

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR BANGUNAN ATAS GEDUNG APARTEMEN THE BLISS DI KOTA MEDAN

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

Disusun Oleh:

RIJEKI AL FITRA

NPM: 2107210016



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2025**

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas akhir ini diajukan oleh:

Nama : Rijeki Al Fitra

Npm : 2107210016

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Perencanaan Struktur Bangunan Atas Gedung Apartemen The
Bliss di Kota Medan

Bidang Ilmu : Struktur

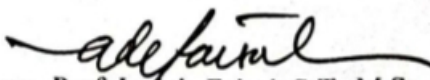
Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Disetujui Untuk Disampaikan

Kepada Panitia Ujian:

Medan, Agustus 2025

Dosen Pembimbing


Assoc. Prof. Ir. Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D.

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh:

Nama : Rijeki Al Fitra

Npm : 2107210016

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Perencanaan Struktur Bangunan Atas Gedung Apartemen The Bliss di Kota Medan

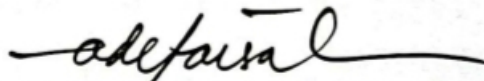
Bidang Ilmu : Struktur

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Agustus 2025

Mengetahui dan Menyetujui

Dosen Pembimbing



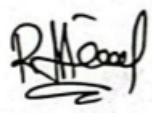
Assoc. Prof. Ir. Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D .

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

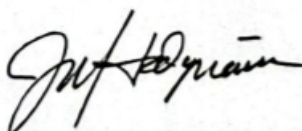


Ir. Tondi Amirsyah Putera, S.T., M.T.



Rizki Efida, S.T., M.T.

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Josef Hadipramana, S.T., M.Sc., Ph.D.

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Rijeki Al Fitra
Tempat, Tanggal Lahir : Kutacane, 02 Juni 2003
Npm : 2107210016
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa Laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Perencanaan Struktur Bangunan Atas Gedung Apartemen The Bliss di Kota Medan ”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan nonmaterial serta segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang di bentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan atau keserjanaan saya.

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

Medan, Agustus 2025

Saya yang menyatakan



Rijeki Al Fitra

ABSTRAK

PERENCANAAN STRUKTUR BANGUNAN ATAS GEDUNG APARTEMEN THE BLISS DI KOTA MEDAN

Rijeki Al Fitra

2107210016

Assoc. Prof. Ir. Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D.

Pembangunan gedung bertingkat tinggi di Kota Medan menuntut perencanaan struktur yang efisien dan aman gempa. Ketersediaan lahan terbatas mendorong kebutuhan hunian vertikal, menjadikan integritas struktural bangunan sebagai prioritas utama. Penelitian ini berfokus pada perencanaan struktur bangunan atas Gedung Apartemen The Bliss di Kota Medan, di daerah dengan potensi seismik, sehingga memerlukan desain sesuai regulasi terkini. Studi ini penting untuk memastikan bangunan mampu menahan beban dan gaya gempa optimal, serta berkontribusi pada praktik rekayasa struktur di Indonesia dengan penerapan standar SNI terbaru. Penelitian ini memiliki dua tujuan utama. Pertama, menganalisis dan mendesain struktur bangunan atas Apartemen The Bliss berdasarkan SNI 1726:2019 dan SNI 2847:2019. Kedua, membandingkan volume beton dan jumlah tulangan yang dibutuhkan antara dua sistem struktur: sistem ganda (kombinasi rangka pemikul momen khusus dan dinding geser) dan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK). Perbandingan ini esensial untuk mengidentifikasi efisiensi material dan kinerja struktural yang optimal. Hasil penelitian mengungkapkan bahwa sistem ganda membutuhkan tulangan balok 17% lebih banyak dibanding SRPMK. Namun, sistem ini secara signifikan mengurangi kebutuhan tulangan kolom hingga 40%, menunjukkan penghematan material pada elemen vertikal. Volume beton yang diperlukan sistem ganda hanya 2% lebih banyak. Kekakuannya 36% lebih tinggi dari SRPMK, mengindikasikan kinerja lebih baik dalam mengendalikan deformasi lateral gempa, dengan dampak positif pada efisiensi material. Studi ini menyimpulkan bahwa analisis dan desain struktur Apartemen The Bliss telah memenuhi syarat SNI 1726:2019 dan SNI 2847:2019. Perbandingan hasil desain menunjukkan bahwa sistem ganda menawarkan kekuatan dan kekakuan struktural yang lebih baik dibandingkan SRPMK. Meskipun terdapat sedikit peningkatan pada tulangan balok dan volume beton, penghematan tulangan kolom yang signifikan menjadikan sistem ganda lebih ekonomis dan efektif untuk diterapkan pada bangunan tinggi di zona seismik seperti Kota Medan.

Kata kunci : Perencanaan Struktur, Sistem Ganda, SRPMK, Kinerja Seismik.

ABSTRACT

STRUCTURAL PLANNING OF THE SUPERSTRUCTURE OF THE BLISS APARTMENT BUILDING IN MEDAN CITY

Rijeki Al Fitra

2107210016

Assoc. Prof. Ir. Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D.

The increasing construction of high-rise buildings in Medan City necessitates efficient and earthquake-resistant structural planning. Limited land availability drives the demand for vertical housing, making structural integrity a top priority. This research focuses on the structural planning of the upper building of The Bliss Apartment in Medan City, located in a seismically active area, thus requiring a design compliant with the latest regulations. This study is crucial for ensuring the building's optimal resistance to loads and seismic forces, and contributes to structural engineering practices in Indonesia by applying the most recent SNI standards. This study has two main objectives. First, to analyze and design the upper building structure of The Bliss Apartment based on SNI 1726:2019 and SNI 2847:2019. Second, to compare the concrete volume and reinforcement quantities required for two structural systems: the dual system (a combination of special moment-resisting frames and shear walls) and the special moment-resisting frame system (SMRF). This comparison is essential for identifying the optimal material efficiency and structural performance of both systems. The research findings reveal that the dual system requires 17% more beam reinforcement compared to SMRF. However, this system significantly reduces column reinforcement needs by up to 40%, indicating material savings in vertical elements. The concrete volume required for the dual system is only 2% higher. Its stiffness is also 36% greater than SMRF, indicating better performance in controlling lateral seismic deformation, with a positive impact on overall material efficiency. This study concludes that the analysis and design of The Bliss Apartment structure meet the requirements of SNI 1726:2019 and SNI 2847:2019. The design comparison shows that the dual system offers better structural strength and stiffness compared to SMRF. Despite a slight increase in beam reinforcement and concrete volume, the significant column reinforcement savings make the dual system more economical and effective for high-rise buildings in seismic zones like Medan City.

Keywords : Structural Planning, Dual System, SMRF, Seismic Performance.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Rabbil Alamin, puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan keridhoannya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Perencanaan Struktur Bangunan Atas Gedung Apartemen The Bliss di Kota Medan ” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

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

1. Bapak Assoc. Prof. Ir. Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing sekaligus sebagai Wakil Dekan I Fakultas Teknik yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. Tondi Amirsyah Putera, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Rizki Efrida, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Josef Hadipramana, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Dr. Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipil kepada penulis.
7. Orang tua penulis : Ayahanda saya Ibnu Sakdan dan Ibunda saya Kamasih yang telah bersusah payah membesarkan, mendidik dan membiayai studi penulis serta memotivasi untuk selalu semangat.

8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Teman-teman kelas A1 stambuk 21
10. Dan pihak-pihak lain yang telah membantu penulis

Akhir kata penulis berharap skripsi ini dapat memberikan sumbangan pemikiran yang bermanfaat bagi semua. Penulis menyadari akan keterbatasan dalam menyelesaikan skripsi ini sehingga banyak kekurangannya. Dengan demikian kritikan dan saran yang membangun dari semua pihak dalam penulisan skripsi ini.

Medan, Agustus 2025



Rijeki Al Fitra

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR NOTASI	xviii
DAFTAR SINGKATAN	xix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Ruang Lingkup	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.1.1 Penelitian Tentang SRPMK	5
2.1.2 Penelitian Tentang Sistem Ganda	7
2.1.3 Penelitian Tentang Dinding Geser	8
2.2 Teori Dasar	10
2.2.1 Batasan Dimensi Balok pada SRPMK	10
2.2.2 Tulangan Longitudinal Balok pada SRPMK	11
2.2.3 Tulangan Transversal Balok pada SRPMK	12
2.2.4 Kekuatan Geser Balok pada SRPMK	13
2.2.5 Batasan Dimensi Kolom SRPMK	13

2.2.6	Kekuatan Lentur Minimum Kolom SRPMK	14
2.2.7	Tulangan Longitudinal Kolom SRPMK	14
2.2.8	Tulangan Transversal Kolom SRPMK	14
2.2.9	Kekuatan Geser Kolom SRPMK	16
2.2.10	Pelat Dua Arah	16
2.2.11	Batasan Dimensi Dinding Geser	17
2.2.12	Tulangan Longitudinal Dinding Geser	18
2.2.13	Tulangan Transversal Dinding Geser	19
BAB 3 METODE PENELITIAN		20
3.1	Umum	20
3.2	Metode Pengerjaan Tugas Akhir	21
3.2.1	Studi Literatur	21
3.2.2	Menentukan Desain Struktur	21
3.2.3	Pemodelan 3D Struktur Atas	25
3.2.4	Memberi Pembebanan	26
3.2.5	Perhitungan Kebutuhan Tulangan	29
3.2.6	Cek Persyaratan	30
3.2.7	Pembahasan hasil analisis	30
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		31
4.1	Tinjauan Umum	31
4.2	Data Percepatan Gempa	31
4.3	Kombinasi Pembebanan	31
4.4	Perhitungan Desain Struktur yang Menggunakan Sistem Ganda	33
4.4.1	Parameter Gempa	33
4.4.2	Periode Struktur	33
4.4.3	Gaya Geser Dasar Seismik	34
4.4.4	Penskalaan Gaya	35
4.4.5	Pengecekan Retak Dinding Geser	35
4.4.6	Pengecekan Syarat Sistem Ganda	36
4.4.7	Simpangan Antar Tingkat	37
4.4.8	Pengaruh P-Delta	38

4.4.9	Ketidakteraturan Horizontal	40
4.4.10	Ketidakteraturan Vertikal	40
4.4.11	Pengecekan Diafragma	40
4.4.12	Kebutuhan Tulangan Balok	46
4.4.13	Kebutuhan Tulangan Kolom	48
4.4.14	Kebutuhan Tulangan Pelat Lantai	49
4.4.15	Kebutuhan Tulangan Dinding Geser	49
4.4.16	Pengecekan Kolom Kuat-Balok Lemah	49
4.5	Perhitungan Desain Struktur yang Menggunakan SRPMK	50
4.5.1	Parameter Gempa	50
4.5.2	Periode Struktur	50
4.5.3	Gaya Geser Dasar Seismik	51
4.5.4	Penskalaan Gaya	51
4.5.5	Simpangan Antar Tingkat	52
4.5.6	Pengaruh P-Delta	54
4.5.7	Ketidakteraturan Horizontal	56
4.5.8	Ketidakteraturan Vertikal	56
4.5.9	Pengecekan Diafragma	56
4.5.10	Kebutuhan Tulangan Balok	62
4.5.11	Kebutuhan Tulangan Kolom	64
4.5.12	Kebutuhan Tulangan Pelat Lantai	65
4.5.13	Pengecekan Kolom Kuat-Balok Lemah	65
4.6	Perbandingan Antara Sistem Ganda dan SRPMK	65
4.6.1	Perbandingan Displacement	65
4.6.2	Perbandingan Stiffnes	68
4.6.3	Perbandingan Gaya Geser Dasar	70
4.6.4	Perbandingan Kebutuhan Tulangan Balok	72
4.6.5	Perbandingan Kebutuhan Tulangan Kolom	73
4.6.6	Perbandingan Volume Beton	73
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		74
5.1	Kesimpulan	74
5.2	Saran	74

DAFTAR PUSTAKA	75
LAMPIRAN	77
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	194

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Kuat tekan beton yang direncanakan pada balok.	21
Tabel 3.2	Kuat tekan beton yang direncanakan pada kolom.	22
Tabel 3.3	Dimensi rencana kolom.	22
Tabel 3.4	Dimensi rencana balok lantai mezzanine sampai lantai 22.	23
Tabel 3.5	Dimensi rencana balok lantai 23.	24
Tabel 3.6	Dimensi rencana pelat lantai .	25
Tabel 3.7	Pembebanan yang diinputkan pada struktur Apartemen berdasarkan fungsi ruangan .	27
Tabel 3.8	Beban rata-rata dan luas kereta maksimal.	27
Tabel 3.9	Koefisien tekan dinding.	28
Tabel 3.10	Klasifikasi situs .	29
Tabel 4.1	Kombinasi Pembebanan.	32
Tabel 4.2	Data perioda dan partisipasi massa.	34
Tabel 4.3	Pengecekan retak pada dinding geser.	35
Tabel 4.4	Pengecekan minimal 25% keterlibatan SRPMK.	36
Tabel 4.5	Pengecekan simpangan antar Tingkat.	37
Tabel 4.6	Pengecekan pengaruh P-Delta.	39
Tabel 4.7	Beban yang diinput.	41
Tabel 4.8	Kebutuhan tulangan balok.	46
Tabel 4.9	Kebutuhan Sengkang.	47
Tabel 4.10	Kebutuhan Tulangan Kolom.	48
Tabel 4.11	<i>Strong Column Weak Beam.</i>	49
Tabel 4.12	Data perioda dan partisipasi massa (SRPMK).	51
Tabel 4.13	Pengecekan simpangan antar Tingkat (SRPMK).	52
Tabel 4.14	Pengecekan P-Delta.	54
Tabel 4.15	Beban yang diinput.	57
Tabel 4.16	Kebutuhan tulangan balok (SRPMK).	62
Tabel 4.17	Kebutuhan tulangan Sengkang balok (SRPMK).	63
Tabel 4.18	Kebutuhan tulangan kolom (SRPMK).	64
Tabel 4.19	<i>Strong Column-Weak Beam (SRPMK).</i>	65

Tabel 4.20	Perbandingan <i>Displacement</i> .	66
Tabel 4.21	Perbandingan <i>Stiffnes</i> .	68
Tabel 4.22	Perbandingan gaya geser dasar.	70
Tabel 4.23	Perbandingan kebutuhan tulangan balok.	72
Tabel 4.24	Perbandingan kebutuhan tulangan kolom.	73
Tabel 4.24	Perbandingan kebutuhan volume beton.	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Denah variasi konfigurasi dinding geser.	10
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.	20
Gambar 3.2	Pemodelan 3D sistem ganda.	16
Gambar 3.3	Pemodelan 3D SRPMK.	17
Gambar 4.1	Grafik simpangan antar ringkat.	42
Gambar 4.2	Analisis Elemen Kord dan Kolektor Arah X lantai mezz.	42
Gambar 4.3	Analisis Elemen Kord dan Kolektor Arah Y Lantai mezz.	42
Gambar 4.4	Analisis Elemen Kord dan Kolektor Arah X lantai 2.	43
Gambar 4.5	Analisis Elemen Kord dan Kolektor Arah Y lantai 2.	43
Gambar 4.6	Analisis Elemen Kord dan Kolektor Arah X lantai 3-22.	44
Gambar 4.7	Analisis Elemen Kord dan Kolektor Arah Y lantai 3-22.	44
Gambar 4.8	Analisis Elemen Kord dan Kolektor Arah X lantai 23.	45
Gambar 4.9	Analisis Elemen Kord dan Kolektor Arah Y lantai 23.	45
Gambar 4.10	Grafik simpangan antar ringkat (SRPMK).	45
Gambar 4.11	Analisis Elemen Kord dan Kolektor Arah X lantai mezz (SRPMK).	58
Gambar 4.12	Analisis Elemen Kord dan Kolektor Arah Y lantai mezz (SRPMK).	58
Gambar 4.13	Analisis Elemen Kord dan Kolektor Arah X lantai 2 (SRPMK).	59
Gambar 4.14	Analisis Elemen Kord dan Kolektor Arah Y lantai 2 (SRPMK).	59
Gambar 4.15	Analisis Elemen Kord dan Kolektor Arah X lantai 3-22 (SRPMK).	60
Gambar 4.16	Analisis Elemen Kord dan Kolektor Arah Y lantai 3-22 (SRPMK).	60
Gambar4.17	Analisis Elemen Kord dan Kolektor Arah X lantai 23 (SRPMK).	61
Gambar 4.18	Analisis Elemen Kord dan Kolektor Arah X lantai 23 (SRPMK).	61

Gambar 4.19	Grafik Perbandingan displacement arah X.	67
Gambar 4.20	Grafik Perbandingan displacement arah Y.	67
Gambar 4.21	Grafik perbandingan nilai stiffnes arah X.	69
Gambar 4.22	Grafik perbandingan nilai stiffnes arah Y.	70
Gambar 4.23	Grafik perbandingan gaya geser dasar arah X.	71
Gambar 4.24	Grafik perbandingan gaya geser dasar arah Y.	72

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Denah struktur (Sistem Ganda).	77
Lampiran 2	Denah Fungsi Ruang (Sama di kedua Struktur).	86
Lampiran 3	Denah struktur (SRPMK).	93
Lampiran 4	Data perioda dan partisipasi massa (Sistem Ganda).	102
Lampiran 5	Pengecekan retak pada dinding geser.	102
Lampiran 6	Pengecekan ketidakberaturan torsi (Sistem Ganda).	107
Lampiran 7	Pengecekan Ketidakberaturan kekakuan Tingkat lunak (Sistem Ganda).	108
Lampiran 8	Pengecekan ketidakberaturan berat(massa) (Sistem Ganda).	108
Lampiran 9	Pengecekan Diskontinuitas dalam Ketidakberaturan Kuat Lateral Tingkat (Sistem Ganda).	109
Lampiran 10	Pengecekan Kolom K1 (Sistem Ganda).	110
Lampiran 11	Pengecekan Kolom K2-1 (Sistem Ganda).	111
Lampiran 12	Pengecekan Kolom K2 (Sistem Ganda).	112
Lampiran 13	Pengecekan Kolom K3 (Sistem Ganda).	113
Lampiran 14	Pengecekan Kolom KP (Sistem Ganda).	114
Lampiran 15	Tulangan pelat lantai mezzanine (Sistem Ganda).	115
Lampiran 16	Tulangan pelat lantai 1 (Sistem Ganda).	121
Lampiran 17	Tulangan pelat lantai 2 (Sistem Ganda).	127
Lampiran 18	Tulangan pelat lantai 3-22 (Sistem Ganda).	133
Lampiran 19	Tulangan pelat lantai 23 (Sistem Ganda).	139
Lampiran 20	Tulangan dinding geser tebal 40 cm (Lantai mezz-10).	145
Lampiran 21	Tulangan dinding geser tebal 30cm (Lantai-11-23).	150
Lampiran 22	Data perioda dan partisipasi massa (SRPMK).	154
Lampiran 23	Pengecekan ketidakberaturan torsi (SRPMK).	155
Lampiran 24	Pengecekan ketidakberaturan Kekakuan Tingkat lunak (SRPMK).	156
Lampiran 25	Pengecekan ketidakberaturan berat (SRPMK).	156

Lampiran 26	Pengecekan diskontinuitas dalam ketidakberaturan kuat lateral Tingkat (SRPMK).	157
Lampiran 27	Pengecekan kolom K1 (SRPMK).	158
Lampiran 28	Pengecekan kolom K2 (SRPMK).	159
Lampiran 29	Pengecekan kolom K2-1 (SRPMK).	160
Lampiran 30	Pengecekan kolom K3 (SRPMK).	161
Lampiran 31	Pengecekan kolom KP (SRPMK).	162
Lampiran 32	Tulangan pelat lantai mezz (SRPMK).	163
Lampiran 33	Tulangan pelat lantai 1 (SRPMK).	169
Lampiran 34	Tulangan pelat lantai 2 (SRPMK).	175
Lampiran 35	Tulangan pelat lantai 3-22 (SRPMK).	181
Lampiran 36	Tulangan pelat lantai 23 (SRPMK).	187

DAFTAR NOTASI

R	=	Faktor Koefisien Modifikasi Respon
Cd	=	Faktor Kuat Lebih Sistem
Ω_0	=	Faktor Pembesaran Defleksi
SDS	=	Respon Spektrum Percepatan Desain untuk Periode Pendek
SD1	=	Respon Spektrum Percepatan Desain untuk Periode 1,0 detik
Ss	=	Nilai parameter respon spektrum percepatan gempa periode pendek 0,2 detik di tanah sedang (SD) mengacu pada Peta Gempa SNI 1726 : 2019
S1	=	Nilai parameter respon spektrum percepatan gempa periode 0,1 detik di tanah sedang (SD) mengacu pada Peta Gempa SNI 1726 : 2019
Fa	=	Koefisien Periode Pendek
Fv	=	Koefisien Periode 1,0 detik
Sa	=	<i>Spectrum Accelereation</i>
T	=	Periode Fundamental
Cs	=	Koefisien Respon Seismik
Fy	=	Gaya Leleh
Fu	=	Gaya Ultimit
Ct	=	Parameter Periode Pendekatan
W	=	Berat Seismik Efektif Struktur
V	=	Gaya Geser Dasar Prosedur Gaya Lateral Statik Ekuivalen
Vt	=	Gaya Geser Dasar Nominal (Analisis Ragam Spektrum Respon)
fx	=	Faktor Skala Gaya Gempa Arah X
fy	=	Faktor Skala Gaya Gempa Arah Y
SF _x	=	Faktor Skala Baru untuk Gaya Gempa Arah X
SF _y	=	Faktor Skala Baru untuk Gaya Gempa Arah Y

DAFTAR SINGKATAN

SRPMK	=	Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus
KDS	=	Kategori Desain Seismik
DL	=	<i>Dead Load</i>
LL	=	<i>Live Load</i>
SIDL	=	<i>Superimposed Dead Load</i>
SCWB	=	<i>Strong Column Weak Beam</i>

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia, sebagai negara yang terletak di Cincin Api Pasifik, sangat rentan terhadap gempa bumi. Indonesia merupakan negara yang terus berkembang pesat, ini berdampak kepada pembangunan di berbagai wilayah khususnya Kota Medan. Kebutuhan Masyarakat terhadap tempat tinggal juga meningkat sehingga dibutuhkan bangunan bertingkat banyak yang efisien dibangun di lahan yang terbatas. Dengan semakin tingginya permintaan akan gedung bertingkat, tantangan dalam merancang struktur bangunan yang tahan gempa semakin kompleks. Perubahan tiba-tiba dalam kekakuan atau massa, dapat secara signifikan mempengaruhi respons struktur terhadap gempa.

Pembangunan di Indonesia saat ini mengalami perkembangan dengan sangat pesat, dengan berkembangnya teknologi dalam bidang konstruksi, untuk memenuhi aspek estetika bangunan dan akibat keterbatasan lahan, maka direncanakan konstruksi gedung menjadi bertingkat. (Theresilia dkk, 2020).

Perencanaan bangunan gedung bertingkat akan mempertimbangkan efisiensi dan mengacu pada peraturan SNI 2847-2019, tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan SNI 1726-2019, yaitu Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung. Selain itu, analisa struktur juga merupakan faktor penting dalam perencanaan bangunan gedung, karena dari analisa struktur akan dihasilkan gaya-gaya seperti momen lentur, gaya geser, gaya aksial yang nantinya akan menjadi patokan dalam mendesain elemen-elemen struktur, yang diharapkan mampu menahan semua beban yang ada termasuk beban akibat gempa (Jaglien dkk, 2020).

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam perencanaan struktur bangunan atas untuk gedung bertingkat banyak di daerah gempa tinggi dengan acuan pada SNI 1726:2019. Secara spesifik, penelitian ini akan berfokus pada perencanaan penampang struktur atas dan tulangan struktur atas bangunan, sesuai dengan persyaratan SNI 2847-2019, tentang persyaratan beton struktural

untuk bangunan gedung dan SNI 1726-2019, yaitu Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi para perencana struktur dalam merancang bangunan tinggi yang lebih aman dan tahan terhadap beban gempa di Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang telah disebutkan di atas, maka pokok masalah yang terjadi adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana melakukan analisa dan desain struktur bangunan atas gedung Apartemen The Bliss mengacu pada SNI yang terbaru?
2. Bagaimana melakukan perbandingan volume beton dan jumlah tulangan yang diperlukan struktur antara sistem ganda dan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) pada perencanaan struktur bangunan atas Gedung Apartemen The Bliss, dengan mengacu pada ketentuan SNI terbaru?

1.3 Tujuan Penelitian

Dari Tugas Akhir ini penulis ingin mendapatkan beberapa tujuan akhir, diantaranya :

1. Untuk melakukan analisa dan desain struktur bangunan atas gedung Apartemen The Bliss mengacu pada SNI yang terbaru.
2. Untuk melakukan perbandingan volume beton dan jumlah tulangan yang diperlukan struktur antara sistem ganda dan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) pada perencanaan struktur bangunan atas Gedung Apartemen The Bliss, dengan mengacu pada ketentuan SNI terbaru.

1.4 Ruang Lingkup

Untuk menghindari timbulnya penyimpangan permasalahan yang semakin meluas dalam Tugas Akhir ini, maka diperlukan ruang lingkup/pembatasan masalah yang diantaranya sebagai berikut:

1. Struktur bangunan yang direncanakan merupakan struktur beton bertulang.

2. Struktur dimodelkan 3D dengan menggunakan ETABS
3. Struktur bangunan direncanakan menggunakan standar perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung SNI 1726:2019.
4. Pembebanan struktur menggunakan standar pembebanan bangunan gedung dan struktur lain SNI 1727:2020.
5. Tata cara perencanaan struktur beton bertulang menggunakan Persyaratan Beton Struktural untuk bangunan Gedung SNI 2847:2019.
6. Analisis struktur gedung terhadap beban gempa menggunakan analisis desain response spectra.
7. Perhitungan dan analisis struktur dilakukan dengan menggunakan bantuan program analisis struktur yaitu ETABS.
8. Perhitungan hanya dilakukan untuk struktur bangunan atas saja.
9. Parameter yang ditinjau adalah:
 - a. Dimensi balok,kolom,pelat dan dinding struktur.
 - b. Penulangan balok,kolom,pelat dan dinding struktur.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat menyumbangkan pikiran dan menjadi referensi dalam perencanaan struktur bangunan atas gedung bertingkat banyak di wilayah gempa tinggi.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan yang digunakan pada Tugas Akhir ini sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini akan menguraikan penjelasan tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup permasalahan, manfaat penelitian, sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini akan menguraikan penelitian-penelitian terdahulu yang berkaitan dengan perencanaan struktur bangunan atas gedung bertingkat banyak.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab ini akan menampilkan bagaimana metode penelitian yang digunakan dari awal sampai akhir penelitian dan Metodologi akan membahas bagaimana memodelkan struktur dengan menggunakan program analisis struktur.

BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan menyajikan penjelasan mengenai perhitungan, analisis pemodelan bentuk gambar, grafik atau tabel serta pembahasannya.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini akan menyajikan penjelasan mengenai kesimpulan yang dapat diambil dari keseluruhan penulisan Tugas Akhir ini dan saran-saran yang dapat diterima.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

2.1.1 Penelitian Tentang SRPMK

Sebelumnya, telah ada beberapa penelitian yang berkaitan dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), penelitian yang dibahas pertama ini adalah tentang Perencanaan gedung 10 lantai menggunakan SRPMK. Penelitian ini dilakukan terhadap Gedung Perkantoran Dira di Kabupaten Ende yang merupakan daerah resiko gempa tinggi. Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan, didapat bahwa Kontrol pendetailan untuk Balok SRPMK telah memenuhi persyaratan sesuai dengan Pasal 18.6 SNI 2847-2019, dan juga Kolom SRPMK telah memenuhi persyaratan sesuai dengan Pasal 18.7 SNI 2847-2019. Jadi struktur Gedung ini ini dapat menahan beban akibat gaya gempa yang terjadi. Dari hasil analisa, Pada HBK terkekang 4 balok maupun telah memenuhi persyaratan berdasarkan Pasal 18.8.4.1 SNI 2847-2019. Struktur gedung perkantoran DIRA ini dapat menahan gaya geser yang telah terjadi pada *joint* yang terkekang 4 balok dan 3 atau 2 balok. Kontrol *Strong Column Weak Beam* (SCWB) telah memenuhi persyaratan sesuai dengan Pasal 18.7.3.2 SNI 2847-2019. Rencana kolom kuat dengan kapasitas kolom lebih besar 1,2 kapasitas balok telah terpenuhi, yaitu sebesar $2453,85 \text{ kNm} \geq 789,74 \text{ kNm}$ sehingga jika terjadi gaya gempa keruntuhan bangunan akibat simpangan antar lantai telah diminimalkan (Irawan dan Machmoed, 2024).

Penelitian tentang Perencanaan Gedung Bertingkat Banyak berbasis SRPMK juga dilakukan pada Gedung Dracarys di Kota Depok. Dalam penelitian ini beban gempa bangunan didesain berdasarkan standar perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan Gedung SNI 1726-2019. Mutu beton = 35 MPa, mutu baja $f_y = 420 \text{ MPa}$ dan $f_{ys} = 280 \text{ MPa}$. Dimensi balok induk 40/60 cm dan 40/70 cm, untuk dimensi kolom 90/90 cm, 80/80 cm dan 70/70 cm. Didapat nilai simpangan horizontal 36,45 mm, lebih kecil dari nilai simpangan antar izin (Δa) = 100 mm. Pendetailan HBK pada struktur gedung Hotel Dracarys memenuhi persyaratan dalam SNI 2847 – 2019 Pasal 18.8.4.1 dimana $V_n \geq V_u = 3.696.070,84 \text{ N} \geq$

2.812.915,27 N, hubungan kolom terkekang 4 balok, dan dimana $\square V_n \geq V_u = 2.608.991,18 \text{ N} \geq 1.750.406,83 \text{ N}$, hubungan kolom terkekang 3 atau 2 balok telah memenuhi persyaratan. Kemudian Persyaratan *Strong Coloum Weak Beam* yang tercantum dalam SNI 2847 -2019 Pasal 18.7.3.2 dimana $\Sigma M_{nc} \geq 1,2 \Sigma M_{nb} = 7732,15 \text{ kNm} \geq 1981,56 \text{ kNm}$ telah memenuhi. Maka bila terjadi gempa pada stuktur maka keruntuhan bangunan akibat dari simpangan antar lantai maka dapat meminimalisir dampak yang besar akibat gempa (Anwar dan Andaryati, 2024).

Dalam salah satu penelitian, SRPMK dikombinasikan dengan beton ringan yang memiliki berat jenis sebesar 1760 kg/m^3 . Perencanaan dilakukan terhadap Gedung Apartemen d'Rini. Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan, gedung apartemen ini mampu menjadi bangunan tahan gempa, yang bisa merespon gempa dengan sikap bertahan dari keruntuhan. Struktur bangunan apartemen d'Rini telah memenuhi syarat-syarat yang berlaku untuk perencanaan bangunan tahan gempa, kontrol *Strong Column Weak Beam* dimana syaratnya $\Sigma M_{nc} = 2507,69 \text{ kNm} \geq 1,2 \Sigma M_{nb} = 1508,5 \text{ kNm}$. Struktur gedung apartemen ini juga mampu memperkecil kemungkinan terjadinya keruntuhan, yang diketahui dari hasil perhitungan simpangan horisontal struktur yang terjadi sebesar 65,75 mm tidak melebihi simpangan ijin sebesar 80 mm (Yuliana dan Machmoed, 2021).

Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) memiliki kekakuan dan kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM). Hal ini sesuai dengan penelitian Almufid dan Santoso (2021) yang menyebutkan beban gempa yang terjadi pada struktur dengan sistem SRPMM lebih besar dibandingkan struktur dengan sistem SRPMK. Hal ini dikarenakan struktur dengan sistem SRPMM memiliki faktor reduksi yang relatif lebih kecil yaitu sebesar $R = 5$, sedangkan struktur sistem SRPMK memiliki faktor reduksi sebesar $R = 8$. Maka dengan begitu struktur dengan sistem SRPMM memiliki faktor skala yang lebih besar. Pada perencanaan dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus menghasilkan struktur yang lebih kaku dibandingkan perencanaan dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah.

Berdasarkan keempat penelitian tersebut disimpulkan bahwa Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) sangat efektif digunakan dalam perencanaan gedung apartemen bertingkat banyak. Namun hal yang harus

diperhatikan adalah setiap Analisa struktur yang kita lakukan harus sesuai dengan syarat-syarat yang telah tertuang dalam SNI yang terbaru.

2.1.2 Penelitian Tentang Sistem Ganda

Selanjutnya, penelitian yang berkaitan dengan Sistem Ganda. Penelitian ini membahas tentang Perencanaan gedung Apartemen menggunakan Sistem Ganda di Surabaya. Gedung Apartemen direncanakan 10 lantai, dengan tinggi 40 m, panjang 48 m, dan lebar 16 m. Digunakan peraturan SNI 1726:2019, SNI 2847:2019, dan SNI 1727:2020. Sistem Ganda dipilih karena terjadi interaksi gabungan antara portal (SRPMK) dan dinding geser (SDS) sehingga sistem tersebut memiliki kemampuan yang baik dalam memikul gaya geser yang terjadi. Perencanaan meliputi komponen struktur gedung dan pemodelan serta analisis desain struktur menggunakan program bantu komputer. Dinding geser mampu menahan gaya geser sebesar $\leq 75\%$ dan pada SRPMK sebesar $\geq 25\%$ sesuai dengan yang disyaratkan. Nilai simpangan terbesar berada pada arah sumbu Y pada lantai 3 sebesar 52,71 mm. Nilai simpangan yang terjadi kurang dari nilai yang disyaratkan, yaitu 80 mm (Dewi dan Machmoed, 2023).

Dalam penelitiannya Agus dan Cahya (2022) mencoba membandingkan SRPMK dengan Sistem Ganda (*Dual System*), berdasarkan hasil yang didapat dari analisis yang dilakukan, Respon bangunan yang menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) akibat beban yang bekerja memiliki displacement dan drift yang lebih besar dari bangunan yang menggunakan Sistem Ganda (*Dual System*), meskipun keduanya masih dalam batas yang diizinkan. Penampang kolom pada bangunan yang menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) memiliki penampang yang lebih besar jika dibandingkan dengan bangunan yang menggunakan Sistem Ganda (*Dual System*). Berdasarkan analisis dinamis pada kedua model struktur bangunan, pada dasarnya model struktur Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) didapati lebih efisien.

Namun dalam penelitian yang dilakukan oleh Ramadhani dkk (2022), gaya geser dasar gempa yang terjadi pada bangunan lebih besar saat menggunakan struktur sistem ganda daripada struktur sistem rangka pemikul momen khusus

(SRPMK), hal itu dikarenakan pada perencanaan gaya gempa menggunakan metode force based design, semakin berat bangunan maka gaya gempa yang diterima semakin besar. Simpangan yang terjadi di tiap lantai mengalami penurunan setelah menggunakan struktur sistem ganda, hal itu dikarenakan kekakuan yang dimiliki oleh struktur sistem ganda lebih besar daripada sistem struktur rangka pemikul momen khusus (SRPMK). Semakin besar kekakuan yang dimiliki oleh bangunan, maka semakin kecil simpangan yang terjadi. Pada balok dan kolom, setelah struktur sistem ganda digunakan nilai gaya geser dan momen yang terjadi mengalami penurunan. Penurunan tersebut dikarenakan kekakuan yang dimiliki dinding geser membantu frame dalam menerima gaya gempa. Penurunan nilai tersebut bersifat fluktuatif. Hal itu dikarenakan pada bangunan dengan struktur SRPMK mengalami ketidakberaturan torsi yang dapat menimbulkan masalah pada elemen penahan lateral yang berada pada tepi gedung. Dari hasil uji independent T dan Mann Whitney U yang dilakukan pada gaya dalam balok dan kolom didapat bahwa tidak ada pengaruh yang signifikan setelah penggunaan struktur sistem ganda .

Berdasarkan kajian yang telah dilakukan berdasarkan penelitian di atas, Sistem Ganda (SRPMK + Dinding Geser) memiliki kekakuan yang lebih besar dari pada SRPMK. Namun harus diperhatikan apakah penggunaan Sistem Ganda pada gedung akan lebih efisien atau tidak.

2.1.3 Penelitian Tentang Dinding Geser

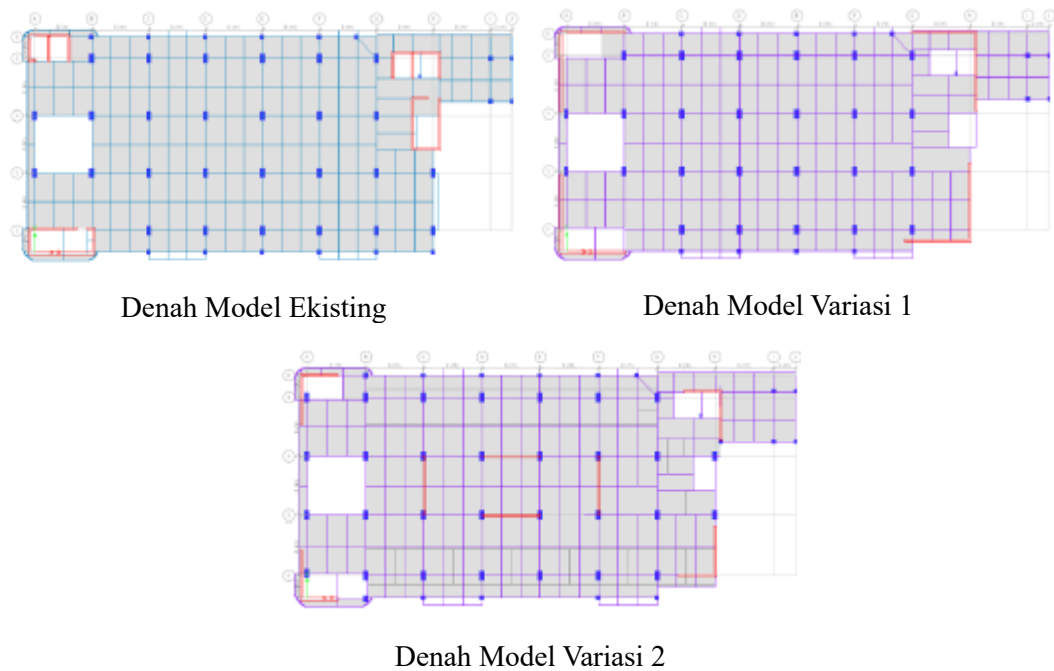
Kemudain penelitian yang berkaitan dengan Dinding Geser (*Shearwall*). Penelitian ini membahas tentang perbandingan gedung tanpa dan dengan opening shearwall pada bangunan gedung apartemen 10 lantai di Kota Bandung. Dalam penelitian ini, penulis hanya memberikan *shearwall* di dua sisi bangunan gedung ramping ini, dengan jumlah bukaan 10 per samping kanan dan samping kiri. Untuk perbandingan pemakaian *shearwall* dapat dilihat dari periode, dimana untuk bangunan yang tidak memakai *shearwall* mempunyai periode di mode 1 sebesar 2,47 detik, sementara untuk bangunan yang memakai *shearwall* hanya 1,93 detik, itu berarti bangunan yang memakai shearwall lebih kecil 22% dibanding dengan yang tidak memakai *shearwall*. Selain periode, simpangan antar

lantai juga lebih kecil 38% , dan p -delta 27% lebih kecil dibandingkan dengan p -delta yang tidak memakai *shearwall*. Hasil dari pemasangan *shearwall* tersebut sangat signifikan dibandingkan dengan bangunan yang tidak memakai *shearwall* (Alamiati dan Ryanto, 2022).

Penelitian berikut ini juga berkaitan dengan dinding geser. Pada hotel yang berbentuk bangunan pipih 10 lantai, memiliki lebar 12 meter dan panjang 72 meter. Struktur ini rentan terhadap ketidakberaturan horizontal yang signifikan, mengurangi efisiensi keseluruhan gedung. Ketidakberaturan tersebut Sebagian disebabkan oleh distribusi massa yang tidak merata, terlihat dari perbedaan bentang portal antara bagian belakang dan depan gedung yang menghasilkan rongga-rongga besar. Analisis dengan program ETABS mengungkapkan eksentrisitas antara pusat keakuan dan pusat massa mencapai 5 meter dalam arah sumbu kuat. Penelitian ini mengatasi distribusi beban yang tidak merata dengan penempatan ulang *Shearwall* melalui pendekatan *trial and error*, mengurangi eksentrisitas dari 4 meter menjadi 1,3 meter. Perubahan ini tidak hanya meningkatkan kapasitas gedung, tetapi juga mengurangi kebutuhan penulangan hingga 13,9% dan menunjukkan hasil analisis *pushover* pada kategori *Immediate Occupancy*. Penempatan *Shearwall* memiliki pengaruh signifikan terhadap kapasitas dan kestabilan struktur bangunan (Syahril dkk, 2024).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sungsang dkk, (2024), konfigurasi dinding geser memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kapasitas struktur gedung bertingkat. Berdasarkan hasil analisis didapatkan di arah gempa x nilai *base shear* paling besar terdapat pada model eksisting disusul dengan variasi 1 dan yang terkecil terdapat pada model variasi 2. Pada arah gempa y nilai gaya geser dasar paling besar terdapat pada variasi 1 dengan kenaikan sebesar 1,42% dari model eksisting kemudian variasi 2 lebih kecil 1,67% dari model eksisting. Perilaku struktur model eksisting UX: 66,13%; UY: 55,19% dan RZ: 54,50%, Model variasi 1 UX: 66,77%; UY: 67,41% dan RZ: 65,93%, Model variasi 2 UX: 65,57%; UY: 62,40% dan RZ: 61,44%. Nilai simpangan antar tingkat maksimum di arah gempa x dan y yang terbesar adalah model eksisting pada sebagian lantai melebihi batas izin simpangan antar tingkat, disusul dengan variasi 2, kemudian variasi 1. Dari output gaya dalam dari semua model menghasilkan gaya geser elemen balok dan

gaya axial kolom terbesar terdapat pada model eksisting. Dari hasil analisa, variasi *shearwall* yang dibuat cenderung lebih baik daripada model eksisting, dapat dilihat dari nilai *base shear* variasi 1 dan 2 yang lebih optimal nilai yang dihasilkan dan pada perilaku struktur model variasi 1 dan 2 lebih stabil serta pada pengecekan simpangan tidak melebihi batas izin .



Gambar 2.1: Denah variasi konfigurasi dinding geser (Sungsang, dkk, 2024).

Dari ketiga penelitian tersebut dapat dipahami bahwa dinding geser dapat meningkatkan kekuatan struktur terhadap gaya lateral. Namun perlu diperhatikan, dalam perencanaan dinding geser, letak dan konfigurasi dari dinding geser tersebut sangat berpengaruh terhadap kekuatan struktur.

2.2 Teori Dasar

2.2.1 Batasan Dimensi Balok pada SRPMK

Dalam SNI 2847:2019 pasal 18.6.2.1 dirumuskan Batasan dimensi untuk komponen balok yang menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus, yaitu:

- a) Bentang bersih, L_n , harus minimal **4d**.
 - b) Lebar penampang b_w , harus sekurangnya nilai terkecil dari $0,3h$ dan 250 mm.
 - c) Proyeksi lebar balok yang melampaui lebar kolom penumpu tidak boleh melebihi nilai terkecil dari C_2 dan $0,75C_1$ pada masing-masing sisi kolom.
- Batasan geometrik yang ditunjukkan dalam (b) dan (c) berasal dari praktik dan penelitian (ACI 352R) pada rangka beton bertulang yang menahan gaya gempa. Batasan dalam (c) menentukan lebar balok maksimum yang secara efektif dapat mentransfer gaya ke sambungan balok-kolom.

2.2.2 Tulangan Longitudinal Balok pada SRPMK

Menurut SNI 2847:2019 pasal 18.6.3.1 Balok-balok harus memiliki setidaknya dua batang tulangan menerus pada sisi atas dan bawah penampang. Pada sebarang penampang, jumlah tulangan tidak boleh kurang dari persamaan (2.1) dan (2.2), dan rasio tulangan ρ tidak boleh melebihi 0,025, baik untuk tulangan atas maupun bawah.

$$\frac{0,25\sqrt{F_c'}}{F_y} bwd \quad (2.1)$$

$$\frac{1,4}{F_y} bwd \quad (2.2)$$

Batasan rasio tulangan 0,025 didasarkan terutama pada pertimbangan kerapatan tulangan dan, secara langsung, membatasi tegangan geser balok dengan proporsi tipikal.

Sambungan lewatan tulangan longitudinal diizinkan jika sengkang pengekan atau spiral dipasang sepanjang sambungan lewatan. Spasi tulangan transversal yang melingkupi batang tulangan yang disambung-lewatkan tidak boleh melebihi nilai terkecil dari $d/4$ dan 100 mm. Sambungan lewatan tidak boleh digunakan pada lokasi a) hingga c):

- a) Dalam joint.
- b) Dalam jarak dua kali tinggi balok dari muka joint.
- c) Dalam jarak dua kali tinggi balok dari penampang kritis di mana pelelehan lentur dimungkinkan terjadi sebagai akibat deformasi lateral yang melampaui perilaku elastic.

2.2.3 Tulangan Transversal Balok pada SRPMK

Sengkang ikat persegi harus memenuhi a) dan b):

- a) Setiap sudut dan tulangan longitudinal bersebelahan harus mempunyai tumpuan lateral oleh sudut sengkang dengan sudut ujung sengkang ikat tidak lebih dari 135 derajat.
- b) Tulangan yang tidak ditumpu harus berjarak lebih kecil dari 150 mm sepanjang sengkang dari tumpuan lateralnya.

Menurut SNI 2847:2019 pasal 18.6.4 Sengkang pengekan harus dipasang pada balok di daerah berikut:

- a) Sepanjang jarak yang sama dengan dua kali tinggi balok yang diukur dari muka kolom penumpu ke arah tengah bentang, di kedua ujung balok.
- b) Sepanjang jarak yang sama dengan dua kali tinggi balok pada kedua sisi suatu penampang dimana pelelehan lentur dimungkinkan terjadi sebagai akibat deformasi lateral yang melampaui perilaku elastik.

Bila diperlukan sengkang pengekan, batang tulangan longitudinal utama yang terdekat ke muka tarik dan tekan harus diberi tumpuan lateral yang memenuhi a) dan b). Spasi tulangan longitudinal yang tertumpu secara lateral tidak boleh melebihi 350 mm.

Sengkang pengekan pada balok diizinkan terdiri dari dua batang tulangan: yaitu sebuah sengkang yang mempunyai kait gempu pada kedua ujungnya dan ikat silang sebagai penutup. Ikat silang berurutan yang mengikat batang tulangan longitudinal yang sama harus memiliki kait 90 derajat yang dipasang selang-seling pada sisi yang berlawanan dari komponen struktur lentur. Jika batang tulangan longitudinal yang ditahan oleh ikat silang dikekang oleh pelat hanya pada satu sisi komponen struktur lentur, maka kait 90 derajat dari ikat silang harus ditempatkan pada sisi tersebut.

Sengkang pengekan pertama harus ditempatkan tidak lebih dari 50 mm dari muka kolom penumpu. Spasi sengkang pengekan tidak boleh melebihi nilai terkecil dari a) hingga c):

- a) $d/4$

- b) Enam kali diameter terkecil batang tulangan lentur utama, tidak termasuk tulangan longitudinal samping yang disyaratkan 9.7.2.3.

- c) 150 mm

Tulangan transversal disyaratkan terutama untuk kekangan beton dan mempertahankan pendukung lateral untuk batang tulangan pada daerah dimana kelelahan terjadi.

2.2.4 Kekuatan Geser Balok pada SRPMK

Menurut SNI 2847:2019 pasal 18.6.5.1 Gaya geser desain V_e harus dihitung dari tinjauan gayagaya pada bagian balok di antara kedua muka joint. Momen-momen dengan tanda berlawanan yang terkait dengan kekuatan momen lentur maksimum yang mungkin terjadi, M_{pr} , harus diasumsikan bekerja pada muka-muka joint dan balok dibebani dengan beban gravitasi tributari terfaktor di sepanjang bentangnya.

Tulangan transversal sepanjang daerah yang diidentifikasi dalam sub bab 2.6.1.3 harus didesain untuk menahan geser dengan mengasumsikan $V_c = 0$ bilamana kedua a) dan b) terpenuhi:

- a) Gaya geser akibat gempa yang dihitung sesuai 18.6.5.1 mewakili setidaknya setengah kekuatan geser perlu maksimum dalam bentang tersebut.
- b) Gaya tekan aksial terfaktor P_u termasuk pengaruh gempa kurang dari $A_g F_c' / 20$.

2.2.5 Batasan Dimensi Kolom SRPMK

Sesuai SNI 2847:2019 Pasal 18.7.2 Kolom-kolom harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

- a) Dimensi penampang terkecil, diukur pada garis lurus yang melalui pusat geometri, tidak kurang dari 300 mm.
- b) Rasio dimensi penampang terkecil terhadap dimensi tegak lurus tidak kurang dari 0,4.

2.2.6 Kekuatan Lentur Minimum Kolom SRPMK

SNI 2847:2019 Pasal 18.7.3.1 menyatakan bahwa Kekuatan lentur kolom harus memenuhi:

$$\sum M_{nc} \geq (1,2) \sum M_{nb} \quad (2.3)$$

$\sum M_{nc}$ adalah jumlah kekuatan lentur nominal kolom-kolom yang merangka ke dalam joint, yang dievaluasi di muka-muka joint. Kekuatan lentur kolom harus dihitung untuk gaya aksial terfaktor, konsisten dengan arah gaya-gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan kekuatan lentur terendah.

$\sum M_{nb}$ adalah jumlah kekuatan lentur nominal balok yang merangka ke dalam joint, yang dievaluasi di muka-muka joint. Pada konstruksi balok-T, dimana pelat dalam kondisi tarik akibat momen-momen di muka joint, tulangan pelat dalam lebar efektif pelat harus diasumsikan berkontribusi terhadap M_{nb} jika tulangan pelat tersebut terangkur dengan baik pada penampang kritisnya.

Kekuatan lentur harus dijumlahkan sedemikian hingga momen-momen kolom berlawanan dengan momen-momen balok. Pers. (2.3) harus dipenuhi untuk momen-momen balok yang bekerja pada kedua arah pada bidang vertikal rangka yang ditinjau.

2.2.7 Tulangan Longitudinal Kolom SRPMK

Sesuai SNI 2847:2019 Pasal 18.7.4 Luas tulangan longitudinal A_{st} tidak boleh kurang dari $0,01A_g$ dan tidak lebih dari $0,06A_g$. Pada kolom-kolom dengan sengkang bundar, jumlah batang tulangan longitudinal minimum harus 6.

Batas bawah luas tulangan longitudinal adalah untuk mengontrol deformasi jangka panjang dan untuk memiliki momen leleh melebihi momen retaknya. Batas atas luas tulangan longitudinal mencerminkan kepedulian terhadap kerapatan tulangan, transfer beban dari elemen lantai ke kolom (terutama dalam konstruksi bangunan tingkat rendah) dan peningkatan tegangan geser yang tinggi.

2.2.8 Tulangan Transversal Kolom SRPMK

Tulangan transversal yang disyaratkan SNI 2847:2019 Pasal 18.7.5.2 hingga 18.7.5.4 harus dipasang sepanjang dari masing-masing muka joint dan pada

kedua sisi sebarang penampang dimana pelelehan lentur dimungkinkan terjadi sebagai akibat perpindahan lateral yang melampaui perilaku elastik. Panjang tidak boleh kurang dari nilai terbesar antara a) hingga c):

- a) Tinggi kolom pada muka joint atau pada penampang dimana pelelehan lentur dimungkinkan terjadi
- b) Seperenam tinggi bersih kolom
- c) 450 mm

Tulangan transversal harus sesuai dengan syara-syarat berikut ini:

- a) Tulangan transversal harus terdiri dari spiral tunggal atau spiral saling tumpang (overlap), sengkang pengekan bundar, atau sengkang pengekan persegi, dengan atau tanpa ikat silang.
- b) Setiap tekukan ujung sengkang pengekan persegi dan ikat silang harus mengait batang tulangan longitudinal terluar.
- c) Ikat silang dengan ukuran batang tulangan yang sama atau yang lebih kecil dari diameter sengkang pengekan diizinkan sesuai batasan SNI 2847:2019 Pasal 25.7.2.2. Ikat silang yang berurutan harus diselangseling ujungnya sepanjang tulangan longitudinal dan sekeliling perimeter penampang.
- d) Jika digunakan sengkang pengekan persegi ataupun ikat silang, tulangan transversal tersebut harus berfungsi sebagai tumpuan lateral untuk tulangan longitudinal sesuai SNI 2847:2019 Pasal 25.7.2.2 dan 25.7.2.3.
- e) Tulangan harus diatur sedemikian sehingga spasi h_x antara tulangan longitudinal di sepanjang perimeter penampang kolom yang tertumpu secara lateral oleh sudut ikat silang atau kaki-kaki sengkang pengekan tidak boleh melebihi 350 mm.
- f) Ketika $P_u > 0,3A_g F_c'$ atau $F_c' > 70$ MPa pada kolom dengan sengkang pengekan, setiap batang atau bundel tulangan longitudinal di sekeliling inti kolom harus memiliki tumpuan lateral yang diberikan oleh sudut dari Sengkang pengekan ataupun oleh kait gempa, dan nilai h_x tidak boleh lebih dari 200 mm. P_u harus merupakan gaya tekan terbesar yang konsisten dengan kombinasi beban terfaktor termasuk E.

Spasi tulangan transversal tidak melebihi nilai terkecil dari (a) hingga (c):

- a) Seperempat dimensi terkecil penampang kolom
- b) Enam kali diameter tulangan longitudinal terkecil
- c) S_o , yang dihitung dengan:

$$S_o = 100 + \left(\frac{320 - hx}{3} \right) \quad (2.4)$$

2.2.9 Kekuatan Geser Kolom SRPMK

Di dalam SNI 2847:2019 Pasal 18.7.6.1 menyatakan Gaya geser desain V_e harus ditentukan dari peninjauan terhadap gayagaya maksimum yang dapat terjadi di muka-muka joint pada setiap ujung kolom. Gaya-gaya joint ini harus ditentukan menggunakan kekuatan lentur maksimum yang mungkin terjadi, M_{pr} , di setiap ujung kolom yang terkait dengan rentang beban aksial terfaktor, P_u , yang bekerja pada kolom. Geser kolom tersebut di atas tidak perlu melebihi nilai geser yang dihitung dari kekuatan joint berdasarkan M_{pr} balok yang merangka ke joint. Nilai V_e tidak boleh kurang dari geser terfaktor berdasarkan analisis struktur.

Tulangan transversal sepanjang ℓ_o berdasarkan SNI 2847:2019 Pasal 18.7.5.1, harus didesain untuk menahan geser dengan mengasumsikan $V_c = 0$ bila a) dan b) terjadi:

- a) Gaya geser akibat gempa berdasarkan pasal 18.7.6.1 setidaknya setengah kekuatan geser perlu maksimum di sepanjang ℓ_o
- b) Gaya tekan aksial terfaktor P_u termasuk pengaruh gempa kurang dari $AgF_c'/20$.

2.2.10 Pelat Dua Arah

Berdasarkan SNI 2847:2019, penentuan tebal minimum untuk pelat dua arah sangatlah penting untuk memastikan kekakuan yang memadai dan mengendalikan lendutan. Standar ini membagi ketentuannya ke dalam dua kondisi utama: pelat tanpa balok di antara tumpuan dan pelat yang didukung oleh balok. Tujuan dari aturan ini adalah untuk memastikan pelat memiliki ketebalan yang cukup untuk menahan beban tanpa mengalami deformasi berlebih yang dapat merusak elemen non-struktural atau mengganggu fungsi bangunan.

Untuk pelat dua arah yang tidak memiliki balok di antara tumpuan, tebal minimumnya diatur dalam Tabel 8.3.1.1. Perhitungan ini mempertimbangkan panjang bentang bersih, kekuatan leleh tulangan (f_y), dan kondisi tumpuan (misalnya, apakah pelat memiliki balok tepi atau tidak). Tabel ini memberikan rasio minimum antara bentang dan tebal, memastikan bahwa pelat memiliki kekakuan intrinsik yang cukup untuk menahan beban yang ada.

Di sisi lain, untuk pelat dua arah yang didukung oleh balok di sepanjang sisinya, perhitungannya menjadi lebih kompleks. Tebal minimum pelat dihitung menggunakan rumus yang memperhitungkan rasio kekakuan lentur antara balok dan pelat. Rumus ini dirancang untuk mengakomodasi interaksi antara kedua elemen tersebut dalam menahan beban. Meskipun ada rumus yang dapat digunakan, SNI 2847:2019 tetap menetapkan batas tebal minimum, yaitu 125 mm, untuk memastikan ada cadangan kekuatan dan kekakuan yang memadai dalam semua kondisi.

Penting untuk dipahami bahwa persyaratan tebal minimum dalam SNI 2847:2019 hanyalah langkah awal dalam proses desain. Peraturan ini memberikan jaminan awal terhadap kinerja pelat, tetapi tidak menjamin bahwa pelat tidak akan mengalami lendutan berlebih dalam semua kondisi. Lendutan dapat menjadi masalah fungsional, bahkan jika struktur masih aman secara kekuatan.

Oleh karena itu, setelah menentukan tebal minimum berdasarkan standar, perancang struktur tetap memiliki tanggung jawab untuk melakukan pemeriksaan lendutan secara terperinci. Pemeriksaan ini harus memperhitungkan beban jangka panjang, efek rangkai dan susut beton, serta kombinasi beban lainnya yang relevan. Pada akhirnya, desain harus memastikan bahwa performa pelat, terutama dalam hal lendutan, berada dalam batas aman dan nyaman bagi pengguna bangunan, terutama untuk pelat dengan bentang panjang atau beban yang signifikan.

2.2.11 Batasan Dimensi Dinding Geser

Menurut SNI 2847:2019 pasal 18.10.2.2, Untuk dinding geser yang menjadi bagian dari sistem penahan gaya gempa, tebalnya tidak boleh kurang dari $l_w/25$ atau 150 mm, mana yang lebih besar.

- a) l_w adalah panjang horizontal dinding geser.

- b) Perlu diperhatikan juga persyaratan khusus untuk zona sendi plastis (daerah di mana deformasi inelastis diperkirakan terjadi).

Dinding geser yang menjadi bagian dari sistem rangka penahan gaya gempa harus memiliki penampang batas khusus jika salah satu dari kondisi berikut terpenuhi:

- a) Terdapat gaya aksial tekan yang signifikan.
- b) Terdapat rasio aspek yang tinggi (tinggi terhadap panjang dinding).

Persyaratan ini bertujuan untuk memastikan penampang batas khusus memiliki daktilitas yang cukup untuk menahan deformasi inelastis yang besar.

2.2.12 Tulangan Longitudinal Dinding Geser

SNI 2847:2019 mengatur rasio tulangan minimum dan maksimum untuk memastikan dinding memiliki daktilitas dan kekuatan yang cukup.

- a) Rasio Tulangan Minimum (ρ_l) : Pasal 18.10.4.1 mensyaratkan bahwa rasio tulangan longitudinal, baik di setiap ujung maupun di seluruh panjang dinding, harus minimal 0,0025. Rasio ini dihitung sebagai luas tulangan (A_s) dibagi dengan luas penampang beton efektif (A_{cv}).
- b) Rasio Tulangan Maksimum ($\rho_{l,max}$) : Meskipun tidak ada batas maksimum yang spesifik untuk rasio tulangan longitudinal seperti pada balok, standar ini secara implisit membatasi jumlah tulangan untuk mencegah keruntuhan getas (brittle failure) dan memastikan daktilitas. Rasio tulangan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan keruntuhan beton tekan sebelum tulangan mencapai leleh, yang tidak diinginkan dalam struktur tahan gempa.

Penempatan tulangan yang benar sangat krusial untuk memastikan kinerja struktural yang optimal.

- a) Dua Lapis Tulangan: Untuk dinding yang tebal, standar ini mensyaratkan penggunaan dua lapis tulangan. Pasal 18.10.3.1 menyatakan bahwa tulangan harus dipasang dalam dua lapis jika tebal dinding geser (h_w) melebihi 250 mm. Ini bertujuan untuk meningkatkan kontrol retak dan memberikan kekuatan yang merata pada seluruh penampang.
- b) Jarak Tulangan Maksimum: Jarak (spasi) antar tulangan longitudinal tidak boleh melebihi 450 mm atau 3 kali tebal dinding ($3h_w$), mana yang lebih kecil. Batasan ini untuk memastikan tulangan dapat mengendalikan retak akibat susut, suhu, dan lentur.

2.2.13 Tulangan Transversal Dinding Geser

Pasal 18.10.4.1 mensyaratkan rasio tulangan horizontal minimum (ρ_h) yang harus disediakan. Rasio ini dihitung sebagai luas tulangan horizontal (A_s) dibagi dengan luas penampang beton efektif (A_{cv}).

- a) Rasio Minimum: Rasio tulangan horizontal minimum adalah 0,0025.
- b) Pengecualian: Jika tegangan geser terfaktor (v_u) pada dinding kurang dari $0,5f_c'$ (dalam MPa), rasio minimum ini bisa dikurangi. Namun, untuk desain di area gempa, rasio minimum ini umumnya tetap digunakan.

Jarak antar tulangan transversal sangat penting untuk mengendalikan retak dan memastikan tulangan berfungsi efektif.

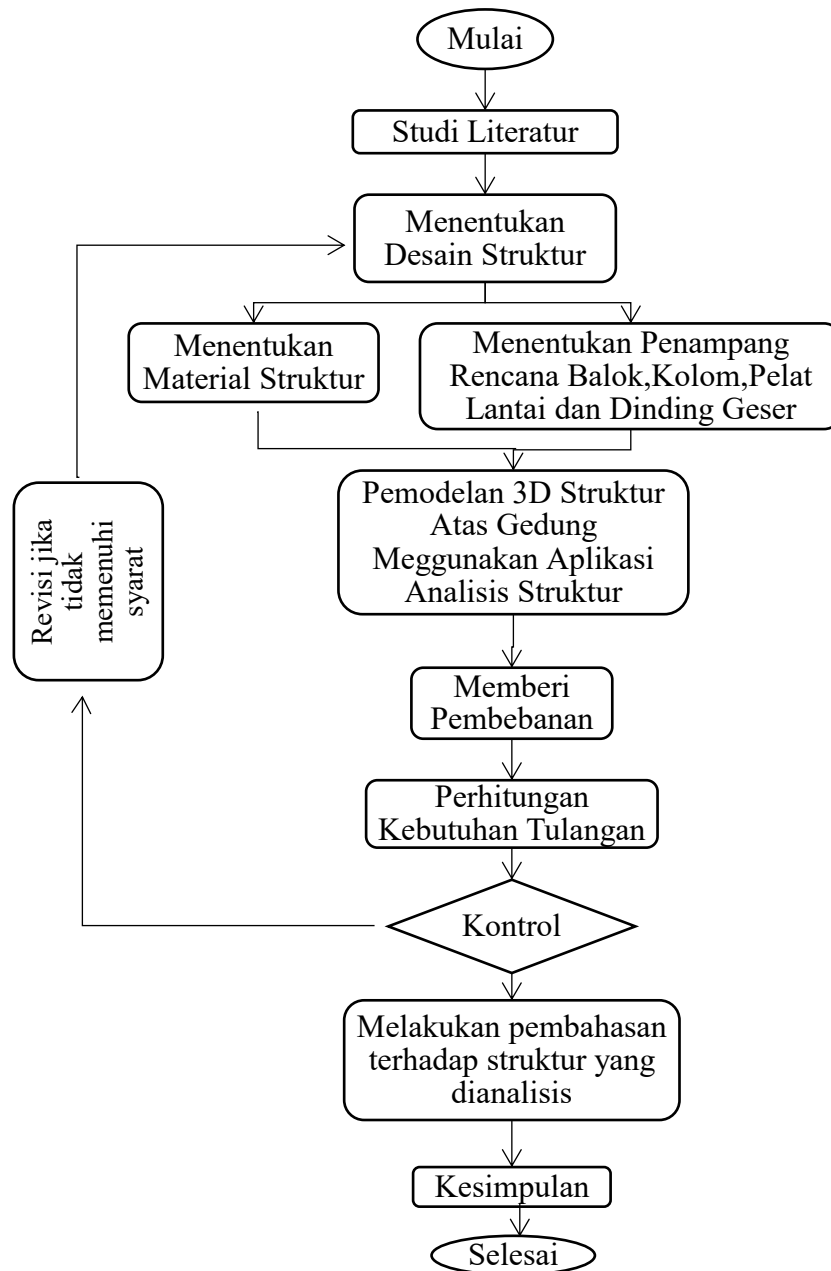
- a) Jarak Maksimum di Badan Dinding: Pasal 18.10.3.1 menetapkan bahwa jarak maksimum antar tulangan (vertikal dan horizontal) di badan dinding tidak boleh melebihi 450 mm atau tiga kali tebal dinding ($3h_w$), mana yang lebih kecil.
- b) Jarak Maksimum di Penampang Batas (Boundary Elements): Pada area penampang batas yang sangat kritis, persyaratan jaraknya menjadi lebih ketat. Jarak sengkang (hoops) di zona ini harus lebih rapat untuk memberikan kekangan yang maksimal. Jarak sengkang ini umumnya lebih kecil dari jarak di badan dinding.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Umum

Uraian metode pekerjaan Tugas akhir dilakukan dengan tahapan-tahapan berikut:



Gambar 3.1: Diagram Alir Penelitian.

3.2 Metode Pengerjaan Tugas Akhir

Dari diagram alur di atas dapat dijelaskan metode pekerjaan yang akan di pakai dalam menyusun tugas akhir ini.

3.2.1 Studi Literatur

Studi Literatur yang dilakukan menggunakan beberapa buku pustaka mengenai perancangan struktur gedung secara umum, studi literatur dilakukan untuk memilih dasar dasar teori dalam pelaksanaan tugas akhir. Untuk judul-judul referensi yang dipakai dapat dilihat pada daftar pustaka.

3.2.2 Menentukan Desain Struktur

3.2.2.1 Data Umum Bnagunan

Data bangunan yang akan digunakan sebagai acuan perencanaan ini adalah sebagai berikut:

Fungsi : Apartemen
Lokasi : Kota Medan
Jumlah lantai : 23
Struktur utama : Struktur beton bertulang

3.2.2.2 Menentukan Material Struktur

Material yang digunakan dalam perencanaan struktur atas bangunan Apartemen The Bliss adalah sebagai berikut:

a. Beton

Tabel 3.1: Kuat tekan beton yang direncanakan pada balok.

Lantai	Fc' Beton
Base	40 Mpa
1-10	40 Mpa
11-23	40 Mpa

Tabel 3.2: Kuat tekan beton yang direncanakan pada kolom.

Lantai	Fc' Beton
Base	40 Mpa
1-10	40 Mpa
11-23	40 Mpa

b. Baja Tulangan

- Tulangan utama (BJTS – 420B):
 - Tegangan leleh minimum (fy) : 420 MPa.
 - Tegangan putus minimum (fu) : 545 MPa.
- Tulangan sengkang (BJTS -280):
 - Tegangan leleh minimum (fy) : 280 MPa.
 - Tegangan putus minimum (fu) : 350 MPa.

3.2.2.3 Menentukan Penampang Rencana Balok,Kolom dan Pelat Lantai

Dimensi penampang yang direncanakan untuk struktur atas gedung apartemen The Bliss adalah sebagai berikut:

a. Kolom

Tabel 3.3 :Dimensi rencana kolom.

Penamaan Kolom	Lantai	Dimensi Kolom (m)
K1	Mezzanine	1.3x1.6
	1	1.3x1.6
K2-1	2	1.2x1.3
K2	3	1x1.3
	4	1x1.3
	5	1x1.3
	6	1x1.3
	7	1x1.3
	8	1x1.3
	9	1x1.3
	10	1x1.3
K3	11	1x1.2
	12	1x1.2
	13	1x1.2
	14	1x1.2
	15	1x1.2
	16	1x1.2

Tabel 3.3: *Lanjutan.*

Penamaan Kolom	Lantai	Dimensi Kolom (m)
	17	1x1.2
	18	1x1.2
	19	1x1.2
	20	1x1.2
	21	1x1.2
	22	1x1.2
	23	1x1.2

b. Balok

Tabel 3.4: Dimensi rencana balok lantai mezzanine sampai lantai 22.

Lantai	Balok Utama B1 (m)	Balok Utama B2 (m)	Balok Utama B3 (m)	Balok Anak (BA) (m)
lt mezz	0.5x0.8	0.9x0.6	0.9x0.7	0.3x0.6
1	0.5x0.8	0.9x0.6	0.9x0.7	0.3x0.6
2	0.5x0.8	0.9x0.6	0.9x0.7	0.3x0.6
3	0.5x0.8	0.9x0.6	0.9x0.7	0.3x0.6
4	0.5x0.8	0.9x0.6	0.9x0.7	0.3x0.6
5	0.5x0.8	0.9x0.6	0.9x0.7	0.3x0.6
6	0.5x0.8	0.9x0.6	0.9x0.7	0.3x0.6
7	0.5x0.8	0.9x0.6	0.9x0.7	0.3x0.6
8	0.5x0.8	0.9x0.6	0.9x0.7	0.3x0.6
9	0.5x0.8	0.9x0.6	0.9x0.7	0.3x0.6
10	0.5x0.8	0.9x0.6	0.9x0.7	0.3x0.6
11	0.5x0.8	0.9x0.6	0.9x0.7	0.3x0.6
12	0.5x0.8	0.9x0.6	0.9x0.7	0.3x0.6
13	0.5x0.8	0.9x0.6	0.9x0.7	0.3x0.6
14	0.5x0.8	0.9x0.6	0.9x0.7	0.3x0.6
15	0.5x0.8	0.9x0.6	0.9x0.7	0.3x0.6
16	0.5x0.8	0.9x0.6	0.9x0.7	0.3x0.6
17	0.5x0.8	0.9x0.6	0.9x0.7	0.3x0.6
18	0.5x0.8	0.9x0.6	0.9x0.7	0.3x0.6
19	0.5x0.8	0.9x0.6	0.9x0.7	0.3x0.6
20	0.5x0.8	0.9x0.6	0.9x0.7	0.3x0.6
21	0.5x0.8	0.9x0.6	0.9x0.7	0.3x0.6
22	0.5x0.8	0.9x0.6	0.9x0.7	0.3x0.6

Tabel 3.5: Dimensi rencana balok lantai 23.

Lantai	Balok Utama B1 (m)	Balok Utama B2 (m)	Balok Utama B4 (m)	Balok Anak BA1 (m)	Balok Anak (BA) (m)
23	0.5x0.8	0.9x0.6	0.7x1	0.5x0.8	0.3x0.6

c. Pelat Lantai

Tabel 3.6: Dimensi rencana pelat lantai .

Lantai	Tebal Pelat (cm)
lt mezz	15
1	15
2	15
3	15
4	15
5	15
6	15
7	15
8	15
9	15
10	15
11	15
12	15
13	15
14	15
15	15
16	15
17	15
18	15
19	15
20	15
21	15
22	15
23	15

d. Dinding Geser

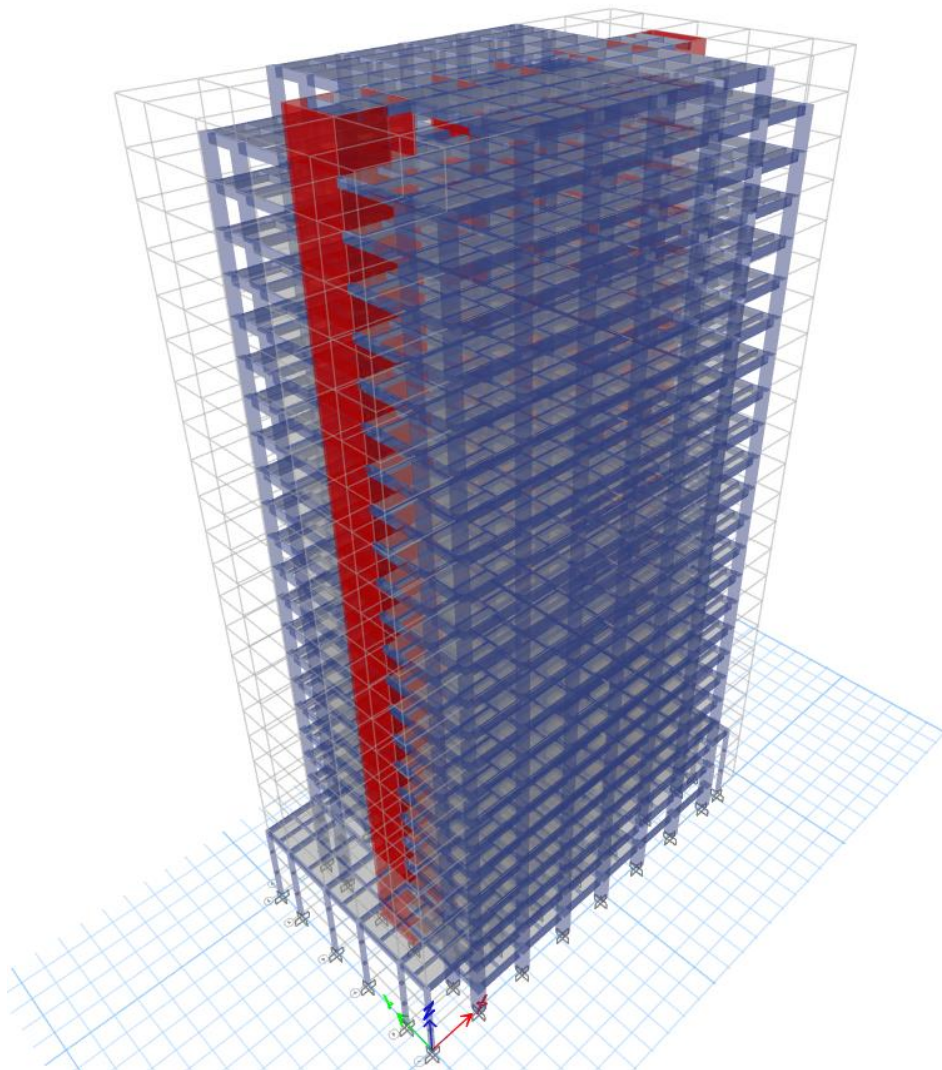
Tebal rencana Dinding Geser (detail perhitungan dapat dilihat pada lampiran 20-21 halaman 145) :

TEBAL DINDING (Lantai mezz – Lantai 10) = 40cm ($f_c' 30$)

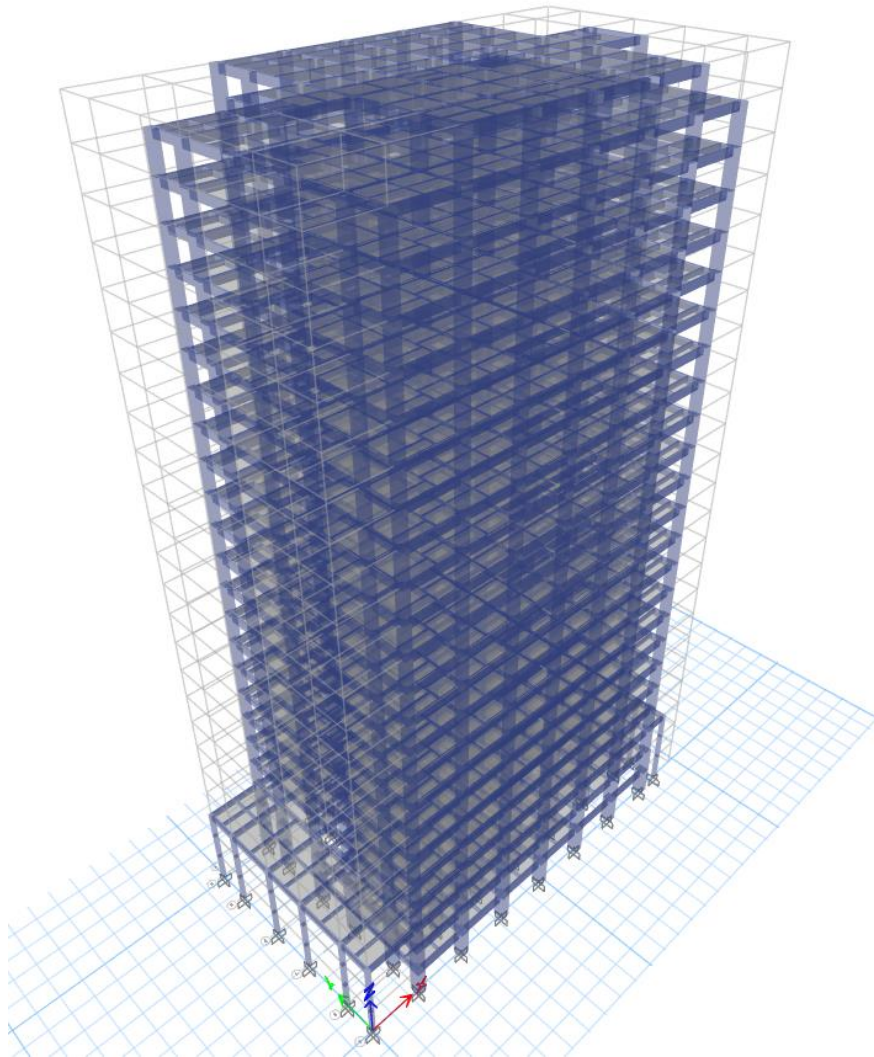
TEBAL DINDING (Lantai 11 – Lantai 23) = 30cm ($f_c' 30$)

3.2.3 Pemodelan 3D Struktur Atas

Pemodelan 3D struktur merupakan proses kompleks yang melibatkan serangkaian tahapan sistematis dalam menganalisis dan merancang struktur bangunan menggunakan aplikasi analisis struktur. Proses ini tidak hanya melibatkan pembuatan representasi digital struktur, tetapi juga mengintegrasikan analisis mendalam untuk menjamin kinerja, keamanan, dan ketahanan bangunan sesuai standar nasional, dengan tujuan akhir menghasilkan desain struktur yang optimal, efisien, dan memenuhi persyaratan teknis yang ketat. Untuk detail desain struktur dapat dilihat pada lampiran 1-3 halaman 77.



Gambar 3.2: Pemodelan 3D Sistem Ganda.



Gambar 3.3: Pemodelan 3D SRPMK.

3.2.4 Memberi Pembebanan

3.2.4.1 Pembebaan Berdasarkan Fungsi Ruang

Pada perencanaan gedung ini beban gravitasi mengacu paada SNI 1727:2020 dan Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPURG) 1987.

Tabel 3.7: Pembebanan yang diinputkan pada struktur Apartemen berdasarkan fungsi ruangan .

Fungsi	Beban	
	SDL	Live
Parkir	120 kg/m ²	192 kg/m ²
Koridor	120 kg/m ²	479 kg/m ²
Mushola	120 kg/m ²	479 kg/m ²
lobby lift	120 kg/m ²	479 kg/m ²
buffer tank	120 kg/m ²	479 kg/m ²
R. genset	120 kg/m ²	479 kg/m ²
Tenant	120 kg/m ²	479 kg/m ²
Gudang	120 kg/m ²	1197 kg/m ²
Kantor	120 kg/m ²	240 kg/m ²
R. PPPSRS	120 kg/m ²	479 kg/m ²
R. tidur	120 kg/m ²	192 kg/m ²
Dapur	120 kg/m ²	479 kg/m ²
R.keluarga	120 kg/m ²	479 kg/m ²
R.Serbaguna	120 kg/m ²	479 kg/m ²
Gym	120 kg/m ²	479 kg/m ²
Taman	120 kg/m ²	479 kg/m ²
Balkon	120 kg/m ²	479 kg/m ²
Ramp	120 kg/m ²	192 kg/m ²
Kolam renang (Kedalaman 1,5 m)	120 kg/m ²	479 kg/m ²

Note: Beban SDL sebagian besar diambil nilai maksimum dalam rentang yang ada.

3.2.4.2 Pembebanan Perangkat Lift dan Penumpang

Beban Perangkat lift dan penumpang, diinputkan pada balok atap (kg/m).

Besaran beban lift berdasarkan spesifikasi dari lift dengan merk Hyundai.

Tabel 3.8: Beban rata-rata dan luas kereta maksimal .

Luas kereta maksimal (m ²),Toleransi 0.10 m ²	Jumlah penumpang maksimal (orang)	Pembulatan beban (Kg)
3.56	23	1600

3.2.4.3 Beban Angin

Untuk kategori kekerasan permukaan dan Eksposur, Beban angin dihitung berdasarkan SNI 1727:2020.

Tabel 3.9: Koefisien tekan dinding (SNI 1727:2020).

Permukaan	L/B	Cp
Dinding di sisi angin datang	Seluruh nilai	0,8
Dinding di sisi angin pergi	0-1	-0,5
	2	-0,3
	>4	-0,2
Dinding tepi	Seluruh nilai	-0,7

Kategori Kekasaran Permukaan : B

Eksposure : B

Kecepatan angin dasar : 33 m/s

Kd : 0.85 (SNI 1727 : 2020 pasal 26.5.3)

Pada SNI 1727 : 2020, Faktor Topografi $K_{zt}=1$

Faktor Elevasi Permukaan Tanah $K_e = 1$

Koefisien Eksposure Tekanan Kecepatan, K_h dan K_z K_h dan $K_z = 1.17$

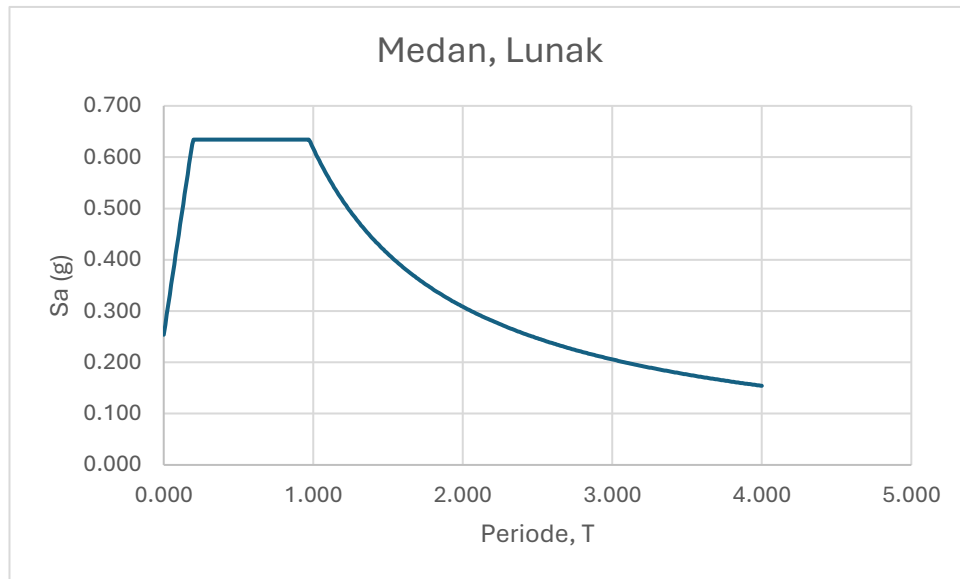
Cp, angin datang : 0.8

Cp, angin pergi : -0.5

3.2.4.4 Pembebanan Gempa

Berdasarkan data gempa yang mencakup parameter percepatan gempa pada periode pendek ($S_s = 0.65$) dan periode 1 detik ($S_1 = 0.36$), serta nilai desain yang telah disesuaikan ($SDS = 0.63$ dan $SD_1 = 0.62$), pembebanan gempa menjadi tahapan esensial dalam perancangan struktur untuk menjamin bangunan mampu menahan gaya lateral akibat gempa bumi. Data-data ini, yang berasal dari analisis respons spektrum, berfungsi sebagai dasar untuk menghitung gaya gempa desain yang sesungguhnya bekerja pada struktur. Perhitungan lebih rinci tentang

bagaimana nilai-nilai ini diterapkan untuk menentukan gaya geser dasar dan gaya di setiap lantai dapat ditemukan secara lengkap pada Bab 4.



Gambar 3.4: Respon spektrum Medan, Tanah Lunak (SE).

Tabel 3.10: 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

3.2.5 Perhitungan Kebutuhan Tulangan

Kebutuhan tulangan merupakan komponen kritis dalam konstruksi bangunan, terutama pada struktur beton bertulang, yang berfungsi menambah kekuatan dan ketahanan konstruksi. Tulangan terdiri dari batang-batang baja yang dipasang di dalam beton untuk menahan gaya tarik, mencegah retak berlebihan, dan meningkatkan kekuatan struktural bangunan. Jenis tulangan dibagi menjadi tulangan pokok (utama) yang menahan beban utama struktur dan tulangan pembagi yang didistribusikan tegak lurus untuk mencegah retak susut. Kebutuhan tulangan ditentukan oleh beberapa faktor penting seperti beban struktur, dimensi elemen konstruksi, kuat tekan beton dan jenis bangunan. Perhitungannya dilakukan melalui

analisis struktural yang kompleks, mengacu pada SNI 2847:2019, dengan memperhatikan momen lentur, gaya geser, dan persyaratan teknis lainnya.

3.2.6 Cek Persyaratan

Pada tahap ini merupakan kontrol dari semua desain yang telah direncanakan mulai dari desain dimensi struktur atas serta kebutuhan tulangan yang telah didesain. Jika pada tahap ini terdapat struktur yang belum memenuhi maka akan dilaksanakan perhitungan mulai dari desain struktur tetapi jika struktur yang telah didesain sudah memenuhi persyaratan masing-masing komponen, maka desain dapat diterima.

3.2.7 Pembahasan hasil analisis

Melakukan perbandingan antara kedua model yaitu sistem ganda dan SRPMK serta melakukan pembahasan dari analisis struktur atas yang telah dilakukan dan menguraikannya untuk mendapatkan Kesimpulan.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Tinjauan Umum

Bab ini akan menjabarkan hasil analisis untuk struktur yang didesain dan Melakukan perbandingan antara kedua desain yaitu antara sistem ganda dan SRPMK.

4.2 Data Percepatan Gempa

Spektral Percepatan Periode Pendek	S_s	=	0.6558	g
Spektral Percepatan Periode 1 Detik	S_1	=	0.3634	g
Koefisien Situs (SNI 1726:2019 tabel 6)	F_a	=	1.4507	
Koefisien Situs (SNI 1726:2019 tabel 7)	F_v	=	2.5464	
Percepatan Desain Periode Pendek (SNI 1726:2019 pasal 6.2 dan 6.3)	S_{DS}	=	$2/3 * F_a * S_s$ = 0.6343	g
Percepatan Desain Periode 1 Detik (SNI 1726:2019 pasal 6.2 dan 6.3)	S_{D1}	=	$2/3 * F_v * S_1$ = 0.6169	g
(SNI 1726:2019 pasal 6.4)	T_0	=	$0.2 * S_{D1} / S_{DS}$ = 0.1945	detik
	T_s	=	S_{D1} / S_{DS} = 0.9726	detik

4.3 Kombinasi Pembebanan

Dalam perencanaan struktur bangunan atas Gedung Apartemen The Bliss, penentuan kombinasi pembebanan merupakan langkah fundamental untuk menjamin keamanan dan keandalan struktur terhadap berbagai gaya yang bekerja secara simultan selama masa layanannya. Proses ini melibatkan identifikasi dan penerapan faktor beban terhadap beban mati (DL), beban hidup (LL), beban gempa

(EL) sesuai SNI 1726:2019, dan beban angin (WL), serta mempertimbangkan beban-beban lain seperti beban hujan atau beban air. Tujuan utamanya adalah menemukan skenario pembebanan yang paling kritis atau merugikan bagi setiap elemen struktur—mulai dari pelat, balok, kolom—sehingga dimensi dan penulangan yang direncanakan memiliki kapasitas ultimit yang memadai untuk menahan kondisi terburuk yang mungkin terjadi, sesuai dengan persyaratan kinerja yang ditetapkan oleh standar desain struktur yang berlaku. Nilai rho diambil sebesar 1.3 setelah dilakukan pengecekan redundansi. Kombinasi pembebanan yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4.1 : Kombinasi Pembebanan.

Nomor		DL	SIDL	LL	L _r	R	W _x	W _y	E _x	E _y
1	1.1	1.4	1.4							
2	2.1	1.2	1.2	1.6	0.5					
	2.2	1.2	1.2	1.6		0.5				
3	3.1	1.2	1.2	1	1.6					
	3.2	1.2	1.2		1.6		0.5			
	3.3	1.2	1.2		1.6			0.5		
	3.4	1.2	1.2		1.6		0.375	0.375		
	3.5	1.2	1.2	1		1.6				
	3.6	1.2	1.2			1.6	0.5			
	3.7	1.2	1.2			1.6		0.5		
	3.8	1.2	1.2			1.6	0.375	0.375		
4	4.1	1.2	1.2	1	0.5		1			
	4.2	1.2	1.2	1	0.5			1		
	4.5	1.2	1.2	1	0.5		0.75	0.75		
	4.3	1.2	1.2	1		0.5	1			
	4.4	1.2	1.2	1		0.5		1		
	4.6	1.2	1.2	1		0.5	0.75	0.75		
5	5.1	0.9	0.9				1			
	5.2	0.9	0.9					1		
	5.3	0.9	0.9				0.75	0.75		
6	6.1	1.3269	1.3269	1					1.3	0.39
	6.2	1.3269	1.3269	1					1.3	-0.39
	6.3	1.3269	1.3269	1					-1.3	0.39
	6.4	1.3269	1.3269	1					-1.3	-0.39
	6.5	1.3269	1.3269	1					0.39	1.3
	6.6	1.3269	1.3269	1					-0.39	1.3
	6.7	1.3269	1.3269	1					0.39	-1.3
	6.8	1.3269	1.3269	1					-0.39	-1.3

Tabel 4.1: *Lanjutan.*

Nomor	DL	SIDL	LL	L _r	R	W _x	W _y	E _x	E _y
7	7.1	0.7731	0.7731					1.3	0.39
	7.2	0.7731	0.7731					1.3	-0.39
	7.3	0.7731	0.7731					-1.3	0.39
	7.4	0.7731	0.7731					-1.3	-0.39
	7.5	0.7731	0.7731					0.39	1.3
	7.6	0.7731	0.7731					-0.39	1.3
	7.7	0.7731	0.7731					0.39	-1.3
	7.8	0.7731	0.7731					-0.39	-1.3

4.4 Perhitungan Desain Struktur yang Menggunakan Sistem Ganda

4.4.1 Parameter Gempa

Faktor Keutamaan Gempa (SNI 1726:2019 tabel 3 dan 4)	I_e	=	1.00
Koefisien Modifikasi Respons (SNI 1726:2019 tabel 12)	R	=	7
Faktor Kuat Lebih Sistem (SNI 1726:2019 tabel 12)	Ω_0	=	2.5
Faktor Pembesaran Defleksi (SNI 1726:2019 tabel 12)	C_d	=	5.5

4.4.2 Periode Struktur

Percepatan Desain Periode 1 Detik	S_{D1}	=	0.6169	g
Koefisien untuk Batas Periode (SNI 1726:2019 tabel 17)	C_u	=	1.4	
Parameter Periode Pendekatan (SNI 1726:2019 tabel 18)	C_t	=	0.0488	
Parameter Periode Pendekatan (SNI 1726:2019 tabel 18)	x	=	0.75	
Tinggi Bangunan (Seismik)	h	=	108	m
Periode Fundamental Pendekatan (SNI 1726:2019 persamaan 36)	T_a	=	$C_t * h^x$	
		=	1.6349	detik
Periode Maksimum (SNI 1726:2019 pasal 7.8.2)	T_{max}	=	$C_u * T_a$	
		=	2.289	detik
Periode Hasil Analisis Arah X	$T_{c,X}$	=	4.769	detik
Periode Hasil Analisis Arah Y	$T_{c,Y}$	=	3.625	detik

Periode Pakai Arah X	T_X	=	2.289	detik
Periode Pakai Arah Y	T_Y	=	2.289	detik

Dari Tabel 4.2 dapat dilihat bahwa mode 1 dan 2 merupakan translasi arah x dan y, sedangkan mode 3 merupakan rotasi. Kemudian partisipasi massa sudah mencapai 92% untuk arah x dan 92% untuk arah y pada *mode* ke 8. Ini sudah sesuai dengan esyaratan SNI 1726:2019 yaitu minimal 90%. Untuk Data perioda dan partisipasi massa yang lengkap dapat dilihat pada lampiran 4 halaman 102.

Tabel 4.2: Data perioda dan partisipasi massa.

<i>Mode</i>	<i>Period</i>	<i>UX</i>	<i>UY</i>	<i>RZ</i>	<i>SumUX</i>	<i>SumUY</i>
1	4.769	75%	0%	0%	75%	0%
2	3.625	0%	74%	0%	75%	74%
3	3.16	0%	0%	73%	75%	74%
4	1.46	12%	0%	0%	87%	74%
5	1.09	0%	12%	0%	87%	87%
6	0.954	0%	0%	12%	87%	87%
7	0.761	5%	0%	0%	92%	87%
24	0.142	0%	0%	0%	98%	97%

4.4.3 Gaya Geser Dasar Seismik

Koefisien Respons Seismik (SNI 1726:2019 persamaan 31)	C_s	=	$S_{DS} / (R/I_e)$
		=	0.0906
Batas Atas (SNI 1726:2019 persamaan 32)	$C_{s,max}$	=	$S_{D1} / [T * (R/I_e)]$
	$C_{s,max,X}$	=	0.0385
	$C_{s,max,Y}$	=	0.0385
Batas Bawah (SNI 1726:2019 persamaan 34)	$C_{s,min,1}$	=	$0.044 S_{DS} I_e \geq 0.01$
		=	0.0279
Batas Bawah (dipakai jika $S_1 \geq 0,6$ g) (SNI 1726:2019 persamaan 35)	$C_{s,min,2}$	=	$0.5 S_1 / (R/I_e)$
		=	0.0260
Koefisien Respons Seismik Pakai	$C_{s,pakai,X}$	=	0.0385
	$C_{s,pakai,Y}$	=	0.0385
Berat Seismik Efektif	W	=	669714 kN

4.4.4 Penskalaan Gaya

Gaya Geser Statik (SNI)	V	$= C_s * W$	
<i>SNI 1726:2019 persamaan 30</i>	V_X	$= 25786.70$	kN
	V_Y	$= 25786.70$	kN
Gaya Geser Statik (ETABS)	V_X	$= 25778.0596$	kN
<i>(hanya untuk pembanding)</i>	V_Y	$= 25778.0595$	kN
Faktor Skala Awal	SF	$= g / (R / I)$	
<i>SNI 1726:2019 pasal 7.9.1.2</i>		$= 1.401$	m/s ²
		$= 1400.95$	mm/s ²
Gaya Geser Respon Spektra	$V_{i,X}$	$= 11182.7818$	kN
Unscaled	$V_{i,Y}$	$= 14438.9196$	kN
Penskalaan Gaya Gempa	f_X	$= 2.306$	
<i>SNI 1726:2019 pasal 7.9.1.4.1</i>	f_Y	$= 1.786$	
Faktor Skala Baru	SF_X	$= 3230.49$	mm/s ²
	SF_Y	$= 2501.98$	mm/s ²

4.4.5 Pengecekan Retak Dinding Geser

Pengecekan retak pada dinding geser merupakan aspek krusial dalam perencanaan struktur Gedung Apartemen The Bliss, yang berpedoman pada SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Berdasarkan analisis yang dilakukan, pada Tabel 4.3, ditemukan bahwa hanya dinding geser pada lantai-lantai tertentu yang menunjukkan kondisi tidak retak. Untuk lantai-lantai lain di mana analisis mengindikasikan potensi keretakan, nilai momen inersia efektif (I_e) yang digunakan dalam perhitungan harus disesuaikan secara signifikan, dari yang semula $0.7 I_g$ menjadi $0.35 I_g$. Tabel pengecekan retak dinding geser yang lengkap dapat dilihat pada lampiran 5 halaman 102.

Tabel 4.3: Pengecekan retak pada dinding geser.

Lantai	fu	fc'	fcr	Retak?
	MPa	MPa	MPa	
SW1				
Lt.23 Area Kolam	2.566554	30	3.39588	Tidak Retak
SW2				
Lt.23 Area Kolam	1.498741	30	3.39588	Tidak Retak
Lt.22 Rooftop	2.61458	30	3.39588	Tidak Retak

Tabel 4.3: *Lanjutan.*

SW3				
Lt.23 Area Kolam	1.511318	30	3.39588	Tidak Retak
Lt.22 Rooftop	2.491515	30	3.39588	Tidak Retak
SW4				
Lt.23 Area Kolam	1.207627	30	3.39588	Tidak Retak
Lt.22 Rooftop	2.194214	30	3.39588	Tidak Retak
Lt.21	3.079843	30	3.39588	Tidak Retak
SW5				
Lt.23 Area Kolam	1.308935	30	3.39588	Tidak Retak
Lt.22 Rooftop	2.120948	30	3.39588	Tidak Retak
Lt.21	3.00363	30	3.39588	Tidak Retak
SW6				
Lt.23 Area Kolam	1.401884	30	3.39588	Tidak Retak
Lt.22 Rooftop	2.410291	30	3.39588	Tidak Retak
SW7				
Lt.23 Area Kolam	3.02992	30	3.39588	Tidak Retak

4.4.6 Pengecekan Syarat Sistem Ganda

Pengecekan syarat sistem ganda merupakan validasi penting dalam perencanaan struktur Gedung Apartemen The Bliss, yang merujuk pada ketentuan SNI 1726:2019. Berdasarkan analisis yang dilakukan, pada Tabel 4.4, kontribusi gaya lateral yang ditahan oleh Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) pada struktur Gedung Apartemen The Bliss adalah sebesar 35% untuk arah X dan 29% untuk arah Y. Kedua nilai ini telah memenuhi syarat minimum sebesar 25% yang ditetapkan oleh SNI, mengindikasikan bahwa sistem ganda yang direncanakan memiliki distribusi kekakuan dan kekuatan yang memadai antara rangka dan dinding geser.

Tabel 4.4: Pengecekan minimal 25% keterlibatan SRPMK.

SRPMK+SW		SRPMK		KONTRIBUSI SRPMK		SYARAT MINIMUM
X	Y	X	Y	X	Y	%
kN	kN	kN	kN	%	%	
40442.18	47452.42	14320.36	13577.73	35%	29%	25%

4.4.7 Simpangan Antar Tingkat

Pengecekan simpangan antar tingkat adalah prosedur vital dalam perencanaan Gedung Apartemen The Bliss untuk memastikan stabilitas dan kinerja bangunan di bawah beban lateral seperti gempa dan angin, sesuai SNI 1726:2019. Pada Tabel 4.5 dapat dilihat bahwa banguntelah memenuhi syarat bats simpangan antar Tingkat sesuai dengan SNI.

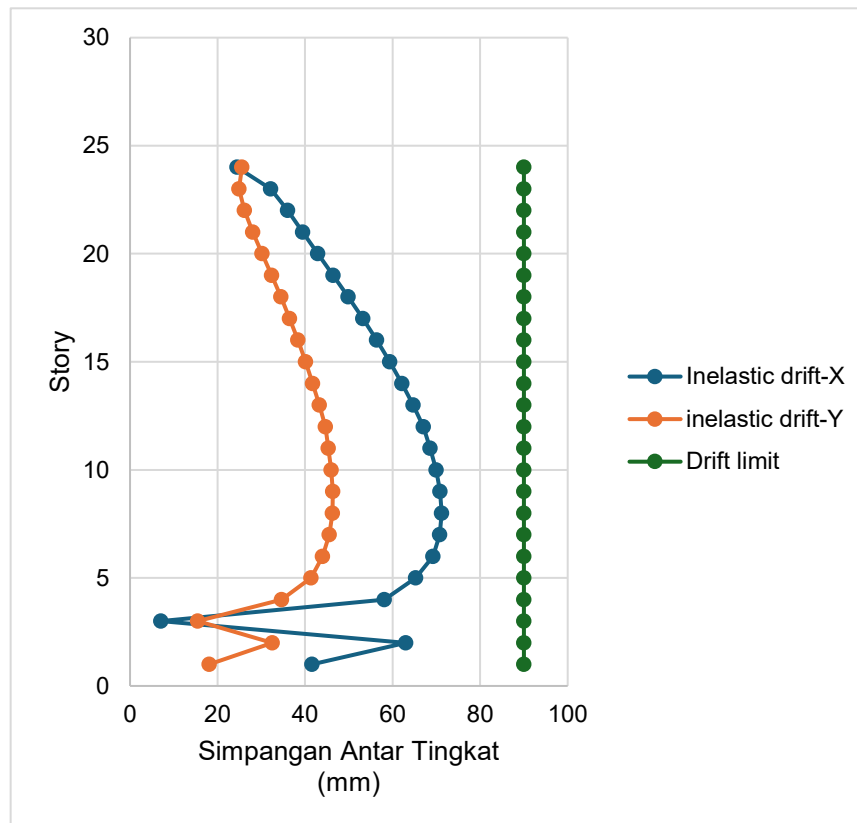
Simpangan Antar Tingkat Izin (Tabel 20 SNI 1726:2019)	Δ_a	=	0.02	h
Faktor Redundansi	ρ	=	1.3	
Story Drift Inelastik Izin	Δ_{max}	=	0.0200	h
Faktor Pembesaran Defleksi	C_d	=	5.5	
Faktor Keutamaan Gempa	I_e	=	1.00	
Story Drift Inelastik	Δ	=	$\delta * C_d / I_e$	
Tinggi antar lantai	h	=	4500	mm

Tabel 4.5: Pengecekan simpangan antar Tingkat.

Story	Displacement		Elastic Drift		Inelastic Drift		Drift Limit	Cek
	δe_x	δe_y	δe_x	δe_y	Δ_x	Δ_y		
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		
Lt.23 Area Kolam	234.47	156.71	4.450	4.648	24.475	25.564	90.000	OK
Lt.22 Rooftop	230.02	152.062	5.850	4.531	32.175	24.921	90.000	OK
Lt.21	224.17	147.531	6.547	4.751	36.009	26.131	90.000	OK
Lt.20	217.62	142.78	7.172	5.102	39.446	28.061	90.000	OK
Lt.19	210.45	137.678	7.798	5.490	42.889	30.195	90.000	OK
Lt.18	202.65	132.188	8.437	5.886	46.404	32.373	90.000	OK
Lt.17	194.21	126.302	9.066	6.269	49.863	34.480	90.000	OK
Lt.16	185.15	120.033	9.671	6.633	53.191	36.482	90.000	OK
Lt.15	175.48	113.4	10.246	6.975	56.353	38.363	90.000	OK
Lt.14	165.23	106.425	10.790	7.295	59.345	40.123	90.000	OK
Lt.13	154.44	99.13	11.298	7.593	62.139	41.761	90.000	OK
Lt.12	143.14	91.537	11.766	7.869	64.713	43.280	90.000	OK
Lt.11	131.38	83.668	12.182	8.114	67.001	44.627	90.000	OK
Lt.10	119.2	75.554	12.472	8.240	68.596	45.320	90.000	OK
Lt.9	106.72	67.314	12.715	8.361	69.933	45.985	90.000	OK
Lt.8	94.008	58.953	12.881	8.425	70.846	46.338	90.000	OK
Lt.7	81.127	50.528	12.947	8.409	71.208	46.250	90.000	OK

Tabel 4.5: Lanjutan.

Story	Displacement		Elastic Drift		Inelastic Drift		Drift Limit	Cek
	δe_X	δe_Y	δe_X	δe_Y	Δ_X	Δ_Y		
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		
Lt.6	68.18	42.119	12.869	8.281	70.780	45.546	90.000	OK
Lt.5	55.311	33.838	12.580	7.999	69.190	43.995	90.000	OK
Lt.4	42.731	25.839	11.863	7.525	65.247	41.388	90.000	OK
Lt.3	30.868	18.314	10.567	6.302	58.119	34.661	90.000	OK
Lt.2	20.301	12.012	1.282	2.810	7.051	15.455	90.000	OK
Lt.1	19.019	9.202	11.453	5.909	62.992	32.500	90.000	OK
Lt.Mezzanine	7.566	3.293	7.566	3.293	41.613	18.112	90.000	OK



Gambar 4.1: Grafik simpangan antar tingkat.

4.4.8 Pengaruh P-Delta

Pengecekan pengaruh P-Delta adalah analisis stabilitas yang penting dalam perencanaan struktur Gedung Apartemen The Bliss, sebagaimana disyaratkan dalam SNI 1726:2019. Dari table 4.6 dapat dilihat bahwa struktur telah memenuhi syarat stabilitas.

$$\begin{aligned}
 \text{Rasio kebutuhan geser} \quad \beta &= 1 \\
 \text{Batas koefisien stabilitas} \quad \theta_{\max} &= 0.5 / (\beta * C_d) \leq 0.25 \\
 &= 0.0909
 \end{aligned}$$

Tabel 4.6: Pengecekan pengaruh P-Delta.

Story	Story Forces			Koefisien Stabilitas		θ_{max}	Cek
	P	V_x	V_y	θX	θY		
	(kN)	(kN)	(kN)				
Lt.23 Area Kolam	24164	3372	3161	0.0071	0.0079	0.0909	OK
Lt.22 Rooftop	54765	6457	6140	0.0110	0.0090	0.0909	OK
Lt.21	85638	8828	8556	0.0141	0.0106	0.0909	OK
Lt.20	116393	10610	10457	0.0175	0.0126	0.0909	OK
Lt.19	147266	11981	11988	0.0213	0.0150	0.0909	OK
Lt.18	178022	13054	13216	0.0256	0.0176	0.0909	OK
Lt.17	208894	13949	14201	0.0302	0.0205	0.0909	OK
Lt.16	239650	14738	15001	0.0349	0.0235	0.0909	OK
Lt.15	270522	15473	15683	0.0398	0.0267	0.0909	OK
Lt.14	301277	16182	16287	0.0446	0.0300	0.0909	OK
Lt.13	332150	16872	16853	0.0494	0.0333	0.0909	OK
Lt.12	362906	17539	17422	0.0541	0.0364	0.0909	OK
Lt.11	393778	18189	18031	0.0586	0.0394	0.0909	OK
Lt.10	424507	18831	18704	0.0625	0.0416	0.0909	OK
Lt.9	456393	19488	19458	0.0662	0.0436	0.0909	OK
Lt.8	488164	20176	20281	0.0693	0.0451	0.0909	OK
Lt.7	520050	20913	21173	0.0715	0.0459	0.0909	OK
Lt.6	551820	21716	22096	0.0727	0.0460	0.0909	OK
Lt.5	583707	22591	23012	0.0722	0.0451	0.0909	OK
Lt.4	615477	23489	23881	0.0691	0.0431	0.0909	OK
Lt.3	647364	24357	24670	0.0624	0.0367	0.0909	OK
Lt.2	684455	25272	25414	0.0077	0.0168	0.0909	OK
Lt.1	706858	25663	25700	0.0701	0.0361	0.0909	OK
Lt.Mezzanine	726846	25787	25787	0.0474	0.0206	0.0909	OK

4.4.9 Ketidakberaturan Horizontal

Dari hasil pengecekan didapat beberapa lantai mengalami ketidakberaturan horizontal tipe 1a dan 1b. Berdasarkan pasal 7.3.3.4 SNI 1726:2019, jika terjadi ketidak beraturan tipe 1a dan 1b maka gaya desain untuk diafragma ditingkatkan sebesar 25%. Kemudian menurut pasal 7.3.4.2 SNI 1726:2019, jika terjadi ketidakberaturan tipe 1b maka nilai ρ yang harus digunakan adalah 1.3. Lalu menurut pasal 7.7.3 SNI 1726:2019, jika terdapat ketidakberaturan tipe 1a dan 1b maka analisis harus menggunakan penggambaran 3 dimensi, dan dalam tugas akhir ini penulis sudah menggunakan pemodelan 3 dimensi menggunakan ETABS. Kemudian menurut table 16 SNI 1726:2019, prosedur analisis yang digunakan tidak boleh menggunakan analisis gaya lateral ekivalen, dalam analisis ini penulis menggunakan Analisis spektrum rsepon ragam. Detail pengecekan dapat dilihat pada lampiran 6 halaman 107.

4.4.10 Ketidakberaturan Vertikal

Pengecekan ketidakberaturan vertikal Gedung Apartemen The Bliss, yang mengacu pada SNI 1726:2019, merupakan analisis penting untuk memastikan distribusi kekakuan, massa, dan kekuatan yang seragam antar tingkat demi kinerja seismik yang optimal. Pemeriksaan ini mencakup evaluasi ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak, ketidakberaturan berat (massa), dan diskontinuitas dalam kuat lateral tingkat. Berdasarkan analisis, didapati bahwa struktur The Bliss tidak memiliki ketidakberaturan vertikal yang signifikan. Detail pengecekan dapat dilihat pada lampiran 7-9 halaman 108.

4.4.11 Pengecekan Diafragma

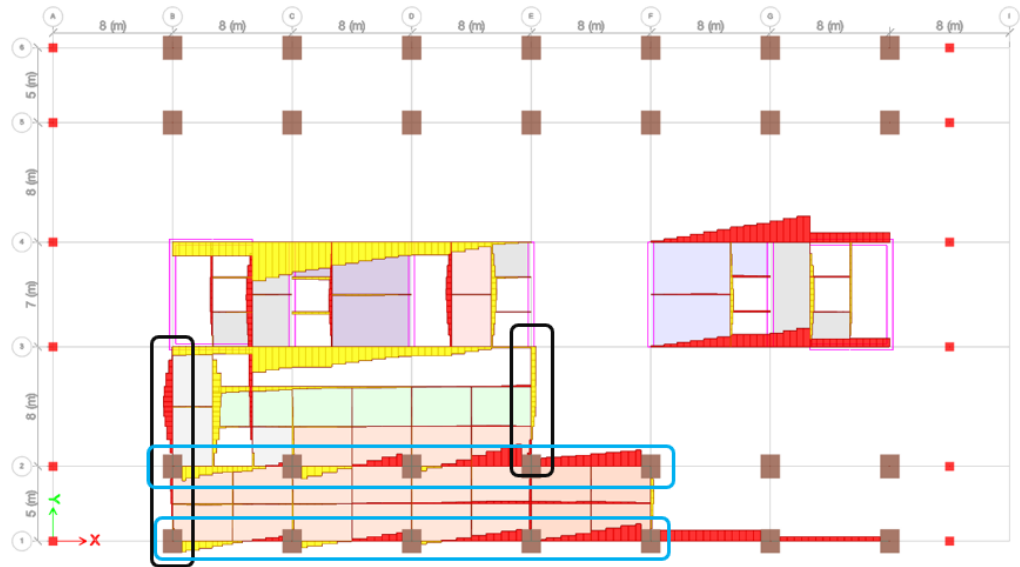
Pada pengecekan ini, lantai yang ditinjau yaitu, lantai mezz, lantai 2, 3 dan 23. Diafragma dimodelkan sebagai semi rigid dengan *meshing* 1 x 1 m. Pada Tabel 4.7 dapat dilihat beban yang akan diinput ke diafragma. Hasil dari Analisa didapatkan bahwa balok-balok dengan jumlah tulangan yang sama masih mampu menahan beban akibat diafragma.

Tabel 4.7: Beban yang diinput.

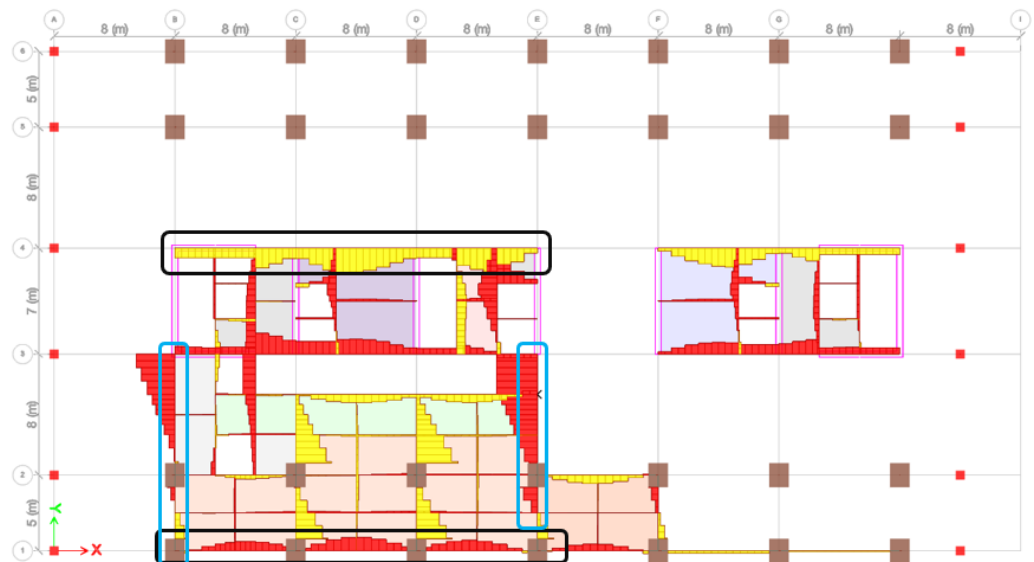
LANTAI	Area Diafragma	Beban yang diinput,(kN/m2)	
	m2	X	Y
Lt.23 Area Kolam	1099.55	0.84484042	0.844840419
Lt.22 Rooftop	1447.76	1.03653746	0.985577902
Lt.21	1415.23	1.11463855	1.11463855
Lt.20	1415.23	1.11463855	1.11463855
Lt.19	1415.23	1.11463855	1.11463855
Lt.18	1415.23	1.11463855	1.11463855
Lt.17	1415.23	1.11463855	1.11463855
Lt.16	1415.23	1.11463855	1.11463855
Lt.15	1415.23	1.11463855	1.11463855
Lt.14	1415.23	1.11463855	1.11463855
Lt.13	1415.23	1.11463855	1.11463855
Lt.12	1415.23	1.11463855	1.11463855
Lt.11	1415.23	1.11463855	1.11463855
Lt.10	1415.23	1.11463855	1.11463855
Lt.9	1415.23	1.11463855	1.11463855
Lt.8	1415.23	1.11463855	1.11463855
Lt.7	1415.23	1.11463855	1.11463855
Lt.6	1415.23	1.11463855	1.11463855
Lt.5	1415.23	1.11463855	1.11463855
Lt.4	1415.23	1.11463855	1.11463855
Lt.3	1415.23	1.11463855	1.11463855
Lt.2	1447.76	1.43157369	1.431573693
Lt.1	784.01	1.1195704	1.119570404
Lt.Mezzanine	449.79	1.11955424	1.119554242

a) Analisis Elemen Kord dan Kolektor (Lantai Mezzanine)

Keterangan: Area hitam = Kolektor , Area Biru = Kord



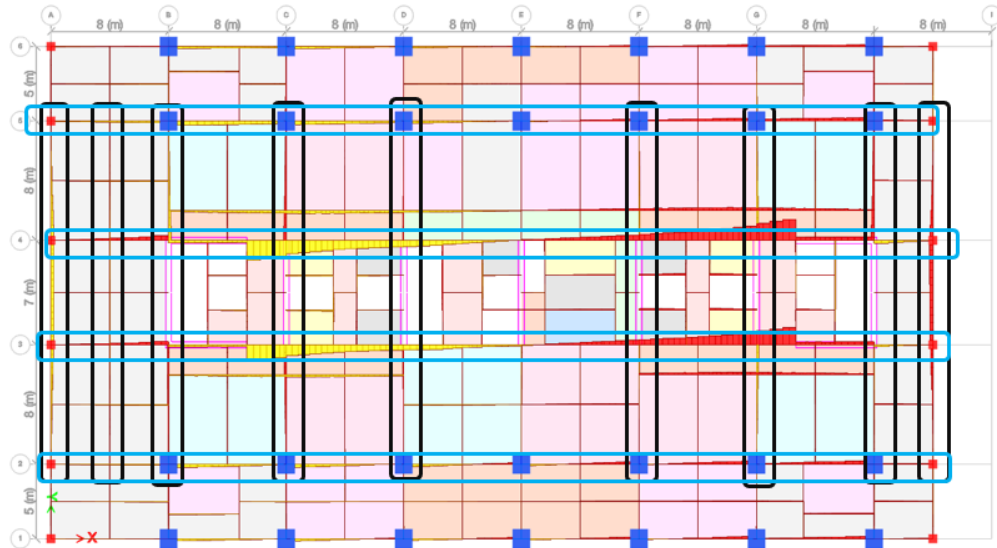
Gambar 4.2: Analisis Elemen Kord dan Kolektor Arah X lantai mezz.



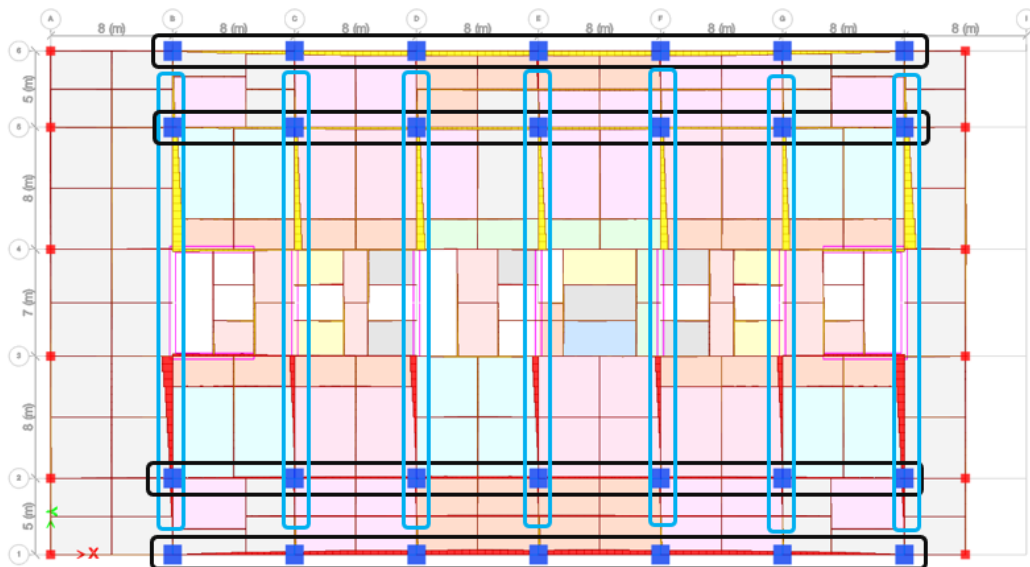
Gambar 4.3: Analisis Elemen Kord dan Kolektor Arah Y Lantai mezz.

b) Analisis Elemen Kord dan Kolektor (Lantai 2)

Keterangan: Area hitam = Kolektor , Area Biru = Kord



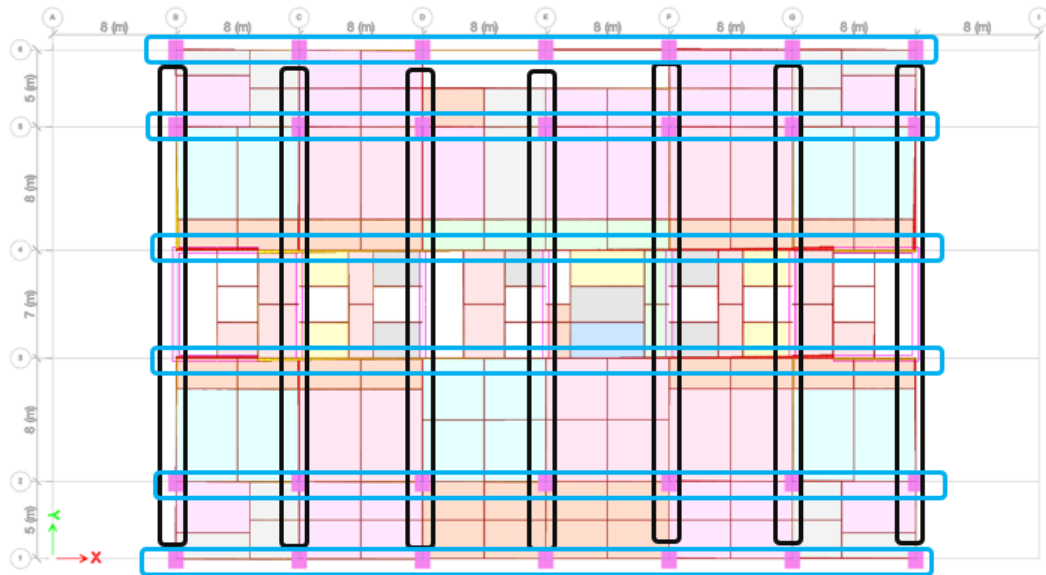
Gambar 4.4: Analisis Elemen Kord dan Kolektor Arah X lantai 2.



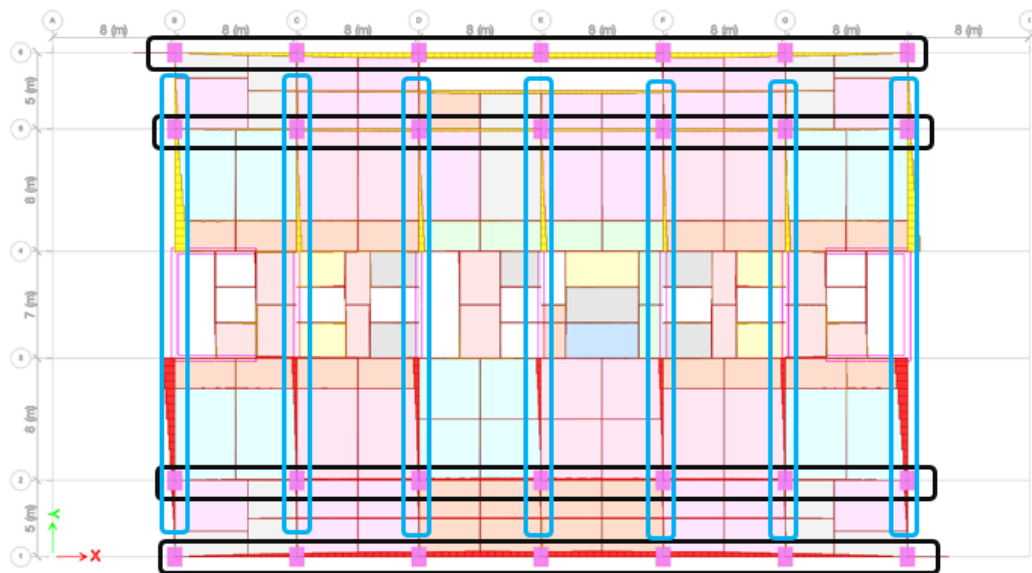
Gambar 4.5: Analisis Elemen Kord dan Kolektor Arah Y lantai 2.

c) Analisis Elemen Kord dan Kolektor (Lantai 3-22)

Keterangan: Area hitam = Kolektor , Area Biru = Kord



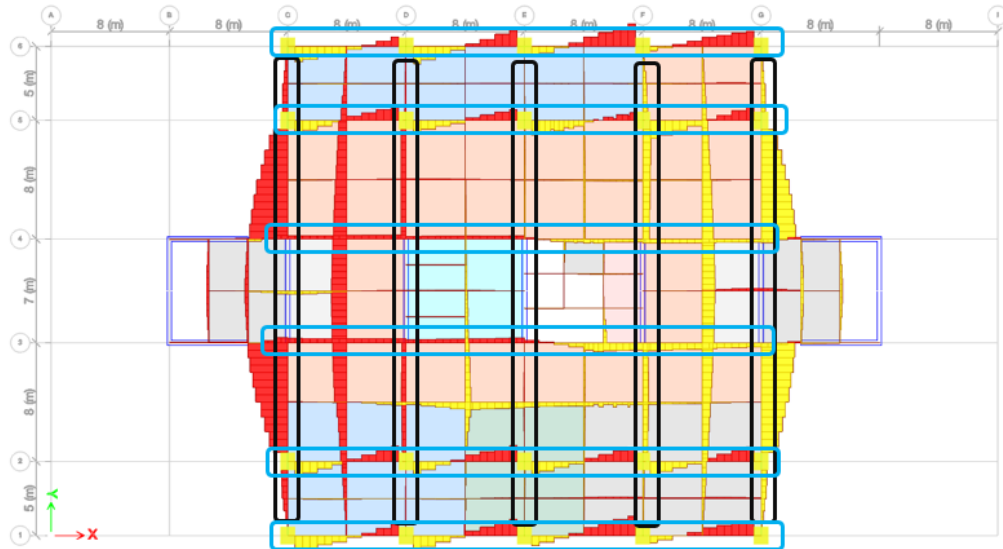
Gambar 4.6: Analisis Elemen Kord dan Kolektor Arah X lantai 3-22.



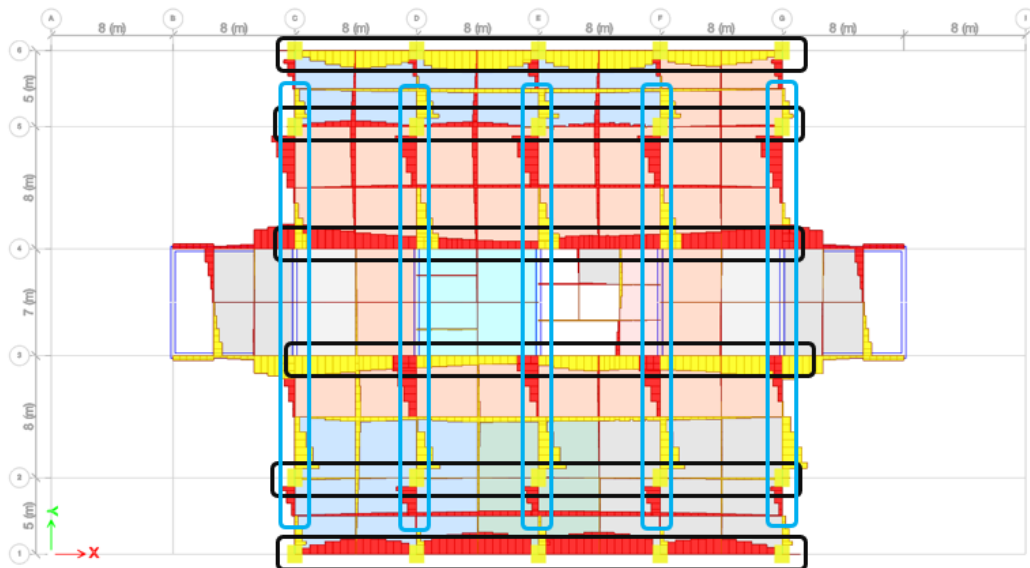
Gambar 4.7: Analisis Elemen Kord dan Kolektor Arah Y lantai 3-22.

d) Analisis Elemen Kord dan Kolektor (Lantai 23)

Keterangan: Area hitam = Kolektor , Area Biru = Kord



Gambar 4.8: Analisis Elemen Kord dan Kolektor Arah X lantai 23.



Gambar 4.9: Analisis Elemen Kord dan Kolektor Arah Y lantai 23.

4.4.12 Kebutuhan Tulangan Balok

Perhitungan kebutuhan tulangan balok pada perencanaan Gedung Apartemen The Bliss telah dilaksanakan dengan cermat, dengan mempertimbangkan kombinasi pembebanan maksimum yang paling kritis. Data detail mengenai kebutuhan luas tulangan longitudinal untuk setiap segmen balok diperoleh langsung dari hasil analisis struktur yang dikeluarkan oleh perangkat lunak ETABS.

Diameter Tulangan untuk balok B1,B2,B3 dan B4 = 25 mm

Diameter Tulangan untuk balok anak BA dan BA1 = 16 mm

Tulangan susur digunakan = 4D19

Tabel 4.8: Kebutuhan tulangan balok.

LANTAI	BALOK	DIMENSI (mm)	JUMLAH TULANGAN			
			TUMPUAN		LAPANGAN	
			ATAS	BAWAH	ATAS	BAWAH
Lt. Mezz	B1	800 x 500	5	4	4	4
	B2	900 x 600	10	7	6	5
	B3	900 x 700	9	8	5	5
	BA	600 x 300	7	4	5	5
Lt. 1	B1	800 x 500	5	4	4	4
	B2	900 x 600	10	7	6	5
	B3	900 x 700	9	8	5	5
	BA	600 x 300	7	4	5	5
Lt. 2	B1	800 x 500	11	16	7	10
	B2	900 x 600	11	9	7	7
	B3	900 x 700	12	10	6	7
	BA	600 x 300	6	5	4	5
Lt. 3-10	B1	800 x 500	5	4	4	4
	B2	900 x 600	15	14	9	9
	B3	900 x 700	16	15	7	8
	BA	600 x 300	7	5	4	5
Lt. 11-22	B1	800 x 500	5	4	4	4
	B2	900 x 600	15	14	8	8
	B3	900 x 700	19	15	7	9
	BA	600 x 300	8	4	5	4
Lt. 23	B1	800 x 500	4	4	4	4
	B2	900 x 600	9	9	4	5
	B4	1000 x 700	17	12	6	6

Tabel 4.8: *Lanjutan.*

LANTAI	BALOK	DIMENSI (mm)	JUMLAH TULANGAN			
			TUMPUAN		LAPANGAN	
			ATAS	BAWAH	ATAS	BAWAH
	BA	600 x 300	9	3	5	3
	BA1	800 x 500	8	7	4	7

Data detail mengenai kebutuhan luas tulangan geser untuk setiap segmen balok diperoleh langsung dari hasil analisis struktur yang dikeluarkan oleh perangkat lunak ETABS. Tulangan Sengkang menggunakan diameter 13.

Tabel 4.9: Kebutuhan Sengkang.

LANTAI	BALOK	As (mm ² /m)		JARAK SENGKANG	
		TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
Lt. Mezz	B1	2196.99	2169.4	150	150
	B2	4398.04	4294.6	150	150
	B3	3497.44	3140.19	150	150
	BA	422	422	150	150
Lt. 1	B1	2196.99	2169.4	150	150
	B2	4398.04	4294.6	150	150
	B3	3497.44	3140.19	150	150
	BA	422	422	150	150
Lt. 2	B1	6674.14	6535.28	150	150
	B2	5396.01	5232.92	150	150
	B3	4316.97	3975.06	150	150
	BA	422	422	150	150
Lt. 3-10	B1	2393.25	2359.28	150	150
	B2	7856.32	7700.45	100	100
	B3	6331.05	5899.81	150	150
	BA	422	422	150	150
Lt. 11-22	B1	2604.18	2514.65	150	150
	B2	7795.27	7617.21	100	100
	B3	6868.71	6415.54	150	150
	BA	432.76	422	150	150
Lt. 23	B1	703.34	205.42	150	150
	B2	3824.26	3492.24	150	150
	B4	7753.74	7161.35	100	100
	BA	526.85	487	150	150
	BA1	703.34	703.34	150	150

4.4.13 Kebutuhan Tulangan Kolom

Perhitungan kebutuhan tulangan kolom untuk Gedung Apartemen The Bliss telah dilakukan secara presisi, dengan memanfaatkan kombinasi pembebanan maksimum yang paling kritis dari analisis struktur. Ini memastikan bahwa setiap kolom, sebagai elemen vertikal utama, mampu menahan gaya aksial dan momen lentur yang bekerja padanya akibat kombinasi beban mati, hidup, gempa, dan angin. Data lengkap mengenai dimensi penampang dan luas tulangan yang dibutuhkan untuk setiap kolom diperoleh langsung dari output perangkat lunak PCA Column. Detail pengecekan dapat dilihat pada lampiran 10-14 halaman 110.

Tabel 4.10: Kebutuhan Tulangan Kolom.

LANTAI	KOLOM	DIMENSI (mm)	TULANGAN UTAMA	TULANGAN SENGKANG
LT.MEZZ	K1	1300 x 1600	36 D 29	D13-150
	KP	600 x 600	32 D 19	D13-150
1	K1	1300 x 1600	36 D 29	D13-150
	KP	600 x 600	32 D 19	D13-150
2	K2-1	1200 x 1300	36 D 29	D13-150
	KP	600 x 600	32 D 19	D13-150
3	K2	1000 x 1300	36 D 29	D13-150
4	K2	1000 x 1300	36 D 29	D13-150
5	K2	1000 x 1300	36 D 29	D13-150
6	K2	1000 x 1300	36 D 29	D13-150
7	K2	1000 x 1300	36 D 29	D13-150
8	K2	1000 x 1300	36 D 29	D13-150
9	K2	1000 x 1300	36 D 29	D13-150
10	K2	1000 x 1300	36 D 29	D13-150
11	K3	1000 x 1200	32 D 25	D13-150
12	K3	1000 x 1200	32 D 25	D13-150
13	K3	1000 x 1200	32 D 25	D13-150
14	K3	1000 x 1200	32 D 25	D13-150
15	K3	1000 x 1200	32 D 25	D13-150
16	K3	1000 x 1200	32 D 25	D13-150
17	K3	1000 x 1200	32 D 25	D13-150
18	K3	1000 x 1200	32 D 25	D13-150
19	K3	1000 x 1200	32 D 25	D13-150
20	K3	1000 x 1200	32 D 25	D13-150
21	K3	1000 x 1200	32 D 25	D13-150

Tabel 4.10: *Lanjutan.*

LANTAI	KOLOM	DIMENSI (mm)	TULANGAN UTAMA	TULANGAN SENGKANG
22	K3	1000 x 1200	32 D 25	D13-150
23	K3	1000 x 1200	32 D 25	D13-150

4.4.14 Kebutuhan Tulangan Pelat Lantai

Perencanaan pelat lantai Gedung Apartemen The Bliss merujuk pada standar SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Untuk pelat lantai tipikal (lantai mezz-22), digunakan tebal 150 mm dengan penulangan D13-100. Sementara itu, pada area kolom tebal pelat ditingkatkan menjadi 300 mm dengan penulangan D22-150. Selain itu, pengecekan lendutan pada pelat lantai juga telah dilakukan dan hasilnya menunjukkan bahwa semua lendutan berada dalam batas yang diizinkan oleh standar. Detail pengecekan kebutuhan tulangan pelat lantai dapat dilihat pada lampiran 15-19 halaman 115.

4.4.15 Kebutuhan Tulangan Dinding Geser

Pengecekan kebutuhan tulangan dinding geser untuk Gedung Apartemen The Bliss telah dilaksanakan berdasarkan ketentuan dalam SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Hasil analisis menunjukkan bahwa dimensi dan penulangan yang diperlukan untuk dinding geser adalah D22-150. Perhitungan sudah menggunakan kombinasi pembebanan maksimum. Detail perhitungan dapat dilihat pada lampiran 20-21 halaman 145.

4.4.16 Pengecekan Kolom Kuat-Balok Lemah

Pengecekan rasio kolom- balok dianalisis dengan menggunakan kombinasi gempa maksimum dan hanya menggunakan ratio maksimum untuk setiap kolom yang ditinjau.

Tabel 4.11: *Strong Column Weak Beam.*

Lantai	Kolom	B/C Major Ratio	B/C Minoror Ratio	Keterangan
Lantai mezz-1	K1	0.248	0.201	OK
Lantai 2	K2-1	0.678	0.384	OK

Tabel 4.11: *Lanjutan.*

Lantai	Kolom	B/C Major Ratio	B/C Minoror Ratio	Keterangan
Lantai 3-10	K2	0.635	0.549	OK
Lantai 11-23	K3	0.876	0.898	OK

4.5 Perhitungan Desain Struktur yang Menggunakan SRPMK

Pada desain struktur ini masih menggunakan ukuran kolom dan balok yang masih sama dengan desain yang menggunakan dinding geser, tetapi hanya mengganti dinding geser dengan kolom.

4.5.1 Parameter Gempa

Faktor Keutamaan Gempa (SNI 1726:2019 tabel 3 dan 4)	I_e	=	1.00
Koefisien Modifikasi Respons (SNI 1726:2019 tabel 12)	R	=	8
Faktor Kuat Lebih Sistem (SNI 1726:2019 tabel 12)	Ω_0	=	3
Faktor Pembesaran Defleksi (SNI 1726:2019 tabel 12)	C_d	=	5.5

4.5.2 Periode Struktur

Percepatan Desain Periode 1 Detik	S_{D1}	=	0.6169	g
Koefisien untuk Batas Periode (SNI 1726:2019 tabel 17)	C_u	=	1.4	
Parameter Periode Pendekatan (SNI 1726:2019 tabel 18)	C_t	=	0.0466	
Parameter Periode Pendekatan (SNI 1726:2019 tabel 18)	x	=	0.9	
Tinggi Bangunan (Seismik)	h	=	108	m
Periode Fundamental Pendekatan (SNI 1726:2019 persamaan 36)	T_a	=	$C_t * h^x$	
		=	3.1511	detik
Periode Maksimum (SNI 1726:2019 pasal 7.8.2)	T_{max}	=	$C_u * T_a$	
		=	4.412	detik
Periode Hasil Analisis Arah X	$T_{c,X}$	=	4.746	detik
Periode Hasil Analisis Arah Y	$T_{c,Y}$	=	4.237	detik
Periode Pakai Arah X	T_X	=	4.412	detik

$$\text{Periode Pakai Arah Y} \quad T_Y = 4.237 \quad \text{detik}$$

Tabel 4.12: Data perioda dan partisipasi massa (SRPMK).

Mode	Period	UX	UY	RZ	SumUX	SumUY
1	4.746	79%	0%	0%	79%	0%
2	4.237	0%	78%	0%	79%	78%
3	3.818	0%	0%	78%	79%	78%
4	1.557	10%	0%	0%	90%	78%
24	0.183	0%	0%	0%	98%	98%

Dari Tabel 4.12 dapat dilihat bahwa mode 1 dan 2 merupakan translasi arah x dan y, sedangkan mode 3 merupakan rotasi. Kemudian partisipasi massa sudah mencapai 90% untuk arah x dan 90% untuk arah y pada *mode* ke 5. Ini sudah sesuai dengan esyaratan SNI 1726:2019 yaitu minimal 90%. Untuk Data perioda dan partisipasi massa yang lengkap dapat dilihat pada lampiran 22 halaman 154.

4.5.3 Gaya Geser Dasar Seismik

Koefisien Respons Seismik (SNI 1726:2019 persamaan 31)	C_s	$= S_{DS} / (R/I_e)$ $= 0.0793$	
Batas Atas (SNI 1726:2019 persamaan 32)	$C_{s,max}$	$= S_{D1} / [T * (R/I_e)]$ $C_{s,max,X} = 0.0175$ $C_{s,max,Y} = 0.0182$	
Batas Bawah (SNI 1726:2019 persamaan 34)	$C_{s,min,1}$	$= 0.044 S_{DS} I_e \geq 0.01$ $= 0.0279$	
Batas Bawah (dipakai jika $S_1 \geq 0,6 g$) (SNI 1726:2019 persamaan 35)	$C_{s,min,2}$	$= 0.5 S_1 / (R/I_e)$ $= 0.0227$	
Koefisien Respons Seismik Pakai	$C_{s,pakai,X}$	$= 0.0279$ $C_{s,pakai,Y} = 0.0279$	
Berat Seismik Efektif	W	$= 674746$	kN

4.5.4 Penskalaan Gaya

Gaya Geser Statik (SNI) (SNI 1726:2019 persamaan 30)	V	$= C_s * W$ $V_X = 18830.28$	kN
	V_Y	$= 18830.28$	kN
Gaya Geser Statik (ETABS)	V_X	$= 18830.294$	kN

(hanya untuk pembanding)	V_Y	=	18830.294	kN
Faktor Skala Awal	SF	=	$g / (R / I)$	
(SNI 1726:2019 pasal 7.9.1.2)		=	1.226	m/s ²
		=	1225.83	mm/s ²
Gaya Geser Respon Spektra Unscaled	$V_{i,X}$	=	9749.168	kN
	$V_{i,Y}$	=	10917.7465	kN
Penskalaan Gaya Gempa	f_X	=	1.931	
(SNI 1726:2019 pasal 7.9.1.4.1)	f_Y	=	1.725	
Faktor Skala Baru	SF _X	=	2367.66	mm/s ²
	SF _Y	=	2114.24	mm/s ²

4.5.5 Simpangan Antar Tingkat

Pengecekan simpangan antar tingkat adalah prosedur vital dalam perencanaan Gedung Apartemen The Bliss untuk memastikan stabilitas dan kinerja bangunan di bawah beban lateral seperti gempa dan angin, sesuai SNI 1726:2019. Pada Tabel 4.13 dapat dilihat bahwa bangunan telah memenuhi syarat batas simpangan antar Tingkat sesuai dengan SNI.

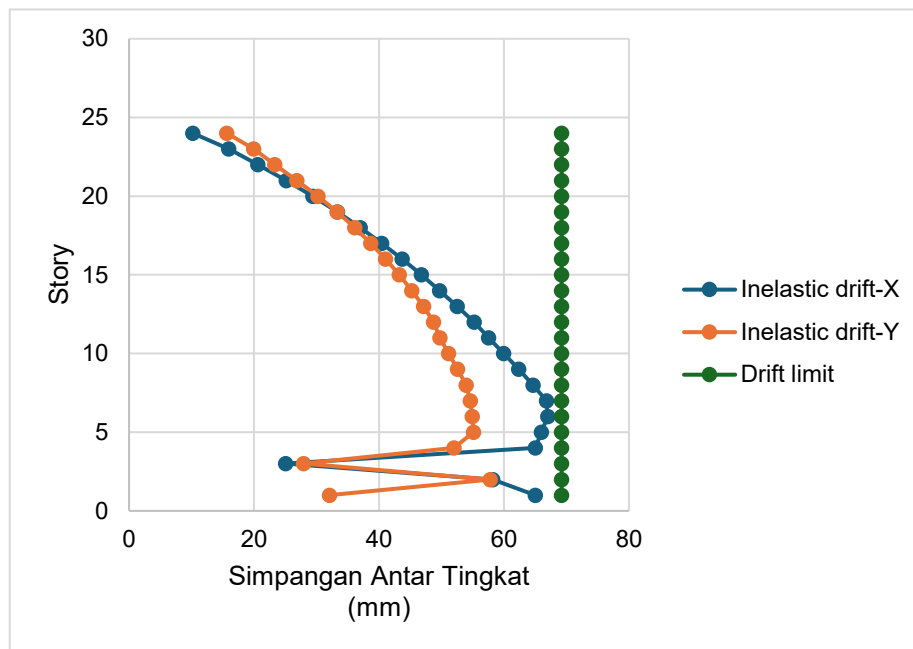
Simpangan Antar Tingkat Izin (Tabel)	Δ_a	=	0.02	h
Faktor Redundansi	ρ	=	1.3	
Story Drift Inelastik Izin	Δ_{max}	=	Δ / ρ	
		=	0.01538	h
Faktor Pembesaran Defleksi	C_d	=	5.5	
Faktor Keutamaan Gempa	I_e	=	1.00	
Story Drift Inelastik	Δ	=	$\delta * C_d / I_e$	
Tinggi antar tingkat	h	=	4500	mm

Tabel 4.13: Pengecekan simpangan antar Tingkat (SRPMK).

Story	Displacement		Elastic Drift		Inelastic Drift		Drift Limit	Cek
	δe_X	δe_Y	δe_X	δe_Y	Δ_X	Δ_Y		
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Lt.23 Area Kolam	205.225	180.257	1.853	2.846	10.191	15.653	69.231	OK
Lt.22 Rooftop	203.372	177.411	2.902	3.628	15.961	19.954	69.231	OK
Lt.21	200.47	173.783	3.747	4.242	20.608	23.331	69.231	OK
Lt.20	196.723	169.541	4.579	4.883	25.185	26.857	69.231	OK

Tabel 4.13: *Lanjutan.*

Story	Displacement		Elastic Drift		Inelastic Drift		Drift Limit	Cek
	δe_x	δe_y	δe_x	δe_y	Δ_x	Δ_y		
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Lt.19	192.144	164.658	5.346	5.499	29.403	30.245	69.231	OK
Lt.18	186.798	159.159	6.061	6.058	33.336	33.319	69.231	OK
Lt.17	180.737	153.101	6.726	6.567	36.993	36.119	69.231	OK
Lt.16	174.011	146.534	7.352	7.033	40.436	38.681	69.231	OK
Lt.15	166.659	139.501	7.943	7.462	43.686	41.041	69.231	OK
Lt.14	158.716	132.039	8.506	7.860	46.783	43.230	69.231	OK
Lt.13	150.21	124.179	9.041	8.228	49.726	45.254	69.231	OK
Lt.12	141.169	115.951	9.552	8.566	52.536	47.113	69.231	OK
Lt.11	131.617	107.385	10.041	8.864	55.226	48.752	69.231	OK
Lt.10	121.576	98.521	10.464	9.044	57.552	49.742	69.231	OK
Lt.9	111.112	89.477	10.901	9.297	59.956	51.134	69.231	OK
Lt.8	100.211	80.18	11.334	9.558	62.337	52.569	69.231	OK
Lt.7	88.877	70.622	11.755	9.807	64.653	53.939	69.231	OK
Lt.6	77.122	60.815	12.146	9.932	66.803	54.626	69.231	OK
Lt.5	64.976	50.883	12.446	9.984	68.453	54.912	69.231	OK
Lt.4	52.53	40.899	12.533	10.024	68.932	55.132	69.231	OK
Lt.3	39.997	30.875	12.322	9.459	67.771	52.025	69.231	OK
Lt.2	27.675	21.416	4.559	5.073	25.075	27.902	69.231	OK
Lt.1	23.116	16.343	10.583	10.508	58.207	57.794	69.231	OK
Lt. Mezzanine	12.533	5.835	12.533	5.835	68.932	32.093	69.231	OK



Gambar 4.10: Grafik simpangan antar Tingkat (SRPMK).

4.5.6 Pengaruh P-Delta

Pengecekan pengaruh P-Delta adalah analisis stabilitas yang penting dalam perencanaan struktur Gedung Apartemen The Bliss, sebagaimana disyaratkan dalam SNI 1726:2019. Dari Tabel 4.14 dapat dilihat bahwa struktur telah memenuhi syarat stabilitas.

Rasio kebutuhan geser	β	=	1
Batas koefisien stabilitas	θ_{max}	=	$0.5 / (\beta * C_d) \leq 0.25$
		=	0.0909
Tinggi antar tingkat	h	=	4500 mm

Tabel 4.14: Pengecekan P-Delta.

Story	Story Forces			Koefisien Stabilitas		Batas Stabilitas Struktur, θ_{max}	Cek
	P	V _x	V _y				
	(kN)	(kN)	(kN)	θX	θY		
Lt.23 Area Kolam	24461.5093	2643.0905	2652.9594	0.0038	0.0058	0.0909	OK
Lt.22 Rooftop	55469.0507	5286.4189	5283.4265	0.0068	0.0085	0.0909	OK
Lt.21	86747.1601	7497.2902	7508.2822	0.0096	0.0109	0.0909	OK

Tabel 4.14: *Lanjutan.*

Story	Story Forces			Koefisien Stabilitas		Batas Stabilitas Struktur, θ_{max}	Cek
	P	V _x	V _y				
	(kN)	(kN)	(kN)	θX	θY		
Lt.20	117908.8345	9293.2886	9337.9545	0.0129	0.0137	0.0909	OK
Lt.19	149186.9439	10747.7538	10843.6877	0.0165	0.0168	0.0909	OK
Lt.18	180348.6182	11947.2297	12078.29	0.0203	0.0201	0.0909	OK
Lt.17	211626.7277	12976.5742	13127.3883	0.0244	0.0235	0.0909	OK
Lt.16	242788.402	13886.1674	14030.4394	0.0286	0.0270	0.0909	OK
Lt.15	274066.5114	14738.879	14836.7178	0.0328	0.0306	0.0909	OK
Lt.14	305228.1858	15549.8977	15582.3733	0.0371	0.0342	0.0909	OK
Lt.13	336506.2952	16333.5126	16286.7051	0.0414	0.0378	0.0909	OK
Lt.12	367667.9695	17092.9981	16957.2607	0.0457	0.0413	0.0909	OK
Lt.11	398946.0789	17815.7718	17617.3332	0.0500	0.0446	0.0909	OK
Lt.10	430060.7284	18506.3838	18268.6078	0.0540	0.0473	0.0909	OK
Lt.9	461736.6426	19172.8825	18927.9726	0.0583	0.0504	0.0909	OK
Lt.8	493296.1218	19812.3206	19604.6619	0.0627	0.0534	0.0909	OK
Lt.7	524972.036	20454.9784	20305.8999	0.0670	0.0563	0.0909	OK
Lt.6	556531.5152	21110.5385	21028.7778	0.0712	0.0584	0.0909	OK
Lt.5	588207.4294	21794.0028	21783.9702	0.0746	0.0599	0.0909	OK
Lt.4	619766.9085	22507.488	22539.1192	0.0767	0.0613	0.0909	OK
Lt.3	651442.8227	23209.221	23255.9289	0.0769	0.0589	0.0909	OK
Lt.2	688273.5581	23977.3512	24009.143	0.0291	0.0323	0.0909	OK
Lt.1	710831.1052	24344.9999	24356.8978	0.0687	0.0681	0.0909	OK
Lt.Mezzanine	731827.8756	24488.9449	24490.1147	0.0832	0.0387	0.0909	OK

4.5.7 Ketidakberaturan Horizontal

Dari hasil pengecekan didapat beberapa lantai mengalami ketidakberaturan horizontal tipe 1a dan 1b. Berdasarkan pasal 7.3.3.4 SNI 1726:2019, jika terjadi ketidak beraturan tipe 1a dan 1b maka gaya desain untuk diafragma ditingkatkan sebesar 25%. Kemudian menurut pasal 7.3.4.2 SNI 1726:2019, jika terjadi ketidakberaturan tipe 1b maka nilai ρ yang harus digunakan adalah 1.3. Lalu menurut pasal 7.7.3 SNI 1726:2019, jika terdapat ketidakberaturan tipe 1a dan 1b maka analisis harus menggunakan penggambaran 3 dimensi, dan dalam tugas akhir ini penulis sudah menggunakan pemodelan 3 dimensi menggunakan ETABS. Kemudian menurut table 16 SNI 1726:2019, prosedur analisis yang digunakan tidak boleh menggunakan analisis gaya lateral ekivalen, dalam analisis ini penulis menggunakan Analisis spektrum rsepon ragam. Detail perhitungan dapat dilihat pada lampiran 23 halaman 155.

4.5.8 Ketidakberaturan Vertikal

Pengecekan ketidakberaturan vertikal Gedung Apartemen The Bliss, yang mengacu pada SNI 1726:2019, merupakan analisis penting untuk memastikan distribusi kekakuan, massa, dan kekuatan yang seragam antar tingkat demi kinerja seismik yang optimal. Pemeriksaan ini mencakup evaluasi ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak, ketidakberaturan berat (massa), dan diskontinuitas dalam kuat lateral tingkat. Berdasarkan analisis, didapati bahwa struktur The Bliss tidak memiliki ketidakberaturan vertikal yang signifikan, menandakan desain telah berhasil menciptakan konfigurasi yang kokoh dan stabil terhadap potensi beban gempa di Medan. Detail perhitungan dapat dilihat pada lampiran 24-26 halaman 155.

4.5.9 Pengecekan Diafragma

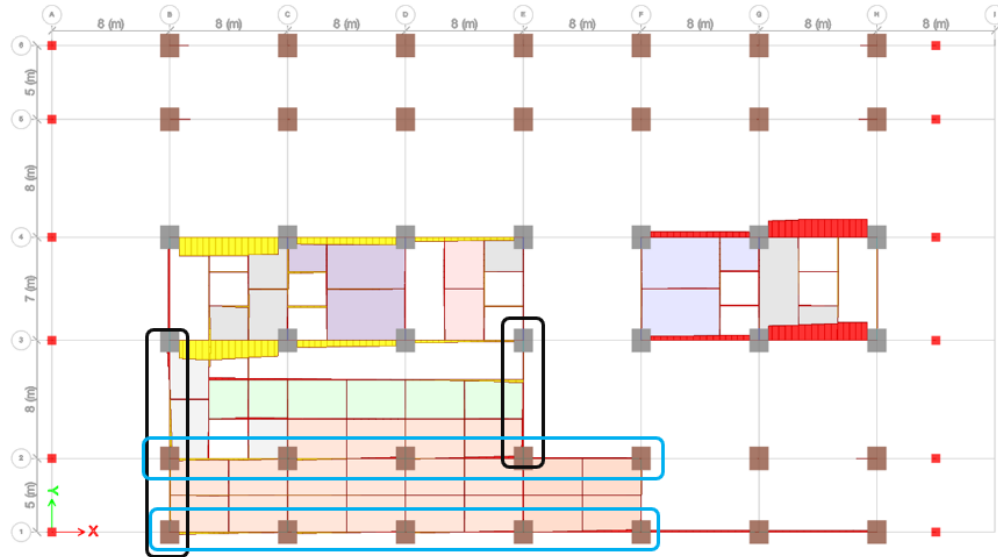
Pada pengecekan ini, lantai yang ditinjau yaitu, lantai mezz, lantai 2, 3 dan 23. Diafragma dimodelkan sebagai semi rigid dengan *meshing* 1 x 1 m. Pada Tabel 4.15 dapat dilihat beban yang akan diinput ke diafragma. Hasil dari Analisa didapatkan bahwa balok-balok dengan jumlah tulangan yang sama masih mampu menahan beban akibat diafragma.

Tabel 4.15: Beban yang diinput.

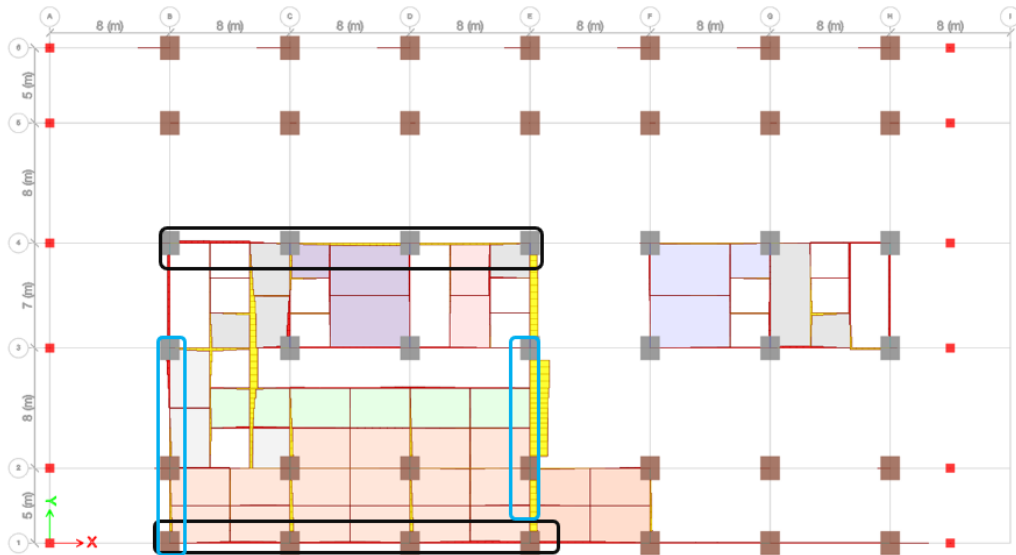
LANTAI	Area Diafragma	Beban yang diinput,(kN/m2)	
	m2	X	Y
Lt.23 Area Kolam	1099.55	0.84484042	0.844840419
Lt.22 Rooftop	1447.76	1.03653746	0.985577902
Lt.21	1415.23	1.11463855	1.11463855
Lt.20	1415.23	1.11463855	1.11463855
Lt.19	1415.23	1.11463855	1.11463855
Lt.18	1415.23	1.11463855	1.11463855
Lt.17	1415.23	1.11463855	1.11463855
Lt.16	1415.23	1.11463855	1.11463855
Lt.15	1415.23	1.11463855	1.11463855
Lt.14	1415.23	1.11463855	1.11463855
Lt.13	1415.23	1.11463855	1.11463855
Lt.12	1415.23	1.11463855	1.11463855
Lt.11	1415.23	1.11463855	1.11463855
Lt.10	1415.23	1.11463855	1.11463855
Lt.9	1415.23	1.11463855	1.11463855
Lt.8	1415.23	1.11463855	1.11463855
Lt.7	1415.23	1.11463855	1.11463855
Lt.6	1415.23	1.11463855	1.11463855
Lt.5	1415.23	1.11463855	1.11463855
Lt.4	1415.23	1.11463855	1.11463855
Lt.3	1415.23	1.11463855	1.11463855
Lt.2	1447.76	1.43157369	1.431573693
Lt.1	784.01	1.1195704	1.119570404
Lt.Mezzanine	449.79	1.11955424	1.119554242

a) Analisis Elemen Kord dan Kolektor (Lantai Mezzanine)

Keterangan: Area hitam = Kolektor , Area Biru = Kord



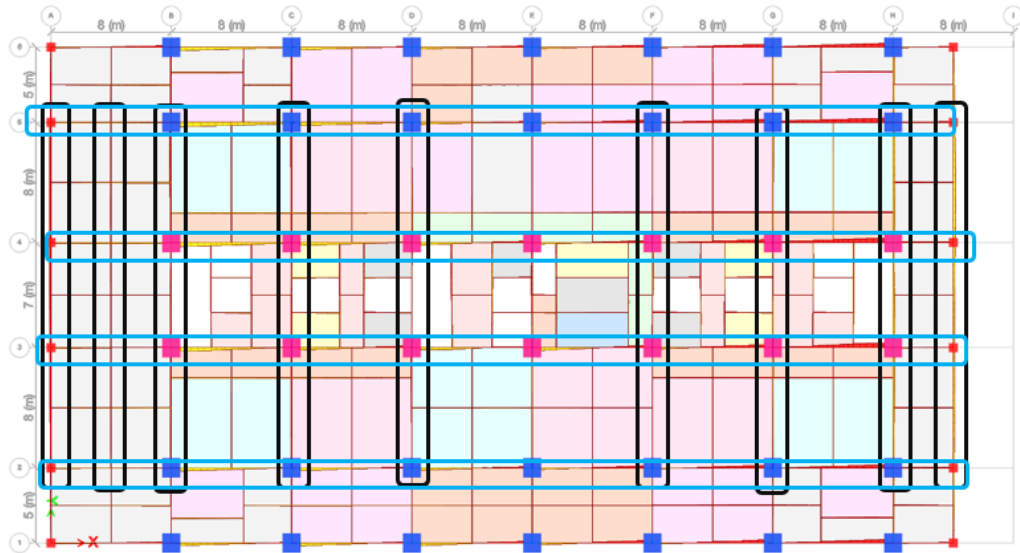
Gambar 4.11: Analisis Elemen Kord dan Kolektor Arah X lantai mezz (SRPMK).



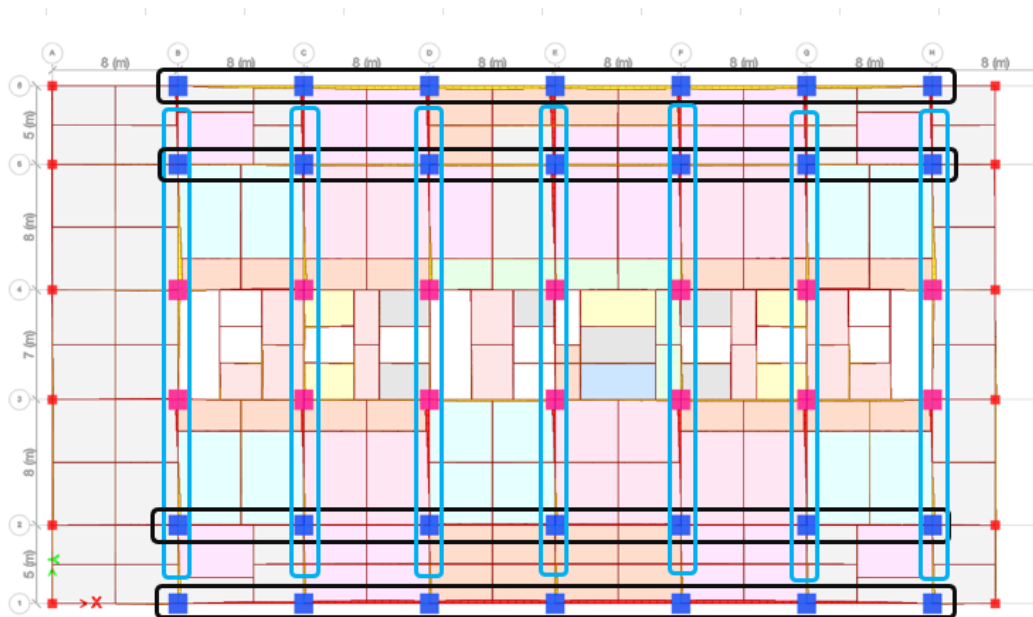
Gambar 4.12: Analisis Elemen Kord dan Kolektor Arah Y lantai mezz (SRPMK).

b) Analisis Elemen Kord dan Kolektor (Lantai 2)

Keterangan: Area hitam = Kolektor , Area Biru = Kord



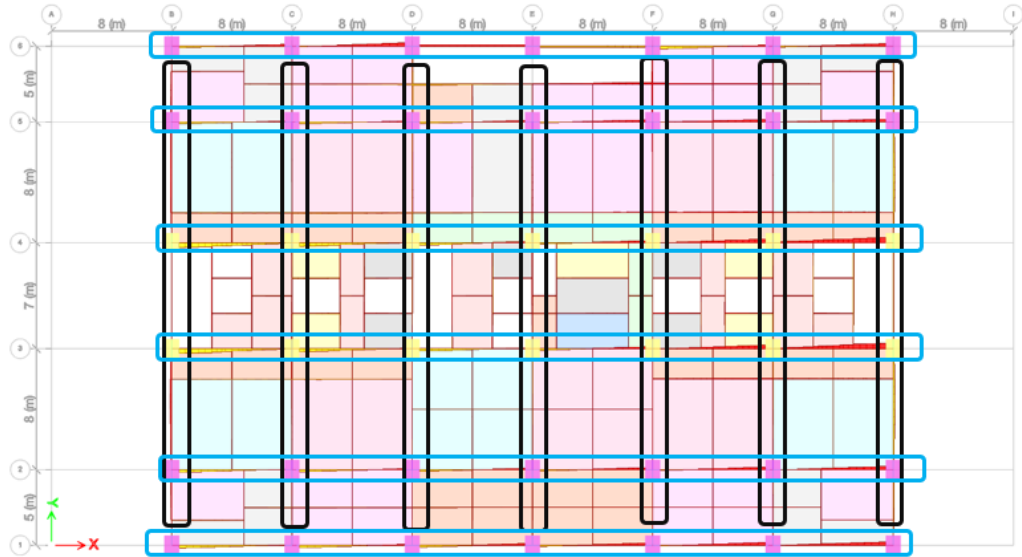
Gambar 4.13: Analisis Elemen Kord dan Kolektor Arah X lantai 2 (SRPMK).



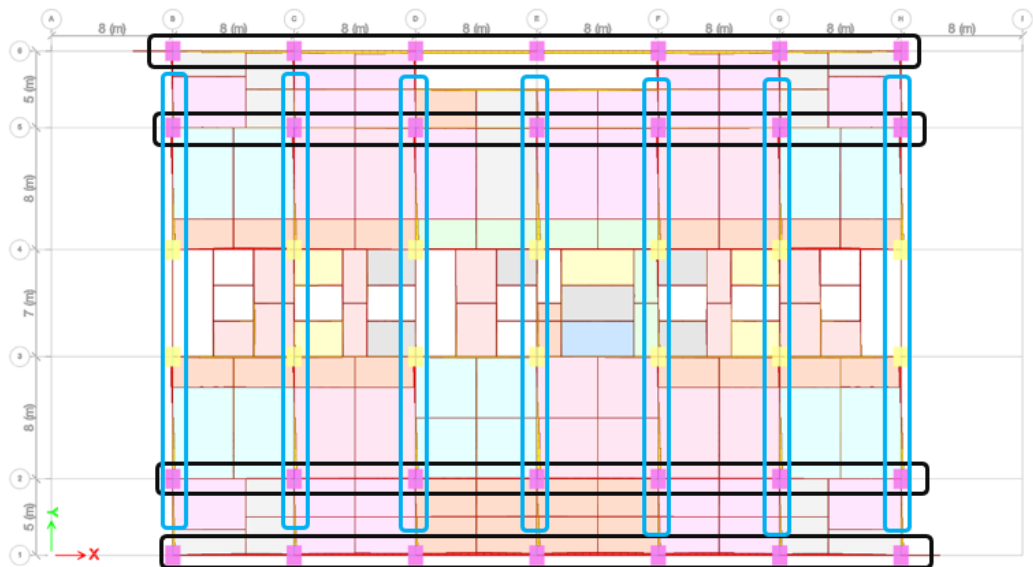
Gambar 4.14: Analisis Elemen Kord dan Kolektor Arah Y lantai 2 (SRPMK).

c) Analisis Elemen Kord dan Kolektor (Lantai 3-22)

Keterangan: Area hitam = Kolektor , Area Biru = Kord



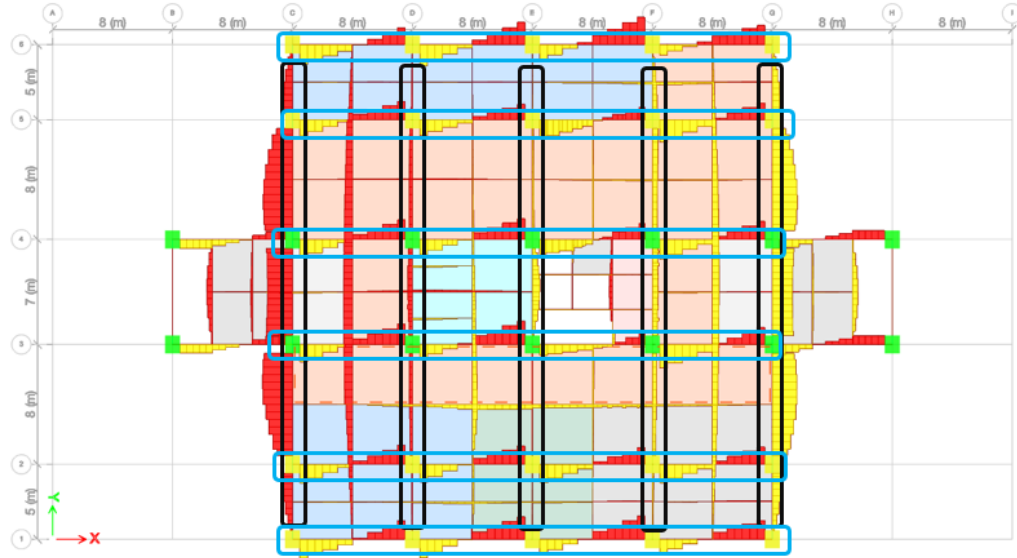
Gambar 4.15: Analisis Elemen Kord dan Kolektor Arah X lantai 3-22 (SRPMK).



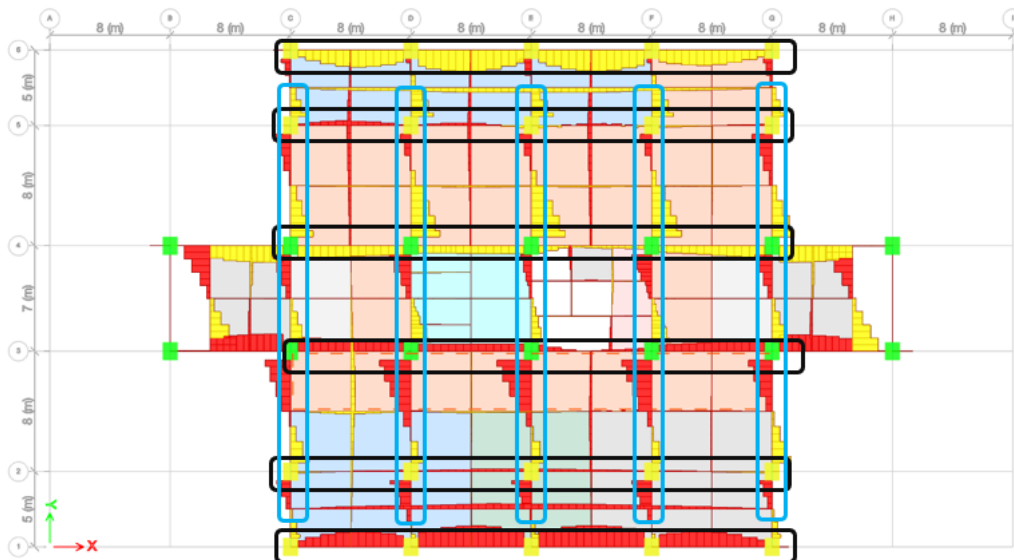
Gambar 4.16: Analisis Elemen Kord dan Kolektor Arah Y lantai 3-22 (SRPMK).

d) Analisis Elemen Kord dan Kolektor (Lantai 23)

Keterangan: Area hitam = Kolektor , Area Biru = Kord



Gambar 4.17: Analisis Elemen Kord dan Kolektor Arah X lantai 23 (SRPMK).



Gambar 4.18: Analisis Elemen Kord dan Kolektor Arah X lantai 23 (SRPMK).

4.5.10 Kebutuhan Tulangan Balok

Perhitungan kebutuhan tulangan balok pada perencanaan Gedung Apartemen The Bliss telah dilaksanakan dengan cermat, dengan mempertimbangkan kombinasi pembebanan maksimum yang paling kritis. Data detail mengenai kebutuhan luas tulangan longitudinal untuk setiap segmen balok diperoleh langsung dari hasil analisis struktur yang dikeluarkan oleh perangkat lunak ETABS.

Diameter Tulangan untuk balok B1,B2,B3 dan B4 = 25 mm

Diameter Tulangan untuk balok anak BA dan BA1 = 16 mm

Tulangan susut digunakan = 4D19

Tabel 4.16: Kebutuhan tulangan balok (SRPMK).

LANTAI	BALOK	DIMENSI (mm)	JUMLAH TULANGAN			
			TUMPUAN		LAPANGAN	
			ATAS	BAWAH	ATAS	BAWAH
Lt. Mezz	B1	800 x 500	8	6	5	5
	B2	900 x 600	11	10	7	8
	B3	900 x 700	11	9	6	7
	BA	600 x 300	14	11	10	8
Lt. 1	B1	800 x 500	8	6	5	5
	B2	900 x 600	11	10	7	8
	B3	900 x 700	11	9	6	7
	BA	600 x 300	14	11	10	8
Lt. 2	B1	800 x 500	9	9	6	5
	B2	900 x 600	12	11	7	7
	B3	900 x 700	11	9	5	6
	BA	600 x 300	7	4	4	5
Lt. 3-10	B1	800 x 500	9	5	7	5
	B2	900 x 600	12	11	8	7
	B3	900 x 700	12	9	5	6
	BA	600 x 300	7	5	4	5
Lt. 11-22	B1	800 x 500	9	5	6	4
	B2	900 x 600	12	10	6	6
	B3	900 x 700	12	8	5	6
	BA	600 x 300	7	4	4	4
Lt. 23	B1	800 x 500	4	4	4	4
	B2	900 x 600	5	4	4	4
	B4	1000 x 700	8	6	3	5

Tabel 4.16: *Lanjutan.*

LANTAI	BALOK	DIMENSI (mm)	JUMLAH TULANGAN			
			TUMPUAN		LAPANGAN	
			ATAS	BAWAH	ATAS	BAWAH
	BA	600 x 300	5	3	3	3
	BA1	800 x 500	8	7	5	5

Data detail mengenai kebutuhan luas tulangan longitudinal untuk setiap segmen balok diperoleh langsung dari hasil analisis struktur yang dikeluarkan oleh perangkat lunak ETABS. Tulangan Sengkang yang digunakan diameter 13.

Tabel 4.17: Kebutuhan tulangan Sengkang balok (SRPMK).

LANTAI	BALOK	As (mm ² /m)		JARAK SENGKANG	
		TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
Lt. Mezz	B1	4563.64	4020.93	150	150
	B2	7838.99	7614.48	100	100
	B3	5098.58	4719.14	150	150
	BA	454.7	422	150	150
Lt. 1	B1	4563.64	4020.93	150	150
	B2	7838.99	7614.48	100	100
	B3	5098.58	4719.14	150	150
	BA	454.7	422	150	150
Lt. 2	B1	5186.26	4836.78	150	150
	B2	7521.76	7849.65	100	100
	B3	5566.74	4412.62	150	150
	BA	422	422	150	150
Lt. 3-10	B1	5330.59	4721.51	150	150
	B2	8952.76	8797.06	100	100
	B3	5813.05	4542.39	150	150
	BA	422	422	150	150
Lt. 11-22	B1	4899.14	4288.64	150	150
	B2	8944.24	8627.49	100	100
	B3	5280.95	4387.89	150	150
	BA	422	422	150	150
Lt. 23	B1	703.34	100	150	150
	B2	4497.86	4070.81	150	150
	B4	6949.78	6664.29	150	150
	BA	422	422	150	150
	BA1	703.34	703.34	150	150

4.5.11 Kebutuhan Tulangan Kolom

Perhitungan kebutuhan tulangan kolom untuk Gedung Apartemen The Bliss telah dilakukan secara presisi, dengan memanfaatkan kombinasi pembebanan maksimum yang paling kritis dari analisis struktur. Ini memastikan bahwa setiap kolom, sebagai elemen vertikal utama, mampu menahan gaya aksial dan momen lentur yang bekerja padanya akibat kombinasi beban mati, hidup, gempa, dan angin. Data lengkap mengenai dimensi penampang dan luas tulangan yang dibutuhkan untuk setiap kolom diperoleh langsung dari output perangkat lunak PCA Column. Detail perhitungan dapat dilihat pada lampiran 27-31 halaman 158.

Tabel 4.18: Kebutuhan tulangan kolom (SRPMK).

LANTAI	KOLOM	DIMENSI (mm)	TULANGAN UTAMA	TULANGAN SENKANG
LT.MEZZ	K1	1300 x 1600	44 D 29	D13-150
	KP	600 x 600	32 D 19	D13-150
1	K1	1300 x 1600	44 D 29	D13-150
	KP	600 x 600	32 D 19	D13-150
2	K2-1	1200 x 1300	44 D 29	D13-150
	KP	600 x 600	32 D 19	D13-150
3	K2	1000 x 1300	44 D 29	D13-150
4	K2	1000 x 1300	44 D 29	D13-150
5	K2	1000 x 1300	44 D 29	D13-150
6	K2	1000 x 1300	44 D 29	D13-150
7	K2	1000 x 1300	44 D 29	D13-150
8	K2	1000 x 1300	44 D 29	D13-150
9	K2	1000 x 1300	44 D 29	D13-150
10	K2	1000 x 1300	44 D 29	D13-150
11	K3	1000 x 1200	32 D 22	D13-150
12	K3	1000 x 1200	32 D 22	D13-150
13	K3	1000 x 1200	32 D 22	D13-150
14	K3	1000 x 1200	32 D 22	D13-150
15	K3	1000 x 1200	32 D 22	D13-150
16	K3	1000 x 1200	32 D 22	D13-150
17	K3	1000 x 1200	32 D 22	D13-150
18	K3	1000 x 1200	32 D 22	D13-150
19	K3	1000 x 1200	32 D 22	D13-150
20	K3	1000 x 1200	32 D 22	D13-150
21	K3	1000 x 1200	32 D 22	D13-150
22	K3	1000 x 1200	32 D 22	D13-150

Tabel 4.18: *Lanjutan.*

LANTAI	KOLOM	DIMENSI (mm)	TULANGAN UTAMA	TULANGAN SENGKANG
23	K3	1000 x 1200	32 D 22	D13-150

4.5.12 Kebutuhan Tulangan Pelat Lantai

Perencanaan pelat lantai Gedung Apartemen The Bliss merujuk pada standar SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Untuk pelat lantai tipikal (lantai mezz-22), digunakan tebal 150 mm dengan penulangan D13-100. Sementara itu, pada area kolom tebal pelat ditingkatkan menjadi 300 mm dengan penulangan D22-150. Selain itu, pengecekan lendutan pada pelat lantai juga telah dilakukan dan hasilnya menunjukkan bahwa semua lendutan berada dalam batas yang diizinkan oleh standar. Detail pengecekan kebutuhan tulangan pelat lantai dapat dilihat pada lampiran 32-36 halaman 163.

4.5.13 Pengecekan Kolom Kuat-Balok Lemah

Pengecekan rasio kolom- balok dianalisis dengan menggunakan kombinasi gempa maksimum dan hanya menggunakan ratio maksimum untuk setiap kolom yang ditinjau.

Tabel 4.19: *Strong Column-Weak Beam (SRPMK).*

Lantai	Kolom	B/C Major Ratio	B/C Minoror Ratio	Keterangan
Lantai mezz-1	K1	0.285	0.255	OK
Lantai 2	K2-1	0.699	0.399	OK
Lantai 3-10	K2	0.543	0.415	OK
Lantai 11-23	K3	0.753	0.931	OK

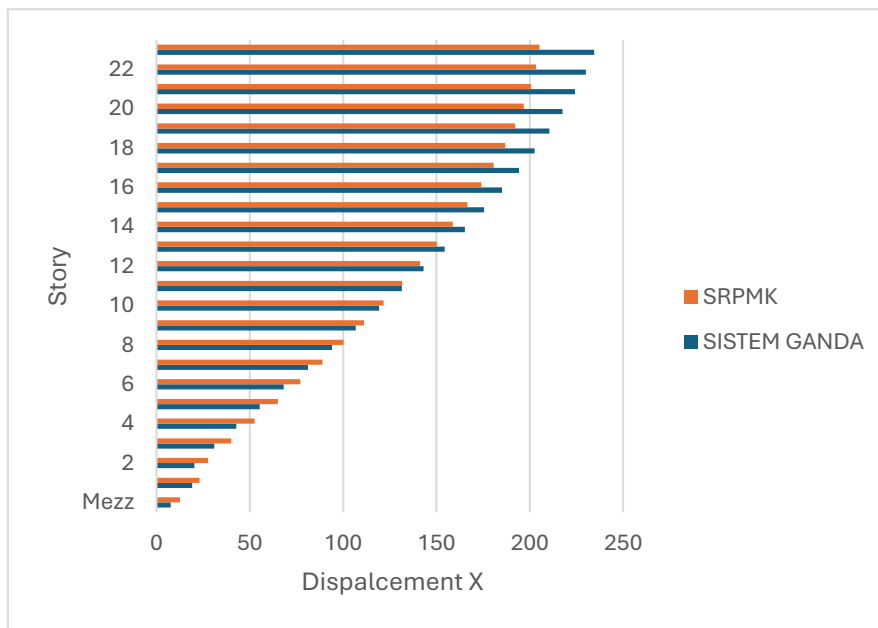
4.6 Perbandingan Antara Sistem Ganda dan SRPMK

4.6.1 Perbandingan Displacement

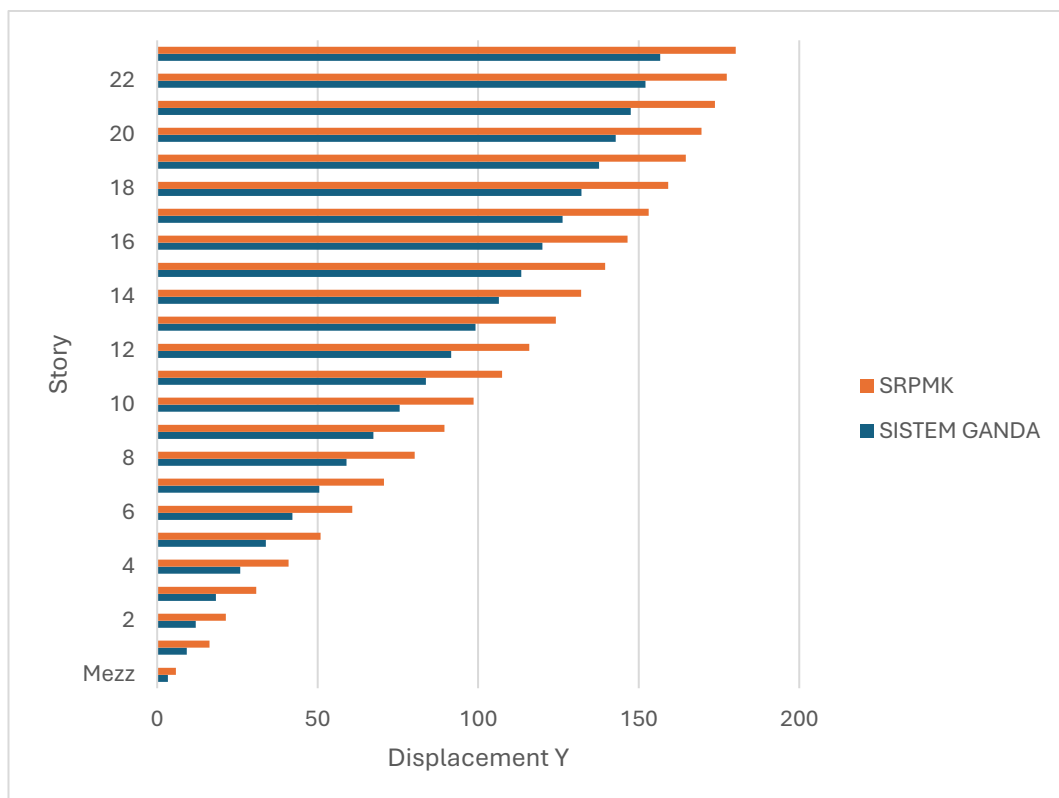
Tabel 4.20 memperlihatkan perbandingan rata-rata *displacement* . Dapat dilihat bahwa struktur dengan SRPMK menunjukkan rata-rata *displacement* yang lebih besar yaitu 6% pada arah X dan 36% pada arah Y, dibandingkan dengan stuktur dengan sistem ganda.

Tabel 4.20: Perbandingan *Displacement*.

Story	SISTEM GANDA		SRPMK		SELISIH	
	<i>Displacement</i>		<i>Displacement</i>			
	δe_X	δe_Y	δe_X	δe_Y	δe_X	δe_Y
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	%	%
Lt.23 Area Kolam	234.468	156.71	205.225	180.257	14%	-15%
Lt.22 Rooftop	230.018	152.062	203.372	177.411	13%	-17%
Lt.21	224.168	147.531	200.47	173.783	12%	-18%
Lt.20	217.621	142.78	196.723	169.541	11%	-19%
Lt.19	210.449	137.678	192.144	164.658	10%	-20%
Lt.18	202.651	132.188	186.798	159.159	8%	-20%
Lt.17	194.214	126.302	180.737	153.101	7%	-21%
Lt.16	185.148	120.033	174.011	146.534	6%	-22%
Lt.15	175.477	113.4	166.659	139.501	5%	-23%
Lt.14	165.231	106.425	158.716	132.039	4%	-24%
Lt.13	154.441	99.13	150.21	124.179	3%	-25%
Lt.12	143.143	91.537	141.169	115.951	1%	-27%
Lt.11	131.377	83.668	131.617	107.385	0%	-28%
Lt.10	119.195	75.554	121.576	98.521	-2%	-30%
Lt.9	106.723	67.314	111.112	89.477	-4%	-33%
Lt.8	94.008	58.953	100.211	80.18	-7%	-36%
Lt.7	81.127	50.528	88.877	70.622	-10%	-40%
Lt.6	68.18	42.119	77.122	60.815	-13%	-44%
Lt.5	55.311	33.838	64.976	50.883	-17%	-50%
Lt.4	42.731	25.839	52.53	40.899	-23%	-58%
Lt.3	30.868	18.314	39.997	30.875	-30%	-69%
Lt.2	20.301	12.012	27.675	21.416	-36%	-78%
Lt.1	19.019	9.202	23.116	16.343	-22%	-78%
Lt.Mezzanine	7.566	3.293	12.533	5.835	-66%	-77%
RATA-RATA					-6%	-36%



Gambar 4.19: Grafik Perbandingan *displacement* arah X.



Gambar 4.20: Grafik Perbandingan *displacement* arah Y.

4.6.2 Perbandingan *Stiffnes*

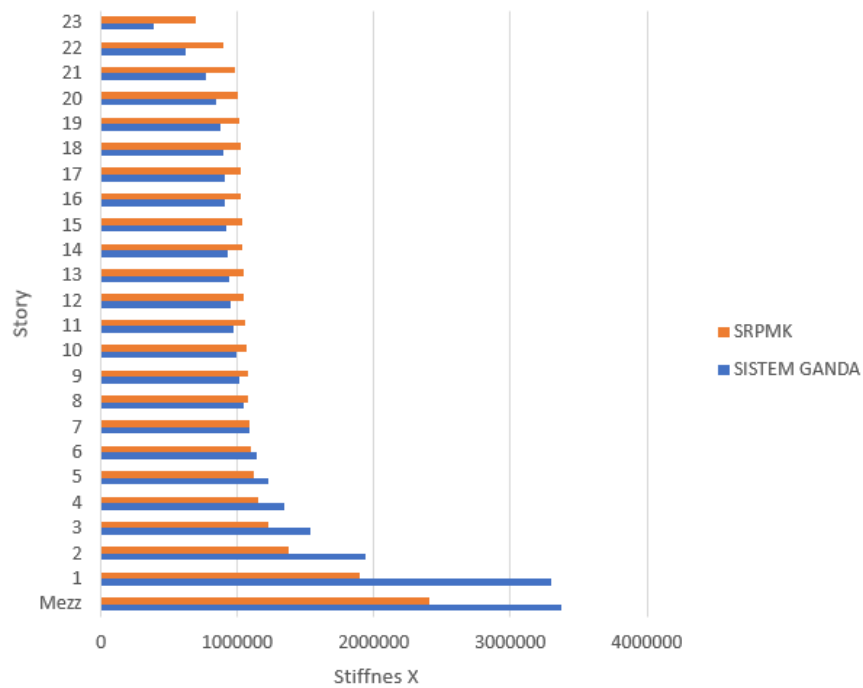
Perbandingan rata-rata kekakuan yang disajikan dalam Tabel 4.21 mengungkapkan adanya perbedaan performa antara kedua sistem struktur. Pada arah x, SRPMK menunjukkan rata-rata kekakuan 4% lebih besar, sementara pada arah y, sistem ganda memiliki rata-rata kekakuan 36% lebih tinggi dibandingkan SRPMK.

Tabel 4.21: Perbandingan *Stiffnes*.

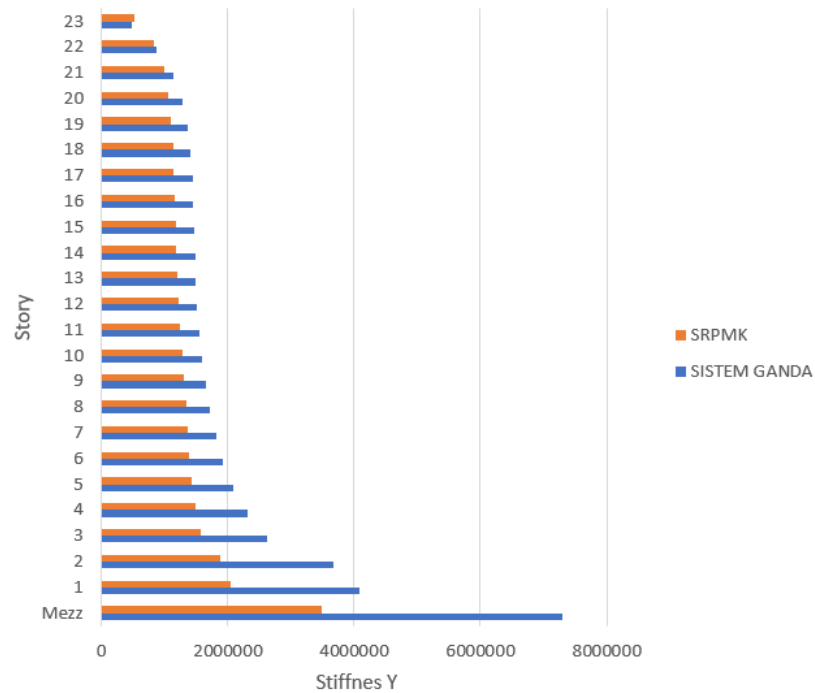
Story	SISTEM GANDA		SRPMK		SELISIH	
	ARAH X	ARAH Y	ARAH X	ARAH Y	ARAH X	ARAH Y
	Kekakuan	Kekakuan	Kekakuan	Kekakuan	Kekakuan	Kekakuan
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	%	%
Lt.23 Area Kolam	382863	474349	691896	525281	-81%	-11%
Lt.22 Rooftop	623659	875108	896606	832853	-44%	5%
Lt.21	764345	1136380	979053	987905	-28%	15%
Lt.20	839125	1279685	1005655	1064405	-20%	20%
Lt.19	877210	1362146	1015876	1105222	-16%	23%
Lt.18	895095	1409738	1019738	1129264	-14%	25%
Lt.17	904971	1437876	1023015	1146638	-13%	25%
Lt.16	912165	1455817	1026109	1160993	-12%	25%
Lt.15	919735	1469670	1030549	1174646	-12%	25%
Lt.14	928862	1482562	1035765	1188789	-12%	25%
Lt.13	939875	1497609	1041906	1204055	-11%	24%
Lt.12	952590	1518629	1048425	1223033	-10%	24%
Lt.11	967449	1549426	1054960	1249334	-9%	24%
Lt.10	989984	1598152	1066286	1284074	-8%	24%
Lt.9	1014827	1650855	1074048	1308334	-6%	26%
Lt.8	1046382	1720815	1081337	1334413	-3%	29%
Lt.7	1087643	1810541	1089620	1361323	0%	33%
Lt.6	1143507	1926373	1100337	1390213	4%	39%
Lt.5	1223149	2085094	1117770	1430986	9%	46%
Lt.4	1338719	2308730	1150357	1496163	16%	54%
Lt.3	1533336	2612785	1220490	1574207	26%	66%
Lt.2	3297445	4082457	1897053	2048024	74%	99%
Lt.1	1933727	3668255	1373015	1870253	41%	96%
Lt.Mezzanine	3373923	7304632	2401970	3488701	40%	109%

Tabel 4.21: *Lanjutan.*

Story	SISTEM GANDA		SRPMK		SELISIH	
	ARAH X	ARAH Y	ARAH X	ARAH Y	ARAH X	ARAH Y
	Kekakuan	Kekakuan	Kekakuan	Kekakuan	Kekakuan	Kekakuan
	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	%	%
RATA-RATA					-4%	36%



Gambar 4.21: Grafik perbandingan nilai stiffnes arah X.



Gambar 4.22: Grafik perbandingan nilai stiffnes arah Y.

4.6.3 Perbandingan Gaya Geser Dasar

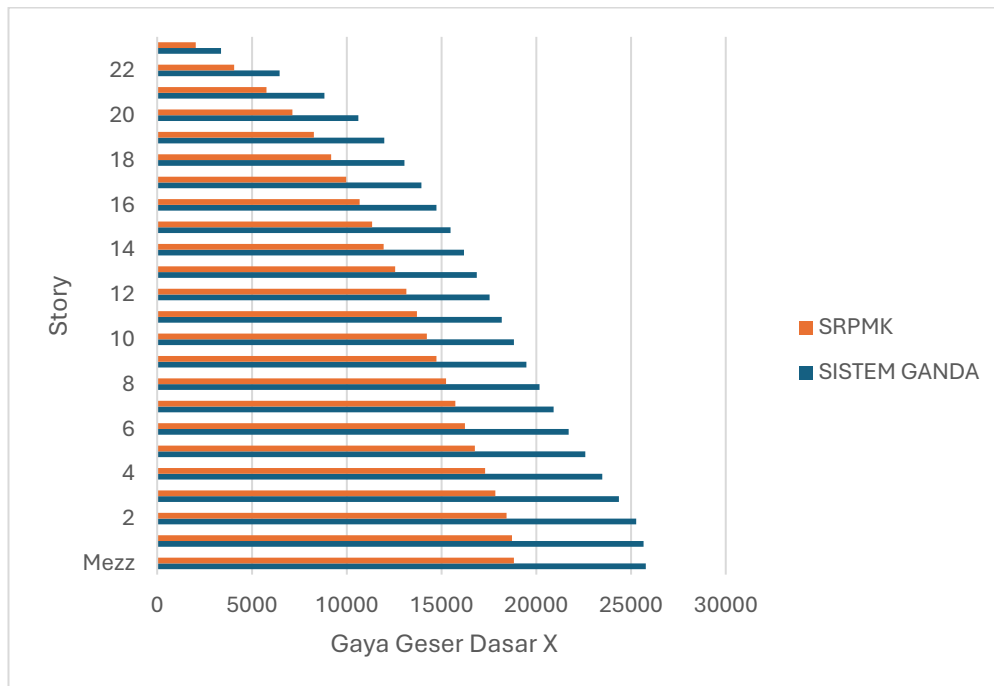
Tabel 4.22 memperlihatkan bahwa sistem ganda menghasilkan rata-rata gaya geser dasar yang secara signifikan lebih besar, yaitu sebesar 39% pada kedua arah utama (x dan y), dibandingkan dengan struktur yang menggunakan SRPMK.

Tabel 4.22: Perbandingan gaya geser dasar.

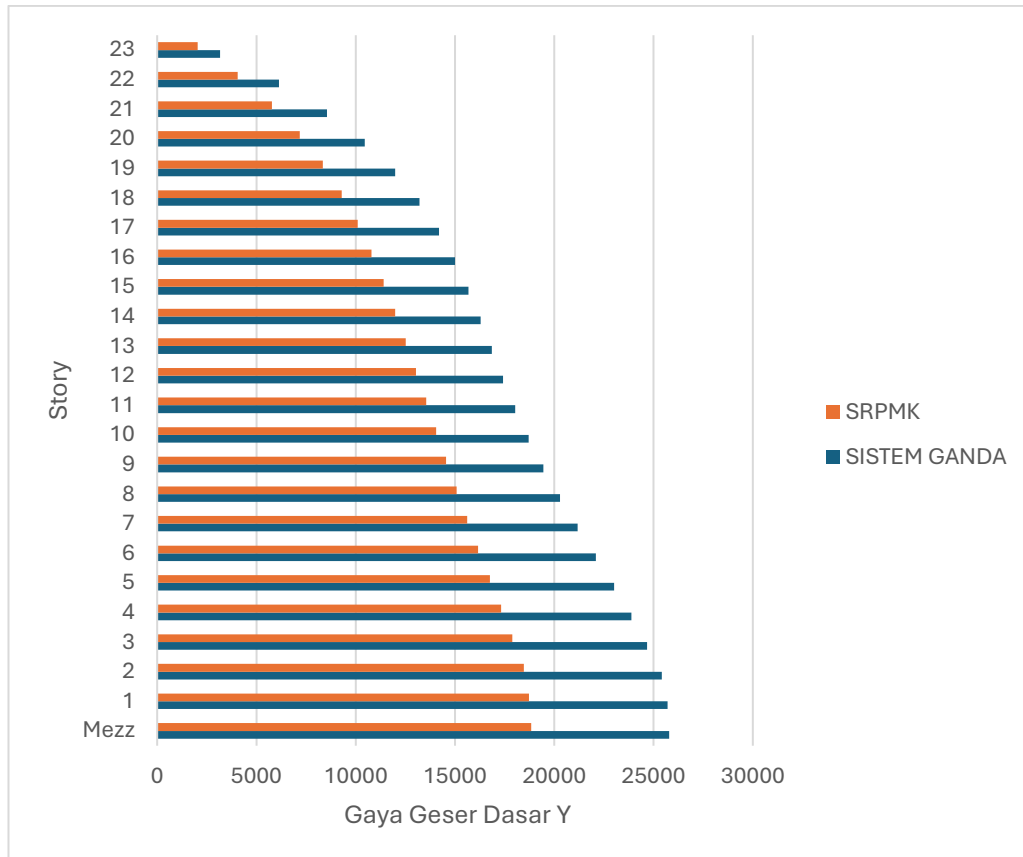
Story	SISTEM GANDA		SRPMK		SELISIH	
	ARAH X	ARAH Y	ARAH X	ARAH Y	ARAH X	ARAH Y
	Kekuatan	Kekuatan	Kekuatan	Kekuatan	Kekuatan	Kekuatan
	kN	kN	kN	kN	%	%
Lt.23 Area Kolam	3372	3161	2029	2037	66%	55%
Lt.22 Rooftop	6457	6140	4063	4060	59%	51%
Lt.21	8828	8556	5764	5772	53%	48%
Lt.20	10610	10457	7144	7178	49%	46%
Lt.19	11981	11988	8264	8336	45%	44%
Lt.18	13054	13216	9186	9287	42%	42%
Lt.17	13949	14201	9977	10093	40%	41%

Tabel 4.22: *Lanjutan.*

Story	SISTEM GANDA		SRPMK		SELISIH	
	ARAH X	ARAH Y	ARAH X	ARAH Y	ARAH X	ARAH Y
	Kekuatan	Kekuatan	Kekuatan	Kekuatan	Kekuatan	Kekuatan
	kN	kN	kN	kN	%	%
Lt.16	14738	15001	10678	10787	38%	39%
Lt.15	15473	15683	11332	11408	37%	37%
Lt.14	16182	16287	11956	11981	35%	36%
Lt.13	16872	16853	12560	12522	34%	35%
Lt.12	17539	17422	13142	13039	33%	34%
Lt.11	18189	18031	13699	13546	33%	33%
Lt.10	18831	18704	14230	14046	32%	33%
Lt.9	19488	19458	14742	14554	32%	34%
Lt.8	20176	20281	15235	15074	32%	35%
Lt.7	20913	21173	15729	15612	33%	36%
Lt.6	21716	22096	16232	16169	34%	37%
Lt.5	22591	23012	16759	16750	35%	37%
Lt.4	23489	23881	17307	17330	36%	38%
Lt.3	24357	24670	17846	17882	36%	38%
Lt.2	25272	25414	18438	18462	37%	38%
Lt.1	25663	25700	18720	18728	37%	37%
Lt.Mezzanine	25787	25787	18830	18830	37%	37%
RATA-RATA					39%	39%



Gambar 4.23: Grafik perbandingan gaya geser dasar arah X.



Gambar 4.24: Grafik perbandingan gaya geser dasar arah Y.

4.6.4 Perbandingan Kebutuhan Tulangan Balok

Sesuai dengan data pada Tabel 4.23, kebutuhan tulangan balok untuk struktur dengan sistem ganda tercatat 17% lebih tinggi dibandingkan dengan struktur SRPMK.

Tabel 4.23: Perbandingan kebutuhan tulangan balok.

SISTEM GANDA KEBUTUHAN TULANGAN	SRPMK KEBUTUHAN TULANGAN	SELISIH	
mm2	mm2	mm2	%
1265474	1081568	183906	17%

4.6.5 Perbandingan Kebutuhan Tulangan Kolom

Dari Tabel 4.24 dapat dilihat bahwa kebutuhan tulangan kolom pada SRPMK lebih besar 40% dibandingkan dengan struktur yang menggunakan sistem ganda (perbandingan sudah mengikutsertakan kebutuhan tulangan dinding geser).

Tabel 4.24: Perbandingan kebutuhan tulangan kolom.

SISTEM GANDA	SRPMK	SELISIH	
KEBUTUHAN TULANGAN	KEBUTUHAN TULANGAN		
mm2	mm2	mm2	%
2981585.057	4172820.442	-1191235	-40%

4.6.6 Perbandingan Volume Beton

Dari Tabel 4.25 dapat dilihat bahwa volume beton pada sistem ganda lebih besar 2% dibandingkan dengan struktur yang menggunakan SRPMK. Meskipun terdapat perbedaan 2% pada volume beton antara kedua sistem struktur, dampaknya terhadap total biaya tidak begitu signifikan jika dibandingkan dengan selisih penggunaan tulangan.

Tabel 4.25: Perbandingan kebutuhan volume beton.

SISTEM GANDA	SRPMK	SELISIH	
VOLUME BETON	VOLUME BETON		
m3	m3	m3	%
18973.44099	18667.07143	306.3696	2%

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan Analisa struktur dan desain yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Analisa struktur dan desain struktur bangunan apartemen The Bliss yang dilakukan pada studi ini telah memenuhi syarat dan ketentuan yang diatur di dalam SNI 1726:2019 dan SNI 2847:2019.
2. Perbandingan hasil desain menunjukkan bahwa sistem ganda (kombinasi rangka pemikul momen khusus dan dinding geser) memberikan kekuatan dan kekakuan struktural yang lebih baik dibandingkan dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Meskipun sistem ganda memerlukan sedikit peningkatan pada tulangan balok (17% lebih banyak) dan volume beton (2% lebih banyak), penghematan tulangan kolom yang sangat signifikan (hingga 40% lebih sedikit) menjadikan sistem ganda secara keseluruhan lebih ekonomis dan efektif untuk diterapkan pada struktur bangunan atas Gedung apartemen The Bliss di kota Medan.

5.2 Saran

Diharapkan tugas akhir ini dapat dievaluasi kembali dalam rangka mendapatkan hasil yang lebih optimal, serta memungkinkan perbandingan mendalam terhadap hasil yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, & Cahya, F. O. (2022). Analisis Perbandingan Desai Struktur Gedung Beton Bertulang Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Sistem Ganda di Kota Padang. *Ensiklopedia of Journal* (Vol.4 No.4)
- Alamiati, Y., & Ryanto, M. (2022). Analisis Perbandingan Gedung Tanpa dan Dengan Opening Shearwall pada Bangunan Gedung 10 lantai (Studi Kasus Apartemen di Kota Bandung dengan Pendekatan Etabs v.9.7.4). *Simteks* (vol.2, issue 2)
- Anwar, J. A., & Andaryati. (2024). Perencanaan Struktur Beton Bertulang Hotel “Dracarys” 13 Lantai Dengan Sistem Srpkm Di Kota Depok. 12(2), 93–104.
- Badan Standarisasi Nasional (2019) Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 1726:2019. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standarisasi Nasional (2020) Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain SNI 1727:2020. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standarisasi Nasional (2019) Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung SNI 2847:2019. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Dewi, F. P., & Machmoed, S. P. (2023). Perencanaan struktur gedung apartemen “niscala” beton bertulang 10 lantai dengan menggunakan sistem ganda di kota surabaya. 11(3), 149–160.
- Irawan, D., & Machmoed, S. P. (2024). Perencanaan struktur beton bertulang gedung perkantoran dira 10 lantai dengan metode srpmk di kabupaten ende. 12(2), 83–094.
- Jaglien, F., Servie, L., Dapas, O., & Wallah, S. E. (2020). Perencanaan Struktur Beton Bertulang Gedung Kuliah 5 Lantai. *Jurnal Sipil Statik*, 8(4), 471–482.
- Ramadhani, S. F., Saputra, J., & Rosyidah, A. (2022). Efek torsi bangunan terhadap respon struktur pada sistem rangka pemikul momen khusus dan sistem ganda.
- Santoso, E. (2021). Struktur SRPMK DAN SRPMM Pada Bangunan Tinggi Structure of SRMK and SRMM on High Building. *Th*, 10(1), 24–34.
- Sungsang, A, Patria, N, & Haq, Y. A. (2024). Pengaruh Konfigurasi Shearwall Terhadap Kapasitas Struktur Gedung Bertingkat. *Menara: Jurnal Teknik Sipil*, 19(2), 160–167.
- Syahril, H. M., Kartini, W., & Sumaidi. (2024). Analisis Pengaruh Penempatan Shearwall Pada Gedung Hotel Shafira. *Religion Education Social Laa Roiba Journal*, 6, 5391.

- Theresilia, W. M., Ronny Pandaleke, L., & Dwi Handono, B. (2020). Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Dengan Denah Bangunan Berbentuk “L.” Jurnal Sipil Statik, 8(4), 519–532.
- Yuliana, M. S., & Machmoed, S. P. (2021). Perencanaan Gedung Apartemen D’rini 10 Lantai Dengan Struktur Beton Ringan B_j 1760 Kg/M³ Bertulang Tahan Gempa Menggunakan Srpmk. 9(3), 163–172.



TUGAS AKHIR
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
Jl. Kapten Muchtar Basri No.3 Medan Telp. (061) 6622400



LEMBAR ASISTENSI

PERENCANAAN STRUKTUR BANGUNAN ATAS GEDUNG APARTEMEN

THE BLISS DI KOTA MEDAN

NAMA : RIJEKI AL FITRA
NPM : 2107210016
FAKULTAS : TEKNIK SIPIL

NO	HARI/TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
		- perbuku Bab 1	
		- perumusan masalah	21/11/24
		- Tujuan	
		- perbuku Tujuan (bab 1)	28/11/24
		- perbuku Bab 2 & 3	
		- perbuku Tujuan pustaka	02/12/24
		all with Senpro!	
		all perbuku	04/12/24

DOSEN PEMBIMBING

(Assoc. Prof. Ir. ADE FAISAL, S.T., M.Sc., Ph.D.)



TUGAS AKHIR
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
Jl. Kapten Muchtar Basri No.3 Medan Telp. (061) 6622400



LEMBAR ASISTENSI

PERENCANAAN STRUKTUR BANGUNAN ATAS GEDUNG APARTEMEN
THE BLISS DI KOTA MEDAN

NAMA : RIJEKI AL FITRA
NPM : 2107210016
FAKULTAS : TEKNIK SIPIL

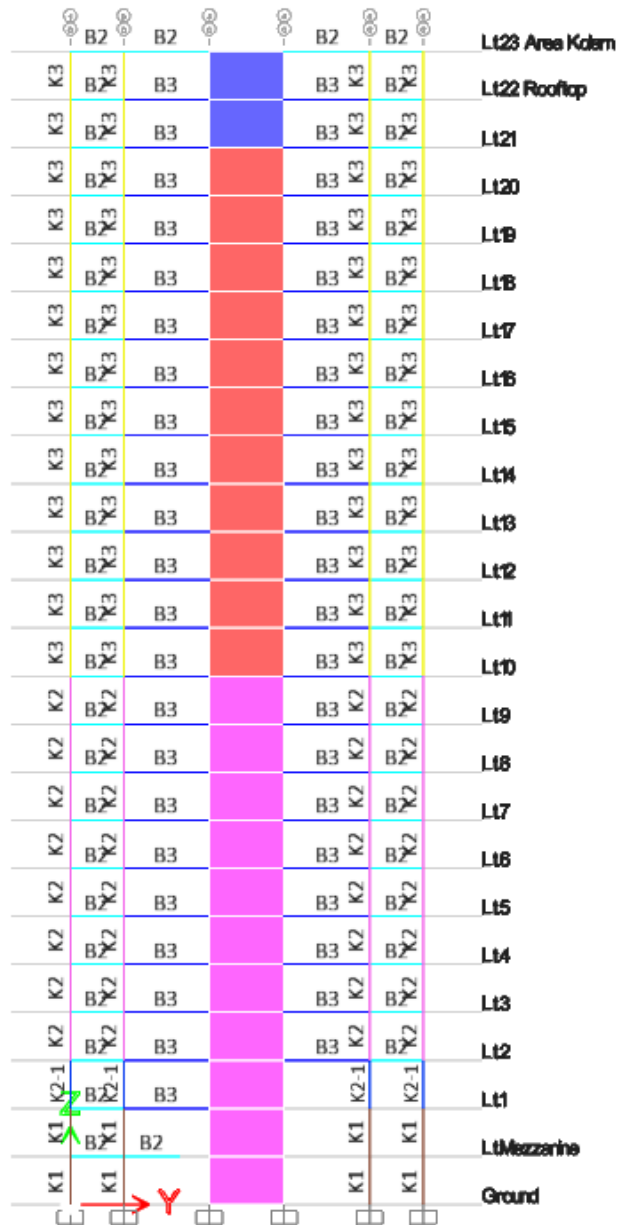
NO	HARI/TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
		- perbaiki Bab 1 & metode	12/24
		- buat Bab 2	
		- perbaiki Bab 2 & Bab 1)	10/25
		- buat model ETABS	
		- perbaiki model ETABS	24/25
		- buat literature review updating	
		- cek model ETABS, periode?	13/25
		- buat model SRPMK balok	
		- baru kemudian dual system	24/25
		- perbaiki Bab 3	
		- perbaiki model SRPMK, tabelkan	23/25
		- perbaiki Bab 3	
		- cek hasil analisis SRPMK	
		- buat model sistem ganda	16/25
		- cek hasil SRPMK	
		- perbaiki model dual system	20/25
		- cek hasil SRPMK & sistem ganda	17/25
		- tabelkan hasil & grafik	
		- buat Bab 4, tabel, grafik	18/25
		- perbaiki tabel & grafik	
		- buat kesimpulan, daftar isi dll	22/25
		- perbaiki kesimpulan	08/25
		all utk stuktur	08/25
		adekusal	

(Assoc. Prof. Ir. ADE FAISAL, S.T., M.Sc., Ph.D.)

LAMPIRAN

Lampiran 1: Denah struktur (Sistem Ganda).

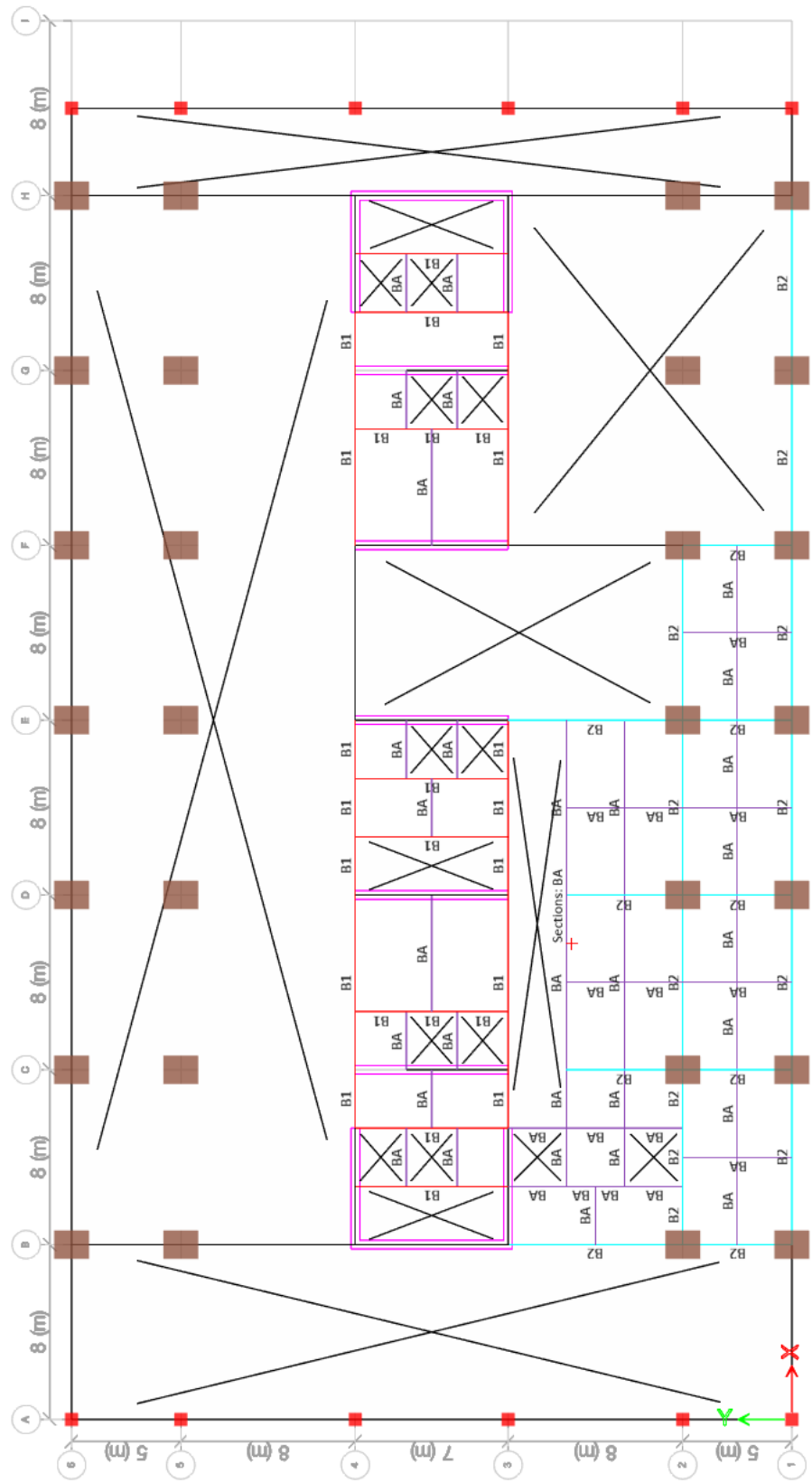
POTONGAN B-B



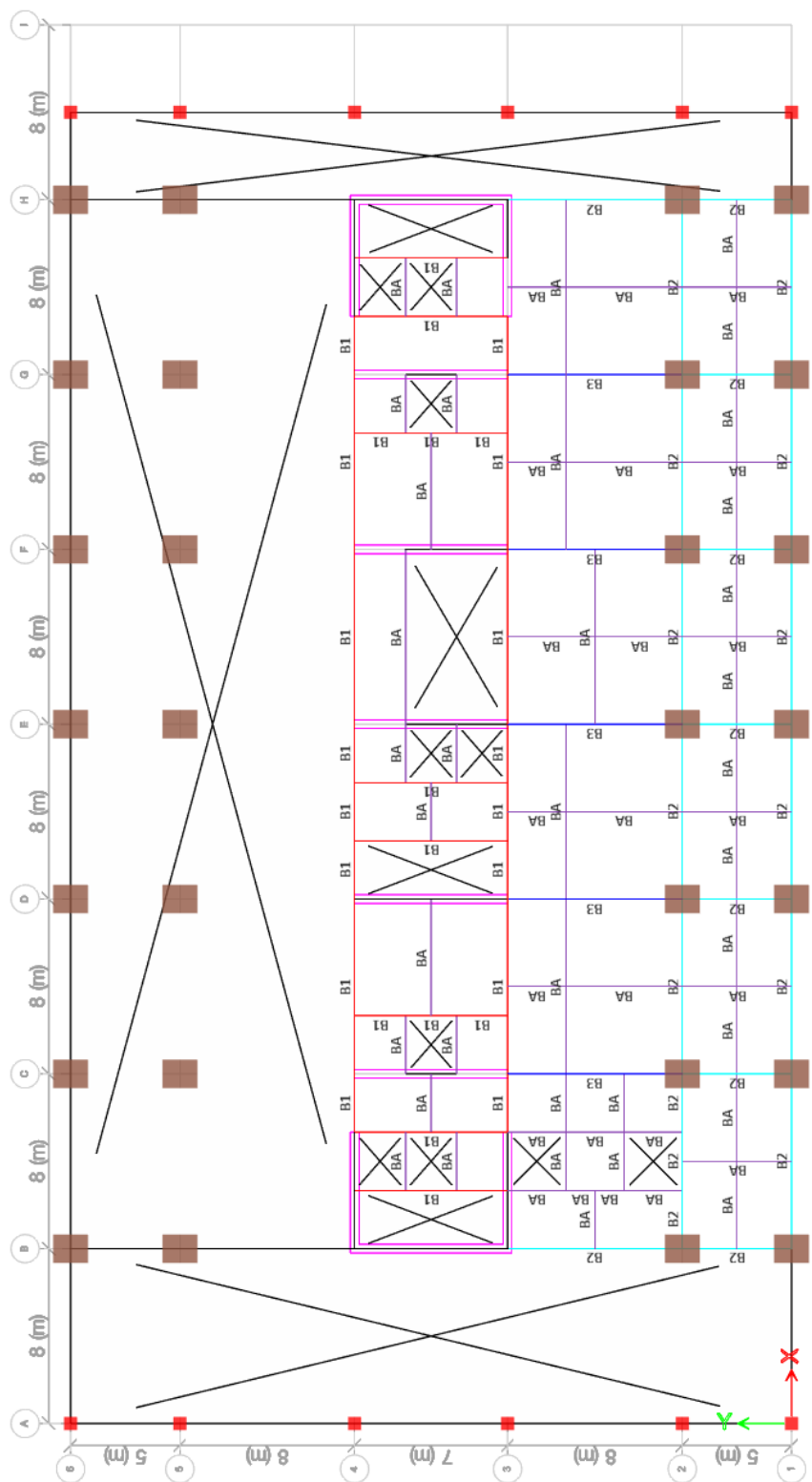
POTONGAN 2-2

[illegible]

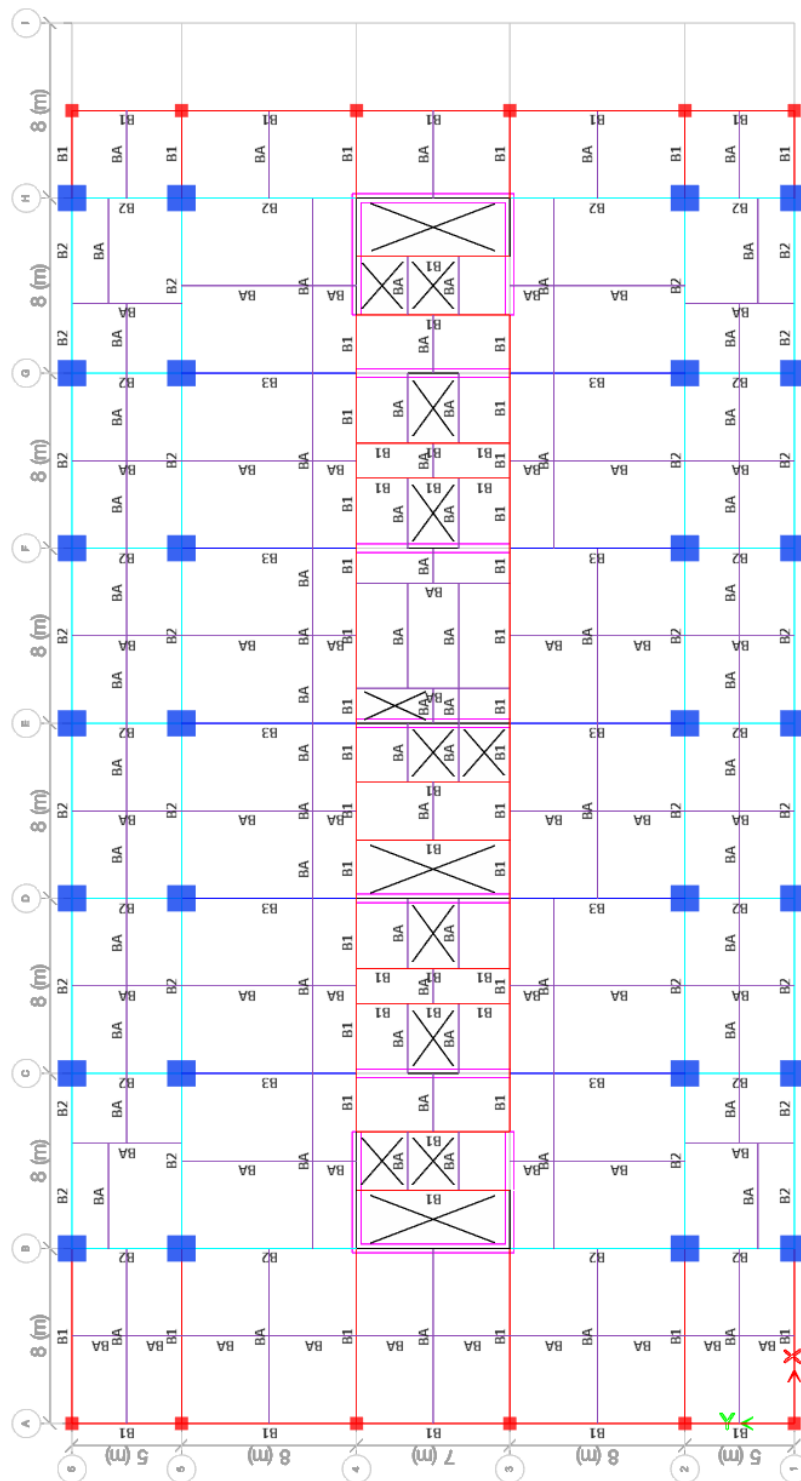
BALOK LT.MEZZ



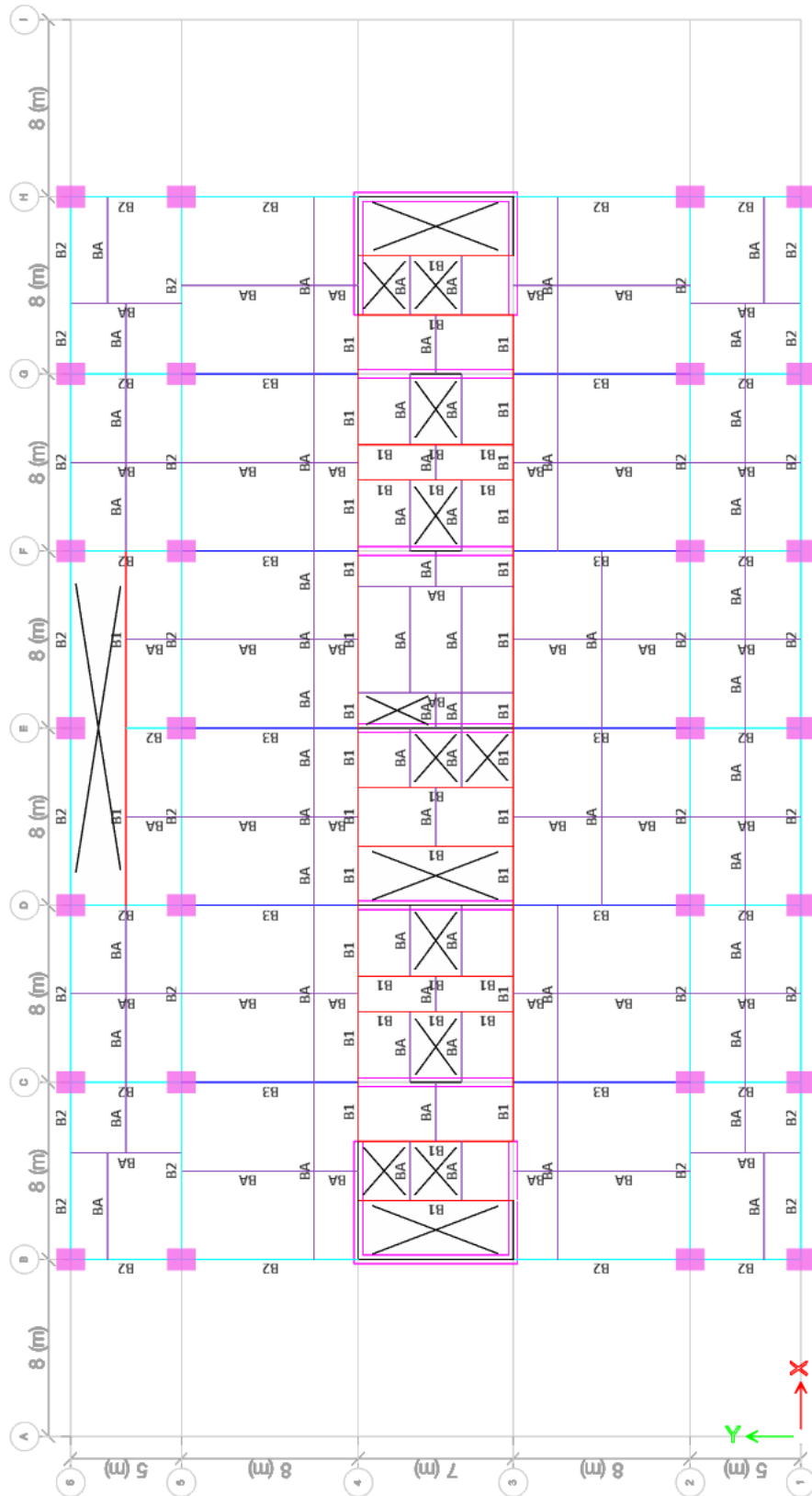
BALOK LT 1



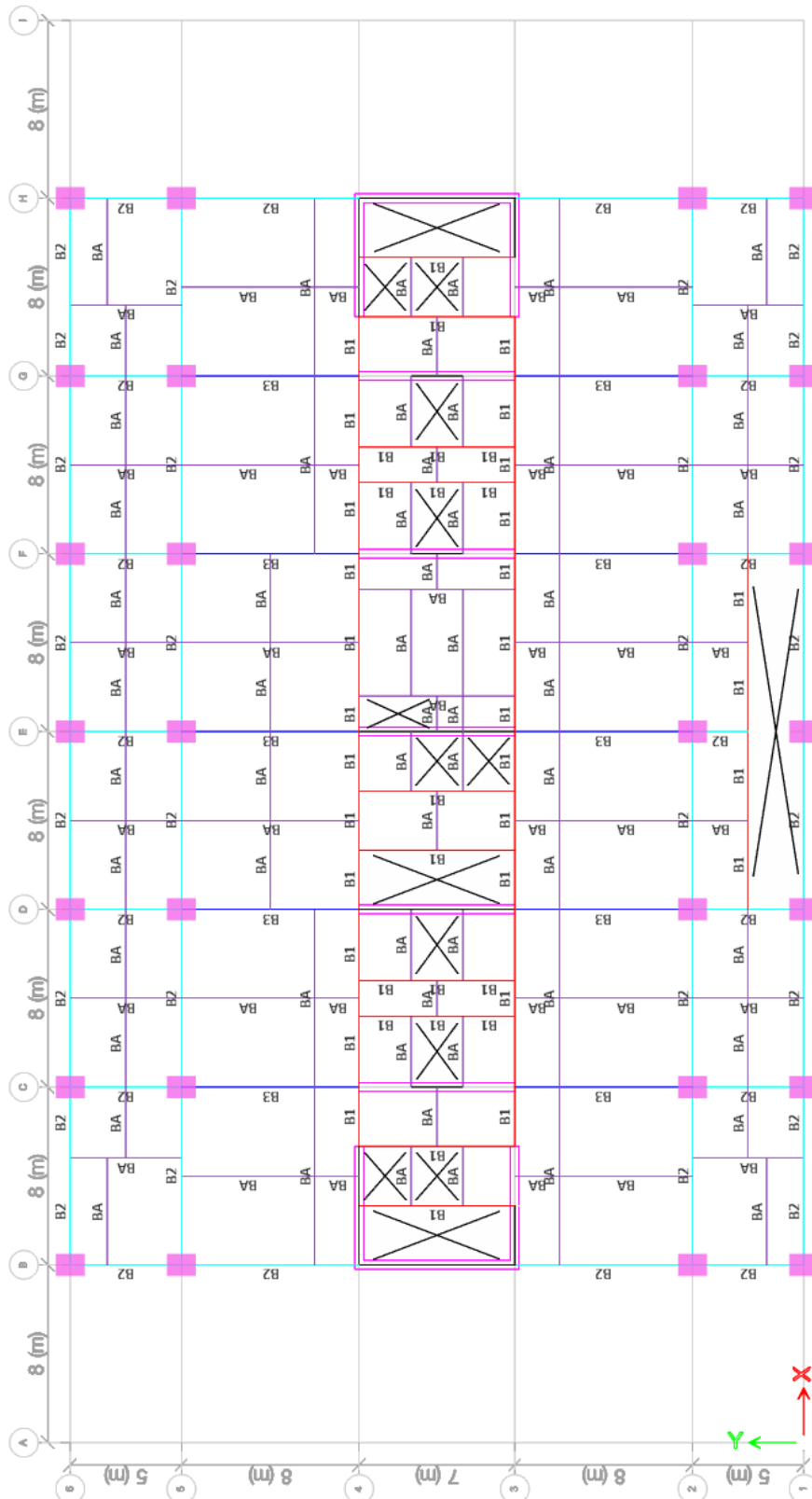
BALOK LT 2



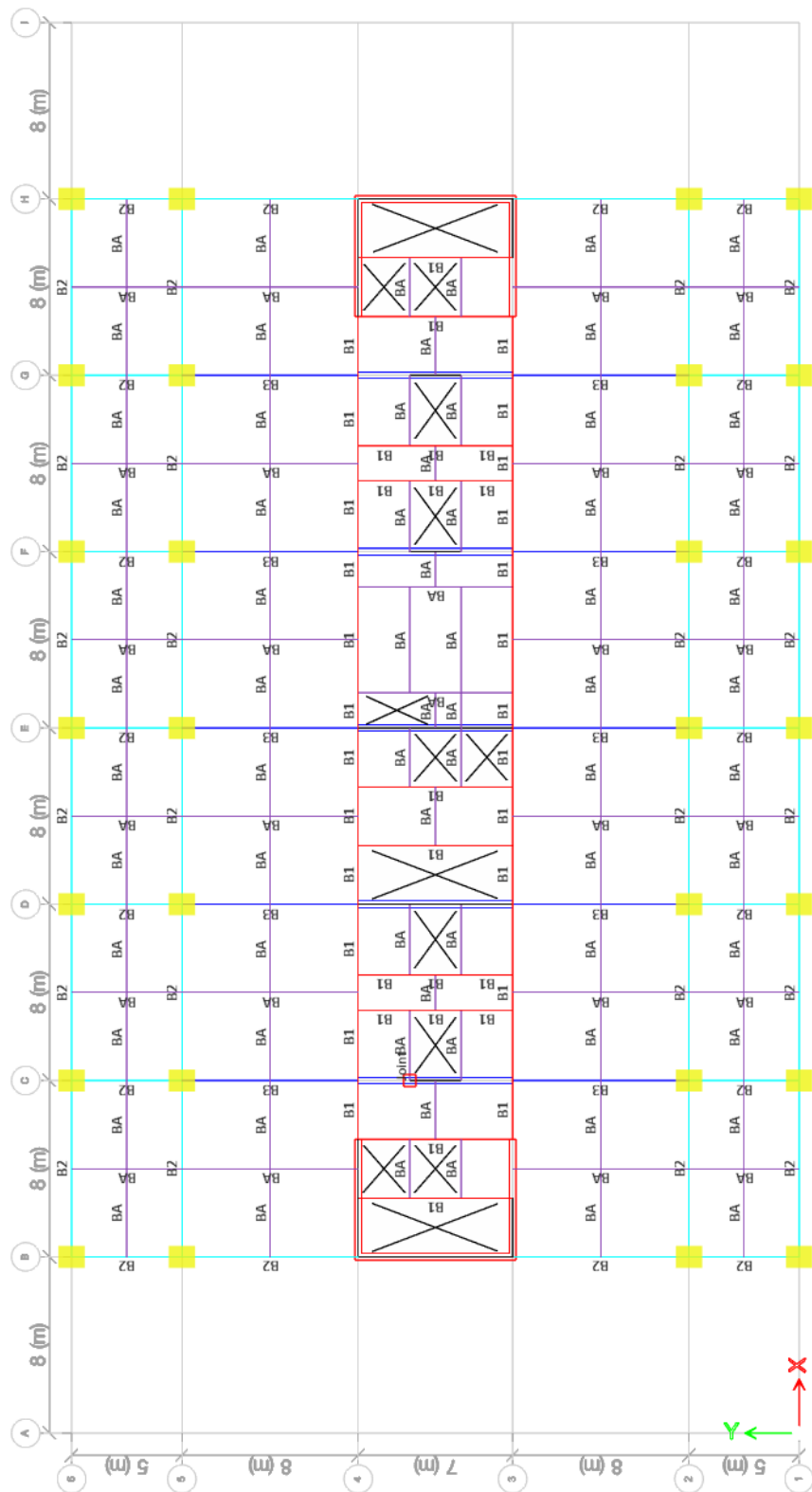
BALOK LT 3,5,7,9,11,13,15,17,19,21



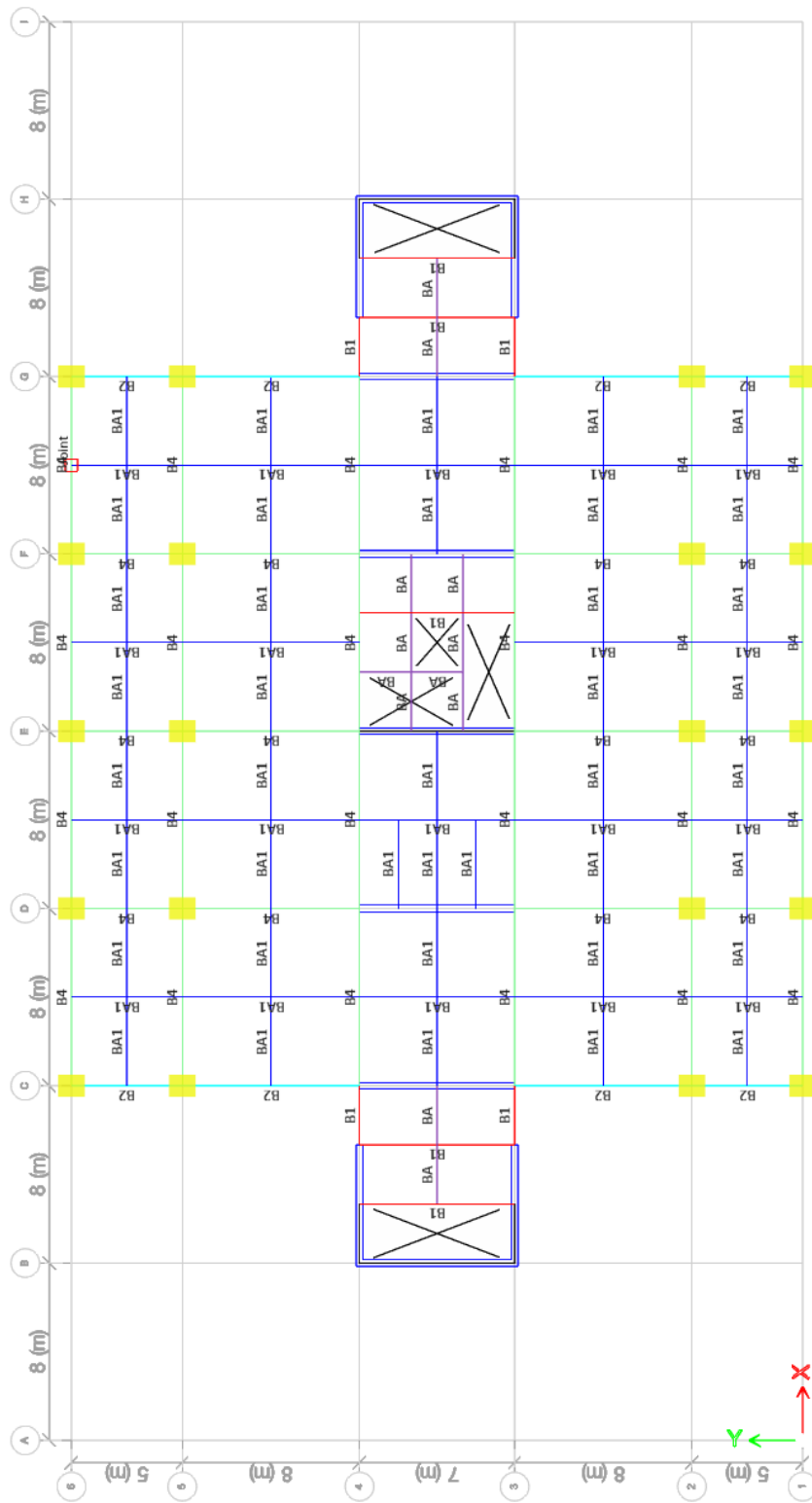
BALOK LT 4,6,8,10,12,14,16,18,20



BALOK LT 22

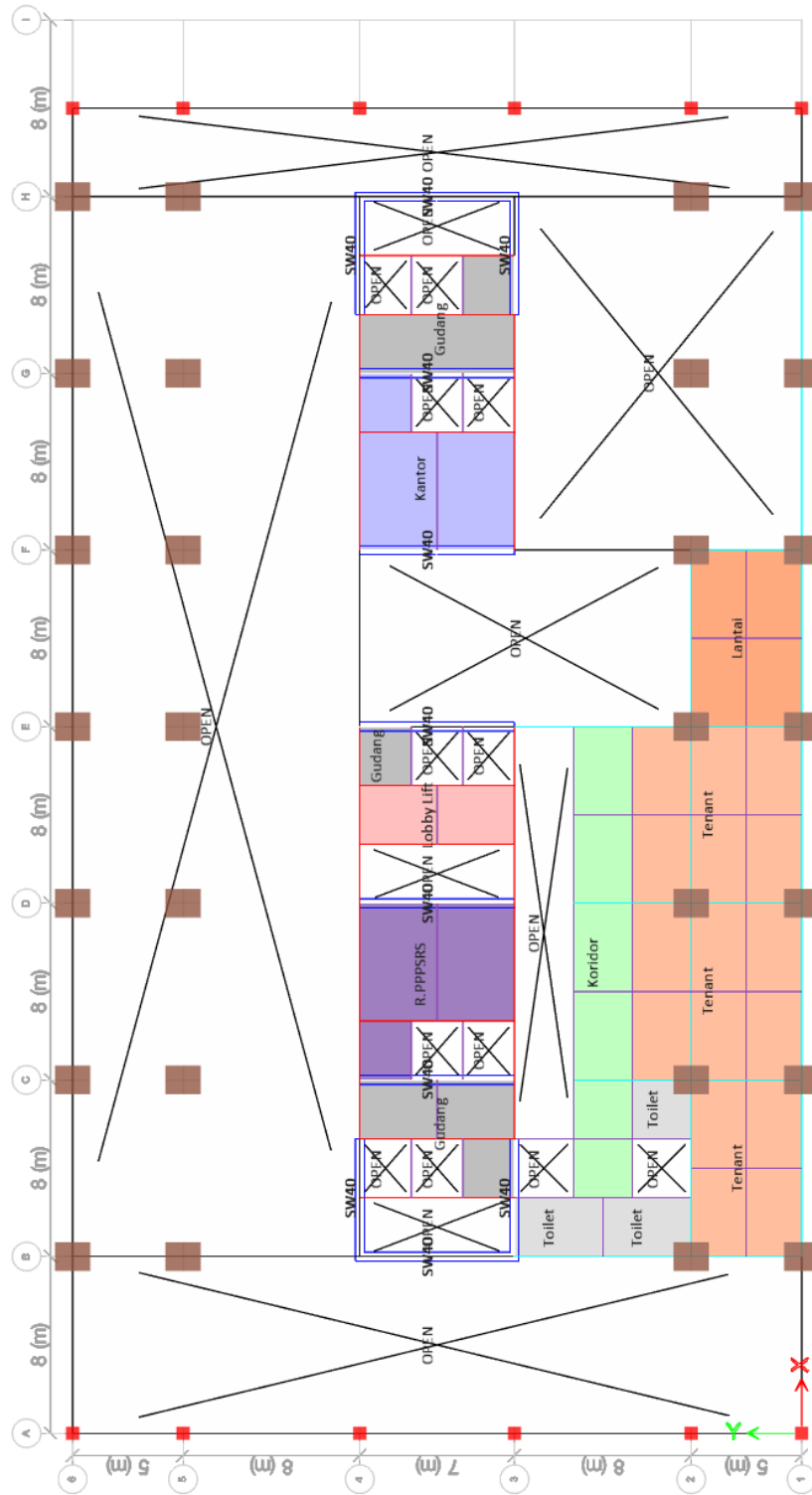


BALOK LT 23

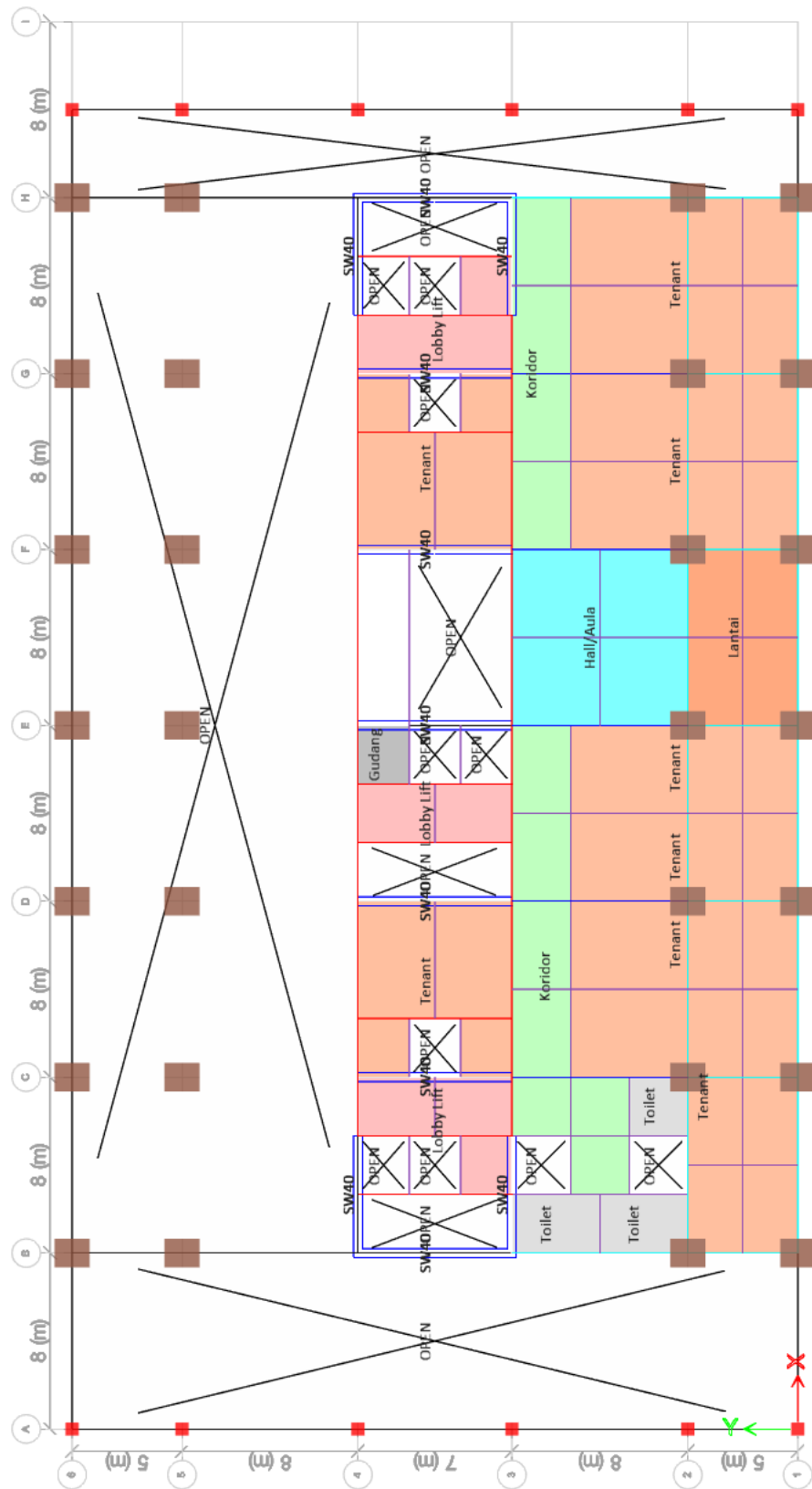


Lampiran 2 : Denah Fungsi Ruang (Sama di kedua Struktur).

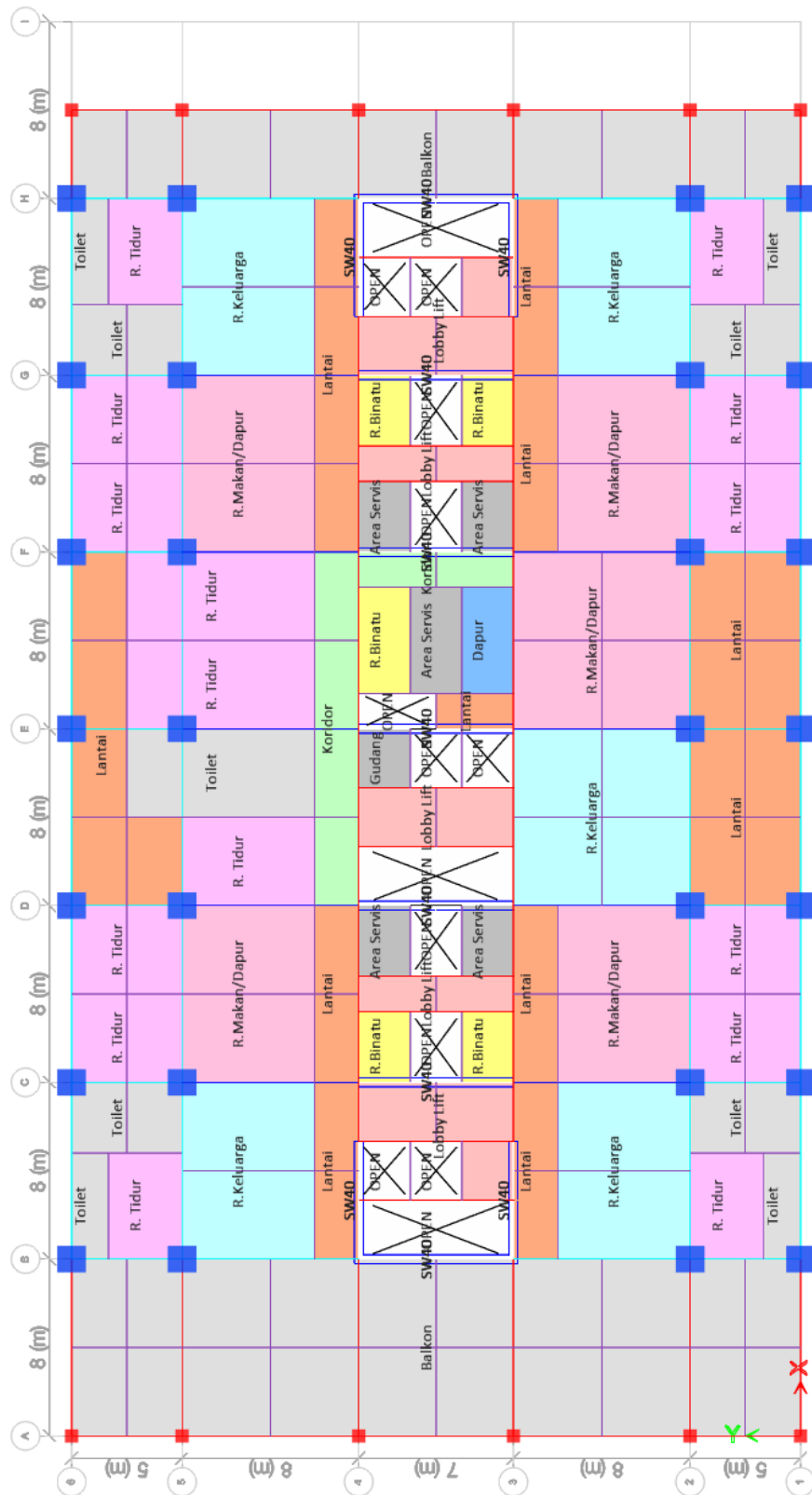
DENAH LT MEZZ



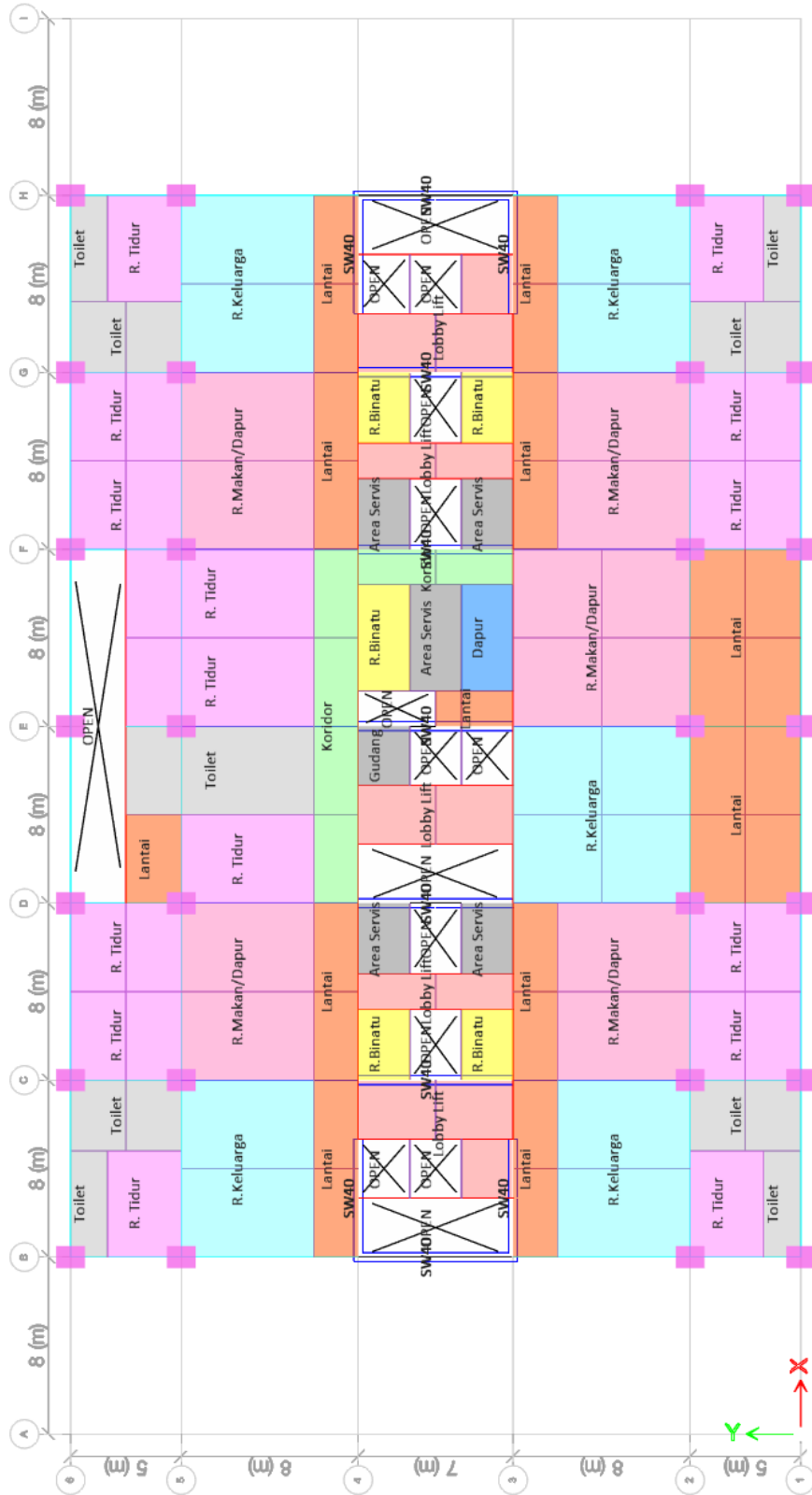
DENAH LT 1



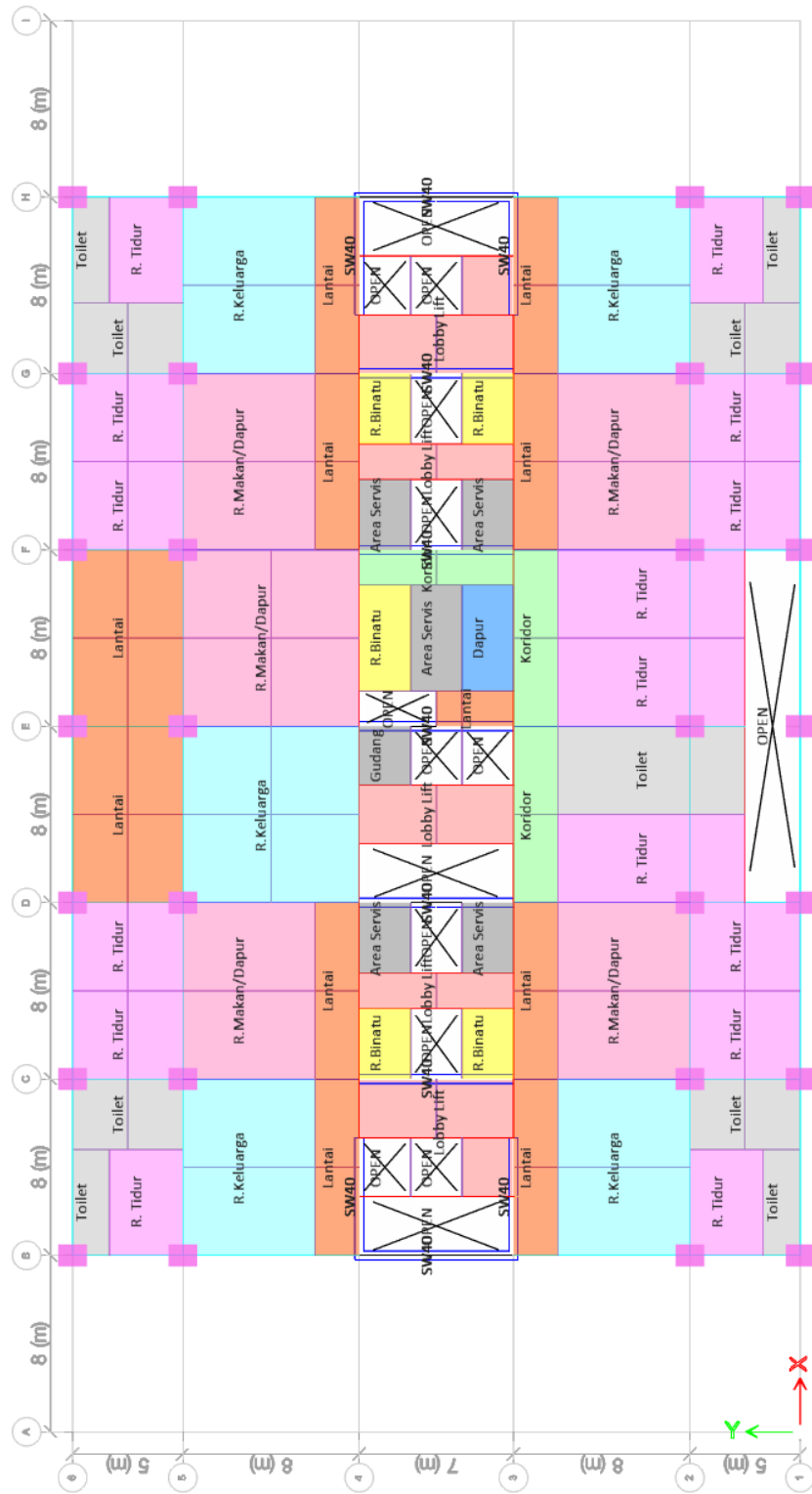
DENAH LT 2

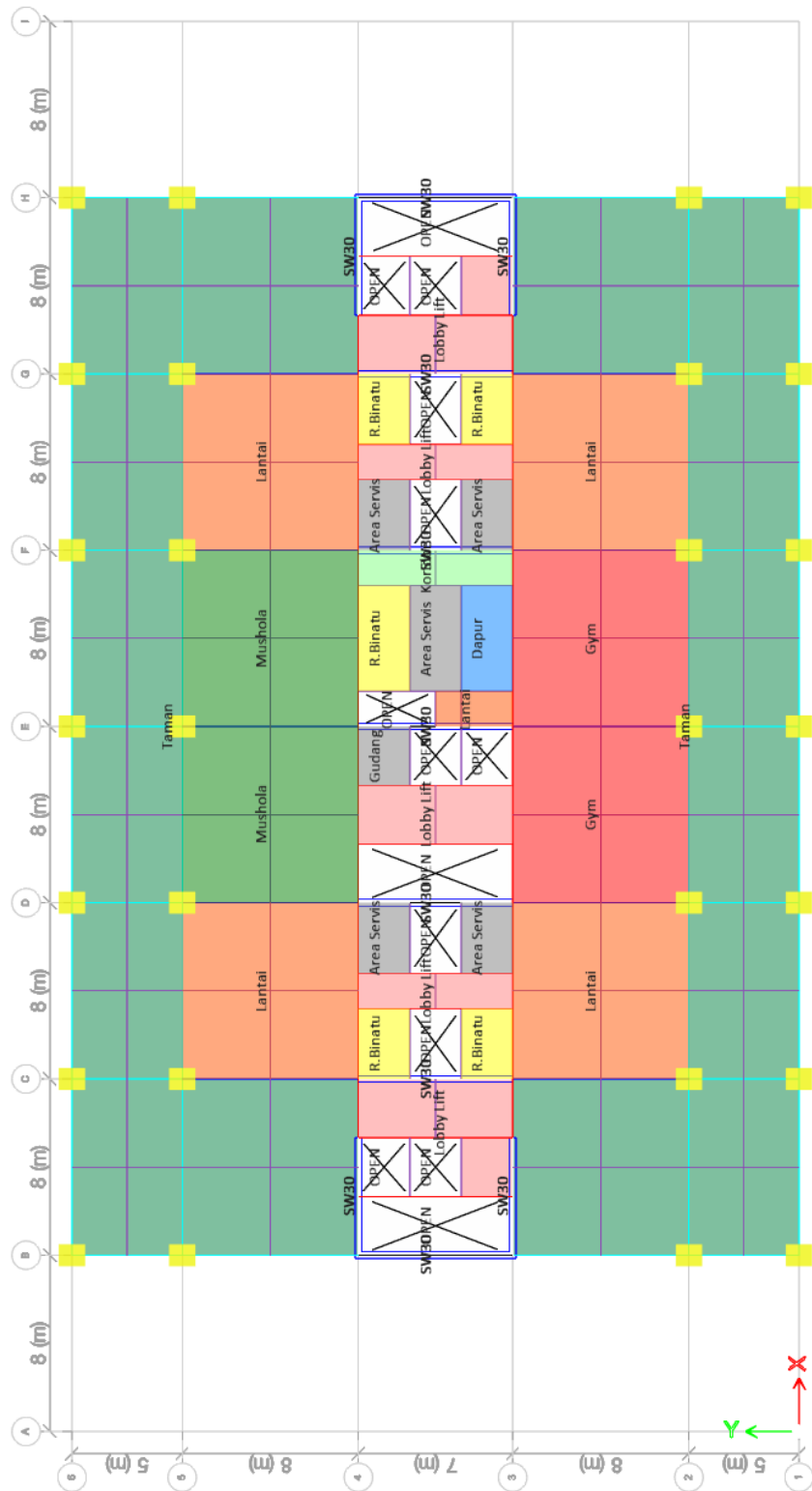


DENAH LT 3,5,7,9,11,13,15,17,19,21

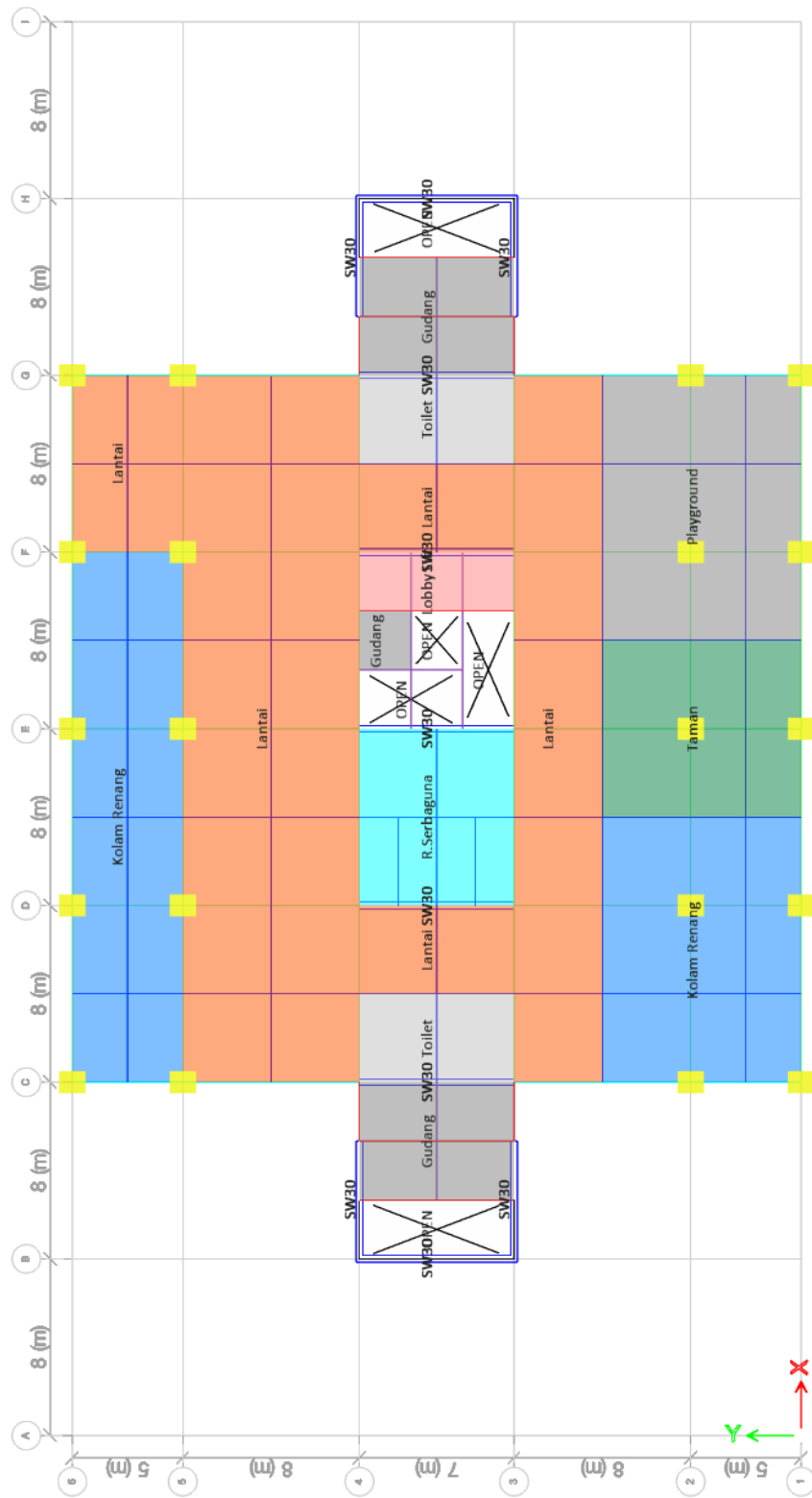


DENAH LT 4,6,8,10,12,14,16,18,20





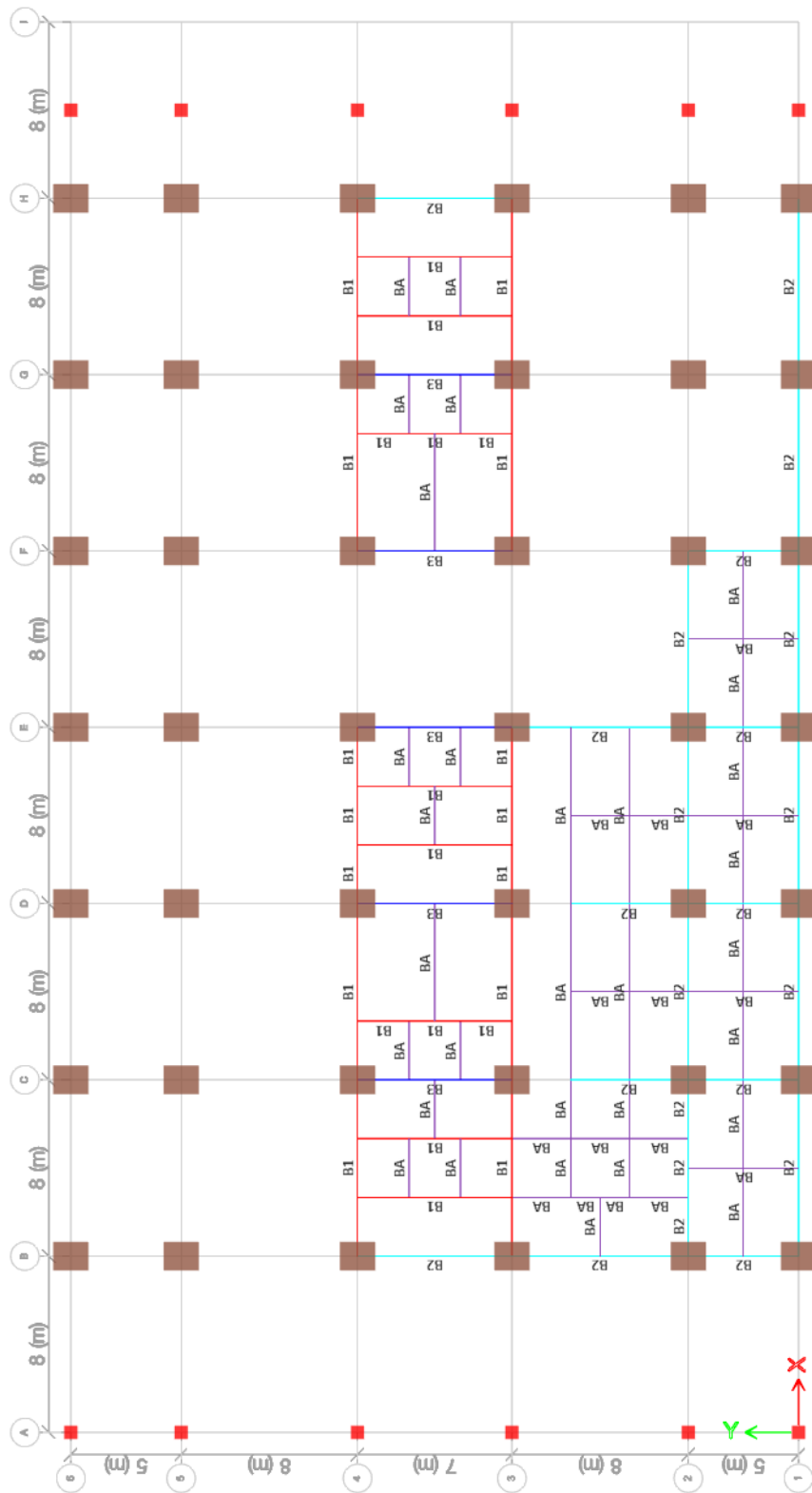
DENAH LT 23



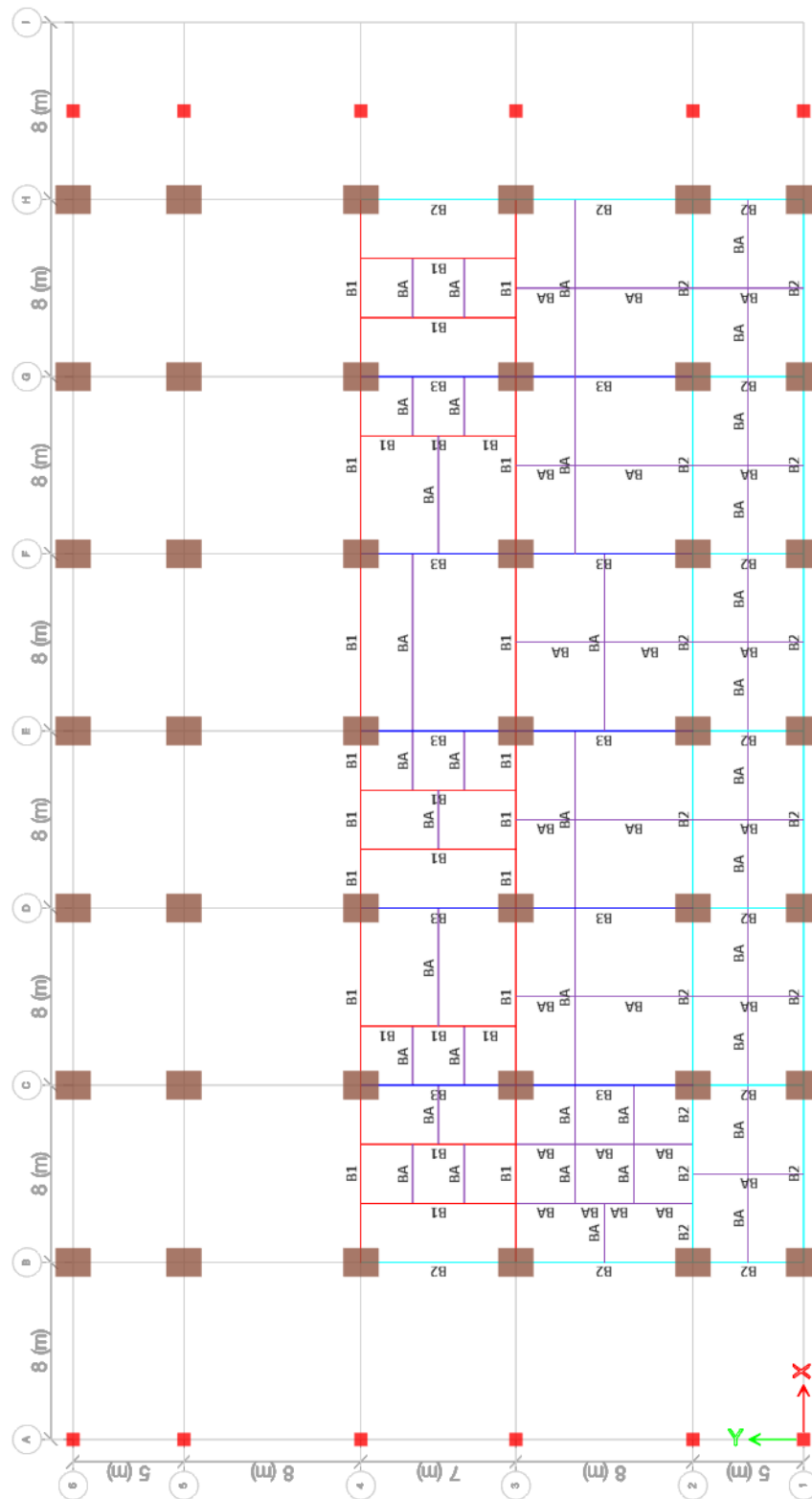
POTONGAN 2-2

			B4	B4	B4	B4	B4		Lt23 Area Kolam
		K3	B2 K3	B2 K3	B2 K3	B2 K3	B2 K3		Lt22 Rooftop
		K3	B2 K3	B2 K3	B2 K3	B2 K3	B2 K3		Lt21
		K3	B2 K3	B2 K3	B2 K3	B2 K3	B2 K3		Lt20
		K3	B2 K3	B2 K3	B2 K3	B2 K3	B2 K3		Lt19
		K3	B2 K3	B2 K3	B2 K3	B2 K3	B2 K3		Lt18
		K3	B2 K3	B2 K3	B2 K3	B2 K3	B2 K3		Lt17
		K3	B2 K3	B2 K3	B2 K3	B2 K3	B2 K3		Lt16
		K3	B2 K3	B2 K3	B2 K3	B2 K3	B2 K3		Lt15
		K3	B2 K3	B2 K3	B2 K3	B2 K3	B2 K3		Lt14
		K3	B2 K3	B2 K3	B2 K3	B2 K3	B2 K3		Lt13
		K3	B2 K3	B2 K3	B2 K3	B2 K3	B2 K3		Lt12
		K3	B2 K3	B2 K3	B2 K3	B2 K3	B2 K3		Lt11
		K3	B2 K3	B2 K3	B2 K3	B2 K3	B2 K3		Lt10
		K2	B2 K2	B2 K2	B2 K2	B2 K2	B2 K2		Lt9
		K2	B2 K2	B2 K2	B2 K2	B2 K2	B2 K2		Lt8
		K2	B2 K2	B2 K2	B2 K2	B2 K2	B2 K2		Lt7
		K2	B2 K2	B2 K2	B2 K2	B2 K2	B2 K2		Lt6
		K2	B2 K2	B2 K2	B2 K2	B2 K2	B2 K2		Lt5
		K2	B2 K2	B2 K2	B2 K2	B2 K2	B2 K2		Lt4
		K2	B2 K2	B2 K2	B2 K2	B2 K2	B2 K2		Lt3
	B1	K2	B2 K2	B2 K2	B2 K2	B2 K2	B2 K2	B1	Lt2
KP	KP	K1	B2 B2	B2 K2-1	B2 K2-1	B2 K2-1	B2 K2-1	B2 K2-1	Lt1
KP	KP	K1	B2 B2	B2 K1	B2 K1	B2 K1	B2 K1	KP	LtMezzanine
KP	KP	K1	B2 B2	B2 K1	B2 K1	B2 K1	B2 K1	KP	Ground

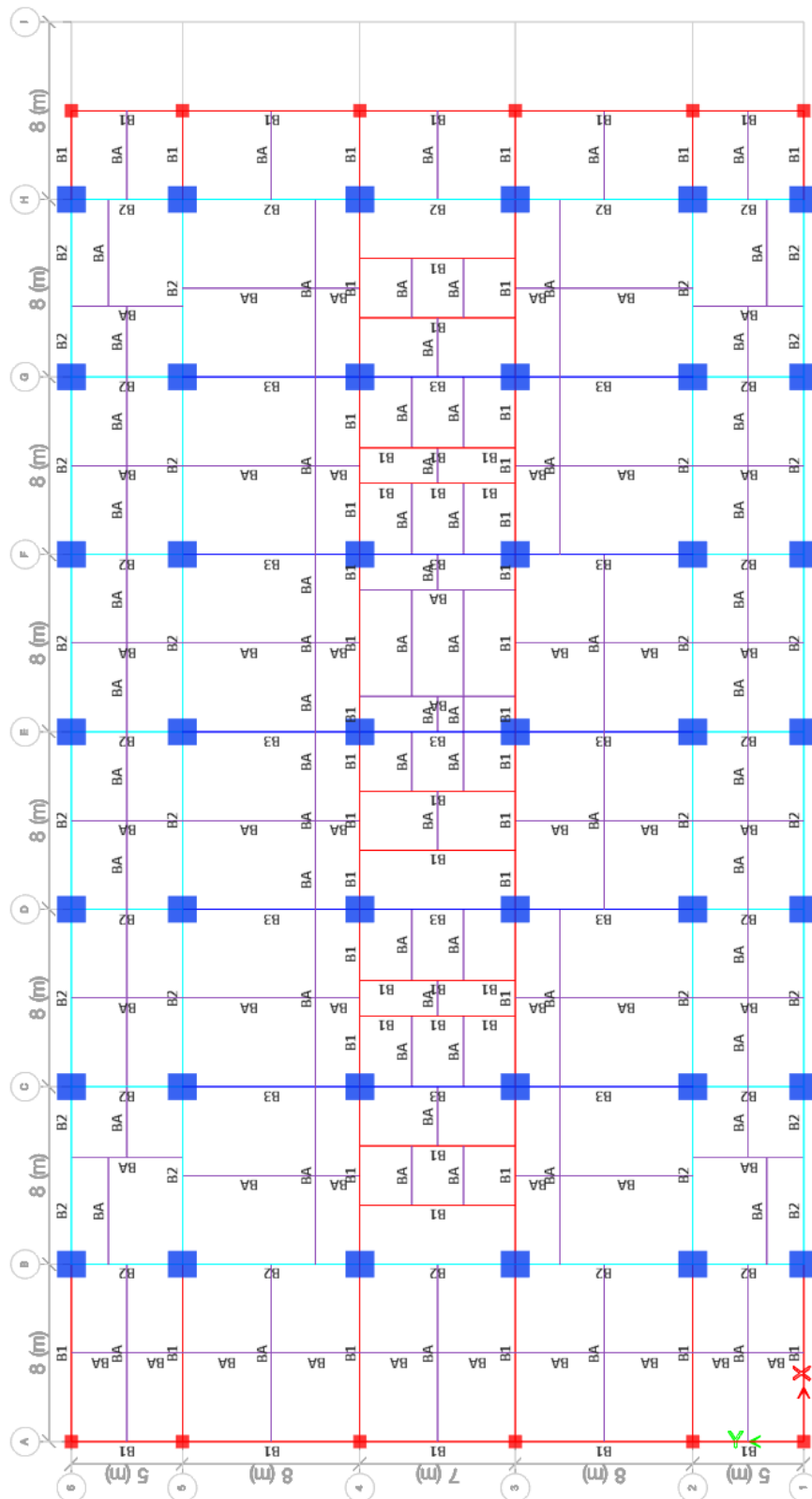
BALOK LT MEZZ



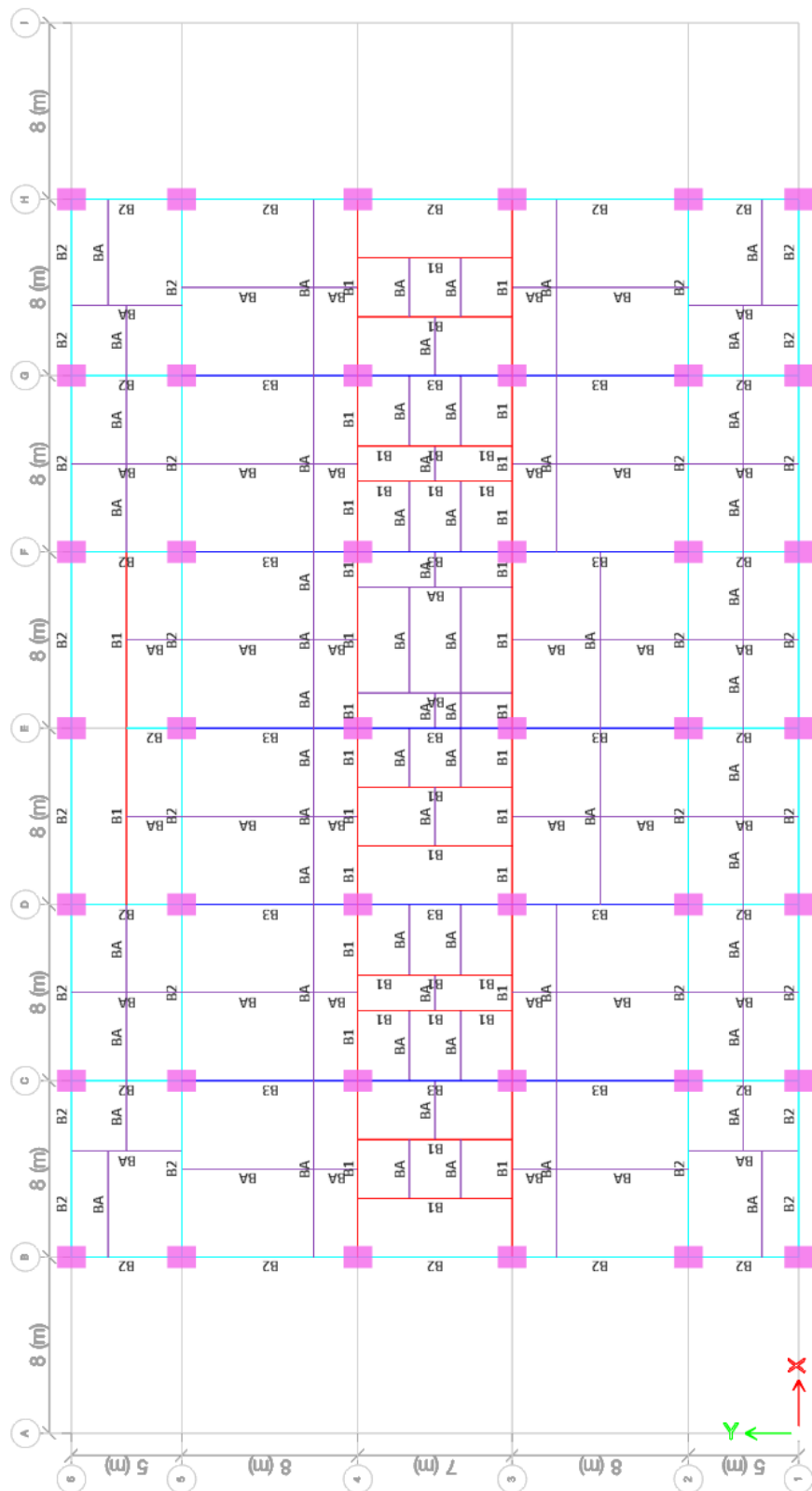
BALOK LT 1



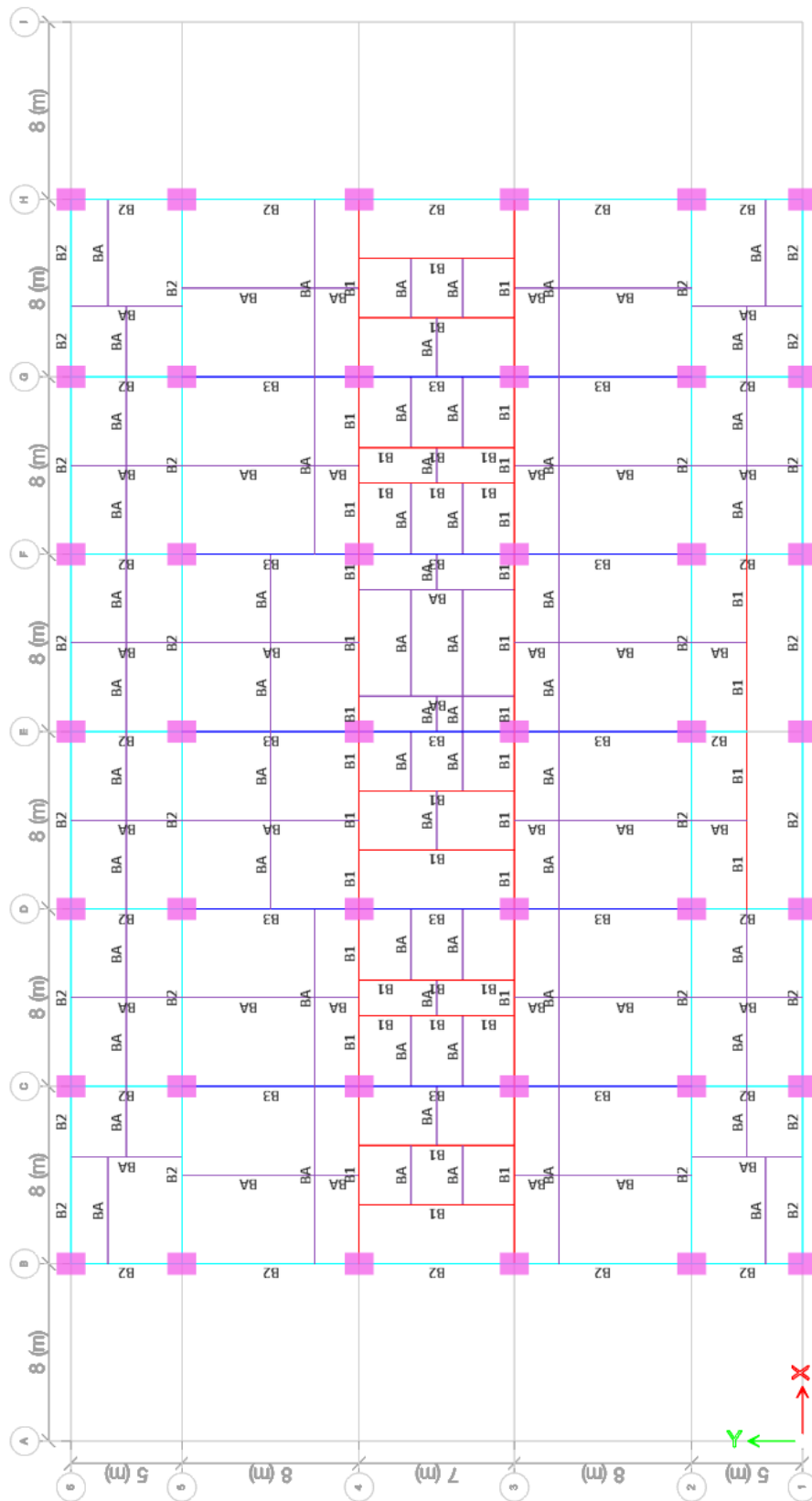
BALOK LT 2



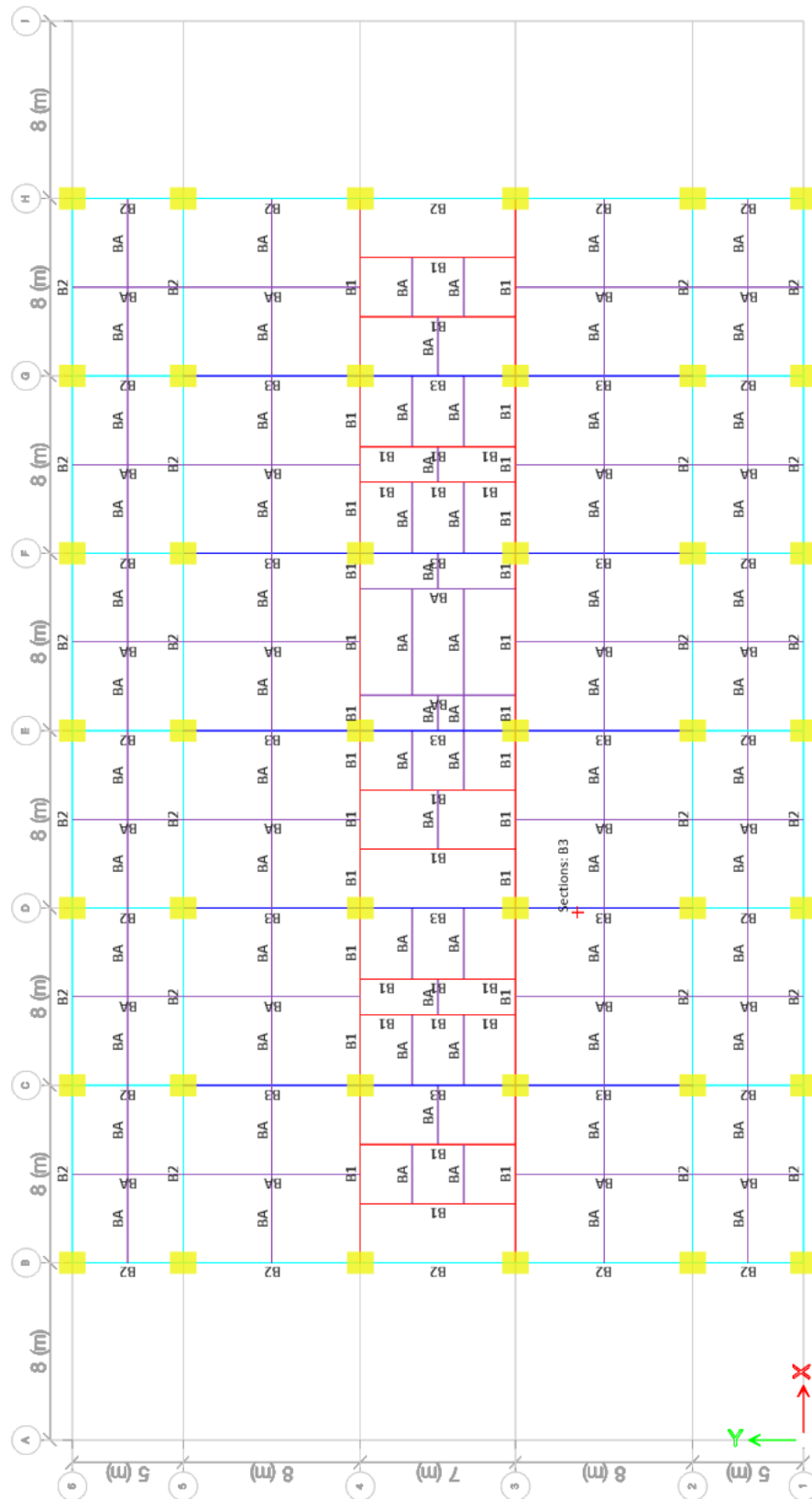
BALOK LT 3,5,7,9,11,13,15,17,19,21



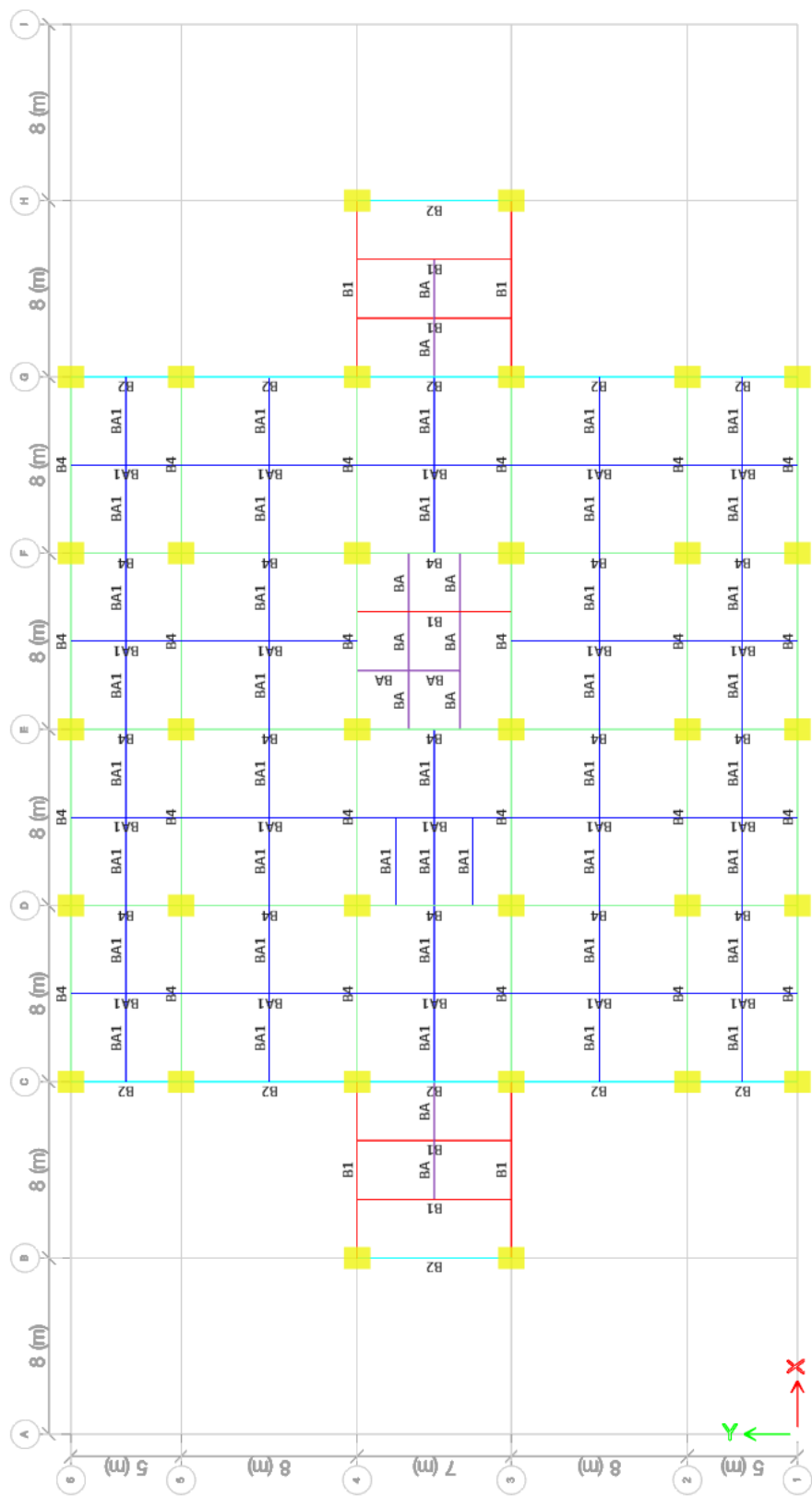
BALOK LT 4,6,8,10,12,14,16,18,20



BALOK LT 22



BALOK LT 23



Lampiran 4 : Data perioda dan partisipasi massa (Sistem Ganda).

<i>Mode</i>	<i>Period</i>	<i>UX</i>	<i>UY</i>	<i>RZ</i>	<i>SumUX</i>	<i>SumUY</i>
1	4.769	75%	0%	0%	75%	0%
2	3.625	0%	74%	0%	75%	74%
3	3.16	0%	0%	73%	75%	74%
4	1.46	12%	0%	0%	87%	74%
5	1.09	0%	12%	0%	87%	87%
6	0.954	0%	0%	12%	87%	87%
7	0.761	5%	0%	0%	92%	87%
8	0.552	0%	5%	0%	92%	92%
9	0.488	0%	0%	5%	92%	92%
10	0.482	2%	0%	0%	94%	92%
11	0.344	0%	3%	0%	94%	94%
12	0.336	1%	0%	0%	96%	94%
13	0.305	0%	0%	3%	96%	94%
14	0.251	1%	0%	0%	97%	94%
15	0.237	0%	2%	0%	97%	96%
16	0.216	0%	0%	2%	97%	96%
17	0.196	1%	0%	0%	97%	96%
18	0.177	0%	1%	0%	97%	97%
19	0.17	0%	0%	1%	97%	97%
20	0.16	0%	0%	0%	98%	97%
21	0.148	0%	0%	0%	98%	97%
22	0.146	0%	0%	0%	98%	97%
23	0.144	0%	0%	0%	98%	97%
24	0.142	0%	0%	0%	98%	97%

Lampiran 5 : Pengecekan retak pada dinding geser.

Lantai	fu	fc'	fc _r	Retak?
	MPa	MPa	MPa	
SW1				
Lt.23 Area Kolam	2.566554	30	3.39588	Tidak Retak
Lt.22 Rooftop	5.667239	30	3.39588	Retak
Lt.21	7.549934	30	3.39588	Retak
Lt.20	8.967321	30	3.39588	Retak
Lt.19	10.24133	30	3.39588	Retak
Lt.18	11.46911	30	3.39588	Retak
Lt.17	12.64797	30	3.39588	Retak
Lt.16	13.77526	30	3.39588	Retak
Lt.15	14.83892	30	3.39588	Retak

Lantai	fu	fc'	fc _r	Retak?
	MPa	MPa	MPa	
Lt.14	15.85877	30	3.39588	Retak
Lt.13	16.85572	30	3.39588	Retak
Lt.12	17.96972	30	3.39588	Retak
Lt.11	19.17723	30	3.39588	Retak
Lt.10	15.59798	30	3.39588	Retak
Lt.9	16.47491	30	3.39588	Retak
Lt.8	17.39895	30	3.39588	Retak
Lt.7	18.57178	30	3.39588	Retak
Lt.6	20.28775	30	3.39588	Retak
Lt.5	22.88033	30	3.39588	Retak
Lt.4	26.62531	30	3.39588	Retak
Lt.3	31.65083	30	3.39588	Retak
Lt.2	38.45282	30	3.39588	Retak
Lt.1	47.21593	30	3.39588	Retak
Lt.Mezzanine	57.34205	30	3.39588	Retak
SW2				
Lt.23 Area Kolam	1.498741	30	3.39588	Tidak Retak
Lt.22 Rooftop	2.61458	30	3.39588	Tidak Retak
Lt.21	3.601045	30	3.39588	Retak
Lt.20	4.536069	30	3.39588	Retak
Lt.19	5.429981	30	3.39588	Retak
Lt.18	6.278376	30	3.39588	Retak
Lt.17	7.088129	30	3.39588	Retak
Lt.16	7.855096	30	3.39588	Retak
Lt.15	8.5896	30	3.39588	Retak
Lt.14	9.292842	30	3.39588	Retak
Lt.13	9.983839	30	3.39588	Retak
Lt.12	10.6767	30	3.39588	Retak
Lt.11	11.4079	30	3.39588	Retak
Lt.10	9.233015	30	3.39588	Retak
Lt.9	9.981364	30	3.39588	Retak
Lt.8	10.86452	30	3.39588	Retak
Lt.7	11.91211	30	3.39588	Retak
Lt.6	13.12782	30	3.39588	Retak
Lt.5	14.51386	30	3.39588	Retak
Lt.4	16.04086	30	3.39588	Retak
Lt.3	17.67247	30	3.39588	Retak
Lt.2	19.3742	30	3.39588	Retak
Lt.1	20.88962	30	3.39588	Retak
Lt.Mezzanine	22.06062	30	3.39588	Retak
SW3				

Lantai	f_u	f_c'	f_{cr}	Retak?
	MPa	MPa	MPa	
Lt.23 Area Kolam	1.511318	30	3.39588	Tidak Retak
Lt.22 Rooftop	2.491515	30	3.39588	Tidak Retak
Lt.21	3.440686	30	3.39588	Retak
Lt.20	4.410099	30	3.39588	Retak
Lt.19	5.373501	30	3.39588	Retak
Lt.18	6.360771	30	3.39588	Retak
Lt.17	7.341146	30	3.39588	Retak
Lt.16	8.346274	30	3.39588	Retak
Lt.15	9.345216	30	3.39588	Retak
Lt.14	10.37035	30	3.39588	Retak
Lt.13	11.39211	30	3.39588	Retak
Lt.12	12.44301	30	3.39588	Retak
Lt.11	13.494	30	3.39588	Retak
Lt.10	11.00548	30	3.39588	Retak
Lt.9	11.8401	30	3.39588	Retak
Lt.8	12.69637	30	3.39588	Retak
Lt.7	13.54818	30	3.39588	Retak
Lt.6	14.42882	30	3.39588	Retak
Lt.5	15.31459	30	3.39588	Retak
Lt.4	16.24032	30	3.39588	Retak
Lt.3	17.18037	30	3.39588	Retak
Lt.2	18.15717	30	3.39588	Retak
Lt.1	19.10038	30	3.39588	Retak
Lt.Mezzanine	19.9786	30	3.39588	Retak
SW4				
Lt.23 Area Kolam	1.207627	30	3.39588	Tidak Retak
Lt.22 Rooftop	2.194214	30	3.39588	Tidak Retak
Lt.21	3.079843	30	3.39588	Tidak Retak
Lt.20	4.000021	30	3.39588	Retak
Lt.19	4.897431	30	3.39588	Retak
Lt.18	5.834069	30	3.39588	Retak
Lt.17	6.746224	30	3.39588	Retak
Lt.16	7.694452	30	3.39588	Retak
Lt.15	8.616552	30	3.39588	Retak
Lt.14	9.574789	30	3.39588	Retak
Lt.13	10.5085	30	3.39588	Retak
Lt.12	11.48026	30	3.39588	Retak
Lt.11	12.43015	30	3.39588	Retak
Lt.10	10.13608	30	3.39588	Retak
Lt.9	10.88244	30	3.39588	Retak
Lt.8	11.66239	30	3.39588	Retak

Lantai	f_u	f_c'	f_{cr}	Retak?
	MPa	MPa	MPa	
Lt.7	12.42009	30	3.39588	Retak
Lt.6	13.21816	30	3.39588	Retak
Lt.5	14.00513	30	3.39588	Retak
Lt.4	14.84791	30	3.39588	Retak
Lt.3	15.67723	30	3.39588	Retak
Lt.2	16.57942	30	3.39588	Retak
Lt.1	17.25576	30	3.39588	Retak
Lt.Mezzanine	17.76467	30	3.39588	Retak
SW5				
Lt.23 Area Kolam	1.308935	30	3.39588	Tidak Retak
Lt.22 Rooftop	2.120948	30	3.39588	Tidak Retak
Lt.21	3.00363	30	3.39588	Tidak Retak
Lt.20	3.897671	30	3.39588	Retak
Lt.19	4.793183	30	3.39588	Retak
Lt.18	5.702145	30	3.39588	Retak
Lt.17	6.61126	30	3.39588	Retak
Lt.16	7.533723	30	3.39588	Retak
Lt.15	8.456386	30	3.39588	Retak
Lt.14	9.393332	30	3.39588	Retak
Lt.13	10.33251	30	3.39588	Retak
Lt.12	11.2883	30	3.39588	Retak
Lt.11	12.24913	30	3.39588	Retak
Lt.10	9.993627	30	3.39588	Retak
Lt.9	10.75567	30	3.39588	Retak
Lt.8	11.52865	30	3.39588	Retak
Lt.7	12.30158	30	3.39588	Retak
Lt.6	13.09233	30	3.39588	Retak
Lt.5	13.89146	30	3.39588	Retak
Lt.4	14.71682	30	3.39588	Retak
Lt.3	15.55718	30	3.39588	Retak
Lt.2	16.45204	30	3.39588	Retak
Lt.1	17.12142	30	3.39588	Retak
Lt.Mezzanine	17.55866	30	3.39588	Retak
SW6				
Lt.23 Area Kolam	1.401884	30	3.39588	Tidak Retak
Lt.22 Rooftop	2.410291	30	3.39588	Tidak Retak
Lt.21	3.417035	30	3.39588	Retak
Lt.20	4.366891	30	3.39588	Retak
Lt.19	5.269775	30	3.39588	Retak
Lt.18	6.125219	30	3.39588	Retak
Lt.17	6.938161	30	3.39588	Retak

Lantai	fu	fc'	fc _r	Retak?
	MPa	MPa	MPa	
Lt.16	7.708346	30	3.39588	Retak
Lt.15	8.443077	30	3.39588	Retak
Lt.14	9.147615	30	3.39588	Retak
Lt.13	9.837702	30	3.39588	Retak
Lt.12	10.53126	30	3.39588	Retak
Lt.11	11.26187	30	3.39588	Retak
Lt.10	9.124004	30	3.39588	Retak
Lt.9	9.873421	30	3.39588	Retak
Lt.8	10.76042	30	3.39588	Retak
Lt.7	11.81221	30	3.39588	Retak
Lt.6	13.0362	30	3.39588	Retak
Lt.5	14.4324	30	3.39588	Retak
Lt.4	15.97591	30	3.39588	Retak
Lt.3	17.62709	30	3.39588	Retak
Lt.2	19.34988	30	3.39588	Retak
Lt.1	20.95672	30	3.39588	Retak
Lt.Mezzanine	22.17573	30	3.39588	Retak
SW7				
Lt.23 Area Kolam	3.02992	30	3.39588	Tidak Retak
Lt.22 Rooftop	6.157231	30	3.39588	Retak
Lt.21	8.363413	30	3.39588	Retak
Lt.20	9.921068	30	3.39588	Retak
Lt.19	11.2135	30	3.39588	Retak
Lt.18	12.4067	30	3.39588	Retak
Lt.17	13.53781	30	3.39588	Retak
Lt.16	14.61627	30	3.39588	Retak
Lt.15	15.63226	30	3.39588	Retak
Lt.14	16.59993	30	3.39588	Retak
Lt.13	17.53646	30	3.39588	Retak
Lt.12	18.58062	30	3.39588	Retak
Lt.11	19.74007	30	3.39588	Retak
Lt.10	16.05556	30	3.39588	Retak
Lt.9	16.91242	30	3.39588	Retak
Lt.8	17.79625	30	3.39588	Retak
Lt.7	18.90662	30	3.39588	Retak
Lt.6	20.53379	30	3.39588	Retak
Lt.5	23.02165	30	3.39588	Retak
Lt.4	26.66599	30	3.39588	Retak
Lt.3	31.67426	30	3.39588	Retak
Lt.2	37.85068	30	3.39588	Retak
Lt.1	46.72832	30	3.39588	Retak

Lantai	f_u	f_c'	f_{cr}	Retak?
	MPa	MPa	MPa	
Lt.Mezzanine	56.91901	30	3.39588	Retak

Lampiran 6 : Pengecekan ketidakberaturan torsi (Sistem Ganda).

Lantai	Arah X		Arah Y	
	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek
Lt.23 Area Kolam	1.115	OK	1.249	H.1a
Lt.22 Rooftop	1.026	OK	1.137	OK
Lt.21	1.037	OK	1.105	OK
Lt.20	1.032	OK	1.099	OK
Lt.19	1.029	OK	1.084	OK
Lt.18	1.028	OK	1.095	OK
Lt.17	1.028	OK	1.085	OK
Lt.16	1.027	OK	1.096	OK
Lt.15	1.027	OK	1.087	OK
Lt.14	1.027	OK	1.098	OK
Lt.13	1.027	OK	1.088	OK
Lt.12	1.026	OK	1.1	OK
Lt.11	1.026	OK	1.091	OK
Lt.10	1.026	OK	1.1	OK
Lt.9	1.026	OK	1.09	OK
Lt.8	1.026	OK	1.099	OK
Lt.7	1.026	OK	1.091	OK
Lt.6	1.026	OK	1.1	OK
Lt.5	1.025	OK	1.093	OK
Lt.4	1.025	OK	1.103	OK
Lt.3	1.025	OK	1.09	OK
Lt.2	1.795	H.1b	1.371	H.1a
Lt.1	1.364	H.1a	1.305	H.1a
Lt.Mezzanine	1.586	H.1b	1.481	H.1b

Lampiran 7 : Pengecekan Ketidakberaturan kekakuan Tingkat lunak (Sistem Ganda).

Lantai	Arah X		Arah Y	
	Kekakuan	Cek	Kekakuan	Cek
	kN/m		kN/m	
Lt.23 Area Kolam	382862.828		474348.636	
Lt.22 Rooftop	623659.12	OK	875107.781	OK
Lt.21	764344.706	OK	1136379.77	OK
Lt.20	839125.241	OK	1279684.7	OK
Lt.19	877209.984	OK	1362146.32	OK
Lt.18	895094.903	OK	1409738.18	OK
Lt.17	904970.862	OK	1437875.52	OK
Lt.16	912164.678	OK	1455817.27	OK
Lt.15	919735.219	OK	1469670.43	OK
Lt.14	928861.624	OK	1482561.97	OK
Lt.13	939875.373	OK	1497608.97	OK
Lt.12	952590.088	OK	1518628.83	OK
Lt.11	967449.245	OK	1549425.6	OK
Lt.10	989983.856	OK	1598151.87	OK
Lt.9	1014827.39	OK	1650854.65	OK
Lt.8	1046382.39	OK	1720814.63	OK
Lt.7	1087642.92	OK	1810540.96	OK
Lt.6	1143507.2	OK	1926372.63	OK
Lt.5	1223148.7	OK	2085093.74	OK
Lt.4	1338718.66	OK	2308730.11	OK
Lt.3	1533336.34	OK	2612784.62	OK
Lt.2	3297444.74	OK	4082457.31	OK
Lt.1	1933727.44	OK	3668254.98	OK
Lt.Mezzanine	3373922.51	OK	7304632.17	OK

Lampiran 8 : Pengecekan ketidakberaturan berat(massa) (Sistem Ganda).

Lantai	Massa	Cek
	kg	
Lt.23 Area Kolam	2369287.97	OK
Lt.22 Rooftop	2802269.71	OK
Lt.21	2889872.96	OK
Lt.20	2879434.89	OK
Lt.19	2889872.96	OK
Lt.18	2879434.89	OK
Lt.17	2889872.96	OK

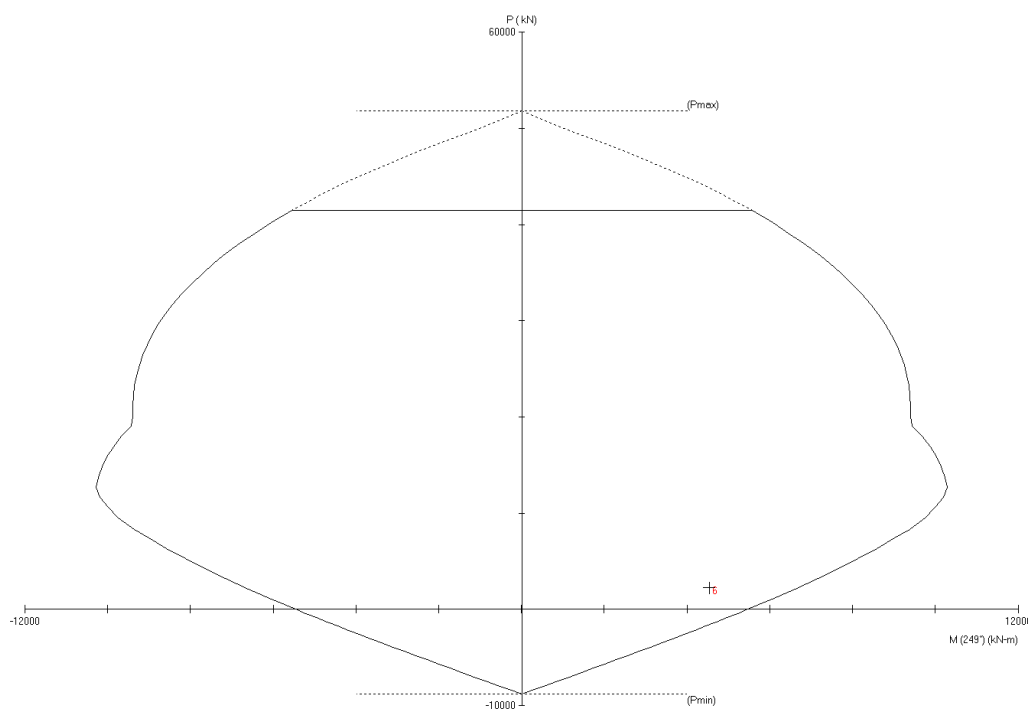
Lantai	Massa	Cek
	kg	
Lt.16	2879434.89	OK
Lt.15	2889872.96	OK
Lt.14	2879434.89	OK
Lt.13	2889872.96	OK
Lt.12	2879434.89	OK
Lt.11	2889872.96	OK
Lt.10	2929770.09	OK
Lt.9	2993308.16	OK
Lt.8	2982870.09	OK
Lt.7	2993308.16	OK
Lt.6	2982870.09	OK
Lt.5	2993308.16	OK
Lt.4	2982870.09	OK
Lt.3	2993308.16	OK
Lt.2	3482278.82	OK
Lt.1	2154937.38	OK
Lt.Mezzanine	1894982	OK

Lampiran 9 : Pengecekan Diskontinuitas dalam Ketidakberaturan Kuat Lateral Tingkat (Sistem Ganda).

Lantai	Arah X	Cek	Arah Y	Cek
	Kekuatan		Kekuatan	
	kN		kN	
Lt.23 Area Kolam	3372.1194		3161.2534	
Lt.22 Rooftop	6457.1183	OK	6139.6653	OK
Lt.21	8828.262	OK	8555.8236	OK
Lt.20	10609.7703	OK	10457.038	OK
Lt.19	11980.543	OK	11988.4356	OK
Lt.18	13053.7415	OK	13215.7575	OK
Lt.17	13949.2034	OK	14201.2884	OK
Lt.16	14737.9235	OK	15000.7264	OK
Lt.15	15473.2546	OK	15682.6962	OK
Lt.14	16181.7706	OK	16286.5486	OK
Lt.13	16872.0556	OK	16853.4546	OK
Lt.12	17539.2732	OK	17421.7239	OK
Lt.11	18189.2277	OK	18031.0166	OK
Lt.10	18830.5643	OK	18704.2185	OK

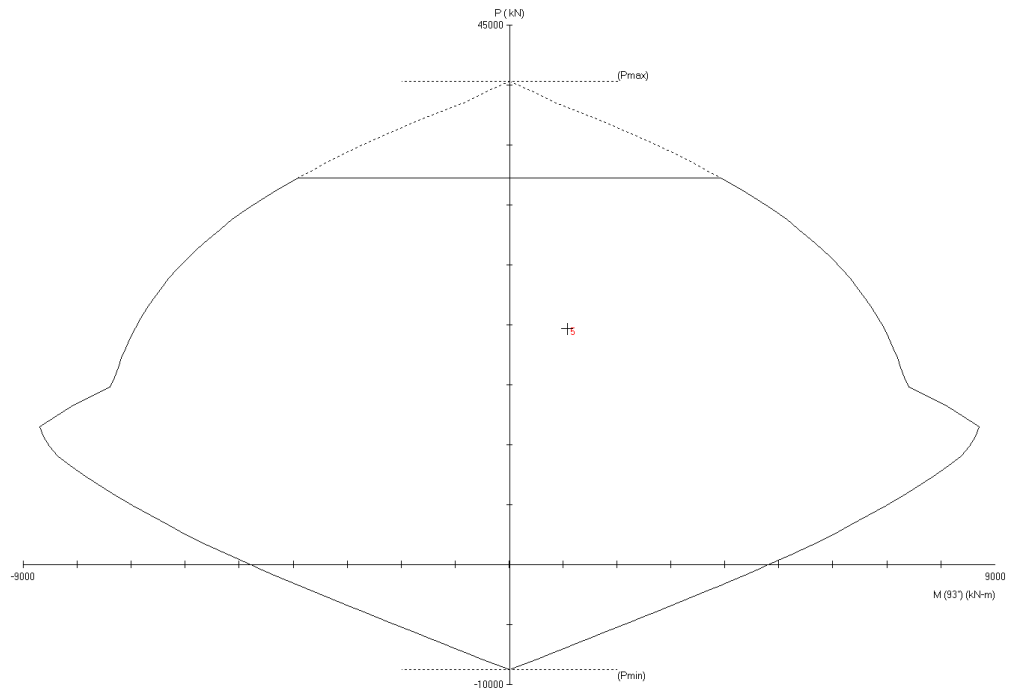
Lantai	Arah X	Cek	Arah Y	Cek
	Kekuatan		Kekuatan	
	kN		kN	
Lt.9	19488.2969	OK	19457.9333	OK
Lt.8	20175.6131	OK	20281.3368	OK
Lt.7	20913.127	OK	21173.44	OK
Lt.6	21715.7005	OK	22095.7873	OK
Lt.5	22591.2873	OK	23011.8831	OK
Lt.4	23488.953	OK	23881.1311	OK
Lt.3	24357.208	OK	24670.0222	OK
Lt.2	25271.8903	OK	25413.6018	OK
Lt.1	25662.5626	OK	25700.0284	OK
Lt.Mezzanine	25786.691	OK	25786.7076	OK

Lampiran 10 : Pengecekan Kolom K1 (Sistem Ganda).



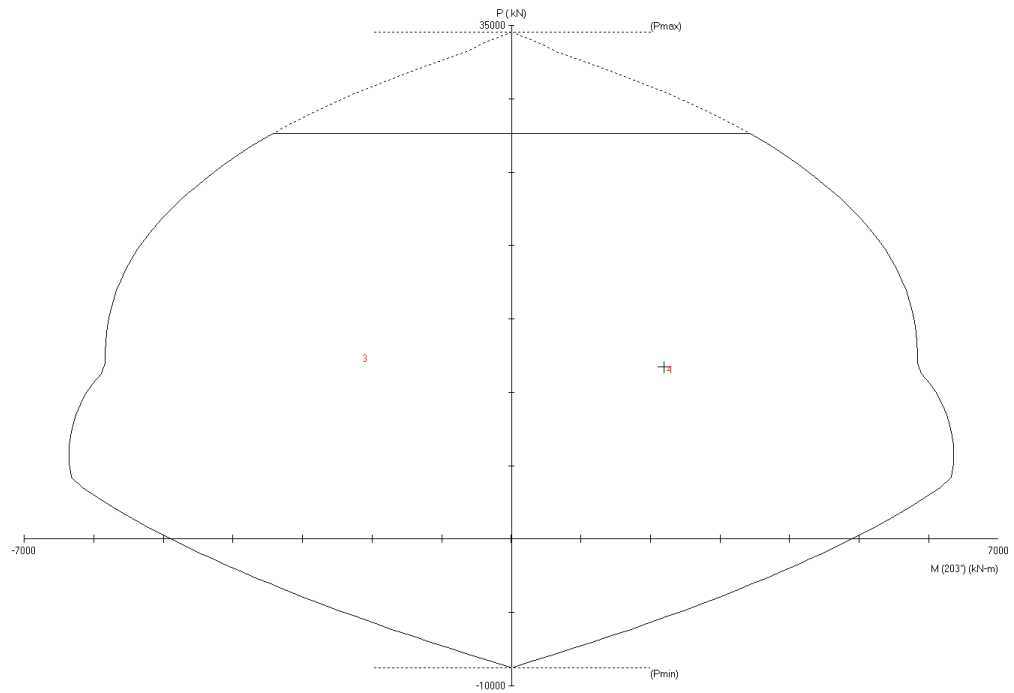
NO	Pu	Mux	Muy	fMnx	fMny	fMn/Mu
	kN	kN.m	kN.m	kN.m	kN.m	
1	30846	-1673.1	-829.9	-8554.7	-4243.4	5.113
2	-2067.7	-336.8	1070.4	-1257.7	3996.6	3.734
3	13764.1	4805	-1598.7	10895.8	-3625.3	2.268
4	11947.6	-4781.4	-1472.8	-11163.2	-3438.5	2.335
5	23294.9	-13.5	1817.4	-72.3	9707.5	5.342
6	2219.3	-1652.2	-4233.1	-2427	-6218.1	1.469

Lampiran 11 : Pengecekan Kolom K2-1 (Sistem Ganda).



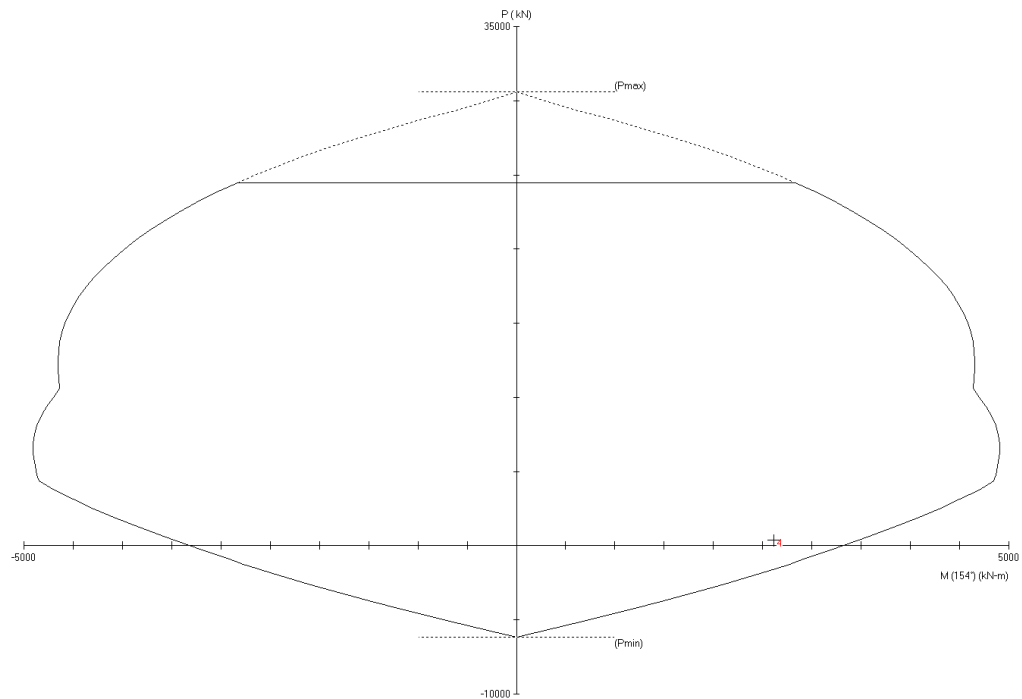
NO	Pu	Mux	Muy	fMnx	fMny	fMn/Mu
	kN	kN.m	kN.m	kN.m	kN.m	
1	28379.4	-74.5	-1539.3	-254.4	-5254.8	3.414
2	-1878.4	1118.5	227.1	4059.9	824.3	3.63
3	25438.1	2556.9	-737.1	5956.2	-1717	2.329
4	25646.5	-2598.4	-358.5	-6216.4	-857.6	2.392
5	19674.6	-57.3	1067.2	-372.1	6926	6.49
6	28379.4	-74.5	-1539.3	-254.4	-5254.8	3.414

Lampiran 12 : Pengecekan Kolom K2 (Sistem Ganda).



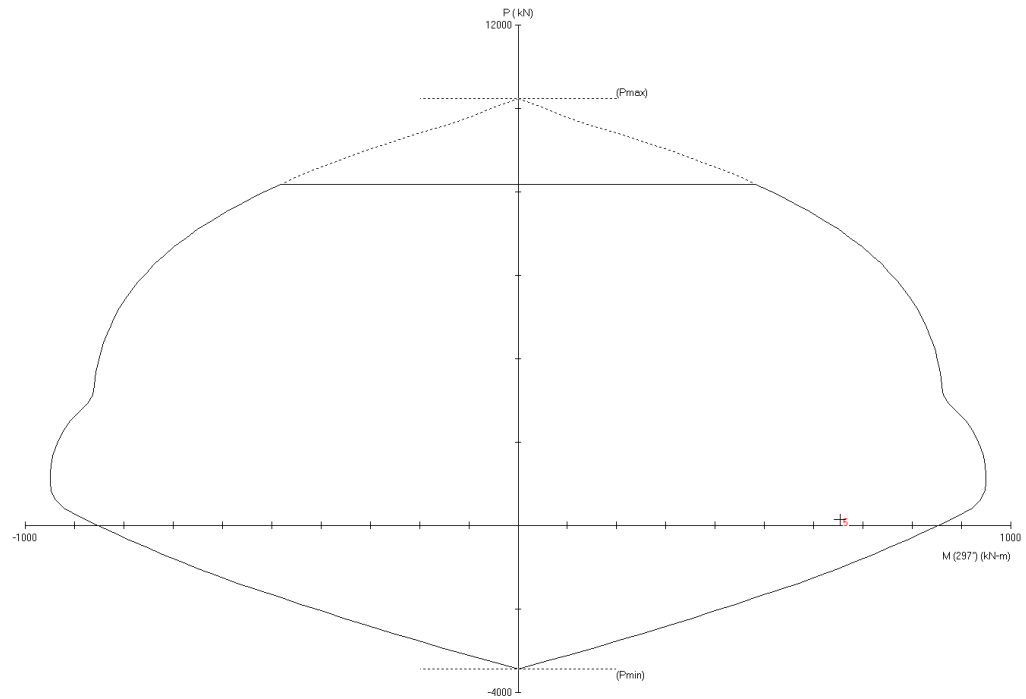
NO	Pu	Mux	Muy	fMnx	fMny	fMn/Mu
	kN	kN.m	kN.m	kN.m	kN.m	
1	27553.5	1246.5	643.1	3020	1558.2	2.423
2	-1739.7	901.8	-348.9	3843.9	-1487.1	4.262
3	12491.5	2030.2	802.9	5479.4	2167	2.699
4	11739	-2020.7	-844.3	-5405.2	-2258.5	2.675
5	12094.9	-874.2	1963.3	-2080.8	4673	2.38
6	12877.4	859.4	-1963.3	2044.1	-4669.7	2.379

Lampiran 13 : Pengecekan Kolom K3 (Sistem Ganda).



NO	P _u	M _{ux}	M _{uy}	fM _{nx}	fM _{ny}	fM _n /M _u
	kN	kN.m	kN.m	kN.m	kN.m	
1	17365	785.6	1060.3	2404.8	3245.7	3.061
2	22.7	-1246	-387.8	-3189.5	-992.7	2.56
3	646.9	2377.6	-897.6	3384.7	-1277.8	1.424
4	400	-2353.6	1135.3	-3148.8	1518.9	1.338
5	400	-2353.6	1135.3	-3148.8	1518.9	1.338
6	22.7	-1246	-387.8	-3189.5	-992.7	2.56

Lampiran 14 : Pengecekan Kolom KP (Sistem Ganda).



NO	Pu	Mux	Muy	fMnx	fMny	fMn/Mu
	kN	kN.m	kN.m	kN.m	kN.m	
1	151.4	-407.2	-87.4	-852.6	-183	2.094
2	-349.8	-755.8	-70.2	-771.5	-71.6	1.021
3	-340.1	741	75.2	772.4	78.4	1.042
4	-117.8	455.1	191	752.9	316	1.654
5	144	293.2	-584.2	393.7	-784.4	1.343
6	-340.1	741	75.2	772.4	78.4	1.042

Lampiran 15 : Tulangan pelat lantai mezzanine (Sistem Ganda).

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Properti Material dan Penampang				
Panjang Pelat Arah Sumbu 1, L_1		Jarak Antar Balok Induk	mm	8000
Panjang Pelat Arah Sumbu 2, L_2		Jarak Antar Balok Induk	mm	8000
Tebal Pelat, t		Input	mm	150
Diameter Tulangan, d_b		Input	mm	13
Selimut Bersih, c_c	Tabel 20.6.1.3.1	Input	mm	20
Tebal Efektif Penampang, d		$h - c_c - d_s - d_b/2$	mm	110.5
Kuat Tekan Beton, f_c'		Input	MPa	40
Kuat Leleh Tulangan, f_y		Input	MPa	420
Modulus Elastisitas Beton, E_c		$4700 * \sqrt{f_c'}$		29725
β_1	Tabel 22.2.2.4.3	$0.65 \leq 0.85 - 0.05 * (f_c' - 28) / 7 \leq 0.85$		0.7643
λ	Tabel 25.4.2.4	Asumsi tidak menggunakan beton ringan		1
Gaya Dalam				
M Max akibat M11 Max		Input	kN-m	20.367
M Min akibat M11 Min		Input	kN-m	-50.269
M Max akibat M22 Max		Input	kN-m	10.631
M Min akibat M22 Min		Input	kN-m	-36.634
V_u		Input	kN	94.183
Penulangan Lentur [Analisis untuk per meter lari]				
Momen Positif M11 --> Tulangan Lapangan Bawah Arah Sumbu 1 (X)				
Spasi Tulangan, s		Input		150
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	300
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max} ?$		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / s$ [Analisis untuk per 1 m]		6.6667
d_b			mm	13
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	137.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK

Parameter	Pasal Referensi SNI 2847:2019	Persamaan	Satuan	Nilai
As Pasang		$n \cdot \pi/4 \cdot d_b^2$	mm ²	884.882
As _{min} (fy < 420 MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% \cdot b \cdot t$	mm ²	300.000
As _{min} (fy ≥ 420 MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% \cdot 420 / f_y) \cdot b \cdot t$ dan $0.14\% \cdot b \cdot t$	mm ²	270.000
Cek As min		As Pasang ≥ As min ?		OK
Tinggi Blok Beton, a	22.2.2.4.1	$As \cdot f_y / (0.85 \cdot f_c' \cdot b)$	mm	10.931
Kapasitas Lentur, Mn	22.2.2.4.1	$As \cdot f_y \cdot (d - a/2)$	kN-m	39.036
Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	14.302
Regangan Tulangan Tarik, εs	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c \cdot 0.003$		0.020
Faktor Reduksi, φ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 \cdot 0.25 \leq 0.9$		0.900
Kapasitas Lentur Tereuksi, φMn		$\phi \cdot Mn$	kN-m	35.133
Momen Ultimit, Mu			kN-m	20.367
Cek Kapasitas		$\phi Mn > Mu ?$		OK
Momen Negatif M11 --> Tulangan Tumpuan Atas Arah Sumbu 1 (X)				
Spasi Tulangan, s		Input		100
Spasi Maksimum, smax	8.7.2.2	$2 \cdot t$ dan 450 mm	mm	300
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max} ?$		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		10
db			mm	13
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	87.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih ≥ db dan 25 mm?		OK
Jumlah Lapis				2
As Pasang		$n \cdot \pi/4 \cdot d_b^2$	mm ²	1327.323
As _{min} (fy < 420 MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% \cdot b \cdot t$	mm ²	300.000
As _{min} (fy ≥ 420 MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% \cdot 420 / f_y) \cdot b \cdot t$ dan $0.14\% \cdot b \cdot t$	mm ²	270.000
Cek As min		As Pasang ≥ As min ?		OK
Tinggi Blok Beton, a	22.2.2.4.1	$As \cdot f_y / (0.85 \cdot f_c' \cdot b)$	mm	16.396
Kapasitas Lentur, Mn	22.2.2.4.1	$As \cdot f_y \cdot (d - a/2)$	kN-m	57.031
Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	21.453

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Regangan Tulangan Tarik, ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.012
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
Kapasitas Lentur Tereduksi, ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	51.328
Momen Ultimit, M_u			kN-m	50.269
Cek $\phi M_n > M_u$		$\phi M_n > M_u ?$		OK
Momen Positif M22 --> Tulangan Lapangan Bawah Arah Sumbu 2 (Y)				
Spasi Tulangan, s		Input		150
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	300
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max} ?$		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		7
d_b			mm	13
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	137.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
Jumlah Lapis				2
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	884.882
As min ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% * b * t$	mm ²	300.000
As min ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% * 420 / f_y) * b * t$ dan $0.14\% * b * t$	mm ²	270.000
Cek As min		As Pasang $\geq$ As min ?		OK
Tinggi Blok Beton, a	22.2.2.4.1	$As * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	10.931
Kapasitas Lentur, M_n	22.2.2.4.1	$As * f_y * (d - d_b - a/2)$	kN-m	34.205
Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	14.302
Regangan Tulangan Tarik, ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.020
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
Kapasitas Lentur Tereduksi, ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	30.784
Momen Ultimit, M_u			kN-m	10.631
Cek $\phi M_n > M_u$		$\phi M_n > M_u ?$		OK
Momen Negatif M22 --> Tulangan Tumpuan Atas Arah Sumbu 2 (Y)				
Spasi Tulangan, s		Input		100

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	300
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max} ?$		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		10
d_b			mm	13
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	87.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
Jumlah Lapis				2
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	1327.323
$A_{s \min}$ ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% * b * t$	mm ²	300.000
$A_{s \min}$ ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% * 420 / f_y) * b * t$ dan $0.14\% * b * t$	mm ²	270.000
Cek $A_{s \min}$		$A_{s \text{ Pasang}} \geq A_{s \min} ?$		OK
Tinggi Blok Beton, a	22.2.2.4.1	$A_s * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	16.396
Kapasitas Lentur, M_n	22.2.2.4.1	$A_s * f_y * (d - d_b - a/2)$	kN-m	49.784
Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	21.453
Regangan Tulangan Tarik, ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.012
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
Kapasitas Lentur Tereduksi, ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	44.805
Momen Ultimit, M_u			kN-m	36.634
Cek $\phi M_n > M_u$		$\phi M_n > M_u ?$		OK
Tulangan Minimum (untuk Tumpuan Bawah dan Lapangan Atas, Arah X dan Y)				
Spasi Tulangan, s		Input		150
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	300
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max} ?$		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		7
d_b			mm	13
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	137.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
Jumlah Lapis				2

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
As Pasang		$n \cdot \pi/4 \cdot d_b^2$	mm ²	884.882
As _{min} (fy < 420 MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% \cdot b \cdot t$	mm ²	300.000
As _{min} (fy ≥ 420 MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% \cdot 420 / f_y) \cdot b \cdot t$ dan $0.14\% \cdot b \cdot t$	mm ²	270.000
Cek As min		As Pasang ≥ As min ?		OK
Pengecekan Kapasitas Geser				
Kapasitas Geser Beton, V _c		$0.17 \cdot f_c^{0.5} \cdot b \cdot d$	kN	118.807
Faktor Reduksi, φ	Tabel 21.2.2			0.75
Ambang Batas Geser Pelat	7.6.3.1	$0.5 \phi V_c$	kN	44.553
Perlu Tulangan Geser Pelat?		$V_u > 0.5 \phi V_c$?		Perlu
Lendutan Pelat				
Kapasitas Retak Lentur				
Momen Inersia Pelat, I _g			mm ⁴	281250000
Tegangan Retak, f _r		$0.62 \cdot \sqrt{f_c'}$	MPa	3.921
Garis Netral, y		$t / 2$	mm	75.000
Kapasitas Retak Lentur, M _{cr}		$f_r \cdot I_g / y$	kN _m	14.705
Momen Inersia Retak, I _{cr}		$0.25 I_g$	mm ⁴	70312500
Lendutan Arah Sumbu 1				
M11 Max Akibat SIDL			kN _m	7.039
M11 Min Akibat SIDL			kN _m	-3.862
M11 Max Akibat LL			kN _m	9.182
M11 Min Akibat LL			kN _m	-20.786
Ma Lapangan (+)		$\sum M11 \text{ Max}$	kN _m	16.221
Ma Tumpuan (-)		$\sum M11 \text{ Min}$	kN _m	-24.648
M _{cr} / M _a Lapangan				0.907
M _{cr} / M _a Tumpuan				0.597
I _e Lapangan		$(M_{cr} / M_a)^3 I_g + [1 - (M_{cr} / M_a)^3] I_{cr} < I_g$	mm ⁴	227449979
I _e Tumpuan		$(M_{cr} / M_a)^3 I_g + [1 - (M_{cr} / M_a)^3] I_{cr} < I_g$	mm ⁴	115101111
I _e Rata-Rata		$0.5 \cdot I_e \text{ Lapangan} + 0.5 \cdot I_e \text{ Tumpuan}$	mm ⁴	171275545

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Lendutan Seketika Akibat SIDL, $\delta_{i, \text{SIDL}}$		$5 / 48 L^2 / (E_c * I_g) * [M_{\text{lap}} + 0.2 M_{\text{tump}}]$	mm	10.229
Lendutan Seketika Akibat LL, $\delta_{i, \text{LL}}$		$5 / 48 L^2 / (E_c * I_g) * [M_{\text{lap}} + 0.2 M_{\text{tump}}]$	mm	17.467
Syarat Lendutan Seketika LL	Tabel 24.2.2	$L / 360$	mm	22.222
Cek Lendutan Seketika				OK
Faktor Jangka Panjang, λ		$2 / (1 + 50 * \rho')$		1.428
Lendutan Jangka Panjang, Δ_{LT}	Tabel 24.2.2	$(\delta_{i, \text{SIDL}}) * \lambda + \delta_{i, \text{LL}}$		32.075
Syarat Lendutan Jangka Panjang	Tabel 24.2.2	$L / 240$ atau $L / 480$	mm	33.333
Cek Lendutan Jangka Panjang				OK
Lendutan Arah Sumbu 2				
M22 Max Akibat SIDL			kN m	3.7
M22 Min Akibat SIDL			kN m	-8.654
M22 Max Akibat LL			kN m	3.628
M22 Min Akibat LL			kN m	-7.01
Ma Lapangan (+)		$\sum M_{11} \text{ Max}$	kN m	7.328
Ma Tumpuan (-)		$\sum M_{11} \text{ Min}$	kN m	-15.664
M_{cr} / M_a Lapangan				2.007
M_{cr} / M_a Tumpuan				0.939
I_e Lapangan		$(M_{\text{cr}} / M_a)^3 I_g + [1 - (M_{\text{cr}} / M_a)^3] I_{\text{cr}} < I_g$	mm ⁴	281250000
I_e Tumpuan		$(M_{\text{cr}} / M_a)^3 I_g + [1 - (M_{\text{cr}} / M_a)^3] I_{\text{cr}} < I_g$	mm ⁴	244816196
I_e Rata-Rata		$0.5 * I_e \text{ Lapangan} + 0.5 * I_e \text{ Tumpuan}$	mm ⁴	263033098
Lendutan Seketika Akibat SIDL, $\delta_{i, \text{SIDL}}$		$5 / 48 L^2 / (E_c * I_g) * [M_{\text{lap}} + 0.2 M_{\text{tump}}]$	mm	4.631
Lendutan Seketika Akibat LL, $\delta_{i, \text{LL}}$		$5 / 48 L^2 / (E_c * I_g) * [M_{\text{lap}} + 0.2 M_{\text{tump}}]$	mm	4.289
Syarat Lendutan Seketika LL	Tabel 24.2.2	$L / 360$	mm	22.222
Cek Lendutan Seketika				OK
Faktor Jangka Panjang, λ		$2 / (1 + 50 * \rho')$		1.428
Lendutan Jangka Panjang, Δ_{LT}	Tabel 24.2.2	$(\delta_{i, \text{SIDL}}) * \lambda + \delta_{i, \text{LL}}$		10.902
Syarat Lendutan Jangka Panjang	Tabel 24.2.2	$L / 240$ atau $L / 480$	mm	33.333
Cek Lendutan Jangka Panjang				OK

Lampiran 16 : Tulangan pelat lantai 1 (Sistem Ganda)

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Properti Material dan Penampang				
Panjang Pelat Arah Sumbu 1, L_1		Jarak Antar Balok Induk	mm	8000
Panjang Pelat Arah Sumbu 2, L_2		Jarak Antar Balok Induk	mm	8000
Tebal Pelat, t		Input	mm	150
Diameter Tulangan, d_b		Input	mm	13
Selimut Bersih, c_c	Tabel 20.6.1.3.1	Input	mm	20
Tebal Efektif Penampang, d		$h - c_c - d_s - d_b/2$	mm	110.5
Kuat Tekan Beton, f_c'		Input	MPa	40
Kuat Leleh Tulangan, f_y		Input	MPa	420
Modulus Elastisitas Beton, E_c		$4700 * \sqrt{f_c'}$		29725
β_1	Tabel 22.2.2.4.3	$0.65 \leq 0.85 - 0.05 * (f_c' - 28) / 7 \leq 0.85$		0.7643
λ	Tabel 25.4.2.4	Asumsi tidak menggunakan beton ringan		1
Gaya Dalam				
M Max akibat M11 Max		Input	kN-m	23.106
M Min akibat M11 Min		Input	kN-m	-40.23
M Max akibat M22 Max		Input	kN-m	10.884
M Min akibat M22 Min		Input	kN-m	-39.102
V_u		Input	kN	60.951
Penulangan Lentur [Analisis untuk per meter lari]				
Momen Positif M11 --> Tulangan Lapangan Bawah Arah Sumbu 1 (X)				
Spasi Tulangan, s		Input		150
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	300
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max} ?$		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / s$ [Analisis untuk per 1 m]		6.6667
d_b			mm	13
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	137.000

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
As Pasang		$n \cdot \pi/4 \cdot d_b^2$	mm ²	884.88 2
As _{min} (fy < 420 MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% \cdot b \cdot t$	mm ²	300.00 0
As _{min} (fy $\geq$ 420 MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% \cdot 420 / f_y) \cdot b \cdot t$ dan $0.14\% \cdot b \cdot t$	mm ²	270.00 0
Cek As min		As Pasang $\geq$ As min ?		OK
Tinggi Blok Beton, a	22.2.2.4.1	$As \cdot f_y / (0.85 \cdot f_c' \cdot b)$	mm	10.931
Kapasitas Lentur, M _n	22.2.2.4.1	$As \cdot f_y \cdot (d - a/2)$	kN-m	39.036
Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	14.302
Regangan Tulangan Tarik, ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c \cdot 0.003$		0.020
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 \cdot 0.25 \leq 0.9$		0.900
Kapasitas Lentur Tereuksi, ϕM_n		$\phi \cdot M_n$	kN-m	35.133
Momen Ultimit, M _u			kN-m	23.106
Cek Kapasitas		$\phi M_n > M_u$?		OK
Momen Negatif M11 --> Tulangan Tumpuan Atas Arah Sumbu 1 (X)				
Spasi Tulangan, s		Input		100
Spasi Maksimum, s _{max}	8.7.2.2	$2 \cdot t$ dan 450 mm	mm	300
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max}$?		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		10
d _b			mm	13
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	87.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
Jumlah Lapis				2
As Pasang		$n \cdot \pi/4 \cdot d_b^2$	mm ²	1327.3 23
As _{min} (fy < 420 MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% \cdot b \cdot t$	mm ²	300.00 0
As _{min} (fy $\geq$ 420 MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% \cdot 420 / f_y) \cdot b \cdot t$ dan $0.14\% \cdot b \cdot t$	mm ²	270.00 0
Cek As min		As Pasang $\geq$ As min ?		OK
Tinggi Blok Beton, a	22.2.2.4.1	$As \cdot f_y / (0.85 \cdot f_c' \cdot b)$	mm	16.396
Kapasitas Lentur, M _n	22.2.2.4.1	$As \cdot f_y \cdot (d - a/2)$	kN-m	57.031

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	21.453
Regangan Tulangan Tarik, ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.012
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
Kapasitas Lentur Tereduksi, ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	51.328
Momen Ultimit, M_u			kN-m	40.230
Cek $\phi M_n > M_u$		$\phi M_n > M_u ?$		OK
Momen Positif M22 --> Tulangan Lapangan Bawah Arah Sumbu 2 (Y)				
Spasi Tulangan, s		Input		150
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	300
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max} ?$		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		7
d_b			mm	13
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	137.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
Jumlah Lapis				2
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	884.882
$A_{s \min}$ ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% * b * t$	mm ²	300.000
$A_{s \min}$ ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% * 420 / f_y) * b * t$ dan $0.14\% * b * t$	mm ²	270.000
Cek $A_{s \min}$		$A_{s \text{ Pasang}} \geq A_{s \min} ?$		OK
Tinggi Blok Beton, a	22.2.2.4.1	$A_s * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	10.931
Kapasitas Lentur, M_n	22.2.2.4.1	$A_s * f_y * (d - d_b - a/2)$	kN-m	34.205
Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	14.302
Regangan Tulangan Tarik, ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.020
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
Kapasitas Lentur Tereduksi, ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	30.784
Momen Ultimit, M_u			kN-m	10.884
Cek $\phi M_n > M_u$		$\phi M_n > M_u ?$		OK
Momen Negatif M22 --> Tulangan Tumpuan Atas Arah Sumbu 2 (Y)				

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Spasi Tulangan, s		Input		100
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	300
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max} ?$		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		10
d_b			mm	13
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	87.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
Jumlah Lapis				2
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	1327.323
As min ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% * b * t$	mm ²	300.000
As min ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% * 420 / f_y) * b * t$ dan $0.14\% * b * t$	mm ²	270.000
Cek As min		As Pasang $\geq$ As min ?		OK
Tinggi Blok Beton, a	22.2.2.4.1	$As * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	16.396
Kapasitas Lentur, M_n	22.2.2.4.1	$As * f_y * (d - d_b - a/2)$	kN-m	49.784
Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	21.453
Regangan Tulangan Tarik, ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.012
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003$ dan $0.25 \leq 0.9$		0.900
Kapasitas Lentur Tereduksi, ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	44.805
Momen Ultimit, M_u			kN-m	39.102
Cek $\phi M_n > M_u$		$\phi M_n > M_u ?$		OK
Tulangan Minimum (untuk Tumpuan Bawah dan Lapangan Atas, Arah X dan Y)				
Spasi Tulangan, s		Input		150
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	300
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max} ?$		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		7
d_b			mm	13
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	137.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Jumlah Lapis				2
As Pasang		$n \cdot \pi / 4 \cdot d_b^2$	mm ²	884.88 2
As _{min} (fy < 420 MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% \cdot b \cdot t$	mm ²	300.00 0
As _{min} (fy ≥ 420 MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% \cdot 420 / f_y) \cdot b \cdot t$ dan $0.14\% \cdot b \cdot t$	mm ²	270.00 0
Cek As min		As Pasang ≥ As min ?		OK
Pengecekan Kapasitas Geser				
Kapasitas Geser Beton, V _c		$0.17 \cdot f_c^{0.5} \cdot b \cdot d$	kN	118.80 7
Faktor Reduksi, φ	Tabel 21.2.2			0.75
Ambang Batas Geser Pelat	7.6.3.1	$0.5 \phi V_c$	kN	44.553
Perlu Tulangan Geser Pelat?		$V_u > 0.5 \phi V_c$?		Perlu
Lendutan Pelat				
Kapasitas Retak Lentur				
Momen Inersia Pelat, I _g			mm ⁴	281250 000
Tegangan Retak, f _r		$0.62 \sqrt{f_c'}$	MPa	3.921
Garis Netral, y		$t / 2$	mm	75.000
Kapasitas Retak Lentur, M _{cr}		$f_r \cdot I_g / y$	kNm	14.705
Momen Inersia Retak, I _{cr}		$0.25 I_g$	mm ⁴	703125 00
Lendutan Arah Sumbu 1				
M11 Max Akibat SIDL			kNm	8.953
M11 Min Akibat SIDL			kNm	-4.85
M11 Max Akibat LL			kNm	3.797
M11 Min Akibat LL			kNm	-12.45
Ma Lapangan (+)		$\sum M_{11} \text{ Max}$	kNm	12.75
Ma Tumpuan (-)		$\sum M_{11} \text{ Min}$	kNm	-17.3
M _{cr} / M _a Lapangan				1.153
M _{cr} / M _a Tumpuan				0.850
I _e Lapangan		$(M_{cr} / M_a)^3 I_g + [1 - (M_{cr} / M_a)^3] I_{cr} < I_g$	mm ⁴	281250 000

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
I_e Tumpuan		$(M_{cr} / M_a)^3 I_g + [1 - (M_{cr} / M_a)^3] I_{cr} < I_g$	mm ⁴	199843687
I_e Rata-Rata		$0.5 * I_e \text{ Lapangan} + 0.5 * I_e \text{ Tumpuan}$	mm ⁴	240546843
Lendutan Seketika Akibat SIDL, $\delta_{i, \text{SIDL}}$		$5 / 48 L^2 / (E_c * I_g) * [M_{\text{lap}} + 0.2 M_{\text{tum}}]$	mm	9.252
Lendutan Seketika Akibat LL, $\delta_{i, \text{LL}}$		$5 / 48 L^2 / (E_c * I_g) * [M_{\text{lap}} + 0.2 M_{\text{tum}}]$	mm	5.862
Syarat Lendutan Seketika LL	Tabel 24.2.2	$L / 360$	mm	22.222
Cek Lendutan Seketika				OK
Faktor Jangka Panjang, λ		$2 / (1 + 50 * \rho')$		1.428
Lendutan Jangka Panjang, Δ_{LT}	Tabel 24.2.2	$(\delta_{i, \text{SIDL}}) * \lambda + \delta_{i, \text{LL}}$		19.075
Syarat Lendutan Jangka Panjang	Tabel 24.2.2	$L / 240$ atau $L / 480$	mm	33.333
Cek Lendutan Jangka Panjang				OK
Lendutan Arah Sumbu 2				
M22 Max Akibat SIDL			kN m	3.286
M22 Min Akibat SIDL			kN m	-8.457
M22 Max Akibat LL			kN m	3.702
M22 Min Akibat LL			kN m	-8.547
Ma Lapangan (+)		$\sum M_{11} \text{ Max}$	kN m	6.988
Ma Tumpuan (-)		$\sum M_{11} \text{ Min}$	kN m	-17.004
M_{cr} / M_a Lapangan				2.104
M_{cr} / M_a Tumpuan				0.865
I_e Lapangan		$(M_{cr} / M_a)^3 I_g + [1 - (M_{cr} / M_a)^3] I_{cr} < I_g$	mm ⁴	281250000
I_e Tumpuan		$(M_{cr} / M_a)^3 I_g + [1 - (M_{cr} / M_a)^3] I_{cr} < I_g$	mm ⁴	206726632
I_e Rata-Rata		$0.5 * I_e \text{ Lapangan} + 0.5 * I_e \text{ Tumpuan}$	mm ⁴	243988316
Lendutan Seketika Akibat SIDL, $\delta_{i, \text{SIDL}}$		$5 / 48 L^2 / (E_c * I_g) * [M_{\text{lap}} + 0.2 M_{\text{tum}}]$	mm	4.575
Lendutan Seketika Akibat LL, $\delta_{i, \text{LL}}$		$5 / 48 L^2 / (E_c * I_g) * [M_{\text{lap}} + 0.2 M_{\text{tum}}]$	mm	4.974
Syarat Lendutan Seketika LL	Tabel 24.2.2	$L / 360$	mm	22.222
Cek Lendutan Seketika				OK
Faktor Jangka Panjang, λ		$2 / (1 + 50 * \rho')$		1.428

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Lendutan Jangka Panjang, Δ_{LT}	Tabel 24.2.2	$(\delta_{i, SIDL}) * \lambda + \delta_{i, LL}$		11.508
Syarat Lendutan Jangka Panjang	Tabel 24.2.2	$L / 240$ atau $L / 480$	mm	33.333
Cek Lendutan Jangka Panjang				OK

Lampiran 17 : Tulangan pelat lantai 2 (Sistem Ganda).

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Properti Material dan Penampang				
Panjang Pelat Arah Sumbu 1, L_1		Jarak Antar Balok Induk	mm	8000
Panjang Pelat Arah Sumbu 2, L_2		Jarak Antar Balok Induk	mm	8000
Tebal Pelat, t		Input	mm	150
Diameter Tulangan, d_b		Input	mm	13
Selimut Bersih, c_c	Tabel 20.6.1.3.1	Input	mm	20
Tebal Efektif Penampang, d		$h - c_c - d_s - d_b/2$	mm	110.5
Kuat Tekan Beton, f_c'		Input	MPa	40
Kuat Leleh Tulangan, f_y		Input	MPa	420
Modulus Elastisitas Beton, E_c		$4700 * \sqrt{f_c'}$		29725
β_1	Tabel 22.2.2.4.3	$0.65 \leq 0.85 - 0.05 * (f_c' - 28) / 7 \leq 0.85$		0.7643
λ	Tabel 25.4.2.4	Asumsi tidak menggunakan beton ringan		1
Gaya Dalam				
M Max akibat M11 Max		Input	kN-m	20.517
M Min akibat M11 Min		Input	kN-m	-47.012
M Max akibat M22 Max		Input	kN-m	10.509
M Min akibat M22 Min		Input	kN-m	-36.967
V_u		Input	kN	72.514
Penulangan Lentur [Analisis untuk per meter lari]				
Momen Positif M11 --> Tulangan Lapangan Bawah Arah Sumbu 1 (X)				

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Spasi Tulangan, s		Input		150
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	300
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max} ?$		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / s$ [Analisis untuk per 1 m]		6.6667
d_b			mm	13
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	137.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	884.882
$A_{s \min}$ ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% * b * t$	mm ²	300.000
$A_{s \min}$ ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% * 420 / f_y) * b * t$ dan $0.14\% * b * t$	mm ²	270.000
Cek $A_{s \min}$		$A_{s \text{ Pasang}} \geq A_{s \min} ?$		OK
Tinggi Blok Beton, a	22.2.2.4.1	$A_s * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	10.931
Kapasitas Lentur, M_n	22.2.2.4.1	$A_s * f_y * (d - a/2)$	kN-m	39.036
Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	14.302
Regangan Tulangan Tarik, ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.020
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
Kapasitas Lentur Tereuksi, ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	35.133
Momen Ultimit, M_u			kN-m	20.517
Cek Kapasitas		$\phi M_n > M_u ?$		OK
Momen Negatif M11 --> Tulangan Tumpuan Atas Arah Sumbu 1 (X)				
Spasi Tulangan, s		Input		100
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	300
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max} ?$		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		10
d_b			mm	13
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	87.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
Jumlah Lapis				2

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
As Pasang		$n \cdot \pi/4 \cdot d_b^2$	mm ²	1327.323
As _{min} (fy < 420 MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% \cdot b \cdot t$	mm ²	300.000
As _{min} (fy ≥ 420 MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% \cdot 420 / f_y) \cdot b \cdot t$ dan $0.14\% \cdot b \cdot t$	mm ²	270.000
Cek As min		As Pasang ≥ As min ?		OK
Tinggi Blok Beton, a	22.2.2.4.1	$As \cdot f_y / (0.85 \cdot f_c' \cdot b)$	mm	16.396
Kapasitas Lentur, Mn	22.2.2.4.1	$As \cdot f_y \cdot (d - a/2)$	kN-m	57.031
Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	21.453
Regangan Tulangan Tarik, εs	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c \cdot 0.003$		0.012
Faktor Reduksi, φ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 \cdot 0.25 \leq 0.9$		0.900
Kapasitas Lentur Tereduksi, φMn		$\phi \cdot M_n$	kN-m	51.328
Momen Ultimit, Mu			kN-m	47.012
Cek φMn > Mu		φMn > Mu ?		OK
Momen Positif M22 --> Tulangan Lapangan Bawah Arah Sumbu 2 (Y)				
Spasi Tulangan, s		Input		150
Spasi Maksimum, s _{max}	8.7.2.2	$2 \cdot t$ dan 450 mm	mm	300
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max}$?		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		7
db			mm	13
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	137.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih ≥ db dan 25 mm?		OK
Jumlah Lapis				2
As Pasang		$n \cdot \pi/4 \cdot d_b^2$	mm ²	884.882
As _{min} (fy < 420 MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% \cdot b \cdot t$	mm ²	300.000
As _{min} (fy ≥ 420 MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% \cdot 420 / f_y) \cdot b \cdot t$ dan $0.14\% \cdot b \cdot t$	mm ²	270.000
Cek As min		As Pasang ≥ As min ?		OK
Tinggi Blok Beton, a	22.2.2.4.1	$As \cdot f_y / (0.85 \cdot f_c' \cdot b)$	mm	10.931
Kapasitas Lentur, Mn	22.2.2.4.1	$As \cdot f_y \cdot (d - d_b - a/2)$	kN-m	34.205
Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	14.302

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Regangan Tulangan Tarik, ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.020
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
Kapasitas Lentur Tereduksi, ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	30.784
Momen Ultimit, M_u			kN-m	10.509
Cek $\phi M_n > M_u$		$\phi M_n > M_u ?$		OK
Momen Negatif M22 --> Tulangan Tumpuan Atas Arah Sumbu 2 (Y)				
Spasi Tulangan, s		Input		100
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	300
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max} ?$		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		10
d_b			mm	13
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	87.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
Jumlah Lapis				2
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	1327.323
$A_{s \min}$ ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% * b * t$	mm ²	300.000
$A_{s \min}$ ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% * 420 / f_y) * b * t$ dan $0.14\% * b * t$	mm ²	270.000
Cek $A_{s \min}$		$A_{s \text{ Pasang}} \geq A_{s \min} ?$		OK
Tinggi Blok Beton, a	22.2.2.4.1	$A_s * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	16.396
Kapasitas Lentur, M_n	22.2.2.4.1	$A_s * f_y * (d - d_b - a/2)$	kN-m	49.784
Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	21.453
Regangan Tulangan Tarik, ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.012
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
Kapasitas Lentur Tereduksi, ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	44.805
Momen Ultimit, M_u			kN-m	36.967
Cek $\phi M_n > M_u$		$\phi M_n > M_u ?$		OK
Tulangan Minimum (untuk Tumpuan Bawah dan Lapangan Atas, Arah X dan Y)				
Spasi Tulangan, s		Input		150

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	300
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max} ?$		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		7
d_b			mm	13
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	137.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
Jumlah Lapis				2
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	884.882
$A_{s \min}$ ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% * b * t$	mm ²	300.000
$A_{s \min}$ ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% * 420 / f_y) * b * t$ dan $0.14\% * b * t$	mm ²	270.000
Cek $A_{s \min}$		$A_{s \text{ Pasang}} \geq A_{s \min} ?$		OK
Pengecekan Kapasitas Geser				
Kapasitas Geser Beton, V_c		$0.17 * f_c^{0.5} * b * d$	kN	118.807
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2			0.75
Ambang Batas Geser Pelat	7.6.3.1	$0.5 \phi V_c$	kN	44.553
Perlu Tulangan Geser Pelat?		$V_u > 0.5 \phi V_c ?$		Perlu
Lendutan Pelat				
Kapasitas Retak Lentur				
Momen Inersia Pelat, I_g			mm ⁴	281250000
Tegangan Retak, f_r		$0.62 \sqrt{f_c'}$	MPa	3.921
Garis Netral, y		$t / 2$	mm	75.000
Kapasitas Retak Lentur, M_{cr}		$f_r * I_g / y$	kNm	14.705
Momen Inersia Retak, I_{cr}		$0.25 I_g$	mm ⁴	70312500
Lendutan Arah Sumbu 1				
M11 Max Akibat SIDL			kNm	3.612
M11 Min Akibat SIDL			kNm	-4.9
M11 Max Akibat LL			kNm	4.16
M11 Min Akibat LL			kNm	-13.349

Parameter	Pasal Referensi SNI 2847:2019	Persamaan	Satuan	Nilai
Ma Lapangan (+)		$\sum M_{11} \text{ Max}$	kN/m	7.772
Ma Tumpuan (-)		$\sum M_{11} \text{ Min}$	kN/m	-18.249
M_{cr} / M_a Lapangan				1.892
M_{cr} / M_a Tumpuan				0.806
I_e Lapangan		$(M_{cr} / M_a)^3 I_g + [1 - (M_{cr} / M_a)^3] I_{cr} < I_g$	mm ⁴	281250000
I_e Tumpuan		$(M_{cr} / M_a)^3 I_g + [1 - (M_{cr} / M_a)^3] I_{cr} < I_g$	mm ⁴	180668370
I_e Rata-Rata		$0.5 * I_e \text{ Lapangan} + 0.5 * I_e \text{ Tumpuan}$	mm ⁴	230959185
Lendutan Seketika Akibat SIDL, $\delta_{i, \text{SIDL}}$		$5 / 48 L^2 / (E_c * I_g) * [M_{\text{lap}} + 0.2 M_{\text{tun}}]$	mm	4.459
Lendutan Seketika Akibat LL, $\delta_{i, \text{LL}}$		$5 / 48 L^2 / (E_c * I_g) * [M_{\text{lap}} + 0.2 M_{\text{tun}}]$	mm	6.632
Syarat Lendutan Seketika LL	Tabel 24.2.2	$L / 360$	mm	22.222
Cek Lendutan Seketika				OK
Faktor Jangka Panjang, λ		$2 / (1 + 50 * \rho')$		1.428
Lendutan Jangka Panjang, Δ_{LT}	Tabel 24.2.2	$(\delta_{i, \text{SIDL}}) * \lambda + \delta_{i, \text{LL}}$		13.000
Syarat Lendutan Jangka Panjang	Tabel 24.2.2	$L / 240$ atau $L / 480$	mm	33.333
Cek Lendutan Jangka Panjang				OK
Lendutan Arah Sumbu 2				
M22 Max Akibat SIDL			kN/m	3.043
M22 Min Akibat SIDL			kN/m	-8.82
M22 Max Akibat LL			kN/m	3.223
M22 Min Akibat LL			kN/m	-8.614
Ma Lapangan (+)		$\sum M_{11} \text{ Max}$	kN/m	6.266
Ma Tumpuan (-)		$\sum M_{11} \text{ Min}$	kN/m	-17.434
M_{cr} / M_a Lapangan				2.347
M_{cr} / M_a Tumpuan				0.843
I_e Lapangan		$(M_{cr} / M_a)^3 I_g + [1 - (M_{cr} / M_a)^3] I_{cr} < I_g$	mm ⁴	281250000
I_e Tumpuan		$(M_{cr} / M_a)^3 I_g + [1 - (M_{cr} / M_a)^3] I_{cr} < I_g$	mm ⁴	196879804
I_e Rata-Rata		$0.5 * I_e \text{ Lapangan} + 0.5 * I_e \text{ Tumpuan}$	mm ⁴	239064902

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Lendutan Seketika Akibat SIDL, $\delta_{i, \text{SIDL}}$		$5 / 48 L^2 / (E_c * I_g) * [M_{\text{lap}} + 0.2 M_{\text{tum}}]$	mm	4.510
Lendutan Seketika Akibat LL, $\delta_{i, \text{LL}}$		$5 / 48 L^2 / (E_c * I_g) * [M_{\text{lap}} + 0.2 M_{\text{tum}}]$	mm	4.640
Syarat Lendutan Seketika LL	Tabel 24.2.2	$L / 360$	mm	22.222
Cek Lendutan Seketika				OK
Faktor Jangka Panjang, λ		$2 / (1 + 50 * \rho')$		1.428
Lendutan Jangka Panjang, Δ_{LT}	Tabel 24.2.2	$(\delta_{i, \text{SIDL}}) * \lambda + \delta_{i, \text{LL}}$		11.080
Syarat Lendutan Jangka Panjang	Tabel 24.2.2	$L / 240$ atau $L / 480$	mm	33.333
Cek Lendutan Jangka Panjang				OK

Lampiran 18 : Tulangan pelat lantai 3-22 (Sistem Ganda).

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Properti Material dan Penampang				
Panjang Pelat Arah Sumbu 1, L_1		Jarak Antar Balok Induk	mm	8000
Panjang Pelat Arah Sumbu 2, L_2		Jarak Antar Balok Induk	mm	8000
Tebal Pelat, t		Input	mm	150
Diameter Tulangan, d_b		Input	mm	13
Selimut Bersih, c_c	Tabel 20.6.1.3.1	Input	mm	20
Tebal Efektif Penampang, d		$h - c_c - d_s - d_b/2$	mm	110.5
Kuat Tekan Beton, f_c'		Input	MPa	40
Kuat Leleh Tulangan, f_y		Input	MPa	420
Modulus Elastisitas Beton, E_c		$4700 * \sqrt{f_c'}$		29725
β_1	Tabel 22.2.2.4.3	$0.65 \leq 0.85 - 0.05 * (f_c' - 28) / 7 \leq 0.85$		0.7643
λ	Tabel 25.4.2.4	Asumsi tidak menggunakan beton ringan		1
Gaya Dalam				
M Max akibat M11 Max		Input	kN-m	20.845
M Min akibat M11 Min		Input	kN-m	-47.058

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
M Max akibat M22 Max		Input	kN-m	10.761
M Min akibat M22 Min		Input	kN-m	-39.706
Vu		Input	kN	72.438
Penulangan Lentur [Analisis untuk per meter lari]				
Momen Positif M11 --> Tulangan Lapangan Bawah Arah Sumbu 1 (X)				
Spasi Tulangan, s		Input		150
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	300
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max} ?$		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / s$ [Analisis untuk per 1 m]		6.6667
d_b			mm	13
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	137.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	884.882
As _{min} ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% * b * t$	mm ²	300.000
As _{min} ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% * 420 / f_y) * b * t$ dan $0.14\% * b * t$	mm ²	270.000
Cek As min		As Pasang $\geq$ As min ?		OK
Tinggi Blok Beton, a	22.2.2.4.1	$As * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	10.931
Kapasitas Lentur, M_n	22.2.2.4.1	$As * f_y * (d - a/2)$	kN-m	39.036
Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	14.302
Regangan Tulangan Tarik, ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.020
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
Kapasitas Lentur Tereduksi, ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	35.133
Momen Ultimit, M_u			kN-m	20.845
Cek Kapasitas		$\phi M_n > M_u ?$		OK
Momen Negatif M11 --> Tulangan Tumpuan Atas Arah Sumbu 1 (X)				
Spasi Tulangan, s		Input		100
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	300
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max} ?$		OK

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		10
d_b			mm	13
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	87.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
Jumlah Lapis				2
As Pasang		$n \cdot \pi / 4 \cdot d_b^2$	mm ²	1327.323
As_{min} ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% \cdot b \cdot t$	mm ²	300.000
As_{min} ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% \cdot 420 / f_y) \cdot b \cdot t$ dan $0.14\% \cdot b \cdot t$	mm ²	270.000
Cek As_{min}		$As_{Pasang} \geq As_{min}$?		OK
Tinggi Blok Beton, a	22.2.2.4.1	$As \cdot f_y / (0.85 \cdot f_c' \cdot b)$	mm	16.396
Kapasitas Lentur, M_n	22.2.2.4.1	$As \cdot f_y \cdot (d - a/2)$	kN-m	57.031
Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	21.453
Regangan Tulangan Tarik, ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c \cdot 0.003$		0.012
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 \cdot 0.25 \leq 0.9$		0.900
Kapasitas Lentur Tereduksi, ϕM_n		$\phi \cdot M_n$	kN-m	51.328
Momen Ultimit, M_u			kN-m	47.058
Cek $\phi M_n > M_u$		$\phi M_n > M_u$?		OK
Momen Positif M22 --> Tulangan Lapangan Bawah Arah Sumbu 2 (Y)				
Spasi Tulangan, s		Input		150
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 \cdot t$ dan 450 mm	mm	300
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max}$?		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		7
d_b			mm	13
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	137.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
Jumlah Lapis				2
As Pasang		$n \cdot \pi / 4 \cdot d_b^2$	mm ²	884.882
As_{min} ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% \cdot b \cdot t$	mm ²	300.000

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
$A_{s \min}$ ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% * 420 / f_y) * b * t$ dan $0.14\% * b * t$	mm ²	270.000
Cek $A_{s \min}$		$A_s \text{ Pasang} \geq A_{s \min} ?$		OK
Tinggi Blok Beton, a	22.2.2.4.1	$A_s * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	10.931
Kapasitas Lentur, M_n	22.2.2.4.1	$A_s * f_y * (d - d_b - a/2)$	kN-m	34.205
Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	14.302
Regangan Tulangan Tarik, ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.020
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
Kapasitas Lentur Tereduksi, ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	30.784
Momen Ultimit, M_u			kN-m	10.761
Cek $\phi M_n > M_u$		$\phi M_n > M_u ?$		OK
Momen Negatif M22 --> Tulangan Tumpuan Atas Arah Sumbu 2 (Y)				
Spasi Tulangan, s		Input		100
Spasi Maksimum, $s_{\max}$	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	300
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{\max} ?$		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		10
d_b			mm	13
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	87.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
Jumlah Lapis				2
A_s Pasang		$n * \pi/4 * d_b^2$	mm ²	1327.323
$A_{s \min}$ ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% * b * t$	mm ²	300.000
$A_{s \min}$ ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% * 420 / f_y) * b * t$ dan $0.14\% * b * t$	mm ²	270.000
Cek $A_{s \min}$		$A_s \text{ Pasang} \geq A_{s \min} ?$		OK
Tinggi Blok Beton, a	22.2.2.4.1	$A_s * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	16.396
Kapasitas Lentur, M_n	22.2.2.4.1	$A_s * f_y * (d - d_b - a/2)$	kN-m	49.784
Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	21.453
Regangan Tulangan Tarik, ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.012
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Kapasitas Lentur Tereduksi, ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	44.805
Momen Ultimit, M_u			kN-m	39.706
Cek $\phi M_n > M_u$		$\phi M_n > M_u ?$		OK
Tulangan Minimum (untuk Tumpuan Bawah dan Lapangan Atas, Arah X dan Y)				
Spasi Tulangan, s		Input		150
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	300
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max} ?$		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		7
d_b			mm	13
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	137.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
Jumlah Lapis				2
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	884.882
$A_{s \min}$ ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% * b * t$	mm ²	300.000
$A_{s \min}$ ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% * 420 / f_y) * b * t$ dan $0.14\% * b * t$	mm ²	270.000
Cek $A_{s \min}$		$A_{s \text{ Pasang}} \geq A_{s \min} ?$		OK
Pengecekan Kapasitas Geser				
Kapasitas Geser Beton, V_c		$0.17 * f_c^{0.5} * b * d$	kN	118.807
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2			0.75
Ambang Batas Geser Pelat	7.6.3.1	$0.5 \phi V_c$	kN	44.553
Perlu Tulangan Geser Pelat?		$V_u > 0.5 \phi V_c ?$		Perlu
Lendutan Pelat				
Kapasitas Retak Lentur				
Momen Inersia Pelat, I_g			mm ⁴	28125000
Tegangan Retak, f_r		$0.62 \sqrt{f_c'}$	MPa	3.921
Garis Netral, y		$t / 2$	mm	75.000
Kapasitas Retak Lentur, M_{cr}		$f_r * I_g / y$	kN-m	14.705
Momen Inersia Retak, I_{cr}		$0.25 I_g$	mm ⁴	70312500

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Lendutan Arah Sumbu 1				
M11 Max Akibat SIDL			kN/m	3.478
M11 Min Akibat SIDL			kN/m	-4.513
M11 Max Akibat LL			kN/m	4.211
M11 Min Akibat LL			kN/m	-13.362
Ma Lapangan (+)		ΣM11 Max	kN/m	7.689
Ma Tumpuan (-)		ΣM11 Min	kN/m	-17.875
M _{cr} / M _a Lapangan				1.912
M _{cr} / M _a Tumpuan				0.823
I _e Lapangan		$(M_{cr} / M_a)^3 I_g + [1 - (M_{cr} / M_a)^3] I_{cr} < I_g$	mm ⁴	281250000
I _e Tumpuan		$(M_{cr} / M_a)^3 I_g + [1 - (M_{cr} / M_a)^3] I_{cr} < I_g$	mm ⁴	187741267
I _e Rata-Rata		0.5 * I _e Lapangan + 0.5 * I _e Tumpuan	mm ⁴	234495634
Lendutan Seketika Akibat SIDL, δ _{i, SIDL}		$5 / 48 L^2 / (E_c * I_g) * [M_{lap} + 0.2 M_{tum}]$	mm	4.190
Lendutan Seketika Akibat LL, δ _{i, LL}		$5 / 48 L^2 / (E_c * I_g) * [M_{lap} + 0.2 M_{tum}]$	mm	6.583
Syarat Lendutan Seketika LL	Tabel 24.2.2	L / 360	mm	22.222
Cek Lendutan Seketika				OK
Faktor Jangka Panjang, λ		2 / (1 + 50 * ρ')		1.428
Lendutan Jangka Panjang, Δ _{LT}	Tabel 24.2.2	(δ _{i, SIDL}) * λ + δ _{i, LL}		12.567
Syarat Lendutan Jangka Panjang	Tabel 24.2.2	L / 240 atau L / 480	mm	33.333
Cek Lendutan Jangka Panjang				OK
Lendutan Arah Sumbu 2				
M22 Max Akibat SIDL			kN/m	3.306
M22 Min Akibat SIDL			kN/m	-9.003
M22 Max Akibat LL			kN/m	3.225
M22 Min Akibat LL			kN/m	-8.214
Ma Lapangan (+)		ΣM11 Max	kN/m	6.531
Ma Tumpuan (-)		ΣM11 Min	kN/m	-17.217

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
M_{cr} / M_a Lapangan				2.252
M_{cr} / M_a Tumpuan				0.854
I_e Lapangan		$(M_{cr} / M_a)^3 I_g + [1 - (M_{cr} / M_a)^3] I_{cr} < I_g$	mm ⁴	281250000
I_e Tumpuan		$(M_{cr} / M_a)^3 I_g + [1 - (M_{cr} / M_a)^3] I_{cr} < I_g$	mm ⁴	201726070
I_e Rata-Rata		$0.5 * I_e \text{ Lapangan} + 0.5 * I_e \text{ Tumpuan}$	mm ⁴	241488035
Lendutan Seketika Akibat SIDL, $\delta_{i, \text{SIDL}}$		$5 / 48 L^2 / (E_c * I_g) * [M_{\text{lap}} + 0.2 M_{\text{tum}}]$	mm	4.743
Lendutan Seketika Akibat LL, $\delta_{i, \text{LL}}$		$5 / 48 L^2 / (E_c * I_g) * [M_{\text{lap}} + 0.2 M_{\text{tum}}]$	mm	4.521
Syarat Lendutan Seketika LL	Tabel 24.2.2	$L / 360$	mm	22.222
Cek Lendutan Seketika				OK
Faktor Jangka Panjang, λ		$2 / (1 + 50 * \rho')$		1.428
Lendutan Jangka Panjang, Δ_{LT}	Tabel 24.2.2	$(\delta_{i, \text{SIDL}}) * \lambda + \delta_{i, \text{LL}}$		11.294
Syarat Lendutan Jangka Panjang	Tabel 24.2.2	$L / 240$ atau $L / 480$	mm	33.333
Cek Lendutan Jangka Panjang				OK

Lampiran 19 : Tulangan pelat lantai 23 (Sistem Ganda).

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Properti Material dan Penampang				
Panjang Pelat Arah Sumbu 1, L_1		Jarak Antar Balok Induk	mm	8000
Panjang Pelat Arah Sumbu 2, L_2		Jarak Antar Balok Induk	mm	8000
Tebal Pelat, t		Input	mm	300
Diameter Tulangan, d_b		Input	mm	22
Selimut Bersih, c_c	Tabel 20.6.1.3.1	Input	mm	40
Tebal Efektif Penampang, d		$h - c_c - d_s - d_b/2$	mm	227
Kuat Tekan Beton, f_c'		Input	MPa	40
Kuat Leleh Tulangan, f_y		Input	MPa	420

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Modulus Elastisitas Beton, E_c		$4700 * \sqrt{f'_c}$		29725
β_1	Tabel 22.2.2.4.3	$0.65 \leq 0.85 - 0.05 * (f'_c - 28) / 7 \leq 0.85$		0.7643
λ	Tabel 25.4.2.4	Asumsi tidak menggunakan beton ringan		1
Gaya Dalam				
M Max akibat M11 Max		Input	kN-m	41.239
M Min akibat M11 Min		Input	kN-m	-91.955
M Max akibat M22 Max		Input	kN-m	44.26
M Min akibat M22 Min		Input	kN-m	-104.884
V_u		Input	kN	130.384
Penulangan Lentur [Analisis untuk per meter lari]				
Momen Positif M11 --> Tulangan Lapangan Bawah Arah Sumbu 1 (X)				
Spasi Tulangan, s		Input		150
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	450
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max} ?$		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / s$ [Analisis untuk per 1 m]		6.6667
d_b			mm	22
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	128.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	2534.218
$A_{s \min}$ ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% * b * t$	mm ²	600.000
$A_{s \min}$ ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% * 420 / f_y) * b * t$ dan $0.14\% * b * t$	mm ²	540.000
Cek $A_{s \min}$		$A_{s \text{ Pasang}} \geq A_{s \min} ?$		OK
Tinggi Blok Beton, a	22.2.2.4.1	$A_s * f_y / (0.85 * f'_c * b)$	mm	31.305
Kapasitas Lentur, M_n	22.2.2.4.1	$A_s * f_y * (d - a/2)$	kN-m	224.952
Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	40.960
Regangan Tulangan Tarik, ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.014
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Kapasitas Lentur Tereduksi, ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	202.457
Momen Ultimit, M_u			kN-m	41.239
Cek Kapasitas		$\phi M_n > M_u ?$		OK
Momen Negatif M11 --> Tulangan Tumpuan Atas Arah Sumbu 1 (X)				
Spasi Tulangan, s		Input		150
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	450
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max} ?$		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		7
d_b			mm	22
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	128.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
Jumlah Lapis				2
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	2534.218
As_{min} ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% * b * t$	mm ²	600.000
As_{min} ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% * 420 / f_y) * b * t$ dan $0.14\% * b * t$	mm ²	540.000
Cek As_{min}		$As_{Pasang} \geq As_{min} ?$		OK
Tinggi Blok Beton, a	22.2.2.4.1	$As * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	31.305
Kapasitas Lentur, M_n	22.2.2.4.1	$As * f_y * (d - a/2)$	kN-m	224.952
Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	40.960
Regangan Tulangan Tarik, ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.014
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
Kapasitas Lentur Tereduksi, ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	202.457
Momen Ultimit, M_u			kN-m	91.955
Cek $\phi M_n > M_u$		$\phi M_n > M_u ?$		OK
Momen Positif M22 --> Tulangan Lapangan Bawah Arah Sumbu 2 (Y)				
Spasi Tulangan, s		Input		150
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	450
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max} ?$		OK

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		7
d_b			mm	22
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	128.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
Jumlah Lapis				2
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	2534.218
$A_{s \min}$ ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% * b * t$	mm ²	600.000
$A_{s \min}$ ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% * 420 / f_y) * b * t$ dan $0.14\% * b * t$	mm ²	540.000
Cek $A_{s \min}$		$A_{s \text{ Pasang}} \geq A_{s \min}$?		OK
Tinggi Blok Beton, a	22.2.2.4.1	$A_s * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	31.305
Kapasitas Lentur, M_n	22.2.2.4.1	$A_s * f_y * (d - d_b - a/2)$	kN-m	201.536
Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	40.960
Regangan Tulangan Tarik, ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.014
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
Kapasitas Lentur Tereduksi, ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	181.382
Momen Ultimit, M_u			kN-m	44.260
Cek $\phi M_n > M_u$		$\phi M_n > M_u$?		OK
Momen Negatif M22 --> Tulangan Tumpuan Atas Arah Sumbu 2 (Y)				
Spasi Tulangan, s		Input		150
Spasi Maksimum, $s_{\max}$	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	450
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{\max}$?		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		7
d_b			mm	22
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	128.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
Jumlah Lapis				2
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	2534.218
$A_{s \min}$ ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% * b * t$	mm ²	600.000

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
$A_{s \min}$ ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% * 420 / f_y) * b * t$ dan $0.14\% * b * t$	mm ²	540.000
Cek $A_{s \min}$		$A_s \text{ Pasang} \geq A_{s \min} ?$		OK
Tinggi Blok Beton, a	22.2.2.4.1	$A_s * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	31.305
Kapasitas Lentur, M_n	22.2.2.4.1	$A_s * f_y * (d - d_b - a/2)$	kN-m	201.536
Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	40.960
Regangan Tulangan Tarik, ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.014
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
Kapasitas Lentur Tereduksi, ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	181.382
Momen Ultimit, M_u			kN-m	104.884
Cek $\phi M_n > M_u$		$\phi M_n > M_u ?$		OK
Tulangan Minimum (untuk Tumpuan Bawah dan Lapangan Atas, Arah X dan Y)				
Spasi Tulangan, s		Input		150
Spasi Maksimum, $s_{\max}$	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	450
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{\max} ?$		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		7
d_b			mm	22
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	128.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
Jumlah Lapis				2
A_s Pasang		$n * \pi/4 * d_b^2$	mm ²	2534.218
$A_{s \min}$ ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% * b * t$	mm ²	600.000
$A_{s \min}$ ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% * 420 / f_y) * b * t$ dan $0.14\% * b * t$	mm ²	540.000
Cek $A_{s \min}$		$A_s \text{ Pasang} \geq A_{s \min} ?$		OK
Pengecekan Kapasitas Geser				
Kapasitas Geser Beton, V_c		$0.17 * f_c'^{0.5} * b * d$	kN	244.065
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2			0.75
Ambang Batas Geser Pelat	7.6.3.1	$0.5 \phi V_c$	kN	91.524
Perlu Tulangan Geser Pelat?		$V_u > 0.5 \phi V_c ?$		Perlu

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Lendutan Pelat				
Kapasitas Retak Lentur				
Momen Inersia Pelat, I _g			mm ⁴	225000000
Tegangan Retak, f _r		0.62 √f _c '	MPa	3.921
Garis Netral, y		t / 2	mm	150.000
Kapasitas Retak Lentur, M _{cr}		f _r * I _g / y	kNm	58.818
Momen Inersia Retak, I _{cr}		0.25 I _g	mm ⁴	56250000
Lendutan Arah Sumbu 1				
M11 Max Akibat SIDL			kNm	16.745
M11 Min Akibat SIDL			kNm	-10.041
M11 Max Akibat LL			kNm	5.929
M11 Min Akibat LL			kNm	-21.985
Ma Lapangan (+)		ΣM11 Max	kNm	22.674
Ma Tumpuan (-)		ΣM11 Min	kNm	-32.026
M _{cr} / M _a Lapangan				2.594
M _{cr} / M _a Tumpuan				1.837
I _e Lapangan		(M _{cr} / M _a) ³ I _g + [1 - (M _{cr} / M _a) ³] I _{cr} < I _g	mm ⁴	225000000
I _e Tumpuan		(M _{cr} / M _a) ³ I _g + [1 - (M _{cr} / M _a) ³] I _{cr} < I _g	mm ⁴	225000000
I _e Rata-Rata		0.5 * I _e Lapangan + 0.5 * I _e Tumpuan	mm ⁴	225000000
Lendutan Seketika Akibat SIDL, δ _{i, SIDL}		5 / 48 L ² / (E _c * I _g) * [M _{lap} + 0.2 M _{tun}]	mm	1.869
Lendutan Seketika Akibat LL, δ _{i, LL}		5 / 48 L ² / (E _c * I _g) * [M _{lap} + 0.2 M _{tun}]	mm	1.029
Syarat Lendutan Seketika LL	Tabel 24.2.2	L / 360	mm	22.222
Cek Lendutan Seketika				OK
Faktor Jangka Panjang, λ		2 / (1 + 50 * ρ')		1.284
Lendutan Jangka Panjang, Δ _{LT}	Tabel 24.2.2	(δ _{i, SIDL}) * λ + δ _{i, LL}		3.429
Syarat Lendutan Jangka Panjang	Tabel 24.2.2	L / 240 atau L / 480	mm	33.333
Cek Lendutan Jangka Panjang				OK

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Lendutan Arah Sumbu 2				
M22 Max Akibat SIDL			kNm	16.745
M22 Min Akibat SIDL			kNm	-12.754
M22 Max Akibat LL			kNm	7.539
M22 Min Akibat LL			kNm	-21.985
Ma Lapangan (+)		$\sum M_{11} \text{ Max}$	kNm	24.284
Ma Tumpuan (-)		$\sum M_{11} \text{ Min}$	kNm	-34.739
M _{cr} / M _a Lapangan				2.422
M _{cr} / M _a Tumpuan				1.693
I _e Lapangan		$(M_{cr} / M_a)^3 I_g + [1 - (M_{cr} / M_a)^3] I_{cr} < I_g$	mm ⁴	225000000
I _e Tumpuan		$(M_{cr} / M_a)^3 I_g + [1 - (M_{cr} / M_a)^3] I_{cr} < I_g$	mm ⁴	225000000
I _e Rata-Rata		0.5 * I _e Lapangan + 0.5 * I _e Tumpuan	mm ⁴	225000000
Lendutan Seketika Akibat SIDL, δ _{i, SIDL}		$5 / 48 L^2 / (E_c * I_g) * [M_{lap} + 0.2 M_{tun}]$	mm	1.923
Lendutan Seketika Akibat LL, δ _{i, LL}		$5 / 48 L^2 / (E_c * I_g) * [M_{lap} + 0.2 M_{tun}]$	mm	1.190
Syarat Lendutan Seketika LL	Tabel 24.2.2	L / 360	mm	22.222
Cek Lendutan Seketika				OK
Faktor Jangka Panjang, λ		2 / (1 + 50 * ρ')		1.284
Lendutan Jangka Panjang, Δ _{LT}	Tabel 24.2.2	(δ _{i, SIDL}) * λ + δ _{i, LL}		3.658
Syarat Lendutan Jangka Panjang	Tabel 24.2.2	L / 240 atau L / 480	mm	33.333
Cek Lendutan Jangka Panjang				OK

Lampiran 20 : Tulangan dinding geser tebal 40 cm (Lantai mezz-10).

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Properti Material dan Penampang				
Tebal Dinding Geser, t_w		Input	mm	400
Panjang (As ke As), L		Input	mm	6000

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Panjang Kolom, h_k		Input	mm	1000
Lebar Kolom, b_k		Input	mm	400
Tinggi Dinding Geser Total, h_w		Input	mm	49500
Diameter Tulangan Longitudinal Badan, d_l		Input	mm	22
Diameter Tulangan Transversal Badan, d_t		Input	mm	22
Diameter Tulangan Kolom, d_b		Input	mm	22
Kuat Tekan Beton, f_c'		Input	MPa	30
Kuat Leleh Baja Tulangan, f_y		Input	MPa	420
Geometri				
Panjang Total, L_w		$L + h_k$	mm	7000
Panjang Bersih, L_n		$L - h_k$	mm	5000
Luas Penampang Melintang, A_{cv}		$t_w * L_w$	mm ²	280000
Luas Total Dinding Geser, A_w		$t_w * L_n + 2 * (b_k * h_k)$	mm ²	280000
Kebutuhan Tulangan Minimum				
ϕ				0.75
Gaya Geser, V_u / ϕ		V_u Dari Sheet Gaya Dalam	N	3686177
Batas Zona 1	18.10.2	$0.083 A_{cv} f_c'^{0.5}$	N	1272907
Batas Zona 2	18.10.2	$0.17 A_{cv} f_c'^{0.5}$	N	2607159
Kesimpulan Zona				Zona 3
Rasio Tul. Longitudinal Minimum, $\rho_{l,min}$	18.10.2, 18.10.4.3	Fungsi Zona dan h_w/L_w		0.25 %
Rasio Tul. Transversal Minimum, $\rho_{t,min}$	18.10.2	Fungsi Zona		0.25 %
Perlu 2 Lapis Tulangan?	18.10.2	Zona 3 atau $h_w/L_w \geq 2$?		Perlu
Jumlah Lapis Tulangan Pakai, n_{lapis}		Input (Disarankan 2)		2
Bagian Badan				
Spasi Tulangan Longitudinal, s		Input	mm	150
Cek Spasi Tulangan Maksimum	18.10.2	$s \leq 450$ mm?		OK
Rasio Tulangan Longitudinal, ρ_l	R18.10.6.5	$n_{lapis} * (\pi/4 * d_l^2) / (t_w * s)$		1.267 %

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Cek Rasio Tulangan Minimum		$\rho_l \geq \rho_{l,min} ?$		OK
Bagian Kolom				
Jumlah Tulangan per Kolom, n		Input		14
Rasio Tulangan Kolom, ρ		$n * (\pi/4 * d_b^2) / (b_k * h_k)$		1.330 %
Cek Rasio Tulangan Kolom		$1\% \leq \rho \leq 6\% ?$		OK
Pengecekan Kapasitas Geser				
h_w / L_w				7.0714
α_c	18.10.4.1	Fungsi h_w / L_w		0.17
Spasi Tulangan Transversal, s		Input	mm	200
Cek Spasi Tulangan Maksimum	18.10.2	$s \leq 450 \text{ mm} ?$		OK
Rasio Tulangan Longitudinal, ρ_t	R18.10.6.5	$n_{lapis} * (\pi/4 * d_t^2) / (t_w * s)$		0.950 %
Cek Rasio Tulangan Minimum		$\rho_t \geq \rho_{t,min} ?$		OK
Kuat Geser Dinding, V_n	18.10.4.1	$A_{cv} (\alpha_c * f_c^{0.5} + \rho_t * f_y)$	N	13783061
Batas Kuat Geser, $V_{n,max}$	18.10.4.4	$0.66 A_{cv} f_c^{0.5}$	N	10121913
Kuat Geser Pakai, $V_{n,pakai}$		$\min (V_n; V_{n,max})$	N	10121913
Cek Kapasitas Geser		$V_{n,pakai} \geq V_u / \phi ?$		OK
Pengecekan Kebutuhan Elemen Batas Khusus				
Displacement-Based Method				
Panjang Zona Tekan, c	18.10.6.4	Input (nilai terbesar)	mm	1744
δ_u		Input (boleh dikosongkan)	mm	
δ_u / h_w	18.10.6.2 (0.005)	$\max (\delta_u / h_w; 0.005)$		0.005
Perlu Elemen Batas Khusus?	18.10.6.2 (1.5 δ_u)	$c \geq L_w / [600 * (1.5 \delta_u / h_w)]$		Perlu
$c - 0.1 L_w$	18.10.6.4		mm	1044
$c/2$	18.10.6.4		mm	872
$h_c + 300$	18.10.6.4		mm	1300
Panjang Elemen Batas Khusus, L_{BE}	18.10.6.4	$\max (c - 0.1 L_w; c/2; h_c + 300)$	mm	1300
$M_u / (4 V_u)$			mm	3250.434

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Tinggi Elemen Batas Khusus, h_{BE}	18.10.6.2	$\max (L_w; M_u / 4V_u)$	mm	7000
Strength-Based Method				
Luas Penampang Total, A_g			mm^2	2800000
Inersia Penampang, I_g		$1/12 * t_w * L_n^3 + 2 * [1/12 * b_k * h_k^3 + b_k * h_k * (L/2)^2]$	mm^4	1.14E+13
Tegangan Kondisi 1		$P_u / A_g + (M_u / I_g * L / 2)$	MPa	4.209
Tegangan Kondisi 2		$P_u / A_g + (M_u / I_g * L / 2)$	MPa	15.694
Tegangan Kondisi 3		$P_u / A_g + (M_u / I_g * L / 2)$	MPa	4.209
Tegangan Kondisi 4		$P_u / A_g + (M_u / I_g * L / 2)$	MPa	15.694
Tegangan Kondisi 5		$P_u / A_g + (M_u / I_g * L / 2)$	MPa	12.440
Tegangan Kondisi 6		$P_u / A_g + (M_u / I_g * L / 2)$	MPa	16.642
Tegangan Maksimum		$\max (\text{Tegangan Kondisi 1-6})$	MPa	16.642
Batas Tegangan	18.10.6.3	$0.2 f_c'$	MPa	6.000
Perlu Elemen Batas Khusus?	18.10.6.3	$\text{Tegangan} > 0.2 f_c' ?$		Perlu
Tinggi Elemen Batas Khusus, h_{BE}	18.10.6.3	$h_w - (0.15 f_c' / \text{Tegangan}) * h_w$	mm	36115
Penulangan Elemen Batas Khusus				
Daerah Kolom				
Selimit Beton, c_c		Input	mm	30
Diameter Confinement, d_s		Input	mm	13
Jumlah Kaki Sejajar Lebar Kolom, n_1		Input		18
Jumlah Kaki Sejajar Panjang Kolom, n_2		Input		2
Spasi, s		Input	mm	100
$A_{sh} 1$		$n * \pi/4 * d_s^2$	mm^2	2389.181
$A_{sh} 2$		$n * \pi/4 * d_s^2$	mm^2	265.465
$A_{sh} / s, 1$			mm^2 / mm	23.892
$A_{sh} / s, 2$			mm^2 / mm	2.655
Lebar Penampang Inti Beton, b_c	R18.10.6.4.1	$b_k - 2c_c$	mm	340
Panjang Penampang Inti Beton, h_c	R18.10.6.4.1	$h_k - 2c_c$	mm	940

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Luas Penampang Kolom, A_g		$b_k * h_k$	mm ²	40000 0
Luas Penampang Inti Beton, A_{ch}		$b_c * h_c$	mm ²	31960 0
Sejajar Lebar Kolom				
A_{sh}/s min, 1	Tabel 18.10.6.4	$0.3 (h_c * f'_c / f_y) * (A_g / A_{ch} - 1)$	mm ²	5.067
A_{sh}/s min, 2	Tabel 18.10.6.4	$0.09 * h_c * f'_c / f_y$	mm ²	6.043
Cek A_{sh}/s 2		$A_{sh}/s \geq A_{sh}/s \text{ min ?}$		OK
Sejajar Panjang Kolom				
A_{sh}/s min, 1	Tabel 18.10.6.4	$0.3 (b_c * f'_c / f_y) * (A_g / A_{ch} - 1)$	mm ²	1.833
A_{sh}/s min, 2	Tabel 18.10.6.4	$0.09 * b_c * f'_c / f_y$	mm ²	2.186
Cek A_{sh}/s 1		$A_{sh}/s \geq A_{sh}/s \text{ min ?}$		OK
Daerah Badan				
Selimit Beton, c_c		Input	mm	30
Diameter Confinement, d_s		Input	mm	13
Jumlah Kaki Sejajar Dinding, n_1		Input		3
Jumlah Kaki Tegak Lurus Dinding, n_2		Input		2
Spasi, s		Input	mm	100
A_{sh} 1		$n * \pi/4 * d_s^2$	mm ²	398.1 97
A_{sh} 2		$n * \pi/4 * d_s^2$	mm ²	265.4 65
A_{sh} / s , 1			mm ² / mm	3.982
A_{sh} / s , 2			mm ² / mm	2.655
Panjang Daerah EBK Badan, b		$LBE - h_k$	mm	300
Lebar Daerah EBK (Tebal Dinding), h		t_w	mm	400
Lebar Penampang Inti Beton, b_c	R18.10.6.4 .1	$b - 2c_c$	mm	240
Panjang Penampang Inti Beton, h_c	R18.10.6.4 .1	$h - 2c_c$	mm	340
Luas Penampang Kolom, A_g		$b * h$	mm ²	12000 0
Luas Penampang Inti Beton, A_{ch}		$b_c * h_c$	mm ²	81600
Sejajar Dinding				

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
$A_{sh}/s \text{ min, 1}$	Tabel 18.10.6.4	$0.3 (h_c * f_c' / f_y) * (A_g / A_{ch} - 1)$	mm ²	3.429
$A_{sh}/s \text{ min, 2}$	Tabel 18.10.6.4	$0.09 * h_c * f_c' / f_y$	mm ²	2.186
Cek $A_{sh}/s \text{ 2}$		$A_{sh}/s \text{ 1} \geq A_{sh}/s \text{ min ?}$		OK
Tegak Lurus Dinding				
$A_{sh}/s \text{ min, 1}$	Tabel 18.10.6.4	$0.3 (b_c * f_c' / f_y) * (A_g / A_{ch} - 1)$	mm ²	2.420
$A_{sh}/s \text{ min, 2}$	Tabel 18.10.6.4	$0.09 * b_c * f_c' / f_y$	mm ²	1.543
Cek $A_{sh}/s \text{ 1}$		$A_{sh}/s \text{ 2} \geq A_{sh}/s \text{ min ?}$		OK

Lampiran 21 : Tulangan dinding geser tebal 30cm (Lantai-11-23).

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Properti Material dan Penampang				
Tebal Dinding Geser, t_w		Input	mm	300
Panjang (As ke As), L		Input	mm	6000
Panjang Kolom, h_k		Input	mm	1000
Lebar Kolom, b_k		Input	mm	300
Tinggi Dinding Geser Total, h_w		Input	mm	58500
Diameter Tulangan Longitudinal Badan, d_l		Input	mm	22
Diameter Tulangan Transversal Badan, d_t		Input	mm	22
Diameter Tulangan Kolom, d_b		Input	mm	22
Kuat Tekan Beton, f_c'		Input	MPa	30
Kuat Leleh Baja Tulangan, f_y		Input	MPa	420
Geometri				
Panjang Total, L_w		$L + h_k$	mm	7000
Panjang Bersih, L_n		$L - h_k$	mm	5000
Luas Penampang Melintang, A_{cv}		$t_w * L_w$	mm ²	210000
Luas Total Dinding Geser, A_w		$t_w * L_n + 2 * (b_k * h_k)$	mm ²	210000
Kebutuhan Tulangan Minimum				

Parameter	Pasal Referensi SNI 2847:2019	Persamaan	Satuan	Nilai
ϕ				0.75
Gaya Geser, V_u / ϕ		V_u Dari Sheet Gaya Dalam	N	21810 15
Batas Zona 1	18.10.2	$0.083 A_{cv} f_c^{0.5}$	N	95468 0
Batas Zona 2	18.10.2	$0.17 A_{cv} f_c^{0.5}$	N	19553 70
Kesimpulan Zona				Zona 3
Rasio Tul. Longitudinal Minimum, $\rho_{l,min}$	18.10.2, 18.10.4.3	Fungsi Zona dan h_w/L_w		0.25 %
Rasio Tul. Transversal Minimum, $\rho_{t,min}$	18.10.2	Fungsi Zona		0.25 %
Perlu 2 Lapis Tulangan?	18.10.2	Zona 3 atau $h_w/L_w \geq 2$?		Perlu
Jumlah Lapis Tulangan Pakai, n_{lapis}		Input (Disarankan 2)		2
Bagian Badan				
Spasi Tulangan Longitudinal, s		Input	mm	150
Cek Spasi Tulangan Maksimum	18.10.2	$s \leq 450 \text{ mm?}$		OK
Rasio Tulangan Longitudinal, ρ_l	R18.10.6.5	$n_{lapis} * (\pi/4 * d_l^2) / (t_w * s)$		1.689 %
Cek Rasio Tulangan Minimum		$\rho_l \geq \rho_{l,min} ?$		OK
Bagian Kolom				
Jumlah Tulangan per Kolom, n		Input		14
Rasio Tulangan Kolom, ρ		$n * (\pi/4 * d_b^2) / (b_k * h_k)$		1.774 %
Cek Rasio Tulangan Kolom		$1\% \leq \rho \leq 6\% ?$		OK
Pengecekan Kapasitas Geser				
h_w / L_w				8.357 1
α_c	18.10.4.1	Fungsi h_w / L_w		0.17
Spasi Tulangan Transversal, s		Input	mm	200
Cek Spasi Tulangan Maksimum	18.10.2	$s \leq 450 \text{ mm?}$		OK
Rasio Tulangan Longitudinal, ρ_t	R18.10.6.5	$n_{lapis} * (\pi/4 * d_t^2) / (t_w * s)$		1.267 %
Cek Rasio Tulangan Minimum		$\rho_t \geq \rho_{t,min} ?$		OK
Kuat Geser Dinding, V_n	18.10.4.1	$A_{cv} (\alpha_c * f_c^{0.5} + \rho_t * f_y)$	N	13131 271
Batas Kuat Geser, $V_{n \max}$	18.10.4.4	$0.66 A_{cv} f_c^{0.5}$	N	75914 35

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Kuat Geser Pakai, $V_{n \text{ pakai}}$		$\min (V_n; V_{n \text{ max}})$	N	7591435
Cek Kapasitas Geser		$V_{n \text{ pakai}} \geq V_u / \phi$?		OK
Pengecekan Kebutuhan Elemen Batas Khusus				
Displacement-Based Method				
Panjang Zona Tekan, c	18.10.6.4	Input (nilai terbesar)	mm	1558
δ_u		Input (boleh dikosongkan)	mm	
δ_u / h_w	18.10.6.2 (0.005)	$\max (\delta_u / h_w; 0.005)$		0.005
Perlu Elemen Batas Khusus?	18.10.6.2 (1.5 δ_u)	$c \geq L_w / [600 * (1.5 \delta_u / h_w)]$		Perlu
$c - 0.1 L_w$	18.10.6.4		mm	858
$c/2$	18.10.6.4		mm	779
$h_c + 300$	18.10.6.4		mm	1300
Panjang Elemen Batas Khusus, L_{BE}	18.10.6.4	$\max (c - 0.1 L_w; c/2; h_c + 300)$	mm	1300
$M_u / (4 V_u)$			mm	1258.289
Tinggi Elemen Batas Khusus, h_{BE}	18.10.6.2	$\max (L_w; M_u / 4V_u)$	mm	7000
Strength-Based Method				
Luas Penampang Total, A_g			mm ²	2100000
Inersia Penampang, I_g		$1/12 * t_w * L_n^3 + 2 * [1/12 * b_k * h_k^3 + b_k * h_k * (L/2)^2]$	mm ⁴	8.58E+12
Tegangan Kondisi 1		$P_u / A_g + (M_u / I_g * L / 2)$	MPa	1.559
Tegangan Kondisi 2		$P_u / A_g + (M_u / I_g * L / 2)$	MPa	9.437
Tegangan Kondisi 3		$P_u / A_g + (M_u / I_g * L / 2)$	MPa	1.559
Tegangan Kondisi 4		$P_u / A_g + (M_u / I_g * L / 2)$	MPa	9.437
Tegangan Kondisi 5		$P_u / A_g + (M_u / I_g * L / 2)$	MPa	3.652
Tegangan Kondisi 6		$P_u / A_g + (M_u / I_g * L / 2)$	MPa	3.653
Tegangan Maksimum		$\max (\text{Tegangan Kondisi 1-6})$	MPa	9.437
Batas Tegangan	18.10.6.3	$0.2 f_c'$	MPa	6.000
Perlu Elemen Batas Khusus?	18.10.6.3	Tegangan $> 0.2 f_c'$?		Perlu
Tinggi Elemen Batas Khusus, h_{BE}	18.10.6.3	$h_w - (0.15 f_c' / \text{Tegangan}) * h_w$	mm	30603
Penulangan Elemen Batas Khusus				

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Daerah Kolom				
Selimit Beton, c_c		Input	mm	30
Diameter Confinement, d_s		Input	mm	13
Jumlah Kaki Sejajar Lebar Kolom, n_1		Input		18
Jumlah Kaki Sejajar Panjang Kolom, n_2		Input		4
Spasi, s		Input	mm	100
$A_{sh} \ 1$		$n \ * \pi / 4 \ * d_s^2$	mm ²	2389.181
$A_{sh} \ 2$		$n \ * \pi / 4 \ * d_s^2$	mm ²	530.929
$A_{sh} \ / \ s, \ 1$			mm ² / mm	23.892
$A_{sh} \ / \ s, \ 2$			mm ² / mm	5.309
Lebar Penampang Inti Beton, b_c	R18.10.6.4.1	$b_k - 2c_c$	mm	200
Panjang Penampang Inti Beton, h_c	R18.10.6.4.1	$h_k - 2c_c$	mm	900
Luas Penampang Kolom, A_g		$b_k \ * \ h_k$	mm ²	300000
Luas Penampang Inti Beton, A_{ch}		$b_c \ * \ h_c$	mm ²	180000
Sejajar Lebar Kolom				
$A_{sh} / s \ \text{min}, \ 1$	Tabel 18.10.6.4	$0.3 \ (h_c \ * \ f_c' \ / \ f_y) \ * \ (A_g \ / \ A_{ch} \ - \ 1)$	mm ²	12.857
$A_{sh} / s \ \text{min}, \ 2$	Tabel 18.10.6.4	$0.09 \ * \ h_c \ * \ f_c' \ / \ f_y$	mm ²	5.786
Cek $A_{sh} / s \ 2$		$A_{sh} / s \ 1 \ \geq \ A_{sh} / s \ \text{min} \ ?$		OK
Sejajar Panjang Kolom				
$A_{sh} / s \ \text{min}, \ 1$	Tabel 18.10.6.4	$0.3 \ (b_c \ * \ f_c' \ / \ f_y) \ * \ (A_g \ / \ A_{ch} \ - \ 1)$	mm ²	2.857
$A_{sh} / s \ \text{min}, \ 2$	Tabel 18.10.6.4	$0.09 \ * \ b_c \ * \ f_c' \ / \ f_y$	mm ²	1.286
Cek $A_{sh} / s \ 1$		$A_{sh} / s \ 2 \ \geq \ A_{sh} / s \ \text{min} \ ?$		OK
Daerah Badan				
Selimit Beton, c_c		Input	mm	30
Diameter Confinement, d_s		Input	mm	13
Jumlah Kaki Sejajar Dinding, n_1		Input		3
Jumlah Kaki Tegak Lurus Dinding, n_2		Input		3
Spasi, s		Input	mm	100

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
$A_{sh\ 1}$		$n \cdot \pi/4 \cdot d_s^2$	mm ²	398.197
$A_{sh\ 2}$		$n \cdot \pi/4 \cdot d_s^2$	mm ²	398.197
$A_{sh} / s, 1$			mm ² / mm	3.982
$A_{sh} / s, 2$			mm ² / mm	3.982
Panjang Daerah EBK Badan, b		LBE - h _k	mm	300
Lebar Daerah EBK (Tebal Dinding), h		tw	mm	300
Lebar Penampang Inti Beton, b _c	R18.10.6.4 .1	b - 2c _c	mm	240
Panjang Penampang Inti Beton, h _c	R18.10.6.4 .1	h - 2c _c	mm	240
Luas Penampang Kolom, A _g		b * h	mm ²	90000
Luas Penampang Inti Beton, A _{ch}		b _c * h _c	mm ²	57600
Sejajar Dinding				
$A_{sh}/s\ min, 1$	Tabel 18.10.6.4	$0.3 (h_c \cdot f_c' / f_y) \cdot (A_g / A_{ch} - 1)$	mm ²	2.893
$A_{sh}/s\ min, 2$	Tabel 18.10.6.4	$0.09 \cdot h_c \cdot f_c' / f_y$	mm ²	1.543
Cek $A_{sh}/s\ 2$		$A_{sh}/s\ 1 \geq A_{sh}/s\ min\ ?$		OK
Tegak Lurus Dinding				
$A_{sh}/s\ min, 1$	Tabel 18.10.6.4	$0.3 (b_c \cdot f_c' / f_y) \cdot (A_g / A_{ch} - 1)$	mm ²	2.893
$A_{sh}/s\ min, 2$	Tabel 18.10.6.4	$0.09 \cdot b_c \cdot f_c' / f_y$	mm ²	1.543
Cek $A_{sh}/s\ 1$		$A_{sh}/s\ 2 \geq A_{sh}/s\ min\ ?$		OK

Lampiran 22 : Data perioda dan partisipasi massa (SRPMK).

Mode	Period	UX	UY	RZ	SumUX	SumUY
1	4.746	79%	0%	0%	79%	0%
2	4.237	0%	78%	0%	79%	78%
3	3.818	0%	0%	78%	79%	78%
4	1.557	10%	0%	0%	90%	78%
5	1.378	0%	12%	0%	90%	90%
6	1.254	0%	0%	11%	90%	90%
7	0.89	4%	0%	0%	93%	90%
8	0.765	0%	4%	0%	93%	93%
9	0.714	0%	0%	4%	93%	93%

10	0.608	2%	0%	0%	95%	93%
11	0.518	0%	2%	0%	95%	95%
12	0.489	0%	0%	2%	95%	95%
13	0.448	1%	0%	0%	96%	95%
14	0.379	0%	1%	0%	96%	96%
15	0.361	0%	0%	1%	96%	96%
16	0.345	1%	0%	0%	97%	96%
17	0.291	0%	1%	0%	97%	97%
18	0.279	0%	0%	1%	97%	97%
19	0.273	0%	0%	0%	98%	97%
20	0.23	0%	0%	0%	98%	98%
21	0.222	0%	0%	0%	98%	98%
22	0.221	0%	0%	0%	98%	98%
23	0.187	0%	0%	0%	98%	98%
24	0.183	0%	0%	0%	98%	98%

Lampiran 23 : Pengecekan ketidakberaturan torsi (SRPMK).

Lantai	Arah X		Arah Y	
	$\Delta_{\max}/\Delta_{\text{avg}}$	Cek	$\Delta_{\max}/\Delta_{\text{avg}}$	Cek
Lt.23 Area Kolam	1.079	OK	1.158	OK
Lt.22 Rooftop	1.063	OK	1.108	OK
Lt.21	1.049	OK	1.087	OK
Lt.20	1.047	OK	1.096	OK
Lt.19	1.046	OK	1.088	OK
Lt.18	1.045	OK	1.099	OK
Lt.17	1.045	OK	1.089	OK
Lt.16	1.045	OK	1.099	OK
Lt.15	1.044	OK	1.09	OK
Lt.14	1.044	OK	1.1	OK
Lt.13	1.044	OK	1.092	OK
Lt.12	1.043	OK	1.102	OK
Lt.11	1.043	OK	1.096	OK
Lt.10	1.042	OK	1.103	OK
Lt.9	1.042	OK	1.095	OK
Lt.8	1.042	OK	1.102	OK

Lt.7	1.042	OK	1.097	OK
Lt.6	1.042	OK	1.102	OK
Lt.5	1.042	OK	1.099	OK
Lt.4	1.041	OK	1.114	OK
Lt.3	1.054	OK	1.112	OK
Lt.2	1.687	H.1b	1.327	H.1a
Lt.1	1.345	H.1a	1.325	H.1a
Lt.Mezzanine	1.378	H.1a	1.372	H.1a

Lampiran 24 : Pengecekan ketidakberaturan Kekakuan Tingkat lunak (SRPMK).

Lantai	Arah X		Arah Y	
	Kekakuan	Cek	Kekakuan	Cek
	kN/m		kN/m	
Lt.23 Area Kolam	691896.234		525281.349	
Lt.22 Rooftop	896605.766	OK	832853.128	OK
Lt.21	979052.986	OK	987905.092	OK
Lt.20	1005655.08	OK	1064404.58	OK
Lt.19	1015876.41	OK	1105221.54	OK
Lt.18	1019738.05	OK	1129263.57	OK
Lt.17	1023014.68	OK	1146637.76	OK
Lt.16	1026108.61	OK	1160993.23	OK
Lt.15	1030549.41	OK	1174646.12	OK
Lt.14	1035764.95	OK	1188789.35	OK
Lt.13	1041905.69	OK	1204054.79	OK
Lt.12	1048424.57	OK	1223032.82	OK
Lt.11	1054959.59	OK	1249334.07	OK
Lt.10	1066286.02	OK	1284073.66	OK
Lt.9	1074047.94	OK	1308333.59	OK
Lt.8	1081336.64	OK	1334412.52	OK
Lt.7	1089620.37	OK	1361323.46	OK
Lt.6	1100336.9	OK	1390212.79	OK
Lt.5	1117770.25	OK	1430985.59	OK
Lt.4	1150356.52	OK	1496163.45	OK
Lt.3	1220489.89	OK	1574206.85	OK
Lt.2	1897052.77	OK	2048023.5	OK
Lt.1	1373015.12	OK	1870252.78	OK
Lt.Mezzanine	2401969.58	OK	3488700.73	OK

Lampiran 25 : Pengecekan ketidakberaturan berat (SRPMK).

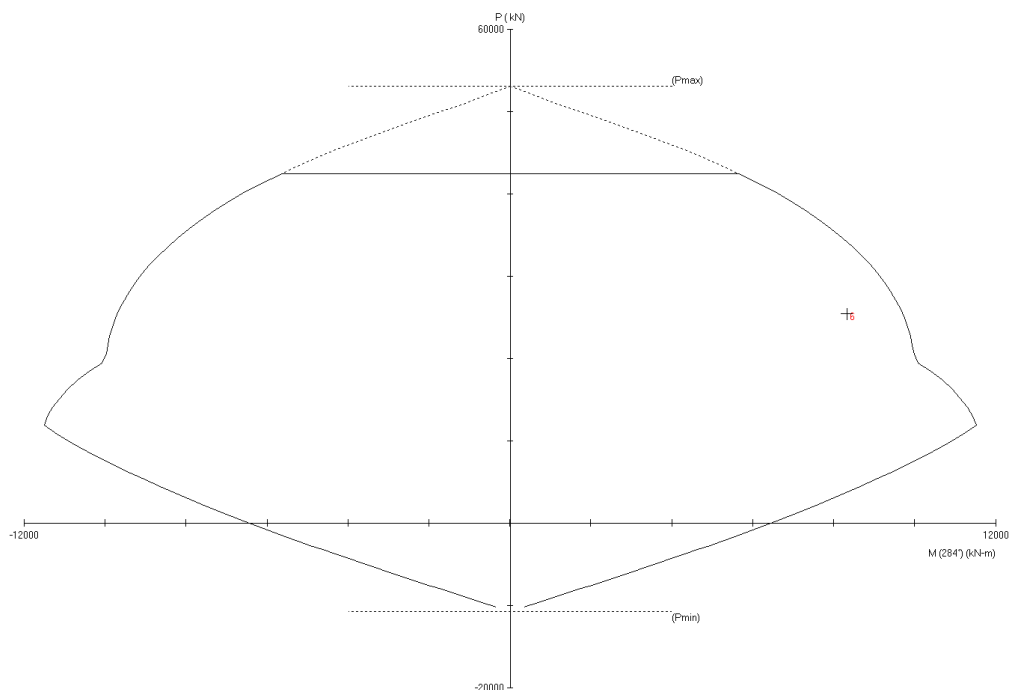
Lantai	Massa	Cek
	kg	
Lt.23 Area Kolam	2376432.77	OK
Lt.22 Rooftop	2843655.49	OK
Lt.21	2931258.74	OK
Lt.20	2920820.67	OK
Lt.19	2931258.74	OK
Lt.18	2920820.67	OK
Lt.17	2931258.74	OK
Lt.16	2920820.67	OK
Lt.15	2931258.74	OK
Lt.14	2920820.67	OK
Lt.13	2931258.74	OK
Lt.12	2920820.67	OK
Lt.11	2931258.74	OK
Lt.10	2938705.47	OK
Lt.9	2971823.54	OK
Lt.8	2961385.47	OK
Lt.7	2971823.54	OK
Lt.6	2961385.47	OK
Lt.5	2971823.54	OK
Lt.4	2961385.47	OK
Lt.3	2971823.54	OK
Lt.2	3475343	OK
Lt.1	2209902.36	OK
Lt.Mezzanine	1997802.98	OK

Lampiran 26 : Pengecekan diskontinuitas dalam ketidakberaturan kuat lateral Tingkat (SRPMK).

Lantai	Arah X	Cek	Arah Y	Cek
	Kekuatan		Kekuatan	
	kN		kN	
Lt.23 Area Kolam	2029.1875		2036.911	
Lt.22 Rooftop	4063.262	OK	4059.8483	OK
Lt.21	5764.0905	OK	5772.3835	OK
Lt.20	7143.6381	OK	7178.2042	OK
Lt.19	8264.1063	OK	8336.4209	OK
Lt.18	9186.1161	OK	9287.2163	OK
Lt.17	9976.7232	OK	10092.6813	OK
Lt.16	10678.2093	OK	10786.9754	OK

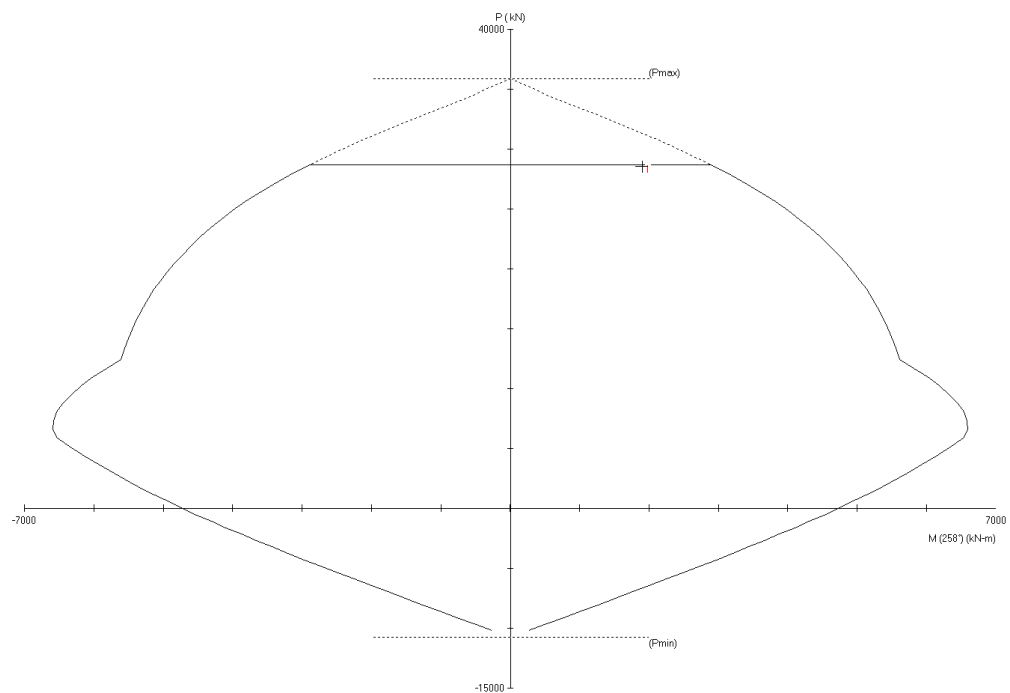
Lantai	Arah X	Cek	Arah Y	Cek
	Kekuatan		Kekuatan	
	kN		kN	
Lt.15	11332.416	OK	11408.1692	OK
Lt.14	11956.1473	OK	11980.5604	OK
Lt.13	12559.9909	OK	12521.866	OK
Lt.12	13142.4511	OK	13038.6778	OK
Lt.11	13698.7666	OK	13545.5578	OK
Lt.10	14230.4101	OK	14045.8745	OK
Lt.9	14741.5281	OK	14554.0007	OK
Lt.8	15234.5162	OK	15074.0284	OK
Lt.7	15728.647	OK	15612.4702	OK
Lt.6	16231.9404	OK	16169.2514	OK
Lt.5	16758.9594	OK	16750.2343	OK
Lt.4	17306.9484	OK	17330.0881	OK
Lt.3	17846.1381	OK	17881.9073	OK
Lt.2	18438.2783	OK	18461.738	OK
Lt.1	18720.2524	OK	18728.3214	OK
Lt.Mezzanine	18830.2749	OK	18830.2912	OK

Lampiran 27 : Pengecekan kolom K1 (SRPMK).



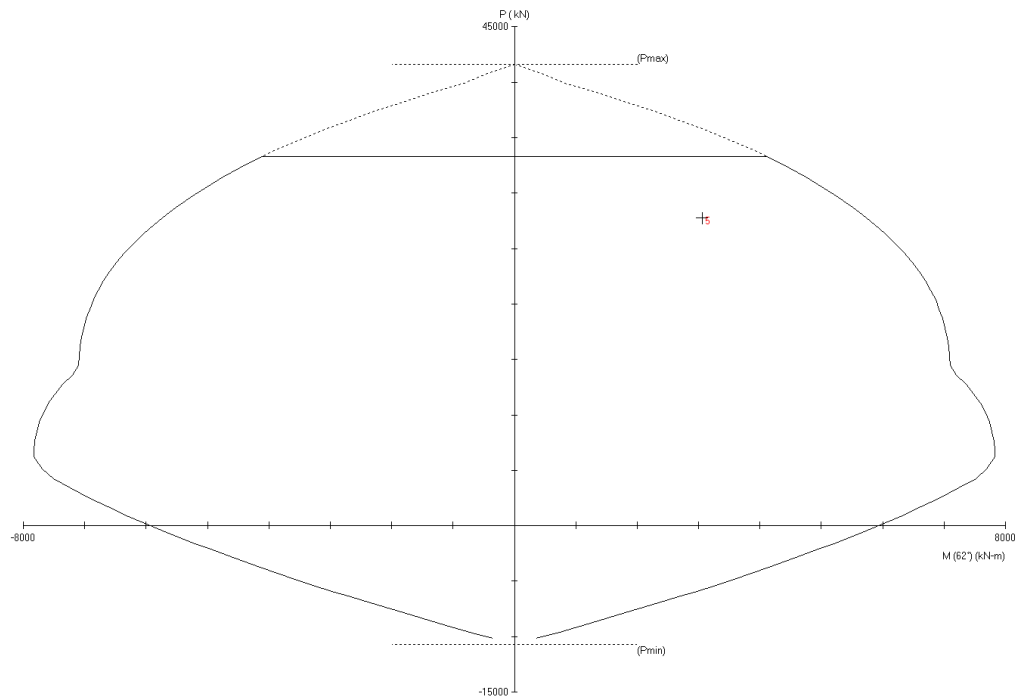
NO	Pu	Mux	Muy	fMnx	fMny	fMn/Mu
	kN	kN.m	kN.m	kN.m	kN.m	
1	32829.6	0	2076.1	0	8714.7	4.198
2	-1997.2	1033.3	3472	1532.2	5148.5	1.483
3	30107.1	8985.5	4278.6	9174.2	4368.5	1.021
4	30705.9	-9033	4098.9	-9201.2	4175.2	1.019
5	25895.7	2042.1	8166.9	2342.3	9367.5	1.147
6	25422.6	2004.8	-8086.2	2334.6	-9416.7	1.165

Lampiran 28 : Pengecekan kolom K2 (SRPMK).



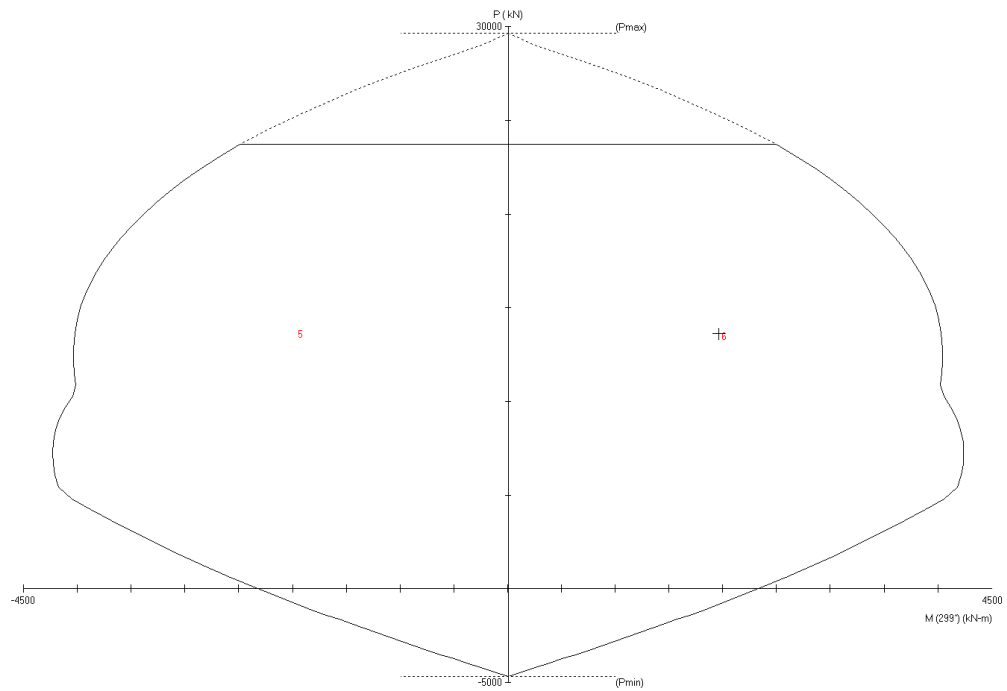
NO	Pu	Mux	Muy	fMnx	fMny	fMn/Mu
	kN	kN.m	kN.m	kN.m	kN.m	
1	28589.9	-407	-1853.2	-628.2	-2860.1	1.543
2	-799.9	1409.4	-1104.2	4075.3	-3192.9	2.892
3	26394.6	1984.7	437.6	4413	972.9	2.224
4	22673.6	-1735.7	419.1	-5351.9	1292.3	3.083
5	22330.6	-1010.2	1966.6	-2092.4	4073.2	2.071
6	22054.5	997.7	-1876.5	2171.9	-4084.8	2.177

Lampiran 29 : Pengecekan kolom K2-1 (SRPMK).



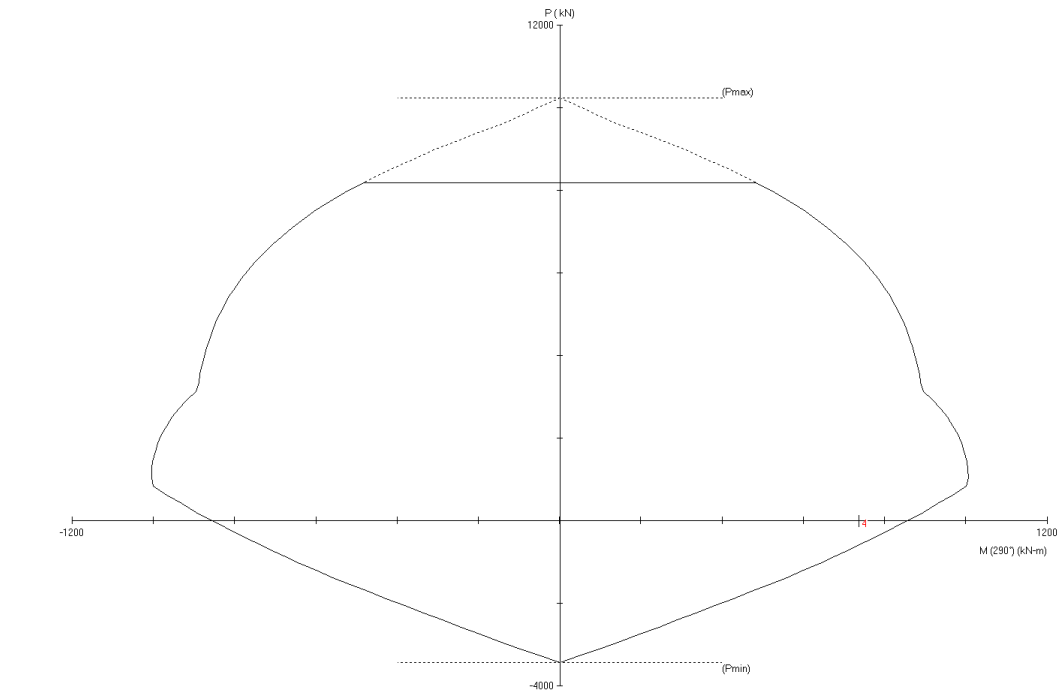
NO	Pu	Mux	Muy	fMnx	fMny	fMn/Mu
	kN	kN.m	kN.m	kN.m	kN.m	
1	30165.1	423.2	2101.4	1017.7	5054.1	2.405
2	-1183.8	-667.5	-1894.7	-1765.3	-5010.5	2.645
3	27961.1	2023.8	-663.2	5712.2	-1871.9	2.822
4	29620.4	-2011.8	1512.1	-4312.9	3241.7	2.144
5	27749.6	1421.9	2712.7	2664	5082.5	1.874
6	-1183.8	-667.5	-1894.7	-1765.3	-5010.5	2.645

Lampiran 30 : Pengecekan kolom K3 (SRPMK).



NO	Pu	Mux	Muy	fMnx	fMny	fMn/Mu
	kN	kN.m	kN.m	kN.m	kN.m	
1	17293.2	155.3	1369.2	429	3782.5	2.763
2	98.8	208.1	-1068.4	421.2	-2162	2.024
3	12059.2	1481.7	-173.8	4839.6	-567.6	3.266
4	13616.1	-1446	815.7	-3759.1	2120.5	2.6
5	13721.5	-983.2	1717.9	-1997.8	3490.4	2.032
6	13615.7	964.9	-1707.3	1979.8	-3503	2.052

Lampiran 31 : Pengecekan kolom KP (SRPMK).



NO	Pu	Mux	Muy	fMnx	fMny	fMn/Mu
	kN	kN.m	kN.m	kN.m	kN.m	
1	491.7	-419.4	166.3	-854.5	338.9	2.037
2	-348.3	526.3	-122.5	754.6	-175.6	1.434
3	-348.3	526.3	-122.5	754.6	-175.6	1.434
4	491.7	-419.4	166.3	-854.5	338.9	2.037
5	82.8	-193.8	721.5	-226.9	844.5	1.17
6	-6.9	256.7	-689.3	298.3	-800.9	1.162

Lampiran 32 : Tulangan pelat lantai mezz (SRPMK).

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Properti Material dan Penampang				
Panjang Pelat Arah Sumbu 1, L_1		Jarak Antar Balok Induk	mm	8000
Panjang Pelat Arah Sumbu 2, L_2		Jarak Antar Balok Induk	mm	8000
Tebal Pelat, t		Input	mm	150
Diameter Tulangan, d_b		Input	mm	13
Selimut Bersih, c_c	Tabel 20.6.1.3.1	Input	mm	20
Tebal Efektif Penampang, d		$h - c_c - d_s - d_b/2$	mm	110.5
Kuat Tekan Beton, f_c'		Input	MPa	40
Kuat Leleh Tulangan, f_y		Input	MPa	420
Modulus Elastisitas Beton, E_c		$4700 * \sqrt{f_c'}$		29725
β_1	Tabel 22.2.2.4.3	$0.65 \leq 0.85 - 0.05 * (f_c' - 28) / 7 \leq 0.85$		0.7643
λ	Tabel 25.4.2.4	Asumsi tidak menggunakan beton ringan		1
Gaya Dalam				
M Max akibat M11 Max		Input	kN-m	20.376
M Min akibat M11 Min		Input	kN-m	-32.672
M Max akibat M22 Max		Input	kN-m	9.976
M Min akibat M22 Min		Input	kN-m	-36.255
V_u		Input	kN	45.564
Penulangan Lentur [Analisis untuk per meter lari]				
Momen Positif M11 --> Tulangan Lapangan Bawah Arah Sumbu 1 (X)				
Spasi Tulangan, s		Input		150
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	300
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max} ?$		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / s$ [Analisis untuk per 1 m]		6.6667
d_b			mm	13
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	137.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
As Pasang		$n \cdot \pi/4 \cdot d_b^2$	mm ²	884.88 2
As _{min} (fy < 420 MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% \cdot b \cdot t$	mm ²	300.00 0
As _{min} (fy ≥ 420 MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% \cdot 420 / f_y) \cdot b \cdot t$ dan $0.14\% \cdot b \cdot t$	mm ²	270.00 0
Cek As min		As Pasang ≥ As min ?		OK
Tinggi Blok Beton, a	22.2.2.4.1	$As \cdot f_y / (0.85 \cdot f_c' \cdot b)$	mm	10.931
Kapasitas Lentur, Mn	22.2.2.4.1	$As \cdot f_y \cdot (d - a/2)$	kN-m	39.036
Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	14.302
Regangan Tulangan Tarik, εs	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c \cdot 0.003$		0.020
Faktor Reduksi, φ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 \cdot 0.25 \leq 0.9$		0.900
Kapasitas Lentur Tereduksi, φMn		$\phi \cdot M_n$	kN-m	35.133
Momen Ultimit, Mu			kN-m	20.376
Cek Kapasitas		$\phi M_n > M_u$?		OK
Momen Negatif M11 --> Tulangan Tumpuan Atas Arah Sumbu 1 (X)				
Spasi Tulangan, s		Input		150
Spasi Maksimum, s _{max}	8.7.2.2	$2 \cdot t$ dan 450 mm	mm	300
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max}$?		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		7
db			mm	13
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	137.00 0
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih ≥ db dan 25 mm?		OK
Jumlah Lapis				2
As Pasang		$n \cdot \pi/4 \cdot d_b^2$	mm ²	884.88 2
As _{min} (fy < 420 MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% \cdot b \cdot t$	mm ²	300.00 0
As _{min} (fy ≥ 420 MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% \cdot 420 / f_y) \cdot b \cdot t$ dan $0.14\% \cdot b \cdot t$	mm ²	270.00 0
Cek As min		As Pasang ≥ As min ?		OK
Tinggi Blok Beton, a	22.2.2.4.1	$As \cdot f_y / (0.85 \cdot f_c' \cdot b)$	mm	10.931
Kapasitas Lentur, Mn	22.2.2.4.1	$As \cdot f_y \cdot (d - a/2)$	kN-m	39.036
Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	14.302

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Regangan Tulangan Tarik, ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.020
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
Kapasitas Lentur Tereduksi, ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	35.133
Momen Ultimit, M_u			kN-m	32.672
Cek $\phi M_n > M_u$		$\phi M_n > M_u ?$		OK
Momen Positif M22 --> Tulangan Lapangan Bawah Arah Sumbu 2 (Y)				
Spasi Tulangan, s		Input		150
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	300
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max} ?$		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		7
d_b			mm	13
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	137.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
Jumlah Lapis				2
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	884.882
$A_{s \min}$ ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% * b * t$	mm ²	300.000
$A_{s \min}$ ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% * 420 / f_y) * b * t$ dan $0.14\% * b * t$	mm ²	270.000
Cek $A_{s \min}$		$A_{s \text{ Pasang}} \geq A_{s \min} ?$		OK
Tinggi Blok Beton, a	22.2.2.4.1	$A_s * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	10.931
Kapasitas Lentur, M_n	22.2.2.4.1	$A_s * f_y * (d - d_b - a/2)$	kN-m	34.205
Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	14.302
Regangan Tulangan Tarik, ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.020
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
Kapasitas Lentur Tereduksi, ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	30.784
Momen Ultimit, M_u			kN-m	9.976
Cek $\phi M_n > M_u$		$\phi M_n > M_u ?$		OK
Momen Negatif M22 --> Tulangan Tumpuan Atas Arah Sumbu 2 (Y)				
Spasi Tulangan, s		Input		100

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	300
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max} ?$		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		10
d_b			mm	13
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	87.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
Jumlah Lapis				2
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	1327.323
As_{min} ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% * b * t$	mm ²	300.000
As_{min} ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% * 420 / f_y) * b * t$ dan $0.14\% * b * t$	mm ²	270.000
Cek As_{min}		$As_{Pasang} \geq As_{min} ?$		OK
Tinggi Blok Beton, a	22.2.2.4.1	$As * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	16.396
Kapasitas Lentur, M_n	22.2.2.4.1	$As * f_y * (d - d_b - a/2)$	kN-m	49.784
Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	21.453
Regangan Tulangan Tarik, ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.012
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
Kapasitas Lentur Tereuksi, ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	44.805
Momen Ultimit, M_u			kN-m	36.255
Cek $\phi M_n > M_u$		$\phi M_n > M_u ?$		OK
Tulangan Minimum (untuk Tumpuan Bawah dan Lapangan Atas, Arah X dan Y)				
Spasi Tulangan, s		Input		150
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	300
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max} ?$		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		7
d_b			mm	13
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	137.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
Jumlah Lapis				2

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
As Pasang		$n \cdot \pi/4 \cdot d_b^2$	mm ²	884.88 2
As _{min} (fy < 420 MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% \cdot b \cdot t$	mm ²	300.00 0
As _{min} (fy ≥ 420 MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% \cdot 420 / f_y) \cdot b \cdot t$ dan $0.14\% \cdot b \cdot t$	mm ²	270.00 0
Cek As min		As Pasang ≥ As min ?		OK
Pengecekan Kapasitas Geser				
Kapasitas Geser Beton, V _c		$0.17 \cdot f_c^{0.5} \cdot b \cdot d$	kN	118.80 7
Faktor Reduksi, φ	Tabel 21.2.2			0.75
Ambang Batas Geser Pelat	7.6.3.1	$0.5 \phi V_c$	kN	44.553
Perlu Tulangan Geser Pelat?		$V_u > 0.5 \phi V_c$?		Perlu
Lendutan Pelat				
Kapasitas Retak Lentur				
Momen Inersia Pelat, I _g			mm ⁴	281250 000
Tegangan Retak, f _r		$0.62 \sqrt{f_c'}$	MPa	3.921
Garis Netral, y		$t / 2$	mm	75.000
Kapasitas Retak Lentur, M _{cr}		$f_r \cdot I_g / y$	kNm	14.705
Momen Inersia Retak, I _{cr}		$0.25 I_g$	mm ⁴	703125 00
Lendutan Arah Sumbu 1				
M11 Max Akibat SIDL			kNm	10.364
M11 Min Akibat SIDL			kNm	-1.709
M11 Max Akibat LL			kNm	5.446
M11 Min Akibat LL			kNm	-11.995
Ma Lapangan (+)		$\sum M11 \text{ Max}$	kNm	15.81
Ma Tumpuan (-)		$\sum M11 \text{ Min}$	kNm	-13.704
M _{cr} / Ma Lapangan				0.930
M _{cr} / Ma Tumpuan				1.073
I _e Lapangan		$(M_{cr} / M_a)^3 I_g + [1 - (M_{cr} / M_a)^3]$ $I_{cr} < I_g$	mm ⁴	240026 255
I _e Tumpuan		$(M_{cr} / M_a)^3 I_g + [1 - (M_{cr} / M_a)^3]$ $I_{cr} < I_g$	mm ⁴	281250 000

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
I _c Rata-Rata		$0.5 * I_c \text{ Lapangan} + 0.5 * I_c \text{ Tumpuan}$	mm ⁴	260638128
Lendutan Seketika Akibat SIDL, $\delta_{i, \text{SIDL}}$		$5 / 48 L^2 / (E_c * I_g) * [M_{\text{lap}} + 0.2 M_{\text{tum}}]$	mm	9.212
Lendutan Seketika Akibat LL, $\delta_{i, \text{LL}}$		$5 / 48 L^2 / (E_c * I_g) * [M_{\text{lap}} + 0.2 M_{\text{tum}}]$	mm	6.750
Syarat Lendutan Seketika LL	Tabel 24.2.2	$L / 360$	mm	22.222
Cek Lendutan Seketika				OK
Faktor Jangka Panjang, λ		$2 / (1 + 50 * \rho')$		1.428
Lendutan Jangka Panjang, Δ_{LT}	Tabel 24.2.2	$(\delta_{i, \text{SIDL}}) * \lambda + \delta_{i, \text{LL}}$		19.907
Syarat Lendutan Jangka Panjang	Tabel 24.2.2	$L / 240 \text{ atau } L / 480$	mm	33.333
Cek Lendutan Jangka Panjang				OK
Lendutan Arah Sumbu 2				
M22 Max Akibat SIDL			kN/m	3.737
M22 Min Akibat SIDL			kN/m	-8.643
M22 Max Akibat LL			kN/m	3.413
M22 Min Akibat LL			kN/m	-7.054
Ma Lapangan (+)		$\Sigma M_{11} \text{ Max}$	kN/m	7.15
Ma Tumpuan (-)		$\Sigma M_{11} \text{ Min}$	kN/m	-15.697
M _{cr} / M _a Lapangan				2.057
M _{cr} / M _a Tumpuan				0.937
I _c Lapangan		$(M_{\text{cr}} / M_a)^3 I_g + [1 - (M_{\text{cr}} / M_a)^3] I_{\text{cr}} < I_g$	mm ⁴	281250000
I _c Tumpuan		$(M_{\text{cr}} / M_a)^3 I_g + [1 - (M_{\text{cr}} / M_a)^3] I_{\text{cr}} < I_g$	mm ⁴	243717924
I _c Rata-Rata		$0.5 * I_c \text{ Lapangan} + 0.5 * I_c \text{ Tumpuan}$	mm ⁴	262483962
Lendutan Seketika Akibat SIDL, $\delta_{i, \text{SIDL}}$		$5 / 48 L^2 / (E_c * I_g) * [M_{\text{lap}} + 0.2 M_{\text{tum}}]$	mm	4.670
Lendutan Seketika Akibat LL, $\delta_{i, \text{LL}}$		$5 / 48 L^2 / (E_c * I_g) * [M_{\text{lap}} + 0.2 M_{\text{tum}}]$	mm	4.122
Syarat Lendutan Seketika LL	Tabel 24.2.2	$L / 360$	mm	22.222
Cek Lendutan Seketika				OK
Faktor Jangka Panjang, λ		$2 / (1 + 50 * \rho')$		1.428
Lendutan Jangka Panjang, Δ_{LT}	Tabel 24.2.2	$(\delta_{i, \text{SIDL}}) * \lambda + \delta_{i, \text{LL}}$		10.791

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Syarat Lendutan Jangka Panjang	Tabel 24.2.2	$L / 240$ atau $L / 480$	mm	33.333
Cek Lendutan Jangka Panjang				OK

Lampiran 33 : Tulangan pelat lantai 1 (SRPMK).

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Properti Material dan Penampang				
Panjang Pelat Arah Sumbu 1, L_1		Jarak Antar Balok Induk	mm	8000
Panjang Pelat Arah Sumbu 2, L_2		Jarak Antar Balok Induk	mm	8000
Tebal Pelat, t		Input	mm	150
Diameter Tulangan, d_b		Input	mm	13
Selimut Bersih, c_c	Tabel 20.6.1.3.1	Input	mm	20
Tebal Efektif Penampang, d		$h - c_c - d_s - d_b/2$	mm	110.5
Kuat Tekan Beton, f_c'		Input	MPa	40
Kuat Leleh Tulangan, f_y		Input	MPa	420
Modulus Elastisitas Beton, E_c		$4700 * \sqrt{f_c'}$		29725
β_1	Tabel 22.2.2.4.3	$0.65 \leq 0.85 - 0.05 * (f_c' - 28) / 7 \leq 0.85$		0.7643
λ	Tabel 25.4.2.4	Asumsi tidak menggunakan beton ringan		1
Gaya Dalam				
M Max akibat M11 Max		Input	kN-m	23.973
M Min akibat M11 Min		Input	kN-m	-39.817
M Max akibat M22 Max		Input	kN-m	10.49
M Min akibat M22 Min		Input	kN-m	-37.316
V_u		Input	kN	46.78
Penulangan Lentur [Analisis untuk per meter lari]				
Momen Positif M11 --> Tulangan Lapangan Bawah Arah Sumbu 1 (X)				
Spasi Tulangan, s		Input		150

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	300
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max} ?$		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / s$ [Analisis untuk per 1 m]		6.6667
d_b			mm	13
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	137.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	884.882
As min ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% * b * t$	mm ²	300.000
As min ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% * 420 / f_y) * b * t$ dan $0.14\% * b * t$	mm ²	270.000
Cek As min		As Pasang $\geq$ As min ?		OK
Tinggi Blok Beton, a	22.2.2.4.1	$As * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	10.931
Kapasitas Lentur, M_n	22.2.2.4.1	$As * f_y * (d - a/2)$	kN-m	39.036
Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	14.302
Regangan Tulangan Tarik, ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.020
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
Kapasitas Lentur Tereuksi, ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	35.133
Momen Ultimit, M_u			kN-m	23.973
Cek Kapasitas		$\phi M_n > M_u ?$		OK
Momen Negatif M11 --> Tulangan Tumpuan Atas Arah Sumbu 1 (X)				
Spasi Tulangan, s		Input		100
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	300
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max} ?$		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		10
d_b			mm	13
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	87.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
Jumlah Lapis				2
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	1327.323

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
$A_{s \min}$ ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% * b * t$	mm ²	300.000
$A_{s \min}$ ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% * 420 / f_y) * b * t$ dan $0.14\% * b * t$	mm ²	270.000
Cek $A_{s \min}$		$A_s \text{ Pasang} \geq A_{s \min} ?$		OK
Tinggi Blok Beton, a	22.2.2.4.1	$A_s * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	16.396
Kapasitas Lentur, M_n	22.2.2.4.1	$A_s * f_y * (d - a/2)$	kN-m	57.031
Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	21.453
Regangan Tulangan Tarik, ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.012
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
Kapasitas Lentur Tereduksi, ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	51.328
Momen Ultimit, M_u			kN-m	39.817
Cek $\phi M_n > M_u$		$\phi M_n > M_u ?$		OK
Momen Positif M22 --> Tulangan Lapangan Bawah Arah Sumbu 2 (Y)				
Spasi Tulangan, s		Input		150
Spasi Maksimum, $s_{\max}$	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	300
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{\max} ?$		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		7
d_b			mm	13
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	137.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
Jumlah Lapis				2
A_s Pasang		$n * \pi/4 * d_b^2$	mm ²	884.882
$A_{s \min}$ ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% * b * t$	mm ²	300.000
$A_{s \min}$ ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% * 420 / f_y) * b * t$ dan $0.14\% * b * t$	mm ²	270.000
Cek $A_{s \min}$		$A_s \text{ Pasang} \geq A_{s \min} ?$		OK
Tinggi Blok Beton, a	22.2.2.4.1	$A_s * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	10.931
Kapasitas Lentur, M_n	22.2.2.4.1	$A_s * f_y * (d - d_b - a/2)$	kN-m	34.205
Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	14.302
Regangan Tulangan Tarik, ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.020

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 \cdot 0.25 \leq 0.9$		0.900
Kapasitas Lentur Tereduksi, ϕM_n		$\phi \cdot M_n$	kN-m	30.784
Momen Ultimit, M_u			kN-m	10.490
Cek $\phi M_n > M_u$		$\phi M_n > M_u ?$		OK
Momen Negatif M22 --> Tulangan Tumpuan Atas Arah Sumbu 2 (Y)				
Spasi Tulangan, s		Input		100
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 \cdot t$ dan 450 mm	mm	300
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max} ?$		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		10
d_b			mm	13
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	87.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
Jumlah Lapis				2
As Pasang		$n \cdot \pi / 4 \cdot d_b^2$	mm ²	1327.323
$A_{s \min}$ ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% \cdot b \cdot t$	mm ²	300.000
$A_{s \min}$ ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% \cdot 420 / f_y) \cdot b \cdot t$ dan $0.14\% \cdot b \cdot t$	mm ²	270.000
Cek $A_{s \min}$		$A_{s \text{ Pasang}} \geq A_{s \min} ?$		OK
Tinggi Blok Beton, a	22.2.2.4.1	$A_s \cdot f_y / (0.85 \cdot f_c' \cdot b)$	mm	16.396
Kapasitas Lentur, M_n	22.2.2.4.1	$A_s \cdot f_y \cdot (d - d_b - a/2)$	kN-m	49.784
Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	21.453
Regangan Tulangan Tarik, ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c \cdot 0.003$		0.012
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 \cdot 0.25 \leq 0.9$		0.900
Kapasitas Lentur Tereduksi, ϕM_n		$\phi \cdot M_n$	kN-m	44.805
Momen Ultimit, M_u			kN-m	37.316
Cek $\phi M_n > M_u$		$\phi M_n > M_u ?$		OK
Tulangan Minimum (untuk Tumpuan Bawah dan Lapangan Atas, Arah X dan Y)				
Spasi Tulangan, s		Input		150
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 \cdot t$ dan 450 mm	mm	300

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{\max} ?$		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		7
d_b			mm	13
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	137.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
Jumlah Lapis				2
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	884.882
As min ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% * b * t$	mm ²	300.000
As min ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% * 420 / f_y) * b * t$ dan $0.14\% * b * t$	mm ²	270.000
Cek As min		As Pasang $\geq$ As min ?		OK
Pengecekan Kapasitas Geser				
Kapasitas Geser Beton, V_c		$0.17 * f_c'^{0.5} * b * d$	kN	118.807
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2			0.75
Ambang Batas Geser Pelat	7.6.3.1	$0.5 \phi V_c$	kN	44.553
Perlu Tulangan Geser Pelat?		$V_u > 0.5 \phi V_c ?$		Perlu
Lendutan Pelat				
Kapasitas Retak Lentur				
Momen Inersia Pelat, I_g			mm ⁴	281250000
Tegangan Retak, f_r		$0.62 \sqrt{f_c'}$	MPa	3.921
Garis Netral, y		$t / 2$	mm	75.000
Kapasitas Retak Lentur, M_{cr}		$f_r * I_g / y$	kNm	14.705
Momen Inersia Retak, I_{cr}		$0.25 I_g$	mm ⁴	70312500
Lendutan Arah Sumbu 1				
M11 Max Akibat SIDL			kNm	9.255
M11 Min Akibat SIDL			kNm	-4.708
M11 Max Akibat LL			kNm	3.817
M11 Min Akibat LL			kNm	-12.386

Parameter	Pasal Referensi SNI 2847:2019	Persamaan	Satuan	Nilai
Ma Lapangan (+)		$\sum M_{11} \text{ Max}$	kN m	13.072
Ma Tumpuan (-)		$\sum M_{11} \text{ Min}$	kN m	-17.094
M_{cr} / M_a Lapangan				1.125
M_{cr} / M_a Tumpuan				0.860
I_e Lapangan		$(M_{cr} / M_a)^3 I_g + [1 - (M_{cr} / M_a)^3] I_{cr} < I_g$	mm ⁴	281250 000
I_e Tumpuan		$(M_{cr} / M_a)^3 I_g + [1 - (M_{cr} / M_a)^3] I_{cr} < I_g$	mm ⁴	204583 293
I_e Rata-Rata		$0.5 * I_e \text{ Lapangan} + 0.5 * I_e \text{ Tumpuan}$	mm ⁴	242916 647
Lendutan Seketika Akibat SIDL, $\delta_{i, \text{SIDL}}$		$5 / 48 L^2 / (E_c * I_g) * [M_{\text{lap}} + 0.2 M_{\text{tump}}]$	mm	9.414
Lendutan Seketika Akibat LL, $\delta_{i, \text{LL}}$		$5 / 48 L^2 / (E_c * I_g) * [M_{\text{lap}} + 0.2 M_{\text{tump}}]$	mm	5.811
Syarat Lendutan Seketika LL	Tabel 24.2.2	$L / 360$	mm	22.222
Cek Lendutan Seketika				OK
Faktor Jangka Panjang, λ		$2 / (1 + 50 * \rho')$		1.428
Lendutan Jangka Panjang, Δ_{LT}	Tabel 24.2.2	$(\delta_{i, \text{SIDL}}) * \lambda + \delta_{i, \text{LL}}$		19.256
Syarat Lendutan Jangka Panjang	Tabel 24.2.2	$L / 240$ atau $L / 480$	mm	33.333
Cek Lendutan Jangka Panjang				OK
Lendutan Arah Sumbu 2				
M22 Max Akibat SIDL			kN m	3.342
M22 Min Akibat SIDL			kN m	-8.329
M22 Max Akibat LL			kN m	3.472
M22 Min Akibat LL			kN m	-8.876
Ma Lapangan (+)		$\sum M_{11} \text{ Max}$	kN m	6.814
Ma Tumpuan (-)		$\sum M_{11} \text{ Min}$	kN m	-17.205
M_{cr} / M_a Lapangan				2.158
M_{cr} / M_a Tumpuan				0.855
I_e Lapangan		$(M_{cr} / M_a)^3 I_g + [1 - (M_{cr} / M_a)^3] I_{cr} < I_g$	mm ⁴	281250 000
I_e Tumpuan		$(M_{cr} / M_a)^3 I_g + [1 - (M_{cr} / M_a)^3] I_{cr} < I_g$	mm ⁴	202001 234
I_e Rata-Rata		$0.5 * I_e \text{ Lapangan} + 0.5 * I_e \text{ Tumpuan}$	mm ⁴	241625 617

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Lendutan Seketika Akibat SIDL, $\delta_{i, \text{SIDL}}$		$5 / 48 L^2 / (E_c * I_g) * [M_{\text{lap}} + 0.2 M_{\text{tum}}]$	mm	4.648
Lendutan Seketika Akibat LL, $\delta_{i, \text{LL}}$		$5 / 48 L^2 / (E_c * I_g) * [M_{\text{lap}} + 0.2 M_{\text{tum}}]$	mm	4.870
Syarat Lendutan Seketika LL	Tabel 24.2.2	$L / 360$	mm	22.222
Cek Lendutan Seketika				OK
Faktor Jangka Panjang, λ		$2 / (1 + 50 * \rho')$		1.428
Lendutan Jangka Panjang, Δ_{LT}	Tabel 24.2.2	$(\delta_{i, \text{SIDL}}) * \lambda + \delta_{i, \text{LL}}$		11.509
Syarat Lendutan Jangka Panjang	Tabel 24.2.2	$L / 240$ atau $L / 480$	mm	33.333
Cek Lendutan Jangka Panjang				OK

Lampiran 34 : Tulangan pelat lantai 2 (SRPMK).

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Properti Material dan Penampang				
Panjang Pelat Arah Sumbu 1, L_1		Jarak Antar Balok Induk	mm	8000
Panjang Pelat Arah Sumbu 2, L_2		Jarak Antar Balok Induk	mm	8000
Tebal Pelat, t		Input	mm	150
Diameter Tulangan, d_b		Input	mm	13
Selimut Bersih, c_c	Tabel 20.6.1.3.1	Input	mm	20
Tebal Efektif Penampang, d		$h - c_c - d_s - d_b/2$	mm	110.5
Kuat Tekan Beton, f_c'		Input	MPa	40
Kuat Leleh Tulangan, f_y		Input	MPa	420
Modulus Elastisitas Beton, E_c		$4700 * \sqrt{f_c'}$		29725
β_1	Tabel 22.2.2.4.3	$0.65 \leq 0.85 - 0.05 * (f_c' - 28) / 7 \leq 0.85$		0.7643
λ	Tabel 25.4.2.4	Asumsi tidak menggunakan beton ringan		1
Gaya Dalam				
M Max akibat M11 Max		Input	kN-m	15.266
M Min akibat M11 Min		Input	kN-m	-41.698

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
M Max akibat M22 Max		Input	kN-m	10.772
M Min akibat M22 Min		Input	kN-m	-38.636
Vu		Input	kN	59.507
Penulangan Lentur [Analisis untuk per meter lari]				
Momen Positif M11 --> Tulangan Lapangan Bawah Arah Sumbu 1 (X)				
Spasi Tulangan, s		Input		150
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	300
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max} ?$		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / s$ [Analisis untuk per 1 m]		6.6667
d_b			mm	13
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	137.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	884.882
$A_{s\ min}$ ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% * b * t$	mm ²	300.000
$A_{s\ min}$ ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% * 420 / f_y) * b * t$ dan $0.14\% * b * t$	mm ²	270.000
Cek As min		$A_s \text{ Pasang} \geq A_{s\ min} ?$		OK
Tinggi Blok Beton, a	22.2.2.4.1	$A_s * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	10.931
Kapasitas Lentur, M_n	22.2.2.4.1	$A_s * f_y * (d - a/2)$	kN-m	39.036
Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	14.302
Regangan Tulangan Tarik, ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.020
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
Kapasitas Lentur Tereduksi, ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	35.133
Momen Ultimit, M_u			kN-m	15.266
Cek Kapasitas		$\phi M_n > M_u ?$		OK
Momen Negatif M11 --> Tulangan Tumpuan Atas Arah Sumbu 1 (X)				
Spasi Tulangan, s		Input		100
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	300
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max} ?$		OK

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		10
d_b			mm	13
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	87.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
Jumlah Lapis				2
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	1327.323
As_{min} ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% * b * t$	mm ²	300.000
As_{min} ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% * 420 / f_y) * b * t$ dan $0.14\% * b * t$	mm ²	270.000
Cek As_{min}		$As_{Pasang} \geq As_{min}$?		OK
Tinggi Blok Beton, a	22.2.2.4.1	$As * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	16.396
Kapasitas Lentur, M_n	22.2.2.4.1	$As * f_y * (d - a/2)$	kN-m	57.031
Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	21.453
Regangan Tulangan Tarik, ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.012
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
Kapasitas Lentur Tereduksi, ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	51.328
Momen Ultimit, M_u			kN-m	41.698
Cek $\phi M_n > M_u$		$\phi M_n > M_u$?		OK
Momen Positif M22 --> Tulangan Lapangan Bawah Arah Sumbu 2 (Y)				
Spasi Tulangan, s		Input		150
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	300
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max}$?		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		7
d_b			mm	13
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	137.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
Jumlah Lapis				2
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	884.882
As_{min} ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% * b * t$	mm ²	300.000

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
$A_{s \min}$ ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% * 420 / f_y) * b * t$ dan $0.14\% * b * t$	mm ²	270.000
Cek $A_{s \min}$		$A_s \text{ Pasang} \geq A_{s \min} ?$		OK
Tinggi Blok Beton, a	22.2.2.4.1	$A_s * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	10.931
Kapasitas Lentur, M_n	22.2.2.4.1	$A_s * f_y * (d - d_b - a/2)$	kN-m	34.205
Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	14.302
Regangan Tulangan Tarik, ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.020
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
Kapasitas Lentur Tereduksi, ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	30.784
Momen Ultimit, M_u			kN-m	10.772
Cek $\phi M_n > M_u$		$\phi M_n > M_u ?$		OK
Momen Negatif M22 --> Tulangan Tumpuan Atas Arah Sumbu 2 (Y)				
Spasi Tulangan, s		Input		100
Spasi Maksimum, $s_{\max}$	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	300
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{\max} ?$		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		10
d_b			mm	13
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	87.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
Jumlah Lapis				2
A_s Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	1327.323
$A_{s \min}$ ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% * b * t$	mm ²	300.000
$A_{s \min}$ ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% * 420 / f_y) * b * t$ dan $0.14\% * b * t$	mm ²	270.000
Cek $A_{s \min}$		$A_s \text{ Pasang} \geq A_{s \min} ?$		OK
Tinggi Blok Beton, a	22.2.2.4.1	$A_s * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	16.396
Kapasitas Lentur, M_n	22.2.2.4.1	$A_s * f_y * (d - d_b - a/2)$	kN-m	49.784
Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	21.453
Regangan Tulangan Tarik, ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.012
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Kapasitas Lentur Tereduksi, ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	44.805
Momen Ultimit, M_u			kN-m	38.636
Cek $\phi M_n > M_u$		$\phi M_n > M_u ?$		OK
Tulangan Minimum (untuk Tumpuan Bawah dan Lapangan Atas, Arah X dan Y)				
Spasi Tulangan, s		Input		150
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	300
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max} ?$		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		7
d_b			mm	13
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	137.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
Jumlah Lapis				2
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	884.882
$A_{s \min}$ ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% * b * t$	mm ²	300.000
$A_{s \min}$ ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% * 420 / f_y) * b * t$ dan $0.14\% * b * t$	mm ²	270.000
Cek $A_{s \min}$		$A_{s \text{ Pasang}} \geq A_{s \min} ?$		OK
Pengecekan Kapasitas Geser				
Kapasitas Geser Beton, V_c		$0.17 * f_c^{0.5} * b * d$	kN	118.807
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2			0.75
Ambang Batas Geser Pelat	7.6.3.1	$0.5 \phi V_c$	kN	44.553
Perlu Tulangan Geser Pelat?		$V_u > 0.5 \phi V_c ?$		Perlu
Lendutan Pelat				
Kapasitas Retak Lentur				
Momen Inersia Pelat, I_g			mm ⁴	28125000
Tegangan Retak, f_r		$0.62 \sqrt{f_c'}$	MPa	3.921
Garis Netral, y		$t / 2$	mm	75.000
Kapasitas Retak Lentur, M_{cr}		$f_r * I_g / y$	kN-m	14.705
Momen Inersia Retak, I_{cr}		$0.25 I_g$	mm ⁴	70312500

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Lendutan Arah Sumbu 1				
M11 Max Akibat SIDL			kN/m	3.616
M11 Min Akibat SIDL			kN/m	-5.114
M11 Max Akibat LL			kN/m	3.718
M11 Min Akibat LL			kN/m	-13.367
Ma Lapangan (+)		ΣM11 Max	kN/m	7.334
Ma Tumpuan (-)		ΣM11 Min	kN/m	-18.481
M _{cr} / M _a Lapangan				2.005
M _{cr} / M _a Tumpuan				0.796
I _e Lapangan		$(M_{cr} / M_a)^3 I_g + [1 - (M_{cr} / M_a)^3] I_{cr} < I_g$	mm ⁴	281250000
I _e Tumpuan		$(M_{cr} / M_a)^3 I_g + [1 - (M_{cr} / M_a)^3] I_{cr} < I_g$	mm ⁴	176564289
I _e Rata-Rata		0.5 * I _e Lapangan + 0.5 * I _e Tumpuan	mm ⁴	228907145
Lendutan Seketika Akibat SIDL, δ _{i, SIDL}		$5 / 48 L^2 / (E_c * I_g) * [M_{lap} + 0.2 M_{tum}]$	mm	4.545
Lendutan Seketika Akibat LL, δ _{i, LL}		$5 / 48 L^2 / (E_c * I_g) * [M_{lap} + 0.2 M_{tum}]$	mm	6.262
Syarat Lendutan Seketika LL	Tabel 24.2.2	L / 360	mm	22.222
Cek Lendutan Seketika				OK
Faktor Jangka Panjang, λ		2 / (1 + 50 * ρ')		1.428
Lendutan Jangka Panjang, Δ _{LT}	Tabel 24.2.2	(δ _{i, SIDL}) * λ + δ _{i, LL}		12.753
Syarat Lendutan Jangka Panjang	Tabel 24.2.2	L / 240 atau L / 480	mm	33.333
Cek Lendutan Jangka Panjang				OK
Lendutan Arah Sumbu 2				
M22 Max Akibat SIDL			kN/m	2.96
M22 Min Akibat SIDL			kN/m	-8.51
M22 Max Akibat LL			kN/m	2.748
M22 Min Akibat LL			kN/m	-10.256
Ma Lapangan (+)		ΣM11 Max	kN/m	5.708
Ma Tumpuan (-)		ΣM11 Min	kN/m	-18.766

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
M_{cr} / M_a Lapangan				2.576
M_{cr} / M_a Tumpuan				0.784
I_e Lapangan		$(M_{cr} / M_a)^3 I_g + [1 - (M_{cr} / M_a)^3] I_{cr} < I_g$	mm ⁴	281250000
I_e Tumpuan		$(M_{cr} / M_a)^3 I_g + [1 - (M_{cr} / M_a)^3] I_{cr} < I_g$	mm ⁴	171796486
I_e Rata-Rata		$0.5 * I_e \text{ Lapangan} + 0.5 * I_e \text{ Tumpuan}$	mm ⁴	226523243
Lendutan Seketika Akibat SIDL, $\delta_{i, \text{SIDL}}$		$5 / 48 L^2 / (E_c * I_g) * [M_{\text{lap}} + 0.2 M_{\text{tum}}]$	mm	4.616
Lendutan Seketika Akibat LL, $\delta_{i, \text{LL}}$		$5 / 48 L^2 / (E_c * I_g) * [M_{\text{lap}} + 0.2 M_{\text{tum}}]$	mm	4.752
Syarat Lendutan Seketika LL	Tabel 24.2.2	$L / 360$	mm	22.222
Cek Lendutan Seketika				OK
Faktor Jangka Panjang, λ		$2 / (1 + 50 * \rho')$		1.428
Lendutan Jangka Panjang, Δ_{LT}	Tabel 24.2.2	$(\delta_{i, \text{SIDL}}) * \lambda + \delta_{i, \text{LL}}$		11.344
Syarat Lendutan Jangka Panjang	Tabel 24.2.2	$L / 240$ atau $L / 480$	mm	33.333
Cek Lendutan Jangka Panjang				OK

Lampiran 35 : Tulangan pelat lantai 3-22 (SRPMK).

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Properti Material dan Penampang				
Panjang Pelat Arah Sumbu 1, L_1		Jarak Antar Balok Induk	mm	8000
Panjang Pelat Arah Sumbu 2, L_2		Jarak Antar Balok Induk	mm	8000
Tebal Pelat, t		Input	mm	150
Diameter Tulangan, d_b		Input	mm	13
Selimut Bersih, c_c	Tabel 20.6.1.3.1	Input	mm	20
Tebal Efektif Penampang, d		$h - c_c - d_s - d_b/2$	mm	110.5
Kuat Tekan Beton, f_c'		Input	MPa	40
Kuat Leleh Tulangan, f_y		Input	MPa	420
Modulus Elastisitas Beton, E_c		$4700 * \sqrt{f_c'}$		29725

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
β_1	Tabel 22.2.2.4.3	$0.65 \leq 0.85 - 0.05 * (f_c' - 28) / 7 \leq 0.85$		0.7643
λ	Tabel 25.4.2.4	Asumsi tidak menggunakan beton ringan		1
Gaya Dalam				
M Max akibat M11 Max		Input	kN-m	15.572
M Min akibat M11 Min		Input	kN-m	-42.067
M Max akibat M22 Max		Input	kN-m	10.907
M Min akibat M22 Min		Input	kN-m	-38.058
Vu		Input	kN	58.66
Penulangan Lentur [Analisis untuk per meter lari]				
Momen Positif M11 --> Tulangan Lapangan Bawah Arah Sumbu 1 (X)				
Spasi Tulangan, s		Input		150
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	300
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max} ?$		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / s$ [Analisis untuk per 1 m]		6.6667
d_b			mm	13
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	137.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	884.882
As min ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% * b * t$	mm ²	300.000
As min ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% * 420 / f_y) * b * t$ dan $0.14\% * b * t$	mm ²	270.000
Cek As min		As Pasang $\geq$ As min ?		OK
Tinggi Blok Beton, a	22.2.2.4.1	$As * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	10.931
Kapasitas Lentur, M_n	22.2.2.4.1	$As * f_y * (d - a/2)$	kN-m	39.036
Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	14.302
Regangan Tulangan Tarik, ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.020
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
Kapasitas Lentur Tereduksi, ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	35.133
Momen Ultimit, M_u			kN-m	15.572

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Cek Kapasitas		$\phi M_n > M_u$?		OK
Momen Negatif M11 --> Tulangan Tumpuan Atas Arah Sumbu 1 (X)				
Spasi Tulangan, s		Input		100
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	300
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max}$?		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		10
d_b			mm	13
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	87.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
Jumlah Lapis				2
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	1327.323
As_{min} ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% * b * t$	mm ²	300.000
As_{min} ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% * 420 / f_y) * b * t$ dan $0.14\% * b * t$	mm ²	270.000
Cek As_{min}		$As_{Pasang} \geq As_{min}$?		OK
Tinggi Blok Beton, a	22.2.2.4.1	$As * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	16.396
Kapasitas Lentur, M_n	22.2.2.4.1	$As * f_y * (d - a/2)$	kN-m	57.031
Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	21.453
Regangan Tulangan Tarik, ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.012
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
Kapasitas Lentur Tereuksi, ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	51.328
Momen Ultimit, M_u			kN-m	42.067
Cek $\phi M_n > M_u$		$\phi M_n > M_u$?		OK
Momen Positif M22 --> Tulangan Lapangan Bawah Arah Sumbu 2 (Y)				
Spasi Tulangan, s		Input		150
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	300
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max}$?		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		7
d_b			mm	13

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	137.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
Jumlah Lapis				2
As Pasang		$n \cdot \pi/4 \cdot d_b^2$	mm ²	884.882
As _{min} (fy < 420 MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% \cdot b \cdot t$	mm ²	300.000
As _{min} (fy $\geq$ 420 MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% \cdot 420 / f_y) \cdot b \cdot t$ dan $0.14\% \cdot b \cdot t$	mm ²	270.000
Cek As min		As Pasang $\geq$ As min ?		OK
Tinggi Blok Beton, a	22.2.2.4.1	$As \cdot f_y / (0.85 \cdot f_c' \cdot b)$	mm	10.931
Kapasitas Lentur, M _n	22.2.2.4.1	$As \cdot f_y \cdot (d - d_b - a/2)$	kN-m	34.205
Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	14.302
Regangan Tulangan Tarik, ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c \cdot 0.003$		0.020
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 \cdot 0.25 \leq 0.9$		0.900
Kapasitas Lentur Tereuksi, ϕM_n		$\phi \cdot M_n$	kN-m	30.784
Momen Ultimit, M _u			kN-m	10.907
Cek $\phi M_n > M_u$		$\phi M_n > M_u$?		OK
Momen Negatif M22 --> Tulangan Tumpuan Atas Arah Sumbu 2 (Y)				
Spasi Tulangan, s		Input		100
Spasi Maksimum, s _{max}	8.7.2.2	$2 \cdot t$ dan 450 mm	mm	300
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max}$?		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		10
d _b			mm	13
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	87.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
Jumlah Lapis				2
As Pasang		$n \cdot \pi/4 \cdot d_b^2$	mm ²	1327.323
As _{min} (fy < 420 MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% \cdot b \cdot t$	mm ²	300.000
As _{min} (fy $\geq$ 420 MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% \cdot 420 / f_y) \cdot b \cdot t$ dan $0.14\% \cdot b \cdot t$	mm ²	270.000
Cek As min		As Pasang $\geq$ As min ?		OK

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Tinggi Blok Beton, a	22.2.2.4.1	$A_s * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	16.396
Kapasitas Lentur, M_n	22.2.2.4.1	$A_s * f_y * (d - d_b - a/2)$	kN-m	49.784
Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	21.453
Regangan Tulangan Tarik, ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.012
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
Kapasitas Lentur Tereuksi, ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	44.805
Momen Ultimit, M_u			kN-m	38.058
Cek $\phi M_n > M_u$		$\phi M_n > M_u ?$		OK
Tulangan Minimum (untuk Tumpuan Bawah dan Lapangan Atas, Arah X dan Y)				
Spasi Tulangan, s		Input		150
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	300
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max} ?$		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		7
d_b			mm	13
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	137.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
Jumlah Lapis				2
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	884.882
$A_{s \min}$ ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% * b * t$	mm ²	300.000
$A_{s \min}$ ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% * 420 / f_y) * b * t$ dan $0.14\% * b * t$	mm ²	270.000
Cek $A_{s \min}$		$A_s \text{ Pasang} \geq A_{s \min} ?$		OK
Pengecekan Kapasitas Geser				
Kapasitas Geser Beton, V_c		$0.17 * f_c'^{0.5} * b * d$	kN	118.807
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2			0.75
Ambang Batas Geser Pelat	7.6.3.1	$0.5 \phi V_c$	kN	44.553
Perlu Tulangan Geser Pelat?		$V_u > 0.5 \phi V_c ?$		Perlu
Lendutan Pelat				
Kapasitas Retak Lentur				

Parameter	Pasal Referensi SNI 2847:2019	Persamaan	Satuan	Nilai
Momen Inersia Pelat, I_g			mm ⁴	281250000
Tegangan Retak, f_r		$0.62 \sqrt{f_c'}$	MPa	3.921
Garis Netral, y		$t / 2$	mm	75.000
Kapasitas Retak Lentur, M_{cr}		$f_r * I_g / y$	kNm	14.705
Momen Inersia Retak, I_{cr}		$0.25 I_g$	mm ⁴	70312500
Lendutan Arah Sumbu 1				
M11 Max Akibat SIDL			kNm	3.47
M11 Min Akibat SIDL			kNm	-4.996
M11 Max Akibat LL			kNm	3.716
M11 Min Akibat LL			kNm	-13.396
Ma Lapangan (+)		$\sum M11 \text{ Max}$	kNm	7.186
Ma Tumpuan (-)		$\sum M11 \text{ Min}$	kNm	-18.392
$M_{cr} / M_a \text{ Lapangan}$				2.046
$M_{cr} / M_a \text{ Tumpuan}$				0.800
$I_e \text{ Lapangan}$		$(M_{cr} / M_a)^3 I_g + [1 - (M_{cr} / M_a)^3] I_{cr} < I_g$	mm ⁴	281250000
$I_e \text{ Tumpuan}$		$(M_{cr} / M_a)^3 I_g + [1 - (M_{cr} / M_a)^3] I_{cr} < I_g$	mm ⁴	178114242
$I_e \text{ Rata-Rata}$		$0.5 * I_e \text{ Lapangan} + 0.5 * I_e \text{ Tumpuan}$	mm ⁴	229682121
Lendutan Seketika Akibat SIDL, $\delta_{i, \text{SIDL}}$		$5 / 48 L^2 / (E_c * I_g) * [M_{lap} + 0.2 M_{tum}]$	mm	4.364
Lendutan Seketika Akibat LL, $\delta_{i, \text{LL}}$		$5 / 48 L^2 / (E_c * I_g) * [M_{lap} + 0.2 M_{tum}]$	mm	6.245
Syarat Lendutan Seketika LL	Tabel 24.2.2	$L / 360$	mm	22.222
Cek Lendutan Seketika				OK
Faktor Jangka Panjang, λ		$2 / (1 + 50 * \rho')$		1.428
Lendutan Jangka Panjang, Δ_{LT}	Tabel 24.2.2	$(\delta_{i, \text{SIDL}}) * \lambda + \delta_{i, \text{LL}}$		12.477
Syarat Lendutan Jangka Panjang	Tabel 24.2.2	$L / 240 \text{ atau } L / 480$	mm	33.333
Cek Lendutan Jangka Panjang				OK
Lendutan Arah Sumbu 2				
M22 Max Akibat SIDL			kNm	3.291

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
M22 Min Akibat SIDL			kN/m	-8.708
M22 Max Akibat LL			kN/m	2.752
M22 Min Akibat LL			kN/m	-10.035
Ma Lapangan (+)		$\sum M_{11} \text{ Max}$	kN/m	6.043
Ma Tumpuan (-)		$\sum M_{11} \text{ Min}$	kN/m	-18.743
M_{cr} / M_a Lapangan				2.433
M_{cr} / M_a Tumpuan				0.785
I_e Lapangan		$(M_{cr} / M_a)^3 I_g + [1 - (M_{cr} / M_a)^3] I_{cr} < I_g$	mm ⁴	281250000
I_e Tumpuan		$(M_{cr} / M_a)^3 I_g + [1 - (M_{cr} / M_a)^3] I_{cr} < I_g$	mm ⁴	172170545
I_e Rata-Rata		$0.5 * I_e \text{ Lapangan} + 0.5 * I_e \text{ Tumpuan}$	mm ⁴	226710273
Lendutan Seketika Akibat SIDL, $\delta_{i, \text{SIDL}}$		$5 / 48 L^2 / (E_c * I_g) * [M_{\text{lap}} + 0.2 M_{\text{tum}}]$	mm	4.979
Lendutan Seketika Akibat LL, $\delta_{i, \text{LL}}$		$5 / 48 L^2 / (E_c * I_g) * [M_{\text{lap}} + 0.2 M_{\text{tum}}]$	mm	4.708
Syarat Lendutan Seketika LL	Tabel 24.2.2	$L / 360$	mm	22.222
Cek Lendutan Seketika				OK
Faktor Jangka Panjang, λ		$2 / (1 + 50 * \rho')$		1.428
Lendutan Jangka Panjang, Δ_{LT}	Tabel 24.2.2	$(\delta_{i, \text{SIDL}}) * \lambda + \delta_{i, \text{LL}}$		11.818
Syarat Lendutan Jangka Panjang	Tabel 24.2.2	$L / 240$ atau $L / 480$	mm	33.333
Cek Lendutan Jangka Panjang				OK

Lampiran 36 : Tulangan pelat lantai 23 (SRPMK).

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Properti Material dan Penampang				
Panjang Pelat Arah Sumbu 1, L_1		Jarak Antar Balok Induk	mm	8000
Panjang Pelat Arah Sumbu 2, L_2		Jarak Antar Balok Induk	mm	8000
Tebal Pelat, t		Input	mm	300
Diameter Tulangan, d_b		Input	mm	22

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Selimut Bersih, c_c	Tabel 20.6.1.3.1	Input	mm	40
Tebal Efektif Penampang, d		$h - c_c - d_s - d_b/2$	mm	227
Kuat Tekan Beton, f'_c		Input	MPa	40
Kuat Leleh Tulangan, f_y		Input	MPa	420
Modulus Elastisitas Beton, E_c		$4700 * \sqrt{f'_c}$		29725
β_1	Tabel 22.2.2.4.3	$0.65 \leq 0.85 - 0.05 * (f'_c - 28) / 7 \leq 0.85$		0.7643
λ	Tabel 25.4.2.4	Asumsi tidak menggunakan beton ringan		1
Gaya Dalam				
M Max akibat M11 Max		Input	kN-m	34.109
M Min akibat M11 Min		Input	kN-m	-51.827
M Max akibat M22 Max		Input	kN-m	26.98
M Min akibat M22 Min		Input	kN-m	-49.64
V_u		Input	kN	80.805
Penulangan Lentur [Analisis untuk per meter lari]				
Momen Positif M11 --> Tulangan Lapangan Bawah Arah Sumbu 1 (X)				
Spasi Tulangan, s		Input		150
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	450
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max} ?$		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / s$ [Analisis untuk per 1 m]		6.6667
d_b			mm	22
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	128.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
As Pasang		$n * \pi/4 * d_b^2$	mm ²	2534.218
As_{min} ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% * b * t$	mm ²	600.000
As_{min} ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% * 420 / f_y) * b * t$ dan $0.14\% * b * t$	mm ²	540.000
Cek As_{min}		$As_{Pasang} \geq As_{min} ?$		OK
Tinggi Blok Beton, a	22.2.2.4.1	$As * f_y / (0.85 * f'_c * b)$	mm	31.305

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Kapasitas Lentur, M_n	22.2.2.4.1	$A_s * f_y * (d - a/2)$	kN-m	224.952
Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	40.960
Regangan Tulangan Tarik, ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.014
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
Kapasitas Lentur Tereduksi, ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	202.457
Momen Ultimit, M_u			kN-m	34.109
Cek Kapasitas		$\phi M_n > M_u ?$		OK
Momen Negatif M11 --> Tulangan Tumpuan Atas Arah Sumbu 1 (X)				
Spasi Tulangan, s		Input		150
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	450
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max} ?$		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		7
d_b			mm	22
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	128.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
Jumlah Lapis				2
As Pasang		$n * \pi/4 * d_b^2$	mm ²	2534.218
$A_{s \min}$ ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% * b * t$	mm ²	600.000
$A_{s \min}$ ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% * 420 / f_y) * b * t$ dan $0.14\% * b * t$	mm ²	540.000
Cek $A_{s \min}$		$A_s \text{ Pasang} \geq A_{s \min} ?$		OK
Tinggi Blok Beton, a	22.2.2.4.1	$A_s * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	31.305
Kapasitas Lentur, M_n	22.2.2.4.1	$A_s * f_y * (d - a/2)$	kN-m	224.952
Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	40.960
Regangan Tulangan Tarik, ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.014
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
Kapasitas Lentur Tereduksi, ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	202.457
Momen Ultimit, M_u			kN-m	51.827
Cek $\phi M_n > M_u$		$\phi M_n > M_u ?$		OK

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Momen Positif M22 --> Tulangan Lapangan Bawah Arah Sumbu 2 (Y)				
Spasi Tulangan, s		Input		150
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	450
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max} ?$		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		7
d_b			mm	22
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	128.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
Jumlah Lapis				2
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	2534.218
$A_{s \min}$ ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% * b * t$	mm ²	600.000
$A_{s \min}$ ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% * 420 / f_y) * b * t$ dan $0.14\% * b * t$	mm ²	540.000
Cek $A_{s \min}$		$A_{s \text{ Pasang}} \geq A_{s \min} ?$		OK
Tinggi Blok Beton, a	22.2.2.4.1	$A_s * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	31.305
Kapasitas Lentur, M_n	22.2.2.4.1	$A_s * f_y * (d - d_b - a/2)$	kN-m	201.536
Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	40.960
Regangan Tulangan Tarik, ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.014
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
Kapasitas Lentur Tereduksi, ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	181.382
Momen Ultimit, M_u			kN-m	26.980
Cek $\phi M_n > M_u$		$\phi M_n > M_u ?$		OK
Momen Negatif M22 --> Tulangan Tumpuan Atas Arah Sumbu 2 (Y)				
Spasi Tulangan, s		Input		150
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	450
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max} ?$		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		7
d_b			mm	22
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	128.000

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
Jumlah Lapis				2
As Pasang		$n * \pi/4 * d_b^2$	mm ²	2534.218
As _{min} ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% * b * t$	mm ²	600.000
As _{min} ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% * 420 / f_y) * b * t$ dan $0.14\% * b * t$	mm ²	540.000
Cek As min		As Pasang $\geq$ As min ?		OK
Tinggi Blok Beton, a	22.2.2.4.1	$As * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	31.305
Kapasitas Lentur, M _n	22.2.2.4.1	$As * f_y * (d - d_b - a/2)$	kN-m	201.536
Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	40.960
Regangan Tulangan Tarik, ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.014
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
Kapasitas Lentur Tereuksi, ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	181.382
Momen Ultimit, M _u			kN-m	49.640
Cek $\phi M_n > M_u$		$\phi M_n > M_u$?		OK
Tulangan Minimum (untuk Tumpuan Bawah dan Lapangan Atas, Arah X dan Y)				
Spasi Tulangan, s		Input		150
Spasi Maksimum, s _{max}	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	450
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max}$?		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		7
d _b			mm	22
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	128.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
Jumlah Lapis				2
As Pasang		$n * \pi/4 * d_b^2$	mm ²	2534.218
As _{min} ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% * b * t$	mm ²	600.000
As _{min} ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% * 420 / f_y) * b * t$ dan $0.14\% * b * t$	mm ²	540.000
Cek As min		As Pasang $\geq$ As min ?		OK
Pengecekan Kapasitas Geser				

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Kapasitas Geser Beton, V_c		$0.17 * f_c^{0.5} * b * d$	kN	244.065
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2			0.75
Ambang Batas Geser Pelat	7.6.3.1	$0.5 \phi V_c$	kN	91.524
Perlu Tulangan Geser Pelat?		$V_u > 0.5 \phi V_c ?$		Tidak
Lendutan Pelat				
Kapasitas Retak Lentur				
Momen Inersia Pelat, I_g			mm ⁴	225000000
Tegangan Retak, f_r		$0.62 \sqrt{f_c'}$	MPa	3.921
Garis Netral, y		$t / 2$	mm	150.000
Kapasitas Retak Lentur, M_{cr}		$f_r * I_g / y$	kNm	58.818
Momen Inersia Retak, I_{cr}		$0.25 I_g$	mm ⁴	56250000
Lendutan Arah Sumbu 1				
M11 Max Akibat SIDL			kNm	15.752
M11 Min Akibat SIDL			kNm	-6.606
M11 Max Akibat LL			kNm	5.233
M11 Min Akibat LL			kNm	-12.293
Ma Lapangan (+)		$\sum M11 \text{ Max}$	kNm	20.985
Ma Tumpuan (-)		$\sum M11 \text{ Min}$	kNm	-18.899
M_{cr} / M_a Lapangan				2.803
M_{cr} / M_a Tumpuan				3.112
I_e Lapangan		$(M_{cr} / M_a)^3 I_g + [1 - (M_{cr} / M_a)^3] I_{cr} < I_g$	mm ⁴	225000000
I_e Tumpuan		$(M_{cr} / M_a)^3 I_g + [1 - (M_{cr} / M_a)^3] I_{cr} < I_g$	mm ⁴	225000000
I_e Rata-Rata		$0.5 * I_e \text{ Lapangan} + 0.5 * I_e \text{ Tumpuan}$	mm ⁴	225000000
Lendutan Seketika Akibat SIDL, $\delta_{i, \text{SIDL}}$		$5 / 48 L^2 / (E_c * I_g) * [M_{\text{lap}} + 0.2 M_{\text{tump}}]$	mm	1.702
Lendutan Seketika Akibat LL, $\delta_{i, \text{LL}}$		$5 / 48 L^2 / (E_c * I_g) * [M_{\text{lap}} + 0.2 M_{\text{tump}}]$	mm	0.767
Syarat Lendutan Seketika LL	Tabel 24.2.2	$L / 360$	mm	22.222
Cek Lendutan Seketika				OK

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Faktor Jangka Panjang, λ		$2 / (1 + 50 * \rho')$		1.284
Lendutan Jangka Panjang, Δ_{LT}	Tabel 24.2.2	$(\delta_{i, SIDL}) * \lambda + \delta_{i, LL}$		2.951
Syarat Lendutan Jangka Panjang	Tabel 24.2.2	$L / 240$ atau $L / 480$	mm	33.333
Cek Lendutan Jangka Panjang				OK
Lendutan Arah Sumbu 2				
M22 Max Akibat SIDL			kN/m	15.752
M22 Min Akibat SIDL			kN/m	-7.315
M22 Max Akibat LL			kN/m	5.415
M22 Min Akibat LL			kN/m	-12.889
Ma Lapangan (+)		$\sum M_{11} \text{ Max}$	kN/m	21.167
Ma Tumpuan (-)		$\sum M_{11} \text{ Min}$	kN/m	-20.204
M_{cr} / M_a Lapangan				2.779
M_{cr} / M_a Tumpuan				2.911
I_e Lapangan		$(M_{cr} / M_a)^3 I_g + [1 - (M_{cr} / M_a)^3] I_{cr} < I_g$	mm ⁴	225000000
I_e Tumpuan		$(M_{cr} / M_a)^3 I_g + [1 - (M_{cr} / M_a)^3] I_{cr} < I_g$	mm ⁴	225000000
I_e Rata-Rata		$0.5 * I_e \text{ Lapangan} + 0.5 * I_e \text{ Tumpuan}$	mm ⁴	225000000
Lendutan Seketika Akibat SIDL, $\delta_{i, SIDL}$		$5 / 48 L^2 / (E_c * I_g) * [M_{lap} + 0.2 M_{tump}]$	mm	1.716
Lendutan Seketika Akibat LL, $\delta_{i, LL}$		$5 / 48 L^2 / (E_c * I_g) * [M_{lap} + 0.2 M_{tump}]$	mm	0.797
Syarat Lendutan Seketika LL	Tabel 24.2.2	$L / 360$	mm	22.222
Cek Lendutan Seketika				OK
Faktor Jangka Panjang, λ		$2 / (1 + 50 * \rho')$		1.284
Lendutan Jangka Panjang, Δ_{LT}	Tabel 24.2.2	$(\delta_{i, SIDL}) * \lambda + \delta_{i, LL}$		2.999
Syarat Lendutan Jangka Panjang	Tabel 24.2.2	$L / 240$ atau $L / 480$	mm	33.333
Cek Lendutan Jangka Panjang				OK

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI PESERTA

Nama Lengkap : Rijeki Al Fitra
Tempat/Tanggal Lahir : Kutacane, 02 Juni 2003
Jenis Kelamin : Laki – Laki
Alamat : Desa Biak Muli
Agama : Islam
Nama Orang Tua
Ayah : Ibnu Sakda, ST
Ibu : Dra. Kamasiah
No.Telp. : 085270916262
Email : alfarijeki@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa : 2107210016
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan 20238

No.	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun Kelulusan
1	SD	MIN.1 ACEH TENGGARA	2015
2	SMP	MTsN.1 ACEH TENGGARA	2018
3	SMA	SMAN.1 ACEH TENGGARA	2021
4	UNIVERSITAS	UMSU	2021-2025