

TUGAS AKHIR

KAJIAN PERHITUNGAN STRUKTUR ATAS HOTEL YELLO



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BATANGHARI

2020

HALAMAN PERSETUJUAN
KAJIAN PERHITUNGAN STRUKTUR ATAS HOTEL YELLO
TUGAS AKHIR



Disusun Oleh:

MARISA LESTARI

1500822201126

Dengan ini Dosen Pembimbing Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Batanghari Jambi menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul dan penyusunan sebagaimana tersebut diatas telah disetujui dengan prosedur, ketentuan, kelaziman yang berlaku dan dapat diajukan dalam Ujian Tugas Akhir dan Komprehensif Program Strata Satu (S-1) Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Batanghari.

Jambi, - - 2020

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

SUHENDRA, ST, MT

M. NUKLIRULLAH, ST. M.Eng

HALAMAN PENGESAHAN

KAJIAN PERHITUNGAN STRUKTUR ATAS HOTEL YELLO

UNIVERSITAS BATANGHARI

Tugas Akhir ini telah dipertahankan dihadapan Panitia Penguji Tugas Akhir dan Komprehensif dan diterima sebagai persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Universitas Batanghari.

Nama : Marisa Lestari

NPM : 1500822201126

Hari/Tanggal : Sabtu/7 Maret 2020

Jam : 10.00 WIB s/d selesai

Tempat : Ruang Sidang Fakultas

Jabatan

Nama

Tanda Tangan

Ketua : Ir. H. Azwarman, ST, MT

Sekretaris : M. Nuklirullah, ST, M. Eng

Anggota : Suhendra, ST, MT

Anggota : Waridoni, ST, MT

Anggota : Ria Zulfiati, ST, MT

Disahkan Oleh

DEKAN
FAKULTAS TEKNIK

KETUA PROGRAM STUDI
TEKNIK SIPIL

Dr. Ir. H. Fakhrol Rozi Yamali, ME

Elvira Handayani, ST, MT

MOTTO

“Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagimu, dan boleh jadi (pula) kamu menyukai sesuatu, padahal ia amat buruk bagimu; Allah mengetahui, sedang kamu tidak mengetahui”

{QS. Al-Baqarah : 216}

“Allah tidak akan membebani seseorang melainkan sesuai dengan

kesanggupannya”

{QS. Al – Baqarah : 286}

Man Jadda Wa Jada

“Siapa yang bersungguh – sungguh akan berhasil”

Give and Give

“Memberi dan memberi”

“Lakukan yang terbaik, sampai kita tidak bisa menyalahkan diri sendiri atas

semua yang terjadi”

{Magdalena Neuner}

KAJIAN PERHITUNGAN STRUKTUR ATAS HOTEL YELLO

Marisa Lestari

Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Batanghari Jambi

Email: marisalestari04@gmail.com

Abstrak

Seiring berkembangnya zaman dan bertambahnya populasi penduduk suatu kota, maka bangunan gedung bertingkat atau bangunan vertikal merupakan salah satu alternatif yang diperlukan untuk penghematan dalam penggunaan lahan tanah.

Perencanaan struktur diperlukan untuk mengetahui perilaku struktur dengan dasar-dasar pengetahuan dalam statika, dinamika, mekanika bahan, dan analisa struktur, untuk menghasilkan suatu struktur yang ekonomis dan aman, selama masa layanan. Pada Tugas Akhir ini direncanakan struktur bangunan hotel 12 lantai di Kota Jambi. Adapun peraturan yang digunakan dalam Tugas Akhir ini meliputi Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2013), Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013), Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2012), dan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1987.

Pada perencanaan struktur bangunan hotel ini perhitungan dibantu oleh program SAP2000 dan PcaColumn yang dikontrol juga dengan menggunakan perhitungan manual.

Kata Kunci: Perencanaan struktur bangunan hotel, SAP2000, PcaColumn.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis hanturkan kepada Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir dengan judul **Kajian Perhitungan Struktur Atas Hotel Yello**. Penulisan tugas akhir merupakan salah satu mata kuliah wajib yang harus ditempuh oleh mahasiswa untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil. Pada kesempatan ini Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

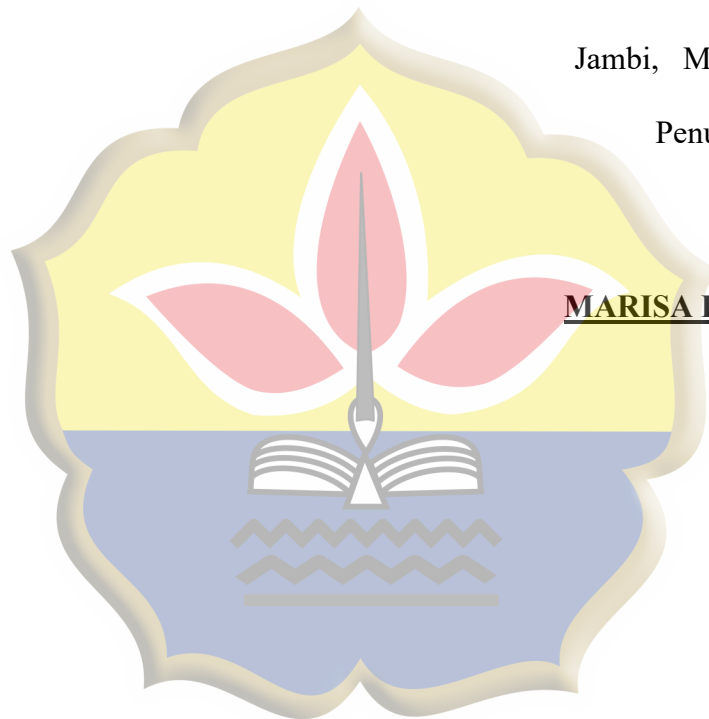
1. Bapak Dr. Ir. H. Fakhrol Rozi Yamali, ME selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Batanghari.
2. Ibu Elvira Handayani, ST,MT selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Batanghari.
3. Bapak Suhendra, ST, MT sebagai dosen pembimbing I.
4. Bapak M. Nuklirullah, ST, M. Eng selaku Dosen Pembimbing II
5. Terkhusus untuk Ibu, Kakak, Abang Ipar dan keponaan saya yang selalu mendoakan serta memberikan dukungan atau semangat dalam melakukan studi dan Tugas Akhir.
6. Mbah, Buk Siti Rohani dan sekeluarga yang selalu memberi perhatian kepada saya selama melakukan studi dan Tugas Akhir.
7. Teman-teman angkatan 2015 Prodi Teknik Sipil Universitas Batanghari, serta sahabat terkhusus The Bacrit dan kakak tingkat yang telah membantu.

Akhir kata penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat untuk bahan pembelajaran maupun tambahan ilmu pengetahuan bagi semua pihak. Penulis mohon maaf, apabila dalam penulisan ataupun penyusunan Tugas Akhir ini terdapat kekeliruan, serta penulis mohon semoga Allah SWT selalu melimpahkan taufik dan hidayahnya kepada kita semua, amin.

Jambi, Maret 2020

Penulis

MARISA LESTARI



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
MOTTO.....	iv
ABSTRAK.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR NOTASI.....	xxvi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Maksud dan Tujuan.....	4
1.5 Manfaat Tugas Akhir.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1 Umum.....	7
2.2 Kriteria Struktur Bangun Hemat dan Efisien.....	7
2.3 Beton Bertulang.....	8

2.4	Konsep Struktur Gedung Tahan Gempa	14
2.5	Sistem Struktur Beton Bertulang Penahan Gempa	16
2.6	Pembebanan	30
2.7	Kombinasi Pembebanan	49
2.8	Kekuatan Desain	50
2.9	SAP (<i>Strucktural Analysis Program</i>) 2000	50
2.10	PcaColumn	54

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Deskripsi Struktur Penelitian.....	60
3.2	Lokasi Penelitian	60
3.3	Spesifikasi Bangunan	69
3.4	Metode Perhitungan	70
3.5	<i>Time Schedule</i> Tugas Akhir.....	71
3.6	Bagan Aliran (<i>Flowchart</i>) Tugas Akhir	73

BAB IV PERHITUNGAN STRUKTUR

A.	Perhitungan Konstruksi	74
4.1	Beban Yang Diperhitungkan	74
4.2	Dimensi	75
4.3	Pembebanan	106
4.4	Analisa Beban Gempa	108
B.	Perencana (Pemodelan Struktur).....	112
C.	Perhitungan Konstruksi	133
4.5	Penentuan Perioda Gempa	133

4.6 Perhitungan Struktur	136
--------------------------------	-----

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	252
----------------------	-----

5.2 Saran	254
-----------------	-----

DAFTAR PUSTAKA	255
-----------------------------	-----

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tebal Minimum Balok Non-Prategang Atau Pelat Satu Arah Bila Lendutan Tidak Dihitung	10
Tabel 2.2 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum L_0 dan Beban Hidup Terpusat Minimum	31
Tabel 2.3 Faktor Arah Angin (K_d)	35
Tabel 2.4 Koefisien Tekanan Internal	39
Tabel 2.5 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa	41
Tabel 2.6 Faktor Keutamaan Gempa	42
Tabel 2.7 Klasifikasi Situs	43
Tabel 2.8 Koefisien Situs F_a	44
Tabel 2.9 Koefisien Situs F_v	45
Tabel 2.10 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Periode Pendek, S_{DS}	47
Tabel 2.11 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Periode 1 Detik, S_{D1}	47
Tabel 2.12 Koefisien untuk Batas Atas Periode Yang Dihitung	48
Tabel 2.13 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x	48
Tabel 2.14 Faktor Reduksi Kekuatan	50
Tabel 3.1 Time Schedule Tugas Akhir	71
Tabel 4.1 Perhitungan Tebal Pelat Lantai Bagian 2.....	92
Tabel 4.2 Perhitungan Tebal Pelat Lantai Bagian 3.....	94

Tabel 4.3 Perhitungan Tebal Pelat Lantai Bagian 4.....	96
Tabel 4.4 Perhitungan Tebal Pelat Lantai Bagian 5.....	98
Tabel 4.5 Perhitungan Tebal Pelat Lantai Bagian 6.....	100
Tabel 4.6 Beban Mati Pada Lantai	103
Tabel 4.7 Beban Mati Pada Atap	103
Tabel 4.8 Beban Hidup Pada Lantai	103
Tabel 4.9 Beban Hidup Pada Atap	104
Tabel 4.10 Beban Mati Tambahan Pelat Lantai	106
Tabel 4.11 Beban Hidup Pelat Lantai	106
Tabel 4.12 Beban Mati Tambahan Pelat Lantai Atap	106
Tabel 4.13 Beban Hidup Pelat Lantai Atap	107
Tabel 4.14 Beban Dinding	107
Tabel 4.15 Tabel Perhitungan Respons Spektrum Desain	109
Tabel 4.16 Faktor R , Ω_0 , C_d Untuk Sistem Penahan Gaya Gempa	111
Tabel 4.17 Koefisien dan Parameter Perioda	133
Tabel 4.18 Tabel Modal Periods	134
Tabel 4.19 Berat Sendiri Balok Lantai 2.....	137
Tabel 4.20 Berat Sendiri Kolom Lantai 2	138
Tabel 4.21 Berat Sendiri Pelat Lantai 2	138
Tabel 4.22 Beban Mati Tambahan Lantai 2.....	139
Tabel 4.23 Beban Hidup Lantai 2	139
Tabel 4.24 Berat Sendiri Balok Lantai 3.....	141
Tabel 4.25 Berat Sendiri Kolom Lantai 3	142

Tabel 4.26 Berat Sendiri Pelat Lantai 3	142
Tabel 4.27 Beban Mati Tambahan Lantai 3	143
Tabel 4.28 Beban Hidup Lantai 3	143
Tabel 4.29 Berat Sendiri Balok Lantai 4 s/d Lantai 10	145
Tabel 4.30 Berat Sendiri Kolom Lantai 4 s/d Lantai 10	146
Tabel 4.31 Berat Sendiri Pelat Lantai 4 s/d Lantai 10	146
Tabel 4.32 Beban Mati Tambahan Lantai 4 s/d Lantai 10	147
Tabel 4.33 Beban Hidup Lantai 4 s/d Lantai 10	147
Tabel 4.34 Berat Sendiri Balok Lantai 11	148
Tabel 4.35 Berat Sendiri Kolom Lantai 11	149
Tabel 4.36 Berat Sendiri Pelat Lantai 11	149
Tabel 4.37 Beban Mati Tambahan Lantai 11	150
Tabel 4.38 Beban Hidup Lantai 11	150
Tabel 4.39 Berat Sendiri Balok Lantai 12 (Atap)	152
Tabel 4.40 Berat Sendiri Pelat Lantai 12 (Atap)	153
Tabel 4.41 Beban Mati Tambahan Lantai 12 (Atap)	153
Tabel 4.42 Beban Hidup Lantai 12 (Atap)	153
Tabel 4.43 Distribusi Beban Gempa Arah X	157
Tabel 4.44 Distribusi Beban Gempa Arah Y	159
Tabel 4.45 Jenis – Jenis Pelat	164
Tabel 4.46 Perhitungan Tulangan Pelat Lantai 1	171
Tabel 4.47 Perhitungan Tulangan Pelat Lantai 2	174
Tabel 4.48 Perhitungan Tulangan Pelat Lantai 3	177

Tabel 4.49 Perhitungan Tulangan Pelat Lantai 4 s/d Lantai 11	180
Tabel 4.50 Perhitungan Tulangan Pelat Lantai 12 (Atap)	183
Tabel 4.51 Momen Lantai Dasar s/d Lantai 3 Portal Arah X	187
Tabel 4.52 Tulangan Terpasang Lantai Dasar s/d Lantai 3 Balok Induk Interior Arah X	196
Tabel 4.53 Tulangan Terpasang Lantai Dasar s/d Lantai 3 Balok Anak Interior Arah X	198
Tabel 4.54 Tulangan Terpasang Lantai Dasar s/d Lantai 3 Balok Induk Interior Arah Y	200
Tabel 4.55 Tulangan Terpasang Lantai Dasar s/d Lantai 3 Balok Anak Interior Arah Y	202
Tabel 4.56 Tulangan Terpasang Lantai Dasar s/d Lantai 3 Balok Induk Eksterior Arah X	204
Tabel 4.57 Terpasang Terpasang Lantai Dasar s/d Lantai 3 Balok Induk Eksterior Arah Y	206
Tabel 4.58 Tulangan Terpasang Lantai 4 s/d Lantai 8 Balok Induk Interior Arah X	209
Tabel 4.59 Tulangan Terpasang Lantai 4 s/d Lantai 4 Balok Anak Interior Arah X	211
Tabel 4.60 Tulangan Terpasang Lantai 4 s/d Lantai 8 Balok Induk Interior Arah Y	213
Tabel 4.61 Tulangan Terpasang Lantai 4 s/d Lantai 8 Balok Anak Interior Arah Y	215

Tabel 4.62 Tulangan Terpasang Lantai 4 s/d Lantai 8 Balok Induk Eksterior	
Arah X	217
Tabel 4.63 Tulangan Terpasang Lantai 4 s/d Lantai 8 Balok Induk Eksterior	
Arah Y	219
Tabel 4.64 Tulangan Terpasang Lantai 9 s/d Lantai 12 (Atap) Balok Induk	
Interior Arah X	221
Tabel 4.65 Tulangan Terpasang Lantai 9 s/d Lantai 12 (Atap) Balok Anak	
Interior Arah X	223
Tabel 4.66 Tulangan Terpasang Lantai 9 s/d Lantai 12 (Atap) Balok Induk	
Interior Arah Y	225
Tabel 4.67 Tulangan Terpasang Lantai 9 s/d Lantai 12 (Atap) Balok Anak	
Interior Arah Y	227
Tabel 4.68 Tulangan Terpasang Lantai 9 s/d Lantai 12 (Atap) Balok Induk	
Eksterior Arah X	229
Tabel 4.69 Tulangan Terpasang Lantai 9 s/d Lantai 12 (Atap) Balok Induk	
Eksterior Arah Y	231
Tabel 4.70 Tabel Perhitungan Kolom 1 Lantai Dasar s/d Lantai 2.....	240
Tabel 4.71 Tabel Perhitungan Kolom 2 Lantai Dasar s/d Lantai 2.....	242
Tabel 4.72 Tabel Perhitungan Kolom 2 Lantai 3	245
Tabel 4.73 Tabel Perhitungan Kolom 2 Lantai 4 s/d Lantai 7	248
Tabel 4.74 Tabel Perhitungan Kolom 2 Lantai 8 s/d Lantai 11	250

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Balok T dan L	12
Gambar 2.2 Contoh Sengkang Tertutup Saling Tumpuk dan Ilustrasi Batasan Pada Spasi Horizontal Maximum Batang Tulangan Longitudinal Yang Ditumpu	22
Gambar 2.3 Geser Desain Pada Balok	25
Gambar 2.4 Tampilan Halaman Depan PcaColumn	55
Gambar 2.5 Tampilan <i>General Information</i>	56
Gambar 2.6 Tampilan <i>Material Properties</i>	56
Gambar 2.7 Tampilan <i>Rectangular Section</i>	57
Gambar 2.8 Tampilan <i>Reinforcement All Side Equal</i>	58
Gambar 2.9 Tampilan <i>Loads</i>	58
Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian	61
Gambar 3.2 Pemodelan Struktur 3 Dimensi	62
Gambar 3.3 Denah Lantai Dasar dan Lantai 2	63
Gambar 3.4 Denah Lantai 3	64
Gambar 3.5 Denah Lantai 4 s/d Lantai 11	65
Gambar 3.6 Denah Lantai 12 (Atap)	66
Gambar 3.7 Portal Arah X-Z	67
Gambar 3.8 Portal Arah Y-Z	68
Gambar 3.9 Bagan Aliran (<i>Flowchart</i>) Tugas Akhir	73
Gambar 4.1 Dimensi Balok	76
Gambar 4.2 Denah 1 Pelat Lantai	77

Gambar 4.3 Denah 2 Pelat Lantai	78
Gambar 4.4 Pelat Lantai Tinjauan Bagian 1	79
Gambar 4.5 Balok <i>Eksterior</i> Pelat Lantai Bagian 1	80
Gambar 4.6 Letak Garis Netral Pelat Lantai Bagian 1 <i>Eksterior</i>	81
Gambar 4.7 Balok <i>Interior</i> Pelat Lantai Bagian 1	82
Gambar 4.8 Letak Garis Netral Pelat Lantai Bagian 1 <i>Interior</i>	83
Gambar 4.9 Balok <i>Interior</i> Pelat Lantai Bagian 1	84
Gambar 4.10 Letak Garis Netral Pelat Lantai Bagian 1 <i>Interior</i>	85
Gambar 4.11 Balok Penampang Pelat <i>Eksterior</i> Arah x Bagian 1	86
Gambar 4.12 Balok Penampang Pelat <i>Interior</i> Arah x Bagian 1	87
Gambar 4.13 Balok Penampang Pelat <i>Interior</i> Arah y Bagian 1	88
Gambar 4.14 Balok Penampang Pelat <i>Interior</i> Arah y Bagian 1	89
Gambar 4.15 Rasio Kekakuan Lentur Balok Terhadap Lebar Pelat Lantai	90
Gambar 4.16 Pelat Lantai Tinjauan Bagian 2	92
Gambar 4.17 Pelat Lantai Tinjauan Bagian 3	94
Gambar 4.18 Pelat Lantai Tinjauan Bagian 4	96
Gambar 4.19 Pelat Lantai Tinjauan Bagian 5	98
Gambar 4.20 Pelat Lantai Tinjauan Bagian 6	100
Gambar 4.21 Denah Kolom Yang Mewakili Perhitungan	102
Gambar 4.22 Denah Kolom	102
Gambar 4.23 Dimensi Kolom	105
Gambar 4.24 Respon Spektrum Desain	108
Gambar 4.25 Nilai Respon Spektrum Desain	109

Gambar 4.26 Template SAP2000	112
Gambar 4.27 <i>Input</i> Dimensi Bangunan	113
Gambar 4.28 <i>Input</i> Data Dimensi Bangunan	113
Gambar 4.29 <i>Input Material Property</i> Data	114
Gambar 4.30 <i>Input Material Property</i> Data Kolom	115
Gambar 4.31 <i>Input</i> Dimensi Kolom	115
Gambar 4.32 <i>Input</i> Reduksi Kolom	116
Gambar 4.33 <i>Reinforcement</i> Kolom	116
Gambar 4.34 <i>Input Material Property</i> Data Balok	117
Gambar 4.35 <i>Input</i> Dimensi Balok	117
Gambar 4.36 <i>Input</i> Reduksi Balok	118
Gambar 4.37 <i>Reinforcement</i> Balok	118
Gambar 4.38 <i>Input</i> Dimensi Pelat	119
Gambar 4.39 <i>Input</i> Reduksi Pelat	119
Gambar 4.40 Pilihan <i>Section Property</i> Kolom	120
Gambar 4.41 Pilihan <i>Section Property</i> Balok	120
Gambar 4.42 Pilihan <i>Section Property</i> Pelat	121
Gambar 4.43 Pelat Yang Selesai Dikerjakan	121
Gambar 4.44 Menentukan Lokasi Perletakan	122
Gambar 4.45 Menentukan Jenis Perletakan	122
Gambar 4.46 Menentukan Tipe Beban	123
Gambar 4.47 Memodelkan Beban Dinding	123
Gambar 4.48 Beban Dinding Pada Balok	124

Gambar 4.49 Menentukan Jenis Beban dan Besaran Pada Pelat	124
Gambar 4.50 Beban Mati Pada Lantai	125
Gambar 4.51 Menentukan Jenis <i>Constraint</i>	125
Gambar 4.52 <i>Joint Constraint</i>	126
Gambar 4.53 Penentuan Massa Gedung	126
Gambar 4.54 Pengaturan Sambungan Balok Kolom	127
Gambar 4.55 Pengaturan Fungsi Spektrum Desain	127
Gambar 4.56 <i>Input</i> Kurva Spektrum Respons Desain	128
Gambar 4.57 Tipe Beban Gempa Statis	128
Gambar 4.58 <i>Modify Lateral Load Pattern</i>	129
Gambar 4.59 Beban Respons Spektrum	130
Gambar 4.60 Tipe Beban Dinamis	130
Gambar 4.61 Kombinasi Pembebanan	131
Gambar 4.62 <i>Modify Modal Load Case</i>	132
Gambar 4.63 Pilihan Program Analisis	132
Gambar 4.64 Pilihan Menjalankan Program	133
Gambar 4.65 Denah Pelat Lantai 2	136
Gambar 4.66 Denah Pelat Lantai 3	140
Gambar 4.67 Denah Pelat Lantai 4 s/d 11	144
Gambar 4.68 Denah Pelat Lantai 12 (Atap)	151
Gambar 4.69 Distribusi Beban Gempa Arah X	158
Gambar 4.70 Distribusi Beban Gempa Arah Y	160
Gambar 4.71 Kondisi Pelat Lantai Dasar Yang Ditinjau, Mewakili Pelat Lantai	

Yang Lainnya	161
Gambar 4.72 Kondisi Pelat Lantai 2 Yang Ditinjau, Mewakili Pelat Lantai Yang Lainnya	162
Gambar 4.73 Kondisi Pelat Lantai 3 Yang Ditinjau, Mewakili Pelat Lantai Yang Lainnya	162
Gambar 4.74 Kondisi Pelat Lantai 4 s/d Lantai 11 Yang Ditinjau, Mewakili Pelat Lantai Yang Lainnya	163
Gambar 4.75 Kondisi Pelat Lantai 12 (Atap) Yang Ditinjau, Mewakili Pelat Lantai Yang Lainnya	163
Gambar 4.76 Koefisien Momen Pelat Terjepit Elatis Keempat Sisinya	165
Gambar 4.77 Tinggi Manfaat Pelat 2 Arah Daerah Lapangan dx	166
Gambar 4.78 Tinggi Manfaat Pelat 2 Arah Daerah Lapangan dy	166
Gambar 4.79 Tinggi Manfaat Pelat 2 Arah Daerah Tumpuan $dx = dy$	167
Gambar 4.80 Penulangan Pelat Lantai 1	172
Gambar 4.81 Koefisien Momen Pelat Terjepit Elatis Keempat Sisinya	173
Gambar 4.82 Penulangan Pelat Lantai 2	175
Gambar 4.83 Koefisien Momen Pelat Terjepit Elatis Keempat Sisinya	176
Gambar 4.84 Penulangan Pelat Lantai 3	178
Gambar 4.85 Koefisien Momen Pelat Terjepit Elatis Ketiga Sisinya	179
Gambar 4.86 Penulangan Pelat Lantai 4 s/d Lantai 11	181
Gambar 4.87 Koefisien Momen Pelat Terjepit Elatis Ketiga Sisinya	182
Gambar 4.88 Penulangan Pelat Lantai 12 (Atap)	184
Gambar 4.89 Denah Tinjauan Balok Lantai Dasar s/d Lantai 2	185

Gambar 4.90 Denah Tinjaun Balok Lantai 3	186
Gambar 4.91 Momen <i>Envelope</i> Pada Balok Portal Arah X	186
Gambar 4.92 Penampang Balok Persegi Panjang	187
Gambar 4.93 Diagram <i>Envelope</i> Torsi Arah X	193
Gambar 4.94 Diagram <i>Envelope</i> Gaya Geser Arah X	193
Gambar 4.95 Detail Penampang Balok Induk Interior Arah X Lantai Dasar s/d Lantai 3	197
Gambar 4.96 Penulangan Balok Induk Interior Arah X Lantai Dasar s/d Lantai 3	197
Gambar 4.97 Detail Penampang Balok Anak Interior Arah X Lantai Dasar s/d Lantai 3	199
Gambar 4.98 Penulangan Balok Anak Interior Arah X Lantai Dasar s/d Lantai 3	199
Gambar 4.99 Detail Penampang Balok Induk Interior Arah Y Lantai Dasar s/d Lantai 3	201
Gambar 4.100 Penulangan Balok Induk Interior Arah Y Lantai Dasar s/d Lantai 3	201
Gambar 4.101 Detail Penampang Balok Anak Interior Arah Y Lantai Dasar s/d Lantai 3	203
Gambar 4.102 Penulangan Balok Anak Interior Arah Y Lantai Dasar s/d Lantai 3	203
Gambar 4.103 Detail Penampang Balok Induk Eksterior Arah X Lantai Dasar s/d Lantai 3	205

Gambar 4.104 Penulangan Balok Induk Eksterior Arah X Lantai Dasar s/d	
Lantai 3	205
Gambar 4.105 Detail Penampang Balok Induk Eksterior Arah Y Lantai Dasar s/d	
Lantai 3	207
Gambar 4.106 Penulangan Balok Induk Eksterior Arah Y Lantai Dasar s/d	
Lantai 3	207
Gambar 4.107 Denah Tinjaun Balok Lantai 4 s/d Lantai 11	208
Gambar 4.108 Denah Tinjaun Balok Lantai 12 (Atap)	208
Gambar 4.109 Detail Penampang Balok Induk Interior Arah X Lantai 4 s/d	
Lantai 8	210
Gambar 4.110 Penulangan Balok Induk Interior Arah X Lantai 4 s/d	
Lantai 8	210
Gambar 4.111 Detail Penampang Balok Anak Interior Arah X Lantai 4 s/d	
Lantai 8	212
Gambar 4.112 Penulangan Balok Anak Interior Arah X Lantai 4 s/d	
Lantai 8	212
Gambar 4.113 Detail Penampang Balok Induk Interior Arah Y Lantai 4 s/d	
Lantai 8	214
Gambar 4.114 Penulangan Balok Induk Interior Arah Y Lantai 4 s/d	
Lantai 8	214
Gambar 4.115 Detail Penampang Balok Anak Interior Arah Y Lantai 4 s/d	
Lantai 8	216

Gambar 4.116 Penulangan Balok Anak Interior Arah Y Lantai 4 s/d	
Lantai 8	216
Gambar 4.117 Detail Penampang Balok Induk Eksterior Arah X Lantai 4 s/d	
Lantai 8	218
Gambar 4.118 Penulangan Balok Induk Eksterior Arah X Lantai 4 s/d	
Lantai 8	218
Gambar 4.119 Detail Penampang Balok Induk Eksterior Arah Y Lantai 4 s/d	
Lantai 8	220
Gambar 4.120 Penulangan Balok Induk Eksterior Arah Y Lantai 4 s/d	
Lantai 8	220
Gambar 4.121 Detail Penampang Balok Induk Interior Arah X Lantai 9 s/d	
Lantai 12 (Atap)	222
Gambar 4.122 Penulangan Balok Induk Interior Arah X Lantai 9 s/d	
Lantai 12 (Atap)	222
Gambar 4.123 Detail Penampang Balok Anak Interior Arah X Lantai 9 s/d	
Lantai 12 (Atap)	224
Gambar 4.124 Penulangan Balok Anak Interior Arah X Lantai 9 s/d	
Lantai 12 (Atap)	224
Gambar 4.125 Detail Penampang Balok Induk Interior Arah Y Lantai 9 s/d	
Lantai 12 (Atap)	226
Gambar 4.126 Penulangan Balok Induk Interior Arah Y Lantai 9 s/d	
Lantai 12 (Atap)	226
Gambar 4.127 Detail Penampang Balok Anak Interior Arah Y Lantai 9 s/d	

Lantai 12 (Atap)	228
Gambar 4.128 Penulangan Balok Anak Interior Arah Y Lantai 9 s/d	
Lantai 12 (Atap)	228
Gambar 4.129 Detail Penampang Balok Induk Eksterior Arah X Lantai 9 s/d	
Lantai 12 (Atap)	230
Gambar 4.130 Penulangan Balok Induk Eksterior Arah X Lantai 9 s/d	
Lantai 12 (Atap)	230
Gambar 4.131 Detail Penampang Balok Induk Eksterior Arah Y Lantai 9 s/d	
Lantai 12 (Atap)	232
Gambar 4.132 Penulangan Balok Induk Eksterior Arah Y Lantai 9 s/d	
Lantai 12 (Atap)	232
Gambar 4.133 Denah Tinjaun Kolom Lantai Dasar s/d Lantai 2	233
Gambar 4.134 Diagram Interaksi Kolom 1 Lantai Dasar s/d Lantai 2	234
Gambar 4.135 \emptyset Mn Kolom 1 Lantai Dasar s/d Lantai 2	235
Gambar 4.136 Detail Kolom 1 Lantai Dasar s/d Lantai 2	240
Gambar 4.137 Kolom 1 Lantai Dasar s/d Lantai 2	241
Gambar 4.138 Detail Kolom 2 Lantai Dasar s/d Lantai 2	242
Gambar 4.139 Kolom 2 Lantai Dasar s/d Lantai 2	243
Gambar 4.140 Denah Tinjaun Kolom Lantai 3	244
Gambar 4.141 Detail Kolom 2 Lantai 3	245
Gambar 4.142 Kolom 2 Lantai 3	246
Gambar 4.143 Denah Tinjaun Kolom Lantai 4 s/d Lantai 11	247
Gambar 4.144 Detail Kolom 2 Lantai 4 s/d Lantai 7	248

Gambar 4.145 Kolom 2 Lantai 4 s/d Lantai 7 249

Gambar 4.146 Detail Kolom 2 Lantai 8 s/d Lantai 11 250

Gambar 4.147 Kolom 2 Lantai 8 s/d Lantai 11 251



DAFTAR NOTASI

- Ach : Luas penampang komponen struktur yang diukur sampai tepi luas tulangan *transversal*, mm².
- Acp : Luas yang dibatasi oleh keliling luar penampang beton, mm².
- Ag : Luas penampang, mm².
- Aj : Luas *Joint*, mm².
- Ash : Luas penampang total tulangan transversal dalam spasi *s* dan tegak lurus terhadap sumbu *bc*, mm².
- Asst : Luas tulangan besi susut, mm².
- As pakai : Luas tulangan besi yang dipakai, mm².
- As perlu : Luas tulangan besi yang diperlukan, mm².
- A. Tul : Luas tulangan besi pokok, mm².
- Av : Luas tulangan geser berspasi *s*, mm².
- a : Tinggi balok tegangan persegi ekuivalen, mm.
- bw : Lebar badan (*Web*), mm.
- B.A : Balok anak, mm.
- B.I : Balok induk, mm.
- C : Gaya tekan pada baja tulangan balok, kN.
- c : Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral, mm.
- Cc : *Clear cover* (selimut beton), mm.
- D : Beban mati, kN.
- d : Jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tarik *longitudinal*, mm.
- d' : Jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tekan *longitudinal*, mm.

d_b	: Diameter nominal baja tulangan, mm.
E	: Beban gempa, kN.
E_c	: Modulus elastisitas beton, Mpa.
EI	: Kekakuan lentur komponen struktue tekan, Nmm ² .
E_s	: Modulus elastisitas tulangan baja dan baja struktural, Mpa.
f'_c	: Kuat tekan beton, MPa.
f'_s	: Tegangan dalam tulangan tekan yang terkena beban terfaktor, MPa.
FD	: Faktor distribusi.
FK	: Faktor kekakuan.
f_s	: Tegangan tarik yang dihitung dalam tulangan saat beban layan, MPa.
f_y	: Mutu baja tulangan, MPa.
G_n	: Letak garis netral, mm.
h	: Tebal atau tinggi keseluruhan komponen struktur, mm.
I_b	: Inersia balok, mm ⁴ .
I_p	: Inersia pelat lantai, mm ⁴ .
L	: Beban hidup, kN.
l	: Panjang keseluruhan elemen struktur, mm.
L_0	: Panjang yang diukur dari muka <i>joint</i> sepanjang sumbu komponen struktur, dimana tulangan <i>transversal</i> khusus harus disediakan, mm.
L_{dh}	: Panjang penyalur tarik batang tulangan ulir atau kawat ulir dengan kait Standar, mm.
L_n	: Bentang keseluruhan elemen struktur, mm.
L_r	: Beban hidup atap, kN.

- M_{lx} : Koefisien momen pelat lapangan arah x.
 M_{ly} : Koefisien momen pelat lapangan arah y.
 M_{max} : Momen terfaktor maksimum pada penampang akibat beban terapan,
 N_{mm} .
 M_n : Kekuatan lentur nominal pada penampang, Nmm.
 M_{tx} : Koefisien momen pelat tumpuan arah x.
 M_{ty} : Koefisien momen pelat tumpuan arah y.
 M_{ulx} : Momen lapangan pelat arah x, kN.m/m.
 M_{uly} : Momen lapangan pelat arah y, kN.m/m.
 N : Jumlah benda.
 P_{cp} : Keliling luas penampang beton, mm.
 Ph : Keliling garis pusat tulangan torsi *transversal* tertutup terluar, mm.
 P_n : Kekuatan aksial nominal penampang, N.
 P_u : Gaya aksial terfaktor, N.
 q_u : Beban terfaktor per satuan luas.
 R : Beban hujan, kN.
 R_u : Koefisien tahanan penampang.
 S : Spasi pusat kepusat suatu benda, missal tulangan *longitudinal*,
transversal, kawat atau angkur prategang, mm.
 T : Gaya tarik pada baja tulangan balok, kN.
 T_n : Kekuatan momen torsi, Nmm.
 T_u : Momen torsi terfaktor pada penampang, Nmm.
 U : Kuat perlu, kN.

- V_c : Kekuatan geser nominal yang disediakan oleh beton, N.
 V_j : Gaya geser *joint*.
 V_n : Kekuatan geser nominal, N.
 V_u : Gaya geser terfaktor pada penampang, N.
 W : Beban angin, kN.
 α_{fm} : Rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur pelat.
 β : Rasio dimensi panjang terhadap bentang pendek pelat.
 β_1 : Faktor yang menghubungkan tinggi baok tegangan tekan persegi ekuivalen dengan sumbu netral.
 ρ : Rasio As terhadap bd.
 ρ_b : Rasio As terhadap bd yang menghasilkan kondisi regangan seimbang.
 ρ_{max} : Rasio As maksimum terhadap bd.
 ρ_{min} : Rasio As minimum terhadap bd.
 ϕ : Faktor reduksi kekuatan.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam kehidupan sehari-hari kita sering melihat struktur gedung bertingkat tinggi. Saat melihat dimensi bangunan tersebut baik itu balok, kolom, dan lainnya, pasti ada rasa ingin mengetahui berapa ukuran dari dimensinya agar dapat memikul beban yang dipikul.

Gedung bertingkat atau bangunan vertikal merupakan suatu penghematan lahan tanpa mengurangi luas yang efektif untuk ruang gerak manusia. Bangunan gedung dibangun secara bertingkat mempunyai fungsi beragam sekaligus memajukan perkotaan, menjadikannya lebih memudahkan dan menguntungkan.

Perencanaan struktur dapat didefinisikan sebagai campuran antara seni dan ilmu pengetahuan yang dikombinasikan dengan intuisi seorang ahli struktur mengenai perilaku struktur dengan dasar-dasar pengetahuan dalam statika, dinamika, mekanika bahan, dan analisis struktur, untuk menghasilkan suatu struktur yang ekonomis dan aman, selama masa layanannya (Agus Setiawan, 2008).

Struktur gedung terdiri dari struktur bawah dan struktur atas. Struktur bawah terdiri dari pondasi, *Pile Cap*, dan dinding *Basement*. Sedangkan struktur atas terdiri dari pelat lantai, balok, kolom, dan struktur atap.

Untuk itu pada Tugas Akhir Kajian Perhitungan Struktur Atas Hotel Yello ini dapat dijadikan sebagai objek penulisan dengan menganalisa perhitungan yang ada serta berpedoman pada peraturan yang ada di Indonesia yang bertujuan untuk mengetahui efisiensi dari bangunan tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang dapat dijadikan landasan dalam kajian perhitungan struktur atas Hotel Yello sebagai berikut:

- 1.) Bagaimana cara perhitungan struktur atas bangunan gedung bertingkat tinggi;
- 2.) Bagaimana merencanakan struktur bangunan gedung yang hemat dan efisien.

1.3 Batasan Masalah

Pada penyusunan Tugas Akhir ini diperlukan batasan-batasan masalah guna membatasi ruang lingkup penulisan sebagai berikut;

- 1.) Struktur yang akan direncanakan adalah Hotel Yello Jambi dengan 12 lantai dan 1 lantai basement di Jl. Jendral Sudirman RT.25 Kel. Tambak Sari Kec. Jambi Selatan, (Thehok) Kota Jambi;
- 2.) Struktur yang akan direncanakan adalah struktur atas yang mana terdiri dari pelat lantai, balok, dan kolom, kecuali tangga, *Lift*, dan MEP (*Mechanical Electrical Plumbing*);
- 3.) Desain perletakan struktur diasumsikan jepit-jepit;

- 4.) Pada desain balok menggunakan balok persegi (*Rectangular*);
- 5.) Desain untuk kolom di *Lift* digunakan kolom L dan kolom T;
- 6.) Khusus untuk kolom L dan kolom T penulangan tidak direncanakan;
- 7.) Beban angin tidak diperhitungkan;
- 8.) Desain balok joint tidak direncanakan;
- 9.) Peraturan dan pedoman yang akan digunakan digunakan adalah:
 - a. Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2013);
 - b. Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013);
 - c. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2012);
 - d. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1987.
- 10.) Sistem Struktur yang akan direncanakan adalah sistem struktur Rangka Pemikul Momen;
- 11.) Nilai respon spektra desain didapat menggunakan aplikasi desan spektra Indonesia <http://puskim.pu.go.id>;
- 12.) Analisa pembebanan, gaya-gaya dalam, perhitungan struktrur dan lainnya menggunakan bantuan struktur Program SAP2000 *Version Student*;
- 13.) Perencanaan kolom dibantu menggunakan *Software PcaColumn V.3.63*;
- 14.) Gambar-gambar perencanaan yang terdapat dalam penulisan Tugas Akhir ini digambar menggunakan Program AutoCad 2007 *Version Student*;

15.) Spesifikasi bahan material yang akan digunakan dalam perencanaan adalah:

- | | | | | |
|----------|-------|----------|-----------------------|--------------------|
| a. Beton | f_c | : 30 MPa | $E_c: 4700\sqrt{f_c}$ | = 25742,960 MPa |
| b. Baja | BJTD | : Ulir | $f_y: 400$ MPa | $E_s = 200000$ MPa |

1.4 Maksud dan Tujuan

- 1.) Adapun maksud dari penulisan Tugas Akhir ini dapat menambah dan mengembangkan ilmu pengetahuan penulis dibidang struktur, sehingga nantinya dapat membantu ataupun mempermudah penulis memasuki dunia konstruksi setelah menyelesaikan Studi Teknik Sipil. Serta untuk memenuhi syarat ujian keserjanaan pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Batanghari.
- 2.) Adapun tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini untuk mengetahui perhitungan struktur atas bangunan gedung bertingkat tinggi yang hemat dan efisien.

1.5 Manfaat Tugas Akhir

Adapun manfaat yang didapatkan dari penelitian Tugas Akhir ini adalah:

- 1.) Dapat menambah ilmu dan wawasan penulis dibidang perencanaan struktur;
- 2.) Diharapkan dapat dijadikan referensi bagi bidang instansi terkait, mahasiswa Teknik Sipil dan masyarakat luas yang ingin mengetahui ilmu dibidang struktur.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah dalam penulisan Tugas Akhir ini maka digunakan sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, maksud dan tujuan, manfaat penelitian Tugas Akhir, dan sistematika penulisan.

BAB II : LANDASAN TEORI

Berisi tentang umum, beton bertulang, konsep struktur gedung tahan gempa, sistem struktur beton bertulang penahan gempa, pembebanan, kombinasi pembebanan, dan kekuatan desain.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Berisi tentang deskripsi struktur penelitian, lokasi penelitian, spesifikasi perhitungan, metode perhitungan, *time schedule* dan bagan alir (*Flowchart*) Tugas Akhir.

BAB IV : ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Berisi tentang perhitungan struktur (beban yang diperhitungkan, dimensi, perhitungan pembebanan,

analisa gempa rencana), prarencana (pemodelan struktur), dan, perhitungan struktur diantaranya penentuan perioda gempa, berat struktur, serta penulangan balok, pelat, dan kolom.

BAB V : PENUTUP

Berisi tentang kesimpulan dan saran.



BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Umum

Menurut SNI 1726:2012 suatu struktur dapat tersusun dari beberapa elemen, dengan sifat atau karakteristik yang berlainan. Berdasarkan elemen-elemen penyusunnya, struktur dapat dibedakan menjadi 4 yaitu Struktur Balok-Kolom, Struktur *Trusses* (Struktur Rangka Batang), Struktur *Frame* (Struktur Rangka Kaku), dan Struktur *Shell* (meliputi *Plate*, *Shell* dan *Membran*).

Menurut Schodek (1991) definisi yang sederhana tentang struktur dalam hubungannya dengan bangunan ialah bahwa struktur merupakan sarana untuk menyalurkan beban yang diakibatkan penggunaan dan/atau kehadiran bangunan di atas tanah.

Sistem struktur pada bangunan gedung secara garis besar menggunakan beberapa sistem utama:

1. Struktur Rangka atau Skeleton;
2. Struktur Rangka Ruang;
3. Struktur Permukaan Bidang;
4. Struktur Kabel dan Jaringan.

2.2 Kriteria Struktur Bangun Hemat dan Efisien

Hemat adalah suatu penggunaan sumber daya baik itu uang, material, alat berat, pemasaran dan pekerja secara efisien. Sedangkan Efisien yaitu suatu

pekerjaan yang menggunakan sumber daya pada struktur bangunan baik itu berupa uang maupun material sesuai dengan yang direncanakan.

Struktur bangunan dikatakan hemat dan efisien apabila:

1. Menggunakan dimensi dan tulangan struktur sesuai dengan perencanaan;
2. Mereview ulang bagian-bagian desain yang boros.

2.3 Beton Bertulang

Menurut SNI 2847:2013 Beton (*Concrete*) adalah campuran semen Portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (*Admixturs*). Menurut Jack C. McCormac (2004) beton adalah campuran yang terdiri dari pasir, kerikil, batu pecah, atau agregat-agregat lain yang dicampur menjadi satu dengan suatu pasta yang terbuat dari semen dan air membentuk suatu massa mirip-batuan. Terkadang, satu atau lebih bahan aditif ditambahkan untuk menghasilkan beton dengan karakteristik tertentu, seperti kemudahan pengerjaan (*workability*), durabilitas, dan waktu pengerasan. Sedangkan beton bertulang menurut Ali Asroni (2010) adalah jika kedua bahan (beton dan baja bertulang) dipadukan menjadi satu-kesatuan secara komposit, akan diperoleh bahan baru. Beton bertulang ini mempunyai sifat sesuai dengan sifat bahan penyusunnya, yaitu sangat kuat terhadap beban tarik maupun beban tekan. Beban tarik pada beton bertulang ditahan oleh baja tulangan, sedangkan beban tekan cukup ditahan oleh beton.

Menurut Ali Asroni (2010) bangunan yang menggunakan konstruksi beton mempunyai beberapa keunggulan, yaitu:

1. Beton termasuk tahan aus dan tahan terhadap kebakaran;
2. Beton sangat kokoh dan kuat terhadap beban gempa bumi, getaran, maupun beban angin;
3. Berbagai bentuk konstruksi dapat dibuat dari bahan beton menurut selera perancang atau pemakai;
4. Biaya pemeliharaan atau perawatan sangat sedikit (tidak ada).

Selanjutnya Ali Asroni (2010) juga menyatakan bangunan yang menggunakan konstruksi beton mempunyai beberapa kelemahan, yaitu:

1. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga mudah retak. Oleh karena itu perlu diberi baja tulangan, atau tulangan kasa (*Meshes*);
2. Konstruksi beton itu berat, sehingga jika dipakai pada bangunan harus disediakan fondasi yang cukup besar/kuat;
3. Untuk memperoleh hasil beton dengan mutu yang baik, perlu biaya pengawasan sendiri;
4. Konstruksi beton tak dapat dipindah, disamping itu bekas (*rosokan*) tidak ada harganya.

1. Pelat

Menurut Ali Asroni (2010) pelat adalah struktur tipis yang terbuat dari beton bertulang dengan bidang yang arahnya horizontal, dan beban yang bekerja tegak lurus pada bidang struktur tersebut. Pelat beton bertulang ini sangat kaku dan

arahnya horizontal, sehingga pada bangunan gedung, pelat ini berfungsi sebagai diafragma/unsur pengaku horizontal yang sangat bermanfaat untuk mendukung ketegaran sistem portal.

Sistem perencanaan pelat beton bertulang pada dasarnya dibagi menjadi 2 macam, yaitu:

a. Penulangan Pelat Satu Arah

Pelat dengan tulangan pokok satu arah ini akan dijumpai jika pelat beton lebih dominan menahan beban yang berupa momen lentur pada bentang satu arah saja. Contoh pelat satu arah adalah pelat kantilever, dan pelat yang ditumpu oleh tumpuan sejajar (Ali Asroni, 2010).

Berdasarkan Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung SNI 2847:2013 tebal minimum (h) dapat dilihat pada table dibawah ini:

2.1 Tebal Minimum Balok Non-Prategang Atau Pelat Satu Arah Bila Lendutan Tidak Dihitung

Komponen Struktur	Tebal minimum h			
	Tumpuan Sederhana	Satu Ujung Menerus	Kedua Ujung Menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak di hubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu-arah	$l/20$	$l/24$	$l/28$	$l/10$
Balok atau pelat rusak satu-arah	$l/16$	$l/18,5$	$l/21$	$l/8$

CATATAN:
 Panjang bentang dalam mm.
 Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan Mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai diatas harus dimodifikasi sebagai berikut:
 (a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (*equilibrium density*), w_c , diantara 1440 sampai 1840 kg/m³, nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65-0,0003 w_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,09.
 (b) Untuk f_y selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$.

Sumber: Tabel 9.5 (a) SNI 2847:2013

b. Penulangan Pelat Dua Arah

Pelat dengan tulangan pokok dua arah ini akan dijumpai jika pelat beton menahan beban yang berupa momen lentur pada bentang dua arah. Contoh pelat dua arah adalah pelat yang di tumpu oleh 4 (empat) sisi yang saling sejajar. Karena momen lentur berkerja pada 2 arah, yaitu searah dengan bentang l_x dan l_y , maka tulangan pokok juga dipasang pada 2 arah yang saling tegak lurus (bersilangan), sehingga tidak perlu tulangan bagi (Ali Asroni, 2010).

Berdasarkan Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung SNI 2847:2013 tebal minimum (h) harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

- Untuk α_{fm} yang sama atau lebih kecil dari 0,2, harus menggunakan Tebal minimum pelat balok interior;
- Untuk α_{fm} lebih besar dari 0,2, tapi tidak lebih dari 2,0, h tidak boleh kurang dari

$$h = \frac{\ln \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)} \dots\dots\dots 2.1$$

dan tidak boleh kurang dari 125 mm;

- Untuk α_{fm} lebih besar dari 2,0, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\ln \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta} \dots\dots\dots 2.2$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm.

Keterangan:

h = Tebal pelat lantai (mm)

l_n = Panjang bentang bersih yang diukur muka ke muka tumpukan, mm

f_y = Kuat leleh tulangan yang diisyaratkan

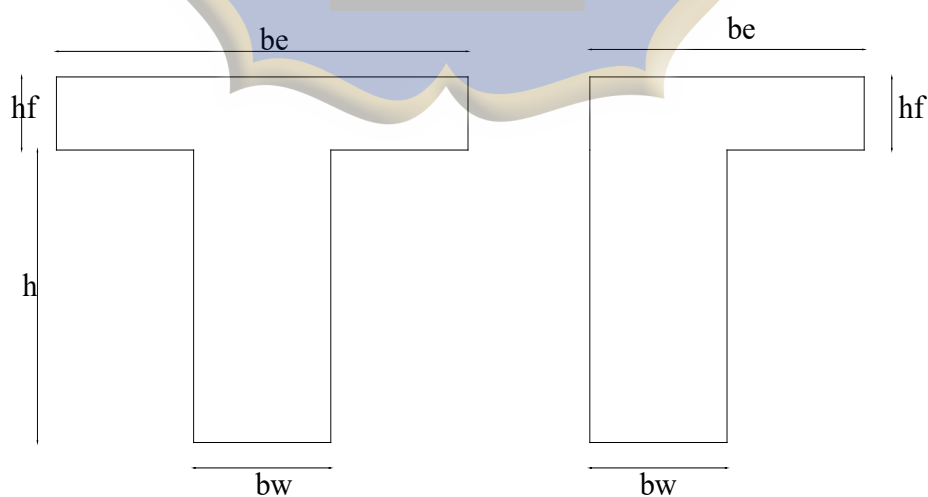
α_{fm} = Nilai rata-rata α_f untuk semua balok pada tepi panel

β = Rasio bentang bersih pelat dalam arah memanjang dan arah memendek

2. Balok

Balok dapat didefinisikan sebagai salah satu dari elemen struktur portal dengan bentang yang arahnya horizontal. Beban yang bekerja pada balok biasanya berupa beban lentur, beban geser maupun torsi (momen puntir), sehingga perlu baja tulangan untuk menahan beban-beban tersebutn (Ali Asroni, 2010).

Menurut SNI 2847:2013 batas untuk lebar efektif untuk sayap dari balok T dan L adalah sebagai berikut:



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 2.1 Balok T dan L

a. Balok T

1. Pada konstruksi balok T, sayap dan balok harus dibangun menyatu atau bila tidak harus dilekatkan bersama secara efektif;
2. Lebar slab efektif sebagai sayap balok T tidak boleh melebihi seperempat panjang bentang balok, dan lebar efektif sayap yang menggantung pada masing-masing sisi badan balok tidak boleh melebihi :

- Delapan kali tebal slab;
- Setengah jarak bersih ke badan di sebelahnya.

b. Balok L

1. Seperduabelas panjang bentang balok;
2. Enam kali tebal slab; dan
3. Setengah jarak bersih ke badan disebelahnya.

3. Kolom

Berdasarkan SNI 2847:2013 Kolom (*Column*) adalah komponen struktur dengan rasio tinggi terhadap dimensi lateral terkecil melampaui 3 yang digunakan terutama untuk menumpu beban tekan aksial. Untuk komponen struktur dengan perubahan dimensi lateral, dimensi lateral terkecil adalah rata-rata dimensi atas dan bawah sisi yang lebih kecil.

Menurut Ali Asroni (2010) kolom ialah suatu struktur yang mendukung beban aksial dengan/tanpa momen lentur. Kolom dapat dibedakan menjadi

beberapa jenis menurut bentuk dan susunan tulangan, letak atau posisi beban aksial, serta menurut ukuran panjang-pendeknya kolom.

Menurut subpasal 21.6.1 SNI 2847:2013 komponen struktur rangka ini harus juga memenuhi kondisi-kondisi dari poin 1 dan 2 berikut :

1. Dimensi penampang terpendek, diukur dari pada garis lurus yang melalui pusat geometri, tidak boleh kurang dari 300 mm;
2. Rasio dimensi penampang terpendek terhadap dimensi tegak lurus tidak boleh kurang dari 0,4.

2.4 Konsep Struktur Gedung Tahan Gempa

Menurut Suharjanto (2013) Struktur gedung tahan gempa direncanakan mempunyai konsep dasar:

1. Menghindari terjadinya korban jiwa manusia oleh runtuhnya gedung akibat gempa yang kuat;
2. Membatasi kerusakan gedung akibat gempa ringan sampai sedang, sehingga masih dapat diperbaiki;
3. Membatasi ketidak nyamanan penghunian bagi penghuni gedung ketika terjadi gempa ringan sampai sedang;
4. Mempertahankan setiap saat layanan vital dari fungsi gedung.

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam perancangan beban gempa antara lain:

1. Bangunan kaku (*Rigid*) atau bahan kaku seperti *Rigid Wall* (tembok kokoh) akan lebih mendistribusikan beban dari pada elemen-elemen yang lebih lentur seperti rangka penahan momen;
2. Bahan berat seperti genteng beton akan menyebabkan bahan lebih besar dari pada bahan yang lebih ringan;
3. Zona Wilayah Gempa dan jarak bangunan dari pusat gempa sangat berpengaruh pada perancangan beban gempa;
4. Tipe lapisan dasar bangunan (*Subgrade Type*), tanah dasar, sedang dan keras (bebatuan/*Rock* dll) berpengaruh dalam perhitungan beban gempa;
5. Bahan yang lemah dan rapuh/getas, sambungan yang kurang baik, dan kesalahan dalam perencanaan dapat mengurangi kemampuan bangunan dalam menahan beban horizontal akibat gempa;
6. Pada saat terjadi gempa sedang hingga besar, kerusakan diijinkan dengan syarat tidak runtuh walaupun mengalami kerusakan. Sangat tidak praktis dan mahal perancangan bangunan yang tidak akan rusak sedikitpun saat gempa sedang hingga besar. Hal ini sangat terkait dengan daktilitas bangunan.

2.5 Sistem Struktur Beton Bertulang Penahan Gempa

Acuan perencanaan struktur penahan gempa di Indonesia adalah SNI 1726:2012 yang merupakan pedoman utama perencanaan struktur penahan gempa di Indonesia, berdasarkan pedoman tersebut maka struktur yang mampu menahan gempa harus di desain menggunakan:

1. Perencanaan Kapasitas;

Untuk mendapatkan sistem struktur yang daktail, maka disarankan untuk merencanakan struktur bangunan dengan menggunakan cara perencanaan kapasitas. Menurut Iswandi Imran dan Fajar Hendrik (2010), struktur bangunan tahan gempa pada umumnya didesain terhadap gaya gempa yang lebih rendah dari pada gaya gempa rencana, hal ini dimungkinkan karena struktur didesain untuk mengalami kerusakan atau berperilaku plastis, melalui pembentukan sendi-sendi plastis pada elemen strukturnya pada saat menahan beban gempa rencana. Mekanisme lentur tarik, lentur tekan, geser, tarik diagonal, perilaku angkur, perilaku lekatan tulangan, tekanan aksial dan lain-lainnya.

2. Struktur Rangka Pemikul Momen;

Berdasarkan SNI 2847:2013 rangka momen yang ditetapkan sebagai bagian dari sistem penahan gaya gempa bisa dikategorikan sebagai berikut:

A. Rangka Momen Biasa

Persyaratan dari pasal 21.2 berlaku untuk rangka momen biasa yang membentuk bagian dari sistem penahan gaya gempa.

1. Balok harus mempunyai paling sedikit dua batang tulangan longitudinal yang menerus sepanjang kedua muka atas dan bawah;

2. Kolom yang mempunyai tinggi bersih kurang dari atau sama dengan lima kali dimensi c_1 harus didesain geser sesuai dengan point 2 pasal Kekuatan Geser.

B. Rangka Momen Menengah

Persyaratan dari pasal 21.3 berlaku untuk rangka momen menengah yang membentuk bagian dari sistem penahan gaya gempa.

a. Kekuatan Geser

1. ϕV_n balok menahan pengaruh gempa E, tidak boleh kurang dari yang lebih kecil dari (a) dan (b):
 - a. Jumlah geser yang terkait dengan pengembangan M_n balok pada setiap ujung bentang bersih yang terkekang akibat lentur kurvatur balik dan geser yang dihitung untuk beban gravitasi terfaktor;
 - b. Geser maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban desain yang melibatkan E, dengan E asumsi sebesar dua kali yang ditetapkan oleh tata cara bangunan umum yang diadopsi secara legal untuk desain tahan gempa.
2. ϕV_n kolom menahan pengaruh gempa E, tidak boleh kurang dari yang lebih kecil dari (a) dan (b):
 - a. Geser yang terkait dengan pengembangan kekuatan momen nominal kolom pada ujung terkekang dari panjang yang tak tertumpu akibat lentur kurvatur balik. Kekuatan lentur harus dihitung untuk gaya aksial terfaktor, konsisten dengan arah gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan gaya lentur tertinggi;

- b. Geser maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban desain yang melibatkan E, dengan E ditingkatkan Ω_o .

b. Balok

1. Kekuatan momen positif pada muka *joint* tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka *joint*. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu *joint*;
2. Pada kedua ujung balok, sengkang harus disediakan sepanjang panjang tidak kurang dari $2h$ diukur dari muka komponen struktur penumpu ke arah tengah bentang. Sengkang pertama harus ditempatkan tidak lebih dari 50 mm dari muka komponen struktur penumpu, spasi sengkang tidak boleh melebihi yang terkecil dari (a), (b), (c), dan (d):
 - a. $d/4$;
 - b. delapan kali diameter tulangan longitudinal terkecil yang dilingkupi;
 - c. 24 kali diameter batang tulangan sengkang
 - d. 300 mm.
3. Sengkang harus dispasikan tidak boleh dari $d/2$ sepanjang panjang balok.

c. Kolom

1. Kolom harus ditulangi secara spiral sesuai dengan subpasal 7.10.4 atau harus memenuhi point 2 dan 4, point 5 berlaku untuk semua kolom;

2. Pada kedua ujung kolom, sengkang harus disediakan dengan S_o sepanjang panjang l_o diukur dari muka *joint*. Spasi S_o tidak boleh melebihi yang terkecil dari (a), (b), (c), dan (d):
- delapan kali diameter batang tulangan longitudinal terkecil dilingkupi;
 - 24 kali diameter batang tulangan begel;
 - Setengah dimensi penampang kolom terkecil;
 - 300 mm.

Panjang l_o tidak boleh kurang dari yang terbesar dari (a), (b), (c):

- Seperenam bentang bersih kolom;
 - Dimensi penampang maksimum kolom;
 - 450 mm.
3. Sengkang tertutup pertama harus ditempatkan tidak lebih dari $S_o/2$ dari muka *joint*;
4. Diluar panjang l_o spasi tulangan *transversal* harus memenuhi pasal 7.10 dan subpasal 11.4.5.1;
5. Tulangan *transversal joint* harus memenuhi pasal 11.10.

C. Rangka Momen Khusus

Persyaratan dari pasal 21.5 berlaku untuk komponen struktur rangka momen khusus yang membentuk bagian system penahan gaya gempa dan diproporsikan terutama untuk menahan lentur.

a. Komponen Struktur Lentur

1. Lingkup

- a. Gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur, P_u tidak boleh melebihi $A_g \cdot f'_c / 10$;
- b. Bentang bersih komponen struktur lentur tidak boleh kurang dari empat kali tinggi efektifnya;
- c. Lebar komponen struktur, b_w , tidak boleh kurang dari yang lebih kecil dari $0,3h$ dan 250 mm ;
- d. Lebar komponen struktur, b_w , tidak boleh melebihi lebar komponen struktur penumpu, c_2 , ditambah suatu jarak pada masing-masing sisi komponen struktur penumpu yang sama dengan lebih kecil dari:
 1. Lebar komponen struktur penumpu, c_2 , dan
 2. $0,75$ kali dimensi keseluruhan komponen struktur penumpu, c_1 .

2. Tulangan Longitudinal

- a. Pada sebarang penampang komponen struktur lentur, kecuali seperti diberikan dalam pasal 10.5.3, untuk tulangan atas maupun bawah - jumlah tulangan tidak boleh kurang dari yang diberikan

$$A_{s_{\min}} = \frac{0,25\sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d \dots\dots\dots 2.3$$

Dimana:

$A_{s_{\min}}$: Jumlah tulangan minimum (mm^2)

f'_c : Kuat tekan beton (MPa)

f_y : Kuat leleh baja (MPa)

b_w : Lebar balok (mm)

d : Tinggi efektif balok (mm)

tetapi tidak kurang dari

$$A_{S_{min}} = 1,4 \cdot b_w \cdot d / f_y \dots\dots\dots 2.4$$

- Rasio tulangan, ρ , tidak boleh melebihi 0,025;

- Paling sedikit dua batang tulangan harus disediakan menerus pada kedua sisi atas dan bawah;

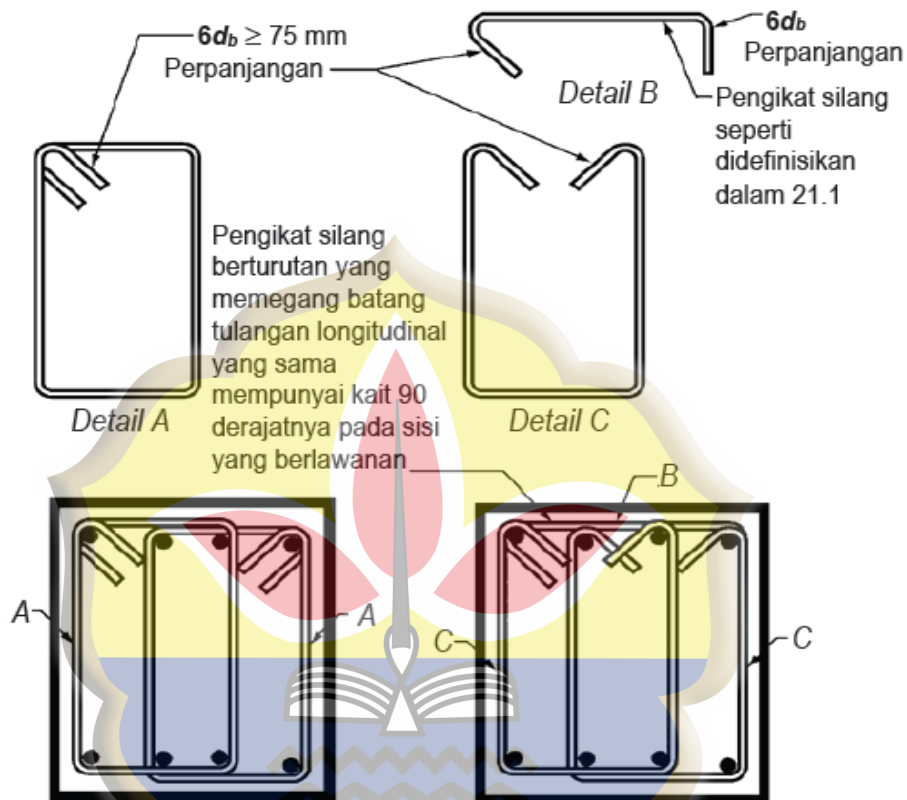
b. Kekuatan momen positif pada muka joint harus tidak kurang dari $\frac{1}{2}$ momen negatifnya yang disediakan pada muka joint tersebut. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sebarang penampang sepanjang komponen struktur tidak boleh kurang dari $\frac{1}{4}$ kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu *joint*;

c. Sambungan lewatan tulangan lentur diizinkan hanya jika tulangan sengkang atau spiral disediakan sepanjang panjang sambungan. Spasi tulangan *transversal* yang melingkupi batang tulangan yang disambung lewatan tidak boleh melebihi yang lebih kecil dari $d/4$ dan 100 mm, sambungan lewatan tidak boleh digunakan :

1. Dalam joint;
2. Dalam jarak dua kali tinggi komponen struktur dari muka *joint*;
3. Bila analisis menunjukkan pelelehan lentur diakibatkan oleh perpindahan lateral inelastik rangka.

3. Tulangan *Transversal*

- a. Sengkang harus dipasang pada daerah komponen struktur rangka seperti gambar berikut :



Sumber: SNI 2847:2013 Subpasal 21.5.3 Tulangan Transversal

Gambar 2.2 Contoh Sengkang Tertutup Saling Tumpang dan Ilustrasi

Batasan Pada Spasi Horizontal Maximum Batang Tulangan

Longitudinal Yang Ditumpu

1. Sepanjang suatu panjang yang sama dengan dua kali tinggi komponen struktur yang diukur dari muka komponen struktur penumpu kearah tengah bentang, di kedua ujung komponen struktur lentur;

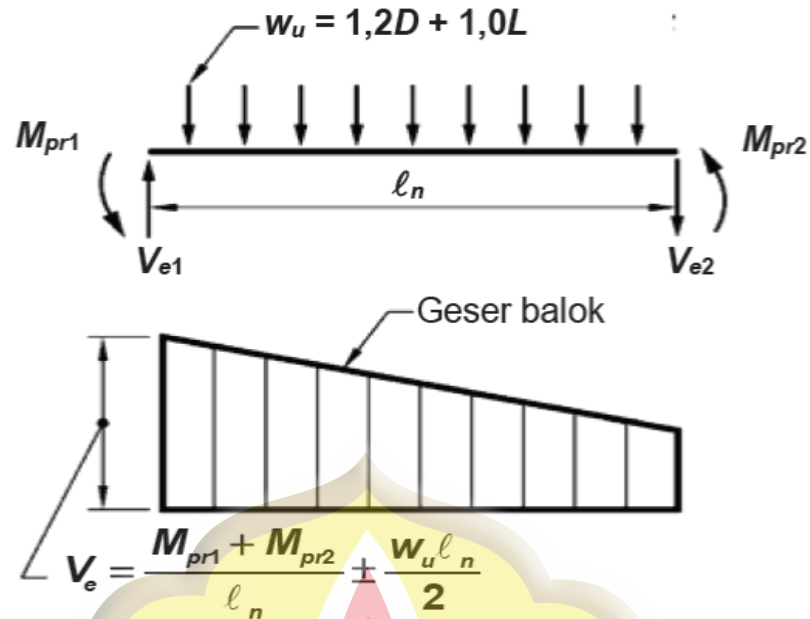
2. Sepanjang yang sama dengan dua kali tinggi komponen struktur pada kedua sisi suatu penampang dimana pelelehan lentur sepertinya terjadi dalam hubungan dengan perpindahan lateral inelastis rangka.
- b. Sengkang tertutup pertama harus ditempatkan tidak lebih dari 50 mm dari muka komponen struktur penumpu. Spasi sengkang tertutup tidak boleh melebihi yang terkecil dari:
1. $d/4$;
 2. Enam kali diameter terkecil batang tulangan lentur utama tidak termasuk tulangan kulit longitudinal yang disyaratkan oleh 10.6.7;
 3. 150 mm;
- c. Bila sengkang tertutup diperlukan, batang tulangan lentur utama yang terdekat ke muka tarik dan tekan harus mempunyai tumpuan lateral yang memenuhi pasal 7.10.5.3 atau pasal 7.10.5.4. Spasi batang tulangan lentur yang tertumpu secara transversal tidak boleh melebihi 350 mm. tulangan kulit yang diisyaratkan oleh pasal 10.6.7 tidak perlu tertumpu secara lateral;
- d. Bila sengkang tertutup tidak diperlukan, sengkang dengan kait gempu pada kedua ujung harus dispasikan dengan jarak tidak lebih dari $d/2$ sepanjang panjang komponen struktur;
- e. Sengkang atau pengikat yang diperlukan untuk menahan geser harus berupa sengkang sepanjang panjang komponen struktur dalam poin a;

f. Sengkang pada komponen struktur lentur diizinkan terbentuk dari dua potong tulangan, sebuah sengkang yang mempunya kait gempapada kedua ujungnya dan ditutup oleh pengikat seilang. Pengikat silang berurutan yang mengikat batang tulangan memanjang yang sama harus mempunyai kait gempapada 90 derajat pada sisi komponen struktur lentur yang berlawanan. Jika batang tulangan memanjang yang diamankan oleh pengikat silang yang dikekang oleh slab hanya pada satu sisi komponen struktur lentur, kait pengikat silang 90 derajat harus ditempatkan pada sisi tersebut.

4. Persyaratan Kekuatan Geser

a. Gaya Desain

Gaya geser desain, V_e , harus ditentukan dari peninjauan gaya statis pada bagian komponen struktur antara muka-muka joint. Harus diasumsikan bahwa momen-momen dengan tanda berlawanan yang berhubungan dengan kekuatan momen lentur yang mungkin, M_{pr} , bekerja pada muka-muka *joint* dan bahwa komponen struktur dibebani dengan beban gravitasi tributari terfaktor sepanjang bentangnya seperti gambar berikut:



Sumber: SNI 2847:2013 Subpasal 21.5.4 Persyaratan Kekuatan Geser

Gambar 2.3 Geser Desain Pada Balok

b. Tulangan *Transversal*

Tulangan *Transversal* sepanjang-panjang yang diidentifikasi dalam poin a di Tulangan *Transversal* harus diproporsikan untuk menahan geser dengan mengasumsikan $V_c = 0$ bila mana keduanya terjadi:

1. Gaya geser yang ditimbulkan gempa yang dihitung sesuai dengan gaya geser desain mewakili setengah atau lebih dari kekuatan geser perlu maksimum dalam panjang tersebut;
2. Gaya tekan aksial terfaktor P_u , termasuk pengaruh gempa kurang dari $A_g f_c / 20$2.5

b. Komponen Struktur Rangka Momen Khusus Yang Dikenai Beban Lentur dan Aksial

1. Lingkup

Persyaratan dari subpasal ini berlaku untuk komponen struktur rangka momen khusus yang membentuk bagian sistem penahan gaya gempa dan menahan gaya tekan aksial terfaktor P_u akibat sembarang kombinasi beban yang melebihi:

$$A_g \cdot f'c / 10 \dots \dots \dots 2.6$$

Komponen struktur rangka ini harus juga memenuhi kondisi-kondisi dari:

- a. Dimensi penampang terpendek, diukur pada garis lurus yang melalui pusat geometrik, tidak boleh kurang dari 300 mm;
- b. Rasio dimensi penampang terpendek terhadap dimensi tegak lurus tidak boleh kurang dari 0,4.

2. Tulangan Memanjang

- a. Luas tulangan memanjang A_{st} , tidak boleh kurang dari 0,01 A_g atau lebih dari 0,06 A_g ;
- b. Pada kolom dengan sengkang tertutup bulat, jumlah batang tulangan longitudinal minimum harus 6;
- c. Sambungan mekanis harus memenuhi pasal 21.1.6 dan sambungan las harus memenuhi 21.1.7. Sambungan lewatan diizinkan hanya dalam $\frac{1}{2}$ pusat panjang komponen struktur, harus didesain sebagai sambungan lewatan tarik, dan harus dilingkupi dalam tulangan *transversal* yang tidak boleh melebihi 350 mm dari pusat kepusat.

3. Tulangan *Transversal*

a. Tulangan *transversal* yang diisyaratkan dalam point b sampai point d tulangan tansversal harus dipasang sepanjang panjang l_0 dari setiap muka *joint* dan pada kedua sisi sebarang penampang dimana pelelehan lentur sepertinya terjadi sebagai akibat dari perpindahan lateral inelastik rangka. Panjang l_0 tidak boleh kurang dari yang terbesar dari poin:

1. Tinggi komponen struktur pada muka joint atau pada penampang dimana pelelehan lentur sepertinya terjadi;
2. Seperenam bentang besih komponen struktur;
3. 450 mm;

b. Tulangan *transversal* harus disediakan dengan salah satu dari spiral tunggal atau saling tumpuk memenuhi pasal 7.10.4 (spiral), sengkang bulat atau sengkang persegi dengan atau tanpa pengikat silang dengan ukuran batang tulangan yang sama atau yang lebih kecil seperti begelnya diizinkan. Setiap ujung pengikat silang harus memegang batang tulangan longitudinal terluar. Pengikat silang yang berurutan harus diseling ujung-ujungnya sepanjang tulangan longitudinal. Spasi pengikat silang atau kaki-kaki sengkang persegi, h_x , dalam penampang komponen struktur tidak melebihi 350 mm pusat ke pusat;

c. Spasi tulangan *transversal* sepanjang l_0 , komponen sturktur tidak boleh melebihi yang terkecil dari point:

1. Seperempat dimensi komponen struktur minimum;

- 2. Enam kali diameter batang tulangan longitudinal yang terkecil;
- 3. S_o , seperti yang didefinisikan oleh pers berikut:

$$S_o = 100 + \left(\frac{350-hx}{3}\right) \dots\dots\dots 2.7$$

Nilai S_o tidak boleh melebihi 150 mm dan tidak perlu diambil kurang dari 100 mm;

- d. Jumlah tulangan *transversal* yang diisyaratkan dalam poin berikut

harus disediakan kecuali bila jumlah yang lebih besar disyaratkan oleh persyaratan kekuatan geser:

- 1. Rasio Volume tulangan spiral atau sengkang bulat, ρ_s , tidak boleh kurang dari yang disyaratkan oleh persamaan berikut:

$$\rho_s = 0,12 \cdot \left(\frac{f_c}{f_{yt}}\right) \dots\dots\dots 2.8$$

Dengan tidak kurang dari persamaan

$$\rho_s = 0,45 \cdot \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1\right) \cdot \frac{f_c}{f_{yt}} \dots\dots\dots 2.9$$

- 2. Luas penampang total tulangan sengkang persegi, A_{sh} , tidak boleh kurang dari persamaan berikut:

$$A_{sh} = 0,3 \cdot \frac{S_{bc} \cdot f_c}{f_{yt}} \left[\left(\frac{f_c}{f_{yt}}\right) - 1 \right] \dots\dots\dots 2.10$$

$$A_{sh} = 0,09 \cdot \frac{S_{bc} \cdot f_c}{f_{yt}} \dots\dots\dots 2.11$$

- e. Diluar panjang l_o yang ditetapkan dalam point “a” diatas, kolom harus mengandung tulangan spiral atau sengkang yang memenuhi pasal 7.10

dengan sapasi sengkang pusat ke pusat, s , tidak melebihi yang lebih kecil dari 6 kali diameter batang tulangan kolom longitudinal terkecil dan 150 mm, kecuali bila jumlah tulangan *transversal* yang lebih besar disyaratkan oleh point “b” tulangan memanjang kolom atau bagian persyaratan kekuatan geser kolom;

f. Kolom yang menumpu reaksi dari komponen struktur kaku yang tak menerus seperti dinding, harus memenuhi poin berikut :

1. Tulangan *transversal* seperti yang disyaratkan dalam point “b” hingga “d” harus disediakan sepanjang tinggi keserluruhan pada semua tingkat di bawah diskontinuitas jika gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur ini berhubungan dengan pengaruh gempa, melebihi $A_g \cdot f_c/10$. Bila mana gaya desain telah diperbesar untuk memperhitungkan kekuatan lebih elemen vertical sistem penahan gempa, batasan $A_g \cdot f_c/10$ harus ditingkatkan menjadi:

$$A_g \cdot f_c/4 \dots\dots\dots 2.12$$

2. Tulangan *transversal* harus menerus ke dalam komponen struktur tak menerus paling sedikit sejarak sama dengan l_d , dimana l_d ditentukan sesuai dengan 21.7.5 untuk batang tulangan kolom longitudinal terbesar. Bilamana ujung bawah kolom berhenti sedikit l_d , dari batang tulangan kolom longitudinal terbesar di titik pemutusan. Bilamana kolom berhenti pada fondasi tapak (*footing*), setempat atau penutup tiang pondasi, tulangan *transversal* perlu

harus menerus paling sedikit 300 mm ke dalam fondasi tapak, setempat atau penutup tiang fondasi;

- g. Bila selimut beton diluar tulangan *transversal* pengekan yang ditetapkan dalam poin a, point e dan point f melebihi 100 mm, tulangan *transversal* tambahan harus disediakan. Selimut beton untuk tulangan *transversal* tambahan tidak boleh melebihi 300 mm.

2.6 Pembebanan

Berdasarkan SNI 1727:2013 beban adalah gaya atau aksi lainnya yang diperoleh dari berat seluruh bahan bangunan, penghuni, barang-barang yang ada didalam bangunan gedung, efek lingkungan, selisih perpindahan, dan gaya kekangan akibat perubahan dimensi. Adapun pembebanan yang bekerja pada struktur antara lain sebagai berikut :

1. Beban Mati (*Dead Loads*)

Menurut SNI 1727:2013 beban mati adalah berat seluruh bahan bangunan gedung terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafond, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran.

2. Beban Hidup (*Live Loads*)

Menurut SNI 1727:2013 beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati.

Tabel 2.2 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum L_0 dan Beban Hidup Terpusat Minimum

Hunian atau Penggunaan	Merata psf (kN/m ²)	Terpusat (lb/kN)
Apartemen (lihat Rumah tinggal)		
Sistem lantai akses		
- Ruang kantor	50 (2,4)	2000 (8,9)
- Ruang computer	100 (4,79)	2000 (8,9)
Gudang persenjataan dan ruang latihan	150 (7,18) ^a	
Ruang pertemuan		
Kursi tetap (terikat di lantai)	100 (4,79) ^a	
Lobi	100 (4,79) ^a	
Kursi dapat dipindahkan	100 (4,79) ^a	
Panggung pertemuan	100 (4,79) ^a	
Lantai podium	150 (7,18) ^a	
Balkon dan dek	1,5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani. Tidak perlu melebihi 100 psf (4,79 kN/m ²)	
Jalur untuk akses pemeliharaan	40 (1,92)	300 (1,33)
Ruang makan dan restoran	100 (4,79) ^a	
Koridor		
- Lantai pertama	100 (4,79)	
- Lantai lain	Sama seperti pelayanan hunian kecuali disebutkan lain	
Hunian (lihat rumah tinggal)		
Ruang mesin elevator (pada daerah 2 in. x 2 in. (50 mm x 50 mm))		300 (1,33)
Konstruksi pelat lantai finishing ringan (pada area 1 in. x 1 in. (25 mm x 25 mm))		200 (0,89)
Jalur penyelamatan terhadap kebakaran hunian satu rumah saja	100 (4,79) 40 (1,92)	
Tangga permanen	Lihat pasal 4.5	
Garasi/parker	40 (1,92) ^{a,b,c}	
Mobil penumpang saja		
Truk dan bus		
Susunan tangga, rel pengaman dan batang pegangan	Lihat pasal 4.5	
Hotel (lihat rumah tinggal)		
Perpustakaan		
- Ruang baca	60 (2,87)	1000 (4,45)
- Ruang penyimpanan	150 (7,18) ^{a,h}	1000 (4,45)
Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	1000 (4,45)
Pabrik		
- Ringan	125 (6,00) ^a	2000 (8,90)
- Berat	250 (11,97) ^a	3000 (13,4)

Sumber: Tabel 4-1 SNI 1727:2013

Tabel 2.2 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum L₀ dan Beban Hidup Terpusat Minimum

Gedung perkantoran : - Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian lobi dan koridor lantai pertama	100 (4,79)	2000 (8,90)
- Kantor	50 (2,40)	2000 (8,90)
- Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	2000 (8,90)
Lembaga hokum - Blok sel	40 (1,92)	
- Koridor	100 (4,79)	
Tempat rekreasi - Tempat bowling, kolam renang dan penggunaan yang sama	75 (3,59) ^a	
Bangsral dansa dan ruang dansa	100 (4,79) ^a	
Gimnasium	100 (4,79) ^a	
Tempat menonton baik terbuka atau tertutup	100 (4,79) ^{a,k}	
- Stadium dan tribun/arena dengan tempat duduk tetap (terikat pada lantai)	60 (2,87) ^{a,k}	
Rumah tinggal Hunian (satu keluarga dan dua keluarga) - Loteng yang tidak dapat didiami tanpa gudang	10 (0,48) ⁱ	
- Loteng yang tidak dapat didiami dengan gudang	20 (0,96) ^m	
Loteng yang dapat didiami dan ruang tidur	30 (1,44)	
- Semua ruang kecuali tangga dan balkon	40 (1,92)	
Semua hunian rumah tinggal lainnya		
- Ruang pribadi dan koridor yang melayani mereka	40 (1,92)	
Ruang publik dan koridor yang melayani mereka	100 (4,79)	
Atap Atap datar, berhubung dan lengkung	20 (0,96) ⁿ	
Atap digunakan untuk taman atap	100 (4,79)	
Atap yang digunakan untuk tujuan lain	Sama seperti hunian lainnya	
Atap yang digunakan untuk hunian lainnya	5 (0,24) tidak boleh direduksi	
Awning dan kanopi - Konstruksi pabrik yang didukung oleh struktur rangka		
- Kaku ringan		
Rangka tumpu layar penutup	5 (0,24) tidak boleh direduksi dan berdasarkan luas tributari dari atap yang ditumpu oleh rangka	

Sumber: Tabel 4-1 SNI 1727:2013

Tabel 2.2 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum L₀ dan Beban Hidup Terpusat Minimum

Semua konstruksi lainnya		2000 (8,9)
Komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung dengan pekerjaan lantai	20 (0,96)	
- Titik panel tunggal dari batang bawah rangka atap atau setiap titik panel sepanjang komponen struktur utama yang mendukung atap diatas pabrik, gudang, dan perbaikan garasi		300 (1,33)
- Semua komponen struktur atap utama lainnya		300 (1,33)
Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan		300 (1,33)
Sekolah		
- Ruang kelas	40 (1,92)	1000 (4,5)
- Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	1000 (4,5)
- Koridor dilantai pertama	100 (4,79)	1000 (4,5)
Bak-bak/scuttles, rusuk untuk atap kaca dan langit-langit yang dapat diakses		200 (0,89)
Pinggir jalan untuk pejalan kaki, jalan lintas kendaraan, dan lahan/jalan untuk truk-truk	250 (11,97) ^{a,p}	8000 (35,6) ^q
Tangga dan jalan keluar	100 (4,79)	300 ^r
- Rumah tinggal untuk satu dan dua keluarga saja	40 (1,92)	300 ^r
Gudang diatas langit-langit	20 (0,96)	
Gudang penyimpanan barang sebelum disalurkan ke pengencer (jika diantisipasi menjadi gudang penyimpanan, harus dirancang untuk beban lebih berat)		
- Ringan	125 (6,00) ^a	
- Berat	250 (11,97) ^a	
Toko Eceran		
- Lantai pertama	100 (4,79)	1000 (4,45)
- Lantai diatasnya	75 (3,59)	1000 (4,45)
- Grosir disemua lantai	125 (6,00) ^a	1000 (4,45)
Penghalang kendaraan		Lihat pasal 4.5
Susunan jalan dan panggung yang ditinggikan (selain jalan keluar)	60 (2,87)	
Pekarangan dan teras, jalur pejalan kaki	100 (4,79) ^a	

Sumber: Tabel 4-1 SNI 1727:2013

3. Beban Angin (*Wind Loads*)

Beban angin ialah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan. Menurut SNI 1727:2013 penentuan parameter dasar untuk penentuan beban angin antara lain;

a. Kecepatan angin dasar;

Kecepatan angin dasar (v) adalah kecepatan tiupan angin dalam 3 detik pada ketinggian 33 ft (10 m) diatas tanah pada eksposur yang ditentukan sesuai dengan kategori resiko bangunan gedung dan struktur.

b. Faktor arah angin;

Faktor arah angin (K_d) harus ditentukan dari Tabel 2.3 Faktor arah ini hanya akan dimasukkan dalam menentukan beban angin bila kombinasi beban yang disyaratkan dalam kombinasi beban terfaktor yang digunakan dalam metode desain kekuatan dan kombinasi beban nominal yang menggunakan desain tegangan izin digunakan untuk desain. Pengaruh arah angin dalam menentukan beban angin sesuai dengan prosedur terowongan angin harus didasarkan pada analisis untuk kecepatan angin yang sesuai dengan persyaratan perkiraan kecepatan angin dasar dari data iklim daerah.

Tabel 2.3 Faktor Arah Angin (K_d)

Tipe Struktur	Faktor Arah Angin (K_d)
Bangunan Gedung	
Sistem Penahan Beban Angin Utara	0,85
Komponen dan <i>Klading</i> bangunan gedung	0,85
Atap Lengkung	0,85
Cerobong asap, Tengki, dan Struktur yang sama	
Segi empat	0,90
Segi enam	0,95
Bundar	0,95
Dinding pejal berdiri bebas dan papan reklame pejal berdiri bebas dan papan reklame terikat	0,85
Papan reklame terbuka dan kerangka kisi	0,85
Rangka batang menara	
Segi tiga, segi empat, persegi panjang	0,85
Penampang lainnya	0,95

Sumber: Tabel 26.6-1 SNI 1727:2013

* Faktor arah K_d telah dikalibrasi dengan kombinasi beban yang ditetapkan dalam kombinasi beban. Faktor ini hanya ditetapkan bila digunakan sesuai dengan kombinasi beban yang disyaratkan dalam kombinasi beban terfaktor yang digunakan dalam metode desain kekuatan dan kombinasi beban nominal yang menggunakan desain tegangan izin.

c. Kategori eksposur;

Kategori eksposur terbagi menjadi 3, yaitu:

1. Eksposur B yaitu untuk bangunan gedung dengan tinggi atap rata-rata kurang dari atau sama dengan 30 ft (9,1 m). Eksposur B berlaku bilamana kekasaran permukaan tanah, sebagaimana ditentukan oleh Kekasaran Permukaan B, berlaku diarah lawan angin untuk jarak yang lebih besar dari 1500 ft (457 m). Untuk bangunan dengan tinggi atap rata-rata lebih besar dari 30 ft (9,1 m), Eksposur B berlaku bilamana Kekasaran Permukaan B berada dalam arah lawan angin untuk jarak yang lebih besar dari 2600 ft (792 m) atau 20 kali tinggi bangunan, pilih yang terbesar.

2. Eksposur C yaitu berlaku untuk semua kasus di mana Eksposur B atau D tidak berlaku.

3. Eksposur D yaitu berlaku bilamana kekasaran permukaan tanah, sebagaimana ditentukan oleh Kekasaran Permukaan D, berlaku diarah lawan angin untuk jarak yang lebih besar dari 5000 ft (1524 m) atau 20 kali tinggi bangunan, pilih yang terbesar. Eksposur D juga berlaku bilamana kekasaran permukaan tanah segera lawan arah angin dari situs B atau C, dan situs yang berada dalam jarak 600 ft (183 m) atau 20 kali tinggi bangunan, pilih yang terbesar, dari kondisi Eksposur D sebagaimana ditentukan dalam kalimat sebelumnya.

Untuk situs yang terletak di zona transisi antara kategori eksposur, harus menggunakan hasil kategori di gaya angin terbesar.

d. Faktor topografi;

Efek peningkatan kecepatan angin pada bukit, bukit memanjang, dan tebing curam yang terisolasi akan menimbulkan perubahan mendadak dalam topografi umum, terletak dalam setiap kategori eksposur, harus dimasukkan dalam perhitungan beban angin bila kondisi bangunan gedung dan kondisi lokal dan kondisi struktur memenuhi kondisi berikut:

1. Bukit, bukit memanjang, dan tebing curam yang terisolasi dan tidak terhalang angin arah vertikal ke atas oleh pengaruh topografi serupa dari ketinggian yang setara untuk 100 kali tinggi fitur topografi (100 H) atau 2 mil (3,22 km), dipilih yang terkecil. Jarak ini harus diukur horizontal dari

titik di mana tinggi H pada bukit, punggung bukit, atau tebing yang ditentukan.

2. Bukit, bukit memanjang, dan tebing curam yang menonjol di atas ketinggian fitur daratan arah vertikal ke atas antara radius 2 mil (3,22 km) untuk setiap kuadran dengan faktor 2 atau lebih.
3. Struktur yang berlokasi pada setengah bagian ke atas dari bukit atau punggung bukit atau dekat puncak tebing.
4. $H/L_h \geq 0,2$
5. H adalah lebih besar dari atau sama dengan 15 ft (4,5 m) untuk eksposur C dan D dan 60 ft (18 m) untuk eksposur B.

Faktor topografi $K_{zt} = (1 + K_1 + K_2 + K_3)^2$ 2.17

Dimana:

H = Tinggi bukit atau tebing relatif terhadap elevasi kawasan di sisi angin datang (*Upwind*), dalam *feet* (m)

L_h = Jarak horizontal pada sisi angin datang (*Upwind*), dari puncak atau tebing sampai setengah tinggi bukit atau tebing, dalam *feet* (m)

K_1 = Faktor untuk memperhitungkan bentuk fitur topografi dan pengaruh peningkatan kecepatan maksimum

K_2 = Faktor untuk memperhitungkan reduksi dalam peningkatan kecepatan sehubungan dengan jarak sisi angin datang atau ke sisi angin pergi dari puncak

K_3 = Faktor untuk memperhitungkan reduksi dalam peningkatan kecepatan sehubungan dengan ketinggian di atas elevasi kawasan setempat.

Jika kondisi situs dan lokasi gedung dan struktur bangunan lain tidak memenuhi semua kondisi yang disyaratkan dalam peningkatan kecepatan angin di atas bukit, bukit memanjang, dan tebing curam.

e. Faktor pengaruh tiupan angin;

Faktor pengaruh tiupan angin untuk suatu bangunan gedung dan struktur lain yang kaku boleh diambil sebesar 0,85.

f. Klasifikasi ketertutupan;

Untuk memenuhi koefisien tekanan internal, semua bangunan gedung harus diklasifikasi sebagai bangunan tertutup, tertutup sebagian atau terbuka. Berikut yang dipasang kaca harus dilindungi sesuai dengan lokasi berikut:

1. Dalam 1 mil dari garis pantai tinggi air rata-rata di mana kecepatan angin dasar sama dengan atau lebih besar dari 130 mi/h (58 m/s),
2. Dalam daerah di mana kecepatan angin dasar adalah sama dengan atau lebih besar dari 140 mi/h (63 m/s).

Untuk bangunan gedung dan struktur lain dengan Kategori Resiko II dan bangunan dan struktur lain dengan Kategori Resiko III, kecuali fasilitas perawatan kesehatan, daerah puing terbawa angin. Untuk fasilitas perawatan kesehatan Kategori Resiko III dan bangunan dan struktur lain dengan Kategori Resiko IV, daerah puing terbawa angin.

Pengecualian: Kaca yang berada di atas 60 ft (18,3 m) di atas tanah dan di atas 30 ft (9,2 m) di atas atap-berpermukaan-agregat, termasuk atap dengan kerikil atau batu pemberat, yang berada di atas 1500 ft (458 m) dari bangunan yang diizinkan tanpa dilindungi.

g. Koefisien tekanan internal.

Koefisien tekanan internal (GC_{pi}) harus ditentukan dari Tabel 2.4 Berdasarkan pada klasifikasi ketertutupan bangunan gedung. Untuk bangunan tertutup sebagian yang memiliki sebuah ruangan besar tanpa sekat, Koefisien tekanan internal (GC_{pi}), harus dikalikan dengan faktor reduksi R_i , berikut ini:

$$R_i = 1,0 \text{ atau}$$

$$R_i = 0,5 - \left(1 + \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{V_i}{22,800 A_{og}}}} \right) < 1,0 \dots\dots\dots 2.18$$

Dimana:

A_{og} = Luas total bukaan pada amplop bangunan (dinding-dinding dan atap, dalam ft^2)

V_i = Volume internal ruang tanpa partisi, dalam ft^3

Tabel 2.4 Koefisien Tekanan Internal

Klasifikasi Ketertutupan	GC_{pi}
Bangunan gedung terbuka	0,00
Bangunan gedung tertutup sebagian	+0,55 -0,55
Bangunan gedung tertutup	+0,18 -0,18

Sumber: Tabel 26.11-1 SNI 1727:2013

Catatan:

1. Tanda positif dan negatif menandakan tekanan yang bekerja menuju dan menjauhi dari permukaan internal.
2. Nilai (GC_{pi}) harus digunakan dengan q_z atau q_h seperti yang ditetapkan
3. Dua kasus harus dipertimbangkan untuk menentukan persyaratan beban kritis untuk kondisi yang sesuai;

- (i) Nilai positif dari (GC_{pi}) ditetapkan untuk seluruh permukaan internal
- (ii) Nilai negatif dari (GC_{pi}) ditetapkan untuk seluruh permukaan internal

4. Beban Gempa

Menurut Suharjanto (2013) gempa dapat menyebabkan guncangan pada tanah. Guncangan tanah dapat menambah beban pada unsur-unsur bangunan. Beban gempa cenderung berarah horizontal (walaupun ada komponen vertikal).

Menurut SNI 1726:2012 pengaruh gempa rencana yang harus ditinjau dalam perencanaan dan evaluasi struktur bangunan gedung dan non gedung serta berbagai bagian dan peralatannya secara umum. Gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlewati besarnya selama umur struktur lama bangunan 50 tahun adalah $>2\%$.

a. Kategori Resiko Bangunan

Bangunan dan struktur lainnya harus diklasifikasi berdasarkan resiko bagi kehidupan manusia, kesehatan, dan kesejahteraan yang terkait dengan kerusakan atau kegagalan bangunan. Setiap bangunan atau struktur lainnya harus ditugaskan untuk kategori resiko yang berlaku. Struktur harus memasukkan faktor penting yang berlaku pada Tabel 1 SNI 1726:2012 untuk berbagai resiko struktur bangunan gedung dan non gedung sesuai dengan Tabel 2 SNI 1726:2012 pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan I_e .

Tabel 2.5 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia saat terjadi kegagalan, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gedung penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori resiko I, II, III, IV, termasuk tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung apartemen/rumah susun - Pusat perbelanjaan/mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki kategori resiko tinggi terhadap jiwa manusia saat terjadi kegagalan, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop, gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo <p>Gedung dan non gedung tidak termasuk ke dalam kategori resiko IV yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan - Pusat telekomunikasi <p>Gedung dan non gedung tidak termasuk ke dalam kategori resiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	III
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya 	

Sumber: Tabel 1 SNI 1726:2012

Tabel 2.5 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
<ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energy dan fasilitas public lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori resiko IV.</p>	IV

Sumber: Tabel 1 SNI 1726:2012

Tabel 2.6 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Resiko	Faktor Keutamaan Gempa, Ie
I atau II	1
III	1,25
IV	1,5

Sumber: Tabel 2 SNI 1726:2012

b. Klasifikasi Situs

Dalam perumusan kriteria desain seismik suatu bangunan di permukaan tanah atau penentuan amplifikasi besaran percepatan gempa puncak dari batuan dasar ke permukaan tanah untuk suatu situs, maka situs tersebut harus diklasifikasikan terlebih dahulu. Profil tanah di situs harus diklasifikasikan sesuai dengan Tabel 3 SNI 1726:2012 berdasarkan profil tanah lapisan 30 m paling atas (dibagi menjadi lapisan-lapisan sari nomor ke-1 hingga ke-n dari atas ke bawah, sehingga ada total n-lapisan tanah yang berbeda pada lapisan 30 m paling atas tersebut).

Tabel 2.7 Klasifikasi Situs

Kelas Situs	V_s (m/detik)	N atau N_{ek}	S_u (kPa)
SA (batuan keras)	> 150	Tidak dapat dipakai	Tidak dapat dipakai
SB (batuan)	750 sampai 1500	Tidak dapat dipakai	Tidak dapat dipakai
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	> 50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	> 175	> 15	> 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut: 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ 2. Kadar air, $w > 40$, 3. Kuat geser niralir, $S_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik situs)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan potensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitive, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan, $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi ($H > 7,5$ m, $IP > 75$) lapisan lempung lunak/setengah tegu dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $S_u < 50$ kPa		

Sumber: Tabel 3 SNI 1726:2012

c. Parameter Percepatan Terpetakan

Parameter S_s (percepatan batuan dasar pada periode pendek) dan S_1 (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik) harus ditetapkan masing-masing dari respons spektral percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik pada peta-peta gerak tanah seismik dan koefisien resiko dengan kemungkinan 2 % terlampaui dalam 50 tahun (MCE_R , 2 % dalam 50 tahun), dan dinyatakan dalam bilangan desimal terhadap percepatan gravitasi.

d. Koefisien-koefisien Situs dan Parameter Percepatan Gempa

Untuk menentukan respons spektral percepatan gempa MCE_R dipermukaan tanah, diperlukan faktor amplifikasi seismik pada periode 0,2 detik dan 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait

percepatan pada getaran periode pendek (F_a) dan faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode 1 detik (F_v) yang ditentukan oleh Tabel 2.5 dan Tabel 2.6 Parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan periode 1 detik (S_{M1}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dari persamaan:

$$S_{MS} = F_a \times S_s \dots\dots\dots 2.19$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 \dots\dots\dots 2.20$$

Tabel 2.8 Koefisien Situs F_a

Kelas Situs	Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa (MCE_R) Terpetakan Pada Periode Pendek, $T = 0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1	1	1	1	1
SC	1,2	1,2	1,2	1	1
SD	1,6	1,4	1,2	1	1
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS				

Sumber: Tabel 4 SNI 1726:2012

Catatan:

- Untuk nilai-nilai antara S_s dapat dilakukan interpolasi linier
- SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat analisis respons situs

Tabel 2.9 Koefisien Situs Fv

Kelas Situs	Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa (MCE_R) Terpetakan Pada Periode Pendek, $T = 1$ detik, S_1				
	$S_1 \leq 1$	$S_1 = 0,5$	$S_1 = 0,75$	$S_1 = 1,0$	$S_1 \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1	1	1	1	1
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS				

Sumber: Tabel 5 SNI 1726:2012

Catatan:

- Untuk nilai-nilai antara S_1 dapat dilakukan interpolasi linier
- SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat analisis respons situs

e. Parameter Percepatan Spektral Desain

Parameter percepatan spektral desain periode pendek (S_{DS}) dan periode 1 detik (S_{D1}) harus ditentukan melalui persamaan:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \dots\dots\dots 2.21$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \dots\dots\dots 2.22$$

Dimana:

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

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

f. Spektrum Respons Desain

Bila spektrum respons desain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifik situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respons desain harus dikembangkan dengan mengikuti ketentuan berikut:

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

$$S_a = S_{DS} (0,4 + 0,6(T/T_0)) \dots\dots\dots 2.23$$

2. Untuk periode lebih besar atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , maka spektrum respons percepatan desain (S_a) sama S_{DS}

3. Untuk periode lebih besar dari T_s , spektrum respons percepatan desain (S_a) harus diambil dari persamaan:

$$S_a = S_{D1}/T \dots\dots\dots 2.24$$

Dimana:

S_{DS} = Parameter respons spektral desain pada periode pendek, 0,2 detik

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

T = Periode getar *fundamental* struktur

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \dots\dots\dots 2.25$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \dots\dots\dots 2.26$$

g. Kategori Desain Seismik

Struktur harus ditetapkan memiliki suatu kategori desain seismik berdasarkan SNI 1726:2012. Kategori desain seismik diperkenankan untuk ditentukan dari Tabel 6 dan Tabel 7, dengan menggunakan nilai S_{DS} dan S_{D1} . Nilai yang diambil yang terbesar dari kedua KDS tersebut.

**Tabel 2.10 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons
Percepatan Periode Pendek, S_{DS}**

Nilai S_{DS}	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	B
$0,33 \leq S_{DS} < 0,5$	C	C
$0,5 \leq S_{DS}$	D	D

Sumber: Tabel 6 SNI 1726:2012

**Tabel 2.11 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons
Percepatan Periode 1 Detik, S_{D1}**

Nilai S_{D1}	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	B
$0,133 \leq S_{D1} < 0,2$	C	C
$0,2 \leq S_{D1}$	D	D

Sumber: Tabel 7 SNI 1726:2012

h. Periode Fundamental

Periode fundamental struktur T dalam arah yang ditinjau harus diperoleh menggunakan properti struktur dan karakteristik *Deformasi* elemen penahan dalam analisis yang teruji. Periode fundamental struktur, tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung (C_u) dari Tabel 14 SNI 1726:2012 dan periode fundamental pendekatan, T_a yang ditentukan sesuai persamaan:

$$T_a = C_t \cdot h_n^x \dots\dots\dots 2.27$$

Dengan: h_n adalah ketinggian struktur (m), di atas sampai tingkat tertinggi struktur, dan nilai parameter perioda pendekatan C_t dan x ditentukan dalam Tabel 15 SNI 1726:2012.

Tabel 2.12 Koefisien untuk Batas Atas Perioda Yang Dihitung

Parameter Percepatan Respons Spektral Desain Pada 1 detik S_{D1}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Sumber: Tabel 14 SNI 1726:2012

Tabel 2.13 Nilai Parameter Perioda Pendekatan C_t dan x

Tipe Struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen dimana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau berhubungan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari refleksi jika gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua system strukturr lainnya	0,0488	0,75

Sumber: Tabel 15 SNI 1726:2012

Sebagai alternatif, pada pelaksanaan analisis untuk struktur dengan ketinggian tidak melebihi 12 tingkat dengan sistem penahan gaya gempa minimal 3 m, perioda fundamental struktur, diizinkan secara langsung menggunakan perioda bangunan pendekatan, T_a yang dihitung dengan persamaan;

$$T_a = 0,1 \cdot N \dots \dots \dots 2.28$$

Dengan N adalah jumlah tingkat

2.7 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan adalah kekuatan perlu yang dibutuhkan suatu komponen struktur untuk menahan beban terfaktor yang bekerja dengan berbagai kombinasi efek beban disebutkan kuat perlu (U), kuat perlu adalah kekuatan suatu komponen struktur atau penampang yang diperlukan untuk menahan beban terfaktor atau momen dengan gaya dalam, faktor keamanan kombinasi pembebanan yang diisyaratkan oleh SNI 2847:2013 adalah:

$$U = 1,4D \dots\dots\dots 2.29$$

$$U = 1,2D + 1,6L + 0,5 (L_r \text{ atau } R) \dots\dots\dots 2.30$$

$$U = 1,2D + 1,6 (L_r \text{ atau } R) + (1,0L \text{ atau } 0,5W) \dots\dots\dots 2.31$$

$$U = 1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5 (L_r \text{ atau } R) \dots\dots\dots 2.32$$

$$U = 1,2D + 1,0E + 1,0L \dots\dots\dots 2.33$$

$$U = 0,9D + 1,0W \dots\dots\dots 2.34$$

$$U = 0,9D + 1,0E \dots\dots\dots 2.35$$

Keterangan:

U = Kuat perlu

D = Beban mati

L = Beban hidup

L_r = Beban hidup atap

R = Beban hujan

W = Beban angin

E = Beban gempa

2.8 Kekuatan Desain

Menurut SNI 2847:2013 kekuatan desain adalah kekuatan nominal yang dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan, kekuatan desain yang disediakan oleh suatu komponen struktur, sambungannya dengan komponen struktur lain, dan penampangnya, sehubungan dengan lentur, beban normal, geser, dan torsi harus diambil sebesar kekuatan nominal dihitung sesuai dengan persyaratan dan asumsi dari subpasal 9.3.2 SNI 2847:2013, yang dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan ϕ .

Tabel 2.14 Faktor Reduksi Kekuatan

Gaya yang bekerja	Nilai ϕ
Penampang terkendali tarik	0,9
Penampang terkendali tekan:	0,75
a. Komponen struktur tulangan spiral	0,65
b. Komponen struktur bertulang lainnya	
Geser dan torsi	0,75
Tumpuan pada beton (kecuali untuk daerah angkur pasca tarik dan model strat dan pengikat)	0,65
Model star dan pengikat, dan star, pengikat, daerah pertemuan (nodal), dan daerah tumpuan dalam model tersebut	0,75
Penampang lentur dalam komponen struktur pratarik dimana penanaman strand kurang dari panjang penyaluran:	0,75-0,9
a. Dari ujung komponen struktur ke ujung panjang Transfer	
b. Dari ujung panjang transfer keujung panjang penyaluran ϕ boleh ditingkatkan secara linier dari	

Sumber: SNI 2847:2013

2.9 SAP (Structural Analysis Program) 2000

SAP2000 merupakan salah satu program analisis struktur yang lengkap dan sangat mudah untuk dioperasikan. SAP2000 ini secara lengkap terintegrasi dengan *Microsoft Windows*. Prinsip utama penggunaan program ini adalah pemodelan struktur, eksekusi analisa dan pemeriksaan atau optimal desain: yang

semua dilakukan dalam satu langkah atau satu tampilan. Tampilan berupa model secara menyeluruh dalam waktu yang singkat dan hasil yang tepat.

1. Sejarah Perkembangannya

Program SAP2000 merupakan perkembangan program SAP¹ yang dibuat oleh Prof. Edward L. Wilson dari University of California at Berkeley, US sekitar tahun 1970. Untuk melayani keperluan komersial dari program SAP, pada tahun 1975 dibentuk perusahaan Computer & Structure, Inc. Dipimpin oleh Asraf Habibullah, dimana perusahaan tersebut sampai saat ini masih eksis dan berkembang.

Sebagai program komputer analisa struktur yang dikembangkan cukup lama dari lingkungan Universitas sehingga *Source Code* pada awal mulanya dapat dengan mudah dipelajari, maka program SAP menjadi cikal bakal program-program analisa struktur lain di dunia. Dengan reputasi lebih dari 30 tahun, program SAP dikenal secara luas dalam komunitas rekayasa, khususnya dibidang Teknik Sipil dan secara spesifik lagi adalah para *Structural Enginner*.

Program SAP mula-mula dikembangkan dalam versi main *Frame*. Sekitar tahun 1980 versi PC-nya, yaitu SAP80, dan tahun 1990 dengan versi SAP90, semuanya dalam sistem operasi DOS (*Disk Operating System*). Ciri-ciri keduanya menggunakan *File* sebagai cara untuk memasukkan *Input* data dalam mengoperasikannya.

Ketika PC beralih dari sistem operasi DOS (teks) ke sistem operasi *Windows* (grafis), versi SAP2000 dikeluarkan. Saat ini versi PC yang terakhir

adalah SAP2000 V.14 versi ini cukup canggih karena dapat digunakan untuk melakukan analisa non-linier (deformasi besar, gap/kontak), kabel, beban ledak, tahapan konstruksi, dsb. Tetapi untuk kasus-kasus sederhana (umum) pada level S1 antara program lama dan baru tidak memberikan suatu perbedaan yang signifikan bahkan cenderung persis sama.

2. Program SAP2000

Program SAP2000 mempunyai kemampuan yang sama dengan program versih penuh, yaitu dapat melakukan analisa struktur statik/dinamika, dapat melakukan desain penampang beton bertulang maupun struktur baja, tetap disediakan manual program dalam bentuk *File * PDF* dan juga *File-File* pembelajaran secara multimedia. Yang berbeda hanya kapasitasnya saja, program tersebut hanya dapat digunakan untuk struktur yang geometrinya dibentuk dengan jumlah nodal ≤ 100 .

Secara garis besar, perancangan model struktur rangka dengan SAP2000 ini akan melalui 7 tahapan yaitu:

1. Menentukan geometri model struktur;
2. Mendefinisikan data-data:
 - a. Jenis dan kekuatan beban;
 - b. Dimensi penampang elemen struktur;
 - c. Macam-macam beban;
 - d. Kombinasi pembebanan;

3. Menempatkan (*Assign*) data-data yang telah didefinisikan ke model struktur:
 - a. Data penampang;
 - b. Data beban;
4. Memeriksa *Input* data;
5. Analisa Mekanika Teknik (MT);
6. Desain struktur baja/beton sesuai aturan yang ada;
7. Modifikasi struktur/*Redesigni*.

Selain tidak hanya pada analisa struktur (untuk mengetahui gaya dalam yang timbul), program ini juga bisa melanjutkan ke bagian *Check*/desain struktur untuk mengetahui jumlah tulangan (beton) atau tegangan yang timbul pada profil (baja).

Berikut keunggulan dan kekurangan program SAP2000 dalam menganalisis perhitungan:

- 1.) Keunggulan program SAP2000
 - Untuk menganalisa gaya-gaya dalam yang bekerja pada struktur seperti momen, geser, dan aksial lebih mudah dan cepat dibandingkan dengan menganalisa secara manual;
 - SAP2000 mempunyai aplikasi yang diciptakan untuk mempermudah dan mempercepat proses perhitungan terhadap suatu konstruksi khususnya beton bertulang seperti pelat lantai, balok, dan kolom;

- Program SAP2000 mempunyai keunggulan lain ditunjukkan dengan adanya fasilitas untuk menganalisa dan mendesain elemen, baik untuk material beton maupun baja;
- Untuk mencari respon berupa gaya-gaya internal elemen pembebanan yang diberikan, yaitu berupa gaya-gaya internal elemen struktur atau gaya-gaya reaksi perletakan maupun lendutan itu sendiri.

2.) Kekurangan program SAP2000

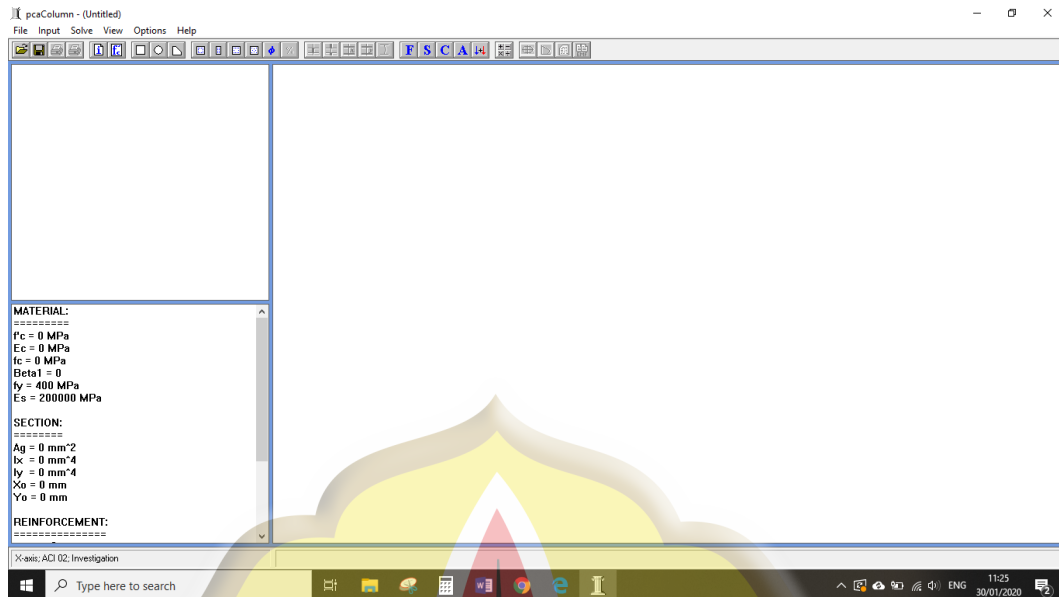
- Penggunaan program SAP2000 harus dianalisa seteliti mungkin, apabila seorang analisa tersebut salah menginput suatu data, maka hasilnya akan error dan tidak sesuai dengan hasil yang diinginkan;
- SAP2000 diperuntukan untuk menganalisa struktur saja dan medimensi penampang, tetapi tidak bisa membuat gambar seperti detail penulangan dan sebagainya dibandingkan program lain.

2.10 PcaColumn

PcaColumn adalah perangkat lunak yang berfungsi untuk mendesain atau menginvestigasi struktur kolom. Setelah melakukan analisa struktur secara manual maupun menggunakan *software*, dan diperoleh gaya – gaya yang bekerja pada kolom, maka langkah selanjutnya adalah melakukan desain tulangan kolom.

Berikut ini langkah mudah mendesain kolom dengan bantuan *software* PcaColumn:

Misal akan didesain tulangan untuk kolom dengan dimensi 550 mm x 550 mm.



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 2.4 Tampilan Halaman Depan PcaColumn

1. *Input General Information*

- *General Information* menampilkan Nama Proyek, Nama Kolom, Nama Engineer, Satuan yang digunakan, Arah pembebanan yang ditinjau serta peraturan yang digunakan.
- *Project*, *Column*, dan *Engineer* diisi sesuai yang diinginkan.
- Satuan yang digunakan adalah *Metric* dalam (mm, MPa, kN, kNm).
- *Run Axis*: Pilih X saja, karena kita akan mencari luas tulangan yang dibutuhkan, maka pilihan kita adalah Design.
- *Consider Slenderness*: Memperhitungkan efek kelangsingan kolom. Karena pada umumnya kita membuat kolom pendek (tidak langsing), maka hal ini tidak perlu dilakukan.

Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 2.5 Tampilan *General Information*

2. Input Material Properties

- *Strength*, f'_c : Mutu beton yang kita gunakan misalnya 30 MPa (N/mm^2).
- *Strength*, f_y : Mutu baja tulangan yang kita gunakan 400 MPa dengan Elastisitas baja 200000 MPa (N/mm^2).

Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 2.6 Tampilan *Material Properties*

3. Input Ukuran Kolom

- *Input > Section > Rectangular*
- *Width (along X):* Lebar kolom arah X
- *Depth (along Y):* Lebar kolom arah Y

	Start	End	Increment	
Width (along X):	550	550	0	mm
Depth (along Y):	550	550	0	mm

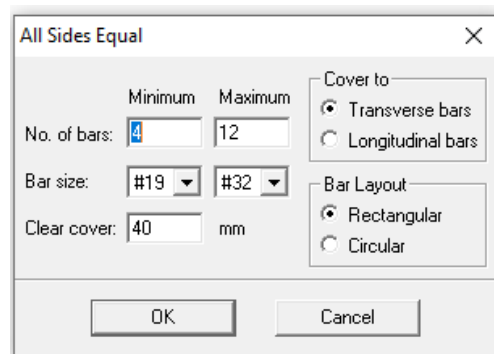
OK Cancel

Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 2.7 Tampilan *Rectangular Section*

4. Input Tulangan/pembesian

- *Input > Reinforcement > All Side Equal*
- *All Side Equal* : Karena bentuk kolom yang persegi dan kita menginginkan tulangan terdistribusi merata ke 4 sisi.
- Minimum: Isi 4 karena persyaratan SNI menyatakan bahwa harus ada 4 sisi.
- *Clean Cover* : Jarak dari sisi luar penampang ke tulangan (selimut beton)
- *Cover To* : Menentukan jarak selimut terhadap apa (tulangan pokok atau tulangan geser).

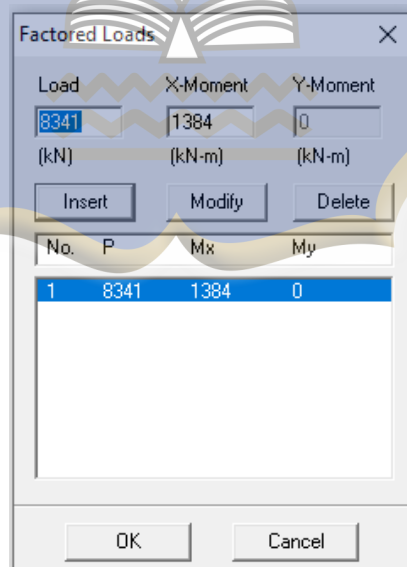


Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 2.8 Tampilan *Reinforcement All Sides Equal*

5. Pembebanan

- *Input > Loads > Factored*
- P (aksial), X-Moment : Diperoleh dari hasil output software analisa struktur dari kombinasi pembebanan maksimum (satuan kN-m)



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 2.9 Tampilan *Loads*

6. *Solve > Excuse / F5*

- Setelah melakukan langkah diatas, maka akan keluar gambar kolom dengan diagram interaksi.
- Apabila ada persyaratan yang tidak sesuai, maka program akan memberikan peringatan.



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Deskripsi Struktur Penelitian

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini akan direncanakan struktur gedung hotel 12 lantai dengan bentuk bangunan tidak simetris dan menggunakan konstruksi beton bertulang. Untuk menganalisis struktur gedung Hotel Yello penulis berpedoman pada peraturan-peraturan yang berlaku di Indonesia. Selain itu juga menggunakan perangkat lunak (*software*) komputer yang membantu dalam proses perhitungan yaitu *SAP2000 Version Student*.

3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian terletak di di Jl. Jendral Sudirman RT.25 Kel. Tambak Sari Kec. Jambi Selatan, (Thehok) Kota Jambi.

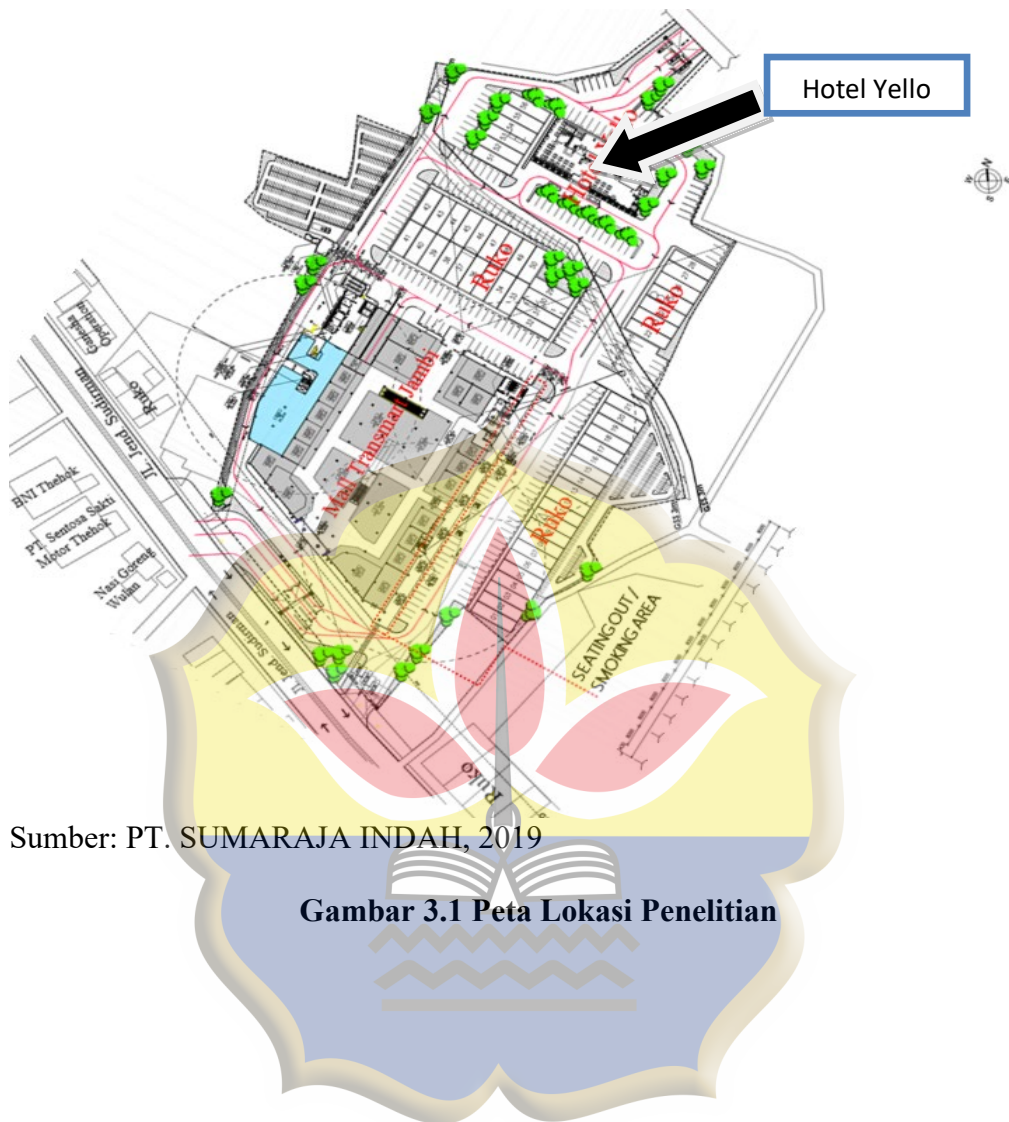
Lokasi penelitian berbatasan langsung dengan wilayah-wilayah sebagai berikut :

Batas Utara : RT.33 Kel. Tambak Sari

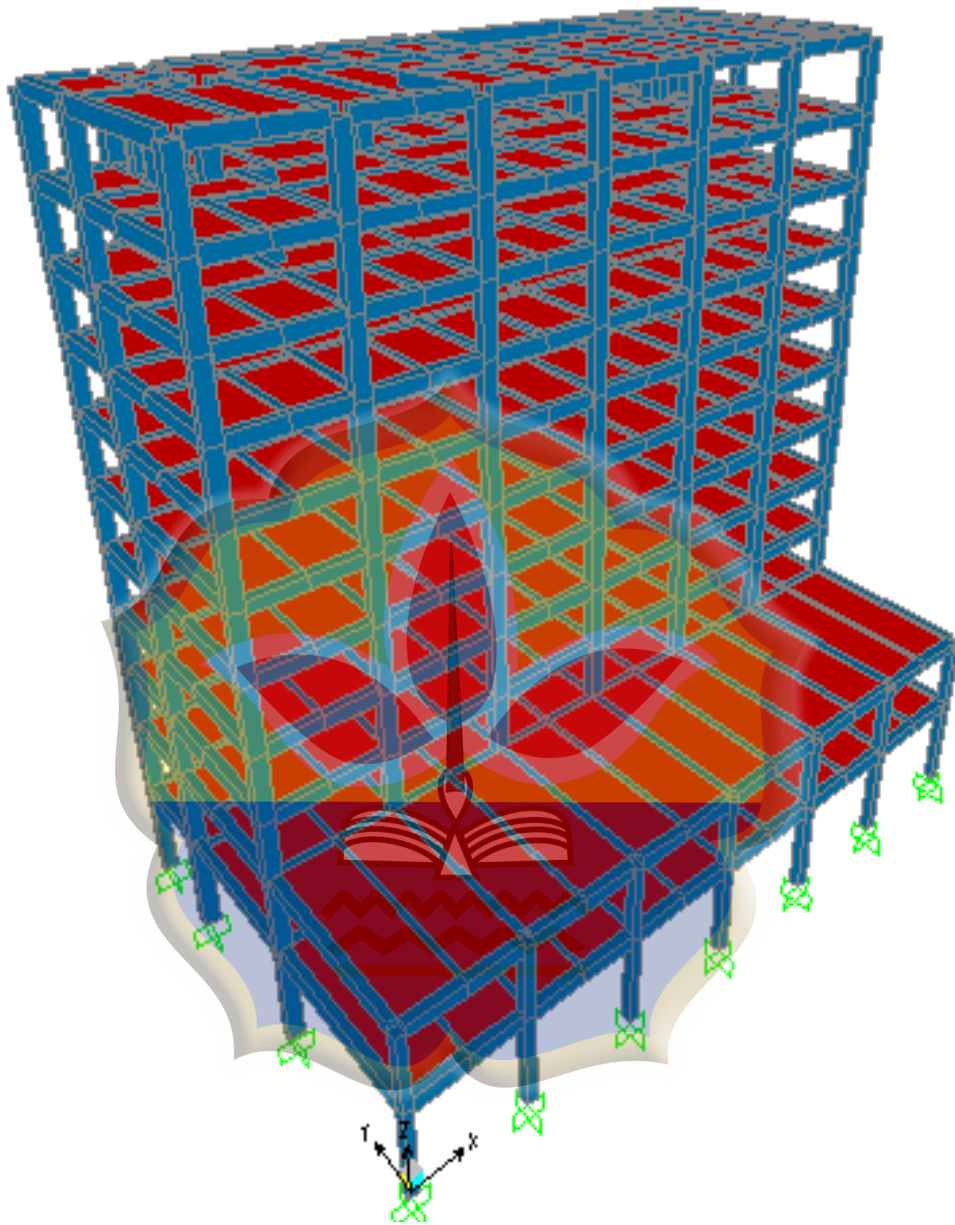
Batas Timur : RT.25 Kel. Pakuan Baru

Batas Selatan : RT.32 Kel. Tambak Sari

Batas Barat : RT.01 Kel. Tambak Sari



Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian



Sumber: Data Olahan, 2019

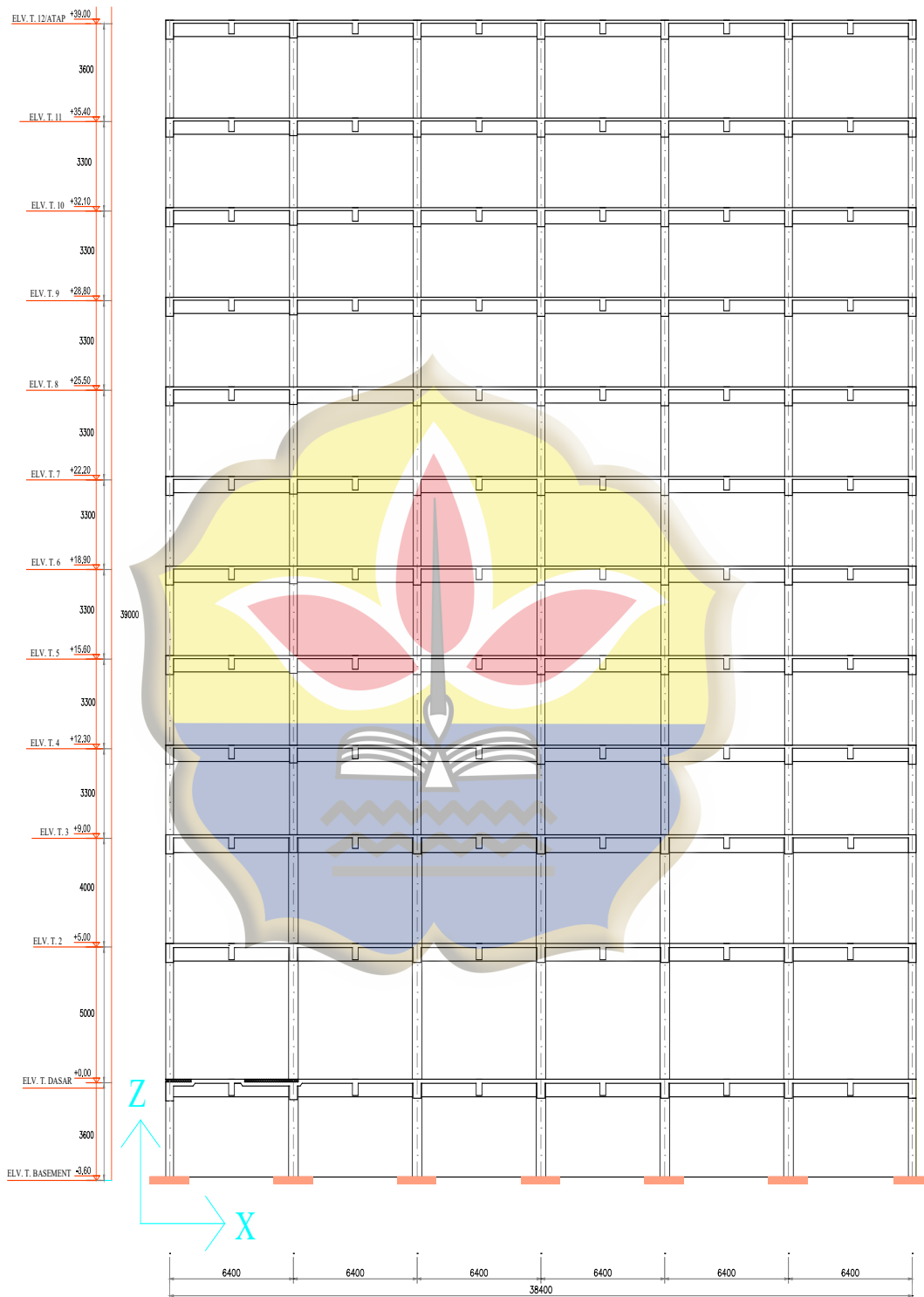
Gambar 3.2 Pemodelan Struktur 3 Dimensi





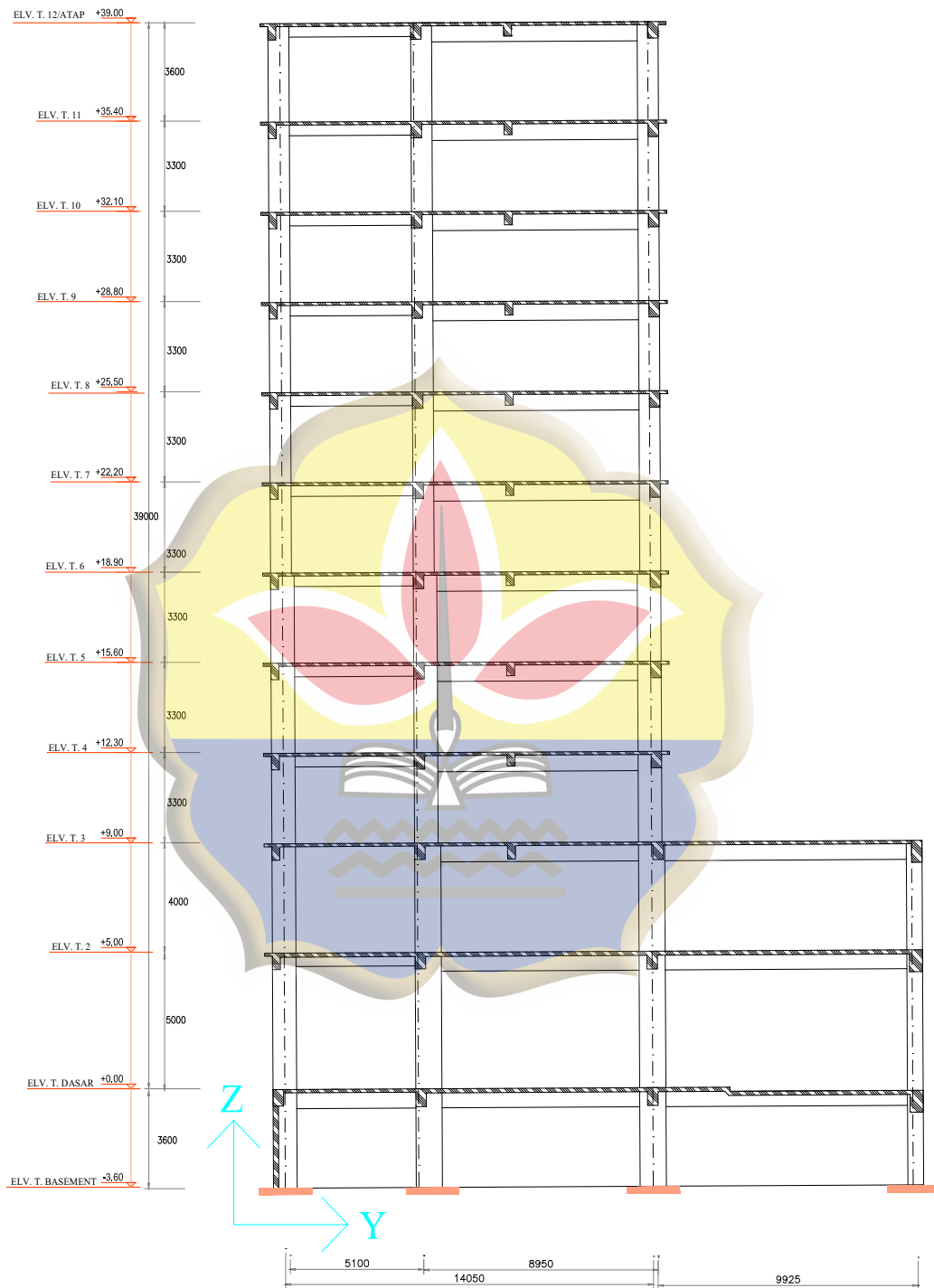






Sumber: Data Olahan PT. SUMARAJA INDAH, 2019

Gambar 3.7 Portal arah X-Z



Sumber: Data Olahan PT. SUMARAJA INDAH, 2019

Gambar 3.8 Portal arah Y-Z

3.3 Spesifikasi Bangunan

Spesifikasi bangunan stuktur meliputi:

- a. Fungsi stuktur : Gedung hotel
 - b. Jumlah lantai : 12 lantai
 - c. Basement : 1 basement
 - d. Tinggi Basement : 3,6 m
 - e. Tinggi Lt. Dasar : 5 m
 - f. Tinggi Lt. 2 : 4 m
 - g. Tinggi Lt. 3 s/d Lt 11 : 3,3 m
 - h. Tinggi Lt. 12 : 3,6 m
- Tinggi total stuktur 39 m dari permukaan tanah dasar
- i. Panjang stuktur : 38,4 m
 - j. Lebar Basement – Lt. 3 : 23,975 m
 - k. Lebar Lt.4 – Lt. 12 : 14,05 m
 - l. Stuktur bangunan : Beton bertulang
 - m. Mutu material :
 - Beton $f'c : 30 \text{ MPa}$ $E_c: 4700\sqrt{f'c} = 25742,960 \text{ MPa}$
 - Baja BJTD : Ulir $f_y: 400 \text{ Mpa}$ $E_s = 200000 \text{ Mpa}$
 - n. Lokasi Rencana : Jl. Jendral Sudirman RT.25 Kel. Tambak Sari Kec. Jambi Selatan, (Thehok) Kota Jambi

3.4 Metode Perhitungan

1. Beban

Metode yang digunakan untuk pembebanan berdasarkan SNI 1727:2013 (Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain).

2. Fungsi bangunan

Pedoman yang digunakan untuk fungsi bangunan berdasarkan SNI 1726:2012 (Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung).

3. Klasifikasi situs untuk Kategori Desain Seismik (KDS)

Pedoman yang digunakan untuk SNI 1726:2012 (Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung).

4. Alat bantu yang digunakan

Alat bantu yang digunakan dalam perhitungan ini yaitu SAP2000 version *student*, *Microsoft Excel*, dan *PcaColumn*.

3.5 *Time Schedule*



3.6 Bagan Aliran (*Flowchart*) Tugas Akhir

Bagan aliran (*Flowchart*) Tugas Akhir merupakan rangkuman secara umum susunan proses tahapan perencanaan yang dikemas dalam bentuk skema.

Bagan aliran (*Flowchart*) dapat dilihat pada gambar 3.9



BAB IV

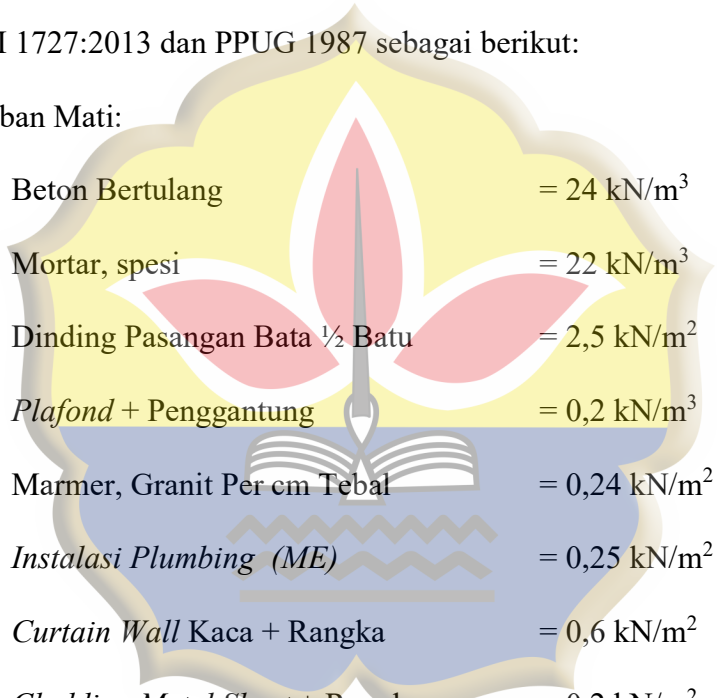
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan Konstruksi

4.1 Beban Yang Diperhitungkan

Beban yang direncanakan bekerja pada gedung dengan fungsi hotel, dengan aturan SNI 1727:2013 dan PPUG 1987 sebagai berikut:

1. Beban Mati:

- 
- Beton Bertulang = 24 kN/m³
 - Mortar, spesi = 22 kN/m³
 - Dinding Pasangan Bata ½ Batu = 2,5 kN/m²
 - *Plafond* + Penggantung = 0,2 kN/m³
 - Marmer, Granit Per cm Tebal = 0,24 kN/m²
 - *Instalasi Plumbing (ME)* = 0,25 kN/m²
 - *Curtain Wall* Kaca + Rangka = 0,6 kN/m²
 - *Cladding Metal Sheet* + Rangka = 0,2 kN/m²
 - *Waterproofing* = 0,05 kN/m²

2. Beban Hidup:

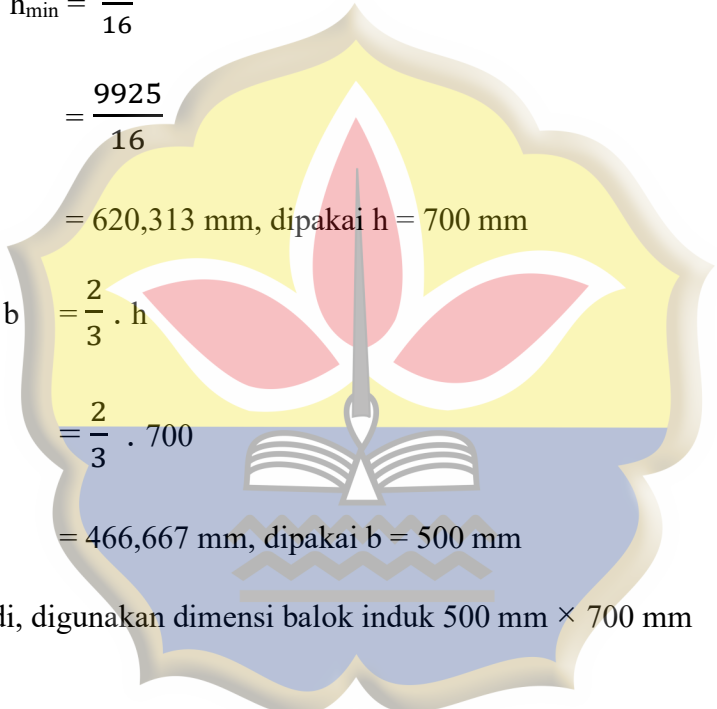
- Hunian Hotel = 1,92 kN/m²
- Partisi = 0,72 kN/m²
- Air Hujan = 10 kN/m³
- Atap = 0,96 kN/m²

4.2 Dimensi

1. Balok

Untuk menentukan tinggi (h) minimum balok, digunakan Tabel 9.5(a) SNI 2847:2013, diambil berdasarkan bentang terpanjang balok yaitu, $L = 9925$ mm

- Balok Induk

$$\begin{aligned}
 h_{\min} &= \frac{L}{16} \\
 &= \frac{9925}{16} \\
 &= 620,313 \text{ mm, dipakai } h = 700 \text{ mm} \\
 b &= \frac{2}{3} \cdot h \\
 &= \frac{2}{3} \cdot 700 \\
 &= 466,667 \text{ mm, dipakai } b = 500 \text{ mm}
 \end{aligned}$$


Jadi, digunakan dimensi balok induk $500 \text{ mm} \times 700 \text{ mm}$

- Balok Anak

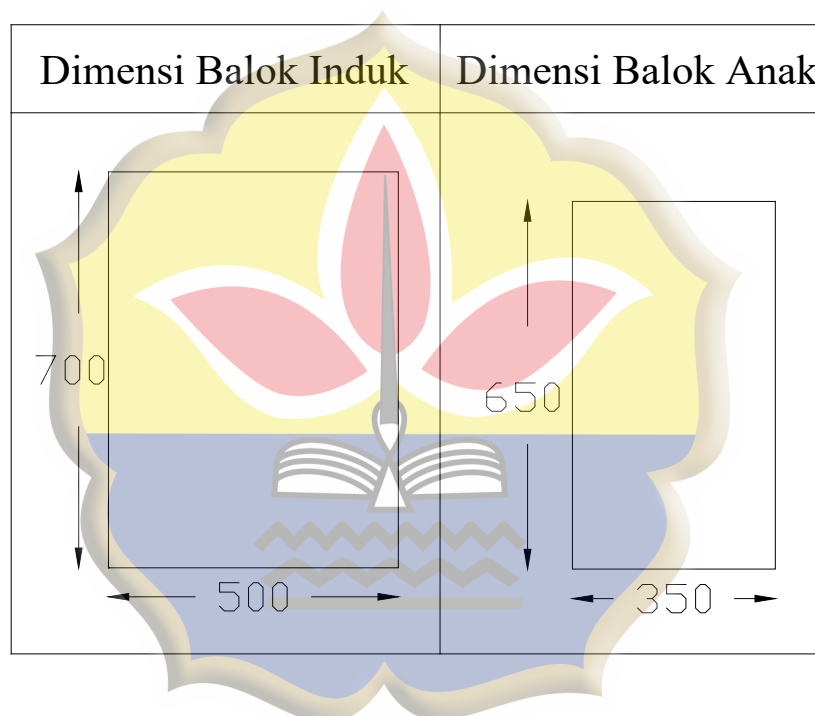
$$\begin{aligned}
 h_{\min} &= \frac{L}{16} \\
 &= \frac{9925}{16} \\
 &= 620,313 \text{ mm, dipakai } h = 650 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$b = \frac{2}{3} \cdot h$$

$$= \frac{2}{3} \cdot 650$$

$$= 325 \text{ mm, dipakai } b = 350 \text{ mm}$$

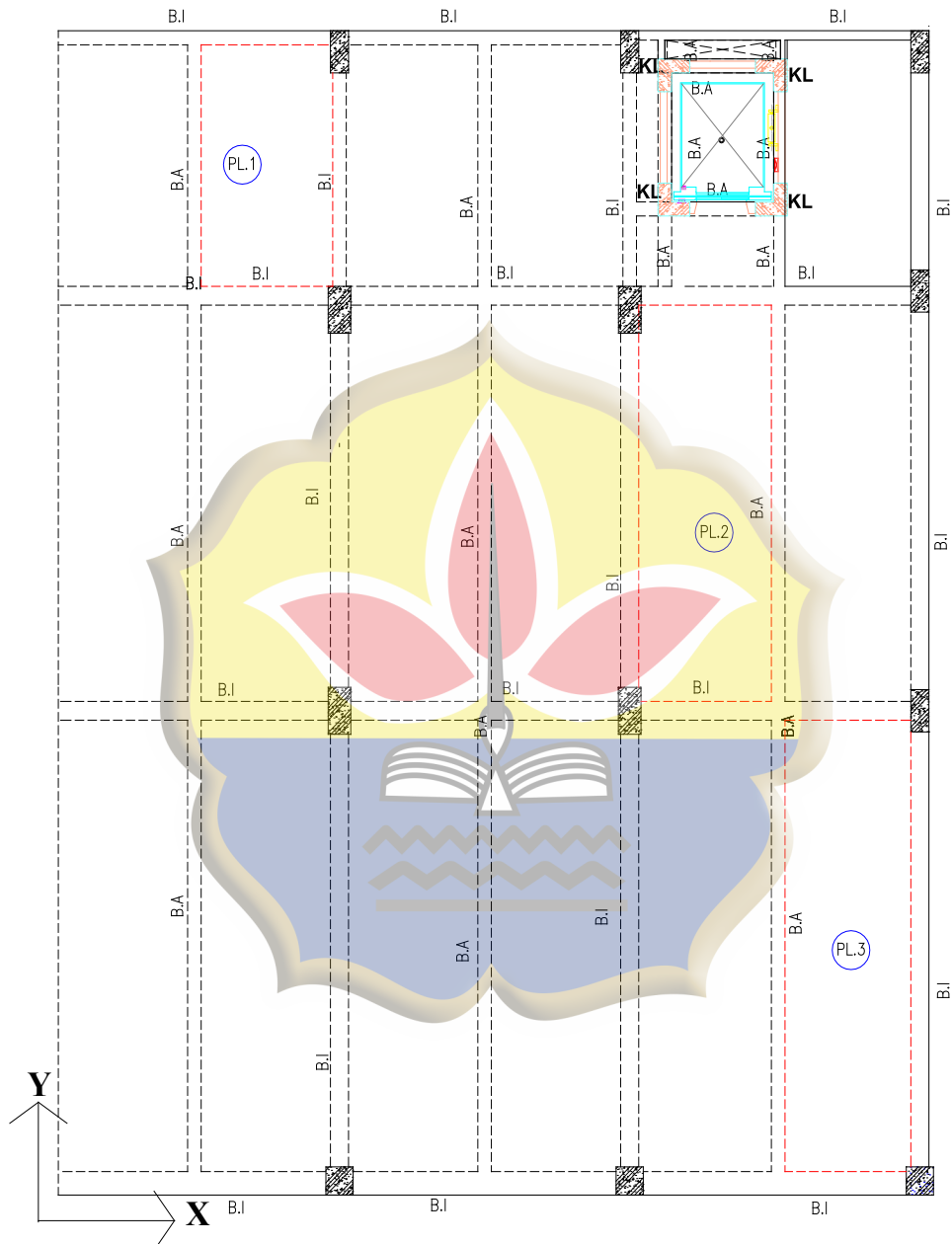
Jadi, digunakan dimensi balok induk $350 \text{ mm} \times 650 \text{ mm}$



Sumber: Data Olahan, 2019

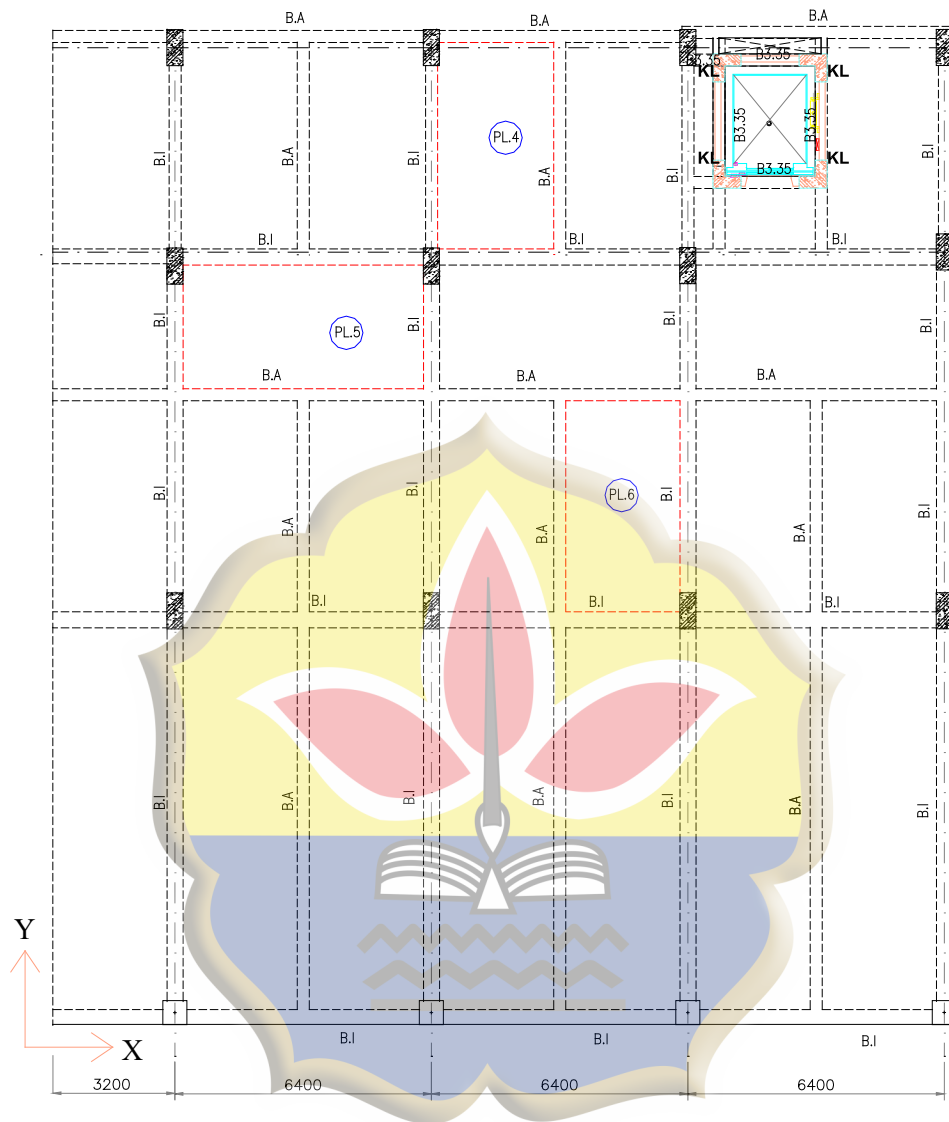
Gambar 4.1 Dimensi Balok

2. Pelat Lantai



Sumber: Data Olahan, 2019

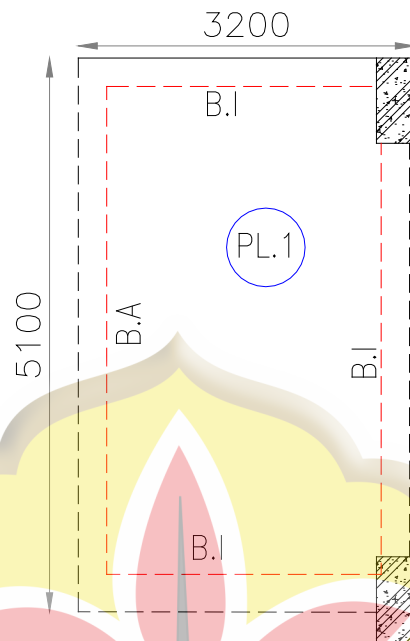
Gambar 4.2 Denah 1 Pelat Lantai



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.3 Denah 2 Pelat Lantai

a. Tebal Pelat Lantai Bagian 1



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.4 Pelat Lantai Tinjauan Bagian 1

Tebal Minimum Pelat lantai bagian 1

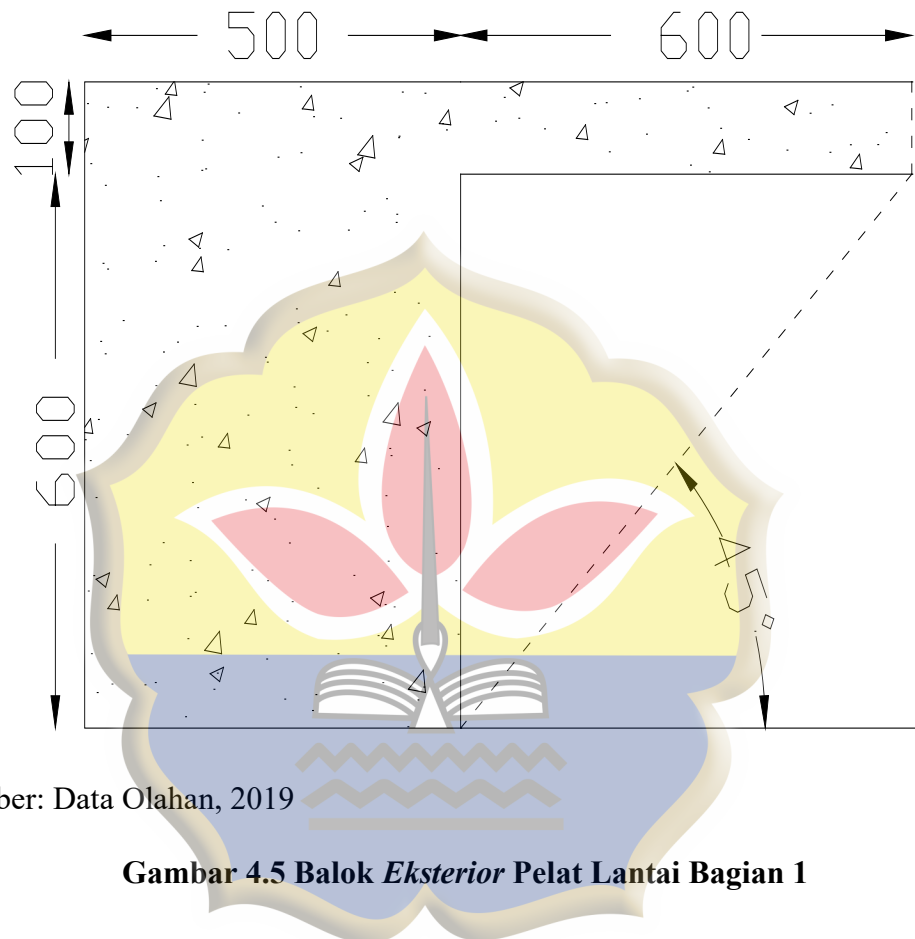
$$L_1 = 3200 - \left(\frac{1}{2} \cdot 350\right) - \left(\frac{1}{2} \cdot 500\right) = 2775 \text{ mm}$$

$$L_2 = 5100 - 2 \left(\frac{1}{2} \cdot 500\right) = 4600 \text{ mm}$$

$$h_{\min} = \frac{\text{Keliling Pelat}}{180} = \frac{(2775 \cdot 2) + (4600 \cdot 2)}{180} = 81,944 \text{ mm}$$

Maka h dipakai = 100 mm.

1) Mengitung Momen Inersia Balok

a) Balok *Eksterior* $\alpha f1$ (Balok Induk)

Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.5 Balok *Eksterior* Pelat Lantai Bagian 1

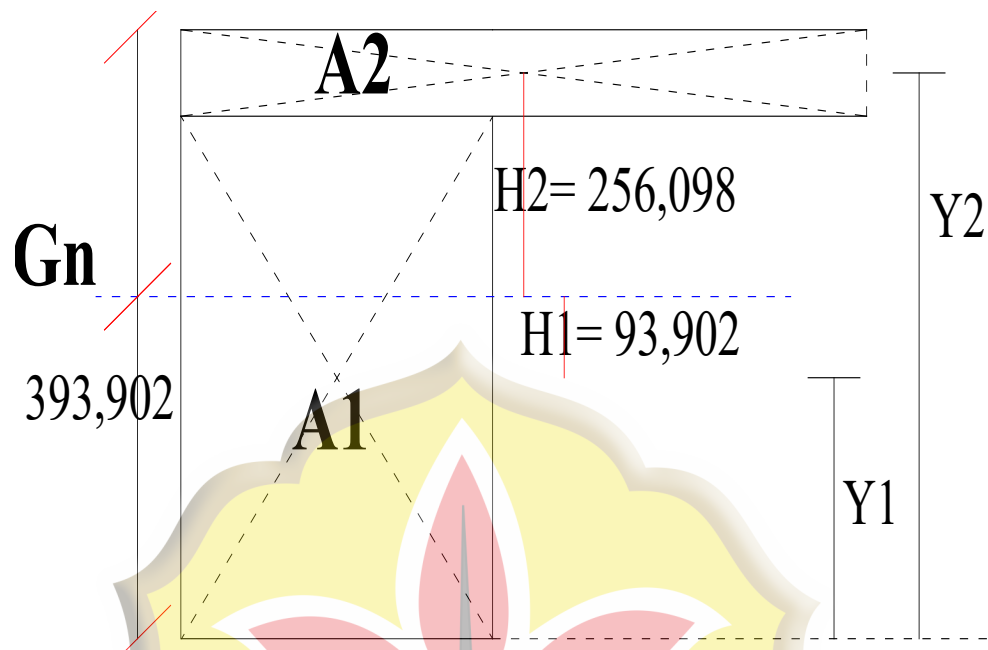
Luas Penampang Balok:

$$A1 = 600 \cdot 500 = 300000 \text{ mm}^2$$

$$A2 = 100 \cdot (500 + 600) = 110000 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{tot}} = A1 + A2 = 410000 \text{ mm}^2$$

Letak Garis Netral:



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.6 Letak Garis Netral Pelat Lantai Bagian 1 Eksterior

$$Y1 = \frac{1}{2} \cdot 600 = 300 \text{ mm}$$

$$Y2 = 600 + \frac{1}{2} \cdot 100 = 650 \text{ mm}$$

$$Gn = \frac{(A1 \cdot Y1) + (A2 \cdot Y2)}{A_{\text{tot}}}$$

$$= \frac{(300000 \cdot 300) + (110000 \cdot 650)}{410000} = 393,902 \text{ mm}$$

$$H1 = Gn - Y1 = 393,902 - 300 = 93,902 \text{ mm}$$

$$H2 = Y2 - Gn = 650 - 393,902 = 256,098 \text{ mm}$$

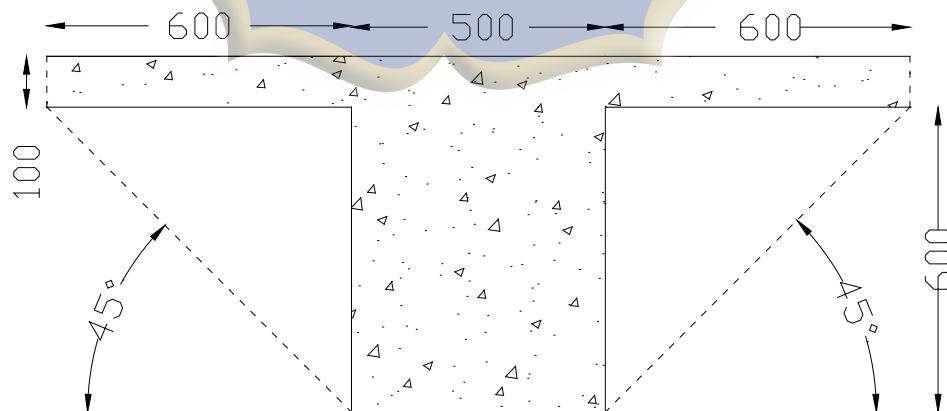
Inersia Balok

$$\begin{aligned}
 I_{b1} &= \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 + (A1 \cdot H1^2) \\
 &= \frac{1}{12} \cdot 500 \cdot 600^3 + (300000 \cdot 93,902^2) \\
 &= 9000000000 + 2645275681 \\
 &= 11645275681 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{b2} &= \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 + (A2 \cdot H2^2) \\
 &= \frac{1}{12} \cdot 1100 \cdot 100^3 + (110000 \cdot 256,098^2) \\
 &= 91666666,67 + 7214480416 \\
 &= 7306147082,67 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$I_b = I_{b1} + I_{b2} = 18951422763,67 \text{ mm}^4$$

b) Balok Interior $\alpha f2 = \alpha f3$ (Balok Induk)



Sumber: Data Olahan, 2019

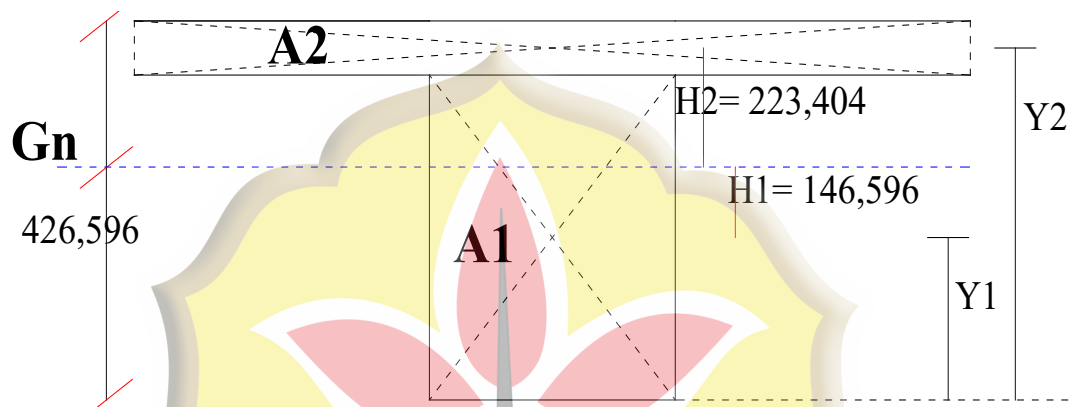
Gambar 4.7 Balok Interior Pelat Lantai Bagian 1

Luas Penampang Balok:

$$A1 = 600 \cdot 500 = 300000 \text{ mm}^2$$

$$A2 = 100 \cdot (600 + 500 + 600) = 170000 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{tot}} = A1 + A2 = 470000 \text{ mm}^2$$

Letak Garis Netral:

Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.8 Letak Garis Netral Pelat Lantai Bagian 1 Interior

$$Y1 = \frac{1}{2} \cdot 600 = 300 \text{ mm}^2$$

$$Y2 = 600 + \frac{1}{2} \cdot 100 = 650 \text{ mm}^2$$

$$Gn = \frac{(A1 \cdot Y1) + (A2 \cdot Y2)}{A_{\text{tot}}}$$

$$= \frac{(300000 \cdot 300) + (170000 \cdot 650)}{470000} = 426,596 \text{ mm}$$

$$H1 = Gn - Y1 = 426,596 - 300 = 146,596 \text{ mm}$$

$$H2 = Y2 - Gn = 650 - 426,596 = 223,404 \text{ mm}$$

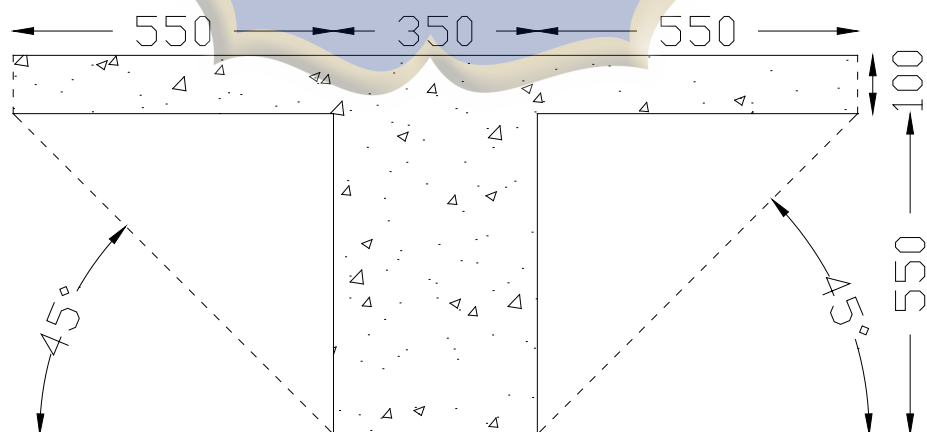
Inersia Balok

$$\begin{aligned}
 I_{b1} &= \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 + (A1 \cdot H1^2) \\
 &= \frac{1}{12} \cdot 500 \cdot 600^3 + (300000 \cdot 146,596^2) \\
 &= 9000000000 + 6447116165 \\
 &= 15447116165 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{b2} &= \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 + (A2 \cdot H2^2) \\
 &= \frac{1}{12} \cdot 1700 \cdot 100^3 + (170000 \cdot 223,404^2) \\
 &= 141666666,67 + 8484589027 \\
 &= 8626255693,67 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$I_b = I_{b1} + I_{b2} = 24073371858,67 \text{ mm}^4$$

c) Balok Interior $\alpha f4$ (Balok Anak)



Sumber: Data Olahan, 2019

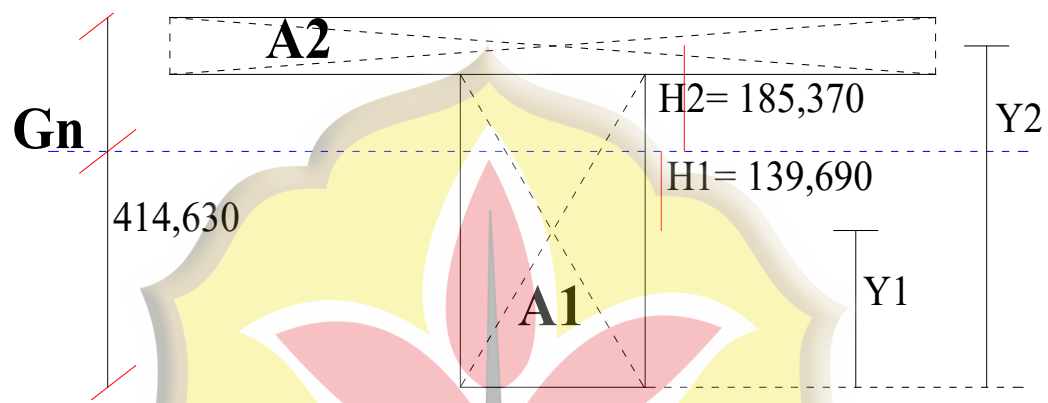
Gambar 4.9 Balok Interior Pelat Lantai Bagian 1

Luas Penampang Balok:

$$A1 = 550 \cdot 350 = 192500 \text{ mm}^2$$

$$A2 = 100 \cdot (550 + 350 + 550) = 145000 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{tot}} = A1 + A2 = 337500 \text{ mm}^2$$

Letak Garis Netral:

Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.10 Letak Garis Netral Pelat Lantai Bagian 1 Interior

$$Y1 = \frac{1}{2} \cdot 550 = 275 \text{ mm}$$

$$Y2 = 550 + \frac{1}{2} \cdot 100 = 600 \text{ mm}$$

$$Gn = \frac{(A1 \cdot Y1) + (A2 \cdot Y2)}{A_{\text{tot}}}$$

$$= \frac{(192500 \cdot 275) + (145000 \cdot 600)}{337500} = 414,630 \text{ mm}$$

$$H1 = Gn - Y1 = 414,630 - 275 = 139,690 \text{ mm}$$

$$H2 = Y2 - Gn = 600 - 414,630 = 185,370 \text{ mm}$$

Inersia Balok

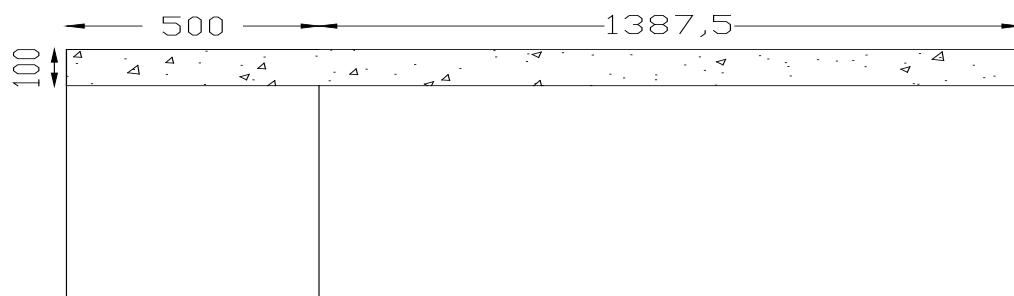
$$\begin{aligned}
 I_{b_1} &= \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 + (A_1 \cdot H_1^2) \\
 &= \frac{1}{12} \cdot 350 \cdot 550^3 + (192500 \cdot 139,690^2) \\
 &= 4852604167 + 3756309499 \\
 &= 8608913666 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{b_2} &= \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 + (A_2 \cdot H_2^2) \\
 &= \frac{1}{12} \cdot 1450 \cdot 100^3 + (145000 \cdot 185,370^2) \\
 &= 120833333,3 + 4982495351 \\
 &= 5103328684,3 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$I_b = I_{b_1} + I_{b_2} = 13712242350,3 \text{ mm}^4$$

2) Menghitung Inersia Pelat

a) Pelat arah x *Eksterior* αf1 (Balok Induk)



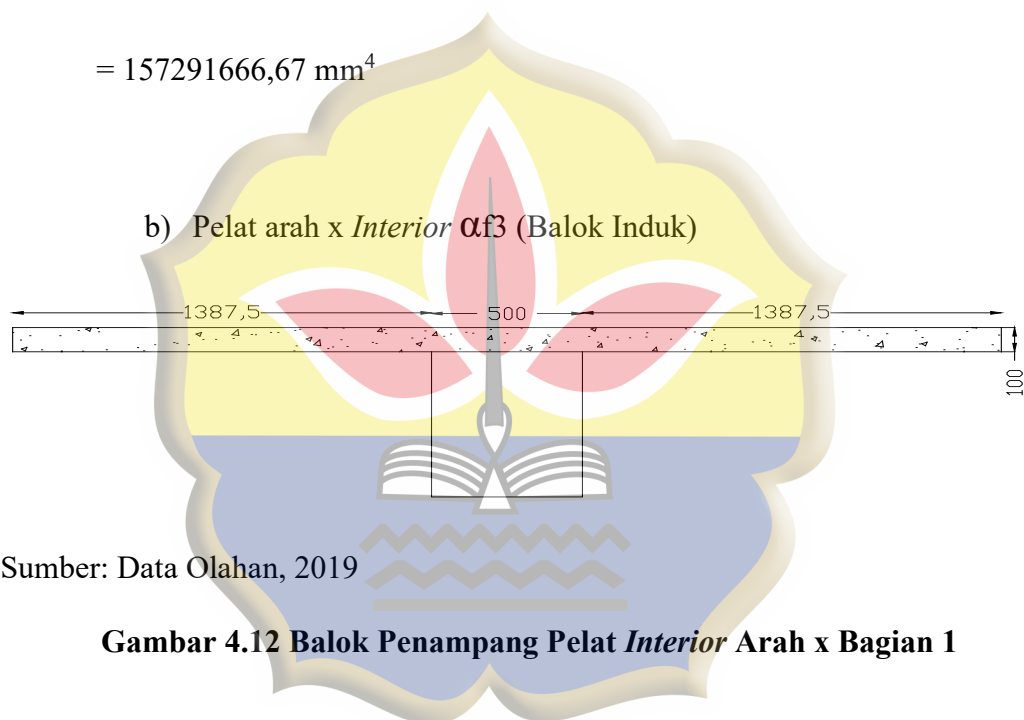
Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.11 Balok Penampang Pelat *Eksterior* Arah x Bagian 1

$$L_n = 2775 \text{ mm}$$

$$\frac{L_n}{2} = 1387,5 \text{ mm}$$

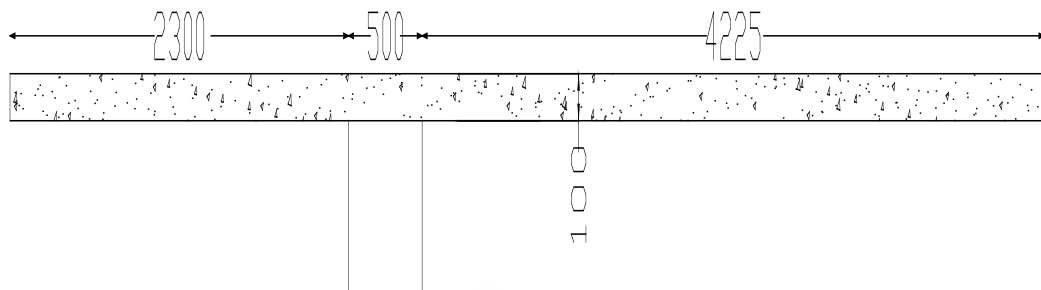
$$\begin{aligned} I_p &= \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 \\ &= \frac{1}{12} \cdot (1387,5 + 500) \cdot 100^3 \\ &= 157291666,67 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$



$$L_n \text{ kiri} = L_n \text{ kanan} = 2775 \text{ mm}$$

$$\frac{L_n}{2} \text{ kiri} = \frac{L_n}{2} \text{ kanan} = 1387,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_p &= \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 \\ &= \frac{1}{12} \cdot (1387,5 + 500 + 1387,5) \cdot 100^3 \\ &= 272916666,7 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

c) Pelat arah *Interior* αf_2 (Balok Induk)

Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.13 Balok Penampang Pelat *Interior* Arah *y* Bagian 1

$$L_n \text{ kiri} = 4600 \text{ mm}$$

$$\frac{L_n}{2} \text{ kiri} = 2300 \text{ mm}$$

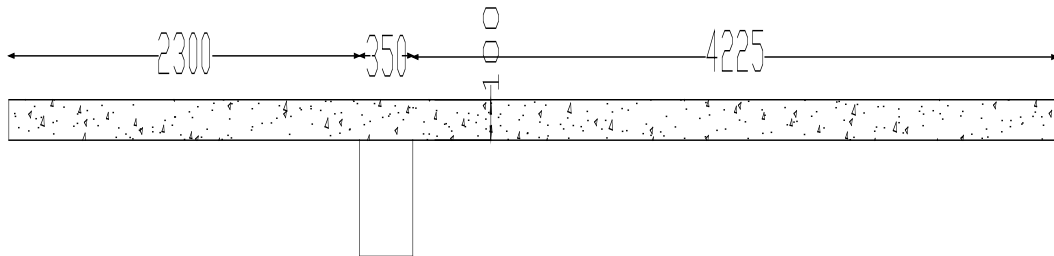
$$L_n \text{ kanan} = 8950 - 2 \left(\frac{1}{2} \cdot 500 \right) = 8450 \text{ mm}$$

$$\frac{L_n}{2} \text{ kanan} = 4225 \text{ mm}$$

$$I_p = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$$

$$= \frac{1}{12} \cdot (2300 + 500 + 4225) \cdot 100^3$$

$$= 585416666,7 \text{ mm}^4$$

d) Pelat arah y Interior α_f4 (Balok Anak)

Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.14 Balok Penampang Pelat Interior Arah y Bagian 1

$$L_n \text{ kiri} = 4600 \text{ mm}$$

$$\frac{L_n}{2} \text{ kiri} = 2300 \text{ mm}$$

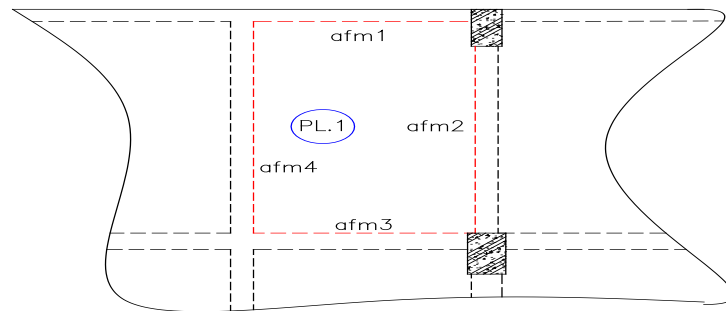
$$L_n \text{ kanan} = 8950 - 2 \left(\frac{1}{2} \cdot 500 \right) = 8450 \text{ mm}$$

$$\frac{L_n}{2} \text{ kanan} = 4225 \text{ mm}$$

$$I_p = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$$

$$= \frac{1}{12} \cdot (2300 + 350 + 4225) \cdot 100^3$$

$$= 572916666,7 \text{ mm}^4$$



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.15 Rasio Kekakuan Lentur Balok Terhadap Lebar Pelat Lantai

Menghitung rasio kekakuan penampang balok terhadap kekakuan lembar

pelat:

$$E_{cb} = E_{cp}$$

$$f_c = 30 \text{ MPa}$$

$$E_c = 4700\sqrt{f_c}$$

$$= 4700\sqrt{30} = 25742,960 \text{ MPa}$$

$$f_{yp} = 400 \text{ MPa}$$

$$L_n = 4600 \text{ mm dipilih } L_n \text{ yang terbesar}$$

$$\alpha_{f1} = \frac{I_b}{I_p}$$

$$= \frac{18951422763,67}{157291666,67} = 120,486$$

$$\alpha_{f2} = \frac{I_b}{I_p}$$

$$= \frac{24073371858,67}{585416666,7} = 41,122$$

$$\alpha f3 = \frac{Ib}{I_p}$$

$$= \frac{24073371858,67}{272916666,7} = 88,208$$

$$\alpha f4 = \frac{Ib}{I_p}$$

$$= \frac{13712242350,3}{572916666,7} = 23,934$$

$$\alpha_{fm} = \frac{\alpha f1 + \alpha f2 + \alpha f3 + \alpha f4}{4}$$

$$= \frac{120,486 + 41,122 + 88,208 + 23,934}{4} = 68,438$$

$$\beta = \frac{L_n}{L_{nx}} = \frac{4600}{2775} = 1,658$$

Menurut SNI 2847:2013 Subpasal 9.5.3.3 jika α_{fm} besar dari 2,0 maka

ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari:

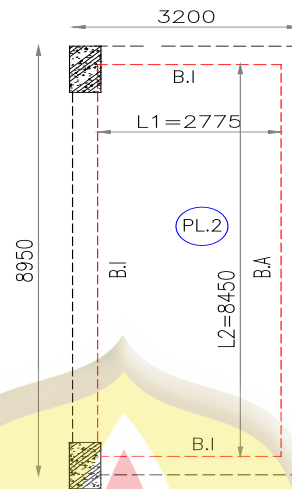
$$h = \frac{L_n \cdot \left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 9 \cdot \beta}$$

$$= \frac{4600 \cdot \left(0,8 + \frac{400}{1400}\right)}{36 + 9 \cdot 1,658}$$

$$= 90,356 \text{ mm}$$

Maka h dipakai = 100 mm.

b. Tebal Pelat Lantai Bagian 2



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.16 Pelat Lantai Tinjauan Bagian 2

Tabel 4.1 Perhitungan Tebal Pelat Lantai Bagian 2

			B. In (B.I) α f1	B. In (B.A) α f2	B. In (B.I) α f3	B. In (B.I) α f4
Tebal Min.						
L1	mm	2775				
L2	mm	8450				
Hmin	mm	125				
Hpakai	mm	130				
Menghitung Momen Inersia Balok						
Balok Interior (Balok Induk)						
h1	mm	570				
b1	mm	500				
h2	mm	130				
b2	mm	1640				
Balok Induk (Balok Anak)						
h1	mm	520				
b1	mm	350				
h2	mm	130				
b2	mm	1390				

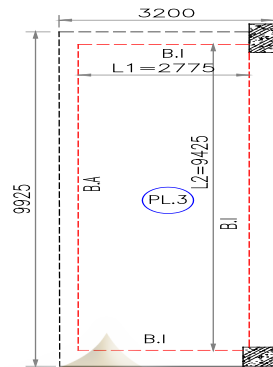
Sumber: Data Olahan, 2019

Tabel 4.1 Perhitungan Tebal Pelat Lantai Bagian 2

Luas Penampang Balok						
A1	mm ²		285000	182000	285000	285000
A2	mm ²		213200	180700	213200	213200
Atot	mm ²		498200	362700	498200	498200
Letak Garis Netral						
Y1	mm		285	260	285	285
Y2	mm		635	585	635	635
Gn	mm		435	421,918	435	435
H1	mm		149,779	161,918	149,779	149,779
H2	mm		200,221	163,082	200,221	200,221
Inersia Balok						
Ib1	mm ⁴		14110010933	8872614742	14110010933	14110010933
Ib2	mm ⁴		8847096446	5060361593	8847096446	8847096446
Ib	mm ⁴		22957107379	13932976335	22957107379	22957107379
Menghitung Inersia Pelat						
Arah x						
Ln kiri	mm		2775		2775	
Ln/2 kiri	mm		1387,5		1387,5	
Ln kanan	mm		2775		2775	
Ln/2 kanan	mm		1387,5		1387,5	
Ip	mm ⁴		599597916,7		599597916,7	
Arah y						
Ln kiri	mm			8450		8450
Ln/2 kiri	mm			4225		4225
Ln kanan	mm			9425		9425
Ln/2 kanan	mm			4712,5		4712,5
Ip	mm ⁴			1700386458		1727848958
Menghitung rasio kekakuan penampang balok terhadap penampang balok terhadap kekakuan lembar pelat						
Ln terbesar	mm	8450				
			38,288	8,194	38,288	13,287
Afm		24,514				
B		3,045	>	2		
Hmin	mm	144,692				
Hpakai	mm	150				

Sumber: Data Olahan, 2019

c. Tebal Pelat Lantai Bagian 3



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.17 Pelat Lantai Tinjauan Bagian 3

Tabel 4.2 Perhitungan Tebal Pelat Lantai Bagian 3

			B. In (B.I) af1	B. Eks (B.I) af2	B. Eks (B.I) af3	B. In (B.A) af4
Tebal Min.						
L1	mm	2775				
L2	mm	9425				
Hmin	mm	135,556				
Hpakai	mm	140				
Menghitung Momen Inersia Balok						
Balok Eksterior (Balok Induk)						
h1	mm	560				
b1	mm	500				
h2	mm	140				
b2	mm	1060				
Balok Interior (Balok Induk)						
h1	mm	560				
b1	mm	500				
h2	mm	140				
b2	mm	1620				
Balok Interior (Balok Anak)						
h1	mm	510				
b1	mm	350				
h2	mm	140				
b2	mm	1370				

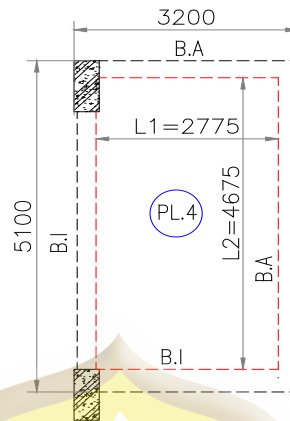
Sumber: Data Olahan, 2019

Tabel 4.2 Perhitungan Tebal Pelat Lantai Bagian 3

Luas Penampang Balok						
A1	mm ²		280000	280000	280000	178500
A2	mm ²		226800	148400	148400	191800
Atot	mm ²		506800	428400	428400	370300
Letak Garis Netral						
Y1	mm		280	280	280	255
Y2	mm		630	630	630	580
Gn	mm		436,630	401,242	401,242	423,336
H1	mm		156,630	121,242	121,242	168,336
H2	mm		193,370	228,758	228,758	156,664
Inersia Balok						
Ib1	mm ⁴		14186546727	11433216113	11433216113	8927172670
Ib2	mm ⁴		8850950363	8008203233	8136256566	5020708437
Ib	mm ⁴		23037497090	19441419346	19569472680	13947881107
Menghitung Inersia Pelat						
Arah x						
Ln kiri	mm		2775		2775	
Ln/2 kiri	mm		1387,5		1387,5	
Ln kanan	mm		2775		2775	
Ln/2 kanan	mm		1387,5		1387,5	
Ip	mm ⁴		748883333,3		431608333,3	
Arah y						
Ln kiri	mm			9425		8450
Ln/2 kiri	mm			4712,5		4225
Ln kanan	mm					9425
Ln/2 kanan	mm					4712,5
Ip	mm ⁴			1191925000		2123741667
Menghitung rasio kekakuan penampang balok terhadap penampang balok terhadap kekakuan lembar pelat						
Ln terbesar	mm	9425				
			30,762	16,311	45,341	6,568
α_{fm}		24,745				
β		3,396	>		2	
h _{min}	mm	153,721				
h _{pakai}	mm	160				

Sumber: Data Olahan, 2019

d. Tebal Pelat Lantai Bagian 4



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.18 Pelat Lantai Tinjauan Bagian 4

Tabel 4.3 Perhitungan Tebal Pelat Lantai Bagian 4

			B. Eks (B.A) af1	B. In (B.A) af2	B. In (B.I) af3	B. In (B.I) af4
			Tebal Min.			
L1	mm	2775				
L2	mm	4672				
h _{min}	mm	82,744				
h _{pakai}	mm	100				
Menghitung Momen Inersia Balok						
Balok Eksterior (Balok Anak)						
h ₁	mm	550				
b ₁	mm	350				
h ₂	mm	100				
b ₂	mm	900				
Balok Interior (Balok Induk)						
h ₁	mm	600				
b ₁	mm	500				
h ₂	mm	100				
b ₂	mm	1700				
Balok Interior (Balok Anak)						
h ₁	mm	550				
b ₁	mm	350				

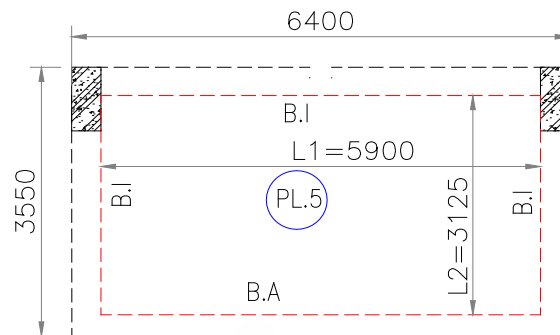
Sumber: Data Olahan, 2019

Tabel 4.3 Perhitungan Tebal Pelat Lantai Bagian 4

h2	mm	100				
b2	mm	1450				
Luas Penampang Balok						
A1	mm ²		192500	192500	300000	300000
A2	mm ²		90000	145000	170000	170000
Atot	mm ²		282500	337500	470000	470000
Letak Garis Netral						
Y1	mm		275	275	300	300
Y2	mm		600	600	650	650
Gn	mm		378,540	414,630	426,596	426,596
H1	mm		103,540	139,630	126,596	126,596
H2	mm		221,460	185,370	223,404	223,404
Inersia Balok						
Ib1	mm ⁴		6916299444	8605667610	13807944771	13807944771
Ib2	mm ⁴		4489014899	5103348594	8626275087	8626275087
Ib	mm ⁴		11405314344	13709016204	22434219858	22434219858
Menghitung Inersia Pelat						
Arah x						
Ln kiri	mm		2775		2775	
Ln/2 kiri	mm		1387,5		1387,5	
Ln kanan	mm				2775	
Ln/2 kanan	mm				1387,5	
Ip	mm ⁴		144791666,7		272916666,7	
Arah y						
Ln kiri	mm			4675		4675
Ln/2 kiri	mm			2337,5		2337,5
Ln kanan	mm					3125
Ln/2 kanan	mm					1562,5
Ip	mm ⁴			223958333,3		366666666,7
Menghitung rasio kekakuan penampang balok terhadap penampang balok terhadap kekakuan lembar pelat						
Ln terbesar	mm	4675				
			78,771	61,212	82,202	61,184
α_{fm}		70,842				
β		1,684	>		2	
hmin	mm	99,227				
hpakai	mm	100				

Sumber: Data Olahan, 2019

e. Tebal Pelat Lantai Bagian 5



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.19 Pelat Lantai Tinjauan Bagian 5

Tabel 4.4 Perhitungan Tebal Pelat Lantai Bagian 5

			B. In (B.I) $\alpha f1$	B. In (B.I) $\alpha f2$	B. In (B.A) $\alpha f3$	B. In (B.I) $\alpha f4$
Tebal Min.						
L1	mm	5900				
L2	mm	3125				
hmin	mm	100				
hpakai	mm	110				
Menghitung Momen Inersia Balok						
Balok Interior (Balok Induk)						
h1	mm	590				
b1	mm	500				
h2	mm	110				
b2	mm	1680				
Balok Induk (Balok Anak)						
h1	mm	540				
b1	mm	350				
h2	mm	110				
b2	mm	1430				
Luas Penampang Balok						
A1	mm ²		295000	295000	189000	295000
A2	mm ²		184800	184800	157300	184800
Atot	mm ²		479800	479800	346300	479800

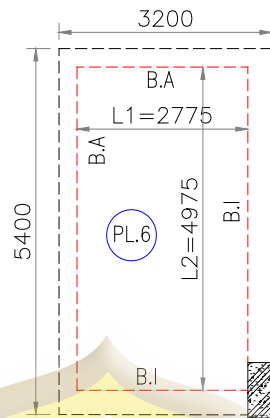
Sumber: Data Olahan, 2019

Tabel 4.4 Perhitungan Tebal Pelat Lantai Bagian 5

Letak Garis Netral						
Y1	mm		295	295	270	295
Y2	mm		645	645	595	645
Gn	mm		429,806	429,806	417,625	429,806
H1	mm		134,806	134,806	147,625	134,806
H2	mm		215,194	215,194	177,375	215,194
Inersia Balok						
Ib1	mm ⁴		13918405796	13918405796	8711597535	13918405796
Ib2	mm ⁴		8744129511	8744129511	5107572271	8744129511
Ib	mm ⁴		22662535307	22662535307	13819169807	22662535307
Menghitung Inersia Pelat						
Arah x						
Ln kiri	mm		5900		5900	
Ln/2 kiri	mm		2950		2950	
Ln kanan	mm		5900		5900	
Ln/2 kanan	mm		2950		2950	
Ip	mm ⁴		709866666,7		693229166,7	
Arah y						
Ln kiri	mm			3125		3125
Ln/2 kiri	mm			1562,5		1562,5
Ln kanan	mm			4975		4975
Ln/2 kanan	mm			2487,5		2487,5
Ip	mm ⁴			504670833,3		504670833,3
Menghitung rasio kekakuan penampang balok terhadap penampang balok terhadap kekakuan lembar pelat						
Ln terbesar	mm	5900				
			31,925	44,906	19,934	44,906
α_{fm}		35,418				
β		1,888	>	2		
h _{min}	mm	120,881				
h _{pakai}	mm	130				

Sumber: Data Olahan, 2019

f. Tebal Pelat Lantai Bagian 6



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.20 Pelat Lantai Tinjauan Bagian 6

Tabel 4.5 Perhitungan Tebal Pelat Lantai Bagian 6

			B. In (B.A) af1	B. In (B.I) af2	B. In (B.I) af3	B. In (B.A) af4
Tebal Min.						
L1	mm	2775				
L2	mm	4975				
h _{min}	mm	86,111				
hpakai	mm	100				
Menghitung Momen Inersia Balok						
Balok Interior (Balok Induk)						
h ₁	mm	600				
b ₁	mm	500				
h ₂	mm	100				
b ₂	mm	1700				
Balok Induk (Balok Anak)						
h ₁	mm	550				
b ₁	mm	350				
h ₂	mm	100				
b ₂	mm	1450				

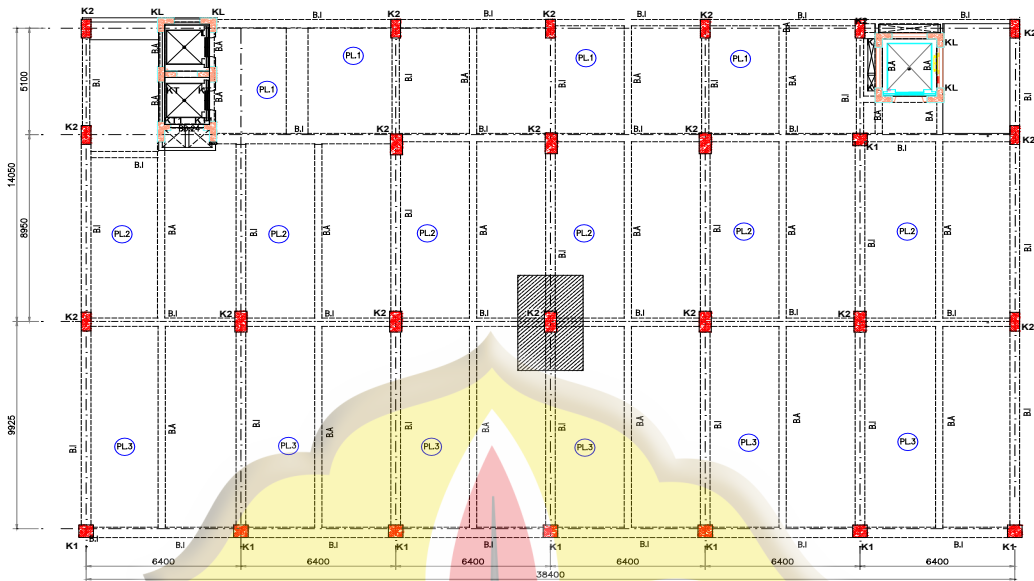
Sumber: Data Olahan, 2019

Tabel 4.5 Perhitungan Tebal Pelat Lantai Bagian 6

Luas Penampang Balok						
A1	mm ²		192500	300000	300000	192500
A2	mm ²		145000	170000	170000	145000
Atot	mm ²		337500	470000	470000	337500
Letak Garis Netral						
Y1	mm		275	300	300	275
Y2	mm		600	650	650	600
Gn	mm		414,630	426,596	426,596	414,630
H1	mm		139,630	126,596	126,596	139,630
H2	mm		185,370	223,404	223,404	185,370
Inersia Balok						
Ib1	mm ⁴		8605667610	13807944771	13807944771	8605667610
Ib2	mm ⁴		5103348594	8626275087	8626275087	5103348594
Ib	mm ⁴		13709016204	22434219858	22434219858	13709016204
Menghitung Inersia Pelat						
Arah x						
Ln kiri	mm		2775		2775	
Ln/2 kiri	mm		1387,5		1387,5	
Ln kanan	mm		2775		2775	
Ln/2 kanan	mm		1387,5		1387,5	
Ip	mm ⁴		260416666,7		272916666,7	
Arah y						
Ln kiri	mm			4975		4975
Ln/2 kiri	mm			2487,5		2487,5
Ln kanan	mm			9500		9500
Ln/2 kanan	mm			4750		4750
Ip	mm ⁴			644791666,7		632291666,7
Menghitung rasio kekakuan penampang balok terhadap penampang balok terhadap kekakuan lembar pelat						
Ln terbesar	mm	4975				
			52,643	34,793	82,202	21,681
α_{fm}		47,830				
β		1,793	>	2		
hmin	mm	103,604				
hpakai	mm	110				

Sumber: Data Olahan, 2019

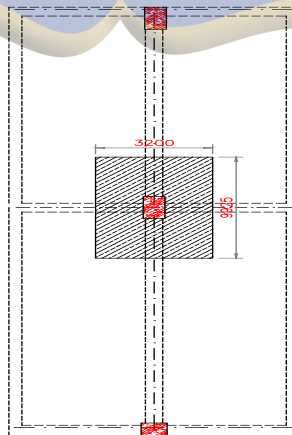
3. Kolom



Sumber: Data Olan, 2019

Gambar 4.21 Denah Kolom Yang Mewakali Perhitungan

Pada perencanaan kolom diambil pada salah satu kolom yang dianggap memikul beban yang terbesar:



Sumber: Data Olan, 2019

Gambar 4.22 Denah Kolom

Tabel 4.6 Beban Mati Pada Lantai

Komponen Struktur	h (m)	B (m)	L (m)	Berat Sendiri	Total (kN)
Pelat	0,16	2,775	9,425	24 kN/m ³	100,433
ME (Plumbing)		2,775	9,425	0,25 kN/m ²	6,539
Adukan 3cm	0,03	2,775	9,425	22 kN/m ³	17,262
Marmer		2,775	9,425	0,24 kN/m ²	6,277
Platfond + Penggantung		2,775	9,425	0,2 kN/m ²	5,231
Balok arah x	0,7	0,5	3,2	24 kN/m ³	26,880
Balok arah y	0,7	0,5	9,925	24 kN/m ³	83,370
Total					245,991
Berat Lantai					2705,903

Sumber: Data Olahan, 2019

4.7 Beban Mati Lantai Atap

Komponen Struktur	h (m)	B (m)	L (m)	Berat Sendiri	Total (kN)
Pelat	0,16	2,775	9,425	24 kN/m ³	100,433
ME (Plumbing)		2,775	9,425	0,25 kN/m ²	6,539
Platfond + Penggantung		2,775	9,425	0,2 kN/m ²	5,231
Waterproofing		2,775	9,425	0,05 kN/m ²	1,308
Balok arah x	0,7	0,5	3,2	24 kN/m ³	26,880
Balok arah y	0,7	0,5	9,925	24 kN/m ³	83,370
Total					239,714
Berat Lantai Atap					223,760

Sumber: Data Olahan, 2019

4.8 Beban Hidup Lantai

Komponen Struktur	h (m)	B (m)	L (m)	Berat Sendiri	Total (kN)
Hunian Hotel		2,775	9,425	1,92 kN/m ²	50,216
Partisi		2,775	9,425	0,72 kN/m ²	18,831
Total					69,048
Berat Lantai					759,523

Sumber: Data Olahan, 2019

4.9 Beban Hidup Lantai Atap

Komponen Struktur	h (m)	B (m)	L (m)	Berat Sendiri	Total (kN)
Atap		2,775	9,425	0,96 kN/m ²	25,108
Air Hujan	0,1	2,775	9,425	10 kN/m ³	26,154
Total					51,263
Berat Lantai Atap					51,263

Sumber: Data Olahan, 2019

Jadi berat total beban yang akan dipukul dengan kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 2847:2013 adalah:

$$\begin{aligned}
 U_1 &= 1,4D \\
 &= 1,4 \cdot (2705,903 + 223,760) = 4101,528 \text{ kN} \\
 U_2 &= 1,2D + 1,6L + 0,5(L_r \text{ atau } R) \\
 &= 1,2 \cdot (2705,903 + 223,760) + 1,6(759,523) + 0,5(51,263) \\
 &= 3515,596 + 1215,237 + 25,632 = 4756,465 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Maka dipakai nilai kombinasi pembebanan yang terbesar dari dua persamaan diatas, yaitu 4756,465 kN. Menurut SNI 2847:2013 subpasal 9.3.2 dengan faktor reduksi = 0,65

$$\begin{aligned}
 A_g &= \frac{U}{\phi \cdot f'c} \\
 &= \frac{4756,465 \cdot 10^3}{0,65 \cdot 30} = 243921,282 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$B^2 = 243921,282 \text{ mm}^2$$

$$B = \sqrt{243921,282} = 493,884 \text{ mm}^2$$

Dipakai dimensi rencana pada kolom :

$$K1 = 550 \text{ mm} \times 550 \text{ mm}$$

$$K2 = 600 \text{ mm} \times 800 \text{ mm}$$

Jadi untuk menentukan dimensi kolom L dan T dipakai luasan penampang

K2:

$$A_{K2} = 600 \cdot 800 = 480000 \text{ mm}^2$$

Untuk Kolom L dan T, "L" disesuaikan dengan dimensi balok anak yaitu $350 \text{ mm} \times 650 \text{ mm}$.

Maka untuk Kolom L dan T dipakai rumus sebagai berikut:

$$A_{K2} = (L \cdot P) + L(P - L)$$

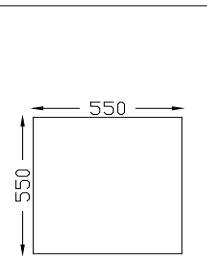
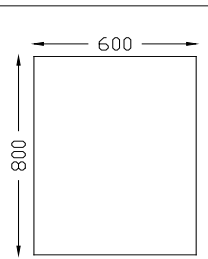
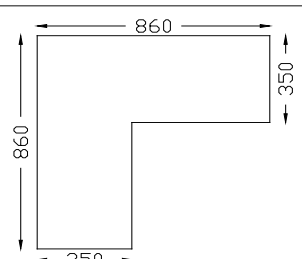
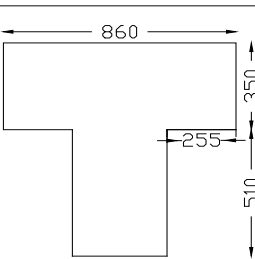
$$480000 = (350 \cdot P) + 350(P - 350)$$

$$480000 = 350 \cdot P + 350 \cdot P - 122500$$

$$700 \cdot P = 480000 + 122500$$

$$P = \frac{602500}{700} = 860,714 \text{ mm}$$

Ukuran untuk dimensi kolom L dan T yaitu $350 \text{ mm} \times 860 \text{ mm}$.

Dimensi Kolom 1	Dimensi Kolom 2	Dimensi Kolom L	Dimensi Kolom T
			

Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.23 Dimensi Kolom

4.3 Pembebanan

1. Pelat

a. Pelat Lantai

1) Beban Mati Tambahan

Tabel 4.10 Beban Mati Tambahan Pelat Lantai

Komponen Struktur	h (m)	Berat Sendiri	Total (kN/m ²)
<i>ME (Plumbing)</i>		0,25 kN/m ²	0,250
Adukan 3cm	0,03	22 kN/m ³	0,660
Marmer		0,24 kN/m ²	0,240
Platfond + Penggantung		0,2 kN/m ²	0,200
Total			1,350

Sumber: Data Olahan, 2019

2) Beban Hidup

Tabel 4.11 Beban Hidup Pelat Lantai

Komponen Struktur	Berat Sendiri	Total (kN/m ²)
Hunian Hotel	1,92 kN/m ²	1,92
Partisi	0,72 kN/m ²	0,72
Total		2,64

Sumber: Data Olahan, 2019

b. Pelat Lantai Atap

1) Beban Mati Tambahan

Tabel 4.12 Beban Mati Tambahan Pelat Lantai Atap

Komponen Struktur	h (m)	Berat Sendiri	Total (kN/m ²)
<i>ME (Plumbing)</i>		0,25 kN/m ²	0,250
<i>Waterproofing</i>		0,05 kN/m ³	0,05
Adukan 3 cm	0,03	22 kN/m ²	0,66
Platfond + Penggantung		0,2 kN/m ²	0,200
Total			1,160

Sumber: Data Olahan, 2019

2) Beban Hidup

Tabel 4.13 Beban Hidup Pelat Lantai Atap

Komponen Struktur	h (m)	Berat Sendiri	Total (kN/m ²)
Atap		0,96 kN/m ²	0,96
Air Hujan	0,1	10 kN/m ³	1
Total			1,960

Sumber: Data Olahan, 2019

2. Balok**Tabel 4.14 Beban Dinding**

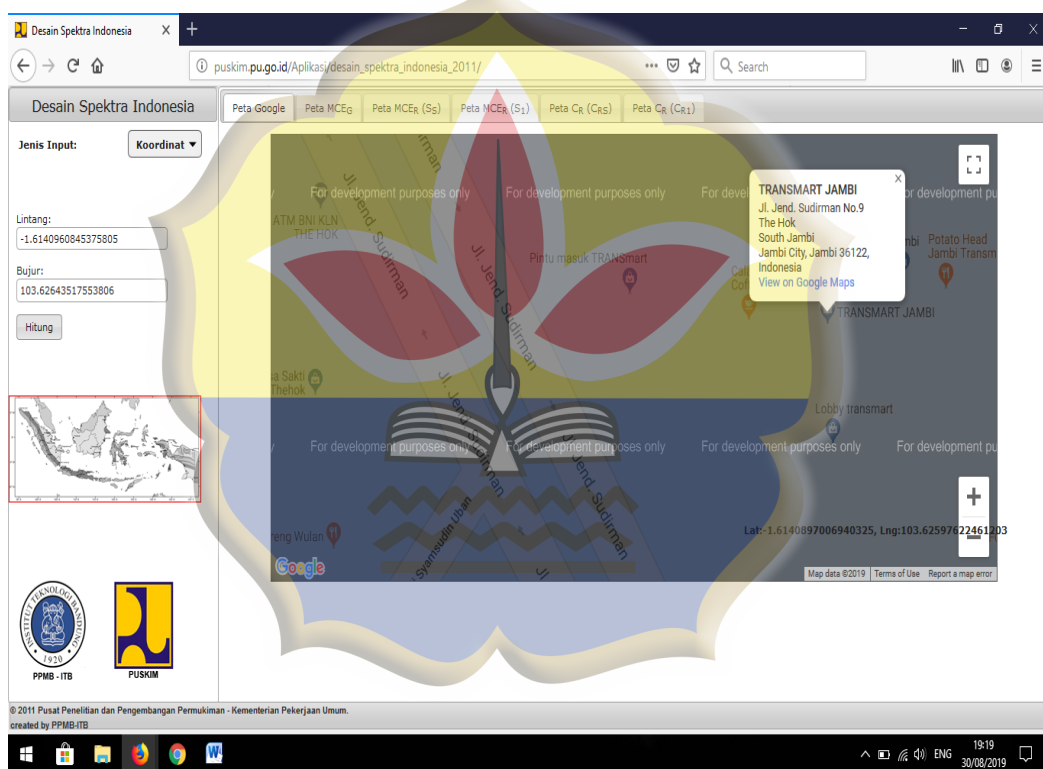
Lantai	Jenis	Berat Sendiri	h Dinding (m)	Total (kN/m)
Lt. Dasar (Terhadap B.I)	Bata	2,5 kN/m ²	4,3	10,75
	Kata + Rangka	0,6 kN/m ²	4,3	2,58
Lt. Dasar (Terhadap B.A)	Bata	2,5 kN/m ²	4,35	10,875
Lt. 2 (Terhadap B.I)	Bata	2,5 kN/m ²	3,3	8,25
Lt. 2 (Terhadap B.A)	Bata	2,5 kN/m ²	3,35	8,375
Lt. 3 s/d Lt. 10 (Terhadap B.I)	Bata	2,5 kN/m ²	2,6	6,5
Lt. 3 s/d Lt. 10 (Terhadap B.A)	Bata	2,5 kN/m ²	2,65	6,625
Lt. 11 (Terhadap B.I)	Bata	2,5 kN/m ²	2,9	7,25
Lt. 11 (Terhadap B.A)	Bata	2,5 kN/m ²	2,95	7,375

Sumber: Data Olahan, 2019

4.4 Analisa Beban Gempa

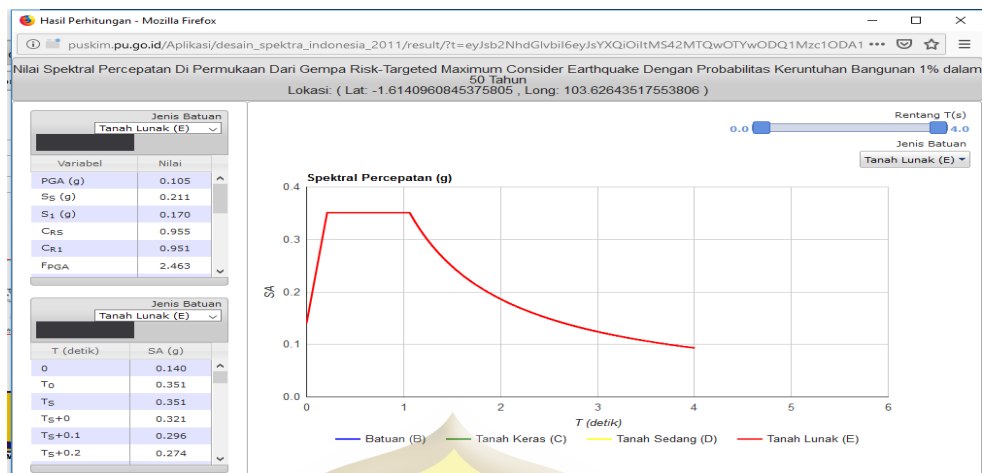
1. Respon Spektrum Desain

Dikarenakan data tanah tidak diketahui, maka tanah di lokasi struktur bangunan Hotel Yello diklasifikasikan sebagai tanah lunak (SE). Penentuan respon spektrum desainnya menggunakan titik koordinat kawasan Mall Transmart Jambi yang didapat melalui aplikasi Desain Spektra Indonesia sebagai berikut:



Sumber: http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/

Gambar 4.24 Respon Spektrum Desain



Sumber: http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/

Gambar 4.25 Nilai Respon Spektrum Desain

Tabel 4.15 Tabel Perhitungan Respon Spektrum Desain

Variabel	Nilai
PGA (g)	0,105
S _S (g)	0,211
S ₁ (g)	0,170
C _{RS}	0,955
C _{R1}	0,951
F _{PGA}	2,463
F _A	2,500
F _V	3,290
PSA (g)	0,258
S _{MS} (g)	0,527
S _{M1} (g)	0,560
S _{DS} (g)	0,351
S _{D1} (g)	0,373
T ₀ (detik)	0,212
T _S (detik)	1,062

Sumber: http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/

Kurva spektrum desain harus dikembangkan dengan mengacu pada ketentuan dibawah ini:

- Untuk periode T yang lebih kecil dari T_0 ,

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

$$S_a = 0,351 \left(0,4 + 0,6 \frac{0}{0,212} \right)$$

$$= 0,140$$

- Untuk periode T antara T_0 dan T_S ,

$$S_a = S_{DS}$$

$$S_a = 0,351$$

- Untuk periode T lebih besar dari T_S ,

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

$$S_a = \frac{0,373}{T}$$

2. Kategori Desain Seismik (KDS)

Penentuan kategori desain seismik struktur bangunan Hotel Yello dapat ditetapkan berdasarkan SNI 1726:2012 :

1. Jenis pemanfaatan bangunan adalah hotel, maka menurut Tabel 1 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa masuk dalam kategori resiko II, sehingga pada Tabel 2 Faktor Keutamaan Gempa, I_e adalah 1,0;

2. Berdasarkan Kategori Resiko Bangunan (KRB) II dan $S_{DS} = 0.351$, maka menurut Tabel 6 Kategori Desain Seismik (KDS) bangunan adalah C;
3. Berdasarkan Kategori Resiko Bangunan (KRB) II dan $S_{D1} = 0.373$, maka menurut Tabel 7 Kategori Desain Seismik (KDS) bangunan adalah D;

Berdasarkan parameter diatas, maka kategori desain seismik (KDS) struktur bangunan Hotel Yello dapat ditetapkan berdasarkan nilai KDS terbesar yaitu D.

3. Sistem Penahan Gempa

Tabel 4.16 Faktor R , Ω_0 , C_d Untuk Sistem Penahan Gaya Gempa

Sistem Penahan Gaya Seismik	Koefisien Modifikasi Respons R	Faktor Kuat Lebih Sistem Ω_0	Faktor Pembesaran Defleksi C_d	Batasan Sistem Struktur dan Batasan Tinggi Struktur, h^n (m)				
				Kategori Desain Seismik				
				B	C	D	E	F
Sistem Rangka Pemikul Momen								
Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen Khusus	8	3	$5 \frac{1}{2}$	TB	TB	TB	TB	TB
Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen Menengah	5	3	$4 \frac{1}{2}$	TB	TB	TI	TI	TI
Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen Biasa	3	3	$2 \frac{1}{2}$	TB	TI	TI	TI	TI
Catatan: TB : Tidak Dibatasi TI : Tidak Diizinkan								

Sumber: Tabel 9 SNI 1726:2012

Berdasarkan fungsi gedung adalah hotel, kategori resiko II dan kategori desain seismik adalah D, maka sistem penahan gaya seismik adalah Rangka Pemikul Momen Khusus dengan koefisien:

$$R = 8$$

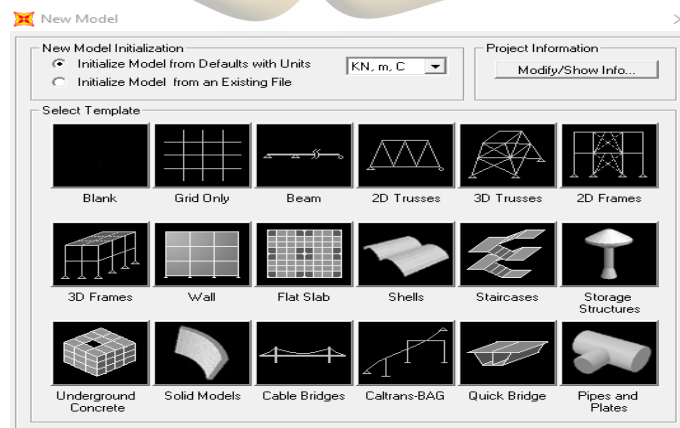
$$\Omega_0 = 3$$

$$C_d = 5,5$$

B. Prarencana (Pemodelan Struktur)

Struktur dimodelkan dalam skala 3 dimensi dengan memasukkan elemen struktur yang berupa balok, kolom, dan pelat. Pelat beton dimodelkan sebagai diafragma kaku dan kolom-kolom dianggap terjepit penuh pada bagian bawah. Untuk membuat pemodelan struktur digunakan perangkat lunak SAP2000. Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut:

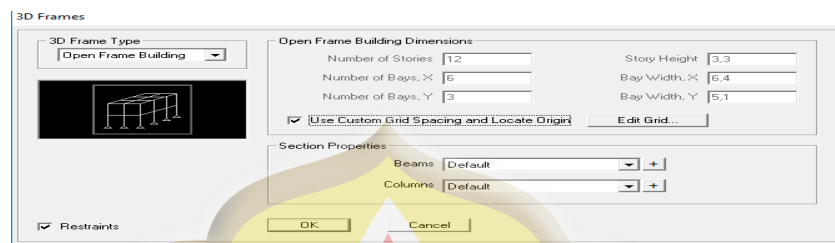
- Buka program SAP2000, Kemudian Klik menu *File* > *New Model*, maka akan tampil layar kerja sebagai berikut:



Sumber: Data Olahan, 2019

4.26 Template SAP2000

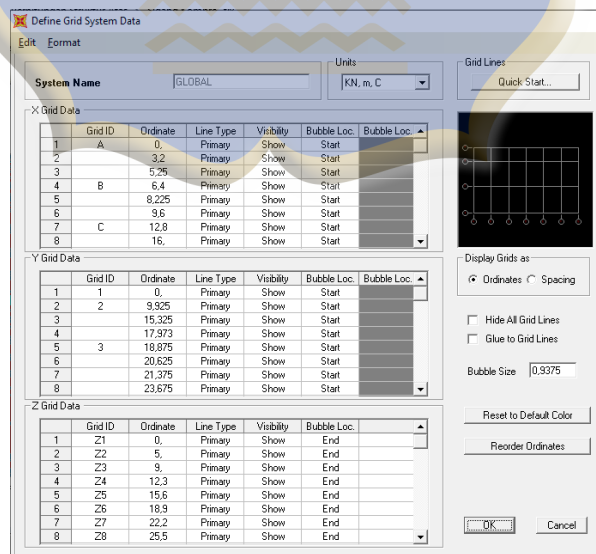
- Ubah satuan yang digunakan (kN, m, C) > Pilih *Template 3D Frames*.
- Isikan semua data sesuai dengan denah rencana seperti *Number of Story* : 12, *Stroy Height* : 3,3, *Number of Bays, X* : 6, *Bay Widht, X* : 6,4, *Number of Bays, Y* : 3, dan *Bay Widht, y* : 5,1



Sumber: Data Olahan, 2019

4.27 Input Dimensi Bangunan

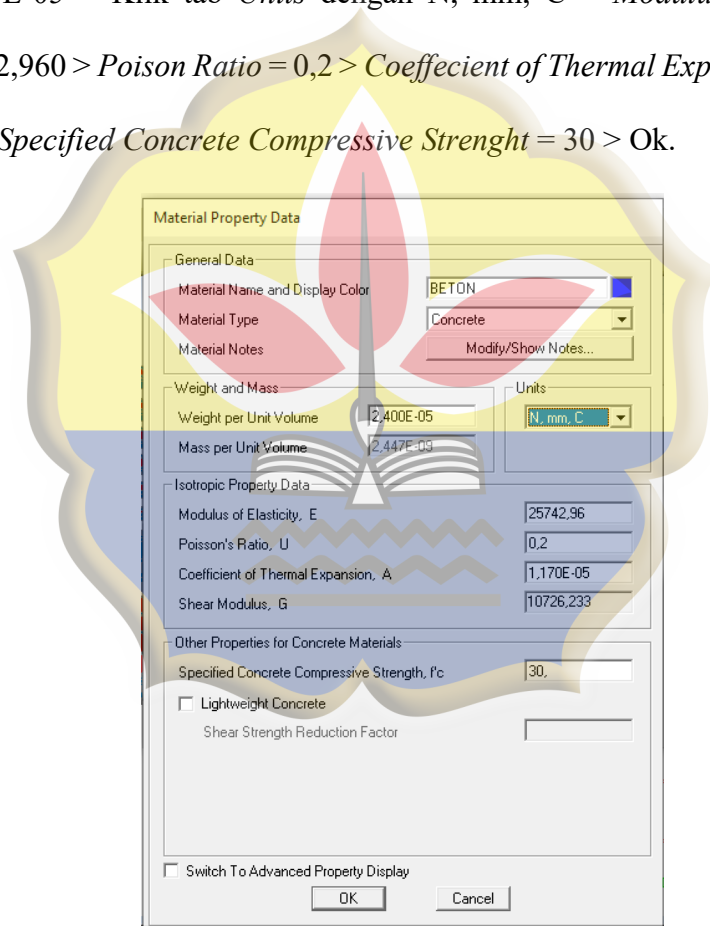
- Karena ketinggian dan lebar pada bangunan berbeda, maka perlu penyesuaian ketinggian dan lebar pada bangunan, selanjutnya Klik *Edit Grid*.



Sumber: Data Olahan, 2019

4.28 Input Data Dimensi Bangunan

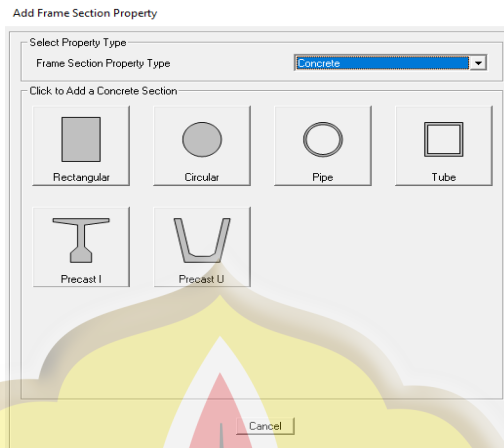
- Klik kotak *X Grid data*, *Y Grid data*, dan *Z Grid data* ubah data sesuai dengan yang diinginkan > Ok.
- Untuk menentukan jenis material yang digunakan Klik *Define > Materials > Add New Material* > Isi tab *Material Name and Display Color* dengan kata Beton > Klik tab *Material Type* dengan *Concrete* > *Weight per Unit Volume* = $2,400E-05$ > Klik tab *Units* dengan N, mm, C > *Modulus of Elasticity* = 25742,960 > *Poison Ratio* = 0,2 > *Coeffecient of Thermal Expantion* = $1,170E-05$ > *Specified Concrete Compressive Strenght* = 30 > Ok.



Sumber: Data Olahan, 2019

4.29 Input Material Property Data

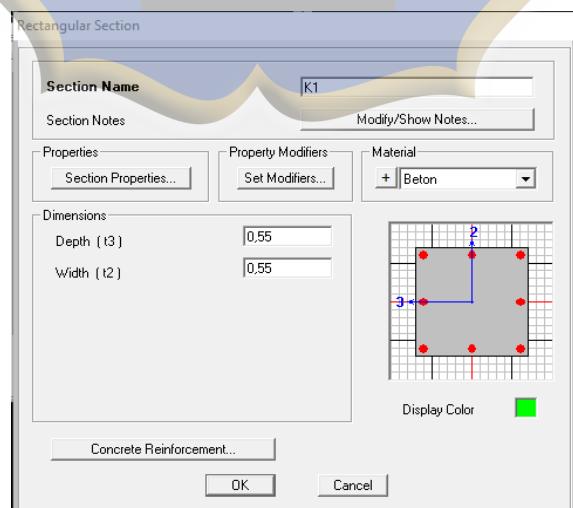
- Untuk *Input* data kolom Klik *Define > Section Properties > Frame Section > Add New Property > Concrete > Klik Rectangular > Ok.*



Sumber: Data Olahan, 2019

4.30 *Input Material Property Data Kolom*

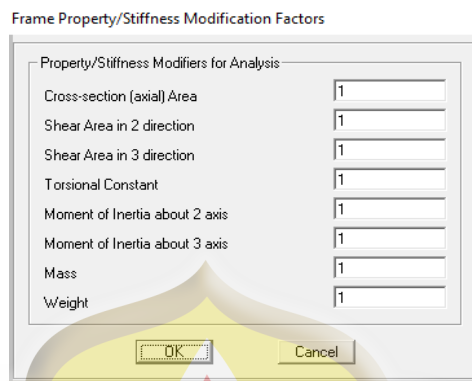
- Selanjutnya isi tab *Section Name* dengan K1 > Ubah *Material* dengan Beton, isi tab *Dimensions* : *Depth* = 0,55, *Width* = 0,55 > Ok.



Sumber: Data Olahan, 2019

4.31 *Input Dimensi Kolom*

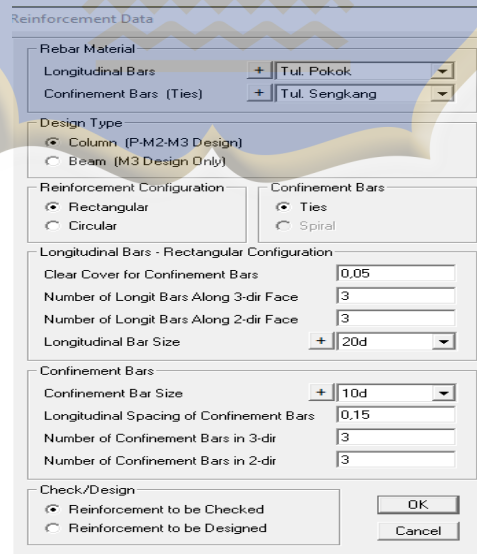
- Klik *Set Modifiers* di bawah tulisan *Property Modifiers* untuk *Input data Frame Property/Stiffness Modification Factor* > Tetap diisikan angka 1 > Ok.



Sumber: Data Olahan, 2019

4.32 *Input Reduksi Kolom*

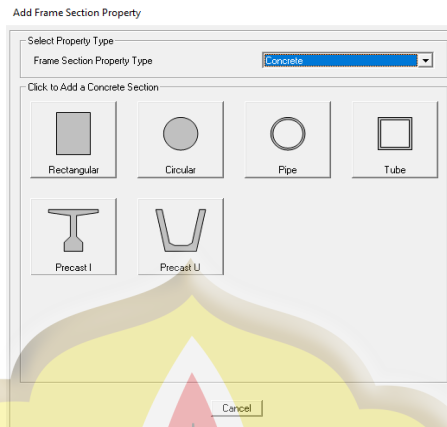
- Size tulangan Longitudinal dan *Confinement* di asumsikan. Klik *Concrete Reinforcement* > Klik *Column (P-M2-M3 Design)* pada *Design Type* > Ok.



Sumber: Data Olahan, 2019

4.33 *Reinforcement Kolom*

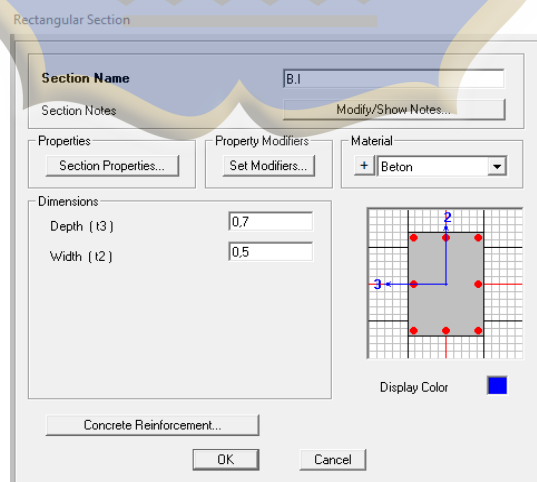
- Untuk *Input* data balok Klik *Define > Section Properties > Frame Section > Add New Property > Concrete > Klik Rectangular > Ok.*



Sumber: Data Olahan, 2019

4.34 *Input Material Property Data Balok*

- Selanjutnya isi tab *Section Name* dengan B.I > Ubah *Material* dengan Beton, isi tab *Dimensions* : *Depth* = 0,7, *Width* = 0,5 > Ok.



Sumber: Data Olahan, 2019

4.35 *Input Dimensi Balok*

- Klik *Set Modifiers* di bawah tulisan *Property Modifiers* untuk *Input* data *Frame Property/Stiffness Modification Factor* > Tetap diisikan angka 1 > Ok.

Property/Stiffness Modifiers for Analysis	
Cross-section (axial) Area	1
Shear Area in 2 direction	1
Shear Area in 3 direction	1
Torsional Constant	1
Moment of Inertia about 2 axis	1
Moment of Inertia about 3 axis	1
Mass	1
Weight	1

Sumber: Data Olahan, 2019

4.36 *Input Reduksi Balok*

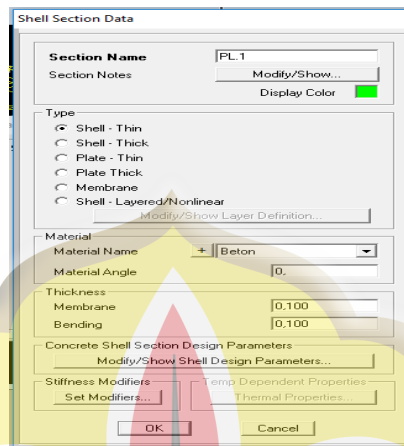
- Klik *Concrete Reinforcement* > Klik *Beam (M3 Design Only)* pada *Design Type* > Ok.

Reinforcement Data		
Rebar Material		
Longitudinal Bars	+ Tul. Pokok	
Confinement Bars (Ties)	+ Tul. Sengkang	
Design Type		
<input type="radio"/> Column (P-M2-M3 Design)		
<input checked="" type="radio"/> Beam (M3 Design Only)		
Concrete Cover to Longitudinal Rebar Center		
Top	0,05	
Bottom	0,05	
Reinforcement Overrides for Ductile Beams		
	Left	Right
Top	0,	0,
Bottom	0,	0,

Sumber: Data Olahan, 2019

4.37 *Reinforcement Balok*

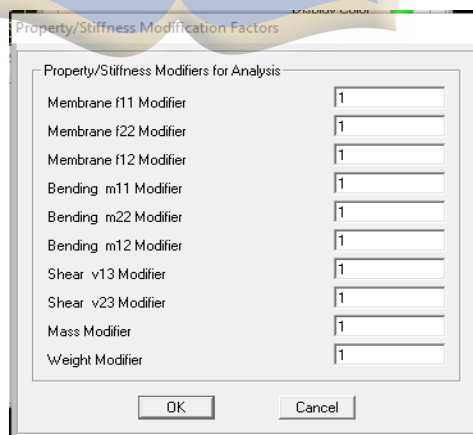
- Untuk membuat pelat Klik *Define > Section Properties > Area Section > Klik Select Section Type to Add* pilih *Shell > Klik Add New Section > Klik Shell-Thin* di bawah *Type > isi tab Material Name* dengan *Beton*.



Sumber: Data Olahan, 2019

4.38 Input Dimensi Pelat

- Klik *Set Modifiers* di bawah tulisan *Property Modifiers* untuk *Input data Frame Property/Stiffness Modification Factor > Tetap diisikan angka 1 > Ok*.



Sumber: Data Olahan, 2019

4.39 Input Reduksi Pelat

- Untuk menggambar kolom dengan cara klik *View > Set 2D View > X-Z Plane Y = 0 > Klik Draw > Draw Frame/Cable/Tendon > Pada Pop Up klik Section K1.*

Properties of Object	
Line Object Type	Straight Frame
Section	K1
Moment Releases	Continuous
X-Y Plane Offset Normal	0.
Drawing Control Type	None <space bar>

Sumber: Data Olahan, 2019

4.40 Pilihan *Section Property* Kolom

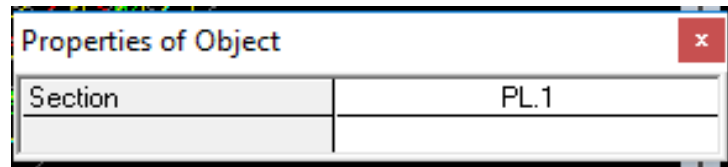
- Lakukan langkah diatas keseluruhan lantai tempat rencana kolom.
- Untuk menggambar Balok dengan cara klik *View > Set 2D View > Klik X-Y Plane Z = 0 > Klik Draw > Draw Frame/Cable/Tendon > Pada Pop Up Klik Section B.I.*

Properties of Object	
Line Object Type	Straight Frame
Section	B.I
Moment Releases	Continuous
X-Y Plane Offset Normal	0.
Drawing Control Type	None <space bar>

Sumber: Data Olahan, 2019

4.41 Pilihan *Section Property* Balok

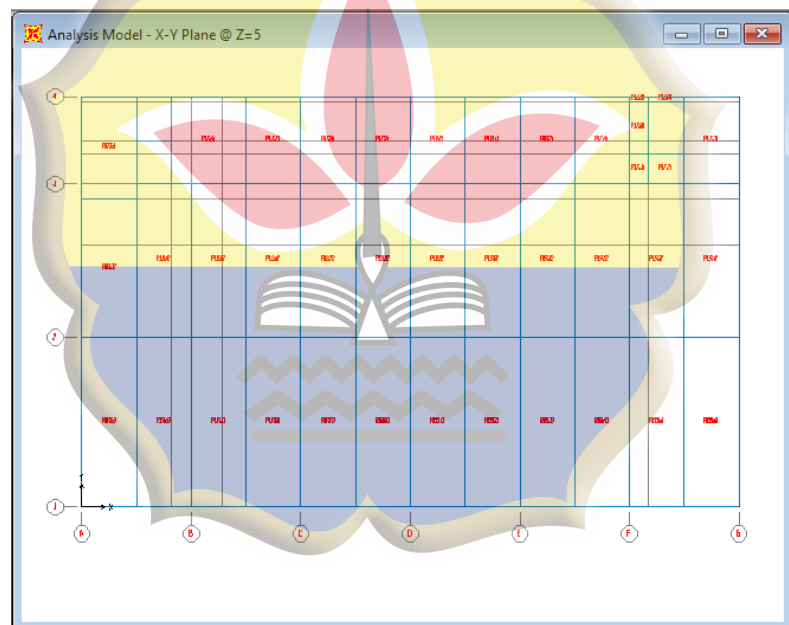
- Lakukan langkah diatas pada seluruh balok di setiap lantai.
- Untuk menggambar Pelat Lantai dengan cara Klik *Set XY View > Klik Draw > Draw Rectangular Area > Pada Pop Up yang muncul pilih nama pelat PL.1 pada Section.*



Sumber: Data Olahan, 2019

4.42 Pilihan *Section Property* Pelat

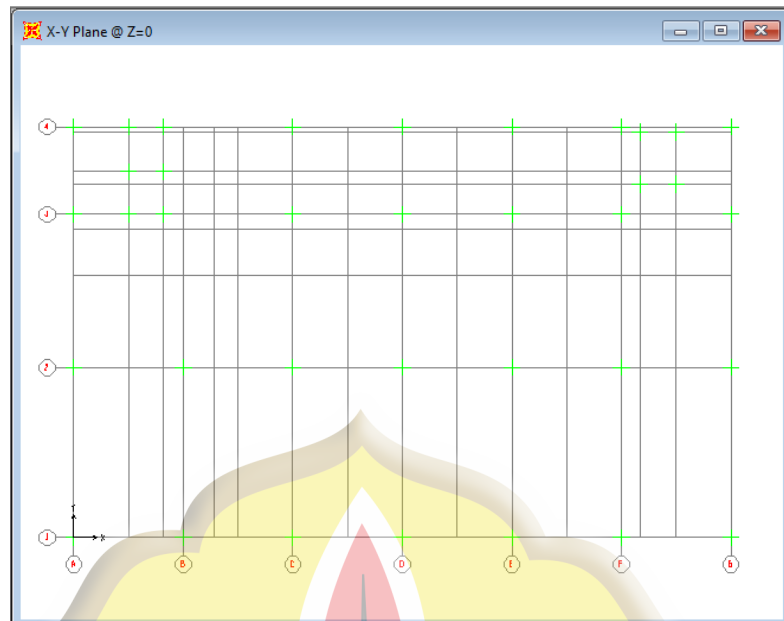
- Klik *Set Display Options* > pada *Area Klik Sections* > Ok. Maka pelat akan terlihat seperti pada Gambar 4.43



Sumber: Data Olahan, 2019

4.43 Pelat Yang Selesai Dikerjakan

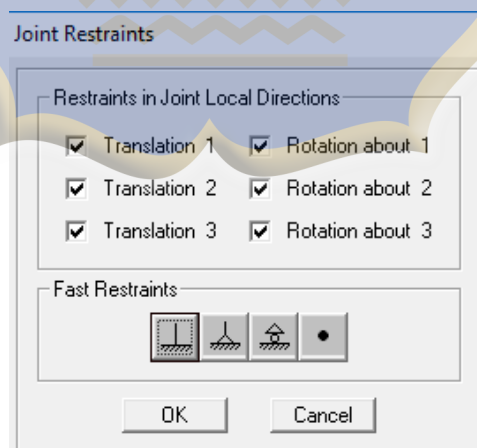
- Karena pada tumpuan kita menggunakan tumpuan jepit, maka perlu dilakukan penyesuaian tumpuan dengan cara pada rantai *Base*, Klik semua titik-titik yang berada di bawah kolom.



Sumber: Data Olahan, 2019

4.44 Menentukan Lokasi Perletakan

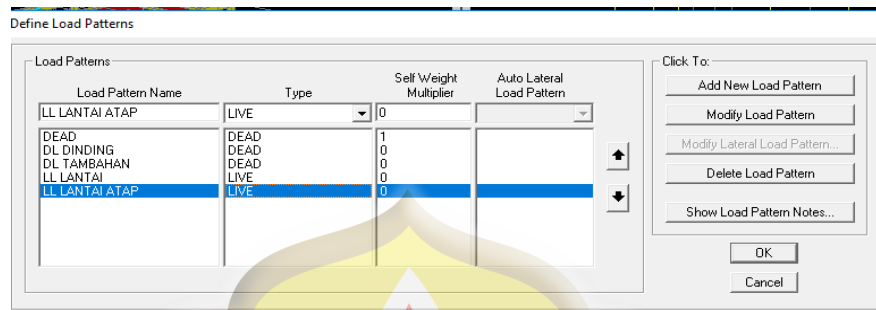
- Selanjutnya Klik *Assign* > *Joint* > *Restraints* > Pilih tumpuan jepit > Ok.



Sumber: Data Olahan, 2019

4.45 Menentukan Jenis Perletakan

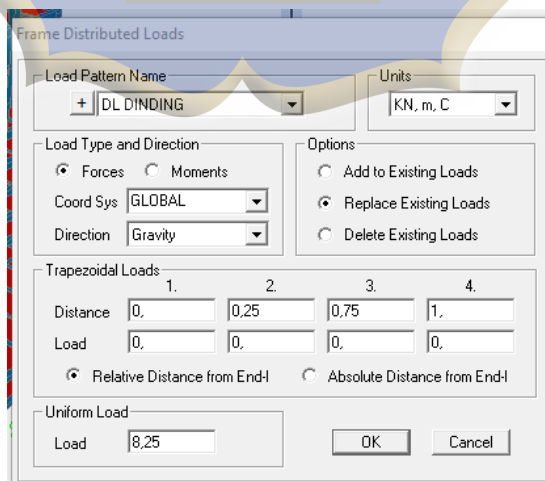
- Untuk membuat tipe beban Klik *Define > Load Patterns >* pada *Load Pattern Name* beri nama sesuai yang diinginkan > pada tab *Self Weight Multiplier* dengan angka 0 > Klik *Add New Load Pattern > Ok.*



Sumber: Data Olan, 2019

4.46 Menentukan Tipe Beban

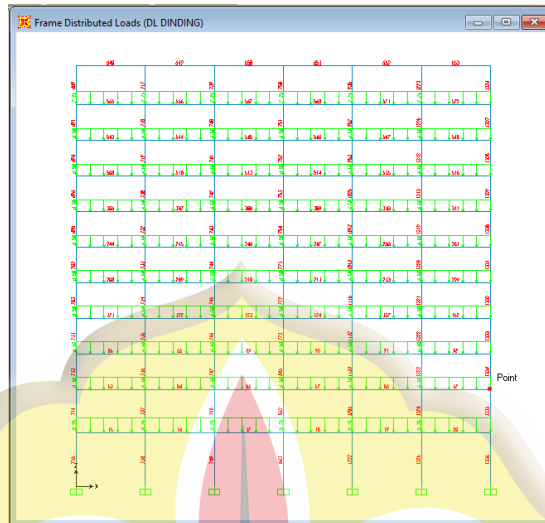
- Untuk beban pada balok Klik *Assign > Frame Loads > Distributed >* Klik *DEAD* pada tab *Load Pattern Name >* Klik *kN, m, C* pada tab *Units* untuk satuannya dan *Uniform Load* isikan 8,25 > *Ok.*



Sumber: Data Olan, 2019

4.47 Memodelkan Beban Dinding

- Akan terlihat beban dinding sudah selesai dibuat seperti gambar 4.48. Lakukan kesemua balok.



Sumber: Data Olahan, 2019

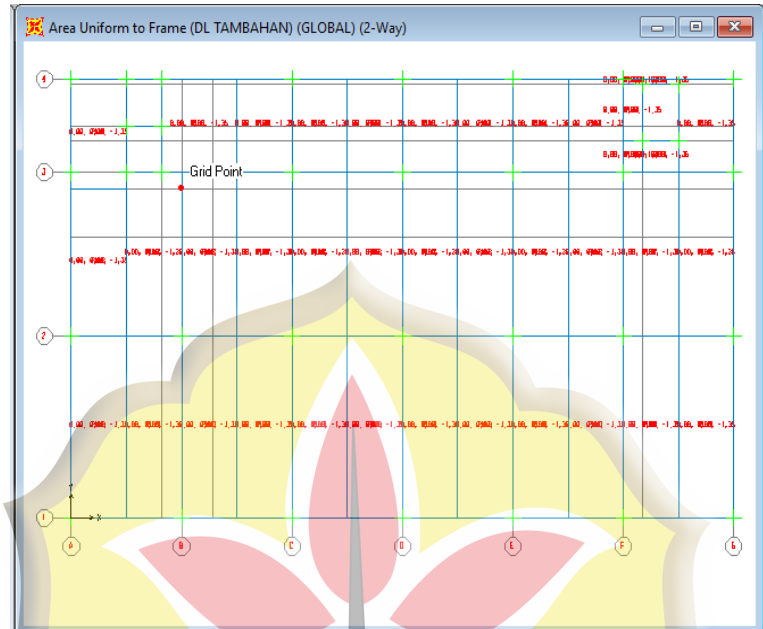
4.48 Dinding Pada Balok

- Untuk beban pada pelat Klik *Assign > Area Loads > Uniform to Frame (Shell)*
 - > Klik kN, m, C pada tab *Units* untuk satuannya dan *Uniform Load* isikan 3,750
 - > Klik *Two-Way* pada tab *Distribution* > Ok.

Sumber: Data Olahan, 2019

4.49 Menentukan Jenis Beban dan Besaran Pada Pelat

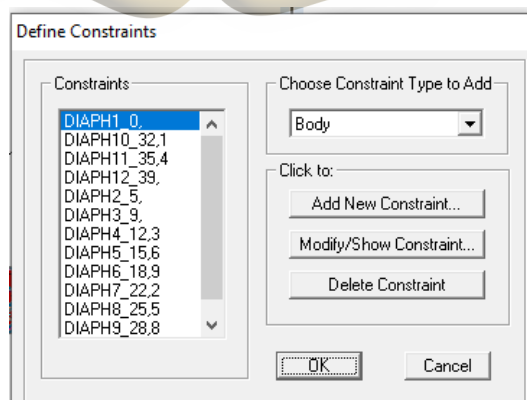
- Akan terlihat beban mati yang telah bekerja pada pelat lantai seperti gambar 4.50. Lakukan hal yang sama pada lantai semua nya



Sumber: Data Olahan, 2019

4.50 Beban Mati Pada Lantai

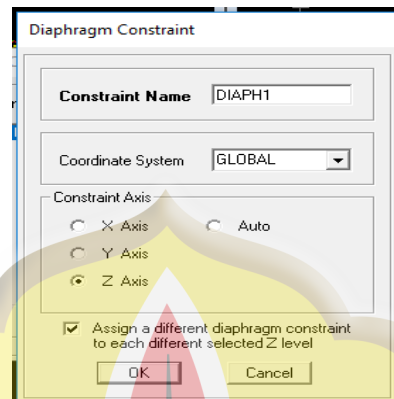
- Untuk diafragma klik *Select > Select > All*. Selanjutnya, klik *Define > Joint Constraints*.



Sumber: Data Olahan, 2019

4.51 Menentukan Jenis *Constraint*

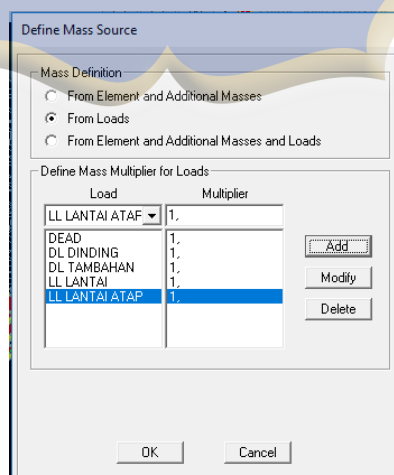
- Pada *Choose Constraint Type to Add* klik *Diaphragm* > Klik *Add New Constraint* > *Constraint Axis* pilih *Z Axis* > Centang didepan tulisan *Assign a different diaphragm constraint to each different selected Z level* > Ok.



Sumber: Data Olahan, 2019

4.52 Joint Constraint

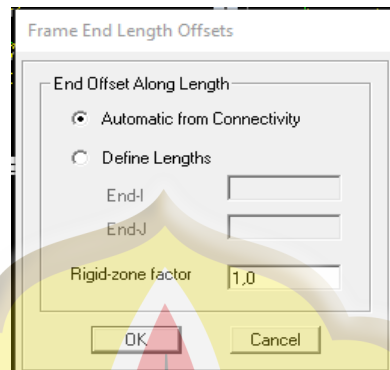
- Untuk massa struktur klik *Define* > Klik *Mass Source* > Pada *Mass Definition* klik *From Loads* > Pilih beban yang ingin dimasukkan > Ok.



Sumber: Data Olahan, 2019

4.53 Penentuan Massa Gedung

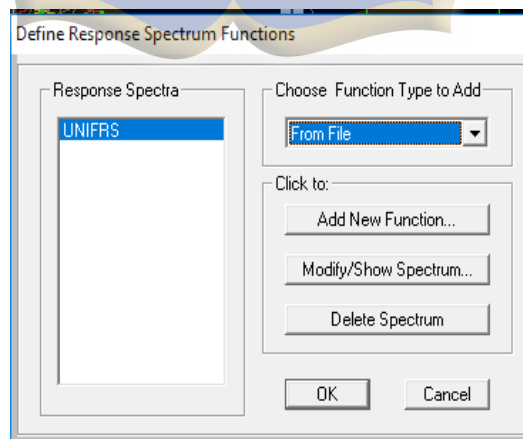
- Untuk hubungan balok dan kolom klik *Select > Select > All*. Selanjutnya klik *Assign > Frame > End Length Offsets > Klik Automatic From Connectivity > Pada tab Rigid-Zone Factor isi angka 1 > Ok*.



Sumber: Data Olahan, 2019

4.54 Pengaturan Sambungan Balok Kolom

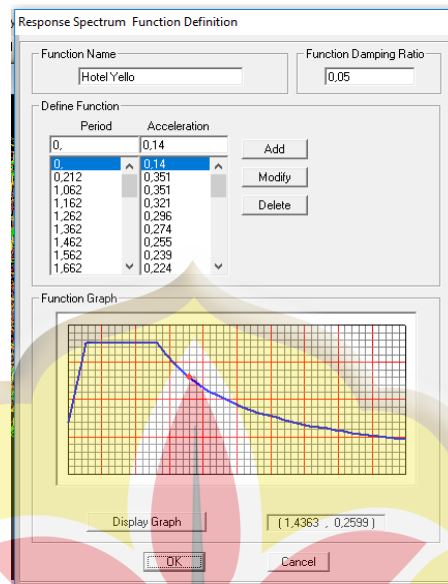
- Untuk grafik beban gempa klik *Define > Functions > Respons Spectrum > Choose Function Type to Add* klik *From File > pada tab Click to* klik *Add New Fuction*.



Sumber: Data Olahan, 2019

4.55 Pengaturan Fungsi Spektrum Desain

- Ubah nama menjadi Hotel Yello pada tab *Function Name* > Klik *Browser* > Klik *Display Graph* > *Convert to User Defined* > Ok.



Sumber: Data Olan, 2019

4.56 Input Kurva Spektrum Respons Desain

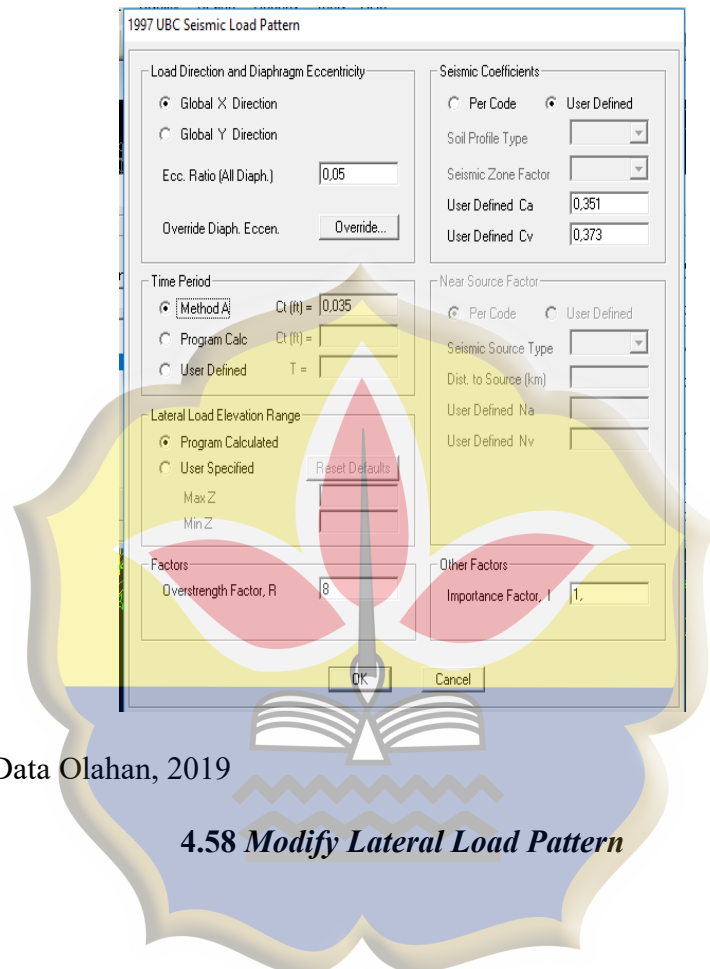
- Klik *Define* > *Load Patterns* > Pada bagian baris SX klik pada kolom *Auto Lateral Load Pattern* klik UBC (*Uniform Building Code*) 97 > Klik *Modify Load Pattern*. Selanjutnya *Modify Lateral Load Pattern*.

Load Pattern Name	Type	Self Weight Multiplier	Auto Lateral Load Pattern
DEAD	DEAD	1	
DL DINDING	DEAD	0	
DL TAMBAHAN	DEAD	0	
LL LANTAI	LIVE	0	
LL LANTAI ATAP	LIVE	0	
SX	QUAKE	0	UBC 97
SY	QUAKE	0	UBC 97

Sumber: Data Olan, 2019

4.57 Tipe Beban Gempa Statis

- Isikan *Overstrength Fraction R* dengan angka 8 > Isikan *Importance Factor I* dengan angka 1 > Ok.

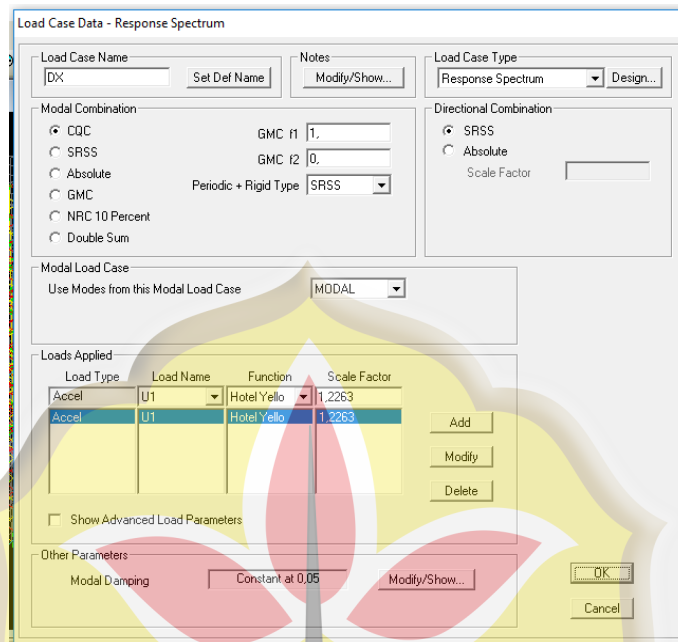


Sumber: Data Olanhan, 2019

4.58 Modify Lateral Load Pattern

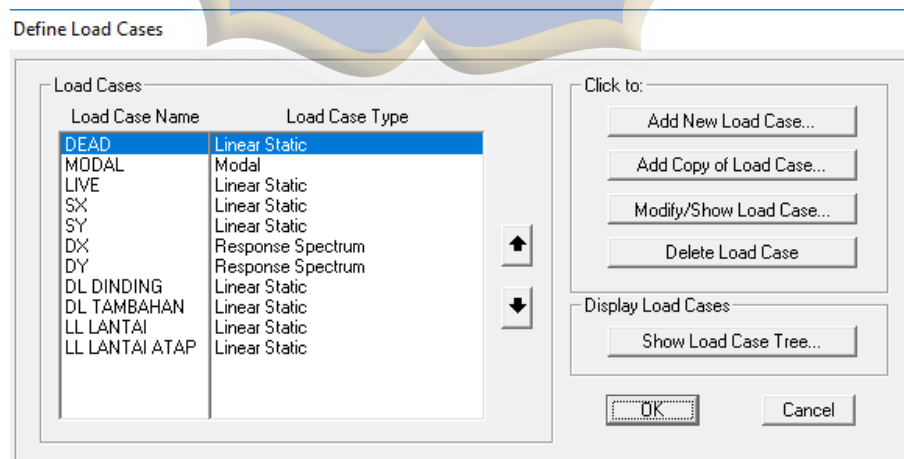
- Ulangi pada bagian baris SY, tetapi pada klik *Load Direction and Diaphragm Eccentricity* klik *Global Y Direction* > Ok.
- Untuk *Input* tipe beban dinamis klik *Define* > *Load Cases* > *Add New Load Cases Name DX* adalah penamaan tipe beban dinamis arah-X > Pada *Load Case Type* klik *Response Spectrum* > Pada *Modal Combination* sementara klik *CQC* > Pada bagian *Load Applied* > *Fuction* ada Hotel Yello > *Scale Factor* didapat dari $g/R = 9,81/8 = 1,22625$ > Ok.

- Ulangi pembuatan tipe beban dinamis arah-Y, dengan cara yang sama. Namun, pada isian *Loads Applied*, ganti U1 dengan U2 > Ok.



Sumber: Data Olanhan, 2019

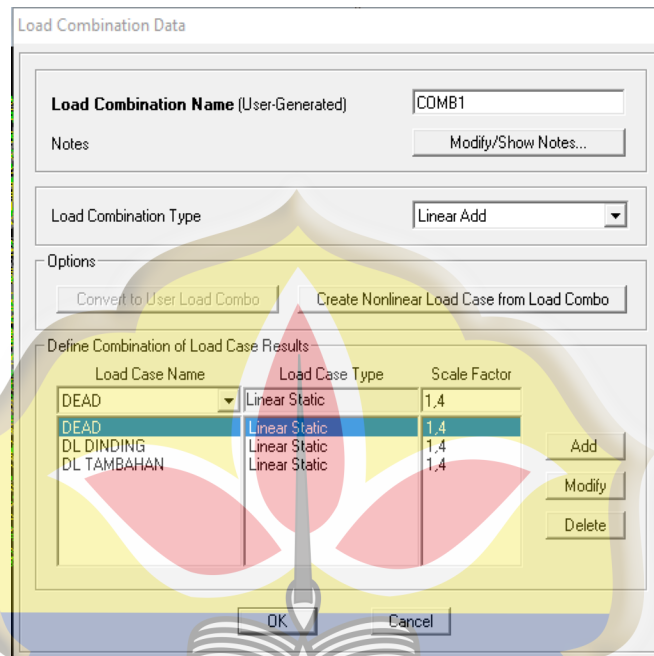
4.59 Beban Respons Spektrum



Sumber: Data Olanhan, 2019

4.60 Tipe Beban Dinamis

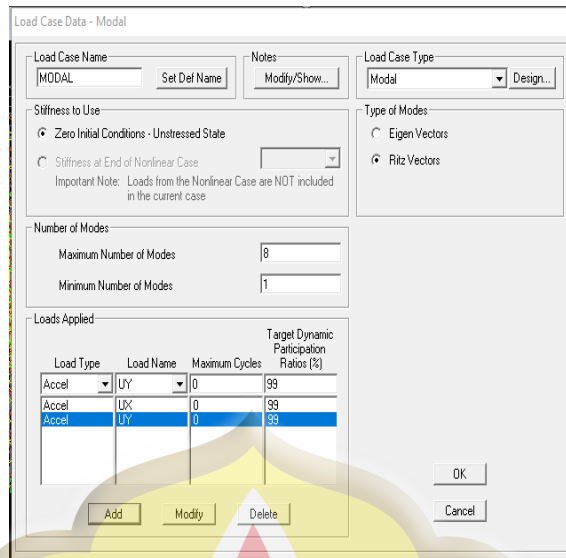
- Klik Ok dan selesai langkah penambahan tipe beban dinamis.
- Untuk kombinasi pembebanan klik *Define > Load Combinations > Add New Combo > Isi sesuai yang diinginkan.*



Sumber: Data Olahan, 2019

4.61 Kombinasi Pembebanan

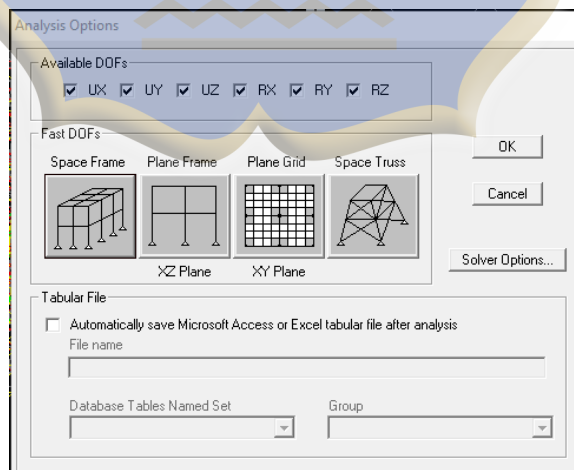
- Untuk *Modal Analysis* klik *Define > Load Cases > Klik Load Cases Modal > Modify/Show Load Cases > Klik Ritz Vectors* pada tab *Type of Modes > Pada tab Number of Modes, Maximum Number of Modes: 8, Minimum Number of Modes: 1 > Pada Loads Applied* isi sesuai dengan gambar 4.62 > Ok.



Sumber: Data Olahan, 2019

4.62 Modify Modal Load Case

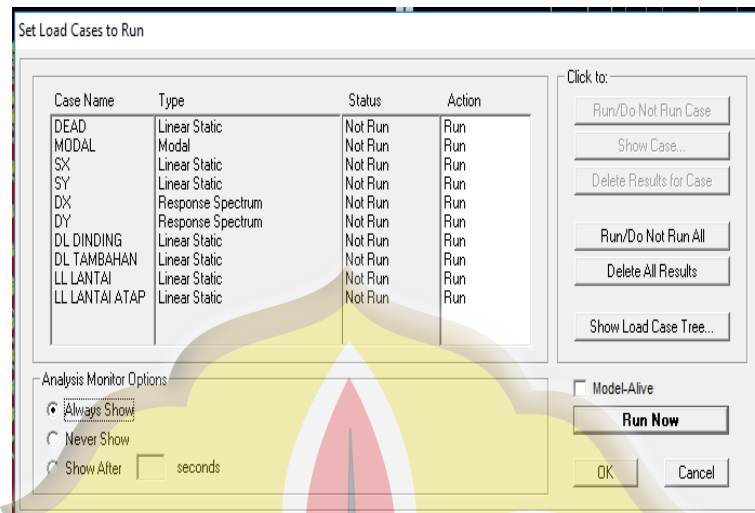
- Untuk *Analysis* klik *Analyze* > *Set Analysis Options* > Klik gambar *Space Frame* > Ok.



Sumber: Data Olahan, 2019

4.63 Pilihan Program Analisis

- Klik *Analyze* > *Run Analysis* > Klik *Always Show* pada tab *Analysis Monitor Options* > Klik *Run Now*.



Sumber: Data Olahan, 2019

4.64 Pilihan Menjalankan Program

C. Perhitungan Konstruksi

4.5 Penentuan Periode Gempa

Berdasarkan data dari Tabel 4.14 maka dapat dihitung periode fundamental struktur sebagai berikut:

Tabel 4.17 Koefisien dan Parameter Periode

Data	Parameter	Keterangan
$S_{D1} = 0.373$	$C_u = 1,4$	Tabel 14 SNI 1726:2012
Rangka Pemikul Momen Khusus	$C_t = 0,0466$	Tabel 15 SNI 1726:2012
Rangka Pemikul Momen Khusus	$x = 0,9$	Tabel 15 SNI 1726:2012

Sumber: Tabel 14 dan Tabel 15 SNI 1726:2012

Perioda Fundamental Pendekatan:

$$T_a = C_t \cdot h_n^x$$

Dengan $h_n = 39$ m dari atas permukaan tanah, maka

$$T_a = 0,0466 \cdot 39^{0,9}$$

$$T_a = 1,260$$

$$T_a = T_{min}$$

Perioda Fundamental Maksimum

$$T_{max} = C_u \cdot T_a$$

$$T_{max} = 1,4 \cdot 1,260$$

$$T_{max} = 1,764$$

Jika $T_c > T_{max}$ maka $T_{pakai} = T_{max}$

$T_a \leq T_c \leq T_{max}$ maka $T_{pakai} = T_c$

$T_a > T_c$ maka $T_{pakai} = T_a$

Berdasarkan analisis yang didapatkan menggunakan program SAP2000 maka diperoleh Periode fundamental struktur (T_c) seperti pada table berikut ini:

Tabel 4.18 Tabel Modal Periods

	OutputCase Text	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	Frequency Cyc/sec	CircFreq rad/sec	Eigenvalue rad2/sec2
▶	MODAL	Mode	1	1,319968	0,75759	4,7601	22,659
	MODAL	Mode	2	1,108082	0,90246	5,6703	32,153
	MODAL	Mode	3	1,03955	0,96195	6,0441	36,532
	MODAL	Mode	4	0,43848	2,2806	14,329	205,33
	MODAL	Mode	5	0,385748	2,5924	16,288	265,31
	MODAL	Mode	6	0,233231	4,2876	26,94	725,75
	MODAL	Mode	7	0,228425	4,3778	27,507	756,61
	MODAL	Mode	8	0,131904	7,5813	47,635	2269,1

Sumber: Data Olahan, 2019

Perioda Arah X:

$$T_c > T$$

$$1,1080882 > 1,764$$

$$\text{Maka } T_{\text{pakai}} = 1,1080882$$

Perioda Arah Y:

$$T_c > T$$

$$1,319968 > 1,764$$

$$\text{Maka } T_{\text{pakai}} = 1,231036$$

Berdasarkan Tabel 13 SNI 1726:2012 tentang syarat penggunaan prosedur analisis yang boleh digunakan dengan sistem tidak beraturan vertikal struktur maka:

$$T < 3,5 T_s, \quad (T_s = 1,062, \text{ dari Tabel 4.15})$$

$$T_x < 3,5 \cdot 1,062$$

$$1,1080882 < 3,717 \quad \text{Ya!}$$

$$T_y < 3,5 \cdot 1,062$$

$$1,319968 < 3,717 \quad \text{Ya!}$$

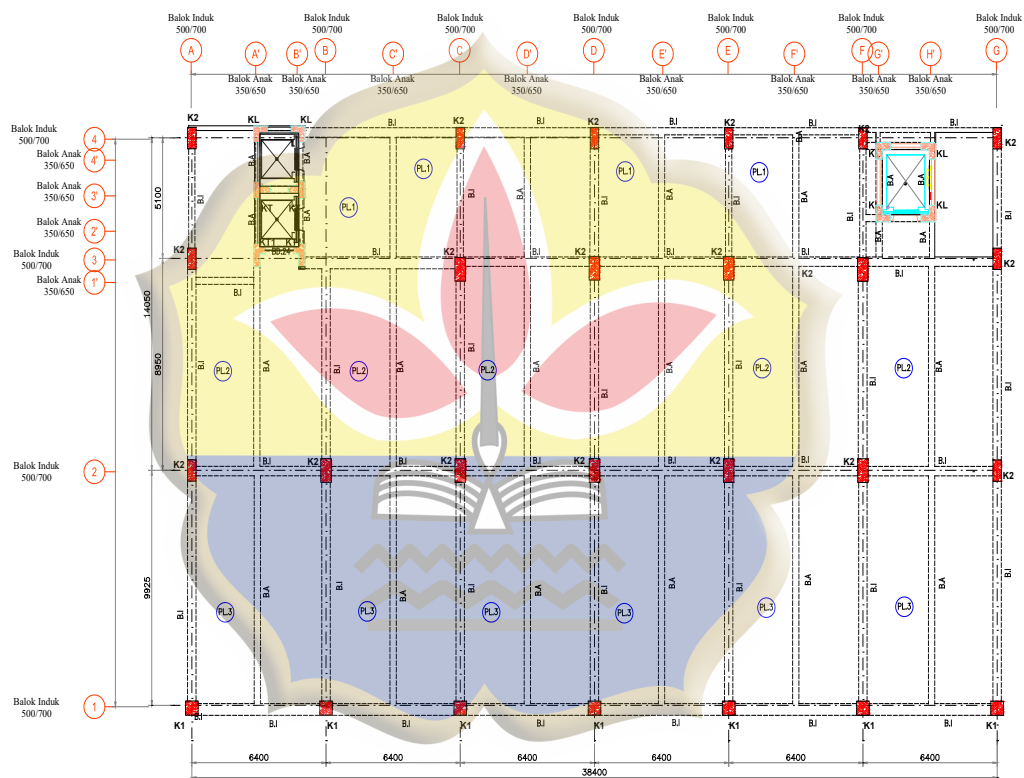
Berdasarkan persyaratan diatas maka bangunan dengan fungsi gedung adalah hotel, Kategori Resiko II dengan KDS D, diizinkan menggunakan prosedur Analisa Gaya Lateral Ekuivalen.

4.6 Perhitungan Struktur

1. Perhitungan Berat Struktur

Perhitungan berat struktur Hotel Yello meliputi berat sendiri bangunan yang berupa balok, kolom, pelat lantai, dan pelat lantai atap.

a. Berat Struktur Lantai 2



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.65 Denah Pelat Lantai 2

Tabel 4.19 Berat Sendiri Lantai 2

	Kode	Panjang Bersih (m)	Luas Penampang (m ²)	Volume (m ³)
Balok Induk Ukuran 0,6 m x 0,7 m = 0,350 m ² $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$	A	22,200	0,350	7,770
	B	17,750	0,350	6,213
	C	22,200	0,350	7,770
	D	22,200	0,350	7,770
	E	22,200	0,350	7,770
	F	22,200	0,350	7,770
	G	22,200	0,350	7,770
	1	35,100	0,350	12,285
	2	34,800	0,350	12,180
	3	30,200	0,350	10,570
	4	30,200	0,350	10,570
	5	2,775	0,228	0,633
Total Volume Balok				99,070
Balok Anak Ukuran 0,35 m x 0,65 m = 0,228 m ² $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$	Kode	Panjang Bersih (m)	Luas Penampang (m ²)	Volume (m ³)
	A'	21,505	0,228	4,903
	B'	3,810	0,228	0,869
	C'	22,475	0,228	5,124
	D'	22,475	0,228	5,124
	E'	22,475	0,228	5,124
	F'	22,475	0,228	5,124
	G'	3,990	0,228	0,910
	H'	21,865	0,228	4,985
	2'	2,340	0,228	0,534
	3'	1,540	0,228	0,351
	4'	2,340	0,228	0,534
	3	1,540	0,228	0,351
	4	4,090	0,228	0,933
	Volume Berat Balok			
Total Berat Balok Lantai 2 (kN)				3214,463

Sumber: Data Olahan, 2019

Tabel 4.20 Berat Sendiri Kolom Lantai 2

	Jumlah	Panjang Bersih (m)	Luas Penampang (m ²)	Volume (m ³)
Kolom Ukuran 0,55 m x 0,55 m = 0,303 m ² $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$	7	3,300	0,303	6,999
	Total Volume Kolom			167,983
Kolom Ukuran 0,6 m x 0,8 m = 0,48 m ² $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$	19	3,300	0,48	30,096
	Total Volume Kolom			722,304
Kolom L Ukuran 0,6 m x 0,8 m = 0,48 m ² $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$	6	3,350	0,48	9,648
	Total Volume Kolom			231,552
Kolom T Ukuran 0,6 m x 0,8 m = 0,48 m ² $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$	4	3,350	0,48	6,432
	Total Volume Kolom			154,368
Total Berat Kolom Lantai				1276,207
Total Berat Kolom Lantai 2 (kN)				30628,973

Sumber: Data Olahan, 2019

Tabel 4.21 Berat Sendiri Pelat Lantai 2

Tipe Pelat	Jumlah	Panjang Bersih (m)	Lebar Bersih (m)	Tebal (m)	Volume (m ³)
PL.1	8	4,600	2,775	0,100	10,212
	1	5,577	2,775	0,100	1,548
	1	4,600	4,000	0,100	1,840
	1	1,325	1,775	0,100	0,235
	1	4,600	0,650	0,100	0,299
	1	0,275	1,775	0,100	0,049
Total Volume Pelat					14,183
PL.2	11	8,450	2,775	0,150	38,690
	1	7,548	2,775	0,150	3,142
Total Volume Pelat					41,832
PL.3	12	9,425	2,775	0,160	50,216
Total Volume Pelat					50,216
Total Berat Pelat Lantai 2 (kN)					2549,551

Sumber: Data Olahan, 2019

Tabel 4.22 Beban Mati Tambahan Lantai 2

Beban	Luas Bersih Pelat (m ²)	Berat Sendiri (kN/m ²)	Total (kN)
<i>ME (Plumbing)</i>	739,564	0,25	184,891
Adukan 3cm	739,564	0,66	488,112
Marmer	739,564	0,24	177,495
Platfond + Penggantung	739,564	0,2	147,913
Dinding Pasangan Bata	Luas Area Dinding		
	Panjang	Tinggi	
Balok Induk	280,590	3,300	2314,868
Balok Anak	4,090	3,350	34,254
Total Beban Mati Tambahan Lantai 2			3347,532

Sumber: Data Olahan, 2019

Tabel 4.23 Beban Hidup Lantai 2

Beban Hidup Yang Bekerja	Luas Bersih Pelat (m ²)	Berat Sendiri (kN/m ²)	Total (kN)
Hunian Hotel	739,564	1,92	1419,962
Partisi	739,564	0,72	532,486
Total Beban Hidup Lantai			1952,448
Total Beban Hidup Lantai 2 Yang Tereduksi 20%			390,490

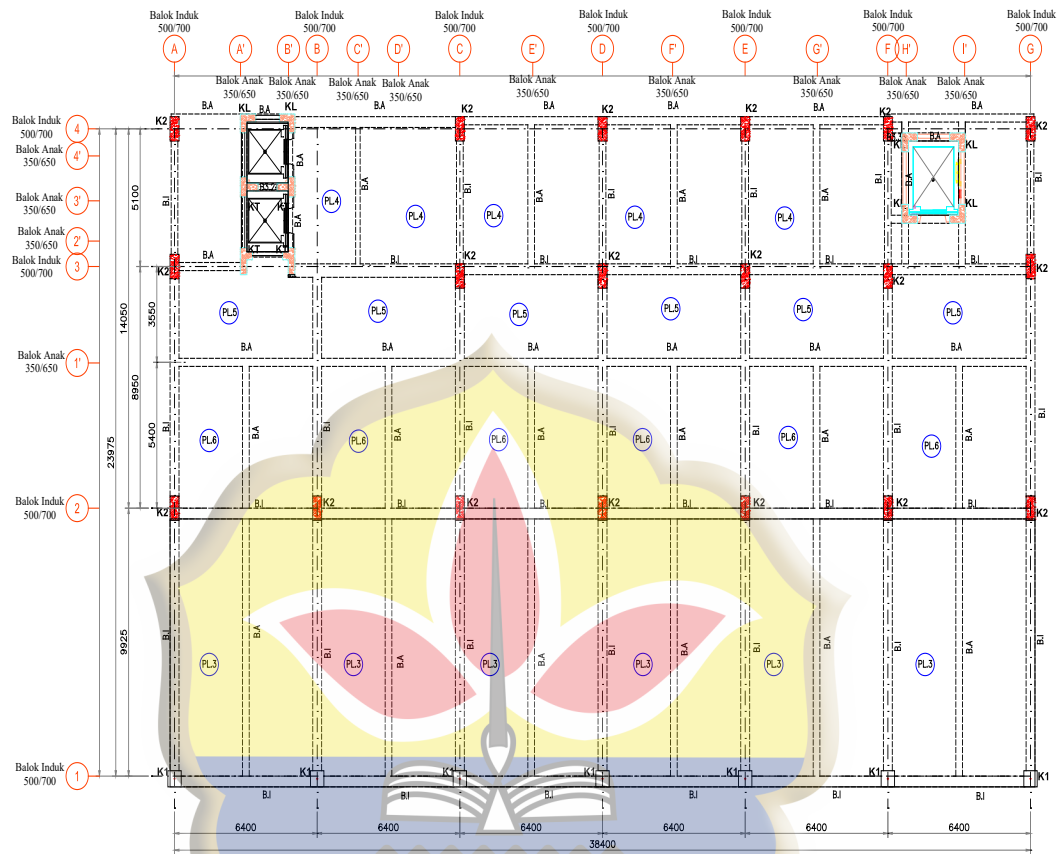
Sumber: Data Olahan, 2019

Berat total struktur lantai 2:

$$= 3214,463 \text{ kN} + 30628,973 \text{ kN} + 2549,551 \text{ kN} + 3347,532 \text{ kN} + 390,490 \text{ kN}$$

$$= 40131,009 \text{ kN}$$

b. Berat Struktur Lantai 3



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.66 Denah Pelat Lantai 3

Tabel 4.24 Berat Sendiri Balok Lantai 3

	Kode	Panjang Bersih (m)	Luas Penampang (m ²)	Volume (m ³)
Balok Induk Ukuran 0,6 m x 0,7 m = 0,350 m ² $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$	A	22,200	0,350	7,770
	B	17,750	0,350	6,213
	C	22,200	0,350	7,770
	D	22,200	0,350	7,770
	E	22,200	0,350	7,770
	F	22,200	0,350	7,770
	G	22,200	0,350	7,770
	1	35,100	0,350	12,285
	2	34,800	0,350	12,180
	3	30,020	0,350	10,507
Total Volume Balok				87,805
Balok Anak Ukuran 0,35 m x 0,65 m = 0,228 m ² $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$	Kode	Panjang Bersih (m)	Luas Penampang (m ²)	Volume (m ³)
	A'	18,210	0,228	4,152
	B'	3,810	0,228	0,869
	C'	4,675	0,228	1,066
	D'	14,400	0,228	3,283
	E'	19,075	0,228	4,349
	F'	19,075	0,228	4,349
	G'	19,075	0,228	4,349
	H'	4,240	0,228	0,967
	I'	18,640	0,228	4,250
	1'	35,400	0,228	8,071
	2'	2,340	0,228	0,534
	3'	1,540	0,228	0,351
	4'	2,340	0,228	0,534
	3	4,140	0,228	0,944
	4	35,040	0,228	7,989
Volume Berat Balok				46,056
Total Berat Balok Lantai 3 (kN)				3212,652

Sumber: Data Olahan, 2019

Tabel 4.25 Berat Sendiri Kolom Lantai 3

	Jumlah	Panjang Bersih (m)	Luas Penampang (m ²)	Volume (m ³)
Kolom Ukuran 0,55 m x 0,55 m = 0,303 m ² $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$	7	2,6	0,303	5,515
	Total Volume Kolom			132,350
Kolom Ukuran 0,6 m x 0,8 m = 0,48 m ² $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$	19	2,6	0,48	23,712
	Total Volume Kolom			569,088
Kolom L Ukuran 0,6 m x 0,8 m = 0,48 m ² $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$	6	2,65	0,48	7,632
	Total Volume Kolom			183,168
Kolom T Ukuran 0,6 m x 0,8 m = 0,48 m ² $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$	4	2,65	0,48	5,088
	Total Volume Kolom			122,112
Total Berat Kolom Lantai				1006,718
Total Berat Kolom Lantai 3 (kN)				24161,242

Sumber: Data Olahan, 2019

Tabel 4.26 Berat Sendiri Pelat Lantai 3

Tipe Pelat	Jumlah	Panjang Bersih (m)	Lebar Bersih (m)	Tebal (m)	Volume (m ³)
PL.4	7	4,675	2,775	0,100	9,081
	1	4,75	2,775	0,100	1,318
	1	4,675	4,225	0,100	1,975
	1	4,675	4,150	0,100	1,940
	1	1,325	1,775	0,100	0,235
	1	4,600	0,650	0,100	0,299
	1	0,275	1,775	0,100	0,049
Total Volume Pelat					14,898
PL.5	5	3,125	5,900	0,130	11,984
	1	3,200	5,900	0,130	2,454
Total Volume Pelat					14,439
PL.6	12	4,975	2,775	0,160	26,507
Total Volume Pelat					26,507
PL.3	12	9,425	2,775	0,160	50,216
Total Volume Pelat					50,216
Total Berat Pelat Lantai 3 (kN)					2545,430

Sumber: Data Olahan, 2019

Tabel 4.27 Beban Mati Tambahan Lantai 3

Beban	Luas Bersih Pelat (m ²)		Berat Sendiri (kN/m ²)	Total (kN)
<i>ME (Plumbing)</i>	739,564		0,25	184,891
Adukan 3cm	739,564		0,66	488,112
Marmer	739,564		0,24	177,495
Platfond + Penggantung	739,564		0,2	147,913
Dinding Pasangan Bata	Luas Area Dinding			
	Panjang	Tinggi		
Balok Induk	247,795	2,600	2,5	1610,668
Balok Anak	72,910	2,650	2,5	483,029
Total Beban Mati Tambahan Lantai 3				3092,107

Sumber: Data Olahan, 2019

Tabel 4.28 Beban Hidup Lantai 3

Beban Hidup Yang Bekerja	Luas Bersih Pelat (m ²)	Berat Sendiri (kN/(m ²))	Total (kN)
Hunian Hotel	425,711	1,92	817,366
Partisial	425,711	0,72	306,512
Atap	313,853	0,96	301,298
Air Hujan	313,8525	1	313,853
Total Beban Hidup Lantai			1739,029
Total Beban Hidup Lantai 3 Yang Tereduksi 20%			347,806

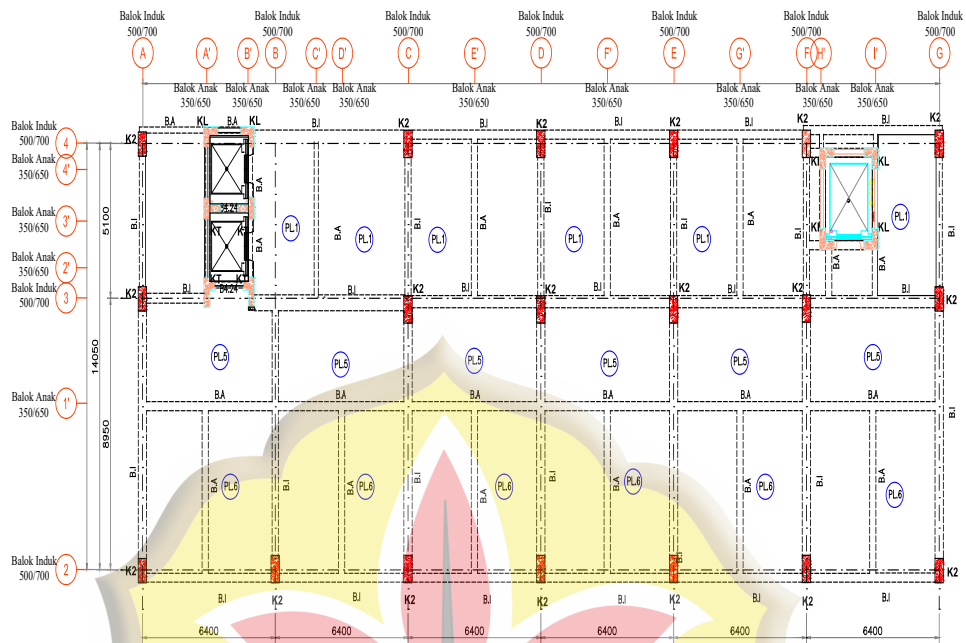
Sumber: Data Olahan, 2019

Berat total struktur lantai 3:

$$= 3212,652 \text{ kN} + 24161,242 \text{ kN} + 2545,430 \text{ kN} + 3092,107 \text{ kN} + 347,806 \text{ kN}$$

$$= 33359,237 \text{ kN}$$

c. Berat Struktur Lantai 4 s/d 11



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.67 Denah Pelat Lantai 4 s/d Lantai 11

Tabel 4.29 Berat Sendiri Balok Lantai 4 s/d Lantai 10

	Kode	Panjang Bersih (m)	Luas Penampang (m ²)	Volume (m ³)
Balok Induk Ukuran 0,6 m x 0,7 m = 0,350 m ² $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$	A	22,200	0,350	7,770
	B	17,750	0,350	6,213
	C	22,200	0,350	7,770
	D	22,200	0,350	7,770
	E	22,200	0,350	7,770
	F	22,200	0,350	7,770
	G	22,200	0,350	7,770
	2	34,800	0,350	12,180
	3	30,020	0,350	10,507
	4	30,200	0,350	10,570
Total Volume Balok				86,090
Balok Anak Ukuran 0,35 m x 0,65 m = 0,228 m ² $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$	Kode	Panjang Bersih	Luas Penampang	Volume
	A'	18,210	0,228	4,152
	B'	3,810	0,228	0,869
	C'	4,675	0,228	1,066
	D'	14,400	0,228	3,283
	E'	19,075	0,228	4,349
	F'	19,075	0,228	4,349
	G'	19,075	0,228	4,349
	H'	4,240	0,228	0,967
	I'	18,640	0,228	4,250
	1'	35,400	0,228	8,071
	2'	2,340	0,228	0,534
	3'	1,540	0,228	0,351
	4'	2,340	0,228	0,534
	3	4,140	0,228	0,944
	4	4,090	0,228	0,933
	Total Berat Balok			
Total Berat Balok Lantai 4 s/d Lantai 10 (kN)				3002,134

Sumber: Data Olahan, 2019

Tabel 4.30 Berat Sendiri Kolom Lantai 4 s/d Lantai 10

	Jumlah	Panjang Bersih (m)	Luas Penampang (m ²)	Volume (m ³)
Kolom Ukuran 0,6 m x 0,8 m = 0,48 m ² $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$	19	2,6	0,48	23,712
	Total Volume Kolom			569,088
Kolom L Ukuran 0,6 m x 0,8 m = 0,48 m ² $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$	6	2,65	0,48	7,632
	Total Volume Kolom			183,168
Kolom T Ukuran 0,6 m x 0,8 m = 0,48 m ² $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$	4	2,65	0,48	5,088
	Total Volume Kolom			122,112
Total Berat Kolom Lantai				874,368
Total Berat Kolom Lantai 4 s/d Lantai 10 (kN)				20984,832

Sumber: Data Olahan, 2019

Tabel 4.31 Berat Sendiri Pelat Lantai 4 s/d Lantai 10

Tipe Pelat	Jumlah	Panjang Bersih (m)	Lebar Bersih (m)	Tebal (m)	Volume (m ³)
PL.1	7	4,600	2,775	0,100	8,936
	1	4,675	2,775	0,100	1,297
	1	4,600	4,225	0,100	1,944
	1	4,600	4,150	0,100	1,909
	1	1,325	1,775	0,100	0,235
	1	4,600	0,650	0,100	0,299
	1	0,275	1,775	0,100	0,049
Total Volume Pelat					14,668
PL.5	5	3,125	5,900	0,130	11,984
	1	3,200	5,900	0,130	2,454
Total Volume Pelat					14,439
PL.6	12	4,975	2,775	0,110	18,223
Total Volume Pelat					18,223
Total Berat Pelat Lantai 4 s/d Lantai 10 (kN)					1135,932

Sumber: Data Olahan, 2019

Tabel 4.32 Beban Mati Tambahan Lantai 4 s/d Lantai 10

Beban	Luas Bersih Pelat (m ²)	Berat Sendiri (kN/m ²)	Total (kN)
<i>ME (Plumbing)</i>	423,418	0,25	105,855
Adukan 3cm	423,418	0,66	279,456
Marmer	423,418	0,24	101,620
Platfond + Penggantung	423,418	0,2	84,684
Dinding Pasangan Bata	Luas Area Dinding		
	Panjang	Tinggi	
Balok Induk	179,735	2,6	2,5
Balok Anak	39,490	2,65	2,5
Total Beban Mati Tambahan Lantai 4 s/d Lantai 10			2001,513

Sumber: Data Olahan, 2019

Tabel 4.33 Beban Hidup Lantai 4 s/d Lantai 10

Beban Hidup Yang Bekerja	Luas Bersih Pelat (m ²)	Berat Sendiri (kN/m ²)	Total (kN)
Hunian Hotel	423,418	1,92	812,963
Partisi	423,418	0,72	304,861
Total Beban Hidup Lantai			1117,824
Total Beban Hidup Lantai 4 s/d Lantai 10 Yang Tereduksi 20%			223,565

Sumber: Data Olahan, 2019

Berat total struktur lantai 4 s/d Lantai 10:

$$= 3002,134 \text{ kN} + 20984,832 \text{ kN} + 1135,932 \text{ kN} + 2001,513 \text{ kN} + 223,565 \text{ kN}$$

$$= 27347,976 \text{ kN}$$

Tabel 4.34 Berat Sendiri Balok Lantai 11

	Kode	Panjang Bersih (m)	Luas Penampang (m ²)	Volume (m ³)
Balok Induk Ukuran 0,6 m x 0,7 m = 0,350 m ² $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$	A	22,200	0,350	7,770
	B	17,750	0,350	6,213
	C	22,200	0,350	7,770
	D	22,200	0,350	7,770
	E	22,200	0,350	7,770
	F	22,200	0,350	7,770
	G	22,200	0,350	7,770
	2	34,800	0,350	12,180
	3	30,020	0,350	10,507
	4	30,200	0,350	10,570
Total Volume Balok				86,090
Balok Anak Ukuran 0,35 m x 0,65 m = 0,228 m ² $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$	Kode	Panjang Bersih	Luas Penampang	Volume
	A'	18,210	0,228	4,152
	B'	3,810	0,228	0,869
	C'	4,675	0,228	1,066
	D'	14,400	0,228	3,283
	E'	19,075	0,228	4,349
	F'	19,075	0,228	4,349
	G'	19,075	0,228	4,349
	H'	4,240	0,228	0,967
	I'	18,640	0,228	4,250
	1'	35,400	0,228	8,071
	2'	2,340	0,228	0,534
	3'	1,540	0,228	0,351
	4'	2,340	0,228	0,534
	3	4,140	0,228	0,944
	4	4,090	0,228	0,933
Total Berat Balok				38,999
Total Berat Balok Lantai 11 (kN)				3002,134

Sumber: Data Olahan, 2019

Tabel 4.35 Berat Sendiri Kolom Lantai 11

	Jumlah	Panjang Bersih (m)	Luas Penampang (m ²)	Volume (m ³)
Kolom Ukuran 0,6 m x 0,8 m = 0,48 m ² $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$	19	2,9	0,48	26,448
	Total Volume Kolom			634,752
Kolom L Ukuran 0,6 m x 0,8 m = 0,48 m ² $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$	6	2,95	0,48	8,496
	Total Volume Kolom			203,904
Kolom T Ukuran 0,6 m x 0,8 m = 0,48 m ² $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$	4	2,95	0,48	5,664
	Total Volume Kolom			135,936
Total Berat Kolom Lantai				974,592
Total Berat Kolom Lantai 11 (kN)				23390,208

Sumber: Data Olahan, 2019

Tabel 4.36 Berat Sendiri Pelat Lantai 11

Tipe Pelat	Jumlah	Panjang Bersih (m)	Lebar Bersih (m)	Tebal (m)	Volume (m ³)
PL.1	7	4,600	2,775	0,100	8,936
	1	4,675	2,775	0,100	1,297
	1	4,600	4,225	0,100	1,944
	1	4,600	4,150	0,100	1,909
	1	1,325	1,775	0,100	0,235
	1	4,600	0,650	0,100	0,299
	1	0,275	1,775	0,100	0,049
Total Volume Pelat					14,668
PL.5	5	3,125	5,900	0,130	11,984
	1	3,200	5,900	0,130	2,454
Total Volume Pelat					14,439
PL.6	12	4,975	2,775	0,110	18,223
Total Volume Pelat					18,223
Total Berat Pelat Lantai 4 s/d Lantai 10					1135,932

Sumber: Data Olahan, 2019

Tabel 4.37 Beban Mati Tambahan Lantai 11

Beban	Luas Bersih Pelat (m ²)		Berat Sendiri (kN/m ²)	Total (kN)
<i>ME (Plumbing)</i>	423,418		0,25	105,855
Adukan 3cm	423,418		0,66	279,456
Marmer	423,418		0,24	101,620
Platfond + Penggantung	423,418		0,2	84,684
Dinding Pasangan Bata	Luas Area Dinding			
	Panjang	Tinggi		
Balok Induk	179,735	2,9	2,5	1303,079
Balok Anak	39,490	2,95	2,5	291,239
Total Beban Mati Tambahan Lantai 11				2165,932

Sumber: Data Olahan, 2019

Tabel 4.38 Beban Hidup Lantai 11

Beban Hidup Yang Bekerja	Luas Bersih Pelat (m ²)	Berat Sendiri (kN/m ²)	Total (kN)
Hunian Hotel	423,418	1,92	812,963
Partisi	423,418	0,72	304,861
Total Beban Hidup Lantai			1117,824
Total Beban Hidup Lantai 11 Yang Tereduksi 20%			223,565

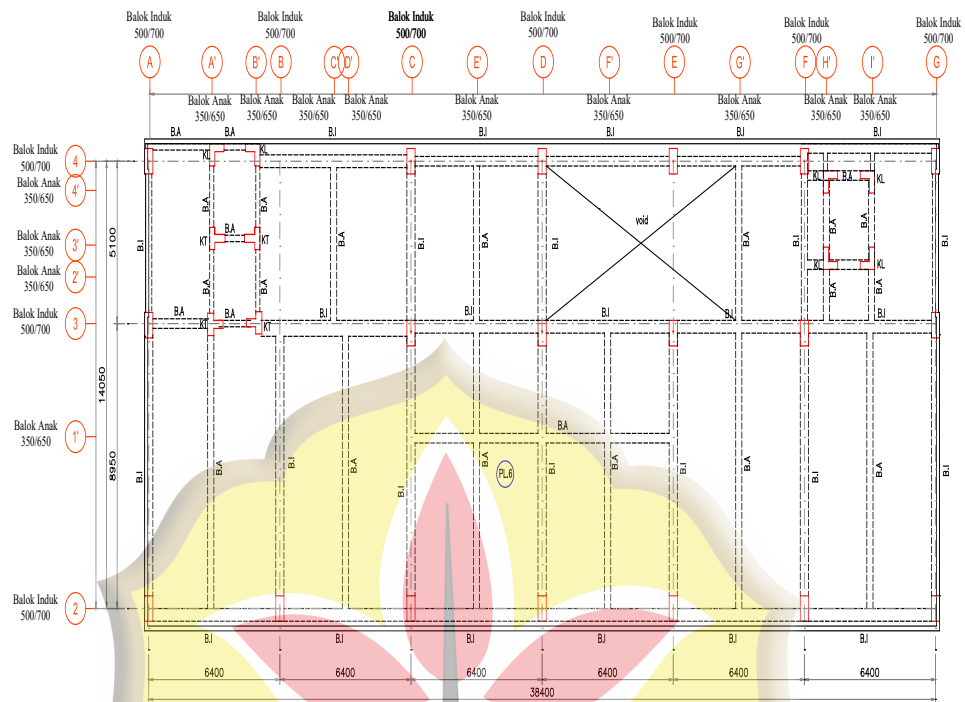
Sumber: Data Olahan, 2019

Berat total struktur lantai 11:

$$= 3002,134 \text{ kN} + 23390,208 \text{ kN} + 1135,932 \text{ kN} + 2165,932 \text{ kN} + 223,565 \text{ kN}$$

$$= 29917,771 \text{ kN}$$

d. Berat Struktur Lantai 12 (Atap)



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.68 Denah Pelat Lantai 12 (Atap)

Tabel 4.39 Berat Sendiri Balok Lantai 12 (Atap)

	Kode	Panjang Bersih (m)	Luas Penampang (m ²)	Volume (m ³)
Balok Induk Ukuran 0,6 m x 0,7 m = 0,350 m ² $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$	A	22,200	0,350	7,770
	B	17,750	0,350	6,213
	C	22,200	0,350	7,770
	D	22,200	0,350	7,770
	E	22,200	0,350	7,770
	F	22,200	0,350	7,770
	G	22,200	0,350	7,770
	2	34,800	0,350	12,180
	3	30,020	0,350	10,507
Total Volume Balok				75,520
Balok Anak Ukuran 0,35 m x 0,65 m = 0,228 m ² $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$	Kode	Panjang Bersih	Luas Penampang	Volume
	A'	18,210	0,228	4,152
	B'	3,810	0,228	0,869
	C'	4,675	0,228	1,066
	D'	14,400	0,228	3,283
	E'	19,075	0,228	4,349
	F'	19,075	0,228	4,349
	G'	19,075	0,228	4,349
	H'	4,240	0,228	0,967
	I'	18,640	0,228	4,250
	1'	35,400	0,228	8,071
	2'	2,340	0,228	0,534
	3'	1,540	0,228	0,351
	4'	2,340	0,228	0,534
	3	4,140	0,228	0,944
	4	35,040	0,228	7,989
	Total Berat Balok			
Total Berat Balok Lantai 12 (Atap) (kN)				2917,812

Sumber: Data Olahan, 2019

Tabel 4.40 Berat Sendiri Pelat Lantai 12 (Atap)

Tipe Pelat	Jumlah	Panjang Bersih (m)	Lebar Bersih (m)	Tebal (m)	Volume (m ³)
PL.6	4	4,600	2,775	0,110	5,617
	1	4,675	2,775	0,110	1,427
	1	4,600	4,225	0,110	2,138
	1	4,600	4,150	0,110	2,100
	1	1,325	1,775	0,100	0,235
	1	4,600	0,650	0,100	0,299
	1	0,275	1,775	0,100	0,049
	6	8,450	2,775	0,110	15,476
	2	8,525	2,775	0,110	5,205
	4	4,975	2,775	0,110	6,074
	4	3,125	2,775	0,110	3,816
Total Berat Pelat Lantai					42,435
Total Berat Pelat Lantai 12 (Atap) (kN)					1018,444

Sumber: Data Olahan, 2019

Tabel 4.41 Beban Mati Tambahan Lantai 12 (Atap)

Beban	Luas Bersih Pelat (m ²)	Berat Sendiri (kN/m ²)	Total (kN)
<i>ME (Plumbing)</i>	386,304	0,25	96,576
Adukan 3 cm	386,304	0,66	254,961
Waterproofing	386,304	0,05	19,315
Platfond + Penggantung	386,304	0,2	77,261
Total Beban Mati Tambahan Lantai 12 (Atap)			448,113

Sumber: Data Olahan, 2019

Tabel 4.42 Beban Hidup Lantai 12 (Atap)

Beban Hidup Yang Bekerja	Luas Bersih Pelat (m ²)	Berat Sendiri (kN/m ²)	Total (kN)
Atap	386,304	0,96	370,852
Air Hujan	386,304	1	386,304
Total Beban Hidup Lantai			757,157
Total Beban Hidup Lantai 12 (Atap) Yang Tereduksi 20%			151,431

Sumber: Data Olahan, 2019

Berat total struktur lantai 12 (Atap) :

$$= 2917,812 \text{ kN} + 1018,444 \text{ kN} + 448,113 \text{ kN} + 151,431 \text{ kN}$$

$$= 4535,801 \text{ kN}$$

Berat total struktur (Wt):

Lantai 12 (Atap)	= 4535,801 kN
Lantai 11	= 29917,771 kN
Lantai 10	= 27347,976 kN
Lantai 9	= 27347,976 kN
Lantai 8	= 27347,976 kN
Lantai 7	= 27347,976 kN
Lantai 6	= 27347,976 kN
Lantai 5	= 27347,976 kN
Lantai 4	= 27347,976 kN
Lantai 3	= 33359,237 kN
Lantai 2	= 40131,009 kN
Total	= 299379,649 kN

2. Distribusi Beban Gempa Lateral Ekuivalen

Sistem struktur yang digunakan yaitu Sistem Penahan Gaya Seismik Sistem Struktur Pemikul Momen Khusus, dengan faktor modifikasi respon $R = 8$.

a. Arah X

$$C_{sx} = \frac{S_{DS}}{\frac{R}{I_e}} = \frac{0,351}{\frac{8}{1}} = 0,0439$$

Nilai C_s tidak perlu melebihi dari nilai berikut ini:

$$C_{sx \text{ max}} = \frac{S_{D1}}{T \cdot \left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,373}{1,108082 \cdot \left(\frac{8}{1}\right)} = 0,0421$$

Nilai C_s harus tidak kurang dari:

$$\begin{aligned} C_s &= 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e \geq 0,01 \\ &= 0,044 \cdot 0,351 \cdot 1 \geq 0,01 \\ &= 0,0154 \geq 0,01 \end{aligned}$$

Jadi $C_{sx} = 0,0421$

b. Arah Y

$$C_{sY} = \frac{S_{DS}}{\frac{R}{I_e}} = \frac{0,351}{\frac{8}{1}} = 0,0439$$

Nilai C_s tidak perlu melebihi dari nilai berikut ini:

$$C_{sY \text{ max}} = \frac{S_{D1}}{T \cdot \left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,373}{1,319968 \cdot \left(\frac{8}{1}\right)} = 0,0353$$

Nilai C_s harus tidak kurang dari:

$$\begin{aligned} C_s &= 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e \geq 0,01 \\ &= 0,044 \cdot 0,351 \cdot 1 \geq 0,01 \\ &= 0,0171 \end{aligned}$$

Jadi $C_{sY} = 0,0353$

Gaya Geser Dasar Seismik

$$V_x = C_{sx} \cdot W_t$$

$$= 0,0421 \cdot 299379,649$$

$$= 12603,883 \text{ kN}$$

$$V_y = C_{sy} \cdot W_t$$

$$= 0,0353 \cdot 299379,649$$

$$= 10568,102 \text{ kN}$$

Beban Gempa

$$F = \frac{W \cdot h^k}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot h_i^k} \cdot V$$

Menurut Subpasal 7.8.3 SNI 1726:2012 nilai eksponen “k” dapat ditentukan dengan ketentuan berikut:

- Untuk struktur yang memiliki Perioda sebesar 0,5 detik atau kurang, $k = 1$
- Untuk struktur yang mempunyai Perioda sebesar 2,5 detik atau lebih $k = 2$
- Untuk struktur yang mempunyai Perioda antara 0,5 dan 2,5 detik, k harus ditentukan sebesar 2 atau harus ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2.

Interpolasi nilai k untuk perioda desain pada rentang $0,5 < T < 2,5$ adalah:

$$T_x = 1,108082$$

$$k_x = 0,5 \cdot T + 0,75 = 0,5 \cdot 1,108082 + 0,75 = 1,304$$

$$T_y = 1,319968$$

$$k_y = 0,5 \cdot T + 0,75 = 0,5 \cdot 1,319968 + 0,75 = 1,410$$

4.7 Distribusi Beban Gempa Arah X

Lantai	Berat Efektif Wi (kN)	Tinggi h (m)	kx	Wi . hi ^{kx} (kN.m)	Vx (kN)	Fx (kN)
12 (Atap)	4535,80074	39	1,304	538768,524	12603,88	432,966
11	29917,771	35,4		3132055,737		2516,987
10	27347,976	32,1		2520041,835		2025,160
9	27347,976	28,8		2187625,577		1758,023
8	27347,976	25,5		1866609,981		1500,048
7	27347,976	22,2		1558007,224		1252,048
6	27347,976	18,9		1263081,520		1015,039
5	27347,976	15,6		983466,712		790,335
4	27347,976	12,3		721375,608		579,713
3	33359,237	9		585528,908		470,544
2	40131,009	5		327293,189		263,020
Total	299379,6489					15683854,815

Sumber: Data Olahan, 2019

$$F_x \text{ Lantai 12 (Atap)} = \frac{432,966}{7} = 61,852 \text{ kN}$$

$$F_x \text{ Lantai 11} = \frac{2516,987}{7} = 359,570 \text{ kN}$$

$$F_x \text{ Lantai 10} = \frac{2025,160}{7} = 289,309 \text{ kN}$$

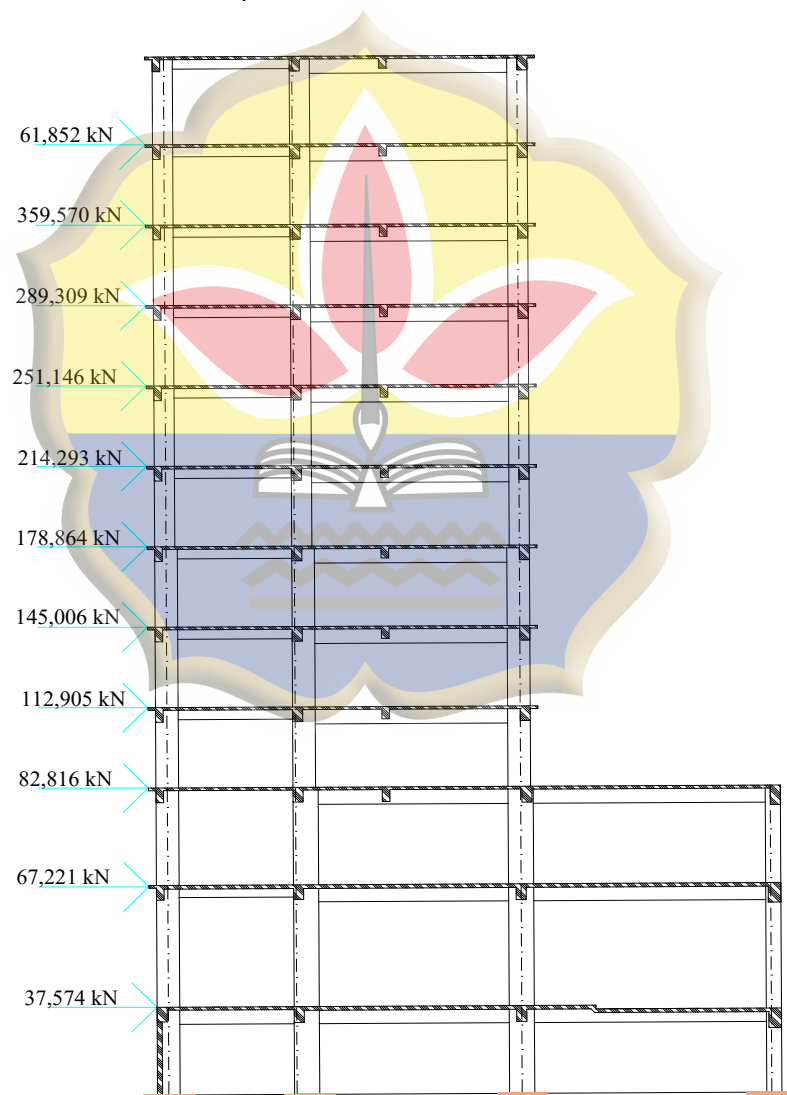
$$F_x \text{ Lantai 9} = \frac{1758,023}{7} = 251,146 \text{ kN}$$

$$F_x \text{ Lantai 8} = \frac{1500,048}{7} = 214,293 \text{ kN}$$

$$F_x \text{ Lantai 7} = \frac{1252,048}{7} = 178,864 \text{ kN}$$

$$F_x \text{ Lantai 6} = \frac{1015,039}{7} = 145,006 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{Fx Lantai 5} &= \frac{790,335}{7} = 112,905 \text{ kN} \\ \text{Fx Lantai 4} &= \frac{579,713}{7} = 82,816 \text{ kN} \\ \text{Fx Lantai 3} &= \frac{470,544}{7} = 67,221 \text{ kN} \\ \text{Fx Lantai 2} &= \frac{263,020}{7} = 37,574 \text{ kN} \end{aligned}$$



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.69 Distribusi Beban Gempa Arah X

4.8 Distribusi Beban Gempa Arah Y

Lantai	Berat Efektif W_i (kN)	Tinggi h (m)	ky	$W_i \cdot h_i^{ky}$ (kN.m)	V_y (kN)	F_y (kN)
12 (Atap)	4535,801	39	1,41	794428,953	10568,102	381,035
11	29917,771	35,4		4571132,687		2192,468
10	27347,976	32,1		3639965,640		1745,849
9	27347,976	28,8		3123694,810		1498,228
8	27347,976	25,5		2631157,483		1261,991
7	27347,976	22,2		2164127,692		1037,988
6	27347,976	18,9		1724790,424		827,267
5	27347,976	15,6		1315924,195		631,161
4	27347,976	12,3		941220,539		451,441
3	33359,237	9		739091,227		354,493
2	40131,009	5		388175,202		186,182
Total	299379,649					22033708,852

Sumber: Data Olahan, 2019

$$F_x \text{ Lantai 12 (Atap)} = \frac{381,035}{3} = 127,012 \text{ kN}$$

$$F_x \text{ Lantai 11} = \frac{2192,468}{3} = 730,823 \text{ kN}$$

$$F_x \text{ Lantai 10} = \frac{1745,849}{3} = 581,950 \text{ kN}$$

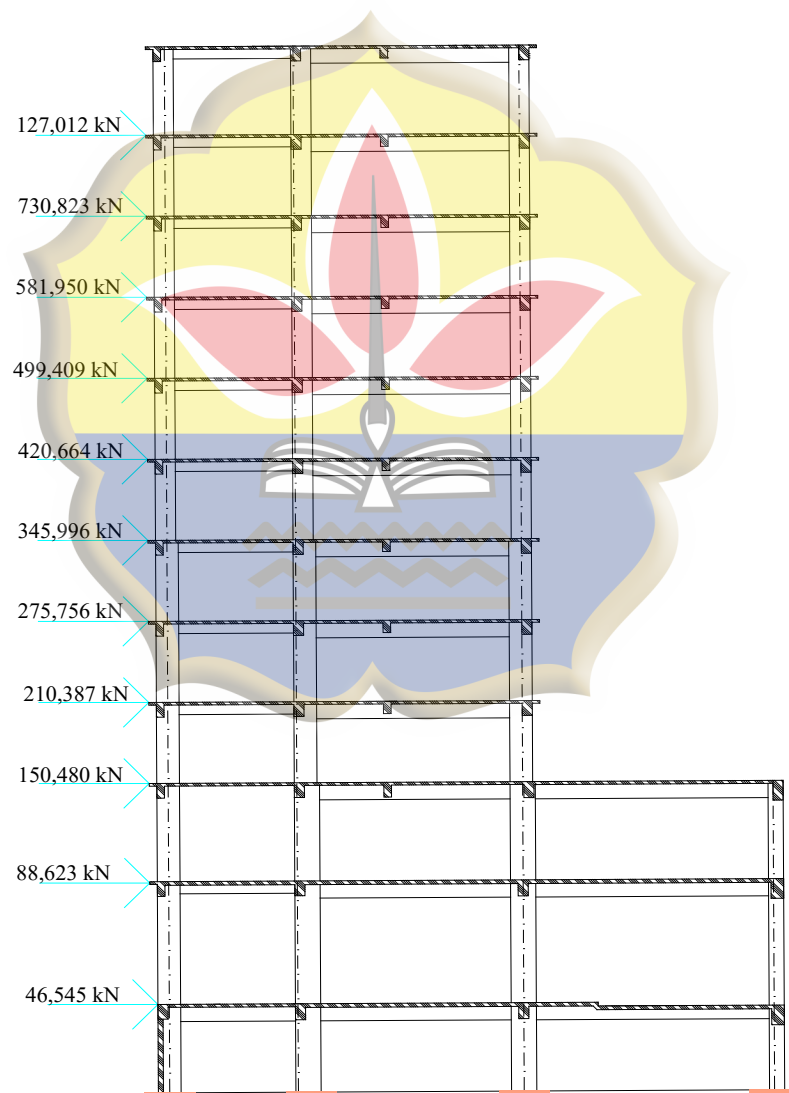
$$F_x \text{ Lantai 9} = \frac{1498,228}{3} = 499,409 \text{ kN}$$

$$F_x \text{ Lantai 8} = \frac{1261,991}{3} = 420,664 \text{ kN}$$

$$F_x \text{ Lantai 7} = \frac{1037,988}{3} = 345,996 \text{ kN}$$

$$F_x \text{ Lantai 6} = \frac{827,267}{3} = 275,756 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{Fx Lantai 5} &= \frac{631,161}{3} = 210,387 \text{ kN} \\ \text{Fx Lantai 4} &= \frac{451,441}{3} = 150,480 \text{ kN} \\ \text{Fx Lantai 3} &= \frac{354,493}{4} = 88,623 \text{ kN} \\ \text{Fx Lantai 2} &= \frac{186,182}{4} = 46,545 \text{ kN} \end{aligned}$$



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.70 Distribusi Beban Gempa Arah Y

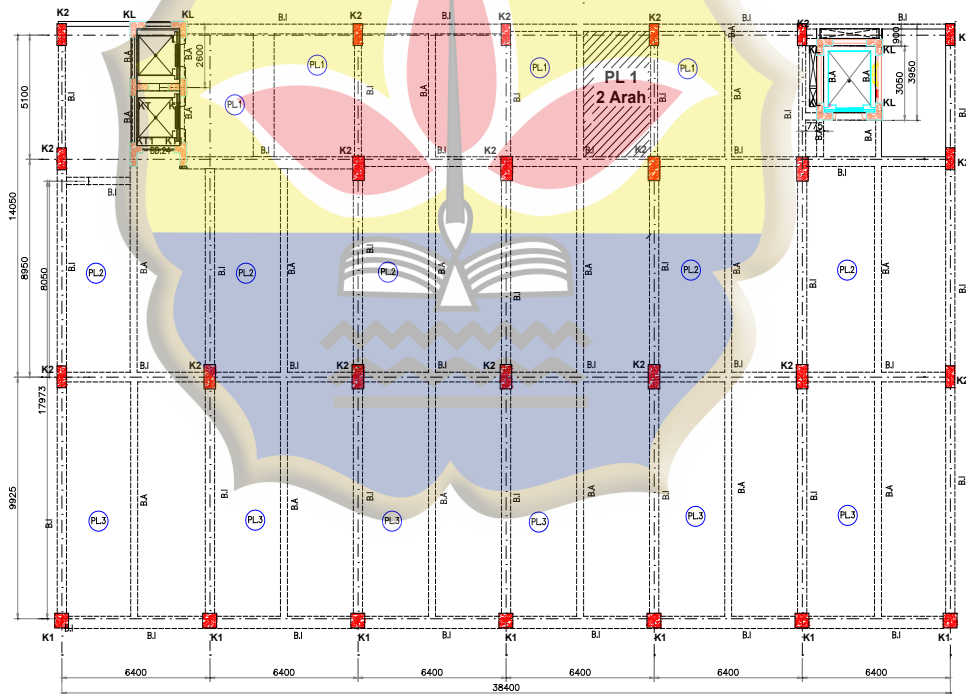
3. Perhitungan Pelat

Pelat yang akan ditinjau adalah perwakilan dari masing-masing lantai yaitu pelat lantai dasar, lantai 2, lantai 3, lantai 4 s/d lantai 11, dan lantai 12 (atap). Untuk mempermudah pemodelan, maka elemen pelat diberi kode berupa:

PL = Pelat Lantai

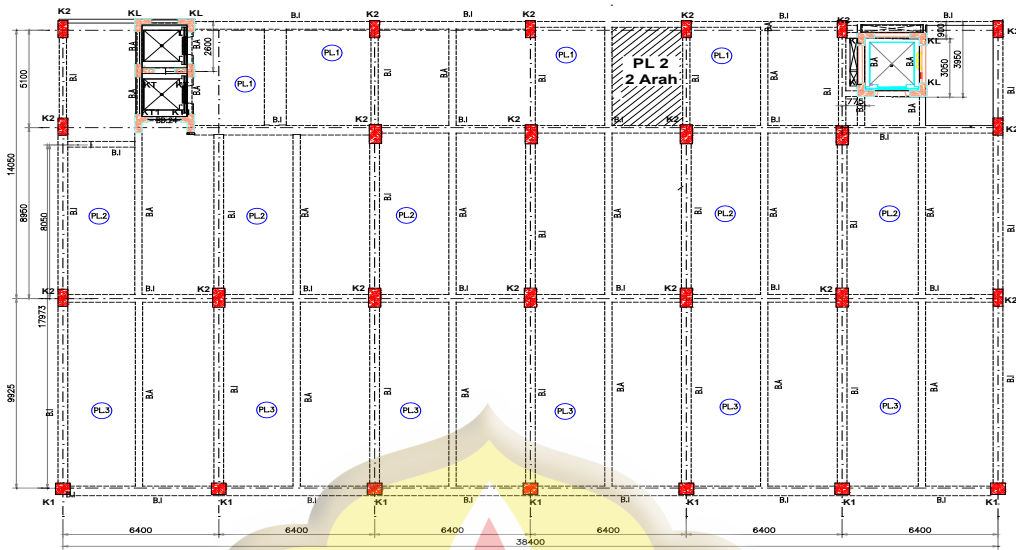
PA = Pelat Atap

Metode yang digunakan untuk perhitungan pelat menggunakan metode koefisien momen.



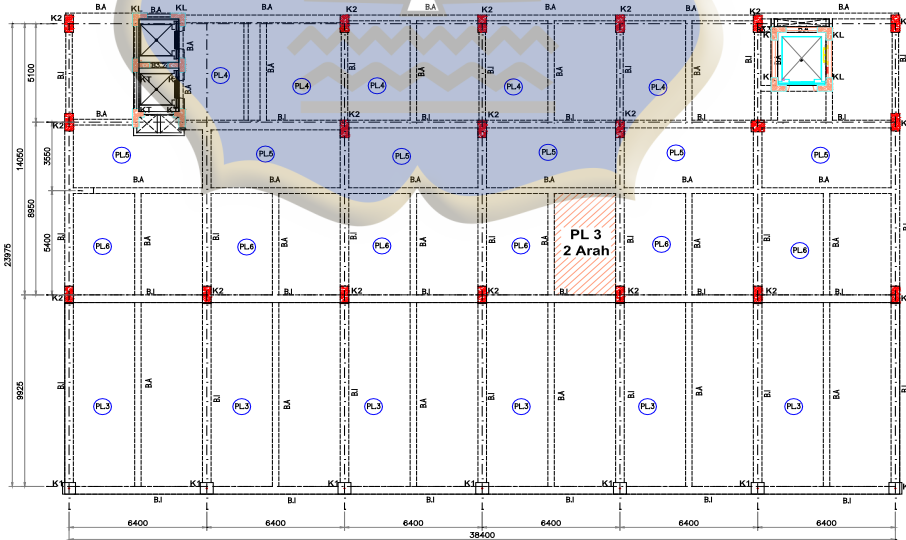
Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.71 Kondisi Pelat Lantai Dasar Yang Ditinjau, Mewakili Pelat Lantai Yang Lainnya



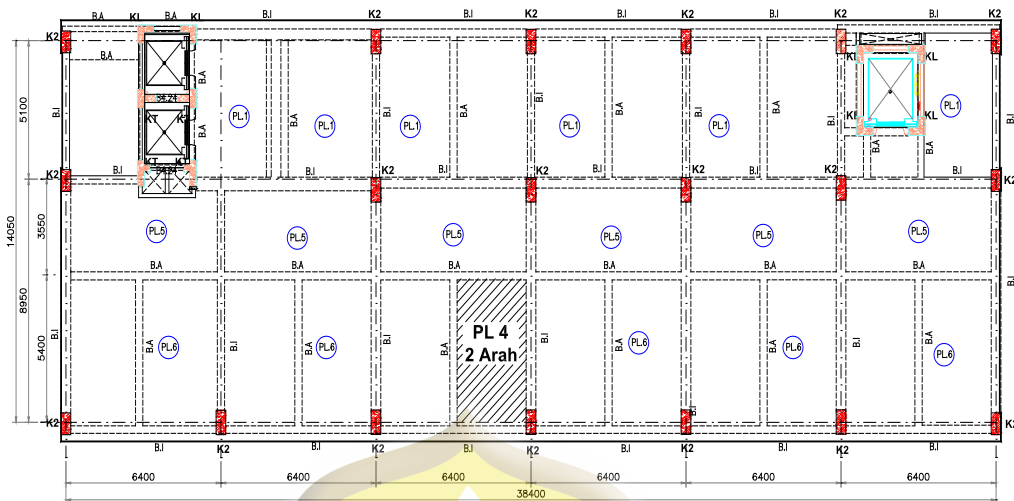
Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.72 Kondisi Pelat Lantai 2 Yang Ditinjau, Mewakili Pelat Lantai Yang Lainnya



Sumber: Data Olahan, 2019

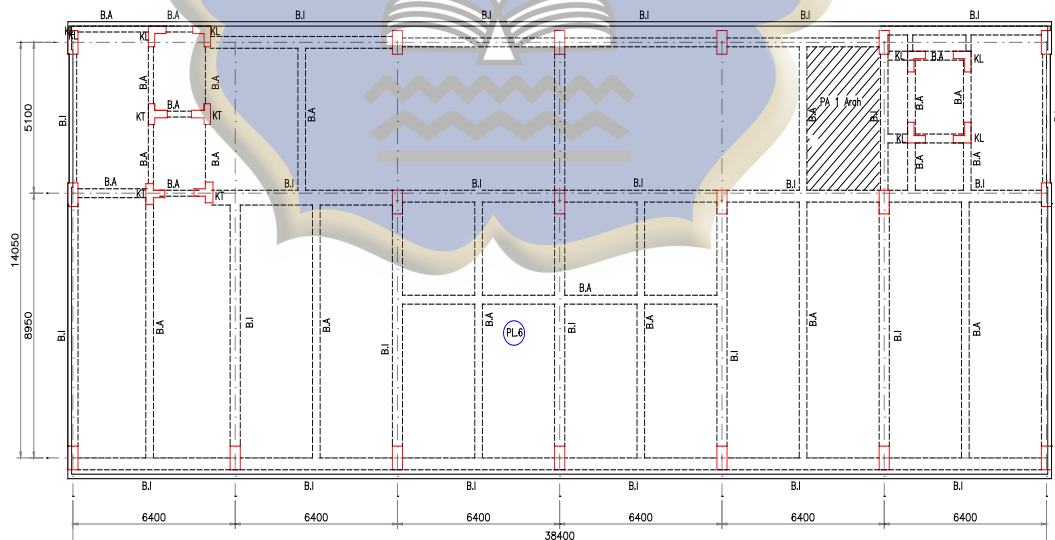
Gambar 4.73 Kondisi Pelat Lantai 3 Yang Ditinjau, Mewakili Pelat Lantai Yang Lainnya



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.74 Kondisi Pelat Lantai 4 s/d Lantai 11 Yang Ditinjau, Mewakili

Pelat Lantai Yang Lainnya



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.75 Kondisi Pelat Lantai 12 (Atap) Yang Ditinjau, Mewakili Pelat

Lantai Yang Lainnya

Tabel 4.45 Jenis - Jenis Pelat

No	Kode Pelat	Tipe Pelat	Dimensi (mm)	Jenis
1.	PL 1	Pelat Lantai	3200 × 5100	Pelat dua lantai
2.	PL 2	Pelat Lantai	3200 × 5100	Pelat dua lantai
3.	PL 3	Pelat Lantai	3200 × 5400	Pelat dua lantai
4.	PL 4	Pelat Lantai	3200 × 5400	Pelat dua lantai
5.	PA	Pelat Atap	3200 × 5100	Pelat dua lantai

Sumber: Data Olahan, 2019

Mutu bahan yang digunakan:

$$f_c' = 30 \text{ MPa} < 28 \text{ Mpa (SNI 2847-2013, subpasal 10.2.7.3)}$$

Maka, β_1

$$= 0,85 - 0,05 \left(\frac{f_c' - 28}{7} \right) \geq 0,65$$

$$= 0,85 - 0,05 \left(\frac{30 - 28}{7} \right) \geq 0,65$$

$$= 0,84 \geq 0,65 \dots \text{Ok!}$$

$$E_c = 25742,960 \text{ MPa}$$

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

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

$$\text{Tulangan Pokok} = D12 \text{ mm (Deform)}$$

$$\text{Tulangan Susut} = D10 \text{ mm (Deform)}$$

$$\text{Selimut Beton (Cc)} = 20 \text{ mm}$$

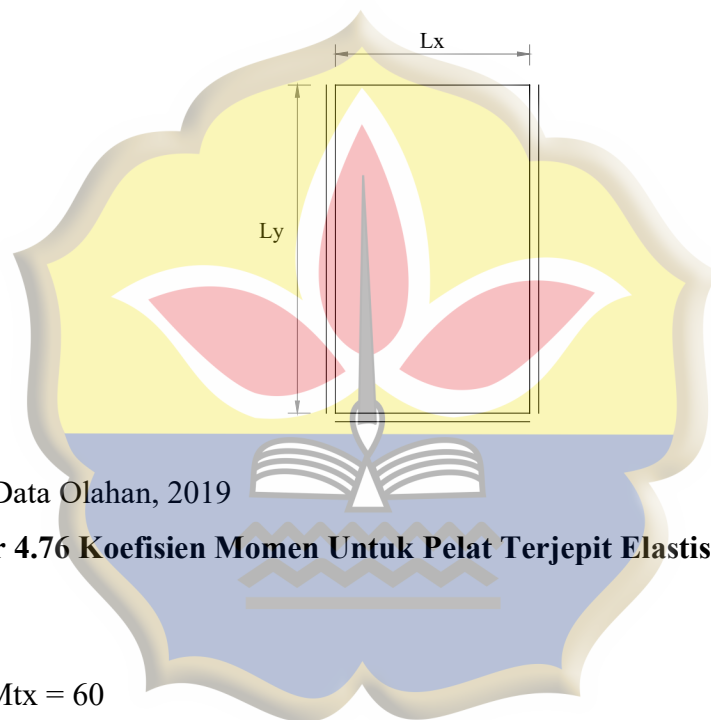
a. Pelat Lantai Dasar

$$L_y = 5,100 \text{ m}$$

$$L_x = 3,200 \text{ m}$$

$$\text{Maka: } \frac{L_y}{L_x} = \frac{5,100}{3,200} = 1,6$$

Kondisi Pelat Lantai Dasar



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.76 Koefisien Momen Untuk Pelat Terjepit Elastis Ketiga Sisinya

$$M_{lx} = - M_{tx} = 60$$

$$M_{ly} = - M_{ty} = 36$$

$$W_u = 13,604 \text{ kN/m}^2$$

Maka Momen Ultimit dapat dihitung dengan cara:

$$M_u = 0,001 \cdot M_{lx} \cdot W_u \cdot l_x^2$$

$$M_{ulx} = 0,001 \cdot 60 \cdot 13,604 \cdot 3,2^2 = 8,358 \text{ kN.m/m}$$

$$M_{uly} = 0,001 \cdot 36 \cdot 13,604 \cdot 5,1^2 = 12,738 \text{ kN.m/m}$$

Perhitungan Tulangan

Tinggi manfaat pelat:

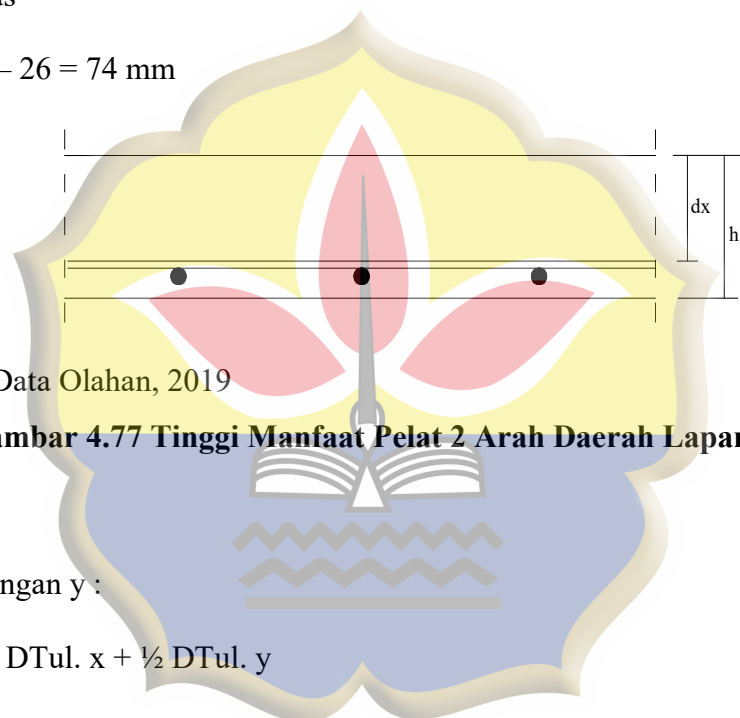
Arah lapangan x :

$$d_s = C_c + \frac{1}{2} DTul. \text{ Pokok}$$

$$= 20 + \frac{1}{2} \cdot 12 = 26 \text{ mm}$$

$$d_x = h - d_s$$

$$= 100 - 26 = 74 \text{ mm}$$



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.77 Tinggi Manfaat Pelat 2 Arah Daerah Lapangan dx

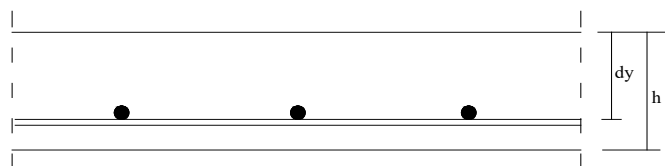
Arah lapangan y :

$$d_s = C_c + DTul. x + \frac{1}{2} DTul. y$$

$$= 20 + 12 + \frac{1}{2} \cdot 12 = 38 \text{ mm}$$

$$d_y = h - d_s$$

$$= 100 - 38 = 62 \text{ mm}$$

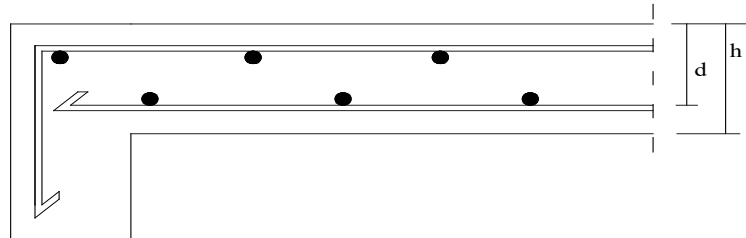


Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.78 Tinggi Manfaat Pelat 2 Arah Daerah Lapangan dy

Arah tumpuan x dan y :

= 74 mm



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.79 Tinggi Manfaat Pelat 2 Arah Daerah Tumpuan $dx = dy$

1) Perencanaan Tulangan $M_{ulx} = -M_{tx}$

$$M_{ulx} = -M_{tx} = 8,358 \text{ kN.m/m}$$

$$M_{n \text{ perlu}} = \frac{M_u}{\phi} = \frac{8,358}{0,9} = 9,287 \text{ kN.m/m}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 30} = 15,686$$

Koefisien ketahanan (R_n) diambil nilai b tiap 1000 mm :

$$R_n = \frac{M_{n \text{ perlu}}}{bdx^2} = \frac{9,287 \cdot 10^6}{1000 \cdot 74^2} = 1,696 \text{ Mpa}$$

Rasio tulangan :

$$\rho_{\min} = \max \left| \begin{array}{l} \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} = \frac{0,25\sqrt{30}}{400} = 0,0034 \\ \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \text{ (SNI 2847-2013, subpasal 10.5.1)} \end{array} \right.$$

Maka, $\rho_{\min} = 0,0035$

$$\begin{aligned}\rho_b &= \left(\frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \right) \cdot \beta_1 \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \left(\frac{0,85 \cdot 30}{400} \right) \cdot 0,84 \cdot \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0321\end{aligned}$$

$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b$

$$= 0,75 \cdot 0,0321 = 0,0241$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{15,686} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,686 \cdot 1,696}{400}} \right) = 0,0044\end{aligned}$$

Rasio tulangan harus memenuhi $\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$

Diperoleh $\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$, maka $\rho_{\text{pakai}} = 0,0044$

As perlu $= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d_x$

$$= 0,0044 \cdot 1000 \cdot 74 = 325 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tul. Pokok D12 mm, maka luas 1 buah Tul. Pokok D12 mm adalah:

$$\begin{aligned}\text{A. Tul} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D12^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 12^2 = 113,040 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Jarak antar tulangan :

$$S = \frac{A_{Tul} \cdot b}{A_s \text{ perlu}} = \frac{113,040 \cdot 1000}{342} = 330,699 \text{ mm}$$

$$S_{\text{max}} = 2h = 2 \cdot 100 = 200$$

$$S_{\text{pakai}} = 160$$

Dipakai Tul. Pokok D12-160 mm

$$A_s \text{ pakai} = \frac{A_{Tul} \cdot b}{s \text{ pakai}} = \frac{113,040 \cdot 1000}{160} = 706,500 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu}$$

$$706,500 \text{ mm}^2 > 325 \text{ mm}^2 \dots \text{Ok!}$$

$$a = \frac{A_s \text{ pakai} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{706,500 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 1000} = 11,082 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s \text{ pakai} \cdot f_y \cdot \left(dx - \frac{1}{2} a \right)$$

$$= 706,500 \cdot 400 \cdot \left(74 - \frac{1}{2} \cdot 11,082 \right)$$

$$= 19346513,400 \text{ N.mm} = 19,347 \text{ kN.m}$$

$$M_n > M_n \text{ perlu}$$

$$19,347 \text{ kN.m} > 9,287 \text{ kN.m} \dots \text{Ok!}$$

Tulangan susut :

$$D = 10 \text{ mm}$$

$$A_{sst} = 0,002 \cdot b \cdot h$$

$$= 0,002 \cdot 1000 \cdot 100 = 200 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tul. Susut D10 mm, maka luas 1 buah Tul. Susut D10 mm adalah:

$$A. \text{Tul} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^{10^2}$$

$$= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 10^2 = 78,500 \text{ mm}^2$$

Jarak antar tulangan :

$$S_{sst} = \frac{A. \text{Tul} \cdot b}{A_{sst}} = \frac{78,500 \cdot 1000}{200} = 392,500 \text{ mm}$$

Tulangan susut dan suhu dipasang dengan spasi tidak lebih jauh dari lima kali tebal *slab*, atau tidak lebih jauh 450 mm. (SNI 2847:2013, subpasal 7.12.2.2)

$$S_{\max} = 5 \cdot h = 5 \cdot 100 = 500 \text{ mm}$$

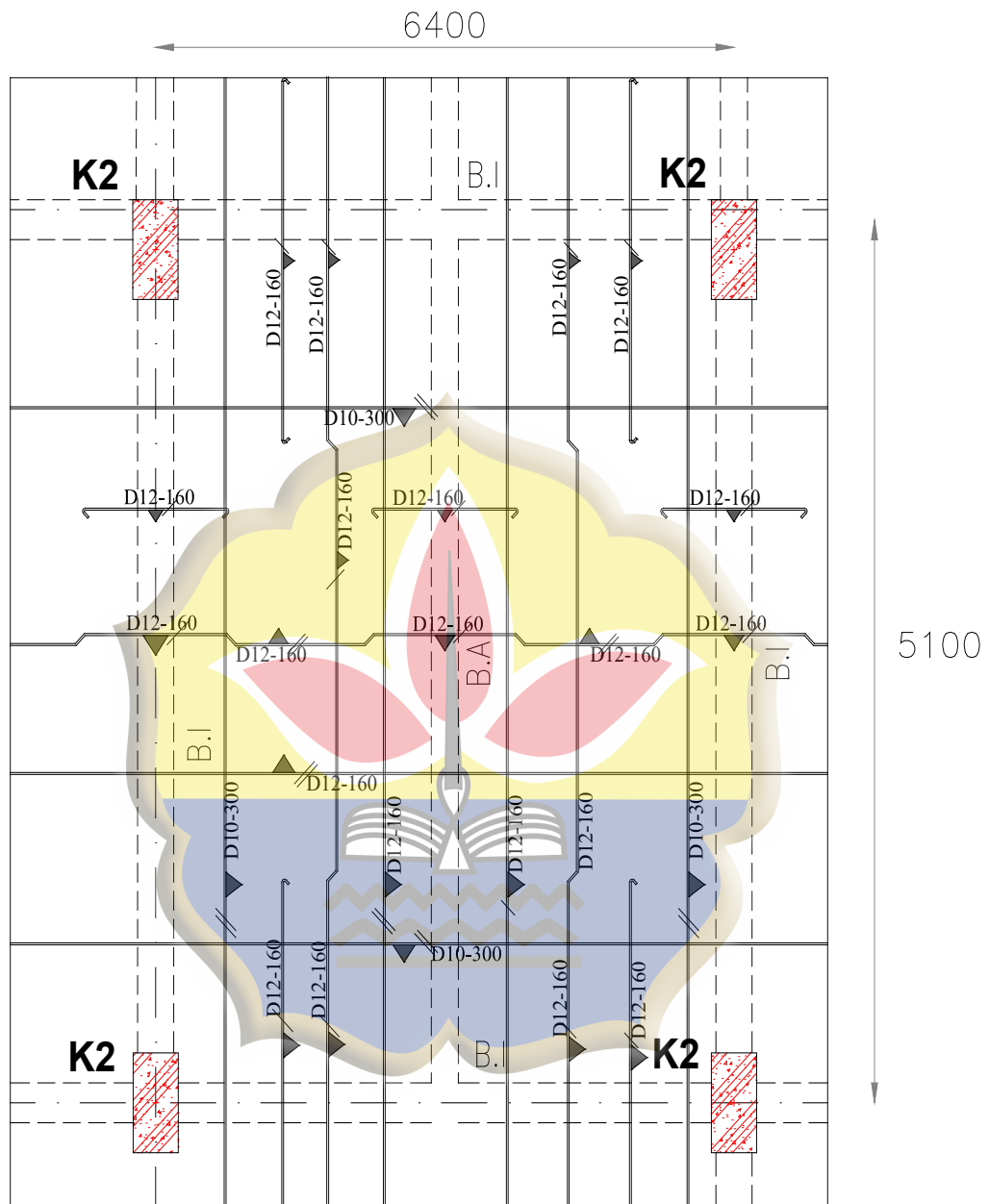
$$S_{\text{pakai}} = 300 \text{ mm}$$

$$A_{sst} = \frac{A. \text{Tul} \cdot b}{S_{\text{pakai}}} = \frac{78,500 \cdot 1000}{300} = 261,667 \text{ mm}^2$$

Tabel 4.46 Perhitungan Tulangan Pelat Lantai 1

		Mlx	Mtx	Mly	Mty
Mu	kNm	8,358	8,358	12,738	12,738
Mn perlu	kNm	9,287	9,287	14,154	14,154
m		15,686	15,686	15,686	15,686
h	mm	100	100	100	100
d	mm	74	74	62	62
Rn	MPa	1,696	1,696	3,682	3,682
ρ min		0,0035	0,0035	0,0035	0,0035
ρ_b		0,0321	0,0321	0,0321	0,0321
ρ max		0,0241	0,0241	0,0241	0,0241
ρ perlu		0,0044	0,0044	0,0100	0,0100
ρ pakai		0,0044	0,0044	0,0100	0,0100
As perlu	mm ²	325	325	619	619
S	mm	347,879	347,879	182,554	182,554
		160	160	160	160
As pakai	mm ²	706,500	706,500	706,500	706,500
a	mm	11,082	11,082	11,082	11,082
Mn	kNm	19,346	19,346	15,955	15,955
Asst perlu	mm ²	200	200	200	200
S	mm	392,500	392,500	392,500	392,500
		300	300	300	300
Asst pakai	mm ²	261,667	261,667	261,667	261,667
Tul. Pokok		D12-160	D12-160	D12-160	D12-160
Tul. Susut		D10-300	D10-300	D10-300	D10-300

Sumber: Data Olahan, 2019



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.80 Penulangan Pelat Lantai 1

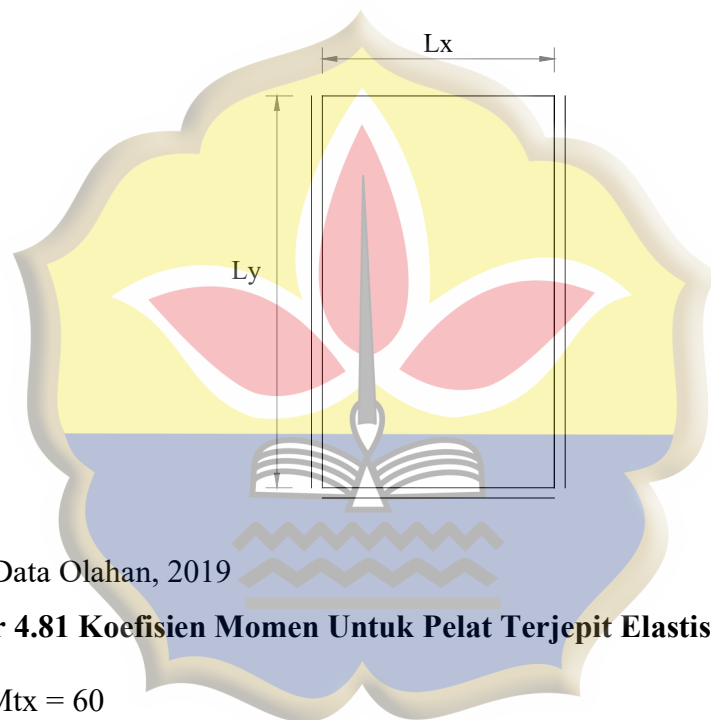
b. Pelat Lantai 2

$$L_y = 5,100 \text{ m}$$

$$L_x = 3,200 \text{ m}$$

$$\text{Maka: } \frac{L_y}{L_x} = \frac{5,100}{3,200} = 1,6$$

Kondisi Pelat Lantai 2



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.81 Koefisien Momen Untuk Pelat Terjepit Elastis Ketiga Sisinya

$$M_{lx} = - M_{tx} = 60$$

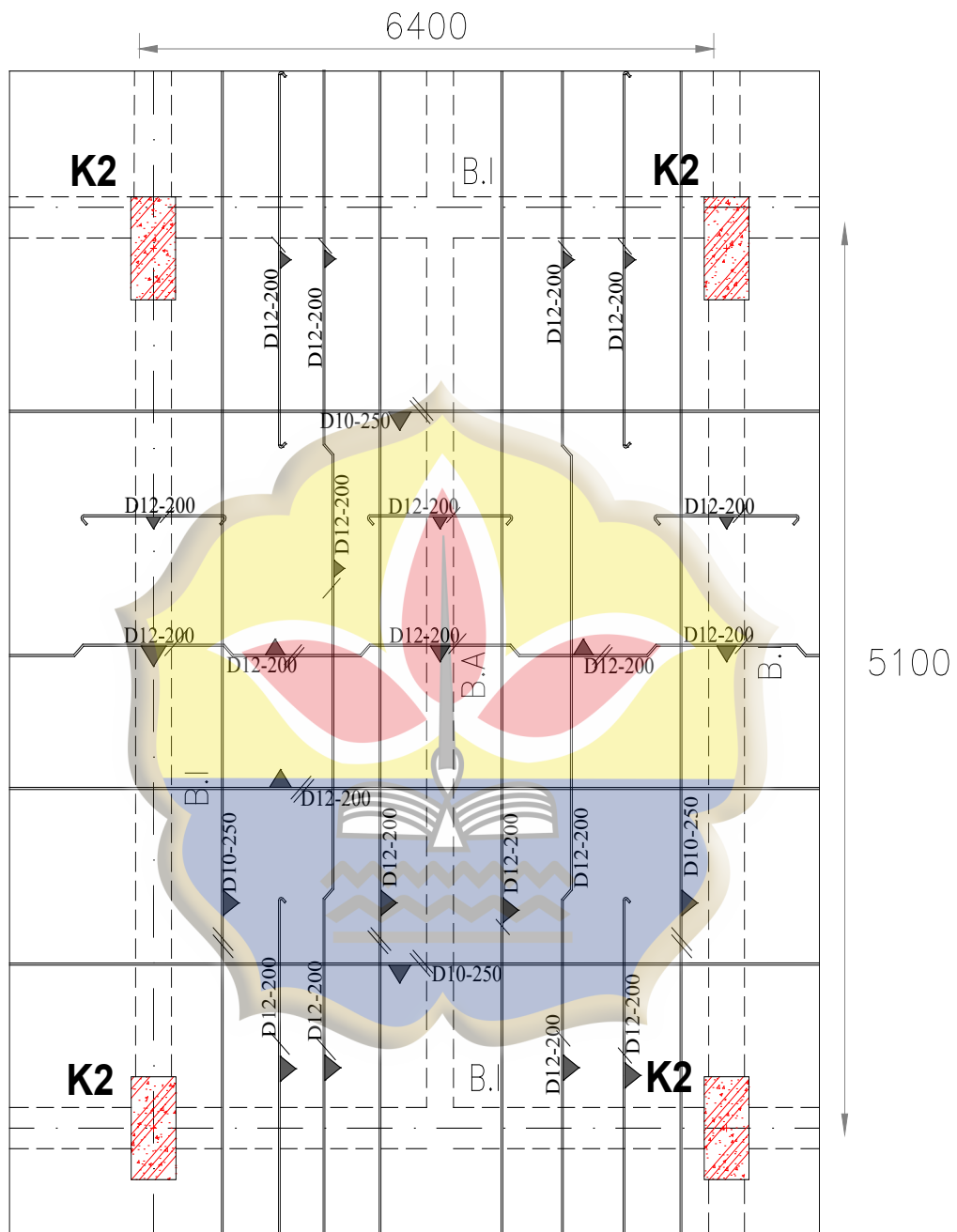
$$M_{ly} = - M_{ty} = 36$$

$$W_u = 13,844 \text{ kN/m}^2$$

Tabel 4.47 Perhitungan Tulangan Pelat Lantai 2

		Mlx	Mtx	Mly	Mty
Mu	kNm	8,506	8,506	12,963	12,963
Mn perlu	kNm	9,451	9,451	14,403	14,403
m		15,686	15,686	15,686	15,686
h	mm	150	150	150	150
d	mm	124	124	112	112
Rn	MPa	0,615	0,615	1,148	1,148
ρ min		0,0035	0,0035	0,0035	0,0035
ρ_b		0,0321	0,0321	0,0321	0,0321
ρ max		0,0241	0,0241	0,0241	0,0241
ρ perlu		0,0016	0,0016	0,0029	0,0029
ρ pakai		0,0035	0,0035	0,0035	0,0035
As perlu	mm ²	434	434	392	392
S	mm	260,461	260,461	288,367	288,367
		200	200	200	200
As pakai	mm ²	565,200	565,200	565,200	565,200
a	mm	8,866	8,866	8,866	8,866
Mn	kNm	27,032	27,032	24,319	24,319
Asst perlu	mm ²	300	300	300	300
S	mm	261,667	261,667	261,667	261,667
		250	250	250	250
Asst pakai	mm ²	314,000	314,000	314,000	314,000
Tul. Pokok		D12-200	D12-200	D12-200	D12-200
Tul. Susut		D10-250	D10-250	D10-250	D10-250

Sumber: Data Olahan, 2019



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.82 Penulangan Pelat Lantai 2

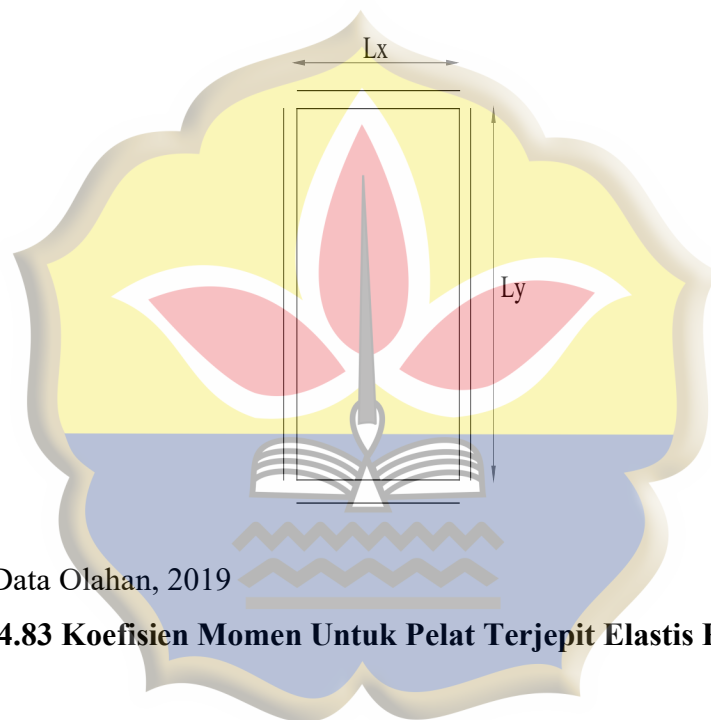
c. Pelat Lantai 3

$$L_y = 5,400 \text{ m}$$

$$L_x = 3,200 \text{ m}$$

$$\text{Maka: } \frac{L_y}{L_x} = \frac{5,400}{3,200} = 1,7$$

Kondisi Pelat Lantai 3



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.83 Koefisien Momen Untuk Pelat Terjepit Elastis Keempat Sisinya

$$M_{lx} = - M_{tx} = 59$$

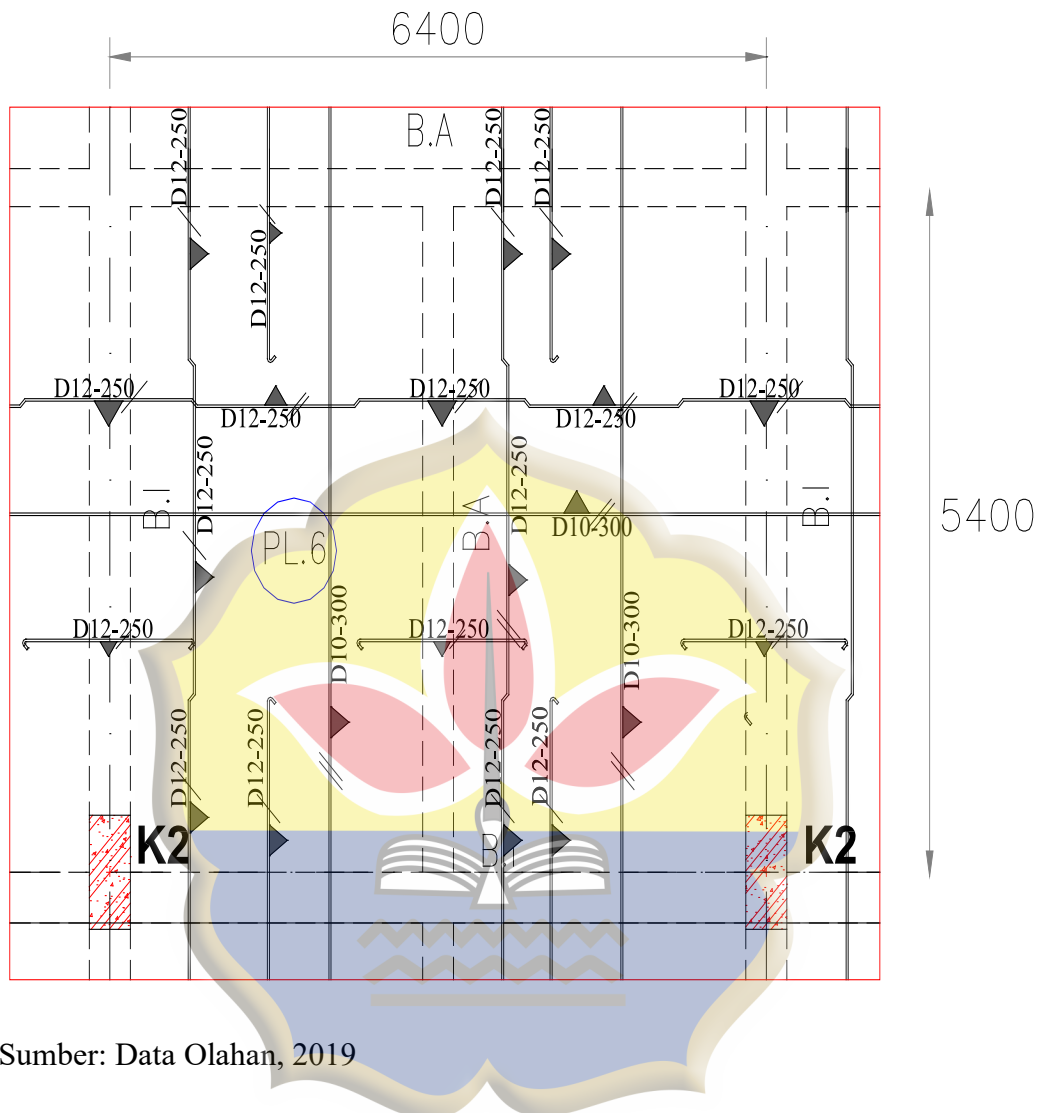
$$M_{ly} = - M_{ty} = 36$$

$$W_u = 8,100 \text{ kN/m}^2$$

Tabel 4.48 Perhitungan Tulangan Pelat Lantai 3

		Mlx	Mtx	Mly	Mty
Mu	kNm	4,894	4,894	8,503	8,503
Mn perlu	kNm	5,437	5,437	9,448	9,448
m		15,686	15,686	15,686	15,686
h	mm	110	110	110	110
d	mm	84	84	72	72
Rn	MPa	0,771	0,771	1,823	1,823
ρ min		0,0035	0,0035	0,0035	0,0035
ρ_b		0,0321	0,0321	0,0321	0,0321
ρ max		0,0241	0,0241	0,0241	0,0241
ρ perlu		0,0020	0,0020	0,0047	0,0047
ρ pakai		0,0035	0,0035	0,0035	0,0035
As perlu	mm ²	294	294	252	252
S	mm	384,490	384,490	448,571	448,571
		250	250	250	250
As pakai	mm ²	452,160	452,160	452,160	452,160
a	mm	7,093	7,093	7,093	7,093
Mn	kNm	14,551	14,551	12,381	12,381
Asst perlu	mm ²	220	220	220	220
S	mm	356,818	356,818	356,818	356,818
		300	300	300	300
Asst pakai	mm ²	261,667	261,667	261,667	261,667
Tul. Pokok		D12-250	D12-250	D12-250	D12-250
Tul. Susut		D10-300	D10-300	D10-300	D10-300

Sumber: Data Olahan, 2019



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.84 Penulangan Pelat Lantai 3

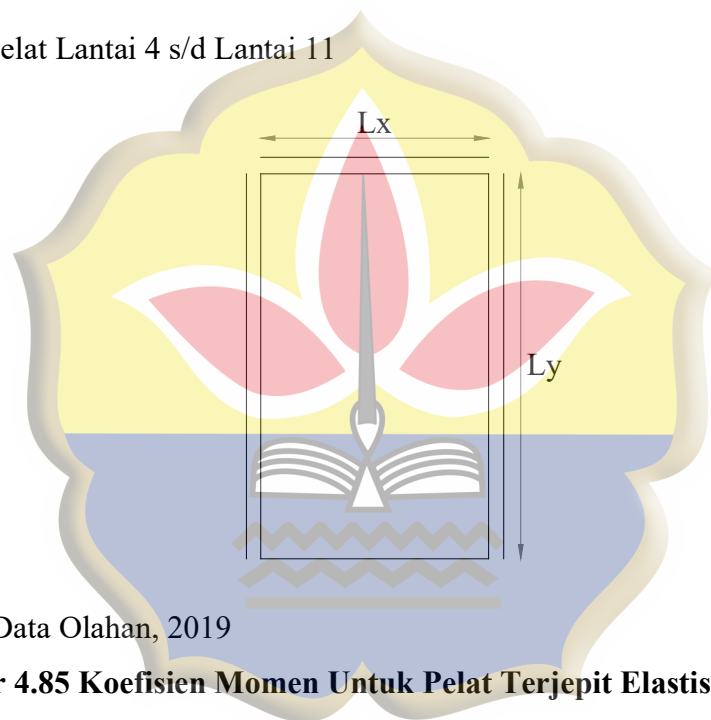
d. Pelat Lantai 4 s/d Lantai 11

$$L_y = 5,400 \text{ m}$$

$$L_x = 3,200 \text{ m}$$

$$\text{Maka: } \frac{L_y}{L_x} = \frac{5,400}{3,200} = 1,7$$

Kondisi Pelat Lantai 4 s/d Lantai 11



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.85 Koefisien Momen Untuk Pelat Terjepit Elastis Ketiga Sisinya

$$M_{lx} = -M_{tx} = 61$$

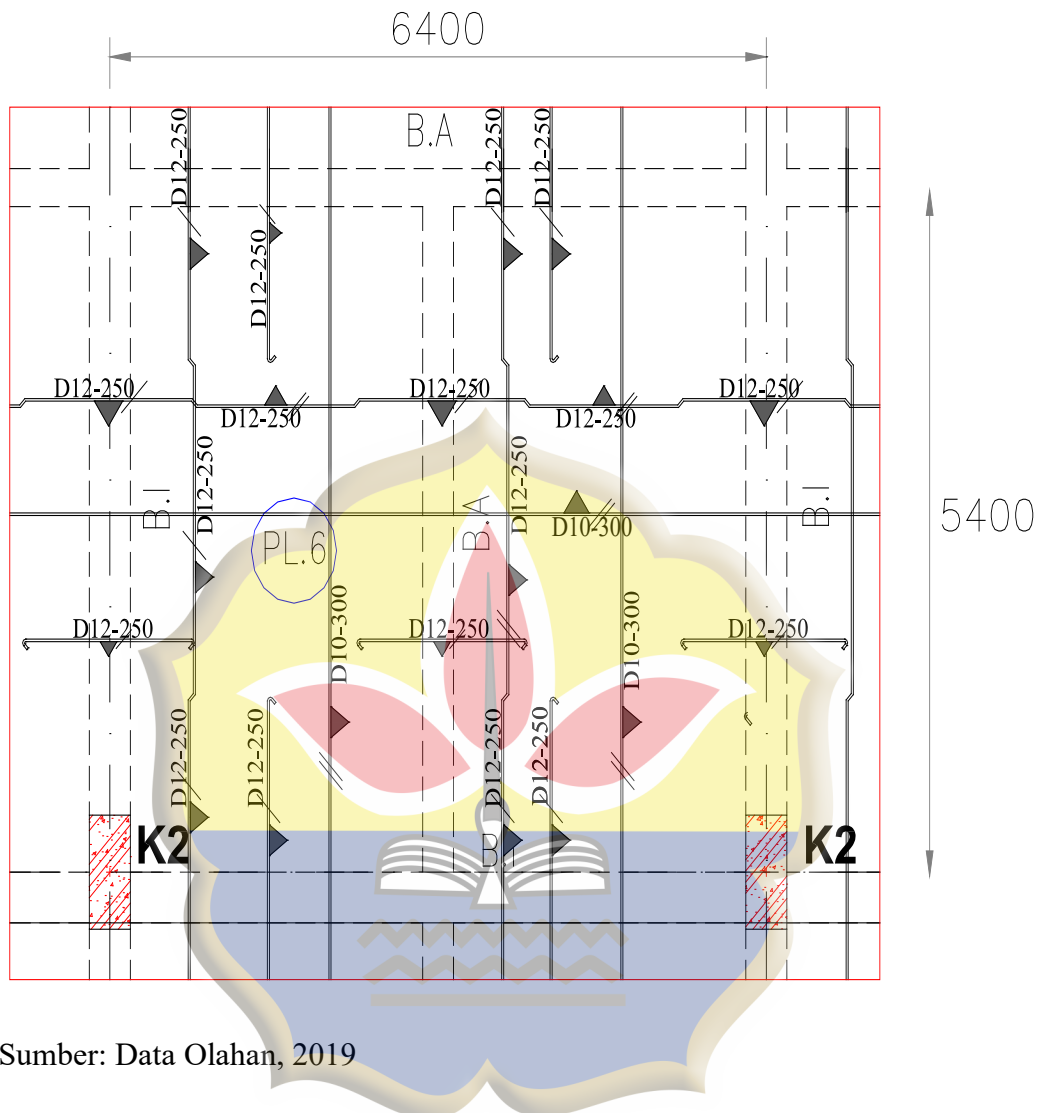
$$M_{ly} = -M_{ty} = 35$$

$$W_u = 8,100 \text{ kN/m}^2$$

Tabel 4.49 Perhitungan Tulangan Pelat Lantai 4 s/d Lantai 11

		Mlx	Mtx	Mly	Mty
Mu	kNm	5,060	5,060	8,267	8,267
Mn perlu	kNm	5,622	5,622	9,185	9,185
m		15,686	15,686	15,686	15,686
h	mm	110	110	110	110
d	mm	84	84	72	72
Rn	MPa	0,797	0,797	1,772	1,772
ρ min		0,0035	0,0035	0,0035	0,0035
ρ_b		0,0321	0,0321	0,0321	0,0321
ρ max		0,0241	0,0241	0,0241	0,0241
ρ perlu		0,0020	0,0020	0,0046	0,0046
ρ pakai		0,0035	0,0035	0,0035	0,0035
As perlu	mm ²	294	294	252	252
S	mm	384,490	384,490	448,571	448,571
		250	250	250	250
As pakai	mm ²	452,160	452,160	452,160	452,160
a	mm	7,093	7,093	7,093	7,093
Mn	kNm	14,551	14,551	12,381	12,381
Asst perlu	mm ²	220	220	220	220
S	mm	356,818	356,818	356,818	356,818
		300	300	300	300
Asst pakai	mm ²	261,667	261,667	261,667	261,667
Tul. Pokok		D12-250	D12-250	D12-250	D12-250
Tul. Susut		D10-300	D10-300	D10-300	D10-300

Sumber: Data Olahan, 2019



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.86 Penulangan Pelat Lantai 4 s/d Lantai 11

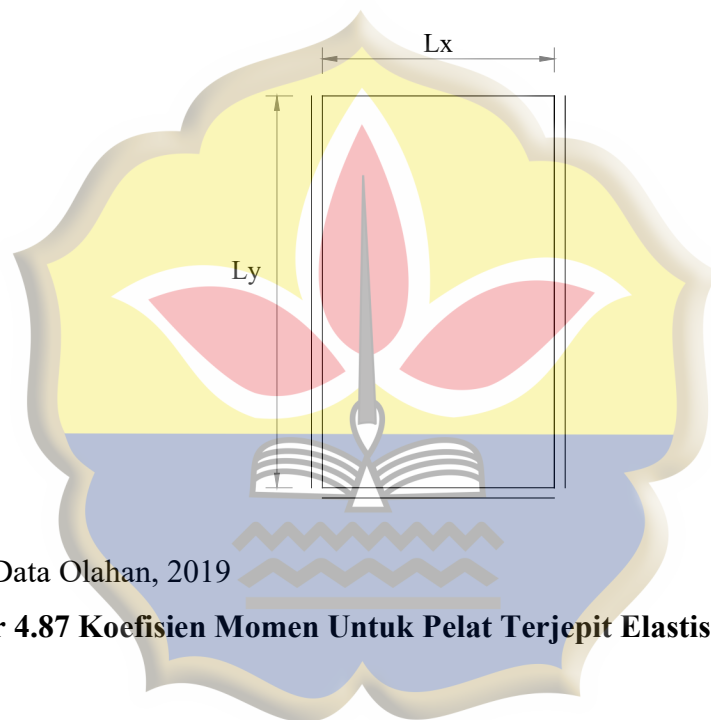
e. Pelat Lantai 12 (Atap)

$$L_y = 5,100 \text{ m}$$

$$L_x = 3,200 \text{ m}$$

$$\text{Maka: } \frac{L_y}{L_x} = \frac{5,100}{3,200} = 1,6$$

Kondisi Pelat Lantai 12 (Atap)



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.87 Koefisien Momen Untuk Pelat Terjepit Elastis Ketiga Sisinya

$$M_{lx} = - M_{tx} = 60$$

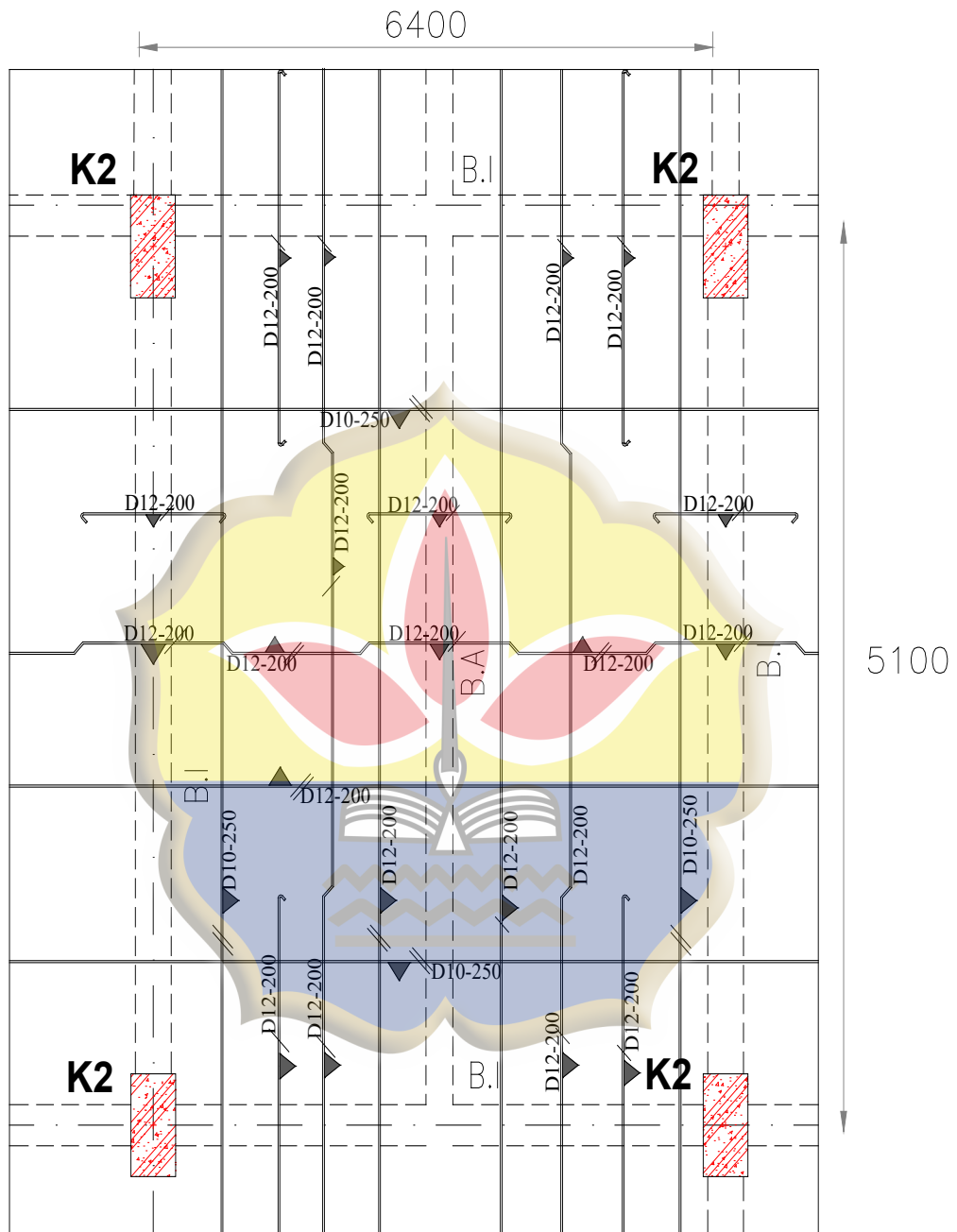
$$M_{ly} = - M_{ty} = 36$$

$$W_u = 9,700 \text{ kN/m}^2$$

Tabel 4.50 Perhitungan Tulangan Pelat Lantai 12 (Atap)

		Mlx	Mtx	Mly	Mty
Mu	kNm	5,960	5,960	9,083	9,083
Mn perlu	kNm	6,622	6,622	10,092	10,092
m		15,686	15,686	15,686	15,686
h	mm	150	150	150	150
d	mm	124	124	112	112
Rn	MPa	0,431	0,431	0,805	0,805
ρ min		0,0035	0,0035	0,0035	0,0035
ρ b		0,0321	0,0321	0,0321	0,0321
ρ max		0,0241	0,0241	0,0241	0,0241
ρ perlu		0,0011	0,0011	0,0020	0,0020
ρ pakai		0,0035	0,0035	0,0035	0,0035
As perlu	mm ²	434	434	392	392
S	mm	260,461	260,461	288,367	288,367
		200	200	200	200
As pakai	mm ²	565,200	565,200	565,200	565,200
a	mm	8,866	8,866	8,866	8,866
Mn	kNm	27,032	27,032	24,319	24,319
Asst perlu	mm ²	300	300	300	300
S	mm	261,667	261,667	261,667	261,667
		250	250	250	250
Asst pakai	mm ²	314,000	314,000	314,000	314,000
Tul. Pokok		D12-200	D12-200	D12-200	D12-200
Tul. Susut		D10-250	D10-250	D10-250	D10-250

Sumber: Data Olahan, 2019



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.88 Penulangan Pelat Lantai 12 (Atap)

4. Perhitungan Balok

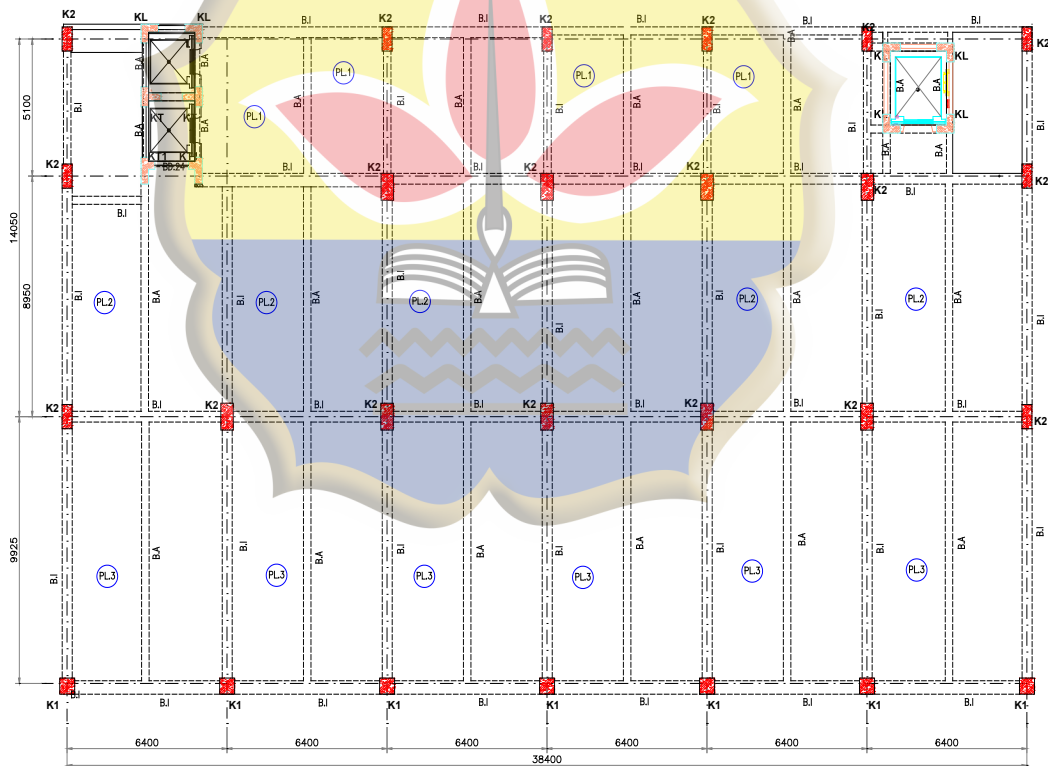
Pada perhitungan balok terdiri dari :

1. Balok interior
2. Balok eksterior

A. Perhitungan Balok Interior Lantai Dasar s/d Lantai 3

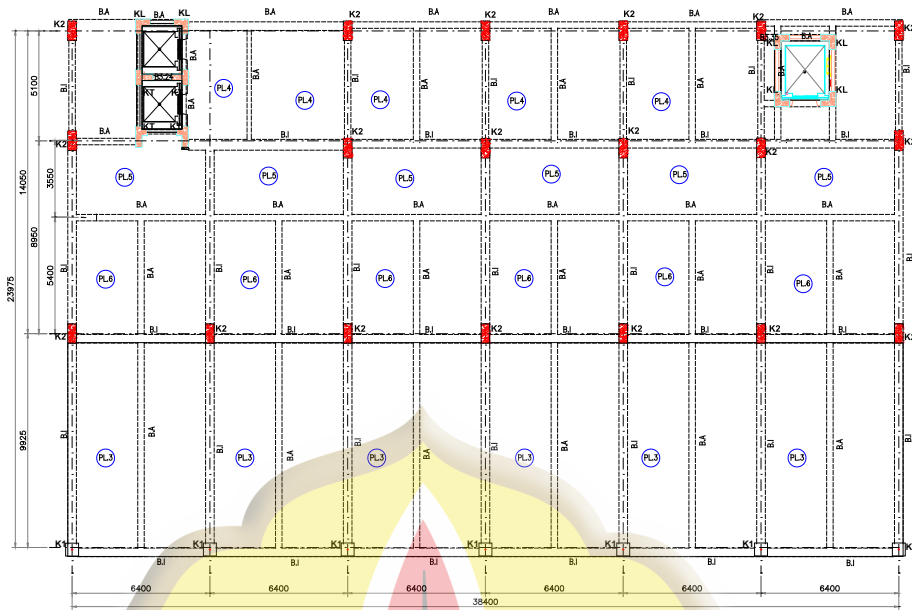
Balok interior lantai dasar s/d lantai 3 terdiri dari:

- Balok induk ($500 \text{ mm} \times 700 \text{ mm}$);
- Balok anak ($350 \text{ mm} \times 650 \text{ mm}$);



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.89 Denah Tinjauan Balok Lantai Dasar s/d Lantai 2

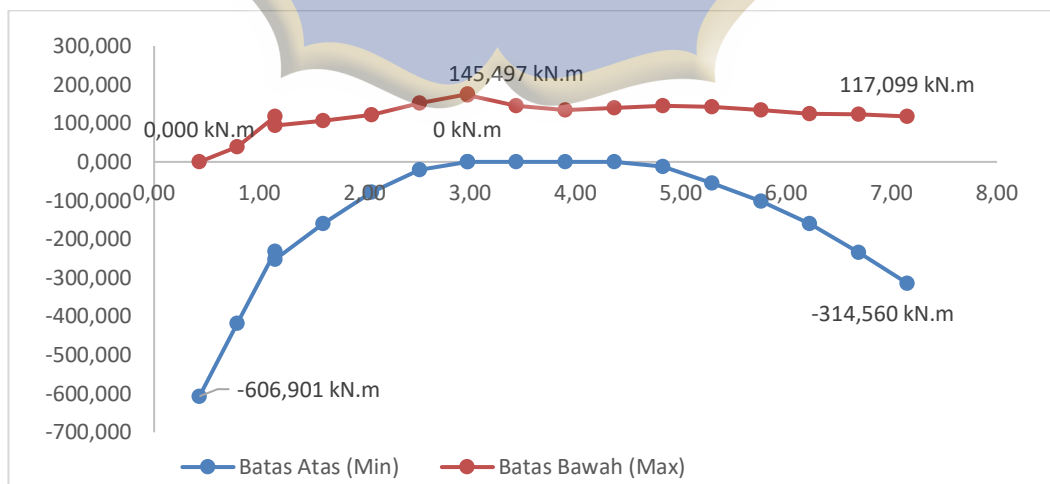


Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.90 Denah Tinjauan Balok Lantai 3

- Balok Induk Portal Arah X

a. Tulangan Lentur



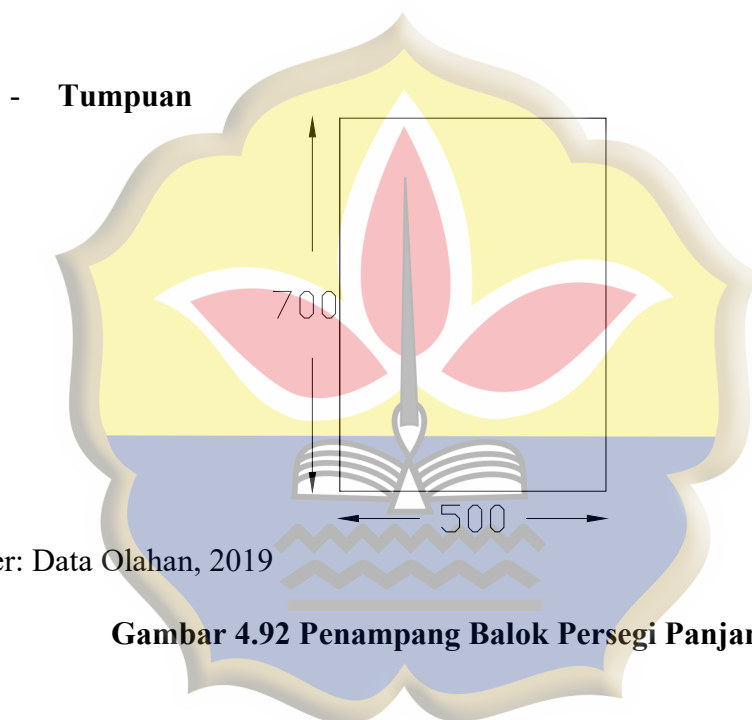
Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.91 Momen Envelope Pada Balok Portal Arah X

Tabel 4.51 Momen Lantai Dasar s/d Lantai 3 Portal Arah X

Frame	Momen Balok Interior		
	Tumpuan (kN.m)	Lapangan (kN.m)	Tumpuan (kN.m)
74			
Batas Atas	-606,901	0	-314,560
Batas Bawah	0	145,497	117,099

Sumber: Data Olahan, 2019



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.92 Penampang Balok Persegi Panjang

Diketahui:

$$b = 500 \text{ mm}$$

$$h = 700 \text{ mm}$$

$$d = 90\% \cdot h = 630 \text{ mm}$$

$$f'c = 30 \text{ MPa}$$

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

$$\beta_1 = 0,84$$

$$\phi = 0,9$$

$$cc = 40 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_c = 0,003$$

$$\varepsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,0020$$

Tulangan:

- Tul. Pokok D22
- Tul. Torsi dan Tul. Geser D13

Desain Tulangan Penampang Momen Positif

$$M_u = 117,099 \text{ kN.m}$$

$$= 117099000 \text{ N.mm}$$

$$c_b = d \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_c + \varepsilon_y} \right) = 630 \cdot \left(\frac{0,003}{0,003 + 0,002} \right) = 378 \text{ mm}$$

$$a_b = \beta_1 \cdot c_b = 0,84 \cdot 378 = 317,520 \text{ mm}$$

$$a_{max} = 0,75 \cdot a_b = 0,75 \cdot 317,520 = 238,140 \text{ mm}$$

$$\phi M_{n_{bal}} = \phi \left(0,85 \cdot f_c \cdot b \cdot a_{max} \cdot \left(d - \frac{a_{max}}{2} \right) \right)$$

$$= 0,9 \left(0,85 \cdot 30 \cdot 500 \cdot 238,140 \cdot \left(630 - \frac{238,140}{2} \right) \right) = 1396,196 \text{ kN.m}$$

$$M_u < \phi M_{n_{bal}}$$

117,099 kN.m < 1396,196 kN.m ..Ya! (harus menggunakan Tul. tunggal)

$$R_u = \frac{M_u}{\phi b \cdot d^2} = \frac{117099000}{0,9 \cdot 500 \cdot 630^2} = 0,656$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 \cdot f_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_u}{0,85 \cdot f_c}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 \cdot 30}{400} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,656}{0,85 \cdot 30}} \right) = 0,0017$$

$$\rho_{\text{min}} = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} = \frac{0,25\sqrt{30}}{400} = 0,0034 \\ \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \quad (\text{SNI 2847-2013, subpasal 10.5.1}) \end{array} \right.$$

Maka, $\rho_{\text{min}} = 0,0035$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \left(\frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \right) \cdot \beta_1 \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \left(\frac{0,85 \cdot 30}{400} \right) \cdot 0,84 \cdot \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0321 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{max}} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,0321 = 0,0241 \end{aligned}$$

Syarat rasio penulangan :

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0017 > \rho_{\text{min}} = 0,0035 \quad \dots \text{Tidak!}$$

$$1,33 \rho_{\text{min}} = 0,0022 < \rho_{\text{min}} = 0,0035 \quad \dots \text{Ya!}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0017 > \rho_{\text{max}} = 0,0241 \quad \dots \text{Ya!}$$

Maka yang digunakan:

$$\rho = 1,33 \rho_{\text{min}} = 0,0022$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,0022 \cdot 500 \cdot 630 = 695,754 \text{ mm}^2$$

Dipakai Tulangan Pokok : D22

$$A. \text{Tul} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D22^2 = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 22^2 = 380,133 \text{ mm}^2$$

$$N = \frac{As}{A.Tul} = \frac{695,754}{380,133} = 1,830 = 2 \text{ Buah}$$

$$As \text{ pakai} = 2 \cdot A.Tul = 2 \cdot 380,133 = 760,266 \text{ mm}^2$$

Hitung momen nominal penampang, berdasarkan tulangan terpasang pada tumpuan.

a = tinggi blok penekan

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot f'c \cdot b} = \frac{1140,399 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 500} = 35,777 \text{ mm}$$

$$d = h - cc - Ds - D$$

$$= 700 - 40 - 13 - 22 = 625 \text{ mm}$$

$$\phi Mn = \phi As \cdot fy \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$= 0,9 \cdot 1140,399 \cdot \left(625 - \frac{35,777}{2}\right) = 167,796 \text{ kN.m}$$

$$\text{Ruang tersedia} = b - 2(cc + Ds)$$

$$= 500 - 2(40 + 13) = 394 \text{ mm}$$

Jumlah tulangan dalam 1 lapis:

$$394 \geq (n \cdot D) + (n - 1) \cdot 22$$

$$394 \geq (n \cdot 22) + (n - 1) \cdot 22$$

$$394 \geq 22n + 22n - 22$$

$$416 \geq 44n$$

$$9,455 \geq n$$

Artinya: Jumlah tulangan D22 dalam 1 lapis ≤ 9 buah

Desain Tulangan Penampang Momen Negatif

$$\begin{aligned} M_u &= 606,901 \text{ kN.m} \\ &= 606901000 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$M_u < \phi M_{n_{bal}}$$

606,901 kN.m < 1396,196 kN.m ..Ya! (harus menggunakan Tul. tunggal)

$$R_u = \frac{M_u}{\phi b \cdot d^2} = \frac{606901000}{0,9 \cdot 500 \cdot 630^2} = 3,398$$

$$\rho' \text{ perlu} = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_u}{0,85 \cdot f'_c}} \right)$$

$$\rho' \text{ perlu} = \frac{0,85 \cdot 30}{400} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 3,398}{0,85 \cdot 30}} \right) = 0,0103$$

$$\rho \text{ min} = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{0,25\sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{0,25\sqrt{30}}{400} = 0,0034 \\ \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \text{ (SNI 2847-2013, subpasal 10.5.1)} \end{array} \right.$$

Maka, $\rho \text{ min} = 0,0035$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \left(\frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \right) \cdot \beta_1 \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \left(\frac{0,85 \cdot 30}{400} \right) \cdot 0,84 \cdot \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0321 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,0321 = 0,0241 \end{aligned}$$

Syarat rasio penulangan :

$$\rho' \text{ perlu} = 0,0103 > \rho \text{ min} = 0,0035 \quad \dots \text{ Ya!}$$

$$\rho' \text{ perlu} = 0,0103 > \rho \text{ max} = 0,0241 \quad \dots \text{ Ya!}$$

Maka yang digunakan:

$$\rho' = \rho' \text{ perlu} = 0,0103$$

$$As' = \rho' \cdot b \cdot d = 0,0103 \cdot 500 \cdot 630 = 3233,604 \text{ mm}^2$$

Dipakai Tulangan Pokok : D22

$$A'. \text{Tul} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D22^2 = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 22^2 = 380,133 \text{ mm}^2$$

$$N = \frac{As'}{A'. \text{Tul}} = \frac{3421,197}{380,133} = 8,507 = 9 \text{ Buah}$$

$$As' \text{ pakai} = 9 \cdot A'. \text{Tul} = 9 \cdot 380,133 = 3421,197 \text{ mm}^2$$

Hitung momen nominal penampang, berdasarkan tulangan terpasang pada tumpuan.

a = tinggi blok penekan

$$a = \frac{As' \cdot fy}{0,85 \cdot f'c \cdot b} = \frac{3421,197 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 500} = 107,332 \text{ mm}$$

$$d = h - cc - Ds - D - \frac{Sv}{2}$$

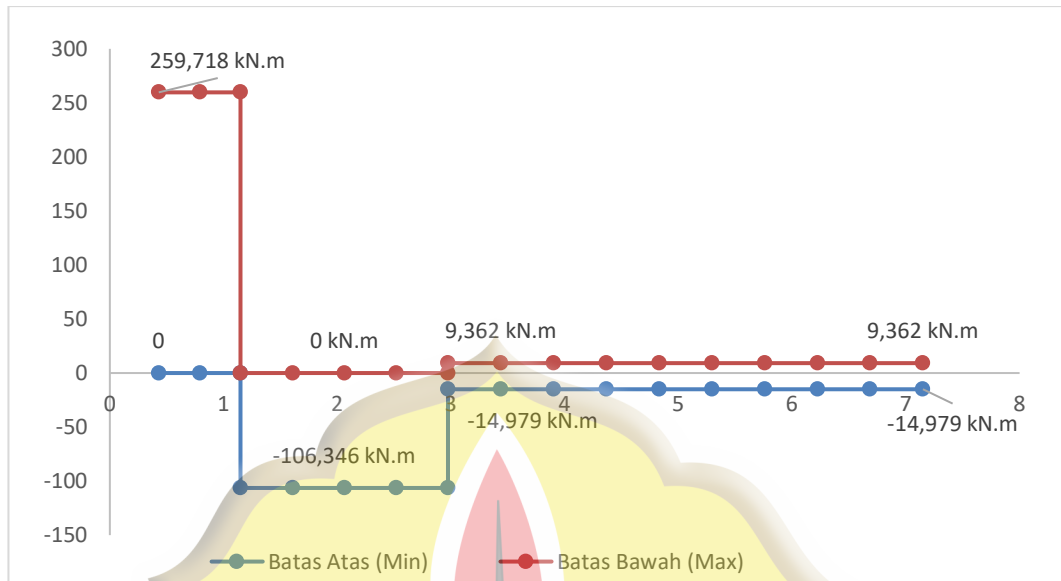
$$= 700 - 40 - 13 - 22 - \frac{40}{2} = 605 \text{ mm}$$

$$\phi Mn = \phi As \cdot fy \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$= 0,9 \cdot 3421,197 \cdot \left(605 - \frac{107,332}{2}\right) = 679,040 \text{ kN.m}$$

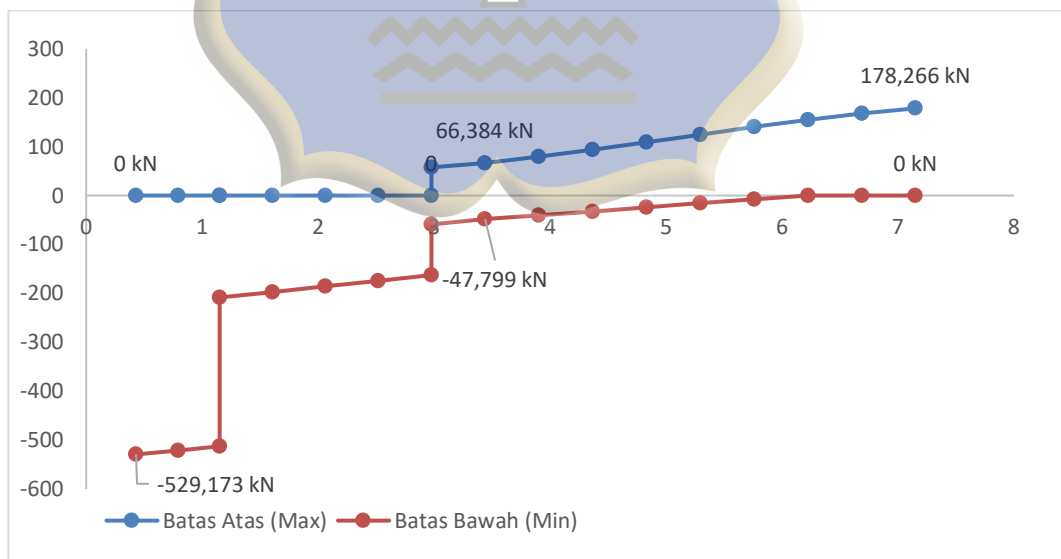
Jadi, untuk tulangan atas = 9 D22 dan tulangan bawah = 2 D22

b. Tulangan Torsi dan Tulangan Geser



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.93 Diagram Envelope Torsi Arah X



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.94 Diagram Envelope Gaya Geser Arah X

$$T_u = 259,718 \text{ kN.m} = 259718000 \text{ N.mm}$$

$$V_u = 529,173 \text{ kN} = 529173 \text{ N}$$

$$d = 625 \text{ mm}$$

$$\phi = 0,75$$

$$\lambda = 1$$

$$A_{cp} = b \cdot h = 500 \cdot 700 = 350000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2 \cdot (b + h) = 2 \cdot (500 + 700) = 2400 \text{ mm}$$

Hitung besaran torsi yang boleh diabaikan:

$$T_u > \phi \cdot \frac{\sqrt{f_r c}}{12} \cdot \left(\frac{A^2_{cp}}{P_{cp}} \right) \cdot 10^{-6}$$

$$259,718 \text{ kN.m} > 0,75 \cdot \frac{\sqrt{30}}{12} \cdot \left(\frac{350000^2}{2400} \right) \cdot 10^{-6} = 17,473 \text{ kN.m} \dots \text{Ya!}$$

Maka torsi tidak dapat diabaikan;

$$T_n = \frac{T_u}{\phi} = \frac{259,718}{0,75} = 346,291 \text{ kN.m}$$

$$X_1 = b - (2(cc + \frac{1}{2} \cdot D_s))$$

$$= 500 - (2(40 + \frac{1}{2} \cdot 13)) = 407 \text{ mm}$$

$$Y_1 = h - (2(cc + \frac{1}{2} \cdot D_s))$$

$$= 700 - (2(40 + \frac{1}{2} \cdot 13)) = 607 \text{ mm}$$

$$A_{oh} = X_1 \cdot Y_1 = 407 \cdot 607 = 247049 \text{ mm}^2$$

$$A_o = 0,85 \cdot A_{oh} = 0,85 \cdot 247049 = 209991,650 \text{ mm}^2$$

$$P_h = 2(X_1 + Y_1) = 2(407 + 607) = 2028 \text{ mm}$$

Menurut SNI 2847:2013 Subpasal 11.5.3.6 nilai \emptyset ditetapkan 45° , karena merupakan struktur non-pratekan, sehingga nilai $Cot \emptyset = 1,0$

Hitung kebutuhan tulangan torsi:

$$\begin{aligned}\frac{A_t}{s} &= \frac{T_n}{2 \cdot A_o \cdot f_y \cdot \cot \emptyset} \\ &= \frac{346,291 \cdot 10^6}{2 \cdot 210854,400 \cdot 400 \cdot 1} = 2,05 \text{ mm}\end{aligned}$$

Hitung kebutuhan tulangan geser:

$$\begin{aligned}V_c &= 0,17 \cdot \lambda \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d \\ &= 0,17 \cdot 1 \sqrt{30} \cdot 500 \cdot 625 = 290977,609 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\phi V_c = 0,75 \cdot 290977,609 = 218233,207 \text{ N}$$

$$V_n \text{ perlu} = \frac{V_u}{\phi} = \frac{529,173}{0,75} = 705564 \text{ N}$$

Dengan demikian $V_u > \phi V_c$, sehingga diperlukan tulangan geser:

$$V_s \text{ perlu} = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{529,173}{0,75} - 290977,609 = 414586,391 \text{ N}$$

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s \text{ perlu}}{f_y \cdot d} = \frac{414586,391}{400 \cdot 618} = 1,658 \text{ mm}$$

$$\frac{A_{vt}}{s} = 2 \cdot \frac{A_t}{s} + 2 \cdot \frac{A_v}{s} = 2 \cdot 2,061 + 2 \cdot 1,658 = 7,439 \text{ mm}$$

Digunakan Tulangan Torsi dan Geser dengan tulangan Ulir D13:

$$A. \text{ Tul} = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D13^2 = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 13^2 = 265,465 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A. \text{ Tul}}{A_{vt}/s} = \frac{265,465}{7,439} = 15,203 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = \frac{P_h}{8} = \frac{2028}{8} = 254 \text{ mm, maka digunakan spasi } 100 \text{ mm (D13-100)}$$

Hitung Kebutuhan Tul. Torsi arah *Longitudinal*:

$$A_{lt} = \frac{A_t}{s} \cdot P_h \cdot \frac{f_y}{f_y} \cot^2 = 2,061 \cdot 2028 \cdot \frac{400}{400} \cdot 1^2 = 4180,389 \text{ mm}^2$$

$$A_{lt \text{ min}} = \frac{5 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot A_{cp}}{12 \cdot f_y} - \frac{A_t}{s} \cdot P_h \cdot \frac{f_{yv}}{f_{yt}}$$

$$= \frac{5 \cdot \sqrt{30} \cdot 350000}{12 \cdot 400} - 2,061 \cdot 2028 \cdot \frac{400}{400} = 2183,484 \text{ mm}^2$$

Alt > Alt min Ya! (Alt pakai = 4180,389 mm²)

Tul. Atas = $\frac{1}{4} \cdot \text{Alt} = \frac{1}{4} \cdot 4180,389 = 1045,097 \text{ mm}^2$

Dipakai 4 D22 = 1520,532 mm²

Tul. Badan = $\frac{1}{2} \cdot \text{Alt} = \frac{1}{2} \cdot 4180,389 = 2090,195 \text{ mm}^2$

Dipakai 2 D29 = 1321.040 mm²

Tul. Atas = $\frac{1}{4} \cdot \text{Alt} = \frac{1}{4} \cdot 4180,389 = 1045,097 \text{ mm}^2$

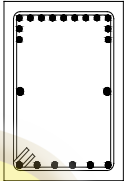
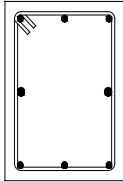
Dipakai 4 D22 = 1520,532 mm²

4.52 Tulangan Terpasang Lantai Dasar s/d Lantai 3

Balok Induk Interior Arah X

		Tulangan Tumpuan	
Tulangan Lentur	As'	3233,604 mm ²	
	As	695,754 mm ²	
	As' Pakai	3421,197 mm ²	9 D22
	As pakai	760,266 mm ²	2 D22
Tulangan Torsi	Torsi arah Longitudinal	4180,389 mm ²	
	Atas	1520,532 mm ²	4 D22
	Tengah	1321,040 mm ²	2 D29
	Bawah	1520,532 mm ²	4 D22
Total Tul. Terpasang	Tul. Atas	13 D22	
	Tul. Tengah	2 D29	
	Tul. Bawah	6 D22	
Tulangan Lapangan	Tulangan Lapangan		
	As'	1102,500 mm ²	
	As	867,307 mm ²	
	As' pakai	1140,399 mm ²	
	As pakai	1140,399 mm ²	
	Tul. Atas	3 D22	
Tul. Bawah	3 D22		
Torsi dan Geser	Av + At	7,439 mm	
	D12-100		

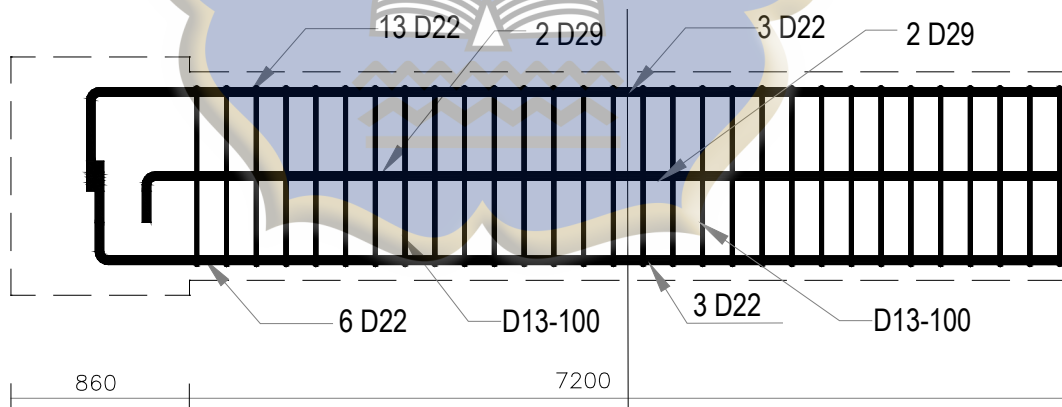
Sumber: Data Olahan, 2019

BALOK ARAH X	TULANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
BALOK INDUK 500 X 700 MM	TULANGAN ATAS	13 D22	3 D22
	TULANGAN TENGAH	2 D29	2 D29
	TULANGAN BAWAH	6 D22	3 D22
	TULANGAN SENKANG	D13-100	D13-100
	GAMBAR PENULANGAN		

Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.95 Detail Penampang Balok Induk Interior Arah X

Lantai Dasar s/d Lantai 3



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.96 Penulangan Balok Induk Interior Arah X

Lantai Dasar s/d Lantai 3

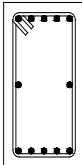
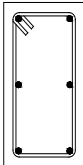
- Balok Anak Portal Arah X

4.53 Tulangan Terpasang Lantai Dasar s/d Lantai 3

Balok Anak Interior Arah X

Tulangan Lentur	Tulangan Tumpuan		
	As'	1336,987 mm ²	
	As	1251,253 mm ²	
	As' Pakai	1520,532 mm ²	4 D22
	As pakai	1520,532 mm ²	4 D22
Tulangan Torsi	Torsi arah Longitudinal		
	1189,969 mm ²		
	Atas	380,133 mm ²	1 D22
	Tengah	760,266 mm ²	2 D22
	Bawah	380,133 mm ²	1 D22
Total Tul. Terpasang	Tul. Atas		5 D22
	Tul. Tengah		2 D22
	Tul. Bawah		5 D22
Tulangan Lentur	Tulangan Lapangan		
	As'	210,579 mm ²	
	As	388,986 mm ²	
	As' pakai	760,266 mm ²	
	As pakai	760,266 mm ²	
	Tul. Atas		2 D22
Tul. Bawah		2 D22	
Torsi dan Geser	Av + At	1,391 mm	
	D13-150		

Sumber: Data Olahan, 2019

BALOK ARAH X	TULANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
BALOK ANAK 350 X 650 MM	TULANGAN ATAS	5 D22	2 D22
	TULANGAN TENGAH	2 D22	2 D22
	TULANGAN BAWAH	5 D22	2 D22
	TULANGAN SENGKANG	D13 - 150	D13 - 150
	GAMBAR PENULANGAN		

Sumber: Data Olahan, 2019



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.98 Penulangan Balok Anak Interior Arah X

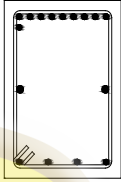
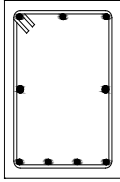
Lantai Dasar s/d Lantai 3

4.54 Tulangan Terpasang Lantai Dasar s/d Lantai 3

Balok Induk Interior Arah Y

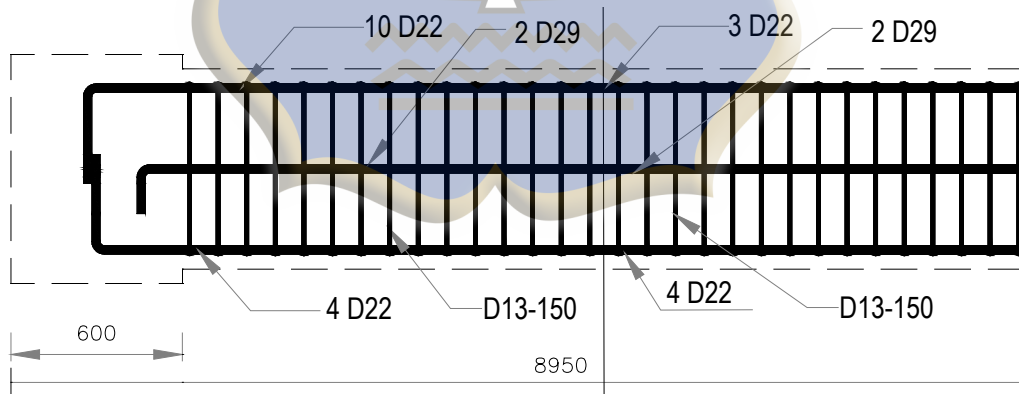
Tulangan Lentur	Tulangan Tumpuan		
	As'	3063,924 mm ²	
	As	1102,500 mm ²	
	As' Pakai	3421,197 mm ²	9 D22
	As pakai	1140,399 mm ²	3 D22
Tulangan Torsi	Torsi arah Longitudinal	1660,580 mm ²	
	Atas	380,133 mm ²	1 D22
	Tengah	1321,040 mm ²	2 D29
	Bawah	380,133 mm ²	1 D22
Total Tul. Terpasang	Tul. Atas	10 D22	
	Tul. Tengah	2 D29	
	Tul. Bawah	4 D22	
Tulangan Lentur	Tulangan Lapangan		
	As'	1102,500 mm ²	
	As	1263,590 mm ²	
	As' pakai	1140,399 mm ²	
	As pakai	1520,532 mm ²	
	Tul. Atas	3 D22	
	Tul. Bawah	4 D22	
Torsi dan Geser	Av + At	1,553 mm	
	D13-150		

Sumber: Data Olahan, 2019

BALOK ARAH Y	TULANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
BALOK INDUK 500 X 700 MM	TULANGAN ATAS	10 D22	3 D22
	TULANGAN TENGAH	2 D29	2 D29
	TULANGAN BAWAH	4 D22	4 D22
	TULANGAN SENGGANG	D13-150	D13-150
	GAMBAR PENULANGAN		

Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.99 Detail Penampang Balok Induk Interior Arah Y
Lantai Dasar s/d Lantai 3



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.100 Penulangan Balok Induk Interior Arah Y
Lantai Dasar s/d Lantai 3

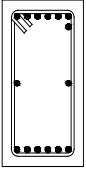
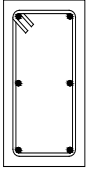
- Balok Anak Portal Arah Y

4.55 Tulangan Terpasang Lantai Dasar s/d Lantai 3

Balok Anak Interior Arah Y

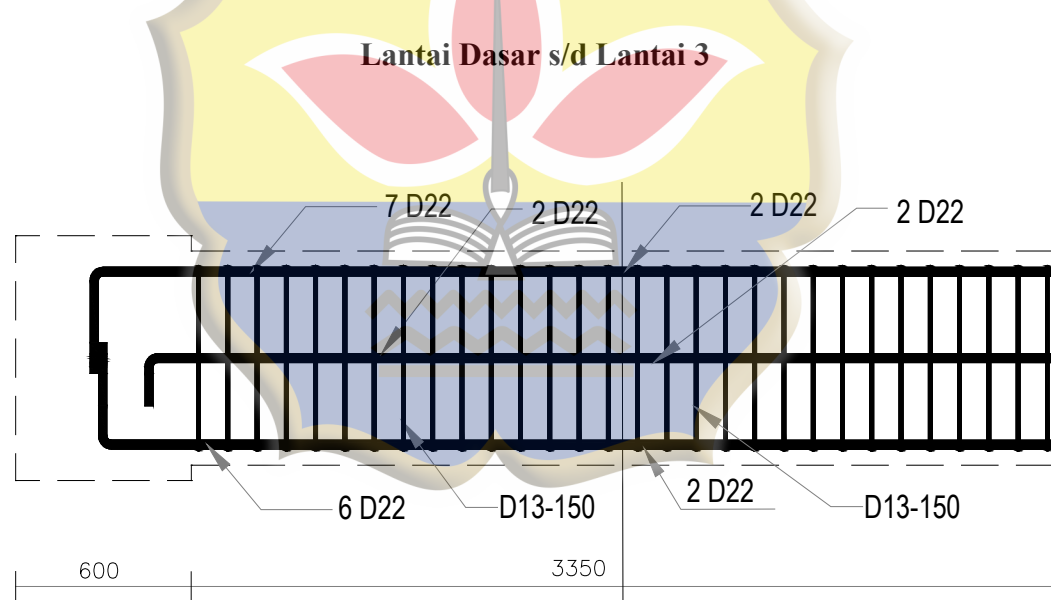
Tulangan Lentur	Tulangan Tumpuan	
	As'	2059,626 mm ²
	As	1850,679 mm ²
	As' Pakai	2280,798 mm ² 6 D22
	As pakai	1900,665 mm ² 5 D22
Tulangan Torsi	Torsi arah Longitudinal	
	1270,196 mm ²	
	Atas	380,133 mm ² 1 D22
	Tengah	760,266 mm ² 2 D22
	Bawah	380,133 mm ² 1 D22
Total Tul. Terpasang	Tul. Atas	
	7 D22	
	Tul. Tengah	
	2 D22	
	Tul. Bawah	
	6 D22	
Tulangan Lentur	Tulangan Lapangan	
	As'	385,697 mm ²
	As	407,927 mm ²
	As' pakai	760,266 mm ²
	As pakai	760,266 mm ²
	Tul. Atas	
	2 D22	
Tul. Bawah		
2 D22		
Torsi dan Geser	Av + At	2,567 mm
	D13-150	

Sumber: Data Olahan, 2019

BALOK ARAH Y	TULANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
BALOK ANAK 350 X 650 MM	TULANGAN ATAS	7 D22	2 D22
	TULANGAN TENGAH	2 D22	2 D22
	TULANGAN BAWAH	6 D22	2 D22
	TULANGAN SENGKANG	D13 - 150	D13 - 150
	GAMBAR PENULANGAN		

Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.101 Detail Penampang Balok Anak Interior Arah Y



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.102 Penulangan Balok Anak Interior Arah Y

Lantai Dasar s/d Lantai 3

B. Perhitungan Balok Eksterior Lantai Dasar s/d Lantai 3

Balok eksterior lantai dasar s/d lantai 3 hanya memiliki ukuran balok induk (500 mm × 700 mm);

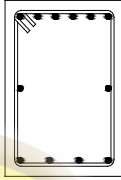
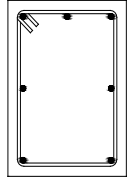
- Balok Induk Portal Arah X

4.56 Tulangan Terpasang Lantai Dasar s/d Lantai 3

Balok Induk Eksterior Arah X

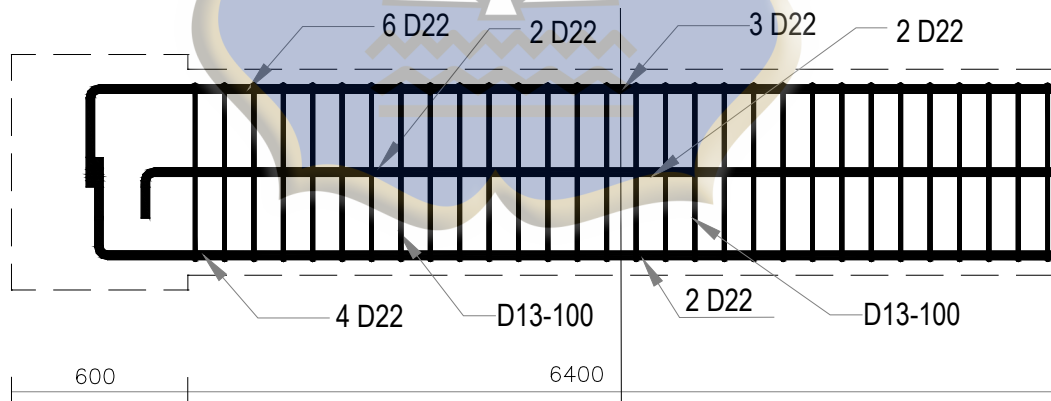
Tulangan Lentur	Tulangan Tumpuan	
	As'	1600,687 mm ²
	As	820,548 mm ²
	As' pakai	1900,665 mm ² 5 D22
	As pakai	1140,399 mm ² 3 D22
Tulangan Torsi	Torsi arah Longitudinal	
	1434,937 mm ²	
	Atas	380,133 mm ² 1 D22
	Tengah	760,266 mm ² 2 D22
	Bawah	380,133 mm ² 1 D22
Total Tul. Terpasang	Tul. Atas	
	6 D22	
	Tul. Tengah	
	2 D22	
	Tul. Bawah	
	4 D22	
Tulangan Lentur	Tulangan Lapangan	
	As'	1102,500 mm ²
	As	453,403 mm ²
	As' pakai	1140,399 mm ²
	As pakai	760,266 mm ²
	Tul. Atas	
3 D22		
Tul. Bawah		
2 D22		
Torsi dan Geser	Av + At	1,665 mm
	D13-150	

Sumber: Data Olahan, 2019

BALOK ARAH X	TULANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
BALOK INDUK 500 X 700 MM	TULANGAN ATAS	6 D22	3 D22
	TULANGAN TENGAH	2 D22	2 D22
	TULANGAN BAWAH	4 D22	2 D22
	TULANGAN SENGKANG	D13-150	D13-150
	GAMBAR PENULANGAN		

Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.103 Detail Penampang Balok Induk Eksterior Arah X
Lantai Dasar s/d Lantai 3



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.104 Penulangan Balok Induk Eksterior Arah X
Lantai Dasar s/d Lantai 3

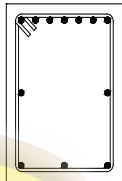
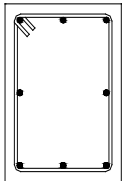
- **Balok Induk Portal Arah Y**

4.57 Tulangan Terpasang Lantai Dasar s/d Lantai 3

Balok Induk Eksterior Arah Y

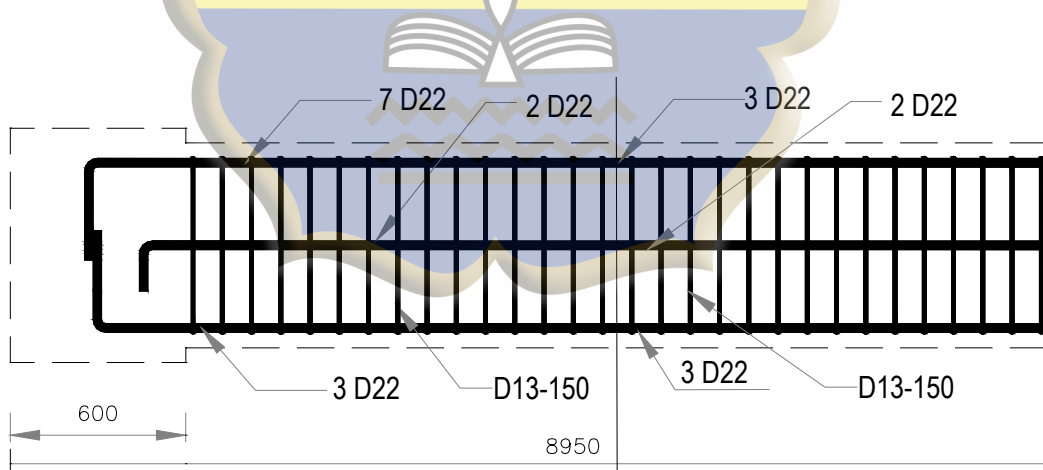
Tulangan Lentur	Tulangan Tumpuan		
	As'	2061,664 mm ²	
	As	339,766 mm ²	
	As' Pakai	2280,798 mm ²	6 D22
	As pakai	760,266 mm ²	2 D22
Tulangan Torsi	Torsi arah Longitudinal		
	1083,923 mm ²		
	Atas	380,133 mm ²	1 D22
	Tengah	760,266 mm ²	2 D22
	Bawah	380,133 mm ²	1 D22
Total Tul. Terpasang	Tul. Atas		7 D22
	Tul. Tengah		2 D22
	Tul. Bawah		3 D22
Tulangan Lentur	Tulangan Lapangan		
	As'	1102,500 mm ²	
	As	950,486 mm ²	
	As' pakai	1140,399 mm ²	
	As pakai	1140,399 mm ²	
	Tul. Atas		3 D22
	Tul. Bawah		3 D22
Torsi dan Geser	Av + At	2,324 mm	
	D13-150		

Sumber: Data Olahan, 2019

BALOK ARAH Y	TULANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
BALOK INDUK 500 X 700 MM	TULANGAN ATAS	7 D22	3 D22
	TULANGAN TENGAH	2 D22	2 D22
	TULANGAN BAWAH	3 D22	3 D22
	TULANGAN SENGKANG	D13-150	D13-150
	GAMBAR PENULANGAN		

Sumber: Data Olahan, 2019

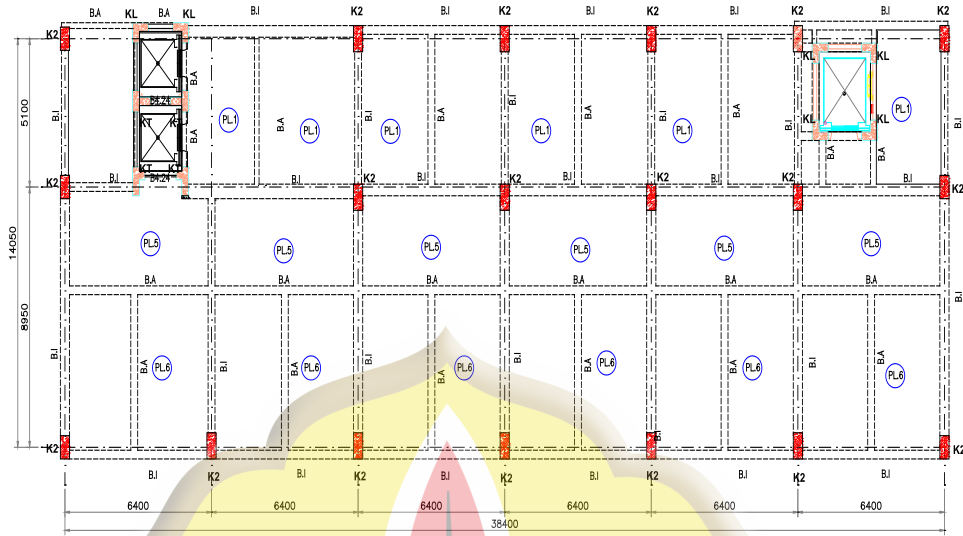
Gambar 4.105 Detail Penampang Balok Induk Eksterior Arah Y
Lantai Dasar s/d Lantai 3



Sumber: Data Olahan, 2019

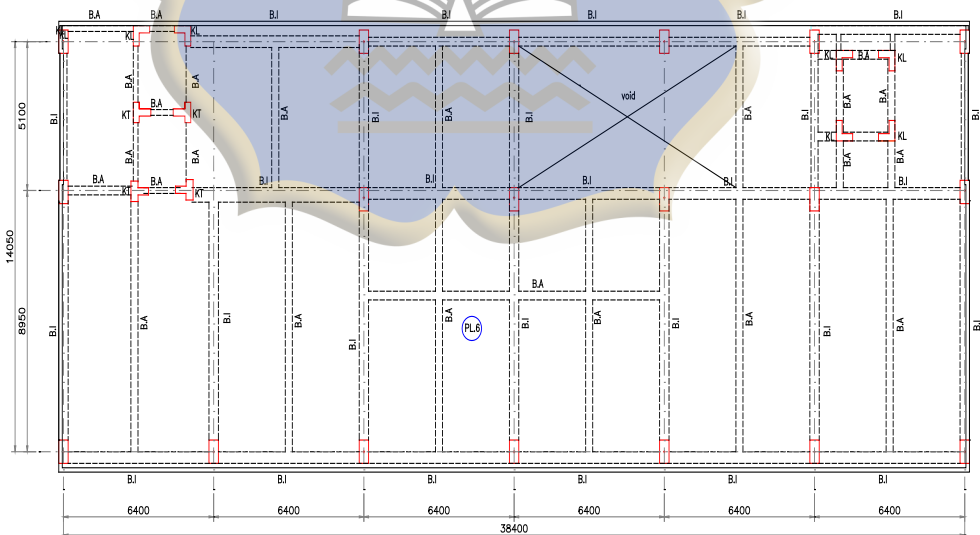
Gambar 4.106 Penulangan Balok Induk Eksterior Arah Y
Lantai Dasar s/d Lantai 3

C. Perhitungan Balok Interior Lantai 4 s/d Lantai 8



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.107 Denah Tinjauan Balok Lantai 4 s/d Lantai 11



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.108 Denah Tinjauan Balok Lantai 12 (Atap)

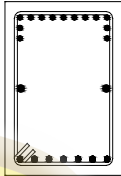
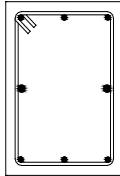
- **Balok Induk Portal Arah X**

4.58 Tulangan Terpasang Lantai 4 s/d Lantai 8

Balok Induk Interior Arah X

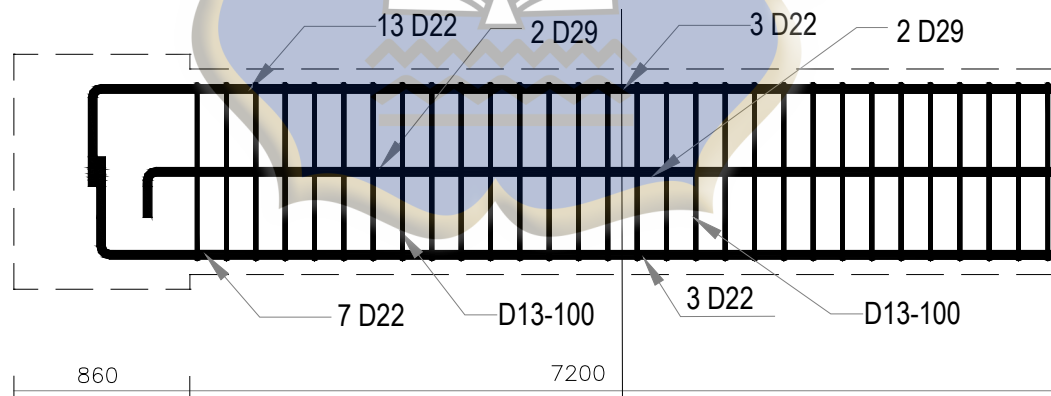
Tulangan Lentur	Tulangan Tumpuan		
	As'	3266,409 mm ²	
	As	934,107 mm ²	
	As' Pakai	3421,197 mm ²	9 D22
	As pakai	1140,399 mm ²	3 D22
Tulangan Torsi	Torsi arah Longitudinal	4389,000 mm ²	
	Atas	1520,532 mm ²	4 D22
	Tengah	1321,040 mm ²	2 D29
	Bawah	1520,532 mm ²	4 D22
Total Tul. Terpasang	Tul. Atas		13 D22
	Tul. Tengah		2 D29
	Tul. Bawah		7 D22
Tulangan Lentur	Tulangan Lapangan		
	As'	1102,500 mm ²	
	As	781,094 mm ²	
	As' pakai	1140,399 mm ²	
	As pakai	1140,399 mm ²	
	Tul. Atas		3 D22
	Tul. Bawah		3 D22
Torsi dan Geser	Av + At	7,973 mm	
	D13-100		

Sumber: Data Olahan, 2019

BALOK ARAH X	TULANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
BALOK INDUK 500 X 700 MM	TULANGAN ATAS	13 D22	3 D22
	TULANGAN TENGAH	2 D29	2 D29
	TULANGAN BAWAH	7 D22	3 D22
	TULANGAN SENGKANG	D13-100	D13-100
	GAMBAR PENULANGAN		

Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.109 Detail Penampang Balok Induk Interior Arah X
Lantai 4 s/d Lantai 8



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.110 Penulangan Balok Induk Interior Arah X
Lantai 4 s/d Lantai 8

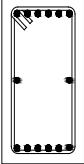
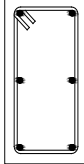
- Balok Anak Portal Arah X

4.59 Tulangan Terpasang Lantai 4 s/d Lantai 8

Balok Anak Interior Arah X

Tulangan Lentur	Tulangan Tumpuan		
	As'	1869,937 mm ²	
	As	1775,104 mm ²	
	As' Pakai	1900,665 mm ²	5 D22
	As pakai	1900,665 mm ²	5 D22
Tulangan Torsi	Torsi arah Longitudinal		
	1072,805 mm ²		
	Atas	380,133 mm ²	1 D22
	Tengah	760,266 mm ²	2 D22
	Bawah	380,133 mm ²	1 D22
Total Tul. Terpasang	Tul. Atas		6 D22
	Tul. Tengah		2 D22
	Tul. Bawah		6 D22
Tulangan Lentur	Tulangan Lapangan		
	As'	293,197 mm ²	
	As	527,907 mm ²	
	As' pakai	760,266 mm ²	
	As pakai	760,266 mm ²	
	Tul. Atas		2 D22
	Tul. Bawah		2 D22
Torsi dan Geser	Av + At	2,540 mm	
	D13-150		

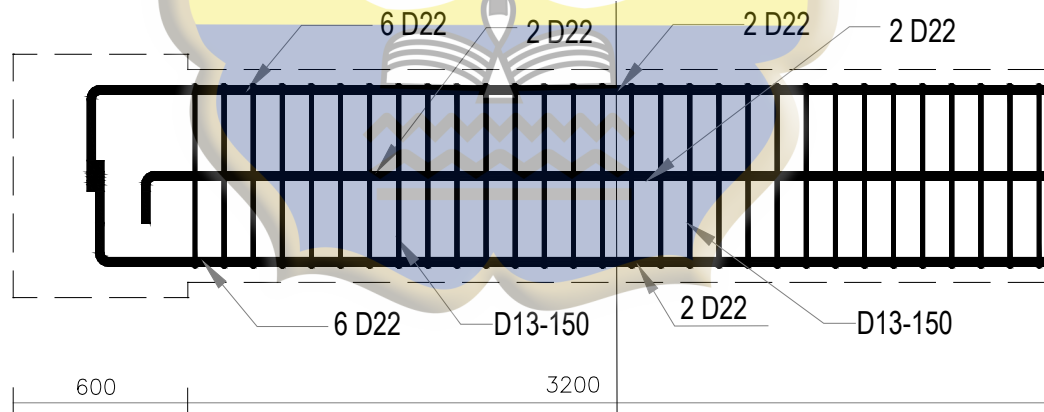
Sumber: Data Olahan, 2019

BALOK ARAH X	TULANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
BALOK ANAK 350 X 650 MM	TULANGAN ATAS	6 D22	2 D22
	TULANGAN TENGAH	2 D22	2 D22
	TULANGAN BAWAH	6 D22	2 D22
	TULANGAN SENGGANG	D13 - 150	D13 - 150
	GAMBAR PENULANGAN		

Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.111 Detail Penampang Balok Anak Interior Arah X

Lantai 4 s/d Lantai 8



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.112 Penulangan Balok Anak Interior Arah X

Lantai 4 s/d Lantai 8

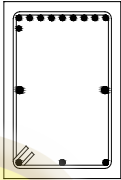
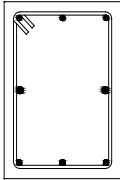
- **Balok Induk Portal Arah Y**

4.60 Tulangan Terpasang Lantai 4 s/d Lantai 8

Balok Induk Interior Arah Y

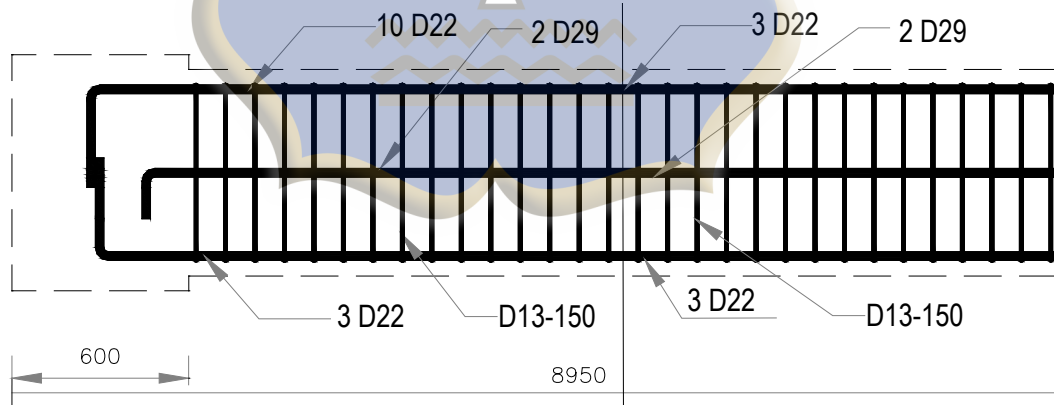
Tulangan Lentur	Tulangan Tumpuan		
	As'	3274,555 mm ²	
	As	160,593 mm ²	
	As' Pakai	3421,197 mm ²	9 D22
	As pakai	760,266 mm ²	2 D22
Tulangan Torsi	Torsi arah Longitudinal		
	1659,933 mm ²		
	Atas	380,133 mm ²	1 D22
	Tengah	1321,040 mm ²	2 D29
	Bawah	380,133 mm ²	1 D22
Total Tul. Terpasang	Tul. Atas		10 D22
	Tul. Tengah		2 D29
	Tul. Bawah		3 D22
Tulangan Lentur	Tulangan Lapangan		
	As'	1102,500 mm ²	
	As	1102,500 mm ²	
	As' pakai	1140,399 mm ²	
	As pakai	1140,399 mm ²	
	Tul. Atas		3 D22
Tul. Bawah		3 D22	
Torsi dan Geser	Av + At	0,727 mm	
	D13-150		

Sumber: Data Olahan, 2019

BALOK ARAH Y	TULANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
BALOK INDUK 500 X 700 MM	TULANGAN ATAS	10 D22	3 D22
	TULANGAN TENGAH	2 D29	2 D29
	TULANGAN BAWAH	3 D22	3 D22
	TULANGAN SENGKANG	D13-150	D13-150
	GAMBAR PENULANGAN		

Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.113 Detail Penampang Balok Induk Interior Arah Y
Lantai 4 s/d Lantai 8



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.114 Penulangan Balok Induk Interior Arah Y

Lantai 4 s/d Lantai 8

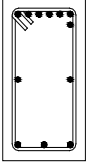
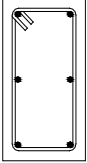
- Balok Anak Portal Arah Y

4.61 Tulangan Terpasang Lantai 4 s/d Lantai 8

Balok Anak Interior Arah Y

Tulangan Lentur	Tulangan Tumpuan		
	As'	2141,112 mm ²	
	As	716,625 mm ²	
	As' Pakai	2280,798 mm ²	6 D22
	As pakai	760,266 mm ²	2 D22
Tulangan Torsi	Torsi arah Longitudinal		869,195 mm ²
	Atas	380,133 mm ²	1 D22
	Tengah	760,266 mm ²	2 D22
	Bawah	380,133 mm ²	1 D22
Total Tul. Terpasang	Tul. Atas		7 D22
	Tul. Tengah		2 D22
	Tul. Bawah		3 D22
Tulangan Lentur	Tulangan Lapangan		
	As'	313,157 mm ²	
	As	5,987 mm ²	
	As' pakai	760,266 mm ²	
	As pakai	760,266 mm ²	
	Tul. Atas		2 D22
Tul. Bawah		2 D22	
Torsi dan Geser	Av + At	3,751 mm	
	D13-100		

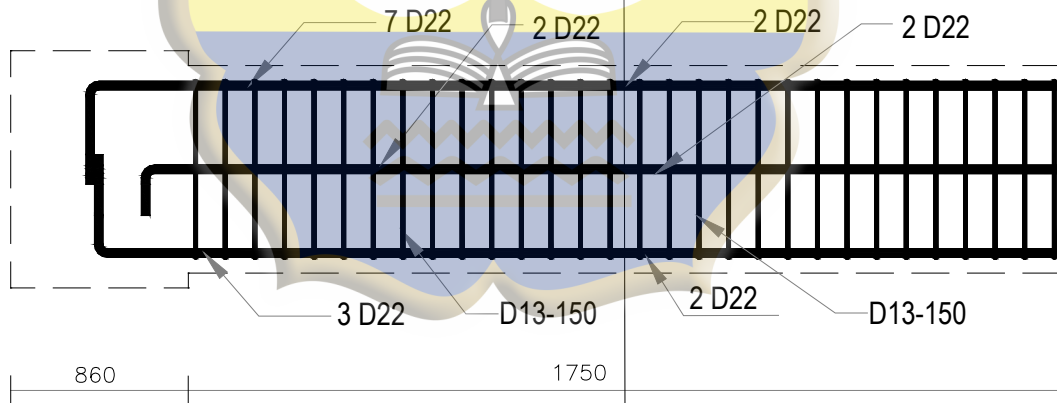
Sumber: Data Olahan, 2019

BALOK ARAH Y	TULANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
BALOK ANAK 350 X 650 MM	TULANGAN ATAS	7 D22	2 D22
	TULANGAN TENGAH	2 D22	2 D22
	TULANGAN BAWAH	3 D22	2 D22
	TULANGAN SENGKANG	D13 - 150	D13 - 150
	GAMBAR PENULANGAN		

Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.115 Detail Penampang Balok Anak Interior Arah Y

Lantai 4 s/d Lantai 8



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.116 Penulangan Balok Anak Interior Arah Y

Lantai 4 s/d Lantai 8

D. Perhitungan Balok Eksterior Lantai 4 s/d Lantai 8

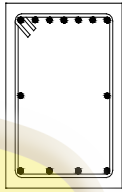
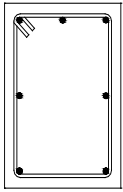
- Balok Induk Portal Arah X

4.62 Tulangan Terpasang Lantai 4 s/d Lantai 8

Balok Induk Eksterior Arah X

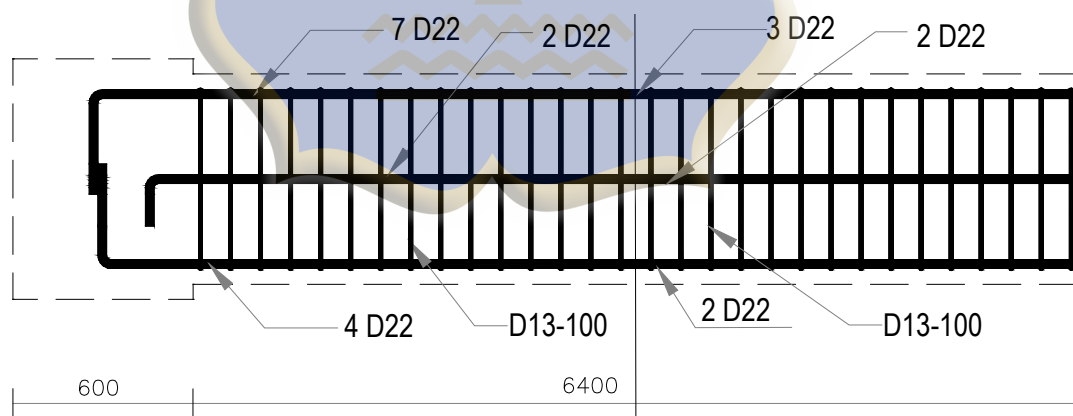
Tulangan Lentur	Tulangan Tumpuan	
	As'	2115,017 mm ²
	As	1122,590 mm ²
	As' Pakai	2280,798 mm ² 6 D22
	As pakai	1140,399 mm ² 3 D22
Tulangan Torsi	Torsi arah Longitudinal	
	1455,522 mm ²	
	Atas	380,133 mm ² 1 D22
	Tengah	760,266 mm ² 2 D22
	Bawah	380,133 mm ² 1 D22
Total Tul. Terpasang	Tul. Atas	
	7 D22	
	Tul. Tengah	
	2 D22	
	Tul. Bawah	
	4 D22	
Tulangan Lentur	Tulangan Lapangan	
	As'	1102,500 mm ²
	As	502,789 mm ²
	As' pakai	1140,399 mm ²
	As pakai	760,266 mm ²
	Tul. Atas	
	3 D22	
Tul. Bawah		
	2 D22	
Torsi dan Geser	Av + At	0,562 mm
	D13-150	

Sumber: Data Olahan, 2019

BALOK ARAH X	TULANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
BALOK INDUK 500 X 700 MM	TULANGAN ATAS	7 D22	3 D22
	TULANGAN TENGAH	2 D22	2 D22
	TULANGAN BAWAH	4 D22	2 D22
	TULANGAN SENGGANG	D13-150	D13-150
	GAMBAR PENULANGAN		

Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.117 Detail Penampang Balok Induk Eksterior Arah X
Lantai 4 s/d Lantai 8



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.118 Penulangan Balok Induk Eksterior Arah X

Lantai 4 s/d Lantai 8

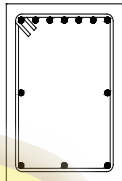
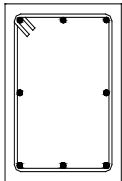
- **Balok Induk Portal Arah Y**

4.63 Tulangan Terpasang Lantai 4 s/d Lantai 8

Balok Induk Eksterior Arah Y

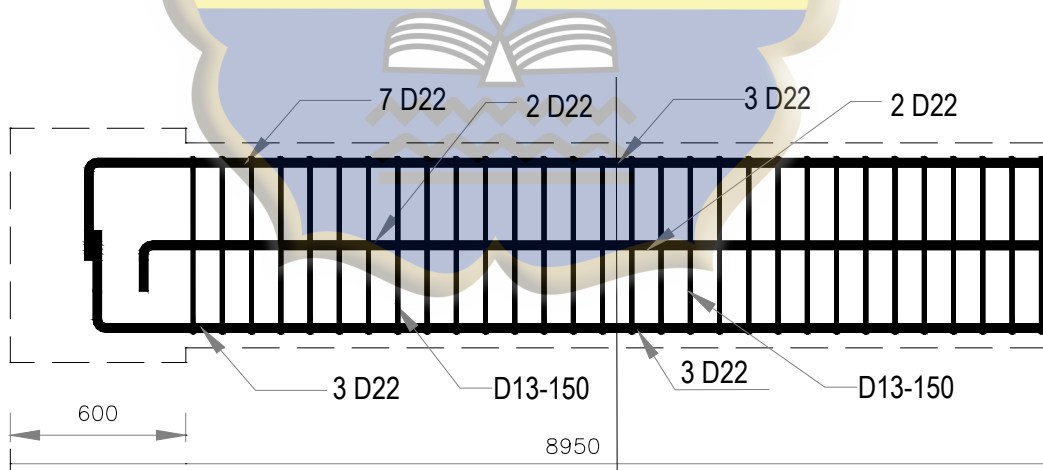
Tulangan Lentur	Tulangan Tumpuan		
	As'	2252,874 mm ²	
	As	326,760 mm ²	
	As' pakai	2280,798 mm ²	6 D22
	As pakai	760,266 mm ²	2 D22
Tulangan Torsi	Torsi arah Longitudinal		
	1110,655 mm ²		
	Atas	380,133 mm ²	1 D22
	Tengah	760,266 mm ²	2 D22
Total Tul. Terpasang	Tul. Atas		7 D22
	Tul. Tengah		2 D22
	Tul. Bawah		3 D22
Tulangan Lentur	Tulangan Lapangan		
	As'	1102,500 mm ²	
	As	986,012 mm ²	
	As' pakai	1140,399 mm ²	
	As pakai	1140,399 mm ²	
	Tul. Atas		3 D22
	Tul. Bawah		3 D22
Torsi dan Geser	Av + At	2,247 mm	
	D13-150		

Sumber: Data Olahan, 2019

BALOK ARAH Y	TULANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
BALOK INDUK 500 X 700 MM	TULANGAN ATAS	7 D22	3 D22
	TULANGAN TENGAH	2 D22	2 D22
	TULANGAN BAWAH	3 D22	3 D22
	TULANGAN SENGKANG	D13-150	D13-150
	GAMBAR PENULANGAN		

Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.119 Detail Penampang Balok Induk Eksterior Arah Y
Lantai 4 s/d Lantai 8



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.120 Penulangan Balok Induk Eksterior Arah Y
Lantai 4 s/d Lantai 8

E. Perhitungan Balok Interior Lantai 9 s/d Lantai 12 (Atap)

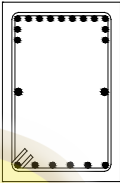
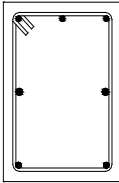
- Balok Induk Portal Arah X

4.64 Tulangan Terpasang Lantai 9 s/d Lantai 12 (Atap)

Balok Induk Interior Arah X

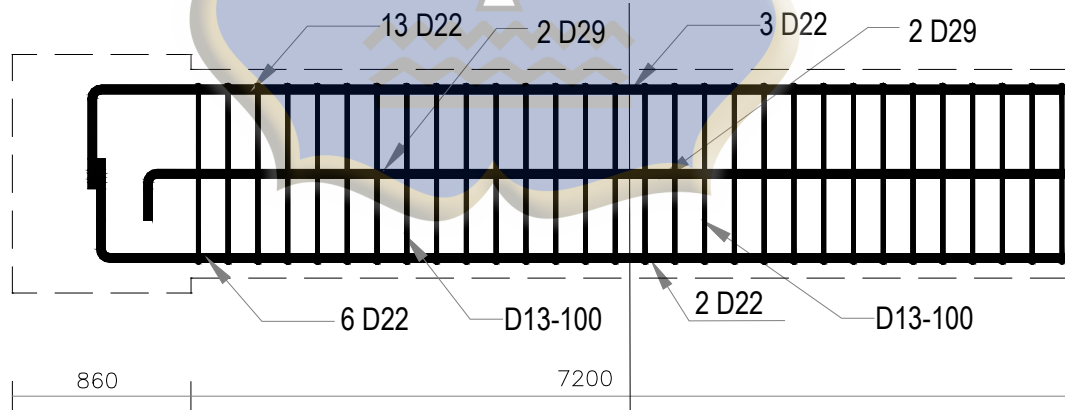
Tulangan Lentur	Tulangan Tumpuan	
	As'	3226,938 mm ²
	As	841,688 mm ²
	As' Pakai	3421,197 mm ² 9 D22
	As pakai	1140,399 mm ² 3 D22
Tulangan Torsi	Torsi arah Longitudinal	
	Atas	4227,998 mm ² 4 D22
	Tengah	1321,040 mm ² 2 D29
	Bawah	1520,532 mm ² 4 D22
Total Tul. Terpasang	Tul. Atas	
	Tul. Tengah	
	Tul. Bawah	
Tulangan Lentur	Tulangan Lapangan	
	As'	1102,500 mm ²
	As	748,119 mm ²
	As' pakai	1140,399 mm ²
	As pakai	760,266 mm ²
	Tul. Atas	
Tul. Bawah		2 D22
Torsi dan Geser	Av + At	7,782 mm
	D13-100	

Sumber: Data Olahan, 2019

BALOK ARAH X	TULANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
BALOK INDUK 500 X 700 MM	TULANGAN ATAS	13 D22	3 D22
	TULANGAN TENGAH	2 D29	2 D29
	TULANGAN BAWAH	6 D22	2 D22
	TULANGAN SENGGANG	D13-100	D13-100
	GAMBAR PENULANGAN		

Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.121 Detail Penampang Balok Induk Interior Arah X
Lantai 9 s/d Lantai 12 (Atap)



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.122 Penulangan Balok Induk Interior Arah X
Lantai 9 s/d Lantai 12 (Atap)

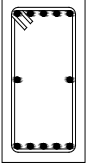
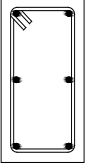
- **Balok Anak Portal Arah X**

4.65 Tulangan Terpasang Lantai 9 s/d Lantai 12 (Atap)

Balok Anak Interior Arah X

Tulangan Lentur	Tulangan Tumpuan		
	As'	716,625 mm ²	
	As	602,685 mm ²	
	As' Pakai	760,266 mm ²	2 D22
	As pakai	760,266 mm ²	2 D22
Tulangan Torsi	Torsi arah Longitudinal		
	Atas	380,133 mm ²	1 D22
	Tengah	760,266 mm ²	2 D22
	Bawah	380,133 mm ²	1 D22
Total Tul. Terpasang	Tul. Atas		3 D22
	Tul. Tengah		2 D22
	Tul. Bawah		3 D22
Tulangan Lentur	Tulangan Lapangan		
	As'	524,576 mm ²	
	As	716,625 mm ²	
	As' pakai	760,266 mm ²	
	As pakai	760,266 mm ²	
	Tul. Atas		2 D22
	Tul. Bawah		2 D22
Torsi dan Geser	Av + At	1,117 mm	
	D13-150		

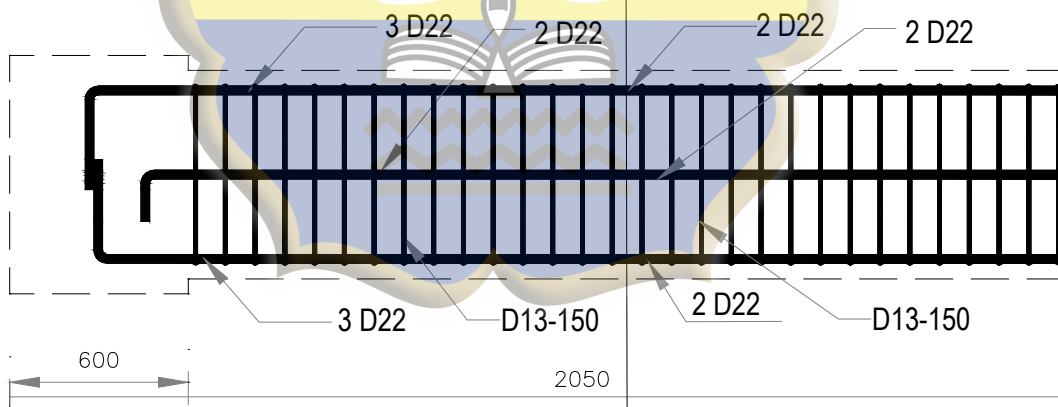
Sumber: Data Olahan, 2019

BALOK ARAH X	TULANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
BALOK ANAK 350 X 650 MM	TULANGAN ATAS	3 D22	2 D22
	TULANGAN TENGAH	2 D22	2 D22
	TULANGAN BAWAH	3 D22	2 D22
	TULANGAN SENKANG	D13 - 150	D13 - 150
	GAMBAR PENULANGAN		

Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.123 Detail Penampang Balok Anak Interior Arah X

Lantai 9 s/d Lantai 12 (Atap)



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.124 Penulangan Balok Anak Interior Arah X

Lantai 9 s/d Lantai 12 (Atap)

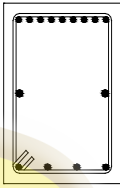
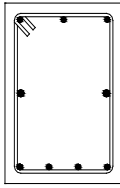
- **Balok Induk Portal Arah Y**

4.66 Tulangan Terpasang Lantai 9 s/d Lantai 12 (Atap)

Balok Induk Interior Arah Y

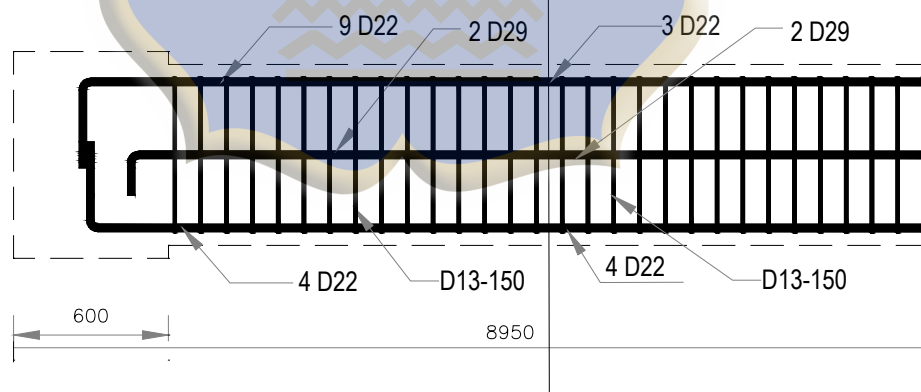
Tulangan Lentur	Tulangan Tumpuan		
	As'	2897,288 mm ²	
	As	1102,500 mm ²	
	As' Pakai	3041,064 mm ² 8 D22	
	As pakai	1140,399 mm ² 3 D22	
Tulangan Torsi	Torsi arah Longitudinal		
	Atas	380,133 mm ² 1 D22	
	Tengah	1321,040 mm ² 2 D29	
	Bawah	380,133 mm ² 1 D22	
Total Tul. Terpasang	Tul. Atas		
	Tul. Tengah		
	Tul. Bawah		
Tulangan Lentur	Tulangan Lapangan		
	As'	1102,500 mm ²	
	As	1322,643 mm ²	
	As' pakai	1140,399 mm ²	
	As pakai	1520,532 mm ²	
	Tul. Atas		3 D22
	Tul. Bawah		4 D22
Torsi dan Geser	Av + At	1,494 mm	
	D13-150		

Sumber: Data Olahan, 2019

BALOK ARAH Y	TULANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
BALOK INDUK 500 X 700 MM	TULANGAN ATAS	9 D22	3 D22
	TULANGAN TENGAH	2 D29	2 D29
	TULANGAN BAWAH	4 D22	4 D22
	TULANGAN SENGGANG	D13-150	D13-150
	GAMBAR PENULANGAN		

Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.125 Detail Penampang Balok Induk Interior Arah Y
Lantai 9 s/d Lantai 12 (Atap)



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.126 Penulangan Balok Induk Interior Arah Y
Lantai 9 s/d Lantai 12 (Atap)

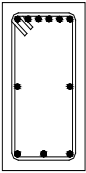
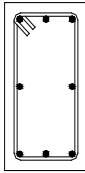
- **Balok Anak Portal Arah Y**

4.67 Tulangan Terpasang Lantai 9 s/d Lantai 12 (Atap)

Balok Anak Interior Arah Y

Tulangan Lentur	Tulangan Tumpuan		
	As'	1800,880 mm ²	
	As	716,625 mm ²	
	As' Pakai	1900,665 mm ²	5 D22
	As pakai	760,266 mm ²	2 D22
Tulangan Torsi	Torsi arah Longitudinal		939,775 mm ²
	Atas	380,133 mm ²	1 D22
	Tengah	760,266 mm ²	2 D22
	Bawah	380,133 mm ²	1 D22
Total Tul. Terpasang	Tul. Atas		6 D22
	Tul. Tengah		2 D22
	Tul. Bawah		3 D22
Tulangan Lentur	Tulangan Lapangan		
	As'	970,947 mm ²	
	As	716,625 mm ²	
	As' pakai	1140,399 mm ²	
	As pakai	760,266 mm ²	
	Tul. Atas		3 D22
	Tul. Bawah		2 D22
Torsi dan Geser	Av + At	2,950 mm	
	D13-100		

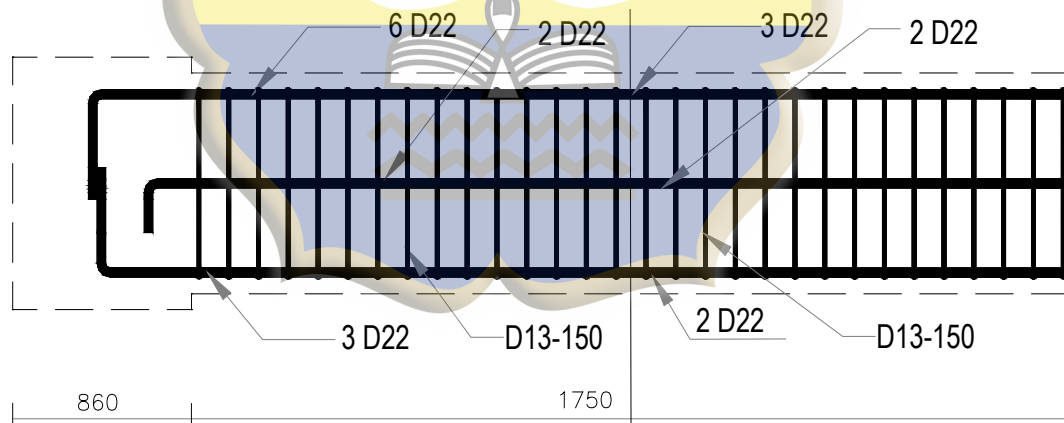
Sumber: Data Olahan, 2019

BALOK ARAH Y	TULANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
BALOK ANAK 350 X 650 MM	TULANGAN ATAS	6 D22	3 D22
	TULANGAN TENGAH	2 D22	2 D22
	TULANGAN BAWAH	3 D22	2 D22
	TULANGAN SENGGANG	D13 - 150	D13 - 150
	GAMBAR PENULANGAN		

Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.127 Detail Penampang Balok Anak Interior Arah Y

Lantai 9 s/d Lantai 12 (Atap)



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.128 Penulangan Balok Anak Interior Arah Y

Lantai 9 s/d Lantai 12 (Atap)

G. Perhitungan Balok Eksterior Lantai 9 s/d Lantai 12 (Atap)

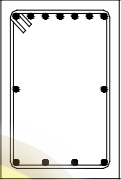
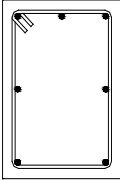
- Balok Induk Portal Arah X

4.68 Tulangan Terpasang Lantai 9 s/d Lantai 12 (Atap)

Balok Induk Eksterior Arah X

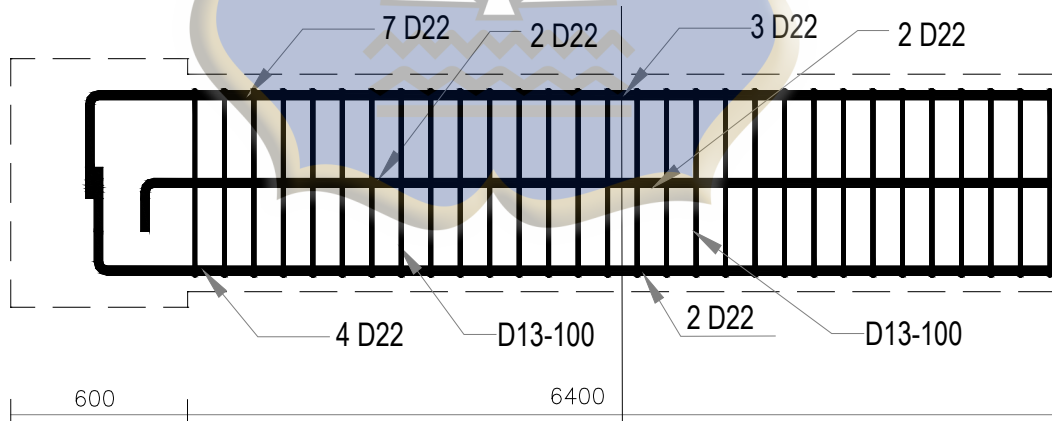
Tulangan Lentur	Tulangan Tumpuan		
	As'	2020,519 mm ²	
	As	1102,500 mm ²	
	As' Pakai	2280,798 mm ²	6 D22
	As pakai	1140,399 mm ²	3 D22
Tulangan Torsi	Torsi arah Longitudinal		
	474,917 mm ²		
	Atas	380,133 mm ²	1 D22
	Tengah	760,266 mm ²	2 D22
	Bawah	380,133 mm ²	1 D22
Total Tul. Terpasang	Tul. Atas		
	7 D22		
	Tul. Tengah		
	2 D22		
	Tul. Bawah		
	4 D22		
Tulangan Lentur	Tulangan Lapangan		
	As'	1102,500 mm ²	
	As	506,250 mm ²	
	As' pakai	1140,399 mm ²	
	As pakai	760,266 mm ²	
		Tul. Atas	
	3 D22		
	Tul. Bawah		
	2 D22		
Torsi dan Geser	Av + At	1,584 mm	
	D13-100		

Sumber: Data Olahan, 2019

BALOK ARAH X	TULANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
BALOK INDUK 500 X 700 MM	TULANGAN ATAS	7 D22	3 D22
	TULANGAN TENGAH	2 D22	2 D22
	TULANGAN BAWAH	4 D22	2 D22
	TULANGAN SENGKANG	D13-100	D13-100
	GAMBAR PENULANGAN		

Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.129 Detail Penampang Balok Induk Eksterior Arah X
Lantai 9 s/d Lantai 12 (Atap)



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.130 Penulangan Balok Anak Interior Arah X
Lantai 9 s/d Lantai 12 (Atap)

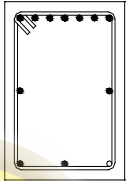
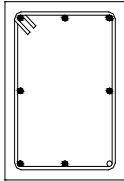
- **Balok Induk Portal Arah Y**

4.69 Tulangan Terpasang Lantai 9 s/d Lantai 12 (Atap)

Balok Induk Eksterior Arah Y

Tulangan Lentur	Tulangan Tumpuan	
	As'	2175,573 mm ²
	As	217,845 mm ²
	As' Pakai	2280,798 mm ² 6 D22
	As pakai	760,266 mm ² 2 D22
Tulangan Torsi	Torsi arah Longitudinal	
	1153,790 mm ²	
	Atas	380,133 mm ² 1 D22
	Tengah	760,266 mm ² 2 D22
	Bawah	380,133 mm ² 1 D22
Total Tul. Terpasang	Tul. Atas	
	7 D22	
	Tul. Tengah	
	2 D22	
	Tul. Bawah	
	3 D22	
Tulangan Lentur	Tulangan Lapangan	
	As'	1102,500 mm ²
	As	988,692 mm ²
	As' pakai	1140,399 mm ²
	As pakai	1140,399 mm ²
	Tul. Atas	
	3 D22	
	Tul. Bawah	
	3 D22	
Torsi dan Geser	Av + At	2,076 mm
	D13-150	

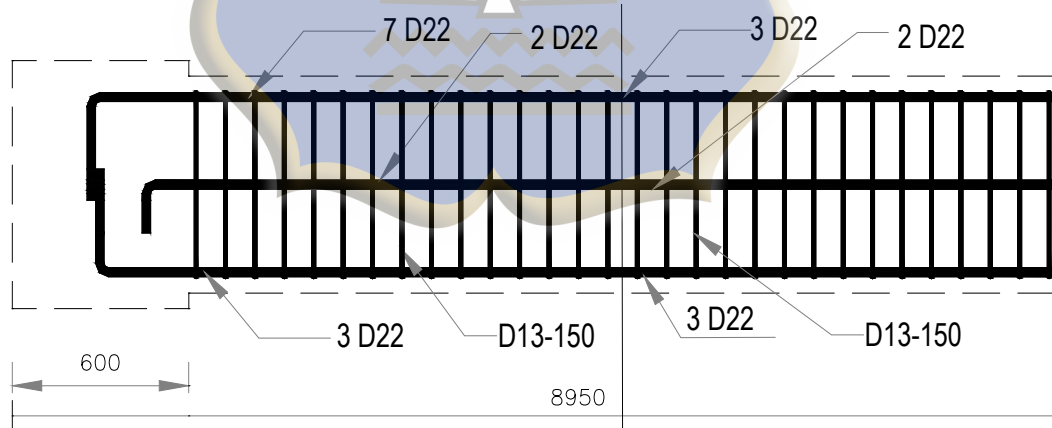
Sumber: Data Olahan, 2019

BALOK ARAH Y	TULANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
BALOK INDUK 500 X 700 MM	TULANGAN ATAS	7 D22	3 D22
	TULANGAN TENGAH	2 D22	2 D22
	TULANGAN BAWAH	3 D22	3 D22
	TULANGAN SENGKANG	D13-150	D13-150
	GAMBAR PENULANGAN		

Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.131 Detail Penampang Balok Induk Eksterior Arah Y

Lantai 9 s/d Lantai 12 (Atap)



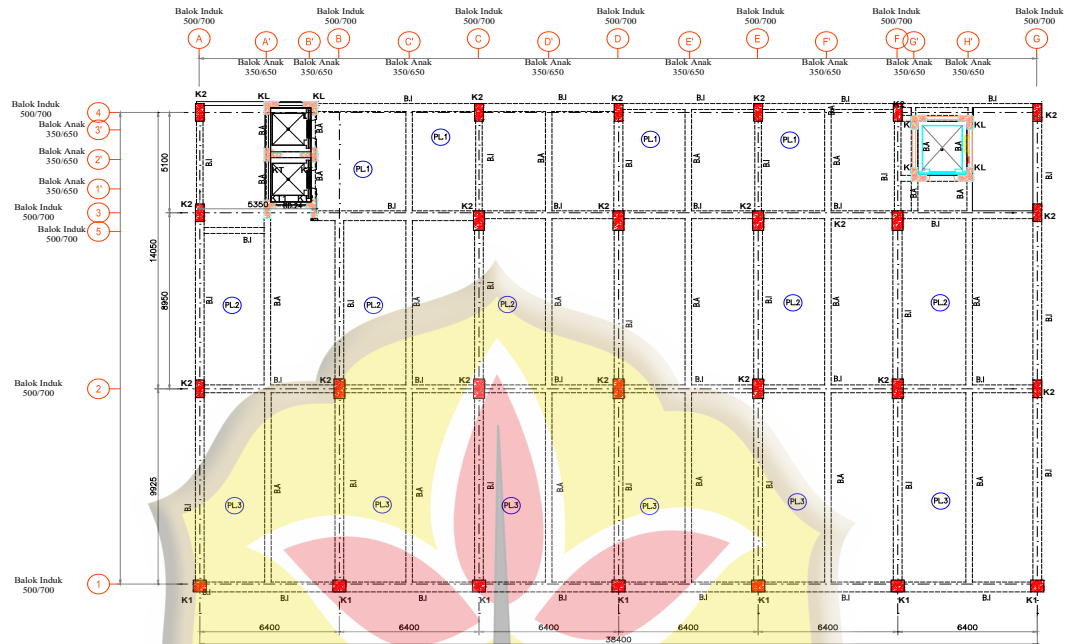
Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.132 Penulangan Balok Anak Interior Arah Y

Lantai 9 s/d Lantai 12 (Atap)

5. Perhitungan Kolom

A. Kolom Lantai Dasar s/d Lantai 2



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.133 Denah Tinjauan Kolom Lantai Dasar s/d Lantai 2

- **Kolom 1 (550 mm × 550 mm)**

Diketahui

- $\phi = 0,65$
- $f'c = 30 \text{ MPa}$
- $f_y = 400 \text{ MPa}$
- $\beta_1 = 0,84$
- $\epsilon_c = 0,003$
- $\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,0020$

$$P_u = 1156 \text{ kN}$$

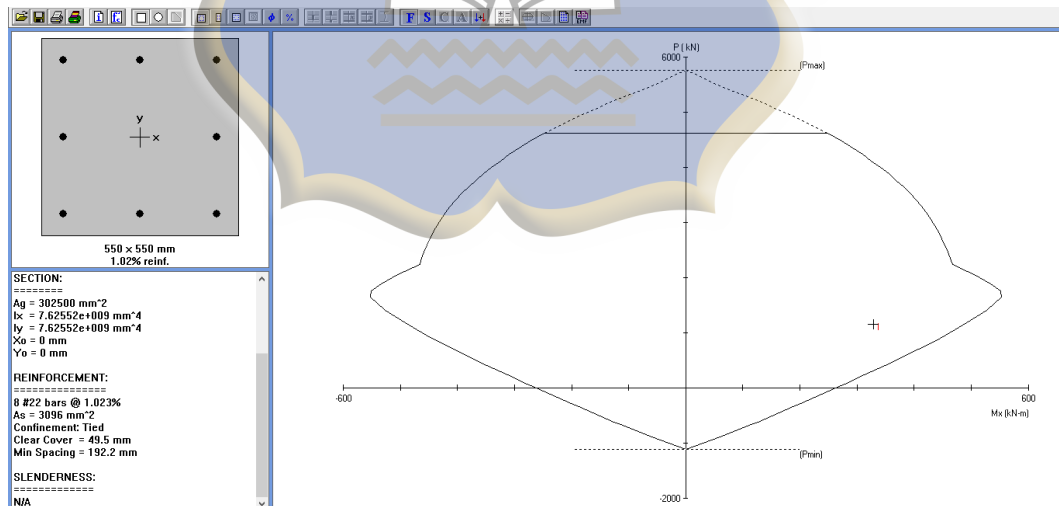
$$M_u = 328 \text{ kN.m}$$

$$h_t = 550 \text{ mm}$$

$$b = 550 \text{ mm}$$

1. Perhitungan Tulangan Longitudinal

Perencanaan kolom menggunakan *Software PcaColumn*. Selain memasukkan data – data diatas, dimasukkan rencana ukuran kolom dengan rentang 550 mm x 550 mm. Kemudian penulangannya sama disemua sisi dengan jumlah minimal 4 dan maksimal 20 (diameter minimum 19 dan diameter maksimum 22). Selanjutnya setelah *Software* dieksekus, maka tampilan visual perencanaan kolom seperti gambar berikut.



Sumber: Data Olan, 2019

Gambar 4.134 Diagram Interaksi Kolom 1 Lantai Dasar s/d Lantai 2

Tampak dari hasil perhitungan dimensi kolomnya adalah 550 mm x 550 mm dengan tulangan 8 D22 dan rasio 1,02%.

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities: (see user's manual for notation)

No.	Pu kN	Mux kN-m	fMnx kN-m	fMn/Mu
1	1156.0	328.0	487.6	1.486

*** Program completed as requested! ***

Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.135 Ø Mn Kolom 1 Lantai Dasar s/d Lantai 2

Dari program PcaColumn V.3.63 diperoleh dann nilai As perlu kolom 1 Lantai Dasar s/d Lantai 2:

Momen Akibat Beban

$$- Mux = 328,0 \text{ kN.m}$$

Kapasitas Momen Penampang

$$- Mnx = 487,6 \text{ kN.m}$$

$$\text{As perlu} = 3096 \text{ mm}^2$$

Dipakai Tulangan D22

$$A.Tul = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2$$

$$= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 22^2 = 380,133 \text{ mm}^2$$

$$N = \frac{\text{As perlu}}{A.Tul} = \frac{3096}{380,133} = 8,145 = 8 \text{ buah}$$

$$\text{As pakai} = 8 \cdot 380,133 = 3041,064 \text{ mm}^2$$

2. Desain Tulangan *Confinement*

$$b = 550 \text{ mm}$$

$$h = 550 \text{ mm}$$

$$d = 90\% \cdot 550 = 495 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} bc_2 &= b - 2 \cdot \left(cc + \frac{D_{13}}{2} \right) \\ &= 550 - 2 \cdot \left(40 + \frac{13}{2} \right) = 457 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$hx = \frac{2}{3} \cdot 457 = \frac{2}{3} \cdot 457 = 304,667 \text{ mm}$$

$$A_g = 550 \cdot 550 = 302500 \text{ mm}^2$$

bc_2 : Dimensi penampang inti komponen struktur yang diukur ketepi luar tulangan geser, mm

$$\begin{aligned} A_{ch} &= (h - (2 \cdot cc)) \cdot (b - (2 \cdot cc)) \\ &= (550 - (2 \cdot 40)) \cdot (550 - (2 \cdot 40)) = 220900 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

A_{ch} : Luas penampang komponen struktur yang diukur ketepi luar tulangan geser, mm^2

Menurut Subpasal 21.6.4.4 SNI 2847:2013 Total luas penampang *Hoops*

(senggang tertutup) tidak boleh kurang dari antara:

$$\begin{aligned} A_{sh1} &= 0,3 \cdot \frac{bc_2 \cdot f'_c}{f_y} \cdot \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \\ &= 0,3 \cdot \frac{457 \cdot 30}{400} \cdot \left(\frac{302500}{220900} - 1 \right) = 3,798 \text{ mm}^2/\text{mm} \end{aligned}$$

$$A_{sh2} = 0,09 \cdot \frac{bc_2 \cdot f'_c}{f_y}$$

$$= 0,09 \cdot \frac{457 \cdot 30}{400} = 3,085 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Maka dipakai $A_{sh} = 3798 \text{ mm}^2/\text{mm}$

Menurut Subpsal 21.6.4.3 SNI 2487:2013 spasi maksimum tulangan geser sepanjang L_0 tidak boleh melebihi yang terkecil diantara:

- Seperempat dimensi komponen struktur minimum:

$$\frac{1}{4} \cdot 550 = 137,500 \text{ mm}$$

- Enam kali diameter tulangan *longitudinal* terkecil:

$$6 \cdot 32 = 192 \text{ mm}$$

- S_0 seperti yang didefinisikan dalam persamaan berikut:

$$S_0 = 100 + \frac{350 - hx}{3}$$

$$= 100 + \frac{350 - 304,667}{3} = 115,111 \text{ mm}$$

Nilai S_0 tidak boleh melebihi 150 mm, dan tidak perlu diambil kurang dari 100 mm.

Maka $S_0 = 100 \text{ mm}$

$$A_{vr} = A_{sh} \cdot S_0$$

$$= 3,798 \cdot 100 = 379,800 \text{ mm}^2$$

Dicoba gunakan tulangan *Hoops* 3 kaki D13

$$A_v = \frac{1}{4} \cdot \pi D^2 \cdot 3 = 398,196 \text{ mm}^2 > A_{vr} = 379,800 \text{ mm}^2$$

Subpasal 21.6.4.1 SNI 2487:2013 mensyaratkan bahwa tulangan *confinement* tersebut harus dipasang sepanjang L_0 dari ujung – ujung kolom lantai Dasar s/d 2, L_0 dipilih yang terbesar dari:

1. Tinggi komponen struktur $h = 550$ mm;
2. $1/6$ bentang bersih komponen struktur;
 $1/6 \cdot 4300 = 716,667$ mm;
3. 450 mm.

Maka panjang $L_0 = 716,667$ mm, sehingga akan dipasang tulangan *Hoops* 4 D13-100 mm disepanjang jarak L_0 .

3. Tulangan Geser

$$V_u = 191,213 \text{ kN}$$

$$= 191213 \text{ N}$$

$$\phi = 0,75$$

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{30} \cdot 550 \cdot 495 = 253499,693 \text{ N}$$

$$V_u > \phi V_c$$

$$191213 \text{ N} > 0,75 \cdot 253499,693 = 190124,770 \text{ N} \dots \text{Ya!}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

$$= \frac{191213}{0,75} - 253499,693 = 1450,974 \text{ N}$$

Maka penampang membutuhkan tulangan geser, dicoba menggunakan sengkang dengan 2 kaki D13.

$$A_v = \frac{1}{4} \cdot \pi D^2 \cdot 2 = 265,464 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A_v \cdot f_y}{V_s} \cdot d$$

$$= \frac{265,464 \cdot 400}{1450,974} \cdot 495 = 36225,234 \text{ mm}$$

$$V_s > 0,33 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

$$1450,974 \text{ N} > 0,33 \cdot \sqrt{30} \cdot 550 \cdot 495 = 492087,64 \text{ N} \quad \dots \text{Tidak!}$$

Maka S maks adalah nilai terkecil d/2 atau 600 mm

$$d/2 = \frac{495}{2}$$

$$= 247,5 \text{ mm}$$

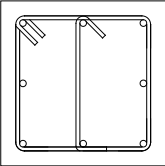
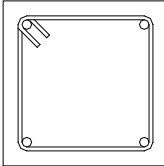
S maks pakai adalah 247,5 mm

S pakai adalah 200 mm.

4.70 Tabel perhitungan Kolom 1 Lantai Dasar s/d Lantai 2

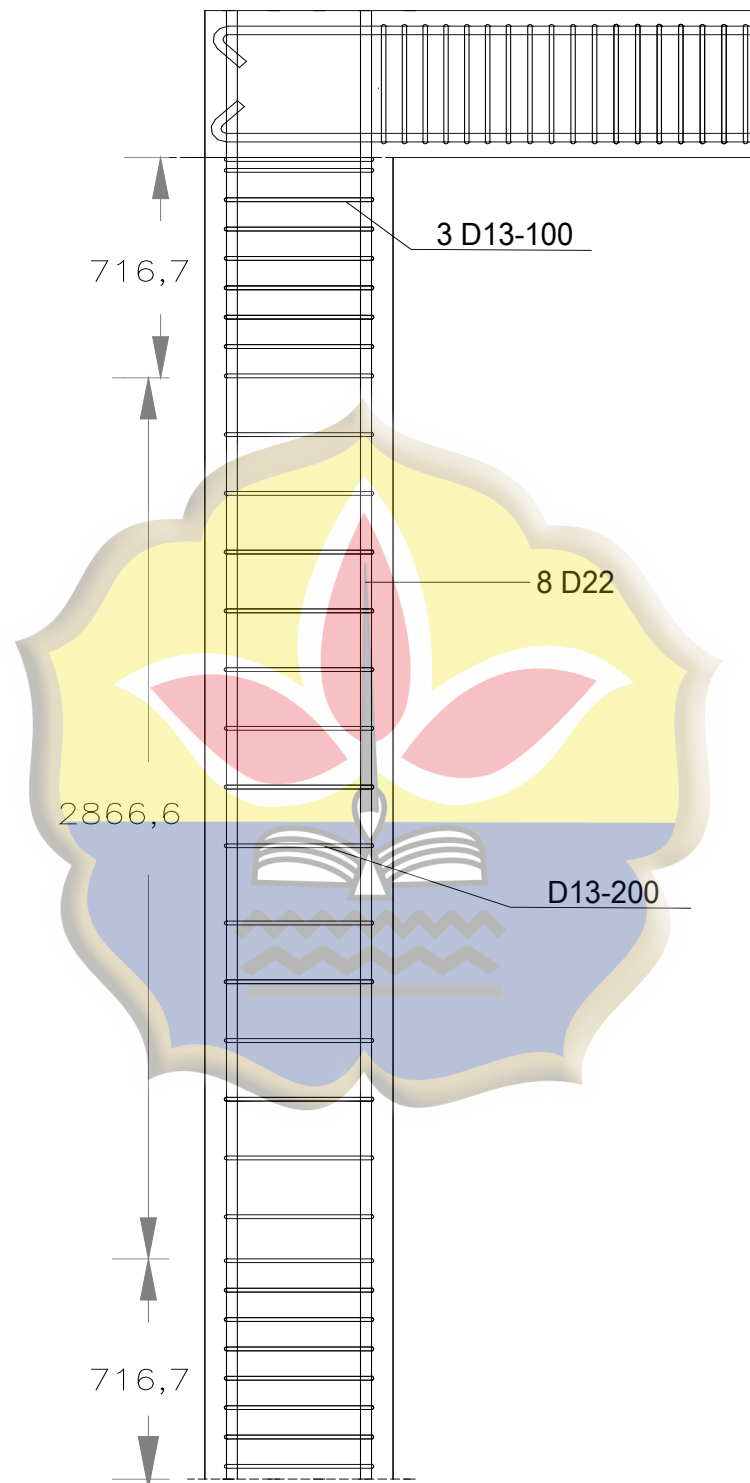
Tul. Lentur	As perlu	3096 mm ²
	As pakai	3041,064 mm ²
		8 D22
Mux	328,0 kN.m	
Mnx	487,6 kN.m	
Tul. <i>Confinement</i>	Ash perlu	379,833 mm ²
	Ash pakai	398,196 mm ²
	3 D13-100	
Vc	253499,693 N.mm	
Vu	191213 N.mm	
Vs	1450,974 N.mm	
Digunakan Tulangan D13		
Av	265,464 mm ²	
Tul. Geser	S perlu	36225,234 mm
	S maks	247,5 mm
	S pakai	200 mm
D13-200		

Sumber: Data Olahan, 2019

TULANGAN LONGITUDINAL	8 D22	8 D22
TULANGAN SENGKANG	D13-100	D13-200
KOLOM 1 550 X 550 MM	L ₀	> L ₀
		

Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.136 Detail Kolom 1 Lantai Dasar s/d Lantai 2



Sumber: Data Olahan, 2019

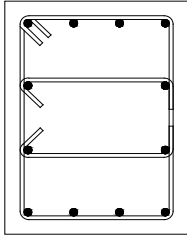
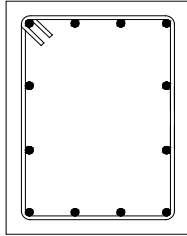
Gambar 4.137 Kolom 1 Lantai Dasar s/d Lantai 2

- **Kolom 2 (600 mm x 800 mm)**

4.71 Tabel perhitungan Kolom 2 Lantai Dasar s/d Lantai 2

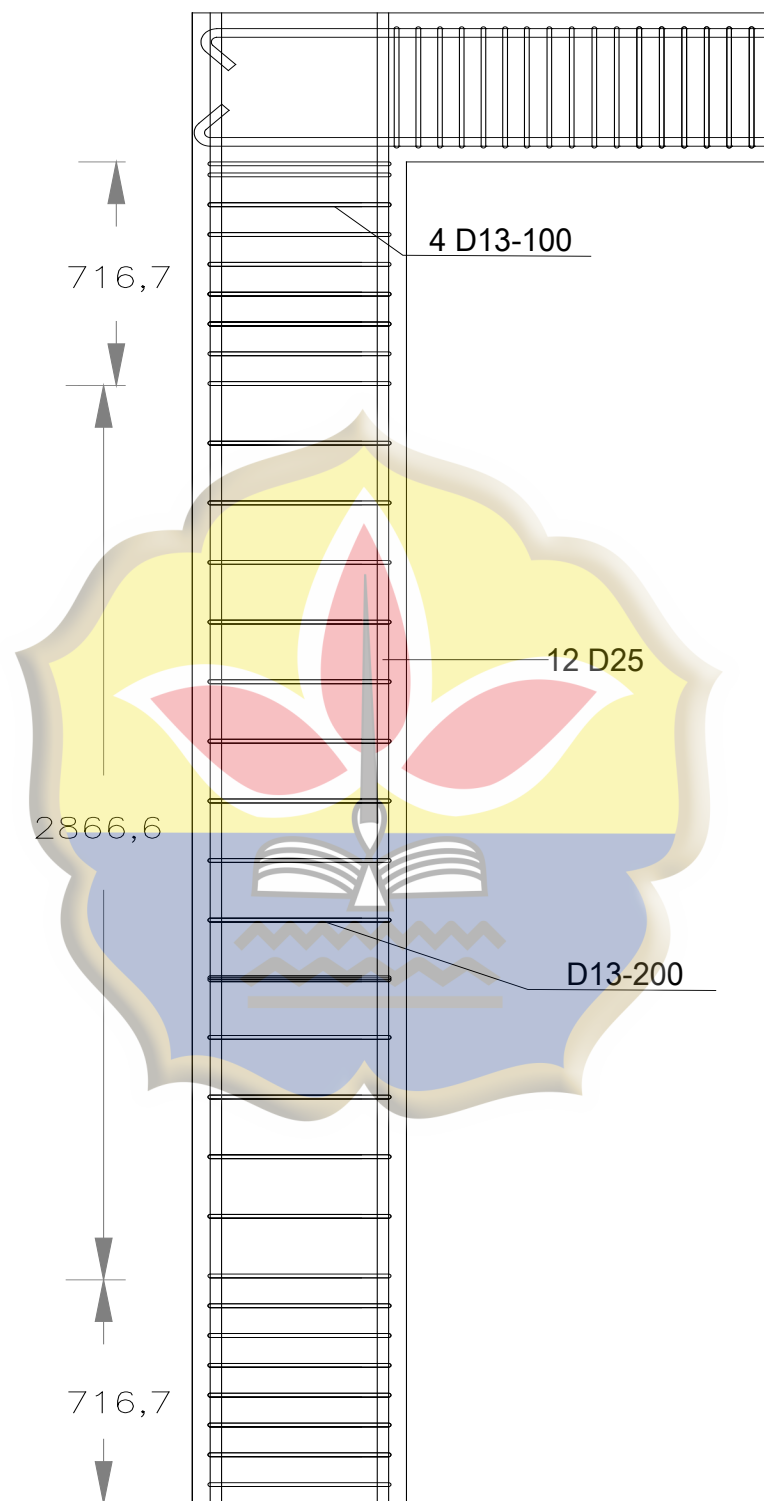
Tul. Lentur	As perlu	6120 mm ²
	As pakai	5890,488 mm ²
12 D25		
Mux	431,0 kN.m	
Mnx	629,4 kN.m	
Tul. <i>Confinement</i>	Ash perlu	342,225 mm ²
	Ash pakai	530,928 mm ²
4 D13-100		
Vc	150842,792 N.mm	
Vu	240928 N.mm	
Vs	170394,541 N.mm	
Digunakan Tulangan D13		
Av	265,464 mm ²	
Tul. Geser	S perlu	521,149 mm
	S maks	360 mm
	S pakai	200 mm
D13-200		

Sumber: Data Olahan, 2019

TULANGAN LONGITUDINAL	12 D25	15 D25
TULANGAN SENGGANG	4 D13-100	D13-200
KOLOM 2 600 X 800 MM	L ₀	> L ₀
		

Sumber: Data Olahan, 2019

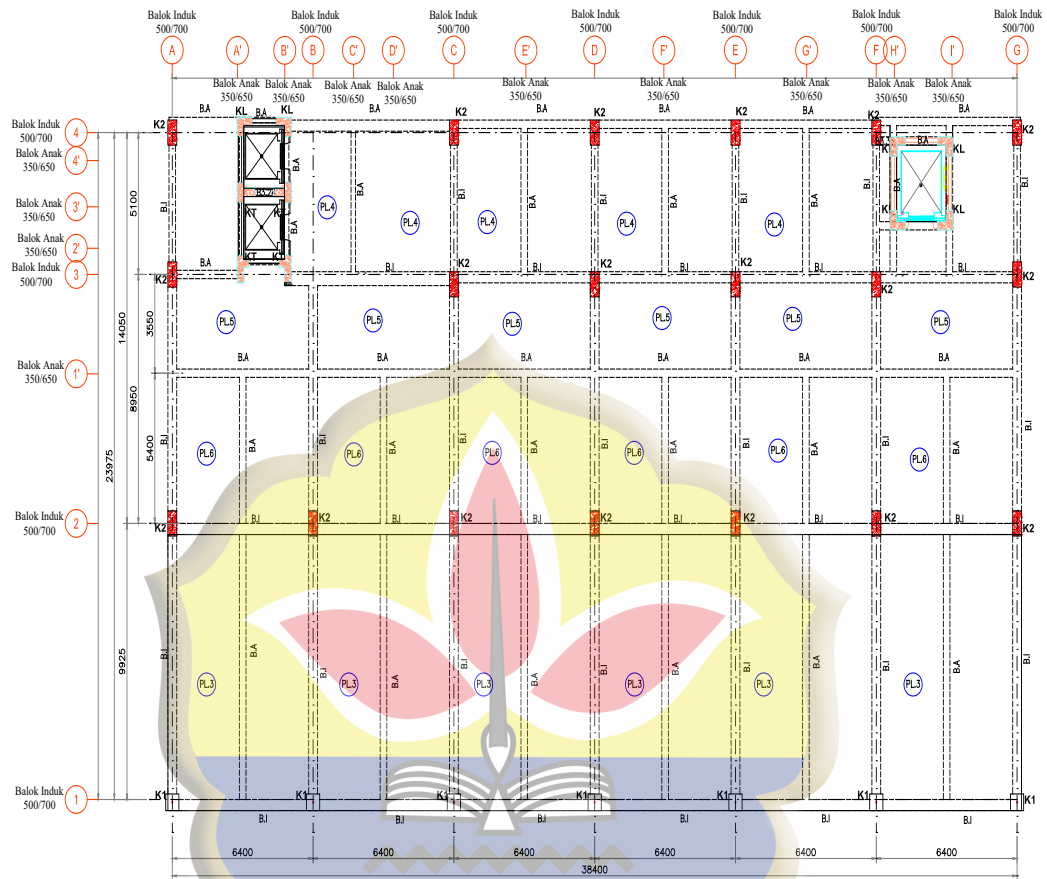
Gambar 4.138 Detail Kolom 2 Lantai Dasar s/d Lantai 2



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.139 Kolom 2 Lantai Dasar s/d Lantai 2

B. Kolom Lantai 3



Sumber: Data Olahan, 2019

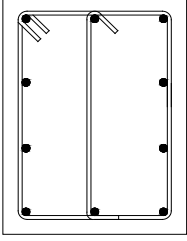
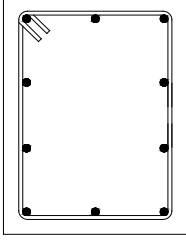
Gambar 4.140 Denah Tinjauan Kolom Lantai 3

- **Kolom 2 (600 mm x 800 mm)**

4.72 Tabel perhitungan Kolom 2 Lantai 3

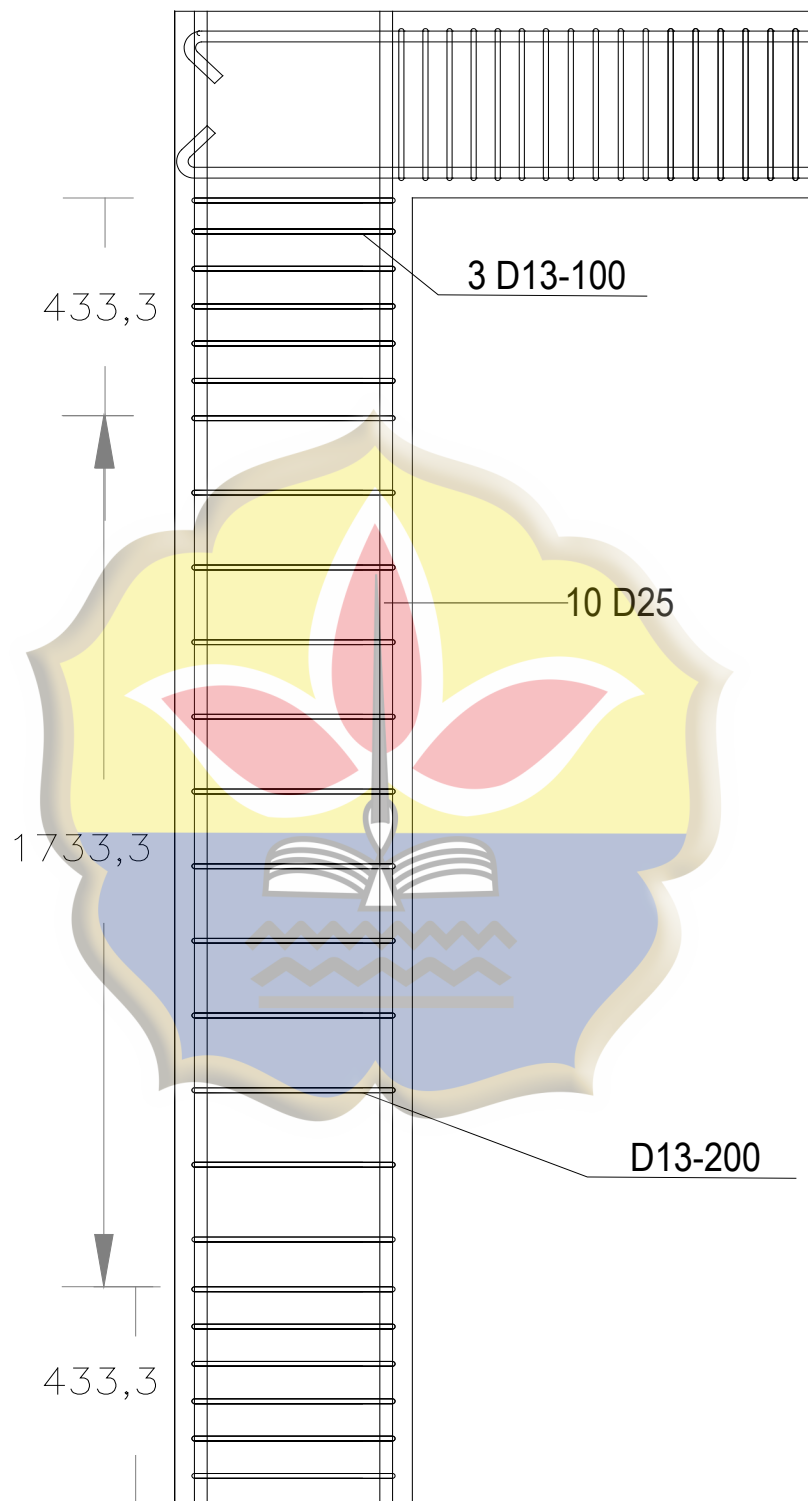
Tul. Lentur	As perlu	5100 mm ²
	As pakai	4908,740 mm ²
10 D25		
Mux	445,0 kN.m	
Mnx	876,1 kN.m	
Tul. <i>Confinement</i>	Ash perlu	342,225 mm ²
	Ash pakai	398,196 mm ²
3 D13-100		
Vc	402247,446 N.mm	
Vu	341398 N.mm	
Vs	304354,541 N.mm	
Digunakan Tulangan D13		
Av	265,464 mm ²	
Tul. Geser	S perlu	251,199 mm
	S maks	360 mm
	S pakai	200 mm
	D13-200	

Sumber: Data Olahan, 2019

TULANGAN LONGITUDINAL	10 D25	10 D25
TULANGAN SENGGANG	3 D13-100	D13-200
KOLOM 2 600 X 800 MM	L ₀	> L ₀
		

Sumber: Data Olahan, 2019

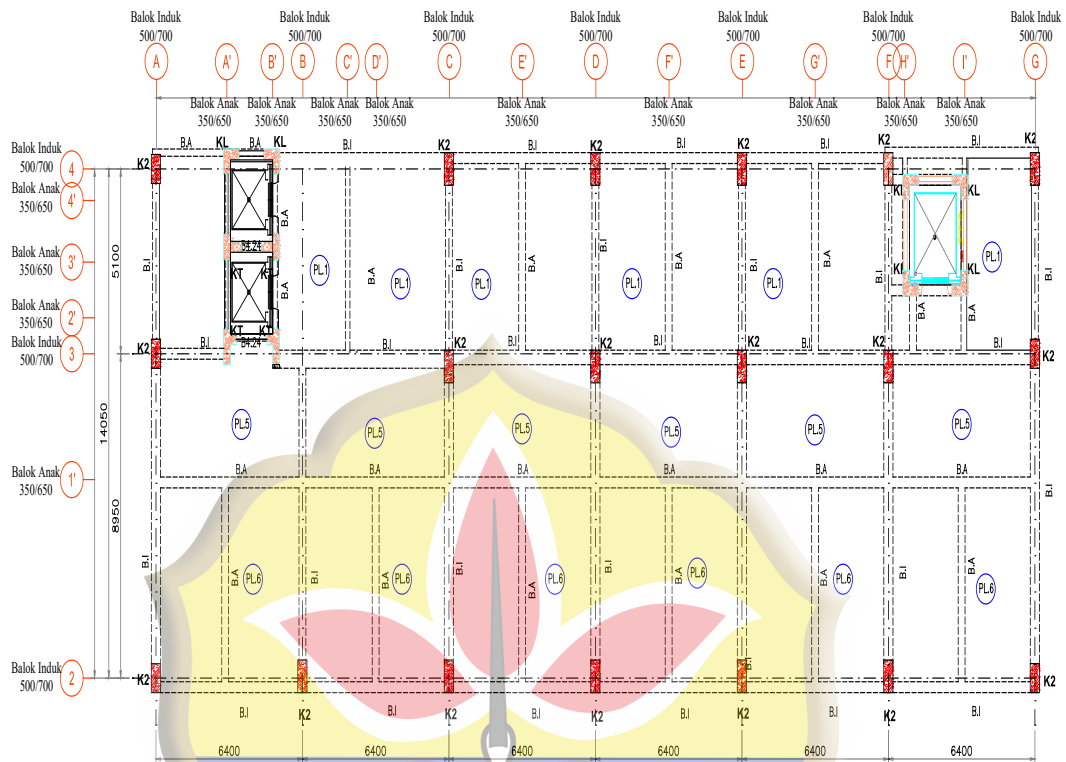
Gambar 4.141 Detail Kolom 2 Lantai 3



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.142 Kolom 2 Lantai 3

C. Kolom Lantai 4 s/d Lantai 7



Sumber: Data Olahan, 2019

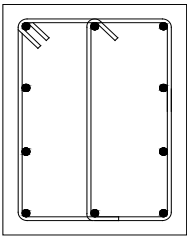
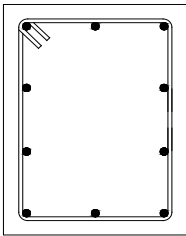
Gambar 4.143 Denah Tinjauan Kolom Lantai 4 s/d Lantai 11

- **Kolom 2 (600 mm x 800 mm)**

4.73 Tabel perhitungan Kolom 2 Lantai 4 s/d Lantai 7

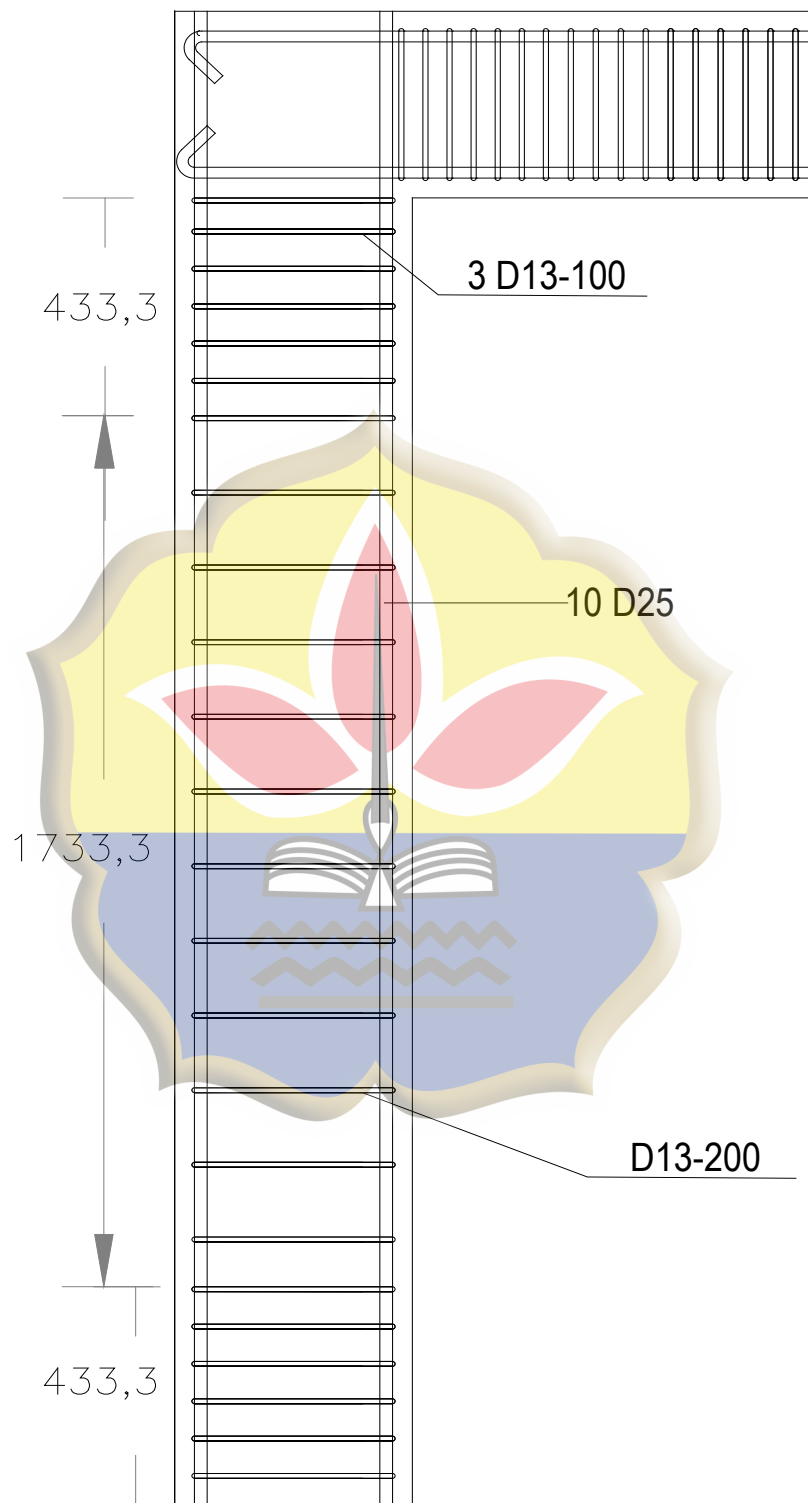
Tul. Lentur	As perlu	5100 mm ²
	As pakai	4908,740 mm ²
10 D25		
Mux	443,0 kN.m	
Mnx	969,2 kN.m	
Tul. <i>Confinement</i>	Ash perlu	342,225 mm ²
	Ash pakai	398,196 mm ²
3 D13-100		
Vc	402247,446 N.mm	
Vu	336127 N.mm	
Vs	297326,541 N.mm	
Digunakan Tulangan D13		
Av	265,464 mm ²	
Tul. Geser	S perlu	257,137 mm
	S maks	360 mm
	S pakai	200 mm
D13-200		

Sumber: Data Olahan, 2019

TULANGAN LONGITUDINAL	10 D25	10 D25
TULANGAN SENGKANG	3 D13-100	D13-200
KOLOM 2 600 X 800 MM	Lo	> Lo
		

Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.144 Detail Kolom 2 Lantai 4 s/d Lantai 7



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.145 Kolom 2 Lantai 4 s/d Lantai 7

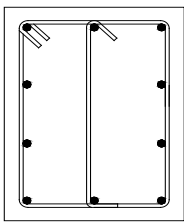
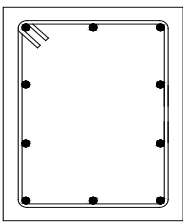
D. Kolom 8 s/d Lantai 11

- Kolom 2 (600 mm x 800 mm)

4.74 Tabel perhitungan Kolom 2 Lantai 8 s/d Lantai 11

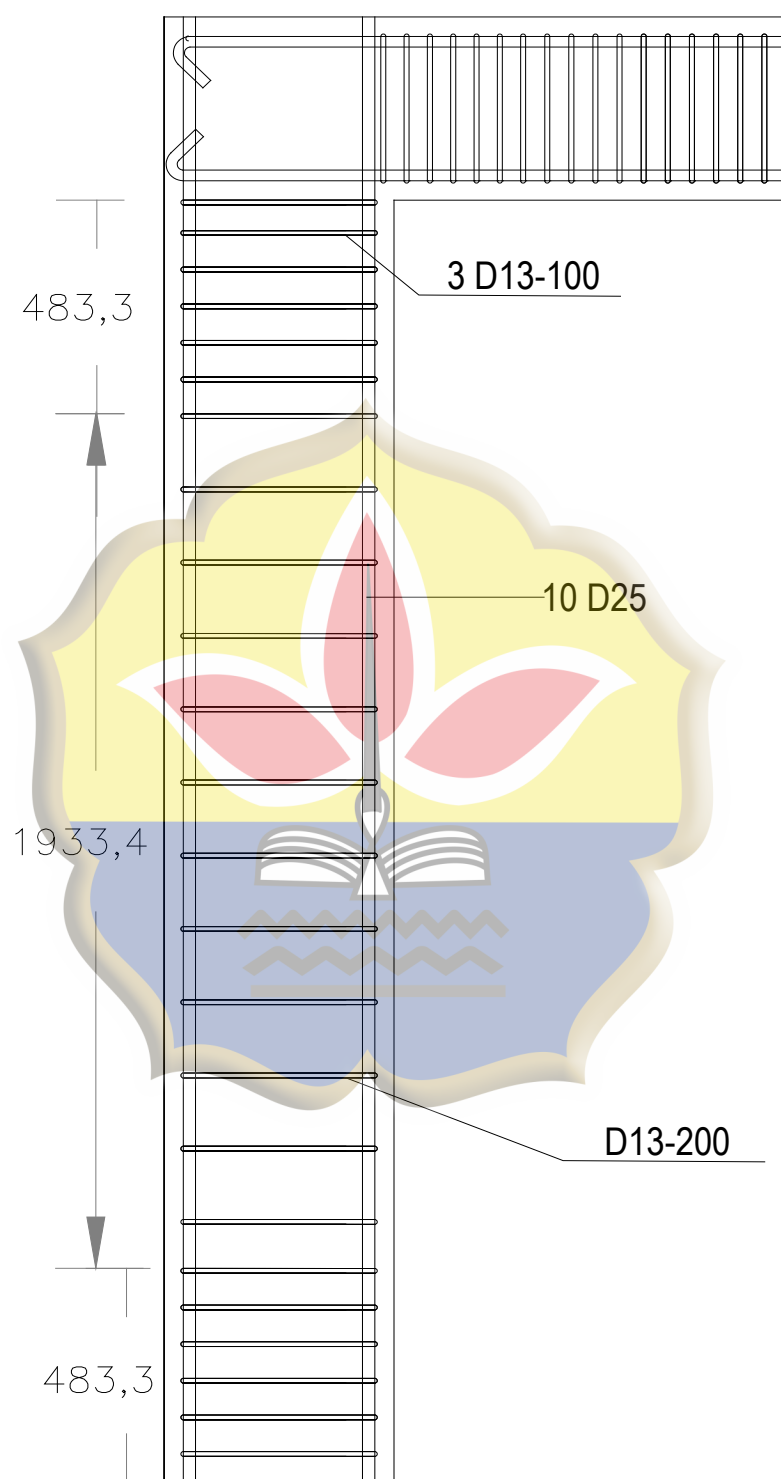
Tul. Lentur	As perlu	5100
	As pakai	4908,740
10 D25		
Mux	412,0	
Mnx	1239	
Tul. <i>Confinement</i>	Ash perlu	342,225
	Ash pakai	398,196
3 D13-100		
Vc	402247,446	
Vu	293466	
Vs	240445,2077	
Digunakan Tulangan D13		
Av	265,464	
Tul. Geser	S perlu	317,967
	S maks	360
	S pakai	200
D13-200		

Sumber: Data Olahan, 2019

TULANGAN LONGITUDINAL	10 D25	10 D25
TULANGAN SENGKANG	3 D13-100	D13-200
KOLOM 2 600 X 800 MM	L_0	$> L_0$
		

Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.146 Detail Kolom 2 Lantai 8 s/d Lantai 11



Sumber: Data Olahan, 2019

Gambar 4.147 Kolom 2 Lantai 8 s/d Lantai 11

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang didapat dirangkumkan berdasarkan hasil perencanaan adalah sebagai berikut:

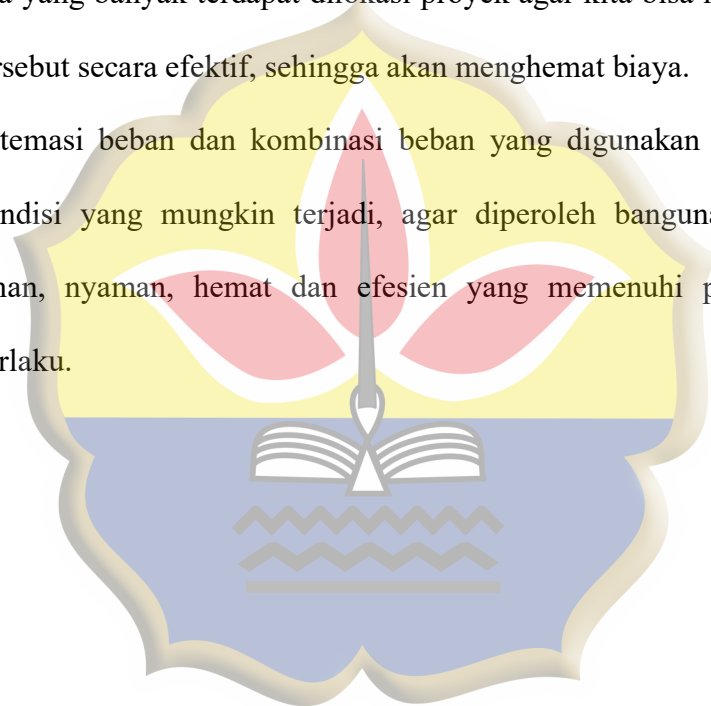
1. Perencanaan gedung bertingkat ini didesain sesuai dengan peraturan terbaru yaitu Persyaratan Beton Struktur Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013), Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2012), dan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1987.
2. Dari hasil perhitungan struktur bangunan Hotel Yello termasuk kategori resiko II, dan Kategori Desain Seismik (KDS) bangunan adalah D, maka sistem penahan gaya seismik adalah Rangka Pemikul Momen Khusus dan diizinkan menggunakan prosedur Analisa Gaya Lateral Ekuivalen.
3. Hasil perhitungan dari Tugas Akhir ini lebih hemat dari perhitungan Hotel Yello.
4. Pelat terdiri dari pelat lantai dan pelat atap dengan ketebalan yang dibagi menjadi beberapa segmen yaitu PL 1 (100 mm), PL 2 (150 mm), PL 3 (160 mm), PL 4 (100 mm), PL 5 (130 mm), dan PL (110 mm). Digunakan tulangan:

- Lantai Dasar menggunakan tulangan pokok D12-160 dan tulangan susut D10-300 (PL 1, PL 2, dan PL 3);
 - Lantai 2 menggunakan tulangan pokok D12-200 dan tulangan susut D10-250 (PL 1, PL 2, dan PL 3)
 - Lantai 3 menggunakan tulangan pokok D12-250 dan tulangan susut D10-300 (PL3, PL 4, PL 5, dan PL 6);
 - Lantai 4 s/d Lantai 11 menggunakan tulangan pokok D12-250 dan tulangan susut D10-300 (PL 1, PL 5, dan PL6);
 - Lantai 12 (atap) menggunakan tulangan pokok D12-200 dan tulangan susut D10-250 (PL 6).
5. Balok induk yang diperoleh dari tiap lantai memiliki dimensi yang sama yaitu 500 mm x 700 mm.
6. Balok anak yang diperoleh dari tiap lantai memiliki dimensi yang sama yaitu 350 mm x 650 mm.
7. Dimensi kolom hasil analisa PcaColumn didapat diantara lain:
- Lantai dasar s/d lantai 2 yaitu K1 = 550 mm x 550 mm (8 D22) dan K2 = 600 mm x 800 mm (12 D25);
 - Lantai 3 yaitu K2 = 600 mm x 800 mm (10 D25);
 - Lantai 4 s/d Lantai 7 yaitu K2 = 600 mm x 800 mm (10 D25);
 - Lantai 8 s/d Lantai 11 yaitu K2 = 600 mm x 800 mm (10 D25).

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat disampaikan oleh penulis dalam Tugas Akhir ini adalah:

1. Untuk merencanakan stuktur gedung selain berpedoman dengan peraturan yang ada, kita juga harus menyesuaikan dengan pekerjaan dilapangan.
2. Pada saat mendesain struktur kita juga harus mengetahui bahan material apa yang banyak terdapat dilokasi proyek agar kita bisa memanfaatkan bahan tersebut secara efektif, sehingga akan menghemat biaya.
3. Estemasi beban dan kombinasi beban yang digunakan harus mendekati kondisi yang mungkin terjadi, agar diperoleh bangunan gedung yang aman, nyaman, hemat dan efesien yang memenuhi persyaratan yang berlaku.



DAFTAR PUSTAKA

- 2019, Pembangunan Hotel Yello. Jambi : PT. Sumaraja Indah
- Asroni A., 2010, Balok dan Pelat Beton Bertulang, Graha Ilmu, Yogyakarta
- Asroni A., 2010, Kolom dan Balok T Beton Bertulang, Graha Ilmu, Yogyakarta
- Badan Standarisasi Nasional, 2012, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2012), Badan Standarisasi Nasional, Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional, 2013, Persyaratan Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2013), Badan Standarisasi Nasional, Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional, 2013, Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI2847:2013), Badan Standarisasi Nasional, Jakarta
- McCormac C. J., 2004, Desain Beton Bertulang, (Edisi Lima), (Terjemahan Sumargo), Erlangga, Jakarta
- Marius I. J., 2017, Perencanaan rumah Susun 5 lantai Menggunakan SAP2000, Tugas Akhir, Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Batanghari, Jambi
- Nalendra B, 2016, Perencanaan Portal Gedung Menggunakan SAP2000 dan PCAColumn, Tugas Akhir, Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Batanghari, Jambi
- Pamungkas Anungrah & Erny Harianti, 2018, Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa, Andi offset, Yogyakarta
- Schodek D L, 1991, Struktur, PT Eresco, Bandung

Setiawan A, 2008, Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD

(Berdasarkan SNI 1729:2002), Erlangga, Semarang

Suharjanto, 2013, Rekayasa Gempa, Kepel Press untuk Janabadra University
Press, Yogyakarta

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

