

TUGAS AKHIR

**ANALISIS RESPONS KETIDAKBERATURAN
HORIZONTAL VERTIKAL PADA GEDUNG
APARTEMEN TINGKAT TINGGI DENGAN
MENGUNAKAN SNI 1726-2019**

***(ANALYSIS OF VERTICAL HORIZONTAL
IRREGULARITY RESPONSE IN HIGH-LEVEL
APARTMENT BUILDINGS USING SNI 1726-2019)***

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



Mayangsari Rafiqqa Putri

17511009

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

2022

TUGAS AKHIR

ANALISIS RESPONS KETIDAKBERATURAN HORIZONTAL VERTIKAL PADA GEDUNG APARTEMEN TINGKAT TINGGI DENGAN MENGGUNAKAN SNI 1726-2019

*(ANALYSIS OF VERTICAL HORIZONTAL IRREGULARITY
RESPONSE IN HIGH-LEVEL APARTMENT BUILDINGS
USING SNI 1726-2019)*

Disusun oleh

Mayangsari Rafiqqa Putri

17511009

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

Diuji pada tanggal 8 Agustus 2022

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing I

Novi Rahmayanti, S.T., M.Eng.
NIK : 155111306

Penguji I

Malik Mustofa, ST., M.Eng
NIK : 185111302

Penguji II

Prof. Ir. Sarwidi, MSCE., Ph.D.
NIK : 845110101

Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

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



PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

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

Yogyakarta, 8 Agustus 2022

Yang membuat pernyataan,



Mayangsari Rafiqa Putri

(17511009)

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah rabbil'alamiin, puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul Analisis Respons Ketidakberaturan Horizontal Vertikal pada Gedung Apartemen Tingkat Tinggi dengan Menggunakan SNI 1726-2019. Tugas Akhir merupakan syarat akademik menyelesaikan studi tingkat sarjana strata satu di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi penulis. Namun, berkat kritik, saran serta motivasi dari berbagai pihak, *alhamdulillah* Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan Tugas Akhir ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada.

1. Ibu Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
2. Ibu Novi Rahmayanti, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing I yang telah membimbing, mengarahkan dan memberi masukan pada penyusunan Tugas Akhir.
3. Bapak Malik Mustofa, S.T., M.Eng., dan Prof. Ir. Sarwidi, MSCE., Ph.D., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan masukan, saran, dan mengevaluasi penelitian Tugas Akhir ini agar lebih baik.
4. Kedua orang tua saya, Bapak Supriyanta dan Ibu Yuhaeny Azizah yang selalu memberi motivasi dan telah berkorban, baik secara moril maupun material. Kakak dan adik-adik, Rizka Putra Arum Paka, Nasya Camelita Putri, dan Nadhira Athaya yang selalu memberi saya semangat.

5. Sahabat-sahabat yang selalu menemani dan memberi motivasi dalam proses penyusunan Tugas Akhir.
6. Seluruh dosen pengajar, asisten, laboran dan karyawan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan ilmu dan memfasilitasi kegiatan belajar penulis selama masa kuliah.

Akhir kata penulis berharap, semoga tugas akhir ini dapat diterima dengan baik dan bermanfaat untuk pembaca.

Wassalamualikum Warahmatullahi Wabarokatuh

Yogyakarta, 8 Agustus 2022

Yang membuat pernyataan,

Mayangsari Rafiq Putri

(17511009)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
ABSTRAK	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Penelitian Terdahulu	6
2.2 Perbedaan Penelitian	8
2.3 Keaslian Penelitian	10
BAB III LANDASAN TEORI	11
3.1 Umum	11
3.2 Pembebanan Struktur	11

3.2.1 Beban Gravitasi	12
3.2.2 Beban lateral	12
3.3 Perencanaan Struktur Tahan Gempa	14
3.4 Analisis Respons Spektrum	15
3.4.1 Faktor Keutamaan dan Kategori Risiko Struktur Bangunan	16
3.4.2 Faktor Redundansi	18
3.4.3 Sistem Struktur Pemikul Gaya Seismik	18
3.4.4 Kombinasi dan Pengaruh Beban Gempa	18
3.4.5 Klasifikasi Situs	20
3.4.6 Koefisien Situs, F_a dan F_v	21
3.4.7 Koefisien Risiko Terpetakan	24
3.4.8 Parameter Percepatan Spektral Desain	25
3.4.9 Spektrum Respons Desain	25
3.4.10 Kategori Desain Seismik	26
3.4.11 Periode Fundamental Struktur	27
3.4.12 Reduksi Momen Inersia Penampang Struktur	28
3.4.13 Koefisien Respons Seismik	29
3.4.14 Gaya Dasar Seismik	29
3.5 Ketidakberaturan Horizontal	30
3.5.1 Ketidakberaturan Torsi	30
3.5.2 Ketidakberaturan Sudut Dalam	31
3.5.3 Ketidakberaturan Diskontinuitas Diafragma	32
3.5.4 Ketidakberaturan Pergeseran Tegak Lurus Terhadap Bidang	32
3.5.5 Ketidakberaturan Sistem Non Paralel	33
3.6 Ketidakberaturan Vertikal	34

3.6.1 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak	34
3.6.2 Ketidakberaturan Berat (Massa)	35
3.6.3 Ketidakberaturan Geometri Vertikal	35
3.6.4 Ketidakberaturan Akibat Diskontinuitas Bidang pada Elemen Vertikal Pemikul Gaya Lateral	36
3.6.5 Ketidakberaturan Tingkat Lemah Akibat Diskontinuitas Pada Kekuatan Lateral Tingkat	36
3.7 Simpangan Antar Lantai	37
3.8 P-Delta	39
3.9 Fleksibilitas Diafragma	40
3.9.1 Diafragma Fleksibel	40
3.9.2 Diafragma Kaku	40
3.9.3 Kondisi Diafragma Fleksibel yang dihitung	41
3.10 Peningkatan Gaya akibat Ketidakberaturan Kategori Desain Seismik D hingga F	41
3.11 Gaya Desain Diafragma	42
3.12 Analisis Gaya Kolektor	42
3.13 Analisis Gaya Kord	43
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	45
4.1 Lokasi Penelitian	45
4.2 Jenis Penelitian	45
4.3 Pengumpulan Data	45
4.4 Permodelan Struktur	50
4.5 Tahapan Penelitian	50
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	54
5.1 Data Struktur	54

5.1.1 Balok	54
5.1.2 Kolom	55
5.1.3 Pelat	55
5.1.4 Dinding Geser	56
5.1.5 Elevasi Antar Tingkat	56
5.2 Pembebanan	57
5.2.1 Beban Mati	57
5.2.2 Beban Hidup	58
5.3 Beban Gempa	59
5.3.1 Statik Ekuivalen	59
5.3.2 Respons Spektrum	62
5.4 Analisis Ketidakberaturan Horizontal dan Ketidakberaturan Vertikal	69
5.4.1 Ketidakberaturan Horizontal	69
5.4.2 Ketidakberaturan Vertikal	82
5.5 Sistem Ganda	87
5.6 Simpangan Antar Tingkat	88
5.7 Pengaruh P-Delta	93
5.8 Gaya Desain Diafragma	95
5.9 Kombinasi untuk Gaya Desain Diafragma	100
5.10 Desain Elemen Kolektor	100
5.10.1 Perhitungan Tulangan Longitudinal Balok Kolektor	104
5.10.2 Perhitungan Tulangan Transversal Balok Kolektor	133
5.11 Desain Elemen Kord	138
5.12 Pembahasan Keseluruhan	174
BAB VI SIMPULAN DAN SARAN	176

6.1 Simpulan

176

6.2 Saran

176



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbedaan Penelitian Terdahulu	8
Tabel 3. 1 Kategori Risiko Struktur Bangunan	16
Tabel 3. 2 Faktor Keutamaan Gempa	17
Tabel 3. 3 Klasifikasi Situs	21
Tabel 3. 4 Koefisien Situs (F_a)	22
Tabel 3. 5 Koefisien Situs (F_v)	22
Tabel 3. 6 Kategori Desain Seismik berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek	27
Tabel 3. 7 Kategori Desain Seismik berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 detik	27
Tabel 3. 8 Koefisien Untuk Batas Atas Periode yang Dihitung	27
Tabel 3. 9 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x	28
Tabel 3. 10 Simpangan Antar Tingkat Izin, Δ_a	38
Tabel 5. 1 Kodefikasi Balok	54
Tabel 5. 2 Kodefikasi Kolom	55
Tabel 5. 3 Kodefikasi Dinding Geser	56
Tabel 5. 4 Elevasi Antar Lantai	56
Tabel 5. 5 Beban Hidup Pelat Lantai	58
Tabel 5. 6 Berat Bangunan	59
Tabel 5. 7 Distribusi Gaya Seismik	61
Tabel 5. 8 Ketidakberaturan Horizontal 1a dan 1b ($E_x + 0,3E_y$)	71
Tabel 5. 9 Ketidakberaturan Horizontal 1a dan 1b ($E_x - 0,3E_y$)	71
Tabel 5. 10 Ketidakberaturan Horizontal 1a dan 1b ($-E_x + 0,3E_y$)	72
Tabel 5. 11 Ketidakberaturan Horizontal 1a dan 1b ($-E_x - 0,3E_y$)	73
Tabel 5. 12 Ketidakberaturan Horizontal 1a dan 1b ($E_y + 0,3E_x$)	76
Tabel 5. 13 Ketidakberaturan Horizontal 1a dan 1b ($E_y - 0,3E_x$)	76
Tabel 5. 14 Ketidakberaturan Horizontal 1a dan 1b ($-E_y + 0,3E_x$)	77
Tabel 5. 15 Ketidakberaturan Horizontal 1a dan 1b ($-E_y - 0,3E_x$)	77
Tabel 5. 16 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1a Arah X	83

Tabel 5. 17 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1a Arah Y	84
Tabel 5. 18 Ketidakberaturan Berat (Massa)	85
Tabel 5. 19 Ketidakberaturan Tingkat Lemah Akibat Diskontinuitas pada Kekuatan Lateral Tingkat (5a dan 5b)	87
Tabel 5. 20 Sistem Ganda	87
Tabel 5. 21 Simpangan Antar Tingkat Arah X	91
Tabel 5. 22 Simpangan Antar Tingkat Arah Y	91
Tabel 5. 23 Koefisien Stabilitas Arah X	94
Tabel 5. 24 Koefisien Stabilitas Arah Y	94
Tabel 5. 25 Gaya Desain Diafragma (Arah X)	98
Tabel 5. 26 Gaya Desain Diafragma (Arah Y)	99
Tabel 5. 27 Pemeriksaan Elemen Kolektor	101
Tabel 5. 28 Rekapitulasi Gaya Dalam Balok Kolektor	104
Tabel 5. 29 Rekapitulasi Tulangan Longitudinal Balok Kolektor Arah X (B)	132
Tabel 5. 30 Rekapitulasi Tulangan Longitudinal Balok Kolektor Arah Z (H)	133
Tabel 5. 31 Rekapitulasi Tulangan Transversal Balok Kolektor	138
Tabel 5. 32 Hasil Output Section Cut Pada Lantai 1-3	139
Tabel 5. 33 Hasil Output Section Cut Pada Lantai 4-6	140
Tabel 5. 34 Hasil Output Section Cut Pada Lantai 7-9	140
Tabel 5. 35 Hasil Output Section Cut Pada Lantai 10-12	141
Tabel 5. 36 Hasil Output Section Cut Pada Lantai 13-15	141
Tabel 5. 37 Hasil Pemeriksaan Tulangan Geser Diafragma Lantai 1	143
Tabel 5. 38 Hasil Pemeriksaan Tulangan Geser Diafragma Lantai 2	143
Tabel 5. 39 Hasil Pemeriksaan Tulangan Geser Diafragma Lantai 3	144
Tabel 5. 40 Hasil Pemeriksaan Tulangan Geser Diafragma Lantai 4	145
Tabel 5. 41 Hasil Pemeriksaan Tulangan Geser Diafragma Lantai 5	145
Tabel 5. 42 Hasil Pemeriksaan Tulangan Geser Diafragma Lantai 6	146
Tabel 5. 43 Hasil Pemeriksaan Tulangan Geser Diafragma Lantai 7	146
Tabel 5. 44 Hasil Pemeriksaan Tulangan Geser Diafragma Lantai 8	147
Tabel 5. 45 Hasil Pemeriksaan Tulangan Geser Diafragma Lantai 9	148
Tabel 5. 46 Hasil Pemeriksaan Tulangan Geser Diafragma Lantai 10	148

Tabel 5. 47 Hasil Pemeriksaan Tulangan Geser Diafragma Lantai 11	149
Tabel 5. 48 Hasil Pemeriksaan Tulangan Geser Diafragma Lantai 12	149
Tabel 5. 49 Hasil Pemeriksaan Tulangan Geser Diafragma Lantai 13	150
Tabel 5. 50 Hasil Pemeriksaan Tulangan Geser Diafragma Lantai 14	151
Tabel 5. 51 Hasil Pemeriksaan Tulangan Geser Diafragma Lantai 15	151
Tabel 5. 52 Rekapitulasi Tulangan Geser Diafragma	153
Tabel 5. 53 Rekapitulasi Tulangan Kord Lantai 1	155
Tabel 5. 54 Rekapitulasi Tulangan Kord Lantai 2	156
Tabel 5. 55 Rekapitulasi Tulangan Kord Lantai 3	156
Tabel 5. 56 Rekapitulasi Tulangan Kord Lantai 4	157
Tabel 5. 57 Rekapitulasi Tulangan Kord Lantai 5	157
Tabel 5. 58 Rekapitulasi Tulangan Kord Lantai 6	158
Tabel 5. 59 Rekapitulasi Tulangan Kord Lantai 7	159
Tabel 5. 60 Rekapitulasi Tulangan Kord Lantai 8	159
Tabel 5. 61 Rekapitulasi Tulangan Kord Lantai 9	160
Tabel 5. 62 Rekapitulasi Tulangan Kord Lantai 10	160
Tabel 5. 63 Rekapitulasi Tulangan Kord Lantai 11	161
Tabel 5. 64 Rekapitulasi Tulangan Kord Lantai 12	162
Tabel 5. 65 Rekapitulasi Tulangan Kord Lantai 13	162
Tabel 5. 66 Rekapitulasi Tulangan Kord Lantai 14	163
Tabel 5. 67 Rekapitulasi Tulangan Kord Lantai 15	163
Tabel 5. 68 Rekapitulasi Confinement Diafragma Lantai 1	165
Tabel 5. 69 Rekapitulasi Confinement Diafragma Lantai 2	166
Tabel 5. 70 Rekapitulasi Confinement Diafragma Lantai 3	166
Tabel 5. 71 Rekapitulasi Confinement Diafragma Lantai 4	167
Tabel 5. 72 Rekapitulasi Confinement Diafragma Lantai 5	167
Tabel 5. 73 Rekapitulasi Confinement Diafragma Lantai 6	168
Tabel 5. 74 Rekapitulasi Confinement Diafragma Lantai 7	169
Tabel 5. 75 Rekapitulasi Confinement Diafragma Lantai 8	169
Tabel 5. 76 Rekapitulasi Confinement Diafragma Lantai 9	170
Tabel 5. 77 Rekapitulasi Confinement Diafragma Lantai 10	171

Tabel 5. 78 Rekapitulasi Confinement Diafragma Lantai 11	171
Tabel 5. 79 Rekapitulasi Confinement Diafragma Lantai 12	172
Tabel 5. 80 Rekapitulasi Confinement Diafragma Lantai 13	172
Tabel 5. 81 Rekapitulasi Confinement Diafragma Lantai 14	173
Tabel 5. 82 Rekapitulasi Confinement Diafragma Lantai 15	174



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 a) Analisis Dinamik, b) Gaya Horizontal Statik Ekuivalen	13
Gambar 3. 2 Respons Spektrum Elastik dan Inelastik	15
Gambar 3. 3 S_s , Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan risiko tertarget (MCE_R) Wilayah Indonesia untuk Spektrum Respons 0,2 detik	23
Gambar 3. 4 S_1 , Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko Tertarget (MCE_R) Wilayah Indonesia untuk Spektrum Respons 1 detik	24
Gambar 3. 5 C_{RS} , Koefisien Risiko Terpetakan, periode spektrum respons 0,2 detik	24
Gambar 3. 6 C_{RI} , Koefisien Risiko Terpetakan, Periode Respons Spektral 1 detik	25
Gambar 3. 7 Spektrum Respons Desain	26
Gambar 3. 8 Ketidakberaturan 1a dan 1b	31
Gambar 3. 9 Ketidakberaturan Sudut Dalam	32
Gambar 3. 10 Ketidakberaturan Diskontinuitas Diafragma	32
Gambar 3. 11 Ketidakberaturan Pergeseran Tegak Lurus Terhadap Bidang	33
Gambar 3. 12 Ketidakberaturan Sistem Non-Paralel	33
Gambar 3. 13 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak 1a dan 1b	34
Gambar 3. 14 Ketidakberaturan Berat (Massa)	35
Gambar 3. 15 Ketidakberaturan Geometri Vertikal	35
Gambar 3. 16 Ketidakberaturan Diskontinuitas Bidang	36
Gambar 3. 17 Ketidakberaturan Tingkat Lemah (5a dan 5b)	37
Gambar 3. 18 Penentuan Simpangan Antar Tingkat	37
Gambar 3. 19 Diafragma Fleksibel	41
Gambar 3. 20 Kolektor	43
Gambar 3. 21 Kord	43
Gambar 4. 1 Denah Lantai 2	46
Gambar 4. 2 Denah Lantai 3	46
Gambar 4. 3 Denah Lantai 4	47
Gambar 4. 4 Denah Lantai 5	47

Gambar 4. 5 Denah Lantai 6,7,8	48
Gambar 4. 6 Denah Lantai 9,10,11	48
Gambar 4. 7 Denah Lantai 12,13,14,15	49
Gambar 4. 8 Denah Lantai Atap	49
Gambar 4. 9 Bagan Alir Tugas Akhir	52
Gambar 5. 1 Respon Spektrum Yogyakarta	64
Gambar 5. 2 Partisipasi Massa	66
Gambar 5. 3 Periode Tiap Mode	67
Gambar 5. 4 Gaya Geser Respon Spektrum Setelah Skala Ulang	68
Gambar 5. 5 Titik Joint Acuan Ketidakberaturan Horizontal 1a dan 1b Arah X	69
Gambar 5. 6 Grafik Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1a dan 1b ($E_x+0,3E_y$)	73
Gambar 5. 7 Grafik Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1a dan 1b ($E_x-0,3E_y$)	74
Gambar 5. 8 Grafik Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1a dan 1b ($-E_x+0,3E_y$)	74
Gambar 5. 9 Grafik Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1a dan 1b ($-E_x-0,3E_y$)	75
Gambar 5. 10 Titik Joint Acuan Ketidakberaturan Horizontal 1a dan 1b Arah Y	75
Gambar 5. 11 Grafik Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1a dan 1b ($E_y+0,3E_x$)	78
Gambar 5. 12 Grafik Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1a dan 1b ($E_y-0,3E_x$)	79
Gambar 5. 13 Grafik Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1a dan 1b ($-E_y+0,3E_x$)	79
Gambar 5. 14 Grafik Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1a dan 1b ($-E_y-0,3E_x$)	80
Gambar 5. 15 Denah Tinjauan Ketidakberaturan Sudut Dalam	81
Gambar 5. 16 Titik Acuan Defleksi	88
Gambar 5. 17 Simpangan Antar Tingkat terhadap Simpangan Antar Tingkat Ijin Arah X	92
Gambar 5. 18 Simpangan Antar Tingkat terhadap Simpangan Antar Tingkat Ijin Arah Y	92
Gambar 5. 19 Balok Berpotensi menjadi Elemen Kolektor Lantai 1 - Lantai 15	101
Gambar 5. 20 Diagram Mu-Pu Arah X B160 (B2) Lantai 1 (B)	113
Gambar 5. 21 Diagram Mu-Pu Arah Z B160 (B2) Lantai 1 (H)	114
Gambar 5. 22 Diagram Mu-Pu Arah X B140 (BA-4) Lantai 1 (B)	115
Gambar 5. 23 Diagram Mu-Pu Arah Z B140 (BA-4) Lantai 1 (H)	115
Gambar 5. 24 Diagram Mu-Pu Arah X B223 (B14) Lantai 1 (B)	116

Gambar 5. 25 Diagram Mu-Pu Arah Z B223 (B14) Lantai 1 (H)	117
Gambar 5. 26 Diagram Mu-Pu Arah X B160 (B2) Lantai 2 (B)	118
Gambar 5. 27 Diagram Mu-Pu Arah Z B160 (B2) Lantai 2 (H)	118
Gambar 5. 28 Diagram Mu-Pu Arah X B160 (B2) Lantai 4 (B)	119
Gambar 5. 29 Diagram Mu-Pu Arah Z B160 (B2) Lantai 4 (H)	120
Gambar 5. 30 Diagram Mu-Pu Arah X B160 (B2) Lantai 5 (B)	121
Gambar 5. 31 Diagram Mu-Pu Arah Z B160 (B2) Lantai 5 (H)	121
Gambar 5. 32 Diagram Mu-Pu Arah X B160 (B2) Lantai 6 (B)	122
Gambar 5. 33 Diagram Mu-Pu Arah Z B160 (B2) Lantai 6 (H)	123
Gambar 5. 34 Diagram Mu-Pu Arah X B160 (B2) Lantai 7 (B)	124
Gambar 5. 35 Diagram Mu-Pu Arah Z B160 (B2) Lantai 7 (H)	124
Gambar 5. 36 Diagram Mu-Pu Arah X B160 (B2) Lantai 8 (B)	125
Gambar 5. 37 Diagram Mu-Pu Arah Z B160 (B2) Lantai 8 (H)	126
Gambar 5. 38 Diagram Mu-Pu Arah X B160 (B2) Lantai 9 (B)	127
Gambar 5. 39 Diagram Mu-Pu Arah Z B160 (B2) Lantai 9 (H)	127
Gambar 5. 40 Diagram Mu-Pu Arah X B160 (B2) Lantai 10 (B)	128
Gambar 5. 41 Diagram Mu-Pu Arah Z B160 (B2) Lantai 10 (H)	129
Gambar 5. 42 Diagram Mu-Pu Arah X B160 (B2) Lantai 11 (B)	130
Gambar 5. 43 Diagram Mu-Pu Arah Z B160 (B2) Lantai 11 (H)	130
Gambar 5. 44 Diagram Mu-Pu Arah X B160 (B2) Lantai 12 (B)	131
Gambar 5. 45 Diagram Mu-Pu Arah Z B160 (B2) Lantai 12 (H)	132
Gambar 5. 46 Elemen Kord dan Section Cut Pada Seluruh Lantai	139

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. 1 Denah Basement 2	177
Lampiran 1. 2 Denah Basement 1	178
Lampiran 1. 3 Denah Lantai 1	179
Lampiran 1. 4 Denah Lantai 2	180
Lampiran 1. 5 Denah Lantai 3	181
Lampiran 1. 6 Denah Lantai 4	182
Lampiran 1. 7 Denah Lantai 5	183
Lampiran 1. 8 Denah Lantai 6	184
Lampiran 1. 9 Denah Lantai 7	185
Lampiran 1. 10 Denah Lantai 8	186
Lampiran 1. 11 Denah Lantai 9	187
Lampiran 1. 12 Denah Lantai 10	188
Lampiran 1. 13 Denah Lantai 11	189
Lampiran 1. 14 Denah Lantai 12	190
Lampiran 1. 15 Denah Lantai 13	191
Lampiran 1. 16 Denah Lantai 14	192
Lampiran 1. 17 Denah Lantai 15	193

ABSTRAK

Indonesia berada diantara lempeng Eurasia, lempeng Australia, lempeng pasifik dan masuk kedalam cincin api pasifik. Apabila terjadi tumbukan antar lempeng maka akan mengakibatkan adanya gempa bumi. Daerah Istimewa Yogyakarta termasuk salah satu wilayah rawan gempa bumi di Indonesia berdasarkan pernyataan Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (DVMBG). Gempa bumi dapat terjadi karena adanya pelepasan energi dalam jumlah yang besar. Maka perlu dilakukan analisis gempa diantaranya ketidakberaturan struktur, simpangan antar tingkat, dan peningkatan gaya akibat ketidakberaturan sesuai SNI 1726-2019 pasal 7.3.3.4.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui ketidakberaturan struktur yang terjadi pada bangunan Apartemen Taman Melati Yogyakarta dan konsekuensi akibat terjadinya ketidakberaturan struktur, serta menganalisis simpangan antar tingkat yang terjadi pada bangunan tersebut dengan menggunakan program Etabs v18.

Hasil yang didapat dari penelitian ini bahwa pada bangunan Apartemen Taman Melati Yogyakarta terjadi ketidakberaturan horizontal torsi 1a dan sudut dalam. Sehingga gaya desain diafragma perlu ditingkatkan 25% pada seluruh lantai. Hal tersebut membuat adanya elemen balok kolektor pada lantai 1,2,4,5,6,7,8,9,10,11, 12 dan adanya element kord.

ABSTRACT

Indonesia is located between the Eurasian plate, the Australian plate, the Pacific plate and is included in the Pacific Ring of Fire. When the plates collide, it will cause an earthquake. The Special Region of Yogyakarta is one of the earthquake-prone areas in Indonesia based on a statement from the Directorate of Volcanology and Geological Hazard Mitigation (DVMBG). Earthquakes can occur due to the release of large amounts of energy. Accordingly it is necessary to do an earthquake analysis including structural irregularities, deviations between levels, and increased forces due to irregularities according to SNI 1726-2019 article 7.3.3.4.

This study aims to determine the structural irregularities that occur in the Taman Melati Yogyakarta Apartment building and the consequences of structural irregularities, as well as to analyze the deviations between levels that take place in the building using the Etabs v18 program.

The results obtained from this study are that in the Taman Melati Yogyakarta Apartment building there is a horizontal irregularity of torque 1a and inner angle. Therefore the diaphragm design force needs to be increased by 25% over the entire floor. This makes the collector beam elements on the 1,2,4,5,6,7,8,9,10,11, 12 floors and the chord elements.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah kepulauan terbesar yang dilalui oleh garis khatulistiwa dan terletak diantara dua benua (Asia dan Australia) dan juga dua samudra (Pasifik dan Hindia). Negara ini berada diantara lempeng Eurasia, lempeng Australia, lempeng pasifik dan masuk kedalam cincin api pasifik. Apabila terjadi tumbukan antar lempeng maka akan mengakibatkan adanya gempa bumi. Daerah Istimewa Yogyakarta termasuk salah satu wilayah rawan gempa bumi di Indonesia berdasarkan pernyataan Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (DVMBG). Gempa bumi dapat terjadi karena adanya pelepasan energi dalam jumlah yang besar. Adanya tekanan dari pergerakan lempeng yang saling bertumbukan, sehingga semakin lama tekanan akan semakin membesar dan tidak dapat ditahan lagi oleh pinggir lempeng. Hal ini dapat mengakibatkan kerusakan dan kerugian infrastruktur sehingga perlu adanya penanganan yang tepat.

Di Kota D.I. Yogyakarta tak sedikit bangunan bertingkat tinggi dengan struktur tidak beraturan (*Irregular Structure*) yang mengakibatkan bangunan tersebut rentan terhadap gempa dan Kota Yogyakarta termasuk dalam jalur yang rawan akan terjadinya gempa bumi sehingga diperlukan ketentuan-ketentuan bangunan tahan gempa. Bangunan dengan struktur tidakberaturan (*Irregular Structure*) merupakan bangunan yang tidak simetris baik pada arah vertikal dan arah horizontal yang bervariasi menyebabkan pusat massa tidak berhimpitan dengan kekakuan dan proses distribusi massa dan kekakuannya tidak merata. Sehingga perlu dilakukan analisis ketahanan bangunan bertingkat terhadap gempa.

Dalam penelitian ini penulis menggunakan Bangunan Apartemen Taman Melati Yogyakarta sebagai objek penelitian dengan struktur ketidakberaturan horizontal dan ketidakberaturan vertikal. Dapat dikatakan ketidakberaturan horizontal karena bangunan jika dilihat dari arah horizontal tidak simetris atau

tidak beraturan, begitu juga pada arah vertikal. Gambar 1.1 merupakan gambar tampak atas dari Bangunan Apartment Taman Melati.



Gambar 1. 1 Tampak Atas Bangunan Apartment Taman Melati
(Sumber : Google Earth)

Terdapat 2 metode dalam menganalisis struktur terhadap gempa yaitu dengan analisis statik ekuivalen dan analisis dinamik. Analisis statik ekuivalen yaitu analisis statik struktur dengan menganggap beban statik arah horizontal sebagai pengaruh gempa sehingga hal itu telah disederhanakan untuk menirukan pengaruh gempa dalam kehidupan nyata akibat gerakan tanah. Namun, analisis ini kurang efektif jika digunakan pada bangunan bertingkat tinggi dan tidakberaturan. Maka diperlukan ketelitian yang tinggi dalam perencanaan tersebut dengan menggunakan analisis dinamik. Analisis dinamik terdiri dari 2 macam metode yaitu analisis ragam respons spektrum (*Respons Spectrum Analysis*) dan analisis respons dinamik riwayat waktu (*Time History Analysis*). Analisis ragam respons spektrum (*Respons Spectrum Analysis*) yaitu cara analisis dinamik struktur pada model matematik dari struktur yang telah diberi suatu spektum respon gempa rencana dan hal ini ditentukan respon struktur terhadap gempa rencana melalui superposisi dari masing-masing respon. Untuk analisis respon dinamik riwayat waktu (*Time History Analysis*) yaitu cara analisis struktur yang dikenakan Riwayat waktu dari hasil pencatatan gempa atau gempa tiruan dengan model matematik untuk mendapatkan riwayat waktu dari respon struktur.

Tujuan penulis melakukan penelitian ini supaya mengetahui respon ketidakberaturan horizontal dan ketidakberaturan vertikal dengan gempa dinamik respon spektrum (*Respons Spectrum Analysis*) berdasarkan SNI 1726-2019. Penelitian ini menggunakan bangunan struktur tidakberaturan (*Irregular Structure*) dan disesuaikan dengan gambar bangunan Apartemen Taman Melati Yogyakarta yang terletak di Jl. Jemb. Baru UGM, Pogung Kidul, Sinduadi, Kec. Sleman, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian yang telah diuraikan oleh penulis, maka rumusan masalah diambil sebagai berikut.

1. Bagaimana hasil dari analisis ketidakberaturan vertikal dan ketidakberaturan horizontal pada bangunan Apartemen Taman Melati Yogyakarta ?
2. Bagaimana hasil rasio simpangan antar lantai (*drift ratio*) pada bangunan Apartemen Taman Melati Yogyakarta ?
3. Bagaimana hasil desain diafragma pada elemen kord dan elemen balok kolektor bangunan Apartemen Taman Melati Yogyakarta ?

1.3 Tujuan Penelitian

Mengacu pada rumusan masalah di atas, tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

1. mengetahui hasil dari analisis ketidakberaturan vertikal dan ketidakberaturan horizontal pada bangunan Apartemen Taman Melati Yogyakarta,
2. mengetahui hasil rasio simpangan antar lantai (*drift ratio*) pada bangunan Apartemen Taman Melati Yogyakarta, dan
3. menentukan hasil desain diafragma pada elemen kord dan elemen balok kolektor bangunan Apartemen Taman Melati Yogyakarta.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Manfaat penelitian bagi penulis adalah:

- a. menambah pemahaman mengenai analisis respon spektrum (*Respons Spectrum Analysis*) dan desain gaya diafragma pengaruh adanya ketidakberaturan,
 - b. menambah wawasan mengenai pengaplikasian menggunakan software ETABS dalam model 3D, dan
 - c. menambah wawasan mengenai cara mengevaluasi model struktur terhadap beban gempa.
2. Manfaat penelitian bagi pembaca adalah dapat:
- a. menambah wawasan mengenai ketidakberaturan horizontal, ketidakberaturan vertikal, dan gaya desain diafragma bagi para pembaca,
 - b. menjadi bahan pertimbangan dan dapat mengembangkan ketahap selanjutnya, dan
 - c. menjadi referensi untuk penelitian yang sejenis.

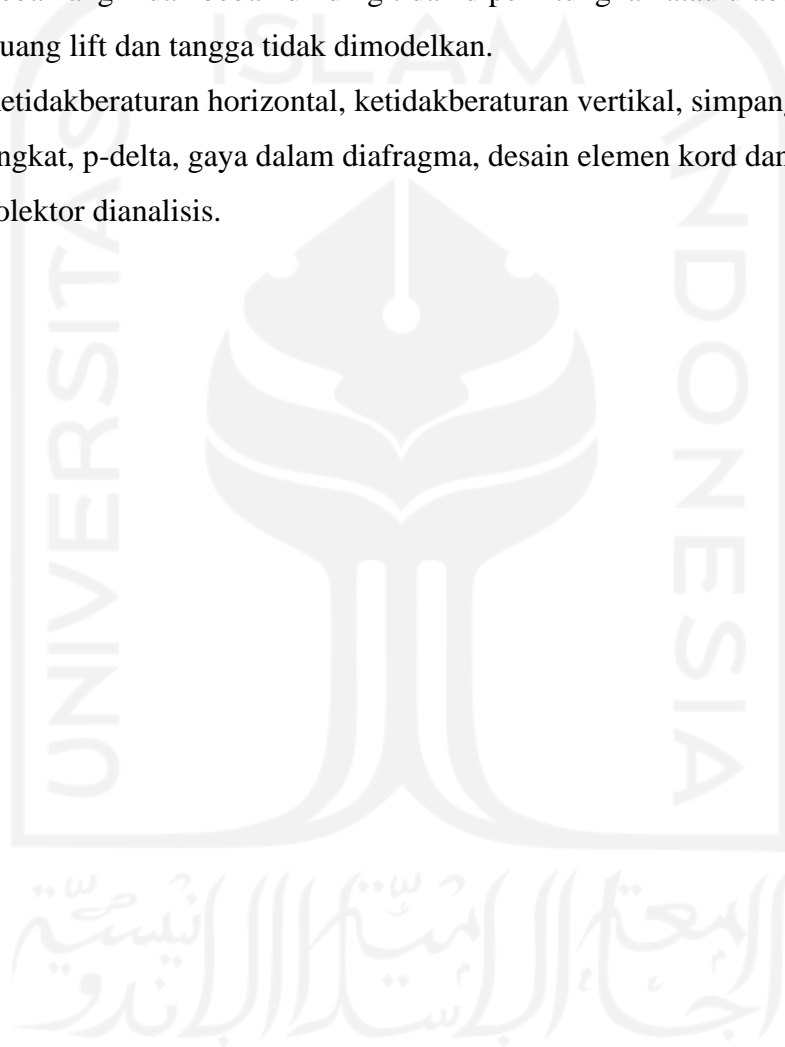
1.5 Batasan Penelitian

Supaya penulisan penelitian terfokus pada tujuan yang telah dibuat, maka diperlukan 9 (sembilan) batasan penelitian sebagai berikut.

Struktur gedung yang digunakan dalam penelitian adalah Gedung Apartemen Taman Melati yang terletak pada Jl. Jemb. Baru UGM, Pogung Kidul, Sinduadi, Kec. Sleman, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta dengan jumlah lantai 15 tingkat.

1. Hasil analisis dimodelkan dalam bentuk 3D dengan menggunakan *software* ETABS.
2. Struktur dimodelkan sesuai dengan data gedung yang telah dianalisis.
3. Peraturan yang digunakan meliputi:
 - a. SNI 1726-2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung,
 - b. SNI 2847-2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung,
 - c. SNI 1727-2013 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain, dan

- d. Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI) 1971.
4. Struktur atas yang digunakan merupakan Bangunan Apartemen Taman Melati Yogyakarta.
 5. Analisis struktur menggunakan analisis dinamik.
 6. Tumpuan pada analisis struktur diasumsikan jepit.
 7. Beban angin dan beban dinding tidak diperhitungkan atau diabaikan.
 8. Ruang lift dan tangga tidak dimodelkan.
 9. Ketidakberaturan horizontal, ketidakberaturan vertikal, simpangan antar tingkat, p -delta, gaya dalam diafragma, desain elemen kord dan balok kolektor dianalisis.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang membahas mengenai perbandingan analisis statik ekuivalen dan analisis dinamis pada struktur bangunan bertingkat tinggi sudah cukup banyak dilakukan. Beberapa penelitian serupa yang dijadikan sebagai tinjauan pustaka yang ditulis penulis pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Penelitian yang dilakukan oleh Purnomo (2014) Analisis Kinerja Struktur Pada Gedung Bertingkat Dengan Analisis Dinamik Respon Spektrum Menggunakan Software Etabs (Studi Kasus : Bangunan Hotel Di Semarang). Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui keamanan gedung yang ditinjau dari *displacement*, *drift* dan *base shear*. Hasil dari penelitian ini dianalisis dengan kinerja struktur batas ultimit dan kinerja struktur batas layan. Metode yang digunakan adalah analisis dinamik response spectrum dengan menggunakan program ETABS. Metode respon spektrum adalah metode analisis struktur bangunan dengan menggunakan spektrum gempa yang digambarkan dalam bentuk kurva hubungan antara periode struktur bangunan dengan nilai percepatan bangunan itu sendiri ketika terkena beban gempa. Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa nilai displacement lantai teratas pada arah X adalah 0,0573 m dan pada arah Y adalah 0,0557 m. Analisis nilai displacement terhadap syarat kinerja batas layan $\{(0,03/R) \times H\}$ pada Bangunan Hotel di Semarang dari pengaruh beban gempa rencana arah X sudah memenuhi syarat, sedangkan untuk pengaruh beban gempa rencana arah Y khusus pada lantai teratas tidak memenuhi syarat kinerja batas layan. Analisis nilai displacement terhadap pengaruh beban gempa rencana arah X maupun arah Y, menyatakan bahwa Bangunan Hotel di Semarang sudah memenuhi syarat kinerja batas ultimit $(0,02 \times H)$. Nilai maksimum total drift pada arah X adalah 0,0018 m dan pada arah Y adalah 0,0017 m. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa Bangunan Hotel di Semarang termasuk

dalam level kinerja Immediate Occupancy (IO). Nilai displacement antar lantai pada Bangunan Hotel di Semarang tidak melampaui batas displacement maksimum $\{(0,015 \times H_n) / \rho\}$.

2. Penelitian yang dilakukan oleh Hafifah (2018) Analisis Gaya Diafragma, Kord dan Kolektor pada Bangunan Gedung Sesuai Dengan SNI 1726:2012. Penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan cara menganalisa bagaimana perhitungan gaya diafragma dan tulangan ekstra tersebut pada bangunan struktur beton bertulang 15 lantai atas dan 1 basement yang berlokasi di Jakarta dengan kelas situs tanah lunak (SE). Dari hasil penelitian diketahui bahwa dengan adanya gaya desain diafragma, menghasilkan tulangan ekstra pada diafragma ke shearwall sebagai tulangan geser friksi, tulangan elemen kolektor ke shearwall dan tulangan kord pada balok. Besarnya jumlah tulangan ekstra yang diperlukan tergantung dari tingkat irregular (tidak beraturan) bangunan tersebut. Pada contoh kasus, penambahan jumlah tulangan tidak banyak yang disebabkan tingkat irregular bangunan yang rendah.
3. Penelitian yang dilakukan oleh Egan dan Edison (2018) Analisis Gaya Dan Momen Yang Terjadi Di Sekitar Elemen Chord dan Balok Kolektor Akibat Gaya Gempa Pada Bangunan Bertingkat Tinggi. Tujuan dari penelitian ini yaitu menganalisis gaya aksial, gaya geser, dan momen lentur yang terjadi karena adanya gaya gempa pada daerah elemen kord dan balok kolektor yang diakibatkan oleh gaya gempa pada diafragma. Analisis ini dimodelkan dengan menggunakan ETABS 2016. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa pada balok kolektor akibat beban gempa terkombinasi arah x hampir tidak diperlukan tulangan longitudinal pada semua balok, kecuali pada balok B32, B34, B57, B59 yang berada pada lantai 8, lalu balok B32, B57, B59 yang berada pada lantai 4, 6, dan 7. Sehingga perhitungan tulangan longitudinal pada balok tersebut harus dianggap sebagai elemen kolom. Pada balok kolektor akibat beban gempa terkombinasi arah y hampir tidak diperlukan tulangan longitudinal pada semua balok, kecuali pada balok B27, B29 yang berada pada lantai 4 dan 7, lalu B29 yang berada pada lantai 6. Sehingga perhitungan tulangan longitudinal pada balok tersebut harus dianggap sebagai elemen

kolom. Selanjutnya hasil analisis *section cut* terhadap momen pada daerah kord arah x dan y menunjukkan bahwa diperlukan tulangan pada bagian tarik elemen kord dan tidak diperlukan tulangan pada bagian tekan karena bangunan yang ditinjau merupakan bangunan regular atau beraturan.

2.2 Perbedaan Penelitian

Berdasarkan hasil tinjauan pustaka dari penelitian terdahulu yang telah dipaparkan sehingga didapat perbedaan pada masing-masing penelitian dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Perbedaan Penelitian Terdahulu

No	Penelitian	Metode yang digunakan	Perbedaan penelitian yang akan dilakukan
1.	Edy Purnnomo (2014)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Analisis Kinerja Struktur Pada Gedung Bertingkat Dengan Analisis Dinamik Respon Spektrum Menggunakan Software Etabs (Studi Kasus : Bangunan Hotel Di Semarang) 2. Struktur bangunan tidak beraturan (<i>Irregular Structure</i>) yang digunakan yaitu bangunan hotel yang berada di Kota Semarang. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menganalisis gaya diafragma dan mendesain elemen kord & balok kolektor 2. Bangunan apartment di Kota Yogyakarta 15 lantai. 3. Permodelan struktur menggunakan program Etabs v18.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu

No	Penelitian	Metode yang digunakan	Perbedaan penelitian yang akan dilakukan
2.	Vivi Hafifah (2018)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Analisis Gaya Diafragma, Kord dan Kolektor pada Bangunan Gedung Sesuai Dengan SNI 1726:2012. 2. Objek penelitian bangunan gedung beton bertulang dengan 15 lantai dan 1 basement dan kelas situs tanah lunak (SE). 3. Struktur bangunan tidak beraturan (<i>Irregular Structure</i>) yang berada di Jakarta. 4. Permodelan dengan menggunakan program Etabs. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. SNI 1726-2019 yang digunakan untuk mendesain gaya diafragma. 2. Bangunan 15 lantai guna apartemen yang berada di Kota Yogyakarta dengan kelas situs tanah sedang (SD). 3. Permodelan struktur dengan menggunakan program Etabs v18
3.	Egan Patu Rangsang dan Edison Leo (2018)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Analisis gaya dan momen yang terjadi disekitar elemen chord dan balok kolektor akibat gaya gempa pada bangunan bertingkat tinggi. 2. Struktur bangunan beraturan (<i>regular structure</i>) yang digunakan berjumlah 8 lantai. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Struktur bangunan tidak beraturan (<i>irregular structure</i>) 2. Permodelan dengan program ETABS v2018 Bangunan apartemen di Kota Yogyakarta dengan jumlah 15 lantai.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu

No	Penelitian	Metode yang digunakan	Perbedaan penelitian yang akan dilakukan
		3. Permodelan dengan menggunakan Etabs v2016. Bangunan tersebut merupakan bangunan apartemen yang berada di Kota Bekasi.	

2.3 Keaslian Penelitian

Dari hasil penelitian terdahulu yang sudah tertera di atas, penelitian ini tentang analisis respons ketidakberaturan horizontal dan vertikal pada bangunan bertingkat banyak. Dan perbedaan yang ada pada penelitian tersebut berada di Kota Yogyakarta yaitu Apartemen Taman Melati dengan jumlah lantai 15 tingkat.

BAB III LANDASAN TEORI

3.1 Umum

Menurut Pawirodikromo (2012), gempa bumi adalah bergetarnya permukaan tanah karena pelepasan energi secara tiba-tiba akibat dari pecah/slipnya massa batuan di lapisan kerak bumi. Energi tersebut terakumulasi dan terperangkap pada waktu yang lama kemudian terlepas dan merambat ke segala arah sampai ke permukaan tanah. Hal tersebut membuat permukaan tanah bergelombang yang mengakibatkan bangunan di atasnya bergetar. Pada saat bangunan bergetar, timbul gaya-gaya pada struktur bangunan karena adanya kecenderungan massa bangunan untuk mempertahankan dirinya dari gerakan.

Apabila terjadi gempa bumi maka akan terjadi pergerakan arah horizontal dan arah vertikal. Gaya gempa tersebut akan timbul dititik-titik pada massa struktur. Gaya arah vertikal sedikit mengubah gaya gravitasi yang ada pada struktur, namun struktur seringkali direncanakan terhadap gaya vertikal dengan faktor keamanan yang memadai. Maka dari itu jarang ada struktur bangunan yang runtuh akibat gaya gempa vertikal. Sedangkan pada gaya horizontal akan muncul pada titik lemah struktur dengan kekuatan yang tidak memadai dan akan menyebabkan bangunan menjadi runtuh/kegagalan (*failure*).

Terjadinya keruntuhan atau kegagalan pada suatu bangunan struktur dapat menyebabkan banyak kerugian dan korban jiwa. Sehingga analisis gempa pada struktur bangunan perlu dikembangkan kembali guna untuk meminimalisir kerugian dan korban jiwa karena struktur bangunan yang gagal.

3.2 Pembebanan Struktur

Pembebanan adalah faktor penting dalam melakukan perancangan struktur bangunan. Maka perlu adanya identifikasi beban yang bekerja pada struktur bangunan sebagai berikut.

3.2.1 Beban Gravitasi

Beban gravitasi atau bisa disebut beban vertikal terdiri dari beban hidup dan beban mati.

1. Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh penggunaan dan penghunian suatu gedung, termasuk dengan beban pada lantai yang asalnya dari barang yang dapat berpindah dan beban air hujan yang ditampung pada bagian atap.

2. Beban Mati

Beban mati adalah beban yang diakibat berat seluruh bagian dari gedung yang sifatnya tetap termasuk dengan beban tambahan, finishing, serta peralatan yang tak terpisahkan dari gedung tersebut.

3.2.2 Beban lateral

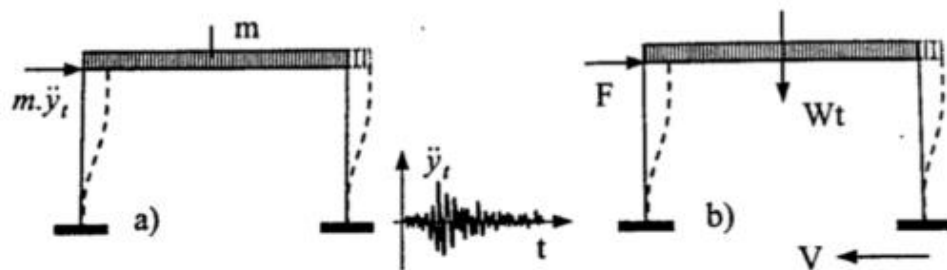
Beban lateral atau bisa disebut beban horizontal terdiri dari beban angin dan beban gempa.

Beban angin merupakan beban yang disebabkan karena adanya tekanan udara atau hembusan angin kencang yang bekerja pada bangunan. Beban angin yang bekerja tegak lurus dengan bagian yang ditinjau telah ditentukan dengan menganggap ada tekanan positif dan tekanan negatif. Satuan pada tekanan tersebut dinyatakan dalam kg/m^2 , hal tersebut ditentukan dengan mangacu pada parameter desain tekanan angin rencana pada SNI 1727 – 2013 Pasal 26. Namun pada penelitian ini membahas tentang beban gempa, sehingga beban angin tidak diperhitungkan dan dibahas dengan rinci.

Beban gempa merupakan beban akibat pergerakan pada tanah dasar atau tanah dibawah struktur bangunan, sehingga struktur atas bangunan akan bergoyang dan disebut beban horizontal yang disebabkan getaran gempa. Untuk menganalisis beban gempa terdapat dua metode yaitu analisis statik ekuivalen dan analisis dinamik.

1. Analisis Statik Ekivalen

Analisis statik ekivalen yaitu metode untuk menganalisis struktur dengan getaran gempa yang telah dimodelkan sebagai beban horizontal statik yang bekerja pada pusat massa bangunan. Bangunan yang memiliki massa yang besar maka akan ada banyak gaya horizontal yang bekerja pada massa tersebut. Gaya horizontal yang terdapat pada dasar bangunan disebut dengan gaya geser dasar (V). Gaya geser dasar ini secara keseluruhan membentuk keseimbangan dengan gaya horizontal yang bekerja pada tiap-tiap massa bangunan (Pawirodikromo, 2001). *Accelerograph* pertama dibuat di Amerika pada tahun 1933 dengan kemampuan merekam percepatan tanah gempa Helena Montana(1938), California(1938), dan El Centro (1940). Kala itu rekaman percepatan tanah karena gempa telah tersedia, namun gaya horizontal yang bekerja pada pusat massa hasil dari hasil representasi tersebut masih perlu dikembangkan lagi.



Gambar 3. 1 a) Analisis Dinamik, b) Gaya Horizontal Statik Ekivalen

(Sumber: Pawirodikromo 2012)

Pada gambar 3.1 a) yaitu gambar analisis dinamik terdapat goyangan atau getaran pada bangunan yang disebabkan oleh beban getaran tanah dalam bentuk *accelerogram*. Oleh karena itu dampak dari beban dinamik disederhanakan menjadi beban F yang bekerja pada pusat massa. Gaya horizontal yang bekerja pada pusat massa yaitu hanya bersifat statik, yang berarti besar dan tempatnya tetap, namun beban dinamik intensitasnya tidak tentu menurut waktu (dinamik). Gaya horizontal tersebut juga bersifat ekivalen yang berarti pengganti atau representasi dari efek yang ditimbulkan beban

dinamik yang sesungguhnya akibat gempa. Dengan demikian, mengapa gaya horizontal juga disebut dengan gaya horizontal statik ekuivalen.

2. Analisis Dinamik

Analisis dinamik merupakan analisis struktur dengan gaya gesernya dibagi keseluruhan tingkat dengan memperhitungkan pengaruh dinamis gerakan tanah terhadap struktur. Analisis dinamik ini terdiri dari 2 hal, yang pertama analisis respons spektrum dan kedua analisis riwayat waktu (*time history*). Analisis respons spektrum yaitu cara analisis dinamik struktur pada model matematik dari struktur yang telah diberi suatu spektrum respon gempa rencana dan hal ini ditentukan respon struktur terhadap gempa rencana melalui superposisi dari masing-masing respon. Untuk analisis respon dinamik riwayat waktu (*Time History Analysis*) yaitu cara analisis struktur yang dikenakan Riwayat waktu dari hasil pencatatan gempa atau gempa tiruan dengan model matematik untuk mendapatkan riwayat waktu dari respon struktur. Dalam perancangan struktur tahan gempa, analisis dinamik digunakan untuk mengevaluasi gaya yang bekerja pada struktur bangunan dan mengetahui perilaku struktur bangunan terhadap gempa. Analisis dinamik juga digunakan untuk gaya geser pada masing-masing tingkat akibat gerakan tanah karena adanya gempa bumi yang dapat diperhitungkan dengan menggunakan analisis respons spektrum. Gaya geser yang dibagi keseluruhan tingkat digunakan untuk menggantikan pembagian beban/gaya geser akibat gempa sepanjang tinggi gedung dengan analisis beban statik ekuivalen. Analisis respons spektrum digunakan pada masing-masing wilayah sebagai spektrum percepatan respon gempa rencana dengan menggunakan diagram koefisien gempa dasar

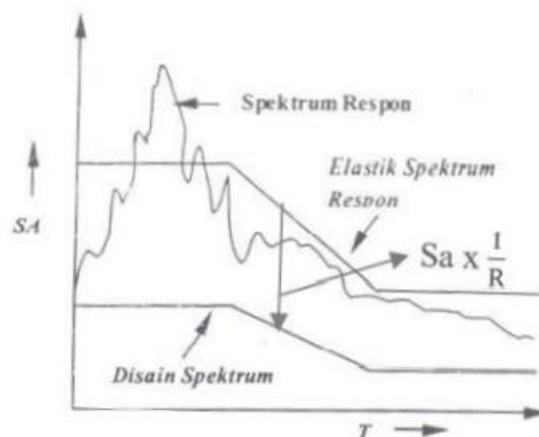
3.3 Perencanaan Struktur Tahan Gempa

Prosedur dalam melaksanakan perencanaan struktur tahan gempa telah ditentukan didalam SNI 03-1726-2019. Untuk melakukan analisis beban gempa terdapat 3 cara yang dapat digunakan yaitu analisis statik ekuivalen, analisis respons spektrum, dan analisis riwayat waktu (*time history*). Dalam penentuan mana yang akan digunakan perlu diperhatikan dari berbagai aspek sebagai berikut : system struktur, property dinamis, kategori desain seismic struktur dan keteraturan

struktur. Prosedur analisis yang diizinkan dapat dilihat pada SNI 1726 Tabel 16 Tahun 2019.

3.4 Analisis Respons Spektrum

Analisis respons spektrum disajikan dalam bentuk grafik dengan sumbu x yaitu T (periode getar struktur) dan sumbu y yaitu lawan respon-respon maksimum berdasarkan rasio redaman dan gempa tertentu. Respon-respon maksimum dapat berupa kecepatan maksimum (*spectral velocity, SV*), simpangan maksimum (*spectral displacement, SD*) atau percepatan maksimum (*spectral acceleration, SA*) massa struktur single degree of freedom (SDOF), (Pawirodikromo, 2012). Respons spektrum terdiri dari dua macam yaitu respons spektrum elastik dan respons spektrum in-elastik. Respons spektrum elastik berdasarkan respons elastik dan respons spektrum inelastik berarti *discale down* dari spektrum elastik dengan nilai daktilitas tertentu yang dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Respons Spektrum Elastik dan Inelastik

(Sumber: Pawirodikrimo (2000))

Penelitian ini meninjau bangunan Apartemen Taman Melati yang berada di Kota Yogyakarta di Jl. Jemb. Baru UGM, Pogung Kidul, Sinduadi, Kec. Sleman, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Dalam melakukan pembuatan respons spektrum berdasarkan SNI 03-1726-2019.

3.4.1 Faktor Keutamaan dan Kategori Risiko Struktur Bangunan

Masing-masing bangunan memiliki fungsi yang berbeda, sehingga tingkat risiko dari masing-masing bangunan juga pasti berbeda. Faktor keutamaan gempa atau yang disebut I_e didapat berdasarkan kategori risikonya. Tabel 3.1 dan Tabel 3.2 berikut ini mengenai faktor keutamaan dan kategori risiko struktur bangunan berdasar tabel 4 dan tabel 3 pada SNI 03-1726-2019.

Tabel 3. 1 Kategori Risiko Struktur Bangunan

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

Lanjutan Tabel 3.1 Kategori Risiko Struktur Bangunan

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

(Sumber : SNI 1726-2019)

Tabel 3. 2 Faktor Keutamaan Gempa

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

(Sumber : SNI 1726-2019)

3.4.2 Faktor Redundansi

Berdasarkan SNI 1926-2019 struktur bangunan dengan kategori desain seismic D, E, atau F, maka ρ menggunakan 1,3 kecuali apa bila dua kondisi dibawah ini terpenuhi maka ρ diperbolehkan menggunakan 1,0.

1. Masing-masing tingkat yang menahan lebih dari 35 % geser dasar dalam arah yang ditinjau harus sesuai dengan Tabel 15 SNI 1726-2019,
2. Struktur dengan denah beraturan di semua tingkat dengan sistem pemikul gaya gempa seismic terdiri dari paling sedikit dua bentang pemikul gaya seismic yang terdapat pada masing-masing sisi struktur dalam masing-masing arah ortogonal di setiap tingkat yang menahan lebih dari 35 % geser dasar. Jumlah bentang untuk dinding geser harus dihitung sebagai panjang dinding geser dibagi dengan tinggi tingkat atau dua kali panjang dinding geser dibagi dengan tinggi tingkat (h_{vx}) untuk konstruksi rangka ringan.

3.4.3 Sistem Struktur Pemikul Gaya Seismik

Masing-masing bangunan memiliki sistem pemikul gaya seismic sesuai dengan sifat bangunan itu sendiri. Pemilihan sistem tersebut terbagi berdasarkan tipe elemen vertikal pemikul gaya seismic lateral. Sistem struktur yang digunakan harus sesuai dengan batasan sistem struktur dan batasan ketinggian struktur (h_n), koefisien modifikasi respons (R), faktor kuat lebih system (Ω_0) dan faktor pembesaran simpangan lateral (C_d), yang sesuai berdasarkan Tabel 12 SNI 1726-2019 yang dipergunakan untuk menentukan geser dasar, gaya desain elemen, dan simpangan antar tingkat desain.

3.4.4 Kombinasi dan Pengaruh Beban Gempa

Struktur, komponen-elemen struktur dan elemen-elemen fondasi harus didesain sedemikian hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor dengan kombinasi-kombinasi yang tertera dibawah. Dengan adanya pengaruh satu atau lebih beban yang tidak bekerja perlu ditinjau.

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

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

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

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

$$5. \quad 0,9 D + 1,0 W \quad (3.5)$$

$$6. \quad 1,2 D + 1,0 E_v + 1,0 E_h + L \quad (3.6)$$

$$7. \quad 0,9 D - 1,0 E_v + 1,0 E_h \quad (3.7)$$

Pengaruh beban gempa arah horizontal (E_h) ditentukan dengan persamaan seperti dibawah ini.

$$E_h = \rho QE \quad (3.8)$$

Keterangan :

ρ = faktor redudansi

QE = pengaruh beban gempa arah horizontal dari V atau Fp

Pengaruh beban gempa arah vertikal (E_v) ditentukan dengan persamaan seperti dibawah ini.

$$E_v = 0,2 S_{DS} D \quad (3.9)$$

Keterangan :

S_{DS} = parameter percepatan spektrum respons desain pada perioda pendek

D = beban mati

Kombinasi dasar untuk desain kekuatan :

$$1. (1,2 + 0,2S_{DS})D + \rho QE + L \quad (3.10)$$

$$2. (0,9 - 0,2S_{DS})D + \rho QE + 1,6H \quad (3.11)$$

Dalam perencanaan struktur, beban-beban yang diterima struktur harus diperhitungkan agar bangunan kuat menerima kombinasi pembebanan yang ada. Dalam perencanaan dicari kombinasi pembebanan yang paling kritis untuk menentukan kuat perlu. Adapun kuat perlu yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$1. \quad U = 1,4 D \quad (3.12)$$

$$2. U = 1,2 D + 1,6 L \quad (3.13)$$

$$3. U = (1,2 + 0,2S_{DS}) D + \rho Ex + 0,3 \rho Ey + L \quad (3.14)$$

$$4. U = (1,2 + 0,2S_{DS}) D + \rho Ex - 0,3 \rho Ey + L \quad (3.15)$$

$$5. U = (1,2 + 0,2S_{DS}) D - \rho Ex + 0,3 \rho Ey + L \quad (3.16)$$

$$6. U = (1,2 + 0,2S_{DS}) D - \rho Ex - 0,3 \rho Ey + L \quad (3.17)$$

$$7. U = (1,2 + 0,2S_{DS}) D + 0,3 \rho Ex + \rho Ey + L \quad (3.18)$$

$$8. U = (1,2 + 0,2S_{DS}) D + 0,3 \rho Ex - \rho Ey + L \quad (3.19)$$

$$9. U = (1,2 + 0,2S_{DS}) D - 0,3 \rho Ex + \rho Ey + L \quad (3.20)$$

$$10. U = (1,2 + 0,2S_{DS}) D - 0,3 \rho Ex - \rho Ey + L \quad (3.21)$$

$$11. U = (0,9 - 0,2S_{DS}) D + \rho Ex + 0,3 \rho Ey \quad (3.22)$$

$$12. U = (0,9 - 0,2S_{DS}) D + \rho Ex - 0,3 \rho Ey \quad (3.23)$$

$$13. U = (0,9 - 0,2S_{DS}) D - \rho Ex + 0,3 \rho Ey \quad (3.24)$$

$$14. U = (0,9 - 0,2S_{DS}) D - \rho Ex - 0,3 \rho Ey \quad (3.25)$$

$$15. U = (0,9 - 0,2S_{DS}) D + 0,3 \rho Ex + \rho Ey \quad (3.26)$$

$$16. U = (0,9 - 0,2S_{DS}) D + 0,3 \rho Ex - \rho Ey \quad (3.27)$$

$$17. U = (0,9 - 0,2S_{DS}) D - 0,3 \rho Ex + \rho Ey \quad (3.28)$$

$$18. U = (0,9 - 0,2S_{DS}) D - 0,3 \rho Ex - \rho Ey \quad (3.29)$$

Keterangan :

D = beban mati,

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

L = beban hidup,

ρ = faktor reduksi,

E_x = pengaruh beban gempa arah horizontal,

E_y = pengaruh beban gempa arah vertikal.

3.4.5 Klasifikasi Situs

Berdasarkan SNI 1726-2019 telah ditetapkan jenis-jenis tanah yang ada di Indonesia terdiri dari 4 kategori, yaitu Batuan Keras (SA), Batuan (SB), Tanah Keras

(*SC*), Tanah Sedang (*SD*), Tanah Lunak (*SE*), dan Tanah Khusus (*SF*). Berikut ini tabel 3.3 mengenai klasifikasi situs.

Tabel 3. 3 Klasifikasi Situs

Kelas Situs	\bar{v}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{ch}	\bar{s}_u (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	<175	<15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w > 40\%$ 3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 0)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut : - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitive, tanah tersementasi lemah - Lempung sangaat organic dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - 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 $\bar{s}_u < 50$ kPa		

(Sumber : SNI 1726-2019)

3.4.6 Koefisien Situs, F_a dan F_v

Dalam menentukan respons spektral percepatan gempa MCER di permukaan tanah, dibutuhkan 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 telah disesuaikan dengan adanya pengaruh klasifikasi situs, sehingga perlu ditentukan dengan persamaan berikut ini.

$$S_{MS} = F_a S_s \quad (3.30)$$

$$S_{MI} = F_v S_I \quad (3.31)$$

Keterangan :

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

S_I = parameter respons spektral percepatan gempa MCER terpetakan untuk periode 1 detik

Untuk koefisien situs F_a dan situs F_v dapat mengikuti tabel 3.4 dan 3.5 berikut ini.

Tabel 3. 4 Koefisien Situs (F_a)

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimm yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, S_s					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	,13	1,1	0,9	0,8
SF	SS ^(a)					

(Sumber : SNI 1726-2019)

CATATAN :

- SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik dan analisis respons situs-spesifik,
- Nilai S_s yang tidak ada maka dilakukan perhitungan interpolasi.

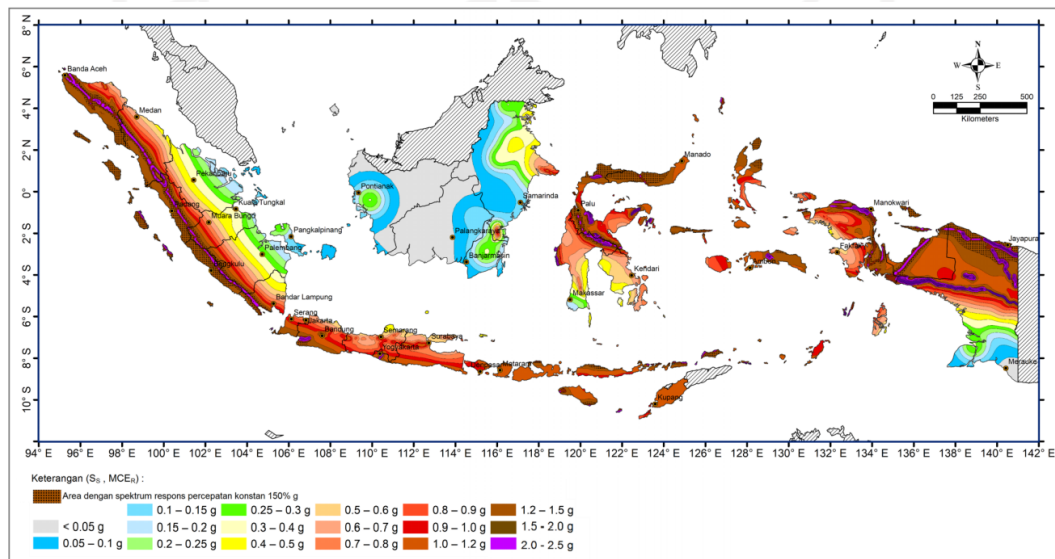
Tabel 3. 5 Koefisien Situs (F_v)

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimm yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode 1 detik, S_I					
	$S_s \leq 0,1$	$S_s = 0,2$	$S_s = 0,3$	$S_s = 0,4$	$S_s = 0,5$	$S_s \geq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	SS ^(a)					

CATATAN :

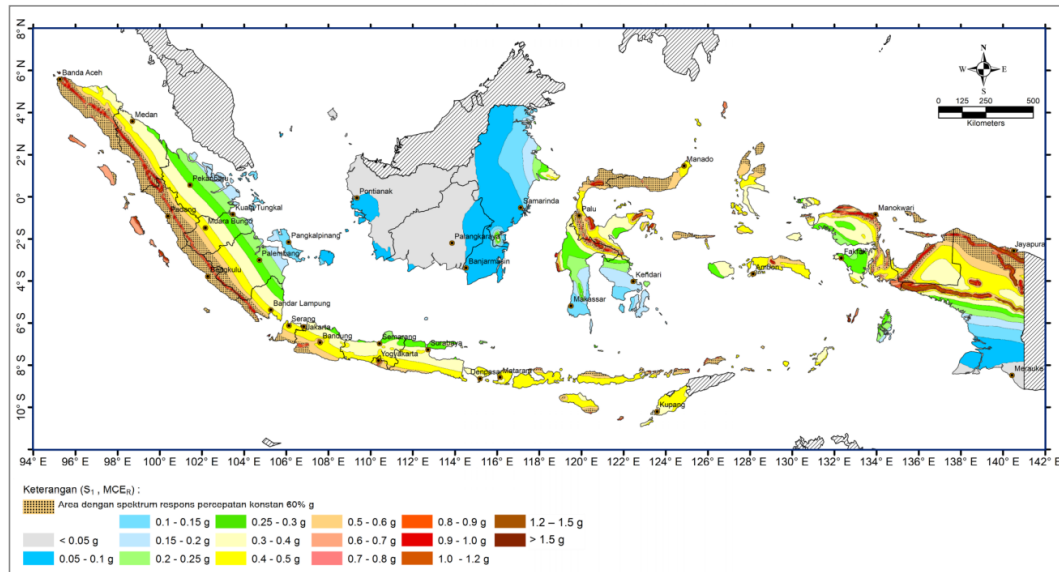
- SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik dan analisis respons situs-spesifik,
- Nilai S_s yang tidak ada maka dilakukan perhitungan interpolasi.

Dan untuk melihat parameter percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode pendek (S_s) dan parameter percepatan gempa $MCER$ terpetakan untuk periode 1 detik (S_I) dengan redaman 5% dapat dilihat pada gambar 3.3 dan 3.4 berikut ini.



Gambar 3.3 S_s , Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan risiko tertarget (MCE_R) Wilayah Indonesia untuk Spektrum Respons 0,2 detik

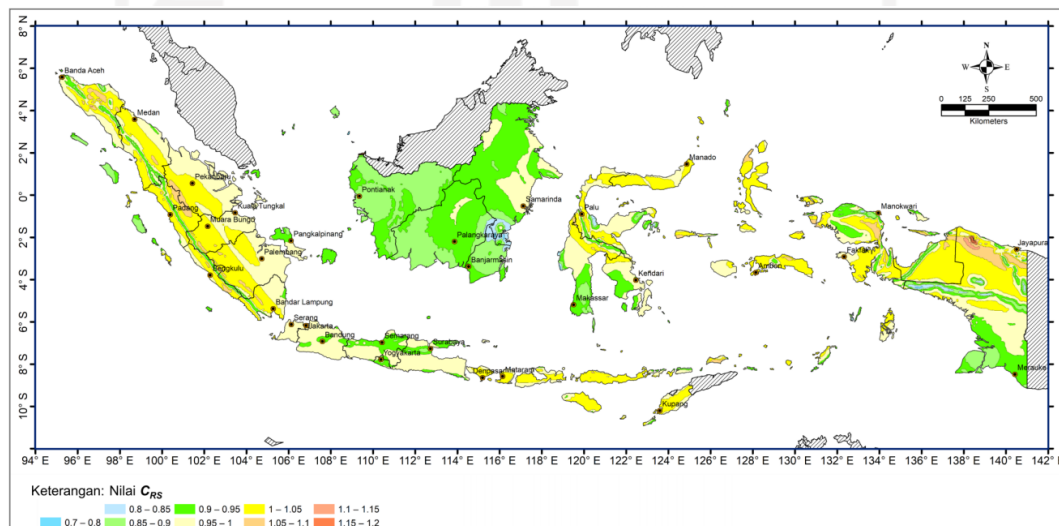
(Sumber : SNI 1726-2019)



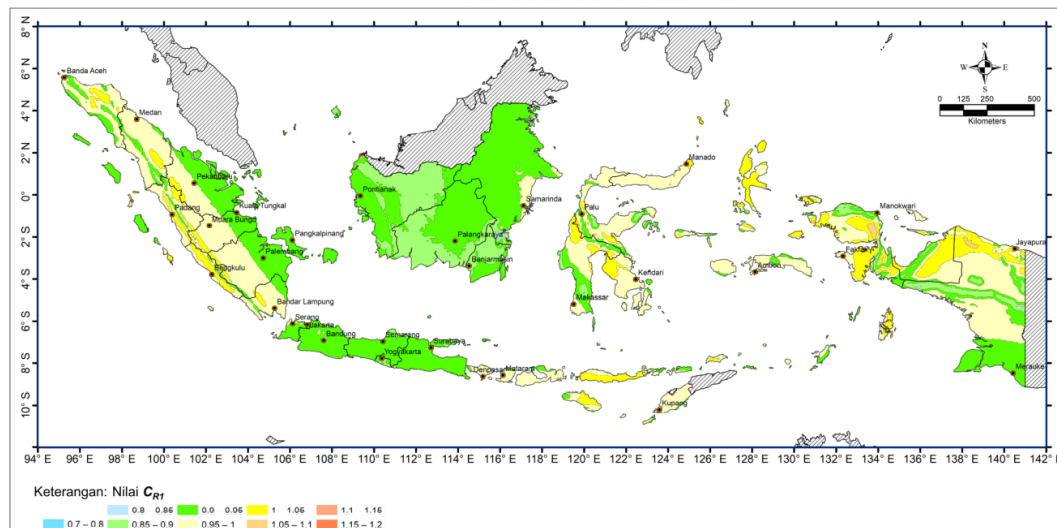
Gambar 3. 4 S_1 , Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko Tertarget (MCE_R) Wilayah Indonesia untuk Spektrum Respons 1 detik
(Sumber : SNI 1726-2019)

3.4.7 Koefisien Risiko Terpetakan

Koefisien risiko terpetakan terdiri dari C_{RS} dan C_{RI} . C_{RS} yaitu adalah koefisien risiko terpetakan untuk respons spektrum periode pendek dan C_{RI} yaitu koefisien risiko terpetakan untuk respons spektrum periode 1 detik. Nilai dari C_{RS} dan C_{RI} ditentukan dengan mengamati Gambar 3.3 dan 3.4 dibawah ini.



Gambar 3. 5 C_{RS} , Koefisien Risiko Terpetakan, periode spektrum respons 0,2 detik
(Sumber : SNI 1726-2019)



Gambar 3. 6 C_{RI} , Koefisien Risiko Terpetakan, Periode Respons Spektral 1 detik

(Sumber : SNI 1726-2019)

3.4.8 Parameter Percepatan Spektral Desain

Parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek (S_{DS}) dan perioda 1 detik (S_{DI}), ditentukan dengan cara berikut ini.

$$S_{DS} = 2/3 S_{MS} \quad (3.32)$$

$$S_{DI} = 2/3 S_{MI} \quad (3.33)$$

Keterangan :

S_{DS} = percepatan spektral desain untuk periode pendek,

S_{DI} = percepatan spektral desain untuk periode 1 detik.

3.4.9 Spektrum Respons Desain

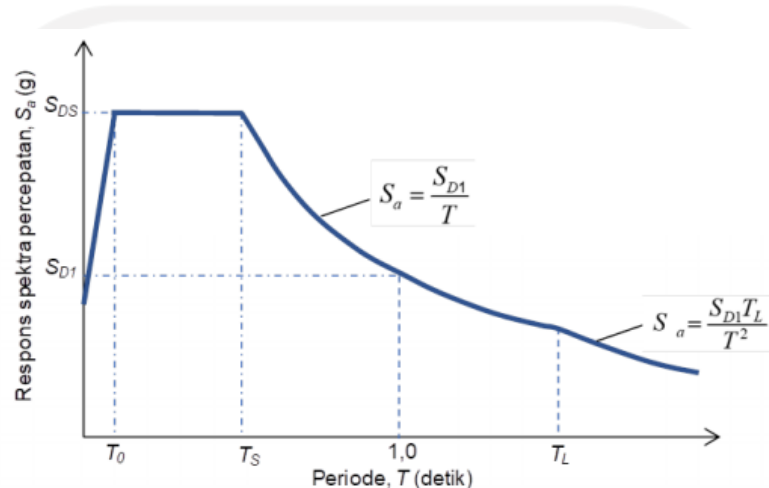
Perioda yang lebih kecil dari hasil T_0 , spektrum respons percepatan desain S_a diambil dari persamaan seperti dibawah ini.

$$S_a = S_{DS} (0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0}) \quad (3.34)$$

Apabila perioda lebih besar atau sama dengan T_0 dan lebih kecil atau sama dengan T_s , spektrum respons percepatan desain (S_a) sama dengan S_{DS} . Namun, jika

periode lebih besar dari T_s , spektrum respons percepatan desain (S_a) diambil berdasarkan persamaan berikut ini.

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (3.35)$$



Gambar 3. 7 Spektrum Respons Desain

(Sumber : SNI 1726-2019)

Keterangan :

- S_s = Parameter gempa respons spektra percepatan MCER terpetakan untuk periode pendek,
- S_l = Parameter respons spektra percepatan gempa MCER terpetakan untuk periode 1 detik,
- F_a = Koefisien situs untuk periode pendek (pada periode 0,2 detik),
- F_v = Koefisien situs untuk periode panjang (pada periode 1 detik),
- S_{DS} = Parameter respons spektra percepatan desain pada periode pendek,
- S_{D1} = Parameter respons spektra percepatan desain pada periode 1 detik,
- T = Periode getar fundamental struktur.

3.4.10 Kategori Desain Seismik

Struktur bangunan ditetapkan berdasarkan kategori desain seismiknya yaitu kategori risiko dan parameter respons spektral percepatan desainnya, SDS dan SDI , sesuai dengan SNI 1726-2019.

Tabel 3. 6 Kategori Desain Seismik berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek

Nilai S_{DS}	Kategori Risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,067$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

(Sumber : SNI 1726-2019)

Tabel 3. 7 Kategori Desain Seismik berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 detik

Nilai S_{DS}	Kategori Risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,067$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

(Sumber : SNI 1726-2019)

3.4.11 Periode Fundamental Struktur

Periode fundamental pendekatan (T_a) ditentukan dengan menggunakan ketentuan berdasarkan SNI 1726-2019 sebagai berikut.

$$T_a = C_t h_n^x \quad (3.36)$$

Keterangan :

T_a = Periode fundamental pendekatan (det)

C_t = Koefisien parameter periode pendekatan (ditentukan pada tabel 3.9)

h_n = Ketinggian struktur (m)

Tabel 3. 8 Koefisien Untuk Batas Atas Periode yang Dihitung

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

(Sumber : SNI 1726-2019)

Tabel 3. 9 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan α

Tipe Struktur	C_t	α
Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,80
Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,90
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)

Dalam perhitungan periode getar selain menggunakan persamaan 3.35 dapat juga menggunakan hasil analisis ETABS. Hasil yang diperoleh ETABS perlu diperhatikan syarat-syarat sebagai berikut untuk menentukan nilai T .

1. Jika $T_c > C_u.T_a \rightarrow$ digunakan $T = C_u.T_a$,
2. Jika $T_a < T_c < C_u.T_a \rightarrow$ digunakan $T = T_c$,
3. Jika $T_c < T_a \rightarrow$ digunakan $T = T_a$

Hasil dari besarnya periode struktur (T) dianggap momen inersia (I) mengalami kerusakan atau *crack*.

3.4.12 Reduksi Momen Inersia Penampang Struktur

Suatu struktur bangunan dirancang supaya tidak terjadi keruntuhan namun masih dapat menahan kerusakan atau keretakan. Maka apabila terjadi gempa, struktur balok, kolom pada suatu portal beton akan mengalami keretakan. Ketika menahan momen lentur. Saat serat bawah tertarik, beton dapat menahan tegangan tarik tersebut, namun kuat tarik yang dimiliki beton sangat kecil. Sehingga retak yang akan terjadi pada momen inersia penampang akan tereduksi dari penampang utuhnya. Nilai faktor reduksi momen inersia ini terdapat pada SNI 2847-2019 tabel 6.6.3.1 sebagai berikut.

1. Komponen struktur tekan.
 - a. Kolom $I = 0,70 I_g$
 - b. Dinding
 - Tak retak $I = 0,70 I_g$
 - Retak $I = 0,35 I_g$
2. Komponen struktur lentur

- a. Balok $I = 0,35 I_g$
 b. Pelat datar (*flat plates*) dan slab datar (*flat slabs*) $I = 0,25 I_g$

3.4.13 Koefisien Respons Seismik

Koefisien respons seismik (C_s) ditentukan dengan menggunakan persamaan 3.34

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.36)$$

Keterangan :

S_{DS} = parameter percepatan respons spectral desan dalam rentang periode pendek,

R = Koefisien modifikasi respons,

I_e = Faktor keutamaan gempa.

Nilai C_s ditntukan dengan persamaan 3.37 tidak melebihi dari berikut ini.

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.37)$$

Dengan C_s harus tidak kurang dari

$$C_s = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01 \quad (3.38)$$

3.4.14 Gaya Dasar Seismik

Gaya geser seismik (V) dalam arah yang ditetapkan ditntukan dengan persamaan 3.39 berikut ini.

$$V = C_s W \quad (3.39)$$

Keterangan :

C_s = Koefisien respons seismic

W = Berat seismik efektif

3.5 Ketidakberaturan Horizontal

Pada penelitian ini menggunakan bangunan dengan struktur tidak beraturan (*Irregular Structure*), sehingga perlu dilakukan klasifikasi untuk bangunan tersebut dengan berdasarkan SNI 1726-2019. Klasifikasi berdasarkan konfigurasi horizontal karena penelitian ini hanya meninjau ketidak beraturan horizontal pada struktur bangunan. Ketidakberaturan horizontal terdiri dari berikut ini.

1. Ketidakberaturan torsi dan torsi berlebih (1a dan 1b).
2. Ketidakberaturan sudut dalam.
3. Ketidakberaturan diskontinuitas diafragma.
4. Ketidakberaturan pergeseran melintang terhadap bidang.
5. Ketidakberaturan system nonparallel.

3.5.1 Ketidakberaturan Torsi

Adanya torsi yang terdapat pada struktur bangunan dibagi menjadi ketidak beraturan 1a dan ketidak beraturan 1b. Berikut ini merupakan ketentuan dari ketidak beraturan 1a dan 1b.

$$\delta_{max} < 1,2 \delta_{avg} \quad \rightarrow \text{tanpa ketidakberaturan torsi}$$

$$1,2 \delta_{avg} \leq \delta_{max} \leq 1,4 \delta_{avg} \quad \rightarrow \text{ketidakberaturan 1a}$$

$$\delta_{max} > 1,4 \delta_{avg} \quad \rightarrow \text{ketidakberaturan 1b}$$

Desain struktur untuk kategori desain seismic C, D, E, atau F, apabila terjadi ketidakberaturan torsi 1a atau 1b maka diperlukan pengaruh yang diperhitungkan dengan mengalikan M_{ta} pada masing-masing tingkat dengan faktor pembesaran torsi (A_x) dengan persamaan sebagai berikut.

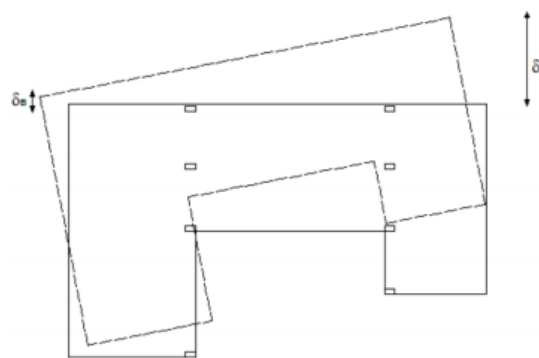
$$A_x = \left(\frac{\delta_{max}}{1,2\delta_{avg}} \right)^2 \quad (3.40)$$

Keterangan :

δ_{max} = Perpindahan maksimum ditingkat x (mm) yang dihitung dengan mengasumsikan $A_x = 1(\text{mm})$

δ_{avg} = Rata-rata perpindahan di titik-titik terjauh struktur ditingkat x yang dihitung dengan mengasumsikan $A_x = 1(\text{mm})$

Faktor pembesaran torsi (A_x) dalam ketentuannya tidak boleh kurang dari 1,0 dan tidak melebihi 3,0. Apabila ada pembebanan yang lebih parah pada masing-masing elemen maka perlu dilakukan peninjauan untuk desain.



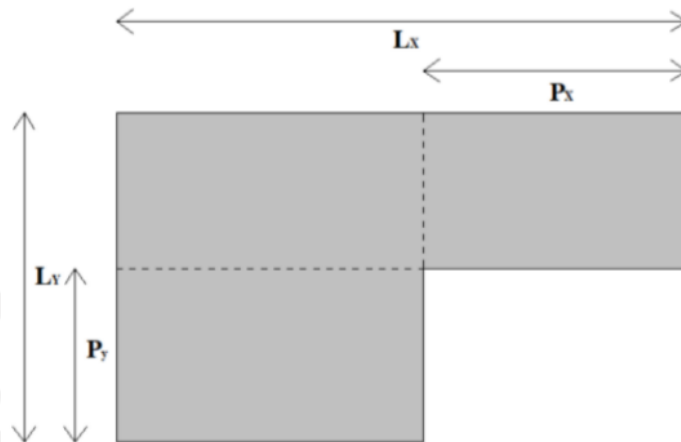
$$\delta_{avg} = \frac{\delta_A + \delta_B}{2} \quad A_x = \left[\frac{\delta_{max}}{1,2(\delta_{avg})} \right]^2$$

Gambar 3. 8 Ketidakberaturan 1a dan 1b

(Sumber : SNI 1726-2019)

3.5.2 Ketidakberaturan Sudut Dalam

Ketidakberaturan sudut dalam diartikan ada apabila kedua dimensi proyeksi denah struktur dari lokasi sudut dalam $> 15\%$ dimensi denah struktur dalam arah yang ditinjau. Berikut ini gambar 3.10 mengenai ketidakberaturan sudut dalam.



Gambar 3. 9 Ketidakberaturan Sudut Dalam

(Sumber : SNI 1726-2019)

3.5.3 Ketidakberaturan Diskontinuitas Diafragma

Ketidakberaturan diskontinuitas diafragma diartikan ada apabila suatu diafragma yang mempunyai diskontinuitas atau variasi kekakuan mendadak, termasuk yang memiliki daerah terpotong atau terbuka > 50 % daerah diafragma bruto yang tertutup, atau perubahan kekakuan diafragma efektif > 50 % dari suatu tingkat ke tingkat selanjutnya. Digambarkan pada gambar 3.11 berikut ini.



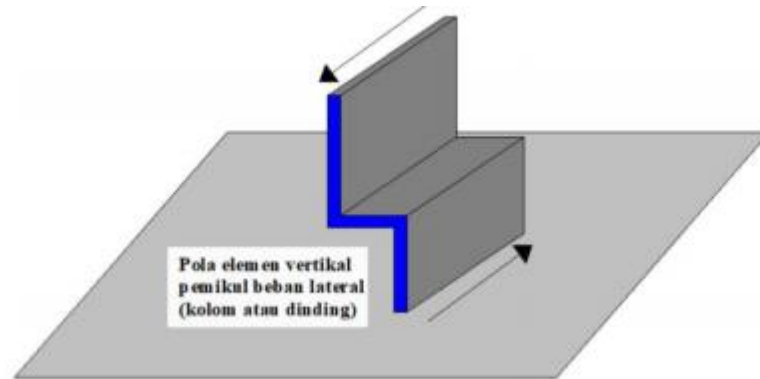
Gambar 3. 10 Ketidakberaturan Diskontinuitas Diafragma

(Sumber : SNI 1726-2019)

3.5.4 Ketidakberaturan Pergeseran Tegak Lurus Terhadap Bidang

Ketidakberaturan pergeseran tegak lurus terhadap bidang diartikan ada apabila diskontinuitas dalam lintasan tahanan gaya lateral, seperti pergeseran tegak

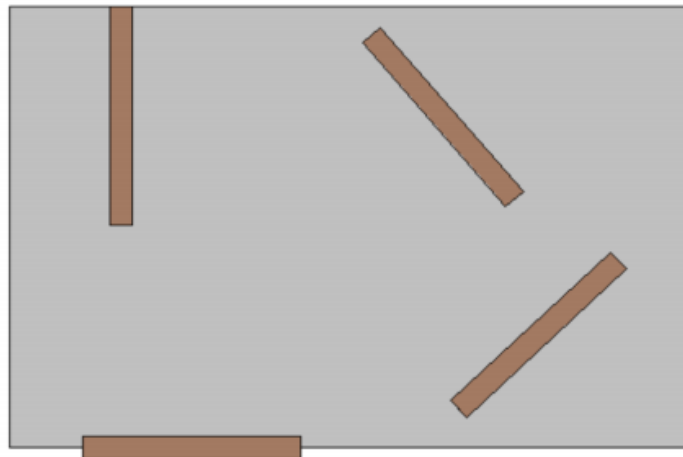
lurus terhadap bidang yang setidaknya satu elemen vertikal pemikul gaya lateral. Digambarkan pada gambar 3.12 berikut ini.



Gambar 3. 11 Ketidakberaturan Pergeseran Tegak Lurus Terhadap Bidang
(Sumber : SNI 1726-2019)

3.5.5 Ketidakberaturan Sistem Non Paralel

Ketidakberaturan sistem nonparalel diartikan ada apabila elemen vertikal pemikul gaya lateral non-paralel terhadap sumbu-sumbu ortogonal utama sistem pemikul gaya seismic. Digambarkan pada gambar 3.13 berikut ini.



Gambar 3. 12 Ketidakberaturan Sistem Non-Paralel
(Sumber : SNI 1726-2019)

3.6 Ketidakberaturan Vertikal

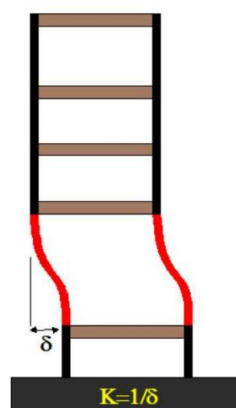
Ketidakberaturan vertikaln terdiri dari 5 tipe berdasar tabel 14 pada SNI 1726-2019. Berikut adalah macam tipe dari ketidakberaturan vertikal.

1. Ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak (1a dan 1b).
2. Ketidakberaturan berat (massa).
3. Ketidakberaturan geometri vertikal.
4. Ketidakberaturan akibat diskontinuitas bidang pada elemen vertikal pemikul gaya lateral.
5. Ketidakberaturan tingkat lemah berlebihan akibat diskontinuitas pada kekuatan lateral tingkat (5a dan 5b).

3.6.1 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak

Ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak 1a ada jika pada suatu tingkat yang memiliki kekakuan lateralnya kurang dari 70% dari kekakuan lateral pada tingkat yang berada di atasnya atau kurang dari 80% dari rata-rata kekakuan pada tiga tingkat yang berada di atasnya.

Ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak berlebih 1b pun akan ada apabila pada suatu tingkat memiliki kekakuan lateral yang kurang dari 60% dari kekakuan lateran lateral pada tingkat yang berada di atasnya atau kurang dari 70% % dari rata-rata kekakuan pada tiga tingkat yang berada di atasnya.

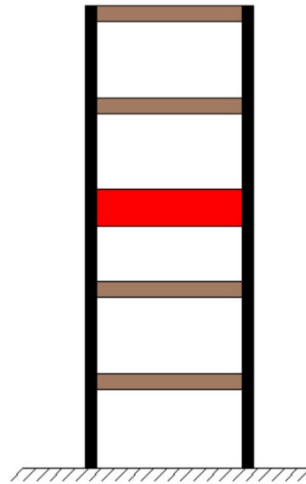


Gambar 3. 13 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak 1a dan 1b

(Sumber : SNI 1726-2019)

3.6.2 Ketidakberaturan Berat (Massa)

Ketidakberaturan berat atau massa terjadi apabila massa efektif pada suatu tingkat lebih dari 150% massa efektif tingkat di dekatnya. Atap yang lebih ringan dari lantai dibawahnya tidak perlu di tinjau.

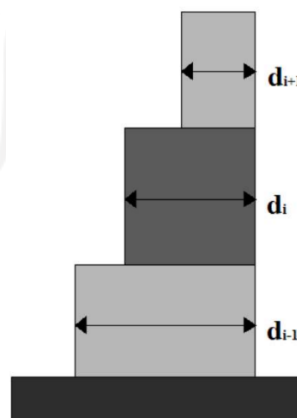


Gambar 3. 14 Ketidakberaturan Berat (Massa)

(Sumber : SNI 1726-2019)

3.6.3 Ketidakberaturan Geometri Vertikal

Ketidakberaturan geometri vertikal terjadi apabila dimensi horizontal sistem pemikul gaya seismik pada suatu tingkat lebih dari 130% dimensi horizontal sistem pemikul gaya seismik tingkat didekatnya.

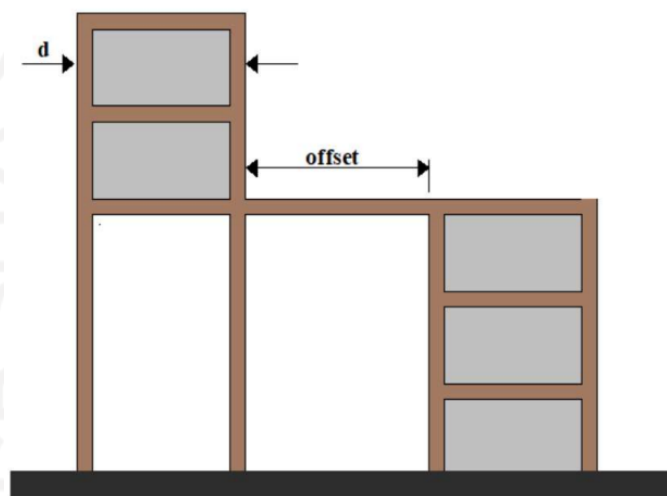


Gambar 3. 15 Ketidakberaturan Geometri Vertikal

(Sumber : SNI 1726-2019)

3.6.4 Ketidakberaturan Akibat Diskontinuitas Bidang pada Elemen Vertikal Pemikul Gaya Lateral

Ketidakteraturan akibat diskontinuitas bidang pada elemen vertikal pemikul gaya lateral dapat terjadi apabila pergeseran arah bidang elemen pemikul gaya lateral lebih besar dari panjang elemen itu atau terdapat reduksi kekakuan elemen pemikul di tingkat di bawahnya.

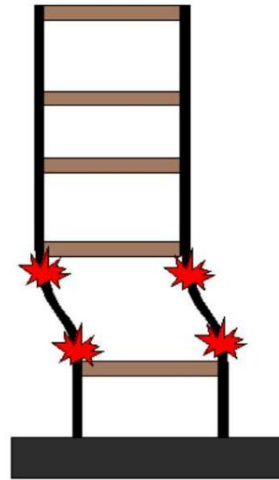


Gambar 3. 16 Ketidakberaturan Diskontinuitas Bidang
(Sumber : SNI 1726-2019)

3.6.5 Ketidakberaturan Tingkat Lemah Akibat Diskontinuitas Pada Kekuatan Lateral Tingkat

Ketidakteraturan tipe ini terdiri dari 2 jenis, pada ketidakberaturan tingkat lemah akibat diskontinuitas pada kekuatan lateral tingkat (5a) terjadi apabila kekuatan lateral suatu tingkat kurang dari 80% kekuatan lateral tingkat yang berada di atasnya.

Pada ketidakberaturan tingkat lemah berlebihan akibat diskontinuitas pada kekuatan lateral tingkat (5b) juga dapat terjadi apabila kekuatan lateral suatu tingkat kurang dari 65% kekuatan lateral tingkat di atasnya. Yang mana kekuatan lateral tingkat merupakan kekuatan total pada semua elemen pemikul seismik yang berbagi geser tingkat pada arah yang di tinjau.

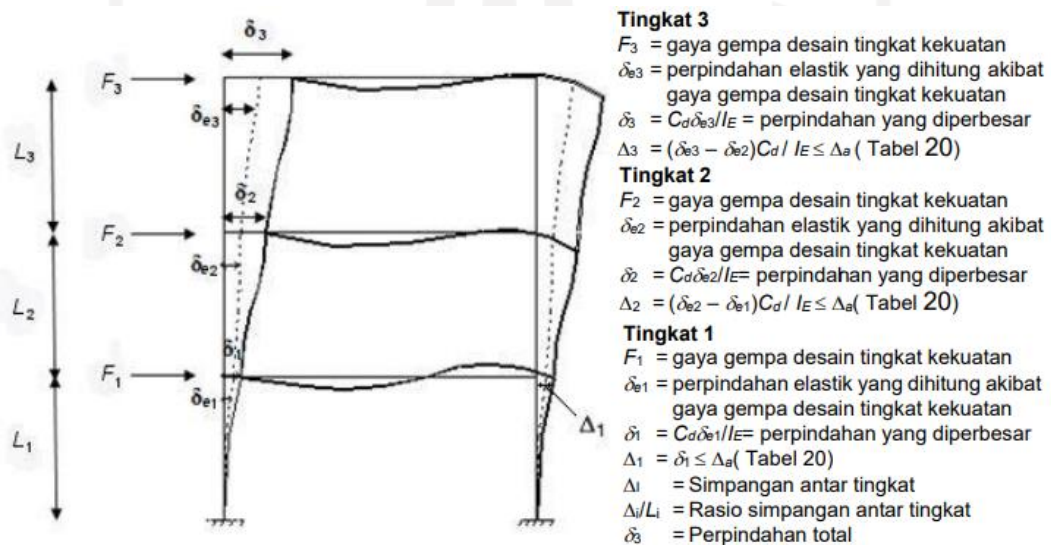


Gambar 3. 17 Ketidakberaturan Tingkat Lemah (5a dan 5b)

(Sumber : SNI 1726-2019)

3.7 Simpangan Antar Lantai

Dalam menentukan simpangan antar tingkat desain (Δ) dihitung sebagai perbedaan simpangan pada pusat massa di atas dan bawah tingkat yang ditinjau. Jika pusat massa tidak segaris dengan arah vertikal, maka diizinkan menghitung simpangan dasar tingkat berdasarkan proyeksi vertikal dari pusat massa tingkat di atasnya.



Gambar 3. 18 Penentuan Simpangan Antar Tingkat

(Sumber : SNI 1726-2019)

Untuk struktur dengan kategori desain seismic C, D, E atau F yang memiliki ketidakberaturan horizontal 1a dan 1b, defleksi antar tingkat desain (Δ) perlu dihitung sebagai selisih terbesar dari simpangan pada titik-titik yang segaris arah vertikal pada sepanjang salah satu bagian tepi struktur, diatas ataupun dibawah tingkat yang ditinjau.

Simpangan pusat massa ditingkat x (δ_x) dalam milimeter (mm) yang telah ditentukan dengan rumus berikut ini.

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \quad (3.41)$$

Keterangan :

C_d = Faktor pembesaran simpangan lateral

δ_x = Simpangan pusat massa ditingkat x

δ_{xe} = Simpangan ditingkat x yang disyaratkan dan ditentukan dengan analisis elastik

I_e = Faktor keutamaan gempa

Simpangan antar tingkat desain (Δ) perlu ada batasan supaya tidak melebihi simpangan antar tingkat izin (Δ_a) yang ditentukan dengan Tabel 3.10 berikut ini.

Tabel 3. 10 Simpangan Antar Tingkat Izin, Δ_a

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

(Sumber : SNI 1726-2019)

3.8 P-Delta

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) (SNI 1726-2019) ditentukan dengan persamaan dibawah ini sama dengan atau kurang dari 0,1.

$$\theta = \frac{P_x \Delta I_e}{V_x h_{sx} C_d} \quad (3.42)$$

Keterangan :

P_x = Beban desain vertikal total pada dan diatas tingkat x (kN) faktor beban individu tidak melebihi 1,0

Δ = Simpangan antar tingkat desain, terjadi serentak dengan V_x (mm)

I_e = Faktor keutamaan gempa

V_x = Gaya geser seismic yang bekerja antara tingkat x dan x-1 (kN)

h_{sx} = tinggi tingkat dibawah tingkat x (mm)

C_d = Faktor pembesaran defleksi

Koefisien stabilitas (θ) tidak diperbolehkan melebihi θ_{max} yang telah ditentukan dari persamaan dibawah ini.

$$\theta_{max} = \frac{0,5}{\beta C_d} \leq 0,25 \quad (3.43)$$

Yang mana β merupakan rasio kebutuhan geser terhadap kapasitas geser antara tingkat x dengan x-1. Rasio ini diperbolehkan atau diizinkan secara konservatif diambil sebesar 1,0.

Apabila koefisien stabilitas (θ) $> 1,0$ tetapi $\leq \theta_{max}$, maka pengaruh P-delta pada perpindahan dan gaya komponen struktur perlu ditentukan dengan analisis rasional. Alternatif ini diizinkan mengalikan perpindahan gaya dan gaya komponen struktur dengan $1,0/(1 - \theta)$. Jika $\theta > \theta_{max}$ struktur tidak stabil dan perlu dilakukan desain ulang

3.9 Fleksibilitas Diafragma

Berdasarkan SNI 1726-2019 struktur bangunan perlu dianalisis dengan memperhitungkan kekakuan relatif diafragma dan elemen vertikal sistem pemikul gaya seismik. Kecuali, apabila diafragma dapat diidealisasikan baik fleksibel ataupun kaku sesuai dengan pasal 7.3.1.1, 7.3.1.2, atau 7.3.1.3 analisis struktur harus secara eksplisit menyertakan perhitungan kekakuan diafragma (asumsi permodelan semi kaku).

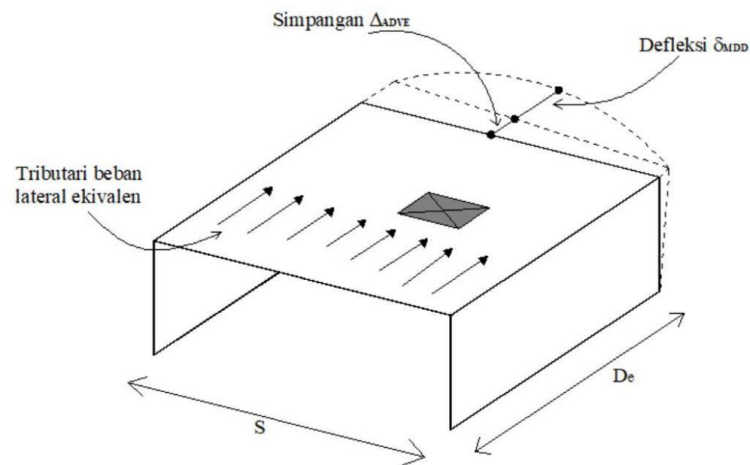
3.9.1 Diafragma Fleksibel

Menurut SNI 1726-2019 pasal 7.3.1.1 diafragma yang terbuat dari dek baja tanpa penutup (topping) atau panel struktur kayu dapat diidealisasikan sebagai diafragma fleksibel jika memenuhi satu atau lebih kondisi berikut ini.

1. Struktur dengan elemen vertikal berupa rangkap baja dengan bresing, rangka baja dan beton komposit dengan bresing, atau beton, dinding bata, baja, atau dinding geser komposit baja dan beton.
2. Bangunan hunian satu atau dua tingkat.
3. Struktur rangka ringan yang memenuhi kondisi sebagai berikut.
 - a. Penutup beton atau material yang serupa tidak ditempatkan di atas panel diafragma kayu kecuali untuk penutup non-struktural dengan tebal tidak melebihi 38 mm.
 - b. Setiap baris elemen vertikal sistem pemikul gaya seismic memenuhi simpangan antara tingkat izin sesuai dengan Tabel 20 pada SNI 1726-2019.

3.9.2 Diafragma Kaku

Menurut SNI 1726-2019 pasal 7.3.1.2 diafragma pelat beton atau dek metal yang diberi penutup beton dengan perbandingan S/D_e sebesar 3 atau kurang pada struktur tanpa ketidakberaturan horizontal dapat diidealisasikan sebagai diafragma kaku. Berikut ini gambar yang didefinisikan S dan D_e .



Gambar 3. 19 Diafragma Fleksibel

(Sumber : SNI 1726-2019)

3.9.3 Kondisi Diafragma Fleksibel yang dihitung

Menurut SNI 1726-2019 pasal 7.3.1.3 diafragma yang tidak memenuhi kondisi 3.9.1 dan 3.9.2 dapat diidealisasikan sebagai diafragma fleksibel jika.

$$\frac{\delta_{MDD}}{\Delta_{ADVE}} > 2 \quad (3.44)$$

Yang mana δ_{MDD} dan Δ_{ADVE} ditunjukkan dalam Gambar 3.19. Pembebanan yang digunakan untuk menghitung ini harus sesuai dengan SNI 1726-2019 pasal 7.8.

3.10 Peningkatan Gaya akibat Ketidakberaturan Kategori Desain Seismik D hingga F

Menurut SNI 1726-2019 struktur dengan kategori desain seismik D hingga F dan memiliki ketidakberaturan horizontal tipe 1a, tipe 1b, tipe 2, tipe 3, atau tipe 4 yang telah ditetapkan pada Tabel 13 (SNI 1726-2019) gaya desain yang ditentukan berdasar pasal 7.10.1.1 (SNI 1726-2019) harus ditingkatkan 25 % pada elemen sistem pemikul gaya seismik yang ada di bawah ini.

1. Sambungan antara diafragma dengan elemen vertikal dan dengan elemen kolektor.
2. Elemen kolektor dan sambungannya, termasuk sambungan ke elemen vertikal dari sistem pemikul gaya seismik.

3.11 Gaya Desain Diafragma

Menurut SNI 1726-2019 pada pasal 7.10.1.1 diafragma lantai atau atap harus didesain menahan gaya seismik desain dari analisis struktur, akan tetapi tidak diperbolehkan kurang dari yang telah ditentukan sesuai dengan persamaan berikut ini.

$$F_{px} = \frac{\sum_{i=x}^n F_i}{\sum_{i=x}^n w_i} W_{px} \quad (3.45)$$

Keterangan :

F_{px} = gaya desain diafragma pada tingkat yang ditinjau,

F_i = gaya desain yang diterapkan pada tingkat yang ditinjau,

w_i = tributary berat hingga tingkat yang ditinjau,

w_{px} = tributary berat hingga diafragma pada tingkat yang ditinjau.

Gaya yang ditentukan pada persamaan 3.45 tidak boleh kurang dari persamaan 3.46.

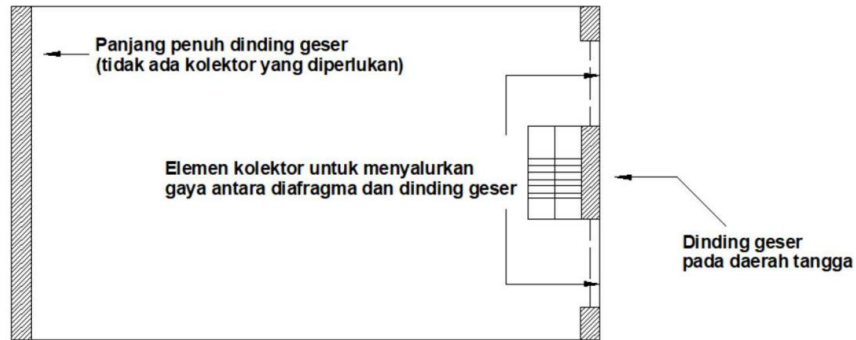
$$F_{px} = 0,2 S_{DS} I_e W_{px} \quad (3.46)$$

Dan tidak diperbolehkan melebihi persamaan 3.47.

$$F_{px} = 0,4 S_{DS} I_e W_{px} \quad (3.47)$$

3.12 Analisis Gaya Kolektor

Elemen kolektor berdasarkan SNI 1726-2019 wajib disediakan mampu menyalurkan gaya seismik yang berasal dari bagian lain struktur ke elemen yang menyediakan tahanan terhadap gaya tersebut. Berikut ini adalah gambaran mengidentifikasi elemen kolektor.

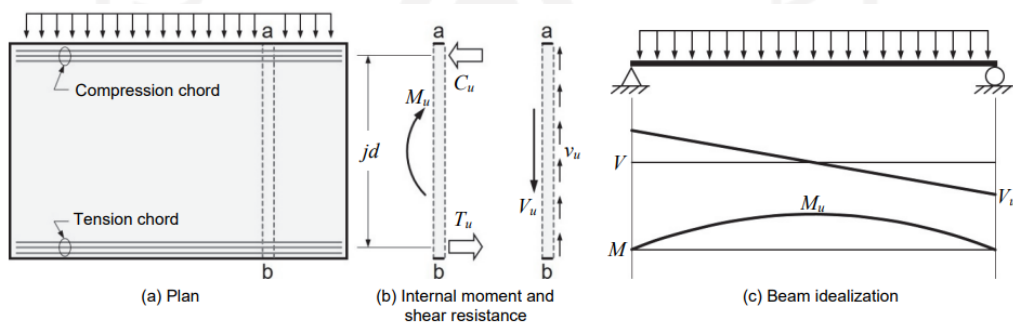


Gambar 3. 20 Kolektor
(Sumber : SNI 1726-2019)

Budiono, dkk (2017) menyatakan bahwa elemen yang menyerap gaya aksial cukup besar mengakibatkan gaya lateral gempa akan didesain sebagai elemen kolektor. Analisa elemen kolektor dapat di perhitungkan dengan membandingkan nilai $P_u > 10\% A_g F_c$, sehingga elemen tersebut termasuk elemen kolektor. Metode yang digunakan dengan melakukan perubahan pada semua elemen balok menjadi elemen kolom untuk mendapat nilai gaya aksial pada balok-balok tersebut.

3.13 Analisis Gaya Kord

Kord merupakan elemen batas yang dapat berupa pelat lantai atau balok didesain akibat adanya gaya tarik lentur dan gaya tekan lentur yang terjadi karena gaya gempa diafragma.



Gambar 3. 21 Kord
(Sumber : NIST GCR 16-917-42)

Gaya tarik dan gaya tekan yang terjadi.

$$T = \frac{M_u}{d} \tag{3.48}$$

Luas tulangan perlu pada kord.

$$A_s = \frac{T_u}{\phi f_y} \quad (3.49)$$

Budiono, dkk (2017) melakukan perhitungan geser diafragma dengan membandingkan gaya geser nominal perlu diafragma dengan gaya geser beton diafragma dengan persamaan dibawah ini.

Gaya nominal perlu

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} \quad (3.50)$$

Gaya geser dari beton

$$V_c = 0,17\sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d \quad (3.51)$$

Tulangan geser diperlukan apabila nilai persamaan 3.50 lebih besar dari persamaan 3.51.

Ginjar (2020) mengutip pada Modul Praktikum Bahan Teknik I (2011) menyatakan bahwa untuk mendapatkan kekuatan eser bahan baik dari literatur agaklah sulit, dalam hal ini dapat digunakan persamaan konservatif yang dapat dilihat dibawah ini.

$$\text{Kuat geser baja} = 0,4 \cdot \text{Kekuatan tarik} \quad (3.52)$$

Berikut ini merupakan perhitungan untuk mendapat nilai tulangan geser.

$$V_s = V_n - V_c \quad (3.53)$$

$$V_s = \frac{A_v f_u d}{s} \quad (3.54)$$

BAB IV METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini berlokasi di Kota Yogyakarta yang tepatnya terletak pada Jl. Jemb. Baru UGM, Pogung Kidul, Sinduadi, Kec. Sleman, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta dengan struktur bangunan tidak beraturan (*Irregular*) nama bangunan Gedung Apartemen Taman Melati

4.2 Jenis Penelitian

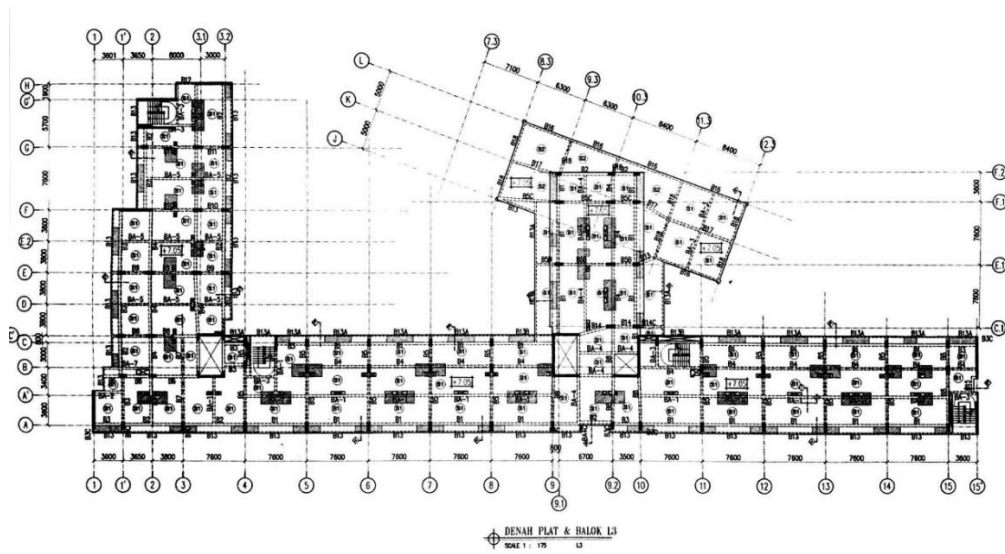
Sifat dari penelitian ini yaitu studi kasus dengan metode deskriptif yang dilakukan pada suatu bangunan bertingkat tinggi dengan struktur tidak beraturan yaitu merupakan bangunan Gedung Apartemen Taman Melati. Untuk membantu dalam proses analisa maka diperlukan bantuan *software* ETABS untuk mendapatkan hasil perbandingan dari metode analisis statik ekuivalen, respon spektrum dan riwayat waktu (*time history*) yang berdasarkan SNI 03-1726-2019.

4.3 Pengumpulan Data

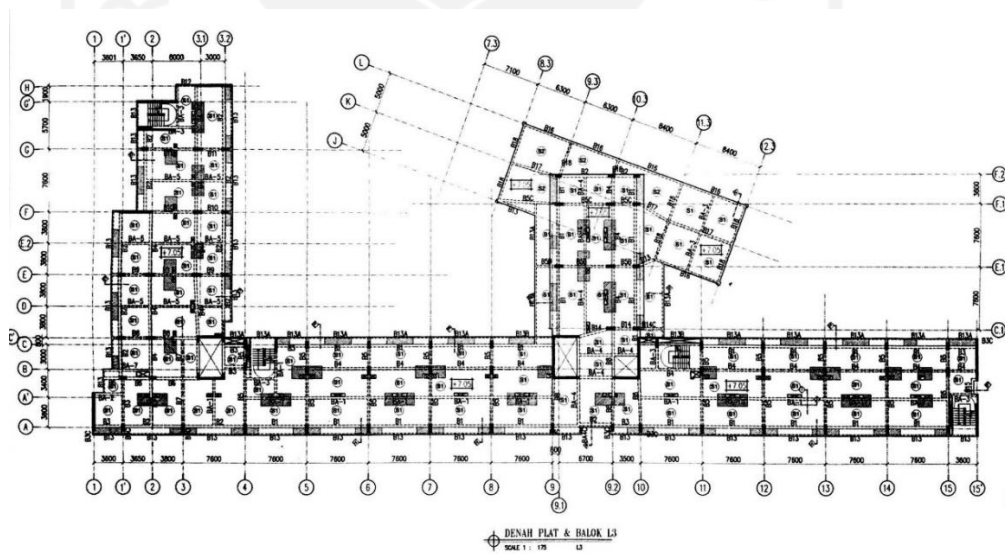
Data yang diperlukan pada penelitian ini didapat dari hasil pengamatan dan sumber-sumber tertentu yaitu berupa gambar struktur, mutu bahan, kondisi tanah, dan rekaman gempa. Adapun data yang diperlukan sebagai berikut.

1. Gambar struktur

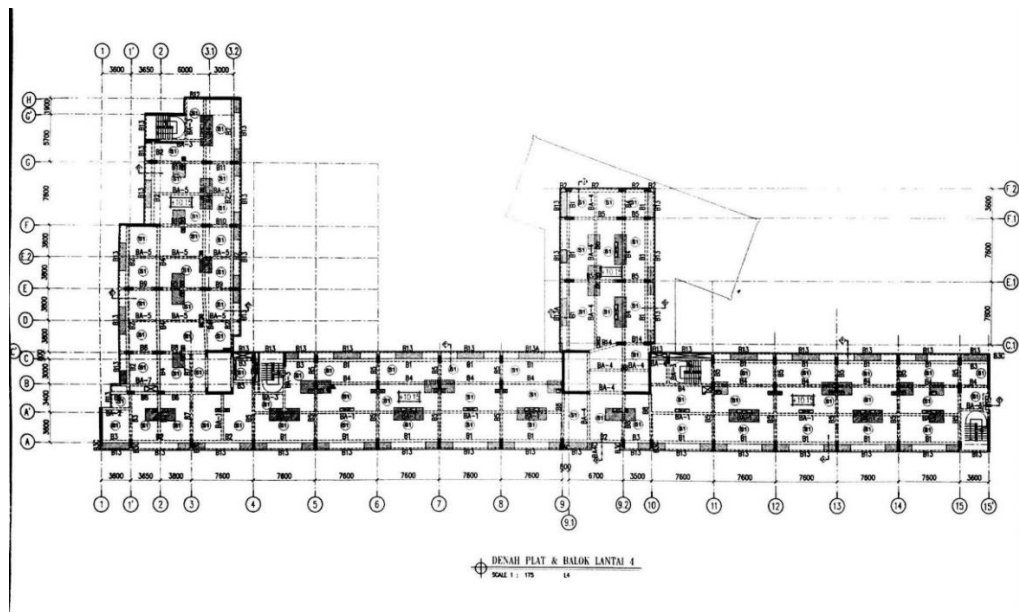
Gambar 4.1 hingga 4.8 dibawah ini merupakan gambar struktur dari Bangunan Gedung Apartemen Taman Melati yang berjumlah 15 lantai.



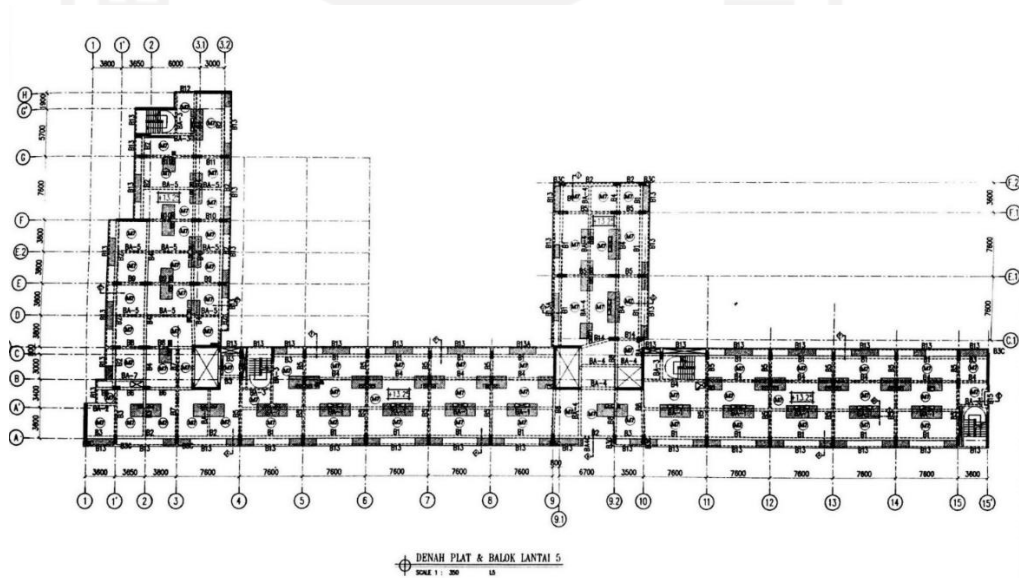
Gambar 4. 1 Denah Lantai 2
(Sumber : PT. Adhi Karya)



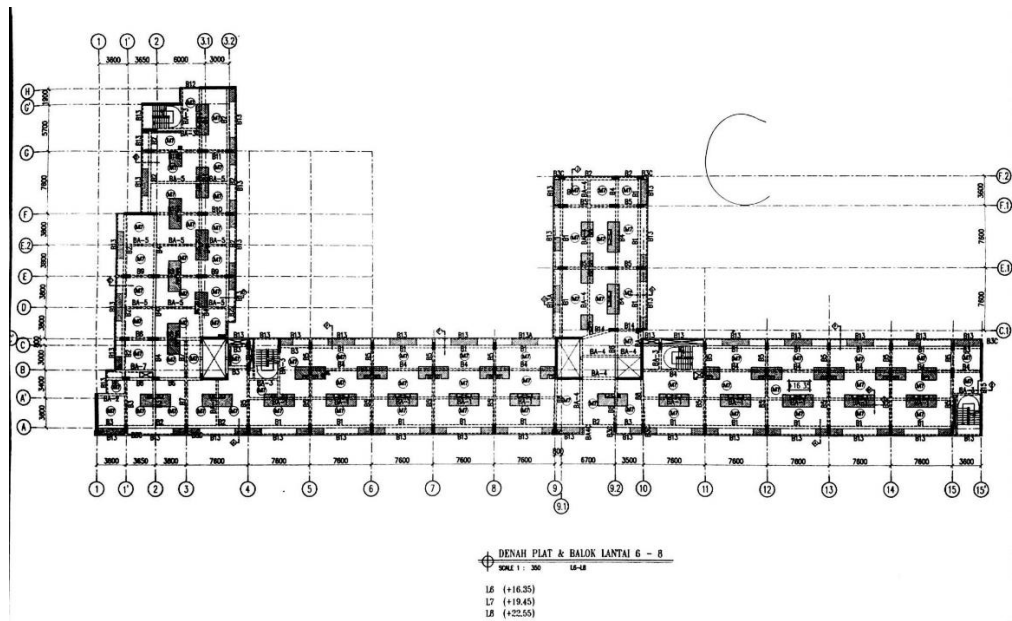
Gambar 4. 2 Denah Lantai 3
(Sumber : PT. Adhi Karya)



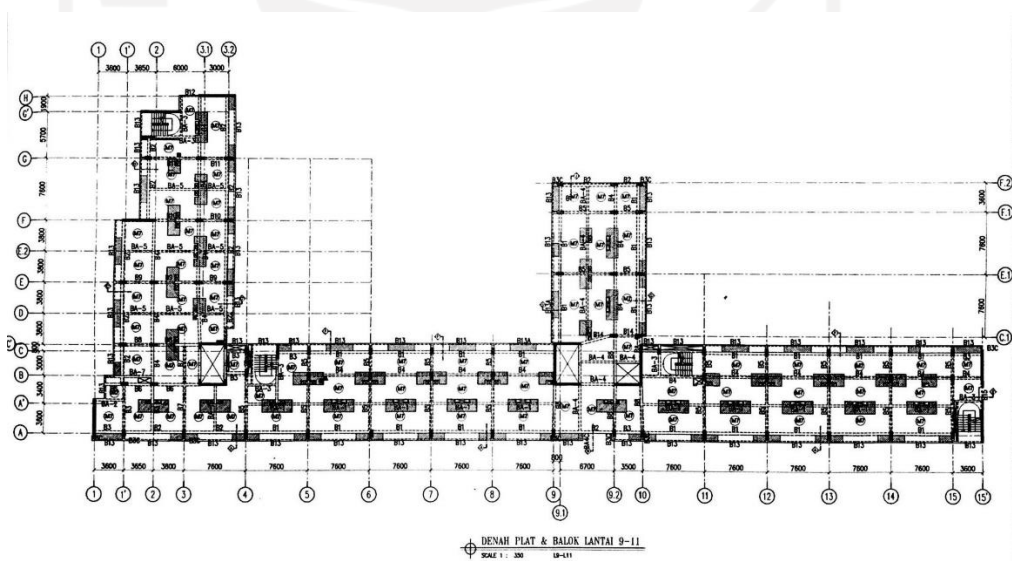
Gambar 4. 3 Denah Lantai 4
(Sumber : PT. Adhi Karya)



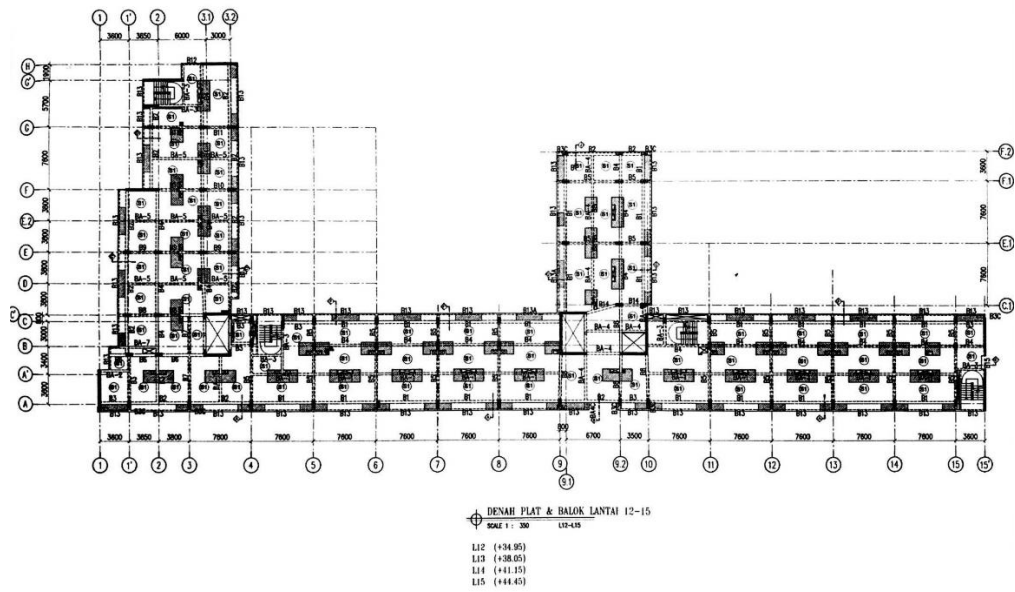
Gambar 4. 4 Denah Lantai 5
(Sumber : PT. Adhi Karya)



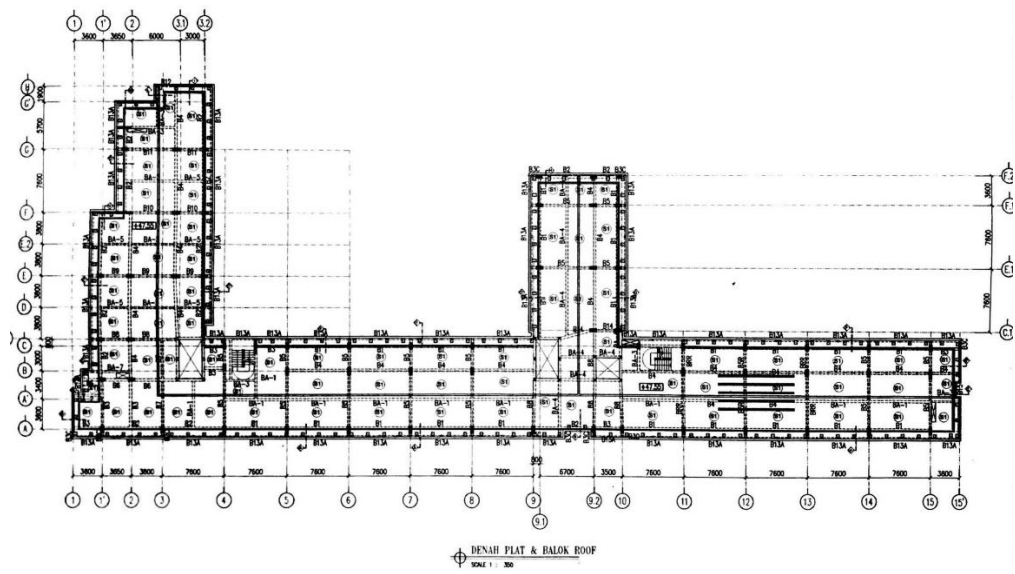
Gambar 4. 5 Denah Lantai 6,7,8
 (Sumber : PT. Adhi Karya)



Gambar 4. 6 Denah Lantai 9,10,11
 (Sumber : PT. Adhi Karya)



Gambar 4. 7 Denah Lantai 12,13,14,15
(Sumber : PT. Adhi Karya)



Gambar 4. 8 Denah Lantai Atap
(Sumber : PT. Adhi Karya)

2. Mutu bahan

Mutu bahan yang diperlukan merupakan mutu beton dan mutu baja. Pada bangunan Apartemen Taman Melati Yogyakarta menggunakan mutu beton dan mutu baja sebagai berikut.

$$f'c = 29,5 \text{ MPa}$$

$$f'c = 25 \text{ MPa (Pondasi)}$$

$$\varnothing < 10 \text{ mm} \rightarrow 4000 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varnothing > 10 \text{ mm} \rightarrow 2400 \text{ kg/cm}^2$$

3. Kondisi tanah

Kondisi tanah Kota Yogyakarta khususnya pada Jl. Jemb. Baru UGM, Pogung Kidul, Sinduadi, Kec. Sleman, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta adalah tanah sedang

4. Rekaman gempa.

Rekaman gempa pada bangunan ini disesuaikan dengan desain respons spektrum untuk lokasi gedung yang ditinjau menggunakan bantuan *software seismomatch 2016*.

4.4 Permodelan Struktur

Dalam melakukan permodelan struktur akan menggunakan bantuan software ETABS untuk mempermudah analisis respons spektrum dan gaya desain diafragma berdasarkan dengan Standar Nasional Indonesia 1726-2019 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung.

4.5 Tahapan Penelitian

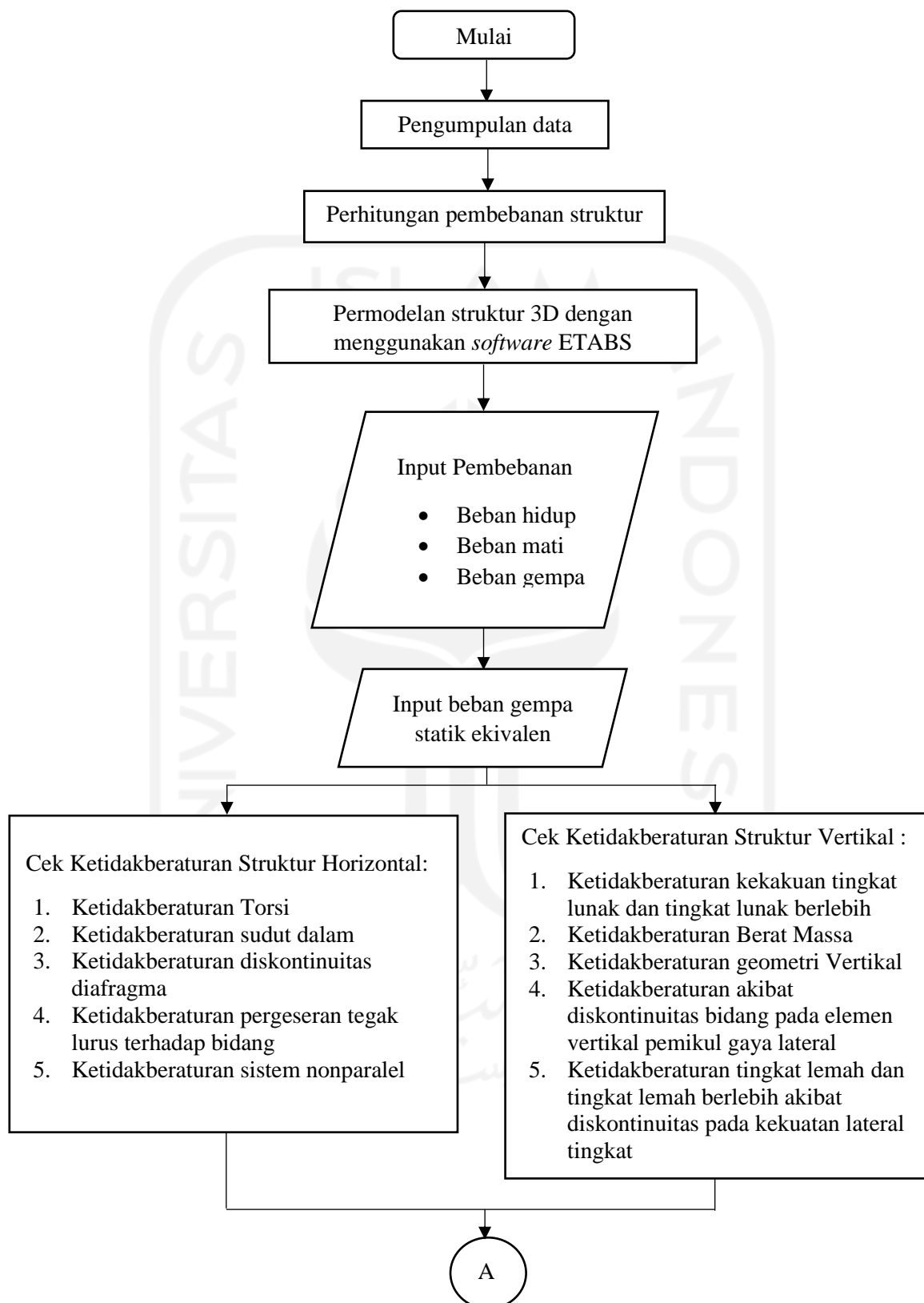
Tahapan penelitian yang akan dilakukan untuk menyelesaikan penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Mengumpulkan data yang diperlukan untuk kebutuhan penelitian pada bangunan Gedung Apartemen Taman Melati.
2. Melakukan perhitungan pembebanan mati, beban hidup hidup dan berat total bangunan.
3. Melakukan permodelan di ETABS dengan menginput balok, kolom, plat, dan dinding geser sesuai dengan data yang telah didapat.

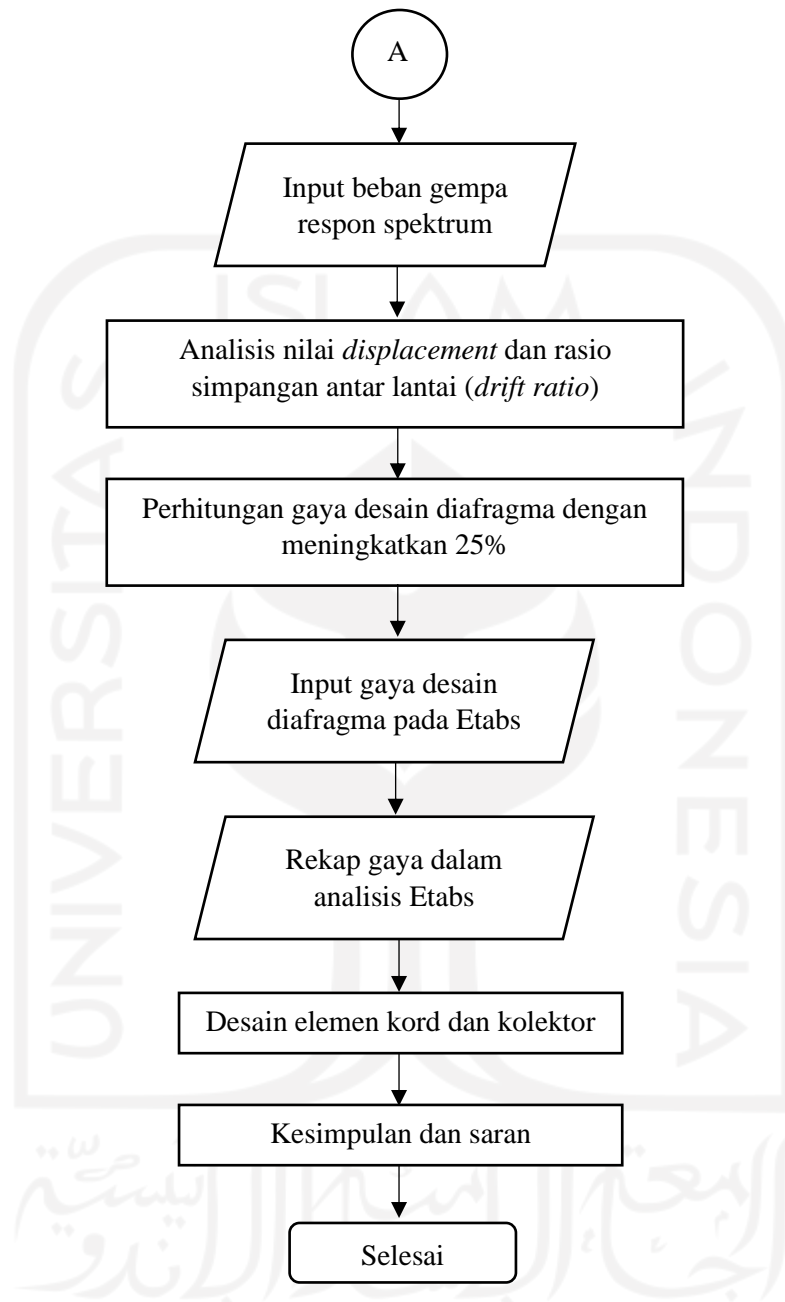
4. Memasukan atau menginput pembebanan yang telah dianalisa pada poin 3.
5. Memasukan atau menginput beban gempa respon spektrum.
6. Menganalisis hasil beban gempa.
7. Mendesain diafragma.
8. Menyimpulkan hasil.

Berikut ini merupakan tahapan dalam menyelesaikan penelitian yang telah dijadikan dalam bentuk *flow chart* seperti pada Gambar 4.9





Gambar 4. 9 Bagan Alir Tugas Akhir



Lanjutan Gambar 4.9 Bagan Alir Tugas Akhir

BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Data Struktur

Bangunan gedung apartemen yang ditinjau untuk penelitian tugas akhir memiliki data-data balok, kolom dan pelat dengan mutu beton ($f'c$) sebesar 29,5 MPa dan mutu baja tulangan (f_y) sebesar 400 MPa. Berikut ini adalah data balok, kolom dan pelat.

5.1.1 Balok

Balok yang digunakan pada bangunan Gedung apartment ini menggunakan berbagai macam tipe balok yang dapat dilihat pada Tabel 5.1 di bawah ini.

Tabel 5. 1 Kodefikasi Balok

NO	KODEFIKASI	DIMENSI	
		B (mm)	H (mm)
1	B1	300	600
2	B2	300	600
3	B3	300	600
4	B3C	300	600
5	B4	300	600
6	B5	300	600
7	B5A	300	600
8	B6	300	600
9	B7	250	550
10	B8	300	600
11	B9	300	600
12	B10	300	600
13	B11	300	600
14	B12	300	600
15	B13	150	600
16	B13A	200	600
17	B13B	200	600
18	B14	300	600

Lanjutan Tabel 5.1 Kodefikasi Balok

NO	KODEFIKASI	DIMENSI	
		B (mm)	H (mm)
19	B14C	300	600
20	B15	300	600
21	B16	300	600
22	B17	300	600
23	B18	250	400
24	BA-1	250	550
25	BA-2	250	600
26	BA-3	200	400
27	BA-4	250	550
28	BA-5	250	450
29	BA-6	25	600
30	BA-7	200	400

5.1.2 Kolom

Pada bangunan apartemen ini terdapat tujuh tipe kolom yang memiliki dimensi berbeda yang ditunjukkan pada Tabel 5.2.

Tabel 5. 2 Kodefikasi Kolom

NO	KODEFIKASI	DIMENSI	
		B (mm)	H (mm)
1	K1	400	1100
2	K2	400	1300
3	K3	400	1000
4	K4	400	900
5	K5	500	1300
6	K6	500	500
7	K7	400	700

5.1.3 Pelat

Pelat yang digunakan untuk membatasi antara tingkat satu dengan yang lainnya ini menggunakan tebal 130 mm untuk pelat lantai dan pelat atapnya.

5.1.4 Dinding Geser

Pada bangunan apartemen ini terdapat sepuluh tipe dinding geser yang memiliki dimensi yang berbeda, berikut ini adalah data dimensi dinding geser yang dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5. 3 Kodefikasi Dinding Geser

KODEFIKASI	LEBAR (mm)	PANJANG (mm)
SW-1	300	4600
SW-2	300	5100
SW-3	300	1800
SW-4	300	4150
SW-5	300	4600
SW-6	300	4000
SW-7	300	3800
CW-1	300	8800
CW-2	300	11500
CW-3	300	8100

5.1.5 Elevasi Antar Tingkat

Data elevasi antar tingkat pada bangunan gedung apartment 15 lantai dengan tinggi keseluruhan 47,5 m dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut ini.

Tabel 5. 4 Elevasi Antar Lantai

No	Lantai	Tinggi Tingkat (m)	Elevasi Lantai (m)
16	Roof	3,1	47,5
15	Lantai 14	3,3	44,4
14	Lantai 13	3,1	41,1
13	Lantai 12	3,1	38
12	Lantai 11	3,1	34,9
11	Lantai 10	3,1	31,8
10	Lantai 9	3,1	28,7
9	Lantai 8	3,1	25,6
8	Lantai 7	3,1	22,5
7	Lantai 6	3,1	19,4
6	Lantai 5	3,1	16,3
5	Lantai 4	3,1	13,2
4	Lantai 3	3,1	10,1

Lanjutan Tabel 5.4 Elevasi Antar Lantai

No	Lantai	Tinggi Tingkat (m)	Elevasi Lantai (m)
3	Lantai 2	3,1	7
2	Lantai 1	3,9	3,9
1	Base	0	0

5.2 Pembebanan

5.2.1 Beban Mati

Beban mati merupakan beban gravitasi yang bersifat permanen pada sebuah bangunan. Berikut ini adalah macam beban mati.

1. Beban mati pelat lantai

Pelat	= 0,13 m x 23,536 kN/m ³	= 3,06 kN/m ²
Spesi	= 0,03 m x 16,671 kN/m ³	= 0,500 kN/m ²
Pasir	= 0,03 m x 15,691 kN/m ³	= 0,471 kN/m ²
Keramik		= 0,172 kN/m ²
Ducting AC		= 0,172 kN/m ²
Eternit		= 0,180 kN/m ²
Mechanical/Electrical		= 0,118 kN/m ²
Total Beban Mati (Q _d)		= 4,671 kN/m ²
Beban input ETABS		= Q _d – Beban pelat
		= 4,671 kN/m ² - 3,06 kN/m ²
		= 1,612 kN/m ²

2. Beban mati pelat atap

Pelat	= 0,13 m x 23,536 kN/m ³	= 3,06 kN/m ²
Spesi	= 0,03 m x 16,671 kN/m ³	= 0,500 kN/m ²
Waterproofing	= 0,02 m x 0,02 kN/m ³	= 0,0004 kN/m ²
Ducting AC		= 0,172 kN/m ²
Eternit		= 0,180 kN/m ²
Mechanical/Electrical		= 0,118 kN/m ²
Total Beban Mati (Q _d)		= 4,030 kN/m ²

$$\begin{aligned}
 \text{Beban input ETABS} &= Q_d - \text{Beban pelat} \\
 &= 4,030 \text{ kN/m}^2 - 3,06 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 0,970 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

5.2.2 Beban Hidup

Beban hidup yang digunakan mengacu pada SNI 1727-2013 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Pada pembebanan beban hidup perlu ditinjau apakah pelat perlu dilakukan reduksi sesuai pasal 4.7.3 hingga pasal 4.7.6 atau tidak. Namun, pada bangunan ini luasan pelat terbesar adalah $24,32 \text{ m}^2$ sehingga tidak melebihi yang disyaratkan yaitu sebesar 400 ft^2 atau $37,16 \text{ m}^2$. Maka pada pelat lantai tidak perlu dilakukan reduksi dan menggunakan nilai pada Tabel 5.5 sebagai berikut.

Tabel 5. 5 Beban Hidup Pelat Lantai

Hunian atau penggunaan	Merata L_o (kN/m ²)
Apartemen (lihat rumah tinggal)	
Rumah tinggal	
Semua hunian rumah tinggal lainnya	
Ruang pribadi dan koridornya	1,92
Ruang publik	4,79
Koridor ruang publik	4,79

Pada SNI 1727-2013 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain, diizinkan reduksi beban hidup atap pada atap datar biasa. Karena A_T sebesar $24,32 \text{ m}^2$ dan beban hidup atap sebesar $0,96$ maka dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 R_I &= 1,2 - 0,001 A_T \text{ (Rumus yang digunakan untuk } 18,85 \text{ m}^2 < A_T < 55,74 \text{ m}^2) \\
 &= 1,2 - 0,001 (24,32 \text{ m}^2) \\
 &= 0,933 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

R_2 sebesar 1 karena atap pada bangunan ini merupakan atap datar dan tidak memiliki kemiringan.

$$\begin{aligned} L_r &= L_0 R_1 R_2 \\ &= 0,96 \cdot 0,933 \cdot 1 \\ &= 0,895 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

5.3 Beban Gempa

Analisis beban gempa yang digunakan pada penelitian bangunan gedung apartemen menggunakan analisis respons spektrum dan analisis riwayat waktu sesuai dengan prosedur SNI 1726-2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.

5.3.1 Statik Ekuivalen

Beban gempa untuk menentukan ketidakberaturan horizontal yaitu dengan menggunakan beban gempa statik ekuivalen.

1. Berat Bangunan

Hasil berat bangunan per lantai didapat dari hasil output ETABS $D + 0,25L$ dengan hasil pada Tabel 5.6 sebagai berikut.

Tabel 5. 6 Berat Bangunan

Lantai	W_i (kN)
15	13442,932
14	16596,932
13	16596,932
12	16486,216
11	16486,216
10	16487,134
9	16487,134
8	16487,134
7	16487,134
6	16487,134
5	16487,134
4	16492,507
3	16492,507

Lanjutan Tabel 5.6 Berat Bangunan

Lantai	W_i (kN)
2	18328,201
1	18898,08
0	0
Total	248743,329

2. Penentuan Koefisien Respons Seismik (C_S)

Nilai koefisien respons seismik ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut sesuai dengan pasal 7.8 SNI 1726-2019 dengan periode (T) sebesar 2,106 yang dijelaskan pada beban gempa respon spektrum.

$$C_S = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

$$= \frac{0,780}{\left(\frac{8}{1}\right)}$$

$$= 0,0975$$

$$C_{S(min)} = 0,044 S_{DS} I_e$$

$$= 0,044 \cdot 0,780 \cdot 1$$

$$= 0,0343$$

$$C_{S(max)} = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

$$= \frac{0,606}{2,106 \left(\frac{8}{1}\right)}$$

$$= 0,03596$$

Karena nilai C_S melebihi nilai $C_{S(max)}$ maka nilai C_S yang digunakan adalah $C_{S(max)}$ sebesar 0,03596.

3. Penentuan Gaya Seismik

$$V = C_S W$$

$$= 0,03596 \cdot 248743,328$$

$$= 8945,822 \text{ kN}$$

4. Penentuan nilai k

Nilai k dengan $T \leq 0,5$ detik, $k = 1$

$T \geq 2,5$ detik, $k = 2$

Nilai T pakai pada bangunan ini didapat nilai sebesar 2,106 sehingga dilakukan interpolasi dari nilai k diatas yang hasilnya sebesar 1,803.

5. Distribusi gaya seismik

Perhitungan distribusi gaya seismik dicontohkan pada lantai 1 struktur bangunan apartemen. Berikut adalah perhitungannya.

a) Penentuan $W \cdot h_x$

$$\begin{aligned} W \cdot h_x &= 18898,08 \cdot 3,9^{1,803} \\ &= 219898.163 \text{ kNm} \end{aligned}$$

b) Penentuan C_{vx}

$$\begin{aligned} C_{vx} &= \frac{w \cdot h^k}{\sum w \cdot h^k} \\ &= \frac{219898.163}{100108044,85} \\ &= 0,002197 \end{aligned}$$

c) Penentuan F_x

$$\begin{aligned} F_x &= C_{vx} \cdot V \\ &= 0,002182 \cdot 9052.345 \\ &= 19,6505 \text{ kN} \end{aligned}$$

Tabel 5. 7 Distribusi Gaya Seismik

Lantai	W_i (kN)	H (m)	H^k	$W_i \cdot H^k$	F_i (kN)
15	13442,932	47,5	1055,37	14187215,58	1267,793
14	16596,932	44,4	934,44	15508800,43	1385,892
13	16596,932	41,1	812,96	13492642,83	1205,725
12	16486,216	38	705,76	11635274,53	1039,748
11	16486,216	34,9	605,36	9980077,188	891,8363
10	16487,134	31,8	511,88	8439410,706	754,1598
9	16487,134	28,7	425,44	7014366,624	626,8155
8	16487,134	25,6	346,20	5707874,943	510,0652
7	16487,134	22,5	274,31	4522640,006	404,1507
6	16487,134	19,4	209,97	3461792,206	309,3515
5	16487,134	16,3	153,39	2529030,633	225,9984
4	16492,507	13,2	104,86	1729411,727	154,5431
3	16492,507	10,1	64,71	1067265,655	95,37264

Lanjutan Tabel 5.7 Distribusi Gaya Seismik

Lantai	W_i (kN)	H (m)	H^k	$W_i * H^k$	F_i (kN)
2	18328,201	7	33,41	612343,6339	54,72005
1	18898,08	3,9	11,64	219898,1627	19,65047
Total				100108044,85	8945,822

Gaya seismik tersebut diinputkan kedalam *ETABS* untuk menentukan nilai ketidakberaturan horizontal dan ketidakberaturan vertikal.

5.3.2 Respons Spektrum

Perhitungan analisis respons spektrum berdasarkan terhadap SNI 1726-2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.

1. Penentuan kategori desain seismik

Bangunan yang ditinjau berada di Kota Yogyakarta dengan jenis tanah sedang (SD) dengan guna bangunan apartemen masuk kedalam kategori risiko II. Faktok keutamaan gempa sebesar 1,0 sesuai dengan SNI 1726-2019.

2. Penentuan nilai S_s dan S_I

Nilai S_s dan S_I didapat dari lokasi bangunan. Untuk menentukan nilai S_s dan S_I secara akurat dapat diakses dengan menggunakan *website [Desain Spektra Indonesia \(pu.go.id\)](http://DesainSpektraIndonesia.pu.go.id)*. Dari hasil mengakses *website* tersebut didapat nilai S_s sebesar 1,107g dan S_I sebesar 0,507g.

3. Penentuan nilai F_a dan F_v

Penentuan nilai F_a dan F_v dapat dilihat pada tabel 6 dan tabel 7 SNI 1726-2019 dengan cara menyesuaikan kelas situs bangunan dengan nilai S_s dan S_I . Apabila nilai S_s dan S_I tidak tepat dengan tabel 6 dan tabel 7 maka perlu dilakukan interpolasi linier. Sehingga didapat nilai F_a dan F_v sebesar 1,06 dan 1,79.

4. Penentuan nilai S_{MS} dan S_{MI}

Pada pasal 6.2 SNI 1726-2019 telah ditentukan bagaimana menentukan nilai S_{MS} dan S_{MI} . Berikut ini cara menentukan nilai tersebut.

$$\begin{aligned}
 S_{MS} &= F_a \cdot S_s \\
 &= 1,06 \cdot 1,107
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1,170 \text{ g} \\
 S_{MI} &= F_v \cdot S_I \\
 &= 1,79 \cdot 0,507 \\
 &= 0,909 \text{ g}
 \end{aligned}$$

5. Penentuan nilai S_{DS} dan S_{DI}

Pada pasal 6.3 SNI 1726-2019 telah ditentukan bagaimana menentukan nilai S_{DS} dan S_{DI} . Berikut ini cara menentukan nilai tersebut.

$$\begin{aligned}
 S_{DS} &= \frac{2}{3} S_{MS} \\
 &= \frac{2}{3} \cdot 1,170 \\
 &= 0,780 \text{ g} \\
 S_{DI} &= \frac{2}{3} S_{MI} \\
 &= \frac{2}{3} \cdot 0,909 \\
 &= 0,606 \text{ g}
 \end{aligned}$$

6. Pembuatan desain respon spektrum

Pembuatan desain respon spektrum mengacu pada pasal 6.4 SNI 1726-2019. Berikut ini proses pembuatannya.

a. Penentuan nilai T_s dan T_0

$$\begin{aligned}
 T_s &= \frac{S_{DI}}{S_{DS}} \\
 &= \frac{0,606}{0,780}
 \end{aligned}$$

$$= 0,777 \text{ s}$$

$$\begin{aligned}
 T_0 &= 0,2 \frac{S_{DI}}{S_{DS}} \\
 &= 0,2 \frac{0,606}{0,780}
 \end{aligned}$$

$$= 0,155 \text{ s}$$

b. Penentuan nilai S_a saat nilai perioda lebih kecil dari T_0

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

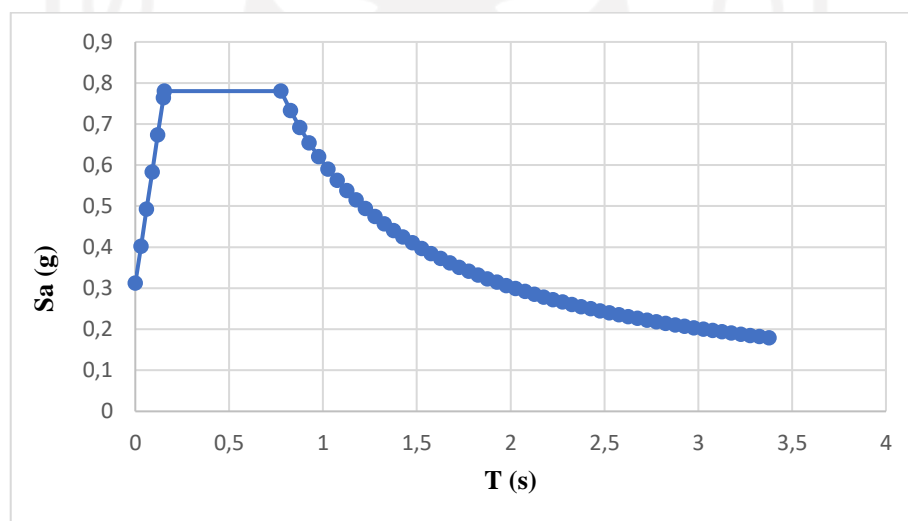
- c. Penentuan nilai S_a saat nilai perioda lebih besar dari T_0 dan kurang dari sama dengan T_S , maka diambil sebesar S_{DS}

$$\begin{aligned} S_a &= S_{DS} \\ &= 0,780 \end{aligned}$$

- d. Penentuan nilai S_a saat nilai perioda lebih besar dari T_0

$$\begin{aligned} S_a &= \frac{S_{D1}}{T} \\ &= \frac{0,606}{0,83} \\ &= 0,733 \end{aligned}$$

Setelah didapat nilai-nilai yang dibutuhkan untuk membuat desain respon spektrum. Berikut ini hasil grafik respon spektrum Kota Yogyakarta pada bangunan gedung apartemen Taman Melati Yogyakarta.



Gambar 5. 1 Respon Spektrum Yogyakarta

7. Kategori Desain Seismik

Penentuan kategori desain seismik diatur dalam pasal 6.5 SNI 1726-2019 pada tabel 8 dan tabel 9 berdasarkan nilai S_{DS} dan S_{D1} . Dengan nilai S_{DS} dan S_{D1} sebesar 0,780 dan 0,606 kategori risiko II pada tabel 8 dan tabel 9 keduanya didapat kategori desain seismik D .

8. Penentuan nilai R , Ω_0 , dan C_d

Penentuan nilai R , Ω_0 , dan C_d berdasarkan pada tabel 12 SNI 1726-2019. Pada bangunan apartemen yang digunakan pada penelitian ini dengan sistem pemikul gaya seismik rangka beton bertulang pemikul momen khusus didapat nilai faktor koefisien modifikasi respons (R) sebesar 8, faktor kuat lebih sistem (Ω_0) sebesar 3, dan faktor pembesaran defleksi (C_d) sebesar 5,5.

9. Periode Fundamental Struktur Bangunan (T)

Periode Fundamental Struktur Bangunan (T) membandingkan hasil analisa program atau *software* ETABS dengan peraturan yang ada pada pasal 7.8.2 SNI 1726-2019. Penentuan periode memiliki periode minimum atau periode fundamental pendekatan (T_a) dengan adanya faktor C_t , h_n dan x yang diatur pada tabel 18 SNI 1726-2019 dengan h_n sebesar 47,5 m. Berikut ini adalah perhitungan periode fundamental pendekatan (T_a).

$$\begin{aligned} T_a &= C_t h_n^x \\ &= 0,0466 \cdot 47,5^{0,9} \\ &= 1,505 \text{ detik} \end{aligned}$$

Nilai periode program (T_c) tidak boleh melebihi C_u yang telah ditentukan pada tabel 17 SNI 1726-2019 berdasarkan nilai S_{DI} didapat nilai C_u sebesar 1,4 yang akan dikalikan dengan nilai T_a . Berikut ini perhitungan nilai periode maksimum.

$$\begin{aligned} T_{a(maks)} &= C_u T_a \\ &= 1,4 \cdot 1,505 \\ &= 2,106 \text{ detik} \end{aligned}$$

Nilai periode hasil analisa program (T_c) didapat 2,317 detik. Dapat dilihat bahwa nilai T_c lebih besar dari batas atas periode yang telah diatur dalam SNI 1726-2019 yaitu $T_{a(maks)}$ sebesar 2,106 detik. Sehingga, nilai periode yang digunakan yaitu adalah nilai $T_{a(maks)}$ hasil perkalian C_u dengan T_a sebesar 2,106 detik.

10. Partisipasi Massa

Pemeriksaan partisipasi massa dilakukan sesuai dengan syarat SNI 1726-2019 pasal 7.9.1.1. Berikut ini merupakan hasil pemeriksaan partisipasi massa dari *output* program *Etabs* pada Gambar 5.2.

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	S
Modal	39	0,17	2,963E-06	1,405E-06	1,47E-06	0,9267	0,927	0,485	3,113E-06	5,313E-06	5,41E-07	0,6194	
Modal	40	0,17	0,005	0,0024	0,0001	0,9317	0,9294	0,4851	0,0032	0,0025	0,001	0,6226	
Modal	41	0,17	3,138E-05	1,202E-05	4,284E-06	0,9317	0,9294	0,4851	2,02E-05	1,322E-05	1,215E-05	0,6226	
Modal	42	0,169	0,0007	0,0002	0,0002	0,9324	0,9296	0,4853	0,0005	0,0001	0,0002	0,6231	
Modal	43	0,169	4,452E-06	5,79E-06	3,73E-05	0,9324	0,9296	0,4853	3,271E-05	2,034E-06	0	0,6231	
Modal	44	0,169	0,0008	0,0003	4,452E-05	0,9332	0,9299	0,4854	0,0005	0,0003	0,0002	0,6237	
Modal	45	0,169	0,0031	0,0019	0,0008	0,9363	0,9319	0,4862	0,0037	0,0005	0,0004	0,6274	
Modal	46	0,169	2,292E-06	1,247E-06	0	0,9363	0,9319	0,4862	9,458E-07	7,632E-07	0	0,6274	
Modal	47	0,169	1,763E-05	7,328E-06	2,541E-05	0,9364	0,9319	0,4862	0	1,486E-06	2,565E-06	0,6274	
Modal	48	0,168	5,373E-07	0	1,786E-06	0,9364	0,9319	0,4862	1,819E-06	0	0	0,6274	
Modal	49	0,168	3,265E-06	6,115E-07	0,0003	0,9364	0,9319	0,4865	0,0001	0,0001	0	0,6275	
Modal	50	0,168	9,669E-06	5,145E-06	0,0002	0,9364	0,9319	0,4868	0,0001	0,0001	1,934E-06	0,6276	
Modal	51	0,168	0	0	0,0002	0,9364	0,9319	0,487	4,511E-05	0,0001	0	0,6276	
Modal	52	0,167	2,395E-05	8,377E-06	1,157E-05	0,9364	0,9319	0,487	2,049E-05	1,995E-05	2,952E-06	0,6276	
Modal	53	0,167	0	0	0,0002	0,9364	0,9319	0,4871	3,197E-05	0,0001	0	0,6277	
Modal	54	0,167	3,727E-06	0	3,805E-05	0,9364	0,9319	0,4872	5,045E-06	2,514E-05	0	0,6277	
Modal	55	0,167	0,0001	4,516E-05	3,591E-05	0,9365	0,9319	0,4872	1,365E-05	0	1,7E-05	0,6277	
Modal	56	0,167	4,308E-06	3,646E-06	0,0021	0,9365	0,9319	0,4893	0,0394	0,0016	1,563E-06	0,6671	
Modal	57	0,166	0	0	0,0051	0,9365	0,9319	0,4945	0,0006	3,036E-05	4,741E-06	0,6677	
Modal	58	0,165	1,861E-06	3,397E-06	0,0112	0,9365	0,9319	0,5056	0,001	0,0078	6,278E-06	0,6687	
Modal	59	0,165	2,957E-05	1,912E-06	0,0003	0,9366	0,9319	0,5059	3,409E-05	9,362E-06	1,022E-05	0,6688	
Modal	60	0,164	0	0	0	0,9366	0,9319	0,5059	0	1,068E-05	0	0,6688	

Gambar 5. 2 Partisipasi Massa

11. Kombinasi Ragam

Penentuan kombinasi ragam berdasarkan SNI 1726-2019 Pasal 7.9.1.3 diperlukan untuk mengetahui metode kombinasi yang digunakan sudah sesuai dengan peraturan yang ada atau belum. Terdapat dua macam ragam yaitu kombinasi menggunakan metode akar kuadrat jumlah kuadrat (SRSS) atau metode kombinasi kuadrat lengkap (CQC). Untuk menentukan metode mana yang akan digunakan dapat dilihat pada interval persentase periode yang terjadi pada masing-masing mode. Berikut ini adalah hasil periode dari setiap mode pada *Etabs*

	Case	Mode	Period sec	Frequency	CircFreq rad/sec	Eigenvalue
▶	Modal	1	2,308	0,433	2,7226	7,4124
	Modal	2	2,053	0,487	3,0603	9,3652
	Modal	3	1,812	0,552	3,4681	12,028
	Modal	4	0,634	1,577	9,907	98,1493
	Modal	5	0,607	1,646	10,343	106,9786
	Modal	6	0,574	1,743	10,9546	120,0026
	Modal	7	0,454	2,201	13,8285	191,2267
	Modal	8	0,323	3,096	19,4515	378,3623
	Modal	9	0,319	3,137	19,7117	388,5527
	Modal	10	0,315	3,175	19,9492	397,9721
	Modal	11	0,288	3,471	21,806	475,4997
	Modal	12	0,241	4,15	26,0733	679,8164
	Modal	13	0,224	4,467	28,0654	787,6658
	Modal	14	0,209	4,793	30,1146	906,8888
	Modal	15	0,203	4,93	30,9783	959,6536
	Modal	16	0,199	5,035	31,6387	1001,0096
	Modal	17	0,198	5,046	31,7074	1005,3614
	Modal	18	0,195	5,126	32,2104	1037,5101
	Modal	19	0,195	5,138	32,2827	1042,172

Gambar 5. 3 Periode Tiap Mode

Berikut ini adalah perhitungan interval persentase periode.

$$T_1 - T_2 = \left(\frac{2,308 - 2,053}{2,308} \right) \times 100 = 11\%$$

$$T_2 - T_3 = \left(\frac{2,053 - 1,812}{2,053} \right) \times 100 = 12\%$$

$$T_3 - T_4 = \left(\frac{1,812 - 0,634}{1,812} \right) \times 100 = 65\%$$

$$T_4 - T_5 = \left(\frac{0,634 - 0,607}{0,634} \right) \times 100 = 4\%$$

Dari hasil perhitungan di atas didapat antara periode 3 dan periode 4 memiliki selisih lebih dari 15%, yang artinya kombinasi ragam yang digunakan yaitu metode akar kuadrat jumlah kuadrat (SRSS). Sehingga tidak perlu diubah karena metode awal yang digunakan yaitu menggunakan metode akar kuadrat jumlah kuadrat (SRSS).

12. Penskalaan Gaya Respon Spektrum

Gaya geser dasar hasil analisis ragam atau respon spektrum (V_t) tidak dapat langsung digunakan karena harus disesuaikan berdasarkan peraturan dari SNI 1726-2019. Apabila nilai gaya geser respon spektrum (V_t) kurang dari 100%

gaya geser statik ekuivalen (V), maka perlu dilakukan penskalaan gaya. Berikut ini adalah penjabaran dari perhitungan penskalaan gaya.

Diketahui :

$$V_x = 8945,82 \text{ kN}$$

$$V_y = 8719,82 \text{ kN}$$

$$V_{t_x} = 6647,765 \text{ kN}$$

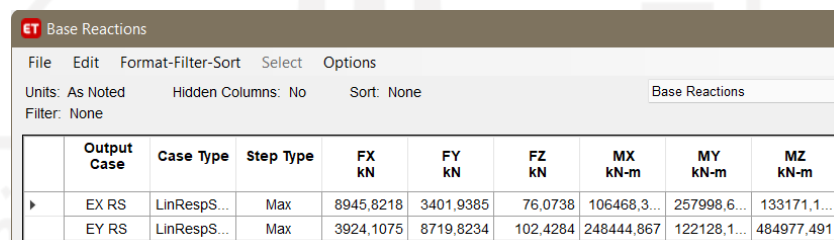
$$V_{t_y} = 5617,573 \text{ kN}$$

$$I/R \times g = 1,226$$

Dilakukan penskalaan gaya karena nilai gaya geser respons spektrum (V_t) kurang dari 100% gaya geser statik ekuivalen (V).

$$\begin{aligned} \text{Skala ulang } V_{t_x} &= \frac{V}{V_t} \\ &= \frac{8945,82}{6647,765} \times 1,226 \\ &= 1,65 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Skala ulang } V_{t_y} &= \frac{V}{V_t} \\ &= \frac{8719,82}{5617,573} \times 1,226 \\ &= 1,903 \end{aligned}$$



Output Case	Case Type	Step Type	FX kN	FY kN	FZ kN	MX kN-m	MY kN-m	MZ kN-m
EX RS	LinRespS...	Max	8945,8218	3401,9385	76,0738	106468,3...	257998,6...	133171,1...
EY RS	LinRespS...	Max	3924,1075	8719,8234	102,4284	248444,867	122128,1...	484977,491

Gambar 5. 4 Gaya Geser Respon Spektrum Setelah Skala Ulang

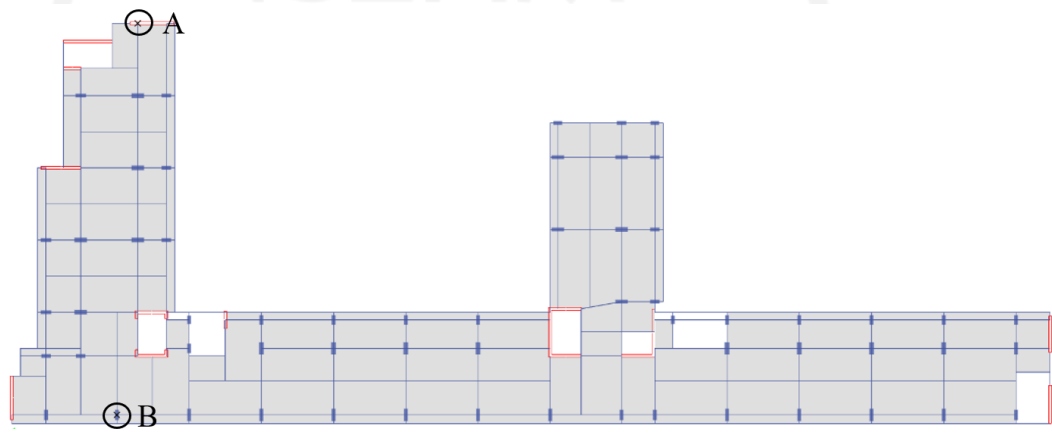
Gaya geser respon spektrum setelah dilakukan penskalaan ulang didapat nilai V_{t_x} sebesar 8945,82 kN dan V_{t_y} sebesar 8719,82 kN sesuai dengan Gambar 5.4 diatas.

5.4 Analisis Ketidakberaturan Horizontal dan Ketidakberaturan Vertikal

5.4.1 Ketidakberaturan Horizontal

1. Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1a dan 1b

Ketidakberaturan horizontal dianalisis dengan membedakan arah gempa x dan arah gempa y. Berikut merupakan hasil analisis ketidakberaturan horizontal dan penentuan titik *joint* yang dijadikan acuan pada Gambar 5.5 dan 5.6.



Gambar 5. 5 Titik *Joint* Acuan Ketidakberaturan Horizontal 1a dan 1b Arah X

Diketahui :

$$\delta A_{lant3} = 0,0109 \text{ m}$$

$$\delta A_{lant2} = 0,0059 \text{ m}$$

$$\delta B_{lant3} = 0,0074 \text{ m}$$

$$\delta B_{lant2} = 0,0038 \text{ m}$$

Dari data yang di atas dapat mulai memperhitungkan simpangan pada ketidakberaturan horizontal tipe 1a dan 1b pada lantai 3.

$$\begin{aligned} \Delta A_3 &= \delta A_{lant3} - \delta A_{lant2} \\ &= 0,0109 - 0,0059 \\ &= 0,005 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta B_3 &= \delta B_{lant3} - \delta B_{lant2} \\ &= 0,0074 - 0,0038 \\ &= 0,0036 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\Delta_{max} = 0,005 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\Delta_{avg} &= (\Delta A_3 + \Delta B_3) / 2 \\ &= (0,005 + 0,0036) / 2 \\ &= 0,0043 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta_{max} / \Delta_{avg} &= \frac{0,005 \text{ m}}{0,0043 \text{ m}} \\ &= 1,1646 < 1,2 \text{ (Torsi 1a)}\end{aligned}$$

Dari hasil analisis di atas, bahwa pada lantai 3 tidak terjadi adanya torsi 1a maupun 1b karena nilai yang dihasilkan kurang dari 1,2. Data perhitungan diatas juga dapat digunakan untuk menentukan pembesaran momen torsi tak terduga yang berada pada lantai 3. Berikut ini adalah perhitungannya.

$$\delta_{max} = 0,0109 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\delta_{avg} &= (\delta A_3 + \delta B_3) / 2 \\ &= (0,0109 + 0,0074) / 2\end{aligned}$$

$$= 0,0091 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}A_x &= \left(\frac{\delta_{max}}{1,2 \delta_{avg}} \right)^2 \\ &= \left(\frac{0,0109}{1,2 \cdot 0,0091} \right)^2 \\ &= 0,98252 < 1\end{aligned}$$

Hasil perhitungan pembesaran momen torsi tak terduga di atas menunjukkan bahwa nilai $A_x < 1$ sehingga tidak perlu adanya pembesaran torsi. Berikut adalah hasil rekapitulasi ketidakberaturan horizontal tipe 1a dan 1b.

Tabel 5. 8 Ketidakberaturan Horizontal 1a dan 1b ($E_x + 0,3E_y$)

$E_x + 0.3E_y$								
Lantai	δA	δB	ΔA	ΔB	Δ_{avg}	Δ_{max}	$\Delta_{max} / \Delta_{avg}$	Cek
	m	m	m	M	m	m		
15	0,0863	0,0758	0,0045	0,0056	0,0050	0,0056	1,1124	Regular
14	0,0819	0,0702	0,0054	0,0061	0,0058	0,0061	1,0535	Regular
13	0,0764	0,0641	0,0055	0,0058	0,0057	0,0058	1,0223	Regular
12	0,0709	0,0583	0,0060	0,0059	0,0060	0,0060	1,0090	Regular
11	0,0649	0,0524	0,0064	0,0060	0,0062	0,0064	1,0350	Regular
10	0,0584	0,0464	0,0068	0,0061	0,0064	0,0068	1,0561	Regular
9	0,0517	0,0404	0,0070	0,0061	0,0066	0,0070	1,0731	Regular
8	0,0446	0,0343	0,0072	0,0060	0,0066	0,0072	1,0875	Regular
7	0,0374	0,0283	0,0071	0,0058	0,0065	0,0071	1,1004	Regular
6	0,0303	0,0224	0,0070	0,0055	0,0062	0,0070	1,1134	Regular
5	0,0233	0,0169	0,0066	0,0051	0,0058	0,0066	1,1276	Regular
4	0,0168	0,0118	0,0059	0,0044	0,0052	0,0059	1,1442	Regular
3	0,0109	0,0074	0,0050	0,0036	0,0043	0,0050	1,1646	Regular
2	0,0059	0,0038	0,0037	0,0025	0,0031	0,0037	1,1898	Regular
1	0,0021	0,0013	0,0021	0,0013	0,0017	0,0021	1,2516	Irregular, Torsi 1a

Tabel 5. 9 Ketidakberaturan Horizontal 1a dan 1b ($E_x - 0,3E_y$)

$E_x - 0.3E_y$								
Lantai	δA	δB	ΔA	ΔB	Δ_{avg}	Δ_{max}	$\Delta_{max} / \Delta_{avg}$	Cek
	m	m	m	M	m	m		
15	0,0908	0,0787	0,0046	0,0060	0,0053	0,0060	1,1236	Regular
14	0,0862	0,0727	0,0056	0,0064	0,0060	0,0064	1,0681	Regular
13	0,0806	0,0663	0,0057	0,0061	0,0059	0,0061	1,0377	Regular
12	0,0749	0,0602	0,0062	0,0062	0,0062	0,0062	1,0034	Regular
11	0,0687	0,0539	0,0067	0,0063	0,0065	0,0067	1,0275	Regular
10	0,0620	0,0476	0,0071	0,0063	0,0067	0,0071	1,0543	Regular
9	0,0550	0,0413	0,0074	0,0063	0,0069	0,0074	1,0770	Regular
8	0,0476	0,0350	0,0076	0,0062	0,0069	0,0076	1,0973	Regular
7	0,0400	0,0287	0,0076	0,0060	0,0068	0,0076	1,1160	Regular

Lanjutan Tabel 5.9 Ketidakberaturan Horizontal 1a dan 1b ($E_x - 0,3E_y$)

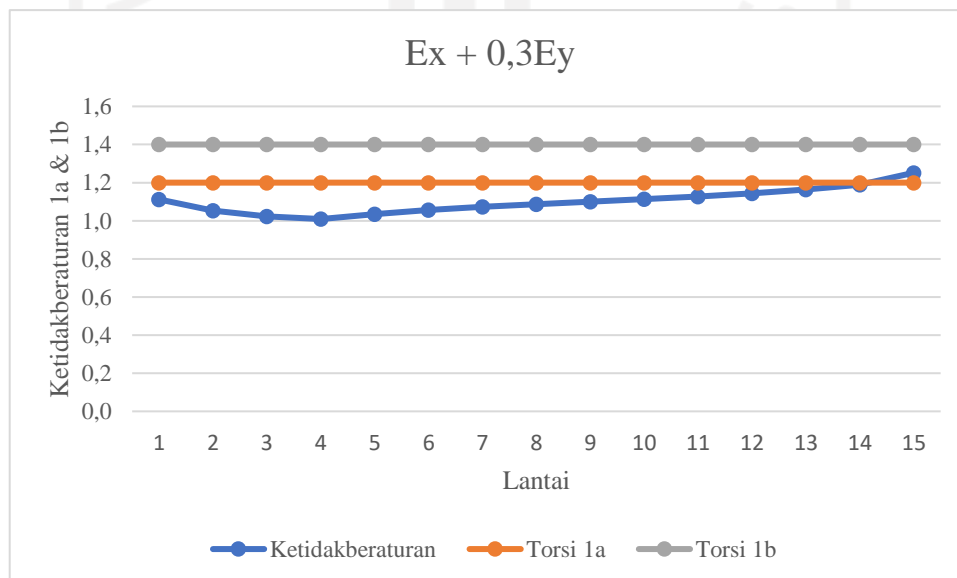
$E_x - 0,3E_y$								
Lantai	δA	δB	ΔA	ΔB	Δ_{avg}	Δ_{max}	$\Delta_{max} / \Delta_{avg}$	Cek
	m	m	m	M	m	m		
6	0,0324	0,0227	0,0074	0,0057	0,0065	0,0074	1,1342	Regular
5	0,0250	0,0171	0,0070	0,0052	0,0061	0,0070	1,1531	Regular
4	0,0180	0,0119	0,0064	0,0045	0,0054	0,0064	1,1735	Regular
3	0,0116	0,0074	0,0054	0,0036	0,0045	0,0054	1,1957	Regular
2	0,0063	0,0038	0,0040	0,0025	0,0033	0,0040	1,2205	Irregular, Torsi 1a
1	0,0023	0,0013	0,0023	0,0013	0,0018	0,0023	1,2815	Irregular, Torsi 1a

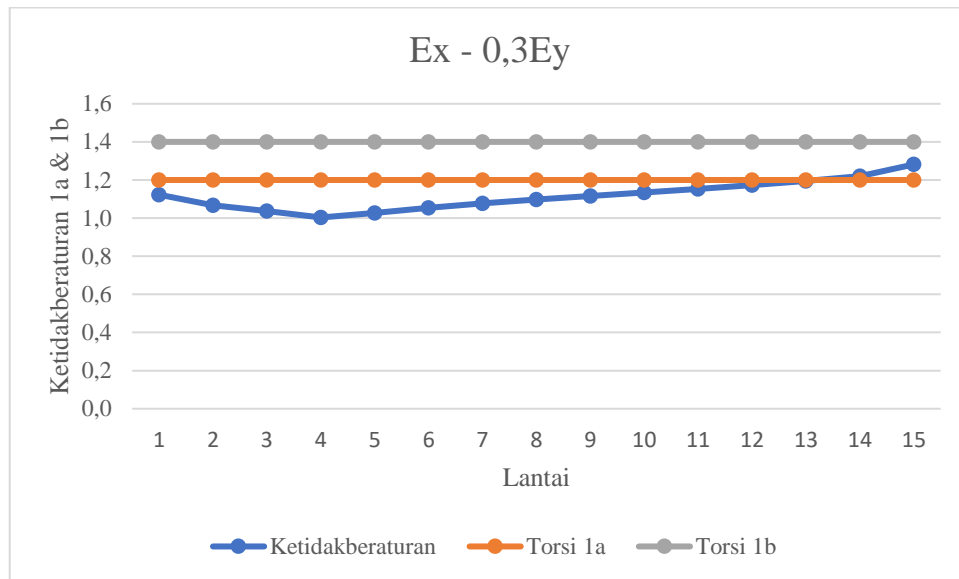
Tabel 5. 10 Ketidakberaturan Horizontal 1a dan 1b ($-E_x + 0,3E_y$)

$-E_x + 0,3E_y$								
Lantai	δA	δB	ΔA	ΔB	Δ_{avg}	Δ_{max}	$\Delta_{max} / \Delta_{avg}$	Cek
	m	m	m	M	m	m		
15	0,0908	0,0787	0,0046	0,0060	0,0053	0,0060	1,1236	Regular
14	0,0862	0,0727	0,0056	0,0064	0,0060	0,0064	1,0681	Regular
13	0,0806	0,0663	0,0057	0,0061	0,0059	0,0061	1,0377	Regular
12	0,0749	0,0602	0,0062	0,0062	0,0062	0,0062	1,0034	Regular
11	0,0687	0,0539	0,0067	0,0063	0,0065	0,0067	1,0275	Regular
10	0,0620	0,0476	0,0071	0,0063	0,0067	0,0071	1,0543	Regular
9	0,0550	0,0413	0,0074	0,0063	0,0069	0,0074	1,0770	Regular
8	0,0476	0,0350	0,0076	0,0062	0,0069	0,0076	1,0973	Regular
7	0,0400	0,0287	0,0076	0,0060	0,0068	0,0076	1,1160	Regular
6	0,0324	0,0227	0,0074	0,0057	0,0065	0,0074	1,1342	Regular
5	0,0250	0,0171	0,0070	0,0052	0,0061	0,0070	1,1531	Regular
4	0,0180	0,0119	0,0064	0,0045	0,0054	0,0064	1,1735	Regular
3	0,0116	0,0074	0,0054	0,0036	0,0045	0,0054	1,1957	Regular
2	0,0063	0,0038	0,0040	0,0025	0,0033	0,0040	1,2205	Irregular, Torsi 1a
1	0,0023	0,0013	0,0023	0,0013	0,0018	0,0023	1,2815	Irregular, Torsi 1a

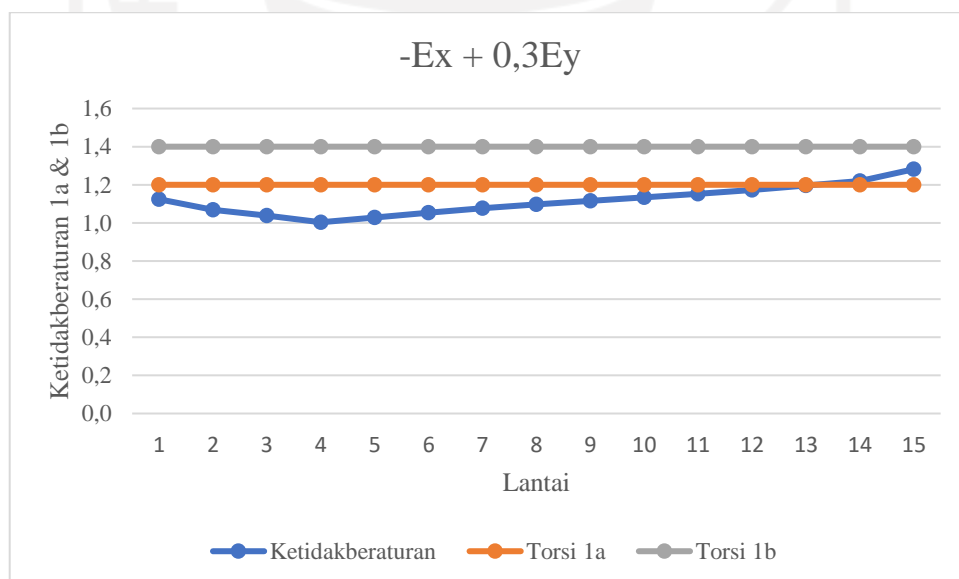
Tabel 5. 11 Ketidakberaturan Horizontal 1a dan 1b (-Ex - 0,3Ey)

-Ex - 0.3Ey								
Lantai	δA	δB	ΔA	ΔB	Δ_{avg}	Δ_{max}	$\Delta_{max} / \Delta_{avg}$	Cek
	m	m	m	M	m	m		
15	0,0863	0,0758	0,0045	0,0056	0,0050	0,0056	1,1124	Regular
14	0,0819	0,0702	0,0054	0,0061	0,0058	0,0061	1,0535	Regular
13	0,0764	0,0641	0,0055	0,0058	0,0057	0,0058	1,0223	Regular
12	0,0709	0,0583	0,0060	0,0059	0,0060	0,0060	1,0090	Regular
11	0,0649	0,0524	0,0064	0,0060	0,0062	0,0064	1,0350	Regular
10	0,0584	0,0464	0,0068	0,0061	0,0064	0,0068	1,0561	Regular
9	0,0517	0,0404	0,0070	0,0061	0,0066	0,0070	1,0731	Regular
8	0,0446	0,0343	0,0072	0,0060	0,0066	0,0072	1,0875	Regular
7	0,0374	0,0283	0,0071	0,0058	0,0065	0,0071	1,1004	Regular
6	0,0303	0,0224	0,0070	0,0055	0,0062	0,0070	1,1134	Regular
5	0,0233	0,0169	0,0066	0,0051	0,0058	0,0066	1,1276	Regular
4	0,0168	0,0118	0,0059	0,0044	0,0052	0,0059	1,1442	Regular
3	0,0109	0,0074	0,0050	0,0036	0,0043	0,0050	1,1646	Regular
2	0,0059	0,0038	0,0037	0,0025	0,0031	0,0037	1,1898	Regular
1	0,0021	0,0013	0,0021	0,0013	0,0017	0,0021	1,2516	Irregular, Torsi 1a

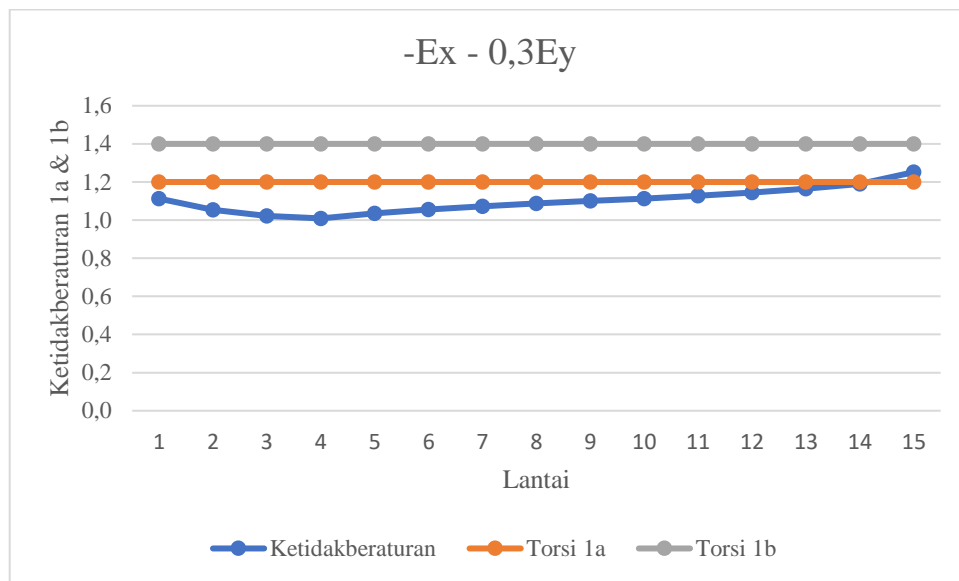
**Gambar 5. 6 Grafik Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1a dan 1b ($Ex+0,3Ey$)**



Gambar 5. 7 Grafik Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1a dan 1b ($E_x - 0,3E_y$)

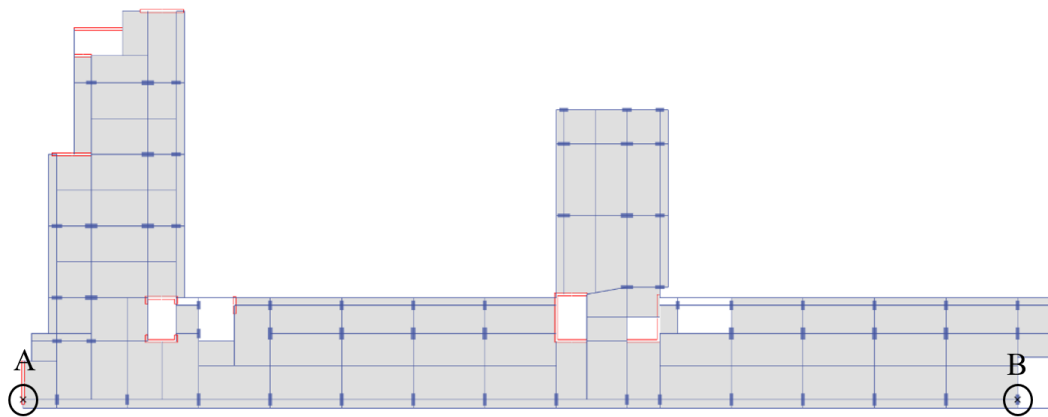


Gambar 5. 8 Grafik Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1a dan 1b ($-E_x + 0,3E_y$)



Gambar 5. 9 Grafik Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1a dan 1b ($-Ex-0,3Ey$)

Berikut ini adalah gambar titik acuan yang digunakan untuk menganalisis ketidakberaturan horizontal tipe 1a dan 1b pada arah y.



Gambar 5. 10 Titik *Joint* Acuan Ketidakberaturan Horizontal 1a dan 1b Arah Y

Tabel 5. 12 Ketidakberaturan Horizontal 1a dan 1b ($E_y + 0,3E_x$)

$E_y + 0.3E_x$								
Lantai	δA	δB	ΔA	ΔB	Δ_{avg}	Δ_{max}	$\Delta_{max} / \Delta_{avg}$	Cek
	m	m	m	M	m	m		
15	0,0755	0,0675	0,0042	0,0046	0,0044	0,0046	1,0384	Regular
14	0,0713	0,0629	0,0047	0,0052	0,0049	0,0052	1,0476	Regular
13	0,0666	0,0578	0,0048	0,0051	0,0049	0,0051	1,0322	Regular
12	0,0618	0,0527	0,0052	0,0053	0,0052	0,0053	1,0104	Regular
11	0,0566	0,0474	0,0055	0,0054	0,0055	0,0055	1,0123	Regular
10	0,0511	0,0420	0,0059	0,0055	0,0057	0,0059	1,0331	Regular
9	0,0452	0,0365	0,0061	0,0055	0,0058	0,0061	1,0518	Regular
8	0,0391	0,0310	0,0062	0,0054	0,0058	0,0062	1,0690	Regular
7	0,0329	0,0256	0,0062	0,0052	0,0057	0,0062	1,0856	Regular
6	0,0267	0,0203	0,0061	0,0050	0,0055	0,0061	1,1021	Regular
5	0,0206	0,0154	0,0058	0,0045	0,0052	0,0058	1,1191	Regular
4	0,0148	0,0108	0,0053	0,0040	0,0046	0,0053	1,1366	Regular
3	0,0096	0,0069	0,0045	0,0033	0,0039	0,0045	1,1538	Regular
2	0,0051	0,0036	0,0033	0,0024	0,0028	0,0033	1,1702	Regular
1	0,0018	0,0012	0,0018	0,0012	0,0015	0,0018	1,1912	Regular

Tabel 5. 13 Ketidakberaturan Horizontal 1a dan 1b ($E_y - 0,3E_x$)

$E_y - 0.3E_x$								
Lantai	δA	δB	ΔA	ΔB	Δ_{avg}	Δ_{max}	$\Delta_{max} / \Delta_{avg}$	Cek
	m	m	M	M	m	m		
15	0,0853	0,0667	0,0045	0,0044	0,0045	0,0045	1,0135	Regular
14	0,0807	0,0623	0,0051	0,0050	0,0051	0,0051	1,0056	Regular
13	0,0756	0,0572	0,0052	0,0050	0,0051	0,0052	1,0224	Regular
12	0,0704	0,0522	0,0057	0,0052	0,0054	0,0057	1,0463	Regular
11	0,0648	0,0471	0,0061	0,0053	0,0057	0,0061	1,0709	Regular
10	0,0586	0,0418	0,0065	0,0054	0,0060	0,0065	1,0939	Regular
9	0,0521	0,0364	0,0068	0,0054	0,0061	0,0068	1,1151	Regular
8	0,0453	0,0309	0,0071	0,0054	0,0062	0,0071	1,1348	Regular
7	0,0382	0,0256	0,0071	0,0052	0,0062	0,0071	1,1536	Regular
6	0,0311	0,0203	0,0070	0,0049	0,0060	0,0070	1,1725	Regular
5	0,0241	0,0154	0,0067	0,0045	0,0056	0,0067	1,1916	Regular
4	0,0174	0,0109	0,0061	0,0040	0,0051	0,0061	1,2106	Irregular, Torsi 1a
3	0,0113	0,0069	0,0052	0,0033	0,0043	0,0052	1,2298	Irregular, Torsi 1a

Lanjutan Tabel 5.13 Ketidakberaturan Horizontal 1a dan 1b ($Ey - 0,3Ex$)

$Ey - 0,3Ex$								
Lantai	δA	δB	ΔA	ΔB	Δ_{avg}	Δ_{max}	$\Delta_{max} / \Delta_{avg}$	Cek
	m	m	M	M	m	m		
2	0,0060	0,0036	0,0039	0,0024	0,0031	0,0039	1,2482	Irregular, Torsi 1a
1	0,0021	0,0012	0,0021	0,0012	0,0017	0,0021	1,2688	Irregular, Torsi 1a

Tabel 5. 14 Ketidakberaturan Horizontal 1a dan 1b ($-Ey + 0,3Ex$)

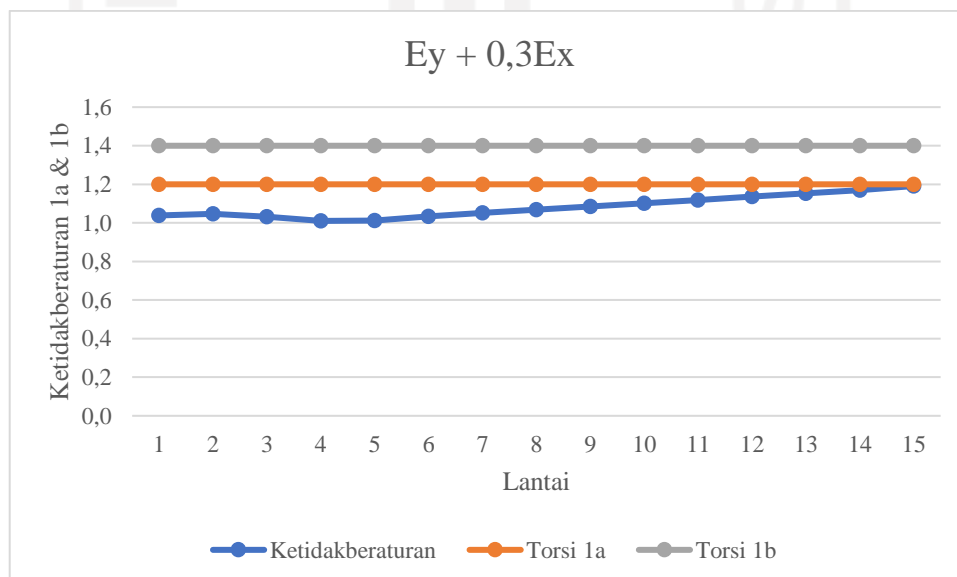
$-Ey + 0,3Ex$								
Lantai	δA	δB	ΔA	ΔB	Δ_{avg}	Δ_{max}	$\Delta_{max} / \Delta_{avg}$	Cek
	m	m	M	M	m	m		
15	0,0853	0,0667	0,0045	0,0044	0,0045	0,0045	1,0135	Regular
14	0,0807	0,0623	0,0051	0,0050	0,0051	0,0051	1,0056	Regular
13	0,0756	0,0572	0,0052	0,0050	0,0051	0,0052	1,0224	Regular
12	0,0704	0,0522	0,0057	0,0052	0,0054	0,0057	1,0463	Regular
11	0,0648	0,0471	0,0061	0,0053	0,0057	0,0061	1,0709	Regular
10	0,0586	0,0418	0,0065	0,0054	0,0060	0,0065	1,0939	Regular
9	0,0521	0,0364	0,0068	0,0054	0,0061	0,0068	1,1151	Regular
8	0,0453	0,0309	0,0071	0,0054	0,0062	0,0071	1,1348	Regular
7	0,0382	0,0256	0,0071	0,0052	0,0062	0,0071	1,1536	Regular
6	0,0311	0,0203	0,0070	0,0049	0,0060	0,0070	1,1725	Regular
5	0,0241	0,0154	0,0067	0,0045	0,0056	0,0067	1,1916	Regular
4	0,0174	0,0109	0,0061	0,0040	0,0051	0,0061	1,2106	Irregular, Torsi 1a
3	0,0113	0,0069	0,0052	0,0033	0,0043	0,0052	1,2298	Irregular, Torsi 1a
2	0,0060	0,0036	0,0039	0,0024	0,0031	0,0039	1,2482	Irregular, Torsi 1a
1	0,0021	0,0012	0,0021	0,0012	0,0017	0,0021	1,2688	Irregular, Torsi 1a

Tabel 5. 15 Ketidakberaturan Horizontal 1a dan 1b ($-Ey - 0,3Ex$)

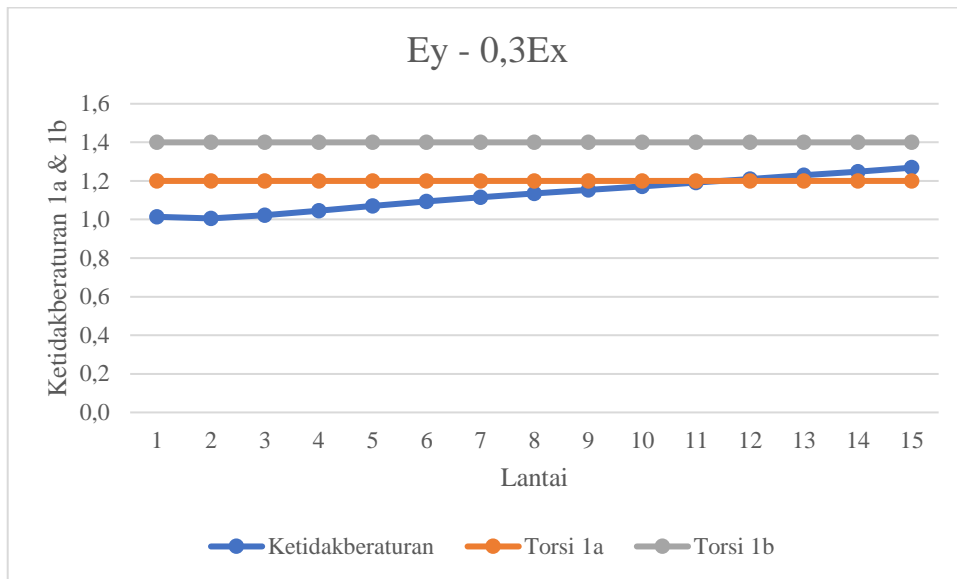
$-Ey - 0,3Ex$								
Lantai	δA	δB	ΔA	ΔB	Δ_{avg}	Δ_{max}	$\Delta_{max} / \Delta_{avg}$	Cek
	m	m	m	M	m	m		
15	0,0755	0,0675	0,0042	0,0046	0,0044	0,0046	1,0384	Regular
14	0,0713	0,0629	0,0047	0,0052	0,0049	0,0052	1,0476	Regular

Lanjutan Tabel 5.15 Ketidakberaturan Horizontal 1a dan 1b ($-E_y - 0,3E_x$)

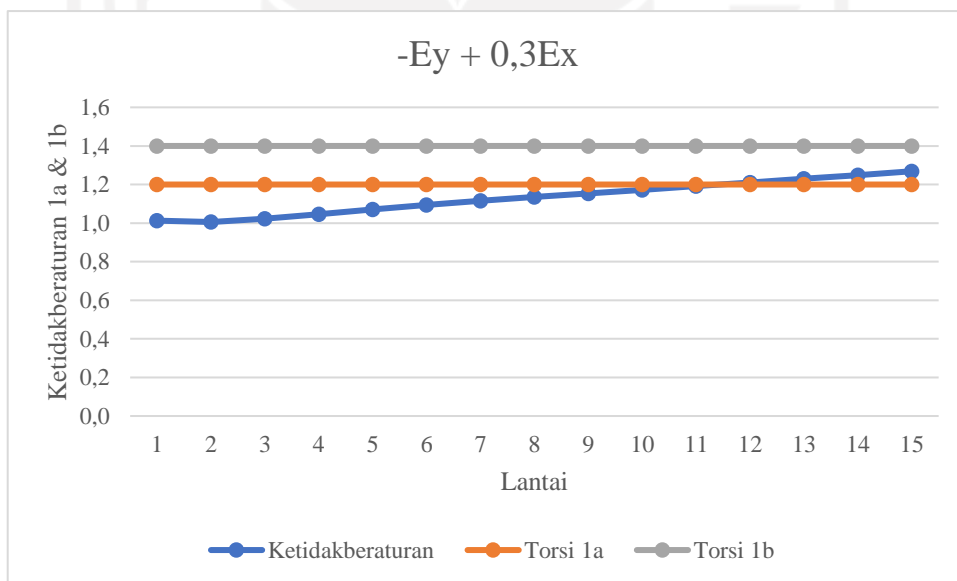
$-E_y - 0,3E_x$								
Lantai	δA	δB	ΔA	ΔB	Δ_{avg}	Δ_{max}	$\Delta_{max} / \Delta_{avg}$	Cek
	m	m	m	M	m	m		
13	0,0666	0,0578	0,0048	0,0051	0,0049	0,0051	1,0322	Regular
12	0,0618	0,0527	0,0052	0,0053	0,0052	0,0053	1,0104	Regular
11	0,0566	0,0474	0,0055	0,0054	0,0055	0,0055	1,0123	Regular
10	0,0511	0,0420	0,0059	0,0055	0,0057	0,0059	1,0331	Regular
9	0,0452	0,0365	0,0061	0,0055	0,0058	0,0061	1,0518	Regular
8	0,0391	0,0310	0,0062	0,0054	0,0058	0,0062	1,0690	Regular
7	0,0329	0,0256	0,0062	0,0052	0,0057	0,0062	1,0856	Regular
6	0,0267	0,0203	0,0061	0,0050	0,0055	0,0061	1,1021	Regular
5	0,0206	0,0154	0,0058	0,0045	0,0052	0,0058	1,1191	Regular
4	0,0148	0,0108	0,0053	0,0040	0,0046	0,0053	1,1366	Irregular, Torsi 1a
3	0,0096	0,0069	0,0045	0,0033	0,0039	0,0045	1,1538	Irregular, Torsi 1a
2	0,0051	0,0036	0,0033	0,0024	0,0028	0,0033	1,1702	Irregular, Torsi 1a
1	0,0018	0,0012	0,0018	0,0012	0,0015	0,0018	1,1912	Irregular, Torsi 1a



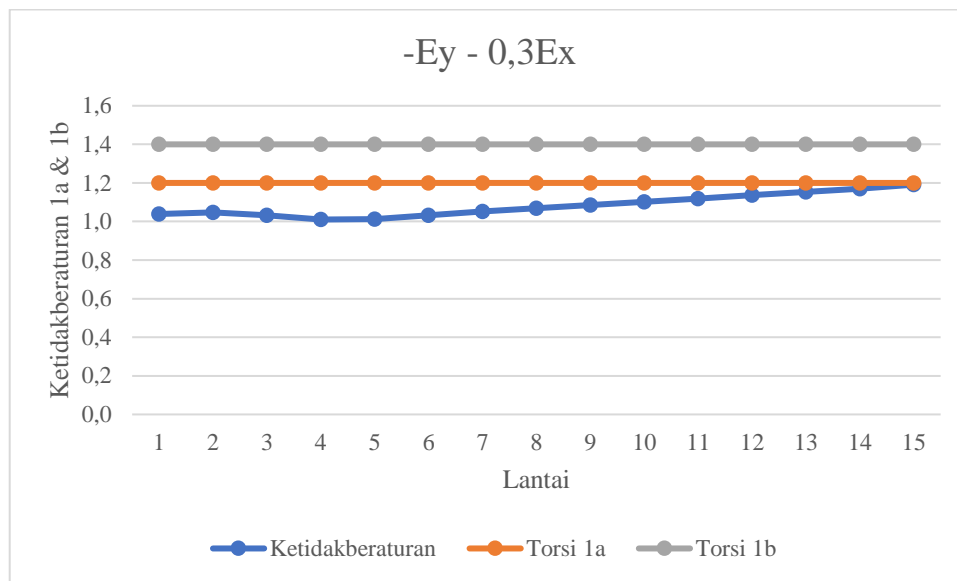
Gambar 5. 11 Grafik Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1a dan 1b ($E_y+0,3E_x$)



Gambar 5. 12 Grafik Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1a dan 1b ($Ey-0,3Ex$)



Gambar 5. 13 Grafik Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1a dan 1b ($-Ey+0,3Ex$)

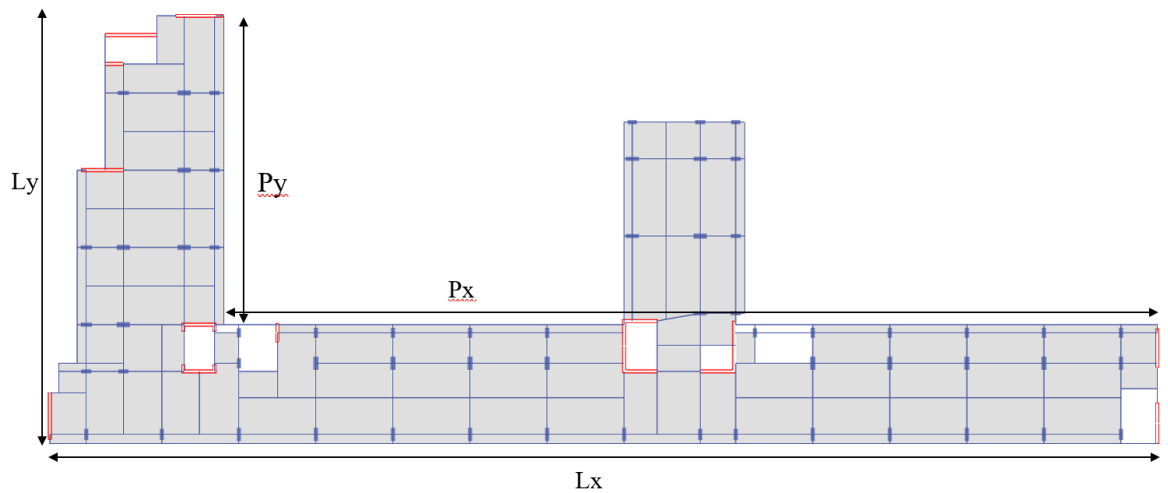


Gambar 5. 14 Grafik Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1a dan 1b (-Ey-0,3Ex)

Dari hasil diatas dapat kita lihat bahwa ketidakberaturan horizontal 1a arah x terjadi pada lantai 1 dan lantai 2, kemudian untuk arah y terjadi pada lantai 1 hingga lantai 4.

2. Ketidakberaturan Sudut Dalam

Menurut SNI 1726-2019 pada Tabel 13 ketidakberaturan sudut dalam terjadi apabila dimensi proyeksi denah pada truktur dari lokasi sudut dalam lebih besar dari 15% dimensi denah struktur dalam arah yang ditinjau. Berikut ini adalah peninjauan ketidakberaturan sudut dalam yang dapat dilihat pada Gambar 5.7.



Gambar 5. 15 Denah Tinjauan Ketidakberaturan Sudut Dalam

Diketahui :

$$P_x = 92,1 \text{ m}$$

$$P_y = 30,4 \text{ m}$$

$$L_x = 109,25 \text{ m}$$

$$L_y = 41,2 \text{ m}$$

Dari data yang telah diketahui dapat dihitung analisis ketidakberaturan sudut dalam sebagai berikut.

$$\begin{aligned} 15\% \cdot L_x &= 15\% \times 109,25 \text{ m} \\ &= 16,3875 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 15\% \cdot L_y &= 15\% \times 41,2 \text{ m} \\ &= 6,18 \text{ m} \end{aligned}$$

$$P_x (92,1 \text{ m}) > 15\% \cdot L_x (16,3875 \text{ m}) \rightarrow \text{Ketidakberaturan Tipe 2}$$

$$P_y (30,4 \text{ m}) > 15\% \cdot L_y (6,18 \text{ m}) \rightarrow \text{Ketidakberaturan Tipe 2}$$

Dari hasil perhitungan di atas maka struktur bangunan apartemen yang ditinjau memiliki ketidakberaturan sudut dalam pada seluruh lantai, karena bangunan memiliki lantai yang tipikal.

3. Ketidakberaturan Diskontinuitas Diafragma

Ketidakberaturan diskontinuitas diafragma tidak terjadi pada bangunan apartemen yang ditinjau, dikarenakan daerah yang terpotong atau terbuka pada bangunan apartemen tersebut tidak lebih besar 50% dari daerah diafragma bruto yang tertutup sesuai yang telah disyaratkan dalam SNI 1726-2019.

4. Ketidakberaturan akibat Pergeseran Tegak Lurus terhadap Bidang

Ketidakberaturan akibat pergeseran tegak lurus terhadap bidang tidak terjadi pada bangunan apartemen yang ditinjau, dikarenakan seluruh dinding geser menerus dari dasar hingga atap bangunan.

5. Ketidakberaturan Sistem Nonparalel

Ketidakberaturan sistem nonparalel tidak terjadi pada bangunan apartemen yang ditinjau, dikarenakan seluruh dinding geser tepat pada sumbu x dan sumbu y.

5.4.2 Ketidakberaturan Vertikal

1. Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak 1a dan 1b

Ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak 1a dan 1b ini menggunakan beban satu-satuan, dikarenakan belum adanya beban gempa yang di *input* ke dalam program *Etabs*. Berikut ini adalah perhitungan pada lantai 14 arah x.

Diketahui :

$$V_{x12} = 4 \text{ Kn}$$

$$V_{x13} = 3 \text{ Kn}$$

$$U_{11} = 0,077 \text{ mm}$$

$$U_{12} = 0,083 \text{ mm}$$

$$U_{13} = 0,088 \text{ mm}$$

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} K_{12} &= \frac{V_{x12}}{U_{12}-U_{11}} \\ &= \frac{4}{0,083-0,077} \\ &= 666,667 \text{ kN/mm} \end{aligned}$$

$$K_{13} = \frac{V_{x13}}{U_{13}-U_{12}}$$

$$= \frac{3}{0,088-0,083}$$

$$= 600 \text{ kN/mm}$$

Apabila kekakuan lantai 12 tidak kurang dari 70% kekakuan pada lantai di atasnya atau 80% kekakuan rata-rata pada tiga lantai di atasnya maka lantai tersebut regular. Berikut ini perhitungan syarat ketidakberaturan vertikal tipe 1a.

$$70\%K_{12+1} = 70\% \times 600$$

$$= 420 \text{ kN/mm}$$

$$80\%K_{avg} = 80\% \left(\frac{K_{13}+K_{14}+K_{15}}{3} \right)$$

$$= 80\% \left(\frac{600+400+250}{3} \right)$$

$$= 333,333 \text{ kN/mm}$$

Dari hasil perhitungan di atas maka didapat nilai kekakuan lantai 12 tidak melebihi dari yang disyaratkan. Maka, dinyatakan pada lantai 14 adalah regular. Berikut ini adalah hasil perhitungan pada lantai lainnya yang dapat dilihat pada Tabel 5.16 dan Tabel 5.17.

Tabel 5. 16 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1a Arah X

Lantai	F_x	V_x	U_i	U_i-U_{i-1}	K	$70\%K_{i+1}$	Status	$80\%K_{avg}$	Status
	kN	kN	mm	mm	kN/mm	kN/mm		kN/mm	
15	1	1	0,097	0,004	250,000				
14	1	2	0,093	0,005	400,000	175,000	Regular		
13	1	3	0,088	0,005	600,000	280,000	Regular		
12	1	4	0,083	0,006	666,667	420,000	Regular	333,333	Regular
11	1	5	0,077	0,006	833,333	466,667	Regular	444,444	Regular
10	1	6	0,071	0,007	857,143	583,333	Regular	560,000	Regular
9	1	7	0,064	0,008	875,000	600,000	Regular	628,571	Regular
8	1	8	0,056	0,007	1142,857	612,500	Regular	684,127	Regular
7	1	9	0,049	0,009	1000,000	800,000	Regular	766,667	Regular
6	1	10	0,04	0,008	1250,000	700,000	Regular	804,762	Regular
5	1	11	0,032	0,008	1375,000	875,000	Regular	904,762	Regular
4	1	12	0,024	0,008	1500,000	962,500	Regular	966,667	Regular
3	1	13	0,016	0,007	1857,143	1050,000	Regular	1100,000	Regular
2	1	14	0,009	0,006	2333,333	1300,000	Regular	1261,905	Regular
1	1	15	0,003	0,003	5000,000	1633,333	Regular	1517,460	Regular

Tabel 5. 17 Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1a Arah Y

Lantai	F_x	V_x	U_I	U_i-U_{i-1}	K	$70\%K_{i+1}$	Status	$80\%K_{avg}$	Status
	kN	kN	mm	mm	kN/mm	kN/mm		kN/mm	
15	1	1	0,098	0,005	200,000				
14	1	2	0,093	0,007	285,714	140,000	Regular		
13	1	3	0,086	0,006	500,000	200,000	Regular		
12	1	4	0,08	0,007	571,429	350,000	Regular	262,857	Regular
11	1	5	0,073	0,007	714,286	400,000	Regular	361,905	Regular
10	1	6	0,066	0,007	857,143	500,000	Regular	476,190	Regular
9	1	7	0,059	0,008	875,000	600,000	Regular	571,429	Regular
8	1	8	0,051	0,008	1000,000	612,500	Regular	652,381	Regular
7	1	9	0,043	0,007	1285,714	700,000	Regular	728,571	Regular
6	1	10	0,036	0,008	1250,000	900,000	Regular	842,857	Regular
5	1	11	0,028	0,007	1571,429	875,000	Regular	942,857	Regular
4	1	12	0,021	0,007	1714,286	1100,000	Regular	1095,238	Regular
3	1	13	0,014	0,006	2166,667	1200,000	Regular	1209,524	Regular
2	1	14	0,008	0,004	3500,000	1516,667	Regular	1453,968	Regular
1	1	15	0,004	0,004	3750,000	2450,000	Regular	1968,254	Regular

Dari hasil perhitungan di atas maka dapat disimpulkan bahwa tidak terjadi ketidakberaturan vertikal tipe 1a dan 1b pada seluruh lantai bangunan apartemen Taman Melati Yogyakarta.

2. Ketidakberaturan Berat (Massa)

Ketidakberaturan berat (massa) diberi contoh pada lantai 3 yang akan dihitung di bawah ini.

Diketahui :

$$W_2 = 18328,201 \text{ kN}$$

$$W_3 = 16492,507 \text{ kN}$$

$$W_4 = 16492,507 \text{ kN}$$

Dari data yang ada di atas dapat dihitung massa efektif lantai didekatnya.

$$\begin{aligned} \text{Massa efektif di atas lantai 3} &= 150\% \cdot W_4 \\ &= 150\% \cdot 16492,507 \text{ kN} \\ &= 24738,760 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa efektif di bawah lantai 3} &= 150\% \cdot W_2 \\ &= 150\% \cdot 18328,201 \text{ kN} \\ &= 27492,3 \text{ kN} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan di atas dapat disimpulkan bahwa pada lantai 3 tidak terjadi ketidakberaturan berat/massa, karena berat pada lantai 3 tidak lebih dari 150% massa efektif tingkat di atas maupun dibawahnya. Perhitungan untuk seluruh lantai dapat dilihat pada Tabel 5.18.

Tabel 5. 18 Ketidakberaturan Berat (Massa)

Lantai	W (kN)	Massa efektif diatas lantai		Massa efektif dibawah lantai	
		150% W_{i+1}	Status	150% W_{i-1}	Status
L Roof	13442,93214		Regular	24895,397	Regular
Lantai 14	16596,93155	20164,398	Regular	24895,397	Regular
Lantai 13	16596,93155	24895,397	Regular	24729,324	Regular
Lantai 12	16486,21604	24895,397	Regular	24729,324	Regular
Lantai 11	16486,21604	24729,324	Regular	24730,702	Regular
Lantai 10	16487,13435	24729,324	Regular	24730,702	Regular
Lantai 9	16487,13435	24730,702	Regular	24730,702	Regular
Lantai 8	16487,13435	24730,702	Regular	24730,702	Regular
Lantai 7	16487,13435	24730,702	Regular	24730,702	Regular
Lantai 6	16487,13435	24730,702	Regular	24730,702	Regular
Lantai 5	16487,13435	24730,702	Regular	24738,760	Regular
Lantai 4	16492,50691	24730,702	Regular	24738,760	Regular
Lantai 3	16492,50691	24738,76	Regular	27492,302	Regular
Lantai 2	18328,20114	24738,76	Regular	28347,121	Regular
Lantai 1	18898,08042	27492,302	Regular		Regular

Dari hasil yang sudah ada dapat disimpulkan bahwa bangunan apartemen tidak memiliki ketidakberaturan berat (massa) pada seluruh lantai.

3. Ketidakberaturan Geometri Vertikal

Ketidakberaturan geometri vertikal tidak terjadi pada bangunan apartemen yang ditinjau, dikarenakan dimensi horizontal sistem pemikul gaya seismik pada suatu tingkat tidak melebihi 130% dimensi horizontal sistem pemikul gaya seismik pada lantai diatas maupun dibawahnya.

4. Ketidakberaturan Akibat Diskontinuitas Bidang pada Elemen Vertikal

Pemikul Gaya Lateral

Ketidakberaturan akibat diskontinuitas bidang pada elemen vertikal pemikul gaya lateral tidak terjadi pada bangunan apartemen yang ditinjau, dikarenakan seluruh dinding geser menerus dari dasar hingga atap bangunan.

5. Ketidakberaturan Tingkat Lemah Akibat Diskontinuitas pada Kekuatan Lateral Tingkat (5a dan 5b)

Ketidakberaturan tingkat lemah akibat diskontinuitas pada kekuatan lateral tingkat dapat terjadi apabila kekuatan lateral suatu tingkat kurang dari 80% (5a) atau kurang dari 65% (5b) dari kekuatan lateral pada tingkat di atasnya. Ketidakberaturan tipe 5 dapat dilihat pada perhitungan pada lantai 2 dibawah ini.

Diketahui :

$$W_2 = 18328,201 \text{ kN}$$

$$h_2 = 7 \text{ m}$$

$$k = 1,909$$

$$\Sigma W.h^k = 145162638,4 \text{ kNm}$$

$$V_{x3} = 0,99307$$

Berikut ini adalah perhitungan pada lantai 2 untuk Analisa ketidakberaturan tipe 5a dan 5b.

$$\begin{aligned} W.h^k_2 &= 18328,201 \cdot 7^{1,909} \\ &= 751604,6384 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{vx2} &= \frac{W.h^k}{\Sigma W.h^k} \\ &= \frac{18328,201 \cdot 7^{1,909}}{145162638,4} \\ &= 0,005178 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{x2} &= V_{x3} + C_{vx2} \\ &= 0,99307 + 0,005178 \\ &= 0,99825 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0,8 \cdot V_{x3} &= 0,8 \cdot 0,99307 \\ &= 0,794 \end{aligned}$$

$$0,99825 (V_{x2}) > 0,794 (0,8 \cdot V_{x3})$$

Dapat dilihat dari perhitungan di atas bahwa nilai V_x pada lantai 2 lebih besar dari 80% V_x pada lantai 3. Sehingga pada lantai 2 tidak terjadi ketidakberaturan tipe 5a dan 5b. Berikut ini adalah hasil dari rekapitulasi seluruh lantai yang dapat dilihat pada Tabel 5.19.

Tabel 5. 19 Ketidakberaturan Tingkat Lemah Akibat Diskontinuitas pada Kekuatan Lateral Tingkat (5a dan 5b)

Lantai	V_x	$0,8 V_x$	$0,6 V_x$	Status
L Roof	0,14676	0,117	0,088	
Lantai 14	0,30606	0,245	0,184	Regular
Lantai 13	0,44352	0,355	0,266	Regular
Lantai 12	0,56109	0,449	0,337	Regular
Lantai 11	0,66103	0,529	0,397	Regular
Lantai 10	0,74472	0,596	0,447	Regular
Lantai 9	0,81353	0,651	0,488	Regular
Lantai 8	0,86885	0,695	0,521	Regular
Lantai 7	0,91210	0,730	0,547	Regular
Lantai 6	0,94469	0,756	0,567	Regular
Lantai 5	0,96806	0,774	0,581	Regular
Lantai 4	0,98369	0,787	0,590	Regular
Lantai 3	0,99307	0,794	0,596	Regular
Lantai 2	0,99825	0,799	0,599	Regular
Lantai 1	1	0,800	0,600	Regular

5.5 Sistem Ganda

Berdasarkan SNI 1726-2019 Pasal 7.2.5.1 yang menyatakan bahwa rangka pemikul momen mampu memikul lebih dari 25% dari gaya seismik desain. Oleh karena itu, perlu didapat nilai *base shears* pada SRPM dan *shearwall* lalu dianalisis persentasenya. Berikut dibawah ini adalah hasil yang didapat dari program *Etabs* pada Tabel 5.20.

Tabel 5. 20 Sistem Ganda

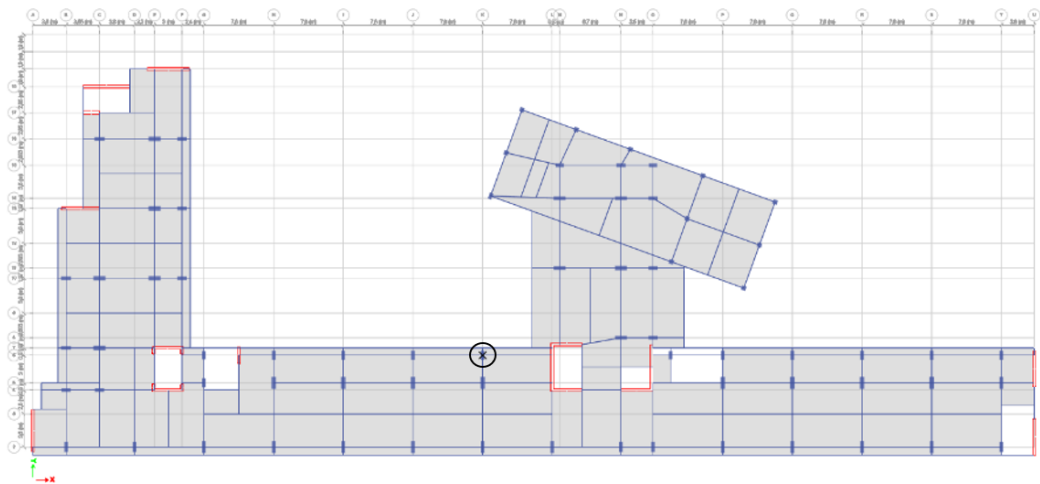
Arah	Lokasi	Gaya yang dipikul (kN)	Persentase Frame (%)
X	Frame	2456,09	27,455
	Keseluruhan	8945,8218	
Y	Frame	2246,64	25,765
	Keseluruhan	8719,8234	

Dari hasil di atas didapat nilai kontribusi rangka pemikul momen lebih dari 25% dari gaya seismik desain total yaitu sebesar 27,455% untuk arah X dan

25,765% untuk arah Y, sehingga konfigurasi pada Gedung apartemen yang ditinjau sudah sesuai syarat pada SNI 1726-2019.

5.6 Simpangan Antar Tingkat

Simpangan antar tingkat sudah diatur dalam SNI 1726-2019 bahwa simpangan antar tingkat tidak boleh melebihi dari simpangan antar tingkat izin (Δ_a). Simpangan antar lantai didapat dari selisih defleksi antar lantai yang terjadi pada bangunan tersebut dari program *Etabs*. Dibawah ini merupakan titik yang di jadikan acuan untuk mendapat simpangan antar lantai yang ditunjukkan pada Gambar 5.8.



Gambar 5. 16 Titik Acuan Defleksi

Dibawah ini merupakan perhitungan simpangan antar tingkat pada lantai ke-15.

Arah X

Diketahui :

C_d (Faktor pembesaran defleksi) = 5,5

I_e (Faktor keutamaan gempa) = 1

Δ_a (Simpangan izin) = $0,020 \cdot h_{sx}$

h_{sx}	(Tinggi tingkat)	= 3100 mm
ρ	(Faktor Redundansi)	= 1
δ_{x15}	(Defleksi lantai 15)	= 50,041 mm
δ_{x14}	(Defleksi lantai 14)	= 47,473 mm

Perhitungan simpangan antar tingkat dibawah ini.

$$\begin{aligned}\Delta_{15} &= \frac{(\delta_{x15} - \delta_{x14}) C_d}{I_e} \\ &= \frac{(50,041 - 47,473) 5,5}{1} \\ &= 14,124 \text{ mm}\end{aligned}$$

Perhitungan simpangan antar tingkat izin dibawah ini.

$$\begin{aligned}\Delta_a &= 0,020 \cdot h_{sx} \\ &= 0,020 \times 3100 \\ &= 62 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{\Delta_a}{\rho} &= \frac{62}{1} \\ &= 62 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\Delta_{15} (14,124 \text{ mm}) < \Delta_a (62 \text{ mm}) \rightarrow \text{OKE}$$

Dari hasil perhitungan diatas dinyatakan memenuhi syarat, karena simpangan antar tingkat desain (Δ_{15}) tidak melebihi simpangan antar lantai izin (Δ_a).

Arah Y

Diketahui :

$$C_d \quad (\text{Faktor pembesaran defleksi}) = 5,5$$

$$I_e \quad (\text{Faktor keutamaan gempa}) = 1$$

$$\Delta_a \quad (\text{Simpangan izin}) = 0,020 \cdot h_{sx}$$

h_{sx}	(Tinggi tingkat)	= 3100 mm
ρ	(Faktor Redundansi)	= 1
δ_{y15}	(Defleksi lantai 15)	= 42,347 mm
δ_{y14}	(Defleksi lantai 14)	= 39,607 mm

Perhitungan simpangan antar tingkat dibawah ini.

$$\begin{aligned}\Delta_{15} &= \frac{(\delta_{y15} - \delta_{y14})Cd}{Ie} \\ &= \frac{(42,347 - 39,607)5,5}{1} \\ &= 15,07 \text{ mm}\end{aligned}$$

Perhitungan simpangan antar tingkat izin dibawah ini.

$$\begin{aligned}\Delta_a &= 0,020 \cdot h_{sx} \\ &= 0,020 \times 3100 \\ &= 62 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{\Delta_a}{\rho} &= \frac{62}{1} \\ &= 62 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\Delta_{15} (15,07 \text{ mm}) < \Delta_a (62 \text{ mm}) \rightarrow \text{OKE}$$

Dari hasil perhitungan diatas dinyatakan memenuhi syarat, karena simpangan antar tingkat desain (Δ_{15}) tidak melebihi simpangan antar lantai izin (Δ_a).

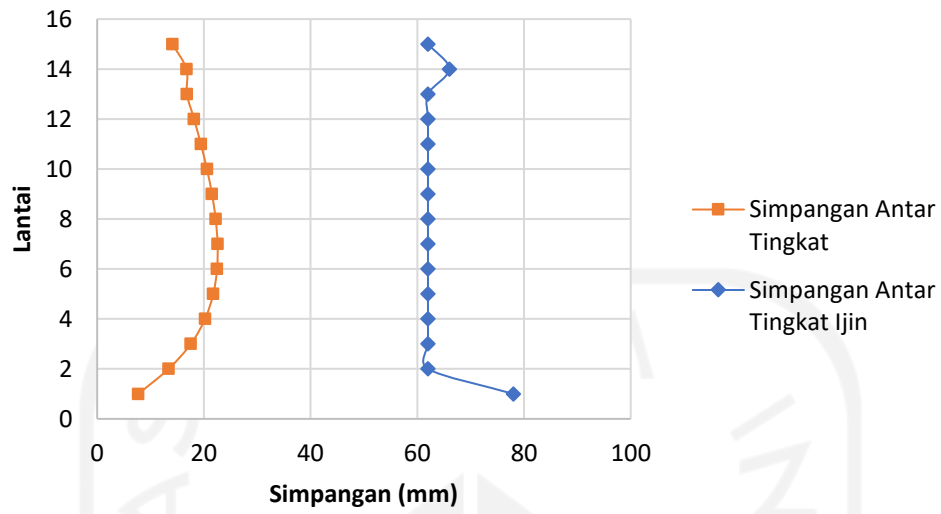
Perhitungan simpangan antar tingkat pada lantai lainnya dilakukan dengan cara yang sama seperti diatas. Berikut ini adalah hasil rekapitulasi simpangan antar tingkat arah x dan arah y pada Tabel 5.21 dan 5.22.

Tabel 5. 21 Simpangan Antar Tingkat Arah X

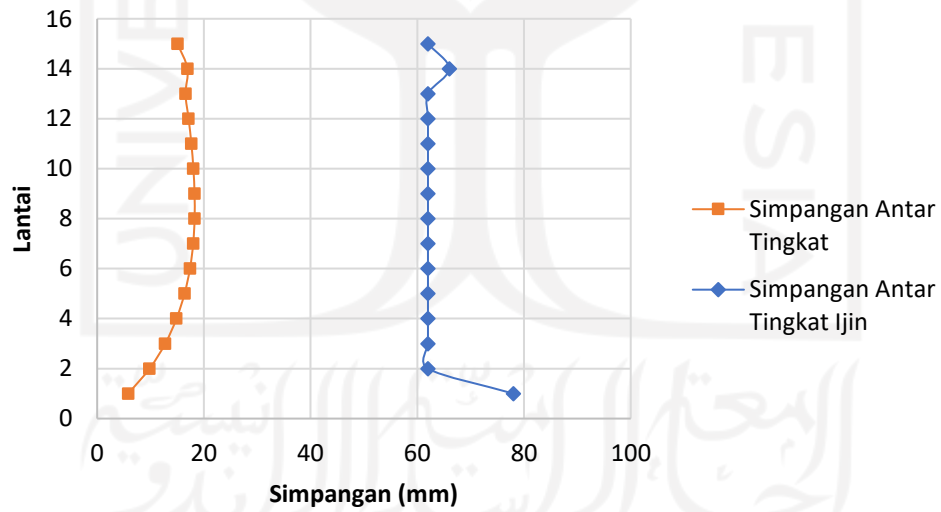
Lantai	δ_x	Δ	hsx	$\Delta a/\rho$	Status
	mm	mm	mm		
15	50,041	14,124	3100	62	OKE
14	47,473	16,7365	3300	66	OKE
13	44,43	16,8245	3100	62	OKE
12	41,371	18,161	3100	62	OKE
11	38,069	19,4315	3100	62	OKE
10	34,536	20,57	3100	62	OKE
9	30,796	21,516	3100	62	OKE
8	26,884	22,209	3100	62	OKE
7	22,846	22,5665	3100	62	OKE
6	18,743	22,473	3100	62	OKE
5	14,657	21,7635	3100	62	OKE
4	10,7	20,218	3100	62	OKE
3	7,024	17,556	3100	62	OKE
2	3,832	13,376	3100	62	OKE
1	1,4	7,7	3900	78	OKE

Tabel 5. 22 Simpangan Antar Tingkat Arah Y

Lantai	δ_x	Δ	hsx	$\Delta a/\rho$	Status
	mm	mm	mm		
15	42,347	15,07	3100	62	OKE
14	39,607	16,929	3300	66	OKE
13	36,529	16,555	3100	62	OKE
12	33,519	17,138	3100	62	OKE
11	30,403	17,655	3100	62	OKE
10	27,193	18,0345	3100	62	OKE
9	23,914	18,249	3100	62	OKE
8	20,596	18,26	3100	62	OKE
7	17,276	17,9905	3100	62	OKE
6	14,005	17,391	3100	62	OKE
5	10,843	16,3735	3100	62	OKE
4	7,866	14,8665	3100	62	OKE
3	5,163	12,7545	3100	62	OKE
2	2,844	9,8175	3100	62	OKE
1	1,059	5,8245	3900	78	OKE



Gambar 5. 17 Simpangan Antar Tingkat terhadap Simpangan Antar Tingkat Ijin Arah X



Gambar 5. 18 Simpangan Antar Tingkat terhadap Simpangan Antar Tingkat Ijin Arah Y

5.7 Pengaruh P-Delta

Pengaruh P-Delta berdasarkan SNI 1726-2019 pasal 7.8.7 menyatakan bahwa koefisien stabilitas (θ) tidak boleh melebihi dari koefisien stabilitas maksimum (θ_{max}). Berikut ini adalah perhitungan koefisien stabilitas pada lantai 15 arah x.

Diketahui :

$$P \quad (\text{Beban desain vertikal total}) = 16849,57 \text{ kN}$$

$$\Delta \quad (\text{Simpangan antar tingkat}) = 15,07 \text{ mm}$$

$$I_e \quad (\text{Faktor keutamaan gempa}) = 1$$

$$V \quad (\text{Gaya geser tingkat}) = 1075,553 \text{ kN}$$

$$h_{sx} \quad (\text{Tinggi tingkat}) = 3100 \text{ mm}$$

$$Cd \quad (\text{Faktor pembesaran defleksi}) = 5,5$$

$$\beta \quad (\text{Rasio kebutuhan geser}) = 1$$

Perhitungan koefisien stabilitas sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \theta &= \frac{P \cdot \Delta \cdot I_e}{V_x \cdot h_{sx} \cdot Cd} \\ &= \frac{16849,57 \cdot 15,07 \cdot 1}{1075,553 \cdot 3100 \cdot 5,5} \\ &= 0,013847 \end{aligned}$$

Perhitungan koefisien stabilitas maksimum sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \theta_{max} &= \frac{0,5}{\beta \cdot Cd} \leq 0,25 \\ &= \frac{0,5}{1 \cdot 5,5} \\ &= 0,0909 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan di atas didapat nilai koefisien stabilitas (θ) kurang dari koefisien stabilitas maksimum (θ_{max}). Sehingga struktur yang ada pada lantai

15 adalah struktur yang stabil. Berikut ini adalah hasil perhitungan pada lantai lainnya dengan cara yang sama pada tabel 5.23 dan 5.24 dibawah ini.

Tabel 5. 23 Koefisien Stabilitas Arah X

Lantai	P_x	V_x	Δ	h_{sx}	θ	θ_{max}	Status
	kN	kN	mm	mm	rad	rad	
15	16849,57	1075,553	15,07	3100	0,013847	0,090909	Aman
14	36111,11	2104,473	16,929	3300	0,016005	0,090909	Aman
13	55151,21	2839,332	16,555	3100	0,01886	0,090909	Aman
12	74191,32	3376,86	17,138	3100	0,022084	0,090909	Aman
11	93231,43	3797,718	17,655	3100	0,02542	0,090909	Aman
10	112272,5	4153,848	18,0345	3100	0,028589	0,090909	Aman
9	131313,5	4478,022	18,249	3100	0,031386	0,090909	Aman
8	150354,5	4796,158	18,26	3100	0,033574	0,090909	Aman
7	169395,5	5125,683	17,9905	3100	0,034871	0,090909	Aman
6	188436,6	5470,111	17,391	3100	0,035137	0,090909	Aman
5	207477,6	5822,578	16,3735	3100	0,034219	0,090909	Aman
4	226524	6167,468	14,8665	3100	0,032025	0,090909	Aman
3	245570,4	6472,041	12,7545	3100	0,028384	0,090909	Aman
2	266885,8	6724,442	9,8175	3100	0,022853	0,090909	Aman
1	289110,5	6848,632	5,8245	3900	0,011463	0,090909	Aman

Tabel 5. 24 Koefisien Stabilitas Arah Y

Lantai	P_x	V_x	Δ	h_{sx}	θ	θ_{max}	Status
	kN	kN	mm	mm	rad	rad	
15	16849,57	856,5893	15,07	3100	0,017386	0,090909	Aman
14	36111,11	1714,058	16,929	3300	0,01965	0,090909	Aman
13	55151,21	2356,667	16,555	3100	0,022723	0,090909	Aman
12	74191,32	2824,089	17,138	3100	0,026406	0,090909	Aman
11	93231,43	3166,55	17,655	3100	0,030487	0,090909	Aman
10	112272,5	3439,574	18,0345	3100	0,034526	0,090909	Aman
9	131313,5	3696,05	18,249	3100	0,038026	0,090909	Aman
8	150354,5	3969,207	18,26	3100	0,040569	0,090909	Aman
7	169395,5	4263,837	17,9905	3100	0,04192	0,090909	Aman
6	188436,6	4568,863	17,391	3100	0,042069	0,090909	Aman
5	207477,6	4876,16	16,3735	3100	0,040861	0,090909	Aman
4	226524	5178,892	14,8665	3100	0,038138	0,090909	Aman
3	245570,4	5452,117	12,7545	3100	0,033694	0,090909	Aman
2	266885,8	5672,035	9,8175	3100	0,027093	0,090909	Aman
1	289110,5	5777,353	5,8245	3900	0,013588	0,090909	Aman

5.8 Gaya Desain Diafragma

Gedung Apartemen Taman Melati perlu dilakukan peningkatan 25% pada gaya desain elemen sistem pemikul gaya seismik, seperti kord dan kolektor. Karena bangunan apartemen yang ditinjau berada pada kategori desain seismik D memiliki ketidakberaturan horizontal tipe 1a dan tipe 2.

Ketidakberaturan horizontal tipe 1a terjadi pada lantai 1 hingga lantai 4 dan ketidakberaturan horizontal tipe 2 terjadi pada seluruh lantai. Sehingga desain diafragma dilakukan pada seluruh lantai yaitu lantai 1 hingga lantai 15 atau atap. Berikut ini merupakan contoh perhitungan pada lantai 1.

Diketahui :

Arah X

$$\Sigma F_i \text{ Lant1} = 9216,126 \text{ kN}$$

$$\Sigma W_i \text{ Lant1} = 248743,329 \text{ kN}$$

$$W_{px} \text{ Lant1} = 14307,375 \text{ kN}$$

$$A_{px} \text{ Lant1} = 2030,194 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} F_{px} \text{ Lant1} &= \frac{\Sigma F_i}{\Sigma w_i} W_{px} \\ &= \frac{9216,126}{248743,329} \times 14307,375 \\ &= 530,099 \text{ kN} \end{aligned}$$

Peningkatan 25% pada gaya desain.

$$\begin{aligned} 1,25 \times F_{px} &= 1,25 \times 530,099 \\ &= 662,624 \text{ kN} \end{aligned}$$

Gaya desain tidak boleh kurang dari perhitungan dibawah ini.

$$\begin{aligned} F_{px \text{ Min}} &= 0,2 \cdot S_{DS} \cdot I_e \cdot w_{px} \\ &= 0,2 \cdot 0,780 \cdot 1 \cdot 14307,375 \\ &= 2232,562 \text{ kN} \end{aligned}$$

Gaya desain tidak boleh lebih dari perhitungan dibawah ini.

$$F_{px \text{ Max}} = 0,4 \cdot S_{DS} \cdot I_e \cdot w_{px}$$

$$= 0,4 \cdot 0,780 \cdot 1 \cdot 14307,375$$

$$= 4465,123 \text{ kN}$$

Hasil perhitungan di atas didapat nilai $1,25 F_{px} < F_{px \text{ Min}} < F_{px \text{ Max}}$ maka gaya desain yang digunakan yaitu gaya desain diafragma minimum sebesar 2232,562 kN. Lalu nilai gaya desain diafragma pakai didistribusikan pada pelat lantai 1.

$$Q_{px \text{ Lant1}} = \frac{F_{px}}{A_{px}}$$

$$= \frac{4465,123}{2030,194}$$

$$= 1,0997 \text{ kN/m}^2$$

Sehingga nilai gaya desain diafragma merata pada lantai 1 arah x sebesar 1,0997 kN/m².

Diketahui :

Arah Y

$$\Sigma F_i \text{ Lant1} = 8967,840 \text{ kN}$$

$$\Sigma w_i \text{ Lant1} = 248743,329 \text{ kN}$$

$$w_{px \text{ Lant1}} = 14307,375 \text{ kN}$$

$$A_{px \text{ Lant1}} = 2030,194 \text{ m}^2$$

$$F_{px \text{ Lant1}} = \frac{\Sigma F_i}{\Sigma w_i} w_{px}$$

$$= \frac{8967,840}{248743,329} \times 14307,375$$

$$= 515,818 \text{ kN}$$

Peningkatan 25% pada gaya desain.

$$1,25 \times F_{px} = 1,25 \times 515,818$$

$$= 644,772 \text{ kN}$$

Gaya desain tidak boleh kurang dari perhitungan dibawah ini.

$$F_{px \text{ Min}} = 0,2 \cdot S_{DS} \cdot I_e \cdot w_{px}$$

$$= 0,2 \cdot 0,780 \cdot 1 \cdot 14307,375$$

$$= 2232,562 \text{ kN}$$

Gaya desain tidak boleh lebih dari perhitungan dibawah ini.

$$\begin{aligned} F_{px \text{ Max}} &= 0,4 \cdot S_{DS} \cdot I_e \cdot w_{px} \\ &= 0,4 \cdot 0,780 \cdot 1 \cdot 14307,375 \\ &= 4465,123 \text{ kN} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan di atas didapat nilai $1,25 F_{px} < F_{px \text{ Min}} < F_{px \text{ Max}}$ maka gaya desain yang digunakan yaitu gaya desain diafragma minimum sebesar 2232,562 kN. Lalu nilai gaya desain diafragma pakai didistribusikan pada pelat lantai 1.

$$\begin{aligned} Q_{px \text{ Lantai 1}} &= \frac{F_{px}}{A_{px}} \\ &= \frac{4465,123}{2030,194} \\ &= 1,0997 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Sehingga nilai gaya desain diafragma merata pada lantai 1 sebesar 1,0997 kN/m². Berikut ini adalah perhitungan pada lantai di atasnya yang dapat dilihat pada tabel 5.25 dan 5.26.

Tabel 5. 25 Gaya Desain Diafragma (Arah X)

Lantai	ΣF_i	ΣW_i	w_{px}	F_{px}	$1,25 F_{px}$	$F_{px Min}$	$F_{px Max}$	$F_{px Pakai}$	A_{px}	Q_{px}
	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	m ²	kN/m ²
Atap	1447,359	13442,932	10000,742	1076,749	1345,936	1560,543	3121,086	1560,543	1890,157	0,826
14	2831,965	30039,864	12932,664	1219,208	1524,011	2018,048	4036,096	2018,048	1774,725	1,137
13	3820,857	46636,795	13154,741	1077,741	1347,176	2052,702	4105,403	2052,702	1774,725	1,157
12	4544,202	63123,011	13044,026	939,0345	1173,793	2035,425	4070,85	2035,425	1774,725	1,147
11	5110,546	79609,227	13044,026	837,3663	1046,708	2035,425	4070,85	2035,425	1774,725	1,147
10	5589,786	96096,362	13044,944	758,8055	948,507	2035,569	4071,137	2035,569	1774,725	1,147
9	6026,023	112583,496	13044,944	698,2296	872,787	2035,569	4071,137	2035,569	1774,725	1,147
8	6454,134	129070,630	13044,944	652,3081	815,385	2035,569	4071,137	2035,569	1774,725	1,147
7	6897,574	145557,765	13044,944	618,1632	772,704	2035,569	4071,137	2035,569	1774,725	1,147
6	7361,066	162044,899	13044,944	592,5808	740,726	2035,569	4071,137	2035,569	1774,725	1,147
5	7835,376	178532,033	13044,944	572,5138	715,642	2035,569	4071,137	2035,569	1774,725	1,147
4	8299,491	195024,540	13050,317	555,3711	694,214	2036,407	4072,814	2036,407	1774,725	1,147
3	8709,351	211517,047	13050,317	537,3552	671,694	2036,407	4072,814	2036,407	1774,725	1,147
2	9049,005	229845,248	14679,179	577,9191	722,399	2290,579	4581,158	2290,579	2030,194	1,128
1	9216,126	248743,329	14307,375	530,0989	662,624	2232,562	4465,123	2232,562	2030,194	1,100

Tabel 5. 26 Gaya Desain Diafragma (Arah Y)

Lantai	ΣF_i	ΣW_i	w_{px}	F_{px}	$1,25 F_{px}$	$F_{px Min}$	$F_{px Max}$	$F_{px Pakai}$	A_{px}	Q_{px}
	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	m ²	kN/m ²
Atap	1329,633	13442,932	10000,742	989,1675	1236,459	1560,543	3121,086	1560,543	1890,157	0,826
14	2660,630	30039,864	12932,664	1145,446	1431,807	2018,048	4036,096	2018,048	1774,725	1,137
13	3658,113	46636,795	13154,741	1031,836	1289,795	2052,702	4105,403	2052,702	1774,725	1,157
12	4383,665	63123,011	13044,026	905,8605	1132,326	2035,425	4070,85	2035,425	1774,725	1,147
11	4915,247	79609,227	13044,026	805,3665	1006,708	2035,425	4070,85	2035,425	1774,725	1,147
10	5339,045	96096,362	13044,944	724,7677	905,9597	2035,569	4071,137	2035,569	1774,725	1,147
9	5737,157	112583,496	13044,944	664,759	830,949	2035,569	4071,137	2035,569	1774,725	1,147
8	6161,163	129070,630	13044,944	622,698	778,373	2035,569	4071,137	2035,569	1774,725	1,147
7	6618,500	145557,765	13044,944	593,1525	741,441	2035,569	4071,137	2035,569	1774,725	1,147
6	7091,974	162044,899	13044,944	570,9183	713,648	2035,569	4071,137	2035,569	1774,725	1,147
5	7568,972	178532,033	13044,944	553,0482	691,310	2035,569	4071,137	2035,569	1774,725	1,147
4	8038,885	195024,540	13050,317	537,9322	672,415	2036,407	4072,814	2036,407	1774,725	1,147
3	8462,996	211517,047	13050,317	522,1555	652,694	2036,407	4072,814	2036,407	1774,725	1,147
2	8804,362	229845,248	14679,179	562,2948	702,869	2290,579	4581,158	2290,579	2030,194	1,128
1	8967,840	248743,329	14307,375	515,8178	644,772	2232,562	4465,123	2232,562	2030,194	1,100

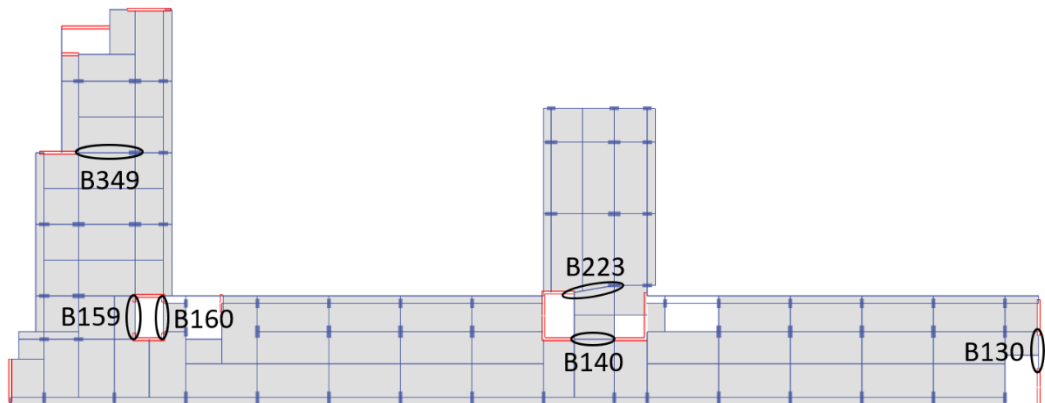
5.9 Kombinasi untuk Gaya Desain Diafragma

Gaya desain diafragma yang digunakan pada perhitungan sebelumnya menggunakan $F_{px \text{ min}}$. Sehingga kombinasi pembebanan yang digunakan untuk desain diafragma yaitu sebagai berikut.

1. $1,4 D$
2. $1,2 D + 1,6 L$
3. $1,35604 D + 1,0 (Ex+F_{px}) + 0,3 (Ey+F_{px}) + L$
4. $1,35604 D + 1,0 (Ex+F_{px}) - 0,3 (Ey+F_{px}) + L$
5. $1,35604 D - 1,0 (Ex+F_{px}) + 0,3 (Ey+F_{px}) + L$
6. $1,35604 D - 1,0 (Ex+F_{px}) - 0,3 (Ey+F_{px}) + L$
7. $1,35604 D + 0,3 (Ex+F_{px}) + 1,0 (Ey+F_{px}) + L$
8. $1,35604 D + 0,3 (Ex+F_{px}) - 1,0 (Ey+F_{px}) + L$
9. $1,35604 D - 0,3 (Ex+F_{px}) + 1,0 (Ey+F_{px}) + L$
10. $1,35604 D - 0,3 (Ex+F_{px}) - 1,0 (Ey+F_{px}) + L$
11. $0,74396 D + 1,0 (Ex+F_{px}) + 0,3 (Ey+F_{px})$
12. $0,74396 D + 1,0 (Ex+F_{px}) - 0,3 (Ey+F_{px})$
13. $0,74396 D - 1,0 (Ex+F_{px}) + 0,3 (Ey+F_{px})$
14. $0,74396 D - 1,0 (Ex+F_{px}) - 0,3 (Ey+F_{px})$
15. $0,74396 D + 0,3 (Ex+F_{px}) + 1,0 (Ey+F_{px})$
16. $0,74396 D + 0,3 (Ex+F_{px}) - 1,0 (Ey+F_{px})$
17. $0,74396 D - 0,3 (Ex+F_{px}) + 1,0 (Ey+F_{px})$
18. $0,74396 D - 0,3 (Ex+F_{px}) - 1,0 (Ey+F_{px})$

5.10 Desain Elemen Kolektor

Elemen kolektor diidentifikasi dengan memilih balok balok yang memiliki gaya aksial $P_u > 10\% Ag f_c'$ dan disesuaikan dengan syarat SNI 1726-2019 yang berfungsi menyalurkan gaya seismik dari bagian lain struktur menuju ke elemen yang menyediakan tahanan terhadap gaya seismik. Berikut ini adalah balok balok yang diidentifikasi sebagai balok kolektor yang dapat dilihat pada Gambar 5.11.



Gambar 5. 19 Balok Berpotensi menjadi Elemen Kolektor Lantai 1 - Lantai 15

Berdasarkan pemilihan balok yang berpotensi menjadi elemen kolektor pada gambar diatas dapat dianalisis dengan hasil *output Etabs* yang akan dibandingkan dengan $10\%.Ag.F'c$. Pemeriksaan elemen kolektor dapat dilihat pada hasil rekapitulasi Tabel 5.27 di bawah ini.

Tabel 5. 27 Pemeriksaan Elemen Kolektor

Lantai	Type	Kode	Dimensi	$10\%.Ag.F'c$	P	Status
			mm	kN	kN	
1	B349	B10	300x600	531	269,3661	Tidak Kolektor
	B159	B4	300x600	531	490,814	Tidak Kolektor
	B160	B2	300x600	531	1128,369	Kolektor
	B140	BA-4	250x550	405,625	801,4366	Kolektor
	B223	B14	300x600	531	727,6957	Kolektor
	B130	B15	300x600	531	183,2972	Tidak Kolektor
2	B349	B10	300x600	531	188,1732	Tidak Kolektor
	B159	B4	300x600	531	220,2572	Tidak Kolektor
	B160	B2	300x600	531	553,8157	Kolektor
	B140	BA-4	250x550	405,625	291,0494	Tidak Kolektor
	B223	B14	300x600	531	483,5062	Tidak Kolektor
	B130	B15	300x600	531	167,2412	Tidak Kolektor
3	B349	B10	300x600	531	141,6104	Tidak Kolektor
	B159	B4	300x600	531	224,1727	Tidak Kolektor
	B160	B2	300x600	531	487,3188	Tidak Kolektor
	B140	BA-4	250x550	405,625	149,623	Tidak Kolektor
	B223	B14	300x600	531	445,5538	Tidak Kolektor

Lanjutan Tabel 5.27 Pemeriksaan Elemen Kolektor

Lantai	Tipe	Kode	Dimensi	10%.Ag.F'c	P	Status
			mm	kN	kN	
3	B130	B15	300x600	531	198,0453	Tidak Kolektor
4	B349	B10	300x600	531	100,5743	Tidak Kolektor
	B159	B4	300x600	531	175,4038	Tidak Kolektor
	B160	B2	300x600	531	643,288	Kolektor
	B140	BA-4	250x550	405,625	132,9822	Tidak Kolektor
	B223	B14	300x600	531	419,4628	Tidak Kolektor
	B130	B15	300x600	531	197,2143	Tidak Kolektor
5	B349	B10	300x600	531	73,3389	Tidak Kolektor
	B159	B4	300x600	531	190,2399	Tidak Kolektor
	B160	B2	300x600	531	772,3767	Kolektor
	B140	BA-4	250x550	405,625	168,3637	Tidak Kolektor
	B223	B14	300x600	531	398,0863	Tidak Kolektor
	B130	B15	300x600	531	182,5746	Tidak Kolektor
6	B349	B10	300x600	531	56,4974	Tidak Kolektor
	B159	B4	300x600	531	222,4785	Tidak Kolektor
	B160	B2	300x600	531	874,4779	Kolektor
	B140	BA-4	250x550	405,625	194,7909	Tidak Kolektor
	B223	B14	300x600	531	374,2892	Tidak Kolektor
	B130	B15	300x600	531	165,2642	Tidak Kolektor
7	B349	B10	300x600	531	48,2056	Tidak Kolektor
	B159	B4	300x600	531	248,752	Tidak Kolektor
	B160	B2	300x600	531	921,1121	Kolektor
	B140	BA-4	250x550	405,625	214,0636	Tidak Kolektor
	B223	B14	300x600	531	347,6559	Tidak Kolektor
	B130	B15	300x600	531	150,2409	Tidak Kolektor
8	B349	B10	300x600	531	44,3038	Tidak Kolektor
	B159	B4	300x600	531	259,5575	Tidak Kolektor
	B160	B2	300x600	531	926,4726	Kolektor
	B140	BA-4	250x550	405,625	224,6034	Tidak Kolektor
	B223	B14	300x600	531	318,5545	Tidak Kolektor
	B130	B15	300x600	531	139,9638	Tidak Kolektor
9	B349	B10	300x600	531	38,7889	Tidak Kolektor
	B159	B4	300x600	531	257,4404	Tidak Kolektor
	B160	B2	300x600	531	890,3124	Kolektor
	B140	BA-4	250x550	405,625	225,3566	Tidak Kolektor
	B223	B14	300x600	531	287,9242	Tidak Kolektor
	B130	B15	300x600	531	135,5444	Tidak Kolektor
10	B349	B10	300x600	531	32,4318	Tidak Kolektor
	B159	B4	300x600	531	242,8625	Tidak Kolektor

Lanjutan Tabel 5.27 Pemeriksaan Elemen Kolektor

Lantai	Tipe	Kode	Dimensi	10%.Ag.F'c	P	Status
			mm	kN	kN	
10	B160	B2	300x600	531	817,1175	Kolektor
	B140	BA-4	250x550	405,625	217,0391	Tidak Kolektor
	B223	B14	300x600	531	256,423	Tidak Kolektor
	B130	B15	300x600	531	138,2463	Tidak Kolektor
11	B349	B10	300x600	531	27,4211	Tidak Kolektor
	B159	B4	300x600	531	217,6188	Tidak Kolektor
	B160	B2	300x600	531	709,4763	Kolektor
	B140	BA-4	250x550	405,625	201,5521	Tidak Kolektor
	B223	B14	300x600	531	231,1216	Tidak Kolektor
	B130	B15	300x600	531	149,1031	Tidak Kolektor
12	B349	B10	300x600	531	30,3586	Tidak Kolektor
	B159	B4	300x600	531	178,7492	Tidak Kolektor
	B160	B2	300x600	531	567,9414	Kolektor
	B140	BA-4	250x550	405,625	179,6781	Tidak Kolektor
	B223	B14	300x600	531	227,5729	Tidak Kolektor
	B130	B15	300x600	531	170,6162	Tidak Kolektor
13	B349	B10	300x600	531	52,3406	Tidak Kolektor
	B159	B4	300x600	531	134,3999	Tidak Kolektor
	B160	B2	300x600	531	426,9182	Tidak Kolektor
	B140	BA-4	250x550	405,625	145,4343	Tidak Kolektor
	B223	B14	300x600	531	228,708	Tidak Kolektor
	B130	B15	300x600	531	190,9611	Tidak Kolektor
14	B349	B10	300x600	531	85,8583	Tidak Kolektor
	B159	B4	300x600	531	84,7174	Tidak Kolektor
	B160	B2	300x600	531	340,6481	Tidak Kolektor
	B140	BA-4	250x550	405,625	128,7992	Tidak Kolektor
	B223	B14	300x600	531	292,691	Tidak Kolektor
	B130	B15	300x600	531	152,4578	Tidak Kolektor
15	B349	B10	300x600	531	159,721	Tidak Kolektor
	B159	B4	300x600	531	41,3906	Tidak Kolektor
	B160	B2	300x600	531	171,6047	Tidak Kolektor
	B140	BA-4	250x550	405,625	209,5411	Tidak Kolektor
	B223	B14	300x600	531	253,4635	Tidak Kolektor
	B130	B15	300x600	531	46,4134	Tidak Kolektor

Dari hasil rekapitulasi di atas dapat dilihat yang memiliki elemen kolektor berada pada lantai 1,2,4,5,6,7,8,9,10,11, dan 12.

5.10.1 Perhitungan Tulangan Longitudinal Balok Kolektor

Dari hasil pemeriksaan sebelumnya didapat hasil balok kolektor pada lantai-lantai yang telah dianalisis. Berikut ini adalah data yang digunakan untuk menghitung tulangan longitudinal pada balok kolektor yang dapat dilihat pada Tabel 5.28.

Tabel 5. 28 Rekapitulasi Gaya Dalam Balok Kolektor

Lantai	Tipe	Kode	Dimensi	$Pu+$	$Pu-$	$M2$	$M3$
				kN	kN	kNm	kNm
1	B160	B2	300x600	1128,3691		1,6347	0,2679
					17,4594	1,5376	531,647
	B140	BA-4	250x550		801,4366	8,1753	131,392
					254,5505	0,7346	338,669
B223	B14	300x600		727,6957	0,2494	192,19	
				150,0616	6,0205	466,87	
2	B160	B2	300x600	553,8157		2,3828	0,2606
					43,6241	5,3372	625,648
4	B160	B2	300x600	643,288		24,6897	62,728
					124,8587	14,0781	748,673
5	B160	B2	300x600	772,3767		24,8234	68,3852
					111,8813	17,0368	751,514
6	B160	B2	300x600		874,4779	22,656	67,8661
				96,1215		14,8303	733,1796
7	B160	B2	300x600		921,1121	23,9012	66,5208
				82,946		16,3124	698,8951
8	B160	B2	300x600		926,4726	24,3208	64,0503
				76,3328		16,6754	653,3891
9	B160	B2	300x600		890,3124	23,8655	60,8364
				73,0799		16,1048	600,4862
10	B160	B2	300x600		817,1175	22,3449	57,1363
				74,4671		14,7197	542,8456
11	B160	B2	300x600		709,4763	19,4498	52,9402
				78,8561		12,6625	482,1367
12	B160	B2	300x600		567,9414	14,7037	48,07
					76,5198	0,8613	422,663

Dari data diatas dapat dihitung tulangan longitudinal pada lantai 1 (B160) dengan kode B2 dan dimensi 300x600. Syarat dijadikan balok kolektor apabila $P > 10\% \cdot Ag \cdot F'c$. Namun, dalam perhitungan desain kolektor perlu dipertimbangkan

momen terbesar yang ada pada balok tersebut supaya dalam proses desain kolektor lebih aman.

Diketahui :

$$Pu1 = 1128,3691 \text{ kN}$$

$$Mu1 = 0,2679 \text{ kNm}$$

$$Pu2 = 17,4594 \text{ kN}$$

$$Mu2 = 531,647 \text{ kNm}$$

$$F'c = 29,5 \text{ MPa}$$

$$Fy = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{ØP} = 25 \text{ mm}$$

$$\text{ØS} = 10 \text{ mm}$$

$$Sb = 25 \text{ mm}$$

$$E = 200000 \text{ MPa}$$

$$\beta l = 0,839$$

$$H = 600 \text{ mm}$$

$$B = 300 \text{ mm}$$

$$n = \text{Tulangan tarik} = 6 \text{ tulangan}$$

$$= \text{Tulangan desak} = 3 \text{ tulangan}$$

Berikut ini adalah perhitungan desain balok kolektor pada lantai 1 (B160) dengan kode B2.

$$\begin{aligned} \epsilon_y &= \frac{fy}{Es} \\ &= \frac{400}{200000} \\ &= 0,002 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= n \times \left(\frac{1}{4} \pi \cdot \emptyset P^2 \right) \\
 &= 6 \times 490,874 \\
 &= 2945,243 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s' &= n \times \left(\frac{1}{4} \pi \cdot \emptyset P^2 \right) \\
 &= 3 \times 490,874 \\
 &= 1472,622 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D_s &= S_b + \emptyset S + \frac{\emptyset P}{2} \\
 &= 25 + 10 + \frac{25}{2} \\
 &= 47,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D_s' &= S_b + \emptyset S + \frac{\emptyset P}{2} \\
 &= 25 + 10 + \frac{25}{2} \\
 &= 47,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d &= H - d_s \\
 &= 600 - 47,5
 \end{aligned}$$

$$= 552,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 d' &= H - d_s \\
 &= 600 - 47,5
 \end{aligned}$$

$$= 552,5 \text{ mm}$$

$$A_g = B.H$$

$$= 600.300$$

$$= 180000 \text{ mm}^2$$

1. Kondisi desak sentris

$$\begin{aligned}
 Cc &= 0,85 \times f'c \times H \times B \\
 &= 0,85 \times 29,5 \times 600 \times 300 \\
 &= 4513500 \text{ N} \\
 &= 4513,500 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cs1 &= As' \times (Fy - 0,85 \cdot f'c) \\
 &= 1472,622 \times (400 - (0,85 \cdot 29,5)) \\
 &= 552122,637 \text{ N} \\
 &= 552,123 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cs2 &= As \times (Fy - 0,85 \cdot f'c) \\
 &= 2945,243 \times (400 - (0,85 \cdot 29,5)) \\
 &= 1104245,274 \text{ N} \\
 &= 1104,245 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\phi = 0,65$$

$$\begin{aligned}
 \phi Pn &= 0,65 \times 0,8 \times (Cc + Cs1 + Cs2) \\
 &= 0,65 \times 0,8 \times 6169,868 \\
 &= 3208,331 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$Mn = 0 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}
 \phi Mn &= 0,65 \cdot 0 \\
 &= 0 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

2. Kondisi patah desak

$$\begin{aligned}
 c &= 1,5 Cb \\
 &= 1,5 (331,5) \\
 &= 497,250 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= c \times \beta1 \\
 &= 497,250 \times 0,839 \\
 &= 417,335 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \epsilon s' &= \left(\frac{c - ds'}{c} \right) \epsilon c \\
 &= \left(\frac{497,250 - 47,5}{497,250} \right) 0,003 \\
 &= 0,003
 \end{aligned}$$

$\varepsilon s' (0,003) > \varepsilon y (0,002) \rightarrow$ Baja tulangan leleh

$$\begin{aligned}\varepsilon s &= \left(\frac{d-c}{c}\right) \varepsilon c \\ &= \left(\frac{552,5-497,250}{497,250}\right) 0,003 \\ &= 0,0003\end{aligned}$$

$\varepsilon s (0,0003) < \varepsilon y (0,002) \rightarrow$ Baja tulangan belum leleh

$$\begin{aligned}C_c &= 0,85 \times f'_c \times a \times B \\ &= 0,85 \times 29,5 \times 417,335 \times 300 \\ &= 3139401,194 \text{ N} \\ &= 3139,401 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}C_s &= A_s' \times (F_y - 0,85 \cdot f'_c) \\ &= 1472,622 \times (400 - (0,85 \cdot 29,5)) \\ &= 552122,637 \text{ N} \\ &= 552,123 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_s &= A_s \times F_s \\ &= 2945,243 \times 66,667 \\ &= 196349,541 \text{ N} \\ &= 196,3495 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_n &= C_c + C_s - T_s \\ &= 3139,401 + 552,123 - 196,3495 \\ &= 3495,174 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi &= 0,65 \\ \phi P_n &= 0,65 (3495,174) \\ &= 2271,863 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_n &= \left(C_c \left(\frac{H}{2} - \frac{a}{2} \right) + C_s \left(\frac{H}{2} - d s' \right) + T_s \left(d - \frac{H}{2} \right) \right) \\ &= 475,719 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi M_n &= 0,65 (475,719) \\ &= 309,217 \text{ kNm}\end{aligned}$$

3. Kondisi balance

$$C_b = \frac{\varepsilon c}{\varepsilon c + \varepsilon y} h$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,003}{0,003+0,002} \times 552,5 \\
 &= 331,5 \text{ mm} \\
 a &= c \times \beta_1 \\
 &= 331,5 \times 0,839 \\
 &= 278,223 \text{ mm} \\
 Cc &= 0,85 \times f'_c \times a \times B \\
 &= 0,85 \times 29,5 \times 278,223 \times 300 \\
 &= 2092934,129 \text{ N} \\
 &= 2092,934 \text{ kN} \\
 Cs &= As' \times (Fy - 0,85 \cdot f'_c) \\
 &= 1472,622 \times (400 - (0,85 \cdot 29,5)) \\
 &= 552122,637 \text{ N} \\
 &= 552,123 \text{ kN} \\
 Ts &= As \times Fs \\
 &= 2945,243 \times 400 \\
 &= 1178097,245 \text{ N} \\
 &= 1178,097 \text{ kN} \\
 Pn &= Cc + Cs - Ts \\
 &= 2092,934 + 552,123 - 1178,097 \\
 &= 1466,9595 \text{ kN} \\
 \phi &= 0,65 \\
 \phi Pn &= 0,65 (1466,9595) \\
 &= 953,524 \text{ kN} \\
 Mn &= \left(Cc \left(\frac{H}{2} - \frac{a}{2} \right) + Cs \left(\frac{H}{2} - ds' \right) + Ts \left(d - \frac{H}{2} \right) \right) \\
 &= 773,609 \text{ kNm} \\
 \phi Mn &= 0,65 (773,609) \\
 &= 502,846 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

4. Kondisi Patah Tarik

$$\begin{aligned}
 c &= 0,9 Cb \\
 &= 0,9 (331,5)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 298,35 \text{ mm} \\
 a &= c \times \beta_1 \\
 &= 298,35 \times 0,839 \\
 &= 250,401 \text{ mm} \\
 \varepsilon_s' &= \left(\frac{c-ds'}{c} \right) \varepsilon_c \\
 &= \left(\frac{298,35 - 47,5}{298,35} \right) 0,003 \\
 &= 0,003 \\
 \varepsilon_s' (0,003) &> \varepsilon_y (0,002) \rightarrow \text{Baja tulangan leleh} \\
 \varepsilon_s &= \left(\frac{d-c}{c} \right) \varepsilon_c \\
 &= \left(\frac{552,5-298,35}{298,35} \right) 0,003 \\
 &= 0,003 \\
 \varepsilon_s (0,003) &> \varepsilon_y (0,002) \rightarrow \text{Baja tulangan leleh} \\
 C_c &= 0,85 \times f'_c \times a \times B \\
 &= 0,85 \times 29,5 \times 250,401 \times 300 \\
 &= 1883640,717 \text{ N} \\
 &= 1883,641 \text{ kN} \\
 C_s &= A_s' \times (F_y - 0,85 \cdot f'_c) \\
 &= 1472,622 \times (400 - (0,85 \cdot 29,5)) \\
 &= 552122,637 \text{ N} \\
 &= 552,123 \text{ kN} \\
 T_s &= A_s \times F_s \\
 &= 2945,243 \times 400 \\
 &= 1178097,245 \text{ N} \\
 &= 1178,097 \text{ kN} \\
 P_n &= C_c + C_s - T_s \\
 &= 1883,641 + 552,123 - 1178,097 \\
 &= 1257,666 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Karena $\varepsilon_y < \varepsilon_s < 0,005$, maka faktor reduksi perlu dihitung dengan cara dibawah ini.

$$\begin{aligned}\phi &= 0,65 + 0,25 \frac{\varepsilon_s - \varepsilon_y}{0,005 - \varepsilon_y} \\ &= 0,65 + 0,25 \frac{0,003 - 0,002}{0,005 - 0,002} \\ &= 0,7\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi P_n &= 0,7 (1257,666) \\ &= 875,708 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_n &= \left(C_c \left(\frac{H}{2} - \frac{a}{2} \right) + C_s \left(\frac{H}{2} - d_s' \right) + T_s \left(d - \frac{H}{2} \right) \right) \\ &= 766,140 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi M_n &= 0,7 (766,140) \\ &= 533,461 \text{ kNm}\end{aligned}$$

5. Kondisi lentur murni

Kondisi lentur murni ini memiliki kondisi dimana $P_n = 0$ dan menentukan nilai a dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}C_c &= 0,85 \times f'_c \times a \times B \\ &= 0,85 \times 29,5 \times a \times 300 \\ &= 7522,5 a\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}C_s &= A_s' \times f_s \\ &= A_s' \times \varepsilon_s \times E_s \\ &= A_s' \times \frac{a - \beta_1 \cdot d_s'}{a} \varepsilon_c \times E_s \\ &= 1472,622 \times \frac{a - 0,839 \cdot 47,5}{a} 0,003 \times 20000 \\ &= \frac{883572,934 a - 35224581,692}{a}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_s &= A_s \times F_y \\ &= 2945,243 \times 400 \\ &= 1178097,245 \text{ N}\end{aligned}$$

$$C_c + C_s - T_s = 0$$

$$7522,5 a + \frac{883572,934 a - 35224581,692}{a} - 1178097,245 = 0$$

Persamaan di atas dikali kan dengan a .

$$7522,5 a^2 - 294524,3113 a - 35224581,692 = 0$$

$$a = \frac{-294524,3113 \pm \sqrt{294524,3113^2 - 4(7522,5)(35224581,692)}}{2(7522,5)}$$

$$a = 90,751 \text{ mm}$$

Dari perhitungan diatas didapat nilai a sebesar 90,751 mm

$$\begin{aligned} c &= \frac{a}{\beta_1} \\ &= \frac{90,751}{0,839} \\ &= 108,128 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_s' &= \left(\frac{c-ds'}{c} \right) \varepsilon_c \\ &= \left(\frac{108,128 - 47,5}{108,128} \right) 0,003 \\ &= 0,0017 \end{aligned}$$

$\varepsilon_s' (0,0017) < \varepsilon_y (0,002) \rightarrow$ Baja tulangan belum leleh

$$\begin{aligned} f_s &= \varepsilon_s' \times f_y \\ &= 0,0017 \times 400 \\ &= 336,424 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_c &= 7522,5 a \\ &= 7522,5(90,751) \\ &= 682671,399 \text{ N} \\ &= 682,671 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_s &= A_s' \times f_s \\ &= 1963,495 \times 336,424 \\ &= 495425,846 \text{ N} \\ &= 495,426 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mn &= \left(C_c \left(\frac{H}{2} - \frac{a}{2} \right) + C_s \left(\frac{H}{2} - ds' \right) + T_s \left(d - \frac{H}{2} \right) \right) \\ &= 596,3896 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi Mn &= 0,9 (596,3896) \\ &= 536,751 \text{ kNm} \end{aligned}$$

6. Kondisi tarik murni

$$\begin{aligned} P_n &= - (A_s + A_s') f_y \\ &= - (2945,243 + 1472,622) 400 \\ &= -1767145,868 \text{ N} \\ &= - 1767,146 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\phi P_n = 0,9 (-1767,146)$$

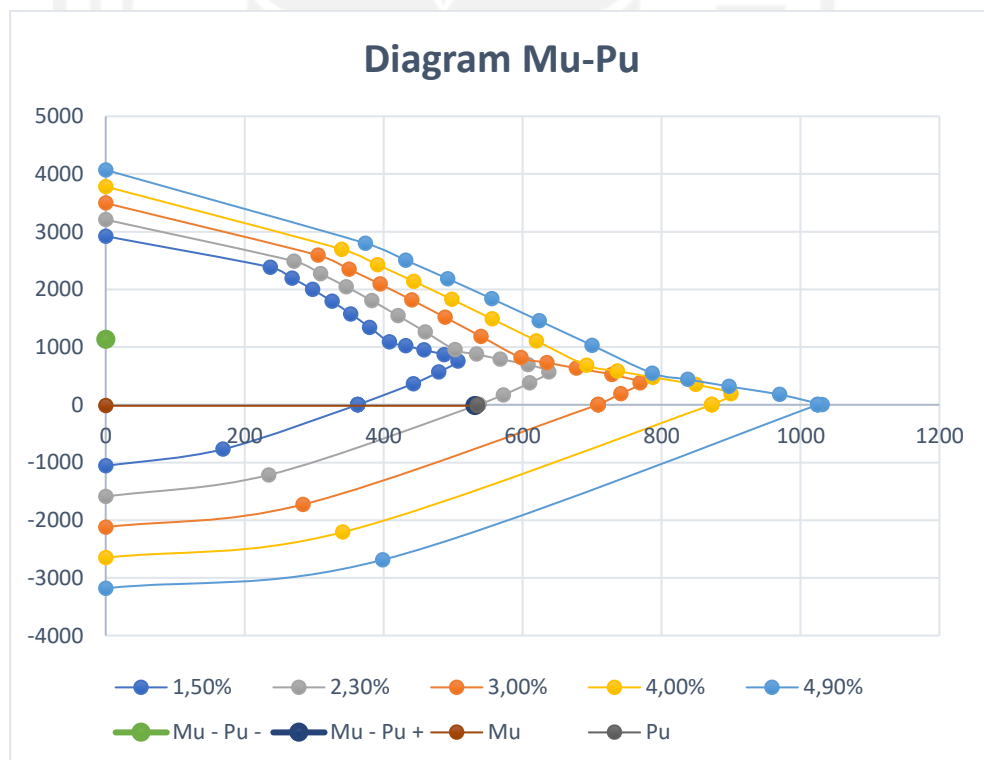
$$= -1590,431 \text{ kN}$$

$$M_n = 0$$

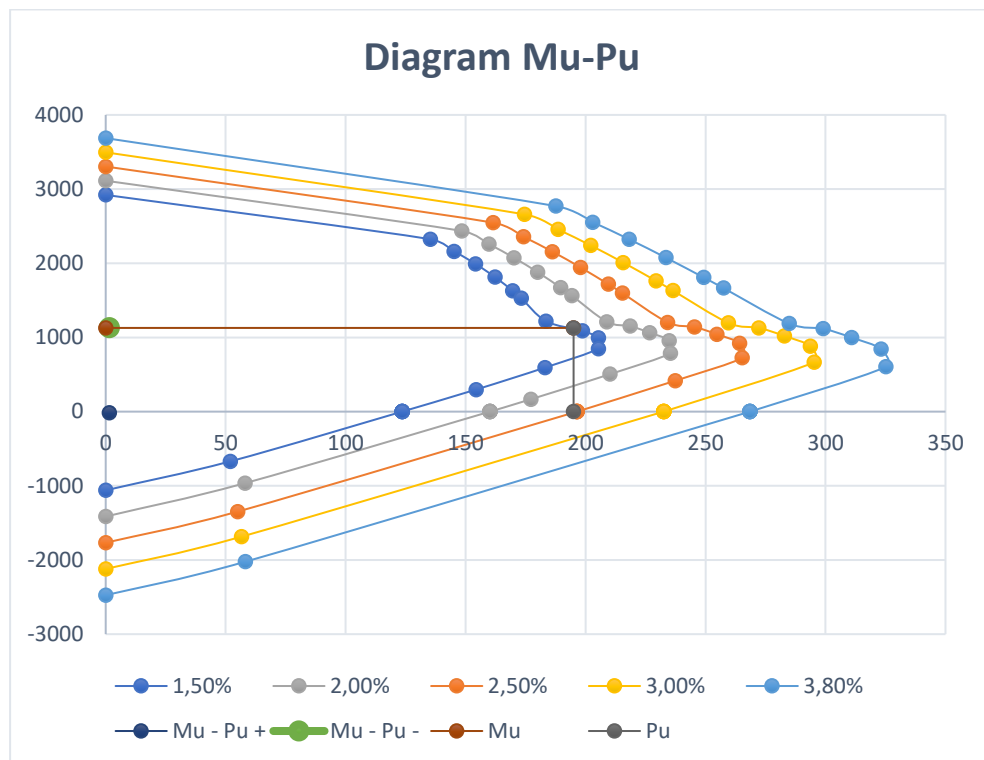
Perhitungan di atas adalah perhitungan diagram Mn-Pn arah x dengan tipe balok B160 (B2) yang digambarkan menjadi suatu diagram. Berikut ini merupakan hasil diagram Mn-Pn dari seluruh balok kolektor.

1. Balok Kolektor B160 (B2) Lantai 1

Balok kolektor B160 (B2) lantai 1 didapat persentase 2,3 % dengan tulangan sebanyak 9 tulangan dan diameter tulangan 25 mm untuk arah x. Kemudian untuk arah z didapat persentase 1,5 % dengan tulangan sebanyak 6 tulangan dan diameter tulangan 25 mm. Berikut ini adalah gambar diagram Mu-Pu pada arah x dan arah z.



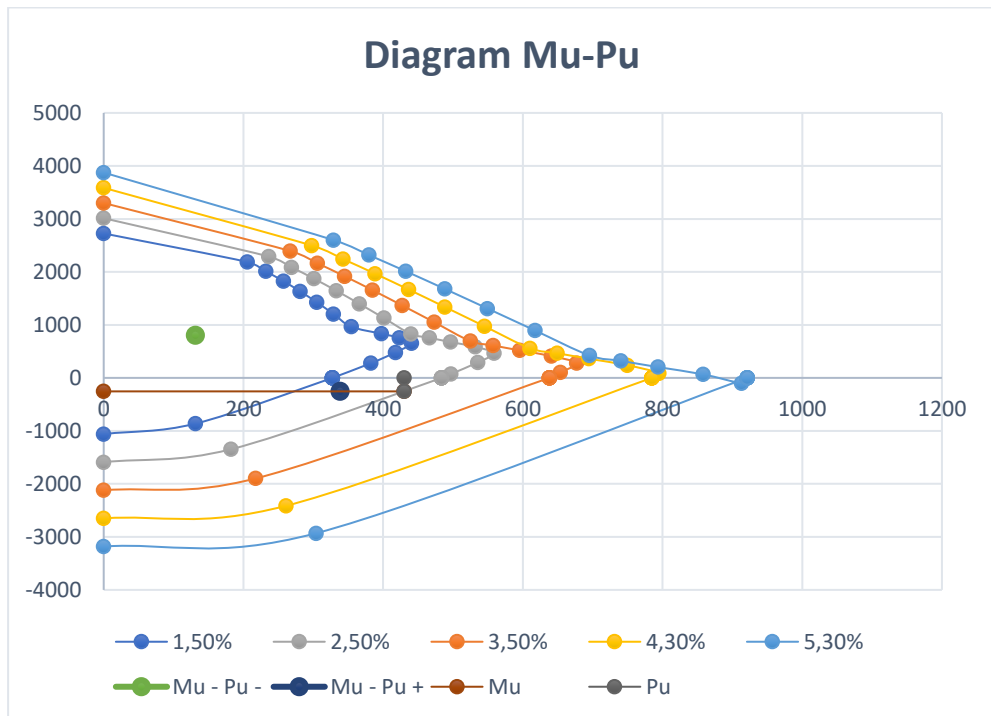
Gambar 5. 20 Diagram Mu-Pu Arah X B160 (B2) Lantai 1 (B)



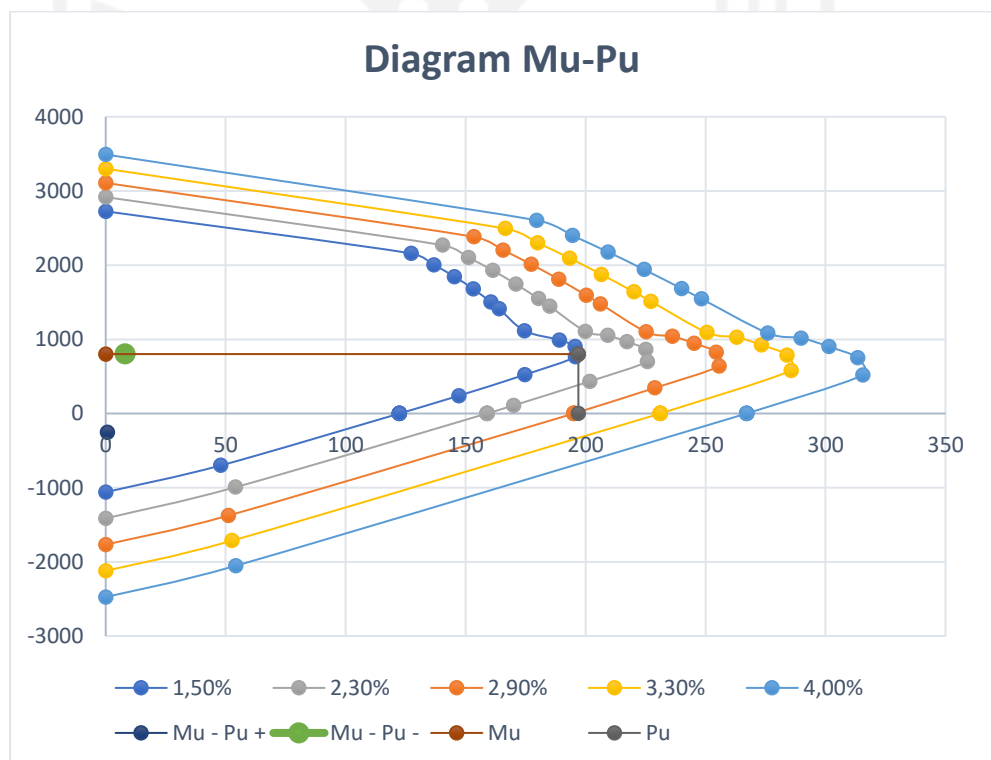
Gambar 5. 21 Diagram Mu-Pu Arah Z B160 (B2) Lantai 1 (H)

2. Balok Kolektor B140 (BA-4) Lantai 1

Balok kolektor B140 (BA-4) lantai 1 didapat persentase 2,5 % dengan tulangan sebanyak 9 tulangan dan diameter tulangan 25 mm untuk arah x. Kemudian untuk arah z didapat persentase 1,5 % dengan tulangan sebanyak 6 tulangan dan diameter tulangan 25 mm. Berikut ini adalah gambar diagram Mu-Pu pada arah x dan arah z.



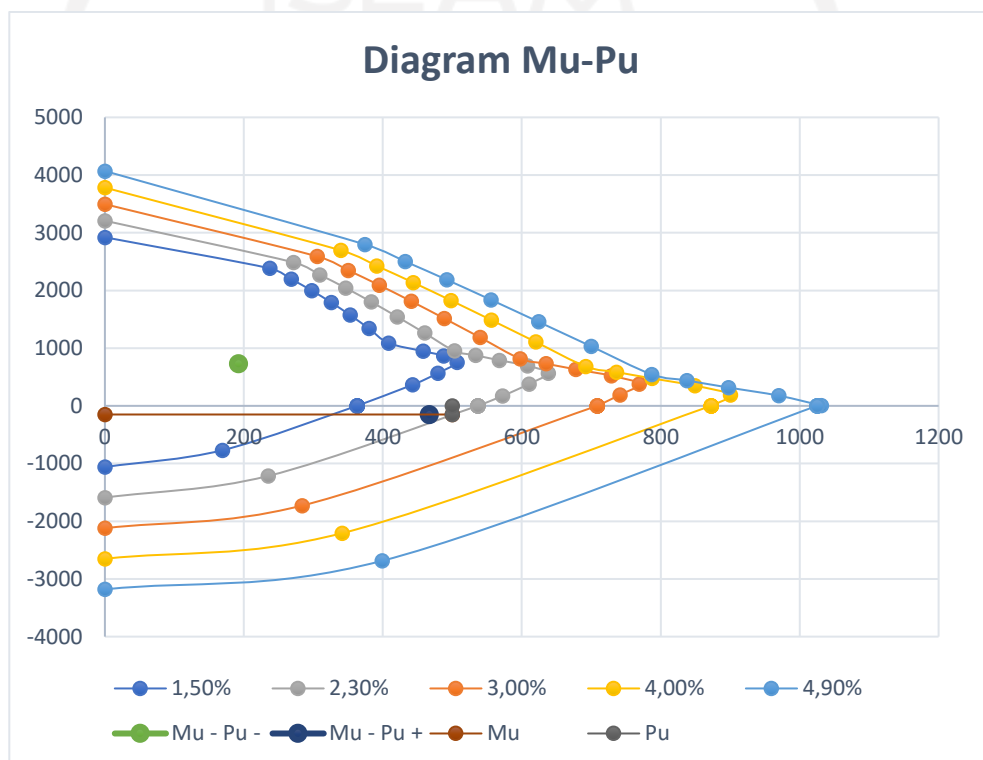
Gambar 5. 22 Diagram Mu-Pu Arah X B140 (BA-4) Lantai 1 (B)



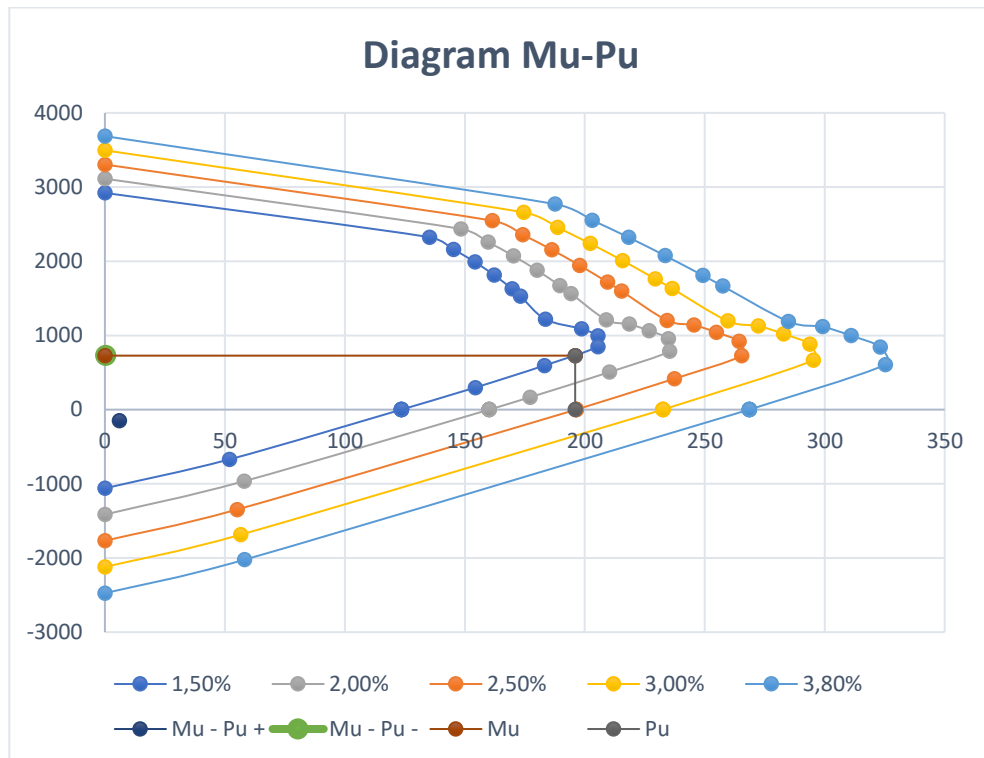
Gambar 5. 23 Diagram Mu-Pu Arah Z B140 (BA-4) Lantai 1 (H)

3. Balok Kolektor B223 (B14) Lantai 1

Balok kolektor B223 (B14) lantai 1 didapat persentase 2,3 % dengan tulangan sebanyak 9 tulangan dan diameter tulangan 25 mm untuk arah x. Kemudian untuk arah z didapat persentase 1,5 % dengan tulangan sebanyak 6 tulangan dan diameter tulangan 25 mm. Berikut ini adalah gambar diagram Mu-Pu pada arah x dan arah z.



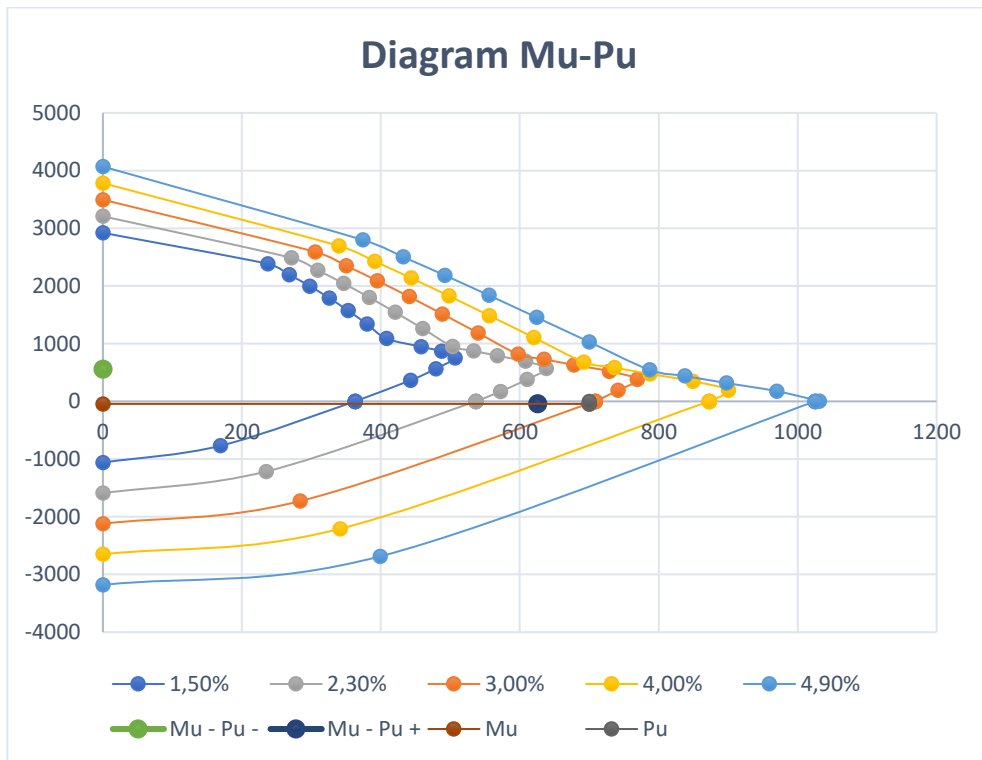
Gambar 5. 24 Diagram Mu-Pu Arah X B223 (B14) Lantai 1 (B)



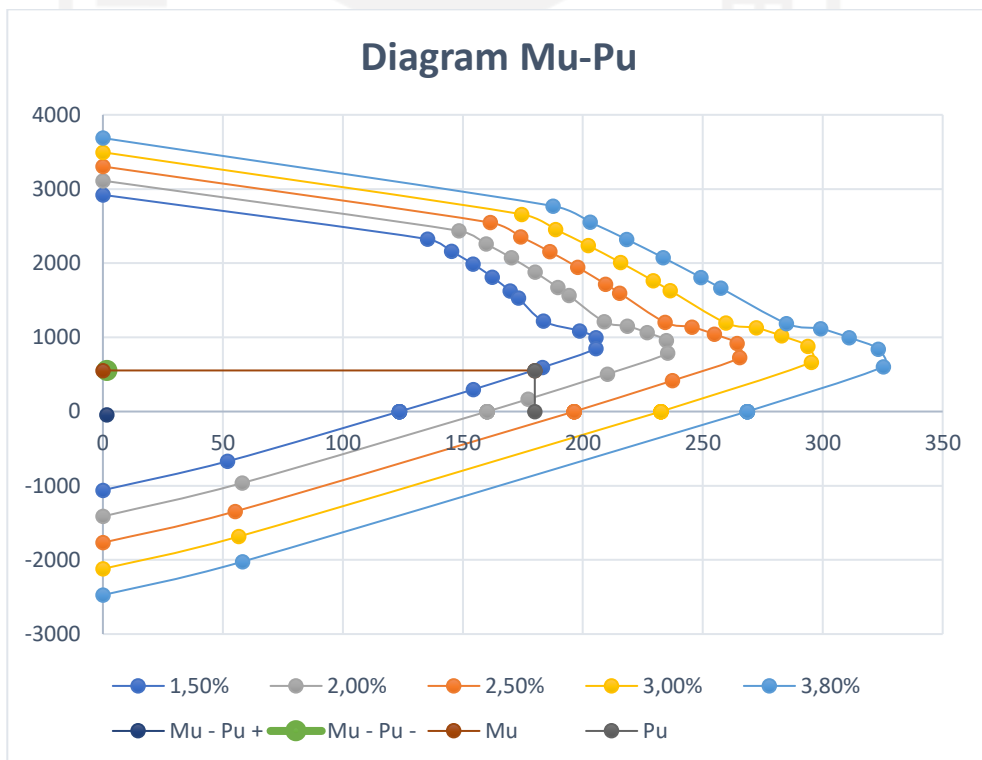
Gambar 5. 25 Diagram Mu-Pu Arah Z B223 (B14) Lantai 1 (H)

4. Balok Kolektor B160 (B2) Lantai 2

Balok kolektor B160 (B2) lantai 2 didapat persentase 3 % dengan tulangan sebanyak 12 tulangan dan diameter tulangan 25 mm untuk arah x. Kemudian untuk arah z didapat persentase 1,5 % dengan tulangan sebanyak 6 tulangan dan diameter tulangan 25 mm. Berikut ini adalah gambar diagram Mu-Pu pada arah x dan arah z.



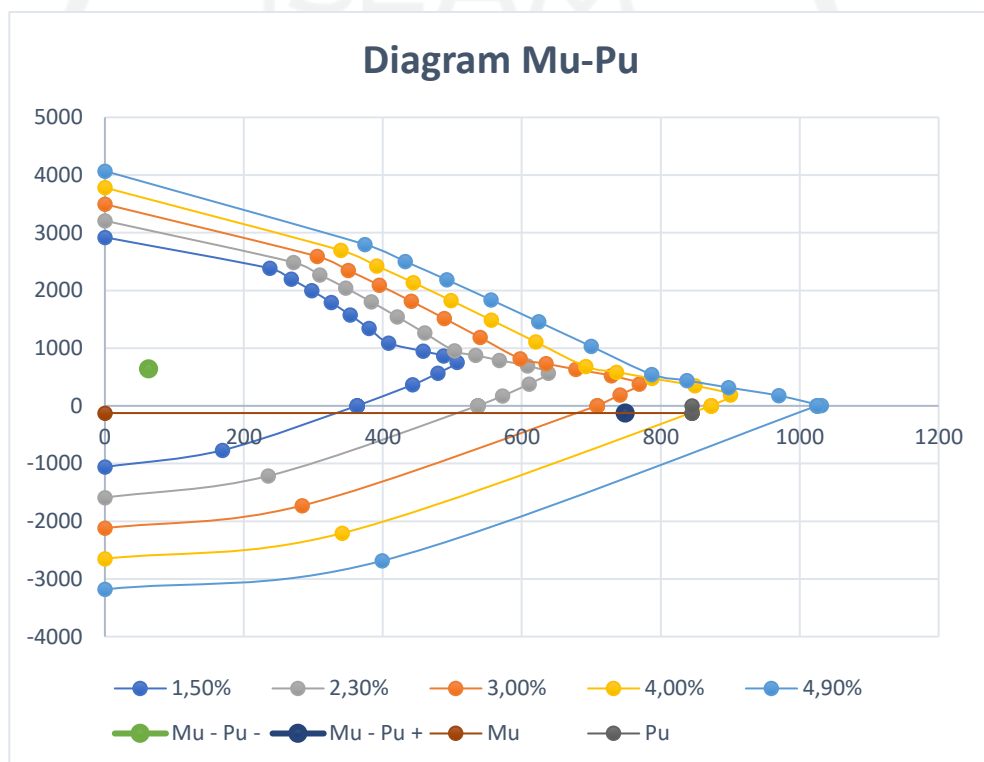
Gambar 5. 26 Diagram Mu-Pu Arah X B160 (B2) Lantai 2 (B)



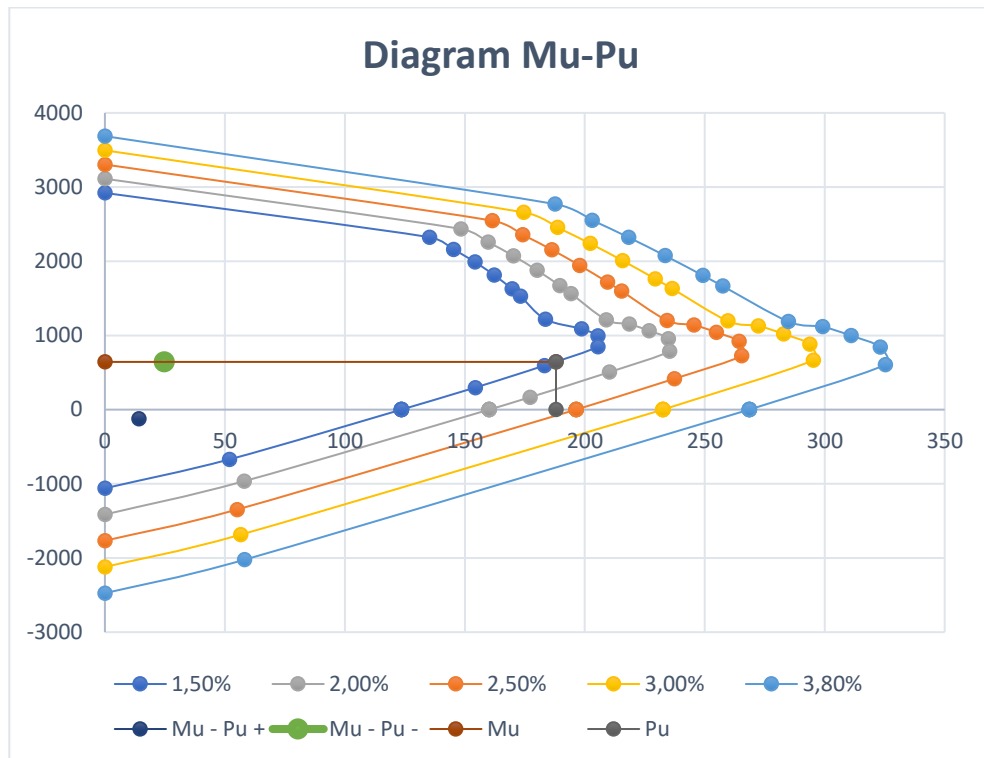
Gambar 5. 27 Diagram Mu-Pu Arah Z B160 (B2) Lantai 2 (H)

5. Balok Kolektor B160 (B2) Lantai 4

Balok kolektor B160 (B2) lantai 4 didapat persentase 4 % dengan tulangan sebanyak 15 tulangan dan diameter tulangan 25 mm untuk arah x. Kemudian untuk arah z didapat persentase 1,5 % dengan tulangan sebanyak 6 tulangan dan diameter tulangan 25 mm. Berikut ini adalah gambar diagram Mu-Pu pada arah x dan arah z.



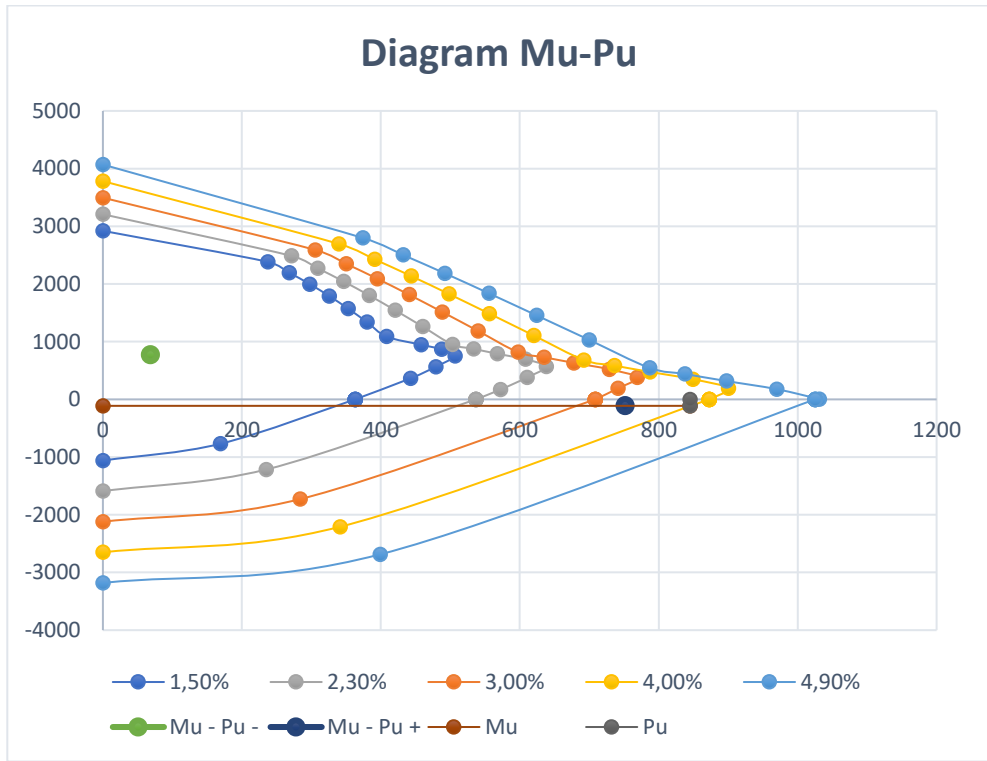
Gambar 5. 28 Diagram Mu-Pu Arah X B160 (B2) Lantai 4 (B)



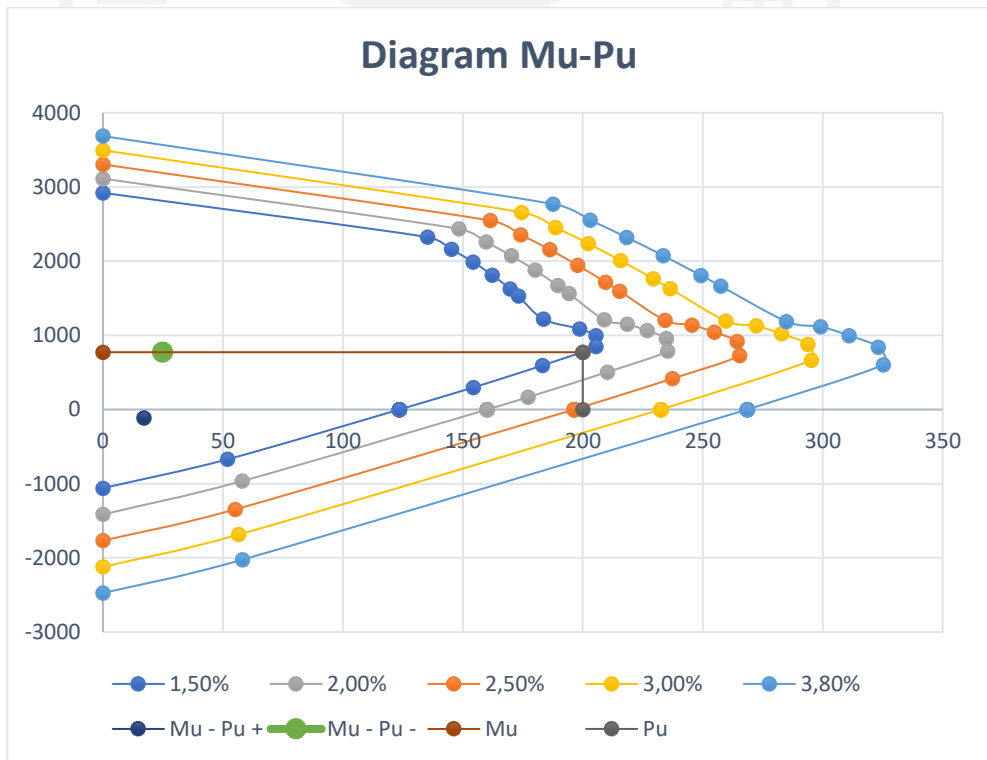
Gambar 5. 29 Diagram Mu-Pu Arah Z B160 (B2) Lantai 4 (H)

6. Balok Kolektor B160 (B2) Lantai 5

Balok kolektor B160 (B2) lantai 5 didapat persentase 4 % dengan tulangan sebanyak 15 tulangan dan diameter tulangan 25 mm untuk arah x. Kemudian untuk arah z didapat persentase 1,5 % dengan tulangan sebanyak 6 tulangan dan diameter tulangan 25 mm. Berikut ini adalah gambar diagram Mu-Pu pada arah x dan arah z.



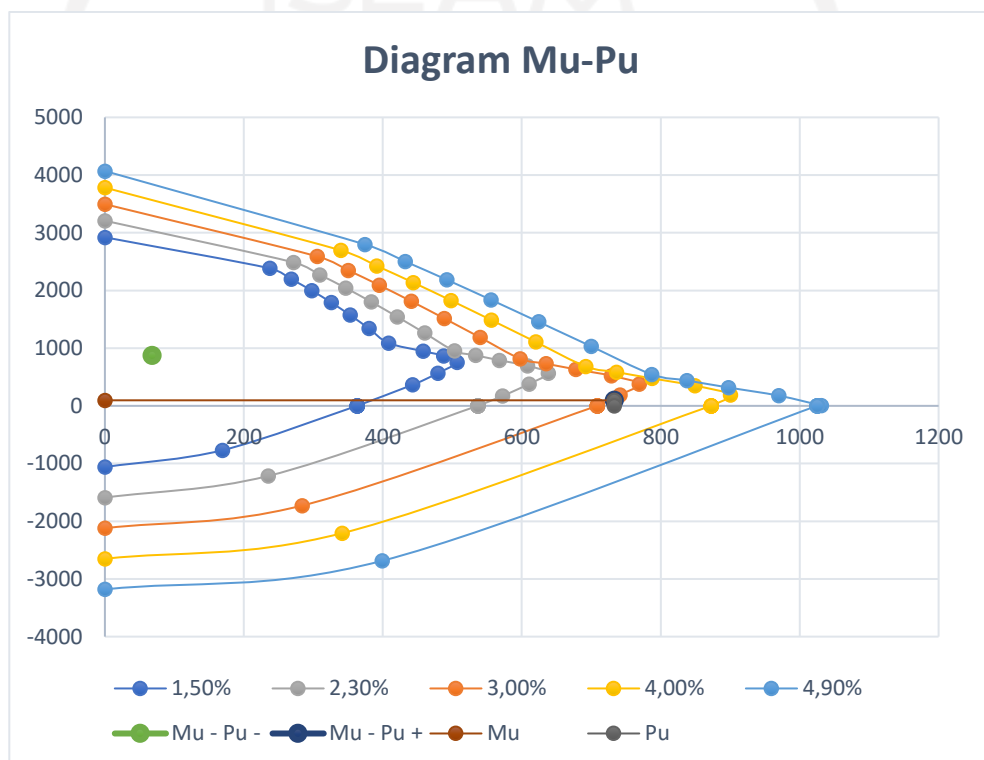
Gambar 5. 30 Diagram Mu-Pu Arah X B160 (B2) Lantai 5 (B)



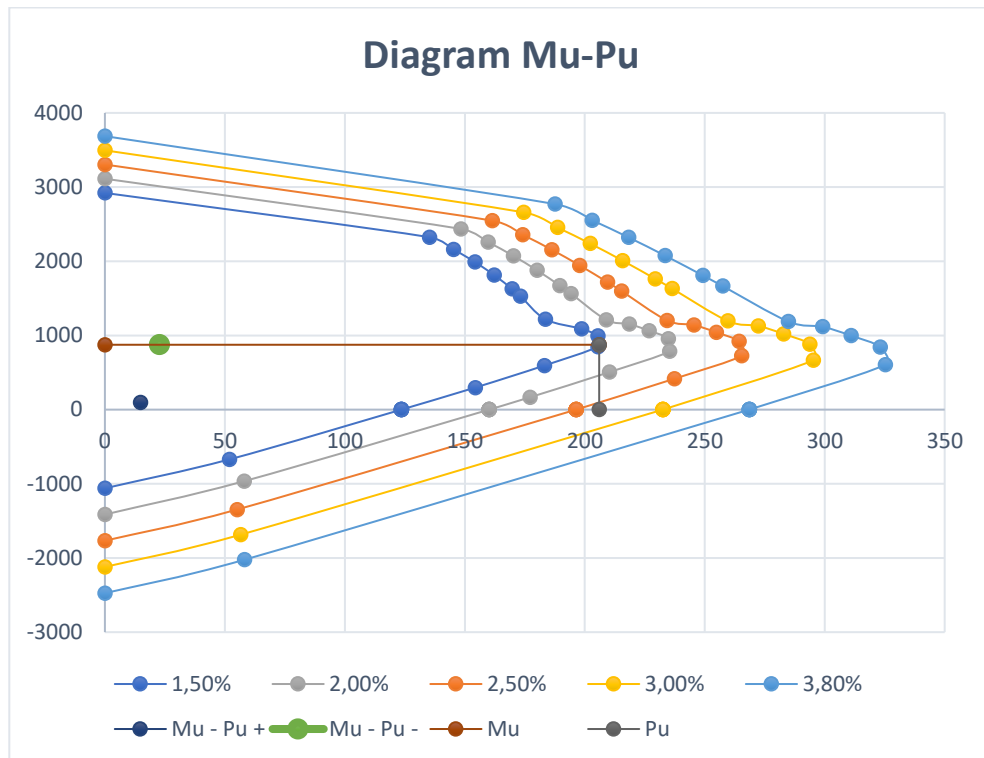
Gambar 5. 31 Diagram Mu-Pu Arah Z B160 (B2) Lantai 5 (H)

7. Balok Kolektor B160 (B2) Lantai 6

Balok kolektor B160 (B2) lantai 6 didapat persentase 4 % dengan tulangan sebanyak 15 tulangan dan diameter tulangan 25 mm untuk arah x. Kemudian untuk arah z didapat persentase 1,5 % dengan tulangan sebanyak 6 tulangan dan diameter tulangan 25 mm. Berikut ini adalah gambar diagram Mu-Pu pada arah x dan arah z.



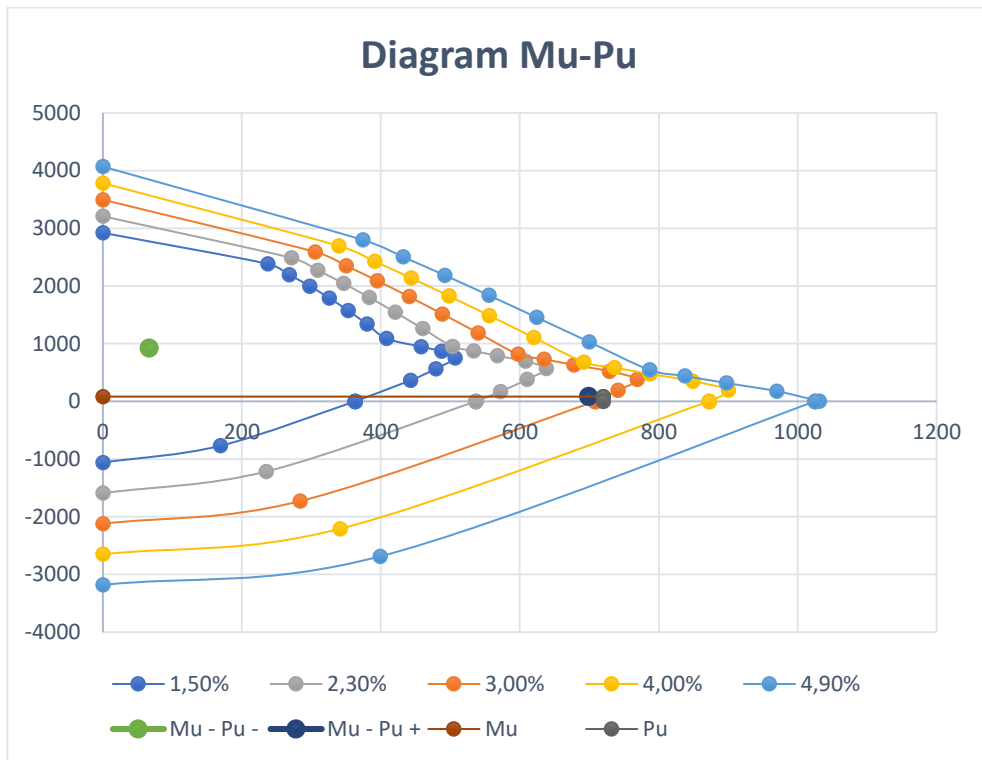
Gambar 5. 32 Diagram Mu-Pu Arah X B160 (B2) Lantai 6 (B)



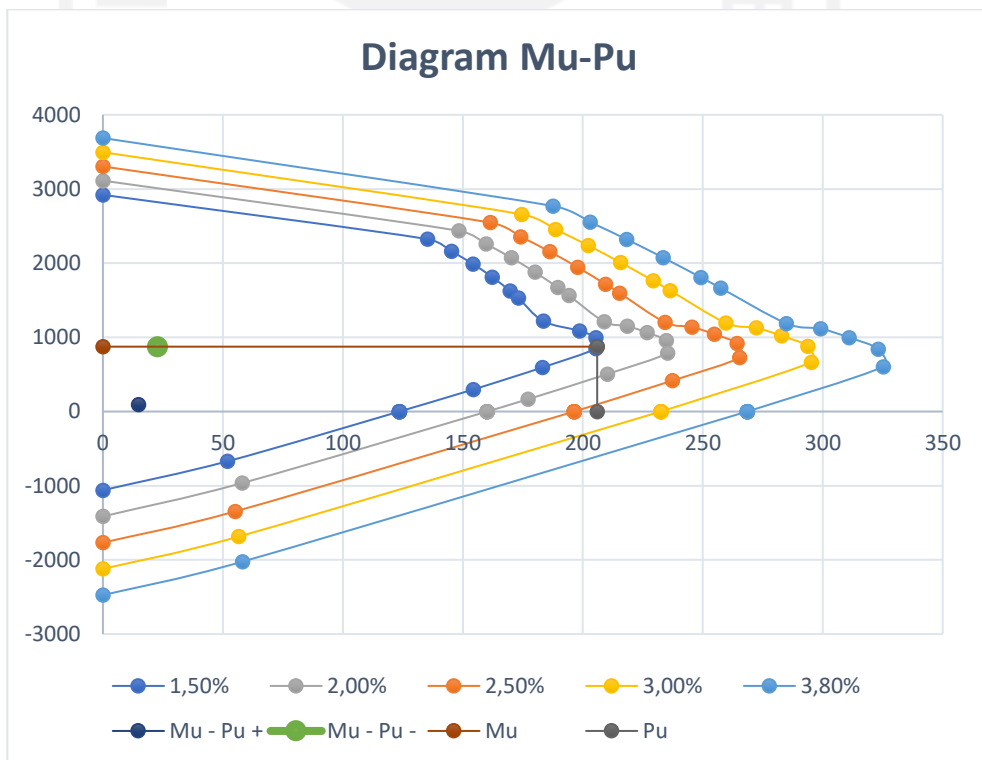
Gambar 5. 33 Diagram Mu-Pu Arah Z B160 (B2) Lantai 6 (H)

8. Balok Kolektor B160 (B2) Lantai 7

Balok kolektor B160 (B2) lantai 7 didapat persentase 3 % dengan tulangan sebanyak 12 tulangan dan diameter tulangan 25 mm untuk arah x. Kemudian untuk arah z didapat persentase 1,5 % dengan tulangan sebanyak 6 tulangan dan diameter tulangan 25 mm. Berikut ini adalah gambar diagram Mu-Pu pada arah x dan arah z.



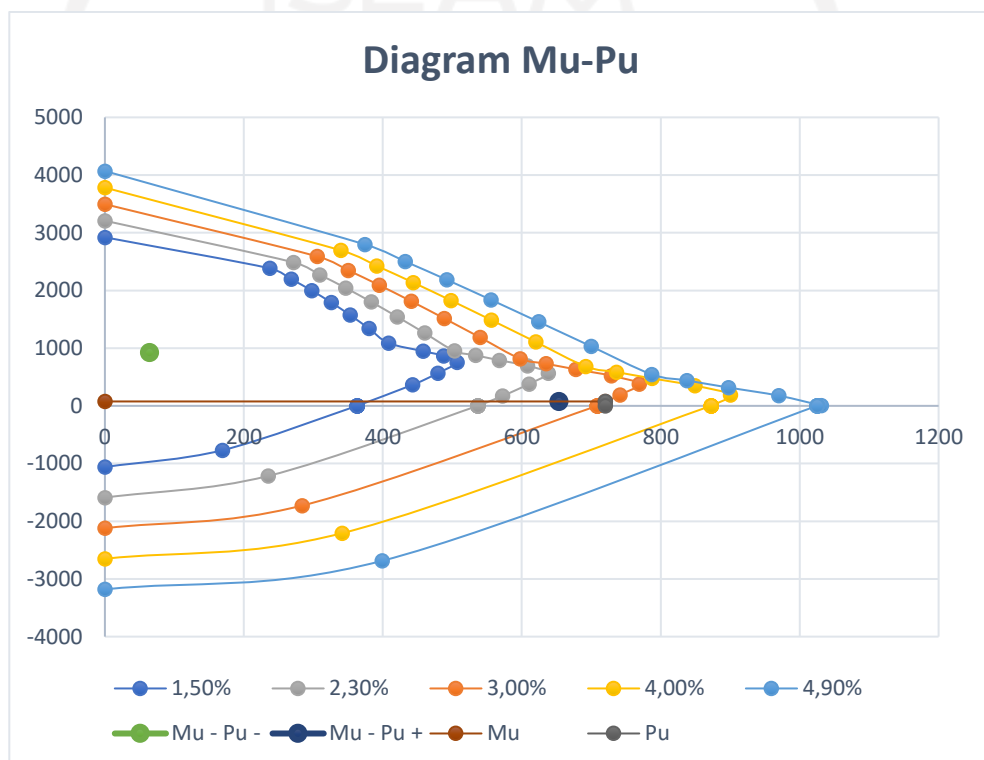
Gambar 5. 34 Diagram Mu-Pu Arah X B160 (B2) Lantai 7 (B)



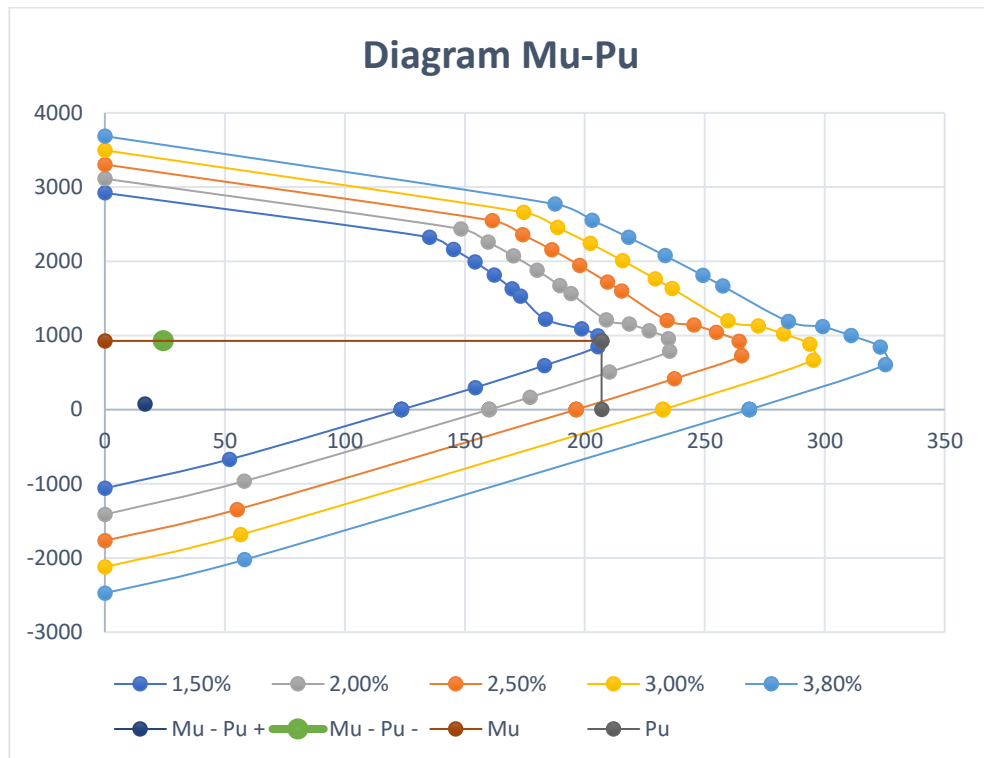
Gambar 5. 35 Diagram Mu-Pu Arah Z B160 (B2) Lantai 7 (H)

9. Balok Kolektor B160 (B2) Lantai 8

Balok kolektor B160 (B2) lantai 8 didapat persentase 3 % dengan tulangan sebanyak 12 tulangan dan diameter tulangan 25 mm untuk arah x. Kemudian untuk arah z didapat persentase 1,5 % dengan tulangan sebanyak 6 tulangan dan diameter tulangan 25 mm. Berikut ini adalah gambar diagram Mu-Pu pada arah x dan arah z.



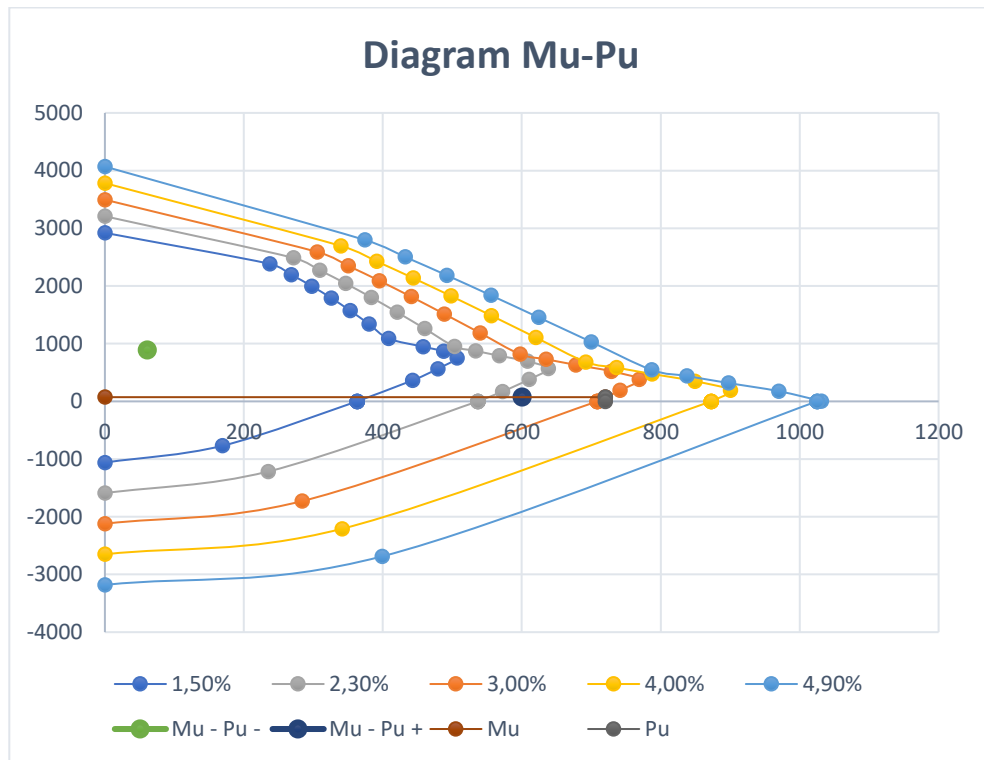
Gambar 5. 36 Diagram Mu-Pu Arah X B160 (B2) Lantai 8 (B)



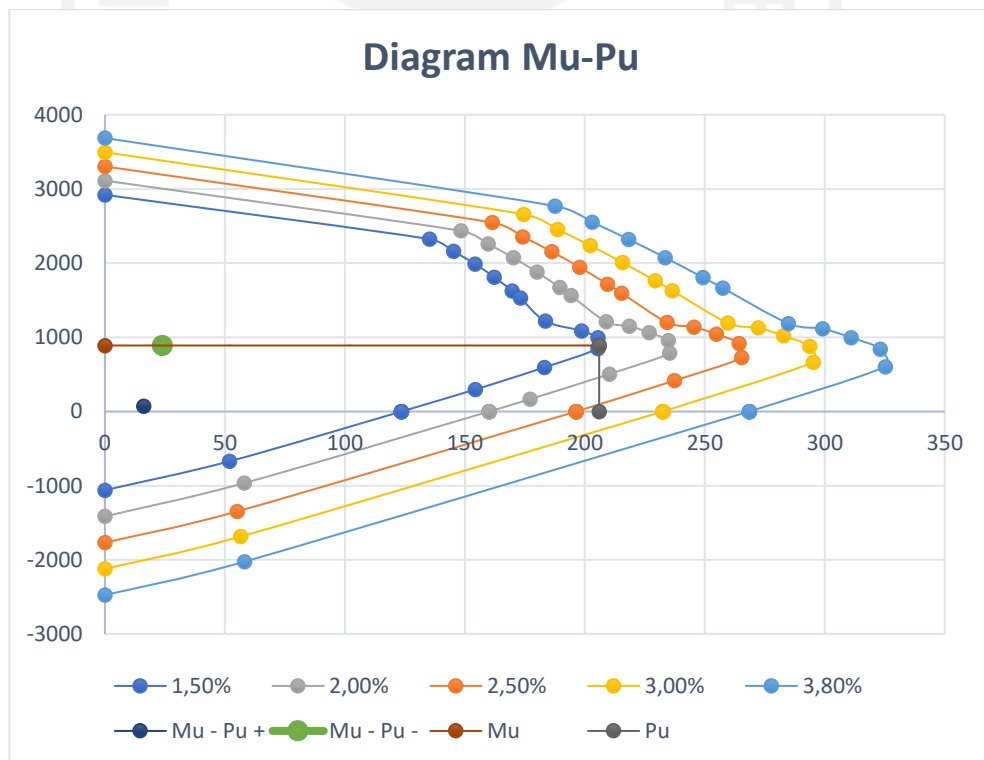
Gambar 5. 37 Diagram Mu-Pu Arah Z B160 (B2) Lantai 8 (H)

10. Balok Kolektor B160 (B2) Lantai 9

Balok kolektor B160 (B2) lantai 9 didapat persentase 3 % dengan tulangan sebanyak 12 tulangan dan diameter tulangan 25 mm untuk arah x. Kemudian untuk arah z didapat persentase 1,5 % dengan tulangan sebanyak 6 tulangan dan diameter tulangan 25 mm. Berikut ini adalah gambar diagram Mu-Pu pada arah x dan arah z.



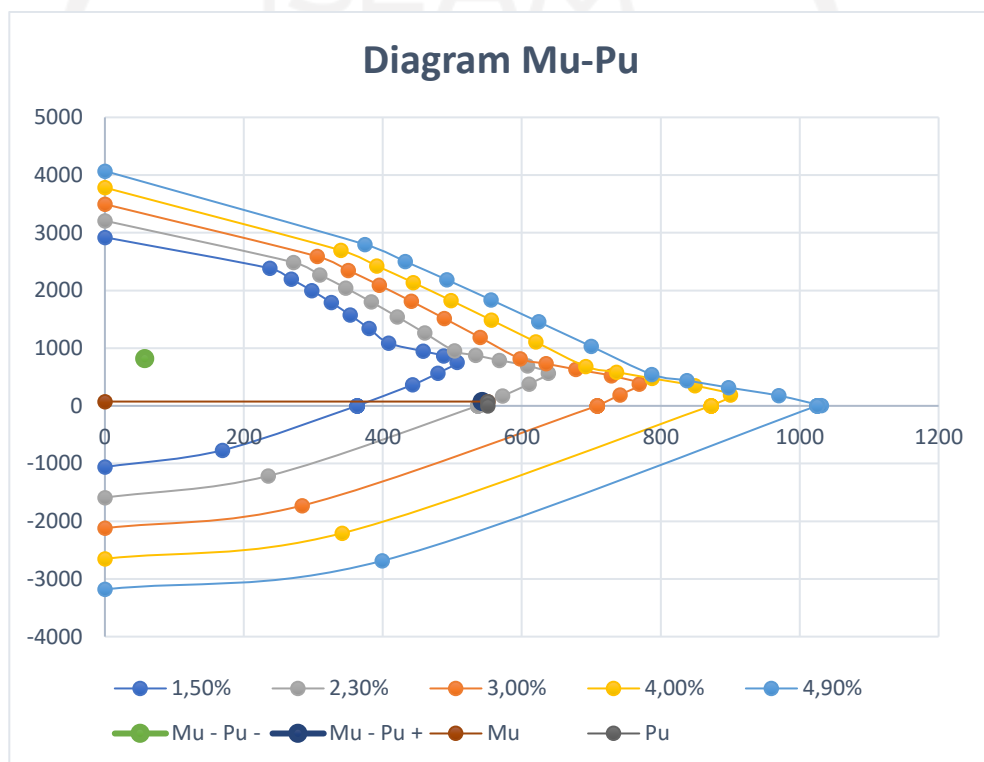
Gambar 5. 38 Diagram Mu-Pu Arah X B160 (B2) Lantai 9 (B)



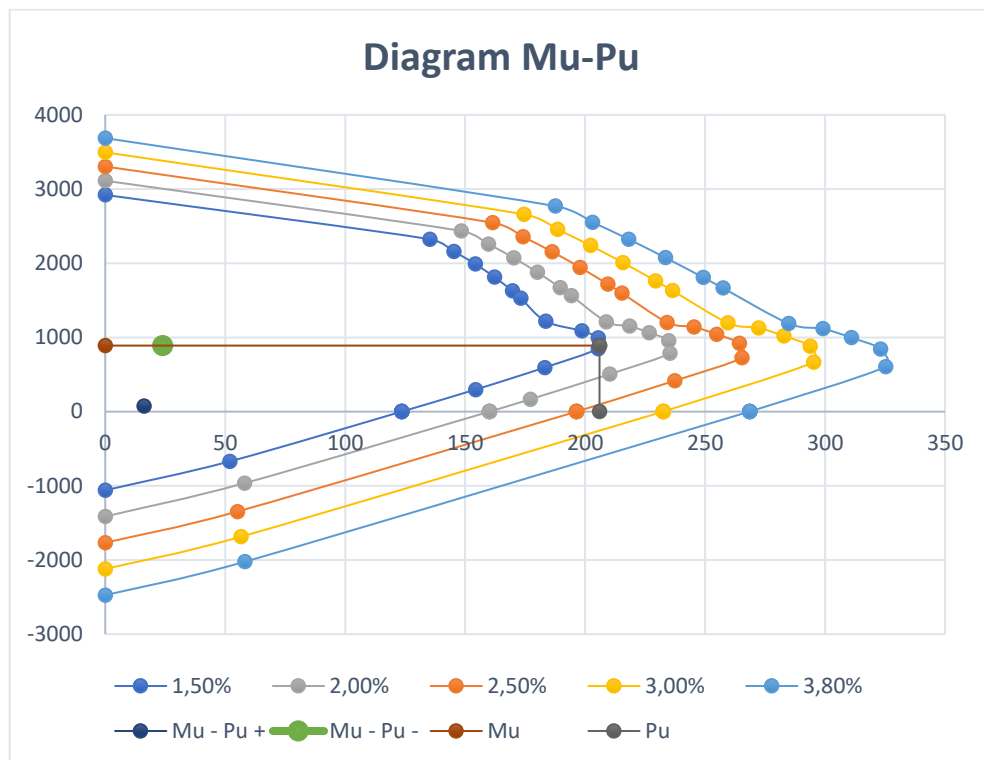
Gambar 5. 39 Diagram Mu-Pu Arah Z B160 (B2) Lantai 9 (H)

11. Balok Kolektor B160 (B2) Lantai 10

Balok kolektor B160 (B2) lantai 10 didapat persentase 2,3 % dengan tulangan sebanyak 9 tulangan dan diameter tulangan 25 mm untuk arah x. Kemudian untuk arah z didapat persentase 1,5 % dengan tulangan sebanyak 6 tulangan dan diameter tulangan 25 mm. Berikut ini adalah gambar diagram Mu-Pu pada arah x dan arah z.



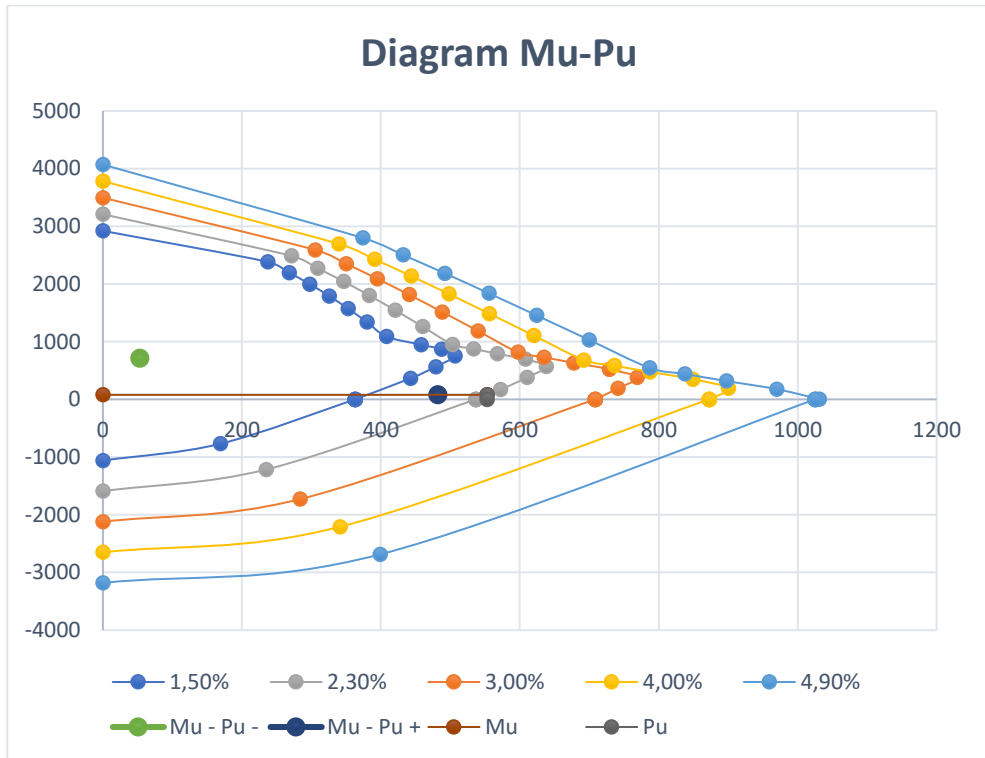
Gambar 5. 40 Diagram Mu-Pu Arah X B160 (B2) Lantai 10 (B)



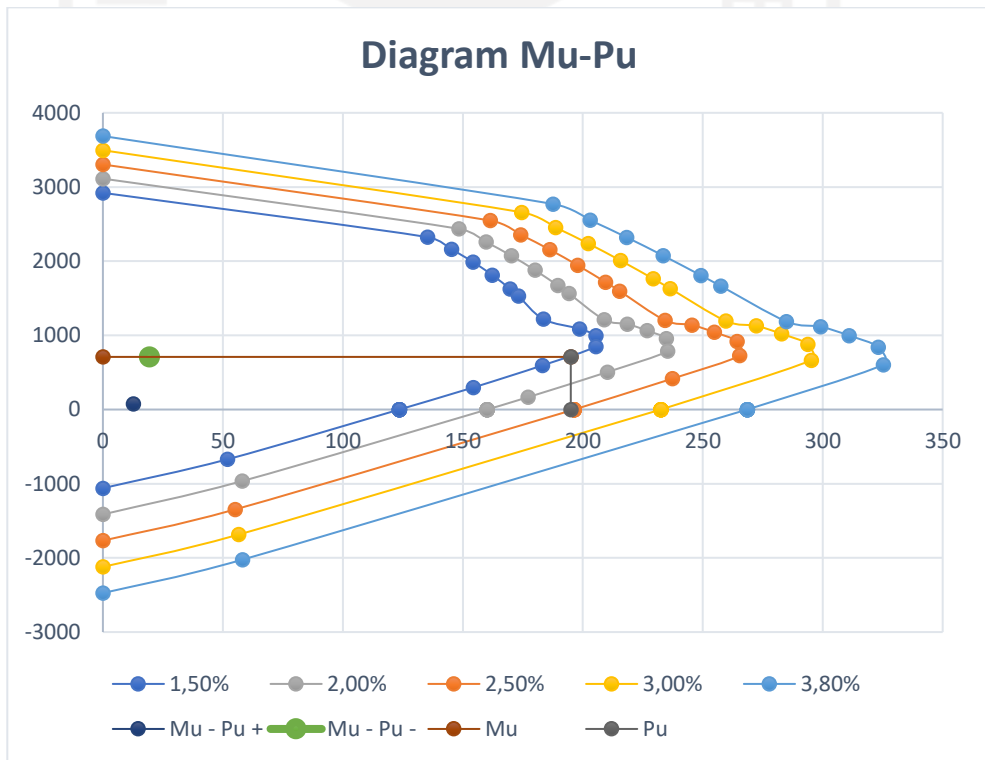
Gambar 5. 41 Diagram Mu-Pu Arah Z B160 (B2) Lantai 10 (H)

12. Balok Kolektor B160 (B2) Lantai 11

Balok kolektor B160 (B2) lantai 11 didapat persentase 2,3 % dengan tulangan sebanyak 9 tulangan dan diameter tulangan 25 mm untuk arah x. Kemudian untuk arah z didapat persentase 1,5 % dengan tulangan sebanyak 6 tulangan dan diameter tulangan 25 mm. Berikut ini adalah gambar diagram Mu-Pu pada arah x dan arah z.



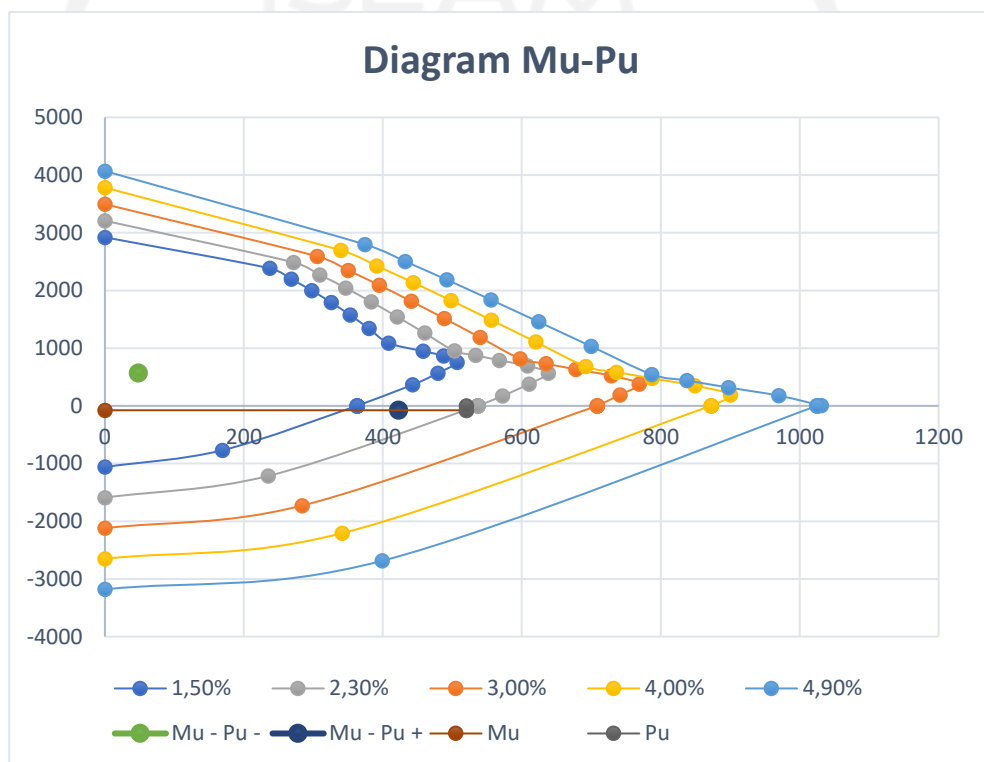
Gambar 5. 42 Diagram Mu-Pu Arah X B160 (B2) Lantai 11 (B)



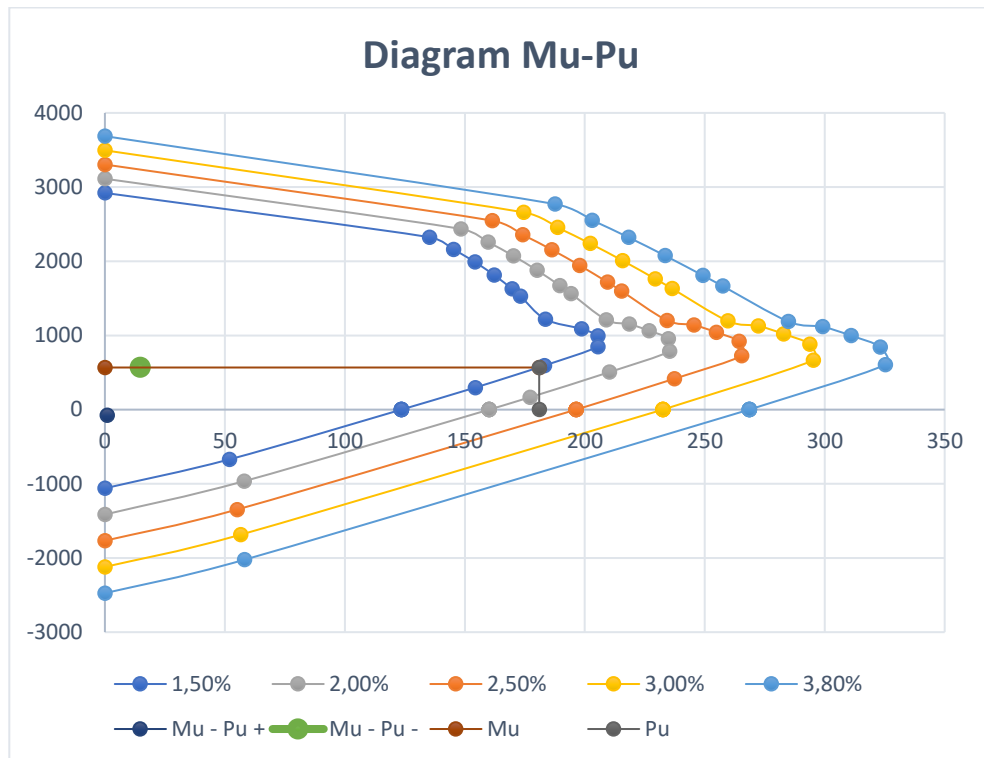
Gambar 5. 43 Diagram Mu-Pu Arah Z B160 (B2) Lantai 11 (H)

13. Balok Kolektor B160 (B2) Lantai 12

Balok kolektor B160 (B2) lantai 12 didapat persentase 2,3 % dengan tulangan sebanyak 9 tulangan dan diameter tulangan 25 mm untuk arah x. Kemudian untuk arah z didapat persentase 1,5 % dengan tulangan sebanyak 6 tulangan dan diameter tulangan 25 mm. Berikut ini adalah gambar diagram Mu-Pu pada arah x dan arah z.



Gambar 5. 44 Diagram Mu-Pu Arah X B160 (B2) Lantai 12 (B)



Gambar 5. 45 Diagram Mu-Pu Arah Z B160 (B2) Lantai 12 (H)

Dari hasil diagram Mu-Pu pada masing-masing balok kolektor yang telah didapat di atas, setelah itu hasil tersebut direkap sesuai dengan Tabel 5.29 dan 5.30 di bawah ini.

Tabel 5. 29 Rekapitulasi Tulangan Longitudinal Balok Kolektor Arah X (B)

Lantai	Tipe	Kode	Tulangan yang dibutuhkan			
			Tumpuan		Lapangan	
			Atas	Bawah	Atas	Bawah
12	B160	B2	6D25	3D25	3D25	6D25
11	B160	B2	6D25	3D25	3D25	6D25
10	B160	B2	6D25	3D25	3D25	6D25
9	B160	B2	8D25	4D25	4D25	8D25
8	B160	B2	8D25	4D25	4D25	8D25
7	B160	B2	8D25	4D25	4D25	8D25
6	B160	B2	10D25	5D25	5D25	10D25
5	B160	B2	10D25	5D25	5D25	10D25
4	B160	B2	10D25	5D25	5D25	10D25

Lanjutan Tabel 5.29 Rekapitulasi Tulangan Longitudinal Balok Kolektor Arah X (B)

Lantai	Tipe	Kode	Tulangan yang dibutuhkan			
			Tumpuan		Lapangan	
			Atas	Bawah	Atas	Bawah
2	B160	B2	8D25	4D25	4D25	8D25
1	B160	B2	6D25	3D25	3D25	6D25
	B223	B14	6D25	3D25	3D25	6D25
	B140	BA-4	6D25	3D25	3D25	6D25

Tabel 5. 30 Rekapitulasi Tulangan Longitudinal Balok Kolektor Arah Z (H)

Lantai	Tipe	Kode	Tulangan yang dibutuhkan	
			Kanan	Kiri
12	B160	B2	3D25	3D25
11	B160	B2	3D25	3D25
10	B160	B2	3D25	3D25
9	B160	B2	3D25	3D25
8	B160	B2	3D25	3D25
7	B160	B2	3D25	3D25
6	B160	B2	3D25	3D25
5	B160	B2	3D25	3D25
4	B160	B2	3D25	3D25
2	B160	B2	3D25	3D25
1	B160	B2	3D25	3D25
	B223	B14	3D25	3D25
	B140	BA-4	3D25	3D25

5.10.2 Perhitungan Tulangan Transversal Balok Kolektor

Perhitungan tulangan transversal balok kolektor ini memerlukan data dari program Etabs yaitu gaya geser akibat adanya beban mati dan beban hidup, selain itu juga diperlukan momen kapasitas yang telah didapat dari desain tulangan lentur balok kolektor. Berikut ini merupakan perhitungan tulangan transversal pada balok kolektor B160 (B2) lantai 1.

Diketahui :

Daerah Sendi Plastis

$$V_g \text{ kanan} = -26,340 \text{ kN}$$

$$Vg \text{ kiri} = 19,459 \text{ kN}$$

$$M_{kap} = 535 \text{ kNm}$$

$$B = 300 \text{ mm}$$

$$H = 600 \text{ mm}$$

$$L_n = 3300 \text{ mm}$$

$$F_c' = 29,5 \text{ MPa}$$

$$F_y = 400 \text{ MPa}$$

$$\emptyset_{\text{Pokok}} = 25 \text{ mm}$$

$$\emptyset_{\text{Sengkang}} = 10 \text{ mm}$$

$$S_b = 25 \text{ mm}$$

$$\phi = 0,75$$

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} H' = d &= H - (S_b + \emptyset_{\text{Sengkang}} + \frac{\emptyset_{\text{Pokok}}}{2}) \\ &= 600 - (25 + 10 + \frac{25}{2}) \\ &= 552,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_e &= \frac{M_{kap}}{L_n} \\ &= \frac{535}{3,3} \\ &= 162,121 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u \text{ kiri} &= V_e + V_g \text{ kiri} \\ &= 162,121 + (-26,340) \\ &= 135,781 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Vu \text{ kanan} &= Ve + Vg \text{ kanan} \\
 &= 162,121 + 19,459 \\
 &= 181,580 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$Vu \text{ pakai} = 181,580 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 0,5 Vu &= 0,5 (181,580) \\
 &= 90,790 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Nilai $Vc = 0$ karena $0,5Vu < Ve$

Syarat SNI pasal 18.6.4.4.

$$\begin{aligned}
 S1 &= \frac{d}{4} \\
 &= \frac{552,5}{4} \\
 &= 138,125 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S2 &= 6 \cdot \emptyset \text{ Pokok} \\
 &= 6 \cdot 25 \\
 &= 150 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S3 = 150 \text{ mm}$$

$$S_{min} = S1 = 138,125 \text{ mm}$$

$$S_{pakai} = 100 \text{ mm}$$

$$n = 2 \text{ kaki}$$

$$\begin{aligned}
 A_{sv} &= n \times \frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset \text{ Sengkang}^2 \\
 &= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\
 &= 157,080 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_s &= \frac{A_{sv} \times f_y \times d}{s_{pakai}} \\
 &= \frac{157,080 \times 400 \times 552,5}{100} \\
 &= 347145,988 \text{ N} \\
 &= 347,146 \text{ Kn}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi V_n &= \phi (V_c + V_s) \\
 &= 0,75 (0 + 347,146) \\
 &= 260,359 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\phi V_n (260,359 \text{ kN}) > V_{u_{pakai}} (181,580 \text{ kN})$$

Dari hasil tersebut desain kuat geser telah memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI 2847-2019 Pasal 22.9.3.1. Sehingga tulangan sengkang pada daerah sendi plastis menggunakan 2D10-100.

Berikut ini dilanjut dengan perhitungan tulangan sengkang pada daerah luar sendi plastis.

Diketahui :

$$V_g \text{ kiri} = -4,060 \text{ kN}$$

$$V_g \text{ kanan} = 0,266 \text{ Kn}$$

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}
 V_u \text{ kiri} &= V_e + V_g \text{ kiri} \\
 &= 162,121 + (-4,060) \\
 &= 158,062 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_u \text{ kanan} &= V_e + V_g \text{ kanan} \\
 &= 162,121 + 0,266 \\
 &= 162,387 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$V_{u \text{ pakai}} = 162,387 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d \\ &= 0,17 \sqrt{29,5} \cdot 300 \cdot 552,5 \\ &= 153042,999 \text{ N} \\ &= 153,043 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_I &= \frac{d}{2} \\ &= \frac{552,5}{2} \\ &= 276,250 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{pakai} = 200 \text{ mm}$$

$$n = 2$$

$$\begin{aligned} A_{sv} &= n \times \frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset \text{Sengkang}^2 \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\ &= 157,080 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{A_{sv} \times f_y \times d}{S_{pakai}} \\ &= \frac{157,080 \times 400 \times 552,5}{200} \\ &= 173572,994 \text{ N} \\ &= 173,573 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= \phi (V_c + V_s) \\ &= 0,75 (153,043 + 173,573) \\ &= 169,897 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\phi V_n (169,897 \text{ kN}) > V_{u \text{ pakai}} (162,387 \text{ kN})$$

Dari hasil perhitungan diatas tulangan sengkang pada daerah luar sendi plastis menggunakan 2D10-200.

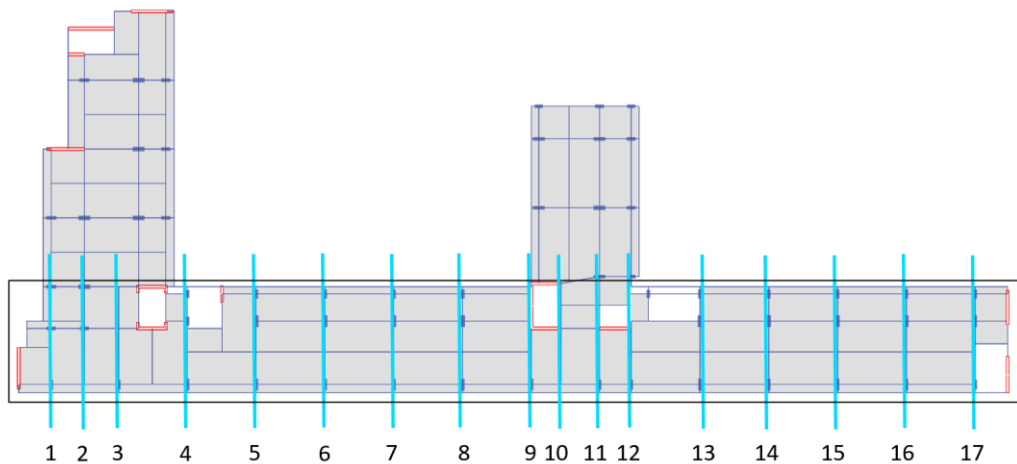
Berikut ini adalah rekapitulasi tulangan transversal seluruh balok kolektor pada Tabel 5.31.

Tabel 5. 31 Rekapitulasi Tulangan Transversal Balok Kolektor

Lantai	Tipe	Kode	Tulangan Geser	
			Sendi Plastis	Luar Sendi Plastis
1	B160	B2	2D10-100 mm	2D10-200 mm
	B223	B14	2D10-100 mm	2D10-200 mm
	B140	BA-4	2D10-100 mm	2D10-200 mm
2	B160	B2	2D10-100 mm	2D10-150 mm
4	B160	B2	3D10-100 mm	3D10-150 mm
5	B160	B2	3D10-100 mm	3D10-150 mm
6	B160	B2	2D10-100 mm	3D10-200 mm
7	B160	B2	2D10-100 mm	3D10-200 mm
8	B160	B2	2D10-100 mm	2D10-150 mm
9	B160	B2	2D10-100 mm	2D10-150 mm
10	B160	B2	2D10-100 mm	2D10-200 mm
11	B160	B2	2D10-100 mm	2D10-200 mm
12	B160	B2	2D10-100 mm	2D10-200 mm

5.11 Desain Elemen Kord

Desain elemen kord pada bangunan apartemen ini menyatu dengan pelat yang pada ujung bangunan terdapat dinding geser. Gambar dibawah ini menunjukkan hasil analisis daerah elemen kord pada bangunan yang ditinjau. Pada daerah elemen kord tersebut dilakukan *section cut* yang berada pada diafragma agar dapat memunculkan gaya-gaya yang diperlukan untuk analisis. Berikut ini adalah gambar yang menunjukkan daerah elemen kord dan *section cut* yang diperlukan pada Gambar 5.38



Gambar 5. 46 Elemen Kord dan *Section Cut* Pada Seluruh Lantai

Dari hasil section cut yang dilakukan sesuai dengan gambar diatas didapat hasil pada Tabel 5.32 hingga 5.36.

Tabel 5. 32 Hasil *Output Section Cut* Pada Lantai 1-3

SecCut	Lantai 1		Lantai 2		Lantai 3	
	F2 (kN)	M3 (kNm)	F2 (kN)	M3 (kNm)	F2 (kN)	M3 (kNm)
1	497,2793	1621,135	783,507	2116,798	777,8421	2060,69
2	130,0943	1376,146	384,5484	1803,554	479,7755	1832,403
3	404,6137	1638,175	322,918	2728,33	481,6684	2989,374
4	255,8581	1308,668	519,0223	2838,095	255,1277	2794,333
5	247,8605	815,5333	296,9341	2086,657	291,1405	3210,147
6	109,4262	726,6771	265,4744	1405,886	380,9125	2225,37
7	190,9148	537,4889	324,2891	547,8266	470,5932	1204,081
8	213,7664	1184,655	418,2917	1519,801	586,3077	2333,677
9	156,7755	1143,727	461,1367	1298,18	612,2269	2013,746
10	558,8679	3328,78	432,5687	2299,17	477,3456	2284,378
11	281,1378	1057,906	332,549	1759,425	429,3687	2693,948
12	329,1696	3221,87	382,005	2205,409	357,3921	1654,694
13	169,7941	818,7623	317,1943	795,5718	410,384	781,3935
14	107,0055	444,2479	193,8036	1038,245	247,6814	1325,272
15	53,8912	705,9935	82,7349	1362,602	105,5534	1695,637
16	58,3953	735,4632	96,429	1209,39	121,6394	1454,067
17	159,1094	487,92	242,8672	502,6368	281,0848	578,863

Tabel 5. 33 Hasil Output Section Cut Pada Lantai 4-6

SecCut	Lantai 4		Lantai 5		Lantai 6	
	F2 (kN)	M3 (kNm)	F2 (kN)	M3 (kNm)	F2 (kN)	M3 (kNm)
1	750,4232	1668,48	715,81	1292,28	685,9217	1004,985
2	659,9277	1687,007	796,3428	1478,058	888,6697	1331,427
3	699,5335	3059,813	855,1874	3096,508	963,492	3082,827
4	289,9688	4212,147	316,5551	3774,879	338,1743	4090,397
5	321,4276	3290,33	371,3497	4922,036	402,7712	5399,999
6	445,1259	3018,242	486,8712	3607,889	231,7499	4001,462
7	565,2707	1921,194	603,4737	2538,768	612,2892	3005,851
8	689,4508	3146,006	721,4764	3682,375	718,7057	4004,916
9	703,3639	2775,074	723,6238	3302,451	709,9083	3632,133
10	495,2348	2012,133	492,0165	1886,852	479,1083	1693,525
11	503,3293	3356,676	545,5375	3786,247	559,9825	4033,793
12	360,1513	1353,006	356,887	1441,024	344,4198	1544,958
13	444,5343	687,5275	444,5342	565,3297	430,3845	506,9416
14	287,0254	1315,454	292,7392	1344,188	292,1765	1578,863
15	136,718	1722,552	153,4092	1599,475	164,0136	1432,687
16	125,514	1474,431	118,5715	1391,524	108,2177	1266,286
17	288,9975	569,6546	277,1776	529,5923	258,2432	478,558

Tabel 5. 34 Hasil Output Section Cut Pada Lantai 7-9

SecCut	Lantai 7		Lantai 8		Lantai 9	
	F2 (kN)	M3 (kNm)	F2 (kN)	M3 (kNm)	F2 (kN)	M3 (kNm)
1	657,8826	816,3157	626,4314	689,4385	593,0995	615,6027
2	934,0167	1218,335	937,3785	1122,776	903,1818	1044,551
3	1017,054	3014,861	1023,513	2926,478	986,8667	2795,331
4	364,0317	4233,3	365,1025	4215,522	342,4226	4054,982
5	419,4808	5618,304	413,8517	5649,69	372,8639	5401,606
6	512,0168	4212,52	499,4798	4282,025	469,3114	4231,088
7	605,4353	3294,609	585,2844	3420,704	551,3754	3405,784
8	701,0899	4143,374	673,5626	4107,447	636,38	3901,746
9	682,8915	3783,956	649,0049	3765,458	608,9883	3582,074
10	458,3684	1233,239	431,5459	1320,092	403,0012	853,5652
11	554,846	4121,168	530,3973	4029,645	497,0117	3763,983
12	328,7963	1597,321	313,3091	1588,403	298,3877	1514,703
13	411,7417	535,5096	392,6971	528,7371	372,3204	489,5366
14	284,3237	1658,535	272,1846	1605,742	255,054	1438,624
15	165,694	1286,463	158,8421	1198,683	144,0805	1186,025

Lanjutan Tabel 5.34 Hasil Output Section Cut Pada Lantai 7-9

SecCut	Lantai 7		Lantai 8		Lantai 9	
	F2 (kN)	M3 (kNm)	F2 (kN)	M3 (kNm)	F2 (kN)	M3 (kNm)
16	98,7948	1149,635	93,7074	1080,73	94,6353	1062,074
17	240,0347	437,3447	228,1999	410,7774	224,7383	397,851

Tabel 5. 35 Hasil Output Section Cut Pada Lantai 10-12

SecCut	Lantai 10		Lantai 11		Lantai 12	
	F2 (kN)	M3 (kNm)	F2 (kN)	M3 (kNm)	F2 (kN)	M3 (kNm)
1	564,9627	625,1774	545,4115	715,5078	524,4741	855,3091
2	835,3852	1003,493	737,8348	1000,367	607,5979	1032,391
3	910,7383	2580,487	800,5144	2333,309	648,2308	2126,954
4	296,619	3776,03	231,852	3400,346	172,7824	2961,707
5	342,6352	5219,094	280,4017	4838,505	214,0834	4362,396
6	423,6045	4090,001	366,682	3881,124	297,2628	3604,8
7	506,8054	3271,308	453,0719	3038,554	378,7709	2787,192
8	592,5555	3530,926	540,0358	3002,948	466,4346	2567,214
9	565,0653	3238,62	512,4021	2832,676	439,8311	2533,407
10	376,7803	962,692	353,0317	784,1314	325,7641	594,7878
11	468,4267	3336,001	432,2582	2762,372	404,7954	2101,916
12	282,831	1382,287	266,7138	1198,691	248,4551	978,5483
13	348,6029	414,0878	323,0604	447,3273	301,5917	579,8513
14	232,1483	1154,593	206,7882	1107,197	184,8772	1468,899
15	122,0579	1241,967	96,1045	1384,22	67,0705	1674,89
16	101,3393	1086,817	117,3318	1168,773	143,1324	1353,82
17	228,8067	396,2115	245,3064	408,3641	278,3811	447,5938

Tabel 5. 36 Hasil Output Section Cut Pada Lantai 13-15

SecCut	Lantai 13		Lantai 14		Lantai 15	
	F2 (kN)	M3 (kNm)	F2 (kN)	M3 (kNm)	F2 (kN)	M3 (kNm)
1	531,5139	1022,929	377,6835	740,9201	981,4909	2325,511
2	512,8413	989,7088	275,5686	832,8787	572,2323	2086,088
3	525,0836	1913,798	326,61	1408,453	623,7212	3934,517
4	160,2132	2453,991	308,1179	1779,568	688,9266	5033,663
5	161,0852	3766,175	109,9142	2850,689	531,3926	3568,158
6	191,8167	3271,098	125,9967	2946,44	500,0446	3242,519
7	247,6608	2719,462	150,0577	2828,965	492,8184	3443,719

Lanjutan Tabel 5.36 Hasil *Output Section Cut* Pada Lantai 13-15

SecCut	Lantai 13		Lantai 14		Lantai 15	
	F2 (kN)	M3 (kNm)	F2 (kN)	F2 (kN)	M3 (kNm)	F2 (kN)
8	339,4501	2182,195	163,7257	2725,622	557,905	4959,876
9	331,6885	2184,97	221,9648	2678,505	780,5789	4686,785
10	266,097	347,0925	344,1359	498,8043	497,484	1103,153
11	330,604	1384,184	378,8641	1879,423	728,3756	4546,894
12	228,7334	1022,555	205,0182	1978,835	385,4336	721,9089
13	270,0748	765,5605	159,102	894,1397	541,8442	2910,953
14	147,6058	1920,439	118,6375	2174,024	354,3021	2129,137
15	70,8548	1997,936	137,1403	1951,993	254,9311	1545,199
16	173,2955	1572,537	207,0461	1418,706	218,5466	1006,003
17	312,932	548,7862	315,4628	397,8039	222,683	501,1616

Setelah didapat data seperti pada tabel di atas maka dapat dilakukan perhitungan tulangan kord yang perlu di pasang pada diafragma yang dianalisis. Berikut ini merupakan perhitungan tulangan elemen kord pada *section cut* 3 lantai 6.

1. Desain Geser Diafragma

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 d & : \text{Lebar potongan} & = 11,7 \text{ m} \\
 V_u & : \text{Gaya Geser Potongan} & = 963,492 \text{ kN} \\
 F'_c & : \text{Kuat Tekan Beton} & = 29,5 \text{ MPa} \\
 b & : \text{Tebal Pelat} & = 120 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}
 V_n & : \text{Gaya nominal perlu} & = \frac{V_u}{\phi} \\
 & & = \frac{963,492}{0,65} \\
 & & = 1482,295 \text{ kN} \\
 V_c & : \text{Gaya geser beton} & = 0,17\sqrt{f'_c} b x d \\
 & & = 0,17\sqrt{29,5} x 120 x 11700 \\
 & & = 1270945,317 \text{ N} \\
 & & = 1270,945 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

V_n (1482,295 kN) > V_c (1270,945 kN) → Tulangan Geser

Dari hasil perhitungan diatas didapat nilai gaya nominal perlu lebih besar dari pada nilai gaya geser beton, maka diperlukan adanya tulangan geser diafragma. Berikut ini adalah tabel rekapitulasi pada seluruh lantai yang dapat dilihat pada Tabel 5.37 hingga 5.51.

Tabel 5. 37 Hasil Pemeriksaan Tulangan Geser Diafragma Lantai 1

Lantai 1					
SecCut	d	$F2$	V_n	V_c	Status
	m	kN	kN	kN	
1	11,7	497,2793	765,0451	1270,945	Tidak Tulangan Geser
2	11,7	130,0943	200,1451	1270,945	Tidak Tulangan Geser
3	11,7	404,6137	622,4826	1270,945	Tidak Tulangan Geser
4	11,7	255,8581	393,6278	1270,945	Tidak Tulangan Geser
5	11,7	247,8605	381,3238	1270,945	Tidak Tulangan Geser
6	11,7	109,4262	168,348	1270,945	Tidak Tulangan Geser
7	11,7	190,9148	293,7151	1270,945	Tidak Tulangan Geser
8	11,7	213,7664	328,8714	1270,945	Tidak Tulangan Geser
9	11,7	156,7755	241,1931	1270,945	Tidak Tulangan Geser
10	7,1	558,8679	859,7968	771,2574	TulanganGeser
11	7,1	281,1378	432,5197	1270,945	Tidak Tulangan Geser
12	7,1	329,1696	506,4148	771,2574	Tidak Tulangan Geser
13	7,9	169,7941	261,2217	858,1597	Tidak Tulangan Geser
14	11,7	107,0055	164,6238	1270,945	Tidak Tulangan Geser
15	11,7	53,8912	82,90954	1270,945	Tidak Tulangan Geser
16	11,7	58,3953	89,83892	1270,945	Tidak Tulangan Geser
17	11,7	159,1094	244,7837	1270,945	Tidak Tulangan Geser

Tabel 5. 38 Hasil Pemeriksaan Tulangan Geser Diafragma Lantai 2

Lantai 2					
SecCut	d	$F2$	V_n	V_c	Status
	m	kN	kN	kN	
1	11,7	783,507	1205,395	1270,945	Tidak Tulangan Geser
2	11,7	384,5484	591,6129	1270,945	Tidak Tulangan Geser
3	11,7	322,918	496,7969	1270,945	Tidak Tulangan Geser
4	11,7	519,0223	798,4958	1270,945	Tidak Tulangan Geser
5	11,7	296,9341	456,8217	1270,945	Tidak Tulangan Geser
6	11,7	265,4744	408,4222	1270,945	Tidak Tulangan Geser
7	11,7	324,2891	498,9063	1270,945	Tidak Tulangan Geser

Lanjutan Tabel 5.38 Hasil Pemeriksaan Tulangan Geser Diafragma Lantai 2

Lantai 2					
SecCut	<i>d</i>	<i>F2</i>	<i>Vn</i>	<i>Vc</i>	Status
	m	kN	kN	kN	
8	11,7	418,2917	643,5257	1270,945	Tidak Tulangan Geser
9	11,7	461,1367	709,4411	1270,945	Tidak Tulangan Geser
10	7,1	432,5687	665,4903	771,2574	Tidak Tulangan Geser
11	7,1	332,549	511,6138	1270,945	Tidak Tulangan Geser
12	7,1	382,005	587,7	771,2574	Tidak Tulangan Geser
13	7,9	317,1943	487,9912	858,1597	Tidak Tulangan Geser
14	11,7	193,8036	298,1594	1270,945	Tidak Tulangan Geser
15	11,7	82,7349	127,2845	1270,945	Tidak Tulangan Geser
16	11,7	96,429	148,3523	1270,945	Tidak Tulangan Geser
17	11,7	242,8672	373,6418	1270,945	Tidak Tulangan Geser

Tabel 5. 39 Hasil Pemeriksaan Tulangan Geser Diafragma Lantai 3

Lantai 3					
SecCut	<i>d</i>	<i>F2</i>	<i>Vn</i>	<i>Vc</i>	Status
	m	kN	kN	kN	
1	11,7	777,8421	1196,68	1270,945	Tidak Tulangan Geser
2	11,7	479,7755	738,1162	1270,945	Tidak Tulangan Geser
3	11,7	481,6684	741,0283	1270,945	Tidak Tulangan Geser
4	11,7	255,1277	392,5042	1270,945	Tidak Tulangan Geser
5	11,7	291,1405	447,9085	1270,945	Tidak Tulangan Geser
6	11,7	380,9125	586,0192	1270,945	Tidak Tulangan Geser
7	11,7	470,5932	723,9895	1270,945	Tidak Tulangan Geser
8	11,7	586,3077	902,0118	1270,945	Tidak Tulangan Geser
9	11,7	612,2269	941,8875	1270,945	Tidak Tulangan Geser
10	7,1	477,3456	734,3778	771,2574	Tidak Tulangan Geser
11	7,1	429,3687	660,5672	1270,945	Tidak Tulangan Geser
12	7,1	357,3921	549,834	771,2574	Tidak Tulangan Geser
13	7,9	410,384	631,36	858,1597	Tidak Tulangan Geser
14	11,7	247,6814	381,0483	1270,945	Tidak Tulangan Geser
15	11,7	105,5534	162,3898	1270,945	Tidak Tulangan Geser
16	11,7	121,6394	187,1375	1270,945	Tidak Tulangan Geser
17	11,7	281,0848	432,4382	1270,945	Tidak Tulangan Geser

Tabel 5. 40 Hasil Pemeriksaan Tulangan Geser Diafragma Lantai 4

Lantai 4					
SecCut	<i>d</i>	<i>F2</i>	<i>Vn</i>	<i>Vc</i>	Status
	m	kN	kN	kN	
1	11,7	750,4232	1154,497	1270,945	Tidak Tulangan Geser
2	11,7	659,9277	1015,273	1270,945	Tidak Tulangan Geser
3	11,7	699,5335	1076,205	1270,945	Tidak Tulangan Geser
4	11,7	289,9688	446,1058	1270,945	Tidak Tulangan Geser
5	11,7	321,4276	494,504	1270,945	Tidak Tulangan Geser
6	11,7	445,1259	684,8091	1270,945	Tidak Tulangan Geser
7	11,7	565,2707	869,6472	1270,945	Tidak Tulangan Geser
8	11,7	689,4508	1060,694	1270,945	Tidak Tulangan Geser
9	11,7	703,3639	1082,098	1270,945	Tidak Tulangan Geser
10	7,1	495,2348	761,8997	771,2574	Tidak Tulangan Geser
11	7,1	503,3293	774,3528	1270,945	Tidak Tulangan Geser
12	7,1	360,1513	554,0789	771,2574	Tidak Tulangan Geser
13	7,9	444,5343	683,8989	858,1597	Tidak Tulangan Geser
14	11,7	287,0254	441,5775	1270,945	Tidak Tulangan Geser
15	11,7	136,718	210,3354	1270,945	Tidak Tulangan Geser
16	11,7	125,514	193,0985	1270,945	Tidak Tulangan Geser
17	11,7	288,9975	444,6115	1270,945	Tidak Tulangan Geser

Tabel 5. 41 Hasil Pemeriksaan Tulangan Geser Diafragma Lantai 5

Lantai 5					
SecCut	<i>d</i>	<i>F2</i>	<i>Vn</i>	<i>Vc</i>	Status
	m	kN	kN	kN	
1	11,7	715,81	1101,246	1270,945	Tidak Tulangan Geser
2	11,7	796,3428	1225,143	1270,945	Tidak Tulangan Geser
3	11,7	855,1874	1315,673	1270,945	Tulangan Geser
4	11,7	316,5551	487,0078	1270,945	Tidak Tulangan Geser
5	11,7	371,3497	571,3072	1270,945	Tidak Tulangan Geser
6	11,7	486,8712	749,0326	1270,945	Tidak Tulangan Geser
7	11,7	603,4737	928,4211	1270,945	Tidak Tulangan Geser
8	11,7	721,4764	1109,964	1270,945	Tidak Tulangan Geser
9	11,7	723,6238	1113,267	1270,945	Tidak Tulangan Geser
10	7,1	492,0165	756,9485	771,2574	Tidak Tulangan Geser
11	7,1	545,5375	839,2885	1270,945	Tidak Tulangan Geser
12	7,1	356,887	549,0569	771,2574	Tidak Tulangan Geser
13	7,9	444,5342	683,8988	858,1597	Tidak Tulangan Geser
14	11,7	292,7392	450,368	1270,945	Tidak Tulangan Geser
15	11,7	153,4092	236,0142	1270,945	Tidak Tulangan Geser

Lanjutan Tabel 5.41 Hasil Pemeriksaan Tulangan Geser Diafragma Lantai 5

Lantai 5					
SecCut	<i>d</i>	<i>F2</i>	<i>Vn</i>	<i>Vc</i>	Status
	m	kN	kN	kN	
16	11,7	118,5715	182,4177	1270,945	Tidak Tulangan Geser
17	11,7	277,1776	426,4271	1270,945	Tidak Tulangan Geser

Tabel 5. 42 Hasil Pemeriksaan Tulangan Geser Diafragma Lantai 6

Lantai 6					
SecCut	<i>d</i>	<i>F2</i>	<i>Vn</i>	<i>Vc</i>	Status
	m	kN	kN	kN	
1	11,7	685,9217	1055,264	1270,945	Tidak Tulangan Geser
2	11,7	888,6697	1367,184	1270,945	TulanganGeser
3	11,7	963,492	1482,295	1270,945	TulanganGeser
4	11,7	338,1743	520,2682	1270,945	Tidak Tulangan Geser
5	11,7	402,7712	619,648	1270,945	Tidak Tulangan Geser
6	11,7	231,7499	356,5383	1270,945	Tidak Tulangan Geser
7	11,7	612,2892	941,9834	1270,945	Tidak Tulangan Geser
8	11,7	718,7057	1105,701	1270,945	Tidak Tulangan Geser
9	11,7	709,9083	1092,167	1270,945	Tidak Tulangan Geser
10	7,1	479,1083	737,0897	771,2574	Tidak Tulangan Geser
11	7,1	559,9825	861,5115	1270,945	Tidak Tulangan Geser
12	7,1	344,4198	529,8766	771,2574	Tidak Tulangan Geser
13	7,9	430,3845	662,13	858,1597	Tidak Tulangan Geser
14	11,7	292,1765	449,5023	1270,945	Tidak Tulangan Geser
15	11,7	164,0136	252,3286	1270,945	Tidak Tulangan Geser
16	11,7	108,2177	166,4888	1270,945	Tidak Tulangan Geser
17	11,7	258,2432	397,2972	1270,945	Tidak Tulangan Geser

Tabel 5. 43 Hasil Pemeriksaan Tulangan Geser Diafragma Lantai 7

Lantai 7					
SecCut	<i>d</i>	<i>F2</i>	<i>Vn</i>	<i>Vc</i>	Status
	m	kN	kN	kN	
1	11,7	657,8826	1012,127	1270,945	Tidak Tulangan Geser
2	11,7	934,0167	1436,949	1270,945	TulanganGeser
3	11,7	1017,054	1564,699	1270,945	TulanganGeser
4	11,7	364,0317	560,0488	1270,945	Tidak Tulangan Geser
5	11,7	419,4808	645,3551	1270,945	Tidak Tulangan Geser
6	11,7	512,0168	787,7182	1270,945	Tidak Tulangan Geser

Lanjutan Tabel 5.43 Hasil Pemeriksaan Tulangan Geser Diafragma Lantai 7

Lantai 7					
SecCut	<i>d</i>	<i>F2</i>	<i>Vn</i>	<i>Vc</i>	Status
	m	kN	kN	kN	
7	11,7	605,4353	931,4389	1270,945	Tidak Tulangan Geser
8	11,7	701,0899	1078,6	1270,945	Tidak Tulangan Geser
9	11,7	682,8915	1050,602	1270,945	Tidak Tulangan Geser
10	7,1	458,3684	705,1822	771,2574	Tidak Tulangan Geser
11	7,1	554,846	853,6092	1270,945	Tidak Tulangan Geser
12	7,1	328,7963	505,8405	771,2574	Tidak Tulangan Geser
13	7,9	411,7417	633,4488	858,1597	Tidak Tulangan Geser
14	11,7	284,3237	437,4211	1270,945	Tidak Tulangan Geser
15	11,7	165,694	254,9138	1270,945	Tidak Tulangan Geser
16	11,7	98,7948	151,992	1270,945	Tidak Tulangan Geser
17	11,7	240,0347	369,2842	1270,945	Tidak Tulangan Geser

Tabel 5. 44 Hasil Pemeriksaan Tulangan Geser Diafragma Lantai 8

Lantai 8					
SecCut	<i>d</i>	<i>F2</i>	<i>Vn</i>	<i>Vc</i>	Status
	m	kN	kN	kN	
1	11,7	626,4314	963,7406	1270,945	Tidak Tulangan Geser
2	11,7	937,3785	1442,121	1270,945	TulanganGeser
3	11,7	1023,513	1574,635	1270,945	TulanganGeser
4	11,7	365,1025	561,6962	1270,945	Tidak Tulangan Geser
5	11,7	413,8517	636,6949	1270,945	Tidak Tulangan Geser
6	11,7	499,4798	768,4305	1270,945	Tidak Tulangan Geser
7	11,7	585,2844	900,4375	1270,945	Tidak Tulangan Geser
8	11,7	673,5626	1036,25	1270,945	Tidak Tulangan Geser
9	11,7	649,0049	998,4691	1270,945	Tidak Tulangan Geser
10	7,1	431,5459	663,9168	771,2574	Tidak Tulangan Geser
11	7,1	530,3973	815,9958	1270,945	Tidak Tulangan Geser
12	7,1	313,3091	482,014	771,2574	Tidak Tulangan Geser
13	7,9	392,6971	604,1494	858,1597	Tidak Tulangan Geser
14	11,7	272,1846	418,7455	1270,945	Tidak Tulangan Geser
15	11,7	158,8421	244,3725	1270,945	Tidak Tulangan Geser
16	11,7	93,7074	144,1652	1270,945	Tidak Tulangan Geser
17	11,7	228,1999	351,0768	1270,945	Tidak Tulangan Geser

Tabel 5. 45 Hasil Pemeriksaan Tulangan Geser Diafragma Lantai 9

Lantai 9					
SecCut	<i>d</i>	<i>F2</i>	<i>Vn</i>	<i>Vc</i>	Status
	m	kN	kN	kN	
1	11,7	593,0995	912,4608	1270,945	Tidak Tulangan Geser
2	11,7	903,1818	1389,51	1270,945	TulanganGeser
3	11,7	986,8667	1518,256	1270,945	TulanganGeser
4	11,7	342,4226	526,804	1270,945	Tidak Tulangan Geser
5	11,7	372,8639	573,6368	1270,945	Tidak Tulangan Geser
6	11,7	469,3114	722,0175	1270,945	Tidak Tulangan Geser
7	11,7	551,3754	848,2698	1270,945	Tidak Tulangan Geser
8	11,7	636,38	979,0462	1270,945	Tidak Tulangan Geser
9	11,7	608,9883	936,9051	1270,945	Tidak Tulangan Geser
10	7,1	403,0012	620,0018	771,2574	Tidak Tulangan Geser
11	7,1	497,0117	764,6334	1270,945	Tidak Tulangan Geser
12	7,1	298,3877	459,058	771,2574	Tidak Tulangan Geser
13	7,9	372,3204	572,8006	858,1597	Tidak Tulangan Geser
14	11,7	255,054	392,3908	1270,945	Tidak Tulangan Geser
15	11,7	144,0805	221,6623	1270,945	Tidak Tulangan Geser
16	11,7	94,6353	145,5928	1270,945	Tidak Tulangan Geser
17	11,7	224,7383	345,7512	1270,945	Tidak Tulangan Geser

Tabel 5. 46 Hasil Pemeriksaan Tulangan Geser Diafragma Lantai 10

Lantai 10					
SecCut	<i>d</i>	<i>F2</i>	<i>Vn</i>	<i>Vc</i>	Status
	m	kN	kN	kN	
1	11,7	564,9627	869,1734	1270,945	Tidak Tulangan Geser
2	11,7	835,3852	1285,208	1270,945	TulanganGeser
3	11,7	910,7383	1401,136	1270,945	TulanganGeser
4	11,7	296,619	456,3369	1270,945	Tidak Tulangan Geser
5	11,7	342,6352	527,1311	1270,945	Tidak Tulangan Geser
6	11,7	423,6045	651,6992	1270,945	Tidak Tulangan Geser
7	11,7	506,8054	779,7006	1270,945	Tidak Tulangan Geser
8	11,7	592,5555	911,6238	1270,945	Tidak Tulangan Geser
9	11,7	565,0653	869,3312	1270,945	Tidak Tulangan Geser
10	7,1	376,7803	579,662	771,2574	Tidak Tulangan Geser
11	7,1	468,4267	720,6565	1270,945	Tidak Tulangan Geser
12	7,1	282,831	435,1246	771,2574	Tidak Tulangan Geser
13	7,9	348,6029	536,3122	858,1597	Tidak Tulangan Geser
14	11,7	232,1483	357,1512	1270,945	Tidak Tulangan Geser
15	11,7	122,0579	187,7814	1270,945	Tidak Tulangan Geser

Lanjutan Tabel 5.46 Hasil Pemeriksaan Tulangan Geser Diafragma Lantai 10

Lantai 10					
SecCut	<i>d</i>	<i>F2</i>	<i>Vn</i>	<i>Vc</i>	Status
	m	kN	kN	kN	
16	11,7	101,3393	155,9066	1270,945	Tidak Tulangan Geser
17	11,7	228,8067	352,0103	1270,945	Tidak Tulangan Geser

Tabel 5. 47 Hasil Pemeriksaan Tulangan Geser Diafragma Lantai 11

Lantai 11					
SecCut	<i>d</i>	<i>F2</i>	<i>Vn</i>	<i>Vc</i>	Status
	m	kN	kN	kN	
1	11,7	545,4115	839,0946	1270,945	Tidak Tulangan Geser
2	11,7	737,8348	1135,13	1270,945	Tidak Tulangan Geser
3	11,7	800,5144	1231,561	1270,945	Tidak Tulangan Geser
4	11,7	231,852	356,6954	1270,945	Tidak Tulangan Geser
5	11,7	280,4017	431,3872	1270,945	Tidak Tulangan Geser
6	11,7	366,682	564,1262	1270,945	Tidak Tulangan Geser
7	11,7	453,0719	697,0337	1270,945	Tidak Tulangan Geser
8	11,7	540,0358	830,8243	1270,945	Tidak Tulangan Geser
9	11,7	512,4021	788,3109	1270,945	Tidak Tulangan Geser
10	7,1	353,0317	543,1257	771,2574	Tidak Tulangan Geser
11	7,1	432,2582	665,0126	1270,945	Tidak Tulangan Geser
12	7,1	266,7138	410,3289	771,2574	Tidak Tulangan Geser
13	7,9	323,0604	497,016	858,1597	Tidak Tulangan Geser
14	11,7	206,7882	318,1357	1270,945	Tidak Tulangan Geser
15	11,7	96,1045	147,8531	1270,945	Tidak Tulangan Geser
16	11,7	117,3318	180,5105	1270,945	Tidak Tulangan Geser
17	11,7	245,3064	377,3945	1270,945	Tidak Tulangan Geser

Tabel 5. 48 Hasil Pemeriksaan Tulangan Geser Diafragma Lantai 12

Lantai 12					
SecCut	<i>d</i>	<i>F2</i>	<i>Vn</i>	<i>Vc</i>	Status
	m	kN	kN	kN	
1	11,7	524,4741	806,8832	1270,945	Tidak Tulangan Geser
2	11,7	607,5979	934,766	1270,945	Tidak Tulangan Geser
3	11,7	648,2308	997,2782	1270,945	Tidak Tulangan Geser
4	11,7	172,7824	265,8191	1270,945	Tidak Tulangan Geser
5	11,7	214,0834	329,3591	1270,945	Tidak Tulangan Geser

Lanjutan Tabel 5.48 Hasil Pemeriksaan Tulangan Geser Diafragma Lantai 12

Lantai 12					
<i>SecCut</i>	<i>d</i>	<i>F2</i>	<i>Vn</i>	<i>Vc</i>	Status
	m	kN	kN	kN	
6	11,7	297,2628	457,3274	1270,945	Tidak Tulangan Geser
7	11,7	378,7709	582,7245	1270,945	Tidak Tulangan Geser
8	11,7	466,4346	717,5917	1270,945	Tidak Tulangan Geser
9	11,7	439,8311	676,6632	1270,945	Tidak Tulangan Geser
10	7,1	325,7641	501,1755	771,2574	Tidak Tulangan Geser
11	7,1	404,7954	622,7622	1270,945	Tidak Tulangan Geser
12	7,1	248,4551	382,2386	771,2574	Tidak Tulangan Geser
13	7,9	301,5917	463,9872	858,1597	Tidak Tulangan Geser
14	11,7	184,8772	284,4265	1270,945	Tidak Tulangan Geser
15	11,7	67,0705	103,1854	1270,945	Tidak Tulangan Geser
16	11,7	143,1324	220,2037	1270,945	Tidak Tulangan Geser
17	11,7	278,3811	428,2786	1270,945	Tidak Tulangan Geser

Tabel 5. 49 Hasil Pemeriksaan Tulangan Geser Diafragma Lantai 13

Lantai 13					
<i>SecCut</i>	<i>d</i>	<i>F2</i>	<i>Vn</i>	<i>Vc</i>	Status
	m	kN	kN	kN	
1	11,7	531,5139	817,7137	1270,945	Tidak Tulangan Geser
2	11,7	512,8413	788,9866	1270,945	Tidak Tulangan Geser
3	11,7	525,0836	807,8209	1270,945	Tidak Tulangan Geser
4	11,7	160,2132	246,4818	1270,945	Tidak Tulangan Geser
5	11,7	161,0852	247,8234	1270,945	Tidak Tulangan Geser
6	11,7	191,8167	295,1026	1270,945	Tidak Tulangan Geser
7	11,7	247,6608	381,0166	1270,945	Tidak Tulangan Geser
8	11,7	339,4501	522,2309	1270,945	Tidak Tulangan Geser
9	11,7	331,6885	510,29	1270,945	Tidak Tulangan Geser
10	7,1	266,097	409,38	771,2574	Tidak Tulangan Geser
11	7,1	330,604	508,6215	1270,945	Tidak Tulangan Geser
12	7,1	228,7334	351,8975	771,2574	Tidak Tulangan Geser
13	7,9	270,0748	415,4997	858,1597	Tidak Tulangan Geser
14	11,7	147,6058	227,0858	1270,945	Tidak Tulangan Geser
15	11,7	70,8548	109,0074	1270,945	Tidak Tulangan Geser
16	11,7	173,2955	266,6085	1270,945	Tidak Tulangan Geser
17	11,7	312,932	481,4338	1270,945	Tidak Tulangan Geser

Tabel 5. 50 Hasil Pemeriksaan Tulangan Geser Diafragma Lantai 14

Lantai 14					
SecCut	<i>d</i>	<i>F2</i>	<i>Vn</i>	<i>Vc</i>	Status
	m	kN	kN	kN	
1	11,7	377,6835	581,0515	1270,945	Tidak Tulangan Geser
2	11,7	275,5686	423,9517	1270,945	Tidak Tulangan Geser
3	11,7	326,61	502,4769	1270,945	Tidak Tulangan Geser
4	11,7	308,1179	474,0275	1270,945	Tidak Tulangan Geser
5	11,7	109,9142	169,0988	1270,945	Tidak Tulangan Geser
6	11,7	125,9967	193,8411	1270,945	Tidak Tulangan Geser
7	11,7	150,0577	230,858	1270,945	Tidak Tulangan Geser
8	11,7	163,7257	251,8857	1270,945	Tidak Tulangan Geser
9	11,7	221,9648	341,4843	1270,945	Tidak Tulangan Geser
10	7,1	344,1359	529,4398	771,2574	Tidak Tulangan Geser
11	7,1	378,8641	582,8678	1270,945	Tidak Tulangan Geser
12	7,1	205,0182	315,4126	771,2574	Tidak Tulangan Geser
13	7,9	159,102	244,7723	858,1597	Tidak Tulangan Geser
14	11,7	118,6375	182,5192	1270,945	Tidak Tulangan Geser
15	11,7	137,1403	210,9851	1270,945	Tidak Tulangan Geser
16	11,7	207,0461	318,5325	1270,945	Tidak Tulangan Geser
17	11,7	315,4628	485,3274	1270,945	Tidak Tulangan Geser

Tabel 5. 51 Hasil Pemeriksaan Tulangan Geser Diafragma Lantai 15

Lantai 15					
SecCut	<i>d</i>	<i>F2</i>	<i>Vn</i>	<i>Vc</i>	Status
	m	kN	kN	kN	
1	11,7	981,4909	1509,986	1270,945	Tulangan Geser
2	11,7	572,2323	880,3574	1270,945	Tidak Tulangan Geser
3	11,7	623,7212	959,5711	1270,945	Tidak Tulangan Geser
4	11,7	688,9266	1059,887	1270,945	Tidak Tulangan Geser
5	11,7	531,3926	817,5271	1270,945	Tidak Tulangan Geser
6	11,7	500,0446	769,2994	1270,945	Tidak Tulangan Geser
7	11,7	492,8184	758,1822	1270,945	Tidak Tulangan Geser
8	11,7	557,905	858,3154	1270,945	Tidak Tulangan Geser
9	11,7	780,5789	1200,891	1270,945	Tidak Tulangan Geser
10	7,1	497,484	765,36	771,2574	Tidak Tulangan Geser
11	7,1	728,3756	1120,578	1270,945	Tidak Tulangan Geser
12	7,1	385,4336	592,9748	771,2574	Tidak Tulangan Geser
13	7,9	541,8442	833,6065	858,1597	Tidak Tulangan Geser
14	11,7	354,3021	545,0802	1270,945	Tidak Tulangan Geser
15	11,7	254,9311	392,2017	1270,945	Tidak Tulangan Geser

Lanjutan Tabel 5.51 Hasil Pemeriksaan Tulangan Geser Diafragma Lantai 15

Lantai 15					
SecCut	<i>d</i>	<i>F2</i>	<i>Vn</i>	<i>Vc</i>	Status
	m	kN	kN	kN	
16	11,7	218,5466	336,2255	1270,945	Tidak Tulangan Geser
17	11,7	222,683	342,5892	1270,945	Tidak Tulangan Geser

Berikut ini adalah perhitungan tulangan geser pada daerah diafragma ke dinding geser pada *section cut* 3 lantai 6.

Diketahui :

$$V_n = 1482,295 \text{ kN}$$

$$V_c = 1270,945 \text{ kN}$$

$$F_c' = 29,5 \text{ MPa}$$

$$F_y = 400 \text{ MPa}$$

$$L_n = 11,7 \text{ m}$$

$$b = 130 \text{ mm}$$

$$\phi_{geser} = 10 \text{ mm}$$

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} V_s &= V_n - V_c \\ &= 1482,295 - 1376,86 \\ &= 105,438 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_u &= 1,25 \cdot f_y \\ &= 1,25 (400) \\ &= 500 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$A_s = \frac{1}{4} \times \pi \times \phi_{Geser}^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 10$$

$$= 78,5398 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat geser baja} &= 40\% f_u \\ &= 40\% (500) \\ &= 200 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat geser baja 1 tulangan} &= \text{Kuat geser baja.As} \\ &= 200(78,5398) \\ &= 15707,96 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tulangan geser dibutuhkan} &= \frac{V_s}{\text{Kuat geser baja 1 tulangan}} \\ &= \frac{105,438}{15,708} \\ &= 6,712 \text{ buah} \approx 7 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak tulangan geser dipasang} &= \frac{ln}{n} \\ &= \frac{11,7}{7} \\ &= 1683,454 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas tulangan geser yang dibutuhkan diafragma menuju dinding geser didapat D10-300mm pada *section cut* 3 lantai 6. Berikut ini adalah rekapitulasi pada lantai yang memerlukan tulangan geser dapat dilihat pada Tabel 5.52.

Tabel 5. 52 Rekapitulasi Tulangan Geser Diafragma

Lantai	SecCut	<i>Ln</i>	<i>F2</i>	<i>Vs</i>	Kuat Geser 1 Tulangan	Tulangan Geser yang Dibutuhkan
		m	kN	kN	kN	
Lantai 1	<i>SecCut 10</i>	7,1	558,8679	88,53935	40,21238597	D10-300
Lantai 5	<i>SecCut 3</i>	11,7	855,1874	44,72761	40,21238597	D10-300
Lantai 6	<i>SecCut 2</i>	11,7	888,6697	96,23884	40,21238597	D10-300

Lanjutan Tabel 5.52 Rekapitulasi Tulangan Geser Diafragma

Lantai	SecCut	L_n	F_2	V_s	Kuat Geser 1 Tulangan	Tulangan Geser yang Dibutuhkan
		m	kN	kN	kN	
Lantai 6	SecCut 3	11,7	963,492	211,3501	40,21238597	D10-300
Lantai 7	SecCut 2	11,7	934,0167	166,0035	40,21238597	D10-300
	SecCut 3	11,7	1017,054	293,7533	40,21238597	D10-300
Lantai 8	SecCut 2	11,7	937,3785	171,1755	40,21238597	D10-300
	SecCut 3	11,7	1023,513	303,6898	40,21238597	D10-300
Lantai 9	SecCut 2	11,7	903,1818	118,5651	40,21238597	D10-300
	SecCut 3	11,7	986,8667	247,3111	40,21238597	D10-300
Lantai 10	SecCut 2	11,7	835,3852	14,26268	40,21238597	D10-300
	SecCut 3	11,7	910,7383	130,1905	40,21238597	D10-300
Lantai 15	SecCut 1	11,7	981,4909	239,0407	40,21238597	D10-300

Dari hasil yang dapat dilihat pada tabel rekapitulasi, lantai 1,5,6,7,8,9,10 dan 15 membutuhkan tulangan geser diafragma 16D-300.

2. Desain Kord Diafragma

Diketahui :

Section Cut 3 lantai 6

$$M_u = 3082,8266 \text{ kNm}$$

$$d = 11,7 \text{ m}$$

$$\varnothing_{\text{tulangan}} = 16 \text{ mm}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} T_u : \text{Gaya Tarik} &= \frac{M_u}{d} \\ &= \frac{3082,8266}{11,7} \\ &= 263,4895 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ Tarik Kord} &= \frac{T_u}{\phi \cdot d} \\ &= \frac{263,4895}{0,9 \cdot 11,7} \\ &= 731,9152 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan yang dibutuhkan dengan menggunakan diameter tulangan 16 mm.

$$\begin{aligned}
 As_1 &= \frac{1}{4} \times \pi \times \varnothing_{\text{kord}}^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 \\
 &= 201,062 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{As_{\text{Tarik Kord}}}{As_1} \\
 &= \frac{731,9152}{201,062} \\
 &= 3,64 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah tulangan}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas dapat digunakan 4D16 untuk tulangan kord yang dipasang pada lantai 6. Berikut ini adalah rekapitulasi tulangan kord pada lantai lainnya yang dapat dilihat pada Tabel 5.53 hingga Tabel 5.67.

Tabel 5. 53 Rekapitulasi Tulangan Kord Lantai 1

Lantai 1					
SecCut	<i>d</i>	<i>Mu</i>	<i>Tu</i>	As Tarik Kord	Kebutuhan Tulangan
	m	kNm	kN	mm ²	
1	11,7	1621,1352	138,5586	384,8849	7D16
2	11,7	1376,1461	117,6193	326,7203	2D16
3	11,7	1638,1750	140,0150	388,9304	7D16
4	11,7	1308,6676	111,8519	310,6998	2D16
5	11,7	815,5333	69,7037	193,6214	2D16
6	11,7	726,6771	62,1092	172,5254	2D16
7	11,7	537,4889	45,9392	127,6090	1D16
8	11,7	1184,6546	101,2525	281,2570	1D16
9	11,7	1143,7272	97,7545	271,5402	2D16
10	7,1	3328,7799	468,8422	1302,3396	2D16
11	7,1	1057,9057	90,4193	251,1647	2D16
12	7,1	3221,8697	453,7845	1260,5124	1D16
13	7,9	818,7623	103,6408	287,8911	2D16
14	11,7	444,2479	37,9699	105,4720	1D16
15	11,7	705,9935	60,3413	167,6148	1D16
16	11,7	735,4632	62,8601	174,6114	1D16
17	11,7	487,9200	41,7026	115,8405	1D16

Tabel 5. 54 Rekapitulasi Tulangan Kord Lantai 2

Lantai 2					
SecCut	<i>d</i>	<i>Mu</i>	<i>Tu</i>	As Tarik Kord	Kebutuhan Tulangan
	m	kNm	kN	mm ²	
1	11,7	2116,7975	180,9229	502,5635	3D16
2	11,7	1803,5538	154,1499	428,1942	3D16
3	11,7	2728,3303	233,1906	647,7517	4D16
4	11,7	2838,0948	242,5722	673,8117	4D16
5	11,7	2086,6571	178,3468	495,4077	3D16
6	11,7	1405,8856	120,1612	333,7810	2D16
7	11,7	547,8266	46,8228	130,0633	1D16
8	11,7	1519,8012	129,8975	360,8265	2D16
9	11,7	1298,1804	110,9556	308,2100	2D16
10	7,1	2299,1701	323,8268	899,5188	5D16
11	7,1	1759,4251	150,3782	417,7173	3D16
12	7,1	2205,4088	310,6210	862,8360	5D16
13	7,9	795,5718	100,7053	279,7369	2D16
14	11,7	1038,2449	88,7389	246,4969	2D16
15	11,7	1362,6023	116,4617	323,5048	2D16
16	11,7	1209,3896	103,3666	287,1295	2D16
17	11,7	502,6368	42,9604	119,3345	1D16

Tabel 5. 55 Rekapitulasi Tulangan Kord Lantai 3

Lantai 3					
SecCut	<i>d</i>	<i>Mu</i>	<i>Tu</i>	As Tarik Kord	Kebutuhan Tulangan
	m	kNm	kN	mm ²	
1	11,7	2060,6896	176,1273	489,2425	3D16
2	11,7	1832,4034	156,6157	435,0435	3D16
3	11,7	2989,3742	255,5021	709,7280	4D16
4	11,7	2794,3334	238,8319	663,4220	4D16
5	11,7	3210,1466	274,3715	762,1431	4D16
6	11,7	2225,3698	190,2025	528,3404	3D16
7	11,7	1204,0809	102,9129	285,8692	2D16
8	11,7	2333,6767	199,4595	554,0543	3D16
9	11,7	2013,7459	172,1150	478,0973	3D16
10	7,1	2284,3783	321,7434	893,7317	5D16
11	7,1	2693,9484	230,2520	639,5889	4D16
12	7,1	1654,6936	233,0554	647,3762	4D16
13	7,9	781,3935	98,9106	274,7516	2D16
14	11,7	1325,2716	113,2711	314,6419	2D16
15	11,7	1695,6372	144,9263	402,5729	3D16

Lanjutan Tabel 5.55 Rekapitulasi Tulangan Kord Lantai 3

Lantai 3					
SecCut	<i>d</i>	<i>Mu</i>	<i>Tu</i>	As Tarik Kord	Kebutuhan Tulangan
	m	kNm	kN	mm ²	
16	11,7	1454,0674	124,2793	345,2202	2D16
17	11,7	578,8630	49,4755	137,4319	1D16

Tabel 5. 56 Rekapitulasi Tulangan Kord Lantai 4

Lantai 4					
SecCut	<i>d</i>	<i>Mu</i>	<i>Tu</i>	As Tarik Kord	Kebutuhan Tulangan
	m	kNm	kN	mm ²	
1	11,7	1668,4804	142,6052	396,1255	2D16
2	11,7	1687,0071	144,1886	400,5240	2D16
3	11,7	3059,8133	261,5225	726,4514	4D16
4	11,7	4212,1468	281,2247	781,1798	4D16
5	11,7	3290,3295	360,0125	1000,0349	5D16
6	11,7	3018,2421	257,9694	716,5817	4D16
7	11,7	1921,1937	164,2046	456,1239	3D16
8	11,7	3146,0055	268,8894	746,9149	4D16
9	11,7	2775,0741	237,1858	658,8495	4D16
10	7,1	2012,1325	283,3989	787,2193	4D16
11	7,1	3356,6755	286,8953	796,9315	4D16
12	7,1	1353,0058	190,5642	529,3450	3D16
13	7,9	687,5275	87,0288	241,7467	2D16
14	11,7	1315,4542	112,4320	312,3111	2D16
15	11,7	1722,5521	147,2267	408,9630	3D16
16	11,7	1474,4305	126,0197	350,0547	2D16
17	11,7	569,6546	48,6884	135,2456	1D16

Tabel 5. 57 Rekapitulasi Tulangan Kord Lantai 5

Lantai 5					
SecCut	<i>d</i>	<i>Mu</i>	<i>Tu</i>	As Tarik Kord	Kebutuhan Tulangan
	m	kNm	kN	mm ²	
1	11,7	1292,2795	110,4512	306,8090	2D16
2	11,7	1478,0581	126,3298	350,9160	2D16
3	11,7	3096,5080	264,6588	735,1633	4D16
4	11,7	3774,8793	322,6393	896,2202	5D16
5	11,7	4922,0359	420,6868	1168,5745	6D16
6	11,7	3607,8888	308,3666	856,5738	5D16

Lanjutan Tabel 5.57 Rekapitulasi Tulangan Kord Lantai 5

Lantai 5					
<i>SecCut</i>	<i>d</i>	<i>Mu</i>	<i>Tu</i>	As Tarik Kord	Kebutuhan Tulangan
	m	kNm	kN	mm ²	
7	11,7	2538,7683	216,9887	602,7465	3D16
8	11,7	3682,3753	314,7329	874,2581	5D16
9	11,7	3302,4513	282,2608	784,0578	4D16
10	7,1	1886,8520	265,7538	738,2050	4D16
11	7,1	3786,2468	323,6108	898,9190	5D16
12	7,1	1441,0239	202,9611	563,7809	3D16
13	7,9	565,3297	71,5607	198,7798	1D16
14	11,7	1344,1877	114,8878	319,1329	2D16
15	11,7	1599,4747	136,7072	379,7423	2D16
16	11,7	1391,5241	118,9337	330,3713	2D16
17	11,7	529,5923	45,2643	125,7342	1D16

Tabel 5. 58 Rekapitulasi Tulangan Kord Lantai 6

Lantai 6					
<i>SecCut</i>	<i>d</i>	<i>Mu</i>	<i>Tu</i>	As Tarik Kord	Kebutuhan Tulangan
	m	kNm	kN	mm ²	
1	11,7	1004,9846	85,8961	238,6003	2D16
2	11,7	1331,4270	113,7972	316,1033	2D16
3	11,7	3082,8266	263,4895	731,9151	4D16
4	11,7	4090,3966	349,6065	971,1293	5D16
5	11,7	5399,9994	461,5384	1282,0511	7D16
6	11,7	4001,4620	342,0053	950,0147	5D16
7	11,7	3005,8511	256,9104	713,6399	4D16
8	11,7	4004,9164	342,3005	950,8349	5D16
9	11,7	3632,1332	310,4387	862,3298	5D16
10	7,1	1693,5250	238,5246	662,5685	4D16
11	7,1	4033,7926	344,7686	957,6906	5D16
12	7,1	1544,9576	217,5997	604,4435	4D16
13	7,9	506,9416	64,1698	178,2495	1D16
14	11,7	1578,8634	134,9456	374,8489	2D16
15	11,7	1432,6874	122,4519	340,1442	2D16
16	11,7	1266,2855	108,2295	300,6376	2D16
17	11,7	478,5580	40,9024	113,6178	1D16

Tabel 5. 59 Rekapitulasi Tulangan Kord Lantai 7

Lantai 7					
SecCut	<i>d</i>	<i>Mu</i>	<i>Tu</i>	As Tarik Kord	Kebutuhan Tulangan
	m	kNm	kN	mm ²	
1	11,7	816,3157	69,7706	193,8071	1D16
2	11,7	1218,3354	104,1312	289,2534	2D16
3	11,7	3014,8613	257,6805	715,7790	4D16
4	11,7	4233,3002	361,8205	1005,0570	5D16
5	11,7	5618,3036	480,1969	1333,8802	7D16
6	11,7	4212,5201	360,0445	1000,1235	5D16
7	11,7	3294,6085	281,5905	782,1958	4D16
8	11,7	4143,3741	354,1345	983,7071	5D16
9	11,7	3783,9563	323,4151	898,3752	5D16
10	7,1	1233,2391	173,6956	482,4879	3D16
11	7,1	4121,1678	352,2366	978,4349	5D16
12	7,1	1597,3210	224,9748	624,9300	4D16
13	7,9	535,5096	67,7860	188,2945	1D16
14	11,7	1658,5353	141,7552	393,7643	2D16
15	11,7	1286,4634	109,9541	305,4282	2D16
16	11,7	1149,6350	98,2594	272,9428	2D16
17	11,7	437,3447	37,3799	103,8330	1D16

Tabel 5. 60 Rekapitulasi Tulangan Kord Lantai 8

Lantai 8					
SecCut	<i>d</i>	<i>Mu</i>	<i>Tu</i>	As Tarik Kord	Kebutuhan Tulangan
	m	kNm	kN	mm ²	
1	11,7	689,4385	58,9264	163,6844	1D16
2	11,7	1122,7763	95,9638	266,5661	2D16
3	11,7	2926,4779	250,1263	694,7953	4D16
4	11,7	4215,5218	360,3010	1000,8361	5D16
5	11,7	5649,6897	482,8795	1341,3318	7D16
6	11,7	4282,0248	365,9850	1016,6251	6D16
7	11,7	3420,7040	292,3679	812,1330	5D16
8	11,7	4107,4472	351,0639	975,1774	5D16
9	11,7	3765,4583	321,8340	893,9835	5D16
10	7,1	1320,0923	185,9285	516,4680	3D16
11	7,1	4029,6447	344,4141	956,7058	5D16
12	7,1	1588,4025	223,7187	621,4407	4D16
13	7,9	528,7371	66,9287	185,9132	1D16
14	11,7	1605,7418	137,2429	381,2302	2D16
15	11,7	1198,6832	102,4516	284,5877	2D16

Lanjutan Tabel 5.60 Rekapitulasi Tulangan Kord Lantai 8

Lantai 8					
SecCut	<i>d</i>	<i>Mu</i>	<i>Tu</i>	As Tarik Kord	Kebutuhan Tulangan
	m	kNm	kN	mm ²	
16	11,7	1080,7300	92,3701	256,5836	2D16
17	11,7	410,7774	35,1092	97,5255	1D16

Tabel 5. 61 Rekapitulasi Tulangan Kord Lantai 9

Lantai 9					
SecCut	<i>d</i>	<i>Mu</i>	<i>Tu</i>	As Tarik Kord	Kebutuhan Tulangan
	m	kNm	kN	mm ²	
1	11,7	615,6027	52,6156	146,1545	1D16
2	11,7	1044,5514	89,2779	247,9942	2D16
3	11,7	2795,3310	238,9172	663,6588	4D16
4	11,7	4054,9818	346,5796	962,7212	5D16
5	11,7	5401,6056	461,6757	1282,4325	7D16
6	11,7	4231,0880	361,6315	1004,5318	5D16
7	11,7	3405,7838	291,0926	808,5906	5D16
8	11,7	3901,7458	333,4825	926,3404	5D16
9	11,7	3582,0744	306,1602	850,4450	5D16
10	7,1	853,5652	120,2205	333,9457	2D16
11	7,1	3763,9830	321,7079	893,6332	5D16
12	7,1	1514,7027	213,3384	592,6067	3D16
13	7,9	489,5366	61,9667	172,1296	1D16
14	11,7	1438,6235	122,9593	341,5535	2D16
15	11,7	1186,0254	101,3697	281,5825	2D16
16	11,7	1062,0738	90,7755	252,1543	2D16
17	11,7	397,8510	34,0044	94,4566	1D16

Tabel 5. 62 Rekapitulasi Tulangan Kord Lantai 10

Lantai 10					
SecCut	<i>d</i>	<i>Mu</i>	<i>Tu</i>	As Tarik Kord	Kebutuhan Tulangan
	m	kNm	kN	mm ²	
1	11,7	625,1774	53,4340	148,4277	1D16
2	11,7	1003,4926	85,7686	238,2461	2D16
3	11,7	2580,4866	220,5544	612,6511	4D16
4	11,7	3776,0295	322,7376	896,4932	5D16
5	11,7	5219,0941	446,0764	1239,1012	7D16
6	11,7	4090,0010	349,5727	971,0354	5D16

Lanjutan Tabel 5.62 Rekapitulasi Tulangan Kord Lantai 10

Lantai 10					
<i>SecCut</i>	<i>d</i>	<i>Mu</i>	<i>Tu</i>	As Tarik Kord	Kebutuhan Tulangan
	m	kNm	kN	mm ²	
7	11,7	3271,3081	279,5990	776,6638	4D16
8	11,7	3530,9264	301,7886	838,3016	5D16
9	11,7	3238,6202	276,8051	768,9032	4D16
10	7,1	962,6920	135,5904	376,6401	2D16
11	7,1	3336,0008	285,1283	792,0230	4D16
12	7,1	1382,2872	194,6883	540,8009	3D16
13	7,9	414,0878	52,4162	145,6005	1D16
14	11,7	1154,5934	98,6832	274,1200	2D16
15	11,7	1241,9673	106,1511	294,8640	2D16
16	11,7	1086,8166	92,8903	258,0286	2D16
17	11,7	396,2115	33,8642	94,0673	1D16

Tabel 5. 63 Rekapitulasi Tulangan Kord Lantai 11

Lantai 11					
<i>SecCut</i>	<i>d</i>	<i>Mu</i>	<i>Tu</i>	As Tarik Kord	Kebutuhan Tulangan
	m	kNm	kN	mm ²	
1	11,7	715,5078	61,1545	169,8736	1D16
2	11,7	1000,3670	85,5015	237,5040	2D16
3	11,7	2333,3094	199,4282	553,9671	3D16
4	11,7	3400,3460	290,6279	807,2996	5D16
5	11,7	4838,5054	413,5475	1148,7430	6D16
6	11,7	3881,1239	331,7200	921,4444	5D16
7	11,7	3038,5536	259,7054	721,4040	4D16
8	11,7	3002,9479	256,6622	712,9506	4D16
9	11,7	2832,6763	242,1091	672,5252	4D16
10	7,1	784,1314	110,4410	306,7807	2D16
11	7,1	2762,3719	236,1002	655,8338	4D16
12	7,1	1198,6913	168,8298	468,9716	3D16
13	7,9	447,3273	56,6237	157,2881	1D16
14	11,7	1107,1970	94,6322	262,8673	2D16
15	11,7	1384,2199	118,3094	328,6372	2D16
16	11,7	1168,7733	99,8952	277,4865	2D16
17	11,7	408,3641	34,9029	96,9525	1D16

Tabel 5. 64 Rekapitulasi Tulangan Kord Lantai 12

Lantai 12					
SecCut	<i>d</i>	<i>Mu</i>	<i>Tu</i>	As Tarik Kord	Kebutuhan Tulangan
	m	kNm	kN	mm ²	
1	11,7	855,3091	73,1033	203,0648	2D16
2	11,7	1032,3907	88,2385	245,1070	2D16
3	11,7	2126,9538	181,7909	504,9748	3D16
4	11,7	2961,7072	253,1374	703,1594	4D16
5	11,7	4362,3962	372,8544	1035,7066	6D16
6	11,7	3604,7999	308,1026	855,8404	5D16
7	11,7	2787,1916	238,2215	661,7264	4D16
8	11,7	2567,2140	219,4200	609,5000	4D16
9	11,7	2533,4071	216,5305	601,4737	3D16
10	7,1	594,7878	83,7729	232,7026	2D16
11	7,1	2101,9157	179,6509	499,0303	3D16
12	7,1	978,5483	137,8237	382,8436	2D16
13	7,9	579,8513	73,3989	203,8858	2D16
14	11,7	1468,8994	125,5470	348,7415	2D16
15	11,7	1674,8901	143,1530	397,6472	2D16
16	11,7	1353,8195	115,7111	321,4196	2D16
17	11,7	447,5938	38,2559	106,2663	1D16

Tabel 5. 65 Rekapitulasi Tulangan Kord Lantai 13

Lantai 13					
SecCut	<i>d</i>	<i>Mu</i>	<i>Tu</i>	As Tarik Kord	Kebutuhan Tulangan
	m	kNm	kN	mm ²	
1	11,7	1022,9289	87,4298	242,8606	2D16
2	11,7	989,7088	84,5905	234,9736	2D16
3	11,7	1913,7984	163,5725	454,3681	3D16
4	11,7	2453,9912	209,7428	582,6190	3D16
5	11,7	3766,1749	321,8953	894,1536	5D16
6	11,7	3271,0984	279,5811	776,6141	4D16
7	11,7	2719,4620	232,4326	645,6462	4D16
8	11,7	2182,1951	186,5124	518,0900	3D16
9	11,7	2184,9704	186,7496	518,7489	3D16
10	7,1	347,0925	48,8863	135,7952	1D16
11	7,1	1384,1838	118,3063	328,6286	2D16
12	7,1	1022,5551	144,0218	400,0607	2D16
13	7,9	765,5605	96,9064	269,1844	2D16
14	11,7	1920,4389	164,1401	455,9447	3D16
15	11,7	1997,9358	170,7637	474,3437	3D16

Lanjutan Tabel 5.65 Rekapitulasi Tulangan Kord Lantai 13

Lantai 13					
SecCut	<i>d</i>	<i>Mu</i>	<i>Tu</i>	As Tarik Kord	Kebutuhan Tulangan
	m	kNm	kN	mm ²	
16	11,7	1572,5373	134,4049	373,3469	2D16
17	11,7	548,7862	46,9048	130,2911	1D16

Tabel 5. 66 Rekapitulasi Tulangan Kord Lantai 14

Lantai 14					
SecCut	<i>d</i>	<i>Mu</i>	<i>Tu</i>	As Tarik Kord	Kebutuhan Tulangan
	m	kNm	kN	mm ²	
1	11,7	740,9201	63,3265	175,9070	1D16
2	11,7	832,8787	71,1862	197,7395	1D16
3	11,7	1408,4533	120,3806	334,3906	2D16
4	11,7	1779,5683	152,0999	422,4996	3D16
5	11,7	2850,6891	243,6486	676,8018	4D16
6	11,7	2946,4404	251,8325	699,5348	4D16
7	11,7	2828,9648	241,7919	671,6441	4D16
8	11,7	2725,6220	232,9591	647,1087	4D16
9	11,7	2678,5045	228,9320	635,9222	4D16
10	7,1	498,8043	70,2541	195,1504	1D16
11	7,1	1879,4234	160,6345	446,2069	3D16
12	7,1	1978,8347	278,7091	774,1920	4D16
13	7,9	894,1397	113,1822	314,3951	2D16
14	11,7	2174,0239	185,8140	516,1500	3D16
15	11,7	1951,9934	166,8370	463,4362	3D16
16	11,7	1418,7057	121,2569	336,8247	2D16
17	11,7	397,8039	34,0003	94,4454	1D16

Tabel 5. 67 Rekapitulasi Tulangan Kord Lantai 15

Lantai 15					
SecCut	<i>d</i>	<i>Mu</i>	<i>Tu</i>	As Tarik Kord	Kebutuhan Tulangan
	m	kNm	kN	mm ²	
1	11,7	2325,5113	198,7616	552,1157	3D16
2	11,7	2086,0881	178,2981	495,2726	3D16
3	11,7	3934,5170	336,2835	934,1208	5D16
4	11,7	5033,6625	430,2276	1195,0766	6D16
5	11,7	3568,1583	304,9708	847,1411	5D16
6	11,7	3242,5192	277,1384	769,8289	4D16

Lanjutan Tabel 5.67 Rekapitulasi Tulangan Kord Lantai 15

Lantai 15					
SecCut	<i>d</i>	<i>Mu</i>	<i>Tu</i>	As Tarik Kord	Kebutuhan Tulangan
	m	kNm	kN	mm ²	
7	11,7	3443,7186	294,3349	817,5970	5D16
8	11,7	4959,8761	423,9210	1177,5584	6D16
9	11,7	4686,7853	400,5799	1112,7221	6D16
10	7,1	1103,1525	155,3736	431,5933	3D16
11	7,1	4546,8938	388,6234	1079,5094	6D16
12	7,1	721,9089	101,6773	282,4370	2D16
13	7,9	2910,9534	368,4751	1023,5420	6D16
14	11,7	2129,1374	181,9776	505,4932	3D16
15	11,7	1545,1989	132,0683	366,8563	2D16
16	11,7	1006,0026	85,9831	238,8420	2D16
17	11,7	501,1616	42,8343	118,9842	1D16

Dari hasil rekapitulasi di atas dapat disimpulkan bahwa pada lantai 1, 6, 7, 8, 9 dan 10 menggunakan 7D16, untuk lantai 2, 3, 4 dan 13 menggunakan 5D16, untuk lantai 5, 11, 12 dan 15 menggunakan 6D16, dan untuk lantai 14 menggunakan 4D16.

3. Pemeriksaan Confinement pada Kord

Diketahui :

Section Cut 3 Lantai 6

$$d = 11,7 \text{ m}$$

$$n = 4 \text{ buah tulangan}$$

$$Mu = 3082,8266 \text{ kNm}$$

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}
 As_{\text{pakai}} &= n \times \frac{1}{4} \times \pi \times \phi_{\text{kord}}^2 \\
 &= 4 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 \\
 &= 804,248 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Perhitungan gaya tekan kord menggunakan persamaan berikut ini.

$$\text{Gaya Tekan Kord} = \frac{Mu}{As_{\text{pakai}}}$$

$$= \frac{\frac{3082,8266}{11,7}}{804,248}$$

$$= 0,3276 \text{ MPa}$$

Batasan kord apabila tanpa *confinement* tidak lebih dari persamaan berikut ini.

$$0,2f_c' = 0,2(29,5)$$

$$= 5,9 \text{ MPa}$$

Dari perhitungan diatas maka pada lantai 6 tidak terdapat tulangan *confinement* karena nilai gaya tekan pada kord tidak lebih dari batasan yang telah ditentukan. Berikut ini adalah hasil rekapitulasi pada lantai yang lainnya yang dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 5. 68 Rekapitulasi *Confinement* Diafragma Lantai 1

Lantai 1						
SecCut	<i>d</i>	<i>Mu</i>	As pakai	Gaya Tekan Kord	0,2.fc'	Status
	m	kNm	mm ²	Mpa	Mpa	
1	11,7	1621,1352	402,1239	0,3446	5,9	No Confinement
2	11,7	1376,1461	402,1239	0,2925	5,9	No Confinement
3	11,7	1638,1750	402,1239	0,3482	5,9	No Confinement
4	11,7	1308,6676	402,1239	0,2782	5,9	No Confinement
5	11,7	815,5333	201,0619	0,3467	5,9	No Confinement
6	11,7	726,6771	201,0619	0,3089	5,9	No Confinement
7	11,7	537,4889	201,0619	0,2285	5,9	No Confinement
8	11,7	1184,6546	402,1239	0,2518	5,9	No Confinement
9	11,7	1143,7272	402,1239	0,2431	5,9	No Confinement
10	7,1	3328,7799	1407,4335	0,3331	5,9	No Confinement
11	7,1	1057,9057	402,1239	0,2249	5,9	No Confinement
12	7,1	3221,8697	1407,4335	0,3224	5,9	No Confinement
13	7,9	818,7623	402,1239	0,2577	5,9	No Confinement
14	11,7	444,2479	201,0619	0,1888	5,9	No Confinement
15	11,7	705,9935	201,0619	0,3001	5,9	No Confinement
16	11,7	735,4632	201,0619	0,3126	5,9	No Confinement
17	11,7	487,9200	201,0619	0,2074	5,9	No Confinement

Tabel 5. 69 Rekapitulasi *Confinement* Diafragma Lantai 2

Lantai 2						
SecCut	d	Mu	As pakai	Gaya Tekan Kord	0,2.fc'	Status
	m	kNm	mm ²	Mpa	Mpa	
1	11,7	2116,7975	603,1858	0,2999	5,9	<i>No Confinement</i>
2	11,7	1803,5538	603,1858	0,2556	5,9	<i>No Confinement</i>
3	11,7	2728,3303	804,2477	0,2899	5,9	<i>No Confinement</i>
4	11,7	2838,0948	804,2477	0,3016	5,9	<i>No Confinement</i>
5	11,7	2086,6571	603,1858	0,2957	5,9	<i>No Confinement</i>
6	11,7	1405,8856	402,1239	0,2988	5,9	<i>No Confinement</i>
7	11,7	547,8266	201,0619	0,2329	5,9	<i>No Confinement</i>
8	11,7	1519,8012	402,1239	0,3230	5,9	<i>No Confinement</i>
9	11,7	1298,1804	402,1239	0,2759	5,9	<i>No Confinement</i>
10	7,1	2299,1701	1005,3096	0,3221	5,9	<i>No Confinement</i>
11	7,1	1759,4251	603,1858	0,2493	5,9	<i>No Confinement</i>
12	7,1	2205,4088	1005,3096	0,3090	5,9	<i>No Confinement</i>
13	7,9	795,5718	402,1239	0,2504	5,9	<i>No Confinement</i>
14	11,7	1038,2449	402,1239	0,2207	5,9	<i>No Confinement</i>
15	11,7	1362,6023	402,1239	0,2896	5,9	<i>No Confinement</i>
16	11,7	1209,3896	402,1239	0,2571	5,9	<i>No Confinement</i>
17	11,7	502,6368	201,0619	0,2137	5,9	<i>No Confinement</i>

Tabel 5. 70 Rekapitulasi *Confinement* Diafragma Lantai 3

Lantai 3						
SecCut	d	Mu	As pakai	Gaya Tekan Kord	0,2.fc'	Status
	m	kNm	mm ²	Mpa	Mpa	
1	11,7	2060,6896	603,1858	0,2920	5,9	<i>No Confinement</i>
2	11,7	1832,4034	603,1858	0,2596	5,9	<i>No Confinement</i>
3	11,7	2989,3742	804,2477	0,3177	5,9	<i>No Confinement</i>
4	11,7	2794,3334	804,2477	0,2970	5,9	<i>No Confinement</i>
5	11,7	3210,1466	804,2477	0,3412	5,9	<i>No Confinement</i>
6	11,7	2225,3698	603,1858	0,3153	5,9	<i>No Confinement</i>
7	11,7	1204,0809	402,1239	0,2559	5,9	<i>No Confinement</i>
8	11,7	2333,6767	603,1858	0,3307	5,9	<i>No Confinement</i>
9	11,7	2013,7459	603,1858	0,2853	5,9	<i>No Confinement</i>
10	7,1	2284,3783	1005,3096	0,3200	5,9	<i>No Confinement</i>
11	7,1	2693,9484	804,2477	0,2863	5,9	<i>No Confinement</i>
12	7,1	1654,6936	804,2477	0,2898	5,9	<i>No Confinement</i>
13	7,9	781,3935	402,1239	0,2460	5,9	<i>No Confinement</i>

Lanjutan Tabel 5.70 Rekapitulasi *Confinement* Diafragma Lantai 3

Lantai 3						
SecCut	d	Mu	As pakai	Gaya Tekan Kord	0,2.fc'	Status
	m	kNm	mm ²	Mpa	Mpa	
14	11,7	1325,2716	402,1239	0,2817	5,9	<i>No Confinement</i>
15	11,7	1695,6372	603,1858	0,2403	5,9	<i>No Confinement</i>
16	11,7	1454,0674	402,1239	0,3091	5,9	<i>No Confinement</i>
17	11,7	578,8630	201,0619	0,2461	5,9	<i>No Confinement</i>

Tabel 5. 71 Rekapitulasi *Confinement* Diafragma Lantai 4

Lantai 4						
SecCut	d	Mu	As pakai	Gaya Tekan Kord	0,2.fc'	Status
	m	kNm	mm ²	Mpa	Mpa	
1	11,7	1668,4804	402,1239	0,3546	5,9	<i>No Confinement</i>
2	11,7	1687,0071	402,1239	0,3586	5,9	<i>No Confinement</i>
3	11,7	3059,8133	804,2477	0,3252	5,9	<i>No Confinement</i>
4	11,7	4212,1468	804,2477	0,3497	5,9	<i>No Confinement</i>
5	11,7	3290,3295	1005,3096	0,3581	5,9	<i>No Confinement</i>
6	11,7	3018,2421	804,2477	0,3208	5,9	<i>No Confinement</i>
7	11,7	1921,1937	603,1858	0,2722	5,9	<i>No Confinement</i>
8	11,7	3146,0055	804,2477	0,3343	5,9	<i>No Confinement</i>
9	11,7	2775,0741	804,2477	0,2949	5,9	<i>No Confinement</i>
10	7,1	2012,1325	804,2477	0,3524	5,9	<i>No Confinement</i>
11	7,1	3356,6755	804,2477	0,3567	5,9	<i>No Confinement</i>
12	7,1	1353,0058	603,1858	0,3159	5,9	<i>No Confinement</i>
13	7,9	687,5275	402,1239	0,2164	5,9	<i>No Confinement</i>
14	11,7	1315,4542	402,1239	0,2796	5,9	<i>No Confinement</i>
15	11,7	1722,5521	603,1858	0,2441	5,9	<i>No Confinement</i>
16	11,7	1474,4305	402,1239	0,3134	5,9	<i>No Confinement</i>
17	11,7	569,6546	201,0619	0,2422	5,9	<i>No Confinement</i>

Tabel 5. 72 Rekapitulasi *Confinement* Diafragma Lantai 5

Lantai 5						
SecCut	d	Mu	As pakai	Gaya Tekan Kord	0,2.fc'	Status
	m	kNm	mm ²	Mpa	Mpa	
1	11,7	1292,2795	402,1239	0,2747	5,9	<i>No Confinement</i>
2	11,7	1478,0581	402,1239	0,3142	5,9	<i>No Confinement</i>

Lanjutan Tabel 5.72 Rekapitulasi *Confinement* Diafragma Lantai 5

Lantai 5						
SecCut	d	Mu	As pakai	Gaya Tekan Kord	0,2.fc'	Status
	m	kNm	mm2	Mpa	Mpa	
3	11,7	3096,5080	804,2477	0,3291	5,9	<i>No Confinement</i>
4	11,7	3774,8793	1005,3096	0,3209	5,9	<i>No Confinement</i>
5	11,7	4922,0359	1206,3716	0,3487	5,9	<i>No Confinement</i>
6	11,7	3607,8888	1005,3096	0,3067	5,9	<i>No Confinement</i>
7	11,7	2538,7683	603,1858	0,3597	5,9	<i>No Confinement</i>
8	11,7	3682,3753	1005,3096	0,3131	5,9	<i>No Confinement</i>
9	11,7	3302,4513	804,2477	0,3510	5,9	<i>No Confinement</i>
10	7,1	1886,8520	804,2477	0,3304	5,9	<i>No Confinement</i>
11	7,1	3786,2468	1005,3096	0,3219	5,9	<i>No Confinement</i>
12	7,1	1441,0239	603,1858	0,3365	5,9	<i>No Confinement</i>
13	7,9	565,3297	201,0619	0,3559	5,9	<i>No Confinement</i>
14	11,7	1344,1877	402,1239	0,2857	5,9	<i>No Confinement</i>
15	11,7	1599,4747	402,1239	0,3400	5,9	<i>No Confinement</i>
16	11,7	1391,5241	402,1239	0,2958	5,9	<i>No Confinement</i>
17	11,7	529,5923	201,0619	0,2251	5,9	<i>No Confinement</i>

Tabel 5. 73 Rekapitulasi *Confinement* Diafragma Lantai 6

Lantai 6						
SecCut	d	Mu	As pakai	Gaya Tekan Kord	0,2.fc'	Status
	m	kNm	mm2	Mpa	Mpa	
1	11,7	1004,9846	402,1239	0,2136	5,9	<i>No Confinement</i>
2	11,7	1331,4270	402,1239	0,2830	5,9	<i>No Confinement</i>
3	11,7	3082,8266	804,2477	0,3276	5,9	<i>No Confinement</i>
4	11,7	4090,3966	1005,3096	0,3478	5,9	<i>No Confinement</i>
5	11,7	5399,9994	1407,4335	0,3279	5,9	<i>No Confinement</i>
6	11,7	4001,4620	1005,3096	0,3402	5,9	<i>No Confinement</i>
7	11,7	3005,8511	804,2477	0,3194	5,9	<i>No Confinement</i>
8	11,7	4004,9164	1005,3096	0,3405	5,9	<i>No Confinement</i>
9	11,7	3632,1332	1005,3096	0,3088	5,9	<i>No Confinement</i>
10	7,1	1693,5250	804,2477	0,2966	5,9	<i>No Confinement</i>
11	7,1	4033,7926	1005,3096	0,3429	5,9	<i>No Confinement</i>
12	7,1	1544,9576	804,2477	0,2706	5,9	<i>No Confinement</i>
13	7,9	506,9416	201,0619	0,3192	5,9	<i>No Confinement</i>
14	11,7	1578,8634	402,1239	0,3356	5,9	<i>No Confinement</i>
15	11,7	1432,6874	402,1239	0,3045	5,9	<i>No Confinement</i>

Lanjutan 5.73 Rekapitulasi *Confinement* Diafragma Lantai 6

Lantai 6						
SecCut	d	Mu	As pakai	Gaya Tekan Kord	0,2.fc'	Status
	m	kNm	mm ²	Mpa	Mpa	
16	11,7	1266,2855	402,1239	0,2691	5,9	<i>No Confinement</i>
17	11,7	478,5580	201,0619	0,2034	5,9	<i>No Confinement</i>

Tabel 5. 74 Rekapitulasi *Confinement* Diafragma Lantai 7

Lantai 7						
SecCut	d	Mu	As pakai	Gaya Tekan Kord	0,2.fc'	Status
	m	kNm	mm ²	Mpa	Mpa	
1	11,7	816,3157	201,0619	0,3470	5,9	<i>No Confinement</i>
2	11,7	1218,3354	402,1239	0,2590	5,9	<i>No Confinement</i>
3	11,7	3014,8613	804,2477	0,3204	5,9	<i>No Confinement</i>
4	11,7	4233,3002	1005,3096	0,3599	5,9	<i>No Confinement</i>
5	11,7	5618,3036	1407,4335	0,3412	5,9	<i>No Confinement</i>
6	11,7	4212,5201	1005,3096	0,3581	5,9	<i>No Confinement</i>
7	11,7	3294,6085	804,2477	0,3501	5,9	<i>No Confinement</i>
8	11,7	4143,3741	1005,3096	0,3523	5,9	<i>No Confinement</i>
9	11,7	3783,9563	1005,3096	0,3217	5,9	<i>No Confinement</i>
10	7,1	1233,2391	603,1858	0,2880	5,9	<i>No Confinement</i>
11	7,1	4121,1678	1005,3096	0,3504	5,9	<i>No Confinement</i>
12	7,1	1597,3210	804,2477	0,2797	5,9	<i>No Confinement</i>
13	7,9	535,5096	201,0619	0,3371	5,9	<i>No Confinement</i>
14	11,7	1658,5353	402,1239	0,3525	5,9	<i>No Confinement</i>
15	11,7	1286,4634	402,1239	0,2734	5,9	<i>No Confinement</i>
16	11,7	1149,6350	402,1239	0,2444	5,9	<i>No Confinement</i>
17	11,7	437,3447	201,0619	0,1859	5,9	<i>No Confinement</i>

Tabel 5. 75 Rekapitulasi *Confinement* Diafragma Lantai 8

Lantai 8						
SecCut	d	Mu	As pakai	Gaya Tekan Kord	0,2.fc'	Status
	m	kNm	mm ²	Mpa	Mpa	
1	11,7	689,4385	201,0619	0,2931	5,9	<i>No Confinement</i>
2	11,7	1122,7763	402,1239	0,2386	5,9	<i>No Confinement</i>
3	11,7	2926,4779	804,2477	0,3110	5,9	<i>No Confinement</i>
4	11,7	4215,5218	1005,3096	0,3584	5,9	<i>No Confinement</i>

Lanjutan Tabel 5.75 Rekapitulasi *Confinement* Diafragma Lantai 8

Lantai 8						
SecCut	d	Mu	As pakai	Gaya Tekan Kord	0,2.fc'	Status
	m	kNm	mm ²	Mpa	Mpa	
5	11,7	5649,6897	1407,4335	0,3431	5,9	<i>No Confinement</i>
6	11,7	4282,0248	1206,3716	0,3034	5,9	<i>No Confinement</i>
7	11,7	3420,7040	1005,3096	0,2908	5,9	<i>No Confinement</i>
8	11,7	4107,4472	1005,3096	0,3492	5,9	<i>No Confinement</i>
9	11,7	3765,4583	1005,3096	0,3201	5,9	<i>No Confinement</i>
10	7,1	1320,0923	603,1858	0,3082	5,9	<i>No Confinement</i>
11	7,1	4029,6447	1005,3096	0,3426	5,9	<i>No Confinement</i>
12	7,1	1588,4025	804,2477	0,2782	5,9	<i>No Confinement</i>
13	7,9	528,7371	201,0619	0,3329	5,9	<i>No Confinement</i>
14	11,7	1605,7418	402,1239	0,3413	5,9	<i>No Confinement</i>
15	11,7	1198,6832	402,1239	0,2548	5,9	<i>No Confinement</i>
16	11,7	1080,7300	402,1239	0,2297	5,9	<i>No Confinement</i>
17	11,7	410,7774	201,0619	0,1746	5,9	<i>No Confinement</i>

Tabel 5. 76 Rekapitulasi *Confinement* Diafragma Lantai 9

Lantai 9						
SecCut	d	Mu	As pakai	Gaya Tekan Kord	0,2.fc'	Status
	m	kNm	mm ²	Mpa	Mpa	
1	11,7	615,6027	201,0619	0,2617	5,9	<i>No Confinement</i>
2	11,7	1044,5514	402,1239	0,2220	5,9	<i>No Confinement</i>
3	11,7	2795,3310	804,2477	0,2971	5,9	<i>No Confinement</i>
4	11,7	4054,9818	1005,3096	0,3447	5,9	<i>No Confinement</i>
5	11,7	5401,6056	1407,4335	0,3280	5,9	<i>No Confinement</i>
6	11,7	4231,0880	1005,3096	0,3597	5,9	<i>No Confinement</i>
7	11,7	3405,7838	1005,3096	0,2896	5,9	<i>No Confinement</i>
8	11,7	3901,7458	1005,3096	0,3317	5,9	<i>No Confinement</i>
9	11,7	3582,0744	1005,3096	0,3045	5,9	<i>No Confinement</i>
10	7,1	853,5652	402,1239	0,2990	5,9	<i>No Confinement</i>
11	7,1	3763,9830	1005,3096	0,3200	5,9	<i>No Confinement</i>
12	7,1	1514,7027	603,1858	0,3537	5,9	<i>No Confinement</i>
13	7,9	489,5366	201,0619	0,3082	5,9	<i>No Confinement</i>
14	11,7	1438,6235	402,1239	0,3058	5,9	<i>No Confinement</i>
15	11,7	1186,0254	402,1239	0,2521	5,9	<i>No Confinement</i>
16	11,7	1062,0738	402,1239	0,2257	5,9	<i>No Confinement</i>
17	11,7	397,8510	201,0619	0,1691	5,9	<i>No Confinement</i>

Tabel 5. 77 Rekapitulasi Confinement Diafragma Lantai 10

Lantai 10						
SecCut	d	Mu	As pakai	Gaya Tekan Kord	0,2.fc'	Status
	m	kNm	mm2	Mpa	Mpa	
1	11,7	625,1774	201,0619	0,2658	5,9	No Confinement
2	11,7	1003,4926	402,1239	0,2133	5,9	No Confinement
3	11,7	2580,4866	804,2477	0,2742	5,9	No Confinement
4	11,7	3776,0295	1005,3096	0,3210	5,9	No Confinement
5	11,7	5219,0941	1407,4335	0,3169	5,9	No Confinement
6	11,7	4090,0010	1005,3096	0,3477	5,9	No Confinement
7	11,7	3271,3081	804,2477	0,3477	5,9	No Confinement
8	11,7	3530,9264	1005,3096	0,3002	5,9	No Confinement
9	11,7	3238,6202	804,2477	0,3442	5,9	No Confinement
10	7,1	962,6920	402,1239	0,3372	5,9	No Confinement
11	7,1	3336,0008	804,2477	0,3545	5,9	No Confinement
12	7,1	1382,2872	603,1858	0,3228	5,9	No Confinement
13	7,9	414,0878	201,0619	0,2607	5,9	No Confinement
14	11,7	1154,5934	402,1239	0,2454	5,9	No Confinement
15	11,7	1241,9673	402,1239	0,2640	5,9	No Confinement
16	11,7	1086,8166	402,1239	0,2310	5,9	No Confinement
17	11,7	396,2115	201,0619	0,1684	5,9	No Confinement

Tabel 5. 78 Rekapitulasi Confinement Diafragma Lantai 11

Lantai 11						
SecCut	d	Mu	As pakai	Gaya Tekan Kord	0,2.fc'	Status
	m	kNm	mm2	Mpa	Mpa	
1	11,7	715,5078	201,0619	0,2658	5,9	No Confinement
2	11,7	1000,3670	402,1239	0,2133	5,9	No Confinement
3	11,7	2333,3094	804,2480	0,2742	5,9	No Confinement
4	11,7	3400,3460	1005,3096	0,3210	5,9	No Confinement
5	11,7	4838,5054	1407,4335	0,3169	5,9	No Confinement
6	11,7	3881,1239	1005,3096	0,3477	5,9	No Confinement
7	11,7	3038,5536	804,2477	0,3477	5,9	No Confinement
8	11,7	3002,9479	1005,3096	0,3002	5,9	No Confinement
9	11,7	2832,6763	804,2477	0,3442	5,9	No Confinement
10	7,1	784,1314	402,1239	0,3372	5,9	No Confinement
11	7,1	2762,3719	804,2477	0,3545	5,9	No Confinement
12	7,1	1198,6913	603,1858	0,3228	5,9	No Confinement
13	7,9	447,3273	201,0619	0,2607	5,9	No Confinement

Lanjutan Tabel 5.78 Rekapitulasi *Confinement* Diafragma Lantai 11

Lantai 11						
SecCut	d	Mu	As pakai	Gaya Tekan Kord	0,2.fc'	Status
	m	kNm	mm ²	Mpa	Mpa	
14	11,7	1107,1970	402,1239	0,2454	5,9	<i>No Confinement</i>
15	11,7	1384,2199	402,1239	0,2640	5,9	<i>No Confinement</i>
16	11,7	1168,7733	402,1239	0,2310	5,9	<i>No Confinement</i>
17	11,7	408,3641	201,0619	0,1684	5,9	<i>No Confinement</i>

Tabel 5. 79 Rekapitulasi *Confinement* Diafragma Lantai 12

Lantai 12						
SecCut	d	Mu	As pakai	Gaya Tekan Kord	0,2.fc'	Status
	m	kNm	mm ²	Mpa	Mpa	
1	11,7	855,3091	201,0619	0,2658	5,9	<i>No Confinement</i>
2	11,7	1032,3907	402,1239	0,2133	5,9	<i>No Confinement</i>
3	11,7	2126,9538	804,2480	0,2742	5,9	<i>No Confinement</i>
4	11,7	2961,7072	1005,3096	0,3210	5,9	<i>No Confinement</i>
5	11,7	4362,3962	1407,4335	0,3169	5,9	<i>No Confinement</i>
6	11,7	3604,7999	1005,3096	0,3477	5,9	<i>No Confinement</i>
7	11,7	2787,1916	804,2477	0,3477	5,9	<i>No Confinement</i>
8	11,7	2567,2140	1005,3096	0,3002	5,9	<i>No Confinement</i>
9	11,7	2533,4071	804,2477	0,3442	5,9	<i>No Confinement</i>
10	7,1	594,7878	402,1239	0,3372	5,9	<i>No Confinement</i>
11	7,1	2101,9157	804,2477	0,3545	5,9	<i>No Confinement</i>
12	7,1	978,5483	603,1858	0,3228	5,9	<i>No Confinement</i>
13	7,9	579,8513	201,0619	0,2607	5,9	<i>No Confinement</i>
14	11,7	1468,8994	402,1239	0,2454	5,9	<i>No Confinement</i>
15	11,7	1674,8901	402,1239	0,2640	5,9	<i>No Confinement</i>
16	11,7	1353,8195	402,1239	0,2310	5,9	<i>No Confinement</i>
17	11,7	447,5938	201,0619	0,1684	5,9	<i>No Confinement</i>

Tabel 5. 80 Rekapitulasi *Confinement* Diafragma Lantai 13

Lantai 13						
SecCut	d	Mu	As pakai	Gaya Tekan Kord	0,2.fc'	Status
	m	kNm	mm ²	Mpa	Mpa	
1	11,7	1022,9289	201,0619	0,2658	5,9	<i>No Confinement</i>
2	11,7	989,7088	402,1239	0,2133	5,9	<i>No Confinement</i>

Lanjutan Tabel 5.80 Rekapitulasi Confinement Diafragma Lantai 13

Lantai 13						
SecCut	d	Mu	As pakai	Gaya Tekan Kord	0,2.fc'	Status
	m	kNm	mm2	Mpa	Mpa	
3	11,7	1913,7984	804,2480	0,2742	5,9	No Confinement
4	11,7	2453,9912	1005,3096	0,3210	5,9	No Confinement
5	11,7	3766,1749	1407,4335	0,3169	5,9	No Confinement
6	11,7	3271,0984	1005,3096	0,3477	5,9	No Confinement
7	11,7	2719,4620	804,2477	0,3477	5,9	No Confinement
8	11,7	2182,1951	1005,3096	0,3002	5,9	No Confinement
9	11,7	2184,9704	804,2477	0,3442	5,9	No Confinement
10	7,1	347,0925	402,1239	0,3372	5,9	No Confinement
11	7,1	1384,1838	804,2477	0,3545	5,9	No Confinement
12	7,1	1022,5551	603,1858	0,3228	5,9	No Confinement
13	7,9	765,5605	201,0619	0,2607	5,9	No Confinement
14	11,7	1920,4389	402,1239	0,2454	5,9	No Confinement
15	11,7	1997,9358	402,1239	0,2640	5,9	No Confinement
16	11,7	1572,5373	402,1239	0,2310	5,9	No Confinement
17	11,7	548,7862	201,0619	0,1684	5,9	No Confinement

Tabel 5. 81 Rekapitulasi Confinement Diafragma Lantai 14

Lantai 14						
SecCut	d	Mu	As pakai	Gaya Tekan Kord	0,2.fc'	Status
	m	kNm	mm2	Mpa	Mpa	
1	11,7	740,9201	201,0619	0,2658	5,9	No Confinement
2	11,7	832,8787	402,1239	0,2133	5,9	No Confinement
3	11,7	1408,4533	804,2480	0,2742	5,9	No Confinement
4	11,7	1779,5683	1005,3096	0,3210	5,9	No Confinement
5	11,7	2850,6891	1407,4335	0,3169	5,9	No Confinement
6	11,7	2946,4404	1005,3096	0,3477	5,9	No Confinement
7	11,7	2828,9648	804,2477	0,3477	5,9	No Confinement
8	11,7	2725,6220	1005,3096	0,3002	5,9	No Confinement
9	11,7	2678,5045	804,2477	0,3442	5,9	No Confinement
10	7,1	498,8043	402,1239	0,3372	5,9	No Confinement
11	7,1	1879,4234	804,2477	0,3545	5,9	No Confinement
12	7,1	1978,8347	603,1858	0,3228	5,9	No Confinement
13	7,9	894,1397	201,0619	0,2607	5,9	No Confinement
14	11,7	2174,0239	402,1239	0,2454	5,9	No Confinement
15	11,7	1951,9934	402,1239	0,2640	5,9	No Confinement

Lanjutan Tabel 5.81 Rekapitulasi *Confinement* Diafragma Lantai 14

Lantai 14						
SecCut	d	Mu	As pakai	Gaya Tekan Kord	0,2.fc'	Status
	m	kNm	mm ²	Mpa	Mpa	
16	11,7	1418,7057	402,1239	0,2310	5,9	<i>No Confinement</i>
17	11,7	397,8039	201,0619	0,1684	5,9	<i>No Confinement</i>

Tabel 5. 82 Rekapitulasi *Confinement* Diafragma Lantai 15

Lantai 15						
SecCut	d	Mu	As pakai	Gaya Tekan Kord	0,2.fc'	Status
	m	kNm	mm ²	Mpa	Mpa	
1	11,7	2325,5113	201,0619	0,2658	5,9	<i>No Confinement</i>
2	11,7	2086,0881	402,1239	0,2133	5,9	<i>No Confinement</i>
3	11,7	3934,5170	804,2480	0,2742	5,9	<i>No Confinement</i>
4	11,7	5033,6625	1005,3096	0,3210	5,9	<i>No Confinement</i>
5	11,7	3568,1583	1407,4335	0,3169	5,9	<i>No Confinement</i>
6	11,7	3242,5192	1005,3096	0,3477	5,9	<i>No Confinement</i>
7	11,7	3443,7186	804,2477	0,3477	5,9	<i>No Confinement</i>
8	11,7	4959,8761	1005,3096	0,3002	5,9	<i>No Confinement</i>
9	11,7	4686,7853	804,2477	0,3442	5,9	<i>No Confinement</i>
10	7,1	1103,1525	402,1239	0,3372	5,9	<i>No Confinement</i>
11	7,1	4546,8938	804,2477	0,3545	5,9	<i>No Confinement</i>
12	7,1	721,9089	603,1858	0,3228	5,9	<i>No Confinement</i>
13	7,9	2910,9534	201,0619	0,2607	5,9	<i>No Confinement</i>
14	11,7	2129,1374	402,1239	0,2454	5,9	<i>No Confinement</i>
15	11,7	1545,1989	402,1239	0,2640	5,9	<i>No Confinement</i>
16	11,7	1006,0026	402,1239	0,2310	5,9	<i>No Confinement</i>
17	11,7	501,1616	201,0619	0,1684	5,9	<i>No Confinement</i>

Dari hasil rekapitulasi diatas dapat disimpulkan bahwa pada seluruh lantai daerah kord tidak perlu adanya tulangan *confinement*.

5.12 Pembahasan Keseluruhan

Dari analisis yang telah dilakukan maka didapat pembahasan sebagai berikut.

1. Ketidakberaturan horizontal yang terjadi pada bangunan Apartemen Taman Melati Yogyakarta yaitu ketidakberaturan horizontal torsi tipe 1a arah x pada

lantai 1 dan lantai 2, lalu ketidakberaturan horizontal torsi tipe 1a arah y pada lantai 1 hingga lantai 4. Dan terjadi ketidakberaturan horizontal sudut dalam pada seluruh lantai karena bentuk bangunan yang tipikal.

2. Ketidakberaturan vertikal yang telah dianalisis pada bangunan Apartemen Taman Melati Yogyakarta dinyatakan regular pada seluruh tipe. Maka bangunan ini tidak terjadi ketidakberaturan vertikal.
3. Dari poin 1 dan 2 dapat disimpulkan bahwa bangunan Apartemen Taman Melati memiliki ketidakberaturan, salah satunya ketidakberaturan horizontal. Sehingga konsekuensi apabila terjadi ketidakberaturan pada suatu bangunan maka perlu dilakukan peningkatan gaya sesuai dengan syarat SNI 1726-2019 pada pasal 7.10.1.1.
4. Simpangan antar tingkat pada bangunan ini dinyatakan aman pada seluruh lantai karena simpangan antar tingkat tidak melebihi simpangan antar tingkat ijin yang telah ditentukan. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 5.9 dan 5.10.
5. Pengaruh P-Delta pada bangunan ini dinyatakan stabil pada seluruh lantai, karena koefisien stabilitas (θ) tidak melebihi dari koefisien stabilitas maksimum (θ_{max}).
6. Dijelaskan pada poin 3 perlu dilakukan peningkatan gaya pada desain diafragma sebesar 25% untuk bangunan dengan kategori desain seismik D hingga F sesuai dengan syarat SNI 1726-2019 pasal 7.3.3.4. Gaya desain diafragma yang ditingkatkan 25% tersebut dilakukan pada seluruh lantai. Analisis gaya desain diafragma didapat hasil balok kolektor pada lantai 1,2,4,5,6,7,8,9,10,11, dan 12 sedangkan untuk daerah elemen kord dilakukan pada seluruh lantai bangunan tersebut. Untuk desain elemen balok kolektor dan elemen kord dapat dilihat pada sub bab 5.10 dan 5.11.

BAB VI

SIMPULAN DAN SARAN

6.1 Simpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan pada bangunan struktur yang telah ditinjau, maka diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Dari hasil analisis ketidakberaturan struktur bangunan yang ditinjau memiliki ketidakberaturan horizontal torsi 1a arah x pada lantai 1 dan lantai 2, ketidakberaturan horizontal torsi 1a arah y pada lantai 1, 2, 3, 4 dan ketidakberaturan horizontal sudut dalam (tipe 2) pada seluruh lantai. Namun, bangunan apartemen ini tidak terjadi ketidakberaturan vertikal.
2. Simpangan antar tingkat pada bangunan Apartemen Taman Melati Yogyakarta dinyatakan aman pada seluruh lantai karena simpangan antar tingkat tidak melebihi simpangan antar tingkat ijin yang telah di tentukan.
3. Hasil desain kolektor yang memiliki tulangan terbesar terdapat pada balok B160 (B2) pada lantai 4 dan 5 dengan jumlah tulangan pada arah x sebanyak 15 tulangan dan pada arah z sebanyak 6 tulangan, desain tulangan geser balok tersebut pada sendi plastis didapat 3D10-100 mm dan luar sendi plastis didapat 3D10-150 mm. Desain kolektor yang memiliki tulangan terkecil terdapat pada balok B223 (B14), B140 (BA-4) pada lantai 1 dan B160 (B2) pada lantai 1, 10, 11, 12 dengan jumlah tulangan pada arah x sebanyak 9 tulangan dan pada arah z sebanyak 6 tulangan, desain tulangan geser balok tersebut pada sendi plastis didapat 2D10-100 mm dan luar sendi plastis didapat 2D10-200 mm. Hasil desain elemen kord terdapat tulangan terbesar pada lantai 1,6,7,8,9,10 dengan 7D16 dan yang terkecil pada lantai 14 dengan 4D16 dengan tulangan geser diafragma D10-300 mm.

6.2 Saran

Dari hasil penelitian yang telah diperoleh, maka dapat diberikan beberapa saran untuk penelitian selanjutnya diantaranya berikut ini.

1. Pada penelitian ini tidak dianalisis pada balok, kolom, pelat, dan dinding geser (*Shear Wall*). Alangkah lebih baik jika penelitian selanjutnya menganalisis dan mendesain elemen-elemen tersebut.
2. Perlu membandingkan dengan analisis lebih lanjut menggunakan struktur bangunan yang berbeda dari segi bentuk, dimensi, jumlah tingkat, tinggi antar tingkat, dan material.
3. Perlu adanya pembahasan yang lebih mendetail mengenai desain elemen kord dan kolektor pada SNI 1726-2019 (Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung) dan SNI 2847-2013 (Persyaratan beton structural untuk bangunan Gedung).
4. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan metode perhitungan yang lebih efisien dan dengan syarat-syarat yang terbaru untuk mendesain elemen kord dan elemen kolektor.

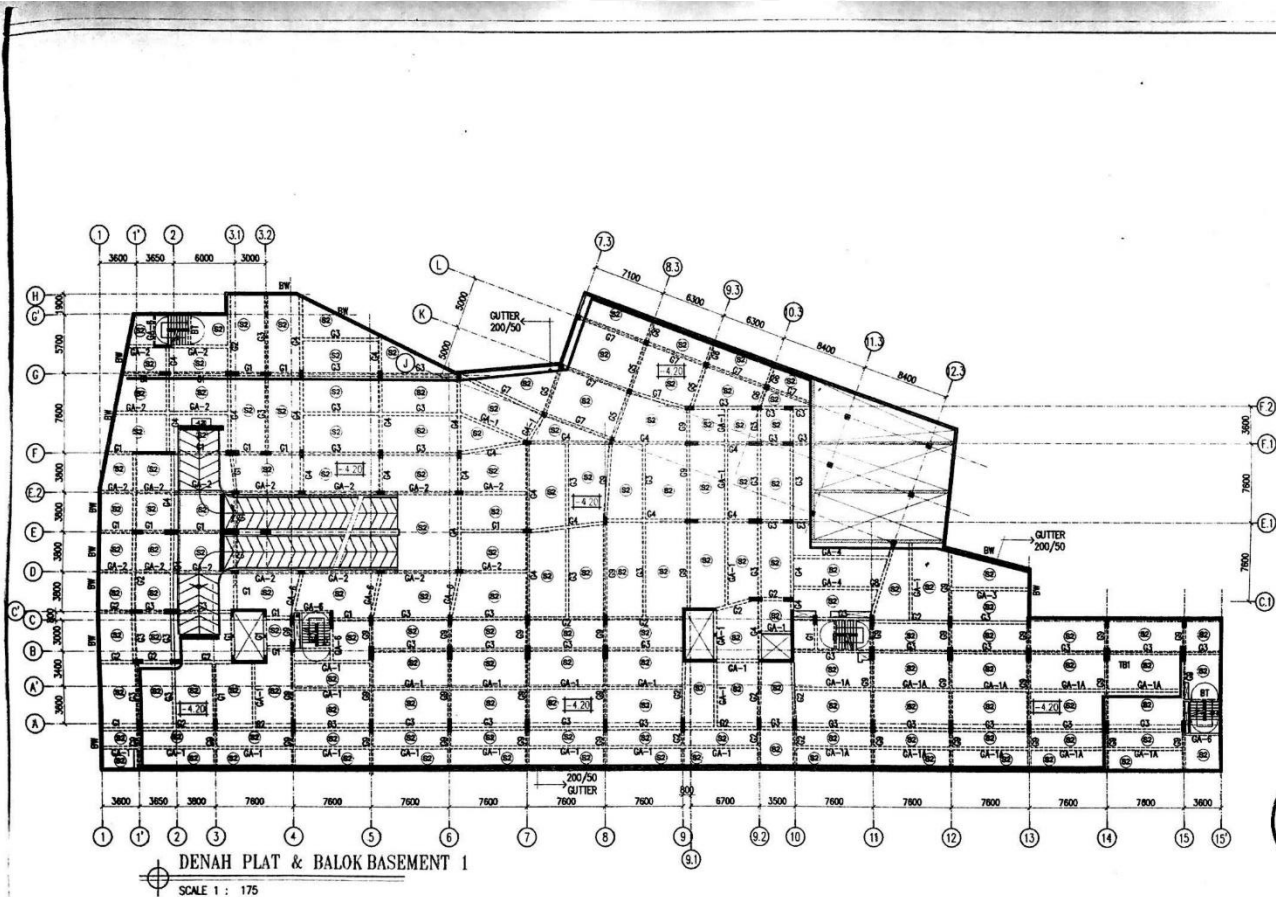
DAFTAR PUSTAKA

- Standar Nasional Indonesia. 2019. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. SNI 1726. Manggala Wanabakti. Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia. 2019. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. SNI 2847. Manggala Wanabakti. Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia. 2013. *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung*. SNI 1727. Manggala Wanabakti. Jakarta.
- PBI 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia*. Direktorat Penyidikan Masalah bangunan Direktorat Jendral Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik. Bandung.
- Hardiyatmo, Hary. C. 2015. *Analisis dan Perancangan Fondasi II*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Pawirodikromo, Widodo. 2012. *Seismologi Teknik & Rekayasa Kegempaan*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta.
- Rahardjo, Paulus P. s.a. *Manual Pondasi Tiang*. Program Pascasarjana Magister Teknik Sipil UNPAR. Bandung.
- Hafifah, Vifi dan Prijasambada. 2018. *Analisa Gaya Diafragma, Kord dan Kolektor pada Bangunan Gedung sesuai dengan SNI 1726:2012*. Teknik Sipil Universitas Persada Indonesia. Vol. 2 No. 1.
- Moehle, Jack P. dkk. 2016. *Seismic Design of Cas-in-Place Concrete Diaphragms, Chords, and Collector*. NIST GCR 16-917-42. U.S.
- Vijayanarayanan, A. P. dkk. 2017. *Estimation Of Storey Stiffness in Multi-Storey Buildings*. World Conference on Earthquake. Santiago Chile.

- Leo, Edison dan Egan. 2018. Analisis Gaya dan Momen Yang Terjadi di Sekitar Elemen Chord dan Balok Kolektor Akibat Gaya Gempa Pada Bangunan Bertingkat Tinggi. *Jurnal Mitra Teknik Sipil*. Vol 1, No. 1. Hlm 271-280.
- Madutujuh, Nathan. 2017. *Advanced Building Design using SANSPRO V.5.10 (Substructure, Soldier Pile, Pile-Raft Foundation, Building Irregularities, Upper-structure, Shearwall, Diaphragm Chord and Collector Design, Steel Connection, Prestressed Beam, Stage Construction/Sequential Loading Analysis, Concrete Quality Control)*.
- Wantalantie, R. O. Orchidentus dkk. 2016. Analisa Statik Dan Dinamik Gedung Bertingkat Banyak Akibat Gempa Berdasarkan SNI 1726-2012 Dengan Variasi Jumlah Tingkat. *Jurnal Sipil Statik*. Vol 8 No. 8. Hlm 471-480.
- Tumbal, Tesalonika E. F. dkk. 2019. Pengaruh *Set-Back* pada Tingkat Teratas Bangunan Bertingkat Akibat Gempa. *Jurnal Sipil Statik*. Vol. 7 No. 6. Hlm 615-626.



LAMPIRAN



DENAH PLAT & BALOK BASEMENT 1
SCALE 1 : 175

CATATAN

- DIB. B. 200
- DIB. B. 300
- DIB. B. 400
- DIB. B. 500
- DIB. B. 600
- DIB. B. 700
- DIB. B. 800
- DIB. B. 900
- DIB. B. 1000
- DIB. B. 1100
- DIB. B. 1200
- DIB. B. 1300
- DIB. B. 1400
- DIB. B. 1500
- DIB. B. 1600
- DIB. B. 1700
- DIB. B. 1800
- DIB. B. 1900
- DIB. B. 2000

MAMA PROJEK

TAMARA MITATI
YOGYAKARTA

DEVELOPER

cdh | persepsi properti

KONSULTAN STRUKTUR

P.T. PRIMA SAMA
YOGYAKARTA

KONSULTAN ARSITEKTUR

PT. CARI

KONSULTAN MEK

MANAJEMEN KONSTRUKSI

DI ARSIRAFI

KONTRAKTOR

PT. ADIBARYA (Pusat) Tbk
DEWANTORO GEDUNG 11

ABSAULT DAWING

JUDUL
DENAH PLAT & BALOK
BASEMENT 1

NO GAMBAR :
AK-06/AB-STR/S-02.02
REFERENSI S-02.02

DIREKTORIA
PT. ADIBARYA (Pusat) Tbk
DEWANTORO GEDUNG 11

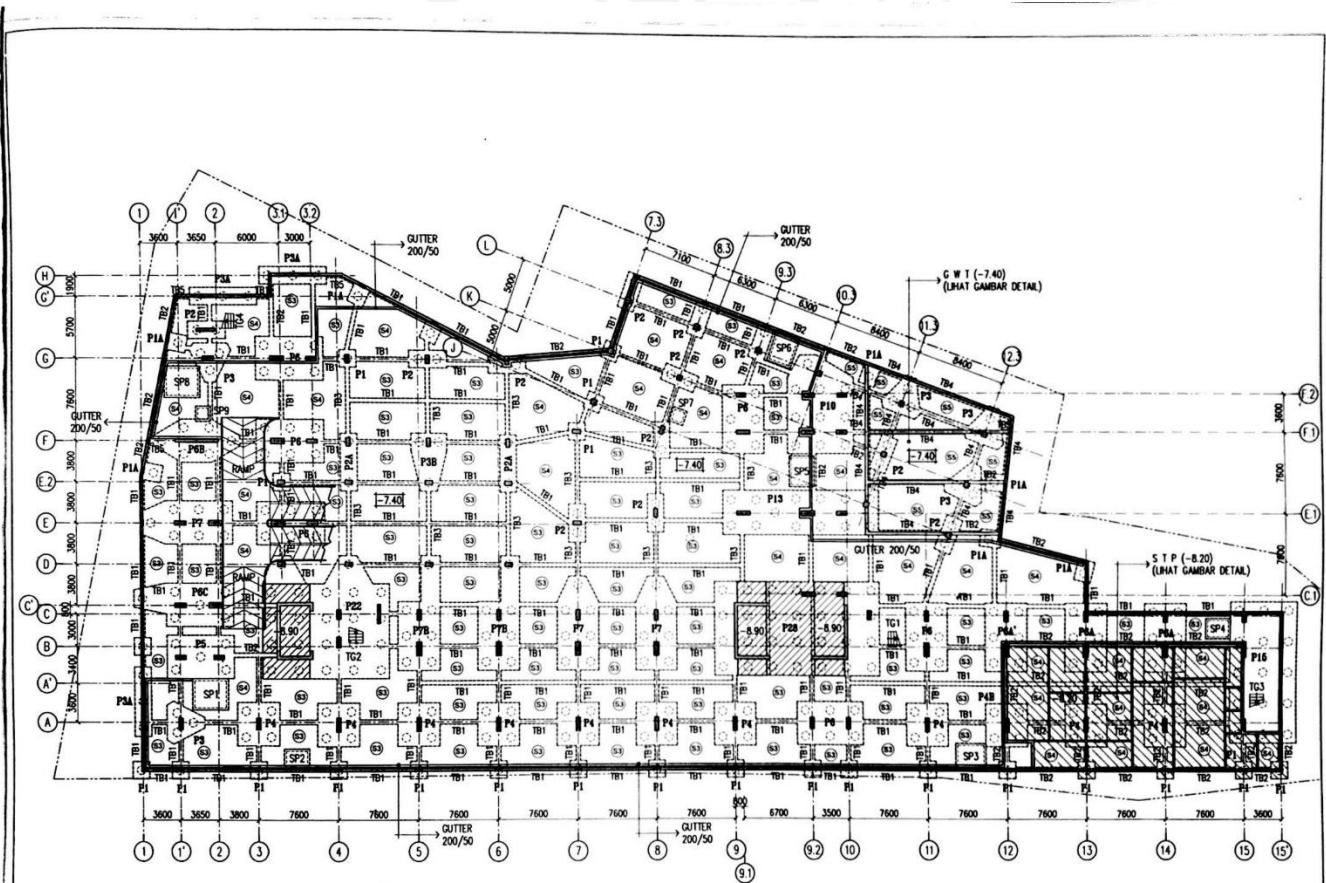
DISEWA
MANAJEMEN KONSTRUKSI

HENDRI
MANAGER

MANAGER ANEBY K.M. ST
TEAM LEAD

MENGETAH
ADIBARYA PROPTEK

DANAR WANDA PANITAN
SITE MANAGER



DENAH PILE CAP,
TIE BEAM & PLAT BASEMENT 2
SCALE 1 : 175

- ELEVASI -7.40
- ELEVASI -8.20
- ELEVASI -8.90

LATIHAN

NO. DESK	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	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	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
NO. DESK	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	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	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

NAMA PROJEK

TAMA MELATI
YOGYAKARTA

DEVELOPER

gdn persada properti

KONSULTAN STRUKTUR

P.T. PRATIWI BINA

KONSULTAN ARSITEKTUR

P.T. GEMILANG

KONSULTAN MEP

MANAJEMEN KONSTRUKSI

PT. ARSING BINA

KONTRAKTOR

PT. ADH KARYA (Persada) Tbk

ASBUK DRAWING

JUDUL

LAYOUT PILE CAP,
TIE BEAM & PLAT
BASEMENT 2

NO GAMBAR :

AK-DG/AB-SIR/S-02.01A

REVISI :

02.01

DISUSUN :

AL

DIAJUKAN :

PT. ADH KARYA (Persada) Tbk

PROJEK MANAGER

DISETUJUI :

MANAJEMEN KONSTRUKSI

KONSULTAN STRUKTUR

KONSULTAN ARSITEKTUR

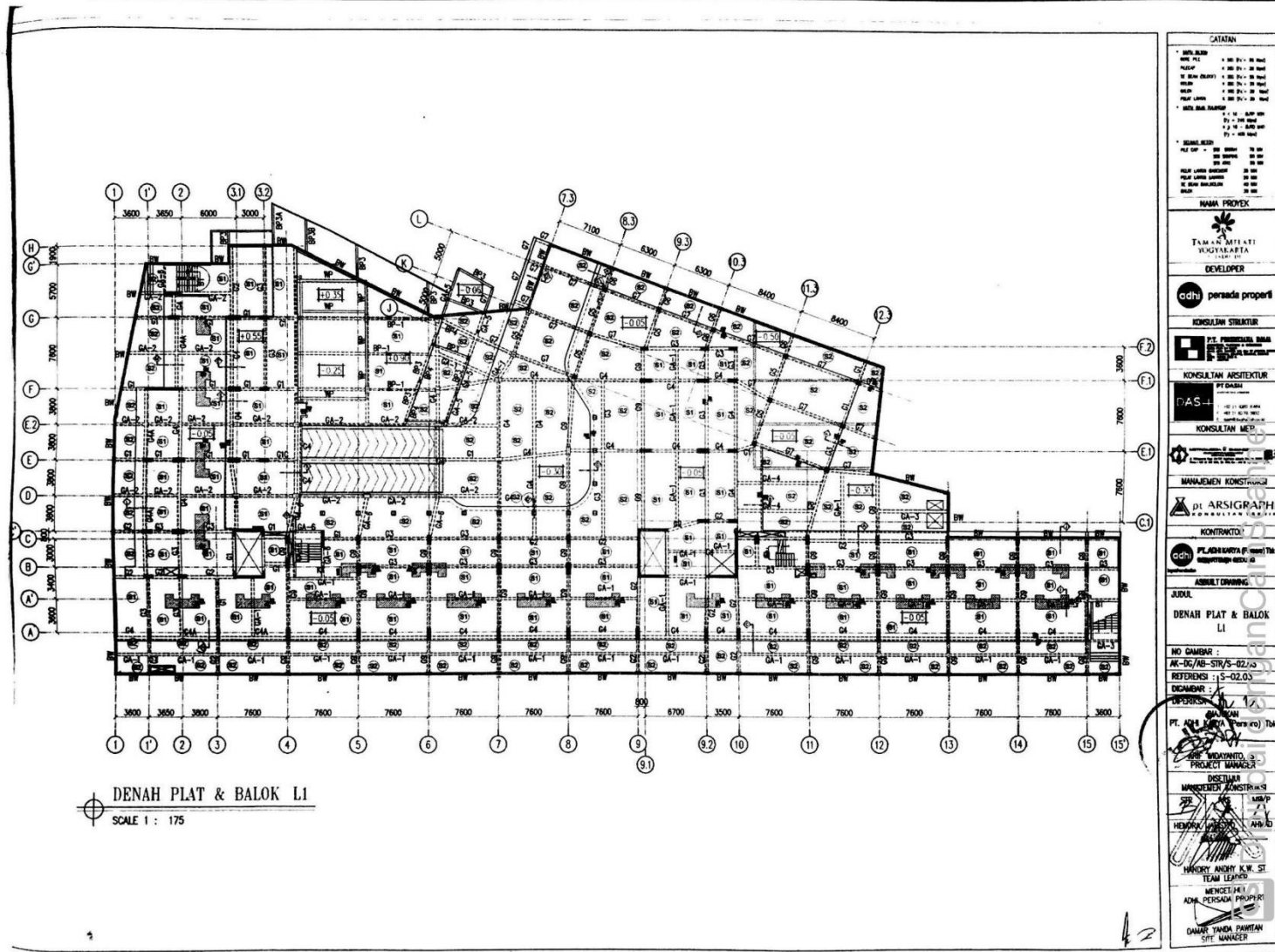
KONSULTAN MEP

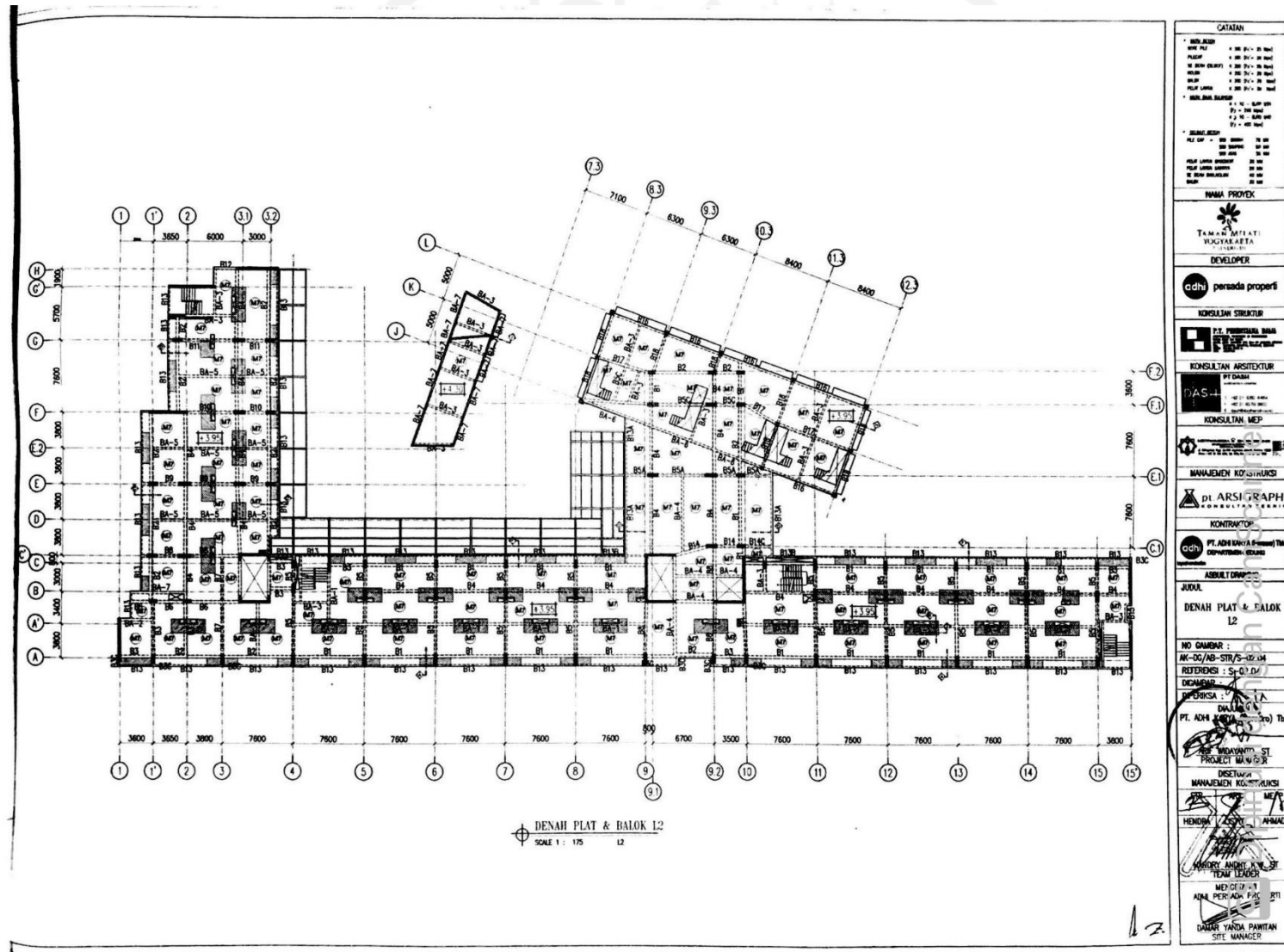
KONTRAKTOR

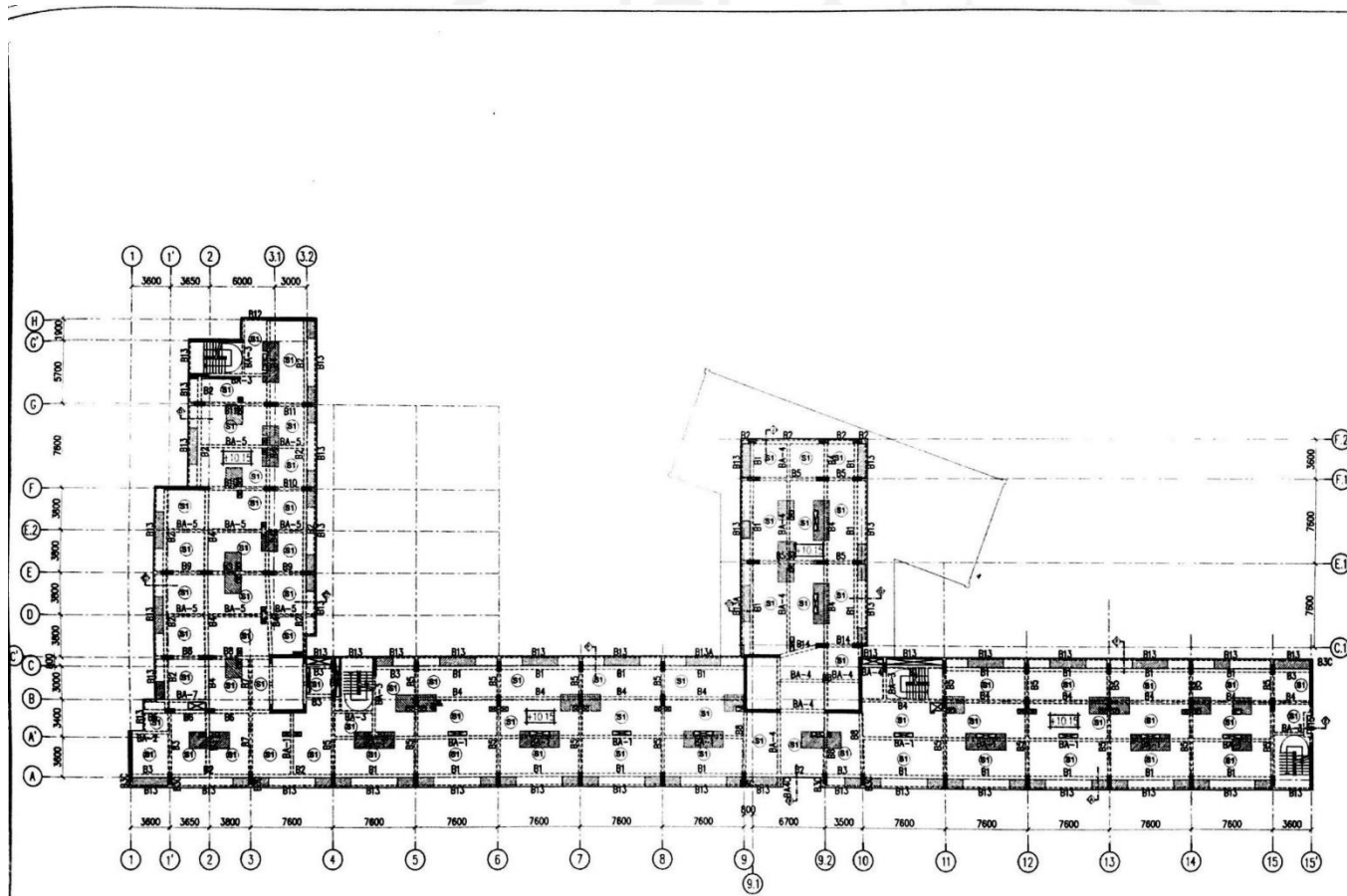
MENGETAPU :

DAMAR YANU PURNAMA

PROJEK MANAGER







DENAH PLAT & BALOK LANTAI 4
SCALE 1 : 175

CATATAN

1. BAHAN BAKU
 BATA BIRU 1.000.000.000
 PASIR 1.000.000.000
 BESI BANGUNAN 1.000.000.000
 GELAS 1.000.000.000
 PLESTER LANGKA 1.000.000.000
 BAHAN BAKU LAINNYA 1.000.000.000

2. HARGA PASIR
 P1 = 100.000.000
 P2 = 200.000.000
 P3 = 300.000.000

3. HARGA BESI
 B1 = 100.000.000
 B2 = 200.000.000
 B3 = 300.000.000
 B4 = 400.000.000
 B5 = 500.000.000
 B6 = 600.000.000
 B7 = 700.000.000
 B8 = 800.000.000
 B9 = 900.000.000
 B10 = 1.000.000.000

NAMA PROYEK

TAMAN MELATI
KOGYALABETA

DEVELOPER

cdh | perasda properti

KONSULTAN STRUKTUR

P.T. PUSKASANA BINA
STRUKTUR

KONSULTAN ARSITEKTUR

PT. DAS
PT. DAS ARSITEKTUR

KONSULTAN MEP

PT. ADH KARYA

MANAJEMEN KONSTRUKSI

DI ARSICORAPHI

KONTROL

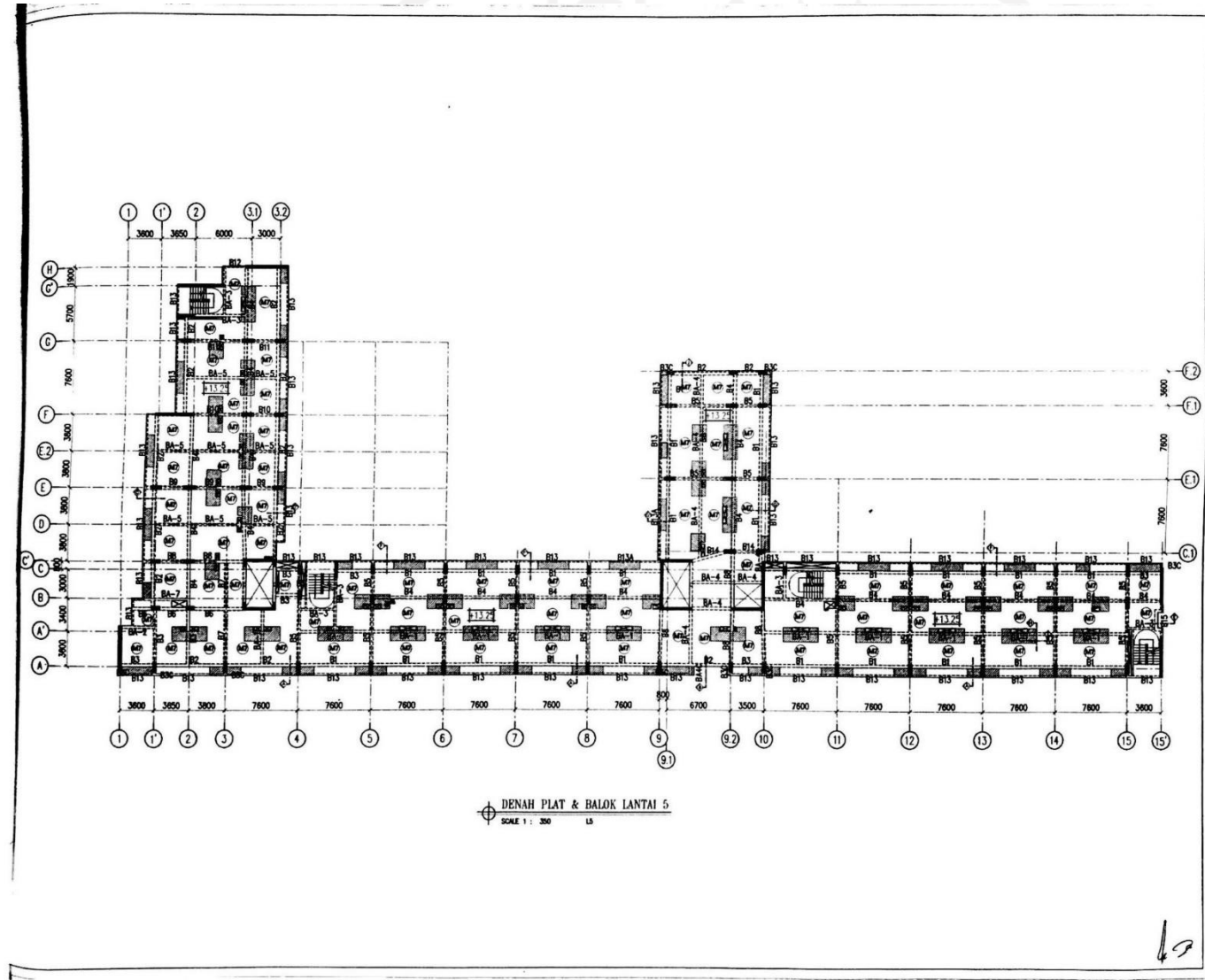
cdh | PT. ADH KARYA

REVISI

NO GAMBAR :
 AR-00/SD-STR/14-01
 REFERENSI : S-01/16
 DESAIN :
 DAMIR VANDA PARTHIAN
 PT. ADH KARYA (Persero) Tbk

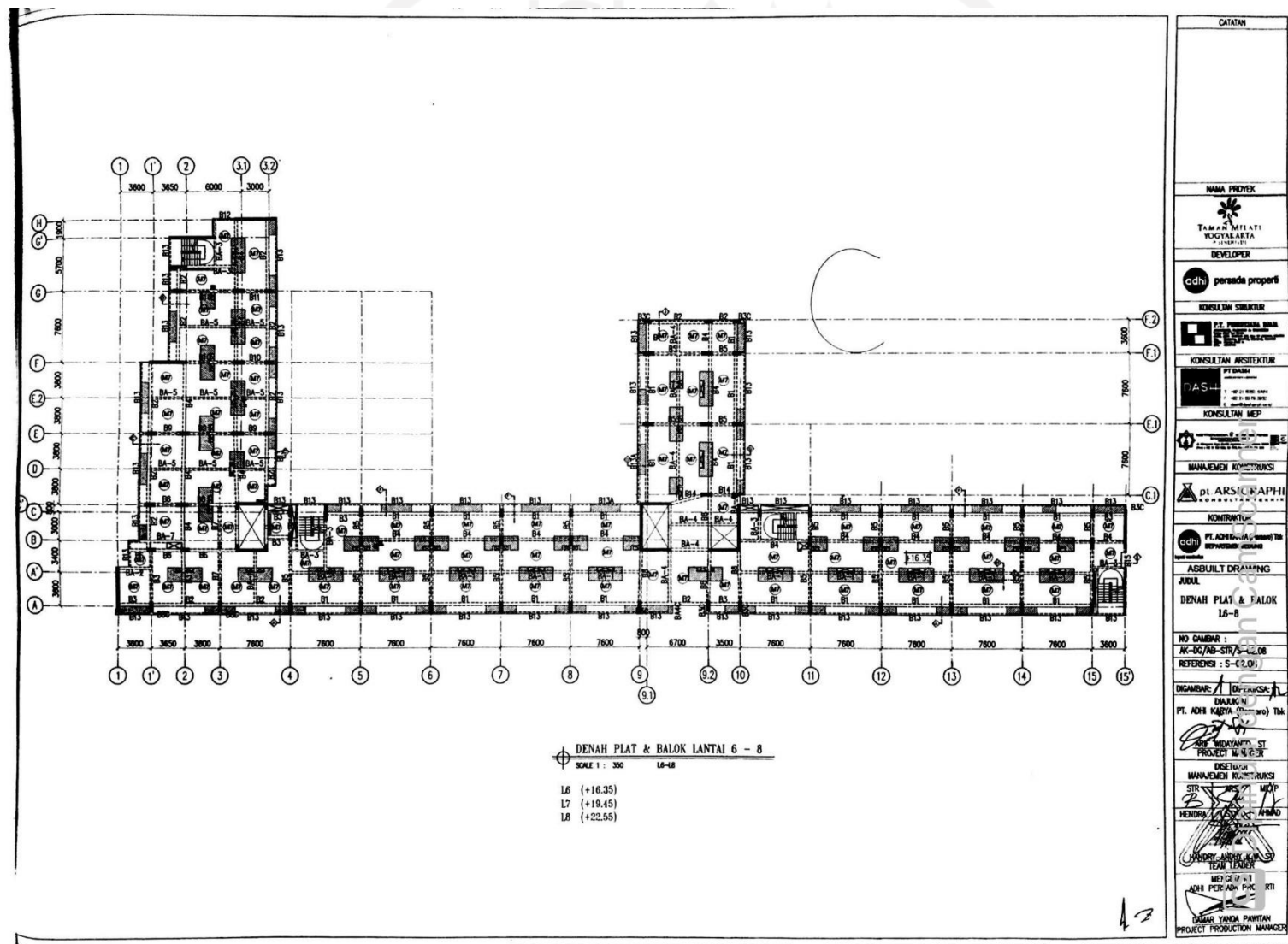
DISETUIH

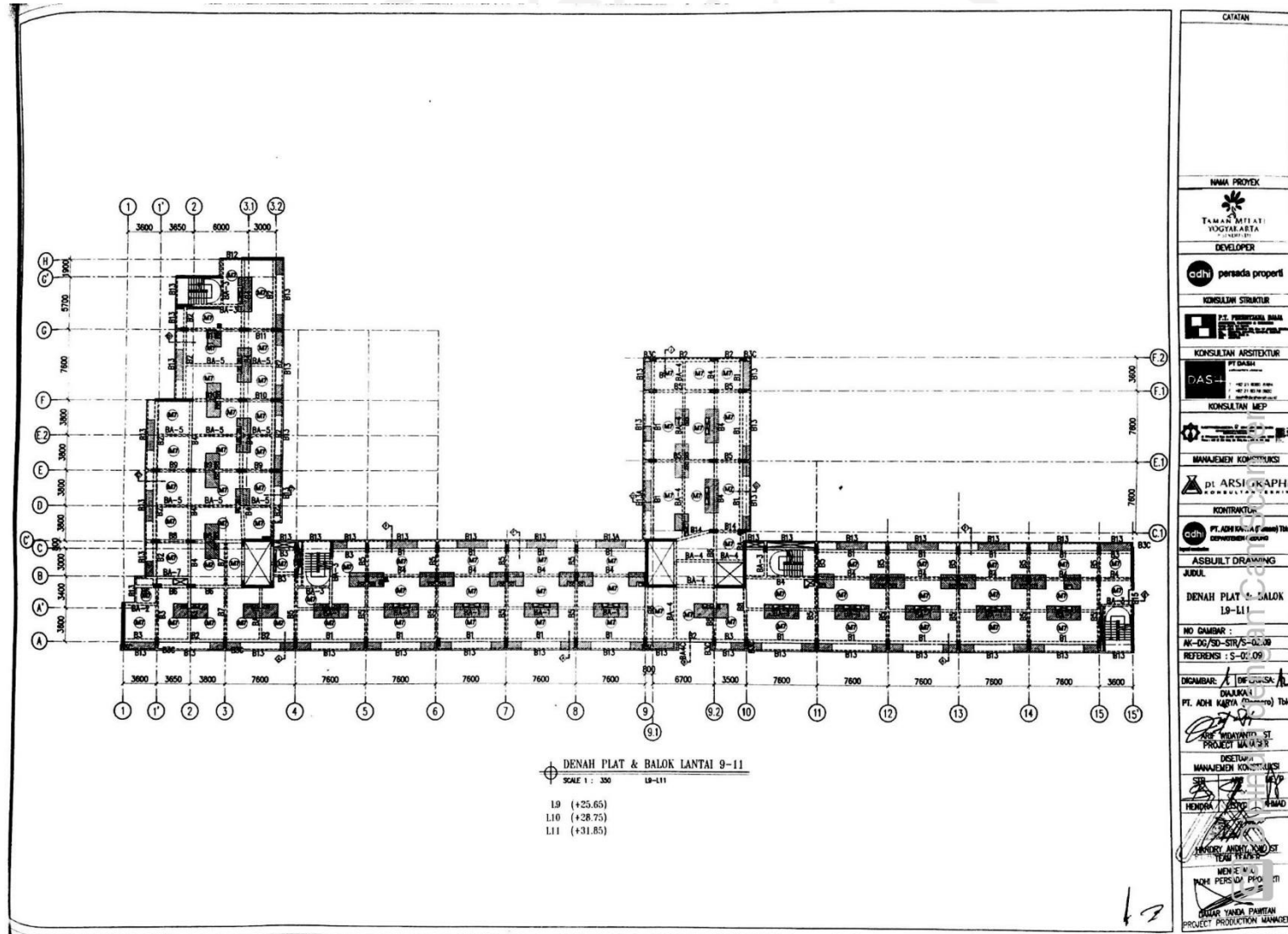
MANAJEMEN KONSTRUKSI
 STRUKTUR
 MEMP
 HENDRA LESTY
 DAMIR VANDA PARTHIAN
 MANAJEMEN KONSTRUKSI



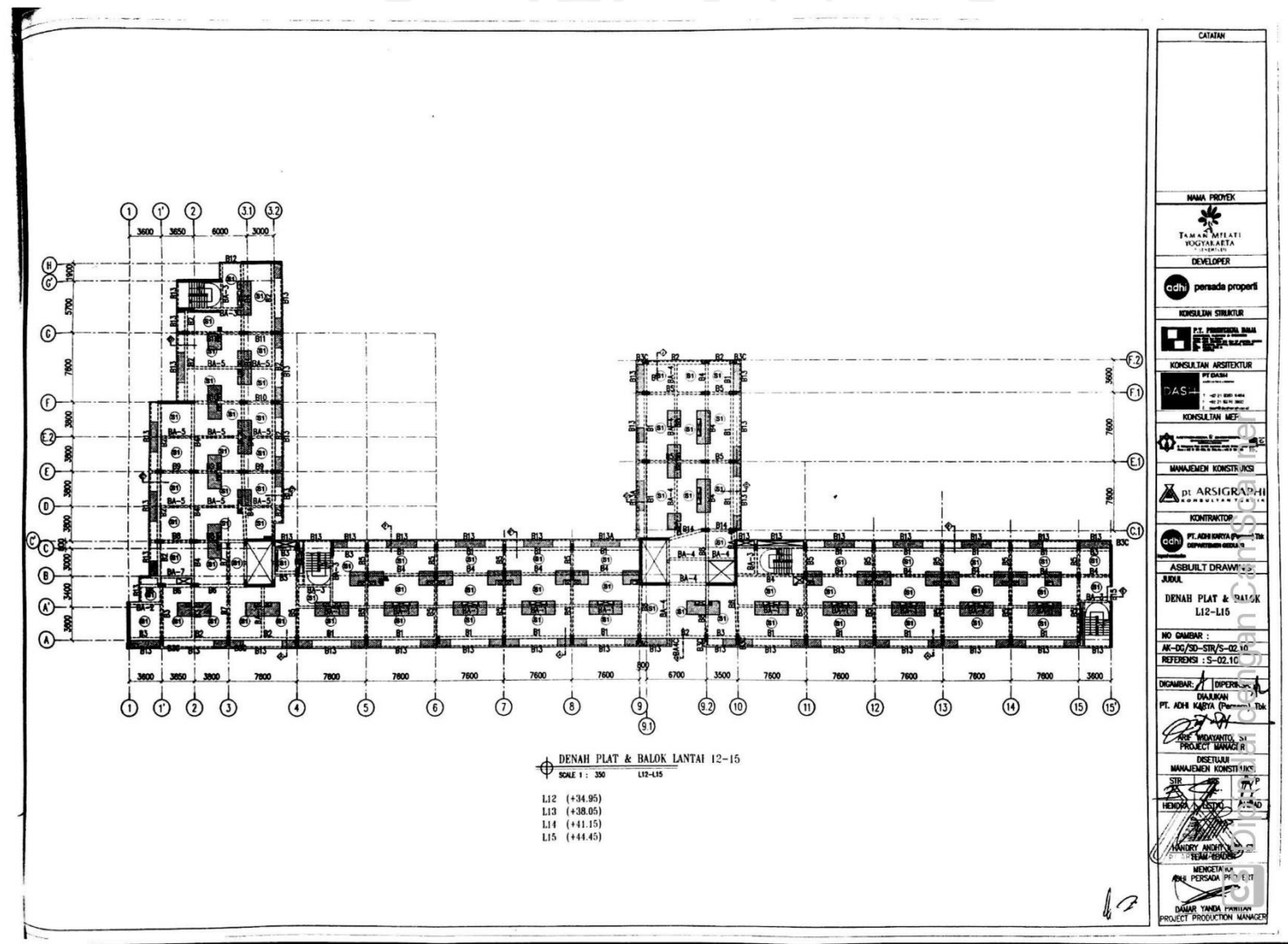
DENAH PLAT & BALOK LANTAI 5
SCALE 1 : 300

CATATAN
NAMA PROYEK
TAMAN ARIELATI KUSUMAJAYA LAMPUNG
DEVELOPER
adh persada properti
KONSULWAN STRUKTUR
PT. PRABANDI BINA
KONSULWAN ARSITEKTUR
DASH
KONSULWAN MEP
MANAJEMEN KONSTRUKSI
DI ARSICOGRAPHI
KONTRAKTOR
adh PT. ADIRI BINA
ASBUILT DRAWING
JUDUL
DENAH PLAT & BALOK L5
NO GAMBAR :
AK-00/AB-ST/5-02.07
REFERENSI : S-12.07
DIGAMBAR :
DIKORREKSI :
DALANGIN
PT. ADIRI BINA (Persada) Tbk
ADIRI WIDYAWATI ST PROJECT MANAGER
DIREKTUR MANAJEMEN KONSTRUKSI
STRuktur
MEK
MENDORA
MEMENANGKAN
ADIRI PERKUSIA
DAMAR YANDA PARTIYAN PROJECT PRODUCTION MANAGER



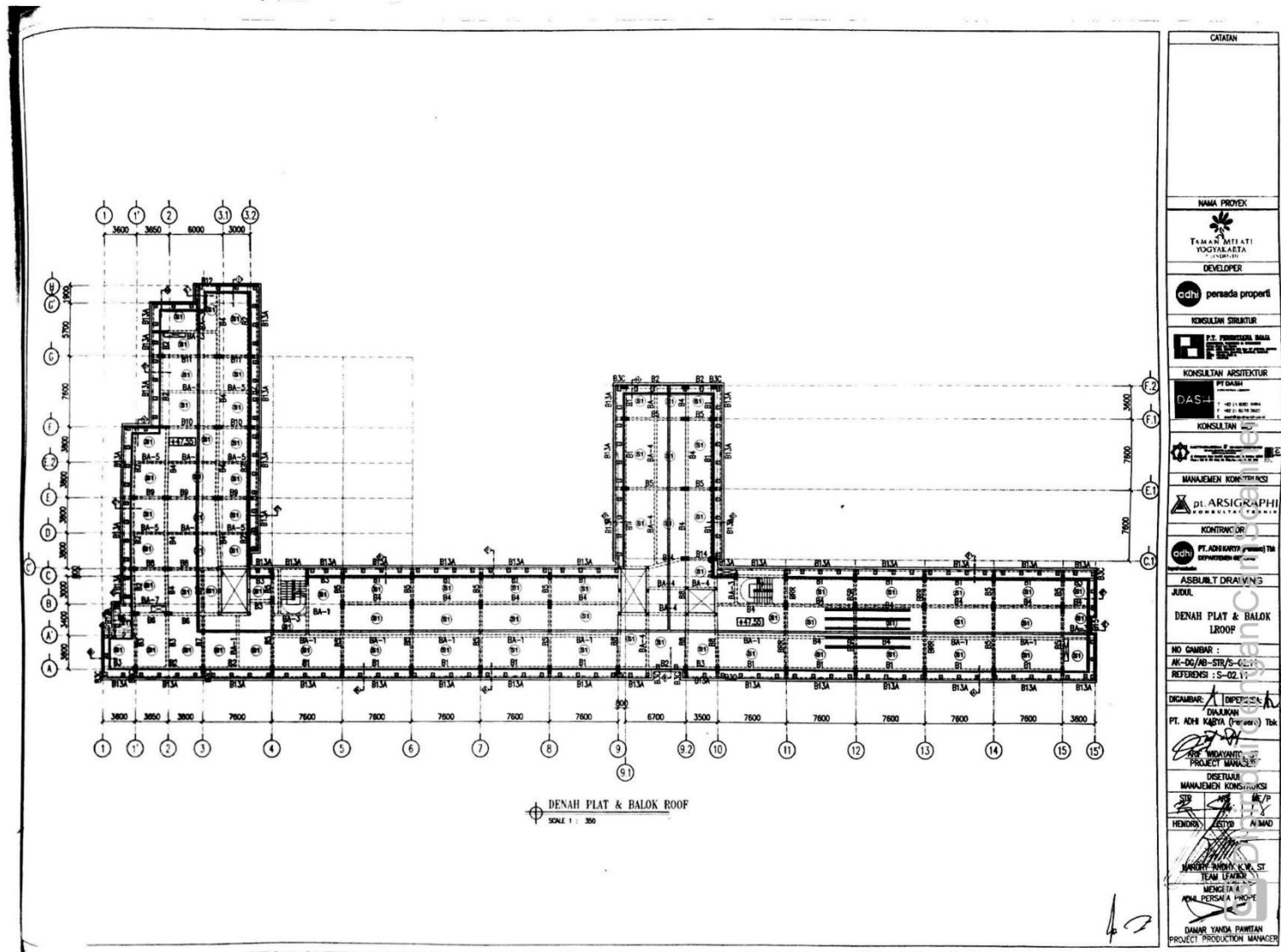


CATATAN	
NAMA PROYEK	
 TAMAR MITATI YOGYAKARTA	
DEVELOPER	
	
KONSULJIN STRUKTUR	
	
KONSULTAN ARSITEKTUR	
	
KONSULTAN MEP	
	
MANAJEMEN KONSTRUKSI	
	
KONTRAKTOR	
	
ASBUILT DRAWING	
JUDUL	
DENAH PLAT & BALOK	
1.9-1.11	
NO GAMBAR :	
AK-06/SO-SIV/S-02.09	
REFERENSI : S-02.09	
DIGAMBAR :	
DIAKURAI :	
PT. ADHINAMA (Pusat) Tbk	
	
	
	
	
	
	
	



DENAH PLAT & BALOK LANTAI 12-15
 SCALE 1 : 350 L12-L15
 L12 (+34.95)
 L13 (+38.05)
 L14 (+41.15)
 L15 (+44.45)

CATATAN
NAMA PROYEK
TAMAN MELATI INDONESIA
DEVELOPER
cdh persada properti
KONSULTAN STRUKTUR
P.T. PRIMA SAMA INDONESIA
KONSULTAN ARSITEKTUR
PY DASH INDONESIA
KONSULTAN MEP
MANAJEMEN KONSTRUKSI
pt. ARSIGRAPH
KONTRAKTOR
PT. ADH KARYA
ASBUILT DRAWING
JUDUL
DENAH PLAT & BALOK L12-L15
NO GAMBAR :
AK-02/SD-STV/S-02.10
REFERENSI : S-02.10
DIGAMBAR / DIPERIKSA OLEH
DHAUMAN PT. ADH KARYA
PROJEK MANAJEMEN
DESEKSI MANAJEMEN KONSTRUKSI
SIR
HEMOKA KESTIA
HANDRY ANDRIAN
MANAJEMEN KONSTRUKSI
MANAJEMEN KONSTRUKSI
MANAJEMEN KONSTRUKSI
DAMAR YANDA PRATIHA PROJECT PRODUCTION MANAGER



CATATAN	
NAMA PROYEK	
 TAMAN MULIATI YOGYAKARTA	
DEVELOPER	
 adhi persada properti	
KONSULTAN STRUKTUR	
 P.T. PRATIYASA MAJA KONSULTAN STRUKTUR	
KONSULTAN ARSITEKTUR	
 PT. DASAR KONSULTAN ARSITEKTUR	
KONSULTAN	
 PT. ADHIKARYA KONSULTAN	
MANAJEMEN KONSTRUKSI	
 PT. ARSIGRAPHI MANAJEMEN KONSTRUKSI	
KONTRAKTOR	
 PT. ADHIKARYA KONTRAKTOR	
ASBUILT DRAWING	
JUDUL DENAH PLAT & BALOK LROOF	
NO GAMBAR : AK-DG/AB-STP/S-01 REFERENSI : S-02 Y	
DICAMBAK / DIPERIKSA PT. ADHIKARYA PROJECT MANAGER	
DITETAPILAH MANAJEMEN KONSTRUKSI STP ME/P HENDRIK ESTYD AHMAD	
 M. NURROHMAH K.W. ST TEAM LEADER MENGENAL ADHI PERSADA PROPE DAMAR YANDA PAMITAN PROJECT PRODUCTION MANAGER	