiah. Jika di kemudian hari terbukti bahwa laporan ini mengandung unsur plagiasi atau bukan sepenuhnya hasil karya saya, saya siap menerima konsekuensi, termasuk pencabutan gelar akademik, sesuai dengan aturan yang berlaku.

Yogyakarta, 29 Agustus 2025

Yang membuat pernyataan



Bayu Muhammad Iqbal

21511091

DEDIKASI

This Final Project is dedicated to my parents and siblings, who have continuously prayed for me, provided full material support, and constantly motivated me throughout the completion of this project.

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahiim.

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji syukur atas kehadiran dan karunia Allah *subhanahu wa ta'ala* yang selalu melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga saya bisa menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Perbandingan Respon Struktur Frame Wall dan Frame-Global Bracing Gedung Enam Lantai Akibat Beban Gempa Dengan Metode Respon Spektrum” dengan baik. Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi jenjang Strata Satu (S1) di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini banyak sekali hambatan yang penulis hadapi, namun berkat saran, kritik, dan bantuan dari berbagai pihak, *alhamdulillah* Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan tepat waktu. Berkaitan dengan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih sedalam-dalamnya kepada:

1. Ibu Ir. Yunalia Muntafi S.T., M.T., Ph.D.(Eng)., IPM. Selaku Dosen Pembimbing sekaligus Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, terima kasih atas bimbingan, saran, nasihat, motivasi dan dorongan yang telah diberikan kepada saya selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Anggit Mas Arifudin S.T., M.T. Selaku Dosen Penguji I dalam Tugas Akhir saya.
3. Jafar S.T., MURP., M.T. Selaku Dosen Penguji II dalam Tugas Akhir saya.
4. Ibu Dr. Ir Sri Amini Yuni Astuti M.T. selaku dosen pembimbing akademik, yang telah memberikan motivasi dan semangat selama saya berkuliah.
5. Alm Bapak Antok Saputra dan Almh Ibu Laila Hartati selaku orang tua saya, Wahyu Ari Putra, Billy Ramadhan dan Nadella Aulia Risya selaku kakak saya, yang selalu mendoakan, nasihat, motivasi dan dukungan material kepada saya dalam proses penyusunan dan penyelesaian Tugas Akhir ini.

6. Tim Engineer PT. Pembangunan Perumahan (PT. PP) Proyek Rumah Sakit Umum Daerah Rengasdengklok yang telah memberikan data gedung.
7. Teman-teman saya yang tidak bisa disebutkan satu per satu yang telah memberikan dukungan dan kebersamaan selama proses penyusunan Tugas Akhir.

Penulis berharap Tugas Akhir ini memiliki manfaat bagi berbagai pihak yang membacanya. Namun, saya sadar bahwa Tugas Akhir ini jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, saya mohon maaf dan berharap Tugas Akhir ini bermanfaat bagi saya khususnya dan bagi pembaca umumnya.

Wassalamualikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 29 Agustus 2025

Penulis



Bayu Muhammad Iqbal

(21511091)

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
DEDIKASI	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xx
DAFTAR LAMPIRAN	xxiv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xxv
ABSTRAK	xxvii
ABSTRACT	xxviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	5
1.3. Tujuan Penelitian	5
1.4. Manfaat Penelitian	5
1.5. Batasan Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1. Penelitian Terdahulu	8
2.2. Perbandingan Penelitian Terdahulu dan yang akan dilakukan	21
2.3. Keaslian Penelitian	25
BAB III LANDASAN TEORI	26

3.1.	Bangunan Tahan Gempa	26
3.2.	Sistem Struktur Ganda	26
3.3.	Pembebanan	30
3.3.1.	Beban Statik	30
3.3.2.	Beban Dinamik	30
3.3.3.	Kombinasi Pembebanan Dasar untuk Metode Ultimit	31
3.3.4.	Kombinasi Pembebanan Dasar untuk Metode Tegangan Izin	31
3.3.5.	Pengaruh Beban Seismik	32
3.4.	Respon Spektrum	33
3.4.1.	Klasifikasi Situs	33
3.4.2.	Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa Maksimum	34
3.4.3.	Parameter Percepatan Spektral Desain	38
3.4.4.	Spektrum Respons Desain	38
3.4.5.	Fungsi Bangunan	39
3.4.6.	Kategori Risiko dan Faktor Keutamaan Gempa	39
3.4.7.	Kategori Desain Seismik	43
3.4.8.	Sistem Pemikul Gaya Seismik	43
3.4.9.	Berat Seimik Efektif	44
3.5.	Gaya Geser Seismik	45
3.5.1.	Periode Struktur	47
3.5.2.	Distribusi Vertikal Gaya Seismik	48
3.5.3.	Distribusi Horizontal Gaya Seismik	49
3.6.	Ketidakberaturan Struktur	49
3.6.1.	Ketidakberaturan Horizontal	49
3.6.2.	Ketidakberaturan Vertikal	54

3.7. Simpangan Antar Tingkat	59
3.8. Pengaruh P-delta	61
BAB IV METODE PENELITIAN	63
4.1. Umum	63
4.2. Model Struktur	63
4.3. Data Penelitian	66
4.4. Metode Penelitian	67
4.5. Tahapan Penelitian	68
BAB V DATA, ANALISIS, DAN PEMBAHASAN	71
5.1. Data Struktur	71
5.1.1 Geometri Bangunan	71
5.1.2 Mutu dan Spesifikasi Material	71
5.1.3 Elemen Struktur	72
5.1.4 Pemodelan Etabs	76
5.2. Perhitungan Pembebanan Struktur	77
5.2.1 Beban Mati Tambahan (Q_{SIDL})	77
5.2.2 Beban Hidup	83
5.2.3 Beban Dinding	86
5.2.4 Beban Gempa Respon Spektrum	87
5.3. Komponen Massa Bangunan	92
5.3.1 Berat Kolom	92
5.3.2 Berat Balok	97
5.3.3 Berat Pelat Lantai dan Atap	104
5.3.4 Berat Pelat Tangga dan Bordes	131
5.3.5 Berat Sistem Ganda	133

5.3.6	Berat Dinding	136
5.3.6	Berat Beban Gravitasi	137
5.4.	Massa bangunan	143
5.5.	Kontrol Berat Bangunan	145
5.6.	Analisis Respon Spektrum	148
5.6.1	Periode Struktur	148
5.6.2	Koefisien Respon Seismik	152
5.6.3	<i>Base Shear</i>	154
5.6.4	Distribusi Vertikal dan Horizontal Gaya Seismik	168
5.6.5	Jumlah Ragam	172
5.6.6	Cek Syarat Sistem Ganda 25%	176
5.7	Ketidakteraturan Struktur	179
5.7.1	Ketidakteraturan Horizontal	179
5.7.1	Ketidakteraturan Vertikal	191
5.8	Simpangan Antar Lantai	201
5.9	Stabilitas Struktur	209
5.10	Keamanan Bracing	213
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		220
6.1	Kesimpulan	220
6.2	Saran	222
DAFTAR PUSTAKA		224
LAMPIRAN		227

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan yang akan dilakukan	22
Tabel 3.1 Klasifikasi Situs	34
Tabel 3.2 Koefisien F_a	35
Tabel 3.3 Koefisien F_v	36
Tabel 3.4 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Nongedung untuk Beban Gempa	40
Tabel 3.5 Faktor Keutamaan Gempa	42
Tabel 3.6 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek	43
Tabel 3.7 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik	43
Tabel 3.8 Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk pemikul gaya seismik	44
Tabel 3.9 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x	47
Tabel 3.10 Koefisien Batas atas untuk Periode yang dihitung	48
Tabel 3.11 Ketidakberaturan Horizontal	50
Tabel 3.12 Ketidakberaturan Vertikal	54
Tabel 3.13 Simpangan Antar Tingkat Izin Δa	60
Tabel 4.1 Data Penelitian	66
Tabel 5.1 Elevasi Struktur Gedung	71
Tabel 5.2 Detail Kolom	72
Tabel 5.3 Detail Balok	73
Tabel 5.4 Detail Pelat	75
Tabel 5.5 Detail Struktur Pengekang Lateral	75

Tabel 5.6 Rekapitulasi Beban Mati Tambahan	82
Tabel 5.7 Beban Hidup Gedung RSUD Rengasdengklok	83
Tabel 5.8 Rekapitulasi Beban Dinding	87
Tabel 5.9 Rekapitulasi Berat Kolom Lantai 1	93
Tabel 5.10 Rekapitulasi Berat Kolom Lantai 2	94
Tabel 5.11 Rekapitulasi Berat Kolom Lantai 3	94
Tabel 5.12 Rekapitulasi Berat Kolom Lantai 4	95
Tabel 5.13 Rekapitulasi Berat Kolom Lantai 5	95
Tabel 5.14 Rekapitulasi Berat Kolom Lantai 6	96
Tabel 5.15 Rekapitulasi Berat Kolom Lantai 7	96
Tabel 5.16 Rekapitulasi Berat Balok Lantai 2	98
Tabel 5.17 Rekapitulasi Berat Balok Lantai 3	99
Tabel 5.18 Rekapitulasi Berat Balok Lantai 4	100
Tabel 5.19 Rekapitulasi Berat Balok Lantai 5	101
Tabel 5.20 Rekapitulasi Berat Balok Lantai 6	102
Tabel 5.21 Rekapitulasi Berat Balok Lantai 7	102
Tabel 5.22 Rekapitulasi Berat Balok Lantai 8	103
Tabel 5.23 Rekapitulasi Berat Pelat Lantai 2	105
Tabel 5.24 Rekapitulasi Berat Pelat Lantai 3	110
Tabel 5.25 Rekapitulasi Berat Pelat Lantai 4	116
Tabel 5.26 Rekapitulasi Berat Pelat Lantai 5	122
Tabel 5.27 Rekapitulasi Berat Pelat Lantai 6	126
Tabel 5.28 Rekapitulasi Berat Pelat Lantai 7 (Dak Atap)	129
Tabel 5.29 Rekapitulasi Berat Pelat Dak Atap	131
Tabel 5.30 Rekapitulasi Berat Pelat Tangga dan Bordes	132

Tabel 5.31 Rekapitulasi Berat <i>Shearwall Tipe I</i>	134
Tabel 5.32 Rekapitulasi Berat <i>Bracing Tipe X</i>	135
Tabel 5.33 Rekapitulasi Berat <i>Bracing Inverted V</i>	135
Tabel 5.34 Rekapitulasi Berat Dinding Bata Ringan	136
Tabel 5.35 Rekapitulasi Berat Dinding Kaca	137
Tabel 5.36 Rekapitulasi Berat Beban Gravitasi Lantai 2	138
Tabel 5.37 Rekapitulasi Berat Beban Gravitasi Lantai 3	139
Tabel 5.38 Rekapitulasi Berat Beban Gravitasi Lantai 4	140
Tabel 5.39 Rekapitulasi Berat Beban Gravitasi Lantai 5	141
Tabel 5.40 Rekapitulasi Berat Beban Gravitasi Lantai 6	142
Tabel 5.41 Rekapitulasi Berat Beban Gravitasi Lantai 7	143
Tabel 5.42 Rekapitulasi Berat Beban Gravitasi Dak Atap	143
Tabel 5.43 Massa Bangunan Struktur <i>Shearwall Tipe I</i>	144
Tabel 5.44 Massa Bangunan Struktur <i>Bracing Tipe – X</i>	144
Tabel 5.45 Massa Bangunan Struktur <i>Bracing Inverted V</i>	145
Tabel 5.46 Massa Bangunan dari <i>Software ETABS V.22 Struktur Shearwall Tipe-I</i>	145
Tabel 5.47 Massa Bangunan dari <i>Software ETABS V.22 Struktur Bracing Tipe-X</i>	146
Tabel 5.48 Massa Bangunan dari <i>Software ETABS V.22 Struktur Bracing Inverted - V</i>	146
Tabel 5.49 Perbandingan Massa Bangunan	147
Tabel 5.50 <i>Base Shear</i> Metode Statik Ekuivalen	155
Tabel 5.51 <i>Base Shear</i> Metode Statik Ekuivalen	155
Tabel 5.52 Faktor Skala Awal	156
Tabel 5.53 <i>Base Shear</i> Metode Respon Spektrum <i>Unscaled</i>	160

Tabel 5.54 Rekapitulasi Presentase Perbandingan Gaya Geser Ragam dengan Gaya Geser Statik	161
Tabel 5.55 Rekapitulasi Penskalaan Gaya Gempa	162
Tabel 5.56 Rekapitulasi Faktor Skala Baru	162
Tabel 5.57 <i>Base Shear</i> Metode Respon Spektrum <i>Scaled</i>	165
Tabel 5.58 Rekapitulasi Distribusi Vertikal dan Horizontal Gaya Seismik Struktur <i>Shearwall Tipe I</i> Arah Sumbu X	169
Tabel 5.59 Rekapitulasi Distribusi Vertikal dan Horizontal Gaya Seismik Struktur <i>Shearwall Tipe I</i> Arah Sumbu Y	170
Tabel 5.60 Rekapitulasi Distribusi Vertikal dan Horizontal Gaya Seismik Struktur <i>Bracing Tipe X</i> Arah Sumbu X	170
Tabel 5.61 Rekapitulasi Distribusi Vertikal dan Horizontal Gaya Seismik Struktur <i>Bracing Tipe X</i> Arah Sumbu Y	171
Tabel 5.62 Rekapitulasi Distribusi Vertikal dan Horizontal Gaya Seismik Struktur <i>Bracing Inverted V</i> Arah Sumbu X	171
Tabel 5.63 Rekapitulasi Distribusi Vertikal dan Horizontal Gaya Seismik Struktur <i>Bracing Inverted V</i> Arah Sumbu Y	171
Tabel 5.64 Partisipasi Massa Ragam Struktur <i>Shearwall Tipe I</i>	172
Tabel 5.65 Partisipasi Massa Ragam Struktur <i>Bracing Tipe-X</i>	172
Tabel 5.66 Partisipasi Massa Ragam Struktur <i>Bracing Inverted-V</i>	173
Tabel 5.67 Joint Reaction Seluruh Join Rangka	176
Tabel 5.68 Joint Reaction Seluruh Join Sistem Ganda	178
Tabel 5.69 Rekapitulasi Perhitungan Syarat Sistem Ganda	179
Tabel 5.70 Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebihan Struktur <i>Shearwall Tipe-I</i> $E_x + 0,3 E_y$	180
Tabel 5.71 Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebihan Struktur <i>Shearwall Tipe-I</i> $E_x - 0,3 E_y$	181

Tabel 5.72 Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebihan Struktur	
<i>Shearwall Tipe-I -Ex + 0,3 Ey</i>	181
Tabel 5.73 Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebihan Struktur	
<i>Shearwall Tipe-I -Ex - 0,3 Ey</i>	181
Tabel 5.74 Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebihan Struktur	
<i>Shearwall Tipe-I Ey + 0,3 Ex</i>	181
Tabel 5.75 Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebihan Struktur	
<i>Shearwall Tipe-I Ey - 0,3 Ex</i>	182
Tabel 5.76 Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebihan Struktur	
<i>Shearwall Tipe-I -Ey + 0,3 Ex</i>	182
Tabel 5.77 Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebihan Struktur	
<i>Shearwall Tipe-I -Ey - 0,3 Ex</i>	182
Tabel 5.78 Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebihan Struktur	
<i>Bracing Tipe-X Ex + 0,3 Ey</i>	182
Tabel 5.79 Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebihan Struktur	
<i>Bracing Tipe-X Ex - 0,3 Ey</i>	183
Tabel 5.80 Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebihan Struktur	
<i>Bracing Tipe-X -Ex + 0,3 Ey</i>	183
Tabel 5.81 Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebihan Struktur	
<i>Bracing Tipe-X -Ex - 0,3 Ey</i>	183
Tabel 5.82 Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebihan Struktur	
<i>Bracing Tipe-X Ey + 0,3 Ex</i>	183
Tabel 5.83 Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebihan Struktur	
<i>Bracing Tipe-X Ey - 0,3 Ex</i>	184
Tabel 5.84 Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebihan Struktur	
<i>Bracing Tipe-X -Ey + 0,3 Ex</i>	184
Tabel 5.85 Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebihan Struktur	
<i>Bracing Tipe-X -Ey - 0,3 Ex</i>	184

Tabel 5.86 Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebihan Struktur	
<i>Bracing Inverted V Ex + 0,3 Ey</i>	184
Tabel 5.87 Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebihan Struktur	
<i>Bracing Inverted V Ex - 0,3 Ey</i>	185
Tabel 5.88 Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebihan Struktur	
<i>Bracing Inverted V -Ex + 0,3 Ey</i>	185
Tabel 5.89 Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebihan Struktur	
<i>Bracing Inverted V -Ex - 0,3 Ey</i>	185
Tabel 5.90 Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebihan Struktur	
<i>Bracing Inverted V Ey + 0,3 Ex</i>	185
Tabel 5.91 Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebihan Struktur	
<i>Bracing Inverted V Ey - 0,3 Ex</i>	186
Tabel 5.92 Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebihan Struktur	
<i>Bracing Inverted V -Ey + 0,3 Ex</i>	186
Tabel 5.93 Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebihan Struktur	
<i>Bracing Inverted V -Ey - 0,3 Ex</i>	186
Tabel 5.94 Rekapitulasi Perhitungan Ketidakberaturan Horizontal Sudut Dalam	
Struktur <i>Shearwall Tipe – I</i>	188
Tabel 5.95 Rekapitulasi Perhitungan Ketidakberaturan Horizontal Sudut Dalam	
Struktur <i>Bracing Tipe - X</i>	188
Tabel 5.96 Rekapitulasi Perhitungan Ketidakberaturan Horizontal Sudut Dalam	
Struktur <i>Bracing Inverted V</i>	188
Tabel 5.97 Rekapitulasi Perhitungan Ketidakberaturan Horizontal Diskontinuitas	
Diafragma Struktur <i>Shearwall Tipe – I</i>	190
Tabel 5.98 Rekapitulasi Perhitungan Ketidakberaturan Horizontal Diskontinuitas	
Diafragma Struktur <i>Bracing Tipe – I</i>	190
Tabel 5.99 Rekapitulasi Perhitungan Ketidakberaturan Horizontal Diskontinuitas	
Diafragma Struktur <i>Bracing Inverted-V</i>	190

Tabel 5.100 Rekapitulasi Perhitungan Ketidakberaturan Vertikal Kekakuan Tingkat Lunak dan Tingkat Lunak Berlebihan Struktur <i>Shearwall Tipe</i> <i>– I</i>	193
Tabel 5.101 Rekapitulasi Perhitungan Ketidakberaturan Vertikal Kekakuan Tingkat Lunak dan Tingkat Lunak Berlebihan Struktur <i>Bracing Tipe-</i> <i>X</i>	193
Tabel 5.102 Rekapitulasi Perhitungan Ketidakberaturan Vertikal Kekakuan Tingkat Lunak dan Tingkat Lunak Berlebihan Struktur <i>Bracing</i> <i>Inverted-V</i>	194
Tabel 5.103 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Ketidakberaturan Vertikal Berat (Massa) Struktur <i>Shearwall Tipe – I</i>	195
Tabel 5.104 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Ketidakberaturan Vertikal Berat (Massa) Struktur <i>Bracing Tipe – X</i>	196
Tabel 5.105 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Ketidakberaturan Vertikal Berat (Massa) Struktur <i>Bracing Inverted – V</i>	196
Tabel 5.106 Rekapitulasi Perhitungan Ketidakberaturan Vertikal Geometri Vertikal Struktur <i>Shearwall Tipe – I</i>	197
Tabel 5.107 Rekapitulasi Perhitungan Ketidakberaturan Vertikal Geometri Vertikal Struktur <i>Bracing Tipe – X</i>	198
Tabel 5.108 Rekapitulasi Perhitungan Ketidakberaturan Vertikal Geometri Vertikal Struktur <i>Bracing Inverted – V</i>	198
Tabel 5.109 Rekapitulasi Perhitungan Ketidakberaturan Vertikal Tingkat Lemah dan Berlebihan Diskontinuitas pada Kekuatan Lateral Tingkat Struktur <i>Shearwall Tipe-I</i>	200
Tabel 5.110 Rekapitulasi Perhitungan Ketidakberaturan Vertikal Tingkat Lemah dan Berlebihan Akibat Diskontinuitas pada Kekuatan Lateral Tingkat <i>Bracing Tipe-X</i>	200

Tabel 5.111 Rekapitulasi Perhitungan Ketidakberaturan Vertikal Tingkat Lemah dan Berlebihan Akibat Diskontinuitas pada Kekuatan Lateral Tingkat Bracing <i>Inverted-V</i>	201
Tabel 5.112 Rekapitulasi Penskalaan Simpangan	202
Tabel 5.113 Rekapitulasi Simpangan Antar Lantai Struktur <i>Shearwall Tipe - I</i>	204
Tabel 5.114 Rekapitulasi Simpangan Antar Lantai Struktur <i>Bracing Tipe - X</i>	204
Tabel 5.115 Rekapitulasi Simpangan Antar Lantai Struktur <i>Bracing Inverted V</i>	205
Tabel 5.116 Rekapitulasi Perhitungan Stabilitas Struktur Model <i>Shearwall Tipe - I</i>	210
Tabel 5.117 Rekapitulasi Perhitungan Stabilitas Struktur Model <i>Bracing Tipe - X</i>	210
Tabel 5.118 Rekapitulasi Perhitungan Stabilitas Struktur Model <i>Bracing Tipe Inverted V</i>	211

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta Lokasi Penelitian dan Sesar di Wilayah Rengasdengklok	2
Gambar 1.2 Peta Beberapa Episenter Gempa di sekitar Lokasi Penelitian Tahun 2019 – 2025	3
Gambar 2.1 Pemodelan 3D Struktur Tanpa Dinding Geser	8
Gambar 2.2 Pemodelan 3D Struktur Dinding Geser Model 1	9
Gambar 2.3 Pemodelan 3D Struktur Dinding Geser Model 2	9
Gambar 2.4 Pemodelan 3D Struktur Dinding Geser Model 3	10
Gambar 2.5 Pemodelan 3D Struktur Dinding Geser Model 4	10
Gambar 2.6 Pemodelan 3D Struktur Dinding Geser Model 5	11
Gambar 2.7 Pemodelan Gedung 15 lantai	13
Gambar 2.8 Model 3D Struktur Tanpa <i>Bresing</i>	14
Gambar 2.9 Model 3D Struktur Diagonal <i>Braced</i>	14
Gambar 2.10 Model 3D Struktur <i>Inverted - V Braced</i>	15
Gambar 2.11 Model 3D Struktur X – <i>Braced</i>	15
Gambar 2.12 Model 1 Dinding Geser	16
Gambar 2.13 Model 2 <i>Inverted Bracing-V</i>	17
Gambar 2.14 Pemodelan Denah Kontrol (MDK)	18
Gambar 2.15 Pemodelan Sistem Bracing Eksentris K (MBSBEK)	19
Gambar 2.16 Pemodelan Sistem Bracing Eksentris Inverted V (MBSBEK)	19
Gambar 2.17 Pemodelan Sistem Bracing Eksentris D (MBSBED)	20
Gambar 2.18 Pemodelan Sistem Bracing Eksentris Inverted V dan V (MBSBEIVV)	20

Gambar 3.1 <i>Frame Walls</i>	27
Gambar 3.2 <i>Bearing Wall</i>	27
Gambar 3.3 <i>Core Wall</i>	28
Gambar 3.4 Rangka <i>Bracing</i> Konsentrik	29
Gambar 3.5 Rangka <i>Bracing</i> Eksentrik	29
Gambar 3.6 Parameter gerak tanah S_s , gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko-tertarget (MCE_R) wilayah Indonesia untuk spektrum respons 0,2 detik (redaman kritis 5%)	36
Gambar 3.7 parameter gerak tanah S_1 , gempa maksimum yang di pertimbangkan resiko-tertarget (MCE_R) wilayah Indonesia untuk spektrum respons 0,2 detik (redaman kritis 5 %)	37
Gambar 3.8 Peta Transisi Periode Panjang, T_L , wilayah Indonesia	37
Gambar 3.9 Spektrum Respons Desain	39
Gambar 3.10 Ketidakberaturan Horizontal 1a dan 1b	52
Gambar 3.11 Ketidakberaturan Horizontal 2	53
Gambar 3.12 Ketidakberaturan Horizontal 3	53
Gambar 3.13 Ketidakberaturan Horizontal 4	53
Gambar 3.14 Ketidakberaturan Horizontal 5	54
Gambar 3.15 Ketidakberaturan Vertikal 1 dan 1b	57
Gambar 3.16 Ketidakberaturan Vertikal 2	57
Gambar 3.17 Ketidakberaturan Vertikal 3	58
Gambar 3.18 Ketidakberaturan Vertikal 4	58
Gambar 3.19 Ketidakberaturan Vertikal 5a dan 5b	58
Gambar 3.20 Penentuan Simpangan Antar Tingkat	59
Gambar 4.1 Denah Model 1 Struktur <i>Shearwall</i> Tipe I	64
Gambar 4.2 Denah Model 2 Struktur <i>Bracing</i> Tipe-X	64

Gambar 4.3 Denah Model 3 Struktur <i>Bracing Inverted-V</i>	65
Gambar 4.4 Potongan Arah X	65
Gambar 4.5 Potongan Arah Y	66
Gambar 4.6 <i>Flowchart</i> Penelitian	69
Gambar 5.1 Pemodelan ETABS V.22 Struktur <i>Shearwall Tipe I</i>	76
Gambar 5.2 Pemodelan ETABS V.22 Struktur <i>Bracing Tipe X</i>	76
Gambar 5.3 Pemodelan ETABS V.22 Struktur <i>Bracing Inverted V</i>	77
Gambar 5.4 Kurva Spektrum Respon Desain	92
Gambar 5.5 Input Faktor Skala awal Struktur <i>Shearwall Tipe I</i> Arah X	157
Gambar 5.6 Input Faktor Skala awal Struktur <i>Shearwall Tipe I</i> Arah Y	157
Gambar 5.7 Input Faktor Skala awal Struktur <i>Bracing Tipe X</i> Arah X	158
Gambar 5.8 Input Faktor Skala awal Struktur <i>Bracing Tipe X</i> arah Y	158
Gambar 5.9 Input Faktor Skala awal Struktur <i>Bracing Inverted V</i> Arah X	159
Gambar 5.10 Input Faktor Skala awal Struktur <i>Bracing Inverted V</i> arah Y	159
Gambar 5.11 Input Faktor Skala Baru Struktur <i>Shearwall Tipe I</i> Arah X	162
Gambar 5.12 Input Faktor Skala Baru Struktur <i>Shearwall Tipe I</i> Arah Y	163
Gambar 5.13 Input Faktor Skala Baru Struktur <i>Bracing Tipe X</i> Arah X	163
Gambar 5.14 Input Faktor Skala Baru Struktur <i>Bracing Tipe X</i> Arah Y	164
Gambar 5.15 Input Faktor Skala Baru Struktur <i>Bracing Inverted V</i> Arah X	164
Gambar 5.16 Input Faktor Skala Baru Struktur <i>Bracing Inverted V</i> Arah Y	165
Gambar 5.17 <i>Base Shear</i> Respon Spektrum Arah X	166
Gambar 5.18 <i>Base Shear</i> Respon Spektrum Arah Y	166
Gambar 5.19 Mode 1 Struktur <i>Shearwall Tipe-I</i> Translasi Arah X	173
Gambar 5.20 Mode 2 Struktur <i>Shearwall Tipe-I</i> Translasi Arah Y	174
Gambar 5.21 Mode 3 Struktur <i>Shearwall Tipe-I</i> Rotasi Arah Z	174

Gambar 5.22 Mode 1 Struktur <i>Bracing Tipe X</i> Translasi Arah X	174
Gambar 5.23 Mode 2 Struktur <i>Bracing Tipe X</i> Translasi Arah Y	175
Gambar 5.24 Mode 3 Struktur <i>Bracing Tipe X</i> Rotasi Arah Z	175
Gambar 5.25 Mode 1 Struktur <i>Bracing Inverted-V</i> Translasi Arah X	175
Gambar 5.26 Mode 2 Struktur <i>Bracing Inverted-V</i> Translasi Arah Y	176
Gambar 5.27 Mode 3 Struktur <i>Bracing Inverted V</i> Rotasi Arah Z	176
Gambar 5.28 Ilustrasi Pengecekan Ketidakberaturan Horizontal	187
Gambar 5.29 Struktur Lantai 2 Diskontinuitas Diafragma	189
Gambar 5.30 Grafik Simpangan Antar Lantai Arah X	206
Gambar 5.31 Grafik Simpangan Antar Lantai Arah Y	206
Gambar 5.32 Grafik <i>Displacement</i> Pada Arah X	207
Gambar 5.33 Grafik <i>Displacement</i> Pada Arah Y	207
Gambar 5.34 Grafik Stabilitas Struktur Arah X	212
Gambar 5.35 Grafik Stabilitas Struktur Arah Y	212
Gambar 5.36 Indikator Warna dan Nilai Numerik Keamanan Baja	213
Gambar 5.37 Cek Keamanan Profil Baja <i>Bracing Tipe X</i> As 4” – A/B	214
Gambar 5.38 Cek Keamanan Profil Baja <i>Bracing Tipe X</i> As 11 – A/B	214
Gambar 5.39 Cek Keamanan Profil Baja <i>Bracing Inverted V</i> As 4” – A/B	215
Gambar 5.40 Cek Keamanan Profil Baja <i>Bracing Inverted V</i> As 11 – A/B	215
Gambar 3.41 Hasil <i>Report Frame Bracing Tipe X</i>	216
Gambar 5.42 Hasil <i>Report Frame Bracing Inverted V</i>	218

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat keterangan bebas plagiasi	228
Lampiran 2 N-SPT	229
Lampiran 3 Gambar As built Drawing Gedung Rumah Sakit Umum Daerah Rengasdengklok	234

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

A	= Luas total
A _{bukaan}	= Luas bukaan
BMKG	= Balai besar Meteorologi Klimatologi dan Geofikasi
BV	= Berat volume
BJ	= Berat jenis
Cd	= Faktor pembesaran simpangan lateral
Cs	= Koefisien respons seismik
cm	= Centimeter
Fa	= Koefisien situs untuk periode pendek
F _v	= Koefisien situs untuk periode panjang
g	= Gravitasi
h _i	= Tinggi tingkat ke-n
Ie	= Faktor keutamaan gempa
Kg	= Kilogram
kN	= Kilonewton
KL	= Kekuatan Lantai
k	= Nilai eksponen
L _y	= Panjang total arah Y
L _x	= Panjang total arah X
MS	= Massa bangunan hitungan manual
ME	= Massa bangunan hitungan <i>software</i> ETABS V.22
MEP	= Mekanikal Elektrikal dan Plumbing
MCE	= Gempa maksimum yang dipertimbangkan
MCE _R	= Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget
m	= Meter
mm	= Milimeter
MPa	= Megapaskal

n	= Jumlah
PVMG	= Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi
ρ	= Faktor redundansi struktur
P_y	= Panjang sudut arah Y
P_x	= Panjang sudut arah X
R	= Koefisien modifikasi respons
SNI	= Standar Negara Indonesia
SIDL	= <i>Super Imposed Dead Load</i>
SE	= Tanah lunak
S_s	= parameter percepatan respons spektral MCE_R periode pendek
S_1	= parameter percepatan respons spektral MCE_R periode 1 detik
S_{MS}	= parameter percepatan respons spektral MCE_R periode pendek
S_{M1}	= percepatan percepatan respons spektral MCE_R periode 1 detik
SDS	= parameter percepatan respons spektral pada periode pendek
SD1	= parameter percepatan respons spektral pada periode 1 detik
S_a	= respons spektra percepatan
TL	= Periode panjang
T_a	= Periode fundamental pendekatan
T_{maks}	= Periode Maksimum
USGS	= <i>United States Geological Survey</i>
V	= Volume
V	= Gaya geser statik ekuivalen
V_t	= Gaya geser respon dinamik
W	= Berat seismik efektif
Δ_{max}	= Simpangan maksimum
Δ_{avg}	= Simpangan rata-rata
Δ	= Simpangan
β	= Beta
θ	= Koefisien stabilitas untuk pengaruh P-Delta

ABSTRAK

Rengasdengklok adalah salah satu wilayah di Indonesia dengan ancaman bencana gempa bumi tinggi dan berdekatan dengan sesar aktif baribis. Maka dari itu perencanaan struktur bangunan bertingkat di wilayah Rengasdengklok wajib memperhitungkan beban gempa untuk menghindari kegagalan struktur yang mengakibatkan korban jiwa. Terdapat dua jenis sistem pengaku struktur untuk meredam gaya gempa, yaitu *frame-wall* dan *frame-global bracing*.

Tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan hasil analisis respon struktur pada tiga model struktur, respon struktur yang dimaksud meliputi nilai *base shear*, ketidakberaturan horizontal dan vertikal, simpangan antar lantai, dan nilai stabilitas struktur. Model struktur yang akan digunakan dalam analisis ini yaitu, menggunakan *shearwall* tipe I sesuai dengan bangunan Rumah Sakit Umum Daerah Rengasdengklok gedung A (model 1), menggunakan *bracing* tipe X (model 2), dan menggunakan *bracing inverted-V* (model 3). Ketiga model tersebut akan dianalisis menggunakan metode respon spektrum menggunakan *software* ETABS v22.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai *base shear* terbesar secara berurutan terjadi pada struktur *bracing tipe X*, struktur *bracing inverted V* dan *shearwall tipe I*. Kemudian, terdapat ketidakberaturan sudut dalam arah X, serta ketidakberaturan vertikal 1a dan berat (massa) pada ketiga struktur. Berdasarkan nilai simpangan antar lantai di pusat massa arah X lantai 3 dan 4 pada ketiga struktur melebihi batas izin. Sementara itu, simpangan antar lantai pada arah Y ketiga struktur masih dalam batas aman dan tidak melebihi batas izin. Berdasarkan nilai stabilitas struktur hasil perhitungan menunjukkan hasil stabilitas yang baik dan tidak melebihi batas izin pada ketiga struktur.

Kata kunci: Bangunan Bertingkat, *Bracing tipe-X*, *Bracing Inverted-V*, Respon Struktur, *Shearwall tipe-I*

ABSTRACT

Rengasdengklok is one of the regions in Indonesia with a high seismic hazard due to its proximity to the active Baribis fault. Therefore, the structural design of multi-story buildings in this area must account for earthquake loads to prevent structural failure and potential casualties. Two common lateral load-resisting systems are frame-wall and frame-global bracing.

This study aims to compare the structural response of three structural models, focusing on base shear, horizontal and vertical irregularities, interstory drift, and overall structural stability. The three models analyzed are: (1) a structure with shearwall type I, based on the Rengasdengklok General Hospital Building A; (2) a structure with X-type bracing; and (3) a structure with inverted-V bracing. All models were analyzed using the response spectrum method in ETABS v22.

The results show that the highest base shear occurred in the X-bracing structure, followed by the inverted-V bracing structure, and then the shearwall type I structure. Horizontal irregularities in the X-direction and vertical irregularities (type 1a and mass irregularities) were observed in all models. Interstory drift in the X-direction at the 3rd and 4th floors exceeded the allowable limits for all models, while the Y-direction interstory drift remained within acceptable limits. Furthermore, the stability analysis indicated that all models achieved adequate structural stability and did not exceed the permissible limits.

Keywords: *Bracing Tipe – X, Bracing Inverted -V, Multi-storey Building, Shearwall Tipe – I, Structural Response*

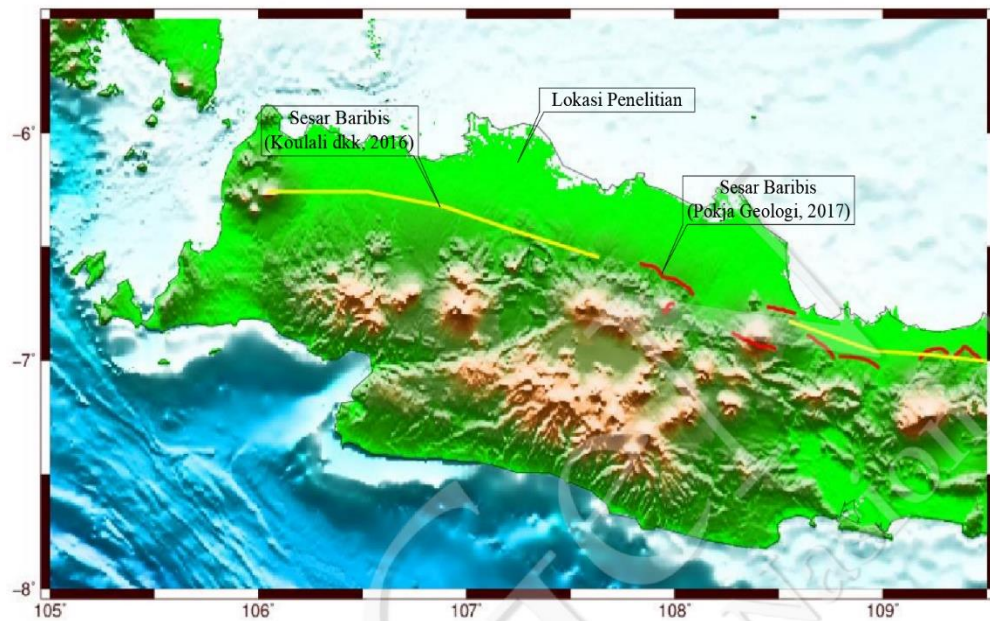
BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

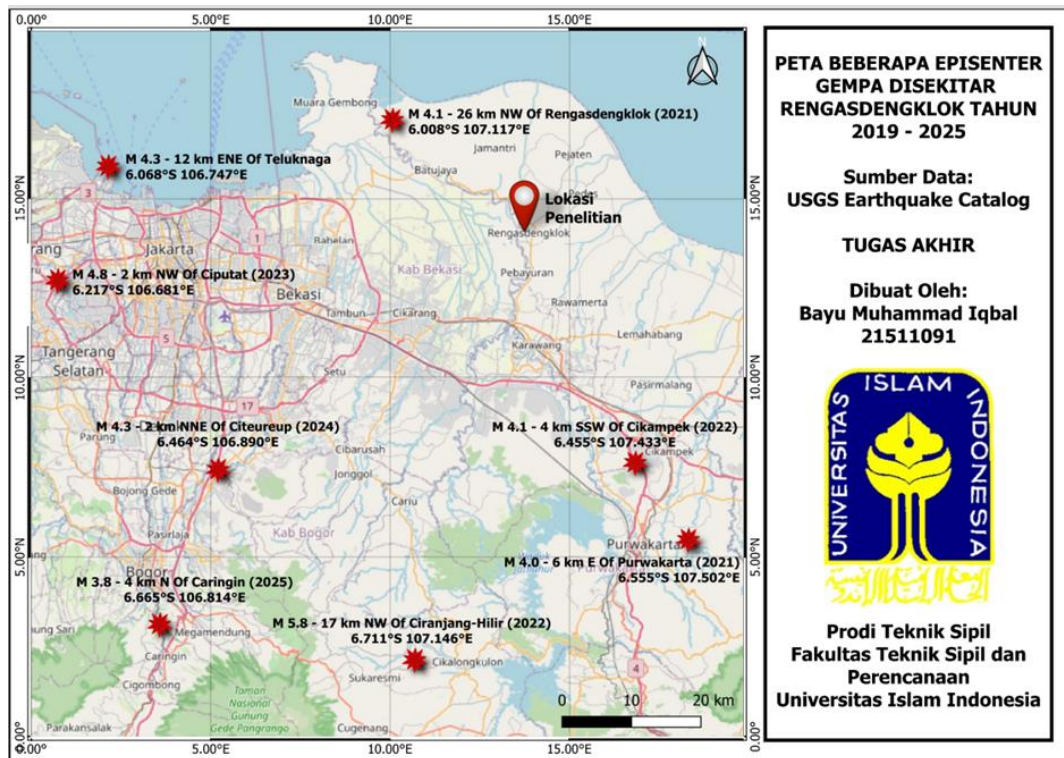
Indonesia merupakan negara yang berada dalam kawasan *Ring of Fire* dikarenakan Indonesia memiliki gunung berapi aktif. Hal ini menyebabkan Indonesia sering dilanda gempa bumi, yang juga merupakan efek dari pergeseran empat lempeng tektonik yang ada di kawasan Indonesia yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Filipina, Lempeng Pasifik, dan Lempeng Indo-Australia. Gempa bumi adalah peristiwa bergetarnya permukaan tanah karena pelepasan energi secara tiba-tiba akibat pecah atau slipnya massa batuan di lapisan kerak bumi (Pawirodikromo, 2012).

Menurut peta kawasan rawan bencana gempa bumi provinsi Jawa Barat yang dikeluarkan oleh Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG), Rengasdengklok termasuk salah satu wilayah di Indonesia yang mempunyai tingkat rawan bencana gempa bumi tinggi. Selain itu, Rengasdengklok juga berdekatan dengan sesar baribis yang merupakan sesar aktif seperti yang dapat dilihat pada Gambar 1.1. Sesar baribis tersebut hanya berjarak sekitar ± 15 km dari lokasi penelitian, tentunya akan memberikan dampak respon dinamik yang berlebih pada struktur bangunan jika terjadi gempa bumi. Oleh karena itu, penting dilakukannya evaluasi pada bangunan Rumah Sakit Umum Daerah Rengasdengklok terhadap potensi gempa bumi.



Gambar 1.1 Peta Lokasi Penelitian dan Sesar di Wilayah Rengasdengklok
(Sumber: Pokja Geologi, 2017 dan Koulali dkk, 2016 dalam Pusgen, 2017)

Berdasarkan data yang di dapatkan dari *United States Geological Survey* (USGS), terdapat delapan kejadian gempa bumi dari tahun 2019 hingga tahun 2025 di sekitar wilayah Rengasdengklok. Letak pusat gempa yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 1.2, dengan adanya gempa tersebut dapat memberikan dampak buruk pada bangunan bertingkat apabila kurang matangnya perencanaan bangunan terhadap beban gempa. Dalam perencanaan struktur bangunan bertingkat, seharusnya wajib memperhitungkan beban gempa agar ketika bangunan terdampak bencana gempa bumi tidak akan mengalami kegagalan struktur yang akan mengakibatkan korban jiwa. Hal tersebut yang menjadikan tantangan para insinyur untuk merencanakan dan membangun bangunan yang tahan terhadap gempa bumi, sehingga struktur bangunan tetap berdiri dengan kokoh dan aman.



Gambar 1.2 Peta Beberapa Episentris Gempa di sekitar Lokasi Penelitian Tahun 2019 – 2025

(Sumber data: *United States Geological Survey (USGS) Earthquake Catalog*)

Adapun solusi mengenai bangunan bertingkat agar tetap aman, para insinyur akan memberikan kekuatan tambahan terhadap struktur bangunan untuk menahan gaya gempa yang terjadi. Terdapat dua jenis sistem pengaku struktur untuk meredam gaya gempa yang terjadi yaitu, menggunakan *frame-wall* dan *frame-global bracing*. Keduanya sering digunakan pada bangunan bertingkat untuk menahan gaya lateral maupun gaya gempa bumi. *Frame-wall* merupakan sistem pengaku struktur yang paling sering digunakan untuk meredam gaya lateral dan gempa, sedangkan *frame-global bracing* juga sering digunakan karena sistem struktur ini sangat efektif dalam meningkatkan kualitas dan stabilitas struktur terhadap gaya lateral.

Fitriyati & Trimurtiningrum (2022) melakukan penelitian mengenai perbandingan perilaku bracing X-1 story dan bracing X-2 story. Penelitian ini menunjukkan bahwa *bracing* dengan tipe X-1 story memiliki hasil nilai simpangan, periode struktur, nilai simpangan antar lantai dan P-delta yang lebih efisien dan

aman bagi struktur bangunan, dibandingkan dengan *bresing* tipe X-2 story dan struktur tanpa *bresing*. Sedangkan pada penelitian Indrastanto (2020) melakukan penelitian terhadap *Bresing* Tipe-V dan *Bresing Inverted-V*. Penelitian ini menunjukkan bahwa *bresing inverted-V* lebih unggul dibandingkan dengan *bresing* tipe-V baik dari segi nilai *displacement* dan terbentuknya sendi plastis.

Berdasarkan hasil penelitian di atas menunjukkan bahwa *bracing tipe X-1 story* dan *bracing inverted V* unggul dibandingkan tipe *bracing* lainnya. Hasil dari penelitian tersebut yang mendorong penulis melakukan penelitian dengan membandingkan respon struktur yang terjadi pada *frame wall* dan *frame global bracing*. Penelitian ini penting dilakukan untuk mengetahui perbedaan analisis respon struktur dengan menggunakan *frame-wall* dan *frame-global bracing*. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran terhadap desain struktur dengan perbedaan jenis pengaku pada struktur beton bertulang. Selain itu, penelitian ini dilakukan sebagai langkah awal evaluasi struktur untuk mengetahui respon struktur akibat potensi bencana gempa bumi.

Penelitian ini menggunakan objek berupa bangunan Rumah Sakit Umum Daerah Rengasdengklok gedung A dengan tiga model perkuatan struktur. Model struktur yang akan digunakan dalam analisis ini yaitu, menggunakan *shearwall* tipe I sesuai dengan model bangunan Rumah Sakit Umum Daerah Rengasdengklok gedung A (model 1), menggunakan *bracing* tipe X (model 2), dan menggunakan *bracing inverted-V* (model 3). Adapun *bracing* yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah *bracing* dengan material baja guna mempermudah pelaksanaannya. Selain itu, mengenai mengapa letak *bracing* diletakkan persis seperti *shearwall* karena pada umumnya letak *shearwall* adalah letak yang strategis sebagai perkuatan struktur penahan gempa. Kemudian letak *shearwall* sesuai dengan kondisi eksisting dengan meletakkan posisi perkuatan yang sama dapat mempermudah evaluasi seberapa besar perubahan yang terjadi akibat pergantian sistem pengaku struktur pada bangunan gedung beton bertulang.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, diambil rumusan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana perbandingan nilai *base shear* antara *frame-wall* dan *frame-global bracing*?
2. Bagaimana hasil ketidakberaturan horizontal dan vertikal pada *frame-wall* dan *frame-global bracing*?
3. Bagaimana perbandingan nilai simpangan antar lantai pada *frame-wall* dan *frame-global bracing*?
4. Bagaimana perbandingan nilai stabilitas struktur antara *frame-wall* dan *frame-global bracing*?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian yang ingin dicapai sebagai berikut.

1. Mengetahui hasil nilai *base shear* antara *frame-wall* dan *frame-global bracing*.
2. Mengetahui hasil ketidakberaturan horizontal dan vertikal pada *frame-wall* dan *frame-global bracing*.
3. Mengetahui hasil nilai simpangan antar lantai pada *frame-wall* dan *frame-global bracing*.
4. Mengetahui nilai stabilitas struktur antara *frame-wall* dan *frame-global bracing*.

1.4. Manfaat Penelitian

Dengan dilakukannya penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat terhadap perkembangan konstruksi dalam pembangunan gedung. Adapun manfaat dari penelitian ini sebagai berikut.

1. Mengetahui tingkat kekuatan bangunan bertingkat dengan menggunakan *frame-wall* dan *frame-global bracing*.
2. Memberikan manfaat dalam memahami respon struktur bangunan beton bertulang dengan menggunakan *frame-wall* dan *frame-global bracing*.

3. Memberikan gambaran penggunaan *frame-wall* dan *frame-global bracing* dalam struktur gedung bertingkat tinggi.
4. Menjadi referensi untuk penelitian yang akan datang.

1.5. Batasan Penelitian

Dalam melakukan penelitian, tentunya ada batasan mengenai penelitian ini akan dihentikan. Berikut ini beberapa batasan lingkup penelitian.

1. *Frame* bangunan menggunakan struktur beton bertulang enam lantai.
2. Fungsi bangunan merupakan bangunan rumah sakit.
3. Jenis tanah lunak (SE) berdasarkan *soil investigation* pada lokasi proyek Rumah Sakit Umum Daerah Rengasdengklok
4. Analisis struktur menggunakan program ETABS V.22
5. Struktur gedung dimodelkan dalam bentuk 3 dimensi.
6. Beban angin tidak diperhitungkan.
7. Beban yang diperhitungkan dalam analisis ini adalah beban mati, beban hidup dan beban gempa.
8. Tidak melakukan analisis biaya.
9. Model analisis struktur yang digunakan adalah bangunan Rumah Sakit Umum Daerah Rengasdengklok gedung A.
10. Penggunaan *shearwall* sesuai dengan data bangunan eksisting, sedangkan penggunaan *bracing* diletakkan menggantikan posisi *shearwall* bangunan eksisting.
11. Pemodelan akan menggunakan tiga jenis sistem pengaku yaitu, *Shearwall tipe I* (model 1), *Bracing tipe X* (model 2) dan *Bracing Inverted V* (model 3).
12. Pemilihan *bracing tipe X* dan *bracing inverted V* didasarkan pada hasil penelitian terdahulu yang menyatakan *bracing* tersebut lebih unggul dibandingkan *bracing* lainnya.
13. Hanya menganalisis struktur utama bangunan Rumah Sakit Umum Daerah Rengasdengklok gedung A.
14. Tidak mempertimbangkan adanya efek ketidakberaturan horizontal dan ketidakberaturan vertikal.

15. Ketidakberaturan struktur ditinjau melalui metode statik ekuivalen.
16. Peraturan yang digunakan dalam penelitian:
 - a. Pembebanan gempa mengacu pada SNI 1726 – 2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung.
 - b. Pembebanan gravitasi mengacu pada SNI 1727 – 2020 Beban Desain Minimum Dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain.
 - c. Perencanaan dan persyaratan elemen beton struktural mengacu pada SNI 2847 – 2019 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung.
 - d. Perencanaan *bracing* baja mengacu pada SNI 1729 – 2020 Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural.
 - e. Penentuan Spesifikasi Material baja mengacu pada *Steel Construction Manual, American Institute of Steel Construction 2011*

BAB II

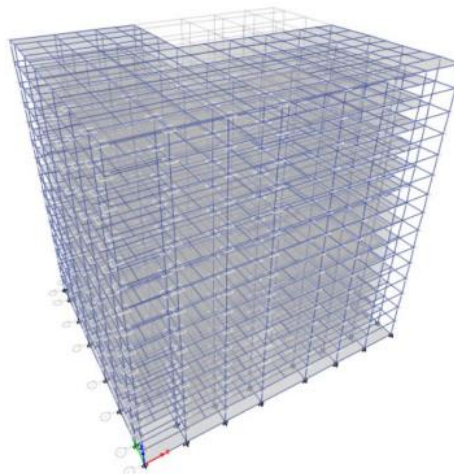
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Dalam penelitian ini, penulis memiliki berbagai referensi yang menjadi acuan terhadap penelitian yang dilakukan. Referensi yang dijadikan acuan meliputi jurnal ilmiah dan tugas akhir. Pengambilan tinjauan pustaka dari peneliti sebelumnya, seperti pembahasan mengenai pengaruh penggunaan sistem pengaku struktur pada bangunan gedung. Adapun beberapa penelitian yang digunakan untuk tinjauan pustaka dari penelitian ini sebagai berikut.

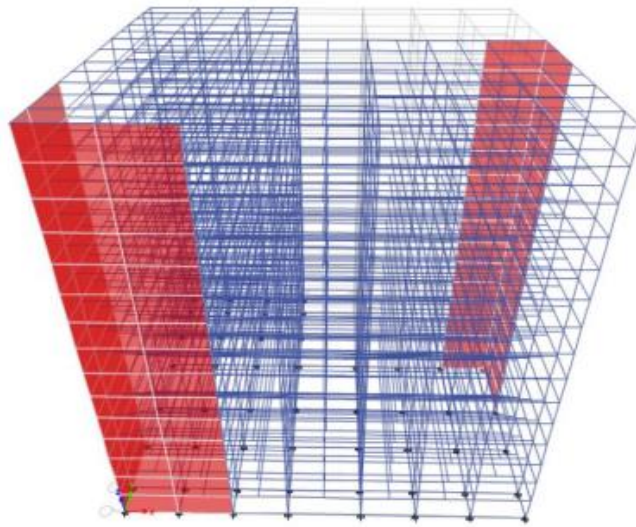
1. Komprasi Respon Dinamik Struktur Pada Gedung Bertingkat dengan Variasi Bentuk dan Penempatan Dinding Geser Mengacu SNI 1726-2019.

Prathama (2021) melakukan penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari penempatan dinding geser terhadap nilai gaya *base shear*, nilai *displacement* bangunan, *drift ratio* dan pola simpangan bangunan gedung. Dalam penelitian ini digunakan *software* SAP2000 sebagai alat bantu dalam analisisnya. Penempatan dinding geser dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.1 sampai dengan Gambar 2.6 sebagai berikut.

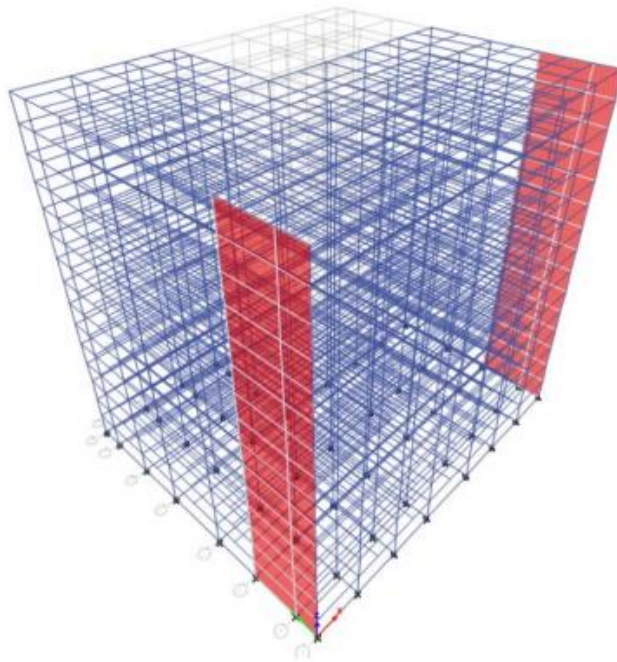


Gambar 2.1 Pemodelan 3D Struktur Tanpa Dinding Geser

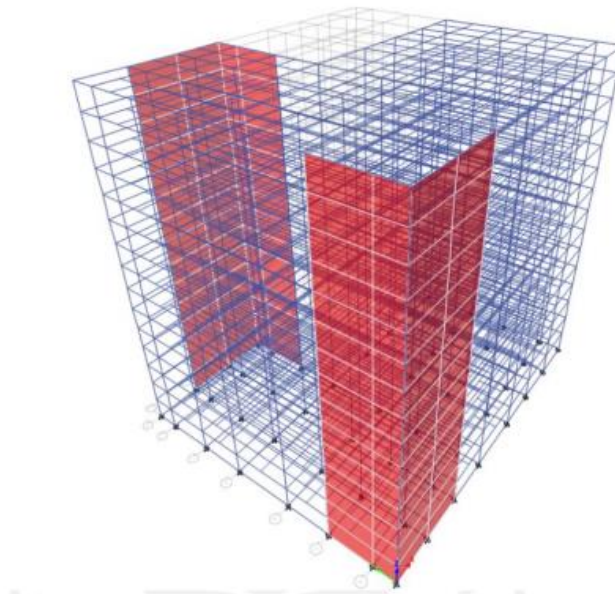
(Sumber: Prathama (2021))



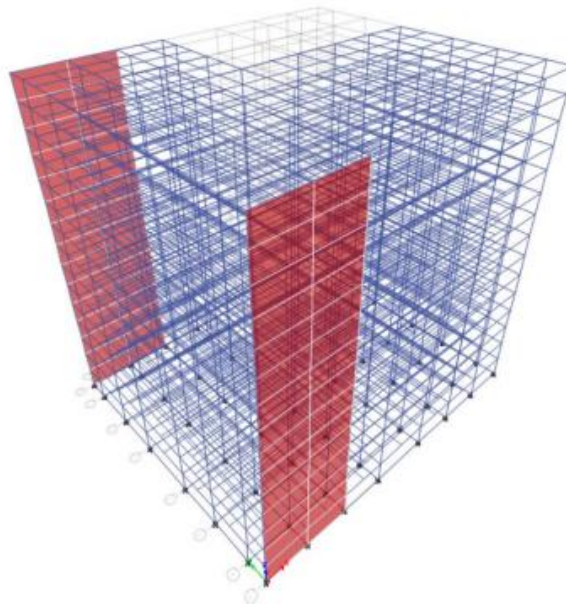
Gambar 2.2 Pemodelan 3D Struktur Dinding Geser Model 1
(Sumber: Prathama (2021))



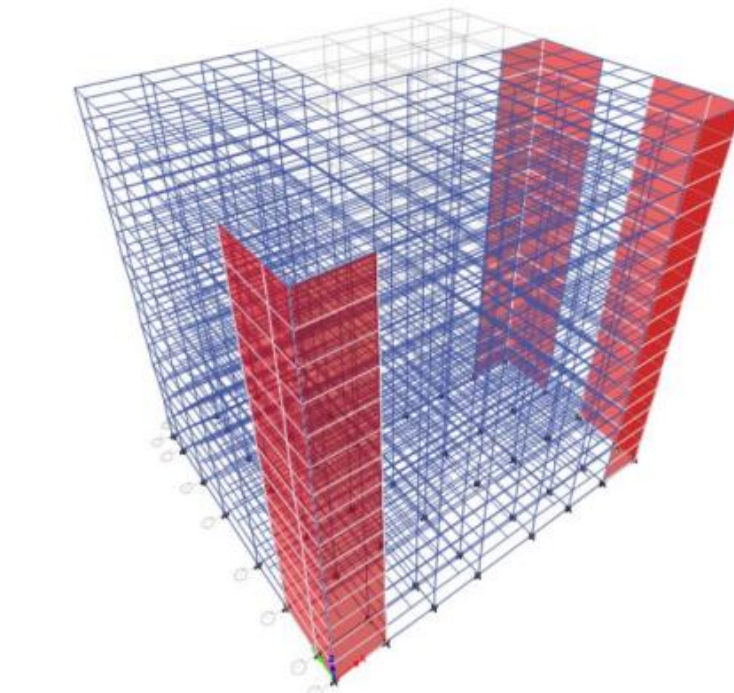
Gambar 2.3 Pemodelan 3D Struktur Dinding Geser Model 2
(Sumber: Prathama (2021))



Gambar 2.4 Pemodelan 3D Struktur Dinding Geser Model 3
(Sumber: Prathama (2021))



Gambar 2.5 Pemodelan 3D Struktur Dinding Geser Model 4
(Sumber: Prathama (2021))



Gambar 2.6 Pemodelan 3D Struktur Dinding Geser Model 5

(Sumber: Prathama (2021))

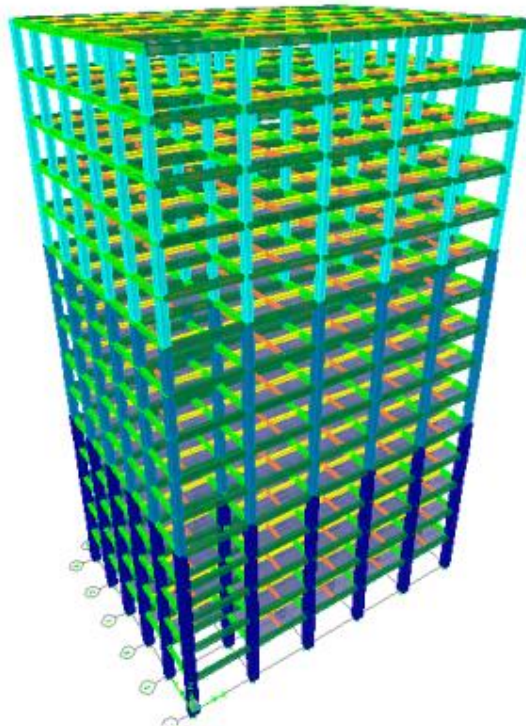
Dari penelitian yang dilakukan oleh Prathama (2021) dapat disimpulkan sebagai berikut.

- a. Pada analisis statik ekuivalen yang dilakukan terdapat perbedaan nilai gaya geser atau *base shear* dari keenam model yang di mana model dengan struktur tanpa *shearwall* memiliki nilai gaya geser sebesar 38509,3 kN. Sedangkan nilai model 1 sampai dengan 5 yang menggunakan struktur dengan *shearwall* memiliki nilai gaya geser sebesar 39833,7 kN, 39192,51 kN, 40103,4 kN, 38791,9 kN dan 40175,31 kN.
- b. Pada *displacement* yang terjadi dari keenam model struktur terdapat perbedaan hasil *displacement* yang terjadi pada masing-masing model struktur yang di mana pada model 4 dan model 5 memiliki nilai *displacement* yang paling efektif dibandingkan dengan model lainnya. Dapat dikatakan dengan nilai *displacement* paling efektif dikarenakan mempunyai selisih nilai yang paling besar ketika dibandingkan dengan

model struktur tanpa *shearwall*, pada model 5 memiliki nilai *displacement* untuk arah x sebesar 40 mm dan untuk arah y sebesar 42 mm.

- c. Pada nilai *drift ratio* paling efektif terdapat dari hasil analisis model 4 pada arah x sebesar 20,67 % dan juga pada model 5 dengan nilai *drift ratio* arah y sebesar 22,67 % nilai *drift ratio* tersebut merupakan nilai paling efektif dari hasil analisis yang telah dilakukan dari keenam model.
 - d. Dari hasil analisis mengenai simpangan antar lantai model 5 memiliki nilai simpangan yang paling kecil dibandingkan model lainnya, di mana nilai simpangan arah x pada model 5 memiliki nilai sebesar 126,5 mm dan pada arah y sebesar 227,15 mm.
2. Analisis Perilaku Struktur Gedung 15 Lantai dengan Pengaku Dinding Geser (*Shearwall*) Tipe *Side Wall* Terhadap Beban Gempa Rencana Berdasarkan Gempa 1726 : 2012

Subaga, dkk (2022) melakukan penelitian mengenai perilaku struktur gedung 15 lantai dengan pengaku dinding geser tipe *side wall* terhadap beban gempa rencana yang mengacu pada Gempa 1726 : 2012, dalam penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Ramdahan Subaga et al (2022) bertujuan untuk mengetahui pengaruh *shearwall* pada bangunan bertingkat banyak, mengetahui kelebihan dan kekurangan *shearwall* tipe *side wall* dan mengetahui analisa penyesuaian faktor skala gempa dengan SNI 1726 : 2012. Pada analisis dalam penelitian ini digunakan *software* ETABS V9.5. Adapun model dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.7 di halaman selanjutnya.



Gambar 2.7 Pemodelan Gedung 15 lantai

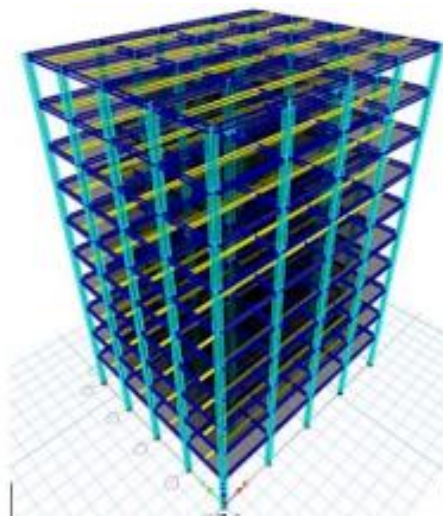
(Sumber: Subaga dkk (2022))

Dari penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut.

- a. Penggunaan *shearwall* tipe *side wall* sangat efektif dalam menahan gaya lateral yang terjadi, penggunaan *shearwall* tipe *side wall* ini juga mampu mengurangi simpangan antar lantai hingga 20% pada defleksi yang terjadi secara maksimal.
- b. Pada penelitian ini terdapat perbedaan antara perilaku struktur dengan menggunakan SRPMK dan SDKS yang di mana nilai periode struktur SRPMK $T = 3,332$ detik dan SDKS $T = 2,98$ detik dengan nilai penurunan berat bangunan 10% dan nilai penurunan defleksi maksimal 20% pada arah x dan 10% dengan sistem struktur dinding geser dan juga terjadi penurunan efek P-delta sebesar 25% pada arah X dan 20% pada arah Y.

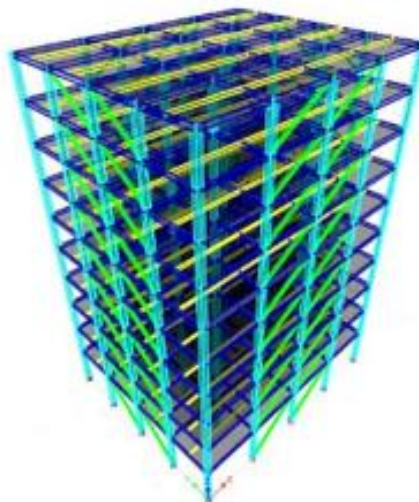
3. Analisis Struktur Portal Baja Dengan Sistem rangka *Bresing* Kosentrik Khusus (SRBKK) Dengan Menggunakan Peta Gempa 2017.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Sibagariang dan Taragian (2022) memiliki tujuan untuk mengetahui perubahan perpindahan (*displacement*), simpangan antar lantai (*drift*) dan *drift ratio* dari setiap model struktur. Pemodelan struktur dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.8 sampai dengan 2.11 sebagai berikut.



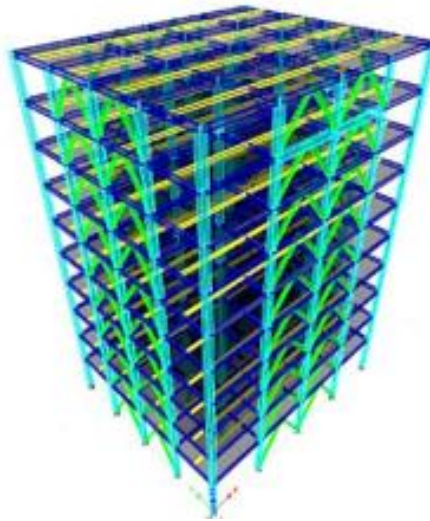
Gambar 2.8 Model 3D Struktur Tanpa *Bresing*

(Sumber: Sibagariang dan Taragian (2022))



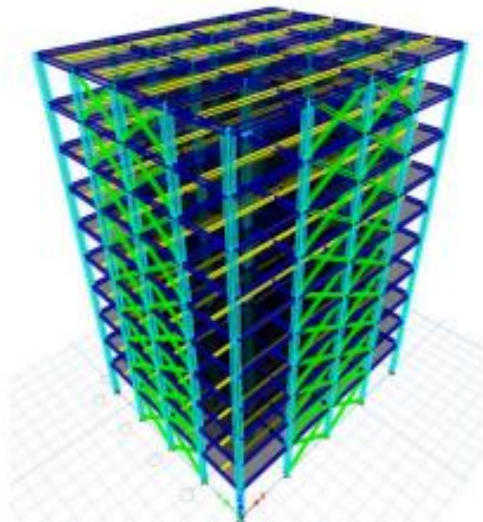
Gambar 2.9 Model 3D Struktur Diagonal *Braced*

(Sumber: Sibagariang dan Taragian (2022))



Gambar 2.10 Model 3D Struktur *Inverted - V Braced*

(Sumber: Sibagariang dan Taragian (2022))



Gambar 2.11 Model 3D Struktur X – *Braced*

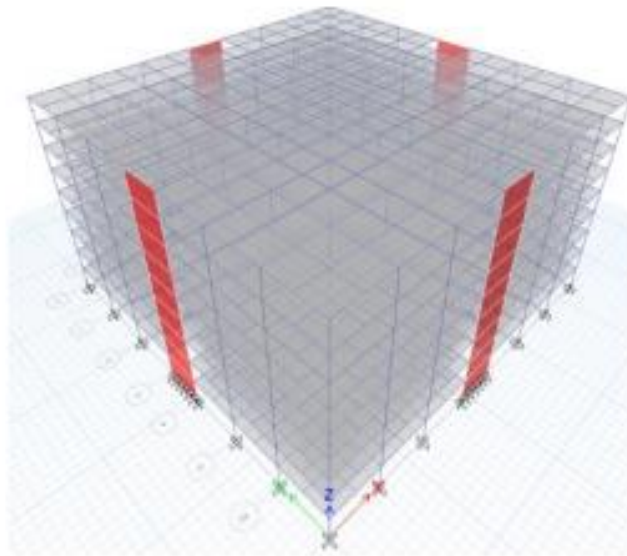
(Sumber: Sibagariang dan Taragian (2022))

Dari Penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut.

- a. Adanya penambahan *bresing* ini sangat memberikan kontribusi yang signifikan pada struktur gedung guna mengurangi simpangan antar lantai yang terjadi.
- b. Pada ketiga tipe *bresing*, *bresing* tipe X yang paling memberikan dampak yang baik dalam mengurangi simpangan antar lantai dan juga meredam perpindahan *displacement* pada struktur gedung.

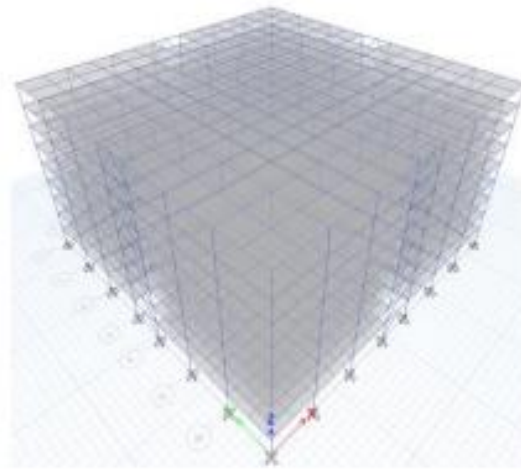
- c. Pada perbandingan analisis tipe *bresing*, ketiga *bresing* tersebut tidak memiliki perbedaan yang sangat signifikan, dikarenakan ketiga *bresing* tersebut memiliki kinerja yang relatif sama.
4. Studi Komparasi Perilaku Gedung Beton Bertulang Dengan Ketidakberaturan Vertikal Tipe 2 Menggunakan Dinding Geser dan Rangka *Bresing Konsentrik Inverted – V*

Penelitian ini dilakukan oleh Tatang dan Tjong (2022) bertujuan untuk membandingkan hasil perilaku struktur seperti gerak dominan struktur, ketidakberaturan berat massa, simpangan antar tingkat, simpangan elastik, kekakuan tingkat dan gaya geser tingkat. Pemodelan dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.12 sampai 2.13 sebagai berikut.



Gambar 2.12 Model 1 Dinding Geser

(Sumber: Tatang dan Tjong (2022))



Gambar 2.13 Model 2 *Inverted Bracing-V*

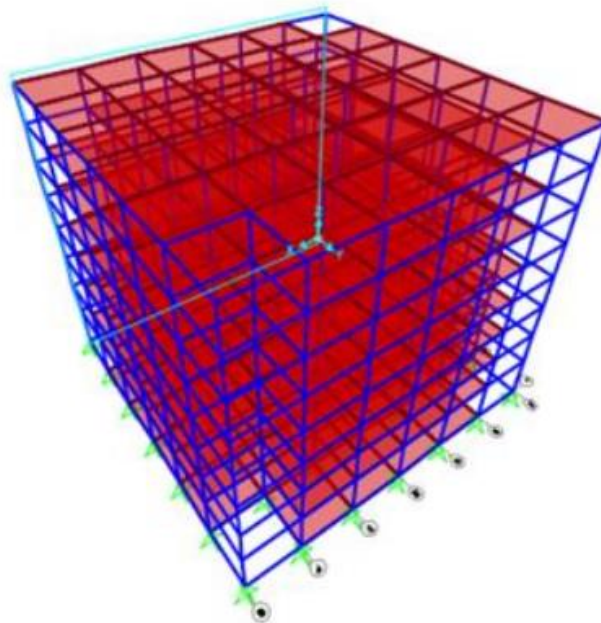
(Sumber: Tatang dan Tjong (2022))

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

- a. Periode struktur yang dihasilkan dalam analisis ini menunjukkan bahwa model 1 memperoleh nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan model 2, di mana pada model 1 memperoleh hasil periode struktur sebesar 1,534 detik dan model 2 sebesar 1,661 detik dari hasil tersebut menunjukkan bahwa model 1 memiliki presentase yang lebih kecil yaitu sebesar 7,65% dibandingkan dengan model 2.
- b. Simpangan antar tingkat, hasil dari analisis yang sudah dilakukan dalam penelitian ini menunjukkan bahwa model 1 memiliki kinerja yang baik dibandingkan model 2 dikarenakan simpangan elastik lantai teratas bernilai 80,091 mm dan model 2 bernilai 90,208 mm, apabila dijadikan dalam presentase maka selisih model 1 dan model 2 sebesar 11,22%.
- c. Pada hasil penelitian mengenai gaya geser model 1 memiliki gaya geser yang lebih besar dibandingkan dengan model 2 yang di mana model 1 bernilai 20805,16 kN dan model 2 bernilai 20434,72 kN.
- d. Kekakuan tingkat dasar dari hasil analisis ini memperoleh hasil model 1 sebesar 422919 kN/m dan model 2 sebesar 32879 kN/m, dari hasil kedua model tersebut memiliki perbedaan sebesar 31,62%.

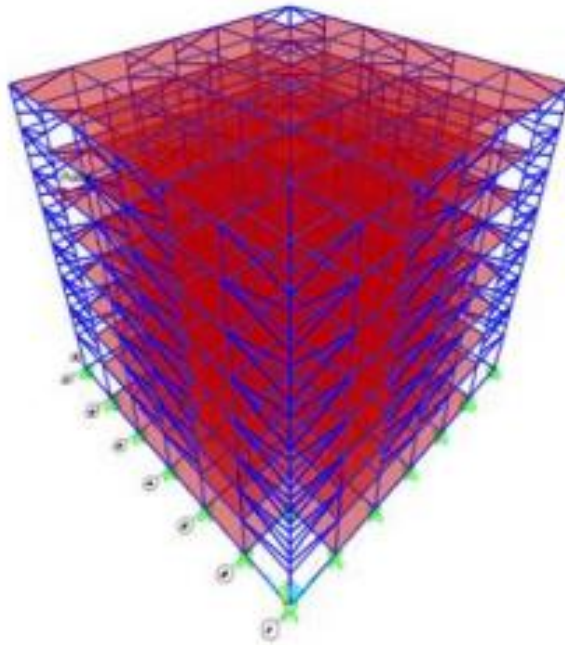
- e. Pada dasarnya *bresing* memiliki nilai daktilitas yang lebih tinggi namun menghasilkan nilai kekakuan yang lebih rendah dibandingkan dengan dinding geser.
5. Perbandingan Bentuk Bracing Eksentris pada Struktur Gedung Baja terhadap Kinerja Struktur Dengan Analisis Gempa Respon Spektrum

Penelitian yang dilakukan oleh Cari dan Bramantoro (2023) memiliki tujuan untuk memperoleh kekakuan struktur pada suatu bangunan baja serta berperan menahan gaya gempa sehingga dapat mencegah simpangan berlebih pada struktur bangunan. Pemodelan Gedung yang dianalisis dalam penelitian ini dapat dilihat sebagai berikut.



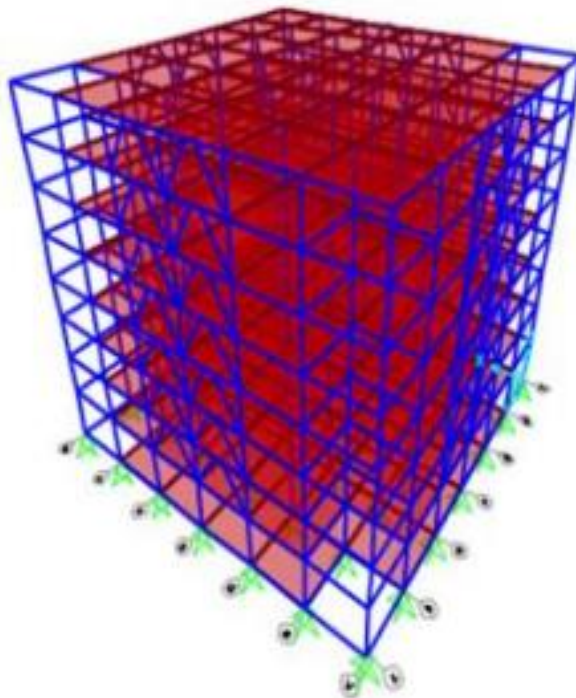
Gambar 2.14 Pemodelan Denah Kontrol (MDK)

(Sumber: Cari dan Bramantoro (2023))



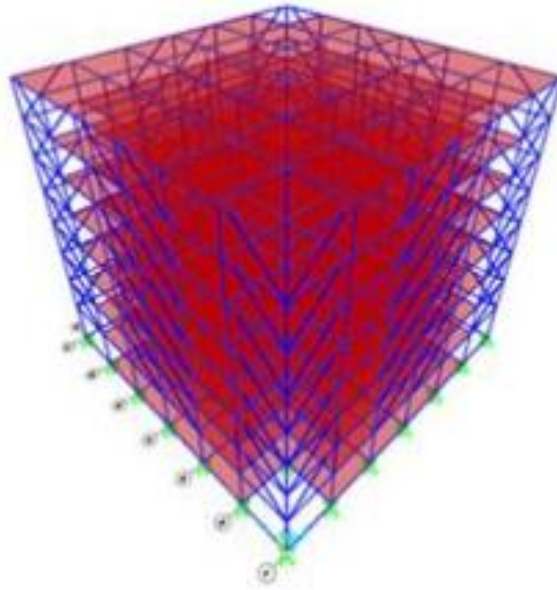
Gambar 2.15 Pemodelan Sistem Bracing Eksentris K (MBSBEK)

(Sumber: Cari dan Bramantoro (2023))



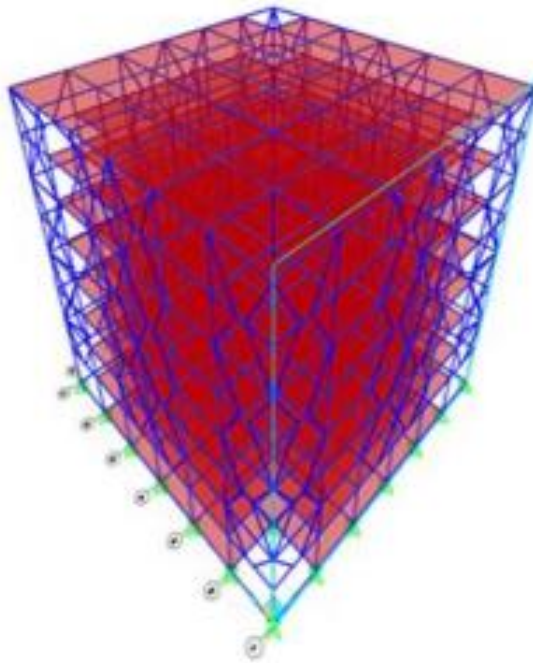
**Gambar 2.16 Pemodelan Sistem Bracing Eksentris Inverted V
(MBSBEK)**

(Sumber: Cari dan Bramantoro (2023))



Gambar 2.17 Pemodelan Sistem Bracing Eksentris D (MBSBED)

(Sumber: Cari dan Bramantoro (2023))



Gambar 2.18 Pemodelan Sistem Bracing Eksentris Inverted V dan V (MBSBEIVV)

(Sumber: Cari dan Bramantoro (2023))

Kesimpulan dari penelitian ini sebagai berikut.

1. Berdasarkan teori kinerja struktur tahan gempa, suatu bangunan dinyatakan aman apabila memenuhi ketentuan, yaitu memiliki periode getar terbesar, gaya gempa dasar terkecil, serta simpangan antar lantai paling kecil. Dalam penelitian ini, periode getar terbesar dan gaya gempa dasar terkecil diperoleh pada model MBSBEK.
2. Simpangan antar lantai paling kecil terdapat pada model MBSBEIV. Oleh karena itu, model rangka gedung yang direkomendasikan saat menerima beban gempa adalah MBSBEK karena memenuhi dua dari tiga kriteria utama, yakni periode getar terbesar dan gaya gempa dasar terkecil. Sebaliknya, model yang tidak disarankan adalah MBSBED karena menunjukkan kondisi yang berlawanan dengan kriteria, yaitu periode getar terkecil dan gaya gempa dasar terbesar, meskipun simpangan antar lantainya lebih kecil dibanding MBSBEK.

2.2. Perbandingan Penelitian Terdahulu dan yang akan dilakukan

Dari hasil penelitian terdahulu tentunya memiliki perbedaan dalam proses penelitian, baik perbedaan analisis, metode maupun objek penelitian, agar memudahkan para pembaca untuk mengetahui terkait perbedaan antara satu penelitian dan penelitian lainnya maka dibuatlah tabel perbandingan penelitian terdahulu dan yang telah dilakukan seperti di halaman selanjutnya.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan yang akan dilakukan

Penelitian yang akan dilakukan						Penelitian yang dilakukan
Nama Peneliti	Anas Hoga Prathama (2021)	Muhammad Ramadhan Subaga, et al (2022)	Indah Sari Sibagarian & Simon Dertha Tarian (2022)	Daniel Jason Tatang & Lidya Fransisca Tjong (2022)	Kristianus Chen cari & Dionisius Tripriyo Arry Bramantoro	
Judul	Komprasi Respon Dinamik Struktur Pada Gedung Bertingkat dengan Variasi Bentuk dan Penempatan Dinding Geser Mengacu SNI 1726-2019.	Analisis Perilaku Struktur Gedung 15 Lantai dengan Pengaku Dinding Geser (<i>Shearwall</i>) Tipe <i>Side Wall</i> Terhadap Beban Gempa Rencana Berdasarkan Gempa 1726 : 2012	Analisis Struktur Portal Baja Dengan Sistem Rangka <i>Bresing</i> Kosentrik Khusus (SRBKK) Dengan Menggunakan Peta Gempa 2017.	Studi Komparasi Perilaku Gedung Beton Bertulang Dengan Ketidakberaturan Vertikal Tipe 2 Menggunakan Dinding Geser dan Rangka <i>Bresing Konsentrik Inverted – V</i>	Pengaruh Bentuk Bracing Pada Struktur Gedung Baja Terhadap Kinerja Struktur dengan Analisis Gempa Respon Spektrum	Perbandingan Respon Struktur <i>Frame-Wall</i> dan <i>Frame-Global Bracing</i> Gedung Enam Lantai Akibat Beban Gempa Dengan Metode Respon Spektrum
Objek	Bangunan Gedung Simulasi 15 Lantai (<i>Shearwall</i> tipe I dan L)	Gedung 15 Lantai (<i>Shearwall</i> tipe <i>side wall</i>)	Bangunan Struktur Baja 10 Lantai (<i>Bresing</i> kosentrik khusus)	Bangunan Hotel 9 Lantai (<i>bresing kosentrik inverted-V</i>)	Gedung Baja 8 lantai	Gedung A Rumah Sakit Umum Daerah Rengasdengklok Enam Lantai (<i>Shearwall</i> tipe I, <i>Bresing</i> tipe X dan <i>Inverted-V</i>)

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan yang akan dilakukan

Penelitian yang akan dilakukan						Penelitian yang dilakukan
Nama Peneliti	Anas Hoga Prathama (2021)	Muhammad Ramadhan Subaga, et al (2022)	Indah Sari Sibagarian & Simon Dertha Tarian (2022)	Daniel Jason Tatang & Lidya Fransisca Tjong (2022)	Kristianus Chen cari & Dionisius Tripriyo Arry Bramantoro	
Lokasi Objek	-	Bandung, Jawa Barat	Medan, Sumatera Utara	Jakarta	Kota Malang	Rengasdengklok, Karawang, Jawa Barat
Metode	Metode <i>Force Based Design</i> (FDB) dan Analisis Dinamik Respon Spektrum	Analisis Dinamik Respon Spektrum	Analisis Dinamik Respon Spektrum	Analisis Dinamik Respon Spektrum	Analisis Dinamik Respon Spektrum	Analisis Dinamik Respon Spektrum
Aspek Penelitian	Perbandingan hasil respon dinamik struktur dengan variasi bentuk dan penempatan dinding geser	Perilaku struktur gedung 15 lantai dengan menggunakan <i>shearwall</i> tipe <i>side wall</i>	Perilaku struktur bangunan baja 10 lantai dengan menggunakan Sistem Rangka <i>Bresing Konsentrik Khusus</i> (SRBKK)	Perbandingan perilaku beton bertulang dengan ketidakberaturan vertikal tipe 2 dengan menggunakan dinding geser dan rangka <i>bresing konsentrik inverted - V</i>	Perbandingan kinerja struktur 4 variasi permodelan struktur dengan sistem bracing	Perbandingan hasil respon struktur dengan menggunakan <i>frame-wall</i> dan <i>frame-global bracing</i>

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan yang akan dilakukan

Penelitian Terdahulu						Penelitian yang dilakukan
Nama Peneliti	Anas Hoga Prathama (2021)	Muhammad Ramadhan Subaga, et al (2022)	Indah Sari Sibagarian & Simon Dertha Tarian (2022)	Daniel Jason Tatang & Lidya Fransisca Tjong (2022)	Kristianus Chen cari & Dionisius Tripriyo Arry Bramantoro	
Hasil Penelitian	Kesimpulan dalam penelitian ini adalah model struktur yang memiliki nilai efektif baik di tinjau dari hasil gaya geser, <i>displacement</i> , <i>drift ratio</i> dan simpangan antar lantai adalah model 4 dan 5	Penelitian ini menunjukkan bahwa <i>shearwall</i> tipe side wall efektif menahan gaya lateral, mencegah rotasi (torsi), dan mengurangi simpangan antar lantai sebesar 20% pada defleksi maksimum.	Dari keempat model dalam penelitian ini, model 4 atau pemodelan struktur dengan <i>braced-X</i> memberikan hasil yang baik dalam meredam perpindahan (<i>displacement</i>) dan simpangan antar lantai.	Hasil penelitian menunjukkan dinding geser lebih unggul dibandingkan rangka bresing baja <i>konsentrik inverted-V</i> , namun keduanya memenuhi standar SNI 1726–2019 yang mampu memikul minimal 25% gaya lateral, sehingga <i>bresing inverted-V</i> bisa menjadi alternatif dinding geser.	Model rangka gedung yang direkomendasikan saat beban gempa adalah MBSBEK. Analisis menunjukkan dibanding MDK, MBSBEK mengalami penurunan periode getar (26,1%) dan simpangan antar lantai (26,2%), serta peningkatan gaya gempa dasar (27,1%).	Diharapkan memperoleh hasil respon struktur berupa <i>Base shear</i> , simpangan antar lantai, ketidakberaturan horizontal dan vertikal dan nilai stabilitas struktur.

2.3. Keaslian Penelitian

Dari hasil penelitian - penelitian terdahulu terdapat perbedaan dengan penelitian yang dilakukan dapat dilihat sebagai berikut.

1. Judul penelitian, pada penelitian yang dilakukan berjudul perbandingan respon struktur *frame-wall* dan *frame global bracing* gedung enam lantai akibat beban gempa dengan metode respon spektrum, sedangkan pada penelitian terdahulu tidak terdapat judul penelitian yang sama seperti yang dilakukan.
2. Tujuan penelitian, yang di mana tujuan penelitian yang dilakukan ialah mengetahui dan membandingkan respon struktur *frame-wall* tipe I, *frame-global bracing* tipe X dan *frame-global bracing inverted-V*, sedangkan pada penelitian terdahulu tidak terdapat penelitian yang mengetahui dan membandingkan respon struktur *frame-wall* tipe I, *frame-global bracing* tipe X dan *frame-global bracing inverted-V*.
3. Objek penelitian yang berbeda dari penelitian-penelitian sebelumnya yang di mana dalam penelitian yang dilakukan menggunakan objek bangunan Rumah Sakit Umum Daerah Rengasdengklok gedung A enam lantai sedangkan pada penelitian sebelum tidak terdapat penelitian yang menggunakan objek tersebut.
4. Lokasi objek penelitian, pada penelitian yang dilakukan menggunakan objek bangunan berada di Rengasdengklok, Karawang, Jawa Barat. Sedangkan pada penelitian terdahulu tidak menggunakan lokasi penelitian yang dilakukan.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Bangunan Tahan Gempa

Dalam merencanakan bangunan gedung di kawasan yang sering terjadi gempa seperti di Indonesia, sebagai insinyur harus mempertimbangkan berbagai aspek, seperti ketahanan bangunan dalam menahan gaya lateral yang terjadi ketika gempa dan mampu menahan beban bangunan itu sendiri dan beban lainnya. Dalam SNI 1726 – 2019 dijelaskan bahwa setiap bangunan gedung memiliki kategori risiko yang berbeda-beda sesuai dengan fungsi dan pemanfaatan bangunan tersebut. Semakin penting bangunan tersebut, semakin tinggi standar yang harus dipenuhi.

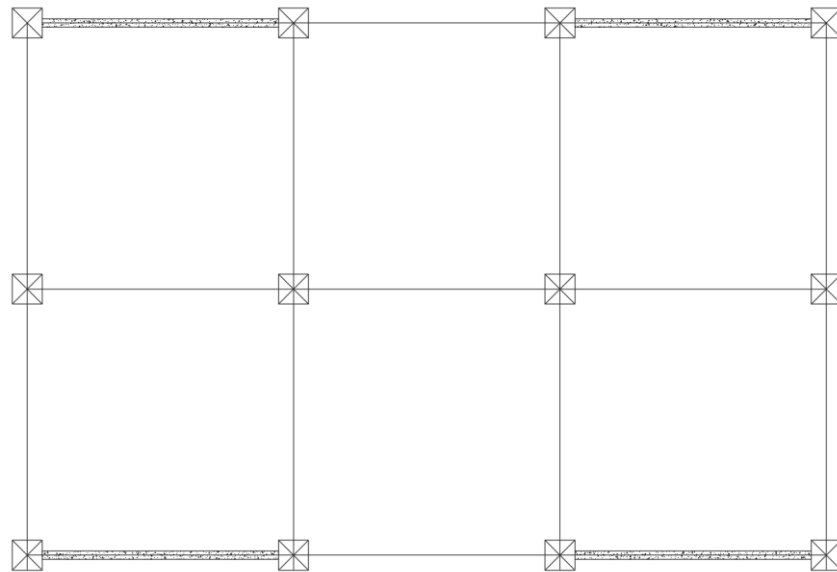
3.2. Sistem Struktur Ganda

Sistem struktur ganda merupakan sistem pengaku struktur yang digunakan pada gedung maupun bangunan bertingkat tinggi dengan tujuan untuk meredam gaya lateral atau gaya gempa.

3.2.1. Dinding Geser (*Shearwall*)

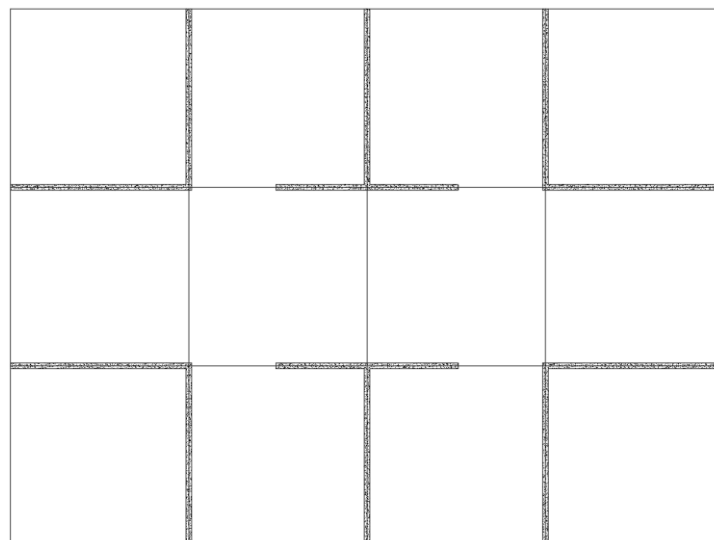
Menurut Wolfgang Schueller (1989) dinding geser (*shearwall*) adalah unsur pengaku vertikal yang dirancang untuk menahan gaya lateral atau gempa yang bekerja pada bangunan. Berdasarkan letak dan fungsinya *shearwall* diklasifikasikan menjadi 3 yaitu:

1. *Frame walls*, adalah dinding geser yang berfungsi untuk menahan gaya lateral, di mana beban gravitasi berasal dari *frame* beton bertulang. Tembok-tembok ini dibangun diantara baris kolom. Adapun gambar dari *frame wall* dapat dilihat pada halaman selanjutnya.



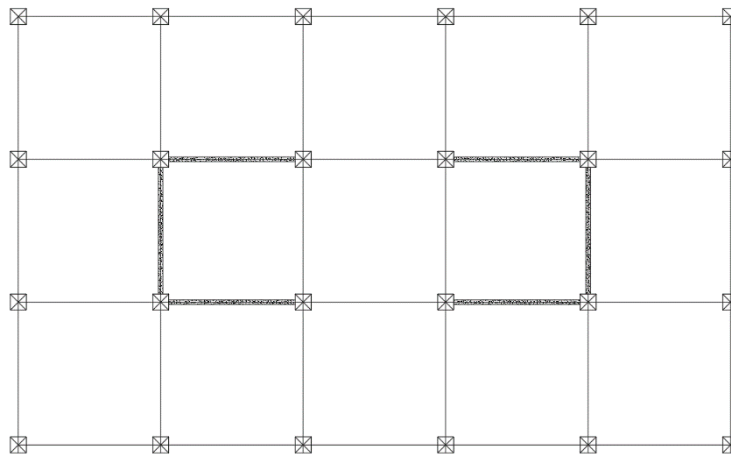
Gambar 3.1 *Frame Walls*
(Sumber: Nugroho 2017)

2. *Bearing wall*, adalah dinding geser yang mendukung sebagian besar beban gravitasi. Tembok-tembok dan juga menggunakan dinding partisi yang berdekatan.



Gambar 3.2 *Bearing Wall*
(Sumber: Nugroho 2017)

3. *Core wall*, adalah dinding geser yang terletak di dalam wilayah inti pusat dalam gedung yang biasanya diisi tangga atau poros lift. Dinding yang terletak dikawasan inti pusat memiliki fungsi ganda dan di anggap menjadi pilihan ekonomis.

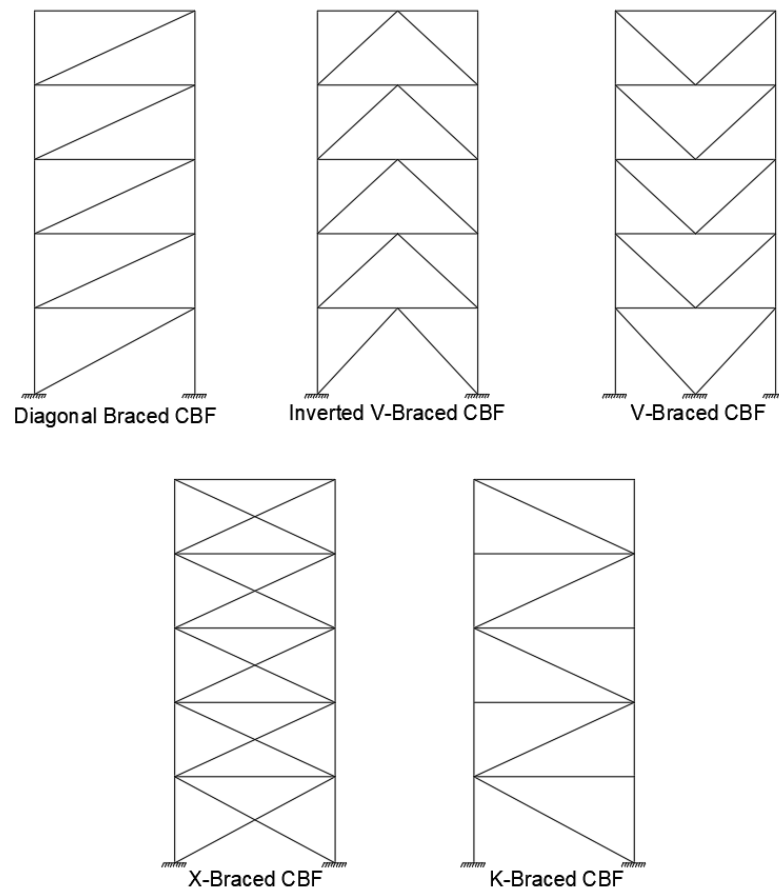


Gambar 3.3 Core Wall
(Sumber: Nugroho 2017)

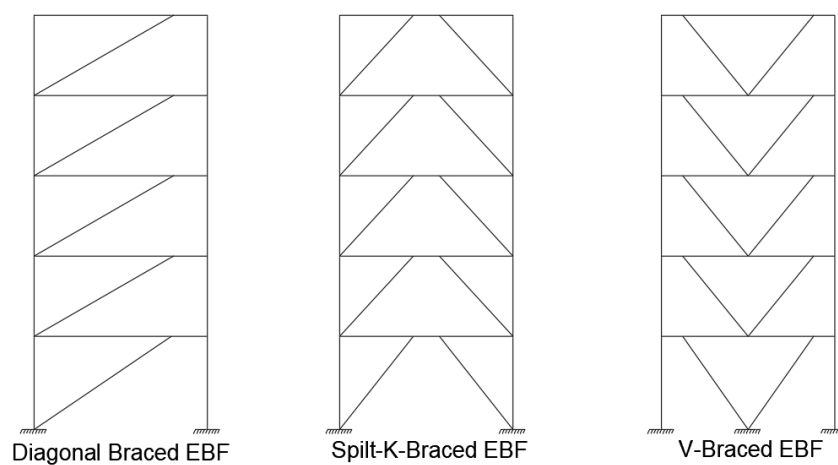
SNI 1726 – 2019 pada pasal 7.2.5.1 menjelaskan bahwa sistem ganda, rangka pemikul momen harus mampu memikul paling sedikit 25% gaya seismik desain. Tahanan gaya seismik total harus disediakan oleh kombinasi rangka pemikul momen dinding geser dengan distribusi yang proporsional terhadap kekauan.

3.2.2. Bracing

Bracing adalah elemen struktur yang digunakan untuk menahan gaya lateral dan gempa yang bekerja pada bangunan agar suatu bangunan dapat mencegah goyangan yang berlebih pada struktur. Menurut Hutahaen (2016) *bracing* terbagi menjadi 2 bentuk seperti pada halaman selanjutnya.



Gambar 3.4 Rangka *Bracing* Konsentrik
(Sumber: Hutahaen (2016))



Gambar 3.5 Rangka *Bracing* Eksentrik
(Sumber: Hutahaen (2016))

SNI 1726 – 2019 pada pasal 7.2.5.1 menjelaskan bahwa sistem ganda, rangka pemikul momen harus mampu memikul paling sedikit 25% gaya seismik desain. Tahanan gaya seismik total harus disediakan oleh kombinasi rangka pemikul momen rangka *bracing*, dengan distribusi yang proporsional terhadap kekakuan.

3.3. Pembebanan

Umumnya dalam analisis sebuah bangunan harus memperhatikan sistem pembebanannya, seperti terkait peraturan pembebanan yang standar atau dapat mengetahui dan membedakan mengenai beban statik dan beban dinamik.

3.3.1. Beban Statik

Beban statik ialah beban yang selalu bekerja secara terus menerus pada sebuah struktur, adapun jenis dari beban statik sebagai berikut.

1. Beban Mati

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafond, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat derek dan sistem pengangkut material. (SNI 1727 – 2020 Pasal 3.1.1)

2. Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang bisa berpindah-pindah dari satu tempat ke tempat lainnya seperti penghuni dan pengguna bangunan gedung.

3.3.2. Beban Dinamik

Beban dinamik ialah beban yang bekerja dengan variasi intensitas (besaranya) berubah-ubah menurut waktu, adapun jenis dari beban Dinamik sebagai berikut.

1. Beban Angin

Beban angin adalah beban yang bekerja pada bagian gedung yang diakibatkan oleh tekanan udara.

2. Beban Gempa

Gempa bumi adalah sebuah peristiwa alam yang terjadi karena adanya pergerakan lempeng bumi di dalam tanah yang mengakibatkan guncangan di

atas permukaan tanah. Dalam menentukan pengaruh gempa rencana yang harus ditinjau dalam perencanaan dan evaluasi struktur bangunan gedung dan nongedung serta berbagai bagian dan peralatannya secara umum. Gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlampaui besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun sebesar 2%.

3.3.3. Kombinasi Pembebanan Dasar untuk Metode Ultimit

Mengacu pada SNI 1726 – 2019, dijelaskan terkait kombinasi pembebanan dasar dengan metode ultimit yang akan dipakai. Adapun kombinasi pembebanan tersebut dapat dilihat sebagai berikut.

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

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

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

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

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

$$6. \quad 1,2 D + E_v + E_h + L \quad (3.6)$$

$$7. \quad 0,9 D - E_v + E_h \quad (3.7)$$

Keterangan:

D = Beban mati

E = Beban gempa

L = Beban hidup

Lr = Beban hidup atap

R = Beban hujan

S = Beban salju

W = Beban angin

3.3.4. Kombinasi Pembebanan Dasar untuk Metode Tegangan Izin

Mengacu pada SNI 1726 – 2019, dijelaskan terkait kombinasi pembebanan dasar dengan metode tegangan izin yang akan dipakai. Adapun kombinasi pembebanan tersebut dapat dilihat di halaman selanjutnya.

1. D (3.8)
2. $D + L$ (3.9)
3. $D + (L_r \text{ atau } R)$ (3.10)
4. $D + 0,75 L + 0,75 (L_r \text{ atau } R)$ (3.11)
5. $D + 0,6 W$ (3.12)
6. $D + 0,75 (0,6 W) + 0,75 (L_r \text{ atau } R)$ (3.13)
7. $0,6 D + 0,6 W$ (3.14)
8. $1,0 D + 0,7 E_v + 0,7 E_h$ (3.15)
9. $1 D + 0,525 E_v + 0,525 E_h + 0,75 L$ (3.16)
10. $0,6 D - 0,7 E_v + 0,7 E_h$ (3.17)

Keterangan:

- D = Beban mati
 E = Beban gempa
 L = Beban hidup
 L_r = Beban hidup atap
 R = Beban hujan
 S = Beban salju
 W = Beban angin

3.3.5. Pengaruh Beban Seismik

Berdasarkan SNI 1726 – 2019, pengaruh beban seismik E , harus ditentukan sebagai berikut.

1. Untuk penggunaan dalam kombinasi beban 6 ada pasal 4.2.3 SNI 1726-2019 atau kombinasi beban 5 dan 6 ada pasal 4.2.3 SNI 1726-2019, E harus ditentukan sesuai dengan persamaan (3.18) berikut.

$$E = E_h + E_v \quad (3.18)$$

2. Untuk penggunaan dalam kombinasi beban 7 ada pasal 4.2.3 SNI 1726-2019 atau kombinasi beban 8 ada pasal 4.2.3 SNI 1726-2019, E harus ditentukan sesuai dengan persamaan (3.19).

$$E = E_h - E_v \quad (3.19)$$

3. Pengaruh beban seismik horizontal, pengaruh beban seismik horizontal, E_h harus ditentukan dengan persamaan (3.20)

$$E_h = P_{QE} \quad (3.20)$$

4. Pengaruh beban seismik vertikal, pengaruh beban seismik vertikal, E_v harus ditentukan sesuai dengan persamaan (3.21) berikut.

$$E_v = 0,2 S_{ds} \quad (3.21)$$

Keterangan:

E = Pengaruh beban seismik

E_h = Pengaruh beban seismik horizontal seperti didefinisikan dalam pasal 7.4.2.1 SNI 1726 - 2019

E_v = Pengaruh Beban seismik vertikal seperti didefinisikan dalam pasal 1. SNI 1726 – 2019

3.4. Respon Spektrum

Respon spektrum merupakan suatu grafik yang menggambarkan hubungan antara periode getar struktur (T) dengan kecepatan maksimum yang diterima struktur saat terjadi gempa.

3.4.1. Klasifikasi Situs

Menurut SNI 1726 – 2019, klasifikasi situs merupakan penjelasan mengenai prosedur klasifikasi suatu situs untuk memberikan kriteria desain seismik berupa faktor-faktor amplifikasi pada bangunan. Dalam perumusan kriteria desain seismik suatu bangunan di permukaan tanah atau penentuan amplifikasi besaran percepatan gempa puncak dari batuan dasar ke permukaan tanah untuk suatu situs, maka situs tersebut harus diklasifikasikan sesuai dengan Tabel 5 SNI 1726 – 2019, adapun tabel yang dimaksud yaitu Tabel 3.3 yang dapat dilihat pada halaman selanjutnya.

Tabel 3.1 Klasifikasi Situs

Kelas Situs	Vs (m/detik)	N atau Nch	Su (kPa)
SA (batuan Keras)	>1500	N/A	N/A
SB (Batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (Tanah Keras, Sangat Padat dan Batuan Lunak)	350 sampai 750	>50	>100
SD (Tanah Sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah Lunak)	<175	<15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut: 1. Indeks Plastisitas, $PI > 20$ 2. Kadar air, $W > 40\%$ 3. Kuat geser niralir $S_u < 25$ kPa		
SF (Tanah khusus yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik-situs yang mengikuti)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: 1. Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat gempa seperti mudah likuifaksi, lembung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah 2. Lempung sangat organik dan gambut dengan ketebalan $H > 3$ m. 3. Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan indeks plastisitas $PI > 75$) lapisan lempung lunak / setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $S_u < 50$ kPa		

(Sumber: SNI 1726 – 2019)

3.4.2. Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa Maksimum

Berdasarkan SNI 1726 – 2019, dijelaskan mengenai penentuan respons spektral percepatan gempa MC_{ER} di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik pada periode 0,2 detik dan periode 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek (F_a) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik (F_v). Parameter respons spektral percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan periode 1 detik (S_{M1}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan 3.22 dan perumusan 3.23.

$$S_{MS} = F_a S_s \quad (3.22)$$

$$S_{M1} = F_v S_1 \quad (3.23)$$

Keterangan:

S_s = Parameter respons spektral percepatan gempa MC_{ER} terpetakan untuk periode terpendek

S_1 = Parameter respons spektral percepatan gempa MC_{ER} terpetakan untuk periode 1,0 detik

F_a = Faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek

F_v = Faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode 1 detik

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

S_{M1} = Parameter respons spektral

Nilai koefisien situs F_a dan F_v dapat ditentukan melalui Tabel 3.4 dan Tabel 3.5 sebagai berikut.

Tabel 3.2 Koefisien F_a

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang di pertimbangkan resiko – tertarget (MC_{ER}) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, S_s					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s \leq 1,5$
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
SD	1,6	1,4	1,2	1,0	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	SS ^(a)					

(Sumber: SNI 1726 – 2019)

Catatan:

S_s = situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik

Tabel 3.3 Koefisien F_V

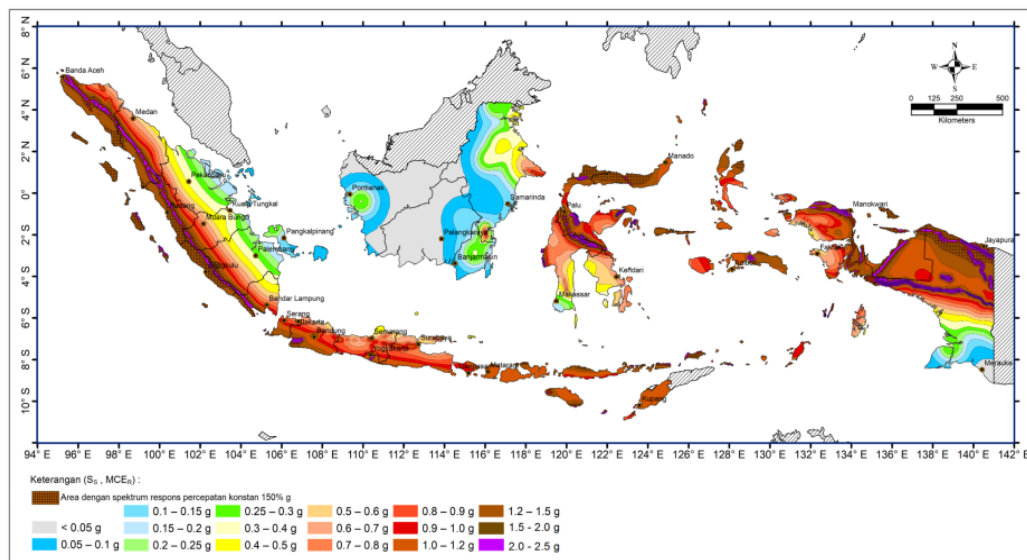
Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang di pertimbangkan resiko – tertarget (MC_{ER}) terpetakan pada periode 1 detik, S_1					
	$S_S \leq 0,25$	$S_S = 0,5$	$S_S = 0,75$	$S_S = 1,0$	$S_S = 1,25$	$S_S \leq 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	2,2	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	$S_1^{(a)}$					

(Sumber: SNI 1726 – 2019)

Catatan:

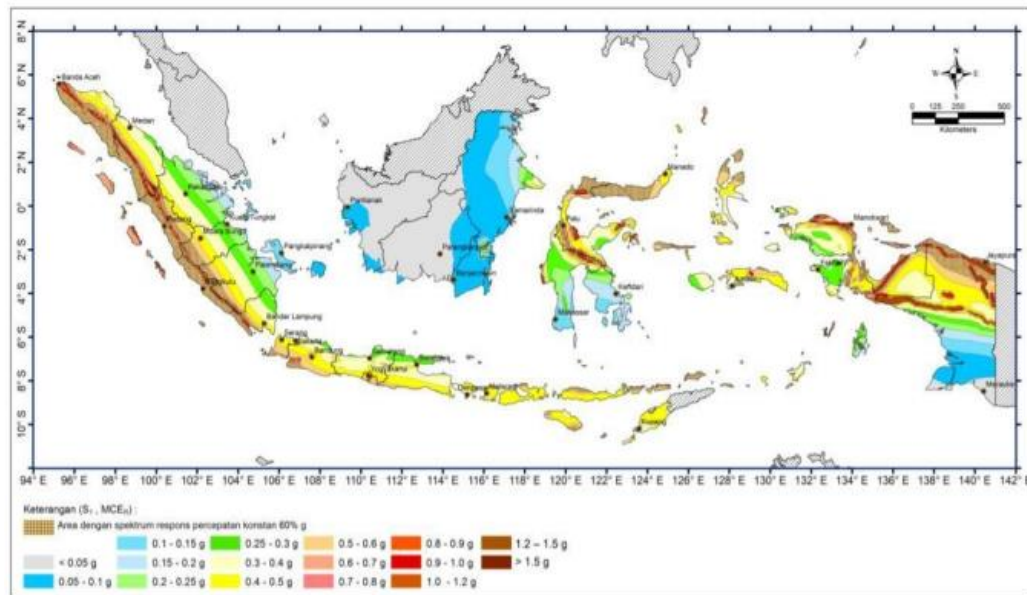
S_1 = situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik

Nilai parameter S_s dan S_1 dapat ditentukan melalui Gambar 3.6 dan Gambar 3.7 mengenai parameter gerak tanah sebagai berikut.

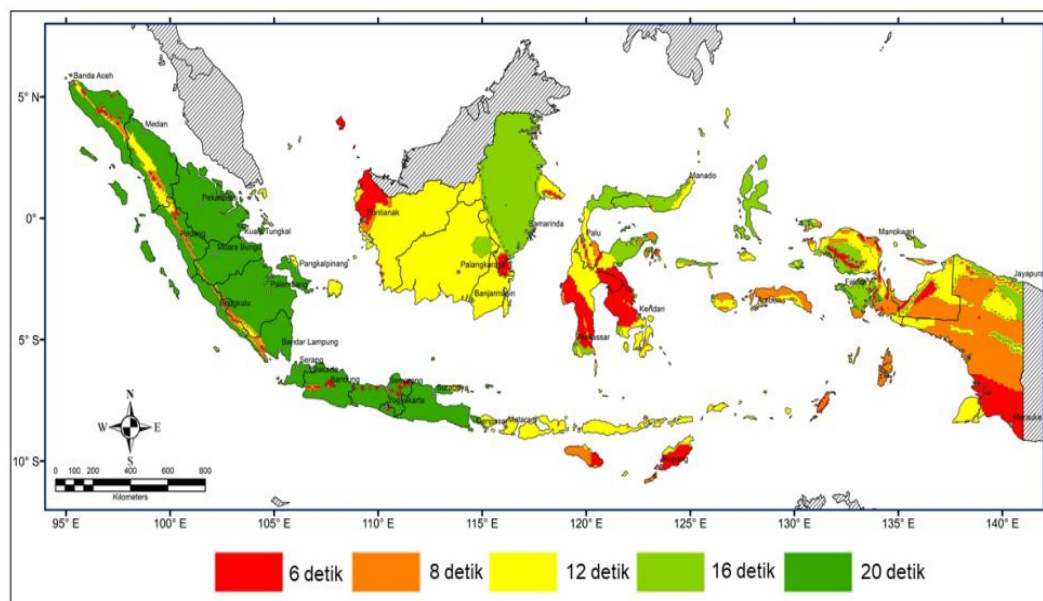


Gambar 3.6 Parameter gerak tanah S_s , gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko-tertarget (MC_{ER}) wilayah Indonesia untuk spektrum respons 0,2 detik (redaman kritis 5%)

(Sumber: SNI 1726 – 2019)



Gambar 3.7 parameter gerak tanah S_1 , gempa maksimum yang di pertimbangkan resiko-tertarget (MCE_R) wilayah Indonesia untuk spektrum respons 0,2 detik (redaman kritis 5 %)
(Sumber: SNI 1726 – 2019)



Gambar 3.8 Peta Transisi Periode Panjang, T_L , wilayah Indonesia
(Sumber: SNI 1726 – 2019)

3.4.3. Parameter Percepatan Spektral Desain

SNI 1726 – 2019 menjelaskan bahwa parameter spektral desain untuk periode pendek, S_{DS} dan pada periode 1 detik S_{D1} , harus ditentukan melalui rumus sebagai berikut.

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (3.24)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (3.25)$$

3.4.4. Spektrum Respons Desain

Berdasarkan SNI 1726 – 2019, spektrum respons desain diperlukan dan prosedur gerak tanah dari spesifik-situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respons desain harus dikembangkan dengan mengacu pada Gambar 3.9 dan mengikuti ketentuan di bawah ini:

1. Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respons percepatan desain, S_a , harus diambil dari persamaan berikut.

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (2.26)$$

2. Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_{S1} , spektrum respons percepatan desain, S_a , sama dengan S_{DS} .
3. Untuk periode lebih besar dari T_s , tetapi lebih kecil dari atau sama dengan T_L , respons spektral percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan persamaan di bawah ini:

$$S_a = \frac{SD1}{T} \quad (3.27)$$

4. Untuk periode lebih besar dari T_L , respons percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan persamaan di bawah ini.

$$S_a = \frac{SD1 T_L}{T^2} \quad (2.28)$$

Keterangan:

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

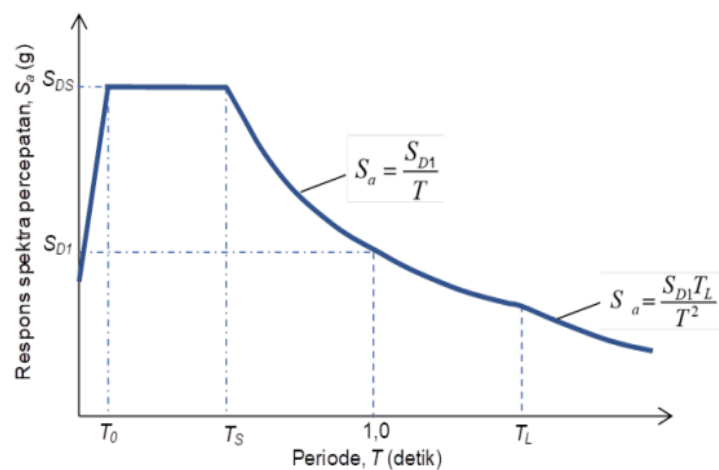
S_{D1} = Parameter respons spektral percepatan desain pada periode 1 detik

T = Periode getar fundamental struktur

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

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

T_L = Peta transisi periode panjang ditunjukkan pada Gambar 3.8 yang nilainya diambil dari gambar 3.8



Gambar 3.9 Spektrum Respons Desain

(Sumber: SNI 1726 – 2019)

3.4.5. Fungsi Bangunan

Fungsi bangunan dalam evaluasi dan desain struktur sangatlah penting, dikarenakan dalam SNI 1726-2019 fungsi bangunan akan digunakan untuk menentukan kategori risiko suatu bangunan yang nantinya juga akan menentukan nilai faktor keutamaan gempa.

3.4.6. Kategori Risiko dan Faktor Keutamaan Gempa

Penentuan kategori risiko struktur bangunan gedung dan nongedung didasarkan pada fungsi suatu gedung dan non gedung yang dapat dilihat pada Tabel 3.6 Sedangkan untuk menentukan faktor keutamaan gempa I_e dapat dilihat pada Tabel 3.7.

Tabel 3.4 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Nongedung untuk Beban Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>Gedung dan nongedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
<p>Semua Gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I, II, III, IV termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen / rumah susun - Pusat perbelanjaan / mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II
<p>Gedung dan nongedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion Fasilitas Kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat 	III

(Sumber: SNI 1726 – 2019)

Lanjutan Tabel 3.4 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Nongedung untuk Beban Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jumpo <p>Gedung dan nongedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penangan air - Fasilitas penangan limbah - Pusat telekomunikasi 	III
<p>Gedung dan nongedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya, melebihi nilai batas yang disyaratkan Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas Pendidikan Rumah ibadah - Rumah sakit dan fasilitas Kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat 	IV

(Sumber: SNI 1726 – 2019)

**Lanjutan Tabel 3.4 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Nongedung
untuk Beban Gempa**

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, tsunami, angin badai dan tempat perlindungan darurat lainnya fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi, dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk Menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, Menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran, atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat - Gedung dan nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV 	IV

(Sumber: SNI 1726 – 2019)

Tabel 3.5 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,5

(Sumber: SNI 1726 – 2019)

3.4.7. Kategori Desain Seismik

Mengacu pada SNI 1726 – 2019, kategori desain seismik harus ditentukan berdasarkan kategori risikonya dan nilai parameter respons spektral percepatan desain (S_{DS} dan S_{D1}). Penentuan kategori desain seismik tersebut dapat dilihat berdasarkan Tabel 3.9 dan Tabel 3.10.

Tabel 3.6 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	B
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	C
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Tabel 3.7 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik

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

3.4.8. Sistem Pemikul Gaya Seismik

Mengacu pada SNI 1726 – 2019, Penentuan sistem penahan gaya seismik harus ditentukan berdasarkan kategori desain seismik (KDS) serta batasan ketinggian struktur sesuai dengan Tabel 12 SNI 1726 – 2019. Tabel penentuan sistem penahan gaya seismik yang telah disesuaikan dengan jenis struktur yang akan digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.11.

Tabel 3.8 Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk pemikul gaya seismik

No	Sistem pemikul gaya seismikk	Koefisien modifikasi respons, R	Faktor Kuat lebih sistem, Ω_0	Faktor Pembesaran Defleksi, C_d	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, hn (m)				
					Kategori Desain Seismik				
					B	C	D	E	F
Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25% gaya seismik yang ditetapkan									
1	Dinding geser beton bertulang khusus	7	2,5	5,5	TB	TB	TB	TB	TB
2	Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentrik khusus	6	2,5	5	TB	TB	TB	TB	TB

(Sumber: SNI 1726-2019)

3.4.9. Berat Seismik Efektif

Berdasarkan SNI 1726 – 2019, berat seismik efektif struktur (W), harus menyertakan seluruh beban mati dan beban lainnya seperti di bawah ini:

1. Dalam daerah penyimpanan yang digunakan untuk penyimpanan: minum sebesar 25% beban hidup lantai

PENGECUALIAN:

- a. Bila beban penyimpanan tidak lebih dari 5% terhadap berat seismik efektif pada tingkat tersebut, beban diperlu dimasukkan dalam berat seismic efektif.
 - b. Beban hidup lantai di tempat parkir umum dan struktur parkir terbuka tidak perlu dimasukkan.
2. Jika ketentuan desain beban lantai untuk partisi disyaratkan SNI 1727 pasal 4.3.2 sebesar beban terbesar antara berat partisi aktual atau berat daerah lantai minimum sebesar $0,48 \text{ kN/m}^2$.
 3. Berat operasional total dari peralatan yang permanen
 4. Berat lanskap dan beban lainnya pada taman atap dan area sejenis.

3.5. Gaya Geser Seismik

1. Gaya Geser Statik

Menurut SNI 1726 – 2019 Gaya geser dasar seismik, V dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan persamaan yang ada pada SNI 1726 – 2019 berikut ini.

$$V = C_s W \quad (2.29)$$

Untuk menentukan koefisien respons seismik, C_s harus ditentukan sesuai dengan persamaan di bawah ini.

$$C_s = \frac{SDS}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (2.30)$$

Keterangan:

C_s = Koefisien repons seismik yang ditentukan pada pasal 7.8.1.1 SNI 1726 – 2019

W = Berat seismik efektif menurut pasal 7.7.2 SNI – 2019 atau sesuai dengan landasan teori pada sub-sub bab 3.4.9

S_{DS} = Parameter percepatan respons spektral dalam rentang periode pendek seperti yang ditentukan dalam pasal 6.3 atau 6.9 SNI 1726 - 2019

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

I_e = Faktor keutamaan gempa yang ditentukan sesuai dengan pasal 4.1.2 SNI 1726 - 2019

Nilai C_s yang dihitung sesuai dengan persamaan (2.30) tidak boleh melebihi berikut ini.

Untuk $T \leq T_L$

$$C_s = \frac{SD1}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (2.31)$$

Untuk $T > T_L$

$$C_s = \frac{SD_1 T_l}{T^2 \left(\frac{R}{I_e} \right)} \quad (2.32)$$

C_s , harus tidak kurang dari

$$C_s = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01 \quad (2.33)$$

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:

$$C_s = \frac{0,5 S_1}{\left(\frac{R}{I_e} \right)} \quad (2.34)$$

Keterangan:

Di mana I_e dan R sebagaimana didefinisikan dalam pasal 7.8.1.1 SNI 1726 - 2019,

SD_1 = parameter percepatan respons spektral desain pada periode sebesar 1,0 detik, seperti yang ditentukan dalam pasal 6.10.4 SNI 1726 – 2019.

T = Periode fundamental struktur (detik) yang ditentukan pasal 7.8.2 SNI 1726 – 2019.

S_1 = parameter percepatan respons spektral maksimum yang dipetakan yang ditentukan sesuai pasal 6.10.4 SNI 1726 – 2019.

2. Gaya Geser Ragam

Menurut SNI 1726 – 2019 pasal 7.9.1.4.1 mengenai penskalaan gaya apabila kombinasi respons untuk gaya geser dasar hasil analisis ragam (V_t) kurang dari 100% dari gaya geser (V) yang dihitung melalui metode statik ekuivalen, maka gaya tersebut harus dikalikan dengan V/V_t . V adalah gaya geser dasar statik ekuivalen yang dihitung sesuai dengan pasal 7.8.1 dan V_t adalah gaya geser dasar yang didapatkan dari hasil analisis kombinasi ragam.

3. Jumlah Ragam

Analisis harus dilakukan untuk menentukan ragam getar alami untuk struktur. Analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk

mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar 100 % dari massa struktur. Untuk mencapai ketentuan ini, untuk ragam satu badan kaku (single rigid body) dengan periode 0,05 detik, diizinkan untuk mengambil semua ragam dengan periode di bawah 0,05 detik.

Pengecualian : 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 ortogonal dari respons yang ditinjau oleh model.

3.5.1. Periode Struktur

Periode fundamental pendekatan (T_a) dalam detik, harus ditentukan dalam persamaan berikut.

$$T_a = C_t h_n^x \quad (2.35)$$

Keterangan:

h_n adalah ketinggian struktur (m), di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur. Kemudian untuk penentuan nilai koefisien C_t dan x di tentukan pada Tabel 18 SNI 1726-2019 atau yang dapat dilihat pada Tabel 3.12.

Tabel 3.9 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x

Tipe Struktur	C_t	x
Sistem Struktur 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 0,0466	0,8 0,9
<ul style="list-style-type: none"> Rangka baja pemikul momen 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)

Selain itu periode fundamental (T) tidak boleh melebihi nilai $T_{\max}$ yang dihitung berdasarkan persamaan berikut ini.

$$T_{\max} = C_u T_a \quad (2.36)$$

Keterangan:

T_a = periode fundamental pendekatan yang dihitung berdasarkan persamaan 36 SNI 1726 – 2019 atau persamaan 2.35 pada bab landasan teori

C_u = Koefisien batas atas atau koefisien C_u ditentukan berdasarkan Tabel 17 SNI 1726 – 2019 atau yang dapat dilihat pada Tabel 3.13 di bawah ini.

Tabel 3.10 Koefisien Batas atas untuk Periode yang dihitung

Parameter percepatan	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)

3.5.2. Distribusi Vertikal Gaya Seismik

Menurut SNI 1726 – 2019, Gaya seismik lateral, F_x (kN) di sembarang tingkat harus ditentukan dari persamaan berikut.

$$F_x = C_{vx} V \quad (2.37)$$

$$C_{vx} = \frac{W_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_i h_i^k} \quad (2.38)$$

Keterangan:

C_{vx} = Faktor distribusi

V = Gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur (kN)

W_i dan W_x = Bagian berat seismic efektif total struktur (W) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat i dan x

h_i dan h_x = Tinggi dari dasar sampai tingkat i atau x (m)
 k = eksponen yang terkait dengan periode struktur dengan nilai berikut ini.
 Untuk struktur dengan $T \leq 0,5$ detik $k = 1$
 Untuk struktur dengan $T \geq 0,5$ detik $k = 2$
 Untuk struktur dengan $0,5 < T < 2,5$ detik, $k = 2$ atau ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2

3.5.3. Distribusi Horizontal Gaya Seismik

Menurut SNI 1726 – 2019, Geser tingkat desain di semua tingkat V_x (kN), harus ditentukan dari persamaan berikut.

$$V_x = \sum_{i=x}^n F_i \quad (2.39)$$

Keterangan:

F_i adalah bagian dari geser dasar seismik (v) pada tingkat ke- i (kN)

V_x adalah gaya geser tingkat desain seismik, (kN), harus di distribusikan pada berbagai elemen vertikal sistem pemikul gaya seismik di tingkat yang di tinjau berdasarkan pada kekakuan lateral relatif elemen pemikul vertikal dan diafragma.

3.6. Ketidakberaturan Struktur

Berdasarkan SNI 1726 – 2019, struktur dapat diklasifikasikan menjadi ketidakberaturan struktur dan beraturan struktur, berdasarkan SNI 1726 – 2019 pasal 7.3.3. Klasifikasi tersebut didasarkan pada konfigurasi horizontal dan vertikal dari struktur.

3.6.1. Ketidakberaturan Horizontal

Menurut SNI 1726 – 2019, ketidakberaturan horizontal adalah ketidakberaturan struktur yang terjadi pada bidang horizontal, dapat dibilang suatu bangunan memiliki ketidakberaturan horizontal apabila mempunyai satu atau lebih tipe ketidakberaturan horizontal. Adapun tipe yang dimaksud akan dijelaskan pada Tabel 3.14 seperti berikut.

Tabel 3.11 Ketidakberaturan Horizontal

No	Tipe dan Penjelasan Ketidakberaturan	Pasal Referensi	Penerapan Kategori Desain Seismik
1a.	Ketidakberaturan torsi didefinisikan ada jika simpangan antar lantai 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 diafragamanya kaku atau setengah kaku.	Pasal 7.3.3.4 Pasal 7.7.3 Pasal 7.8.4.3 Pasal 7.12.1 Pasal 11.3.4 Tabel 16	D, E, dan F B, C, D, E, dan F F C, D, E, dan F C, D, E, dan F D, E dan F B, C, D, E dan F
1b.	Ketidakberaturan torsi didefinisikan ada jika simpangan antar lantai maksimum, yang dihitung termasuk akibat torsi tak terduga dengan $A_x = 1,0$ di salah satu ujung struktur melintang terhadap suatu sumbu adalah lebih dari 1,4 kali simpangan antar tingkat rata-rata di kedua ujung struktur. Persyaratan ketidakberaturan torsi berlebihan dalam pasal-pasal referensi berlaku hanya untuk struktur di mana diafragamanya kaku atau setengah kaku	Pasal 7.3.3.1 Pasal 7.3.3.4 Pasal 7.3.4.2 Pasal 7.7.3 Pasal 7.8.4.3 Pasal 7.12.1 Pasal 11.3.4 Tabel 16	E dan F D B, C, dan D C dan D C dan D D B, C dan D

(Sumber: SNI 1726 – 2019)

Lanjutan Tabel 3.11 Ketidakberaturan Horizontal

No	Tipe dan Penjelasan Ketidakberaturan	Pasal Referensi	Penerapan Kategori Desain Seismik
2.	Ketidakberaturan sudut dalam didefinisikan ada jika kedua dimensi proyeksi denah struktur dari lokasi sudut dalam lebih besar dari 15% dimensi denah struktur dalam arah yang di tinjau.	Pasal 7.3.3.4 Tabel 16	D, E dan F D, E dan F
3	Ketidakberaturan diskontinuitas diafragma didefinisikan ada jika terdapat suatu diafragma yang memiliki diskontinuitas atau variasi kekakuan mendadak, termasuk yang mempunyai daerah terpotong atau terbuka lebih besar dari 50% daerah diafragma brotu yang tertutup, atau perubahan kekakuan diafragma efektif lebih dari 50% dari suatu tingkat ke tingkat selanjutnya.	Pasal 7.3.3.4 Tabel 16	D, E dan F D, E dan F
4	Ketidakberaturan akibat pergeseran tegak lurus terhadap bidang didefinisikan ada jika terdapat diskontinuitas dalam lintasan tahanan gaya lateral, seperti pergeseran tegak lurus terhadap bidang pada setidaknya satu elemen vertikal pemikul gaya lateral.	Pasal 7.3.3.3 Pasal 7.3.3.4 Pasal 7.7.3 Pasal 11.3.4 Tabel 16	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

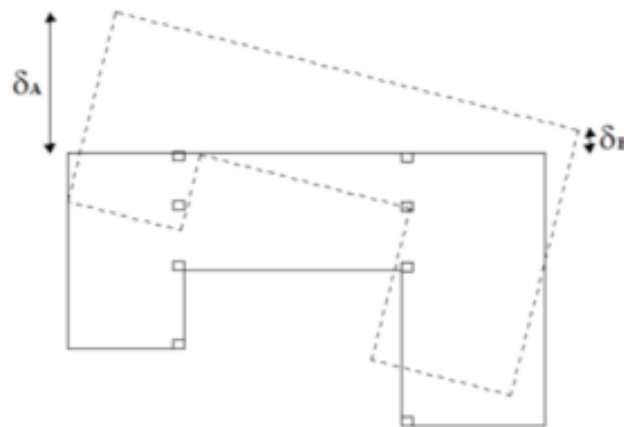
(Sumber: SNI 1726 – 2019)

Lanjutan Tabel 3.11 Ketidakberaturan Horizontal

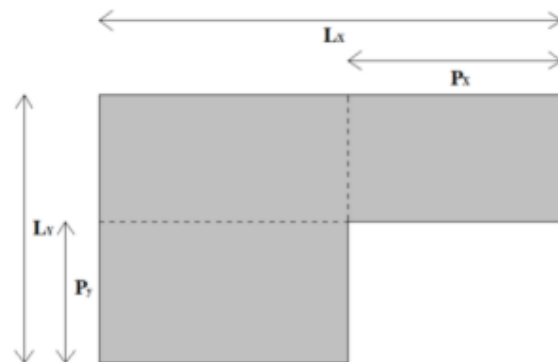
No	Tipe dan Penjelasan Ketidakberaturan	Pasal Referensi	Penerapan Kategori Desain Seismik
5.	Ketidakberaturan system nonpareil didefinisikan ada jika elemen vertikal pemikul gaya lateral tidak paralel terhadap sumbu-sumbu ortogonal utama sistem pemikul gaya seismik.	Pasal 7.5.3 Pasal 7.7.3 Pasal 11.3.4 Tabel 16	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)

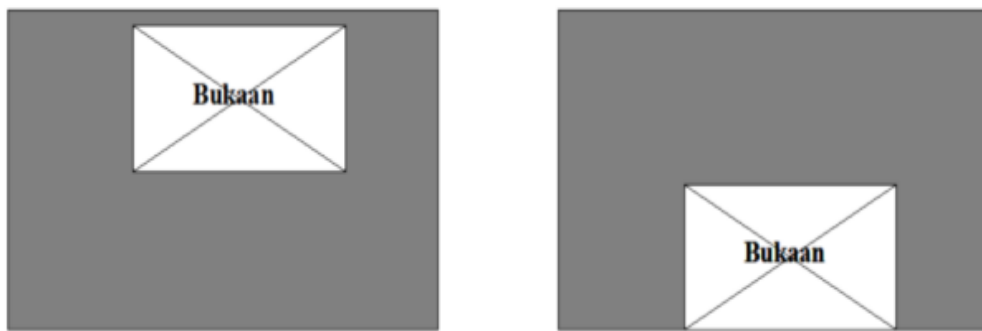
Tipe-tipe ketidakberaturan horizontal yang sudah dijelaskan pada Tabel 3.14 dapat ditunjukkan pada Gambar 3.10 sampai Gambar 3.14 mengenai tipe ketidakberaturan horizontal seperti pada halaman selanjutnya.

**Gambar 3.10 Ketidakberaturan Horizontal 1a dan 1b**

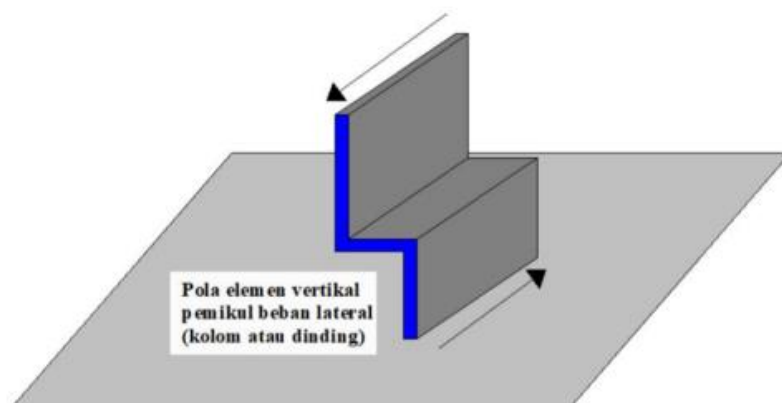
(Sumber: SNI 1726- 2019)



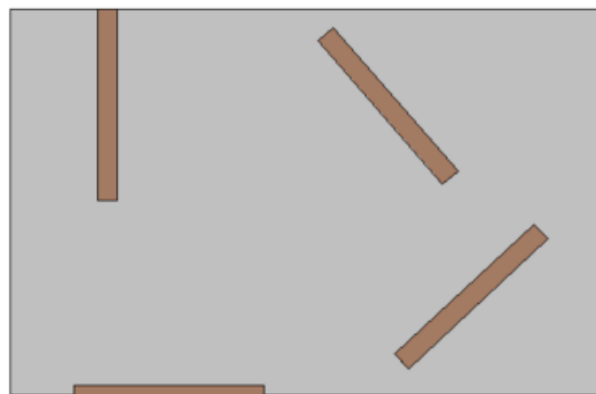
Gambar 3.11 Ketidakberaturan Horizontal 2
(Sumber: SNI 1726- 2019)



Gambar 3.12 Ketidakberaturan Horizontal 3
(Sumber: SNI 1726- 2019)



Gambar 3.13 Ketidakberaturan Horizontal 4
(Sumber: SNI 1726- 2019)



(e) Ketidakberaturan 5

Gambar 3.14 Ketidakberaturan Horizontal 5

(Sumber: SNI 1726- 2019)

3.6.2. Ketidakberaturan Vertikal

Menurut SNI 1726 – 2019, ketidakberaturan vertikal adalah ketidakberaturan struktur yang terjadi pada bidang vertikal, dapat dibayangkan suatu bangunan memiliki ketidakberaturan vertikal apabila mempunyai satu atau lebih tipe ketidakberaturan vertikal. Adapun tipe yang dimaksud akan dijelaskan pada Tabel 3.15 sebagai berikut.

Tabel 3.12 Ketidakberaturan Vertikal

No	Tipe dan Penjelasan Ketidakberaturan	Pasal referensi	Penerapan Kategori Desain seismik
1a.	Ketidakteraturan kekakuan tingkat lunak 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 16	D, E, dan F

Lanjutan Tabel 3.12 Ketidakberaturan Vertikal

	Tipe dan Penjelasan Ketidakberaturan	Pasal refrensi	Penerapan Kategori Desain seismik
1b.	Ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak berlebihan didefinisikan ada jika suatu tingkat yang kekakuan lateralnya kurang dari 60% kekakuan lateral tingkat tinggi di atasnya atau kurang dari 70% kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya	Pasal 7.3.3.1 Tabel 16	E dan F D, E, dan F
2.	Ketidakberaturan berat (massa) didefinisikan ada jika massa efektif di sebarang tingkat lebih dari 150% massa efektif tingkat di dekatnya. Atap yang lebih ringan dari lantai bawahnya tidak perlu ditinjau.	Tabel 16	D, E, dan F
3.	Ketidakberaturan geometri vertikal didefinisikan ada jika dimensi horizontal sistem pemikul gaya seismik di sebarang tingkat lebih dari 130% dimensi horizontal sistem pemikul gaya seismik tingkat di dekatnya.	Tabel 16	D, E, dan F
4.	Ketidakberaturan akibat diskontinuitas bidang pada elemen vertikal pemikul gaya lateral didefinisikan ada jika pergeseran arah bidang elemen pemikul gaya lateral lebih besar dari panjang elemen itu atau terdapat reduksi kekakuan elemen pemikul di tingkat bawahnya.	Pasal 7.3.3.3 Pasal 7.3.3.4 Tabel 16	B, C, D, E dan F

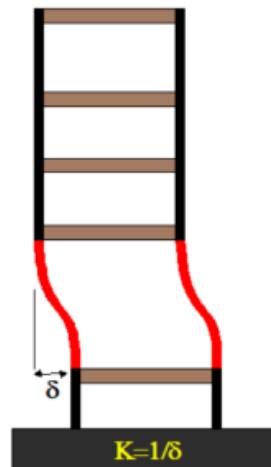
(Sumber: SNI 1726-2019)

Lanjutan Tabel 3.12 Ketidakberaturan Vertikal

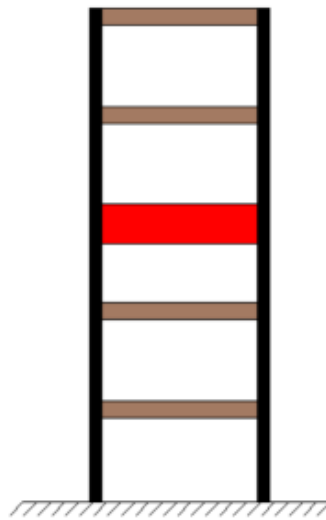
	Tipe dan Penjelasan Ketidakberaturan	Pasal refrensi	Penerapan Kategori Desain seismik
5a.	Ketidakberaturan tingkat lemah akibat diskontinuitas pada kekuatan lateral tingkat didefinisikan ada jika lateral suatu tingkat kurang dari 80% kekuatan lateral tingkat di atasnya. Kekuatan lateral tingkat adalah kekuatan total semua elemen pemikul seismik yang berbagi geser tingkat pada arah yang ditinjau.	Pasal 7.3.3.1 Tabel 16	E dan F D, E, dan F
5b.	Ketidakberaturan tingkat lemah berlebihan akibat diskontinuitas pada kekuatan lateral tingkat 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.	Pasal 7.3.3.1 Pasal 7.3.3.2 Tabel 16	D, E, dan F B dan C D, E dan F

(Sumber: SNI 1726-2019)

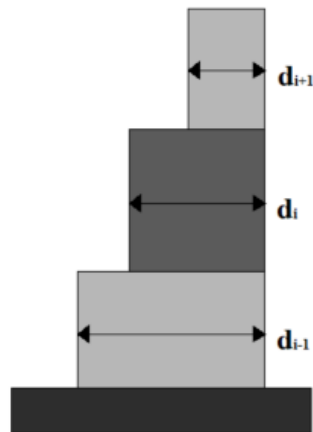
Tipe-tipe ketidakberaturan vertikal yang sudah dijelaskan pada Tabel 3.15 dapat ditunjukkan pada Gambar 3.15 sampai Gambar 3.19 mengenai tipe ketidakberaturan horizontal.



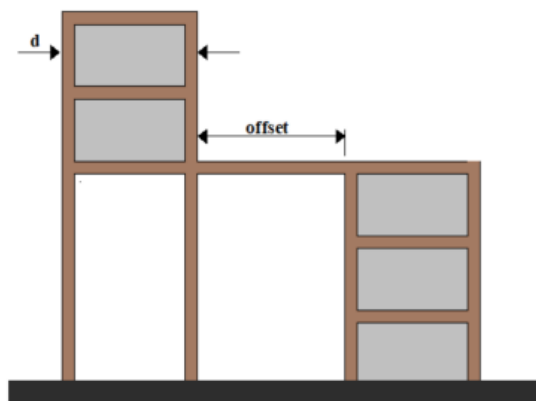
Gambar 3.15 Ketidakberaturan Vertikal 1 dan 1b
(Sumber: SNI 1726- 2019)



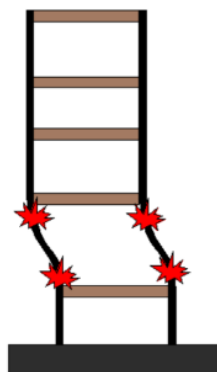
Gambar 3.16 Ketidakberaturan Vertikal 2
(Sumber: SNI 1726- 2019)



Gambar 3.17 Ketidakberaturan Vertikal 3
(Sumber: SNI 1726- 2019)



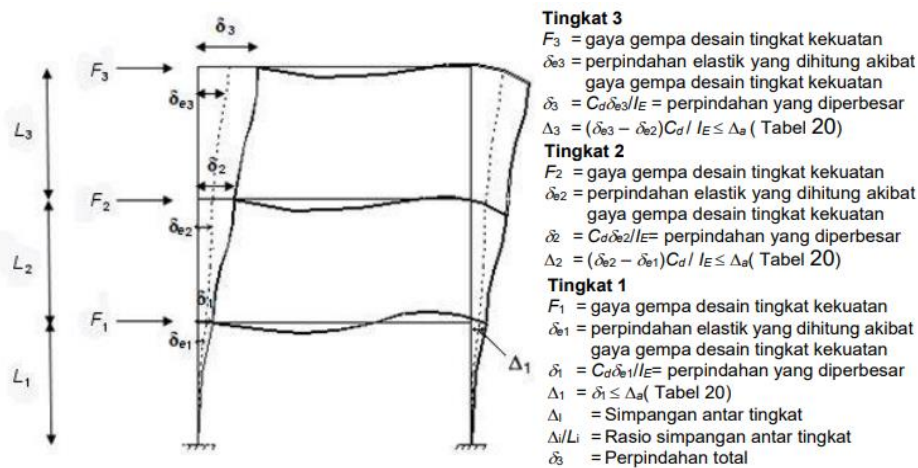
Gambar 3.18 Ketidakberaturan Vertikal 4
(Sumber: SNI 1726- 2019)



Gambar 3.19 Ketidakberaturan Vertikal 5a dan 5b
(Sumber: SNI 1726- 2019)

3.7. Simpangan Antar Tingkat

Berdasarkan SNI 1726 – 2019, dalam menentukan simpangan antar tingkat desain (Δ) harus dihitung sebagai perbedaan simpangan pada pusat massa di atas dan di bawah tingkat yang dapat dilihat pada Gambar 3.20 Penentuan Simpangan Antar Tingkat. 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, Δ harus dihitung menggunakan gaya seismik desain yang ditetapkan dalam pasal 7.8 SNI 1726 - 2019 tanpa reduksi untuk desain tegangan izin.



Gambar 3.20 Penentuan Simpangan Antar Tingkat
 (Sumber: SNI 1726 – 2019)

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

$$\delta_x = \frac{C_d - \delta_x e}{I_e} \quad (2.40)$$

Keterangan:

C_d = Faktor pembesaran simpangan lateral dalam Tabel 12 SNI 1726 - 2019

δ_{xe} = Simpangan di tingkat-x yang disyaratkan pada pasal 7.8.6 SNI 1726 – 2019, yang harus ditentukan dengan analisis elastik.

I_e = Faktor keutamaan gempa

1. Batasan Simpangan Antar Lantai

Simpangan antar tingkat desain (Δ) seperti ditentukan dalam pasal 7.8.6 SNI 1726-2019, tidak boleh melebihi simpangan antar tingkat izin (Δ_a) seperti didapatkan dari Tabel 20 SNI 1726-2019 seperti berikut.

Tabel 3.13 Simpangan Antar Tingkat Izin Δ_a

Struktur	Kategori Risiko		
	I dan 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.	$0,025h_{sx}^c$	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata ^d	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$	$0,01-h_{sx}$

(Sumber: SNI 1726 – 2019)

Catatan

- ^a H_{sx} adalah tinggi tingkat di bawah ting-x
- ^b 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 pada pasal 7.12.1.1 SNI 1726 - 2019
- ^c 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.
- ^d 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.

2. Penskalaan Gaya

Berdasarkan SNI 1726-2019 mengenai 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 35 SNI 1726-2019, maka simpangan harus dikalikan dengan $C_s W/V_t$.

3.8. Pengaruh P-delta

Berdasarkan SNI 1726 – 2019 pasal 7.8.7, pengaruh P-delta pada geser tingkat dan momen, gaya dan momen elemen struktur yang dihasilkan, dan simpangan antar tingkat yang diakibatkannya tidak perlu diperhitungkan bila koefisien stabilitas (θ) seperti ditentukan oleh persamaan berikut sama dengan atau kurang dari 0,10:

$$\theta = \frac{P_x \Delta I_e}{V_x h_{sx} C_d} \quad (2.41)$$

Keterangan:

- P_x = Beban desain vertikal total pada dan di atas tingkat-x, (kN); bila menghitung P_x , faktor beban individu tidak perlu melebihi 1,0;
- Δ = Simpangan antar tingkat desain seperti didefinisikan dalam 0, terjadi secara serentak dengan V_x (mm)
- I_e = Faktor keutamaan gempa yang ditentukan sesuai dengan 4.1.2 pada SNI 1726 – 2019
- V_x = Gaya geser seismik yang bekerja antar tingkat x dan x-1 (kN)
- h_{sx} = Tinggi tingkat di bawah x, (mm)
- C_d = Faktor pembesaran defleksi dalam Tabel 12 SNI 1726 – 2019

Koefisien stabilitas (θ) tidak boleh melebihi θ_{max} yang ditentukan, dengan digunakan persamaan berikut.

$$\theta_{max} = \frac{0,5}{\beta C_d} \leq 0,25 \quad (2.42)$$

Di mana β adalah rasio kebutuhan geser terhadap kapasitas geser untuk tingkat antar tingkat x dan $x-1$. Rasio ini diizinkan secara konservatif diambil sebesar 1,0.

Berdasarkan SNI 1726 – 2019 Jika koefisien stabilitas (θ) lebih besar dari 0,10 tetapi kurang dari atau sama dengan θ_{max} faktor peningkatan terkait dengan pengaruh P-delta pada perpindahan dan gaya komponen struktur harus ditentukan dengan analisis rasional. Sebagai alternatif, diizinkan untuk mengalihkan perpindahan gaya dan komponen struktur dengan $1,0 / (1-\theta)$. Selain itu jika θ lebih besar dari θ_{max} , struktur berpotensi tidak stabil dan harus didesain ulang. Jika pengaruh P-delta disertakan dalam analisis otomatis, persamaan (2.41) tetap harus dipenuhi, akan tetapi, nilai θ yang dihitung dari persamaan (2.40) menggunakan analisis P-delta diizinkan dibagi dengan $(1+\theta)$ sebelum diperiksa dengan persamaan (2.41)

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1. Umum

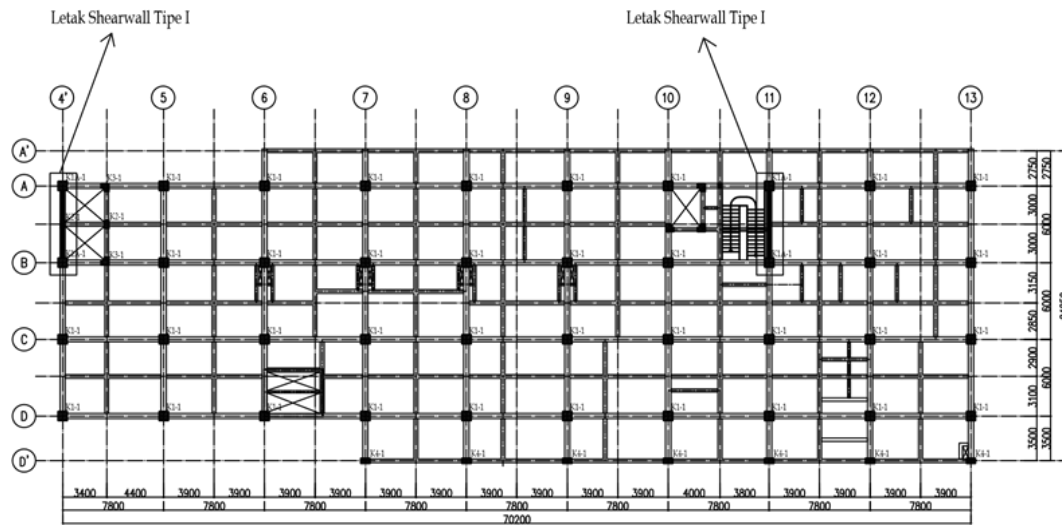
Metode penelitian umumnya bertujuan sebagai landasan dalam melaksanakan penelitian yang dilakukan sehingga terwujudnya penelitian yang terstruktur. Pedoman-pedoman pada penelitian ini adalah SNI 1726 – 2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung, SNI 1727 – 2020 Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain, SNI 2847 – 2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan SNI 1729 – 2020 Spesifikasi untuk Gedung Baja Struktural.

4.2. Model Struktur

Pada penelitian ini, diambil objek bangunan Rumah Sakit Umum Daerah Rengasdengklok gedung A dengan model bangunan struktur beton bertulang. Dalam penelitian ini, ada tiga jenis pemodelan dalam analisisnya. Ketiga pemodelan tersebut diuraikan sebagai berikut.

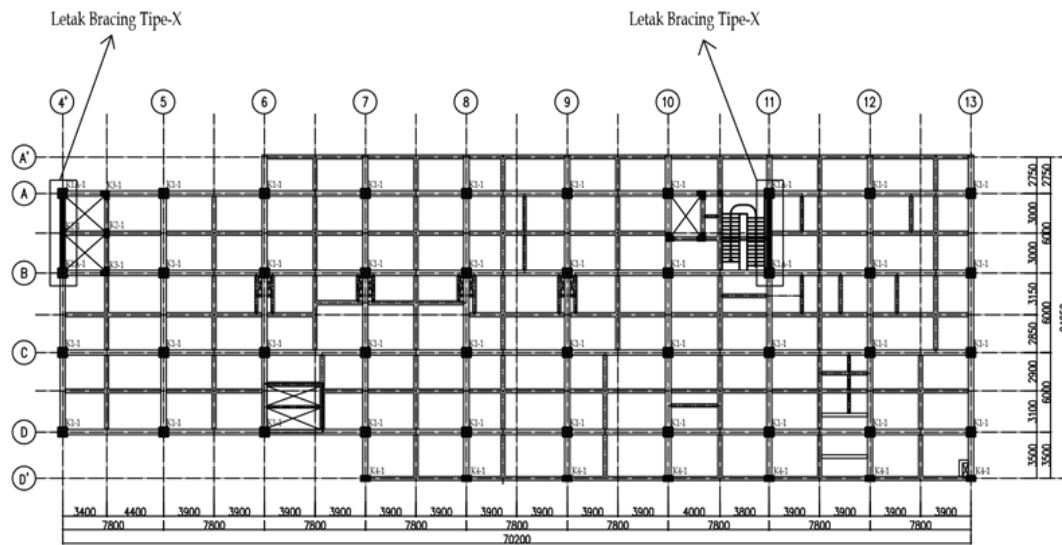
1. Pada model pertama digunakannya struktur penahan gaya gempa dengan *Shearwall* tipe I
2. Pada model kedua digunakannya struktur penahan gaya gempa dengan *bracing* tipe X
3. Pada model ketiga digunakannya struktur penahan gaya gempa dengan *bracing inverted -V*.

Adapun gambar denah dari ketiga model struktur yang akan dianalisis dapat dilihat pada Gambar 4.1 sampai 4.3 di halaman selanjutnya.



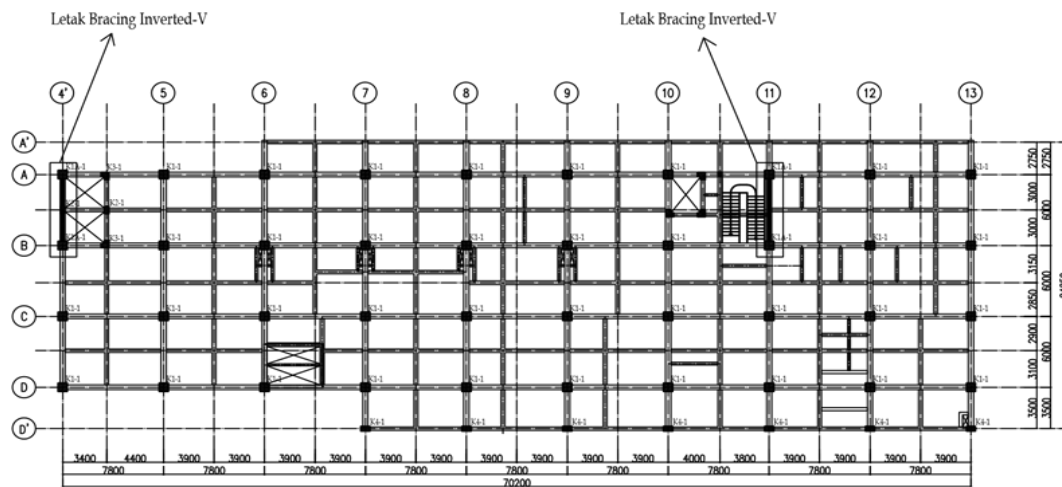
Gambar 4.1 Denah Model 1 Struktur *Shearwall* Tipe I

(Sumber: *Forconstruction*)



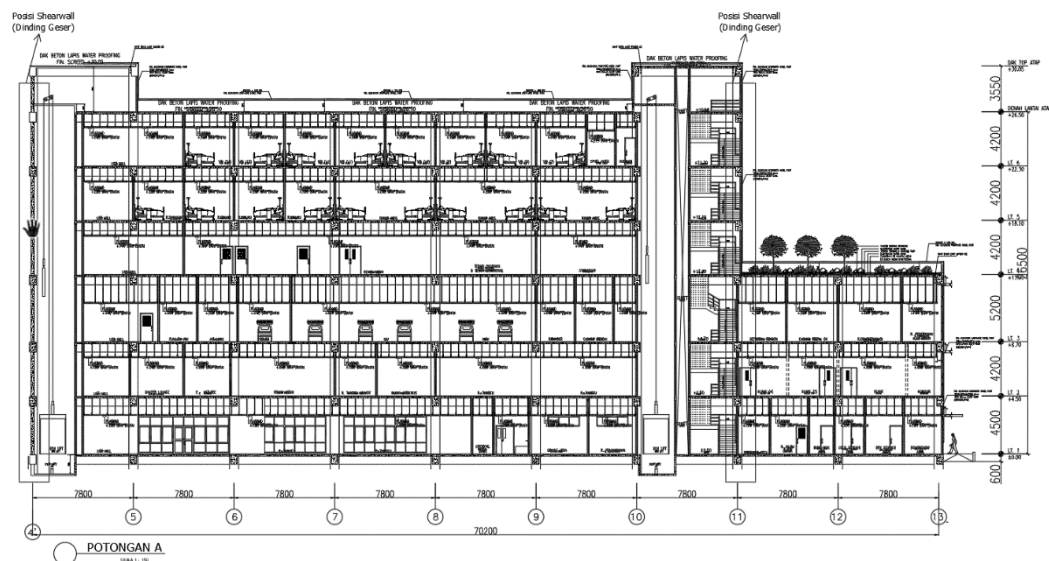
Gambar 4.2 Denah Model 2 Struktur *Bracing* Tipe-X

(Sumber: *Forconstruction*)



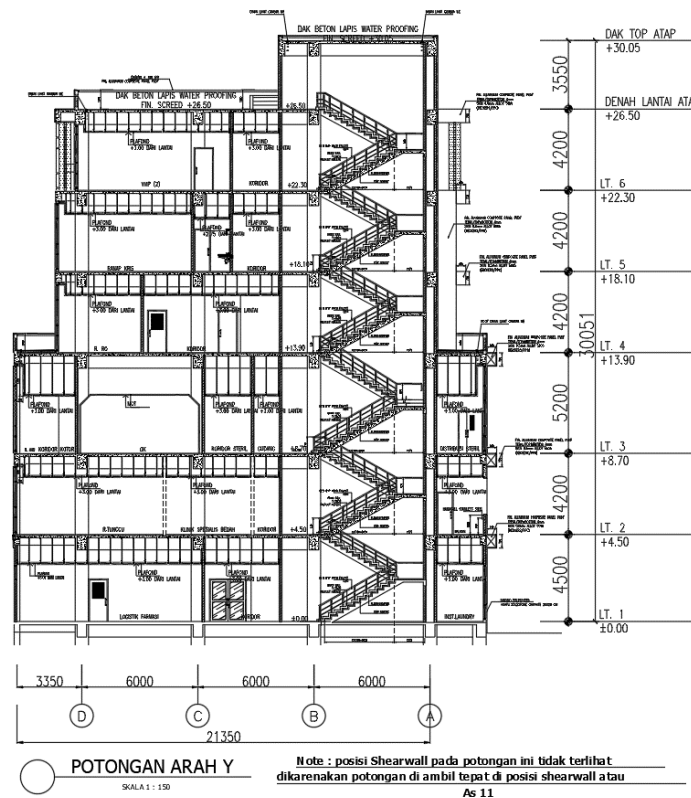
Gambar 4.3 Denah Model 3 Struktur *Bracing Inverted-V*

(Sumber: *Forconstruction*)



Gambar 4.4 Potongan Arah X

(Sumber: *Forconstruction*)



Gambar 4.5 Potongan Arah Y
(Sumber: *Forconstruction*)

4.3. Data Penelitian

Data penelitian yang akan digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4.1 Data Penelitian

No	Uraian	Nilai
1	Fungsi Bangunan	Rumah Sakit
2	Jenis Struktur	Beton Bertulang
3	Lokasi Bangunan	Rengasdengklok, Karawang Barat, Jawa Barat
4	Jenis Tanah	Lunak
5	Jumlah Lantai	6
6	Luas bangunan	17.729,22 m ²
7	Tinggi Total bangunan	29,7 m

(Sumber: Dokumen Perencana Tahun 2023)

Lanjutan Tabel 4.1 Data Penelitian

No	Uraian	Nilai
8	Tinggi bangunan lantai 1	4,5 m
9	Tinggi bangunan lantai 2	4,2 m
10	Tinggi bangunan lantai 3	5,2 m
11	Tinggi bangunan lantai 4	4,2 m
12	Tinggi bangunan lantai 5	4,2 m
13	Tinggi bangunan lantai 6	4,2 m
14	Tinggi bangunan lantai 7 atap	3,2 m
15	Mutu Beton Kolom	30 MPa
16	Mutu Beton Balok	30 MPa
17	Mutu Beton Tie Beam	30 MPa
18	Mutu Beton Pile Cap	30 MPa
19	Mutu Beton Bore Pile	30 MPa
20	Mutu Beton Pelat	30 MPa
21	Mutu Baja Tulangan $d > 12$ mm	420 MPa
22	Mutu Baja Tulangan $d < 12$ mm	420 MPa

(Sumber: Dokumen Perencana Tahun 2023)

4.4. Metode Penelitian

Pada penelitian ini digunakan metode respon spektrum. Metode respon spektrum adalah metode analisis struktur bangunan dengan menggunakan spektrum gempa yang digambarkan dalam bentuk kurva hubungan antara periode struktur bangunan dengan menggunakan nilai percepatan bangunan itu sendiri ketika terkena beban gempa. Selain itu, menurut Pawirodikromo (2012), respon 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 Freedom, SDOF*).

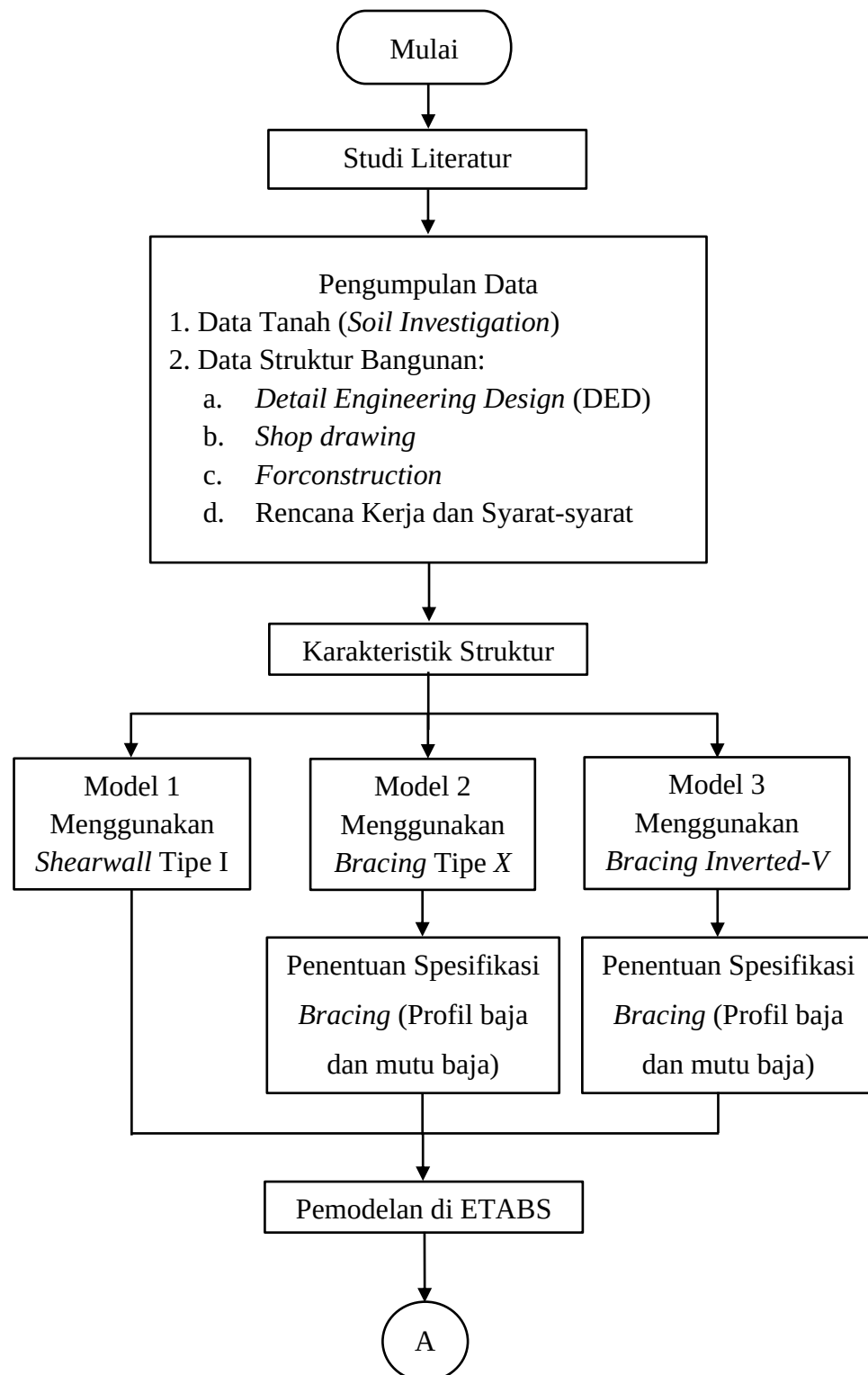
Analisis yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan tiga jenis sistem pengaku struktur, yaitu berupa struktur *shearwall tipe I* (model 1), struktur *bracing tipe X* (model 2) dan *bracing inverted V* (model 3). Sistem pengaku tersebut akan diletakkan pada posisi sistem pengaku eksisting (*shearwall tipe I*) dengan maksud untuk mempermudah seberapa besar pengaruh perubahan sistem pengaku struktur. Selanjutnya material untuk *bracing* menggunakan material baja agar mempermudah proses pelaksanaan mengingat bangunan yang dianalisis merupakan bangunan rill.

4.5. Tahapan Penelitian

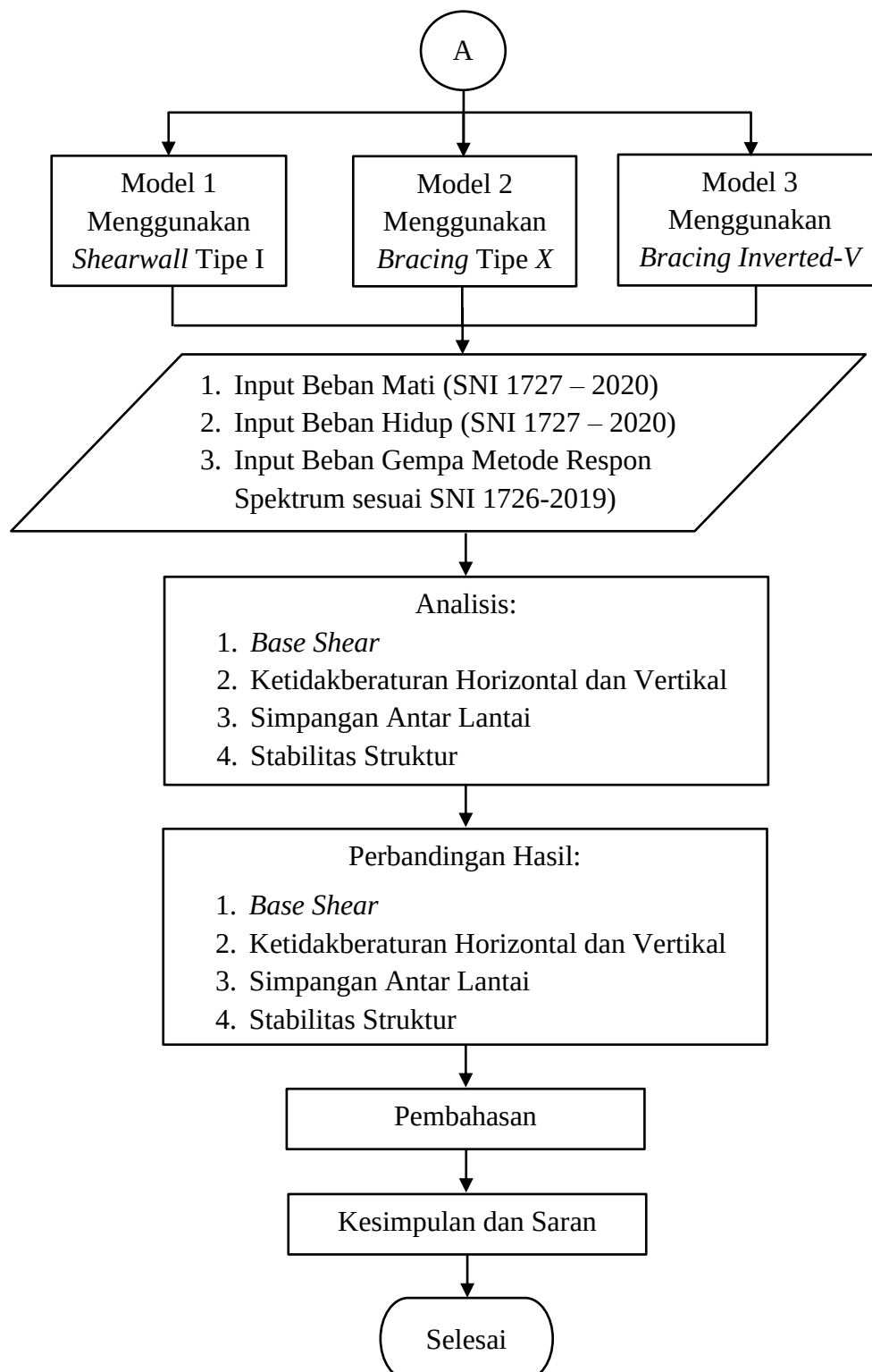
Tahapan – tahapan penelitian yang dilakukan sebagai berikut.

1. Studi Literatur
2. Pengumpulan Data Penelitian, Pengumpulan data penelitian yang dimaksud berupa gambar kerja atau *shop drawing*, spesifikasi mutu dan bahan, data pengujian tanah, peraturan perencanaan gedung, dan lokasi gedung Rumah Sakit Umum Daerah Rengasdengklok.
3. Karakteristik struktur, pada tahapan ini ialah berupa penentuan spesifikasi *bracing* yang akan digunakan dalam penelitian.
4. Pemodelan struktur di ETABS V.22, Pemodelan dilakukan sesuai dengan model yang sudah direncanakan di awal yaitu Model 1 bangunan dengan *shearwall* tipe I, model 2 bangunan dengan *bracing* tipe X dan model 3 bangunan dengan *bracing inverted-V*.
5. Menginput beban mati, beban hidup dan beban gempa, dilanjutkan dengan pengecekan apakah sesuai dengan peraturan yang berlaku.
6. Menjalankan analisis dan mengeluarkan hasil respon struktur.
7. Membandingkan hasil respon struktur.
8. Membuat pembahasan perbandingan antara ketiga model.
9. Membuat kesimpulan dan saran terhadap hasil penelitian yang telah dilakukan.

Tahapan – tahapan penelitian ini dapat di ringkas dalam bentuk *flowchart* sesuai dengan Gambar 4.4 di halaman selanjutnya.



Gambar 4.6 Flowchart Penelitian



Lanjutan Gambar 4.6 *Flowchart Penelitian*

BAB V

DATA, ANALISIS, DAN PEMBAHASAN

5.1. Data Struktur

Data struktur merupakan aspek penting dalam analisis bangunan karena menentukan karakteristik dan respon struktur terhadap beban. Dalam penelitian ini data struktur yang digunakan sebagai berikut.

5.1.1 Geometri Bangunan

Geometri bangunan yang digunakan dalam penelitian ini merupakan bangunan rumah sakit dengan luas bangunan 17.729,22 m² dan tinggi bangunan 29,7 m. Berikut ini detail elevasi struktur gedung yang dapat dilihat pada Tabel 5.1 sebagai berikut.

Tabel 5.1 Elevasi Struktur Gedung

Lantai	Elevasi Tiap Lantai (m)	Tinggi Tiap Lantai (m)
Dak Atap	29,7	3,2
Lantai Atap	26,5	4,2
Lantai 6	22,3	4,2
Lantai 5	18,1	4,2
Lantai 4	13,9	5,2
Lantai 3	8,7	4,2
Lantai 2	4,5	4,5
Lantai 1	0	0

5.1.2 Mutu dan Spesifikasi Material

Mutu dan spesifikasi material yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada mutu material yang diterapkan pada gedung Rumah Sakit Umum Daerah Rengasdengklok. Adapun untuk mutu dan spesifikasi material baja untuk *bracing* yang merupakan salah satu parameter yang akan dibandingkan dalam penelitian ini

digunakan asumsi berdasarkan peraturan umum dalam perencanaan struktur baja. Berikut adalah mutu dan spesifikasi material yang digunakan pada gedung Rumah Sakit Umum Daerah Rengasdengklok.

1. Mutu beton kolom = 30 MPa
2. Mutu beton balok = 30 MPa
3. Mutu beton pelat lantai = 30 MPa
4. Mutu beton pelat atap = 30 MPa
5. Mutu beton tangga = 30 MPa
6. Mutu baja tulangan = 420 MPa
7. Mutu baja (f_y) *bracing-X* dan *inverted-V* = 235 MPa
8. Berat volume beton = 2400 kg/m³

5.1.3 Elemen Struktur

Elemen struktur merupakan komponen penting dalam suatu bangunan yang berfungsi menyalurkan beban hingga ke tanah. Berikut ini komponen struktur yang dimodelkan dalam penelitian ini.

1. Kolom

Bangunan gedung sangat memerlukan elemen struktur berupa kolom yang bertujuan untuk menyalurkan beban dari balok dan lantai ke tanah melalui elemen pondasi. Detail kolom yang ada pada gedung Rumah Sakit Umum Daerah Rengasdengklok dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut.

Tabel 5.2 Detail Kolom

Tipe Kolom	B (mm)	H (mm)
Kolom Lantai 1 - 3		
K1-	700	700
K1A-	700	700
K2A-	250	600
K2-	350	600
K3-	450	250

Lanjutan Tabel 5.2 Detail Kolom

Tipe Kolom	B (mm)	H (mm)
Kolom Lantai 1 - 3		
K4-	700	400
K8-	300	300
Kolom Lantai 4 - 6		
K1-	700	700
K1A-	700	700
K2A-	250	600
K2-	350	600
K3-	450	250
K8-	300	300
Lantai Atap		
K1-7	600	600
K2A-7	250	600
K2-7	350	600
K3-7	450	250

2. Balok

Balok merupakan elemen struktur yang berfungsi untuk menyalurkan beban dari dinding dan pelat lantai ke kolom agar kekakuan dan kestabilan struktur tetap terjaga. Balok pada gedung Rumah Sakit Umum Daerah Rengasdengklok memiliki berbagai macam tipe balok sesuai dengan fungsi dan posisinya dalam struktur gedung. Adapun rincian lengkap terhadap detail balok dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut.

Tabel 5.3 Detail Balok

Kode Balok	B (mm)	H (mm)
Lantai 2 - 4		
B1-	B1-	B1-
B1A-	B1A-	B1A-

Lanjutan Tabel 5.3 Detail Balok

Kode Balok	B (mm)	H (mm)
B2-	B2-	B2-
B3-	B3-	B3-
B4-	B4-	B4-
BA1-	300	500
BA2-	250	450
BA3-	200	400
BC1-	400	700-500
BC2-	300	500
BL-	200	500
Lantai 5 – Atap Lift		
B1-	400	700
B1A-	400	700
B2-	400	700
BA1-	350	500
BA2-	250	450
BA3-	200	400
BC1-	400	700 - 500
BC2-	300	500
BL-	200	500
Lantai Dak Atap		
B1-	300	600
B1A-	250	500
BA2-	250	450
BC1-	300	600 - 500
BC2-	250	500
BL-	200	500

3. Pelat lantai dan atap

Sebagai bagian dari salah satu bagian struktur utama sebuah gedung, elemen pelat lantai atau atap memiliki peran penting dalam penyaluran beban ke elemen struktur balok. Pada gedung ini pelat memiliki beberapa tipe mengenai ketebalannya dikarenakan menyesuaikan dengan fungsi dari ruang dan beban yang diterima. Berikut adalah tipe-tipe pelat yang ada pada gedung Rumah Sakit Umum Daerah Rengasdengklok, yang tercantum pada Tabel 5.4 sebagai berikut.

Tabel 5.4 Detail Pelat

Tipe Pelat	Tebal (mm)
SD	150
S1	130
SA	120
S1 Atap Lift	120
SA Atap	120

4. Struktur pengekang lateral

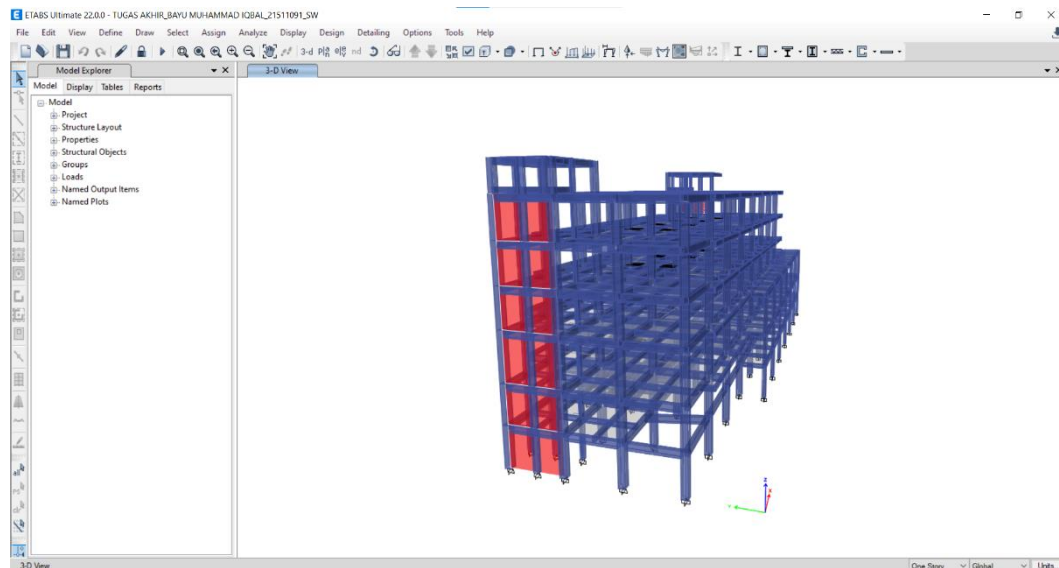
Struktur pengekang lateral merupakan elemen struktur tambahan yang berfungsi untuk menahan gaya lateral akibat beban gempa dan angin. Pada gedung Rumah Sakit Umum Daerah Rengasdengklok struktur eksistingnya menggunakan struktur pengekang lateral *shearwall* tipe I, yang di mana dalam penelitian ini struktur pengekang lateral tersebut akan dibandingkan dengan *bracing* baja tipe X dan *Inverted-V*. Detail struktur pengekang lateral yang akan digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 5.5 sebagai berikut.

Tabel 5.5 Detail Struktur Pengekang Lateral

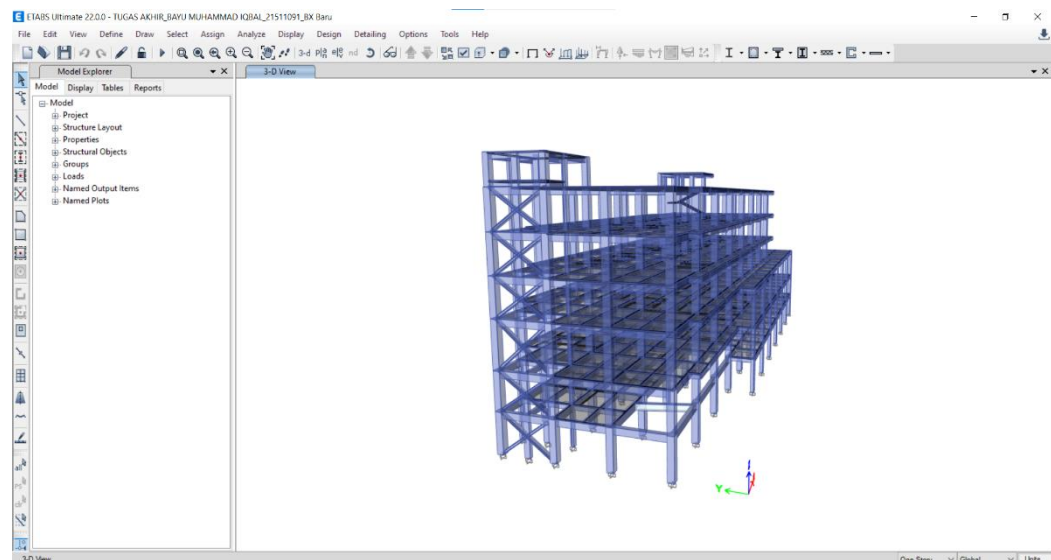
Tipe Pengekang Lateral	Jenis Material	Mutu Material (fy)
<i>Shearwall Tipe I</i>	Beton Bertulang	30 MPa
<i>Bracing Tipe – X</i>	Baja Steel H-Beam	235 MPa
<i>Bracing Inverted V</i>	Baja Steel H-Beam	235 MPa

5.1.4 Pemodelan Etabs

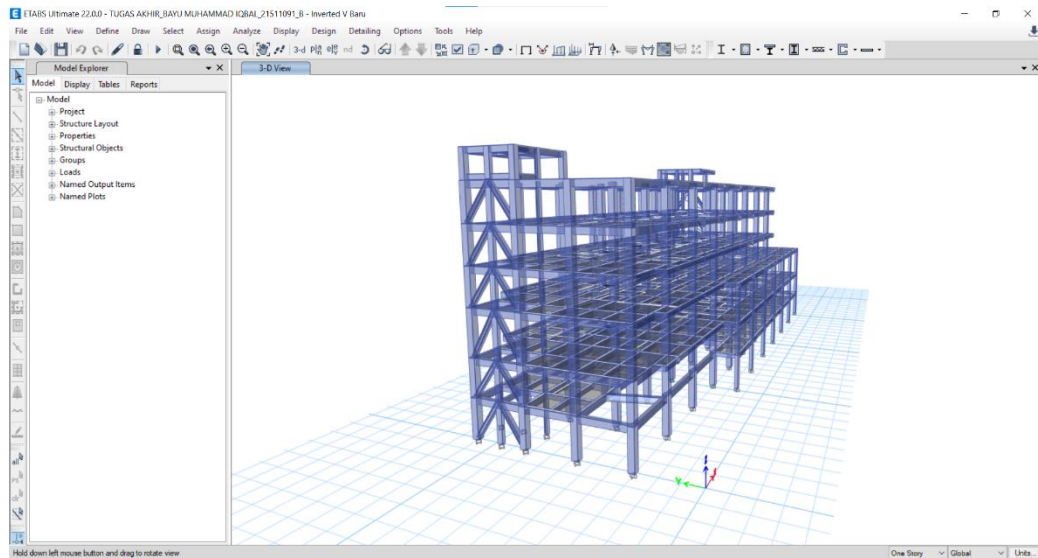
Berdasarkan data struktur gedung di atas, didapatkan hasil pemodelan pada *software* ETABS V.22 yang dapat dilihat pada Gambar 5.1 hingga Gambar 5.3 sebagai berikut.



Gambar 5.1 Pemodelan ETABS V.22 Struktur *Shearwall Tipe I*



Gambar 5.2 Pemodelan ETABS V.22 Struktur *Bracing Tipe X*



Gambar 5.3 Pemodelan ETABS V.22 Struktur *Bracing Inverted V*

5.2. Perhitungan Pembebanan Struktur

Perhitungan pembebanan struktur merupakan hal yang penting dilakukan dalam analisis respon struktur untuk memastikan bahwa suatu struktur memiliki kestabilan dan kekuatan dalam menahan beban yang bekerja. Adapun perhitungan beban yang bekerja pada struktur yang akan dianalisis dalam penelitian ini dapat dilihat sebagai berikut.

5.2.1 Beban Mati Tambahan (Q_{SIDL})

Beban mati tambahan (Q_{SIDL}) merupakan beban tetap yang berasal dari elemen non struktural, elemen struktural bisa berupa lapisan lantai, plafond, rangka plafond dan mekanikal elektrik plumbing dll. Berikut ini beban mati tambahan yang digunakan dalam gedung Rumah Sakit Umum Daerah Rengasdengklok mengacu pada SNI 1727 - 2020.

1. Beban mati tambahan pelat lantai 2 – 6 (Q_{SIDL1})

- a. Keramik/Tegel = berat volume x tebal keramik
 $= 23,6 \text{ kN/m}^3 \times 0,01 \text{ m}$
 $= 0,236 \text{ kN/m}^2$
- b. Spesi 2 cm = berat volume x tebal spesi
 $= 20,4 \text{ kN/m}^3 \times 0,02 \text{ m}$
 $= 0,408 \text{ kN/m}^2$

- c. Pasir 2 cm = berat volume x tebal pasir
 $= 16,70 \text{ kN/m}^3 \times 0,02 \text{ m}$
 $= 0,344 \text{ kN/m}^2$
- d. Plafond & Rangka = Plafond 9 mm (kg/m^2) + Rangka (kg/m^2)
 $= 15,50 \text{ kg/m}^2 + 7,50 \text{ kg/m}^2$
 $= 23,00 \text{ kg/m}^2 \times \text{angka konversi}$
 $= 23,00 \text{ kg/m}^2 \times 0,00981$
 $= 0,226 \text{ kN/m}^2$
- e. Instlasi (MEP) = $0,300 \text{ kN/m}^2$
- f. Total Q_{SIDL1} = Keramik + Spesi + Pasir 2 cm + Plafond & rangka + MEP
 $= 0,235 + 0,408 + 0,344 + 0,266 + 0,300$
 $= 1,504 \text{ kN/m}^2$
- g. Total Q_{SIDL1} + beban partisi = Total Q_{SIDL} + Beban Partisi
 $= 1,504 + 0,72$
 $= 2,224 \text{ kN/m}^2$
2. Beban mati tambahan pelat atap dan dak atap (Q_{SIDL2})
- a. Spesi 2 cm = berat volume x tebal spesi
 $= 20,4 \text{ kN/m}^2 \times 0,02 \text{ m}$
 $= 0,408 \text{ kN/m}^2$
- b. Waterproofing 3 cm = $0,050 \text{ kN/m}^2$
- c. Plafond + Rangka = Plafond 9 mm (kg/m^2) + Rangka (kg/m^2)
 $= 15,50 \text{ kg/m}^2 + 7,50 \text{ kg/m}^2$
 $= 23,00 \text{ kg/m}^2 \times \text{angka konversi}$
 $= 23,00 \text{ kg/m}^2 \times 0,00981$
 $= 0,226 \text{ kN/m}^2$
- d. Instlasi (MEP) = $0,300 \text{ kN/m}^2$
- e. Total Q_{SIDL2} = Spesi + Waterproofing + Plafond & Rangka + MEP
 $= 0,408 + 0,050 + 0,226 + 0,226 + 0,300$
 $= 0,984 \text{ kN/m}^2$

- f. Total Q_{SIDL2} ruang kontrol = Total Q_{SIDL1}
 $= 1,504 \text{ kN/m}^2$
3. Beban mati tambahan bordes (Q_{SIDL3})
- a. Keramik/Tegel = berat volume x tebal keramik
 $= 23,6 \text{ kN/m}^3 \times 0,01 \text{ m}$
 $= 0,236 \text{ kN/m}^2$
- b. Spesi 2 cm = berat volume x tebal spesi
 $= 20,4 \text{ kN/m}^2 \times 0,02 \text{ m}$
 $= 0,408 \text{ kN/m}^2$
- c. Pasir 2 cm = berat volume x tebal pasir
 $= 16,70 \text{ kN/m}^3 \times 0,02 \text{ m}$
 $= 0,344 \text{ kN/m}^2$
- d. Total Q_{SIDL3} = Keramik + Spesi + Pasir
 $= 0,235 + 0,408 + 0,344$
 $= 0,978 \text{ kN/m}^2$
4. Beban mati tambahan pelat tangga (Q_{SIDL3})
- a. Anak Tangga 1 - 2 = Berat volume beton bertulang x optrade x
 angka konversi
 $= 2400 \text{ kg/m}^2 \times 0,173 \text{ m} \times 0,00981$
 $= 4,073 \text{ kN/m}^2$
- b. Anak Tangga 3 - 6 = Berat volume beton bertulang x optrade x
 angka konversi
 $= 2400 \text{ kg/m}^2 \times 0,162 \text{ m} \times 0,00981$
 $= 3,814 \text{ kN/m}^2$
- b. Keramik/Tegel = berat volume x tebal keramik
 $= 23,6 \text{ kg/m}^2 \times 0,01 \text{ m}$
 $= 0,235 \text{ kN/m}^2$
- c. Spesi 2 cm = berat volume x tebal spesi
 $= 20,4 \text{ kN/m}^2 \times 0,02 \text{ m}$
 $= 0,408 \text{ kN/m}^2$
- d. Pasir 2 cm = berat volume x tebal pasir

$$= 16,70 \text{ kN/m}^3 \times 0,02 \text{ m}$$

$$= 0,344 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{e. Total } Q_{\text{SIDL3 lantai (1-2)}} &= \text{Anak Tangga}_{1-2} + \text{Keramik} + \text{Spesi} + \text{Pasir} \\ &= 4,073 + 0,235 + 0,408 + 0,344 \\ &= 5,051 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{f. Total } Q_{\text{SIDL3 lantai (3-6)}} &= \text{Anak Tangga}_{3-6} + \text{Keramik} + \text{Spesi} + \text{Pasir} \\ &= 3,814 + 0,235 + 0,408 + 0,300 \\ &= 4,792 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

5. Beban mati tambahan elevator (Q_{SIDL4})

Beban elevator yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada *planning guide hyundai* elevator dengan menyamakan jumlah kapasitas elevator yang digunakan pada obyek penelitian. Berikut ini beban elevator sesuai dengan *planning guide hyundai*.

a. Elevator 1 dan 2

$$\text{Capacity} = 21 \text{ person} / 1600 \text{ kg}$$

$$\text{Speed} = 1,0 \text{ m/s atau } 60 \text{ mpm}$$

$$\text{Lift car size} = 1500 \times 2300 \times 2300$$

$$\text{Shaft size} = 2700 \times 3000$$

$$\text{M/C Room (R1)} = 10000 \text{ kg}$$

$$= 98,100 \text{ kN}$$

$$\text{M/C Room (R1) input} = \text{M/C room (kN)} \times \text{Luasan area elevator}$$

$$= 98,100 \text{ kN} \times (6 \text{ m} \times 3,4 \text{ m})$$

$$= 4,809 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{M/C Room (R2)} = 7150 \text{ kg}$$

$$= 70,142 \text{ kN}$$

$$\text{M/C Room (R2) input} = \text{M/C room (kN)} \times \text{Luasan area elevator}$$

$$= 70,142 \text{ kN} \times (6 \text{ m} \times 3,4 \text{ m})$$

$$= 3,438 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Pit Reaction (RR1)} = 16100 \text{ kg}$$

$$= 157,941 \text{ kN}$$

$$\text{Pit Reaction (RR1) input} = \text{Pit Reaction (kN)} \times \text{luasan area elevator}$$

$$= 157,941 \text{ kN} \times (6 \text{ m} \times 3,4 \text{ m})$$

$$= 7,742 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Pit Reaction (RR2)} = 12900 \text{ kg}$$

$$= 126,549 \text{ kN}$$

$$\text{Pit Reaction (RR2) input} = \text{Pit Reaction (kN)} \times \text{luasan area elevator}$$

$$= 126,549 \text{ kN} \times (6 \text{ m} \times 3,4 \text{ m})$$

$$= 6,203 \text{ kN/m}^2$$

b. Elevator 3

$$\text{Capacity} = 17 \text{ person} / 1600 \text{ kg}$$

$$\text{Speed} = 1,0 \text{ m/s} \text{ atau } 60 \text{ mpm}$$

$$\text{Lift car size} = 1500 \times 2300 \times 2300$$

$$\text{Shaft car size} = 2250 \times 3070$$

$$\text{M/C Room (R1)} = 8500 \text{ kg}$$

$$= 83,358 \text{ kN}$$

$$\text{M/C Room (R1) input} = \text{M/C room (kN)} \times \text{Luasan area elevator}$$

$$= 83,358 \text{ kN} \times (2,6 \text{ m} \times 3,4 \text{ m})$$

$$= 9,433 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{M/C Room (R2)} = 6800 \text{ kg}$$

$$= 66,708 \text{ kN}$$

$$\text{M/C Room (R2) input} = \text{M/C room (kN)} \times \text{Luasan area elevator}$$

$$= 66,708 \text{ kN} \times (2,6 \text{ m} \times 3,4 \text{ m})$$

$$= 7,546 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Pit Reaction (RR1)} = 13600 \text{ kg}$$

$$= 133,416 \text{ kN}$$

$$\text{Pit Reaction (RR1) input} = \text{Pit Reaction (kN)} \times \text{luasan area elevator}$$

$$= 133,416 \text{ kN} \times (6 \text{ m} \times 3,4 \text{ m})$$

$$= 15,092 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Pit Reaction (RR2)} = 10400 \text{ kg}$$

$$= 102,024 \text{ kN}$$

$$\text{Pit Reaction (RR2) input} = \text{Pit Reaction (kN)} \times \text{luasan area elevator}$$

$$= 102,024 \text{ kN} \times (6 \text{ m} \times 3,4 \text{ m})$$

$$= 11,541 \text{ kN/m}^2$$

6. Beban mati tambahan escalator (Q_{SIDL5})

Beban escalator yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada spesifikasi teknis yang diberikan oleh vendor penyedia escalator, Berikut ini spesifikasi teknis escalator yang digunakan.

<i>L</i>	= 12509 mm
<i>Speed</i>	= 0,5 m/s
<i>Step with</i>	= 1000 mm
<i>Rise</i>	= R4500
<i>Designation Floor</i>	= 1st to 2 nd Floor
<i>Pit</i>	= 3157 x 4225 x 1150
<i>R1</i>	= 68 kN
<i>R1 input</i>	= R1 x Panjang Balok escalator = 68 kN x 3,625 m = 18,759 kN/m
<i>R2</i>	= 63 kN
<i>R1 input</i>	= R2 x Panjang Balok escalator = 63 kN x 3,625 m = 17,379 kN/m

Berdasarkan perhitungan beban mati tambahan pelat lantai, pelat atap dan beban mati tambahan elevator dan escalator. Rekapitulasi perhitungan beban mati tambahan dapat dilihat pada Tabel 5.6 sebagai berikut.

Tabel 5.6 Rekapitulasi Beban Mati Tambahan

Uraian	Load Tanpa Beban partisi	Load + Beban Partisi	Satuan
SIDL1 Pelat Lantai 2 - 6	1,504	2,224	kN/m ²
SIDL2 Lantai 7 -8	0,984	-	kN/m ²
SIDL2 Lantai 7 R.kontrol	1,504	-	kN/m ²
SIDL Pelat Bordes	0,978	-	kN/m ²
SIDL Pelat Tangga 1 - 2	5,051	-	kN/m ²

Lanjutan Tabel 5.6 Rekapitulasi Beban Mati Tambahan

Uraian	Load Tanpa Beban partisi	Load + Beban Partisi	Satuan
SIDL Pelat Tangga 3 - 6	4,792	-	kN/m ²
SIDL R1 Elevator 1 dan 2	4,809	-	kN/m ²
SIDL R2 Elevator 1 dan 2	3,438	-	kN/m ²
SIDL RR1 Elevator 1 dan 2	7,742	-	kN/m ²
SIDL RR2 Elevator 1 dan 2	6,203	-	kN/m ²
SIDL R1 Elevator 3	9,433	-	kN/m ²
SIDL R2 Elevator 3	7,546	-	kN/m ²
SIDL RR1 Elevator 3	15,092	-	kN/m ²
SIDL RR2 Elevator 3	11,541	-	kN/m ²
SIDL R1 Escalator	18,759	-	kN/m
SIDL R2 Escalator	17,397	-	kN/m

5.2.2 Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang bekerja sementara atau tidak menetap pada suatu bangunan. Beban hidup dapat berbeda-beda menyesuaikan kebutuhan dan fungsi dari suatu ruang, beban hidup yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada SNI 1720 – 2020 mengenai beban desain minimum dan kriteria terkait bangunan gedung dan struktur lain. Beban hidup yang ada pada gedung Rumah Sakit Umum Daerah Rengasdengklok dapat dilihat pada Tabel 5.7 sebagai berikut.

Tabel 5.7 Beban Hidup Gedung RSUD Rengasdengklok

No	Nama Ruang	Load (kN/m²)
1	Koridor lantai 1	4,790
2	koridor di atas lantai 1	3,830
3	Ruang penyimpanan Bank Darah	3,830
4	Loket	2,400
5	Ruang FCC	2,400

Lanjutan Tabel 5.7 Beban Hidup Gedung RSUD Rengasdengklok

No	Nama Ruang	Load (kN/m²)
6	Inst. Gizi	7,180
7	Inst. Laundry	7,180
8	Receiving Infection	7,180
9	Chemcal Store	7,180
10	Infection Washing Area	7,180
11	Drying Area	7,180
12	Ruang Distribusi	3,830
13	Kasir	2,400
14	Main Lobby	4,790
15	Ruang IT	2,400
16	ATM Center	4,790
17	Apotek	2,400
18	Farmasi Retail	2,400
19	Ruang Logistik Farmasi	3,830
20	Ruang Racik	2,870
21	Ruang Central Gas Medis	3,830
22	Area Retail 1	4,790
23	Area retail 2	3,590
24	Balkon	4,790
25	Ruang Cuci Alat	7,180
26	Ruang Kompresor	7,180
27	Klinik	1,920
28	Ruang ICU dan ICCU	1,920
29	Gudang Steril	6,000
30	Ruang Plasma	2,870
31	Ruang Petugas	2,400
32	Ruang Pengemasan Alat / Bahan Siap Steril	3,830
33	Gudang Bersih	6,000

Lanjutan Tabel 5.7 Beban Hidup Gedung RSUD Rengasdengklok

No	Nama Ruang	Load (kN/m²)
34	Ruang Trafo Isolasi	9,850
35	Toilet	2,870
36	Ruang Ganti	1,920
37	Ruang Istirahat Perawat	2,400
38	Pantry	7,180
39	Ruang Istirahat Dokter	2,400
40	Ruang Farmasi	2,400
41	Ruang Persiapan	1,920
42	Ruang Recovery	1,920
43	Air Lock	4,790
44	Ruang Penyimpanan Alat medik	3,830
45	Ruang Rehab medik	1,920
46	Gymnasium	4,790
47	Ruang Reuse	7,180
48	Gudang Obat	6,000
49	Gudang Alat	6,000
50	Dirty Utility	2,870
51	Ruang KA RU	2,400
52	Ruang Administrasi	2,400
53	Ruang Konsultasi	2,400
54	Ante Room	4,790
55	HD 17 TT	1,920
56	Ruang RO	7,180
57	Roof Garden	4,790
58	Ranap Kris	1,920
59	Gudang	6,000
60	Ruang Isolasi	1,920
61	Ruang Tindakan	1,920

Lanjutan Tabel 5.7 Beban Hidup Gedung RSUD Rengasdengklok

No	Nama Ruang	Load (kN/m ²)
62	Spoel Hoek	2,870
63	Ruang Tunggu	4,790
64	Lift Hall	4,790
65	Multi Purpose Function	4,790
66	Linen Kotor	3,830
67	Dapur Transit	4,790
68	Smoke Lobby	3,830
69	Ruang Pasien / Rawat VIP	1,920
70	Gudang Alat Medis	6,000
71	Linen bersih	3,830
72	Depo Obat	3,830
73	Ruang Kontrol	7,180
74	Machine room elevator	7,180
75	Ruang Operasi	2,870
76	Dak Atap	0,960
77	Atap untuk tempat berkumpul	4,790

5.2.3 Beban Dinding

Beban dinding merupakan beban yang berasal dari berat sendiri dari material dinding, besarnya beban dinding dihitung berdasarkan jenis material dinding, plesteran dan finishing lainnya. Contoh perhitungan beban dinding yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat sebagai berikut.

1. Beban dinding lantai 1

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi dinding} &= \text{Tinggi lantai (H)} - \text{H balok (Hb)} \\
 &= 4,5 \text{ m} - 0,75 \text{ m} \\
 &= 3,75 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\text{Berat jenis dinding bata ringan} = 0,935 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Plesteran 2 sisi} = 0,48 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban dinding} &= (\text{Berat jenis dinding bata ruangan} + \\
 &\quad \text{Plesteran 2 sisi}) \times \text{Tinggi lantai} \\
 &= (0,935 + 0,48) \times 3,75 \\
 &= 5,306 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

2. Beban dinding lantai 2

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi dinding} &= \text{Tinggi lantai (H)} - \text{H balok (Hb)} \\
 &= 4,2 \text{ m} - 0,75 \text{ m} \\
 &= 3,45 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\text{Berat jenis dinding kaca} = 0,380 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban dinding} &= (\text{Berat jenis dinding kaca} \times \text{Tinggi lantai}) \\
 &= (0,380 \times 3,45) \\
 &= 1,311 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

Rekapitulasi perhitungan beban dinding pada tingkat lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.8 sebagai berikut.

Tabel 5.8 Rekapitulasi Beban Dinding

Keterangan	Q _{Dinding Bata Ringan} (kN/m)	Q _{Dinding Kaca} (kN/m)
Dinding Lantai 2	4,882	1,311
Dinding Lantai 3	6,297	1,691
Dinding Lantai 4	4,882	1,311
Dinding Lantai 5	4,882	1,311
Dinding Lantai 6	4,882	1,311
Dinding Lantai 7 (Atap)	3,467	0,931

5.2.4 Beban Gempa Respon Spektrum

Beban gempa respon spektrum merupakan beban dinamik yang dihitung berdasarkan parameter percepatan gempa dan parameter gempa sesuai dengan SNI 1726 – 2019. Perhitungan ini yang akan menghasilkan kurva respon spektrum yang digunakan sebagai untuk menentukan gaya gempa yang bekerja pada struktur. Adapun tahapan dalam menentukan beban gempa pada gedung Rumah Sakit Umum Daerah Rengasdengklok dapat dilihat di halaman selanjutnya.

- 1) Menentukan kelas situs pada lokasi bangunan. Pada penelitian ini jenis tanah ditentukan berdasarkan hasil N-SPT, yang di mana nilai N-SPT <15 maka jenis tanahnya termasuk Tanah Lunak (SE) sesuai dengan klasifikasi kelas situs yang ada pada SNI 1726 - 2019. Adapun untuk hasil N-SPT akan di sajikan pada Lampiran 2.
- 2) Menentukan fungsi bangunan. Pada penelitian ini obyek bangunan berfungsi sebagai bangunan rumah sakit.
- 3) Menentukan faktor keutamaan gempa dan kategori risiko bangunan

Berdasarkan obyek penelitian bangunan yang digunakan pada penelitian ini berfungsi sebagai rumah sakit yang di mana berdasarkan landasan teori Tabel 3.4 mengenai kategori risiko bangunan gedung dan nongedung untuk beban gempa pada rumah sakit termasuk dalam kategori risiko IV. Sedangkan untuk faktor keutamaan gempa (I_e) dengan kategori risiko IV faktor keutamaan gempanya bernilai 1,5.

- 4) Menentukan nilai parameter percepatan respons spektral MCE_R periode pendek, redaman 5 persen (S_s) dan periode 1 detik (S_1)

Mengacu pada bab landasan teori Gambar 3.6 merupakan gambar untuk menentukan nilai parameter percepatan respons spektral MCE_R periode pendek, redaman 5 persen (S_s) dan pada Gambar 3.7 untuk menentukan nilai parameter percepatan respons spektral MCE_R periode 1 detik, redaman 5 persen (S_1), dalam menentukan kedua nilai S_s dan S_1 harus berdasarkan letak geografis obyek bangunan yang digunakan. Dari hasil pembacaan peta MCE_R dan sesuai dengan website (<https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/>) obyek yang pada penelitian ini memiliki nilai parameter percepatan respons spektral MCE_R periode pendek, redaman 5 persen (S_s) dan periode 1 detik (S_1) sebagai berikut.

- a. $S_s = 0,695 \text{ g}$
- b. $S_1 = 0,340 \text{ g}$

- 5) Melakukan perhitungan nilai koefisien situs periode pendek (F_a) dan periode panjang (F_v)

Berdasarkan bab landasan teori dalam menentukan nilai F_a dan F_v bergantung pada nilai parameter percepatan respons spektral MCE_R periode pendek, redaman 5 persen (S_s) dan periode 1 detik (S_1). Berdasarkan nilai S_s dan S_1 yang sudah didapat sebelumnya perlu dilakukan interpolasi dalam menentukan nilai F_a dan F_v . Berdasarkan Tabel 3.2 dan Tabel 3.3 pada bab landasan teori didapatkan rentang nilai berdasarkan nilai S_s dan S_1 untuk perhitungan interpolasi dalam menentukan nilai F_a dan F_v seperti berikut.

$$\begin{aligned} \text{a)} \quad F_a &= 1,7 + \frac{(0,965-0,5) \times (1,3-1,7)}{0,75-0,5} \\ &= 1,388 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b)} \quad F_v &= 2,8 + \frac{(0,34-0,3) \times (2,4-2,8)}{0,4-0,3} \\ &= 2,640 \end{aligned}$$

- 6) Melakukan perhitungan nilai parameter percepatan respons spektral MCE_R periode pendek yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs (S_{MS}) dan periode 1 detik yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs (S_{M1})

Perhitungan nilai parameter percepatan respons spektral MCE_R periode pendek yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs (S_{MS}) dan periode 1 detik yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs (S_{M1}) sesuai dengan bab landasan teori pada persamaan 3.22 dan 3.23. Adapun contoh perhitungan dapat dilihat sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{a.} \quad S_{MS} &= F_a S_s \\ &= 1,388 \times 0,695 \\ &= 0,965 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b.} \quad S_{M1} &= F_v S_1 \\ &= 2,640 \times 0,340 \\ &= 0,898 \end{aligned}$$

- 7) Melakukan perhitungan nilai parameter percepatan respons spektral pada periode pendek, redaman 5 persen (S_{Ds}) dan periode 1 detik, redaman 5 persen (S_{D1}).

Perhitungan nilai parameter percepatan respons spektral pada periode pendek, redaman 5 persen (S_{DS}) dan periode 1 detik, redaman 5 persen (S_{D1}) dihitung menggunakan persamaan 3.24 dan 3.25 yang ada pada bab landasan teori sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{a. } SDS &= \frac{2}{3} \times S_{MS} \\ &= \frac{2}{3} \times 0,965 \\ &= 0,643 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } SD1 &= \frac{2}{3} \times S_{M1} \\ &= \frac{2}{3} \times 0,898 \\ &= 0,598 \end{aligned}$$

8) Melakukan perhitungan spektrum respon desain

Kurva spektrum respons desain harus dikembangkan dengan mengacu pada Gambar 3.9 pada bab landasan teori, oleh karena itu perlu dilakukannya perhitungan T_0 , T_s dan T_L seperti berikut.

$$\begin{aligned} \text{a. } T_0 &= 0,2 \times \frac{SD1}{SDS} \\ &= 0,2 \times \frac{0,598}{0,643} \\ &= 0,19 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } T_s &= \frac{SD1}{SDS} \\ &= \frac{0,598}{0,643} \\ &= 0,93 \text{ detik} \end{aligned}$$

c. Berdasarkan hasil pembacaan Gambar 3.8 pada bab landasan teori dan berdasarkan website (<https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/>) obyek pada penelitian ini memiliki nilai T_L sebesar 20 detik

9) Melakukan perhitungan nilai percepatan spektral-respons desain (S_a)

Kurva spektrum respons desain harus dikembangkan dengan mengacu pada Gambar 3.9 pada bab landasan teori, kurva spektrum respons desain

harus dikembangkan berdasarkan ketentuan yang ada pada subsub bab 3.4.4 mengenai spektrum respons desain, maka perhitungan nilai percepatan spektral-respons desain (S_a) seperti berikut.

- a. Perhitungan spektrum respons percepatan desain (S_a) yang periode (T) $< T_0$

$$\begin{aligned} S_a &= S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T-n}{T_0} \right) \\ &= 0,643 \left(0,4 + 0,6 \frac{0,1}{0,2} \right) \\ &= 0,465 \text{ g} \end{aligned}$$

- b. Perhitungan spektrum respons percepatan desain (S_a) yang periode (T) $= T_0$ dan periode (T) $\leq T_s$

$$\begin{aligned} S_a &= S_{DS} \\ &= 0,643 \text{ g} \end{aligned}$$

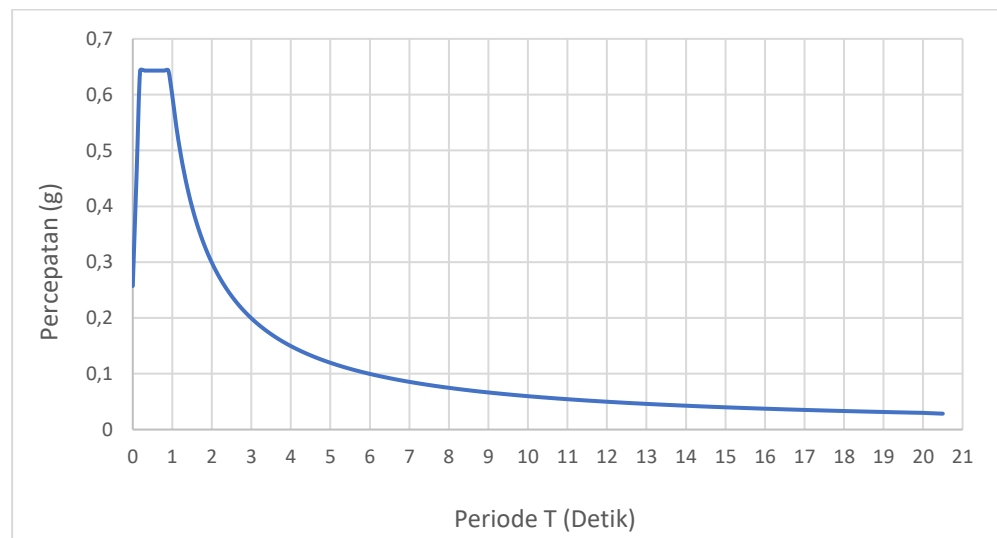
- c. Perhitungan spektrum respons percepatan desain (S_a) yang periode (T) $> T_s$

$$\begin{aligned} S_a &= \frac{SD1}{T-n} \\ &= \frac{0,598}{1 \text{ detik}} \\ &= 0,598 \text{ g} \end{aligned}$$

- d. Perhitungan spektrum respons percepatan desain (S_a) yang periode (T) $> T_L$

$$\begin{aligned} S_a &= \frac{SD1 \cdot T_L}{T^2} \\ &= \frac{0,598 \times 20}{20,1^2} \\ &= 0,030 \text{ g} \end{aligned}$$

Setelah dilakukannya perhitungan nilai percepatan spektral-respons desain, maka didapatkan kurva spektrum respon desain seperti pada Gambar 5.4 di halaman selanjutnya.



Gambar 5.4 Kurva Spektrum Respon Desain

5.3. Komponen Massa Bangunan

Komponen massa bangunan terdiri atas elemen-elemen struktural maupun non-struktural. Dalam hal ini, komponen massa bangunan merujuk pada elemen-elemen yang akan dimodelkan dalam perangkat lunak ETABS. Perhitungan massa elemen bangunan perlu dilakukan sebagai bentuk verifikasi terhadap pemodelan yang akan dibuat. Berikut ini merupakan perhitungan massa elemen bangunan.

5.3.1 Berat Kolom

Perhitungan massa elemen kolom perlu dilakukan sebagai salah satu bagian dalam pengecekan kontrol berat bangunan, perhitungan elemen kolom ini melibatkan dimensi kolom, jenis material dan massa jenisnya. contoh perhitungan pada elemen kolom dapat dilihat sebagai berikut.

1. Kolom K1 – 1

Perhitungan kolom K1 – 1 dapat dilihat sebagai berikut.

Tinggi Kolom (L)	= 4,5 m
Lebar Kolom (B)	= 0,7 m
Panjang Kolom (H)	= 0,7 m
Berat Volume (BV)	= 2400 kg/m ³
Jumlah kolom (n)	= 36
Berat Total	= L x B x H x BV x n

$$= 4,5 \times 0,7 \times 0,7 \times 2400 \times 36$$

$$= 190512 \text{ kg}$$

2. Kolom K1A – 1

$$\begin{aligned} \text{Tinggi Kolom (L)} &= 4,5 \text{ m} \\ \text{Lebar Kolom (B)} &= 0,7 \text{ m} \\ \text{Panjang Kolom (H)} &= 0,7 \text{ m} \\ \text{Berat Volume (BV)} &= 2400 \text{ kg/ m}^3 \\ \text{Jumlah kolom (n)} &= 4 \\ \text{Berat Total} &= L \times B \times H \times BV \times n \\ &= 0,7 \times 0,7 \times 4,5 \times 2400 \times 4 \\ &= 21168 \text{ kg} \end{aligned}$$

3. Kolom K2A – 1

$$\begin{aligned} \text{Panjang Kolom (L)} &= 4,5 \text{ m} \\ \text{Lebar Kolom (B)} &= 0,25 \text{ m} \\ \text{Tinggi Kolom (H)} &= 0,6 \text{ m} \\ \text{Berat Volume (BV)} &= 2400 \text{ kg/ m}^3 \\ \text{Jumlah kolom (n)} &= 1 \\ \text{Berat Total} &= L \times B \times H \times BV \times n \\ &= 4,5 \times 0,25 \times 0,60 \times 2400 \times 1 \\ &= 1620 \text{ kg} \end{aligned}$$

Rekapitulasi perhitungan berat kolom pada tingkat lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.9 hingga Tabel 5.15 sebagai berikut.

Tabel 5.9 Rekapitulasi Berat Kolom Lantai 1

Kode Kolom	B (mm)	H (mm)	L (mm)	V (m ³)	BV (kg/m ³)	n (unit per tingkat)	M (kg)
K1-1	700	700	4500	2,205	2400	36	190512,000
K1A-1	700	700	4500	2,205	2400	4	21168,000
K2A-1	250	600	4500	0,675	2400	1	1620,000
K2-1	350	600	4500	0,945	2400	1	2268,000

Lanjutan Tabel 5.9 Rekapitulasi Berat Kolom Lantai 1

Kode Kolom	B (mm)	H (mm)	L (mm)	V (m³)	BV (kg/m³)	n (unit per tingkat)	M (kg)
K3-1	450	450	4500	0,630	2400	5	7560,000
	250	250	4500				
K4-1	700	400	4500	1,26	2400	7	21168,000
K8-1	300	300	4500	0,405	2400	1	972,000
Total Massa Kolom Lantai 1							245268,000

Tabel 5.10 Rekapitulasi Berat Kolom Lantai 2

Kode Kolom	B (mm)	H (mm)	L (mm)	V (m³)	BV (kg/m³)	n (unit per tingkat)	M (kg)
K1-2	700	700	4200	2,058	2400	36	177811,200
K1A-2	700	700	4200	2,058	2400	4	19756,800
K2A-2	250	600	4200	0,63	2400	1	1512,000
K2-2	350	600	4200	0,882	2400	1	2116,800
K3-2	450	450	4200	0,588	2400	5	7056,000
	250	250	4200				
K4-2	700	400	4200	1,176	2400	7	19756,800
K8-2	300	300	4200	0,378	2400	1	907,200
Total Massa Kolom Lantai 2							228916,800

Tabel 5.11 Rekapitulasi Berat Kolom Lantai 3

Kode Kolom	B (mm)	H (mm)	L (mm)	V (m³)	BV (kg/m³)	n (unit per tingkat)	M (kg)
K1-3	700	700	5200	2,548	2400	36	220147,200
K1A-3	700	700	5200	2,548	2400	4	24460,800
K2A-3	250	600	5200	0,78	2400	1	1872,000

Lanjutan Tabel 5.11 Rekapitulasi Berat Kolom Lantai 3

Kode Kolom	B (mm)	H (mm)	L (mm)	V (m³)	BV (kg/m³)	n (unit per tingkat)	M (kg)
K2-3	350	600	5200	1,092	2400	1	2620,800
K3-1	450	450	5200	0,728	2400	5	8736,000
	250	250	5200				
K4-3	700	400	5200	1,456	2400	7	24460,800
K8-3	300	300	5200	0,468	2400	1	1123,200
Total Massa Kolom Lantai 3							283420,800

Tabel 5.12 Rekapitulasi Berat Kolom Lantai 4

Kode Kolom	B (mm)	H (mm)	L (mm)	V (m³)	BV (kg/m³)	n (unit per tingkat)	M (kg)
K1-4	700	700	4200	2,058	2400	28	138297,600
K1A-4	700	700	4200	2,058	2400	4	19756,800
K2A-4	250	600	4200	0,63	2400	1	1512,000
K2-4	350	600	4200	0,882	2400	1	2116,800
K3-4	450	450	4200	0,588	2400	5	7056,000
	250	250	4200				
K8-4	300	300	4200	0,378	2400	1	907,200
Total Massa Kolom Lantai 4							339292,800

Tabel 5.13 Rekapitulasi Berat Kolom Lantai 5

Kode Kolom	B (mm)	H (mm)	L (mm)	V (m³)	BV (kg/m³)	n (unit per tingkat)	M (kg)
K1-5	700	700	4200	2,058	2400	28	138297,600
K1A-5	700	700	4200	2,058	2400	4	19756,800
K2A-5	250	600	4200	0,63	2400	1	1512,000

Lanjutan Tabel 5.13 Rekapitulasi Berat Kolom Lantai 5

Kode Kolom	B (mm)	H (mm)	L (mm)	V (m ³)	BV (kg/m ³)	n (unit per tingkat)	M (kg)
K2-5	350	600	4200	0,882	2400	1	2116,800
K3-5	450	450	4200	0,588	2400	5	7056,000
	250	250	4200				
K8-5	300	300	4200	0,378	2400	1	907,200
Total Massa Kolom Lantai 5							339292,800

Tabel 5.14 Rekapitulasi Berat Kolom Lantai 6

Kode Kolom	B (mm)	H (mm)	L (mm)	V (m ³)	BV (kg/m ³)	n (unit per tingkat)	M (kg)
K1-6	700	700	4200	2,058	2400	28	138297,600
K1A-6	700	700	4200	2,058	2400	4	19756,800
K2A-6	250	600	4200	0,63	2400	1	1512,000
K2-6	350	600	4200	0,882	2400	1	2116,800
K3-6	450	450	4200	0,588	2400	5	7056,000
	250	250	4200				
K8-6	300	300	4200	0,378	2400	1	907,200
Total Massa Kolom Lantai 6							339292,800

Tabel 5.15 Rekapitulasi Berat Kolom Lantai 7

Kode Kolom	B (mm)	H (mm)	L (mm)	V (m ³)	BV (kg/m ³)	n (unit per tingkat)	M (kg)
K1-7	600	600	3200	1,152	2400	4	11059,200
K1A-7	600	600	3200	1,152	2400	2	5529,600
K2A-7	250	600	3200	0,48	2400	1	1152,000
K2-7	350	600	3200	0,672	2400	1	1612,800

Lanjutan Tabel 5.15 Rekapitulasi Berat Kolom Lantai 7

Kode Kolom	B (mm)	H (mm)	L (mm)	V (m³)	BV (kg/m³)	n (unit per tingkat)	M (kg)
K3-7	450	450	3200	0,448	2400	5	5376,000
	250	250	3200				
Total Massa Kolom Lantai 7							388752,000

5.3.2 Berat Balok

Perhitungan massa elemen balok perlu dilakukan sebagai salah satu bagian dalam pengecekan kontrol berat bangunan, perhitungan elemen balok ini melibatkan dimensi balok, jenis material dan massa jenisnya. Contoh perhitungan pada elemen balok dapat dilihat sebagai berikut.

1. Balok B1 – 1

Perhitungan balok B1 – 2 dapat dilihat sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang Balok (L)} &= 7,8 \text{ m} \\
 \text{Lebar Balok (B)} &= 0,4 \text{ m} \\
 \text{Tinggi Balok (H)} &= 0,7 \text{ m} \\
 \text{Berat Volume (BV)} &= 2400 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Jumlah Balok (n)} &= 32 \\
 \text{Berat Total} &= L \times B \times H \times BV \times n \\
 &= 7,8 \times 0,4 \times 0,7 \times 2400 \times 32 \\
 &= 167731,2 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

2. Balok B1A – 2

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang Balok (L)} &= 7,8 \text{ m} \\
 \text{Lebar Balok (B)} &= 0,4 \text{ m} \\
 \text{Tinggi Balok (H)} &= 0,7 \text{ m} \\
 \text{Berat Volume (BV)} &= 2400 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Jumlah Balok (n)} &= 4 \\
 \text{Berat Total} &= L \times B \times H \times BV \times n \\
 &= 7,8 \times 0,4 \times 0,7 \times 2400 \times 4
 \end{aligned}$$

$$= 20966,4 \text{ kg}$$

3. Balok B2 – 2

Panjang Balok (L) = 7,8 m

Lebar Balok (B) = 0,4 m

Tinggi Balok (H) = 0,7 m

Berat Volume (BV) = 2400 kg/m^3

Jumlah Balok (n) = 10

Berat Total = $L \times B \times H \times BV \times n$

$$= 7,8 \times 0,4 \times 0,7 \times 2400 \times 10$$

$$= 40320 \text{ kg}$$

Rekapitulasi perhitungan berat balok pada tingkat lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.16 – Tabel 5.22 sebagai berikut.

Tabel 5.16 Rekapitulasi Berat Balok Lantai 2

Kode Balok	B (mm)	H (mm)	L (mm)	V (m ³)	BV (kg/m ³)	n (unit per tingkat)	M (kg)
B1-2	400	700	7800	2,184	2400	32	167731,200
B1A-2	400	700	7800	2,184	2400	4	20966,400
B2-2	400	700	6000	1,680	2400	30	120960,000
B2-2	400	700	6172	1,728	2400	1	4147,584
B3-2	300	500	3500	0,525	2400	7	8820,000
B4-2	300	600	7800	1,404	2400	6	20217,600
BA1-2	300	500	7800	1,170	2400	22	61776,000
BA1-2	300	500	6000	0,900	2400	23	49680,000
BA1-2	300	500	4672	0,701	2400	1	1681,920
BA1-2	300	500	4000	0,600	2400	1	1440,000
BA1-2	300	500	3400	0,510	2400	1	1224,000
BA2-2'	400	700	6000	1,680	2400	1	4032,000
BA2-2	250	450	3500	0,394	2400	6	5670,000
BA3-2	200	400	3150	0,252	2400	8	4838,400
BA3-2	200	400	7050	0,564	2400	1	1353,600

Lanjutan Tabel 5.16 Rekapitulasi Berat Balok Lantai 2

Kode Balok	B (mm)	H (mm)	L (mm)	V (m³)	BV (kg/m³)	n (unit per tingkat)	M (kg)
BA3-2	200	400	6650	0,532	2400	1	1276,800
BA3-2	200	400	2492	0,199	2400	1	478,464
BA3-2	200	400	3900	0,312	2400	1	748,800
BA3-2	200	400	1400	0,112	2400	1	268,800
BA3-2	200	400	3800	0,304	2400	1	729,600
BC1	400	700	2900	0,812	2400	8	15590,400
BC2	300	500	2900	0,435	2400	7	7308,000
BL-2	200	500	7800	0,780	2400	7	13104,000
Total Massa Balok Lantai 2							514043,568

Tabel 5.17 Rekapitulasi Berat Balok Lantai 3

Kode Balok	B (mm)	H (mm)	L (mm)	V (m³)	BV (kg/m³)	n (unit per tingkat)	M (kg)
B1-3	400	700	7800	2,184	2400	32	167731,200
B1A-3	400	700	7800	2,184	2400	4	20966,400
B2-3	400	700	6000	1,680	2400	30	120960,000
B3-3	300	500	3500	0,525	2400	7	8820,000
B4-3	300	600	7800	1,404	2400	6	20217,600
BA1-3	300	500	7800	1,170	2400	26	73008,000
BA1-3	300	500	6000	0,900	2400	27	58320,000
BA1-3	300	500	3400	0,510	2400	1	1224,000
BA2-3	250	450	3500	0,394	2400	6	5670,000
BA3-3	200	400	7015	0,561	2400	1	1346,880
BA3-3	200	400	6300	0,504	2400	1	1209,600
BA3-3	200	400	3150	0,252	2400	8	4838,400
BA3-3	200	400	3900	0,312	2400	1	748,800
BA3-3	200	400	3800	0,304	2400	1	729,600

Lanjutan Tabel 5.17 Rekapitulasi Berat Balok Lantai 3

Kode Balok	B (mm)	H (mm)	L (mm)	V (m³)	BV (kg/m³)	n (unit per tingkat)	M (kg)
BA3-3	200	400	1400	0,112	2400	1	268,800
BC1	400	700	1350	0,378	2400	2	1814,400
BC2	300	500	1350	0,203	2400	3	1458,000
BL-3	200	500	3150	0,315	2400	1	756,000
BL-3	200	500	7800	0,780	2400	10	18720,000
Total Massa Balok Lantai 3							508807,680

Tabel 5.18 Rekapitulasi Berat Balok Lantai 4

Kode Balok	B (mm)	H (mm)	L (mm)	V (m³)	BV (kg/m³)	n (unit per tingkat)	M (kg)
B1-4	400	700	7800	2,184	2400	32	167731,200
B1A-4	400	700	7800	2,184	2400	4	20966,400
B2-4	400	700	6000	1,680	2400	30	120960,000
B3-4	300	500	3500	0,525	2400	7	8820,000
B4-4	300	600	7800	1,404	2400	6	20217,600
BA1-4	300	500	6000	0,900	2400	27	58320,000
BA1-4	300	500	7800	1,170	2400	26	73008,000
BA1-4	300	500	3400	0,510	2400	1	1224,000
BA2-4	250	450	3500	0,394	2400	6	5670,000
BA3-4	200	400	7800	0,624	2400	9	13478,400
BA3-4	200	400	7025	0,562	2400	1	1348,800
BA3-4	200	400	6275	0,502	2400	1	1204,800
BA3-4	200	400	3900	0,312	2400	1	748,800
BA3-4	200	400	3800	0,304	2400	1	729,600
BA3-4	200	400	3150	0,252	2400	8	4838,400
BA3-4	200	400	1400	0,112	2400	1	268,800
BC1	400	700	1350	0,378	2400	2	1814,400

Tabel 5.20 Rekapitulasi Berat Balok Lantai 6

Kode Balok	B (mm)	H (mm)	L (mm)	V (m³)	BV (kg/m³)	n (unit per tingkat)	M (kg)
B1-6	400	700	7800	2,184	2400	24	125798,400
B1A-6	400	700	7800	2,184	2400	4	20966,400
B2-6	400	700	6000	1,680	2400	24	96768,000
BA1-6	300	500	7800	1,170	2400	26	73008,000
BA1-6	300	500	4000	0,600	2400	1	1440,000
BA1-6	300	500	6000	0,900	2400	21	45360,000
BA1-6	300	500	3400	0,510	2400	1	1224,000
BA3-6	200	400	1730	0,138	2400	9	2989,440
BA3-6	200	400	1725	0,138	2400	8	2649,600
BA3-6	200	400	1400	0,112	2400	1	268,800
BC1	400	700	1475	0,413	2400	6	5947,200
BC1	2000	700	1350	0,378	2400	7	6350,400
BC2	300	500	1350	0,203	2400	7	3402,000
BC2	300	500	1475	0,221	2400	5	2655,000
BL-6	200	500	7800	0,780	2400	11	20592,000
BL-6	200	500	3150	0,315	2400	1	756,000
Total Massa Balok Lantai 6							410175,240

Tabel 5.21 Rekapitulasi Berat Balok Lantai 7

Kode Balok	B (mm)	H (mm)	L (mm)	V (m³)	BV (kg/m³)	n (unit per tingkat)	M (kg)
B1-7	400	700	7800	2,184	2400	24	125798,400
B1A-7	400	700	7800	2,184	2400	4	20966,400
B2-7	400	700	6000	1,680	2400	24	96768,000
BA1-7	300	500	7800	1,170	2400	20	56160,000
BA1-7	300	500	4000	0,600	2400	1	1440,000
BA1-7	300	500	6000	0,900	2400	21	45360,000

Lanjutan Tabel 5.21 Rekapitulasi Berat Balok Lantai 7

Kode Balok	B (mm)	H (mm)	L (mm)	V (m³)	BV (kg/m³)	n (unit per tingkat)	M (kg)
BA1-7	300	500	3400	0,510	2400	1	1224,000
BA2-7	250	450	7800	0,878	2400	1	2106,000
BA3-7	200	400	1400	0,112	2400	1	268,800
BC1	400	700	1350	0,378	2400	7	6350,400
BC1	400	700	1475	0,413	2400	6	5947,200
BC2	300	500	1350	0,203	2400	7	3402,000
BC2	300	500	1475	0,221	2400	5	2655,000
BL-3	200	500	7800	0,780	2400	11	20592,000
BL-3	200	500	3150	0,315	2400	1	756,000
BL - L	200	500	3400	0,340	2400	2	1632,000
BL - L	200	500	4000	0,400	2400	3	2880,000
BL - L	200	500	6000	0,600	2400	3	4320,000
BL - L	200	500	3400	0,340	2400	3	2448,000
Total Massa Balok Lantai 7							401074,200

Tabel 5.22 Rekapitulasi Berat Balok Lantai 8

Kode Balok	B (mm)	H (mm)	L (mm)	V (m³)	BV (kg/m³)	n (unit per tingkat)	M (kg)
B1-8	300	600	6000	1,080	2400	4	10368,000
B1-8	300	600	7800	1,404	2400	4	13478,400
BA1-8	250	500	6000	0,750	2400	2	3600,000
BA1-8	250	500	7800	0,975	2400	2	4680,000
BA1-8	250	500	3400	0,425	2400	1	1020,000
BA2-8	250	450	3400	0,383	2400	2	1836,000
BA2-8	250	450	2600	0,293	2400	1	702,000
BC1	300	600	1850	0,333	2400	2	1598,400

Lanjutan Tabel 5.22 Rekapitulasi Berat Balok Lantai 8

Kode Balok	B (mm)	H (mm)	L (mm)	V (m³)	BV (kg/m³)	n (unit per tingkat)	M (kg)
BC2	250	500	1850	0,231	2400	1	555,000
BL-8	200	500	7800	0,780	2400	1	1872,000
Total Massa Balok Lantai 8							39709,800

5.3.3 Berat Pelat Lantai dan Atap

Perhitungan massa elemen pelat lantai dan atap perlu dilakukan sebagai salah satu bagian dalam pengecekan kontrol berat bangunan, perhitungan elemen pelat lantai dan atap ini melibatkan dimensi pelat lantai dan atap, jenis material dan massa jenisnya. Berikut ini adalah contoh perhitungan pada elemen pelat lantai dan atap.

1. Pelat atap SA

Perhitungan pelat lantai SA dapat dilihat sebagai berikut.

Bentang Panjang (Ly) = 7,8 m

Bentang Pendek (Lx) = 6 m

Tebal (t) = 0,12 m

Volume (V) = 7,8 m x 6 m x 0,12 m

= 5,616 m³

Berat Volume (BV) = 2400 kg/m³

Jumlah Pelat Atap (n) = 1

Berat Total = V x BV x n

= 5,616 m³ x 2400 kg/m³ x 1

= 13478,400 kg

2. Pelat lantai S1

Perhitungan pelat lantai S1 dapat dilihat sebagai berikut.

Bentang Panjang (Ly) = 1,75 m

Bentang Pendek (Lx) = 1,425 m

Tebal (t) = 0,13 m

Volume (V) = 1,75 m x 1,425 m x 0,13 m

= 0,324 m³

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Volume (BV)} &= 2400 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Jumlah Pelat Atap (n)} &= 1 \\
 \text{Berat Total} &= V \times BV \times n \\
 &= 0,324 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 2 \\
 &= 778,050 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

3. Pelat lantai SD

Perhitungan pelat lantai SD dapat dilihat sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Bentang Panjang (Ly)} &= 4,4 \text{ m} \\
 \text{Bentang Pendek (Lx)} &= 3 \text{ m} \\
 \text{Tebal (t)} &= 0,15 \text{ m} \\
 \text{Volume (V)} &= 4,4 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \\
 &= 1,980 \text{ m}^3 \\
 \text{Berat Volume (BV)} &= 2400 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Jumlah Pelat Atap (n)} &= 2 \\
 \text{Berat Total} &= V \times BV \times n \\
 &= 1,980 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 2 \\
 &= 9504,000 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Rekapitulasi perhitungan berat pelat lantai dan atap pada tingkat lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.23 hingga 5.29 Berikut.

Tabel 5.23 Rekapitulasi Berat Pelat Lantai 2

Kode Pelat	Ly (m)	Lx (m)	h (m)	V (m ³)	BV (kg/m ³)	n (unit per tingkat)	M (kg)
S1	4,125	3,000	0,13	1,609	2400	2	7722,000
S1	3,400	3,150	0,13	1,392	2400	1	3341,520
S1	3,400	2,850	0,13	1,260	2400	1	3023,280
S1	4,125	3,150	0,13	1,689	2400	1	4054,050
S1	2,250	0,275	0,13	0,080	2400	1	193,050
S1	4,400	2,850	0,13	1,630	2400	1	3912,480
S1	3,900	2,250	0,13	1,141	2400	1	2737,800

Lanjutan Tabel 5.23 Rekapitulasi Berat Pelat Lantai 2

Kode Pelat	Ly (m)	Lx (m)	h (m)	V (m ³)	BV (kg/m ³)	n (unit per tingkat)	M (kg)
S1	3,900	2,850	0,13	1,445	2400	1	3467,880
S1	3,325	2,250	0,13	0,973	2400	1	2334,150
S1	1,400	0,575	0,13	0,105	2400	1	251,160
S1	3,900	2,850	0,13	1,445	2400	1	3467,880
S1	1,400	0,575	0,13	0,105	2400	2	502,320
S1	3,325	3,150	0,13	1,362	2400	2	6535,620
S1	3,900	2,850	0,13	1,445	2400	3	10403,640
S1	1,400	0,575	0,13	0,105	2400	1	251,160
S1	3,325	1,400	0,13	0,605	2400	1	1452,360
S1	3,325	2,850	0,13	1,232	2400	1	2956,590
S1	3,325	1,400	0,13	0,605	2400	1	1452,360
S1			0,13	0,130	2400	1	312,000
S1	2,115	1,725	0,13	0,474	2400	1	1138,293
S1	2,690	0,775	0,13	0,271	2400	1	650,442
S1	3,500	2,690	0,13	1,224	2400	1	2937,480
S1	3,900	1,175	0,13	0,596	2400	9	12867,660
S1	3,900	3,100	0,13	1,572	2400	8	30176,640
S1	3,900	3,300	0,13	1,673	2400	6	24092,640
S1	3,900	1,650	0,13	0,837	2400	2	4015,440
S1	1,750	0,990	0,13	0,225	2400	1	540,540
S1	1,425	1,175	0,13	0,218	2400	1	522,405
S1	2,900	2,475	0,13	0,933	2400	1	2239,380
S1	2,850	2,475	0,13	0,917	2400	1	2200,770
S1	3,150	2,475	0,13	1,014	2400	1	2432,430
S1	3,000	2,475	0,13	0,965	2400	1	2316,600
S1	3,900	3,000	0,13	1,521	2400	4	14601,600

Lanjutan Tabel 5.23 Rekapitulasi Berat Pelat Lantai 2

Kode Pelat	Ly (m)	Lx (m)	h (m)	V (m ³)	BV (kg/m ³)	n (unit per tingkat)	M (kg)
S1	3,900	2,900	0,13	1,470	2400	4	14114,880
S1	1,425	0,175	0,13	0,032	2400	1	77,805
S1	3,900	0,175	0,13	0,089	2400	3	638,820
S1	2,750	0,850	0,13	0,304	2400	1	729,300
S1	2,750	0,900	0,13	0,322	2400	1	772,200
S1	3,325	2,500	0,13	1,081	2400	1	2593,500
S1	3,325	0,500	0,13	0,216	2400	1	518,700
S1	3,325	3,000	0,13	1,297	2400	1	3112,200
S1	3,325	2,900	0,13	1,254	2400	1	3008,460
S1	3,900	2,725	0,13	1,382	2400	1	3315,780
S1	3,900	0,175	0,13	0,089	2400	2	425,880
S1	3,900	0,975	0,13	0,494	2400	1	1186,380
S1	3,900	3,000	0,13	1,521	2400	1	3650,400
S1	3,900	2,900	0,13	1,470	2400	1	3528,720
S1	3,900	3,300	0,13	1,673	2400	4	16061,760
S1	3,300	3,225	0,13	1,384	2400	1	3320,460
S1	3,225	1,450	0,13	0,608	2400	1	1458,990
S1	3,300	0,675	0,13	0,290	2400	1	694,980
S1	1,450	0,675	0,13	0,127	2400	1	305,370
S1	1,750	0,460	0,13	0,105	2400	1	251,160
S1	1,450	0,875	0,13	0,165	2400	1	395,850
S1	1,450	1,275	0,13	0,240	2400	1	576,810
S1	3,300	3,175	0,13	1,362	2400	1	3268,980
S1	2,225	0,725	0,13	0,210	2400	1	503,295
S1	4,000	2,900	0,13	1,508	2400	1	3619,200
S1	3,800	2,900	0,13	1,433	2400	1	3438,240

Lanjutan Tabel 5.23 Rekapitulasi Berat Pelat Lantai 2

Kode Pelat	Ly (m)	Lx (m)	h (m)	V (m ³)	BV (kg/m ³)	n (unit per tingkat)	M (kg)
S1	3,000	0,275	0,13	0,107	2400	1	257,400
S1	3,900	3,000	0,13	1,521	2400	1	3650,400
S1	3,325	0,900	0,13	0,389	2400	1	933,660
S1	3,900	3,000	0,13	1,521	2400	2	7300,800
S1	3,900	3,000	0,13	1,521	2400	1	3650,400
S1	3,000	0,275	0,13	0,107	2400	1	257,400
S1	3,900	0,900	0,13	0,456	2400	1	1095,120
S1	0,900	0,275	0,13	0,032	2400	1	77,220
S1	3,900	2,500	0,13	1,268	2400	2	6084,000
S1	3,900	0,500	0,13	0,254	2400	2	1216,800
S1	3,900	3,000	0,13	1,521	2400	2	7300,800
S1	3,900	2,900	0,13	1,470	2400	2	7057,440
S1	3,900	2,500	0,13	1,268	2400	1	3042,000
S1	2,500	0,575	0,13	0,187	2400	1	448,500
S1	0,850	0,575	0,13	0,064	2400	1	152,490
S1	0,900	0,575	0,13	0,067	2400	1	161,460
S1	3,325	0,850	0,13	0,367	2400	1	881,790
S1	3,325	0,900	0,13	0,389	2400	1	933,660
S1	3,900	2,900	0,13	1,470	2400	1	3528,720
S1	3,900	3,000	0,13	1,521	2400	1	3650,400
S1	0,575	0,500	0,13	0,037	2400	1	89,700
S1	3,000	0,575	0,13	0,224	2400	1	538,200
S1	2,900	0,575	0,13	0,217	2400	1	520,260
S1	1,400	0,575	0,13	0,105	2400	4	1004,640
S1	3,325	1,400	0,13	0,605	2400	3	4357,080
S1	3,900	1,400	0,13	0,710	2400	4	6814,080

Lanjutan Tabel 5.23 Rekapitulasi Berat Pelat Lantai 2

Kode Pelat	Ly (m)	Lx (m)	h (m)	V (m ³)	BV (kg/m ³)	n (unit per tingkat)	M (kg)
S1	4,000	1,400	0,13	0,728	2400	1	1747,200
S1	3,800	1,400	0,13	0,692	2400	1	1659,840
S1	1,400	1,425	0,13	0,259	2400	1	622,440
S1	3,900	3,775	0,13	1,914	2400	1	4593,420
S1	3,900	1,750	0,13	0,887	2400	2	4258,800
S1	3,900	2,825	0,13	1,432	2400	2	6874,920
S1	4,000	1,750	0,13	0,910	2400	1	2184,000
S1	4,000	2,600	0,13	1,352	2400	1	3244,800
S1	3,800	1,750	0,13	0,865	2400	1	2074,800
S1	3,900	2,850	0,13	1,445	2400	8	27743,040
S1	2,850	0,575	0,13	0,213	2400	1	511,290
S1	1,725	0,575	0,13	0,129	2400	1	309,465
S1	3,900	1,725	0,13	0,875	2400	8	16791,840
S1	4,000	1,725	0,13	0,897	2400	1	2152,800
S1	4,000	2,850	0,13	1,482	2400	1	3556,800
S1	3,800	1,725	0,13	0,852	2400	1	2045,160
S1	3,800	2,850	0,13	1,408	2400	1	3378,960
S1	2,350	1,275	0,13	0,390	2400	1	934,830
S1	3,900	0,500	0,13	0,254	2400	1	608,400
S1	3,900	1,275	0,13	0,646	2400	1	1551,420
S1	1,725	1,425	0,13	0,320	2400	1	766,935
S1	2,850	1,425	0,13	0,528	2400	1	1267,110
S1	2,350	2,625	0,13	0,802	2400	1	1924,650
S1	3,900	2,825	0,13	1,432	2400	3	10312,380
S1	3,900	1,750	0,13	0,887	2400	3	6388,200
S1	2,825	1,425	0,13	0,523	2400	1	1255,995

Lanjutan Tabel 5.23 Rekapitulasi Berat Pelat Lantai 2

Kode Pelat	Ly (m)	Lx (m)	h (m)	V (m ³)	BV (kg/m ³)	n (unit per tingkat)	M (kg)
S1	1,750	1,425	0,13	0,324	2400	1	778,050
Total Massa Pelat Lantai 2							405213.705

Tabel 5.24 Rekapitulasi Berat Pelat Lantai 3

Kode Pelat	Ly (m)	Lx (m)	h (m)	V (m ³)	BV (kg/m ³)	n (unit per tingkat)	M (kg)
S1	3,900	3,000	0,13	1,521	2400	2	7300,800
S1	3,000	1,950	0,13	0,761	2400	1	1825,200
S1	2,725	1,950	0,13	0,691	2400	1	1657,890
S1	3,400	3,150	0,13	1,392	2400	1	3341,520
S1	3,400	2,850	0,13	1,260	2400	1	3023,280
S1	3,400	2,900	0,13	1,282	2400	1	3076,320
S1	3,400	3,100	0,13	1,370	2400	1	3288,480
S1	4,400	3,150	0,13	1,802	2400	1	4324,320
S1	4,400	2,850	0,13	1,630	2400	1	3912,480
S1	4,400	2,900	0,13	1,659	2400	1	3981,120
S1	4,400	3,100	0,13	1,773	2400	1	4255,680
S1	3,150	1,350	0,13	0,553	2400	1	1326,780
S1	3,900	1,350	0,13	0,684	2400	4	6570,720
S1	3,900	3,300	0,13	1,673	2400	10	40154,400
S1	4,000	3,300	0,13	1,716	2400	1	4118,400
S1	3,800	3,300	0,13	1,630	2400	1	3912,480
S1	2,850	1,425	0,13	0,528	2400	1	1267,110
S1	2,900	1,425	0,13	0,537	2400	1	1289,340
S1	3,100	1,425	0,13	0,574	2400	1	1378,260

Lanjutan Tabel 5.24 Rekapitulasi Berat Pelat Lantai 3

Kode Pelat	Ly (m)	Lx (m)	h (m)	V (m ³)	BV (kg/m ³)	n (unit per tingkat)	M (kg)
S1	1,950	1,275	0,13	0,323	2400	1	775,710
S1	3,900	1,625	0,13	0,824	2400	10	19773,000
S1	1,800	1,275	0,13	0,298	2400	1	716,040
S1	2,675	1,800	0,13	0,626	2400	1	1502,280
S1	1,950	0,325	0,13	0,082	2400	1	197,730
S1	3,400	0,325	0,13	0,144	2400	1	344,760
S1	2,725	1,950	0,13	0,691	2400	1	1657,890
S1	3,400	3,000	0,13	1,326	2400	1	3182,400
S1	3,150	0,900	0,13	0,369	2400	1	884,520
S1	2,850	2,675	0,13	0,991	2400	1	2378,610
S1	2,675	0,275	0,13	0,096	2400	1	229,515
S1	1,275	0,275	0,13	0,046	2400	1	109,395
S1	2,850	1,275	0,13	0,472	2400	1	1133,730
S1	2,675	1,950	0,13	0,678	2400	1	1627,470
S1	1,950	1,275	0,13	0,323	2400	1	775,710
S1	2,675	1,050	0,13	0,365	2400	1	876,330
S1	1,275	1,050	0,13	0,174	2400	1	417,690
S1	3,625	1,275	0,13	0,601	2400	1	1442,025
S1	3,625	2,675	0,13	1,261	2400	1	3025,425
S1	1,275	0,500	0,13	0,083	2400	1	198,900
S1	2,675	0,500	0,13	0,174	2400	1	417,300
S1	3,900	0,275	0,13	0,139	2400	1	334,620
S1	3,900	3,150	0,13	1,597	2400	1	3832,920
S1	3,150	2,250	0,13	0,921	2400	1	2211,300
S1	3,150	2,850	0,13	1,167	2400	1	2800,980
S1	3,900	2,000	0,13	1,014	2400	1	2433,600

Lanjutan Tabel 5.24 Rekapitulasi Berat Pelat Lantai 3

Kode Pelat	Ly (m)	Lx (m)	h (m)	V (m ³)	BV (kg/m ³)	n (unit per tingkat)	M (kg)
S!	3,900	0,900	0,13	0,456	2400	1	1095,120
S1	3,900	3,100	0,13	1,572	2400	1	3772,080
S1	3,900	2,900	0,13	1,470	2400	1	3528,720
S1	3,900	3,100	0,13	1,572	2400	1	3772,080
S1	3,100	1,175	0,13	0,474	2400	1	1136,460
S1	3,100	3,100	0,13	1,249	2400	1	2998,320
S1	3,900	1,175	0,13	0,596	2400	2	2859,480
S1	3,900	3,100	0,13	1,572	2400	2	7544,160
S1	3,900	2,850	0,13	1,445	2400	3	10403,640
S1	3,900	1,725	0,13	0,875	2400	2	4197,960
S1	1,725	0,750	0,13	0,168	2400	1	403,650
S1	2,850	0,750	0,13	0,278	2400	1	666,900
S1	1,400	0,750	0,13	0,137	2400	4	1310,400
S1	0,750	0,275	0,13	0,027	2400	1	64,350
S1	3,900	0,275	0,13	0,139	2400	2	669,240
S1	3,150	3,150	0,13	1,290	2400	2	6191,640
S1	0,500	0,325	0,13	0,021	2400	1	50,700
S1	3,000	0,500	0,13	0,195	2400	1	468,000
S1	3,900	0,325	0,13	0,165	2400	2	790,920
S1	3,900	2,725	0,13	1,382	2400	3	9947,340
S1	3,150	0,275	0,13	0,113	2400	1	270,270
S1	3,400	2,675	0,13	1,182	2400	1	2837,640
S1	3,400	1,275	0,13	0,564	2400	5	6762,600
S1	3,150	3,150	0,13	1,290	2400	4	12383,280
S1	1,400	0,750	0,13	0,137	2400	2	655,200
S1	3,900	3,000	0,13	1,521	2400	4	14601,600

Lanjutan Tabel 5.24 Rekapitulasi Berat Pelat Lantai 3

Kode Pelat	Ly (m)	Lx (m)	h (m)	V (m ³)	BV (kg/m ³)	n (unit per tingkat)	M (kg)
S1	3,900	3,000	0,13	1,521	2400	3	10951,200
S1	3,150	2,850	0,13	1,167	2400	1	2800,980
S1	2,350	1,725	0,13	0,527	2400	1	1264,770
S1	2,475	2,850	0,13	0,917	2400	1	2200,770
S1	3,900	2,850	0,13	1,445	2400	8	27743,040
S1	4,000	2,850	0,13	1,482	2400	1	3556,800
S1	3,800	2,850	0,13	1,408	2400	1	3378,960
S1	2,346	1,550	0,13	0,473	2400	2	2268,761
S1	2,900	0,275	0,13	0,104	2400	1	248,820
S1	3,100	0,275	0,13	0,111	2400	1	265,980
S1	3,900	2,900	0,13	1,470	2400	1	3528,720
S1	3,900	3,100	0,13	1,572	2400	1	3772,080
S1	2,900	2,075	0,13	0,782	2400	1	1877,460
S1	3,100	2,075	0,13	0,836	2400	1	2006,940
S1	2,346	0,275	0,13	0,084	2400	1	201,261
S1	4,000	2,346	0,13	1,220	2400	1	2927,434
S1	3,725	0,554	0,13	0,268	2400	1	644,207
S1	3,725	3,100	0,13	1,501	2400	1	3602,820
S1	3,525	2,900	0,13	1,329	2400	1	3189,420
S1	3,525	3,100	0,13	1,421	2400	1	3409,380
S1	2,900	0,275	0,13	0,104	2400	1	248,820
S1	3,100	0,275	0,13	0,111	2400	1	265,980
S1	3,900	2,900	0,13	1,470	2400	1	3528,720
S1	3,900	3,100	0,13	1,572	2400	1	3772,080
S1	2,900	2,075	0,13	0,782	2400	1	1877,460
S1	3,100	2,075	0,13	0,836	2400	1	2006,940

Lanjutan Tabel 5.24 Rekapitulasi Berat Pelat Lantai 3

Kode Pelat	Ly (m)	Lx (m)	h (m)	V (m ³)	BV (kg/m ³)	n (unit per tingkat)	M (kg)
S1	2,346	0,275	0,13	0,084	2400	1	201,261
S1	4,000	2,346	0,13	1,220	2400	1	2927,434
S1	3,725	0,554	0,13	0,268	2400	1	644,207
S1	3,725	3,100	0,13	1,501	2400	1	3602,820
S1	2,900	2,475	0,13	0,933	2400	1	2239,380
S1	3,100	2,475	0,13	0,997	2400	1	2393,820
S1	3,325	2,725	0,13	1,178	2400	1	2826,915
S1	3,654	2,100	0,13	0,998	2400	2	4788,595
S1	3,325	0,175	0,13	0,076	2400	1	181,545
S1	3,325	3,100	0,13	1,340	2400	1	3215,940
S1	1,400	2,900	0,13	0,528	2400	1	1266,720
S1	2,800	0,175	0,13	0,064	2400	1	152,880
S1	3,900	1,350	0,13	0,684	2400	1	1642,680
S1	1,750	1,100	0,13	0,250	2400	1	600,600
S1	3,100	0,300	0,13	0,121	2400	1	290,160
S1	1,275	0,175	0,13	0,029	2400	1	69,615
S1	1,350	1,275	0,13	0,224	2400	1	537,030
S1	1,750	0,275	0,13	0,063	2400	1	150,150
S1	1,750	1,275	0,13	0,290	2400	1	696,150
S1	0,800	0,175	0,13	0,018	2400	1	43,680
S1	2,625	0,175	0,13	0,060	2400	1	143,325
S1	3,100	0,800	0,13	0,322	2400	1	773,760
S1	3,100	2,625	0,13	1,058	2400	1	2538,900
S1	2,725	0,800	0,13	0,283	2400	1	680,160
S1	2,725	2,625	0,13	0,930	2400	1	2231,775
S1	2,725	1,275	0,13	0,452	2400	1	1084,005

Lanjutan Tabel 5.24 Rekapitulasi Berat Pelat Lantai 3

Kode Pelat	Ly (m)	Lx (m)	h (m)	V (m ³)	BV (kg/m ³)	n (unit per tingkat)	M (kg)
S1	2,800	2,725	0,13	0,992	2400	1	2380,560
S1	2,800	0,275	0,13	0,100	2400	1	240,240
S1	3,150	2,050	0,13	0,839	2400	1	2014,740
S1	1,400	0,750	0,13	0,137	2400	2	655,200
S1	1,100	0,275	0,13	0,039	2400	1	94,380
S1	0,900	0,275	0,13	0,032	2400	1	77,220
S1	3,150	1,100	0,13	0,450	2400	1	1081,080
S1	3,150	0,900	0,13	0,369	2400	1	884,520
S1	3,000	0,275	0,13	0,107	2400	1	257,400
S1	3,000	1,750	0,13	0,683	2400	1	1638,000
S1	3,000	1,400	0,13	0,546	2400	1	1310,400
S1	3,150	3,023	0,13	1,238	2400	1	2970,513
S1	4,000	2,600	0,13	1,352	2400	1	3244,800
S1	1,750	0,975	0,13	0,222	2400	1	532,350
S1	3,800	1,750	0,13	0,865	2400	1	2074,800
S1	1,400	0,975	0,13	0,177	2400	1	425,880
S1	3,800	1,400	0,13	0,692	2400	1	1659,840
S1	3,900	1,925	0,13	0,976	2400	1	2342,340
S1	3,900	3,150	0,13	1,597	2400	1	3832,920
S1	3,900	3,150	0,13	1,597	2400	2	7665,840
S1	3,900	3,000	0,13	1,521	2400	3	10951,200
S1	3,900	1,725	0,13	0,875	2400	3	6296,940
S1	3,625	1,000	0,13	0,471	2400	1	1131,000
S1	2,875	2,475	0,13	0,925	2400	1	2219,896
S1	1,700	0,675	0,13	0,149	2400	1	358,020
S1	3,900	1,700	0,13	0,862	2400	1	2068,560

Lanjutan Tabel 5.24 Rekapitulasi Berat Pelat Lantai 3

Kode Pelat	Ly (m)	Lx (m)	h (m)	V (m ³)	BV (kg/m ³)	n (unit per tingkat)	M (kg)
S1	3,225	2,900	0,13	1,216	2400	1	2917,980
S1	2,900	0,275	0,13	0,104	2400	1	248,820
S1	3,225	1,275	0,13	0,535	2400	1	1282,905
S1	2,900	1,275	0,13	0,481	2400	1	1153,620
S1	2,475	1,700	0,13	0,547	2400	1	1312,740
S1	3,625	2,900	0,13	1,367	2400	1	3279,900
S1	3,625	0,275	0,13	0,130	2400	1	311,025
S1	3,900	1,225	0,13	0,621	2400	1	1490,580
S1	3,900	3,000	0,13	1,521	2400	2	7300,800
S1	3,900	2,900	0,13	1,470	2400	1	3528,720
S1	2,900	0,775	0,13	0,292	2400	1	701,220
S1	3,900	2,900	0,13	1,470	2400	1	3528,720
S1	3,225	2,900	0,13	1,216	2400	1	2917,980
S1	3,003	1,275	0,13	0,498	2400	1	1194,593
S1	3,003	2,675	0,13	1,044	2400	1	2506,304
S1	2,997	1,275	0,13	0,497	2400	1	1192,207
S1	2,997	2,675	0,13	1,042	2400	1	2501,296
Total Massa Pelat Lantai 3							475907,539

Tabel 5.25 Rekapitulasi Berat Pelat Lantai 4

Kode Pelat	Ly (m)	Lx (m)	h (m)	V (m ³)	BV (kg/m ³)	n (unit per tingkat)	M (kg)
S1	3,900	2,075	0,13	1,052	2400	6	15149,160
S1	3,900	2,075	0,13	1,052	2400	1	2524,860
S1	4,000	2,075	0,13	1,079	2400	1	2589,600

Lanjutan Tabel 5.25 Rekapitulasi Berat Pelat Lantai 4

Kode Pelat	Ly (m)	Lx (m)	h (m)	V (m ³)	BV (kg/m ³)	n (unit per tingkat)	M (kg)
S1	2,075	0,275	0,13	0,074	2400	1	178,035
S1	3,625	3,300	0,13	1,555	2400	1	3732,300
S1	3,625	3,100	0,13	1,461	2400	1	3506,100
S1	3,625	2,900	0,13	1,367	2400	1	3279,900
S1	3,625	2,850	0,13	1,343	2400	1	3223,350
S1	3,625	3,150	0,13	1,484	2400	1	3562,650
S1	3,900	3,300	0,13	1,673	2400	3	12046,320
S1	3,900	3,100	0,13	1,572	2400	3	11316,240
S1	3,900	2,900	0,13	1,470	2400	3	10586,160
S1	3,900	2,850	0,13	1,445	2400	3	10403,640
S1	3,900	3,150	0,13	1,597	2400	3	11498,760
S1	3,900	3,000	0,13	1,521	2400	8	29203,200
S1	3,900	2,900	0,13	1,470	2400	4	14114,880
S1	3,800	2,900	0,13	1,433	2400	1	3438,240
S1	4,000	2,900	0,13	1,508	2400	1	3619,200
S1	3,900	1,675	0,13	0,849	2400	10	20381,400
S1	3,900	3,000	0,13	1,521	2400	2	7300,800
S1	3,900	3,150	0,13	1,597	2400	1	3832,920
S1	4,400	3,150	0,13	1,802	2400	1	4324,320
S1	4,400	2,850	0,13	1,630	2400	1	3912,480
S1	3,400	3,150	0,13	1,392	2400	1	3341,520
S1	3,400	2,850	0,13	1,260	2400	1	3023,280
S1	3,400	2,900	0,13	1,282	2400	1	3076,320
S1	3,400	3,100	0,13	1,370	2400	1	3288,480
S1	4,125	2,900	0,13	1,555	2400	1	3732,300
S1	4,125	3,100	0,13	1,662	2400	1	3989,700

Lanjutan Tabel 5.25 Rekapitulasi Berat Pelat Lantai 4

Kode Pelat	Ly (m)	Lx (m)	h (m)	V (m ³)	BV (kg/m ³)	n (unit per tingkat)	M (kg)
S1	2,875	1,350	0,13	0,505	2400	1	1210,950
S1	3,900	1,225	0,13	0,621	2400	1	1490,580
S1	3,900	0,726	0,13	0,368	2400	1	883,884
S1	3,000	2,760	0,13	1,076	2400	1	2583,360
S1	0,275	0,875	0,13	0,031	2400	1	75,075
S1	3,900	2,124	0,13	1,077	2400	1	2583,996
S1	3,900	1,350	0,13	0,684	2400	1	1642,680
S1	2,124	0,275	0,13	0,076	2400	1	182,205
S1	1,350	0,275	0,13	0,048	2400	1	115,830
S1	3,900	2,124	0,13	1,077	2400	1	2583,996
S1	3,900	1,350	0,13	0,684	2400	1	1642,680
S1	3,900	2,124	0,13	1,077	2400	1	2583,996
S1	3,900	1,350	0,13	0,684	2400	1	1642,680
S1	3,900	2,124	0,13	1,077	2400	1	2583,996
S1	3,900	1,350	0,13	0,684	2400	1	1642,680
S1	2,124	0,448	0,13	0,124	2400	1	296,483
S1	0,876	0,448	0,13	0,051	2400	1	122,363
S1	1,728	0,876	0,13	0,197	2400	1	472,362
S1	2,124	1,728	0,13	0,477	2400	1	1144,524
S1	2,173	2,124	0,13	0,600	2400	1	1439,351
S1	2,173	0,876	0,13	0,248	2400	1	594,041
S1	2,124	2,000	0,13	0,552	2400	1	1325,064
S1	2,000	0,275	0,13	0,072	2400	1	171,600
S1	2,124	1,140	0,13	0,315	2400	1	755,286
S1	1,140	0,876	0,13	0,130	2400	1	311,718
S1	2,124	1,898	0,13	0,524	2400	1	1257,154

Lanjutan Tabel 5.25 Rekapitulasi Berat Pelat Lantai 4

Kode Pelat	Ly (m)	Lx (m)	h (m)	V (m ³)	BV (kg/m ³)	n (unit per tingkat)	M (kg)
S1	1,898	0,876	0,13	0,216	2400	1	518,846
S1	3,453	0,876	0,13	0,393	2400	1	944,041
S1	3,453	2,124	0,13	0,953	2400	1	2287,392
S1	3,900	0,876	0,13	0,444	2400	1	1066,404
S1	3,900	2,124	0,13	1,077	2400	1	2583,875
S1	3,900	1,125	0,13	0,570	2400	1	1368,900
S1	3,125	0,800	0,13	0,325	2400	1	780,000
S1	3,125	0,925	0,13	0,376	2400	1	901,875
S1	3,900	1,125	0,13	0,570	2400	1	1368,900
S1	3,125	0,800	0,13	0,325	2400	1	780,000
S1	3,125	0,925	0,13	0,376	2400	1	901,875
S1	0,191	2,850	0,13	0,071	2400	1	169,926
S1	3,709	1,125	0,13	0,542	2400	1	1301,824
S1	2,934	0,800	0,13	0,305	2400	1	732,301
S1	2,934	0,925	0,13	0,353	2400	1	846,724
S1	3,900	1,125	0,13	0,570	2400	2	2737,800
S1	3,125	0,925	0,13	0,376	2400	2	1803,750
S1	3,125	0,800	0,13	0,325	2400	2	1560,000
S1	3,900	1,125	0,13	0,570	2400	2	2737,800
S1	3,125	1,725	0,13	0,701	2400	2	3363,750
S1	3,900	1,225	0,13	0,621	2400	1	1490,580
S1	3,900	2,325	0,13	1,179	2400	1	2829,060
S1	3,900	1,225	0,13	0,621	2400	1	1490,580
S1	3,900	2,325	0,13	1,179	2400	1	2829,060
S1	1,225	0,700	0,13	0,111	2400	1	267,540
S1	2,325	0,700	0,13	0,212	2400	1	507,780

Lanjutan Tabel 5.25 Rekapitulasi Berat Pelat Lantai 4

Kode Pelat	Ly (m)	Lx (m)	h (m)	V (m ³)	BV (kg/m ³)	n (unit per tingkat)	M (kg)
S1	3,200	1,225	0,13	0,510	2400	1	1223,040
S1	3,200	2,325	0,13	0,967	2400	1	2321,280
S1	3,900	1,225	0,13	0,621	2400	2	2981,160
S1	3,900	2,325	0,13	1,179	2400	2	5658,120
S1	3,900	1,225	0,13	0,621	2400	2	2981,160
S1	3,900	1,875	0,13	0,951	2400	2	4563,000
S1	3,900	3,000	0,13	1,521	2400	2	7300,800
S1	3,900	1,875	0,13	0,951	2400	5	11407,500
S1	3,900	0,675	0,13	0,342	2400	5	4106,700
S1	3,125	1,725	0,13	0,701	2400	1	1681,875
S1	3,900	1,725	0,13	0,875	2400	1	2098,980
S1	3,900	3,000	0,13	1,521	2400	4	14601,600
S1	3,900	1,225	0,13	0,621	2400	2	2981,160
S1	4,000	2,600	0,13	1,352	2400	1	3244,800
S1	4,000	1,725	0,13	0,897	2400	1	2152,800
S1	3,800	1,725	0,13	0,852	2400	1	2045,160
S1	1,725	0,275	0,13	0,062	2400	1	148,005
S1	3,650	2,488	0,13	1,180	2400	1	2832,765
S1	4,000	3,100	0,13	1,612	2400	1	3868,800
S1	3,800	3,100	0,13	1,531	2400	1	3675,360
S1	3,100	0,275	0,13	0,111	2400	1	265,980
S1	3,800	1,225	0,13	0,605	2400	1	1452,360
S1	4,000	1,225	0,13	0,637	2400	1	1528,800
S1	1,225	0,275	0,13	0,044	2400	1	105,105
S1	2,885	2,124	0,13	0,796	2400	1	1911,495
S1	2,900	2,885	0,13	1,088	2400	1	2610,348

Tabel 5.26 Rekapitulasi Berat Pelat Lantai 5

Kode Pelat	Ly (m)	Lx (m)	h (m)	V (m³)	BV (kg/m³)	n (unit per tingkat)	M (kg)
S1	4,400	3,000	0,13	1,716	2400	2	8236,800
S1	4,400	3,150	0,13	1,802	2400	1	4324,320
S1	4,400	2,850	0,13	1,630	2400	1	3912,480
S1	4,400	2,900	0,13	1,659	2400	1	3981,120
S1	4,400	3,100	0,13	1,773	2400	1	4255,680
S1	3,400	3,150	0,13	1,392	2400	1	3341,520
S1	3,400	2,850	0,13	1,260	2400	1	3023,280
S1	3,400	2,900	0,13	1,282	2400	1	3076,320
S1	3,400	3,100	0,13	1,370	2400	1	3288,480
S1	2,450	0,275	0,13	0,088	2400	1	210,210
S1	2,450	1,725	0,13	0,549	2400	1	1318,590
S1	1,450	0,275	0,13	0,052	2400	1	124,410
S1	2,725	1,450	0,13	0,514	2400	1	1232,790
S1	2,725	2,450	0,13	0,868	2400	1	2082,990
S1	1,725	1,450	0,13	0,325	2400	1	780,390
S1	3,900	3,000	0,13	1,521	2400	1	3650,400
S1	1,675	0,275	0,13	0,060	2400	2	287,430
S1	1,725	1,675	0,13	0,376	2400	2	1802,970
S1	1,725	1,450	0,13	0,325	2400	2	1560,780
S1	2,225	1,825	0,13	0,528	2400	1	1266,915
S1	1,825	1,500	0,13	0,356	2400	1	854,100
S1	1,725	1,500	0,13	0,336	2400	1	807,300
S1	2,400	0,275	0,13	0,086	2400	1	205,920
S1	1,725	1,625	0,13	0,364	2400	1	874,575
S1	2,675	0,275	0,13	0,096	2400	1	229,515
S1	1,725	1,900	0,13	0,426	2400	1	1022,580

Lanjutan Tabel 5.26 Rekapitulasi Berat Pelat Lantai 5

Kode Pelat	Ly (m)	Lx (m)	h (m)	V (m ³)	BV (kg/m ³)	n (unit per tingkat)	M (kg)
S1	2,675	0,275	0,13	0,096	2400	2	459,030
S1	1,725	1,900	0,13	0,426	2400	2	2045,160
S1	2,675	0,275	0,13	0,096	2400	2	459,030
S1	1,725	1,900	0,13	0,426	2400	2	2045,160
S1	2,500	0,275	0,13	0,089	2400	1	214,500
S1	1,725	2,500	0,13	0,561	2400	1	1345,500
S1	4,000	2,600	0,13	1,352	2400	1	3244,800
S1	4,000	1,725	0,13	0,897	2400	1	2152,800
S1	3,800	1,725	0,13	0,852	2400	1	2045,160
S1	2,675	0,275	0,13	0,096	2400	1	229,515
S1	1,900	1,725	0,13	0,426	2400	1	1022,580
S1	2,500	0,275	0,13	0,089	2400	1	214,500
S1	2,500	1,725	0,13	0,561	2400	1	1345,500
S1	2,500	0,275	0,13	0,089	2400	1	214,500
S1	2,500	1,725	0,13	0,561	2400	1	1345,500
S1	2,675	0,275	0,13	0,096	2400	2	459,030
S1	1,900	1,725	0,13	0,426	2400	2	2045,160
S1	2,675	0,275	0,13	0,096	2400	2	459,030
S1	1,900	1,725	0,13	0,426	2400	2	2045,160
S1	2,675	0,275	0,13	0,096	2400	2	459,030
S1	1,900	1,725	0,13	0,426	2400	2	2045,160
S1	2,675	0,275	0,13	0,096	2400	1	229,515
S1	1,900	1,725	0,13	0,426	2400	1	1022,580
S1	3,900	2,500	0,13	1,268	2400	2	6084,000
S1	3,030	0,400	0,13	0,158	2400	1	378,119
S1	3,100	3,030	0,13	1,221	2400	1	2930,423

Lanjutan Tabel 5.26 Rekapitulasi Berat Pelat Lantai 5

Kode Pelat	Ly (m)	Lx (m)	h (m)	V (m ³)	BV (kg/m ³)	n (unit per tingkat)	M (kg)
S1	0,870	0,400	0,13	0,045	2400	1	108,601
S1	1,741	0,400	0,13	0,091	2400	1	217,214
S1	3,100	0,870	0,13	0,351	2400	1	841,657
S1	3,100	1,741	0,13	0,701	2400	1	1683,412
S1	2,160	0,400	0,13	0,112	2400	1	269,506
S1	3,100	2,160	0,13	0,870	2400	1	2088,668
S1	2,725	1,675	0,13	0,593	2400	1	1424,085
S1	2,225	1,175	0,13	0,340	2400	1	815,685
S1	3,900	3,000	0,13	1,521	2400	1	3650,400
S1	2,725	1,675	0,13	0,593	2400	1	1424,085
S1	2,225	1,175	0,13	0,340	2400	1	815,685
S1	3,900	3,000	0,13	1,521	2400	1	3650,400
S1	2,725	2,400	0,13	0,850	2400	1	2040,480
S1	1,500	1,175	0,13	0,229	2400	1	549,900
S1	3,900	3,000	0,13	1,521	2400	1	3650,400
S1	3,900	2,725	0,13	1,382	2400	1	3315,780
S1	1,225	0,275	0,13	0,044	2400	4	420,420
S1	1,400	0,275	0,13	0,050	2400	1	120,120
S1	1,225	0,944	0,13	0,150	2400	5	1804,748
S1	1,400	0,944	0,13	0,172	2400	1	412,514
S1	3,000	1,225	0,13	0,478	2400	1	1146,600
S1	2,725	2,675	0,13	0,948	2400	1	2274,285
S1	3,900	2,725	0,13	1,382	2400	4	13263,120
S1	3,900	3,000	0,13	1,521	2400	6	21902,400
S1	1,125	0,948	0,13	0,139	2400	1	332,748
S1	1,125	0,275	0,13	0,040	2400	1	96,525

Lanjutan Tabel 5.26 Rekapitulasi Berat Pelat Lantai 5

Kode Pelat	Ly (m)	Lx (m)	h (m)	V (m ³)	BV (kg/m ³)	n (unit per tingkat)	M (kg)
S1	1,500	0,948	0,13	0,185	2400	1	443,664
S1	1,500	0,275	0,13	0,054	2400	1	128,700
S1	1,400	0,948	0,13	0,173	2400	1	414,174
S1	1,400	0,275	0,13	0,050	2400	1	120,120
S1	1,225	0,948	0,13	0,151	2400	4	1449,608
S1	1,225	0,275	0,13	0,044	2400	4	420,420
S1	3,900	2,625	0,13	1,331	2400	8	25552,800
S1	4,000	2,625	0,13	1,365	2400	1	3276,000
S1	3,800	2,625	0,13	1,297	2400	1	3112,200
S1	3,900	3,100	0,13	1,572	2400	8	30176,640
S1	4,000	3,100	0,13	1,612	2400	1	3868,800
S1	3,800	3,100	0,13	1,531	2400	1	3675,360
S1	1,125	0,777	0,13	0,114	2400	1	272,727
S1	1,500	0,777	0,13	0,152	2400	1	363,636
S1	1,400	0,777	0,13	0,141	2400	1	339,306
S1	1,225	0,777	0,13	0,124	2400	1	296,893
S1	1,400	0,781	0,13	0,142	2400	1	340,966
S1	1,225	0,781	0,13	0,124	2400	1	298,345
S1	1,225	0,777	0,13	0,124	2400	2	593,786
S1	1,225	0,781	0,13	0,124	2400	2	596,691
S1	1,225	0,777	0,13	0,124	2400	2	593,939
S1	1,225	0,781	0,13	0,124	2400	2	596,691
S1	1,225	0,777	0,13	0,124	2400	2	593,786
S1	3,900	2,550	0,13	1,293	2400	10	31028,400
S1	4,000	2,550	0,13	1,326	2400	1	3182,400
S1	3,800	2,550	0,13	1,260	2400	1	3023,280

Lanjutan Tabel 5.26 Rekapitulasi Berat Pelat Lantai 5

Kode Pelat	Ly (m)	Lx (m)	h (m)	V (m³)	BV (kg/m³)	n (unit per tingkat)	M (kg)
S1	3,900	1,725	0,13	0,875	2400	1	2098,980
S1	3,125	1,725	0,13	0,701	2400	1	1681,875
SA	3,150	1,350	0,12	0,510	2400	1	1224,720
SA	3,900	1,350	0,15	0,790	2400	8	15163,200
SA	3,900	1,475	0,15	0,863	2400	2	4141,800
SA	3,900	1,475	0,15	0,863	2400	1	2070,900
SA	3,900	1,475	0,15	0,863	2400	1	2070,900
SA	3,900	1,475	0,15	0,863	2400	6	12425,400
SA	3,900	1,350	0,15	0,790	2400	2	3790,800
SA	4,000	1,350	0,15	0,810	2400	1	1944,000
SA	3,800	1,350	0,15	0,770	2400	1	1846,800
Total Massa Pelat Lantai 5							323830,452

Tabel 5.27 Rekapitulasi Berat Pelat Lantai 6

Kode Pelat	Ly (m)	Lx (m)	h (m)	V (m³)	BV (kg/m³)	n (unit per tingkat)	M (kg)
S1	4,400	3,000	0,13	1,716	2400	2	8236,800
S1	3,400	3,150	0,13	1,392	2400	1	3341,520
S1	4,400	3,150	0,13	1,802	2400	1	4324,320
S1	3,400	1,125	0,13	0,497	2400	1	1193,400
S1	4,400	1,125	0,13	0,644	2400	1	1544,400
S1	3,900	3,000	0,13	1,521	2400	1	3650,400
S1	3,900	2,725	0,13	1,382	2400	1	3315,780
S1	3,400	1,725	0,13	0,762	2400	1	1829,880
S1	4,400	1,725	0,13	0,987	2400	1	2368,080

Lanjutan Tabel 5.27 Rekapitulasi Berat Pelat Lantai 6

Kode Pelat	Ly (m)	Lx (m)	h (m)	V (m ³)	BV (kg/m ³)	n (unit per tingkat)	M (kg)
S1	3,400	2,900	0,13	1,282	2400	1	3076,320
S1	4,400	2,900	0,13	1,659	2400	1	3981,120
S1	3,400	3,100	0,13	1,370	2400	1	3288,480
S1	4,400	3,100	0,13	1,773	2400	1	4255,680
S1	2,159	0,400	0,13	0,112	2400	1	269,443
S1	3,100	2,159	0,13	0,870	2400	1	2088,185
S1	1,741	0,400	0,13	0,091	2400	1	217,277
S1	3,100	1,741	0,13	0,702	2400	1	1683,895
S1	0,870	0,400	0,13	0,045	2400	1	108,539
S1	3,100	0,870	0,13	0,350	2400	1	841,174
S1	3,030	0,400	0,13	0,158	2400	1	378,181
S1	3,100	3,030	0,13	1,221	2400	1	2930,906
S1	3,900	2,500	0,13	1,268	2400	2	6084,000
S1	3,125	1,725	0,13	0,701	2400	2	3363,750
S1	4,000	2,600	0,13	1,352	2400	1	3244,800
S1	4,000	1,725	0,13	0,897	2400	1	2152,800
S1	3,800	1,725	0,13	0,852	2400	1	2045,160
S1	2,250	1,725	0,13	0,505	2400	1	1210,950
S1	2,250	1,500	0,13	0,439	2400	1	1053,000
S1	2,250	1,150	0,13	0,336	2400	1	807,300
S1	2,250	0,350	0,13	0,102	2400	1	245,700
S1	2,250	1,150	0,13	0,336	2400	1	807,300
S1	2,250	1,850	0,13	0,541	2400	1	1298,700
S1	1,725	0,575	0,13	0,129	2400	8	2475,720
S1	1,725	1,725	0,13	0,387	2400	8	7427,160
S1	1,725	0,575	0,13	0,129	2400	6	1856,790

Lanjutan Tabel 5.27 Rekapitulasi Berat Pelat Lantai 6

Kode Pelat	Ly (m)	Lx (m)	h (m)	V (m ³)	BV (kg/m ³)	n (unit per tingkat)	M (kg)
S1	1,725	1,725	0,13	0,387	2400	6	5570,370
S1	4,000	0,275	0,13	0,143	2400	1	343,200
S1	4,000	1,725	0,13	0,897	2400	1	2152,800
S1	3,900	0,275	0,13	0,139	2400	1	334,620
S1	3,900	1,725	0,13	0,875	2400	1	2098,980
S1	3,900	0,275	0,13	0,139	2400	1	334,620
S1	3,900	1,725	0,13	0,875	2400	1	2098,980
S1	2,175	0,777	0,13	0,220	2400	1	527,136
S1	1,400	0,777	0,13	0,141	2400	14	4750,287
S1	1,725	1,650	0,13	0,370	2400	1	888,030
S1	3,000	1,650	0,13	0,644	2400	2	3088,800
S1	3,900	2,550	0,13	1,293	2400	10	31028,400
S1	3,800	2,550	0,13	1,260	2400	1	3023,280
S1	4,000	2,550	0,13	1,326	2400	1	3182,400
S1	4,000	2,625	0,13	1,365	2400	1	3276,000
S1	3,800	1,725	0,13	0,852	2400	1	2045,160
S1	3,800	2,900	0,13	1,433	2400	1	3438,240
S1	3,800	3,100	0,13	1,531	2400	1	3675,360
S1	3,800	1,350	0,13	0,667	2400	1	1600,560
S1	4,000	3,100	0,13	1,612	2400	1	3868,800
S1	4,000	1,350	0,13	0,702	2400	1	1684,800
S1	3,900	2,625	0,13	1,331	2400	1	3194,100
S1	3,900	2,900	0,13	1,470	2400	1	3528,720
S1	3,900	3,100	0,13	1,572	2400	2	7544,160
S1	1,725	1,725	0,13	0,387	2400	1	928,395
S1	1,400	0,948	0,13	0,173	2400	1	414,174

Lanjutan Tabel 5.27 Rekapitulasi Berat Pelat Lantai 6

Kode Pelat	Ly (m)	Lx (m)	h (m)	V (m³)	BV (kg/m³)	n (unit per tingkat)	M (kg)
S1	1,400	0,948	0,13	0,173	2400	6	2485,043
S1	2,175	0,575	0,13	0,163	2400	6	2341,170
S1	3,900	2,325	0,13	1,179	2400	6	16974,360
S1	3,900	3,100	0,13	1,572	2400	6	22632,480
S1	1,400	0,948	0,13	0,173	2400	8	3313,390
S1	2,175	0,575	0,13	0,163	2400	8	3121,560
S1	3,900	2,425	0,13	1,229	2400	8	23605,920
S1	3,900	3,000	0,13	1,521	2400	8	29203,200
SA	3,150	1,350	0,12	0,510	2400	1	1224,720
SA	3,900	1,350	0,12	0,632	2400	10	15163,200
SA	4,000	1,350	0,12	0,648	2400	1	1555,200
SA	3,800	1,350	0,12	0,616	2400	1	1477,440
SA	3,900	1,475	0,12	0,690	2400	10	16567,200
Total Massa Pelat Lantai 6							321282,165

Tabel 5.28 Rekapitulasi Berat Pelat Lantai 7 (Dak Atap)

Kode Pelat	Ly (m)	Lx (m)	h (m)	V (m³)	BV (kg/m³)	n (unit per tingkat)	M (kg)
S1	4,400	3,000	0,13	1,716	2400	2	8236,800
S1	4,000	2,600	0,13	1,352	2400	1	3244,800
S1	4,000	1,725	0,13	0,897	2400	1	2152,800
S1	3,800	1,725	0,13	0,852	2400	1	2045,160
SA	3,900	1,475	0,12	0,690	2400	10	16567,200
SA	3,900	3,000	0,12	1,404	2400	20	67392,000
SA	3,900	3,150	0,12	1,474	2400	10	35380,800

Tabel 5.29 Rekapitulasi Berat Pelat Dak Atap

Kode Pelat	Ly (m)	Lx (m)	h (m)	V (m ³)	BV (kg/m ³)	n (unit per tingkat)	M (kg)
SA	7,800	6,000	0,12	5,616	2400	1	13478,400
SA	7,800	7,750	0,12	7,254	2400	1	17409,600
Total Massa Pelat Dak Atap							30888,000

5.3.4 Berat Pelat Tangga dan Bordes

Perhitungan massa elemen pelat tangga dan bordes perlu dilakukan sebagai salah satu bagian dalam pengecekan kontrol berat bangunan, perhitungan elemen pelat tangga dan bordes ini melibatkan dimensi pelat tangga dan bordes, jenis material dan massa jenisnya. Adapun contoh perhitungan pada elemen pelat tangga dan bordes dapat dilihat sebagai berikut.

1. Pelat Tangga

Perhitungan pelat tangga dapat dilihat sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Bentang Panjang (Ly)} &= \sqrt{\text{Panjang Tangga}^2 + \text{Panjang Bordes}^2} \\
 &= \sqrt{4150^2 + 1900^2} \\
 &= 4697,074 \text{ mm} \\
 &= 4,697074 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Bentang Pendek (Lx)} &= 1900 \text{ mm} \\
 &= 1,9 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tebal (t)} &= 150 \text{ mm} \\
 &= 0,15 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\text{Berat Volume (BV)} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume (V)} &= \text{Ly} \times \text{Lx} \times \text{t} \\
 &= 4,697074 \text{ m} \times 1,9 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \\
 &= 1,339 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah Pelat Atap (n)} = 2$$

$$\text{Berat Total} = \text{V} \times \text{BV} \times \text{n}$$

$$= 1,339 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 2$$

$$= 6425,597 \text{ kg}$$

2. Pelat Bordes

Perhitungan pelat bordes dapat dilihat sebagai berikut.

$$\text{Bentang Panjang (Ly)} = 3800 \text{ mm}$$

$$= 3,8 \text{ m}$$

$$\text{Bentang Pendek (Lx)} = 1900 \text{ mm}$$

$$= 1,9 \text{ m}$$

$$\text{Tebal (t)} = 150 \text{ mm}$$

$$= 0,15 \text{ m}$$

$$\text{Berat Volume (BV)} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Volume (V)} = \text{Ly} \times \text{Lx} \times \text{t}$$

$$= 3,8 \text{ m} \times 1,9 \text{ m} \times 0,15 \text{ m}$$

$$= 1,083 \text{ m}^3$$

$$\text{Jumlah Pelat Atap (n)} = 1$$

$$\text{Berat Total} = \text{V} \times \text{BV} \times \text{n}$$

$$= 1,083 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 1$$

$$= 2599,200 \text{ kg}$$

Berdasarkan hasil perhitungan massa pelat tangga dan pelat bordes di atas, rekapitulasi perhitungan massa pelat tangga dan bordes pada tingkat lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.30 berikut.

Tabel 5.30 Rekapitulasi Berat Pelat Tangga dan Bordes

Kode Tangga	Lx (mm)	Tebal (mm)	Ly (mm)	V (m ³)	BV (kg/m ³)	n (unit per tingkat)	M (kg)
Lantai 1 - 2							
Pelat Tangga	1900	150	4697,074	1,339	2400	2	6425,597
Pelat Bordes	1900	150	3800	1,083	2400	1	2599,200
Lantai 2 - 3							
Pelat Tangga	1900	150	4651,075	1,326	2400	2	6362,671
Pelat Bordes	1900	150	3800	1,083	2400	1	2599,200

Lanjutan Tabel 5.30 Rekapitulasi Berat Pelat Tangga dan Bordes

Kode Tangga	Lx (mm)	Tebal (mm)	Ly (mm)	V (m ³)	BV (kg/m ³)	n (unit per tingkat)	M (kg)
Lantai 3 - 4							
Pelat Tangga	1900	150	4816,185	1,373	2400	2	6588,541
Pelat Bordes	1900	150	3800	1,083	2400	1	2599,200
Lantai 4 - 5							
Pelat Tangga	1900	150	4651,075	1,326	2400	2	6362,671
Pelat Bordes	1900	150	3800	1,083	2400	1	2599,200
Lantai 5 - 6							
Pelat Tangga	1900	150	4651,075	1,326	2400	2	6362,671
Pelat Bordes	1900	150	3800	1,083	2400	1	2599,200
Lantai 6 - 7							
Pelat Tangga	1900	150	4651,075	1,326	2400	2	6362,671
Pelat Bordes	1900	150	3800	1,083	2400	1	2599,200
Total Massa Pelat Tangga							38464.821
Total Massa Pelat Bordes							15595.200

5.3.5 Berat Sistem Ganda

Perhitungan massa elemen sistem ganda perlu dilakukan sebagai salah satu bagian dalam pengecekan kontrol berat bangunan, perhitungan elemen sistem ganda ini melibatkan dimensi dari sistem ganda, jenis material dan massa jenisnya. Adapun contoh perhitungan pada berat sistem ganda dapat dilihat sebagai berikut.

1. Berat *Shearwall Tipe – I*

a. Berat *Shearwall Tipe – I* Lantai 1

$$\text{Tinggi Shearwall (L)} = 4,5 \text{ m}$$

$$\text{Lebar Shearwall (B)} = 0,25 \text{ m}$$

$$\text{Panjang Shearwall (H)} = 5,3 \text{ m}$$

$$\text{Berat Volume (BV)} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Volume (V)} = L \times B \times H$$

$$= 4,5 \text{ m} \times 0,25 \text{ m} \times 5,3 \text{ m}$$

$$= 5,963 \text{ m}^3$$

$$\text{Jumlah kolom (n)} = 1$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa Shearwall} &= V \times BV \times n \\
 &= 5,963 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 1 \\
 &= 28620 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan berat *shearwall tipe – I* di atas, rekapitulasi perhitungan berat *shearwall tipe - I* pada tingkat lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.31 sebagai berikut.

Tabel 5.31 Rekapitulasi Berat Shearwall Tipe I

Lantai	B (mm)	H (mm)	L (mm)	V (m ³)	BV (kg/m ³)	n (unit per tingkat)	M (kg)
1	250	4500	5300	5,9625	2400	2	28620
2	250	4200	5300	5,565	2400	2	26712
3	250	5200	5300	6,89	2400	2	33072
4	250	4200	5300	5,565	2400	2	26712
5	250	4200	5300	5,565	2400	2	26712
6	250	4200	5300	5,565	2400	2	26712
Total Massa Shearwall Tipe I							168540

2. Berat Bracing Tipe – X

a. Berat Bracing Tipe – X lantai 1

$$\begin{aligned}
 \text{Tipe Baja} &= \text{H-Beam 428x407} \\
 \text{Berat Per kg/m} &= 360,7 \text{ kg/m} \\
 \text{Panjang Bracing (L)} &= 7,500 \text{ m} \\
 \text{Jumlah Bracing (n)} &= 4 \text{ bh} \\
 \text{Massa Bracing} &= \text{Berat per kg/m} \times L \times n \\
 &= 360,7 \text{ kg/m} \times 7,500 \text{ m} \times 4 \\
 &= 10821 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan massa *bracing tipe X* didapatkan nilai sebesar 10821 kg. Rekapitulasi perhitungan berat *bracing tipe X* pada tingkat lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.32.

Tabel 5.32 Rekapitulasi Berat *Bracing Tipe X*

Tingkat	Tipe Steel H-Beam (mm)	berat per kg/m	Panjang Bracing (m)	n (unit per tingkat)	M (kg)
1	428x407	360,7	7,5000	4	10821,0000
2	428x407	360,7	7,3239	4	10566,9229
3	428x407	360,7	7,9398	4	11455,5434
4	428x407	360,7	7,3239	4	10566,9229
5	428x407	360,7	7,3239	4	10566,9229
6	428x407	360,7	7,3239	4	10566,9229
Total Berat <i>Bracing Tipe X</i>					64544,23512

3. Berat *Bracing Inverted – V*

a. Berat *Bracing Inverted - V* lantai 1

Tipe Baja = H-Beam 428x407

Berat Per kg/m = 360,7 kg/m

Panjang *Bracing* (L) = 5,4083 m

Jumlah *Bracing* (n) = 4 bh

Massa *Bracing* = Berat per kg/m x L x n
 = 360,7 kg/m x 5,4083 m x 4
 = 7803,0952 kg

Berdasarkan hasil perhitungan massa *bracing inverted V* didapatkan nilai sebesar 7803,0952 kg. Rekapitulasi perhitungan berat *bracing inverted V* pada tingkat lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.33.

Tabel 5.33 Rekapitulasi Berat *Bracing Inverted V*

Tingkat	Tipe Steel H-Beam (mm)	berat per kg/m	Panjang Bracing (m)	n (unit per tingkat)	M (kg)
1	428x407	360,7	5,4083	4	7803,0952
2	428x407	360,7	5,1614	4	7446,8679
3	428x407	360,7	6,0033	4	8661,5612
4	428x407	360,7	5,1614	4	7446,8679
5	428x407	360,7	5,1614	4	7446,8679
6	428x407	360,7	5,1614	4	7446,8679
Total Berat <i>Bracing Inverted V</i>					46252,12816

5.3.6 Berat Dinding

Perhitungan massa elemen dinding perlu dilakukan sebagai salah satu bagian dalam pengecekan kontrol berat bangunan, perhitungan elemen dinding ini melibatkan dimensi dinding, jenis material dan massa jenisnya. Berikut ini adalah contoh perhitungan pada elemen dinding.

1. Dinding Bata Ringan lantai 2

Perhitungan dinding lantai 1 dapat dilihat sebagai berikut.

Panjang Dinding = 266,433 m

Beban dinding (Q) = 4,882 kN/m

Berat Total = panjang dinding x beban dinding x angka konversi
 = 266,433 m x 4,882 kN/m x 101,94
 = 132585,00 kg

2. Dinding Kaca lantai 2

Perhitungan dinding lantai 2 dapat dilihat sebagai berikut.

Panjang Dinding = 98,475 m

Beban dinding (Q) = 1,311 kN/m

Berat Total = panjang dinding x beban dinding x angka konversi
 = 98,475 m x 1,311 kN/m x 101,94
 = 13160,11 kg

Berdasarkan perhitungan berat dinding bata ringan dan dinding kaca di atas didapatkan nilai secara berurutan sebesar Rekapitulasi perhitungan dinding pada tingkat lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.34 dan Tabel 5.35 berikut.

Tabel 5.34 Rekapitulasi Berat Dinding Bata Ringan

Tingkat	Panjang Total (m)	Q (kN/m)	M (kg)
2	266,433	4,882	132585,00
3	644,139	6,297	413453,59
4	375,876	4,882	221099,64
5	415,361	4,882	206696,08
6	456,826	4,882	227330,41
7	57,175	3,467	20205,04
Total Massa Dinding Bata Ringan			1521773,08

Tabel 5.35 Rekapitulasi Berat Dinding Kaca

Tingkat	Panjang Total (m)	Q (kN/m)	M (kg)
2	98,475	1,311	13160,11
3	90,700	1,691	15634,42
4	43,875	1,311	5863,42
5	74,125	1,311	9906,00
6	44,375	1,311	5930,24
Total Massa Dinding Kaca			63599,11

5.3.6 Berat Beban Gravitasi

Perhitungan berat beban gravitasi merupakan gaya yang diakibatkan oleh beban hidup (*Load Live*) dan beban mati tambahan (SIDL). Tetapi beban hidup (*Load Live*) pada penelitian ini tidak diperhitungkan karena sesuai dengan ketentuan pada subsub bab landasan teori 3.4.9 mengenai berat seismik efektif, jika beban penyimpanan tidak melebihi 5% maka tidak perlu diperhitungkan sebagai berat seismik efektif. Beban penyimpanan yang dimaksud seperti ruang penyimpanan alat medik dan lain-lain. Perhitungan pengecekan tersebut dapat dilihat sebagai berikut.

1. Ruang Tunggu 1

$$\begin{aligned}
 \text{Luas Ruangan} &= 537,764 \text{ m}^2 \\
 Q_{\text{SIDL}} &= 1,504 \text{ kN/m}^2 \\
 Q_{\text{LL}} &= 4,79 \text{ kN/m}^2 \\
 Q_{\text{Total}} &= Q_{\text{SIDL}} + Q_{\text{LL}} \\
 &= 1,504 + (\text{tidak disertakan}) \\
 &= 1,504 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{Berat Total} &= Q_{\text{Total}} \times \text{Luasan Ruangan} \\
 &= 1,504 \text{ kN/m}^2 \times 537,764 \text{ m}^2 \\
 &= 82425,958 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

2. Dokter Lounge

$$\begin{aligned}
 \text{Luas Ruangan} &= 12,525 \text{ m}^2 \\
 Q_{\text{SIDL}} &= 2,224 \text{ kN/m}^2 \\
 Q_{\text{LL}} &= 4,79 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{Total}} &= Q_{\text{SIDL}} + Q_{\text{LL}} \\
 &= 2,224 + (\text{tidak disertakan}) \\
 &= 2,224 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{Berat Total} &= Q_{\text{Total}} \times \text{Luasa Ruangan} \\
 &= 2,224 \text{ kN/m}^2 \times 12,525 \text{ m}^2 \\
 &= 2839,038 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan beban gravitasi di atas, rekapitulasi perhitungan beban gravitasi pada tingkat lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.36 sampai Tabel 5.42.

Tabel 5.36 Rekapitulasi Berat Beban Gravitasi Lantai 2

Nama Ruang	Luas Total (m ²)	Q _{SIDL} (kN/m ²)	Q _{LL} (kN/m ²)	Q _{tot} (kN/m ²)	M (kg)
Lift Hall	24,750	1,504	4,79	1,504	3793,562
Ruang Tunggu 1	537,764	1,504	4,79	1,504	82425,958
Ruang Tunggu 2	73,210	1,504	4,79	1,504	11221,280
Area Retail 1	66,799	2,224	3,59	2,224	15141,254
Toilet 1	19,219	2,224	2,87	2,224	4356,450
Balkon	22,620	1,504	4,79	1,504	3467,086
Dokter Lounge	12,525	2,224	2,40	2,224	2839,038
E MED REC	26,393	2,224	2,40	2,224	5982,381
R. KA RU RAJAL	16,283	2,224	2,40	2,224	3690,750
R. Pendaftaran	19,500	2,224	2,40	2,224	4420,060
Rekam Medik	49,920	2,224	2,40	2,224	11315,353
Klinik 1	18,013	2,224	1,92	2,224	4082,888
Ruang Konsultasi	26,690	2,224	2,40	2,224	6049,815
Koridor Diatas Lantai 1	51,940	1,504	3,83	1,504	7961,115
Toilet 2	14,723	2,224	2,87	2,224	3337,145
Klinik 2	35,685	2,224	1,92	2,224	8088,709
Koridor Tangga	24,050	1,504	4,79	1,504	3686,269
Klinik 3	197,494	2,224	1,92	2,224	44765,854
Ruang Kompresor	6,169	1,504	7,18	1,504	945,517
Klinik 4	60,047	2,224	1,92	2,224	13610,809
Lift Hall	24,750	1,504	4,79	1,504	3793,562
Total Massa Beban Gravitasi Lantai 2					241181,292

Tabel 5.37 Rekapitulasi Berat Beban Gravitasi Lantai 3

Nama Ruang	Luas Total (m²)	Q_{SIDL} (kN/m²)	Q_{LL} (kN/m²)	Q_{tot} (kN/m²)	M (kg)
lift Hall	34,564	1,504	4,79	1,504	5297,767
Ruang Tunggu	93,600	1,504	4,79	1,504	14346,561
Koridor Kotor	192,364	1,504	3,83	1,504	29484,598
<i>Viewing Gallery</i>	72,971	1,504	3,83	1,504	11184,685
Air Lock 1	32,431	1,504	4,79	1,504	4970,907
R. KA RU ICU	11,850	2,224	2,40	2,224	2686,036
Ruang Isolasi	16,294	2,224	1,92	2,224	3693,300
R. KA RU IBS	13,358	2,224	2,40	2,224	3027,741
Air Lock 2	16,065	1,504	4,79	1,504	2462,367
Toilet 3	7,800	2,224	2,87	2,224	1768,024
Ruang Serah Terima Pasien	15,600	2,224	2,40	2,224	3536,048
Ruang ADM	23,400	2,224	2,40	2,224	5304,072
Ruang Persiapan 4 TT	46,598	2,224	1,92	2,224	10562,243
Ruang Recovery 6 TT	76,628	2,224	1,92	2,224	17369,134
Ruang ICU	191,406	2,224	1,92	2,224	43386,002
Koridor Steril	138,507	1,504	3,83	1,504	21229,642
Ruang Operasi	158,280	2,224	2,87	2,224	35877,345
Toilet 2	9,061	2,224	2,87	2,224	2053,769
Trafo Isolasi	15,348	1,504	9,85	1,504	2352,477
Ruang Istirahat Perawat	10,889	2,224	2,40	2,224	2468,292
Koridor Dalam	14,614	1,504	3,83	1,504	2240,022
Spoel Hoek	2,713	2,224	2,87	2,224	614,842
Ruang Istirahat Dokter	11,217	2,224	2,40	2,224	2542,526
Ruang Farmasi	9,333	2,224	2,40	2,224	2115,537
Ruang Penyimpanan Alat	11,104	1,504	3,83	1,504	1702,026
Gudang Alat Medis	9,328	1,504	6,00	1,504	1429,675
Ruang Trafo Isolasi	6,850	1,504	9,85	1,504	1049,935
Spoel Hoek	10,275	2,224	2,87	2,224	2329,031
Air Lock 2	9,521	1,504	4,79	1,504	1459,314
Smoke Lobby	10,400	1,504	4,79	1,504	1594,062
Koridor Tangga	8,356	1,504	3,83	1,504	1280,806
Gudang Bersih	6,685	1,504	6,00	1,504	1024,645
Ruang Distribusi Steril	7,508	1,504	3,83	1,504	1150,714
Gudang Steril	12,285	1,504	6,00	1,504	1882,986
Ruang Pengemasan Alat / Bahan Siap Steril	98,370	1,504	3,83	1,504	15077,692

Lanjutan Tabel 5.37 Rekapitulasi Berat Beban Gravitasi Lantai 3

Nama Ruang	Luas Total (m²)	Q_{SIDL} (kN/m²)	Q_{LL} (kN/m²)	Q_{tot} (kN/m²)	M (kg)
Ruang Istirahat Petugas	17,959	2,224	2,40	2,224	4070,847
Toilet 3	4,208	2,224	2,87	2,224	953,713
Ruang Plasma	11,509	2,224	2,87	2,224	2608,827
Gudang Steril	39,488	1,504	6,00	1,504	6052,456
Ruang Distribusi Steril	13,558	1,504	3,83	1,504	2078,029
Air Lock	9,353	1,504	4,79	1,504	1433,507
Ruang Dokter	11,862	2,224	2,40	2,224	2688,722
Gudang Bersih'	11,838	1,504	6,00	1,504	1814,495
Total Massa Beban Gravitasi Lantai 3					282255,417

Tabel 5.38 Rekapitulasi Berat Beban Gravitasi Lantai 4

Nama Ruang	Luas Total (m²)	Q_{SIDL} (kN/m²)	Q_{LL} (kN/m²)	Q_{tot} (kN/m²)	M (kg)
Roof Garden	526,776	1,554	4,79	1,554	83426,546
Ruang Tunggu	139,127	1,504	4,79	1,504	21324,678
Ruang ADM	8,521	2,224	2,40	2,224	1931,368
Ruang Konsultasi	14,502	2,224	2,40	2,224	3287,228
Ruang Isolasi	13,547	2,224	1,92	2,224	3070,704
Ante Room	13,547	1,504	4,79	1,504	2076,426
Ruang Tindakan	13,547	2,224	1,92	2,224	3070,704
Gudang Obat	6,525	1,504	6,00	1,504	1000,088
Gudang Alat	6,517	1,504	6,00	1,504	998,938
Dirty Utility	4,797	2,224	2,87	2,224	1087,335
R. KA RU	9,112	2,224	2,40	2,224	2065,459
Nurse Station	22,057	2,224	2,40	2,224	4999,601
Ruang Administrasi	9,778	2,224	2,40	2,224	2216,405
R. KA RU 2	10,323	2,224	2,40	2,224	2339,857
Ruang Penyimpanan Alat	9,233	1,504	3,83	1,504	1415,265
Nurse Station	19,556	2,224	2,40	2,224	4432,810
Rehab Medik (Terapi Group dan Terapi 1)	19,556	2,224	1,92	2,224	4432,810
Ruang Konsultasi	13,845	2,224	2,40	2,224	3138,242
Rehab Medik (Terapi Wicara) Audiometer	16,330	2,224	1,92	2,224	3701,517
Rehab Medik (Terapi Wicara) Voksional	11,360	2,224	1,92	2,224	2574,968

Lanjutan Tabel 5.38 Rekapitulasi Berat Beban Gravitasi Lantai 4

Nama Ruang	Luas Total (m²)	Q_{SIDL} (kN/m²)	Q_{LL} (kN/m²)	Q_{tot} (kN/m²)	M (kg)
Sensori Integrasi	27,690	2,224	1,92	2,224	6276,485
Fisio Terapi Aktif	47,580	2,224	1,92	2,224	10784,946
Rehab Medik (koridor)	49,725	2,224	1,92	2,224	11271,152
Gymnasium	58,918	1,504	4,79	1,504	9030,689
Smoke Lobby	17,300	1,504	4,79	1,504	2651,661
Koridor Tangga	7,029	1,504	3,83	1,504	1077,429
Ruang Reuse	9,079	1,504	7,18	1,504	1391,643
Ruang RO	34,924	1,504	7,18	1,504	5353,042
Ruang HD	269,169	2,224	1,92	2,224	61012,458
Koridor	110,035	1,504	3,83	1,504	16865,610
Lift Hall	26,400	1,504	4,79	1,504	4046,466
Total Massa Beban Gravitasi Lantai 4					282352,527

Tabel 5.39 Rekapitulasi Berat Beban Gravitasi Lantai 5

Nama Ruang	Luas Total (m²)	Q_{SIDL} (kN/m²)	Q_{LL} (kN/m²)	Q_{tot} (kN/m²)	M (kg)
Lift Hall	26,400	1,504	4,79	1,504	4046,466
Ruang Tunggu	93,600	1,504	4,79	1,504	14346,561
Balkon	57,878	1,504	4,79	1,504	8871,187
Spoel Hoek	4,900	2,224	2,87	2,224	1110,682
Ruang Tindakan	25,228	2,224	1,92	2,224	5718,310
Toilet	6,700	2,224	2,87	2,224	1518,687
Air Lock	14,388	1,504	4,79	1,504	2205,343
Toilet 2	7,476	2,224	2,87	2,224	1694,640
Gudang	8,026	1,504	6,00	1,504	1230,225
Toilet 3	8,026	2,224	2,87	2,224	1819,308
Gudang 2	5,000	1,504	6,00	1,504	766,376
Smoke Lobby	17,300	1,504	4,79	1,504	2651,661
Koridor Tangga	6,555	1,504	3,83	1,504	1004,719
Toilet 4	4,013	2,224	2,87	2,224	909,654
Linen Kotor	5,000	1,504	3,83	1,504	766,376
Gudang 3	5,000	1,504	6,00	1,504	766,376
Toilet 5	8,026	2,224	2,87	2,224	1819,308

Lanjutan Tabel 5.39 Rekapitulasi Berat Beban Gravitasi Lantai 5

Nama Ruang	Luas Total (m²)	Q_{SIDL} (kN/m²)	Q_{LL} (kN/m²)	Q_{tot} (kN/m²)	M (kg)
Gudang 4	8,026	1,504	6,00	1,504	1230,225
Toilet 6	8,026	2,224	2,87	2,224	1819,308
Gudang 5	4,013	1,504	6,00	1,504	615,113
Ruang ADM	19,500	2,224	2,40	2,224	4420,060
Dapur Transit	10,604	1,504	4,79	1,504	1625,377
Gudang Alat Bersih	9,137	1,504	6,00	1,504	1400,545
Depo Obat	7,558	1,504	3,83	1,504	1158,493
Ruang Isolasi 1	18,879	2,224	1,92	2,224	4279,241
Ruang Isolasi 2	24,631	2,224	1,92	2,224	5583,159
Ruang Isolasi 3	25,755	2,224	1,92	2,224	5837,879
Ruang Ranap Kris 1	177,656	2,224	1,92	2,224	40269,233
Ruang Ranap Kris 2	255,252	2,224	1,92	2,224	57857,795
Koridor Lantai 5	147,121	1,504	3,83	1,504	22549,980
Total Berat Beban Gravitasi Lantai 5					199892,286

Tabel 5.40 Rekapitulasi Berat Beban Gravitasi Lantai 6

Nama Ruang	Luas Total (m²)	Q_{SIDL} (kN/m²)	Q_{LL} (kN/m²)	Q_{tot} (kN/m²)	M (kg)
Lift Hall	82,073	1,504	4,79	1,504	12579,681
Multi Purpose Function	60,255	1,504	4,79	1,504	9235,599
Balkon	124,958	1,504	4,79	1,504	19152,889
Depo Obat	7,557	1,504	3,83	1,504	1158,224
Gudang Alat Medis	9,137	1,504	6,00	1,504	1400,545
Linen Bersih	10,606	1,504	3,83	1,504	1625,645
Nurse Station	30,281	2,224	2,40	2,224	6863,843
Smoke Lobby	17,300	1,504	4,79	1,504	2651,661
Koridor Tangga	6,555	1,504	3,83	1,504	1004,719
Dapur Transit	7,256	1,504	4,79	1,504	1112,203
JAN	2,588	2,224	2,87	2,224	586,508
Spoel Hoek	3,375	2,224	2,87	2,224	765,010
Linen Kotor	4,163	1,504	3,83	1,504	638,008
Toilet	31,740	2,224	2,87	2,224	7194,497
Toilet 2	23,805	2,224	2,87	2,224	5395,873
Toilet 3	15,800	2,224	2,87	2,224	3581,382
Koridor	156,801	1,504	3,83	1,504	24033,720
Ruang Pasien VIP	445,114	2,224	1,92	2,224	100893,885
Total Massa Beban Gravitasi Lantai 6					199873,893

Tabel 5.41 Rekapitulasi Berat Beban Gravitasi Lantai 7

Nama Ruang	Luas Total (m ²)	Q _{SIDL} (kN/m ²)	Q _{LL} (kN/m ²)	Q _{tot} (kN/m ²)	M (kg)
Ruang Kontrol	50,260	2,224	7,18	2,224	11392,420
Lantai Atap dapat di Akses	1000,830	0,984	4,79	0,984	100389,064
Atap 1	20,400	8,247	-	8,247	17149,725
Atap 2	13,600	16,979	-	16,979	23538,675
Total Massa Beban Gravitasi Lantai 7 (Atap)					152469,884

Tabel 5.42 Rekapitulasi Berat Beban Gravitasi Dak Atap

Nama Ruang	Luas Total (m ²)	Q _{SIDL} (kN/m ²)	Q _{LL} (kN/m ²)	Q _{tot} (kN/m ²)	M (kg)
Dak Atap	107,250	0,984	0,96	0,984	10757,798

5.4. Massa bangunan

Pada subbab 5.3 telah dilakukan perhitungan terhadap komponen massa bangunan. Sebagai rangkuman dari perhitungan tersebut, maka perhitungan massa bangunan pada lantai 2 *Shearwall Tipe-I* dapat dilihat seperti di bawah ini.

Berat balok	= 514043,568 kg
Berat kolom	= 245268,000 kg
Berat pelat lantai 2	= 405213,705 kg
Berat pelat tangga dan bordes	= 9024,797 kg
Berat Sistem Ganda	= 28620,000 kg
Berat dinding	= 145745,111 kg
Berat Beban gravitasi	= 241181,292 kg
Total massa lantai 2	= Berat balok + Berat kolom + berat pelat + Berat pelat tangga dan bordes + Berat sistem ganda + berat beban gravitasi = 245268,000 + 514043,568 + 405213,705 + 405213,705 + 28620,000 + 145745,111 + 241181,292 = 1589096,472 kg

Setelah dilakukan contoh perhitungan rangkuman massa pada lantai 2, perhitungan rangkuman massa untuk tingkat-tingkat lainnya disajikan dalam tabel rekapitulasi seluruh massa bangunan per tingkat yang dapat dilihat pada Tabel 5.43 hingga 5.45 berikut ini.

Tabel 5.43 Massa Bangunan Struktur *Shearwall Tipe I*

Keterangan	Massa (kg)
Lantai 2	1589096,472
Lantai 3	1960649,322
Lantai 4	1902459,921
Lantai 5	1355811,692
Lantai 6	1369912,214
Lantai 7 (Atap)	1084585,194
Lantai 8 (Dak Atap)	117365,198
Total Massa	9379880,013

Tabel 5.44 Massa Bangunan Struktur *Bracing Tipe – X*

Keterangan	Massa (kg)
Lantai 2	1571297,472
Lantai 3	1944504,244
Lantai 4	1880843,464
Lantai 5	1339666,615
Lantai 6	1353767,137
Lantai 7 (Atap)	1068440,117
Lantai 8 (Dak Atap)	117365,198
Total Massa	9275884,248

Tabel 5.45 Massa Bangunan Struktur *Bracing Inverted V*

Keterangan	Massa (kg)
Lantai 2	1568279,568
Lantai 3	1941384,189
Lantai 4	1878049,482
Lantai 5	1336546,560
Lantai 6	1350647,082
Lantai 7 (Atap)	1065320,062
Lantai 8 (Dak Atap)	117365,198
Total Massa	9257592,141

5.5. Kontrol Berat Bangunan

Kontrol berat bangunan ini dilakukan bertujuan untuk memverifikasi massa pemodelan struktur yang dilakukan sesuai dengan kondisinya sebenarnya. Kontrol berat bangunan tersebut akan dihitung menggunakan perbandingan massa total perhitungan manual dan perhitungan *software* ETABS V.22 seperti pada halaman selanjutnya.

1. Perbandingan massa total perhitungan manual dan ETABS V.22

Sebelum melakukan perbandingan perhitungan massa total, perlu dilakukan pemodelan struktur sesuai dengan desain eksisting dalam *software* ETABS dan melakukan pembebanan sesuai dengan perhitungan dan peraturan yang berlaku di Indonesia. Selanjutnya jalankan program untuk mendapatkan massa bangunan dari *software* ETABS V.22, berikut ini adalah hasil massa bangunan yang diperoleh.

Tabel 5.46 Massa Bangunan dari *Software* ETABS V.22 Struktur *Shearwall Tipe-I*

Keterangan	Massa (kg)
Base	150824,430
Lantai 2	1594026,280
Lantai 3	2046070,060
Lantai 4	1821053,600

Lanjutan Tabel 5.46 Massa Bangunan dari Software ETABS V.22
Struktur Shearwall Tipe I

Keterangan	Massa (kg)
Lantai 5	1353236,430
Lantai 6	1359416,820
Lantai 7 (Atap)	1007542,060
Lantai 8 (Dak Atap)	108378,460
Total Massa	9440548,140

Tabel 5.47 Massa Bangunan dari Software ETABS V.22 Struktur Bracing Tipe-X

Keterangan	Massa (kg)
Base	138095,620
Lantai 2	1569598,540
Lantai 3	2019255,490
Lantai 4	1794239,020
Lantai 5	1329838,560
Lantai 6	1335247,330
Lantai 7 (Atap)	995843,130
Lantai 8 (Dak Atap)	108378,46
Total Massa	9290496,150

Tabel 5.48 Massa Bangunan dari Software ETABS V.22 Struktur Bracing
Inverted - V

Keterangan	Massa (kg)
Base	136925,050
Lantai 2	1567217,720
Lantai 3	2016961,550
Lantai 4	1791945,080
Lantai 5	1327418,090
Lantai 6	1332826,850
Lantai 7 (Atap)	994632,890
Lantai 8 (Dak Atap)	108378,46
Total Massa	9276305,690

Berdasarkan hasil perhitungan dari *software* ETABS V.22 didapatkan berat massa bangunan struktur *shearwall* tipe – I sebesar 9440548,140 kg, struktur *bracing tipe X* sebesar 9290496,150 kg dan struktur *bracing inverted V* sebesar 9276305,690 kg. Selanjutnya hasil perhitungan massa bangunan dari ETABS V.22 akan dibandingkan dengan perhitungan manual yang telah dihitung sebelumnya, perbandingan tersebut dapat dilihat di bawah ini.

Massa Manual (MS) = 9379880,013 kg

Massa ETABS (ME) = 9440548,140 kg

Rasio Massa = $(ME - MS) / MS$
 $= (9440548,140 \text{ Kg} - 9379880,013 \text{ kg}) /$
 $9379880,013 \text{ kg}$
 $= 0,647\%$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas didapatkan hasil sebesar 0,647% < 5%, maka pemodelan sudah benar. Rekapitulasi perbandingan massa bangunan dari ketiga struktur yang dianalisis, dapat dilihat pada Tabel 5.49 sebagai berikut.

Tabel 5.49 Perbandingan Massa Bangunan

Jenis Struktur	Massa Manual (kg)	Massa ETABS (kg)	Presentase perbandingan (%)
<i>Shearwall Tipe-I</i>	9379880,013	9440548,140	0,647
<i>Bracing Tipe-X</i>	9275884,248	9290496,150	0,158
<i>Bracing Inverted-V</i>	9257592,141	9276305,690	0,202

Hasil perbandingan massa bangunan manual dengan hasil perhitungan massa ETABS V.22 memiliki selisih 0,647%, 0,158% dan 0,202%. Berdasarkan kaidah umum perencanaan dan pemodelan struktur bangunan jika kurang dari 5% perbandingan antara massa manual dengan massa ETABS maka pemodelan sudah sesuai dengan desain yang ada.

2. Perbandingan berat seismik efektif beban penyimpanan

Berdasarkan landasan teori subsub bab 3.9.4, berat seismik efektif struktur, W , harus menyertakan seluruh beban mati dan beban lainnya. Pada kasus ini pengecekan berat seismik efektif menngacu poin 1 pada pasal tersebut, yaitu menyertakan minimal 25% beban hidup lantai. Namun, terdapat pengecualian jika beban penyimpanan tidak lebih dari 5% terhadap berat seismik efektif pada tingkat tersebut, beban tidak perlu dimasukkan. Perhitungan perbandingan ruang penyimpanan dengan berat seismik efektif pada suatu tingkat dapat dilihat pada halaman selanjutnya.

$$\begin{aligned}\text{Beban Gudang} &= 12189,260 \text{ kg} \\ \text{Beban Tingkat} &= 2046070,060 \text{ kg} \\ \text{Perbandingan beban} &= (\text{beban gudang} / \text{beban tingkat}) \times 100 \\ &= (12189,260 / 2046070,060) \times 100 \\ &= 0,61\%\end{aligned}$$

Hasil perbandingan berat seismik efektif dengan ruang penyimpanan di atas menunjukkan bahwa perbandingan kurang dari 5% terhadap beban tingkat, sehingga pada penelitian ini beban hidup 25% tidak disertakan.

5.6. Analisis Respon Spektrum

Analisis respon spektrum suatu metode untuk menentukan respon dinamik struktur yang diakibatkan oleh beban gempa berdasarkan respon spektrum rencana. Metode ini akan menghasilkan parameter-parameter seperti berikut.

5.6.1 Periode Struktur

1. Penentuan nilai faktor koefisien modifikasi respons (R), faktor kuat lebih sistem (Ω_0) dan nilai faktor pembesaran defleksi (C_d)

Untuk menentukan nilai faktor R , Ω_0 dan C_d untuk menentukan pemikul gaya seismik harus berdasarkan pada Tabel 3.8 pada bab landasan teori.

a. Struktur *Shearwall tipe I*

- 1) Faktor koefisien modifikasi respons (R) = 7
- 2) Faktor kuat lebih sistem (Ω_0) = 2,5

- 3) Faktor pembesaran defleksi (C_d) = 5,5
- b. Struktur *bracing tipe X*
 - 1) Faktor koefisien modifikasi respons (R) = 6
 - 2) Faktor kuat lebih sistem (Ω_0) = 2,5
 - 3) Faktor pembesaran defleksi (C_d) = 5
- c. Struktur *bracing Inverted-V*
 - 1) Faktor koefisien modifikasi respons (R) = 6
 - 2) Faktor kuat lebih sistem (Ω_0) = 2,5
 - 3) Faktor pembesaran defleksi (C_d) = 5

Meskipun pada penelitian ini arah sumbu X merupakan Sistem Struktur Pemikul Momen Khusus (SPRMK) nilai koefisien modifikasi respons (R) diambil sebesar 7 untuk struktur dengan dinding geser dan diambil 6 untuk struktur dengan bracing baja.

2. Perhitungan periode struktur

Penentuan Periode fundamental struktur, T , tidak boleh melebihi hasil perkalian koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung, di mana C_u didapatkan dari Tabel 3.10 pada bab landasan teori. Sedangkan Periode fundamental pendekatan, T_a , ditentukan sesuai dengan persamaan 2.36 pada bab landasan teori, maka perhitungan periode fundamental pendekatan dapat dilihat sebagai berikut.

- a. Berdasarkan nilai S_{D1} didapatkan koefisien C_u sebesar 1,4
- b. Penentuan nilai parameter periode pendekatan C_t dan x berdasarkan Tabel 3.9 pada bab landasan teori, didapatkan nilai C_t dan x sebagai berikut.
 - 1) Struktur *shearwall tipe I*
 - a) C_t = 0,0488
 - b) x = 0,75
 - 2) Struktur *bracing tipe X*
 - a) C_t = 0,0488
 - b) x = 0,75

3) Struktur *bracing inverted-V*

a) $C_t = 0,0488$

b) $x = 0,75$

c. Melakukan perhitungan periode fundamental pendekatan (T_a)1) Struktur *shearwall tipe I*

$$\begin{aligned}
 T_a &= C_t h_n^x \\
 &= 0,0488 \times 29,7^{0,75} \\
 &= 0,6209 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

2) Struktur *bracing tipe X*

$$\begin{aligned}
 T_a &= C_t h_n^x \\
 &= 0,0488 \times 29,7^{0,75} \\
 &= 0,6209 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

3) Struktur *bracing inverted-V*

$$\begin{aligned}
 T_a &= C_t h_n^x \\
 &= 0,0488 \times 29,7^{0,75} \\
 &= 0,6209 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

b. Melakukan perhitungan periode maksimum (T_{maks})1) Struktur *shearwall tipe I*

$$\begin{aligned}
 T_{maks} &= C_u T_a \\
 &= 1,4 \times 0,6209 \\
 &= 0,8692 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

2) Struktur *bracing tipe X*

$$\begin{aligned}
 T_{maks} &= C_u T_a \\
 &= 1,4 \times 0,6209 \\
 &= 0,8692 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

3) Struktur *bracing inverted-V*

$$\begin{aligned}
 T_{maks} &= C_u T_a \\
 &= 1,4 \times 0,6209 \\
 &= 0,8692 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

c. Hasil periode T_{computer}

1) Struktur *shearwall tipe I*

$$T_{\text{computer arah x}} = 1,3750 \text{ detik}$$

$$T_{\text{computer arah y}} = 0,7970 \text{ detik}$$

2) Struktur *bracing tipe X*

$$T_{\text{computer arah x}} = 1,3850 \text{ detik}$$

$$T_{\text{computer arah y}} = 0,9510 \text{ detik}$$

3) Struktur *bracing Inverted-V*

$$T_{\text{computer arah x}} = 1,3820 \text{ detik}$$

$$T_{\text{computer arah y}} = 0,9490 \text{ detik}$$

d. Menentukan Periode Pakai (T_{pakai})

Dalam menentukan periode yang dipakai harus berdasarkan persyaratan berikut ini.

1) $T_{\text{computer}} < T_a$, maka $T_{\text{pakai}} = T_c$

2) $T_a < T_{\text{computer}} < C_u \times T_a$ (T_{maks}), maka $T_{\text{pakai}} = T_c$

3) $T_c > C_u \times T_a$, maka $T_{\text{pakai}} = C_u \times T_a$

Berdasarkan hasil penentuan periode pakai mengacu pada persyaratan di halaman sebelumnya, maka didapatkan periode pakai sebagai berikut

1) Struktur *shearwall tipe I*

$$T_{\text{pakai arah x}} = 0,8692 \text{ detik}$$

$$T_{\text{pakai arah y}} = 0,7970 \text{ detik}$$

2) Struktur *bracing tipe X*

$$T_{\text{pakai arah x}} = 0,8692 \text{ detik}$$

$$T_{\text{pakai arah y}} = 0,8692 \text{ detik}$$

3) Struktur *bracing inverted-V*

$$T_{\text{pakai arah x}} = 0,8692 \text{ detik}$$

$$T_{\text{pakai arah y}} = 0,8692 \text{ detik}$$

5.6.2 Koefisien Respon Seismik

Perhitungan koefisien respon seismik (C_s) harus menggunakan persamaan 2.31 hingga persamaan 2.33 yang ada pada bab landasan teori seperti berikut.

1. Perhitungan koefisien respon seismik

a. Struktur *shearwall tipe I*

$$\begin{aligned} C_s &= \frac{SDS}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= \frac{0,643}{\left(\frac{7}{1,5}\right)} \\ &= 0,138 \end{aligned}$$

b. Struktur *bracing tipe X*

$$\begin{aligned} C_s &= \frac{SDS}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= \frac{0,643}{\left(\frac{6}{1,5}\right)} \\ &= 0,161 \end{aligned}$$

c. Struktur *bracing inverted V*

$$\begin{aligned} C_s &= \frac{SDS}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= \frac{0,643}{\left(\frac{6}{1,5}\right)} \\ &= 0,161 \end{aligned}$$

2. Perhitungan koefisien respon seismik untuk $T \leq T_L$

1) Struktur *shearwall tipe I*

$$\begin{aligned} C_{sx} &= \frac{SD1}{T_x \left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= \frac{0,598}{0,8692 \left(\frac{7}{1,5}\right)} \\ &= 0,148 \\ C_{sy} &= \frac{SD1}{0,8220 \left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= \frac{0,598}{T_y \left(\frac{7}{1,5}\right)} \\ &= 0,156 \end{aligned}$$

2) Struktur *bracing tipe X*

$$\begin{aligned}
 C_{sx} &= \frac{SD1}{Tx \left(\frac{R}{I_e} \right)} \\
 &= \frac{0,598}{0,8692 \left(\frac{6}{1,5} \right)} \\
 &= 0,172
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_{sy} &= \frac{SD1}{Ty \left(\frac{R}{I_e} \right)} \\
 &= \frac{0,598}{0,8692 \left(\frac{6}{1,5} \right)} \\
 &= 0,172
 \end{aligned}$$

3) Struktur *bracing inverted V*

$$\begin{aligned}
 C_{sx} &= \frac{SD1}{Tx \left(\frac{R}{I_e} \right)} \\
 &= \frac{0,598}{0,8692 \left(\frac{6}{1,5} \right)} \\
 &= 0,172
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_{sy} &= \frac{SD1}{Ty \left(\frac{R}{I_e} \right)} \\
 &= \frac{0,598}{0,8692 \left(\frac{6}{1,5} \right)} \\
 &= 0,172
 \end{aligned}$$

3. Perhitungan koefisien respon seismik > 0,01

1) Struktur *shearwall tipe I*

$$\begin{aligned}
 C_s &= 0,044 S_{DS} I_e \\
 &= 0,044 \times 0,6432 \times 1,5 \\
 &= 0,042
 \end{aligned}$$

2) Struktur *bracing tipe X*

$$\begin{aligned}
 C_s &= 0,044 S_{DS} I_e \\
 &= 0,044 \times 0,6432 \times 1,5 \\
 &= 0,042
 \end{aligned}$$

3) Struktur *bracing inverted-V*

$$\begin{aligned}
 C_s &= 0,044 S_{DS} I_e \\
 &= 0,044 \times 0,6432 \times 1,5 \\
 &= 0,042
 \end{aligned}$$

4. Perhitungan koefisien respon seismik $S_1 \geq 0,6g$ penggunaan1) Struktur *shearwall tipe I*

$$\begin{aligned}
 C_s &= \frac{0,5 S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\
 &= \frac{0,5 \times 0,340}{\left(\frac{7}{1,5}\right)} \\
 &= 0,036
 \end{aligned}$$

2) Struktur *bracing tipe X*

$$\begin{aligned}
 C_s &= \frac{0,5 S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\
 &= \frac{0,5 \times 0,340}{\left(\frac{6}{1,5}\right)} \\
 &= 0,043
 \end{aligned}$$

3) Struktur *bracing inverted V*

$$\begin{aligned}
 C_s &= \frac{0,5 S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\
 &= \frac{0,5 \times 0,340}{\left(\frac{6}{1,5}\right)} \\
 &= 0,043
 \end{aligned}$$

5.6.3 *Base Shear*

Base shear merupakan gaya geser total yang terjadi di dasar struktur yang diakibatkan beban gempa. *Base shear* yang terjadi pada ketiga model struktur berdasarkan perhitungan menggunakan persamaan 2.29 pada bab landasan teori dapat dilihat sebagai berikut.

1. Struktur *shearwall tipe I*

$$\begin{aligned}
 V_{X \text{ dan } Y} &= C_s W \\
 &= 0,138 \times 92580,151 \text{ kN} \\
 &= 12759,508 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

2. Struktur *bracing tipe X*

$$\begin{aligned}
 V_{X \text{ dan } Y} &= C_s W \\
 &= 0,161 \times 91108,644 \text{ kN} \\
 &= 14430,412 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

3. Struktur *bracing inverted V*

$$\begin{aligned}
 V_{X \text{ dan } Y} &= C_s W \\
 &= 0,161 \times 90969,483 \text{ kN} \\
 &= 14409,884 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas didapatkan *base shear* statik ekuivalen persamaan 2.29 bab landasan teori pada struktur *shearwall tipe-I* sebesar 12554,508 kN arah X dan Y, kemudian untuk struktur *bracing tipe-X* sebesar 14430,412 kN arah X dan Y. Terakhir untuk struktur *bracing Inverted-V* sebesar 14409,884 kN arah X dan Y. Rekapitulasi hasil perhitungan *base shear* dari persamaan 2.29 dapat dilihat sebagai berikut

Tabel 5.50 *Base Shear Metode Statik Ekuivalen*

Tipe Struktur	Nilai Base Shear Persamaan 2.29 (kN)	
	Arah x	Arah y
<i>Shearwall Tipe-I</i>	12759,432	12759,432
<i>Bracing Tipe-X</i>	14649,399	14649,399
<i>Bracing Inverted-V</i>	14627,023	14627,023

Berdasarkan analisis dari *software* ETABS V.22 didapatkan nilai *base shear* yang terjadi pada ketiga model struktur dalam penelitian ini yang dapat dilihat pada Tabel 5.51 sebagai berikut.

Tabel 5.51 *Base Shear Metode Statik Ekuivalen*

Tipe Struktur	Nilai Base Shear ETABS (kN)	
	Arah x	Arah y
<i>Shearwall Tipe-I</i>	12554,508	12554,508
<i>Bracing Tipe-X</i>	14430,412	14430,412
<i>Bracing Inverted-V</i>	14409,884	14409,884

Berdasarkan hasil *base shear* statik ekuivalen yang didapatkan baik dari persamaan 2.29 dan *software* ETABS V.22 hanya memiliki selisih 1,63%. Maka perhitungan *base shear* yang terjadi sudah benar. Selanjutnya melakukan perhitungan faktor skala awal seperti berikut ini.

1. Faktor Skala awal *Shearwall Tipe I*

$$\begin{aligned}
 g &= 9,80665 \\
 I_e &= 1,5 \\
 R &= 7 \\
 \text{Faktor skala awal} &= g / (R/I_e) \\
 &= 9,80665 / (7/1,5) \\
 &= 2,101 \text{ m/s}^2 \\
 &= 2101,425 \text{ mm/s}^2
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan faktor skala awal di atas didapatkan hasil sebesar 2101,425 mm/s² untuk struktur *shearwall tipe I*. Nilai faktor skala awal untuk struktur lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.52 seperti berikut.

Tabel 5.52 Faktor Skala Awal

Jenis Struktur	Nilai	Satuan
<i>Shearwall Tipe – I</i>	2101,425	mm/s ²
<i>Bracing Tipe – X</i>	2451,663	mm/s ²
<i>Bracing Inverted V</i>	2451,663	mm/s ²

Setelah didapatkan nilai faktor skala awal seperti yang ada pada tabel di atas. Langkah selanjutnya adalah memasukkan nilai faktor skala ke dalam *software* ETABS V.22 sebagai *load case* data dalam analisis respon spektrum seperti yang dapat dilihat pada Gambar 5.5 hingga 5.10 seperti yang dapat sebagai berikut.

Load Case Data

General

Load Case Name: **Ex RSA** [Design...]
 Load Case Type: Response Spectrum [Notes...]
 Mass Source: Previous (MsSrc1)
 Analysis Model: Default

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	RSA Rengasdengk... 2101.43	

[Add] [Delete] [Advanced]

Other Parameters

Modal Load Case: Modal
 Modal Combination Method: CQC
☐ Include Rigid Response
 Rigid Frequency, f1:
 Rigid Frequency, f2:
 Periodic + Rigid Type:
 Earthquake Duration, td:
 Directional Combination Type: SRSS
 Absolute Directional Combination Scale Factor:
 Modal Damping: Constant at 0.05 [Modify/Show...]
 Diaphragm Eccentricity: 0.05 for All Diaphragms [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

Gambar 5.5 Input Faktor Skala awal Struktur *Shearwall Tipe I* Arah X

Load Case Data

General

Load Case Name: **Ex RSA** [Design...]
 Load Case Type: Response Spectrum [Notes...]
 Mass Source: Previous (MsSrc1)
 Analysis Model: Default

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	RSA Rengasdengk... 2101.43	

[Add] [Delete] [Advanced]

Other Parameters

Modal Load Case: Modal
 Modal Combination Method: CQC
☐ Include Rigid Response
 Rigid Frequency, f1:
 Rigid Frequency, f2:
 Periodic + Rigid Type:
 Earthquake Duration, td:
 Directional Combination Type: SRSS
 Absolute Directional Combination Scale Factor:
 Modal Damping: Constant at 0.05 [Modify/Show...]
 Diaphragm Eccentricity: 0.05 for All Diaphragms [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

Gambar 5.6 Input Faktor Skala awal Struktur *Shearwall Tipe I* Arah Y

Load Case Data

General

Load Case Name: Ex RSA Design...

Load Case Type: Response Spectrum Notes...

Mass Source: Previous (MsSrc1)

Analysis Model: Default

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	RSA Rengasdengkli...	2451.66

Add Delete Advanced

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

☐ Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1:

Rigid Frequency, f2:

Periodic + Rigid Type:

Earthquake Duration, td:

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor:

Modal Damping: Constant at 0.05 Modify/Show...

Diaphragm Eccentricity: 0.05 for All Diaphragms Modify/Show...

OK Cancel

Gambar 5.7 Input Faktor Skala awal Struktur *Bracing Tipe X* Arah X

Load Case Data

General

Load Case Name: Ex RSA Design...

Load Case Type: Response Spectrum Notes...

Mass Source: Previous (MsSrc1)

Analysis Model: Default

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	RSA Rengasdengkli...	2451.66

Add Delete Advanced

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

☐ Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1:

Rigid Frequency, f2:

Periodic + Rigid Type:

Earthquake Duration, td:

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor:

Modal Damping: Constant at 0.05 Modify/Show...

Diaphragm Eccentricity: 0.05 for All Diaphragms Modify/Show...

OK Cancel

Gambar 5.8 Input Faktor Skala awal Struktur *Bracing Tipe X* arah Y

Load Case Data

General

Load Case Name: **Ex RSA** [Design...]
 Load Case Type: **Response Spectrum** [Notes...]
 Mass Source: **Previous (MsSrc1)**
 Analysis Model: **Default**

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	RSA Rengasdengk...	2451.66

[Add] [Delete] [Advanced]

Other Parameters

Modal Load Case: **Modal**
 Modal Combination Method: **CQC**
☐ Include Rigid Response
 Rigid Frequency, f1: []
 Rigid Frequency, f2: []
 Periodic + Rigid Type: []
 Earthquake Duration, td: []
 Directional Combination Type: **SRSS**
 Absolute Directional Combination Scale Factor: []
 Modal Damping: **Constant at 0.05** [Modify/Show...]
 Diaphragm Eccentricity: **0.05 for All Diaphragms** [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

Gambar 5.9 Input Faktor Skala awal Struktur *Bracing Inverted V* Arah X

Load Case Data

General

Load Case Name: **Ey RSA** [Design...]
 Load Case Type: **Response Spectrum** [Notes...]
 Mass Source: **Previous (MsSrc1)**
 Analysis Model: **Default**

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	RSA Rengasdengk...	2451.66

[Add] [Delete] [Advanced]

Other Parameters

Modal Load Case: **Modal**
 Modal Combination Method: **CQC**
☒ Include Rigid Response
 Rigid Frequency, f1: **1** cyc/sec
 Rigid Frequency, f2: **0** cyc/sec
 Periodic + Rigid Type: **SRSS**
 Earthquake Duration, td: []
 Directional Combination Type: **SRSS**
 Absolute Directional Combination Scale Factor: []
 Modal Damping: **Constant at 0.05** [Modify/Show...]
 Diaphragm Eccentricity: **0.05 for All Diaphragms** [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

Gambar 5.10 Input Faktor Skala awal Struktur *Bracing Inverted V* arah Y

Setelah dimasukkan faktor skala awal didapatkan nilai *base shear* respon spektrum dari *output* ETABS V.22 dengan menggunakan faktor skala awal yang dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 5.53 Base Shear Metode Respon Spektrum Unscaled

Tipe Struktur	Nilai Base Shear (kN)	
	Arah x	Arah y
<i>Shearwall Tipe-I</i>	6906,927	9197,044
<i>Bracing Tipe-X</i>	7932,896	10747,013
<i>Bracing Inverted-V</i>	7938,085	10813,116

Setelah didapatkannya hasil *base shear* yang terjadi dengan menggunakan metode respon spektrum dari faktor skala awal. Selanjutnya perlu dilakukannya pengecekan penskalaan gaya untuk mengetahui apakah perlu dilakukan penskalaan gaya atau tidak. Adapun perhitungan pengecekan penskalaan gaya dapat dilihat sebagai berikut.

1. Penskalaan Gaya

Berdasarkan bab landasan teori gaya geser seismik pada poin 2 gaya geser ragam yang menjelaskan mengenai penskalaan gaya, apabila kombinasi respon untuk gaya geser (*base shear*) dasar hasil analisis ragam (V_t) kurang dari 100% dari gaya geser (*base shear*) yang dihitung melalui statik ekuivalen (V), maka gaya tersebut harus dikalikan dengan V/V_t . Perhitungan presentase perbandingan gaya geser ragam dengan gaya geser statik dapat dilihat sebagai berikut.

Gaya geser ragam arah x (V_{tx}) = 6905,927 kN

Gaya geser Statik arah x (V_x) = 12759,43 kN

Presentase

$$= (V_{tx} / V_x) \times 100$$

$$= (6905,927 \text{ kN} / 12759,43 \text{ kN}) \times 100$$

$$= 54\% \text{ (perlu penskalaan gaya)}$$

Hasil perhitungan di atas menunjukkan hasil sebesar 54% sehingga perlu penskalaan gaya. Rekapitulasi presentase perbandingan gaya geser ragam dengan gaya geser statik dapat dilihat pada Tabel 5.54.

Tabel 5.54 Rekapitulasi Presentase Perbandingan Gaya Geser Ragam dengan Gaya Geser Statik

Tipe Struktur	Gaya Geser Ragam		Gaya Geser Statik		Presentase	
	Arah x	Arah y	Arah x	Arah y	Arah x	Arah y
<i>Shearwall Tipe-I</i>	6906,927	9197,044	12759,43	12759,43	54%	72%
<i>Bracing Tipe-X</i>	7932,896	10747,013	14649,40	14649,40	54%	73%
<i>Bracing Inverted-V</i>	7938,085	10813,116	14627,02	14627,02	54%	74%

Berdasarkan hasil perbandingan gaya geser ragam dan gaya geser statik, maka dalam analisis ini terjadi penskalaan gaya dikarenakan presentase gaya geser ragam kurang dari 100% gaya geser statik. Perhitungan penskalaan gaya dapat dilihat sebagai berikut.

a) Perhitungan Penskalaan Gaya

$$\begin{aligned}
 \text{Penskalaan gaya gempa arah x} &= V / V_t \\
 &= 12759,43 / 6906,927 \\
 &= 1,847
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Penskalaan gaya gempa arah y} &= V / V_t \\
 &= 12759,43 / 9197,044 \\
 &= 1,387
 \end{aligned}$$

b) Faktor Skala Baru

$$\begin{aligned}
 \text{Faktor skala baru arah x} &= \text{Penskalaan gaya gempa arah X} \times \\
 &\quad \text{Faktor skala awal} \\
 &= 1,847 \times ((\text{gravitasi} / (\text{Koefisien} \\
 &\quad \text{modifikasi respon} / \text{Faktor} \\
 &\quad \text{keutamaan gempa})) \times 100) \\
 &= 1,847 \times ((9,81 / (7/1,5)) \times 1000) \\
 &= 3882,0431 \text{ mm/s}^2
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan penskalaan gaya didapatkan skala baru sebesar 1,847 pada arah X dan 1,387 pada arah Y, kemudian dari perhitungan

faktor skala baru didapatkan nilai sebesar 3882,0431 mm/s². Rekapitulasi penskalaan gaya gempa dan faktor skala baru dapat dilihat pada tabel 5.55 dan Tabel 5.56 sebagai berikut.

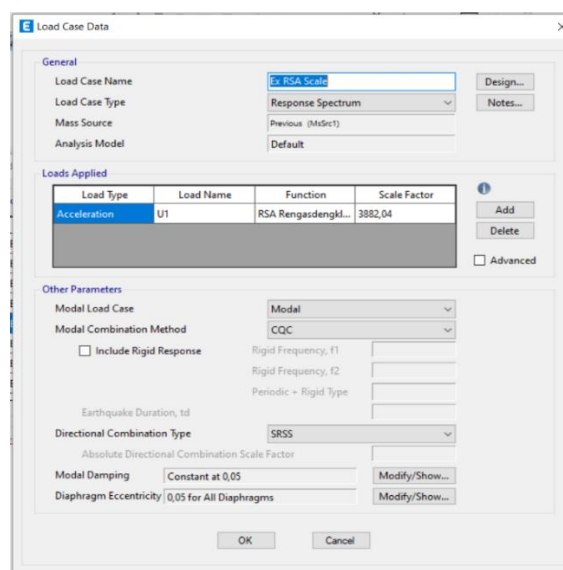
Tabel 5.55 Rekapitulasi Penskalaan Gaya Gempa

Tipe Struktur	Penskalaan Gaya Gempa	
	Arah x	Arah y
<i>Shearwall Tipe-I</i>	1,847	1,387
<i>Bracing Tipe-X</i>	1,847	1,363
<i>Bracing Inverted-V</i>	1,843	1,353

Tabel 5.56 Rekapitulasi Faktor Skala Baru

Tipe Struktur	Faktor Skala Baru (mm/s ²)	
	Arah x	Arah y
<i>Shearwall Tipe-I</i>	3882,0430	2915,3919
<i>Bracing Tipe-X</i>	4527,3988	3341,8943
<i>Bracing Inverted-V</i>	4517,5282	3316,3913

Berdasarkan perhitungan penskalaan sebelumnya, perlu dilakukan pembaruan faktor skala gempa pada *software* ETABS V.22 untuk mendapatkan nilai *base shear* baru. Pembaruan faktor skala gempa dapat dilihat pada Gambar 5.13 hingga 5.18, dan nilai *base shear* setelah penskalaan dapat dilihat pada Tabel 5.57.



Gambar 5.11 Input Faktor Skala Baru Struktur *Shearwall Tipe I* Arah X

The 'Load Case Data' dialog box is shown with the 'General' tab selected. The 'Load Case Name' is 'By RSA Scale'. The 'Load Case Type' is 'Response Spectrum'. The 'Mass Source' is 'Previous (MsSrc1)' and the 'Analysis Model' is 'Default'. The 'Loads Applied' table has one entry: Acceleration, U2, RSA Rengasdengk..., 2915,39. The 'Other Parameters' section shows 'Modal Load Case' as 'Modal', 'Modal Combination Method' as 'CQC', 'Include Rigid Response' is unchecked, 'Rigid Frequency, f1' and 'f2' are empty, 'Periodic + Rigid Type' is empty, 'Earthquake Duration, td' is empty, 'Directional Combination Type' is 'SRSS', 'Absolute Directional Combination Scale Factor' is empty, 'Modal Damping' is 'Constant at 0,05', and 'Diaphragm Eccentricity' is '0,05 for All Diaphragms'.

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	RSA Rengasdengk...	2915,39

Gambar 5.12 Input Faktor Skala Baru Struktur *Shearwall Tipe I* Arah Y

The 'Load Case Data' dialog box is shown with the 'General' tab selected. The 'Load Case Name' is 'Ex RSA Scale'. The 'Load Case Type' is 'Response Spectrum'. The 'Mass Source' is 'Previous (MsSrc1)' and the 'Analysis Model' is 'Default'. The 'Loads Applied' table has one entry: Acceleration, U1, RSA Rengasdengk..., 4527,4. The 'Other Parameters' section shows 'Modal Load Case' as 'Modal', 'Modal Combination Method' as 'CQC', 'Include Rigid Response' is unchecked, 'Rigid Frequency, f1' and 'f2' are empty, 'Periodic + Rigid Type' is empty, 'Earthquake Duration, td' is empty, 'Directional Combination Type' is 'SRSS', 'Absolute Directional Combination Scale Factor' is empty, 'Modal Damping' is 'Constant at 0,05', and 'Diaphragm Eccentricity' is '0,05 for All Diaphragms'.

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	RSA Rengasdengk...	4527,4

Gambar 5.13 Input Faktor Skala Baru Struktur *Bracing Tipe X* Arah X

Load Case Data

General

Load Case Name: Ex RSA Scale

Load Case Type: Response Spectrum

Mass Source: Previous (MsSrc1)

Analysis Model: Default

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	RSA Rengasdengk...	3341,9

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

☐ Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1:

Rigid Frequency, f2:

Periodic + Rigid Type:

Earthquake Duration, td:

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor:

Modal Damping: Constant at 0,05

Diaphragm Eccentricity: 0,05 for All Diaphragms

OK Cancel

Gambar 5.14 Input Faktor Skala Baru Struktur *Bracing Tipe X* Arah Y

Load Case Data

General

Load Case Name: Ex RSA Scale

Load Case Type: Response Spectrum

Mass Source: Previous (MsSrc1)

Analysis Model: Default

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	RSA Rengasdengk...	4517,53

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

☐ Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1:

Rigid Frequency, f2:

Periodic + Rigid Type:

Earthquake Duration, td:

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor:

Modal Damping: Constant at 0,05

Diaphragm Eccentricity: 0,05 for All Diaphragms

OK Cancel

Gambar 5.15 Input Faktor Skala Baru Struktur *Bracing Inverted V* Arah X

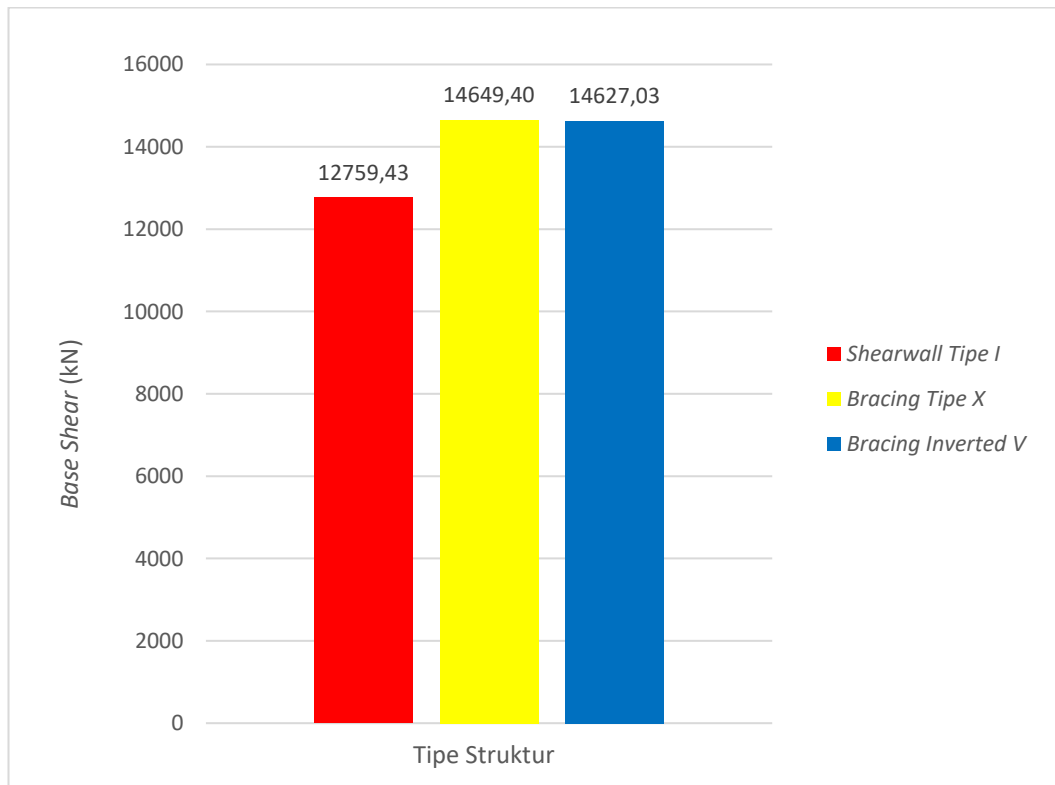
Gambar 5.16 Input Faktor Skala Baru Struktur *Bracing Inverted V* Arah Y

Setelah dilakukan *input* faktor skala baru seperti pada gambar di atas, didapatkan nilai *base shear* berdasarkan analisis *software* ETABS V.22 dengan metode analisis respon spektrum dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

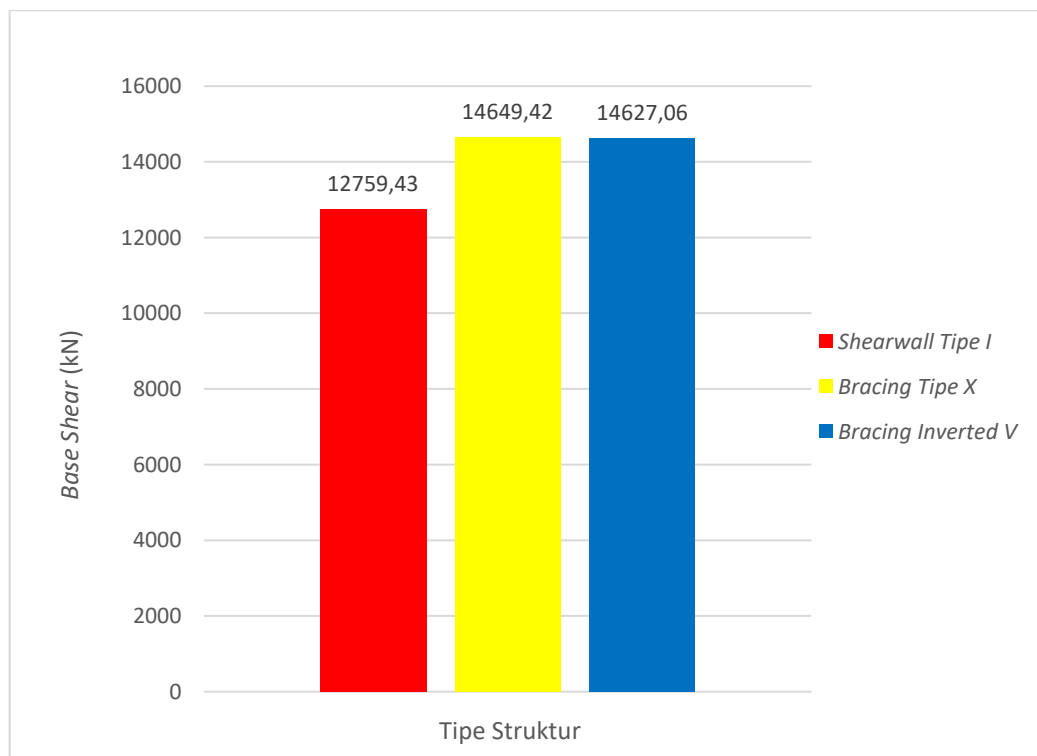
Tabel 5.57 *Base Shear* Metode Respon Spektrum *Scaled*

Tipe Struktur	Nilai <i>Base Shear</i> (kN)	
	Arah x	Arah y
<i>Shearwall Tipe-I</i>	12759,43	12759,43
<i>Bracing Tipe-X</i>	14649,40	14649,40
<i>Bracing Inverted-V</i>	14627,03	14627,03

Berdasarkan Tabel 5.53 mengenai hasil *base shear* dengan analisis metode respon spektrum didapatkan *histogram* perbandingan nilai *base shear* yang terjadi seperti yang disajikan pada Gambar 5.11 dan Gambar 5.12 sebagai berikut.



Gambar 5.17 Base Shear Respon Spektrum Arah X



Gambar 5.18 Base Shear Respon Spektrum Arah Y

Berdasarkan hasil analisis respon spektrum pada *software* ETABS V.22 diketahui nilai *Base shear* maksimum terbesar terjadi pada struktur *bracing tipe X* dengan nilai *base shear* sebesar 14649,40 kN arah X dan 14649,42 kN arah Y, kemudian terjadi pada struktur *bracing inverted V* dengan nilai *base shear* sebesar 14627,03 kN arah X dan 14627,06 kN arah Y. Terakhir nilai maksimum terkecil terjadi pada struktur *shearwall tipe I* dengan nilai sebesar 12759,43 kN arah X dan arah Y. Hasil tersebut berarti sudah memenuhi pernyataan SNI 1726-2019 pasal 7.9.1.4. bahwa *base shear* ragam tidak boleh kurang dari 100% *base shear* statik. Nilai *base shear* yang terjadi dalam penelitian ini juga selaras dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Rahman (2021), Rathod dan Shah (2022) dan Laissy (2022) yang menunjukkan bahwa hasil nilai *base shear* terbesar dihasilkan oleh struktur *bracing* dibandingkan struktur *shearwall*. Faktor yang mempengaruhi perbedaan nilai *base shear* pada ketiga model struktur dalam penelitian adalah terdapatnya perbedaan nilai koefisien modifikasi respons (R). Perbedaan nilai koefisien modifikasi respons (R) akan mempengaruhi hasil perhitungan nilai koefisien respons seismik (C_s), di mana nilai koefisien respon seismik (C_s) akan mempengaruhi perhitungan *base shear* statik dikarenakan *base shear* statik dihitung berdasarkan nilai koefisien respon seismik (C_s) dikali dengan berat bangunan (W). Selain itu, perbedaan nilai koefisien modifikasi respons (R) akan mempengaruhi nilai kuantitas (R/I_e) yang merupakan faktor skala awal dalam metode respon spektrum, nilai kuantitas yang besar akan menghasilkan nilai *base shear* yang besar. Meskipun begitu, umumnya penelitian yang menggunakan metode respon spektrum cenderung akan mengalami penskalaan gaya, sehingga nilai *base shear* respon spektrum yang terjadi cenderung di pengaruhi oleh *base shear* statik ekuivalen, Maka penskalaan gaya pada metode respon spektrum harus menggunakan nilai dari pembagian antara nilai *base shear* statik dengan *base shear* respon spektrum awal, sehingga nilai *base shear* respon spektrum yang sudah di skalakan akan menjadi satu kalinya *base shear* statik.

5.6.4 Distribusi Vertikal dan Horizontal Gaya Seismik

Distribusi gaya seismik merupakan pembagian gaya seismik yang terjadi pada suatu struktur, di mana gaya seismik tersebut di distribusikan pada setiap lantai berdasarkan arah gaya seismik yang terjadi. Distribusi gaya seismik sendiri bertujuan untuk mengukur besaran gaya lateral yang terjadi pada setiap lantai atau masing-masing tingkat pada suatu struktur bangunan. Perhitungan distribusi vertikal dan horizontal gaya seismik akan dihitung berdasarkan persamaan 2.36 dan persamaan 2.37 pada bab landasan teori yang dapat dilihat sebagai berikut.

$$F = C_{vx} \cdot V$$

$$C_{vx} V = \frac{W_x h_x^k}{\sum W_i h_i^k}$$

Sebelum melakukan perhitungan menggunakan rumus-rumus di atas perlu dilakukannya perhitungan nilai eksponen (k), yang berdasarkan pada periode yang dipakai pada masing-masing struktur. Berikut adalah perhitungan nilai eksponen (k) pada struktur *shearwall tipe I*.

$$\begin{aligned} T_{\text{pakai arah x}} &= 0,8692 \\ T_{\text{pakai arah y}} &= 0,7970 \\ k &= 0,75 + 0,5T_{\text{pakai}} \\ k_x &= 0,75 + 0,5T_{\text{pakai}} \\ &= 0,75 + 0,5 \times 0,8692 \\ &= 1,1846 \\ k_y &= 0,75 + 0,5T_{\text{pakai}} \\ &= 0,75 + 0,5 \times 0,7970 \\ &= 1,1485 \end{aligned}$$

Setelah didapatkannya nilai eksponen (k) seperti pada perhitungan di atas, selanjutnya dilakukan contoh perhitungan distribusi vertikal dan horizontal gaya seismic pada lantai dak atap sebagai berikut.

$$\begin{aligned} W &= 108378,460 \text{ kg} \\ &= 1062,830 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
h_i &= 29,7 \text{ m} \\
h_i^k &= h_i^k \\
&= 29,7^{1,1846} \\
&= 55,542 \\
W_i h_i^k &= W_i h_i^k \\
&= 1058,2160 \times 55,542 \\
&= 59031,562 \\
\sum W_i h_i^k &= 2232376,764 \\
C_{vi} &= \frac{W_i h_i^k}{\sum W_i h_i^k} \\
&= \frac{59031,562}{2232376,764} \\
&= 0,026 \\
V_x \text{ manual} &= 12759,432 \text{ kN} \\
F_i &= C_{vi} \times V_x \\
&= 0,026 \times 12759,432 \text{ kN} \\
&= 337,402 \text{ kN} \\
V_i &= F_i \\
&= 337,402 \text{ kN}
\end{aligned}$$

Perhitungan pada lantai base - lantai atap dan perhitungan pada arah sumbu y sama seperti contoh perhitungan di atas. Rekapitulasi distribusi vertikal dan horizontal gaya seismik pada ketiga struktur dan masing-masing arah sumbu dapat dilihat pada Tabel 5.58 sampai Tabel 5.63.

Tabel 5.58 Rekapitulasi Distribusi Vertikal dan Horizontal Gaya Seismik Struktur
Shearwall Tipe I Arah Sumbu X

Lantai	W _i (kg)	W _i (kN)	h _i (m)	h _i ^k	W _i h _i ^k	C _{vi}	F _i (kN)	V _i (kN)
Dak Atap	108378,460	1062,830	29,700	55,542	59031,562	0,026	337,402	337,402
7	1007542,060	9880,612	26,500	48,526	479462,318	0,215	2740,427	3077,830
6	1359416,820	13331,325	22,300	39,554	527313,819	0,236	3013,929	6091,759
5	1353236,430	13270,716	18,100	30,892	409953,599	0,184	2343,142	8434,900
4	1821053,600	17858,435	13,900	22,595	403509,314	0,181	2306,308	10741,209

**Lanjutan Tabel 5.58 Rekapitulasi Distribusi Vertikal dan Horizontal Gaya
Seismik Struktur *Shearwall Tipe I* Arah Sumbu X**

Lantai	W _i (kg)	W _i (kN)	h _i (m)	h _i ^k	W _i h _i ^k	C _{vi}	F _i (kN)	V _i (kN)
3	2046070,060	20065,093	8,700	12,970	260250,415	0,117	1487,494	12228,703
2	1594026,280	15632,058	4,500	5,940	92855,737	0,042	530,729	12759,432
Base	150824,430	1479,082	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	12759,432
Σ	9440548,140	92580,151	-	-	2232376,764	-	12759,432	-

**Tabel 5.59 Rekapitulasi Distribusi Vertikal dan Horizontal Gaya Seismik Struktur
Shearwall Tipe I Arah Sumbu Y**

Lantai	W _i (kg)	W _i (kN)	h _i (m)	h _i ^k	W _i h _i ^k	C _{vi}	F _i (kN)	V _i (kN)
Dak Atap	108378,460	1062,830	29,700	49,143	52230,530	0,026	330,822	330,822
7	1007542,060	9880,612	26,500	43,112	425972,680	0,211	2698,061	3028,883
6	1359416,820	13331,325	22,300	35,361	471412,886	0,234	2985,874	6014,757
5	1353236,430	13270,716	18,100	27,826	369265,046	0,183	2338,881	8353,638
4	1821053,600	17858,435	13,900	20,547	366940,715	0,182	2324,159	10677,797
3	2046070,060	20065,093	8,700	11,996	240701,634	0,119	1524,576	12202,373
2	1594026,280	15632,058	4,500	5,626	87948,963	0,044	557,058	12759,432
Base	150824,430	1479,082	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	12759,432
Σ	9440548,140	92580,151	-	-	2014472,454	-	12759,432	-

**Tabel 5.60 Rekapitulasi Distribusi Vertikal dan Horizontal Gaya Seismik Struktur
Bracing Tipe X Arah Sumbu X**

Lantai	W _i (kg)	W _i (kN)	h _i (m)	h _i ^k	W _i h _i ^k	C _{vi}	F _i (kN)	V _i (kN)
Dak Atap	108378,460	1062,830	29,700	55,542	59031,562	0,027	393,157	393,157
7	995843,130	9765,885	26,500	48,526	473895,110	0,215	3156,197	3549,354
6	1335247,330	13094,303	22,300	39,554	517938,544	0,257	3766,489	7315,843
5	1329838,560	13041,261	18,100	30,892	402865,377	0,200	2929,668	10245,511
4	1794239,020	17595,474	13,900	22,595	397567,735	0,197	2891,143	13136,655
3	2019255,490	19802,132	8,700	12,970	256839,728	0,127	1867,758	15004,413
2	1569598,540	15392,504	4,500	5,940	91432,764	0,045	664,906	15669,319
Base	138095,620	1354,255	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	15669,319
Σ	9290496,150	91108,644	-	-	2199570,821	-	15669,319	-

Tabel 5.61 Rekapitulasi Distribusi Vertikal dan Horizontal Gaya Seismik Struktur***Bracing Tipe X Arah Sumbu Y***

Lantai	W _i (kg)	W _i (kN)	h _i (m)	h _i ^k	W _i h _i ^k	C _{vi}	F _i (kN)	V _i (kN)
Dak Atap	108378,460	1062,830	29,700	55,542	59031,562	0,027	393,157	393,157
7	995843,130	9765,885	26,500	48,526	473895,110	0,215	3156,197	3549,354
6	1335247,330	13094,303	22,300	39,554	517938,544	0,257	3766,489	7315,843
5	1329838,560	13041,261	18,100	30,892	402865,377	0,200	2929,668	10245,511
4	1794239,020	17595,474	13,900	22,595	397567,735	0,197	2891,143	13136,655
3	2019255,490	19802,132	8,700	12,970	256839,728	0,127	1867,758	15004,413
2	1569598,540	15392,504	4,500	5,940	91432,764	0,045	664,906	15669,319
Base	138095,620	1354,255	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	15669,319
Σ	9290496,150	91108,644	-	-	2199570,821	-	15669,319	-

Tabel 5.62 Rekapitulasi Distribusi Vertikal dan Horizontal Gaya Seismik Struktur***Bracing Inverted V Arah Sumbu X***

Lantai	W _i (kg)	W _i (kN)	h _i (m)	h _i ^k	W _i h _i ^k	C _{vi}	F _i (kN)	V _i (kN)
Dak Atap	108378,460	1062,830	29,700	55,542	59031,562	0,027	392,557	392,557
7	994632,890	9754,017	26,500	48,526	473319,190	0,215	3147,546	3540,103
6	1332826,850	13070,566	22,300	39,554	516999,647	0,257	3753,919	7294,022
5	1327418,090	13017,525	18,100	30,892	402132,112	0,200	2919,869	10213,891
4	1791945,080	17572,978	13,900	22,595	397059,444	0,197	2883,037	13096,927
3	2016961,550	19779,636	8,700	12,970	256547,950	0,127	1862,787	14959,714
2	1567217,720	15369,156	4,500	5,940	91294,076	0,045	662,884	15622,598
1	136925,050	1342,776	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	15622,598
Σ	9276305,690	90969,483	-	-	2196383,980	-	15622,598	-

Tabel 5.63 Rekapitulasi Distribusi Vertikal dan Horizontal Gaya Seismik Struktur***Bracing Inverted V Arah Sumbu Y***

Lantai	W _i (kg)	W _i (kN)	h _i (m)	h _i ^k	W _i h _i ^k	C _{vi}	F _i (kN)	V _i (kN)
Dak Atap	108378,460	1062,830	29,700	55,542	59031,562	0,027	392,557	392,557
7	994632,890	9754,017	26,500	48,526	473319,190	0,215	3147,546	3540,103
6	1332826,850	13070,566	22,300	39,554	516999,647	0,257	3753,919	7294,022
5	1327418,090	13017,525	18,100	30,892	402132,112	0,200	2919,869	10213,891
4	1791945,080	17572,978	13,900	22,595	397059,444	0,197	2883,037	13096,927
3	2016961,550	19779,636	8,700	12,970	256547,950	0,127	1862,787	14959,714
2	1567217,720	15369,156	4,500	5,940	91294,076	0,045	662,884	15622,598
1	136925,050	1342,776	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	15622,598
Σ	9276305,690	90969,483	-	-	2196383,980	-	15622,598	-

5.6.5 Jumlah Ragam

Mengacu pada bab landasan teori bahwa dalam analisis ragam harus mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar 100% dari massa struktur, tetapi terdapat pengecualian bahwa jumlah ragam bisa berubah minimum 90% dari massa aktual. Hasil partisipasi massa ragam dari struktur yang dianalisis pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 5.64 hingga Tabel 5.66 sebagai berikut.

Tabel 5.64 Partisipasi Massa Ragam Struktur *Shearwall Tipe I*

Case	Mode	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY
Modal	1	0,78500	0,00000	0,00000	0,78500	0,00000
Modal	2	0,00000	0,70100	0,00000	0,78500	0,70100
Modal	3	0,00001	0,00400	0,00000	0,78500	0,70490
Modal	4	0,12120	0,00001	0,00000	0,90610	0,70500
Modal	5	0,05040	0,00130	0,00000	0,95660	0,70630
Modal	6	0,00030	0,19870	0,00000	0,95690	0,90500
Modal	7	0,00010	0,00230	0,00000	0,95700	0,90730
Modal	8	0,00001	0,03120	0,00000	0,95700	0,93860
Modal	9	0,01380	0,00020	0,00000	0,97080	0,93870
Modal	10	0,00030	0,00003	0,00000	0,97110	0,93880
Modal	11	0,00140	0,00000	0,00000	0,97250	0,93880
Modal	12	0,00003	0,00850	0,00000	0,97250	0,94730

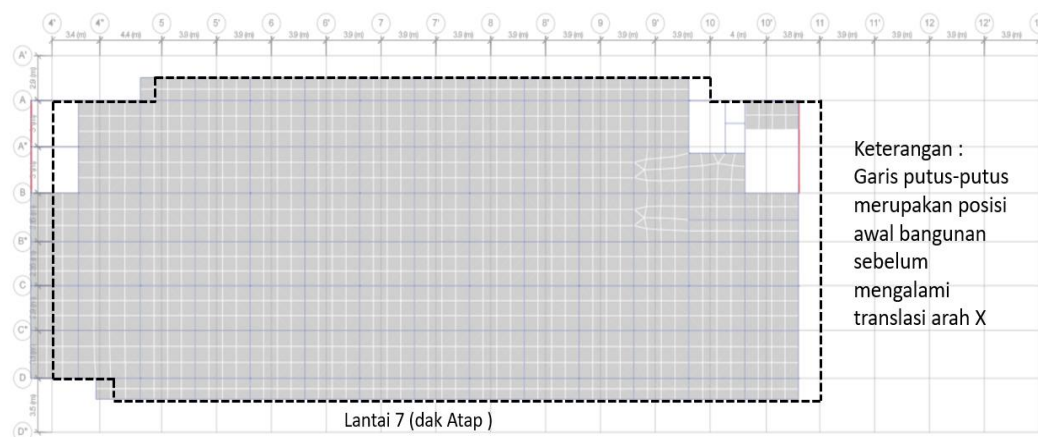
Tabel 5.65 Partisipasi Massa Ragam Struktur *Bracing Tipe-X*

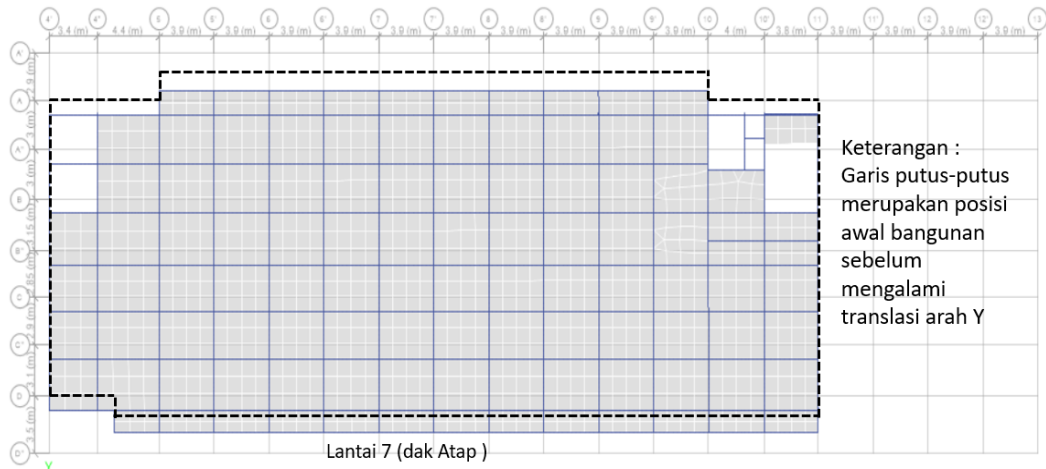
Case	Mode	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY
Modal	1	0,79020	0,00000	0,00000	0,79020	0,00000
Modal	2	0,00000	0,73110	0,00000	0,79020	0,73110
Modal	3	0,00000	0,01230	0,00000	0,79020	0,74340
Modal	4	0,12190	0,00001	0,00000	0,91210	0,74340
Modal	5	0,00001	0,17990	0,00000	0,91210	0,92330
Modal	6	0,05100	0,00003	0,00000	0,96310	0,92330
Modal	7	0,00001	0,00090	0,00000	0,96310	0,92420
Modal	8	0,00002	0,03350	0,00000	0,96310	0,95770
Modal	9	0,01240	0,00000	0,00000	0,97550	0,95770
Modal	10	0,00001	0,00280	0,00000	0,97550	0,96050
Modal	11	0,00040	0,00810	0,00000	0,97600	0,96860
Modal	12	0,00080	0,00510	0,00000	0,97670	0,97370

Tabel 5.66 Partisipasi Massa Ragam Struktur *Bracing Inverted-V*

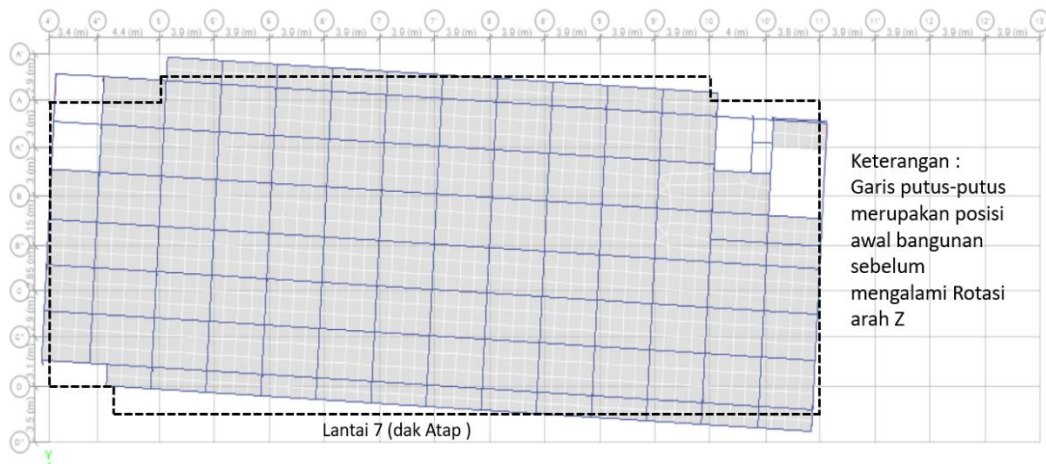
Case	Mode	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY
Modal	1	0,79000	0,00000	0,00000	0,79000	0,00000
Modal	2	0,00000	0,73790	0,00000	0,79000	0,73790
Modal	3	0,00000	0,01610	0,00000	0,79000	0,75400
Modal	4	0,12200	0,00000	0,00000	0,91200	0,75400
Modal	5	0,00000	0,16840	0,00000	0,91200	0,92240
Modal	6	0,00003	0,00110	0,00000	0,91210	0,92350
Modal	7	0,05100	0,00001	0,00000	0,96310	0,92360
Modal	8	0,00001	0,03860	0,00000	0,96310	0,96210
Modal	9	0,01240	0,00000	0,00000	0,97550	0,96210
Modal	10	0,00000	0,00370	0,00000	0,97550	0,96590
Modal	11	0,00010	0,00840	0,00000	0,97560	0,97430
Modal	12	0,00120	0,00080	0,00000	0,97670	0,97510

Berdasarkan hasil tabel-tabel rekapitulasi di atas hasil partisipasi massa pada ketiga model struktur sudah mencapai lebih dari 90% sesuai dengan ketentuan SNI 1726 -2019 pasal 7.9.1.1 yang menyatakan partisipasi ragam terkombinasi paling sedikit harus 90%. Selain itu, jika dilihat berdasarkan hasil gerak struktur mode kesatu ketiga model struktur mengalami translasi arah X, kemudian ditinjau dari mode kedua gerak struktur mengalami translasi arah Y. Terakhir ditinjau dari mode ketiga gerak ketiga struktur mengalami rotasi. Gerak struktur tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.19 hingga Gambar 5.27 sebagai berikut.

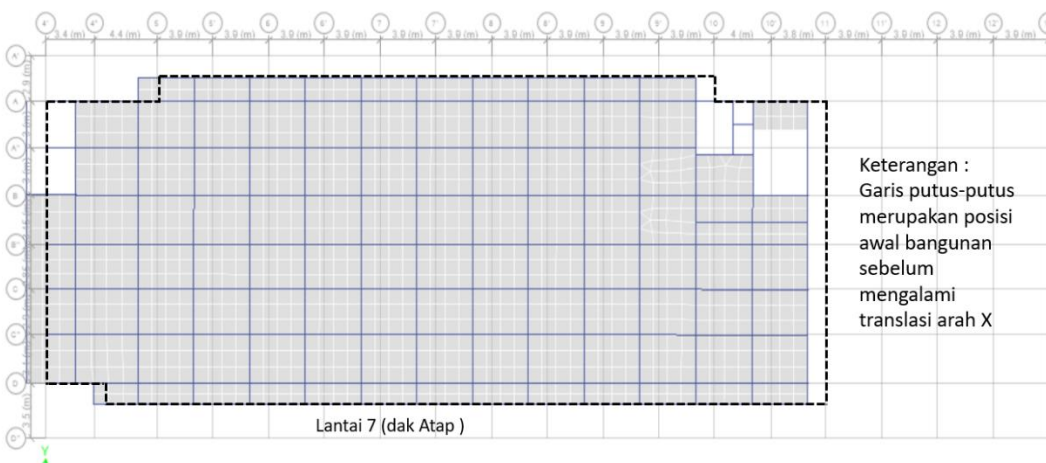
**Gambar 5.19 Mode 1 Struktur Shearwall Tipe-I Translasi Arah X**



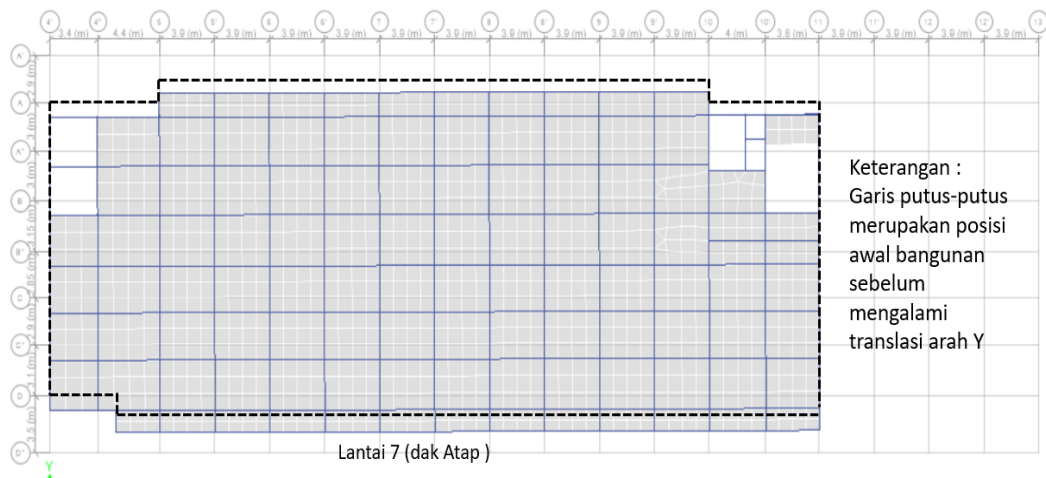
Gambar 5.20 Mode 2 Struktur *Shearwall Tipe-I* Translasi Arah Y



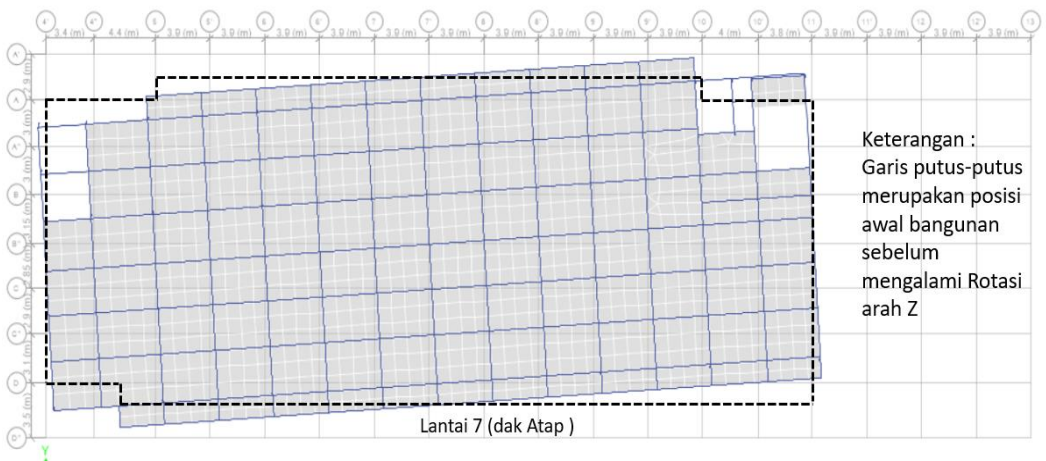
Gambar 5.21 Mode 3 Struktur *Shearwall Tipe-I* Rotasi Arah Z



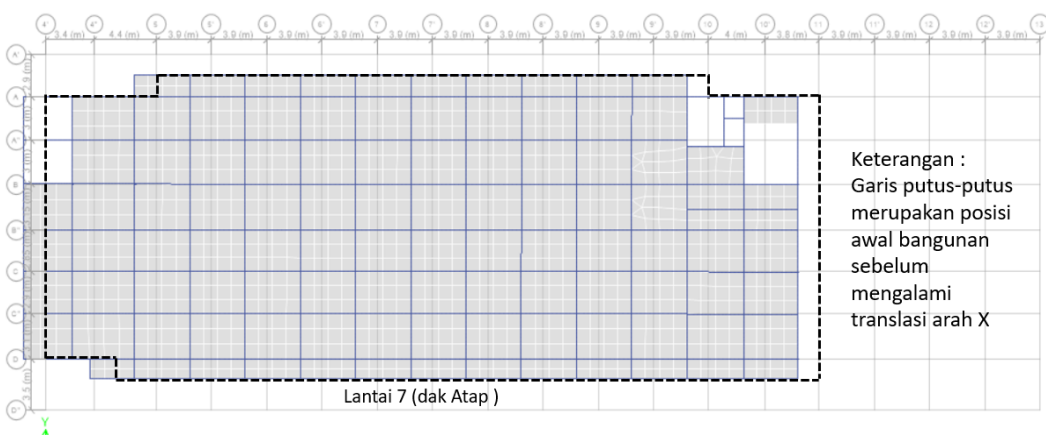
Gambar 5.22 Mode 1 Struktur *Bracing Tipe X* Translasi Arah X



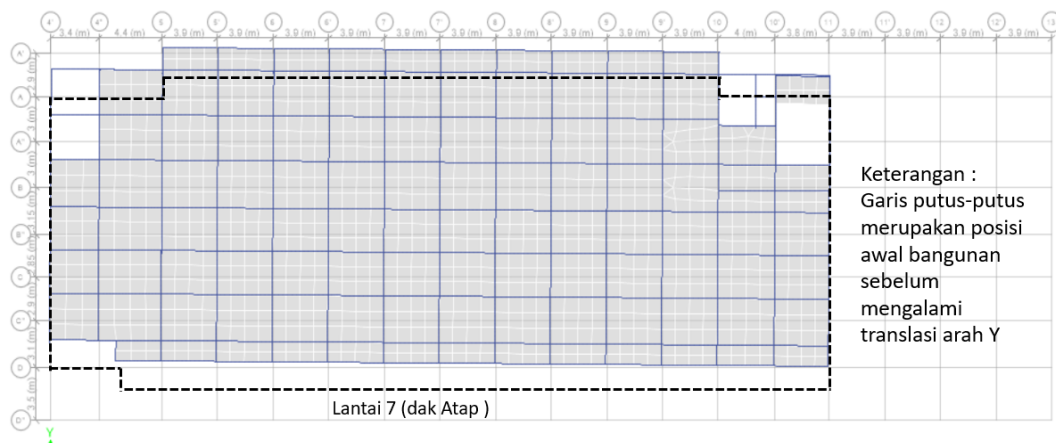
Gambar 5.23 Mode 2 Struktur *Bracing Tipe X* Translasi Arah Y



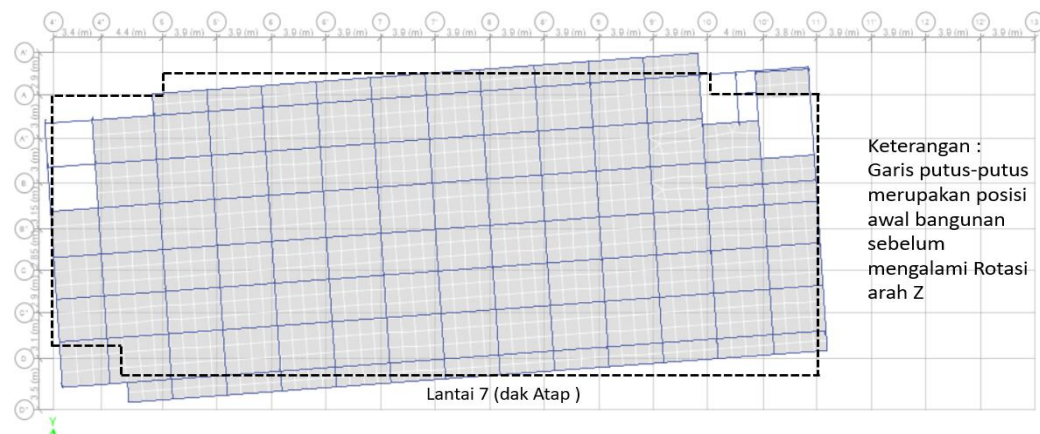
Gambar 5.24 Mode 3 Struktur *Bracing Tipe X* Rotasi Arah Z



Gambar 5.25 Mode 1 Struktur *Bracing Inverted-V* Translasi Arah X



Gambar 5.26 Mode 2 Struktur *Bracing Inverted-V* Translasi Arah Y



Gambar 5.27 Mode 3 Struktur *Bracing Inverted V* Rotasi Arah Z

5.6.6 Cek Syarat Sistem Ganda 25%

Pengecekan syarat sistem ganda merupakan syarat yang harus dipenuhi ketika melakukan analisis. Pengecekan syarat sistem ganda dilakukan pada arah Y saja sedangkan pada Arah X tidak perlu dibuktikan dengan syarat sistem ganda karena struktur arah X merupakan Struktur Pemikul Rangka Momen Khusus (SPRMK). Berikut ini adalah data joint reaction yang terjadi pada sistem rangka dan ganda.

Tabel 5.67 Joint Reaction Seluruh Join Rangka

Joint Reaction Fy (kN)		
Jenis Struktur		
<i>Shearwall Tipe I</i>	<i>Bracing Tipe X</i>	<i>Bracing Inverted V</i>
16,8548	74,5065	42,7346
39,2481	94,4482	101,629
51,2486	119,8067	128,5432

Lanjutan Tabel 5.67 Joint Reaction Seluruh Join Rangka

<i>Joint Reaction Fy (kN)</i>		
Jenis Struktur		
<i>Shearwall Tipe I</i>	<i>Bracing Tipe X</i>	<i>Bracing Inverted V</i>
39,3465	94,4607	101,5631
23,3001	60,6624	65,3882
1984,946	2016,124	2015,012
1942,36	1980,442	2024,885
44,1367	118,3825	128,3553
29,0444	86,8001	95,0082
43,3534	93,1414	99,0903
55,662	118,8987	126,2645
39,8761	86,7422	92,2354
21,5135	43,5918	46,094
43,5217	90,0546	94,9795
55,8217	114,5104	120,625
41,5718	86,0898	90,7631
38,9831	74,2718	78,1645
41,9377	86,3415	90,491
53,0432	108,1146	113,1607
52,9692	107,9665	113,0455
49,3533	100,8067	105,5978
40,4338	86,586	89,8807
51,4691	108,0543	111,9355
50,7584	106,7562	110,651
46,9846	99,5676	103,2913
39,6047	88,4448	91,8545
51,5109	111,3611	115,1359
50,4441	109,5854	112,9476
45,8821	100,8932	104,1471
2199,91	1729,215	1642,462
2234,353	1961,604	2024,792
52,8438	115,9689	118,066
44,7004	102,155	104,2991
37,3522	88,7442	89,0776
49,9867	111,7508	111,7091
50,1167	111,4335	111,581
45,9861	103,6669	104,0411
38,2628	86,8595	87,1757

Lanjutan Tabel 5.67 Joint Reaction Seluruh Join Rangka

<i>Joint Reaction Fy (kN)</i>		
Jenis Struktur		
<i>Shearwall Tipe I</i>	<i>Bracing Tipe X</i>	<i>Bracing Inverted V</i>
49,236	108,0139	107,8938
48,7615	107,3705	106,9248
44,1914	98,7117	98,2535
6,3684	16,3906	17,7138
17,326	43,413	47,6315
8,0384	20,6241	22,4132
10,2588	24,6284	27,8026
14,907	30,2975	31,0785
25,8064	269,3408	223,6344
5,8485	13,5596	14,0493
8,3879	17,8528	18,4801
10,8444	23,4621	23,3083
13,3869	25,9777	27,2627
12,7639	25,6667	26,8002
12,5241	25,7571	26,5995
12,3549	26,0739	26,7541
12,1909	26,3792	26,7659
12,1687	26,316	26,3495
Total Fy (kN)		
10164,06	11908,65	12006,39

Tabel 5.68 Joint Reaction Seluruh Join Sistem Ganda

<i>Joint Reaction Fy (kN)</i>		
Jenis Struktur		
<i>Shearwall Tipe I</i>	<i>Bracing Tipe X</i>	<i>Bracing Inverted V</i>
16,8548	2016,124	2015,012
1984,946	1980,442	2024,885
1942,36	1729,215	1642,462
2199,91	1961,604	2024,792
2234,353	-	-
Total		
8378,424	7687,385	7707,151

Berdasarkan data yang sudah didapatkan maka pengecekan syarat sistem ganda dapat dihitung seperti berikut.

1. Cek syarat sistem rangka struktur *shearwall tipe I*

$$\text{Total joint reaction rangka} = 10164,06 \text{ kN}$$

$$\text{Total joint reaction sistem ganda} = 8378,424 \text{ kN}$$

$$\text{Rasio sistem ganda} = \frac{\text{Total Joint reaction sistem ganda}}{\text{Total joint reaction rangka}} \times 100$$

$$= \frac{8378,424 \text{ kN}}{10164,06 \text{ kN}} \times 100$$

$$= 82\%$$

$$\text{Rasio sistem rangka} = 100\% - \text{rasio sistem ganda}$$

$$= 100\% - 82\%$$

$$= 18\%$$

Dari hasil perhitungan diketahui bahwa pengecekan syarat sistem ganda pada struktur kurang dari 25% syarat minimum yang berlaku. Maka dari itu perlu di skala dengan cara 25%/rasio sistem rangka sehingga mendapatkan nilai skala sebesar 1,423. Adapun rekapitulasi dari pengecekan syarat sistem ganda struktur lainnya dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 5.69 Rekapitulasi Perhitungan Syarat Sistem Ganda

Jenis Struktur	Rasio Sistem Ganda (%)	Rasio Sistem Rangka (%)	Keterangan
<i>Shearwall Tipe I</i>	82	18	Perlu diskalakan
<i>Bracing Tipe X</i>	65	35	Tidak Perlu
<i>Bracing Inverted V</i>	64	36	Tidak Perlu

5.7 Ketidakberaturan Struktur

Ketidakberaturan struktur merupakan kondisi di mana suatu struktur mengalami perilaku seismik yang tidak memenuhi kriteria berdasarkan SNI 1726 - 2019. Ketidakberaturan dapat terjadi pada bidang horizontal dan vertikal yang akan dibahas seperti berikut.

5.7.1 Ketidakberaturan Horizontal

Ketidakberaturan horzintal terjadi apabila struktur memiliki satu atau lebih dari tipe ketidakberaturan horizontal seperti berikut.

1. Ketidakberaturan Horizontal Torsi dan Torsi Berlebihan

Berdasarkan hasil analisis ETABS V.22 didapatkan hasil simpangan maksimum (Δ_{max}) yang terjadi pada dua titik simpangan, sedangkan simpangan rata-rata (Δ_{avg}) didapatkan dari dua rata-rata simpangan maksimum (Δ_{max}) pada dua titik pengambilan nilai simpangan. Berikut ini contoh perhitungan ketidakberaturan torsi dan torsi berlebihan.

$$\begin{aligned}\Delta_{max} &= 4,555 \text{ mm} \\ \Delta_{avg} &= 4,116 \text{ mm} \\ \frac{\Delta_{Max}}{\Delta_{Avg}} &= \frac{4,555}{4,116} \\ &= 1,107 < 1,2 < 1,4 \text{ (Regular)}\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan ketidakberaturan torsi dan ketidakberaturan torsi berlebihan, didapatkan perhitungan pengecekan torsi dan torsi berlebihan sebesar $1,107 < 1,2 < 1,4$. Maka pada lantai Dak atap tidak terjadi ketidakberaturan torsi dan ketidakberaturan torsi berlebihan. Rekapitulasi pengecekan ketidakberaturan horizontal torsi dan ketidakberaturan torsi berlebihan pada tingkat di atasnya dan ketiga model struktur dalam analisis ini dapat dilihat pada Tabel 5.70 hingga Tabel 5.93.

Tabel 5.70 Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebihan
Struktur *Shearwall Tipe-I* Ex + 0,3 Ey

Lantai	Δ_{max}	Δ_{avg}	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek
Dak Atap	4,555	4,116	1,107	Reguler
7	9,671	9,4955	1,018	Reguler
6	15,888	15,715	1,011	Reguler
5	21,572	21,515	1,003	Reguler
4	29,697	29,676	1,001	Reguler
3	23,856	23,559	1,013	Reguler
2	13,932	13,8115	1,009	Reguler

**Tabel 5.71 Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebihan
Struktur *Shearwall Tipe-I* Ex - 0,3 Ey**

Lantai	Δ_{max}	Δ_{avg}	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek
Dak Atap	4,297	4,1505	1,035	Reguler
7	9,591	9,504	1,009	Reguler
6	15,872	15,734	1,009	Reguler
5	21,484	21,4795	1,000	Reguler
4	29,998	29,7255	1,009	Reguler
3	23,799	23,5425	1,011	Reguler
2	13,956	13,816	1,010	Reguler

**Tabel 5.72 Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebihan
Struktur *Shearwall Tipe-I* -Ex + 0,3 Ey**

Lantai	Δ_{max}	Δ_{avg}	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek
Dak Atap	-4,004	-4,1505	0,965	Reguler
7	-9,417	-9,504	0,991	Reguler
6	-15,596	-15,734	0,991	Reguler
5	-21,475	-21,4795	1,000	Reguler
4	-29,453	-29,7255	0,991	Reguler
3	-23,286	-23,5425	0,989	Reguler
2	-13,676	-13,816	0,990	Reguler

**Tabel 5.73 Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebihan
Struktur *Shearwall Tipe-I* -Ex - 0,3 Ey**

Lantai	Δ_{max}	Δ_{avg}	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek
Dak Atap	-3,677	-4,116	0,893	Reguler
7	-9,32	-9,4955	0,982	Reguler
6	-15,542	-15,715	0,989	Reguler
5	-21,458	-21,515	0,997	Reguler
4	-29,655	-29,676	0,999	Reguler
3	-23,262	-23,559	0,987	Reguler
2	-13,691	-13,8115	0,991	Reguler

**Tabel 5.74 Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebihan
Struktur *Shearwall Tipe-I* Ey + 0,3 Ex**

Lantai	Δ_{max}	Δ_{avg}	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek
Dak Atap	5,576	5,4985	1,014	Reguler
7	8,153	8,0455	1,013	Reguler
6	8,342	8,2435	1,012	Reguler
5	8,279	8,1995	1,010	Reguler
4	9,094	8,724	1,042	Reguler
3	5,757	5,6875	1,012	Reguler
2	3,43	3,241	1,058	Reguler

**Tabel 5.75 Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebihan
Struktur *Shearwall Tipe-I* Ey - 0,3 Ex**

Lantai	Δ_{max}	Δ_{avg}	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek
Dak Atap	5,543	5,5035	1,007	Reguler
7	8,11	8,0505	1,007	Reguler
6	8,284	8,2415	1,005	Reguler
5	8,188	8,178	1,001	Reguler
4	9,129	8,674	1,052	Reguler
3	5,902	5,7655	1,024	Reguler
2	3,301	3,1905	1,035	Reguler

**Tabel 5.76 Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebihan
Struktur *Shearwall Tipe-I* -Ey + 0,3 Ex**

Lantai	Δ_{max}	Δ_{avg}	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek
Dak Atap	-5,464	-5,5035	0,993	Reguler
7	-7,991	-8,0505	0,993	Reguler
6	-8,199	-8,2415	0,995	Reguler
5	-8,168	-8,178	0,999	Reguler
4	-8,219	-8,674	0,948	Reguler
3	-5,629	-5,7655	0,976	Reguler
2	-3,08	-3,1905	0,965	Reguler

**Tabel 5.77 Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebihan
Struktur *Shearwall Tipe-I* -Ey - 0,3 Ex**

Lantai	Δ_{max}	Δ_{avg}	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek
Dak Atap	-5,421	-5,4985	0,986	Reguler
7	-7,938	-8,0455	0,987	Reguler
6	-8,145	-8,2435	0,988	Reguler
5	-8,12	-8,1995	0,990	Reguler
4	-8,354	-8,724	0,958	Reguler
3	-5,618	-5,6875	0,988	Reguler
2	-3,052	-3,241	0,942	Reguler

**Tabel 5.78 Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebihan
Struktur *Bracing Tipe-X* Ex + 0,3 Ey**

Lantai	Δ_{max}	Δ_{avg}	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek
Dak Atap	5,784	5,145	1,124	Reguler
7	11,275	11,082	1,017	Reguler
6	18,592	18,474	1,006	Reguler
5	24,871	24,726	1,006	Reguler
4	35,657	35,313	1,010	Reguler
3	27,085	27,072	1,000	Reguler
2	17,559	17,367	1,011	Reguler

**Tabel 5.79 Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebihan
Struktur *Bracing Tipe-X* Ex - 0,3 Ey**

Lantai	Δ_{max}	Δ_{avg}	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek
Dak Atap	5,334	5,122	1,041	Reguler
7	11,173	11,102	1,006	Reguler
6	18,616	18,498	1,006	Reguler
5	24,928	24,702	1,009	Reguler
4	35,661	35,417	1,007	Reguler
3	27,244	27,108	1,005	Reguler
2	17,502	17,403	1,006	Reguler

**Tabel 5.80 Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebihan
Struktur *Bracing Tipe-X* -Ex + 0,3 Ey**

Lantai	Δ_{max}	Δ_{avg}	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek
Dak Atap	-4,910	-5,122	0,959	Reguler
7	-11,030	-11,102	0,994	Reguler
6	-18,380	-18,498	0,994	Reguler
5	-24,476	-24,702	0,991	Reguler
4	-35,172	-35,417	0,993	Reguler
3	-26,972	-27,108	0,995	Reguler
2	-17,304	-17,403	0,994	Reguler

**Tabel 5.81 Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebihan
Struktur *Bracing Tipe-X* -Ex - 0,3 Ey**

Lantai	Δ_{max}	Δ_{avg}	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek
Dak Atap	-4,506	-5,145	0,876	Reguler
7	-10,888	-11,082	0,983	Reguler
6	-18,356	-18,474	0,994	Reguler
5	-24,580	-24,726	0,994	Reguler
4	-34,969	-35,313	0,990	Reguler
3	-27,058	-27,072	1,000	Reguler
2	-17,175	-17,367	0,989	Reguler

**Tabel 5.82 Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebihan
Struktur *Bracing Tipe-X* Ey + 0,3 Ex**

Lantai	Δ_{max}	Δ_{avg}	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek
Dak Atap	7,395	7,340	1,007	Reguler
7	11,197	11,103	1,009	Reguler
6	12,268	12,122	1,012	Reguler
5	13,093	12,818	1,021	Reguler
4	16,109	14,588	1,104	Reguler
3	10,780	10,416	1,035	Reguler
2	7,176	6,864	1,046	Reguler

**Tabel 5.83 Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebihan
Struktur *Bracing Tipe-X* Ey - 0,3 Ex**

Lantai	Δ_{max}	Δ_{avg}	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek
Dak Atap	7,359	7,280	1,011	Reguler
7	11,298	11,129	1,015	Reguler
6	12,387	12,137	1,021	Reguler
5	13,199	12,785	1,032	Reguler
4	16,171	14,615	1,107	Reguler
3	10,803	10,389	1,040	Reguler
2	7,215	6,951	1,038	Reguler

**Tabel 5.84 Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebihan
Struktur *Bracing Tipe-X* -Ey + 0,3 Ex**

Lantai	Δ_{max}	Δ_{avg}	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek
Dak Atap	-7,201	-7,280	0,989	Reguler
7	-10,959	-11,129	0,985	Reguler
6	-11,886	-12,137	0,979	Reguler
5	-12,371	-12,785	0,968	Reguler
4	-13,058	-14,615	0,893	Reguler
3	-9,974	-10,389	0,960	Reguler
2	-6,687	-6,951	0,962	Reguler

**Tabel 5.85 Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebihan
Struktur *Bracing Tipe-X* -Ey - 0,3 Ex**

Lantai	Δ_{max}	Δ_{avg}	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek
Dak Atap	-7,285	-7,340	0,993	Reguler
7	-11,008	-11,103	0,991	Reguler
6	-11,976	-12,122	0,988	Reguler
5	-12,542	-12,818	0,979	Reguler
4	-13,067	-14,588	0,896	Reguler
3	-10,051	-10,416	0,965	Reguler
2	-6,551	-6,864	0,954	Reguler

**Tabel 5.86 Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebihan
Struktur *Bracing Inverted V* Ex + 0,3 Ey**

Lantai	Δ_{max}	Δ_{avg}	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek
Dak Atap	5,693	5,125	1,111	Reguler
7	11,195	11,047	1,013	Reguler
6	18,527	18,416	1,006	Reguler
5	24,798	24,642	1,006	Reguler
4	35,529	35,162	1,010	Reguler
3	26,981	26,951	1,001	Reguler
2	17,480	17,283	1,011	Reguler

**Tabel 5.87 Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebihan
Struktur *Bracing Inverted V* Ex - 0,3 Ey**

Lantai	Δ_{max}	Δ_{avg}	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek
Dak Atap	5,397	5,124	1,053	Reguler
7	11,151	11,079	1,006	Reguler
6	18,553	18,442	1,006	Reguler
5	24,855	24,610	1,010	Reguler
4	35,552	35,268	1,008	Reguler
3	27,174	26,996	1,007	Reguler
2	17,402	17,330	1,004	Reguler

**Tabel 5.88 Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebihan
Struktur *Bracing Inverted V* -Ex + 0,3 Ey**

Lantai	Δ_{max}	Δ_{avg}	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek
Dak Atap	-4,851	-5,124	0,947	Reguler
7	-11,007	-11,079	0,994	Reguler
6	-18,331	-18,442	0,994	Reguler
5	-24,364	-24,610	0,990	Reguler
4	-34,983	-35,268	0,992	Reguler
3	-26,817	-26,996	0,993	Reguler
2	-17,258	-17,330	0,996	Reguler

**Tabel 5.89 Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebihan
Struktur *Bracing Inverted V* -Ex - 0,3 Ey**

Lantai	Δ_{max}	Δ_{avg}	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek
Dak Atap	-4,557	-5,125	0,889	Reguler
7	-10,899	-11,047	0,987	Reguler
6	-18,304	-18,416	0,994	Reguler
5	-24,486	-24,642	0,994	Reguler
4	-34,794	-35,162	0,990	Reguler
3	-26,921	-26,951	0,999	Reguler
2	-17,086	-17,283	0,989	Reguler

**Tabel 5.90 Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebihan
Struktur *Bracing Inverted V* Ey + 0,3 Ex**

Lantai	Δ_{max}	Δ_{avg}	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek
Dak Atap	6,688	6,459	1,035	Reguler
7	9,703	9,661	1,004	Reguler
6	11,272	11,203	1,006	Reguler
5	12,587	12,276	1,025	Reguler
4	17,144	15,086	1,136	Reguler
3	11,111	10,516	1,057	Reguler
2	7,509	6,989	1,074	Reguler

**Tabel 5.91 Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebihan
Struktur *Bracing Inverted V* Ey - 0,3 Ex**

Lantai	Δ_{max}	Δ_{avg}	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek
Dak Atap	6,517	6,410	1,017	Reguler
7	9,811	9,718	1,010	Reguler
6	11,409	11,232	1,016	Reguler
5	12,725	12,237	1,040	Reguler
4	17,215	15,112	1,139	Reguler
3	11,144	10,477	1,064	Reguler
2	7,506	7,038	1,067	Reguler

**Tabel 5.92 Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebihan
Struktur *Bracing Inverted V* -Ey + 0,3 Ex**

Lantai	Δ_{max}	Δ_{avg}	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek
Dak Atap	-6,303	-6,410	0,983	Reguler
7	-9,624	-9,718	0,990	Reguler
6	-11,054	-11,232	0,984	Reguler
5	-11,748	-12,237	0,960	Reguler
4	-13,009	-15,112	0,861	Reguler
3	-9,809	-10,477	0,936	Reguler
2	-6,569	-7,038	0,933	Reguler

**Tabel 5.93 Rekapitulasi Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebihan
Struktur *Bracing Inverted V* -Ey - 0,3 Ex**

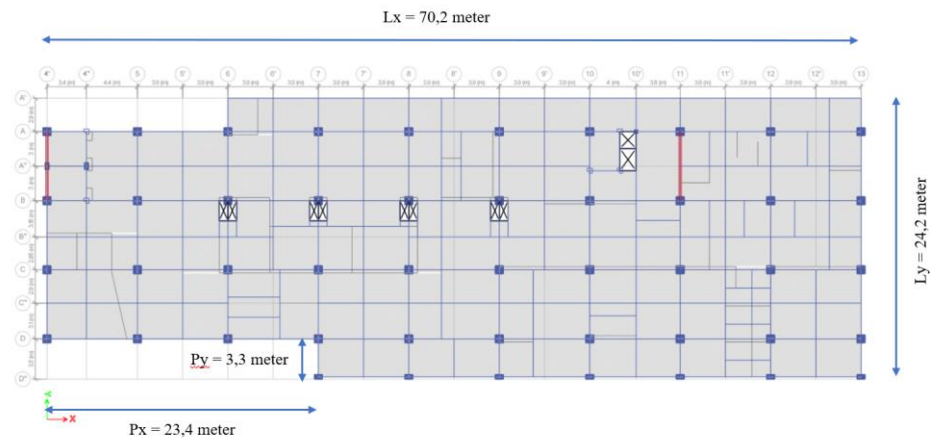
Lantai	Δ_{max}	Δ_{avg}	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek
Dak Atap	-6,230	-6,459	0,965	Reguler
7	-9,618	-9,661	0,996	Reguler
6	-11,133	-11,203	0,994	Reguler
5	-11,964	-12,276	0,975	Reguler
4	-13,027	-15,086	0,864	Reguler
3	-9,921	-10,516	0,943	Reguler
2	-6,469	-6,989	0,926	Reguler

Berdasarkan hasil rekapitulasi perhitungan ketidakberaturan torsi dan torsi berlebihan seperti Tabel 5.67 hingga Tabel 5.93 ketiga model struktur tidak mengalami adanya ketidakberaturan torsi atau dapat diartikan bangunan dalam penelitian ini reguler.

2. Ketidakberaturan Horizontal Sudut Dalam

Ketidakberaturan horizontal sudut dalam ada jika struktur bangunan memiliki sudut dalam lebih dari 15% pada kedua arah dimensi bangunan.

Pengecekan ketidakberaturan horizontal sudut dalam pada ketiga struktur yang di analisis diilustrasikan pada Gambar 5.28 yang dapat dilihat sebagai berikut



Gambar 5.28 Ilustrasi Pengecekan Ketidakberaturan Horizontal

Berdasarkan ilustrasi pengecekan ketidakberaturan horizontal seperti Gambar 5.28 di atas, maka ketidakberaturan horizontal sudut dalam dapat dihitung seperti berikut.

$$Lx = 70,2 \text{ m}$$

$$Px = 23,4 \text{ m}$$

$$Ly = 24,2 \text{ m}$$

$$Py = 3,3 \text{ m}$$

$$\frac{Lx}{Px} = \frac{70,2}{23,4} \times 100$$

$$= 33\% > 15\%$$

$$\frac{Ly}{Py} = \frac{24,2}{3,3} \times 100$$

$$= 14\% < 15\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan sudut dalam didapatkan nilai sebesar 33% > 15% pada arah X dan sebesar 14% < 15% pada arah Y. Rekapitulasi perhitungan ketidakberaturan horizontal sudut dalam pada ketiga struktur yang dianalisis dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 5.94 hingga Tabel 5.96.

**Tabel 5.94 Rekapitulasi Perhitungan Ketidakberaturan Horizontal Sudut
Dalam Struktur *Shearwall Tipe – I***

Uraian	Nilai	Satuan
Lx	70,2	m
Px	23,4	m
Ly	24,2	m
Py	3,3	m
Px/Lx	33	%
Py/Ly	14	%

**Tabel 5.95 Rekapitulasi Perhitungan Ketidakberaturan Horizontal Sudut
Dalam Struktur *Bracing Tipe - X***

Uraian	Nilai	Satuan
Lx	70,2	m
Px	23,4	m
Ly	24,2	m
Py	3,3	m
Px/Lx	33	%
Py/Ly	14	%

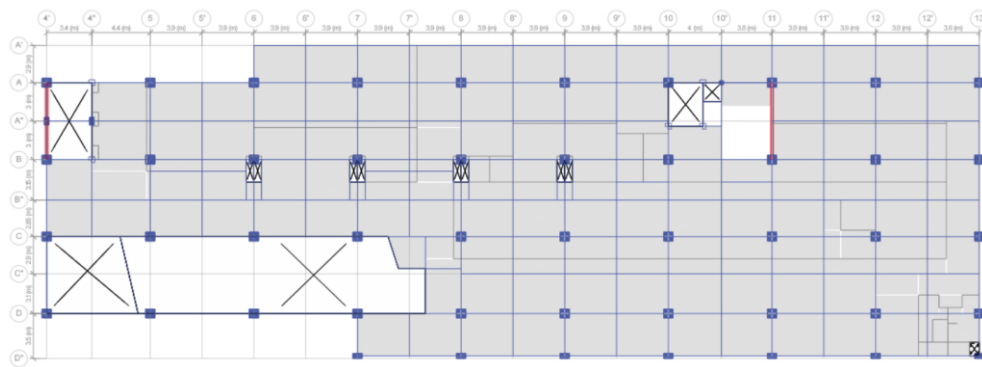
**Tabel 5.96 Rekapitulasi Perhitungan Ketidakberaturan Horizontal Sudut
Dalam Struktur *Bracing Inverted V***

Uraian	Nilai	Satuan
Lx	70,2	m
Px	23,4	m
Ly	24,2	m
Py	3,3	m
Px/Lx	33	%
Py/Ly	14	%

Berdasarkan tabel-tabel rekapitulasi hasil perhitungan ketidakberaturan horizontal sudut dalam, ketidakberaturan sudut dalam pada struktur bangunan hanya terjadi pada arah X dengan nilai sebesar 33% > 15%, sedangkan pada arah Y tidak terjadi ketidakberaturan dikarenakan nilai sudut sebesar 14% < 15%.

3. Ketidakberaturan Horizontal Diskontinuitas Diafragma

Ketidakberaturan horizontal diskontinuitas diafragma adalah ketidakberaturan yang ditinjau dari diafragma yang mempunyai diskontinuitas atau variasi kekakuan mendadak dan memiliki daerah bukaan lebih besar dari 50% dari daerah tertutup, atau terjadinya perubahan diafragma efektif lebih dari 50% dari suatu tingkat ke tingkat selanjutnya. Pengecekan ketidakberaturan diskontinuitas diafragma pada penelitian ini dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 5.29 Struktur Lantai 2 Diskontinuitas Diafragma

Berdasarkan hasil pengecekan diskontinuitas diafragma pada Gambar 5.29, maka ketidakberaturan horizontal diskontinuitas diafragma dapat dihitung sebagai berikut.

$$A_{\text{total}} = 1576,38 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{bukaan}} = 230,67 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Cek} &= A_{\text{bukaan}} < \frac{A_{\text{total}}}{2} \\ &= 230,67 < \frac{1576,38}{2} \\ &= 230,60 \text{ m}^2 < 788,19 \text{ m}^2 \text{ (Reguler)} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diskontinuitas diafragma di atas didapatkan nilai sebesar $230,60 \text{ m}^2 < 788,19 \text{ m}^2$ maka distruktur dikategorikan reguler. Rekapitulasi pengecekan ketidakberaturan horizontal diskontinuitas diafragma dari ketiga model struktur dalam analisis ini dapat dilihat pada Tabel 5.97 hingga Tabel 5.99.

**Tabel 5.97 Rekapitulasi Perhitungan Ketidakberaturan Horizontal
Diskontinuitas Diafragma Struktur *Shearwall Tipe – I***

Uraian	Nilai	Satuan
A_{total}	1576,38	m ²
A_{bukaan}	230,67	m ²
Cek	Reguler	-

**Tabel 5.98 Rekapitulasi Perhitungan Ketidakberaturan Horizontal
Diskontinuitas Diafragma Struktur *Bracing Tipe – I***

Uraian	Nilai	Satuan
A_{total}	1576,38	m ²
A_{bukaan}	230,67	m ²
Cek	Reguler	-

**Tabel 5.99 Rekapitulasi Perhitungan Ketidakberaturan Horizontal
Diskontinuitas Diafragma Struktur *Bracing Inverted-V***

Uraian	Nilai	Satuan
A_{total}	1576,38	m ²
A_{bukaan}	230,67	m ²
Cek	Reguler	-

Berdasarkan tabel-tabel rekapitulasi perhitungan ketidakberaturan horizontal diafragma diskontinuitas di atas, diketahui ketiga model struktur dalam penelitian ini tidak mengalami ketidakberaturan diskontinuitas diafragma.

4. Ketidakberaturan Horizontal Akibat Pergeseran Tegak Lurus Terhadap Bidang

Ketidakberaturan akibat pergeseran tegak lurus terhadap bidang adalah ketidakberaturan di mana struktur memiliki kondisi pergeseran elemen vertikal pemikul gaya lateral. Berdasarkan pemeriksaan pada ketiga denah struktur setiap tingkat, tidak terdapat dinding geser, *bracing* dan kolom yang

tidak menurun dari level pile cap sampai lantai atap, sehingga tidak terjadi ketidakberaturan akibat pergeseran tegak lurus terhadap bidang.

5. Ketidakberaturan sistem nonparalel

Ketidakberaturan sistem nonparalel terjadi jika suatu struktur memiliki elemen vertikal pemikul gaya lateral yang tidak paralel terhadap sumbu ortogonal. Berdasarkan pemeriksaan pada ketiga denah struktur setiap tingkat tidak terdapat dinding geser, *bracing* dan seluruh kolom yang menjadi penahan gaya lateral vertikal yang terletak tidak paralel pada arah ortogonal semua dinding geser, *bracing* dan kolom terletak sumbu X dan Y, sehingga ketidakberaturan ini tidak ada pada ketiga struktur yang dianalisis dalam penelitian ini.

5.7.1 Ketidakberaturan Vertikal

Ketidakberaturan vertikal terjadi apabila struktur memiliki satu atau lebih dari tipe ketidakberaturan vertikal seperti pada halaman selanjutnya

1. Ketidakberaturan Vertikal Kekakuan Tingkat Lunak dan Tingkat Lunak Berlebihan

Berdasarkan bab landasan teori bahwa ketidakberaturan kekakuan tingkat ada jika suatu tingkat yang kekakuan lateralnya kurang dari 70% kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 80% kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya. Sedangkan untuk ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak berlebihan terjadi jika suatu tingkat yang kekakuan lateralnya kurang dari 60% kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 70% kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya.

Mengacu pada hasil analisis metode respon spektrum yang telah dilakukan dengan *software* ETABS V.22, didapatkan nilai kekakuan tingkat yang terjadi arah X dan Y pada ketiga model struktur. Adapun nilai kekakuan tingkat tersebut dapat dilihat dari contoh perhitungan ketidakberaturan vertikal kekakuan tingkat lunak dan ketidakberaturan tingkat lunak berlebihan yang terjadi pada struktur *shearwall tipe I* pada halaman selanjutnya.

a) Kekakuan lateral tingkat di atasnya

$$\text{Kekakuan tingkat 2} = 917453,74 \text{ kNm}$$

$$\text{Kekakuan tingkat 3} = 509185,13 \text{ kNm}$$

$$\text{Cek rasio} = \frac{\text{Kekakuan tingkat 2}}{\text{Kekakuan tingkat 3}} \times 100$$

$$= \frac{917453,74 \text{ kNm}}{509185,13 \text{ kNm}} \times 100$$

$$= 180,18 \% > 70\% > 60\%$$

b) Kekakuan lateral rata-rata tiga tingkat di atasnya

$$\text{Kekakuan tingkat 2} = 917453,74 \text{ kNm}$$

$$\text{Kekakuan tingkat 3} = 509185,13 \text{ kNm}$$

$$\text{Kekakuan tingkat 4} = 352219,89 \text{ kNm}$$

$$\text{Kekakuan tingkat 5} = 390167,41 \text{ kNm}$$

$$\text{Rata-rata 3 tingkat} = \frac{\text{K.tingkat 3} + \text{K.tingkat 4} + \text{K.tingkat 5}}{3}$$

$$= \frac{509185,13 + 352219,89 + 390167,41}{3}$$

$$= 417190,809 \text{ kNm}$$

$$\text{Cek rasio} = \frac{\text{Kekakuan Lantai 2}}{\text{rata-rata 3 tingkat}} \times 100$$

$$= \frac{917453,74 \text{ kNm}}{417190,809 \text{ kNm}} \times 100$$

$$= 219,91 \% > 70\% > 80\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan pengecekan ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak dan ketidakberaturan tingkat lunak berlebihan didapatkan nilai sebesar $180,18\% > 70\% > 60\%$ dan $219,91\% > 70\% > 80\%$, sehingga kekakuan lateral pada lantai 2 struktur *shearwall tipe – I* dikategorikan regular. Rekapitulasi hasil perhitungan untuk pengecekan ketidakberaturan vertikal kekakuan tingkat lunak dan ketidakberaturan vertikal kekakuan tingkat lunak berlebihan pada ketiga model struktur dalam analisis ini dapat dilihat pada Tabel 5.100 hingga 5.102 sebagai berikut.

Tabel 5.100 Rekapitulasi Perhitungan Ketidakberaturan Vertikal Kekakuan Tingkat Lunak dan Tingkat Lunak Berlebihan Struktur *Shearwall Tipe – I*

Lantai	Arah X				Arah Y			
	Kekakuan (kNm)	Rasio kekakuan tingkat atasnya	Rasio kekakuan tiga tingkat di atasnya	Cek	Kekakuan (kNm)	Rasio kekakuan tingkat atasnya	Rasio kekakuan tiga tingkat di atasnya	Cek
Dak Atap	83702,17	-	-	-	67699,99	-	-	-
7	53233,26	63,60%	-	V.1a	142941,09	211%	-	Reguler
6	349849,22	657,20%	-	Reguler	712134,10	498%	-	Reguler
5	390167,41	111,52%	240,46%	Reguler	985529,08	138%	320%	Reguler
4	352219,89	90,27%	133,21%	Reguler	1152552,06	117%	188%	Reguler
3	509185,13	144,56%	139,86%	Reguler	2040409,84	177%	215%	Reguler
2	917453,74	180,18%	219,91%	Reguler	3656274,37	179%	263%	Reguler

Tabel 5.101 Rekapitulasi Perhitungan Ketidakberaturan Vertikal Kekakuan Tingkat Lunak dan Tingkat Lunak Berlebihan Struktur *Bracing Tipe-X*

Lantai	Arah X				Arah Y			
	Kekakuan (kNm)	Rasio kekakuan tingkat atasnya	Rasio kekakuan tiga tingkat di atasnya	Cek	Kekakuan (kNm)	Rasio kekakuan tingkat atasnya	Rasio kekakuan tiga tingkat di atasnya	Cek
Dak Atap	80044,28	-	-		60812,71	-	-	
7	52120,09	65,11%	-	V.1a	100326,14	165%	-	Reguler
6	340861,43	653,99%	-	Reguler	565342,19	564%	-	Reguler
5	388380,08	113,94%	246,32%	Reguler	744949,97	132%	308%	Reguler
4	340072,45	87,56%	130,57%	Reguler	814558,76	109%	173%	Reguler
3	512430,75	150,68%	143,76%	Reguler	1280695,59	157%	181%	Reguler
2	828930,98	161,76%	200,41%	Reguler	2066582,89	161%	218%	Reguler

Tabel 5.102 Rekapitulasi Perhitungan Ketidakberaturan Vertikal Kekakuan Tingkat Lunak dan Tingkat Lunak Berlebihan Struktur *Bracing Inverted-V*

Lantai	Arah X				Arah Y			
	Kekakuan (kNm)	Rasio kekakuan tingkat atasnya	Rasio kekakuan tiga tingkat di atasnya	Cek	Kekakuan (kNm)	Rasio kekakuan tingkat atasnya	Rasio kekakuan tiga tingkat di atasnya	Cek
Dak Atap	79872,66	-	-		67515,48	-	-	
7	52262,47	65,43%	-	V.1a	101371,84	150%	-	Reguler
6	341287,27	653,03%	-	Reguler	598853,22	591%	-	Reguler
5	390261,86	114,35%	247,30%	Reguler	769774,85	129%	301%	Reguler
4	340991,69	87,38%	130,51%	Reguler	793521,92	103%	162%	Reguler
3	513725,42	150,66%	143,69%	Reguler	1263432,77	159%	175%	Reguler
2	831598,00	161,88%	200,39%	Reguler	2039841,59	161%	216%	Reguler

Berdasarkan tabel-tabel rekapitulasi di halaman sebelumnya, diketahui ketiga struktur pada penelitian ini mengalami ketidakberaturan vertikal kekakuan tingkat lunak 1a. yang terjadi pada tingkat ke 7. Namun dalam konteks penelitian ini pengecekan kekakuan tingkat di lantai 7 dapat diabaikan karena pada lantai atasnya hanya berupa lantai dak atap kecil. Meskipun demikian, faktor-faktor yang mempengaruhi *soft story* ialah adanya perbedaan tinggi tingkat kolom sehingga hal tersebut memicu adanya *soft story*. Hal tersebut terbukti dengan hasil penelitian ini di mana tingkat lantai 6 sebesar 4,2 meter dan lantai 7 sebesar 3,2 meter sehingga nilai kekakuan kolom yang dihasilkan lebih besar kolom lantai 7 dibandingkan kolom lantai 6. Selain itu, objek penelitian merupakan bangunan tipe *setback* yang di mana bangunan tipe ini memiliki pusat massa dan kekakuan yang tidak sama secara vertikal. Maka dari itu massa dan kekakuan tidak terdistribusi secara merata.

2. Ketidakberaturan Vertikal Berat (Massa)

Ketidakberaturan vertikal berat (massa) merupakan ketidakberaturan yang diakibatkan massa efektif di suatu tingkat lebih dari 150% dari massa tingkat di dekatnya. Contoh perhitungan ketidakberaturan vertikal berat (massa) dapat dilihat sebagai berikut.

Massa lantai 7 = 1007542,0600 kg

Massa lantai 6 = 1359416,8200 kg

Massa lantai 5 = 1353236,4300 kg

Cek 1 = Massa lantai 6 < 150% x Massa lantai 7
 = 1359416,8200 kg < 150% x 1007542,0600 kg
 = 1359416,8200 kg < 1511313,0900 kg (Reguler)

Cek 2 = Massa lantai 6 < 150% x Massa lantai 5
 = 1379195,4300 < 150% x 1353236,4300 kg
 = 1379195,4300 kg < 2029854,6450 kg (Reguler)

Berdasarkan perhitungan di atas didapatkan nilai sebesar 1379195,4300 kg < 1511313,0900 kg dan 1379195,4300 kg < 2029854,6450 kg, maka dari itu pada lantai 6 tidak mengalami ketidakberaturan vertikal berat (massa). Rekapitulasi hasil perhitungan untuk pengecekan ketidakberaturan vertikal berat (massa) pada ketiga struktur dalam analisis ini dapat dilihat pada Tabel 5.103 hingga Tabel 5.105.

Tabel 5.103 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Ketidakberaturan Vertikal Berat (Massa) Struktur *Shearwall Tipe – I*

Lantai	Massa (kg)	150% x Massa	Cek
Dak Atap	108378,4600	162567,6900	Reguler
7	1007542,0600	1511313,0900	V.2
6	1359416,8200	2039125,2300	Reguler
5	1353236,4300	2029854,6450	Reguler
4	1821053,6000	2731580,4000	Reguler
3	2046070,0600	3069105,0900	Reguler
2	1594026,2800	2391039,4200	Reguler

Tabel 5.104 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Ketidakberaturan Vertikal Berat (Massa) Struktur *Bracing Tipe – X*

Lantai	Massa (kg)	150% x Massa	Cek
Dak Atap	108378,4600	162567,6900	Reguler
7	995843,1300	1493764,6950	V.2
6	1335247,3300	2002870,9950	Reguler
5	1329838,5600	1994757,8400	Reguler
4	1794239,0200	2691358,5300	Reguler
3	2019255,4900	3028883,2350	Reguler
2	1569598,5400	2354397,8100	Reguler

Tabel 5.105 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Ketidakberaturan Vertikal Berat (Massa) Struktur *Bracing Inverted – V*

Lantai	Massa (kg)	150% x Massa	Cek
Dak Atap	108378,4600	162567,6900	Reguler
7	994632,8900	1491949,3350	V.2
6	1332826,8500	1999240,2750	Reguler
5	1327418,0900	1991127,1350	Reguler
4	1791945,0800	2687917,6200	Reguler
3	2016961,5500	3025442,3250	Reguler
2	1567217,7200	2350826,5800	Reguler

Berdasarkan tabel-tabel rekapitulasi di atas dan di halaman sebelumnya, diketahui bahwa ketiga struktur pada penelitian ini mengalami ketidakberaturan vertikal berat (massa) pada lantai 7. Adanya ketidakberaturan ini tentunya perlu memenuhi konsekuensi dari ketidakberaturan vertikal massa sesuai pasal referensi yang berlaku yaitu harus memenuhi prosedur analisis yang diizinkan.

3. Ketidakberaturan Vertikal Geometri Vertikal

Ketidakberaturan vertikal geometri vertikal terjadi apabila dimensi horizontal sistem pemikul gaya seismik suatu tingkat lebih besar 130% pada tingkat di dekatnya. Berikut contoh perhitungan ketidakberaturan vertikal geometri vertikal.

$$\begin{aligned} \text{Panjang } Shearwall \text{ tingkat 1 (L1)} &= 6000 \text{ mm} \\ \text{Panjang } Shearwall \text{ tingkat 2 (L2)} &= 6000 \text{ mm} \\ \text{Cek} &= L1 < L2 \times 130\% \\ &= 6000 \text{ mm} < 7800 \text{ mm (Regular)} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas didapatkan nilai perhituangan ketidakberaturan geometri vertikal sebesar $6000 \text{ mm} < 7800 \text{ mm}$, maka pada tingkat 1 struktur *shearwall tipe I* tidak mengalami ketidakberaturan geometri vertikal. Rekapitulasi hasil perhitungan untuk pengecekan ketidakberaturan vertikal geometri vertikal pada ketiga struktur dalam analisis ini dapat dilihat pada Tabel 5.106 hingga Tabel 5.108.

Tabel 5.106 Rekapitulasi Perhitungan Ketidakberaturan Vertikal Geometri Vertikal Struktur *Shearwall Tipe – I*

Lantai	L (mm)	L x 130%	Cek
Dak Atap	-	-	-
7	6000	7800	-
6	6000	7800	Reguler
5	6000	7800	Reguler
4	6000	7800	Reguler
3	6000	7800	Reguler
2	6000	7800	Reguler
1	6000	7800	Reguler

**Tabel 5.107 Rekapitulasi Perhitungan Ketidakberaturan Vertikal Geometri
Vertikal Struktur *Bracing Tipe – X***

Lantai	L (mm)	L x 130%	Cek
Dak Atap	-	-	-
7	6000	7800	-
6	6000	7800	Reguler
5	6000	7800	Reguler
4	6000	7800	Reguler
3	6000	7800	Reguler
2	6000	7800	Reguler
1	6000	7800	Reguler

**Tabel 5.108 Rekapitulasi Perhitungan Ketidakberaturan Vertikal Geometri
Vertikal Struktur *Bracing Inverted – V***

Lantai	L (mm)	L x 130%	Cek
Dak Atap	-	-	-
7	6000	7800	-
6	6000	7800	Reguler
5	6000	7800	Reguler
4	6000	7800	Reguler
3	6000	7800	Reguler
2	6000	7800	Reguler
1	6000	7800	Reguler

Berdasarkan tabel-tabel rekapitulasi di atas dan di halaman sebelumnya, dapat diketahui ketiga model struktur pada penelitian ini tidak mengalami ketidakberaturan geometri vertikal sehingga dapat diartikan ketiga model struktur dalam penelitian ini reguler.

4. Ketidakberaturan Vertikal Akibat Diskontinuitas Bidang Pada Elemen Vertikal Pemikul Gaya Lateral

Ketidakberaturan vertikal akibat diskontinuitas bidang pada elemen vertikal pemikul gaya lateral ada jika suatu struktur terdapat pergeseran pada elemen pemikul gaya lateral yang lebih besar dari elemen itu sendiri atau adanya reduksi kekakuan elemen pemikul gaya lateral di tingkat bawahnya. Komponen penahan gaya seismik vertikal (*shearwall* dan *bracing*) pada obyek penelitian ini menerus sepanjang tinggi bangunan, sehingga tidak terjadi ketidakberaturan akibat diskontinuitas bidang pada elemen vertikal pemikul gaya lateral.

5. Ketidakberaturan Vertikal Tingkat Lemah dan Berlebihan Akibat Diskontinuitas pada Kekuatan Lateral Tingkat

Ketidakberaturan vertikal akibat diskontinuitas pada kekuatan lateral tingkat terjadi apabila kekuatan lateral suatu tingkat kurang dari 80% dan kurang dari 65% kekuatan lateral tingkat di atasnya. Kekuatan lateral merupakan kekuatan total semua elemen pemikul seismik yang bergeser pada arah yang ditinjau. Adapun contoh perhitungan ketidakberaturan vertikal ini dapat dilihat sebagai berikut.

$$\text{Kekuatan tingkat 2 (KL2)} = 12554,5084 \text{ kN}$$

$$\text{Kekuatan tingkat 3 (KL3)} = 12032,0217 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{Cek Rasio} &= \frac{KL2}{KL3} \times 100\% \geq 65\% \geq 80\% \\ &= \frac{12554,5084}{12032,0217} \times 100\% \geq 65\% \geq 80\% \\ &= 104\% \geq 65\% \geq 80\% \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan kekuatan lateral di atas didapatkan nilai sebesar $104\% \geq 65\% \geq 80\%$, sehingga kekuatan lateral pada tingkat 2 struktur *shearwall tipe I* tidak mengalami ketidakberaturan vertikal tingkat lemah dan ketidakberaturan vertikal tingkat berlebihan akibat diskontinuitas pada kekuatan lateral tingkat. Rekapitulasi hasil perhitungan untuk pengecekan ketidakberaturan vertikal tingkat lemah diskontinuitas pada kekuatan lateral

tingkat pada ketiga struktur dalam analisis ini dapat dilihat pada Tabel 5.109 hingga Tabel 5.111 dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 5.109 Rekapitulasi Perhitungan Ketidakberaturan Vertikal Tingkat Lemah dan Berlebihan Diskontinuitas pada Kekuatan Lateral Tingkat Struktur *Shearwall Tipe-I*

Lantai	Arah X			Arah Y		
	Kekuatan (kN)	Rasio kekuatan tingkat pada tingkat di atasnya	Cek	Kekuatan (kN)	Rasio kekuatan tingkat pada tingkat di atasnya	Cek
Dak Atap	331,9113	-	-	331,9113	-	-
7	3027,8632	912%	Reguler	3027,8632	912%	Reguler
6	5993,0828	198%	Reguler	5993,0828	198%	Reguler
5	8298,5491	138%	Reguler	8298,5491	138%	Reguler
4	10568,0148	127%	Reguler	10568,0148	127%	Reguler
3	12032,0217	114%	Reguler	12032,0217	114%	Reguler
2	12554,5084	104%	Reguler	12554,5084	104%	Reguler

Tabel 5.110 Rekapitulasi Perhitungan Ketidakberaturan Vertikal Tingkat Lemah dan Berlebihan Akibat Diskontinuitas pada Kekuatan Lateral Tingkat *Bracing Tipe-X*

Lantai	Arah X			Arah Y		
	Kekuatan (kN)	Rasio kekuatan tingkat pada tingkat di atasnya	Cek	Kekuatan (kN)	Rasio kekuatan tingkat pada tingkat di atasnya	Cek
Dak Atap	387,1958	-	-	387,1958	-	-
7	3495,6786	903%	Reguler	3495,6786	903%	Reguler
6	6893,2965	197%	Reguler	6893,2965	197%	Reguler
5	9536,2687	138%	Reguler	9536,2687	138%	Reguler
4	12144,7623	127%	Reguler	12144,7623	127%	Reguler
3	13830,238	114%	Reguler	13830,238	114%	Reguler
2	14430,4117	104%	Reguler	14430,4117	104%	Reguler

Tabel 5.111 Rekapitulasi Perhitungan Ketidakberaturan Vertikal Tingkat Lemah dan Berlebihan Akibat Diskontinuitas pada Kekuatan Lateral Tingkat Bracing *Inverted-V*

Lantai	Arah X			Arah Y		
	Kekuatan (kN)	Rasio kekuatan tingkat pada tingkat diatasnya	Cek	Kekuatan (kN)	Rasio kekuatan tingkat pada tingkat diatasnya	Cek
Dak Atap	387,206	-	-	387,206	-	-
7	3491,993	902%	Reguler	3491,993	902%	Reguler
6	6883,541	197%	Reguler	6883,541	197%	Reguler
5	9521,772	138%	Reguler	9521,772	138%	Reguler
4	12126,999	127%	Reguler	12126,999	127%	Reguler
3	13810,604	114%	Reguler	13810,604	114%	Reguler
2	14409,884	104%	Reguler	14409,884	104%	Reguler

Berdasarkan tabel-tabel rekapitulasi perhitungan ketidakberaturan vertikal tingkat lemah dan berlebihan akibat diskontinuitas di halaman sebelumnya, diketahui bahwa ketiga model struktur pada penelitian ini tidak mengalami ketidakberaturan vertikal tingkat lemah diskontinuitas pada kekuatan lateral tingkat.

5.8 Simpangan Antar Lantai

Simpangan antar lantai pada penelitian ini diambil pada simpangan yang terjadi di pusat massa. Sebelum dilakukannya pengecekan simpangan antar lantai perlu dilakukannya pengecekan penskalaan simpangan pada ketiga struktur untuk mengetahui apakah ketiga struktur dalam penelitian ini perlu dilakukannya penskalaan atau tidak. Pengecekan tersebut dapat dilihat sebagai berikut

1. Penskalaan Simpangan

Penskalaan simpangan terjadi apabila kombinasi respon untuk gaya geser ragam (V_t) kurang dari $C_s.W$, di mana C_s mengacu pada persamaan 2.34 pada bab landasan teroi, maka simpangan harus dikalikan dengan $C_s.W/V_t$

sesuai dengan pernyataan pada bab landasan teori. Adapun perhitungan pengecekan penskalaan simpangan dapat dilihat seperti berikut.

$$\begin{aligned}
 C_s &= 0,036 \\
 W &= 92580,151 \text{ kN} \\
 C_s.W &= 0,036 \times 92580,151 \text{ kN} \\
 &= 3372,5627 \text{ kN} \\
 \text{Gaya Geser Ragam} &= 6906,927 \text{ kN} \\
 \text{Perbandingan} &= \text{Gaya geser ragam} > C_s.W \\
 &= \text{Tidak perlu penskalaan simpangan}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas didapatkan hasil sebesar 6906,927 kN > 3372,5627 kN, maka penskalaan simpangan tidak perlu dilakukan. Rekapitulasi penskalaan simpangan pada struktur lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.112.

Tabel 5.112 Rekapitulasi Penskalaan Simpangan

Tipe Struktur	Cs.W (kN)	Gaya Geser Ragam		Keterangan	
		Arah x	Arah y	Arah x	Arah y
<i>Shearwall Tipe-I</i>	3372,5627	6906,927	9197,044	Tidak Perlu	Tidak Perlu
<i>Bracing Tipe-X</i>	3872,1174	7932,896	10747,013	Tidak perlu	Tidak perlu
<i>Bracing Inverted-V</i>	3866,2030	7938,085	10813,116	Tidak Perlu	Tidak Perlu

Setelah dilakukannya pengecekan penskalaan simpangan pada ketiga struktur tidak diperlukan adanya penskalaan simpangan, maka selanjutnya melakukan pengecekan simpangan antar lantai yang terjadi pada ketiga model struktur menggunakan skala awal gaya respon spektrum. Adapun contoh perhitungan simpangan antar lantai yang terjadi di pusat massa sebagai berikut.

1. Nilai *displacement* yang terjadi di pusat massa dari hasil analisis ETABS V.22

$$\begin{aligned}
 \text{a) } \delta_{eX} \text{ lantai dak atap} &= 61,039 \text{ mm} \\
 \text{b) } \delta_{eX} \text{ lantai atap} &= 59,031 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan *elastic drift*

$$\begin{aligned}
 \text{a) } \delta e_X \text{ lantai dak atap} &= \delta e_X \text{ lantai dak atap} - \delta e_X \text{ lantai atap} \\
 &= 61,039 \text{ mm} - 59,031 \text{ mm} \\
 &= 2,008 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

3. Perhitungan *inelastic drift*

$$\begin{aligned}
 \text{a) } \Delta x &= \frac{\delta e_X \text{ lantai dak atap} \times C_d}{I_e} \\
 &= \frac{2,008 \times 5,5}{1,5} \\
 &= 7,363 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

4. Perhitungan nilai simpangan *inelastic* izin

$$\text{a) } \Delta a = 0,01 h$$

$$\text{b) } P = 1$$

$$\begin{aligned}
 \text{c) } \text{Simpangan } \textit{inelastic} \text{ izin} &= \frac{\Delta a}{\rho} \\
 &= \frac{0,01 h}{1} \\
 &= 0,01 h
 \end{aligned}$$

5. Perhitungan *drift limit*

$$\begin{aligned}
 \text{a) } \textit{Drift limit} &= \text{simpangan } \textit{inelastic} \text{ izin} \\
 &= 0,01 \times 3200 \text{ mm} \\
 &= 32 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{6. } \text{Cek simpangan} &= \Delta x < \textit{Drift limit} \\
 &= 7,363 \text{ mm} < 32 \text{ mm (oke)}
 \end{aligned}$$

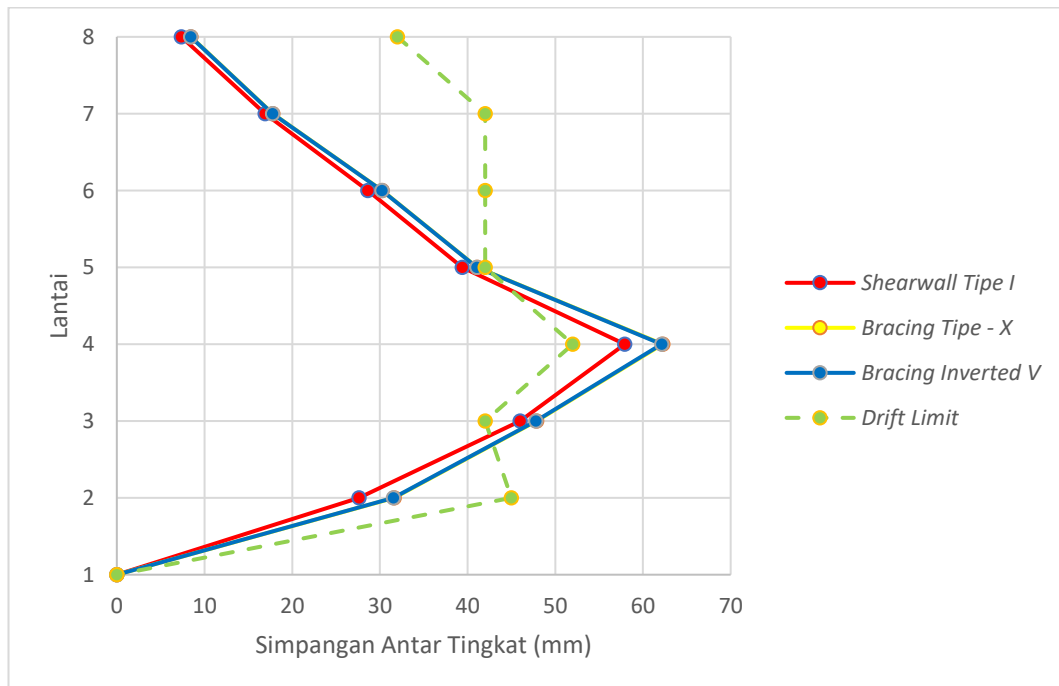
Berdasarkan hasil perhitungan di atas didapatkan hasil sebesar 7,363 mm < 32 mm pada tingkat dak atap struktur *shearwall tipe I*, sehingga simpangan antar lantai dak atap aman. Rekapitulasi perhitungan simpangan antar lantai pada pusat massa pada ketiga struktur dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 5.113 hingga Tabel 5.115 dan grafik simpangan antar tingkat dapat dilihat pada Gambar 5.30 hingga Gambar 5.31 dan grafik *displacement* dapat dilihat pada gambar 5.32 dan Gambar 5.33.

Tabel 5.113 Rekapitulasi Simpangan Antar Lantai Struktur *Shearwall Tipe - I*

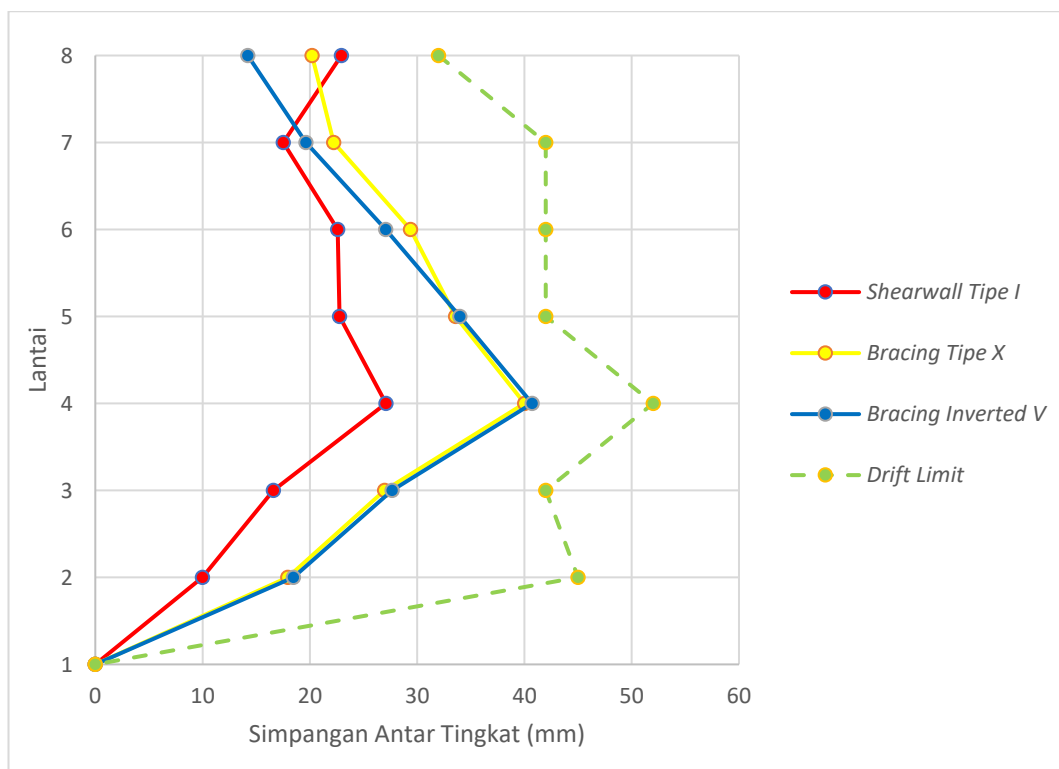
[illegible]

Tabel 5.114 Rekapitulasi Simpangan Antar Lantai Struktur *Bracing Tipe - X*

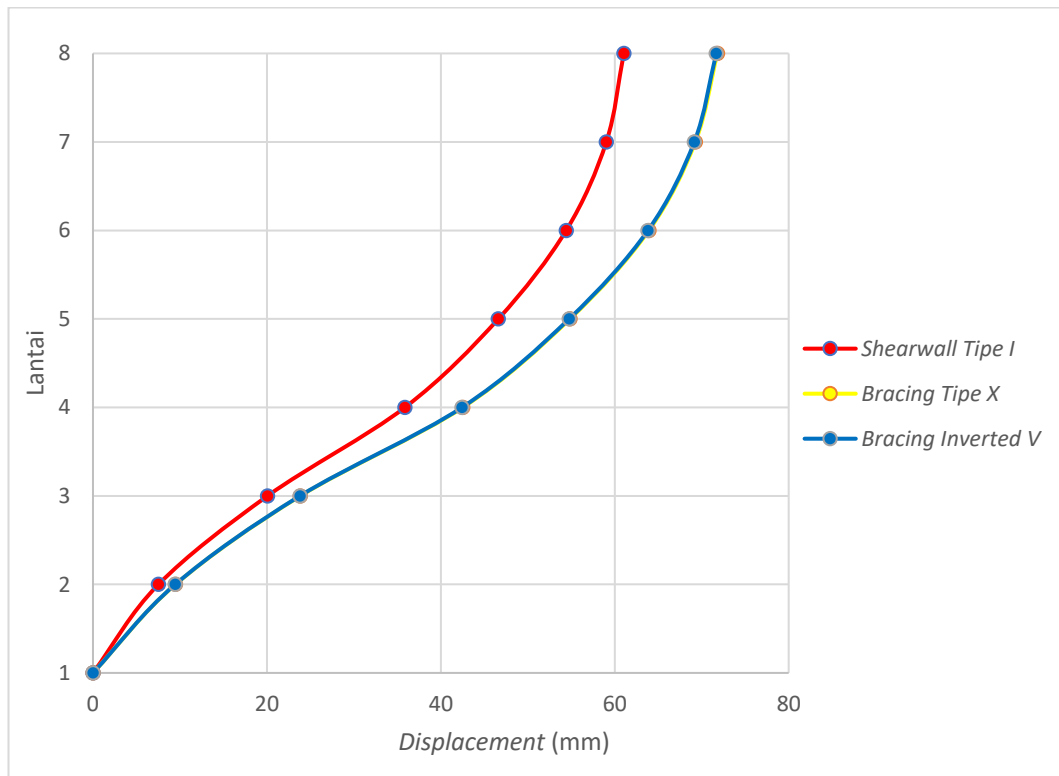
[illegible]



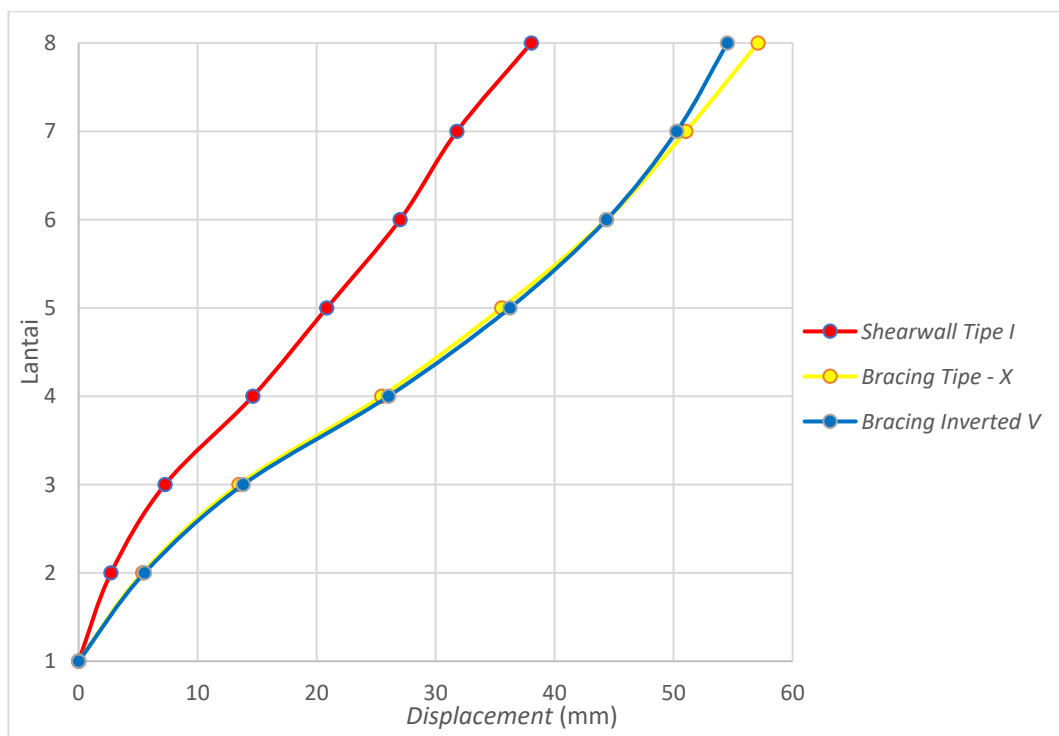
Gambar 5.30 Grafik Simpangan Antar Lantai Arah X



Gambar 5.31 Grafik Simpangan Antar Lantai Arah Y



Gambar 5.32 Grafik Displacement Pada Arah X



Gambar 5.33 Grafik Displacement Pada Arah Y

Berdasarkan Tabel 5.113 hingga Tabel 5.115 serta Gambar 5.33 dan Gambar 5.34 mengenai simpangan antar lantai, diketahui bahwa ketiga struktur pada penelitian ini memiliki simpangan antar lantai di pusat massa arah X yang melebihi batas izin pada lantai 3 dan 4, sedangkan pada arah Y simpangan antar lantai di pusat massa ketiga struktur masih dalam batas aman tidak melebihi batas yang diizinkan. Berdasarkan hasil simpangan antar tingkat diketahui bahwa struktur *shearwall tipe I* lebih efektif dibandingkan *struktur bracing tipe X* dan *bracing inverted V*. Selain itu penelitian ini membuktikan bahwa distribusi kekakuan lateral pada arah X yang tidak cukup kaku sehingga terjadinya simpangan antar lantai arah X yang melebihi batas yang diizinkan. Nilai simpangan antar lantai juga dapat dipengaruhi oleh adanya ketidakberaturan suatu struktur, menurut Tumbal et al (2019) semakin beraturan suatu struktur, maka simpangan yang dihasilkan semakin kecil dibandingkan dengan struktur bangunan tidak beraturan. Adanya temuan simpangan antar lantai yang tidak aman perlu dilakukannya penambahan perkuatan struktur khususnya perkuatan struktur pada arah X.

Selanjutnya berdasarkan Gambar 5.35 dan Gambar 5.36 mengenai *displacement* yang terjadi pada ketiga struktur, diketahui bahwa nilai *displacement* maksimum terbesar pada arah X terjadi pada struktur *bracing tipe X* dengan nilai sebesar 71,804 mm, kemudian pada struktur *bracing inverted V* dengan nilai sebesar 71,674 mm dan *displacement* maksimum terkecil terjadi pada struktur *shearwall tipe I* dengan nilai sebesar 61,039 mm. Sedangkan *displacement* maksimum terbesar pada arah Y terjadi pada struktur *bracing inverted V* dengan nilai sebesar 57,092 mm, kemudian pada struktur *bracing tipe X* dengan nilai sebesar 54,524 mm dan *displacement* maksimum terkecil terjadi pada struktur *shearwall tipe I* dengan nilai sebesar 38,049 mm. Hasil penelitian ini juga selaras dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Nugroho (2018) mengenai pengaruh penggunaan *bracing cross* dan *inverted V* terhadap penulangan kolom bangunan gedung beton bertulang. Berdasarkan penelitian tersebut menunjukkan bahwa nilai *displacement* pada struktur *bracing cross* cenderung kecil dibandingkan struktur *bracing inverted-V* pada arah Y, sedangkan pada arah X struktur *bracing cross* bernilai lebih besar dibandingkan struktur *bracing Inverted-V*.

5.9 Stabilitas Struktur

Stabilitas struktur adalah kemampuan atau ketahanan suatu struktur dalam menjaga bentuk dan stabilitasnya dalam menahan beban-beban yang bekerja. Stabilitas struktur yang dimaksud berupa ketahanan dalam menahan gaya gravitasi, gaya lateral serta pergeseran bentuk dan deformasi yang berlebih pada suatu struktur. Perhitungan stabilitas struktur pada penelitian dapat dilihat sebagai berikut.

1. Perhitungan stabilitas struktur tingkat 8 (dak atap) pada *shearwall tipe - I*

$$\begin{aligned}
 \text{Batas Pengaruh P-delta} &= 0,1 \\
 \beta &= 1 \\
 Cd &= 5,5 \\
 V_x &= 364,9919 \text{ kN} \\
 P &= 1837,9680 \text{ kN} \\
 \Delta x &= 7,363 \text{ mm} \\
 n_{\text{tingkat-n}} &= 3200 \text{ mm} \\
 \theta_{\max} &= \frac{0,5}{(\beta \times Cd)} \\
 &= \frac{0,5}{(1 \times 5,5)} \\
 &= 0,091 \text{ mm} \\
 \theta_{\text{Stabilitas}} &= \frac{P \times \Delta x \times I_e}{V_x \times h_{\text{tingkat-n}} \times Cd} \\
 &= \frac{1837,9680 \times 7,363 \times 1,5}{364,9919 \times 3200 \times 5,5} \\
 &= 0,0032 < \theta_{\max} \\
 &= 0,0032 < 0,091 \text{ (Oke)}
 \end{aligned}$$

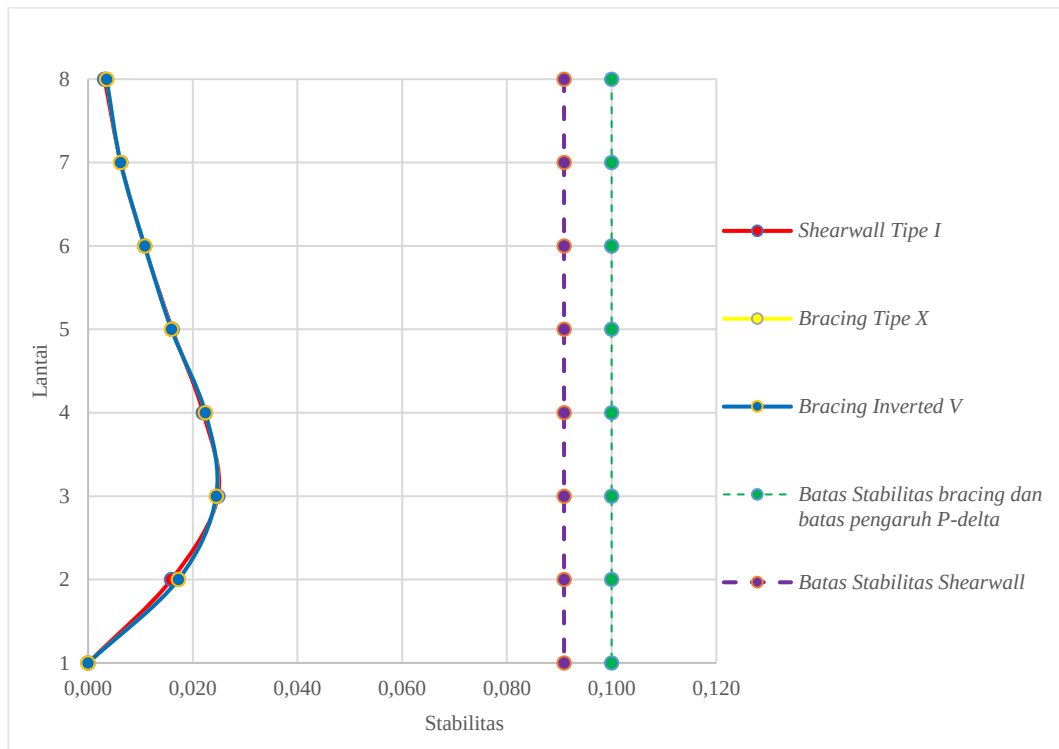
Berdasarkan perhitungan di atas didapatkan hasil sebesar $0,0032 < 0,091$, maka stabilitas struktur yang terjadi pada tingkat 8 (dak atap) aman tidak melebihi stabilitas izin. Rekapitulasi perhitungan stabilitas struktur pada tingkat lainnya dan ketiga struktur dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 5.116 sampai Tabel 5.118 dan grafik stabilitas struktur pada ketiga model struktur dapat dilihat pada Gambar 5.34 dan Gambar 5.35.

Tabel 5.116 Rekapitulasi Perhitungan Stabilitas Struktur Model *Shearwall Tipe - I*

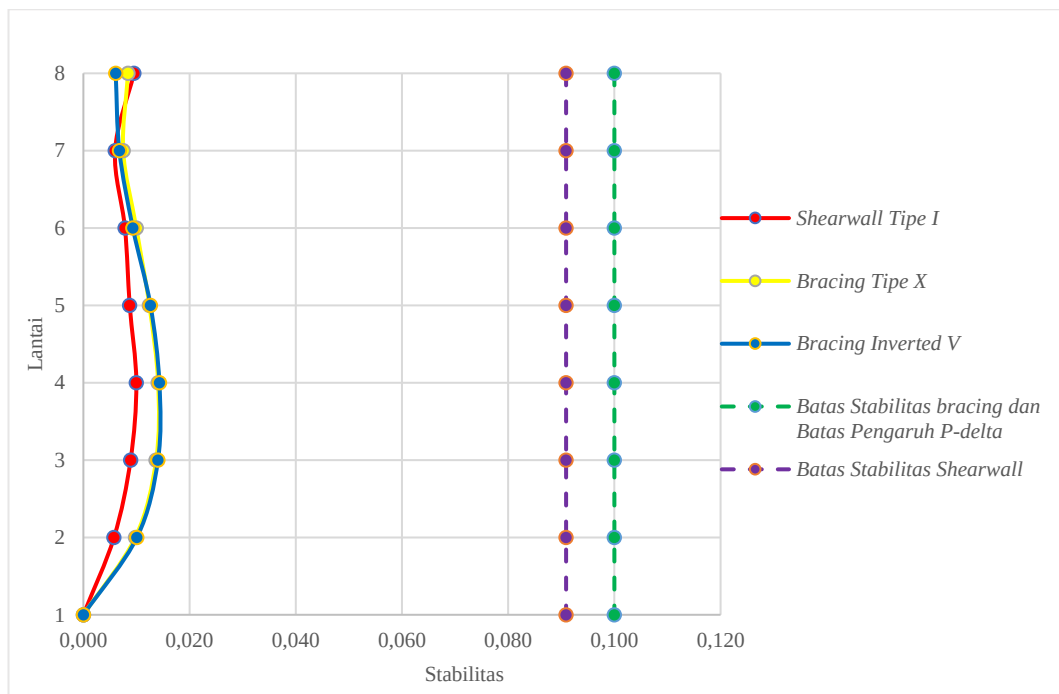
[illegible]

Tabel 5.117 Rekapitulasi Perhitungan Stabilitas Struktur Model *Bracing Tipe - X*

[illegible]



Gambar 5.34 Grafik Stabilitas Struktur Arah X

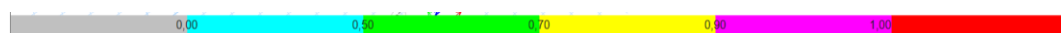


Gambar 5.35 Grafik Stabilitas Struktur Arah Y

Berdasarkan tabel rekapitulasi dan gambar grafik stabilitas struktur diketahui bahwa stabilitas struktur yang dihitung berdasarkan nilai P-delta pada ketiga struktur dalam penelitian ini memiliki stabilitas struktur yang baik, tidak melebihi batas stabilitas struktur yang diizinkan. Faktor yang mempengaruhi mengapa nilai stabilitas struktur *shearwall tipe I* lebih unggul terletak pada nilai simpangan antar lantai yang lebih kecil dibandingkan struktur *bracing tipe X* dan *bracing inverted V*. Nilai simpangan antar lantai yang besar cenderung akan menghasilkan nilai koefisien stabilitas yang besar begitupun sebaliknya. Selain itu, adanya perbedaan nilai gaya desain vertikal total dan gaya geser seismik tingkat juga mempengaruhi hasil perhitungan koefisien stabilitas.

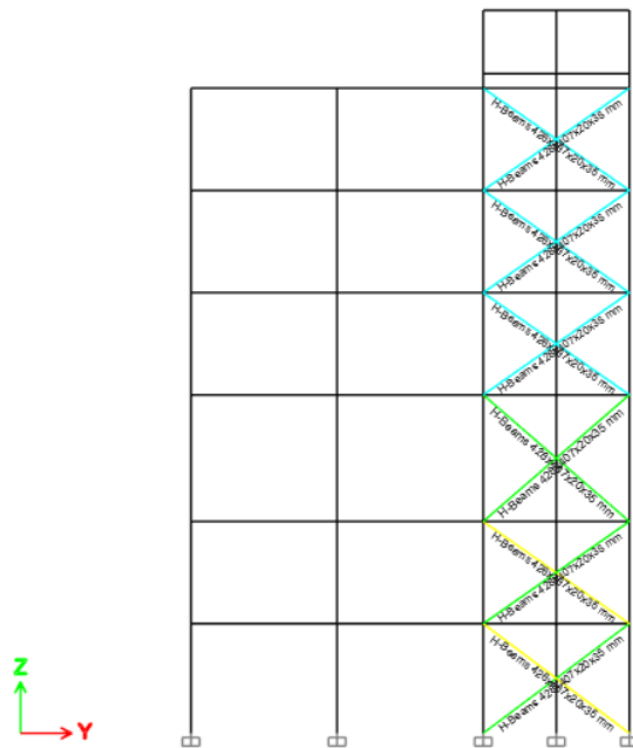
5.10 Keamanan Bracing

Pada sub-bab akan membahas mengenai keamanan *bracing* dalam menahan gaya lateral. Salah satu aspek yang perlu di perhatikan adalah tingkat keamanan dari profil *bracing* yang digunakan. *Software* ETABS V.22 dapat memberikan visualisasi mengenai tingkat keamanan profil baja *bracing* yang digunakan melalui indikator warna dan nilai numerik guna menunjukkan kapasitas yang terjadi pada profil baja *bracing* saat terkena beban. Indikator warna dan nilai numerik tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.36.

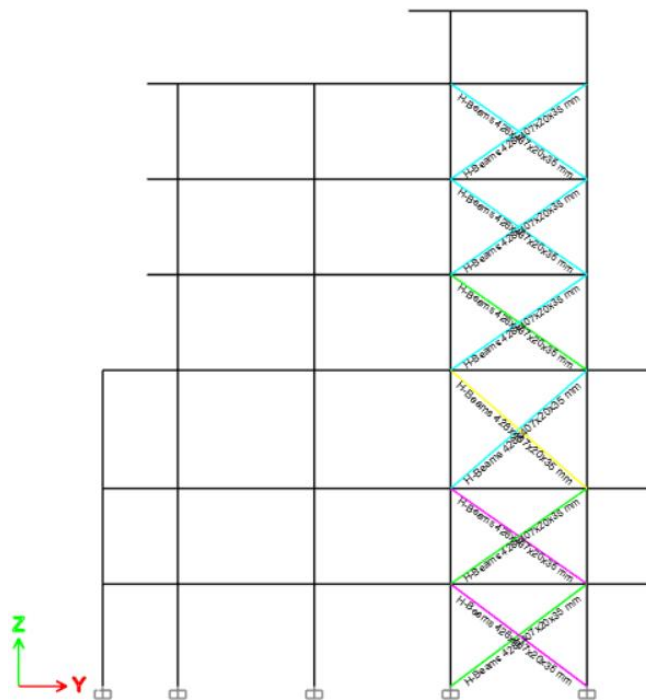


Gambar 5.36 Indikator Warna dan Nilai Numerik Keamanan Baja

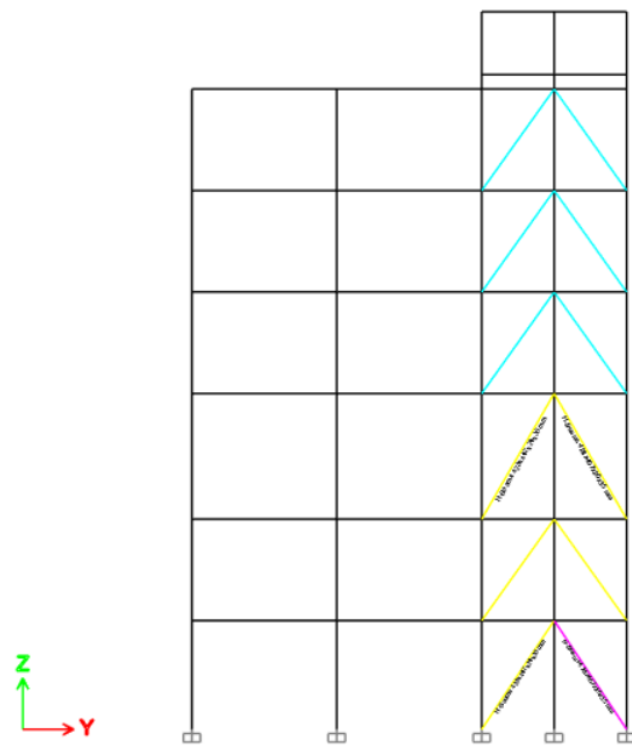
Pada penelitian ini profil baja *bracing* yang digunakan merupakan hasil dari *trial and error* dengan menggunakan *software* ETABS V.22 mengacu pada dimensi profil yang ada dipabrika Indonesia. Didapatkan baja profil H-Beams 428x407x20x35 fy 235 MPa. Adapun cek dari kermanan profil baja tersebut dapat dilihat di halaman selanjutnya.



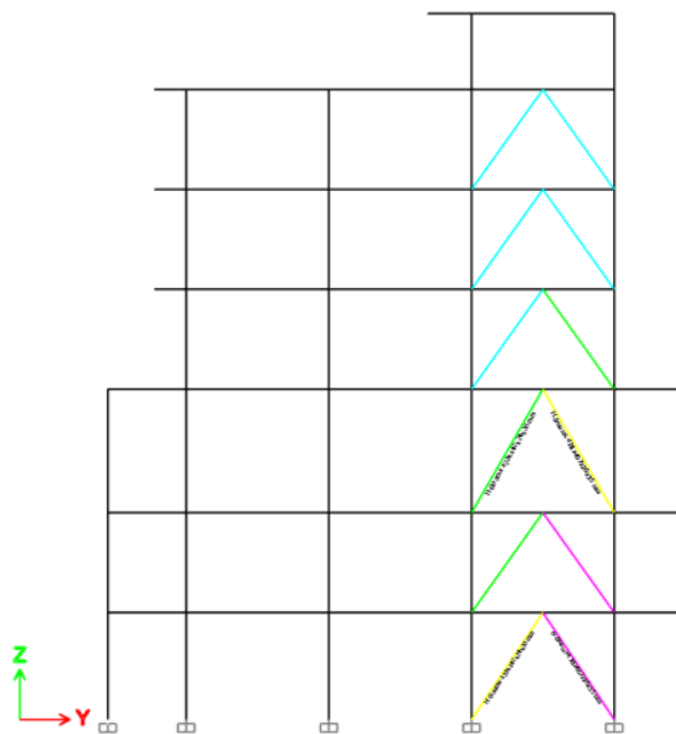
Gambar 5.37 Cek Keamanan Profil Baja *Bracing Tipe X* As 4'' – A/B



Gambar 5.38 Cek Keamanan Profil Baja *Bracing Tipe X* As 11 – A/B



Gambar 5.39 Cek Keamanan Profil Baja *Bracing Inverted V* As 4” – A/B



Gambar 5.40 Cek Keamanan Profil Baja *Bracing Inverted V* As 11 – A/B

ETABS Steel Frame Design

AISC 360-16 Steel Section Check (Strength Summary)

Element Details (Part 1 of 2)

Level	Element	Unique Name	Location (mm)	Combo	Element Type
Lantai 2	D4	91	3146,9	Comb 6 (p)	Special Concentrically Braced Frame

Element Details (Part 2 of 2)

Section	Classification
# H-beam 428x407x20x35	Seismic HD

LLRF and Demand/Capacity Ratio

L (mm)	LLRF	Stress Ratio Limit
7500,0	1	1

Analysis and Design Parameters

Provision	Analysis	2nd Order	Reduction
LRFD	Direct Analysis	General 2nd Order	Tau-b Fixed

Stiffness Reduction Factors

$\alpha P_r / P_y$	$\alpha P_r / P_n$	τ_b	EA factor	EI factor
0,447	0,271	1	0,8	0,8

Seismic Parameters

Ignore Seismic Code?	Ignore Special EQ Load?	Plug Welded?	SDC	I	Rho	S_{DS}	R	Ω_0	C_d
Yes	Yes	Yes	D	1,5	1	0,643	6	2,5	5

Design Code Parameters

ϕ_b	ϕ_c	ϕ_{tr}	ϕ_{wc}	ϕ_v	ϕ_{v-w}	ϕ_{vt}
0,9	0,9	0,9	0,75	0,9	1	1

Section Properties

A (cm ²)	J (cm ⁴)	I_{xx} (cm ⁴)	I_{yy} (cm ⁴)	A_{w1} (cm ²)	A_{w2} (cm ²)
356,6	1228,3	117944,3	39351,7	284,9	85,6

Design Properties

S_{xx} (cm ³)	S_{yy} (cm ³)	Z_{xx} (cm ³)	Z_{yy} (cm ³)	r_{xx} (mm)	r_{yy} (mm)	C_u (cm ⁴)
5511,4	1933,7	6239,1	2934,7	181,9	105,1	15185361,4

Material Properties

E (MPa)	f_y (MPa)	R_y	C_{pf}	α
200000	235	1	1,4	NA

Slenderness Check

Buckling Mode	K Factor	L Length (mm)	r (mm)	KL/r	KL/r Limit	L/r	L/r Limit
Major (3-3)	1	3750	181,9	20,617	200	20,617	300
Minor (2-2)	1	7500	105,1	71,385	200	71,385	300

Gambar 3.41 Hasil Report Frame Bracing Tipe X

Stress Check Forces and Moments						
Location (mm)	P _u (kN)	M _{u1} (kN-m)	M _{u2} (kN-m)	V _{u1} (kN)	V _{u2} (kN)	T _u (kN-m)
3146,9	-3743,2667	-227,3879	-118,1993	-641,0984	-69,7432	-0,9358

Axial Force & Biaxial Moment Design Factors (H1-1a)						
	L Factor	K ₁	K ₂	B ₁	B ₂	C _m
Major Bending	0,5	1	1	1	1	1
Minor Bending	1	1	1	1	1	1

Parameters for Lateral Torsion Buckling		
L _{br}	K _{br}	C _{br}
1	1	1,802

Demand/Capacity (D/C) Ratio Eqn.(H1-1a)	
D/C Ratio =	$(P_u/P_n) + (8/9)(M_{u1}/M_{n1}) + (8/9)(M_{u2}/M_{n2})$
0,962 =	0,64 + 0,153 + 0,169

Axial Force and Capacities		
P _u Force (kN)	φP _n Capacity (kN)	φP _n Capacity (kN)
3743,2667	5849,1391	7539,975

Moments and Capacities				
	M _u Moment (kN-m)	φM _n (kN-m)	φM _n , No LTB (kN-m)	φM _n , Cb=1 (kN-m)
Major Bending	227,3879	1319,5707	1319,5707	1277,1846
Minor Bending	118,1993	620,6801		

Shear Design			
	V _u Force (kN)	φV _n Capacity (kN)	Stress Ratio
Major Shear	641,0984	1086,264	0,59
Minor Shear	69,7432	3615,381	0,019

End Reaction Axial Forces			
Left End Reaction (kN)	Load Combo	Right End Reaction (kN)	Load Combo
-3825,9066	Comb 6 (p)	-3825,9066	Comb 6 (j)

Lanjutan Gambar 3.41 Hasil *Report Frame Bracing Tipe X*

ETABS Steel Frame Design

AISC 360-16 Steel Section Check (Strength Summary)

Element Details (Part 1 of 2)

Level	Element	Unique Name	Location (mm)	Combo	Element Type
Lantai 2	D6	6	0	Comb 6 (p)	Special Concentrically Braced Frame

Element Details (Part 2 of 2)

Section	Classification
# H-Beams 428x407x20x35	Seismic HD

LLRF and Demand/Capacity Ratio

L (mm)	LLRF	Stress Ratio Limit
5408,3	1	1

Analysis and Design Parameters

Provision	Analysis	2nd Order	Reduction
LRFD	Direct Analysis	General 2nd Order	Tau-b Fixed

Stiffness Reduction Factors

$\alpha P_r / P_y$	$\alpha P_r / P_u$	τ_b	EA factor	EI factor
0,588	0,186	0,968878	0,8	0,8

Seismic Parameters

Ignore Seismic Code?	Ignore Special EQ Load?	Plug Welded?	SDC	I	Rho	S_{DS}	R	Ω_0	C_d
Yes	Yes	Yes	D	1,5	1	0,643	6	2,5	5

Design Code Parameters

ϕ_b	ϕ_c	ϕ_{TY}	ϕ_{TF}	ϕ_v	ϕ_{V-RI}	ϕ_{VT}
0,9	0,9	0,9	0,75	0,9	1	1

Section Properties

A (cm ²)	J (cm ⁴)	I ₃₃ (cm ⁴)	I ₂₂ (cm ⁴)	A _{x3} (cm ²)	A _{x2} (cm ²)
356,5	1228,3	117944,3	39351,7	284,9	85,6

Design Properties

S ₃₃ (cm ³)	S ₂₂ (cm ³)	Z ₃₃ (cm ³)	Z ₂₂ (cm ³)	r ₃₃ (mm)	r ₂₂ (mm)	C _w (cm ⁴)
5511,4	1933,7	6239,1	2934,7	181,9	105,1	15185361,4

Material Properties

E (MPa)	f _y (MPa)	R _y	C _p	α
200000	235	1	1,4	NA

Slenderness Check

Buckling Mode	K Factor	L Length (mm)	r (mm)	KL/r	KL/r Limit	L/r	L/r Limit
Major (3-3)	1	5408,3	181,9	29,734	200	29,734	300
Minor (2-2)	1	5408,3	105,1	51,477	200	51,477	300

Gambar 5.42 Hasil Report Frame Bracing Inverted V

Stress Check Forces and Moments

Location (mm)	P_u (kN)	M_{u33} (kN-m)	M_{u22} (kN-m)	V_{u2} (kN)	V_{u3} (kN)	T_u (kN-m)
0	-4927,8566	-133,2389	46,8782	-31,181	11,6462	-0,1487

Axial Force & Biaxial Moment Design Factors (H1-1a)

	L Factor	K_1	K_2	B_1	B_2	C_m
Major Bending	1	1	1	1	1	1
Minor Bending	1	1	1	1	1	1

Parameters for Lateral Torsion Buckling

L_{tb}	K_{tb}	C_b
1	1	2,07

Demand/Capacity (D/C) Ratio Eqn.(H1-1a)

D/C Ratio =	$(P_u/P_c) + (8/9)(M_{u33}/M_{c33}) + (8/9)(M_{u22}/M_{c22})$
0,903 =	0,746 + 0,09 + 0,067

Axial Force and Capacities

P_u Force (kN)	ϕP_{nc} Capacity (kN)	ϕP_{nt} Capacity (kN)
4927,8566	6607,3204	7539,975

Moments and Capacities

	M_u Moment (kN-m)	ϕM_n (kN-m)	ϕM_n No LTB (kN-m)	$\phi M_n C_b=1$ (kN-m)
Major Bending	133,2389	1319,5707	1319,5707	1319,291
Minor Bending	46,8782	620,6801		

Shear Design

	V_u Force (kN)	ϕV_n Capacity (kN)	Stress Ratio
Major Shear	31,181	1086,264	0,029
Minor Shear	11,6462	3615,381	0,003

End Reaction Axial Forces

Left End Reaction (kN)	Load Combo	Right End Reaction (kN)	Load Combo
-4927,8566	Comb 6 (p)	-4927,8566	Comb 6 (l)

Lanjutan Gambar 5.42 Hasil Report Frame Bracing Inverted V

Berdasarkan hasil Gambar 5.37 hingga Gambar 5.40 maka baja *bracing* H-Beams 428x407x20x35 memenuhi syarat keamanan profil yang ditunjukkan tidak adanya *frame* berwarna merah pada setiap tingkat baik itu untuk struktur *bracing tipe X* maupun *bracing inverted V*. Selain itu, berdasarkan hasil *report frame* diketahui bahwa *Demand/Capacity* (D/C) ratio menunjukkan bahwa *frame* yang dihasilkan tidak ada yang melebihi 1 sehingga *frame* masih dalam kategori aman untuk digunakan.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis struktur dalam penelitian ini mengenai perbandingan *frame wall* dan *frame global bracing*, respon struktur yang dihasilkan dari ketiga struktur dalam analisis ini dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Berdasarkan hasil nilai *base shear* yang terjadi pada ketiga struktur dalam penelitian ini, diketahui nilai *base shear* maksimum terbesar terjadi pada struktur *bracing tipe X* sebesar 14649,40 kN, kemudian disusul struktur *bracing inverted V* sebesar 14627 kN dan struktur *shearwall tipe I* sebesar 12759,43 kN. Adapun mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi perbedaan nilai *base shear* pada ketiga model penelitian ini adalah perbedaan nilai koefisien modifikasi respon (R). Perbedaan nilai koefisien modifikasi respon tersebut akan mempengaruhi nilai koefisien respon seismik (C_s) yang akan digunakan dalam perhitungan *base shear* statik (V). Selain itu, perbedaan nilai koefisien modifikasi respon juga akan mempengaruhi nilai kuantitas (R/I_e), dengan adanya perbedaan nilai kuantitas (R/I_e) nilai *base shear* respon spektrum yang dihasilkan juga akan berbeda. Perbedaan nilai *base shear* statik juga akan mempengaruhi nilai *base shear* ragam dikarenakan umumnya analisis dengan metode respon spektrum pasti akan terjadi penskalaan gaya, di mana penskalaan gaya akan dihitung dengan nilai *base shear* statik (V) dibagi dengan *base shear* ragam (V_t) atau (V/V_t).
2. Kesimpulan ketidakberaturan struktur sebagai berikut.
 - a. Ketidakberaturan horizontal yang dihasilkan dari penelitian ini menunjukkan ketiga struktur memiliki ketidakberaturan sudut dalam pada arah X, sehingga perlu memenuhi beberapa konsekuensi dari efek ketidakberaturan horizontal yang terjadi. Adapun konsekuensi tersebut

berupa peningkatan 25% gaya desain dan melakukan analisis sesuai dengan Tabel 16 SNI 1726 – 2019 mengenai prosedur analisis yang diizinkan.

- b. Ketidakberaturan vertikal yang dihasilkan dari penelitian ini menunjukkan bahwa ketiga model struktur mengalami adanya ketidakberaturan vertikal kekakuan tingkat lunak dan ketidakberaturan berat (massa). Terjadinya ketidakberaturan vertikal ini maka perlu memenuhi konsekuensi yang harus di sertakan dalam proses analisis. Adapun konsekuensi tersebut berupa pemilihan prosedur analisis yang diizinkan sesuai dengan Tabel 16 SNI 1726 – 2019. Penyebab adanya ketidakberaturan kekakuan lateral 1a dalam penelitian disebabkan oleh adanya perbedaan tinggi tingkat di obyek bangunan sehingga menyebabkan kekakuan antar lantai yang berbeda-beda. Selain itu, tipe bangunan obyek penelitian yang merupakan tipe *setback* juga dapat mempengaruhi hasil kekakuan antar lantai dikarenakan tipe bangunan *setback* memiliki perbedaan pusat massa dan pusat kekakuan tiap lantai sehingga menghasilkan distribusi massa dan kekakuan yang tidak merata baik secara horizontal maupun vertikal.
3. Berdasarkan hasil analisis simpangan antar lantai yang terjadi pada pusat massa, diketahui nilai simpangan antar lantai yang terjadi pada arah X di ketiga model struktur memiliki nilai simpangan antar lantai yang melebihi batas izin pada lantai 3 dan 4. Sedangkan nilai simpangan antar lantai pada arah Y di ketiga model struktur tidak mengalami adanya nilai simpangan yang melebihi batas izin. Meskipun begitu, berdasarkan hasil perbandingan nilai simpangan antar lantai diketahui struktur *shearwall tipe I* lebih unggul dibandingkan struktur *bracing tipe X* dengan presentase selisih rata-rata sebesar 7,28% arah X dan sebesar 29,04% pada arah Y. Selain itu, struktur *shearwall tipe I* lebih unggul dibandingkan struktur *bracing inverted V* dengan presentase selisih rata-rata sebesar 7,09% arah X dan sebesar 31,09% arah Y. Namun masih perlu dilakukannya penambahan perkuatan struktur agar dapat memenuhi kriteria simpangan antar lantai khususnya pada arah X.

Hasil simpangan antar lantai dalam penelitian ini dipengaruhi distribusi kekakuan lateral pada arah X tidak cukup kaku sehingga terjadinya simpangan antar lantai arah X yang melebihi batas yang diizinkan. Selain itu, faktor yang mempengaruhi nilai simpangan ialah adanya ketidakberaturan struktur dikarenakan pada struktur yang tidak beraturan dapat mempengaruhi respon dan kinerja struktur.

4. Nilai stabilitas struktur yang terjadi pada ketiga model struktur dalam penelitian ini, menunjukkan bahwa ketiga struktur memiliki nilai stabilitas yang baik dan tidak melebihi batas izin. Namun jika dilihat dari hasil perbandingan struktur *shearwall tipe I* lebih unggul dibandingkan struktur *bracing tipe X* dan *bracing inverted V*. Presentase selisih rata-rata antara struktur *shearwall tipe I* dan *bracing tipe X* sebesar 3,33% arah X dan 26,95% arah Y. Sedangkan presentase selisih rata-rata antara struktur *shearwall tipe I* dengan *bracing inverted V* sebesar 3,25% arah X dan 29,25% arah Y. Namun tidak menutup kemungkinan struktur *bracing* digunakan sebagai alternatif pengganti *shearwall*, terlebih dalam penggunaan perbaikan struktur sangat disarankan menggunakan *bracing* dikarenakan dapat mempermudah pelaksanaan dalam perbaikan struktur di lapangan. Faktor yang mempengaruhi mengapa nilai stabilitas struktur *shearwall tipe I* lebih unggul terletak pada nilai simpangan antar tingkat yang lebih kecil dibandingkan struktur *bracing tipe X* dan *bracing inverted V*. Selain itu, adanya perbedaan nilai gaya desain vertikal total dan gaya geser seismik tingkat juga mempengaruhi hasil perhitungan koefisien stabilitas.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut.

1. Melakukan penelitian respon struktur dengan berbagai jenis pengaku menggunakan metode lain seperti *time history analysis* maupun *pushover analysis*.

2. Perlu dilakukan penelitian dengan mempertimbangkan efek dari ketidakberaturan horizontal dan ketidakberaturan vertikal.
3. Mengingat obyek struktur merupakan bangunan rill maka disarankan melakukan analisis perkuatan tambahan menggunakan *bracing inverted V*, sesuai dengan hasil penelitian *bracing inverted V* lebih unggul dibandingkan *bracing tipe-X*
4. Melakukan penelitian dengan variasi penempatan sistem pengaku atau menggunakan variasi sistem pengaku lainnya.
5. Melakukan penelitian dengan variasi penempatan *shearwall* diposisi yang berbeda dari posisi eksisting guna mendapatkan letak *shearwall* yang tepat dalam menahan nilai *displacement* dan simpangan antar lantai.

DAFTAR PUSTAKA

- American Society of Civil Engineers, 2017. *Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures*
- American Institute of Steel Construction, 2011, *Steel construction manual fourteenth edition american institute of steel construction*, United States of America.
- Badan Standar Nasional Indonesia, 2017, 'Baja tulangan beton', 1–19. Jakarta
- Badan Standar Nasional Indonesia, 2019, 'Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur gedung dan nongedung', 1–254. Jakarta
- Badan Standar Nasional Indonesia, 2019, 'Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung', 1–720. Jakarta
- Badan Standar Nasional Indonesia, 2020, *Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain*, Jakarta .
- Cari, K. C., & Bramantoro, D. T. A. (2023). Pengaruh Bentuk Bracing Eksentris pada Struktur Gedung Baja terhadap Kinerja Struktur dengan Analisis Gempa Respon Spektrum. *Composite: Journal Of Civil Engineering* 2023, 02, 25–32.
- Fitriyati, E.N. & Trimurtiningrum, R., 2022, *Studi Perbandingan Perilaku Sistem Rangka Bresing Tipe X-1 dan Tipe X-2 Pada Gedung Perkuliahan 10 Lantai*, vol. 3, Surabaya.
- Hyundai, 2018, 'Planning hyundai elevator'.
- Indrastanto, A.A.P., 2020, 'Studi Komparatif Struktur Beton Bertulang Menggunakan Bresing V dan Inverted V Dengan Variasi Penempatan Bresing', *e-journal.uajy.ac.id*.
- Jason, D.J. & Tjong, L.F., 2022, 'Studi Komparasi Perilaku Gedung Beton Bertulang Dengan Ketidakberaturan Vertikal Tipe 2 Menggunakan Dinding Geser Dan Rangka Bresing Konsentrik Inverted-V', *Dinamika Teknik Sipil*, Volume 15(Nomor 2), 91–97.

- Laissy, M.Y., 2022, ‘*Effect of Different Types of Bracing System and Shear Wall on the Seismic Response of RC Buildings Resting on Sloped Terrain*’, *Civil Engineering Journal (Iran)*, 8(9), 1958–1976.
- Muhammad Aulia, R., 2021, *Studi Komparasi Respon Struktur Pada Gedung Bertingkat Dengan Sistem Dinding Geser dan Pertambatan (Comparative Study Of Structural Response On Multi-Story Buildings With Shearwall And Bracing Systems)*, Yogyakarta.
- Nugroho, F., 2017, ‘Pengaruh Dinding Geser Terhadap Perencanaan Kolom dan Balok Bangunan Gedung Beton Bertulangan’, *Jurnal Momentum*, 19(1), 1693–752.
- Nugroho, F., 2018, ‘Pengaruh Penggunaan Bresing Cross Dan Inverted V Terhadap Penulangan Kolom Gedung Beton Bertulang’, *Jurnal Momentum*, Vol. 29 No 2, 94–101.
- Prathama, A.H., 2021, ‘Comparison Of Structural Dynamic Response On Highrise Buildings With A Variety Of Shear Wall’s Shapes And Placement Referring To SNI 1726-2019 Code’, *Tugas Akhir*, 1–223.
- Pawirodikromo, W., 2012. *Seismogi Teknik & Rekayasa Kegempaan*. Edisi Pertama. Pustaka Pelajar. Yogyakarta.
- Pusat Studi Gempa Nasional, 2017, *Peta sumber dan bahaya gempa Indonesia tahun 2017*, Jakarta.
- Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG, 2025), “Peta Patahan / *fault* / sesar dan Kawasan rawan bencana gempa bumi” tersedia di [Portal Mitigasi Bencana Geologi Indonesia](#) [di akses tahun 2025].
- Rathod, P. & Shah, D.D., 2022, “*Comparison of Seismic Resistance of Moment Resisting RC Building using Shear wall and Bracing*,” *Article in International Journal of Research in Engineering and Technology*, 09(09).
- Santi, G. & Hutahaean, A., *Kajian Pemakaian Shear Wall dan Bracing pada Gedung Bertingkat*.
- Schueller, W., 1989. *Struktur Bangunan Bertingkat Tinggi*. PT.ERESCO. Bandung

- Sibagariang, I.S. & Tarigan, S.D., 2022, ‘Analisis Struktur Portal Baja Dengan Sistem Rangka Bresing Konsentrik Khusus (SRBKK) Dengan Menggunakan Peta Gempa 2017’, *Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil (JRKMS)*, 5(2), 69–81.
- Subaga, M.R., Garnida, H. & Ryanto, M., 2022, *Analisis Perilaku Struktur Gedung 15 Lantai Dengan Pengaku Dinding Geser (Shear Wall) Tipe Side Wall Terhadap Beban Gempa Rencana Berdasarkan SNI Gempa 1726:2012*, vol. 2, Bulan Maret Tahun, Kota Bandung, Jawa Barat.
- Tumbal T.E.F, Windah, R.S. & Mondoringin, M.R.I.A.J., 2019, ‘Pengaruh Set-Back Pada Tingkat Teratas Bangunan Bertingkat Akibat Gempa’, *Jurnal Sipil Statik*, 7(Juni), 615–626.
- United States Geological Survey (USGS, 2025), “Episenter Gempa Bumi di Sekitar Wilayah Rengasdengklok” tersedia di [Latest Earthquakes](#) [di akses tahun 2025].

LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat keterangan bebas plagiasi



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

SURAT KETERANGAN HASIL CEK PLAGIASI

Nomor: 2725544723/Perpus./10/Dir.Perpus/VII/2025

Bismillaahirrahmaanirrahiim

Assalamualaikum Wr. Wb.

Dengan ini, menerangkan Bahwa:

Nama : Bayu Muhammad Iqbal
Nomor Mahasiswa : 21511091
Pembimbing : Ir. Yunalia Muntafi S.T., M.T., PhD. (Eng)., IPM.
Fakultas / Prodi : Teknik Sipil dan Perencanaan/ Teknik Sipil
Judul Karya Ilmiah : PERBANDINGAN RESPON STRUKTUR FRAME- WALL DAN
FRAME-GLOBAL BRACING GEDUNG ENAM LANTAI AKIBAT
BEBAN GEMPA DENGAN METODE RESPON SPEKTRUM

Karya ilmiah yang bersangkutan di atas telah melalui proses cek plagiasi menggunakan **Turnitin** dengan hasil kemiripan (*similarity*) sebesar **4 (Empat) %**.

Demikian Surat Keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 8/5/2025

Direktur



Muhammad Jamil, SIP.

Lampiran 2 N-SPT

Keterangan :					Proyek		Pembuatan Master Plan & DED RSUD Rengas Dengklok Karawang								
					No. titik		BH.1		Tipe Mesin		YBM 01				
					Lokasi		Rengasdengklok		Tipe Penginti		Single				
					Kota/Kab		Karawang		Dia. Penginti		73 mm				
					Provinsi		Jawa Barat		Jml Kedalaman		42 m				
					Dia.Casing		89 mm		MAT (m)		-1.70				
					Koordinat		X.754033		Juru Bor		Dede				
Y.9317129		Pen. Jawab		Roni Purawinata											
Tanggal	Kedalaman (m)	Cara Pemboran	Kedalaman Casing	Core Recovery (%)	N-SPT				Grafik SPT	Contoh Tanah	MAT	Profil Bor	Deksripsi Tanah/ Batuan		
					N1	N2	N3	N2-N3	N'						
06 s/d 10 September 2018	1	Bor kering	-	15m											
	2				2	3	3	6	5		SPT-1	☒		Lempung lanaun warna abu abu konsistensi teguh	
	3										UDS-1	■			
	4				2	4	4	8	6		SPT-2	☒			
	5														
	6				4	5	6	11	9		SPT-3	☒			Lempung lanaun warna abu abu konsistensi sangat teguh
	7														
	8				4	6	8	14	13		SPT-4	☒			
	9														
	10				5	7	10	17	16		SPT-5	☒			
	11														
	12				5	7	12	19	19		SPT-6	☒			
	13														
	14				7	7	15	22	22		SPT-7	☒			
	15														
16	5	7	10	17	17		SPT-8	☒				Lempung lanauan warna abu abu konsistensi keras			
17								UDS-2	■						
18	7	10	13	23	23		SPT-9	☒							
19															
20	7	9	15	24	24		SPT-10	☒							
21															
22	6	10	16	24	24		SPT-11	☒				Lempung warna abu abu konsistensi keras			
23															
24	9	9	17	26	26		SPT-12	☒				Lempung pasiran warna abu abu kekuningan konsistensi keras			
25															
26	10	14	17	31	31		SPT-13	☒							
27															
28	8	10	23	33	33		SPT-14	☒				Lempung warna abu abu kekuningan konsistensi keras			
29															
30	17	21	25	46	46		SPT-15	☒							

Note :

Sample

Spiral

Cutting

☒

 SPT

Keterangan :										Proyek		Pembuatan Master Plan & DED RSUD Rengas Dengklok Karawang					
										No. titik		BH.1		Tipe Mesin		YBM 01	
										Lokasi		Rengas Dengklok		Tipe Penginti		Single	
										Kota/Kab		Karawang		Dia. Penginti		73 mm	
										Provinsi		Jawa Barat		Jml Kedalaman		42 m	
										Dia.Casing		89 mm		MAT (m)		-1.70	
										Koordinat		X.754033		Juru Bor		Dede	
												Y.9317129		Pen. Jawab		Roni Purawinata	

Tanggal	Kedalaman (m)	Cara Pemboran	Kedalaman Casing	Core Recovery (%)	N-SPT				Grafik SPT	Contoh Tanah	MAT	Profil Bor	Deksripsi Tanah/ Batuan	
					N1	N2	N3	N2+N3						
					N'									
06 s/d 10 September 2018	31	Bor kering	-15m		15	17	20	37	37		SPT-16		Lempung warna abu abu konsistensi sangat keras	
	32										SPT-17			
	33												SPT-18	
	34												SPT-19	
	35												SPT-20	
	36												SPT-21	
	37													
	38													
	39													
	40													
41														
42														
43														
44														
45														
46														
47														
48														
49														
50														
51														
52														
53														
54														
55														
56														
57														
58														
59														
60														

Note : Sample Spiral Cutting SPT

Keterangan :					Proyek		Pembuatan Master Plan & DED RSUD Rengas Dengklok Karawang												
					No. titik	BH.2		Tipe Mesin	YBM 01										
					Lokasi	Rengas Dengklok		Tipe Penginti	Single										
					Kota/Kab	Karawang		Dia. Penginti	73 mm										
					Provinsi	Jawa Barat		Jml Kedalaman	4.0 m										
					Dia.Casing	89 mm		MAT (m)	-1.70										
					Koordinat	X.753927		Juru Bor	Dede										
						Y.9317119		Pen. Jawab	Roni Purawinata										
Tanggal	Kedalaman (m)	Cara Pembooran	Kedalaman Casing	Core Recovery (%)	N-SPT		Grafik SPT	Contoh Tanah	MAT	Profil Bor	Deksripsi Tanah/ Batuan								
					N1	N2						N3	N2+N3	N'					
10 s/d 13 September 2018	1	Bor kering				2	3	4	7	5	SPT-1	☒		Lempung lanauan warna abu abu konsistensi sangat teguh					
	2													SPT-2	☒	Lempung warna abu abu konsistensi teguh			
	3																		
	4																		
	5																		
	6																		
	7																Lempung warna abu abu konsistensi keras		
	8																		
	9																		
	10																		
	11																		
	12																	Lempung pasiran warna abu abu kekuningan konsistensi keras	
	13																		
	14																		
	15																		
16																			
17														Lempung pasiran warna abu abu kekuningan konsistensi sangat keras					
18																			
19																			
20																			
21																			
22															Lempung pasiran warna abu abu kekuningan konsistensi sangat keras				
23																			
24																			
25																			
26																			
27																Lempung pasiran warna abu abu kekuningan konsistensi sangat keras			
28																			
29																			
30																			
31																			

Note :

Sample

Spiral

Cutting

SPT

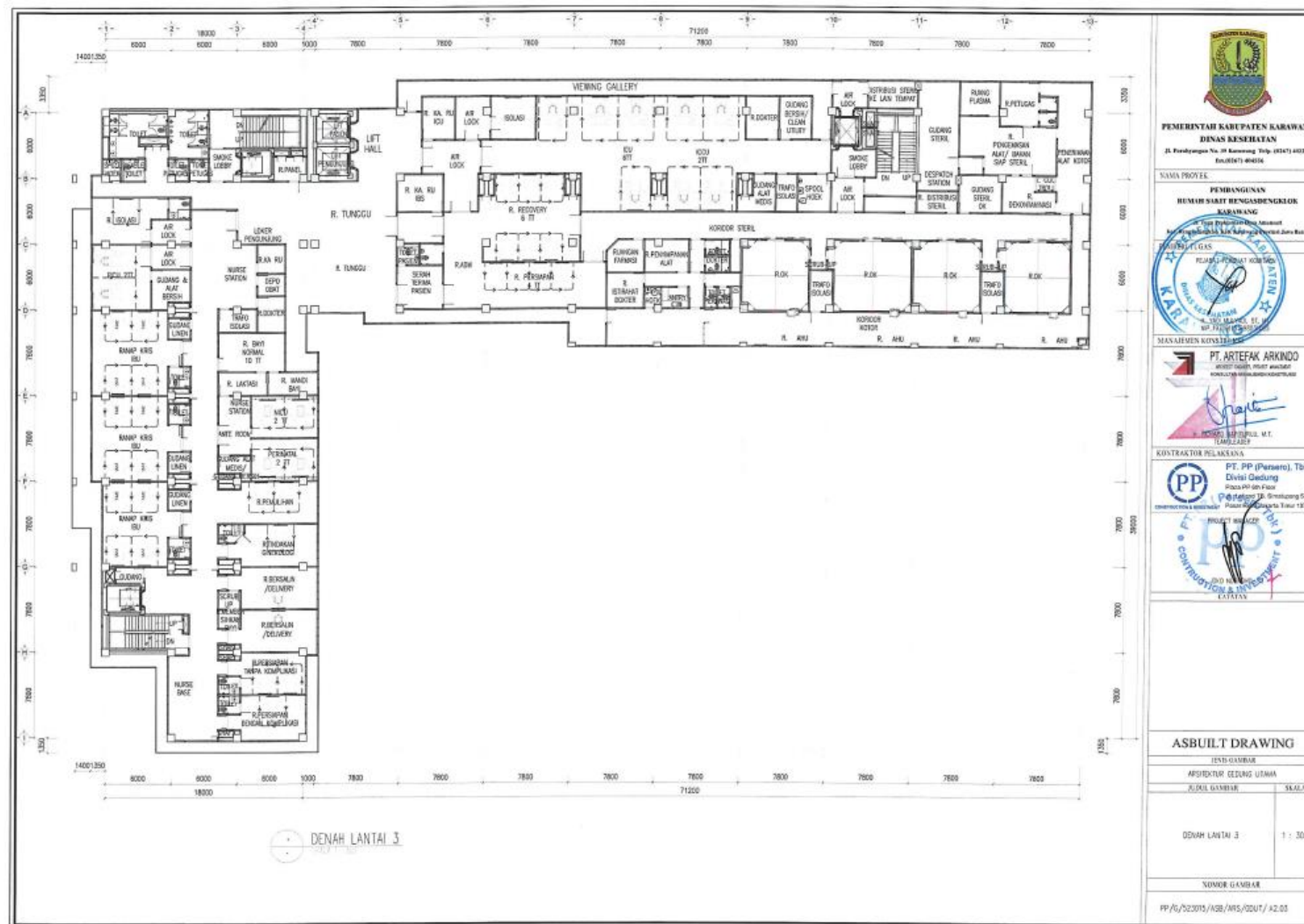
Keterangan :										Proyek		Pembuatan Master Plan & DED RSUD Rengas Dengklok Karawang					
										No. titik		BH.2		Tipe Mesin		YBM 01	
										Lokasi		Rengas Dengklok		Tipe Penginti		Single	
										Kota/Kab		Karawang		Dia. Penginti		73 mm	
										Provinsi		Jawa Barat		Jml Kedalaman		40 m	
										Dia.Casing		89 mm		MAT (m)		-1.70	
										Koordinat		X.753927		Juru Bor		Dede	
												Y.9317119		Pen. Jawab		Roni Purawinata	

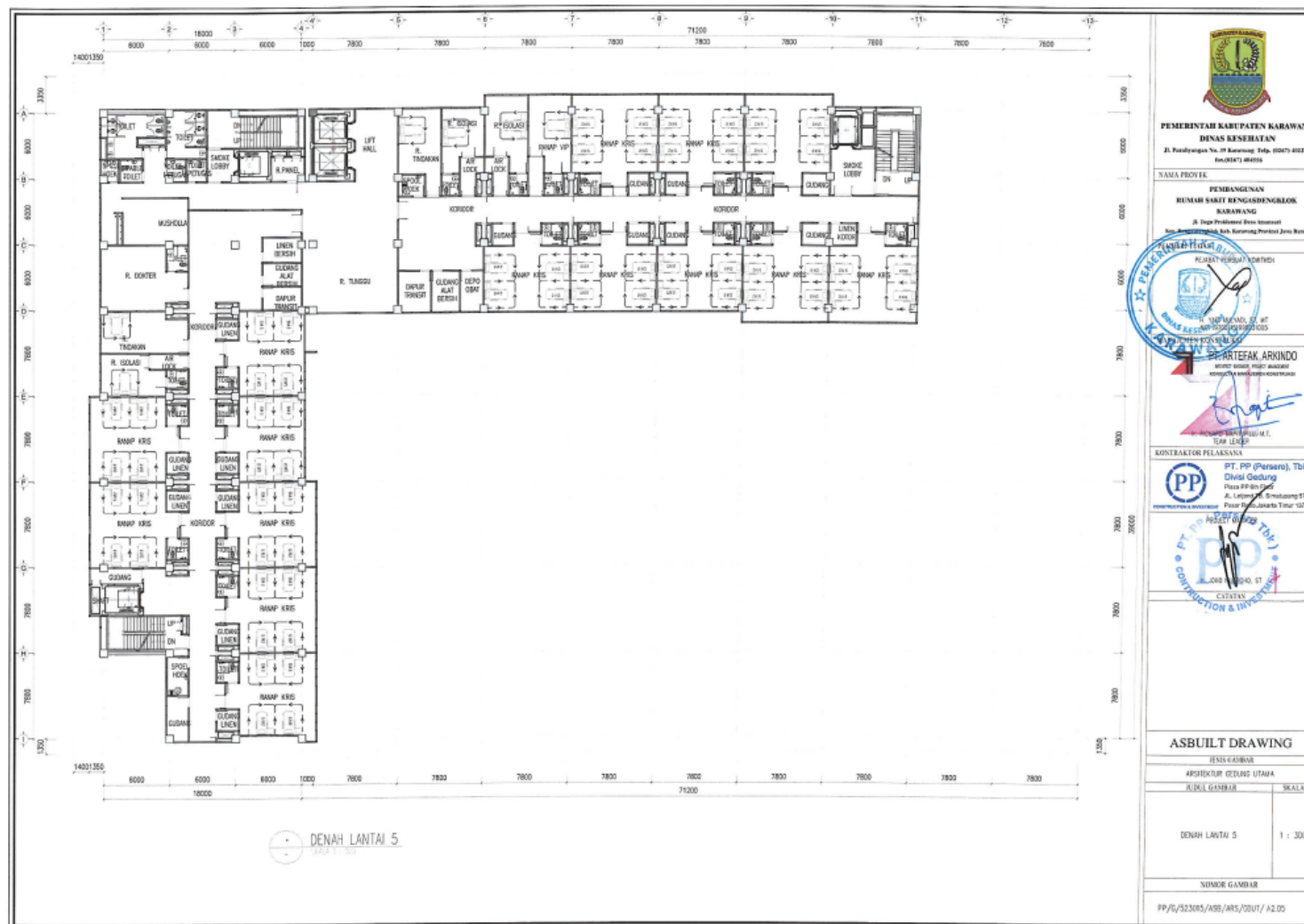
Tanggal	Kedalaman (m)	Cara Pemboran	Kedalaman Casing	Core Recovery (%)	N-SPT					Grafik SPT	Contoh Tanah	MAT	Profil Bor	Deksripsi Tanah/ Batuan	
					N1	N2	N3	N2+N3	N'						
					10	20	30	40	50						
10 s/d 13 September 2018	31	Bor kering	-15m												
	32			15	17	23	40	40		SPT-16		Lempung pasiran warna abu abu kekuningan konsistensi sangat keras			
	33														
	34			19	25	27	52	52		SPT-17					
	35														
	36														
	37														
	38														
	39														
	40														
	41														
	42														
	43														
	44														
	45														
	46														
	47														
	48														
	49														
	50														
	51														
	52														
	53														
	54														
	55														
	56														
	57														
	58														
	59														
	60														

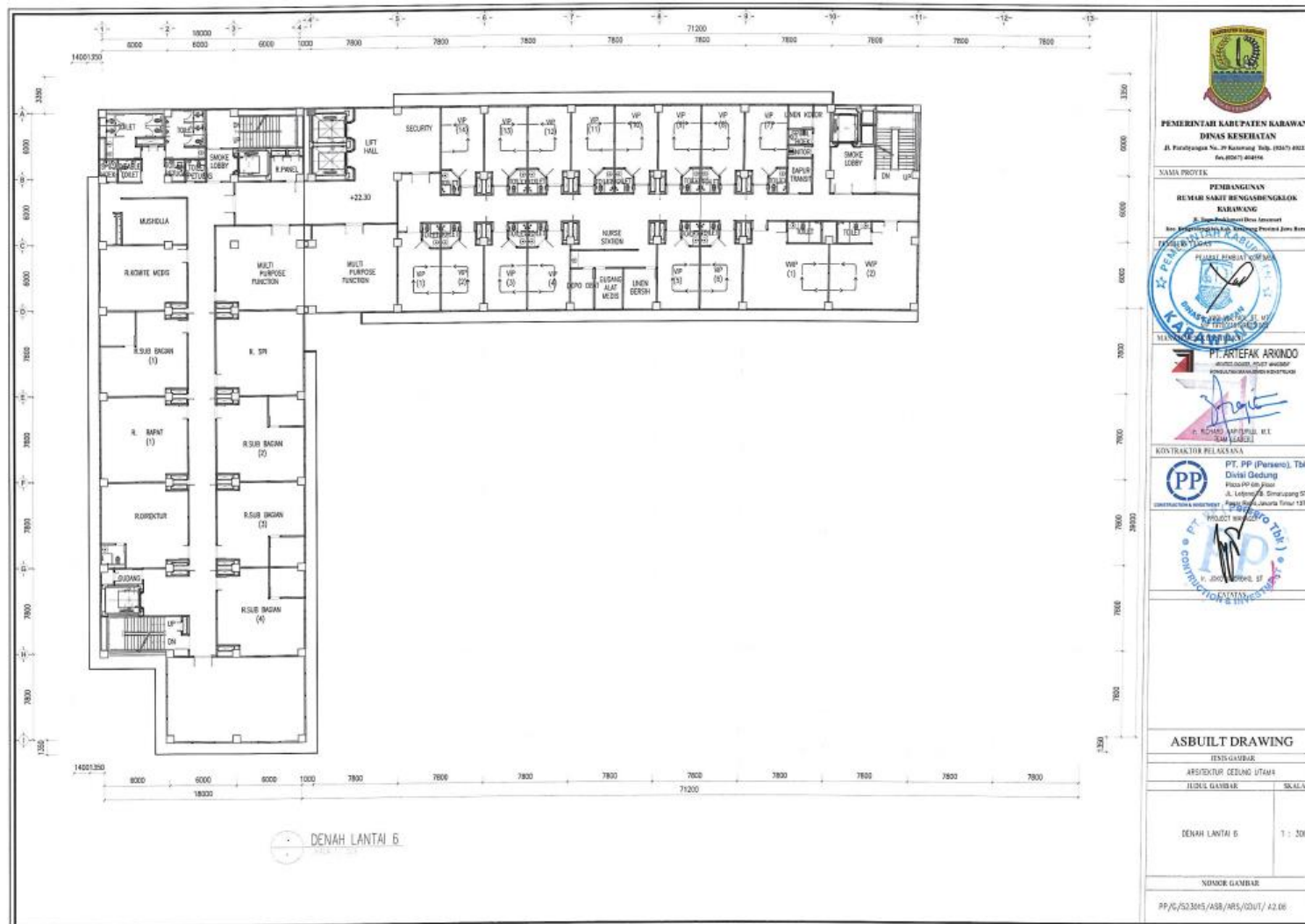
Note :  Sample  Spiral  Cutting  SPT

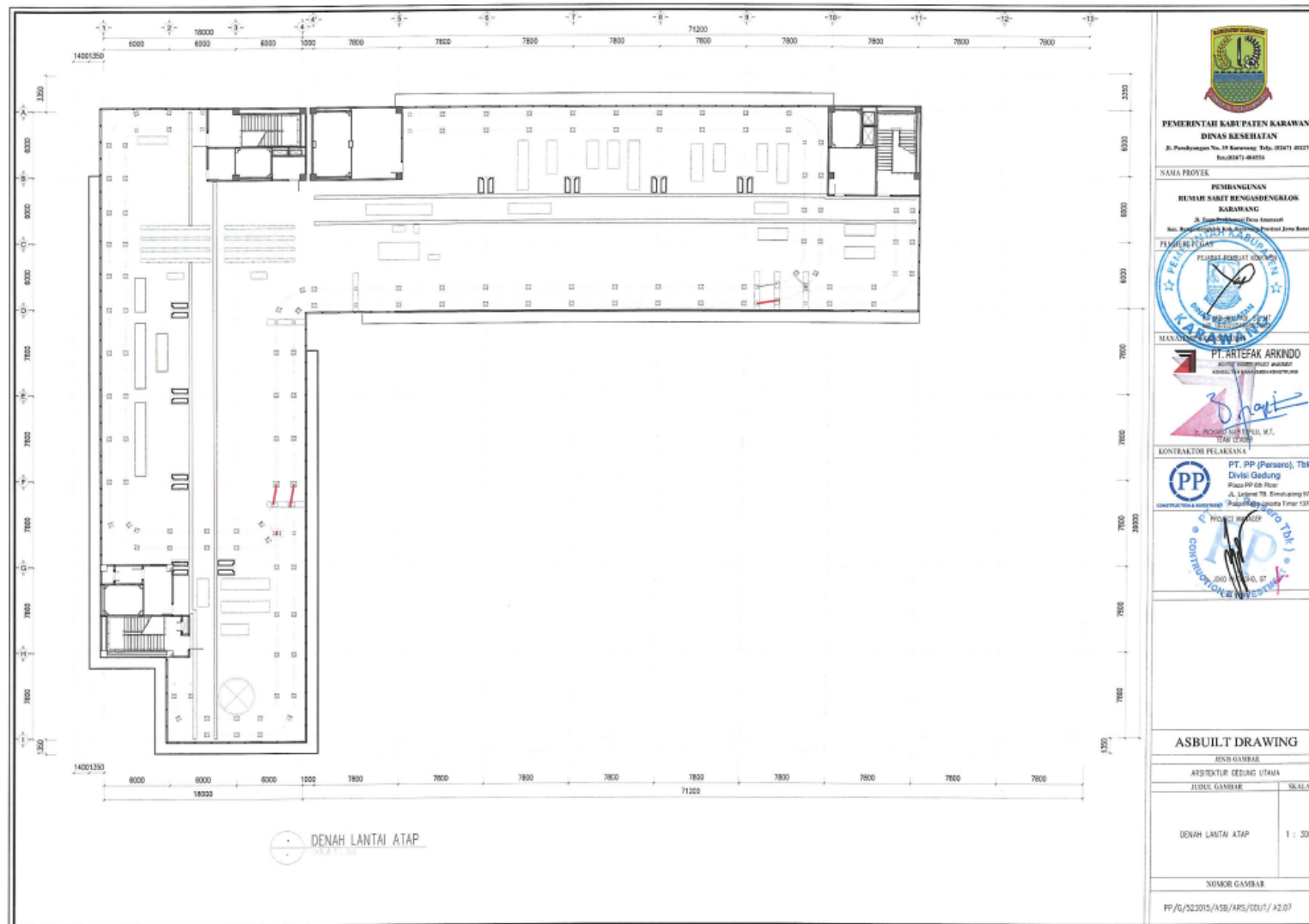
LOKASI : RENCANA GEDUNG RSUD RENGASDENGKLOK**(SOIL TEST 2018+2023)**

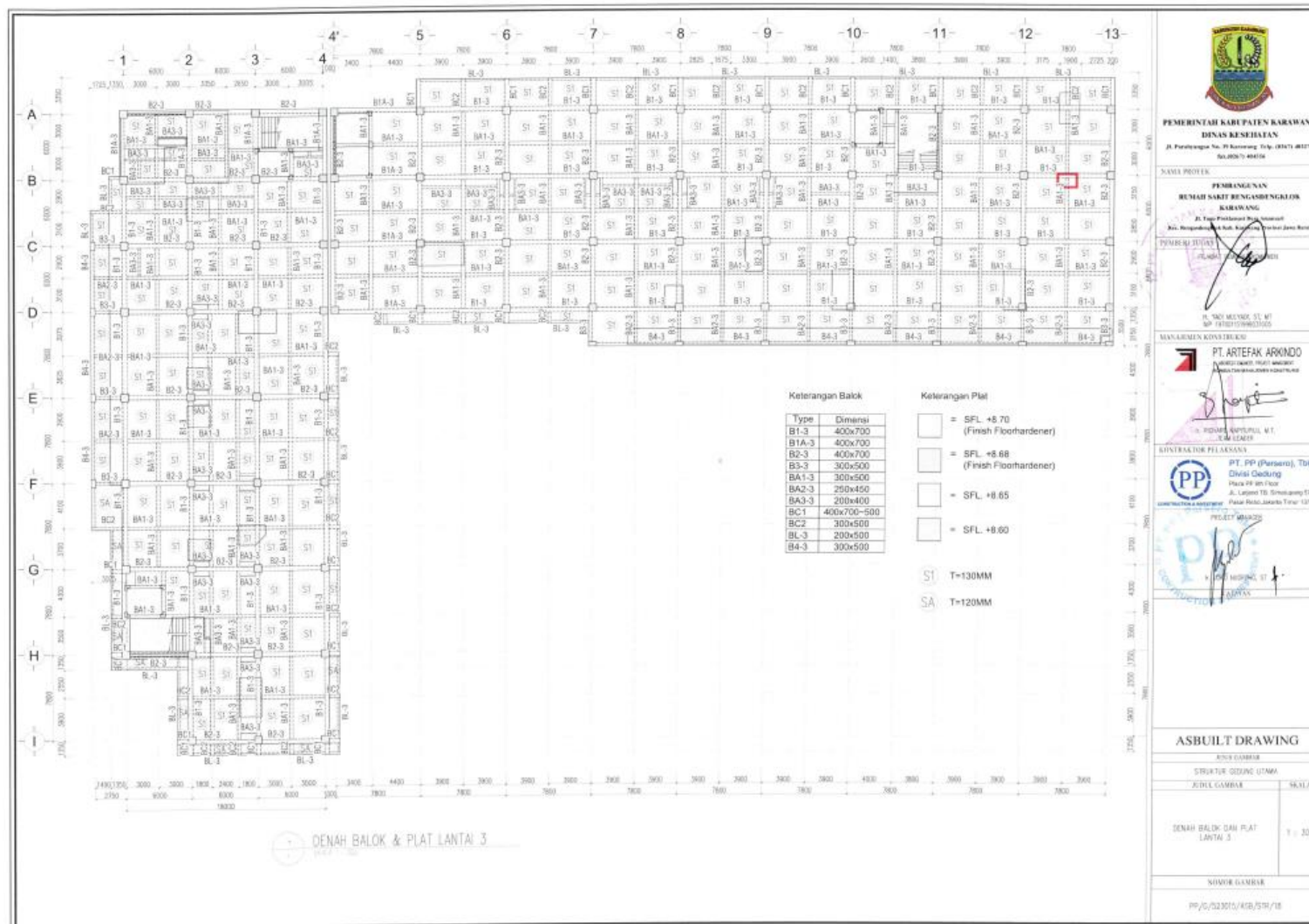
NO BOR HOLE	NILAI RERATA BERBOBOT N-SPT $\bar{N}$	KLASIFIKASI SITUS
BH-01	$\bar{N} = 14,653$	TANAH LUNAK " SE "
BH-02	$\bar{N} = 14,44$	TANAH LUNAK " SE "
BH-01 RD	$\bar{N} = 9,354$	TANAH LUNAK " SE "
BH-02 RD	$\bar{N} = 9,8$	TANAH LUNAK " SE "
BH-03 RD	$\bar{N} = 9,573$	TANAH LUNAK " SE "
BH-04 RD	$\bar{N} = 11,302$	TANAH LUNAK " SE "
BH-05 RD	$\bar{N} = 13,323$	TANAH LUNAK " SE "

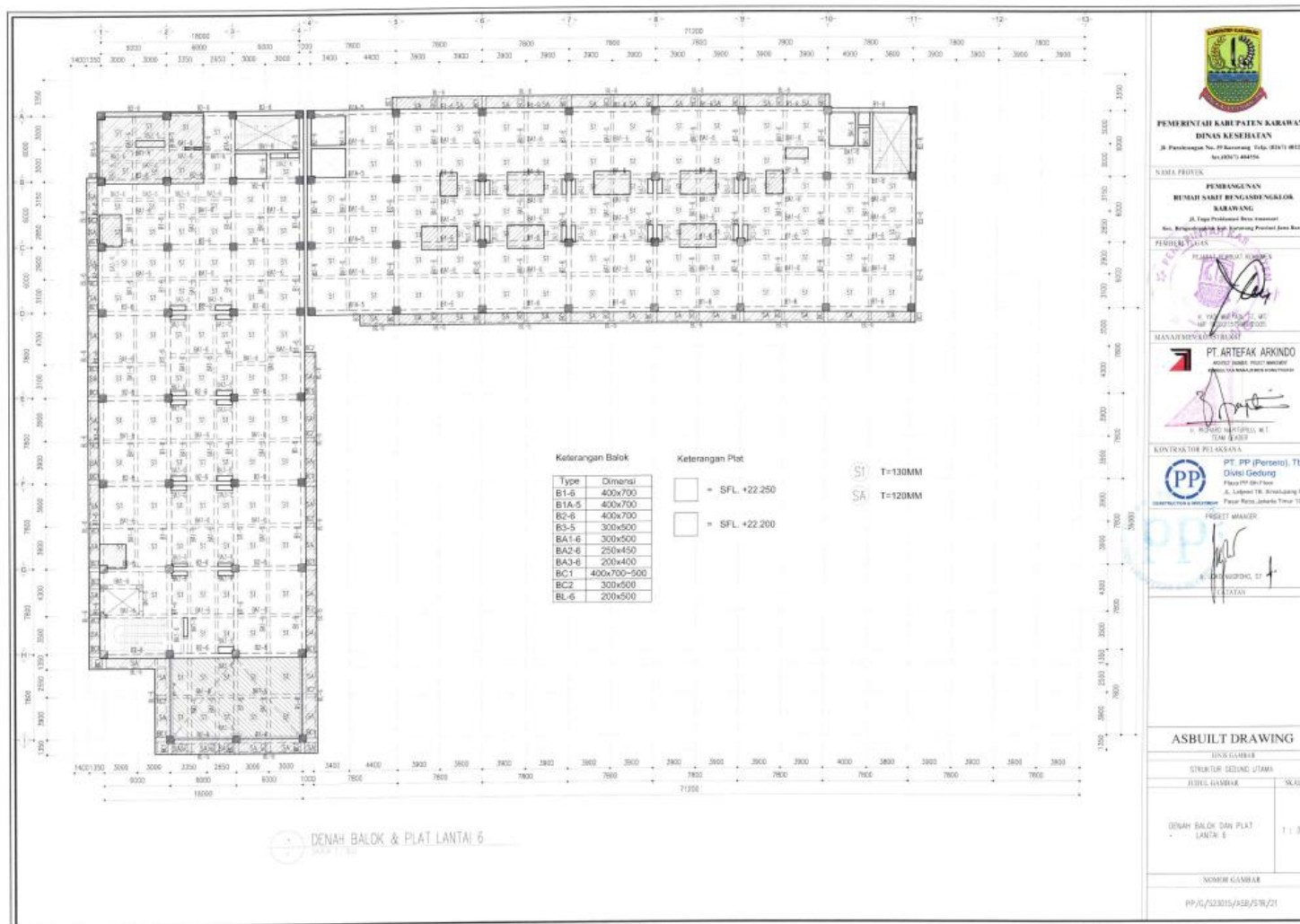




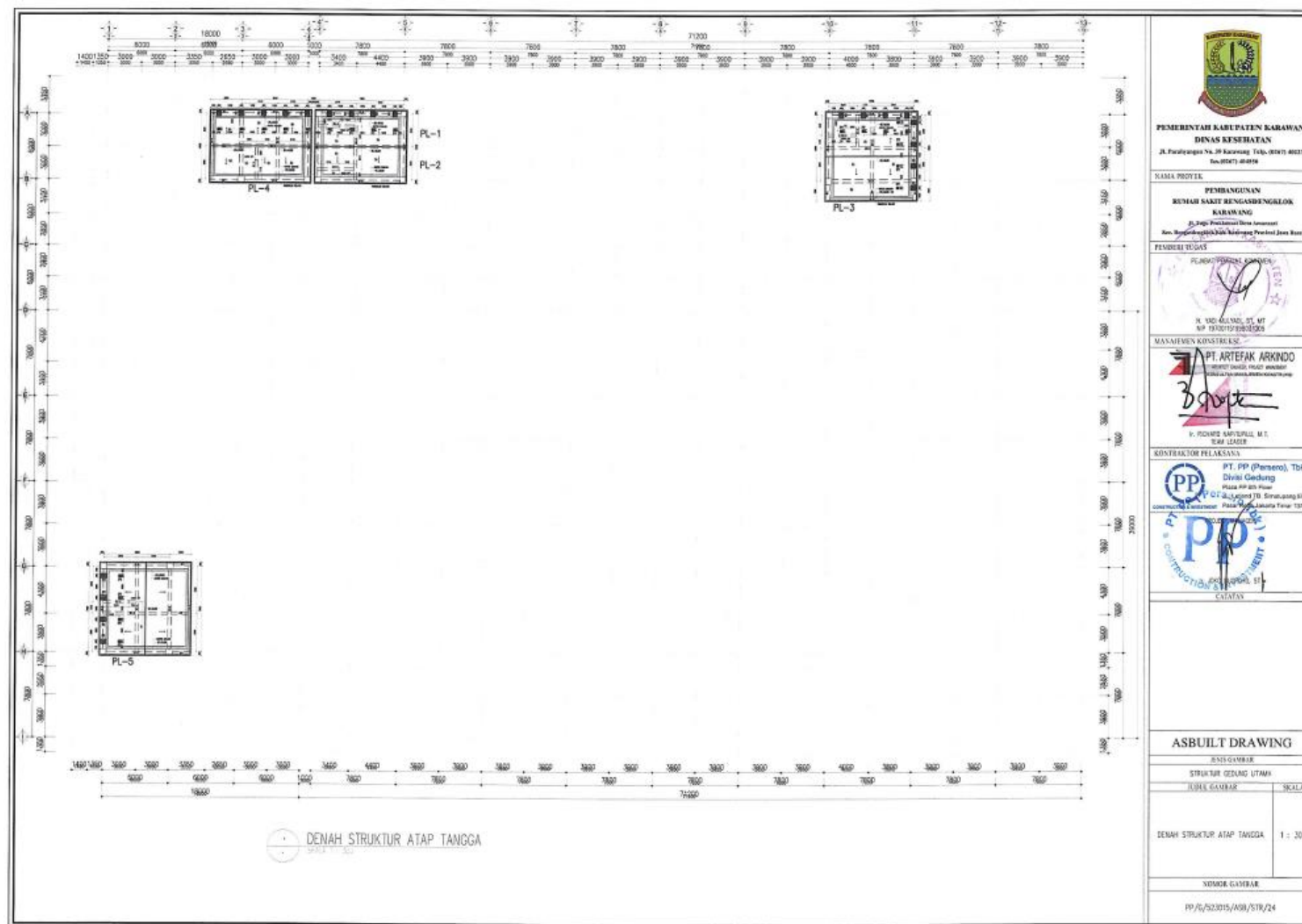












PENULANGAN BALOK LANTAI 1

Tipe Balok	B1-1			B1A-1			B2-1			B3-1		
Letak Potongan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan
Pemampang												
Dimensi	400 X 700			400 X 700			400 X 700			300 X 600		
Tulangan Atas	7 D 22	4 D 22	7 D 22	7 D 22	4 D 22	7 D 22	6 D 22	4 D 22	6 D 22	4 D 22	3 D 22	4 D 22
Tulangan Bawah	4 D 22	4 D 22	4 D 22	4 D 22	6 D 22	4 D 22	4 D 22	4 D 22	4 D 22	3 D 22	4 D 22	3 D 22
Sendang	SK.1,5010-100	SK.1,5010-150	SK.1,5010-100	SK.1,5010-100	SK.1,5010-150	SK.1,5010-100	SK.1,5010-100	SK.1,5010-150	SK.1,5010-100	SK.010-100	SK.010-150	SK.010-100
Tul. Mountase	4 D 10			4 D 10			4 D 10			3 D 10		

Tipe Balok	BA1-1			BA1-1'			BA2-1			BA3-1		
Letak Potongan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan
Pemampang												
Dimensi	300 X 500			300 X 500			250 X 450			200 X 400		
Tulangan Atas	3 D 19	3 D 19	3 D 19	3 D 19	4 D 19	3 D 19	3 D 19	3 D 19	3 D 19	3 D 16	3 D 16	3 D 16
Tulangan Bawah	3 D 19	3 D 19	3 D 19	4 D 19	3 D 19	4 D 19	3 D 19	3 D 19	3 D 19	3 D 16	3 D 16	3 D 16
Sendang	SK.010-100	SK.010-200	SK.010-100	SK.010-100	SK.010-200	SK.010-100	SK.010-100	SK.010-200	SK.010-100	SK.010-100	SK.010-200	SK.010-100
Tul. Mountase	2 D 10			2 D 10			2 D 10			2 D 10		

Tipe Balok	BC1			BC-2			BL-1			B4-1		
Letak Potongan	Tumpuan	Luang		Tumpuan	Luang		Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan
Pemampang												
Dimensi	400 X 700 / 400 X 500			300 X 500			200 X 500			300 X 600		
Tulangan Atas	8 D 22	6 D 22		6 D 19	6 D 19		3 D 16	3 D 16	3 D 16	5 D 19	3 D 19	5 D 19
Tulangan Bawah	4 D 22	4 D 22		3 D 19	3 D 19		3 D 16	3 D 16	3 D 16	3 D 19	5 D 19	3 D 19
Sendang	SK.1,5010-100	SK.1,5010-150		SK.010-100	SK.010-150		SK.010-100	SK.010-200	SK.010-100	SK.010-100	SK.010-200	SK.010-100
Tul. Mountase	4 D 10			2 D 10			4 D 10			2 D 10		

DETAIL PENULANGAN BALOK LANTAI 1



PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG
DINAS KESEHATAN
 Jl. Pongkoran No. 18 Karawang, Telp. (031) 40151
 Fax. (031) 40151

NAMA PROJEK

PEMBANGUNAN
BUMAH SAKIT BENGKANG-BLOK
KARAWANG

Jl. Raya Perumahan Desa Ambar
 Kecamatan Karanganyar Kabupaten Karawang

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

ASBUILT DRAWING

REVISI

STRUKTUR GEDUNG UTAMA

RUBEL GAMBAR

SKALA

DETAIL PENULANGAN BALOK LANTAI 1

1 : 40

NOMOR GAMBAR

PP/2/52105/ASB/STR/25

PENULANGAN BALOK LANTAI 2

Tipe Balok	B1-2			B1A-2			B2-2			B3-2		
Letak Potongan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan
Pemampangan												
Dimensi	400 X 700			400 X 700			400 X 700			300 X 500		
Tulangan Atas	9 D 22	4 D 22	8 D 22	18 D 22	5 D 22	18 D 22	8 D 22	4 D 22	6 D 22	4 D 22	3 D 22	4 D 22
Tulangan Bawah	8 D 22	8 D 22	8 D 22	7 D 22	7 D 22	7 D 22	4 D 22	8 D 22	4 D 22	3 D 22	4 D 22	3 D 22
Sejangkang	SK.1.5010-100	SK.1.5010-150	SK.1.5010-100	SK.1.5010-100	SK.1.5010-150	SK.1.5010-100	SK.1.5010-100	SK.1.5010-150	SK.1.5010-100	SK.010-100	SK.010-150	SK.010-100
Tul. Mountase	4 D 10			4 D 10			4 D 10			2 D 10		

Tipe Balok	BA1-2			BA2-2			BA3-2			B4-2		
Letak Potongan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan
Pemampangan												
Dimensi	300 X 500			250 X 450			200 X 400			300 X 600		
Tulangan Atas	5 D 19	3 D 19	5 D 19	3 D 19	3 D 19	3 D 19	3 D 16	3 D 16	3 D 16	5 D 19	3 D 19	5 D 19
Tulangan Bawah	3 D 19	5 D 19	3 D 19	3 D 19	3 D 19	3 D 19	3 D 16	3 D 16	3 D 16	3 D 19	5 D 19	3 D 19
Sejangkang	SK.010-100	SK.010-200	SK.010-100	SK.010-100	SK.010-200	SK.010-100	SK.010-100	SK.010-200	SK.010-100	SK.010-100	SK.010-200	SK.010-100
Tul. Mountase	2 D 10			2 D 10			2 D 10			2 D 10		

Tipe Balok	BC1		BC2		BL2	
Letak Potongan	Tumpuan	Ujung	Tumpuan	Ujung	Tumpuan Kiri	Tumpuan Kanan
Pemampangan						
Dimensi	400 X 700		300 X 500		200 X 500	
Tulangan Atas	8 D 22	8 D 22	3 D 19	5 D 19	3 D 16	3 D 16
Tulangan Bawah	4 D 22	4 D 22	1 D 19	3 D 19	3 D 16	3 D 16
Sejangkang	SK.1.5010-100	SK.1.5010-150	SK.010-100	SK.010-150	SK.010-100	SK.010-200
Tul. Mountase	4 D 10		2 D 10		4 D 10	

DETAIL PENULANGAN BALOK LANTAI 2



Tipe Balok	82-2'
Letak Potongan	Tumpuan Kiri
Pemampangan	
Dimensi	400 X 700
Tulangan Atas	6 D 22
Tulangan Bawah	4 D 22
Sejangkang	SK.1.5010-100
Tul. Mountase	

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG
DINAS KESEHATAN
Jl. Parungbung No. 29 Karawang Telp. (0351) 481214
Fax. (0351) 488104

PENYANGGUT
RUMAH SAKIT BENGKAWANGKLOK
KARAWANG
Jl. Raya Prabumulih Desa Kramat
Kec. Bengkawang Kab. Karawang Prov. Jawa Barat
Telp. (0351) 488104

PEMERINTAH
H. Vito Mulyadi, ST
NIP. 195201504010001

MAKAMAH KONSIL
PT. ARTEFAK ARKINDO
Jl. Raya Prabumulih Desa Kramat
Kec. Bengkawang Kab. Karawang
Prov. Jawa Barat

KONSTRUKTOR PELAKSANA
PT. PP (Persero), Tbk.
Divisi Gedung
Pusat PP di 1 floor
Jl. Lelimbak 18, Semarang 57
Pusat PP di 1 floor 1001

PROJEK MANAGER
H. Vito Mulyadi, ST
NIP. 195201504010001

ASBUILT DRAWING
Jenis Gambar
STRUKTUR GEDUNG UTAMA
Jenis Gambar
SKALA

DETAIL PEMULANGAN BALOK
LANTAI 2
1 : 40

NOVEMBER 2015
PP/02/2015/KR/318/25

PENULANGAN BALOK LANTAI 3

Tipe Balok	B1-3			B1A-3			B2-3			B3-3		
Letak Potongan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan
Pemotongan												
Dimensi	400 X 700			400 X 700			400 X 700			300 X 500		
Tulangan Atas	10 D 22	8 D 22	10 D 22	10 D 22	5 D 22	10 D 22	7 D 22	5 D 22	7 D 22	4 D 22	3 D 22	4 D 22
Tulangan Bawah	8 D 22	8 D 22	8 D 22	7 D 22	7 D 22	7 D 22	8 D 22	8 D 22	8 D 22	8 D 22	4 D 22	3 D 22
Sejangkang	SK.1.5010-100	SK.1.5010-150	SK.1.5010-100	SK.1.5010-100	SK.1.5010-150	SK.1.5010-100	SK.1.5010-100	SK.1.5010-150	SK.1.5010-100	SK.010-100	SK.010-150	SK.010-100
Tul. Mountase	4 D 10			4 D 10			4 D 10			2 D 10		

Tipe Balok	BA1-3			BA2-3			BA3-3			BA4-3		
Letak Potongan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan
Pemotongan												
Dimensi	300 X 500			250 X 450			200 X 400			300 X 600		
Tulangan Atas	8 D 19	3 D 19	5 D 19	3 D 19	3 D 19	3 D 19	3 D 16	3 D 16	3 D 16	5 D 19	3 D 19	5 D 19
Tulangan Bawah	3 D 19	8 D 19	3 D 19	3 D 19	3 D 19	3 D 19	3 D 16	3 D 16	3 D 16	3 D 19	8 D 19	3 D 19
Sejangkang	SK.010-100	SK.010-200	SK.010-100	SK.010-100	SK.010-200	SK.010-100	SK.010-100	SK.010-200	SK.010-100	SK.010-100	SK.010-200	SK.010-100
Tul. Mountase	2 D 10			2 D 10			2 D 10			2 D 10		

Tipe Balok	BC1			BC-2			BL-3		
Letak Potongan	Tumpuan	Ujung		Tumpuan	Ujung		Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan
Pemotongan									
Dimensi	400 X 700 - 400 X 500			300 X 500			200 X 500		
Tulangan Atas	8 D 22	6 D 22		8 D 19	6 D 19		3 D 16	3 D 16	3 D 16
Tulangan Bawah	4 D 22	4 D 22		3 D 19	3 D 19		3 D 16	3 D 16	3 D 16
Sejangkang	SK.1.5010-100	SK.1.5010-150		SK.010-100	SK.010-150		SK.010-100	SK.010-200	SK.010-100
Tul. Mountase	4 D 10			2 D 10			4 D 10		

DETAIL PENULANGAN BALOK LANTAI 3



PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG
DINAS KESEHATAN

Jl. Pahlawan No. 39 Karawang, Telp. (0317) 882214
Fax (0317) 444156

SKALA PROJEK

PEMBANGUNAN
RUMAH SAKIT BENGASINGKLOK
KARAWANG

Jl. Tugu Proklamasi Bera Kecamatan
Kec. Bengasingsing Karawang, Provinsi Jawa Barat

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PEMERIKSA TEKNIS

PENULANGAN BALOK LANTAI 3

Tipe Balok	B1-3			B1A-3			B2-3			B3-3		
Letak Potongan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan
Pemampang												
Dimensi	400 X 700			400 X 700			400 X 700			300 X 500		
Tulangan Atas	10 D 22	8 D 22	10 D 22	10 D 22	5 D 22	10 D 22	7 D 22	5 D 22	7 D 22	4 D 22	3 D 22	4 D 22
Tulangan Bawah	6 D 22	6 D 22	6 D 22	7 D 22	7 D 22	7 D 22	8 D 22	8 D 22	8 D 22	8 D 22	4 D 22	3 D 22
Sejangkang	SK.1.5010-100	SK.1.5010-150	SK.1.5010-100	SK.1.5010-100	SK.1.5010-150	SK.1.5010-100	SK.1.5010-100	SK.1.5010-150	SK.1.5010-100	SK.010-100	SK.010-150	SK.010-100
Tul. Mountase	4 D 10			4 D 10			4 D 10			2 D 10		

Tipe Balok	BA1-3			BA2-3			BA3-3			B4-3		
Letak Potongan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan
Pemampang												
Dimensi	300 X 500			250 X 450			200 X 400			300 X 600		
Tulangan Atas	5 D 19	5 D 19	5 D 19	3 D 19	3 D 19	3 D 19	3 D 16	3 D 16	3 D 16	5 D 19	3 D 19	5 D 19
Tulangan Bawah	3 D 19	3 D 19	3 D 19	3 D 19	3 D 19	3 D 19	3 D 16	3 D 16	3 D 16	3 D 19	3 D 19	3 D 19
Sejangkang	SK.010-100	SK.010-200	SK.010-100	SK.010-100	SK.010-200	SK.010-100	SK.010-100	SK.010-200	SK.010-100	SK.010-100	SK.010-200	SK.010-100
Tul. Mountase	2 D 10			2 D 10			2 D 10			2 D 10		

Tipe Balok	BC1			BC-2			BL-3		
Letak Potongan	Tumpuan	Lapangan		Tumpuan	Lapangan		Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan
Pemampang									
Dimensi	400 X 700 ~ 400 X 500			300 X 500			200 X 500		
Tulangan Atas	6 D 22	6 D 22		5 D 19	5 D 19		3 D 16	3 D 16	3 D 16
Tulangan Bawah	4 D 22	4 D 22		3 D 19	3 D 19		3 D 16	3 D 16	3 D 16
Sejangkang	SK.1.5010-100	SK.1.5010-150		SK.010-100	SK.010-150		SK.010-100	SK.010-200	SK.010-100
Tul. Mountase	4 D 10			2 D 10			4 D 10		

DETAIL PENULANGAN BALOK LANTAI 3



PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG
DINAS KESEHATAN

Jl. Parungrejo No. 39 Karawang, Dki. (0261) 482174
Fax: (0261) 484156

NAMA PROYEK

PENANGKAPAN
RUMAH SAKIT BENGASDENGKLOK
KARAWANG

Jl. Tiga Perumahan Desa Amuntis
Desa. Bengasdengklok, Kp. Samping Perumahan Desa Amuntis

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

PEMERINTAH

ASBUILT DRAWING

JENIS GAMBAR

STRUKTUR GEDUNG UTAMA

REVISI GAMBAR

SKALA

DETAIL PENULANGAN BALOK

LANTAI 3

1 : 40

NOMOR GAMBAR

PP/02/2003/ASB/STR/27

Tipe Balok	B1-4			B1A-4			B2-4			B3-4		
Letak Potongan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan
Pemampangan												
Dimensi	400 X 700			400 X 700			400 X 700			300 X 500		
Tulangan Atas	9 Ø 22	4 Ø 22	9 Ø 22	10 Ø 22	5 Ø 22	10 Ø 22	6 Ø 22	4 Ø 22	6 Ø 22	4 Ø 22	3 Ø 22	4 Ø 22
Tulangan Bawah	6 Ø 22	8 Ø 22	6 Ø 22	7 Ø 22	7 Ø 22	7 Ø 22	4 Ø 22	6 Ø 22	4 Ø 22	3 Ø 22	4 Ø 22	3 Ø 22
Sengkang	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100
Ties Vertical	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100
Ties Horizontal	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100
Tul. Pemanggang	4 Ø 10						4 Ø 10					
Selubut Beton	40 mm			40 mm			40 mm			40 mm		

Tipe Balok	BA1-4			BA2-4			BA3-4			B4-4		
Letak Potongan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan
Pemampangan												
Dimensi	300 X 500			250 X 450			200 X 400			300 X 600		
Tulangan Atas	5 Ø 19	3 Ø 19	5 Ø 19	3 Ø 19	3 Ø 19	3 Ø 19	3 Ø 19	3 Ø 19	3 Ø 19	5 Ø 19	3 Ø 19	5 Ø 19
Tulangan Bawah	5 Ø 19	5 Ø 19	3 Ø 19	3 Ø 19	3 Ø 19	3 Ø 19	3 Ø 19	3 Ø 19	3 Ø 19	5 Ø 19	5 Ø 19	3 Ø 19
Sengkang	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100
Ties Vertical	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100
Ties Horizontal	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100
Tul. Pemanggang	2 Ø 10			2 Ø 10			2 Ø 10			2 Ø 10		
Selubut Beton	40 mm			40 mm			40 mm			40 mm		

Tipe Balok	BC1			BC2			BL-4		
Letak Potongan	Tumpuan	Ujung		Tumpuan	Ujung		Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan
Pemampangan									
Dimensi	400 X 700 ~ 400 X 500			300 X 500			200 X 500		
Tulangan Atas	6 Ø 22	6 Ø 22		5 Ø 19	5 Ø 19		3 Ø 19	3 Ø 19	3 Ø 19
Tulangan Bawah	4 Ø 22	4 Ø 22		3 Ø 19	3 Ø 19		3 Ø 19	3 Ø 19	3 Ø 19
Sengkang	Ø10-100	Ø10-100		Ø10-100	Ø10-100		Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100
Ties Vertical	Ø10-100	Ø10-100		Ø10-100	Ø10-100		Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100
Ties Horizontal	Ø10-100	Ø10-100		Ø10-100	Ø10-100		Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100
Tul. Pemanggang	4 Ø 10			2 Ø 10			4 Ø 10		
Selubut Beton	40 mm			40 mm			40 mm		

DETAIL PENULANGAN BALOK LANTAI 4



PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG
DINAS KESEHATAN
Jl. Pendidikan No. 29 Karawang, Telp. (031) 80271
Fax (031) 80272

NAMA PROJEK

PEMBANGUNAN
RUMAH SAKIT BENGASENGLOK
KARAWANG
(1) Page Pembangunan Rona Anwar
Rona Pembangunan Rona Anwar

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG
Jl. Pendidikan No. 29 Karawang, Telp. (031) 80271
Fax (031) 80272

MANAJEMEN KONSTRUKSI
PT. ARTEFAK ARKINDO
Jl. Pendidikan No. 29 Karawang, Telp. (031) 80271
Fax (031) 80272

KONTRAKTOR PELAKSANA
PT. PP (Persero), Tbk.
Divisi Gedung
Jl. Pendidikan No. 29 Karawang, Telp. (031) 80271
Fax (031) 80272

PROJEKSI
PROJEKSI
Jl. Pendidikan No. 29 Karawang, Telp. (031) 80271
Fax (031) 80272

ASBUILT DRAWING
KENY GAMBIR
STRUKTUR GEDUNG UTAMA
Jl. Pendidikan No. 29 Karawang, Telp. (031) 80271
Fax (031) 80272

DETAIL PENULANGAN BALOK
LANTAI 4
Jl. Pendidikan No. 29 Karawang, Telp. (031) 80271
Fax (031) 80272

SKALA
1 : 40
Jl. Pendidikan No. 29 Karawang, Telp. (031) 80271
Fax (031) 80272

Tipe Balok	B1-5			B1A-5			B2-5		
Letak Potongan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan
Pemampang									
Dimensi	400 X 700			400 X 700			400 X 700		
Tulangan Atas	8 Ø 22	4 Ø 22	8 Ø 22	9 Ø 22	5 Ø 22	9 Ø 22	8 Ø 22	4 Ø 22	6 Ø 22
Tulangan Bawah	5 Ø 22	6 Ø 22	5 Ø 22	6 Ø 22	7 Ø 22	6 Ø 22	4 Ø 22	6 Ø 22	4 Ø 22
Sebangun	215-125	215-185	215-185	215-185	215-185	215-185	215-125	215-185	215-125
Ties Vertical	215-125	215-185	215-185	215-185	215-185	215-185	215-125	215-185	215-125
Ties Horizontal	215-125	215-185	215-185	215-185	215-185	215-185	215-125	215-185	215-125
Tebal Pemanggang	4 Ø 12			4 Ø 12			4 Ø 12		
Selut Beton	40 mm			40 mm			40 mm		

Tipe Balok	BA1-5			BA2-5			BA3-5		
Letak Potongan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan
Pemampang									
Dimensi	300 X 500			250 X 450			200 X 400		
Tulangan Atas	5 Ø 18	3 Ø 18	5 Ø 18	3 Ø 18	3 Ø 18	3 Ø 18	3 Ø 18	3 Ø 18	3 Ø 18
Tulangan Bawah	3 Ø 18	5 Ø 18	3 Ø 18	3 Ø 18	3 Ø 18	3 Ø 18	3 Ø 18	3 Ø 18	3 Ø 18
Sebangun	215-125	215-185	215-185	215-125	215-185	215-185	215-125	215-185	215-125
Ties Vertical	215-125	215-185	215-185	215-125	215-185	215-185	215-125	215-185	215-125
Ties Horizontal	215-125	215-185	215-185	215-125	215-185	215-185	215-125	215-185	215-125
Tebal Pemanggang	2 Ø 12			2 Ø 12			2 Ø 12		
Selut Beton	40 mm			40 mm			40 mm		

Tipe Balok	BC1			BC2			BL-5		
Letak Potongan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan
Pemampang									
Dimensi	400 X 700 ~ 400 X 500			300 X 500			200 X 500		
Tulangan Atas	8 Ø 22	5 Ø 22	8 Ø 22	5 Ø 18	5 Ø 18	5 Ø 18	3 Ø 18	3 Ø 18	3 Ø 18
Tulangan Bawah	4 Ø 22	4 Ø 22	4 Ø 22	3 Ø 18	3 Ø 18	3 Ø 18	3 Ø 18	3 Ø 18	3 Ø 18
Sebangun	215-125	215-185	215-185	215-125	215-185	215-185	215-125	215-185	215-125
Ties Vertical	215-125	215-185	215-185	215-125	215-185	215-185	215-125	215-185	215-125
Ties Horizontal	215-125	215-185	215-185	215-125	215-185	215-185	215-125	215-185	215-125
Tebal Pemanggang	4 Ø 12			2 Ø 12			4 Ø 12		
Selut Beton	40 mm			40 mm			40 mm		

DETAIL PENULANGAN BALOK LANTAI 5



PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG
DINAS KESEHATAN
Jl. Pahlawan No. 39 Karang Tengah, Karawang 40131
Telp. (031) 402174
Fax (031) 404196

NAMA PROYEK

PEMBANGUNAN
RUMAH SAKIT RENGSENGLOK
KARAWANG
Jl. Tugu Pahlawan Desa Amlasari
Kec. Rengsenglo, Kab. Karawang Provinsi Jawa Barat

PENGELOMPOKAN

PT. ARTEFAK ARKINDO
Jl. Raya Karawang No. 17
Kec. Karawang, Kab. Karawang 40131

MANAJEMEN KONSTRUKSI

PT. ARTEFAK ARKINDO
Jl. Raya Karawang No. 17
Kec. Karawang, Kab. Karawang 40131

KONTRAKTOR PELAKSANA

PT. PP (Persero), Tbk.
Divisi Gedung
Jl. Laksamana Y.B. Suroyo No. 1
Pasar Baru, Jakarta Timur 13160

PROJEK MANAJER

PT. PP (Persero), Tbk.
Divisi Gedung
Jl. Laksamana Y.B. Suroyo No. 1
Pasar Baru, Jakarta Timur 13160

PROJEK MANAJER

PT. PP (Persero), Tbk.
Divisi Gedung
Jl. Laksamana Y.B. Suroyo No. 1
Pasar Baru, Jakarta Timur 13160

PROJEK MANAJER

PT. PP (Persero), Tbk.
Divisi Gedung
Jl. Laksamana Y.B. Suroyo No. 1
Pasar Baru, Jakarta Timur 13160

PROJEK MANAJER

PT. PP (Persero), Tbk.
Divisi Gedung
Jl. Laksamana Y.B. Suroyo No. 1
Pasar Baru, Jakarta Timur 13160

PROJEK MANAJER

PT. PP (Persero), Tbk.
Divisi Gedung
Jl. Laksamana Y.B. Suroyo No. 1
Pasar Baru, Jakarta Timur 13160

PROJEK MANAJER

Tipe Balok	B1-6			B1A-5			B2-6		
Letak Potongan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan
Pemampang									
Dimensi	400 X 700			400 X 700			400 X 700		
Tulangan Atas	8 Ø 22	4 Ø 22	8 Ø 22	9 Ø 22	5 Ø 22	9 Ø 22	6 Ø 22	4 Ø 22	6 Ø 22
Tulangan Bawah	5 Ø 22	6 Ø 22	5 Ø 22	6 Ø 22	7 Ø 22	6 Ø 22	4 Ø 22	6 Ø 22	4 Ø 22
Sejangkang	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100
Ties Vertikal	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100
Ties Horizontal	Ø10-100	—	Ø10-100	Ø10-100	—	Ø10-100	—	—	—
Tul. Pemanggang	4 Ø 16	—	—	—	—	—	—	—	—
Balut Beton	40 mm			40 mm			40 mm		

Tipe Balok	BA1-6			BA2-6			BA3-6		
Letak Potongan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan
Pemampang									
Dimensi	300 X 500			250 X 450			200 X 400		
Tulangan Atas	5 Ø 12	3 Ø 12	5 Ø 12	3 Ø 12	3 Ø 12	3 Ø 12	3 Ø 12	3 Ø 12	3 Ø 12
Tulangan Bawah	3 Ø 12	5 Ø 12	3 Ø 12	3 Ø 12	3 Ø 12	3 Ø 12	3 Ø 12	3 Ø 12	3 Ø 12
Sejangkang	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100
Ties Vertikal	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ties Horizontal	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Tul. Pemanggang	2 Ø 12	—	—	—	—	—	—	—	—
Balut Beton	40 mm			40 mm			40 mm		

Tipe Balok	BC1			BC2			BL-6		
Letak Potongan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
Pemampang									
Dimensi	400 X 700 ~ 400 X 500			300 X 500			200 X 500		
Tulangan Atas	6 Ø 22	6 Ø 22	5 Ø 12	5 Ø 12	3 Ø 12	3 Ø 12	3 Ø 12	3 Ø 12	3 Ø 12
Tulangan Bawah	4 Ø 22	4 Ø 22	3 Ø 12	3 Ø 12	3 Ø 12	3 Ø 12	3 Ø 12	3 Ø 12	3 Ø 12
Sejangkang	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100
Ties Vertikal	Ø10-100	Ø10-100	—	—	—	—	—	—	—
Ties Horizontal	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Tul. Pemanggang	4 Ø 16	—	—	—	—	—	—	—	—
Balut Beton	40 mm			40 mm			40 mm		

DETAIL PENULANGAN BALOK LANTAI 6



PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG
DINAS KESEHATAN
Jl. Pendidikan No. 25 Karawang Telp. (0317) 40376
Fax (0317) 40456

NAMA PROJEK

PEMBANGUNAN
RUMAH SAKIT BENGASDENGRLOK
KARAWANG
Jl. Tugu Pendidikan Duta Amersani
Kec. Bengasdengrlok Kab. Karawang Provinsi Jawa Barat

PEMBERI TUGAS

PEKERJA PENGUJIAN KONTRAKSI
YUSUF M. T. HT
NIP. 197311101990310028

MANAJEMEN KONSTRUKSI

PT. ARTEFAK ARKINDO
Jl. Lingsar No. 100, Karawang
Jl. Lingsar No. 100, Karawang

KONTRAKTOR PELAKSANA

PT. PP (Persero), Tbk.
Divisi Gedung
Pusat PP 6th Floor
Jl. Lingsar No. 100, Karawang
Pusat Reta, Jakarta Timur 10430

PROJECT MANAGER

PT. PP (Persero), Tbk.
Divisi Gedung
Pusat PP 6th Floor
Jl. Lingsar No. 100, Karawang
Pusat Reta, Jakarta Timur 10430

ASBULT DRAWING

STRUKTUR GEDUNG UTAMA
JUKEL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN BALOK
LANTAI 6

SKALA
1 : 40

MONITOR GAMBAR
PP/01/202001/ASB/STR/30

Tipe Balok	B1-7			B1A-7			B2-7		
Letak Potongan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan
Pemampang									
Dimensi	400 X 700			400 X 700			400 X 700		
Tulangan Atas	8 Ø 22	4 Ø 22	8 Ø 22	9 Ø 22	5 Ø 22	9 Ø 22	8 Ø 22	4 Ø 22	8 Ø 22
Tulangan Bawah	5 Ø 22	6 Ø 22	5 Ø 22	6 Ø 22	7 Ø 22	6 Ø 22	4 Ø 22	6 Ø 22	4 Ø 22
Sejangkang	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-150
Tes Vertikal	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-150
Tes Horizontal	Ø10-150	—	Ø10-150	Ø10-150	—	Ø10-150	—	—	—
Tul. Perintang	4 Ø 10	—	—	4 Ø 10	—	—	4 Ø 10	—	—
Selubut Beton	40 mm	—	—	40 mm	—	—	40 mm	—	—

Tipe Balok	BA1-7			BA2-7			BA3-7		
Letak Potongan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan
Pemampang									
Dimensi	300 X 500			250 X 450			200 X 400		
Tulangan Atas	5 Ø 19	3 Ø 19	5 Ø 19	3 Ø 19	3 Ø 19	3 Ø 19	3 Ø 19	3 Ø 19	3 Ø 19
Tulangan Bawah	3 Ø 19	5 Ø 19	3 Ø 19	3 Ø 19	3 Ø 19	3 Ø 19	3 Ø 19	3 Ø 19	3 Ø 19
Sejangkang	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-150
Tes Vertikal	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Tes Horizontal	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Tul. Perintang	3 Ø 10	—	—	2 Ø 10	—	—	2 Ø 10	—	—
Selubut Beton	40 mm	—	—	40 mm	—	—	40 mm	—	—

Tipe Balok	BC1			BC2			BL-7		
Letak Potongan	Tumpuan	Ujung		Tumpuan	Ujung		Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan
Pemampang									
Dimensi	400 X 700 ~ 400 X 500			300 X 500			200 X 500		
Tulangan Atas	6 Ø 22	6 Ø 22	—	5 Ø 19	5 Ø 19	—	3 Ø 19	3 Ø 19	3 Ø 19
Tulangan Bawah	4 Ø 22	4 Ø 22	—	3 Ø 19	3 Ø 19	—	3 Ø 19	3 Ø 19	3 Ø 19
Sejangkang	Ø10-150	Ø10-150	—	Ø10-150	Ø10-150	—	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-150
Tes Vertikal	Ø10-150	Ø10-150	—	—	—	—	—	—	—
Tes Horizontal	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Tul. Perintang	4 Ø 10	—	—	2 Ø 10	—	—	4 Ø 10	—	—
Selubut Beton	40 mm	—	—	40 mm	—	—	40 mm	—	—

DETAIL PENULANGAN BALOK LANTAI ATAP



PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG
DINAS KESEHATAN
Jl. Parungpanas No. 39 Karawang Telp. (0347) 482174
Fax (0347) 484756

NAMA PROJEK

REHABILITASI DAN PERAWATAN
RUMAH SAKIT BENGKAWANGKOR
KARAWANG
Jl. Raya Perawatan Bina Kesehatan
Desa Bengkawangkor Kab. Karawang Prov. Jawa Barat

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

KEMENTERIAN KESEHATAN

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG

Tipe Balok		B1-7			B1A-7			B2-7		
Letak Potongan		TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
PENAMPANG										
	DIMENSI	400 X 700			400 X 700			400 X 700		
TOLAKAN KASAS	6 x 28	4 x 23	5 x 25	9 x 33	5 x 28	9 x 32	6 x 32	4 x 23	6 x 28	
TOLAKAN BAWAH	6 x 28	8 x 30	5 x 25	6 x 22	7 x 23	6 x 32	4 x 23	6 x 23	4 x 22	
SEJANGKOK	510 x 102	270 x 102	210 x 102	390 x 102	390 x 102	210 x 102	310 x 102	210 x 102	210 x 102	
TIES VERTIKAL	510 x 102	270 x 102	210 x 102	390 x 102	310 x 102	210 x 102	310 x 102	210 x 102	210 x 102	
TIES HORIZONTAL	210 x 102	—	510 x 102	310 x 102	—	210 x 102	—	—	—	
TUL. PEMANGKOK	—	4 x 11	—	—	4 x 15	—	—	4 x 10	—	
BRULUT BETON	—	—	—	—	60	—	—	40	—	

Tipe Balok	BA1-7			BA2-7			BA3-7		
Letak Potongan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan
Profil									
Dimensi	300 X 500			250 X 450			200 X 400		
Tulangan Atas	5 D 19	3 D 19	5 D 19	3 D 19	3 D 19	3 D 19	3 D 19	3 D 19	3 D 19
Tulangan Bawah	3 D 19	5 D 19	3 D 19	3 D 19	3 D 19	3 D 19	3 D 19	3 D 19	3 D 19
Bemban	210-120	210-120	210-120	210-120	210-120	210-120	210-120	210-120	210-120
Ties Horizontal	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ties Vertikal	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tul. Penjangkang	2 D 19	-	-	2 D 19	-	-	2 D 19	-	-
Belum Beton	40 ----	-	-	40 ----	-	-	40 ----	-	-

Tipe Balok	BC1			BC2			BL-7		
Letak Potongan	TUMPUK	UJUNG		TUMPUK	UJUNG		TUMPUK KIRI	LAPANGAN	TUMPUK KANAN
PENAMPANG									
Dimensi	400 X 700 ~ 400 X 500			300 X 500			200 X 500		
TULANGAN ATAS	6 Ø 22	6 Ø 22		5 Ø 19	5 Ø 19		3 Ø 14	3 Ø 14	3 Ø 14
TULANGAN BAWAH	4 Ø 22	4 Ø 22		3 Ø 19	3 Ø 19		3 Ø 14	3 Ø 14	3 Ø 14
SEBANGKAW	200 ~ 100	200 ~ 100		200 ~ 100	200 ~ 100		100 ~ 50	200 ~ 400	200 ~ 100
YES VERTIKAL	200 ~ 700	200 ~ 700		—	—		—	—	—
YES HORIZONTAL	—	—		—	—		—	—	—
TUL. PENJANGKANG	4 Ø 19	—		2 Ø 19	—		—	4 Ø 19	—
SELUBUNG BETON	40 cm	—		40 cm	—		—	40 cm	—

DETAIL PENULANGAN BALOK LANTAI DAK ATAP



PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG
DINAS KESEHATAN
Jl. Pahlawan No. 39 Karawang Telp. (0361) 902218
Fax (0361) 404198

NAMA PROVERB

**PEMBANGUNAN
RUMAH SAKIT RENGASDENGKLOK
KARAWANG**
(A Tuga Pendidikan Dan Amarsari)
Kor. Rengasdengklok Kab. Karawang Provinsi Jawa Barat

PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
PENGABDIAN MASYARAKAT

H. IMBUT ALIYADI, ST, MT
NIP. 65070810109000000

MANAJEMEN KONSTRUKSI

PT. ARTEFAK ARKINDO
Jalan Raya Klaten, 10000 Klaten
Telp. 0271-8511111, 0271-8511112
Fax. 0271-8511113
Email: info@artefakarkindo.com

<p>TEAM LEADER</p> <p>KONTRAKTOR PELAKSANA</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 10px;"> <p>PT. PP (Persero), Tbk.</p> <p>Divisi Gedung</p> <p>Fleza PP 6th Floor</p> <p>J. Lejenan Tbl. Binulang 61</p> <p>Pasar Ratu, Jakarta Timur 131</p> </div> </div>	
--	--

PROJECT MANAGER

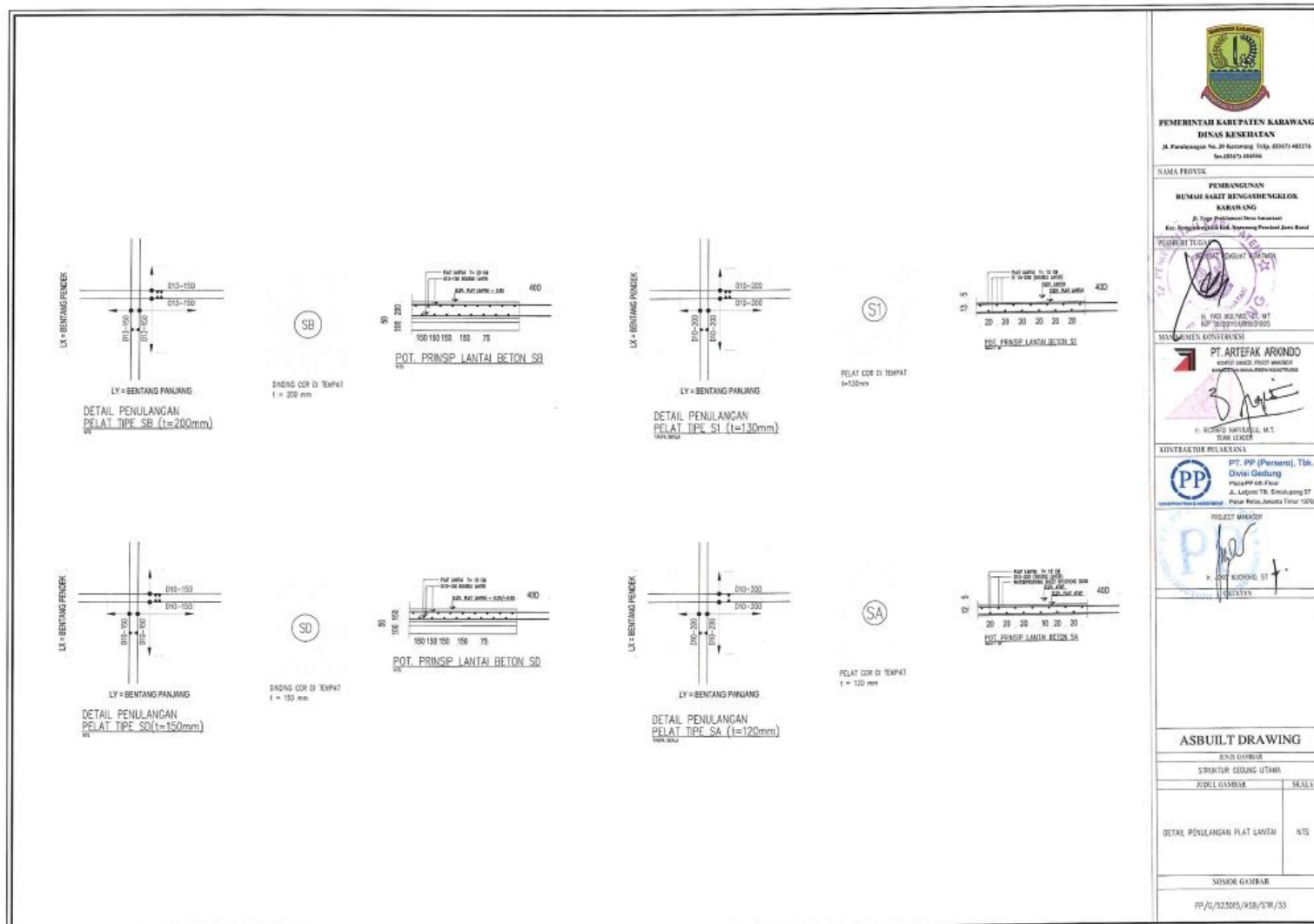
H. JONASBERGQVIST, ST

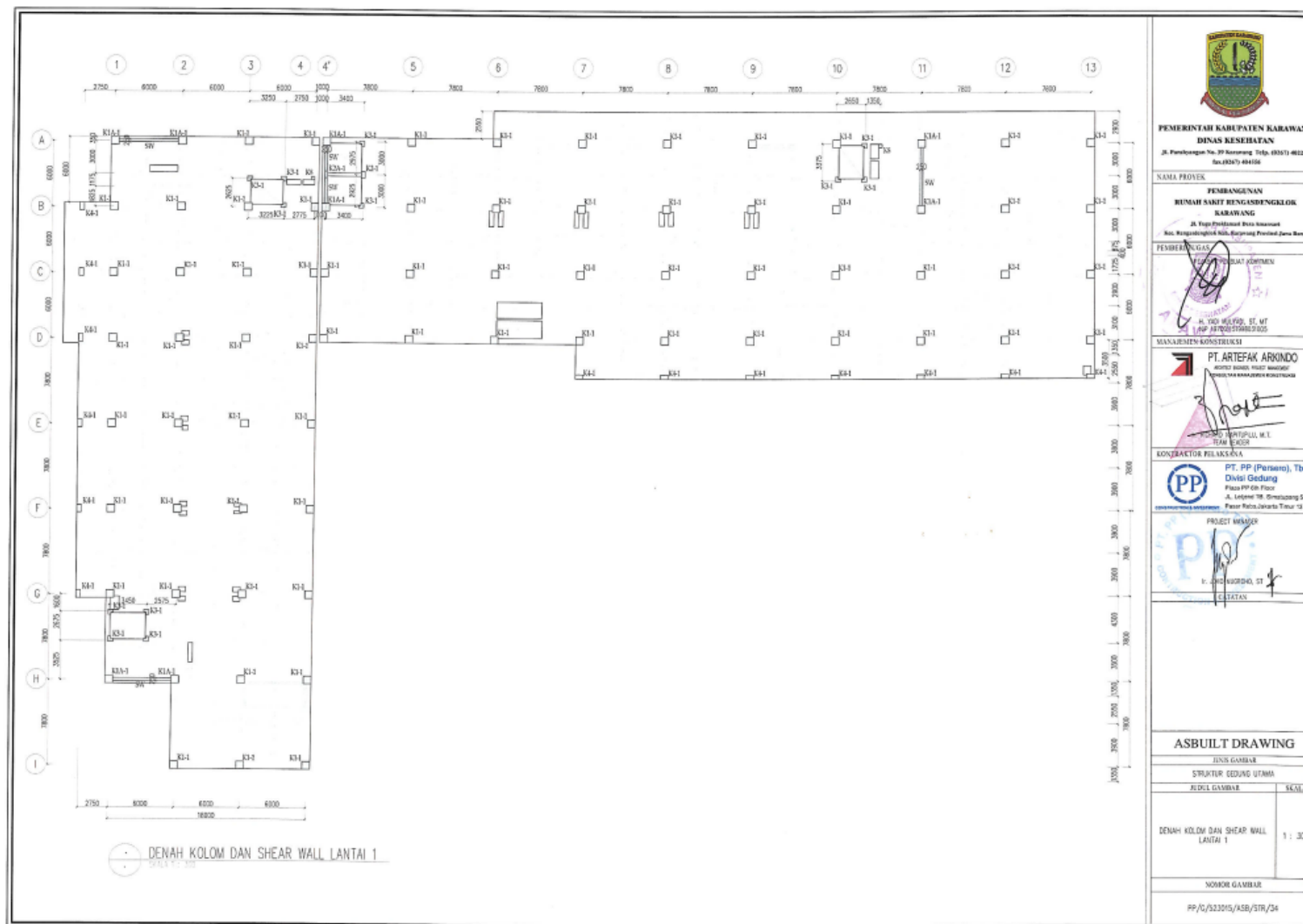
	CADAN	

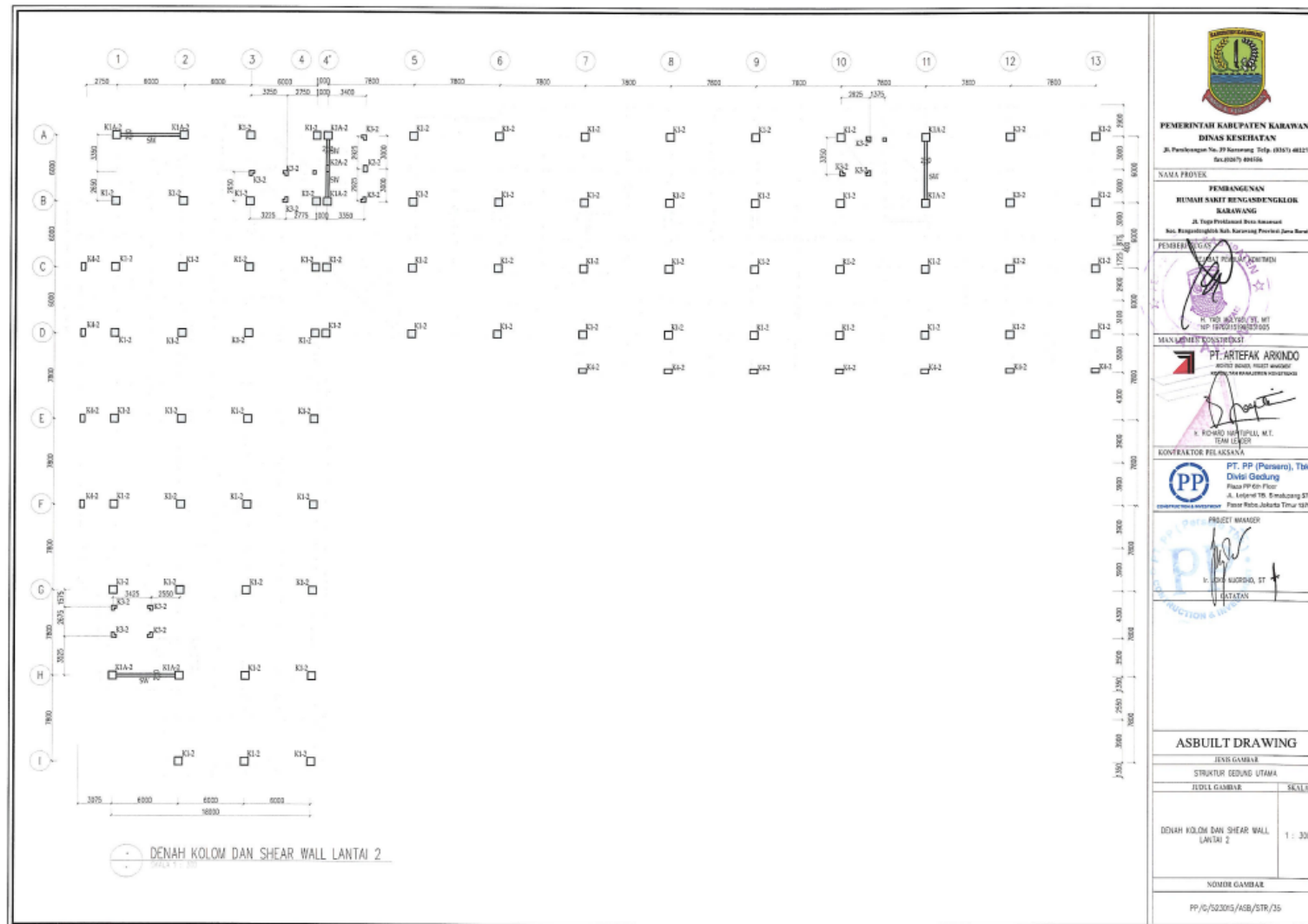
ASBUILT DRAWING
JENIS GAMBAR
STRUKTUR BANGUNAN UTAMA

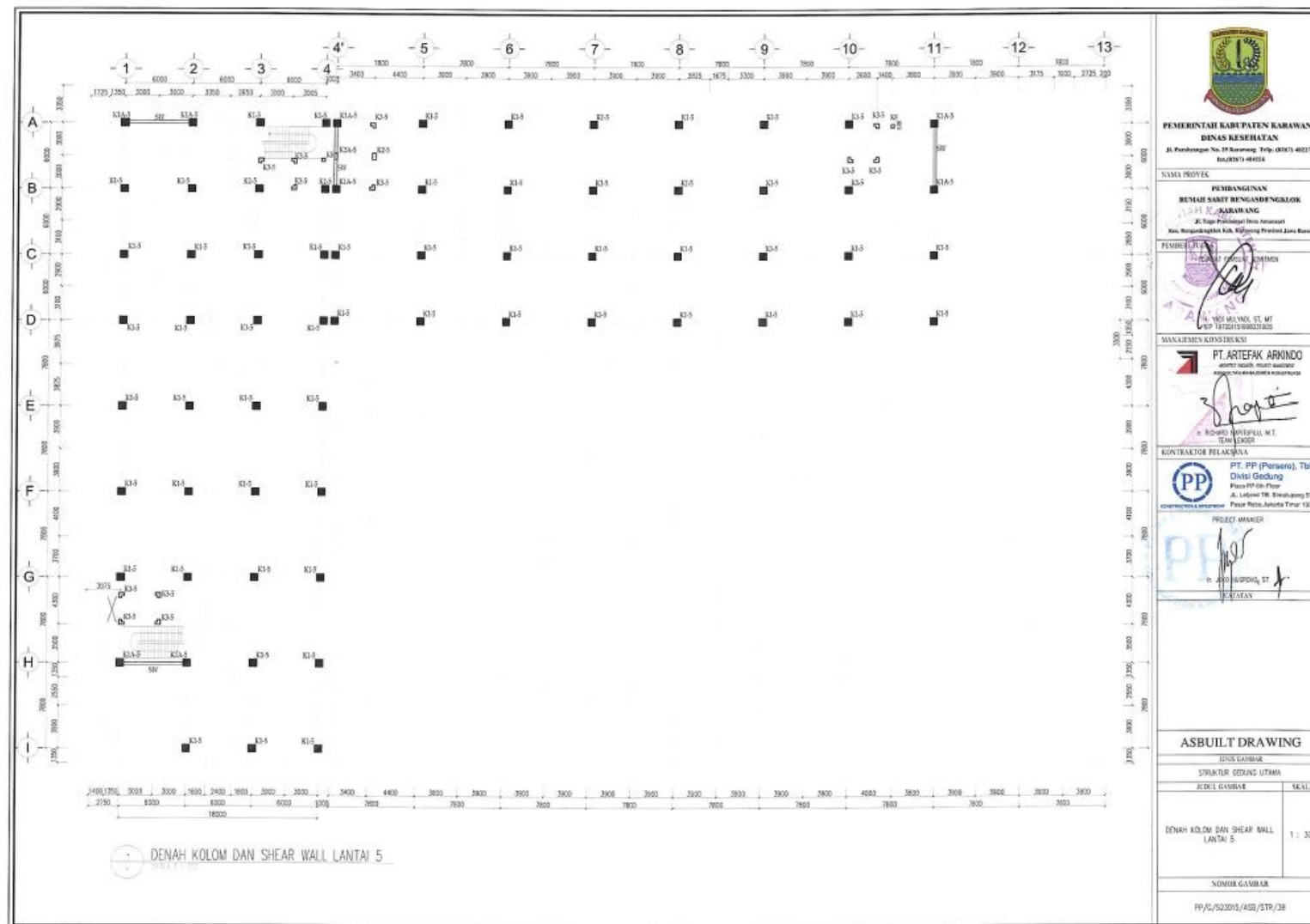
Detail Gasbar	SK.1
Detail Pengulangan Balok Lantai Dak Atap	3 : 4

PP/c/523015/AGB/STR/32

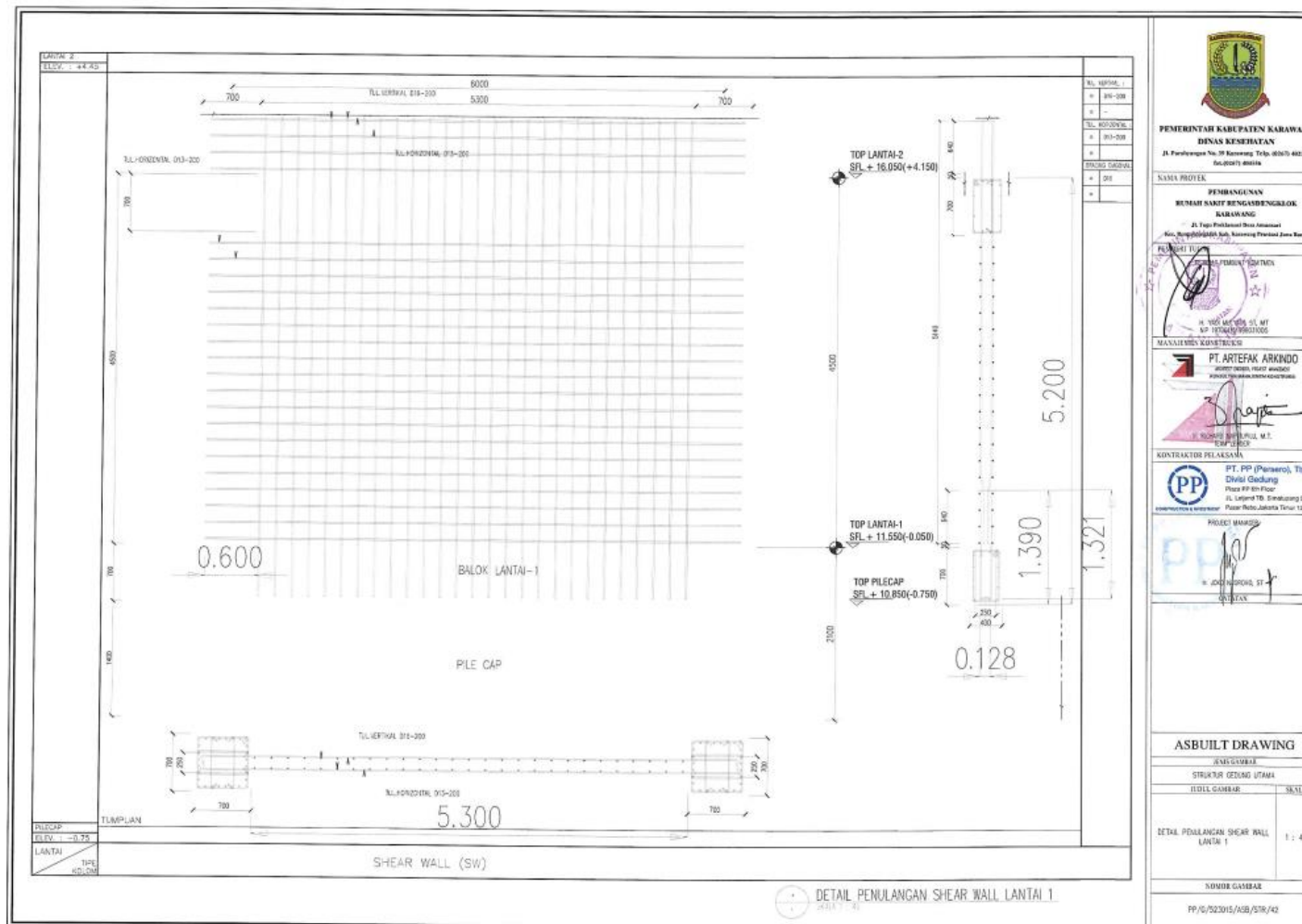


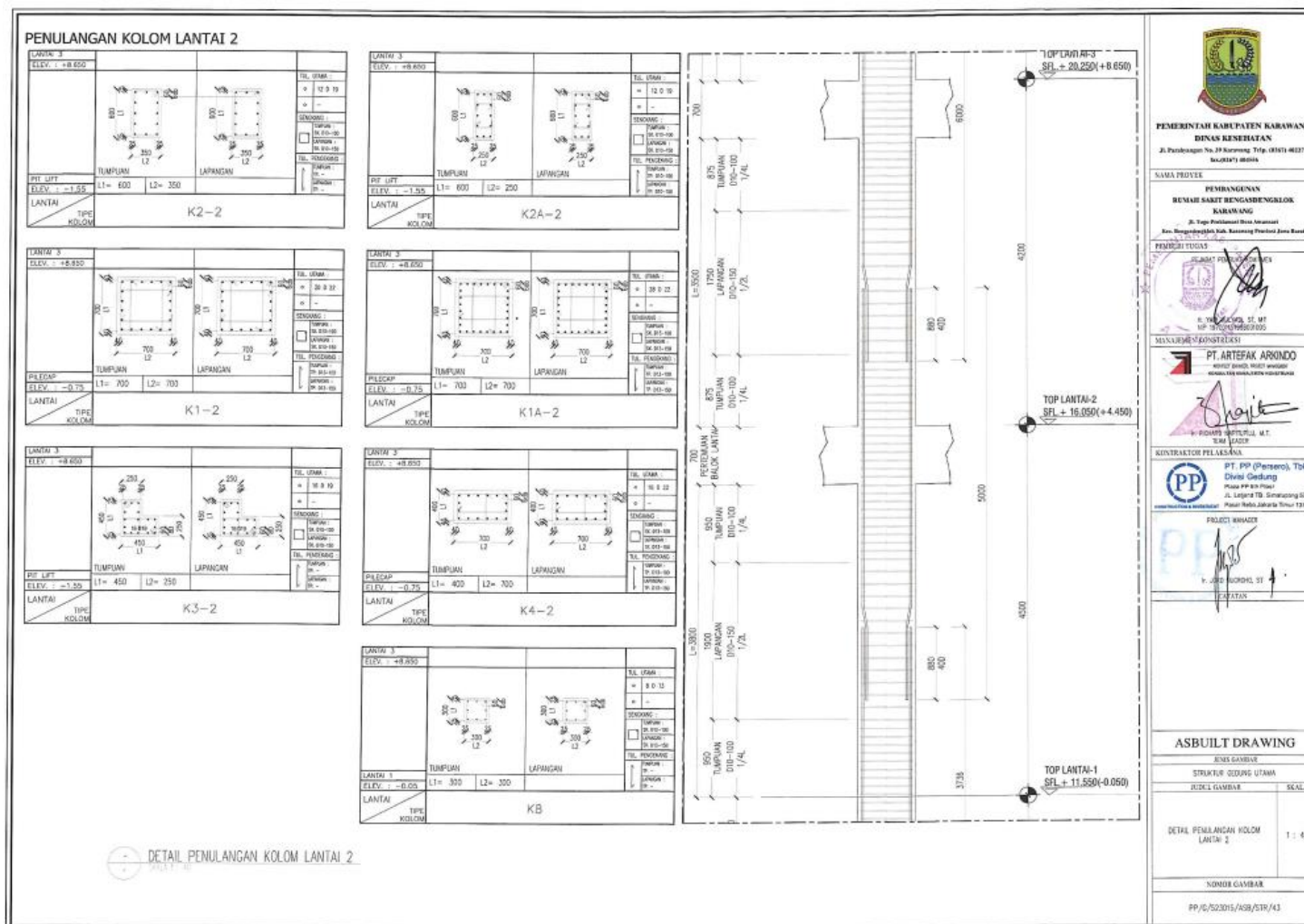


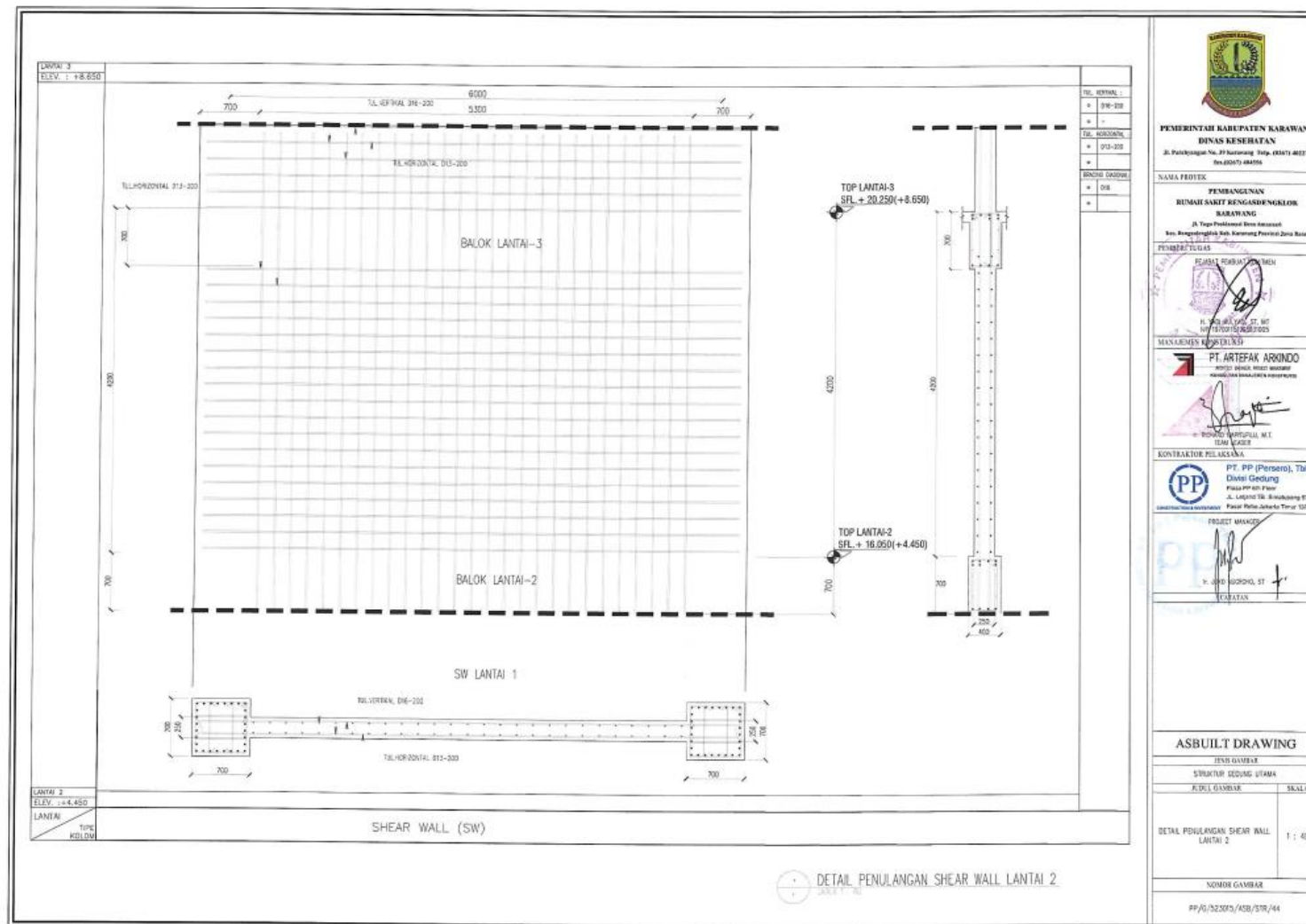


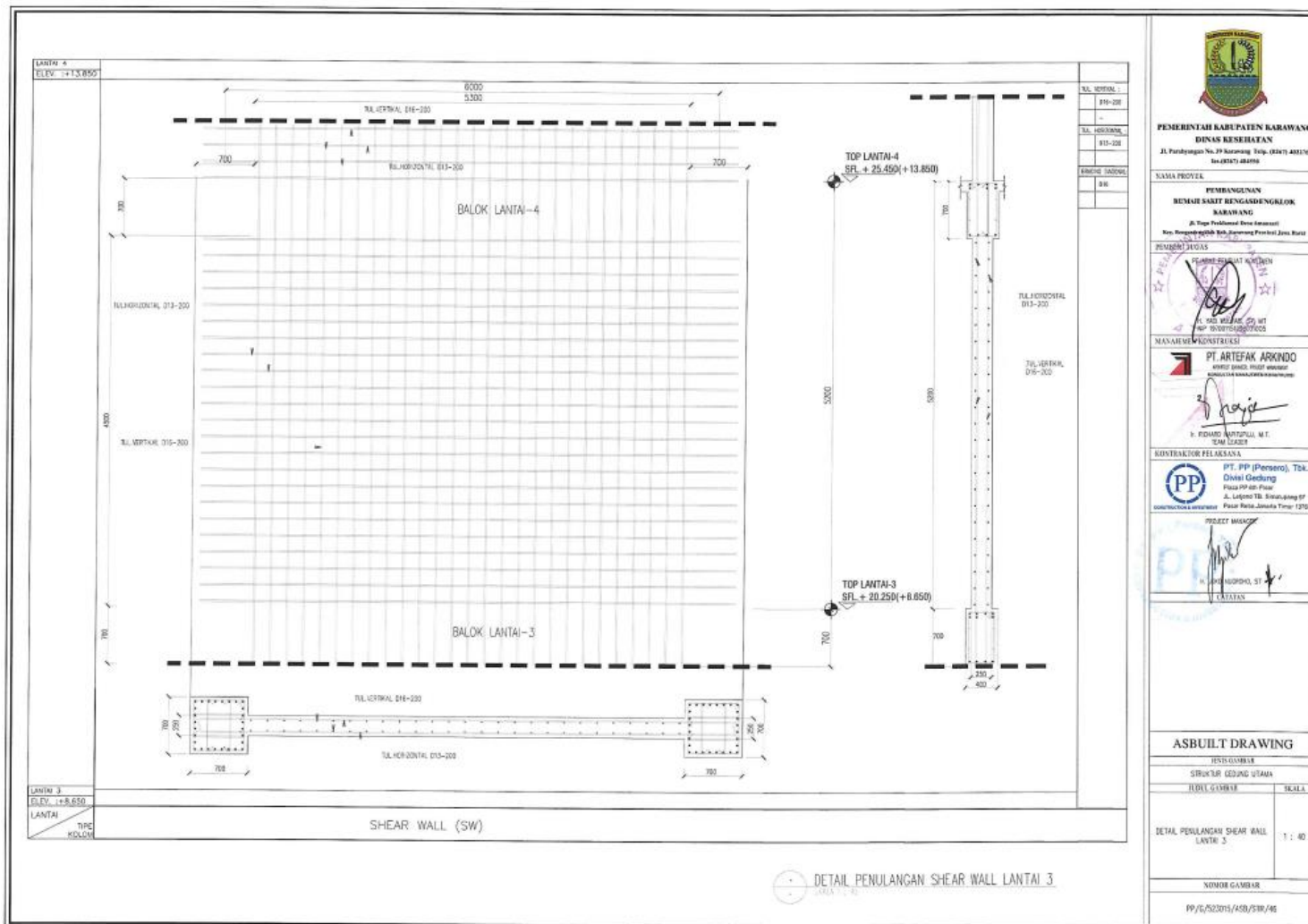


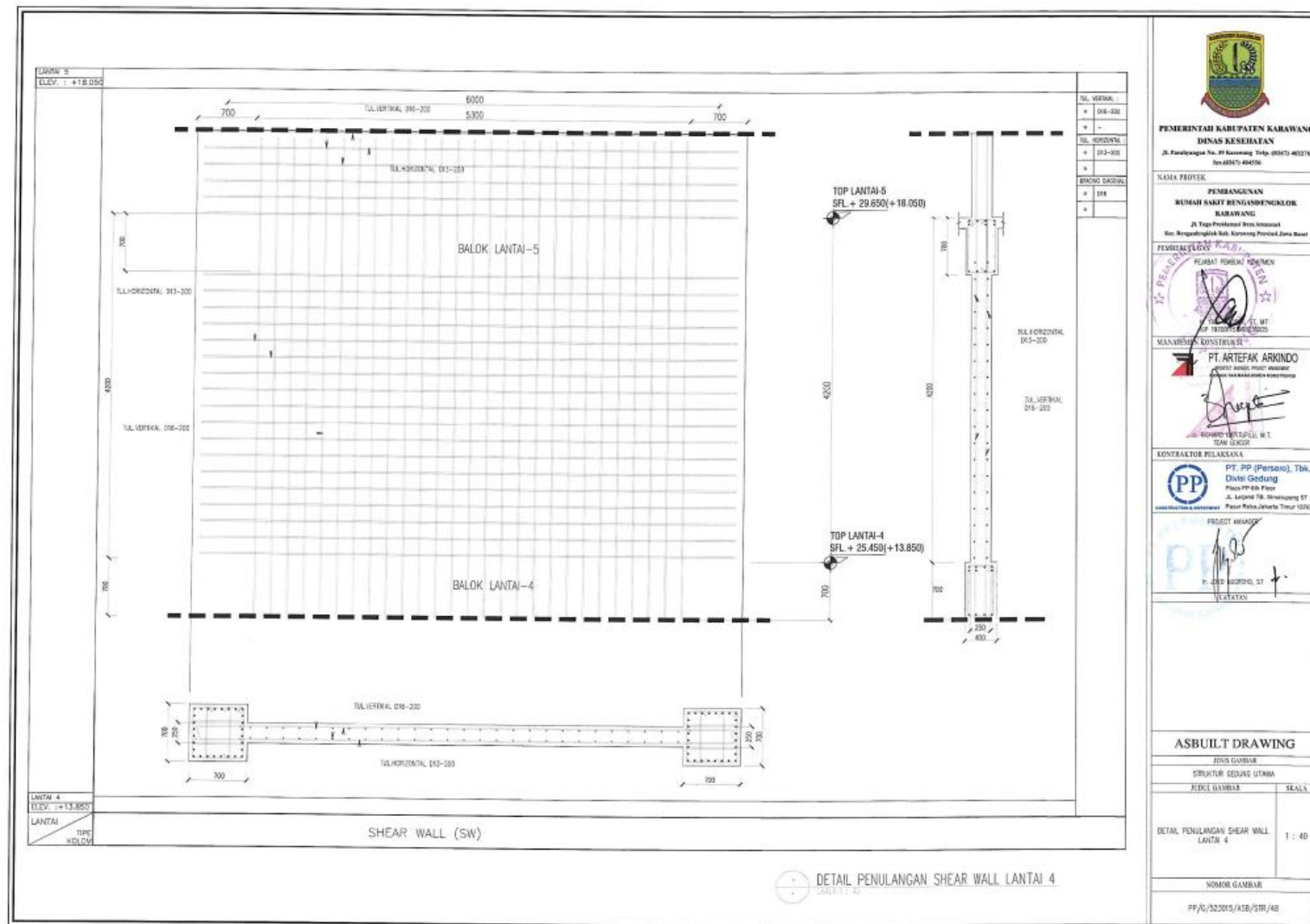


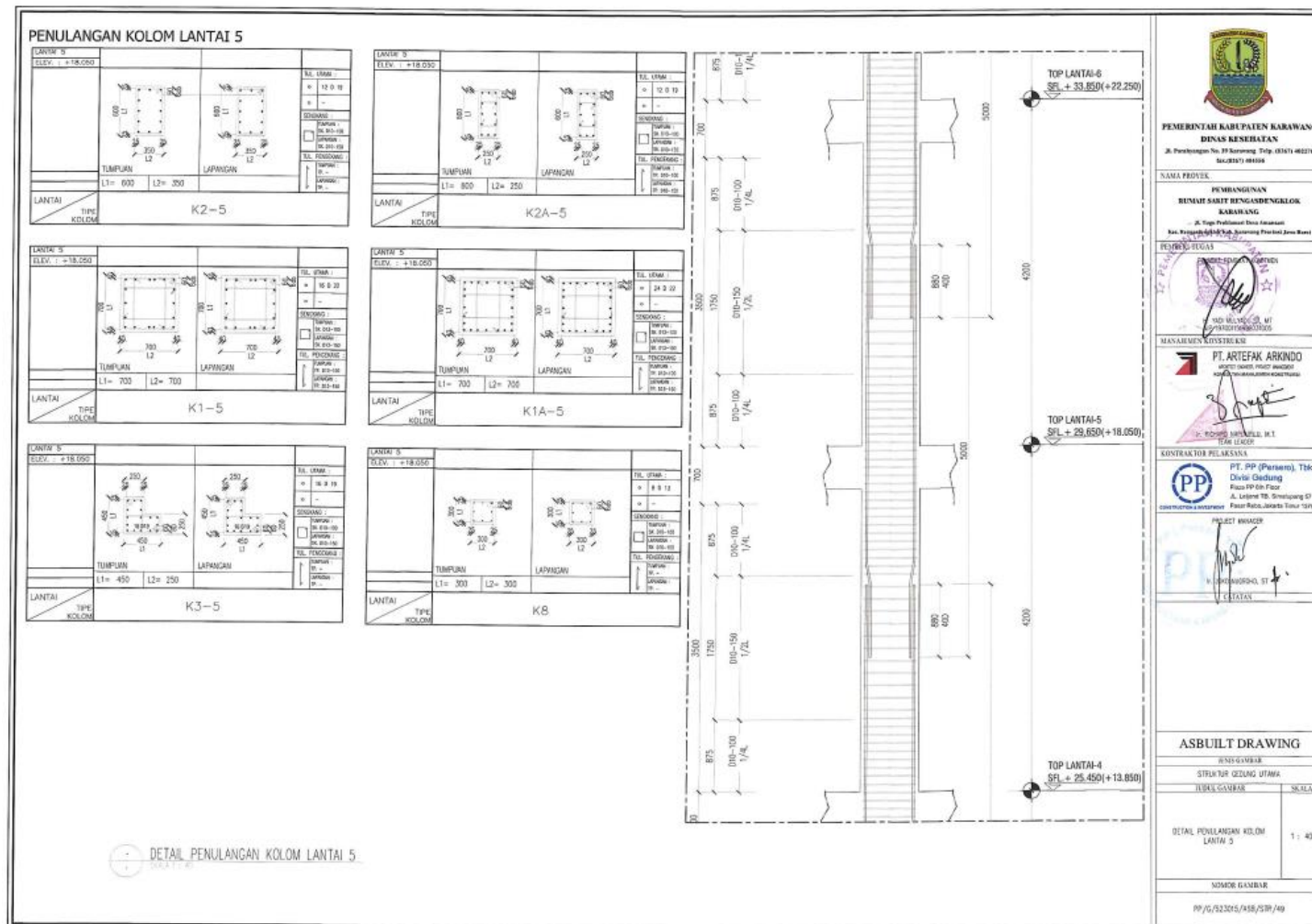


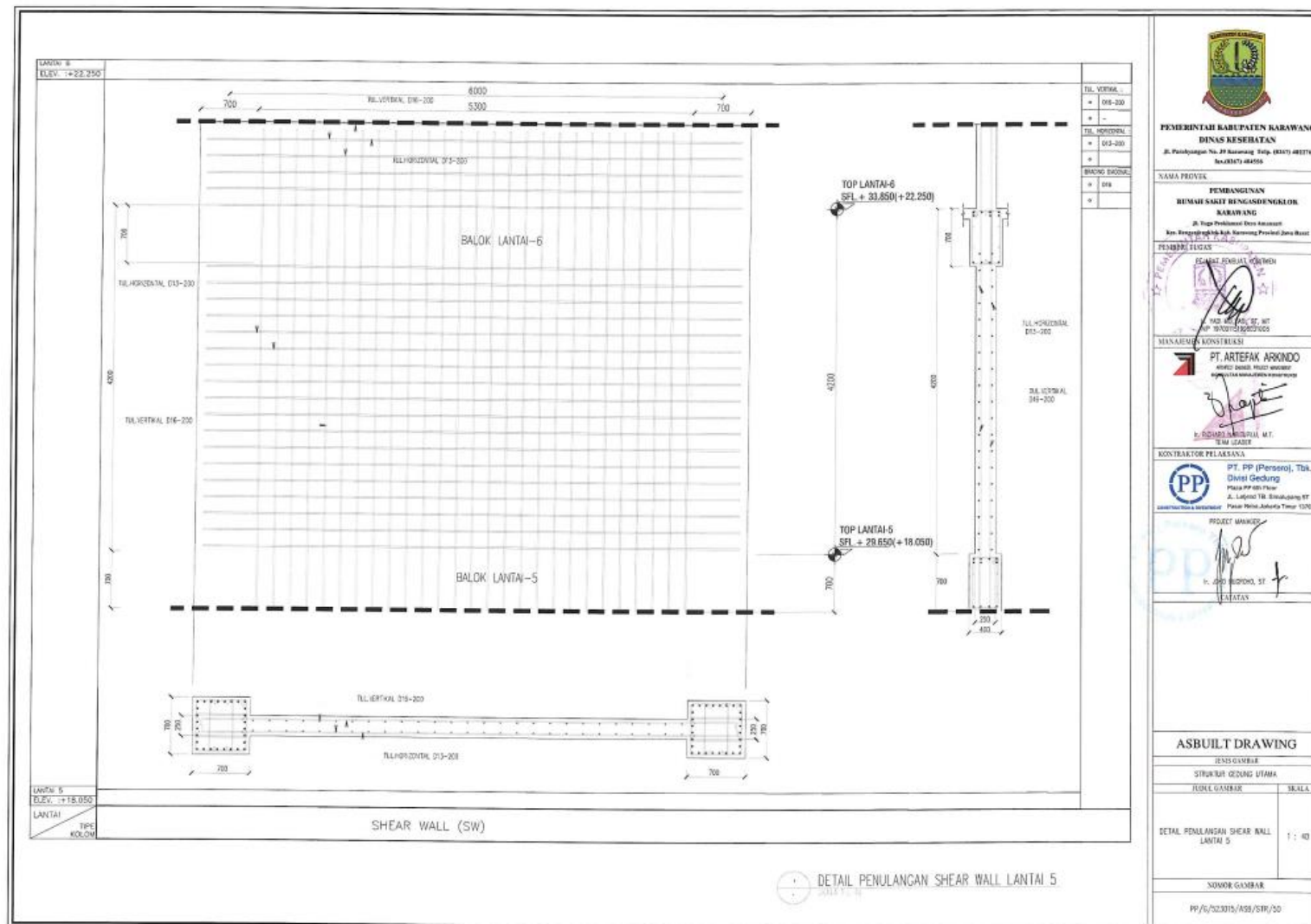


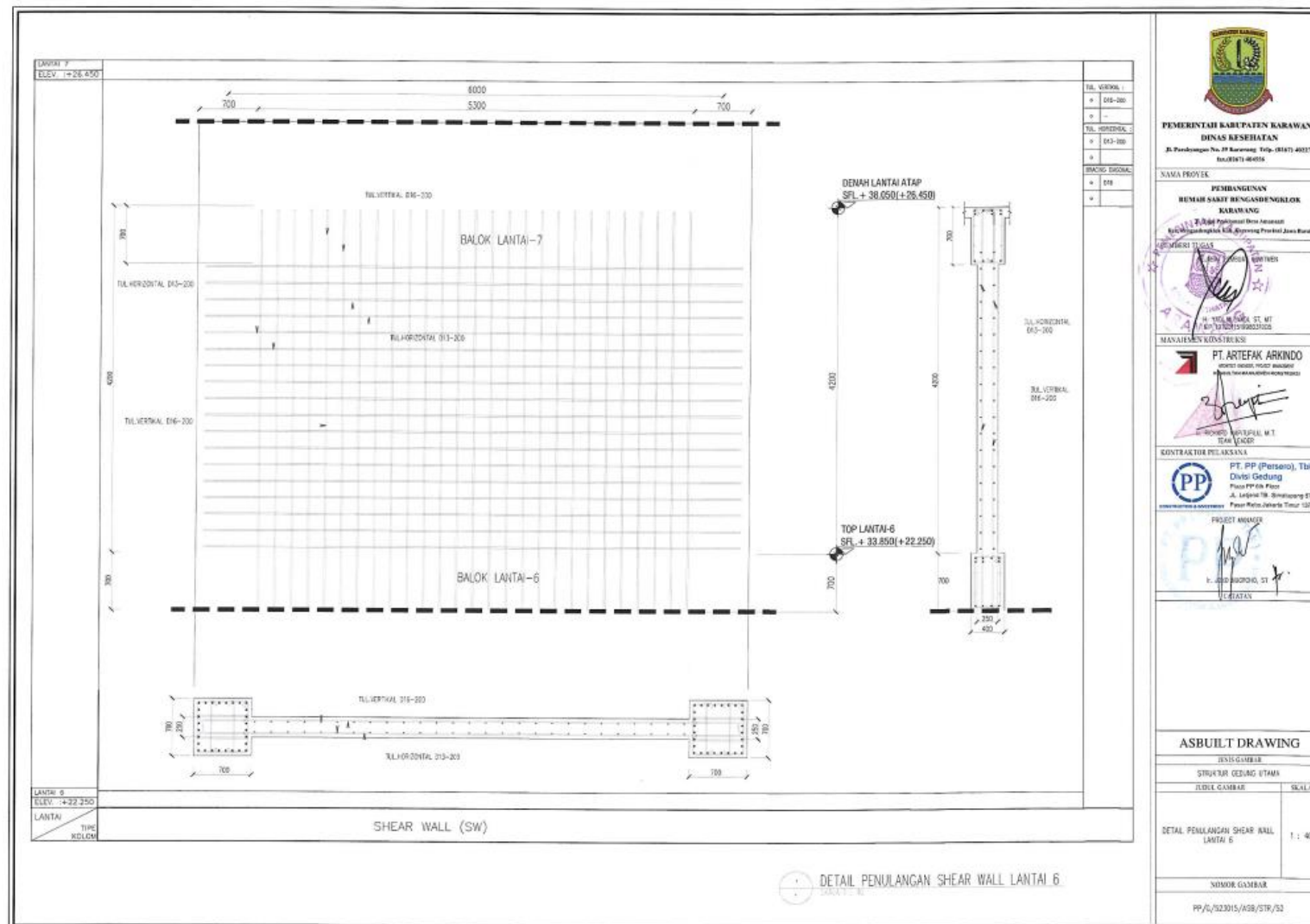


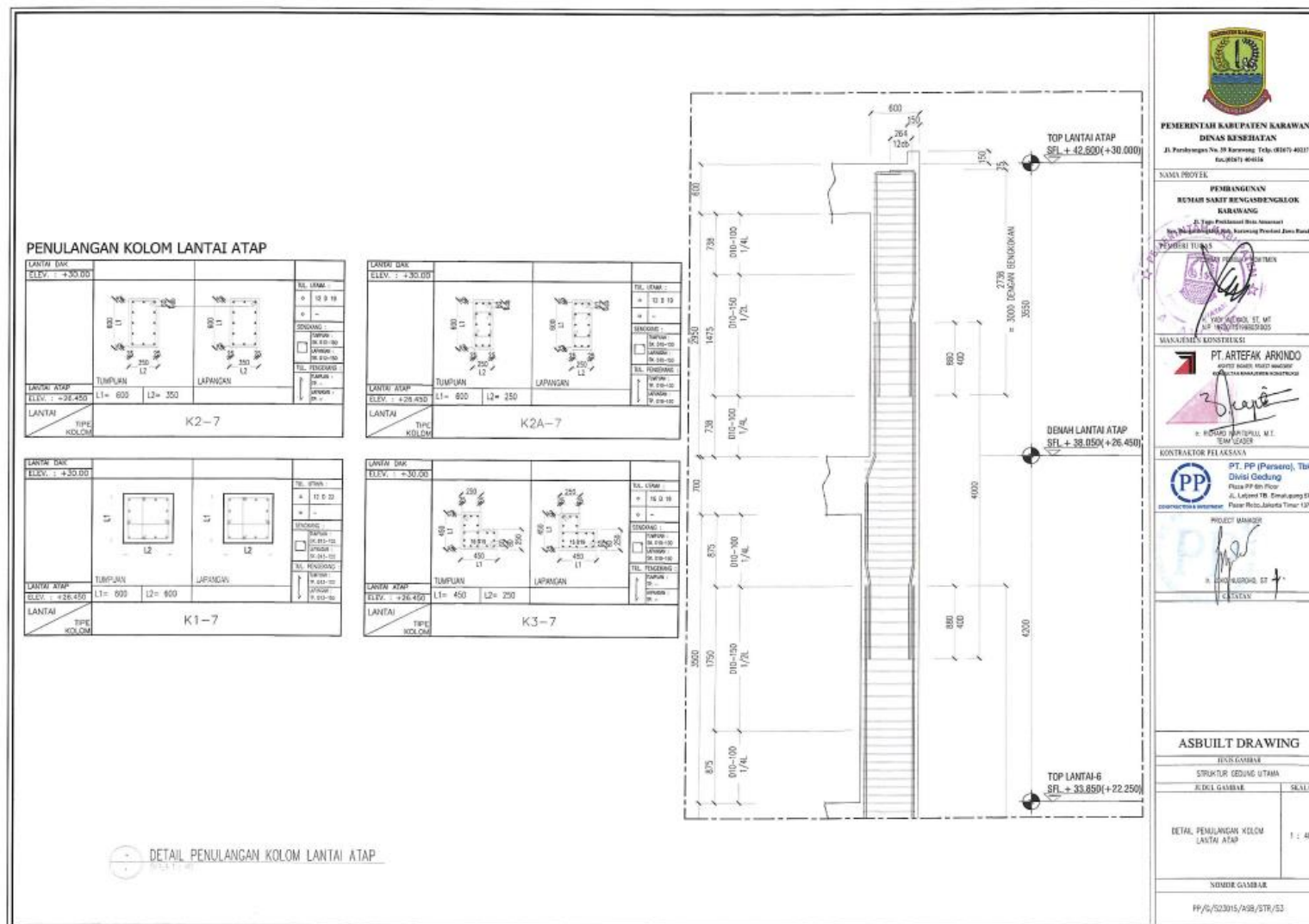


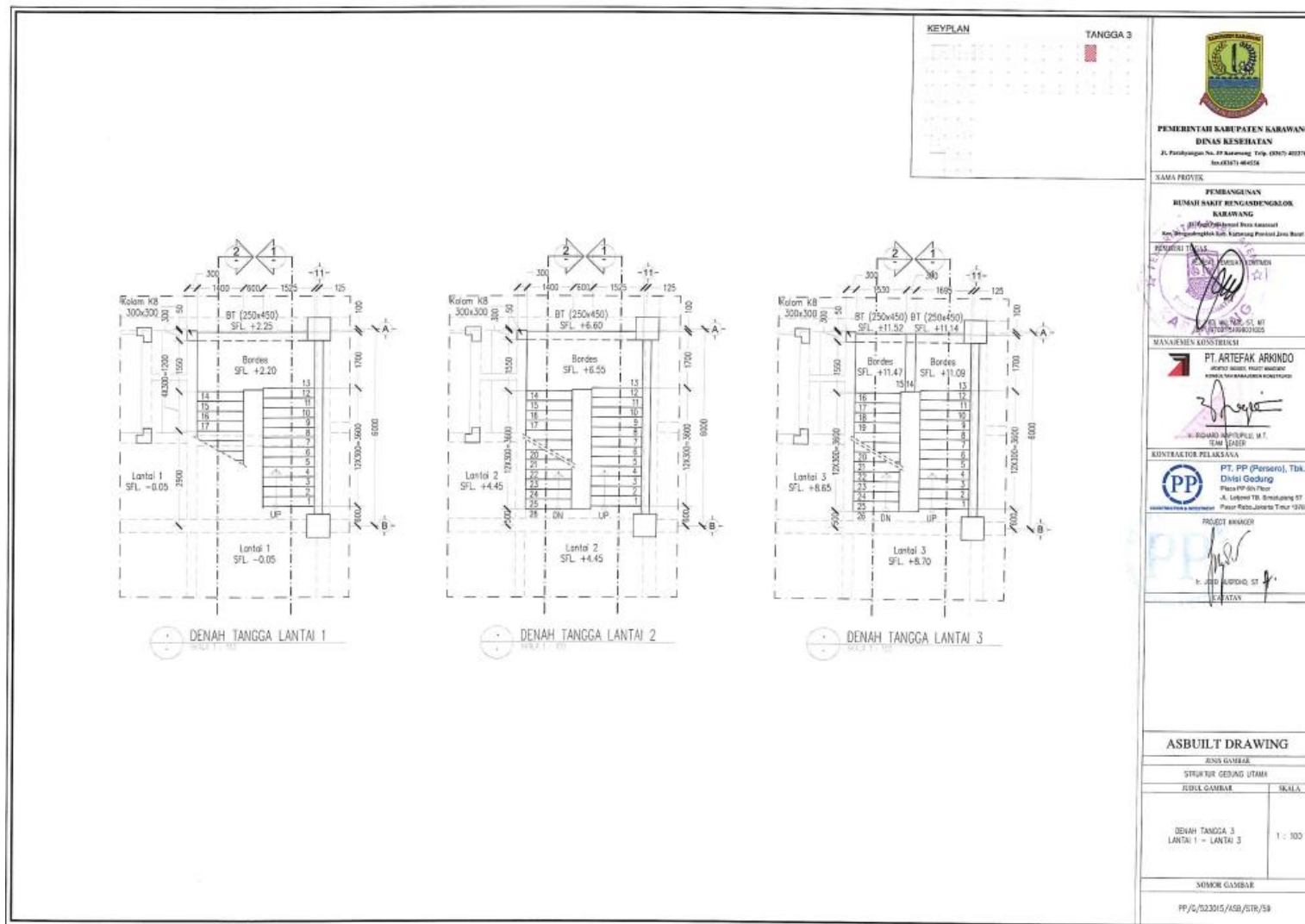


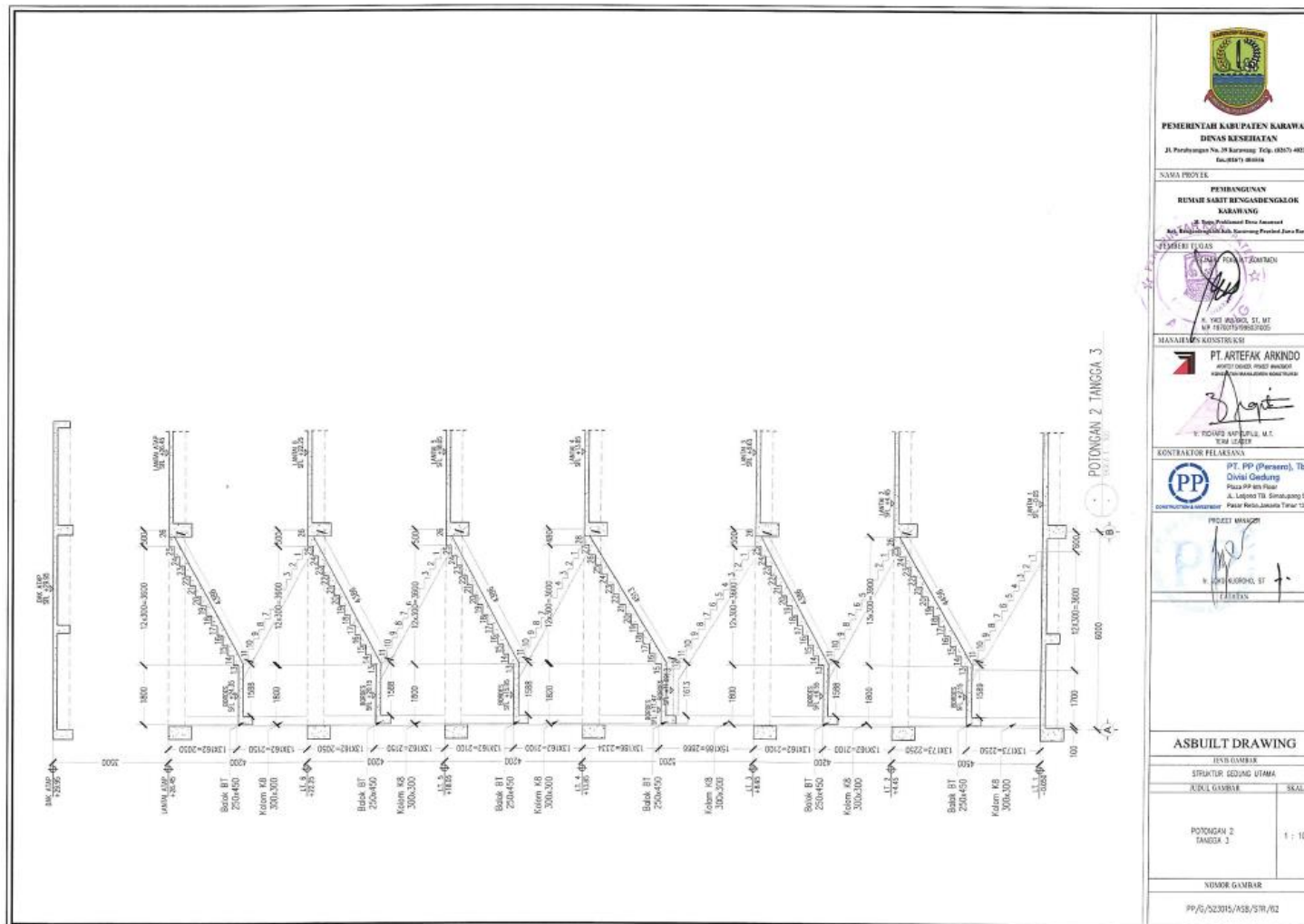


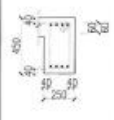
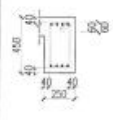










TIPE BALOK	BT		
LETAK POTONGAN	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
PENAMPANG			
DIMENSI	250 X 450		
TULANGAN ATAS	4 D 13	4 D 13	4 D 13
TULANGAN BAWAH	4 D 13	4 D 13	4 D 13
SENGKANG	SK.D10-100	SK.D10-150	SK.D10-100
TUL. MOUNTASE			

DETAIL BALOK & KOLOM TANGGA

LANTAI ATAP ELEV. : +26.50			TUL. LEMAH : = 8 Ø 13
			= -
			SENGKANG : TUMPAH : SK.D10-100 LAPANGAN : SK.D10-150
			TUL. PENDEKANG : TUMPAH : LAPANGAN : = -
LANTAI 1 ELEV. : -0.05	TUMPUAN L1= 300	LAPANGAN L2= 300	
LANTAI	K8		
TIPE KOLOM			

LANTAI ATAP ELEV. : +26.50			TUL. UTAMA : = 16 Ø 19
			= -
			SENGKANG : TUMPAH : SK.D10-100 LAPANGAN : SK.D10-150
			TUL. PENDEKANG : TUMPAH : LAPANGAN : = -
PIT. LIFT ELEV. : -1.55	TUMPUAN L1= 450	LAPANGAN L2= 250	
LANTAI	K3-1		
TIPE KOLOM			



PEMERINTAH KABUPATEN KARAWANG
DINAS KESEHATAN
Jl. Pahlawan No. 37 Karawang Telp. (031) 481274
Fax (031) 481286

NAMA PROYEK :

PEMBANGUNAN
RUMAH SAKIT BANGKANDERLOK
KARAWANG
Jl. Pahlawan No. 37 Karawang
Jl. Pahlawan No. 37 Karawang

PERENCANA TUJUAN :

PEMANGKAT : KEM SAR
KEM SAR
KEM SAR
KEM SAR

MANAJEMEN KONSTRUKSI :

PT. ARTEFAK ARKINDO

PT. ARTEFAK ARKINDO

PT. ARTEFAK ARKINDO

PT. ARTEFAK ARKINDO

PT. ARTEFAK ARKINDO

PT. ARTEFAK ARKINDO

PT. ARTEFAK ARKINDO

PT. ARTEFAK ARKINDO

PT. ARTEFAK ARKINDO

PT. ARTEFAK ARKINDO

PT. ARTEFAK ARKINDO

PT. ARTEFAK ARKINDO

PT. ARTEFAK ARKINDO

PT. ARTEFAK ARKINDO

PT. ARTEFAK ARKINDO

PT. ARTEFAK ARKINDO

PT. ARTEFAK ARKINDO

PT. ARTEFAK ARKINDO

PT. ARTEFAK ARKINDO

PT. ARTEFAK ARKINDO

PT. ARTEFAK ARKINDO

PT. ARTEFAK ARKINDO

PT. ARTEFAK ARKINDO

PT. ARTEFAK ARKINDO

PT. ARTEFAK ARKINDO

PT. ARTEFAK ARKINDO

PT. ARTEFAK ARKINDO

PT. ARTEFAK ARKINDO

PT. ARTEFAK ARKINDO

PT. ARTEFAK ARKINDO

PT. ARTEFAK ARKINDO

PT. ARTEFAK ARKINDO

PT. ARTEFAK ARKINDO

PT. ARTEFAK ARKINDO

PT. ARTEFAK ARKINDO

PT. ARTEFAK ARKINDO

PT. ARTEFAK ARKINDO

PT. ARTEFAK ARKINDO

PT. ARTEFAK ARKINDO

PT. ARTEFAK ARKINDO

PT. ARTEFAK ARKINDO

PT. ARTEFAK ARKINDO

PT. ARTEFAK ARKINDO

PT. ARTEFAK ARKINDO

PT. ARTEFAK ARKINDO

PT. ARTEFAK ARKINDO

PT. ARTEFAK ARKINDO

PT. ARTEFAK ARKINDO

PT. ARTEFAK ARKINDO

PT. ARTEFAK ARKINDO

PT. ARTEFAK ARKINDO

PT. ARTEFAK ARKINDO

PT. ARTEFAK ARKINDO

PT. ARTEFAK ARKINDO

PT. ARTEFAK ARKINDO

PT. ARTEFAK ARKINDO

ASBUILT DRAWING

REVISI

REVISI

REVISI

REVISI

REVISI

REVISI

REVISI

REVISI

REVISI

REVISI

REVISI

REVISI

REVISI

REVISI

REVISI

REVISI

REVISI

REVISI

REVISI

REVISI

REVISI

REVISI

REVISI

REVISI

REVISI

REVISI

REVISI

REVISI

DETAIL KOLOM DAN BALOK TANGGA

1 : 25

REVISI

REVISI

REVISI

REVISI

REVISI

REVISI

REVISI

REVISI

REVISI

REVISI

REVISI

REVISI

REVISI

REVISI

REVISI

REVISI

REVISI

REVISI

REVISI

