

SKRIPSI

PERENCANAAN STRUKTUR ATAS GEDUNG PERPUSTAKAAN

POLITEKNIK KESEHATAN JAMBI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat



Disusun oleh:

YOSEP RIZAL

21180116

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT

2023

HALAMAN PENGESAHAN

PERENCANAAN STRUKTUR ATAS GEDUNG PERPUSTAKAAN
POLITEKNIK KESEHATAN JAMBI

Oleh :

YOSEP RIZAL

21180116

Dosen Pembimbing I,



MASRIL, S.T., M.T.

NIDN. 1005057407

Dosen Pembimbing II,



ASIYA NURHASANAH HABIRUN, S.ST., M.Eng.

NIDN.1022119101

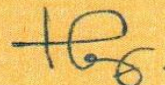
Dekan Fakultas Teknik
UM Sumatera Barat,



MASRIL, S.T., M.T.

NIDN. 1005057407

Ketua Program Studi
Teknik Sipil,



HELGA YERMADONA, S.Pd., M.T.

NIDN. 1013098502



LEMBARAN PERSETUJUAN TIM PENGUJI

Skripsi ini telah dipertahankan dan disempurnakan berdasarkan masukan dan koreksi Tim Penguji Pada ujian tertutup pada tanggal 14 Agustus 2023 di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

Bukittinggi, 19 Agustus 2023

Mahasiswa,

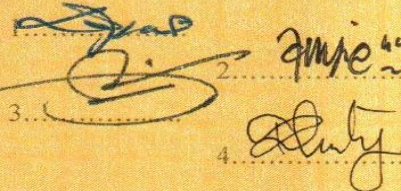



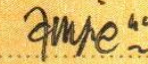

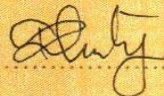
Yosep Rizal

21180116

Disetujui Tim Penguji Skripsi tanggal 19 Agustus 2023

1. Masril, S.T., M.T.
2. Asiya Nurhasanah Habirun, S.ST., M.Eng.
3. Jon Hafnil, S.T., M.T.
4. Ir. Ana Susanti Yusman, M.Eng.



1.  2. 
3.  4. 

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Teknik Sipil



Helga Yermadona, S.Pd., M.T.

NIDN. 1013098502

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Yosep Rizal
Tempat dan tanggal Lahir : Tanjung, 04 Agustus 1990
NIM : 21180116
Judul Skripsi : Perencanaan Struktur Atas Gedung Perpustakaan Politeknik Kesehatan Jambi

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan Skripsi ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri, baik untuk naskah laporan maupun kegiatan yang tercantum sebagai bagian dari Skripsi ini. Jika terdapat karya orang lain, saya akan mencantumkan sumber yang jelas.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini dan sanksi lain sesuai dengan peraturan yang berlaku di UM Sumatera Barat.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun.

Bukittinggi, 19 Agustus 2023

Yosep Rizal
membuat pernyataan,



Yosep Rizal
Yosep Rizal
21180116

ABSTRAK

Abstrak: Perpustakaan merupakan sebuah sarana yang sangat penting didalam sebuah lembaga pendidikan dalam menunjang perkembangan ilmu pengetahuan. Demi mewujudkan rasa aman dan nyaman bagi pengguna gedung, penulis melakukan perencanaan struktur gedung ini berdasarkan SNI 1726:2019 beban gempa dan SNI 2847:2019 struktur beton menggunakan program SAP2000 v22. Gedung direncanakan dengan tingkat daktilitas tinggi, agar saat terjadi gempa yang cukup kuat struktur gedung tidak runtuh. Berdasarkan hasil perhitungan yang didapat yaitu material baja yang digunakan $f_y = 400$ Mpa dan mutu beton $f_c' = 20,75$ MPa. Untuk penulangan pelat lantai dipakai tulangan untuk arah $x = \emptyset 10 - 150$, dan arah $y = \emptyset 10 - 150$. Perencanaan kolom memakai mutu baja $f_y = 400$ Mpa dan mutu beton $f_c' = 20,75$ MPa dengan ukuran untuk kolom $60 \text{ cm} \times 60 \text{ cm}$. Sedangkan perencanaan balok menggunakan mutu baja $f_y = 400$ Mpa dan mutu beton $f_c' = 20,75$ Mpa dengan ukuran untuk balok induk $B1 \ 65 \text{ cm} \times 45 \text{ cm}$, balok anak B2 ($60 \text{ cm} \times 45 \text{ cm}$) dan balok anak B3 $60 \text{ cm} \times 40 \text{ cm}$.

Kata Kunci : Gedung, Struktur, Gempa.



KATA PENGANTAR

Puji serta syukur penulis panjatkan kehadiran Allah S.W.T atas segala berkat dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Skripsi ini merupakan salah satu kewajiban yang harus diselesaikan untuk memenuhi persyaratan akademik untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil di Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat (UM Sumatera Barat).

Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan, bantuan, dan doá dari berbagai pihak, Skripsi ini tidak akan dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses pengerjaan skripsi ini, yaitu kepada :

1. Orang tua, isteri, keluarga, dan teman-teman yang telah memberikan dukungan moril, do'a, perhatian dan kasih sayang;
2. Bapak Masril, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat;
3. Bapak Hariyadi, S.Kom., M.Kom. selaku Wakil Dekan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat;
4. Ibu Helga Yermadona, S.Pd., M.T. selaku Ketua Prodi Teknik Sipil;
5. Bapak Ir. Surya Eka Priana, M.T. IPM. selaku Dosen Pembimbing Akademik;
6. Bapak Masril, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis;
7. Ibu Asiya Nurhasanah Habirun, S.ST., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis;
8. Bapak/Ibu Tenaga Kependidikan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat;
9. Semua pihak yang namanya tidak dapat disebutkan satu per satu;

Akhir kata, penulis menyadari bahwa mungkin masih terdapat banyak kekurangan dalam skripsi ini. Oleh karena itu, saran dari pembaca akan sangat bermanfaat bagi penulis.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya,
khususnya mahasiswa Teknik sipil.

Bukittinggi, Juli 2023

Penulis



DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN	
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	
ABSTRAK	
KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR NOTASI.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian	3
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Struktur	5
2.2 Pembebanan Struktur.....	5
2.2.1 Beban Mati.....	6
2.2.2 Beban Hidup.....	7
2.2.3 Beban gempa	8
2.2.4 Beban angin.....	26
2.3 Faktor Beban dan Kombinasi Beban.....	26
2.4 Struktur Atas	28
2.4.1 Kolom	29
2.4.2 Balok.....	34
2.4.3 Pelat lantai.....	40
2.5 Struktur Bawah.....	48
2.5.1 Jenis dan fungsi pondasi.....	49
2.6 Langkah Desain Struktur Beton dengan SAP2000 v22	50
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	56

3.1	Lokasi Penelitian	56
3.2.1	Data Penelitian	56
3.2.2	Data Primer	56
3.2.3	Data Sekunder	56
3.3	Metode Analisis Data.....	57
3.3.1	<i>Preliminary Design</i>	57
3.3.2	Pembebanan	57
3.3.3	Pemodelan dan Analisis Struktur.....	58
3.4	Bagan Alir Penelitian (<i>Flowchart</i>).....	58
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	60
4.1	Data Perencanaan	61
4.1.1	Data Gedung	61
4.1.2	Material Beton dan Baja	61
4.1.3	Data Pembebanan	61
4.2	Perencanaan Dimensi Struktur (<i>Preliminary Design</i>)	66
4.2.1	Perencanaan Dimensi Balok	66
4.2.2	Perencanaan Dimensi Pelat	68
4.2.3	Perencanaan Kolom	75
4.3	Desain Gedung dengan SAP2000 v22.....	79
4.3.1	Permodelan Struktur 3D.....	79
4.3.2	Pendefinisian Jenis Beban	80
4.3.3	Gempa Dinamik <i>Respon Spectrum</i>	81
4.3.4	Pengecekan Perilaku Struktur	82
4.4	Analisa Struktur.....	84
4.4.1	Analisa Pembebanan Akibat Beban Mati Dan Beban Hidup.....	84
4.4.2	Analisa Pembebanan Akibat Gempa	85
4.4.2.1	Gempa Respon Spektrum	85
4.4.3	Perhitungan Penulangan.....	95
4.4.3.1	Penulangan Pelat Lantai	95
4.4.3.2	Penulangan Balok Induk Arah Y Lapangan	106
4.4.3.3	Penulangan Balok Induk Arah Y Tumpuan.....	110
4.4.3.4	Penulangan Balok Induk Arah X Lantai 1-2	114
4.4.3.5	Penulangan Lapangan Balok Induk Arah X Lantai 1-2	117

4.4.3.6	Penulangan Tumpuan Balok Induk Arah X Lantai 1-2.....	120
4.4.3.7	Penulangan Geser Balok Induk Arah X Lantai 1-2.....	125
4.4.3.8	Penulangan Balok Anak Arah Y 1-2 Lapangan (400x600).....	128
4.4.3.9	Penulangan Balok Anak Arah Y 1-2 Tumpuan (400x600).....	132
4.4.3.10	Penulangan Geser Balok Anak Arah Y Lantai 1-2.....	136
4.4.3.11	Penulangan Balok Anak Arah X Lapangan 1-2 (450x600).....	139
4.4.3.12	Penulangan Balok Anak Arah X Tumpuan 1-2 (450x600).....	142
4.4.3.13	Penulangan Geser Balok Anak Arah X Lantai 1-2.....	147
4.4.3.14	Penulangan Kolom	150
BAB V	PENUTUP.....	158
5.1	Kesimpulan	158
5.2	Saran	159

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

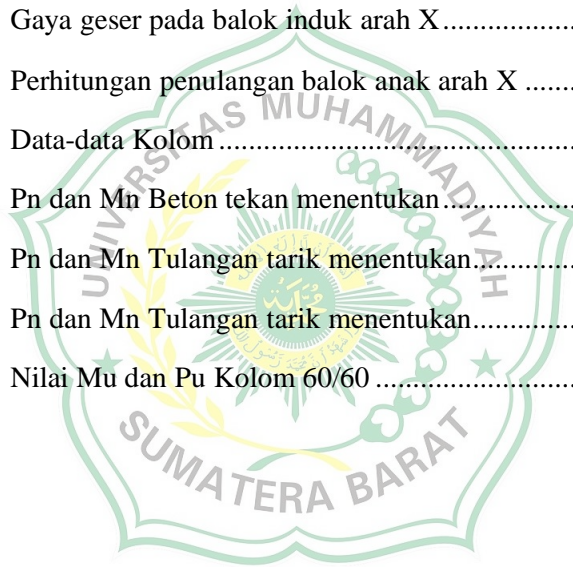


DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Berat Sendiri Bahan Bangunan.....	6
Tabel 2.2	Berat Komponen Bangunan.....	7
Tabel 2.3	Beban Hidup pada Lantai Gedung.....	8
Tabel 2.4	Kategori Resiko Bangunan Gedung untuk beban gempa.....	9
Tabel 2.5	Faktor Keutamaan Gempa.....	9
Tabel 2.6	Kombinasi Beban untuk metode ultimit.....	10
Tabel 2.7	Klasifikasi Situs	12
Tabel 2.8	Koefisien situs, F_a	13
Tabel 2.9	Koefisien situs, F_v	14
Tabel 2.10	Kategori Desain Seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek	17
Tabel 2.11	Kategori Desain Seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik Faktor Keutamaan Gempa	17
Tabel 2.12	Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung	20
Tabel 2.13	Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x	21
Tabel 2.14	Bagian pasal 18 yang harus dipenuhi dalam penerapan pada umumnya	28
Tabel 2.15	Tulangan <i>Transfersal</i> untuk kolom-kolom system rangka pemikul momen khusus.....	33
Tabel 2.16	Ketebalan minimum pelat 2 arah non prategang tanpa balok interior (mm)	44
Tabel 2.17	Ketebalan minimum pelat 2 arah non prategang dengan balok diantara tumpuan pada semua sisinya	45
Tabel 2.18	Koefisien distribusi untuk bentang ujung	47
Tabel 2.19	Bagian momen negative interior M_u dilajur Kolom.....	47
Tabel 2.20	Bagian Momen negative ekterior M_u dilajur kolom.....	48
Tabel 2.21	Bagian Momen negative interior M_u dilajur kolom	48
Tabel 4.1	Tinggi minimum balok non prategang.....	66
Tabel 4.2	Perhitungan pembebanan masing-masing kolom.....	77

Tabel 4.3	Jumlah partisipasi <i>massa rations</i>	82
Tabel 4.4	<i>Output</i> geser dasar.....	82
Tabel 4.5	Hasil penjumlahan Geser Dasar untuk masing-masing gempa	82
Tabel 4.6	Simpangan lantai Arah-x (Δx)	83
Tabel 4.7	Simpangan lantai Arah-y (Δy)	83
Tabel 4.8	Kategori resiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa	85
Tabel 4.9	Koefisien situs, F_a	86
Tabel 4.10	Koefisien situs, F_v	87
Tabel 4.11	Kategori desain seismic berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek	88
Tabel 4.12	Kategori desain seismic berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik.....	88
Tabel 4.13	Faktor keutamaan gempa.....	88
Tabel 4.14	Syarat spesifik system	89
Tabel 4.15	Faktor R , C_d , β_0 untuk system pemikul gaya seismic	89
Tabel 4.16	Nilai S_a saat $T > T_s$	91
Tabel 4.17	Nilai parameter periode pendekatan C_t dan X	94
Tabel 4.18	Momen Pelat Lapangan Arah X	95
Tabel 4.19	Momen pelat Tumpuan Arah X	97
Tabel 4.20	Momen Pelat Lapangan Arah Y	100
Tabel 4.21	Momen Pelat Tumpuan Arah Y.....	102
Tabel 4.22	Momen pelat lantai.....	105
Tabel 4.23	Tabel penulangan pelat.....	105
Tabel 4.24	Tabel penulangan pelat	106
Tabel 4.25	Nilai Momen Maksimum Lapangan	107
Tabel 4.26	Nilai Momen Maksimum Tumpuan.....	111
Tabel 4.27	Nilai Gaya geser balok induk Maksimum Arah Y	114
Tabel 4.28	Perhitungan penulangan Balok induk Arah Y.....	116

Tabel 4.29	Nilai Momen Lapangan Balok induk arah X Lantai 1-2.....	117
Tabel 4.30	Momen Maksimum Tumpuan arah X Lantai 1-2.....	121
Tabel 4.31	Gaya Geser Balok induk Maksimum.....	125
Tabel 4.32	Perhitungan Penulangan Balok Induk Arah X.....	127
Tabel 4.33	Momen Balok Anak Maksimum	128
Tabel 4.34	Momen Balok Anak Maksimum	132
Tabel 4.35	Gaya geser pada balok anak arah Y.....	136
Tabel 4.36	Perhitungan Penulangan Balok Anak Arah Y	138
Tabel 4.37	Momen Balok anak Maksimum	139
Tabel 4.38	Momen Balok anak Maksimum	143
Tabel 4.39	Gaya geser pada balok induk arah X.....	147
Tabel 4.40	Perhitungan penulangan balok anak arah X	149
Tabel 4.41	Data-data Kolom	150
Tabel 4.42	Pn dan Mn Beton tekan menentukan.....	152
Tabel 4.43	Pn dan Mn Tulangan tarik menentukan.....	153
Tabel 4.44	Pn dan Mn Tulangan tarik menentukan.....	154
Tabel 4.45	Nilai Mu dan Pu Kolom 60/60	155



DAFTAR GAMBAR


Gambar 2.1	Jarak Patahan Untuk Berbagai Lokasi Situs Proyek	11
Gambar 2.2	<i>Spectrum Respons Design</i>	16
Gambar 2.3	Parameter Gerak Tanah Ss Gempa Maksimum	24
Gambar 2.4	PGA Gempa Maksimum.....	24
Gambar 2.5	<i>Respons 0,2 - detik</i>	25
Gambar 2.6	CR1, Koefisien Resiko Terpetakan	25
Gambar 2.7	Peta Transisi Periode panjang	25
Gambar 2.8	Dimensi Kolom	29
Gambar 2.9	Contoh penulangan transversal pada Kolom	31
Gambar 2.10	Contoh penulangan transversal pada Kolom	32
Gambar 2.11	Lebar efektif Maksimum balok	35
Gambar 2.12	Persyaratan Lentur SRPMK.....	37
Gambar 2.13	Persyaratan Sambungan Lewatan SRPMK	37
Gambar 2.14	Contoh sengkang tertutup	38
Gambar 2.15	Gaya geser rencana pada Komponen Struktur	40
Gambar 2.16	Pelat Lantai	41
Gambar 2.17	Jenis pelat lantai berdasarkan tumpuan	42
Gambar 2.18	Jenis pelat lantai berdasarkan perletakan	42
Gambar 2.19	Jenis pelat lantai pelat dua arah.....	43
Gambar 2.20	Jenis pelat lantai pelat satu arah	44
Gambar 2.21	Input Parameter Beaan.....	51
Gambar 2.22	Input Data Material.....	51
Gambar 2.23	Input Data Material Beton	52
Gambar 2.24	Input Material Tulangan Longitudinal	52
Gambar 2.25	Input Material Tulangan Sengkang	53
Gambar 2.26	<i>Frame Section Property Type</i>	53
Gambar 2.27	Input Properties Balok	54
Gambar 2.28	Input Data <i>Reinforcement</i> Balok	55

Gambar 2.29	<i>Assign Frame Section</i>	56
Gambar 2.30	<i>Define Load Patterns</i>	56
Gambar 2.31	Input Beban Merata pada Balok	57
Gambar 2.32	Input Beban Mati (DL) pada Balok	57
Gambar 2.33	<i>Load Combination Data</i>	58
Gambar 2.34	<i>Analisis Options</i>	58
Gambar 2.35	<i>Set Load Cases to Run</i>	59
Gambar 3.1	Peta Lokasi.....	60
Gambar 3.2	Bagan Alir Penelitian.....	63
Gambar 4.1	Denah Perletakan Kolom	64
Gambar 4.2	Rencana Pemodelan Tampak Struktur Arah Y	64
Gambar 4.3	Rencana Pemodelan Tampak Struktur Arah X	65
Gambar 4.4	Balok yang berada ditengah Konstruksi	70
Gambar 4.5	Titik Berat Balok yang Berada ditengah Konstruksi.....	72
Gambar 4.6	Elemen Balok	79
Gambar 4.7	Elemen Kolom.....	79
Gambar 4.8	Elemen Pelat Lantai.....	80
Gambar 4.9	Elemen Pelat Atap	80
Gambar 4.10	Distribusi Beban Mati pada pelat Lantai	80
Gambar 4.11	Distribusi Beban Mati pada balok	81
Gambar 4.12	Beban hidup untuk lantai	81
Gambar 4.13	Parameter <i>Respons Spectrum</i>	81
Gambar 4.14	Simpangan Lantai (<i>Story Drift</i>).....	83
Gambar 4.15	Kurva <i>Respons Spectrum</i>	92
Gambar 4.16	Momen Maksimum Arah Y Lapangan	106
Gambar 4.17	Momen Maksimum Arah Y Tumpuan	110
Gambar 4.18	Gaya Geser Balok Induk Maksimum arah Y	114
Gambar 4.19	Momen Maksimum Arah X Lapangan	117
Gambar 4.20	Momen Maksimum Arah X Tumpuan	121

Gambar 4.21	Gaya Geser Maksimum Balok Induk Arah X.....	125
Gambar 4.22	Momen Maksimum Balok Anak Arah Y Lapangan	128
Gambar 4.23	Momen Maksimum Balok Anak Arah Y Tumpuan.....	132
Gambar 4.24	Gaya Geser Maksimum Balok Anak Arah Y.....	136
Gambar 4.25	Momen Maksimum Balok Anak Arah X Lapangan	139
Gambar 4.26	Momen Maksimum Balok Anak Arah X Tumpuan	143
Gambar 4.27	Gaya Geser Maksimum Balok Anak Arah X.....	147
Gambar 4.28	Diagram Interaksi Kolom	156
Gambar 4.29	Denah dan Penulangan Balok	158
Gambar 4.30	Denah dan Penulangan Kolom.....	159
Gambar 4.31	Penulangan Pelat Lantai.....	160



DAFTAR NOTASI



As	= Tulangan tarik (m^2)
As'	= Tulangan tekan (m^2)
be	= Keliling tegangan penampang geser
bw	= Lebar penampang (m')
C	= Faktor respons gempa
DL	= Beban mati (<i>Dead Load</i>) kg/m
ds	= Diameter sengkang
d'	= Selimut beton (m')
E	= Beban gempa
Eb	= Eksentrisitas kondisi seimbang
Ec	= Modulus elastisitas beton
Es	= Modulus elastisitas baja
Emin	= Eksentrisitas minimum
fc'	= Kuat tekan beton (MPa)
fu	= Batas putus baja (MPa)
fy	= Batas leleh baja (MPa)
FK	= Faktor keamanan = 2
H	= Jumlah tingkat gedung (m')
H	= Tinggi penampang (m')
I	= Faktor keutamaan gedung
lbp	= Inersia balok
lp	= Inersia pelat
LL	= Beban hidup (<i>Live Load</i>) kg/m
Ln	= Bentang bersih (m')
Lpd	= Bentang terpendek (m')
Lpj	= Bentang terpanjang (m')
Mn	= Kapasitas penampang dalam kondisi momen murni
Mu	= Momen ultimate (momen perlu)
Pn	= Kuat tekan rencana
Pnb	= Kapasitas penampang dalam keadaan seimbang (<i>balance</i>)
Pn(max)	= Kekuatan nominal maksimum
P0	= Kapasitas maksimum

U	= Kuat perlu
V _c	= Kuat geser beton
V _n	= Kuat geser nominal
V _r	= Kuat geser rencana
V _s	= Kuat geser tulangan
V _u	= Kuat geser ultimate
W	= Angin (<i>Wind</i>)
ζ	= Koefisien wilayah gempa
α	= Nilai korelasi
Ψ	= Koefisien untuk menghitung respons gempa vertical
Φ	= Sudut geser dalam tanah
β	= Perbandingan antar bentang
α _m	= Nilai rata-rata
α	= Kekuatan pelat
φ	= Faktor reduksi geser
σ	= Tegangan normal
π	= <i>Poisson Ration</i>



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proses pendidikan diperguruan tinggi tidak terlepas dari kegiatan penelitian dan pengembangan, inovasi, serta rekayasa ilmu pengetahuan. Sehingga perpustakaan sering dikatakan jantungnya perguruan tinggi. Perpustakaan pada dasarnya sangat penting keberadaannya sebagai penyedia informasi bagi penggunanya tidak hanya mahasiswa, tetapi dosen, karyawan, dan civitas akademika.

Politeknik Kesehatan Jambi merupakan institusi pendidikan tenaga kesehatan di Provinsi Jambi, dalam upaya pengembangan kelembagaan berdasarkan visi dan misinya dalam menyelenggarakan pendidikan yang bermutu, dan menghasilkan tenaga kesehatan yang vokasi, profesi, dan profesional.

Fasilitas gedung perpustakaan di kampus Politeknik Kesehatan Jambi ini bangunannya sudah tidak layak pakai dan berukuran kecil, maka pada tahun 2021 lalu Direktur Politeknik Kesehatan Jambi berinisiatif untuk menambahkan fasilitas gedung perpustakaan, namun sampai saat ini pembangunan gedung tersebut belum direalisasikan. Maka dalam hal ini penulis tertarik untuk melakukan perencanaan struktur atas gedung perpustakaan Politeknik Kesehatan Jambi.

Indonesia merupakan daerah rawan gempa bumi karena dilalui oleh jalur pertemuan tiga lempeng tektonik, yaitu: Lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia, dan lempeng Pasifik. Lempeng Indo-Australia bergerak relatif ke arah utara dan menyusup kedalam lempeng Eurasia, sementara lempeng Pasifik bergerak relatif ke arah barat. Terjadinya gempa akan menghasilkan energi yang kuat yang menjalar di permukaan bumi dengan gelombang vertikal dan horizontal. Energi gempa tersebut dapat membuat elemen-elemen struktur bangunan mengalami deformasi. Deformasi yang besar tentu akan menyebabkan permasalahan pada struktur, bahkan dapat menyebabkan kegagalan struktur serta dapat membahayakan keselamatan orang-orang yang beraktivitas didalam dan disekitar gedung.

Dalam perencanaan gedung perpustakaan Politeknik Kesehatan Jambi, ada beberapa hal yang harus diperhatikan, baik dari segi kekuatan, kenyamanan,

ketahanan dan kestabilan gedung maupun umur rencananya. Pada perencanaan gedung perpustakaan Politeknik Kesehatan Jambi ini, penulis mengambil judul Skripsi **“Perencanaan Struktur Atas Gedung Perpustakaan Politeknik Kesehatan Jambi”** disini penulis akan membahas tentang struktur atas yang mana terdiri dari kolom, balok, dan pelat lantai berdasarkan SNI 1726:2019 beban gempa dan SNI 2847:2019 struktur beton menggunakan program SAP2000 v22.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka permasalahan yang akan dihadapi dalam perencanaan struktur atas gedung perpustakaan Politeknik Kesehatan Jambi adalah bagaimana merencanakan struktur atas bangunan yang terdiri dari kolom, balok, dan pelat yang memenuhi faktor aman dan sesuai dengan standar SNI yang ditetapkan. Maka rumusan masalah dari permasalahan tersebut pada perencanaan struktur atas gedung ini adalah :

1. Berapakah besar beban maksimal yang dipikul oleh gedung ini baik beban mati, beban hidup maupun beban gempa?
2. Berapakah dimensi elemen struktur atas yang berupa kolom, balok, pelat agar mampu memikul beban maksimal (beban mati, beban hidup dan beban gempa) ?
3. Berapakah jumlah tulangan struktur atas (kolom, balok, serta pelat) yang diperlukan agar mampu memikul beban maksimal (beban mati, beban hidup maupun beban gempa) ?
4. Bagaimana dimensi serta penulangan struktur atas gedung yang memenuhi syarat kinerja kelayakan berdasarkan SNI 1726:2019 dan SNI 2847:2019 menggunakan SAP2000 v22.

1.3 Batasan Masalah

Perencanaan struktur atas gedung perpustakaan Politeknik Kesehatan Jambi ini batasan masalahnya adalah sebagai berikut :

1. Perhitungan struktur yang akan dilakukan hanya pada struktur atas (kolom, balok, dan pelat).
2. Perhitungan beban gempa menggunakan analisis *Respons spectrum* SNI 1726-2019.
3. Perencanaan struktur bangunan dengan menggunakan program SAP2000.

4. Aspek-aspek struktur yang direncanakan meliputi :
 - a. Balok serta penulangannya.
 - b. Kolom serta penulangannya.
 - c. Pelat lantai dan pelat atap serta penulangannya.

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Penulisan skripsi ini bertujuan untuk mengetahui beban maksimal yang dipikul, dimensi, dan jumlah tulangan struktur atas (kolom, balok, dan pelat) pada gedung perpustakaan Politeknik Kesehatan Jambi.

Maka manfaat dari penulisan skripsi ini adalah memperoleh hasil perhitungan struktur gedung perpustakaan Politeknik Kesehatan Jambi dengan analisis perhitungan struktur dengan bantuan aplikasi program :

- a. *Autocad*
- b. *SAP2000 v22*
- c. *Microsoft Excel*

1.5 Sistematika Penulisan

Penulisan Skripsi ini dibuat berdasarkan sistematika penulisan skripsi. Adapun sistematika penulisan skripsi terdiri dari lima BAB yaitu :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan tentang kajian-kajian teori berdasarkan perencanaan perhitungan struktur gedung perpustakaan Politeknik Kesehatan Jambi.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang data penelitian, metode analisis data, serta *Flowchart* penyusunan skripsi.

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Bab ini menguraikan tentang perhitungan struktur meliputi : pembebanan, dimensi struktur atas, momen dengan menggunakan aplikasi SAP2000, serta jumlah tulangan yang digunakan pada kolom, balok, dan pelat.

BAB V PENUTUP

Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dari analisis yang telah dilakukan serta saran untuk kesempurnaan penelitian ini.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Struktur

Struktur bangunan adalah bagian-bagian yang membentuk bangunan seperti pondasi, sloof, dinding, kolom, ring balok, dan rangka atap. Pada prinsipnya struktur berguna untuk meneruskan beban bangunan dari bagian bangunan atas menuju bagian bangunan bawah lalu menyebarkan ke tanah. Struktur bangunan pada umumnya terdiri dari struktur bawah (*lower structure*) dan struktur atas (*upper structure*).

Dalam SNI 1726-2019 Struktur bawah (*lower structure*) adalah bagian dari struktur bangunan gedung yang terletak dibawah muka tanah, yang dapat terdiri dari struktur *basemen*, dan/atau struktur fondasinya, sedangkan yang dimaksud dengan struktur atas (*upper structure*) adalah bagian dari struktur bangunan gedung yang berada di atas muka tanah. Setiap komponen tersebut memiliki fungsi yang berbeda-beda di dalam sebuah struktur. Beban-beban yang bekerja pada struktur bangunan seperti beban mati (*dead load*), beban hidup (*live load*) beban gempa (*earthquake*), dan beban angin (*wind load*).

2.2 Pembebanan Struktur

Pembebanan merupakan faktor penting dalam merancang struktur bangunan. Berdasarkan SNI 1726 tahun 2019 beban adalah gaya-gaya atau aksi-aksi lainnya yang dihasilkan dari berat seluruh material bangunan, hunian dan pemanfaatannya, pengaruh-pengaruh lingkungan, pergerakan relatif, beda penurunan, dan perubahan-perubahan dimensi yang tertahan. Untuk merancang suatu struktur gedung perlu mengidentifikasi beban nominal yang bekerja pada struktur. Beban nominal yang bekerja pada struktur dapat digolongkan dalam tiga bagian, yaitu beban mati, beban hidup, dan beban akibat pengaruh alam.

2.2.1 Beban Mati

Beban mati adalah berat dari semua bagian suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu

(PPIUG 1983). Biasanya beban mati merupakan berat sendiri dari suatu bangunan, sehingga besarnya dapat dihitung secara akurat berdasarkan ukuran bentuk, dan berat jenis materialnya. Jadi, berat dinding, lantai, balok, langit-langit, dan sebagainya dianggap beban mati dari suatu bangunan”.

Dalam menentukan beban mati suatu gedung harus ditinjau dari berat sendiri dari bahan bangunan gedung tersebut. Maka pedoman menentukan beban mati tersebut dapat dilihat pada tabel 2.1 berat sendiri bahan bangunan dan tabel 2.2 berat komponen gedung.

Tabel 2.1 Berat Sendiri Bahan Bangunan

Beban mati	kg/m³
Baja	7.850
Batu Belah, Batu Bulat, Batu Gung (berat tumpuk)	1.500
Batu Pecah	1.450
Besi Tuang	7.250
Beton (¹)	2.200
Beton Bertulang (²)	2.400
Kayu (kelas I) (³)	1.000
Kerikil, Koral (kering udara sampai lembab, tanpa diayak)	1.650
Pasangan Bata Merah	1.700
Pasangan Batu Belah, batu bulat, batu gunung	2.200
Pasir (kering udara sampai lembab)	1.600
Pasir (jenuh air)	1.800
Pasir kerikil, koral (kering udara sampai lembab)	1.850
Tanah, Lempung dan lanau (kering udara sampai lembab)	1.700
Tanah, Lempung dan lanau (basah)	2.000

Sumber: Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (1983)

Tabel 2.2 Berat Komponen Bangunan

Komponen Gedung	Kg/m²
Adukan per cm tebal:	
a. dari semen	21
b. dari kapur semen merah atau tras	17
Aspal per cm tebal	14
Dinding pasangan bata merah	
a. satu batu	450
b. setengah batu	250

Dinding pasangan batako	
Berlubang:	
a. 20cm	200
b. 10cm	120
Tanpa lubang	
a. 15	300
b. 10	200

Sumber : Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (1983)

2.2.2 Beban Hidup

Beban Hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan kedalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut (PPIUG 1983). Contoh dari beban hidup adalah beban hunian, lalu lintas orang, dan lalu lintas kendaraan (jembatan). “Beban hidup minimum diterapkan pada bangunan biasanya ditetapkan dalam peraturan setempat yang berlaku. Beban hidup dapat direduksi bila tidak semua daerah pembebanan dibebani penuh secara bersamaan, atau untuk elemen yang mempunyai daerah pembebanan yang luas” (Laurentis dan Syahril, 1999:8).

Berdasarkan Pedoman pembebanan untuk rumah dan gedung, berat beban hidup yang terjadi pada lantai gedung dapat ditentukan berdasarkan pada Tabel 2.3 beban hidup pada lantai gedung.

Tabel 2.3 Beban Hidup pada Lantai Gedung

	Beban hidup	kg/m ³
A	Lantai dan tangga rumah tinggal, kecuali yang disebut dalam b	200
B	Lantai dan tangga rumah tinggal sederhana dan gudang yang tidak penting yang bukan untuk toko, pabrik atau bengkel	125
C	Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, toserba, restoran, hotel, ruamh sakit	250
D	Tangga, bordes tangga dan gang yang disebut dalam c	300

Sumber : Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (1983)

2.2.3 Beban gempa

Beban Gempa adalah semua beban *statik ekuivalen* yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa. Dalam hal penaruh gempa pada struktur gedung ditentukan berdasarkan suatu analisa dinamik, maka yang diartikan dengan beban gempa disini adalah gaya-gaya di dalam struktur tersebut yang terjadi gerakan tanah akibat gempa. (PPIUG 1983).

Dalam SNI 1726-2019 “Tata cara menentukan pengaruh gempa rencana yang harus ditinjau dalam perencanaan dan evaluasi struktur bangunan gedung dan nongedung serta berbagai bagian dan peralatannya secara umum”. SNI 1726-2019 menjelaskan kemungkinan runtuh sebesar 2 % umur struktur bangunan 50 tahun.

a. Faktor keutamaan gempa dan kategori risiko struktur bangunan

Struktur bangunan gedung dan non gedung dalam berbagai kategori risiko (Tabel 2.4) pengaruh gempa rencana terhadap bangunan tersebut harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan gempa (I_e) menurut tabel 2.5. Khusus untuk struktur bangunan dengan kategori risiko IV, bila dibutuhkan pintu masuk untuk operasional dari struktur bangunan yang bersebelahan, maka struktur bangunan yang bersebelahan tersebut harus didesain sesuai dengan kategori resiko IV.

Tabel 2.4 Kategori risiko bangunan gedung dan nongedung untuk beban gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk: a. Bangunan-bangunan monumental b. Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan c. Rumah ibadah d. Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat e. Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat f. Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, tsunami, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya g. Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat	IV

<p>operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat</p> <p>h. Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat</p> <p>i. 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> <p>Gedung dan nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	
--	--

(sumber : Tabel 3 SNI 1726 2019)

Tabel 2.5 Faktor keutamaan gempa

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

(sumber : Tabel 4 SNI 1726 2019)

b. Kombinasi beban terfaktor

Dari perhitungan pembebanan, angka kombinasi pembebanan dapat dimasukkan ke aplikasi pendukung, serta kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 03-1727-2013 yang dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Kombinasi beban untuk metode ultimit

Beban	Kombinasi <i>ultimit</i>
Beban mati	1,4 D
Beban hidup	1,2 D + 1,6 L + 0,5 (L_r atau R)
Beban angin	1,2 D + 1,6 (L_r Atau R) + (L atau 0,5 W) 1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (L_r atau R) 0,9 D + 1,0 W
Beban Gempa	1,2 D + 1,0 E + L 0,9 D + 1,0 E

(Sumber : SNI-1727-2013)

c. Parameter percepatan gempa

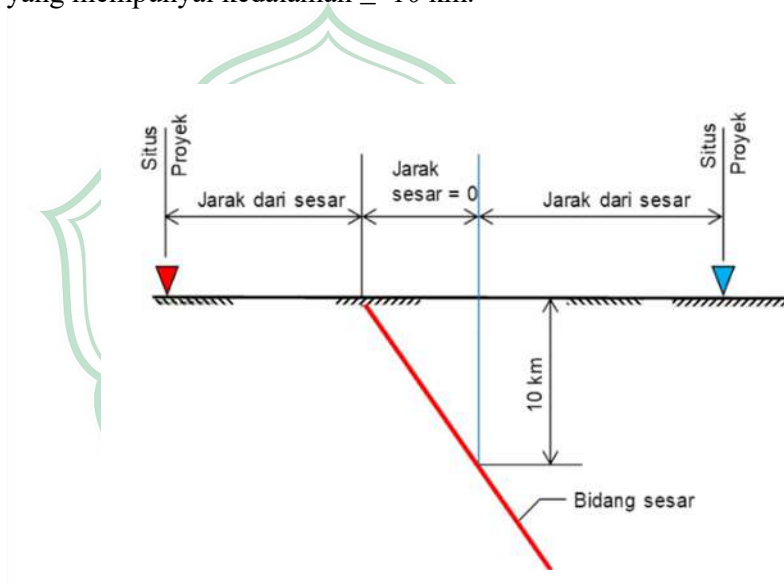
1. Situs dekat sesar

Berdasarkan SNI 1726-2019 yang dikategorikan ke dalam situs dekat sesar adalah :

- a. Berjarak 15 km dari *proyeksi* permukaan sesar aktif yang diketahui dan mampu menghasilkan kejadian gempa dengan M_w 7 atau lebih besar, atau
- b. Berjarak 10 km dari *proyeksi* permukaan sesar aktif yang diketahui dan mampu menghasilkan kejadian gempa dengan M_w 6 atau lebih besar.

Pengecualian : *Proyeksi* permukaan tidak perlu menyertakan bagian dari patahan pada kedalaman 10 km atau lebih besar.

- a. Sesar-sesar dengan perkiraan *slip-rate* sepanjang sesar kurang dari 1 mm pertahun berdasarkan pengamatan *geodesi* dan atau *geologi* tidak perlu dipertimbangkan;
- b. *Proyeksi* permukaan tidak boleh mencakup bagian-bagian patahan yang mempunyai kedalaman ≥ 10 km.



Gambar 2.1 Jarak patahan untuk berbagai lokasi situs proyek
Sumber: SNI 1726-2019

2. Parameter percepatan terpetakan

Dalam SNI 1726-2019 Parameter S_s dan S_l harus ditetapkan dari *respon spectral* percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta seismik pada pasal 0 dengan kemungkinan 2% terlampaui dalam 50 tahun (MCE_R , 2% dalam 50 Tahun), dan dinyatakan dalam bilangan desimal terhadap percepatan gravitasi. Seandainya $S_l \leq 0,04$ g dan $S_s \leq 0,15$ g, maka struktur bangunan dikategorikan *desain seismik A*, dan cukup memenuhi persyaratan 0.

Dimana :

S_5 : percepatan batuan dasar pada *periode* pendek

S_1 : percepatan batuan dasar pada *periode* 1 detik

3. Kelas Situs

Berdasarkan SNI 1726-2019 sifata-sifat tanah pada situs diklasifikasi sebagai SA, SB, SC, SD, Se atau SF yang mengikuti 0. Seandainya sifa-sifat tanah tidak teridentifikasi secara jelas, maka kelas situs SE dapat digunakan, kecuali jika pemerintah/ dinas terkait memiliki data otentik yang dapat menentukan kelas situs lainnya. Jika penyelidikan tanah menunjukkan kondisi batuan dengan kelas situs SB yang dilakukan sesuai dengan pasal 0, tetapi pengukuran kecepatan gelombang geser situs-spesifik tidak dilakukan maka koefisien situs F_a , F_v , dan F_{PGA} harus diambil sebesar 1.0.

Tabel 2.7 Klasifikasi situs

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

- situs yang mengikuti 0)	gambut (ketebalan $H > 3$ m) c. Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan indeks plastisitas $PI > 75$) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $s_u < 50$ kPa
---------------------------	--

Catatan : N/A =tidak dapat dipakai (sumber : Tabel 5 SNI 1726 2019)

d. Koefisien-koefisien situs dan parameter-parameter *respons spektral* percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R)

Dalam SNI 1726 2019 untuk menentukan spektral percepatan gempa MCE_R di permukaan tanah, dibutuhkan faktor *amplifikasi seismik* pada periode 0,2 detik dan periode 1 detik. Faktor *Amplifikasi* getaran meliputi faktor *amplifikasi* getaran percepatan getaran periode pendek (F_a) dan faktor *amplifikasi* terkait percepatan getaran periode 1 detik (F_v). Dalam menentukan parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) ditentukan dengan persamaan berikut ini :

$$S_{MS} = F_a S_s \quad (2.2)$$

$$S_{MI} = F_v S_I \quad (2.3)$$

Dimana :

S_{MS} = parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode pendek

S_{MI} = parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode 1,0 detik.

Jika kelas situs SE digunakan sebagai kelas situs berdasarkan 0, maka nilai F_a tidak boleh kurang dari 1,2. Jika digunakan prosedur desain sesuai dengan pasal 0, maka nilai F_a harus ditentukan sesuai 0, serta nilai F_v , S_{MS} , dan S_{MI} tidak perlu ditentukan.

Tabel 2.8 Koefisien Situs, F_a

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, S_s					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2

<i>SD</i>	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
<i>SE</i>	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
<i>SF</i>	SS ^(a)					

Catatan :

SS= *Situs* yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan *analisis respons situs-* spesifik, lihat 0

(sumber : Tabel 6 SNI 1726 2019)

Tabel 2.9 *Koefisien Situs, F_v*

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode 1 detik, S_I					
	<i>S_I</i> ≤ 0,1	<i>S_I</i> = 0,2	<i>S_I</i> = 0,3	<i>S_I</i> = 0,4	<i>S_I</i> = 0,5	<i>S_I</i> ≥ 0,6
<i>SA</i>	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
<i>SB</i>	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
<i>SC</i>	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
<i>SD</i>	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
<i>SE</i>	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
<i>SF</i>	SS ^(a)					

(sumber : Tabel 7 SNI 1726 2019)

e. Parameter percepatan *spektral desain*

Dalam menentukan percepatan *spektral desain* menurut SNI 1726 2019 harus melalui pers. 2.4 dan 2.5 dibawah ini:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (2.4)$$

$$S_{DI} = \frac{2}{3} S_{MI} \quad (2.5)$$

Dimana :

S_{DS} = Percepatan *spektral design* untuk periode pendek

S_{DI} = Percepatan *spektral design* untuk periode 1 detik.

Jika digunakan prosedur *design* yang disederhanakan sesuai pasal 8 pada SNI 1726 2019, maka nilai *S_{DS}* harus ditentukan sesuai 0 dan nilai *S_{DI}* tidak perlu ditentukan.

f. *Spektrum respons design*

Dalam SNI 1726-2019, untuk *spektrum respons design* diperlukan prosedur gerak tanah dari spesifik-situs yang tidak digunakan, sehingga *spektrum respons design* harus mengacu pada gambar 2.2 dan mengikuti ketentuan dibawah ini :

1. Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 , *spektrum respons* percepatan *desain*, S_a , harus diambil dari pers. 2.6 dibawah ini;

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (2.6)$$

2. Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , *spektrum respons* percepatan *desain*, S_a , sama dengan S_{DS} ;
3. Untuk periode lebih besar dari T_s tetapi lebih kecil dari atau sama dengan T_L , *respons spektral* percepatan *desain*, S_a , diambil berdasarkan pers. 2.7 dibawah ini:

$$S_a = \frac{S_{DS}}{T} \quad (2.7)$$

4. Untuk periode lebih besar dari T_L , *respons spektral* percepatan *desain*, S_a , diambil berdasarkan pers. 2.8 dibawah ini:

$$S_a = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \quad (2.8)$$

Dimana :

S_{DS} = parameter *respons spektral* percepatan *desain* pada periode pendek;

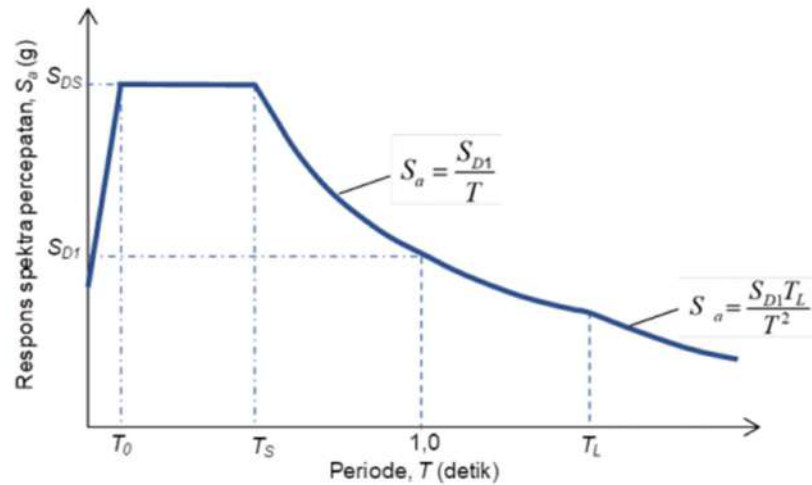
S_{D1} = parameter *respons spektral* percepatan *desain* pada periode 1 detik;

T = periode getar fundamental struktur

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (2.9)$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (2.10)$$

T_L = Peta transisi periode panjang yang ditunjukkan pada Gambar 2.2 yang nilainya diambil dari Gambar 2.6



Gambar 2.2 Spektrum respons desain

Sumber : SNI 1726-2019

g. Kategori desain seismik

Dalam SNI 1726-2019 Suatu struktur gedung harus ditetapkan memiliki suatu kategori *desain seismik* yang berlokasi dimana :

1. parameter *respons spektral* percepatan pada periode 1 detik, S_1 , lebih besar dari atau sama dengan 0,75 harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori *desain seismik* E.
2. Struktur yang berkategori risiko IV yang berlokasi di mana parameter *respons spektral* percepatan terpetakan pada periode 1 detik, S_1 , lebih besar dari atau sama dengan 0,75, harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori *desain seismik* F.
3. Semua struktur lainnya harus ditetapkan kategori *desain seismik* berdasarkan kategori risiko dan parameter *respons spektral* percepatan desainnya, S_{DS} dan S_{D1} , sesuai 0.
4. Bangunan dan struktur harus ditetapkan ke dalam kategori *desain seismik* yang lebih parah, dengan mengacu pada Tabel 2.8 dan Tabel 2.9, terlepas dari nilai periode fundamental getaran struktur, T .

Apabila S_1 lebih kecil dari 0,75, kategori *desain seismik* diizinkan untuk ditentukan sesuai Tabel 2.8 saja, di mana berlaku semua ketentuan di bawah:

1. Pada masing-masing dua arah *ortogonal*, perkiraan periode fundamental struktur, T_a , yang ditentukan sesuai dengan 0 adalah kurang dari $0,8T_s$, di mana T_s ditentukan sesuai dengan 0;

2. Pada masing-masing dua arah *ortogonal*, periode fundamental struktur yang digunakan untuk menghitung simpangan antar tingkat adalah kurang dari T_s ;
3. Persamaan (31) digunakan untuk menentukan *koefisien respons seismik*, C_s ;
4. Diafragma struktural adalah kaku sebagaimana disebutkan di 0 atau untuk diafragma yang *fleksibel*, jarak antara elemen-elemen vertikal pemikul gaya seismik tidak melebihi 12 m.

Apabila digunakan alternatif prosedur penyederhanaan *desain* pada pasal 0, kategori *desain seismik* diperbolehkan untuk ditentukan dari Tabel 2.10, dengan menggunakan nilai S_{DS} yang ditentukan dalam 0.

Tabel 2.10 *Kategori desain seismik* berdasarkan parameter *respons* percepatan pada periode pendek

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

(sumber : Tabel 8 SNI 1726 2019)

Tabel 2.11 *Kategori desain seismik* berdasarkan parameter *respons* percepatan pada periode 1 detik

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

(sumber : Tabel 9 SNI 1726 2019)

h. Persyaratan *design* untuk kategori *design seismik* A

Dalam SNI 1726:2019 bangunan gedung dan nongedung yang termasuk kategori *desain seismik* A harus memenuhi ketentuan-ketentuan dibawah ini :

1. Beban *seismik* yang disyaratkan harus 0 dan saat dikombinasikan dengan beban mati, beban hidup, beban ultimit dan beban layan juga harus 0
2. Sambungan untuk lintasan beban *seismik* harus mampu menyalurkan gaya-gaya lateral yang terjadi. Setiap bagian struktur yang lebih kecil harus disatukan ke bagian struktur sisanya dengan menggunakan elemen-elemen

struktur yang memiliki kekuatan untuk menahan gaya minimum sebesar 5 % dari berat bagian struktur yang lebih kecil tersebut.

3. Gaya lateral setiap struktur dianalisis untuk pengaruh gaya lateral statik yang diaplikasikan *independen* di kedua arah *orthogonal*. Gaya lateral statik harus diaplikasikan secara simultan di tiap lantai. Gaya lateral tiap lantai dihitung dengan pers. 2.11 berikut :

$$F_x = 0,01 W_x \quad (2.11)$$

Dimana :

F_x = gaya lateral rencana yang diaplikasikan pada lantai-x

W_x = bagian beban mati total struktur, D, yang bekerja pada lantai-x

4. Sambungan pada tumpuan harus memiliki kekuatan untuk menahan gaya minimum sebesar 5 % dari reaksi beban mati dan beban hidup tak terfaktor yang ditimbulkan oleh *elemen* struktur yang ditumpu pada *elemen* struktur yang menumpu.
5. Pengangkuran dinding struktural harus mampu menahan gaya *horizontal* terfaktor yang tegak lurus bidang dinding sebesar minimum 0,2 kali berat daerah tributari dinding pada sambungan, tapi tidak kurang dari 0,24 kN/m².

i. Prosedur gaya lateral *ekivalen*

1. Geser dasar *seismik*

Dalam SNI 1726-2019 untuk menentukan gaya geser dasar seismik, V , dalam arah yang sudah ditetapkan harus sesuai dengan pers. 2.12 berikut :

$$V = C_s W \quad (2.12)$$

Dimana :

C_s = koefisien respons seismik yang ditentukan sesuai dengan 0

W = berat seismik efektif menurut 0

Perhitungan koefisien respons seismik

Perhitungan koefisien respons seismik, C_s , berdasarkan SNI 1726-2019 pada bagian percepatan *Konstan* harus ditentukan dengan pers. 2.13 dibawah ini :

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (2.13)$$

Dimana :

S_{DS} = parameter percepatan *respons spektral desain* dalam rentang *periode* pendek seperti ditentukan dalam 0 atau 0

R = koefisien modifikasi *respons* dalam (SNI 2847:2019 Tabel 12)

I_e = faktor keutamaan gempa yang ditentukan sesuai dengan 0.

Nilai C_s yang dihitung sesuai dengan persamaan (2.13) tidak perlu melebihi berikut ini:

Untuk $T \leq T_L$ koefisien *respons* seismik pada bagian kecepatan konstan

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e} \right)} \quad (2.14)$$

Untuk $T > T_L$ koefisien *respons* seismik pada bagian perpindahan konstan

$$C_s = \frac{S_{D1} T_L}{T^2 \left(\frac{R}{I_e} \right)} \quad (2.15)$$

C_s harus tidak kurang dari (*koefisien respons seismik* minimum)

$$C_s = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01 \quad (2.16)$$

Sebagai tambahan, untuk struktur yang berlokasi di daerah di mana S_I sama dengan atau lebih besar dari 0,6g, maka C_s harus tidak kurang dari pers. 2.17 dibawah ini:

$$C_s = \frac{0,5 S_I}{\left(\frac{R}{I_e} \right)} \quad (2.17)$$

Dimana :

I_e dan R sebagaimana didefinisikan dalam 0, dan

S_{D1} = parameter percepatan *respons spektral desain* dalam rentang *periode* pendek seperti ditentukan dalam 0 atau 0

T = *periode fundamental* struktur (detik) yang ditentukan 0

S_I = parameter percepatan *respons spektral* maksimum yang dipetakan yang ditentukan sesuai 0

2. Penentuan periode

Dalam SNI 1726-2019 *Periode fundamental* struktur, T , dalam arah yang ditinjau harus diperoleh menggunakan sifat struktur dan karakteristik *deformasi elemen* pemikul dalam analisis yang teruji. *Periode fundamental* struktur, T , tidak boleh melebihi hasil perkalian *koefisien* untuk batasan atas pada *periode* yang dihitung (C_u) dari Tabel 2.12 dan *periode fundamental* pendekatan, T_a , yang ditentukan sesuai 0. Sebagai alternatif dalam melakukan analisis untuk menentukan *periode fundamental* struktur, T , diizinkan secara langsung menggunakan *periode* bangunan pendekatan, T_a , yang dihitung sesuai 0.

Tabel 2.12 *Koefisien* untuk batas atas pada *periode* yang dihitung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	<i>Koefisien</i> C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	16
0,1	1,7

(sumber: Tabel 17 SNI 1726 2019)

2.1. Periode fundamental pendekatan

Dalam SNI 1726-2019 *Periode fundamental* pendekatan (T_a), dalam detik, harus ditentukan dari pers. 2.18 berikut:

$$T_a = C_t h_n^x \quad (2.18)$$

Dimana :

h_n = ketinggian struktur (m), di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur, dan *koefisien* C_t dan x ditentukan dari Tabel 2.13.

Tabel 2.13 Nilai parameter *periode* pendekatan C_t dan x

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 % gaya <i>seismik</i> yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari <i>defleksi</i> jika dikenai gaya <i>seismik</i> :		
- Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
- Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan <i>bresing eksentris</i>	0,0731	0,75

Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

(sumber : Tabel 18 SNI 1726 2019)

Sebagai alternatif, diizinkan untuk menentukan *periode fundamental* pendekatan (T_a), dalam detik, dari persamaan berikut untuk struktur dengan ketinggian tidak melebihi 12 tingkat di mana sistem pemikul gaya *seismik* terdiri dari rangka pemikul momen yang seluruhnya beton atau seluruhnya baja dan rata-rata tinggi tingkat sekurang-kurangnya 3 m:

$$T_a = 0,1N \quad (2.19)$$

Dimana :

$$N = \text{Jumlah tingkat}$$

Untuk struktur dinding geser batu bata atau dinding geser beton dengan tinggi tidak melebihi 36,6 m, perhitungan *periode fundamental* pendekatan, T_a , diizinkan menggunakan pers. 2.20 sebagai berikut:

$$T_a = \frac{0,00058}{\sqrt{C_w}} h_n \quad (2.20)$$

dimana h_n didefinisikan di atas dan C_w dihitung dari pers. 2.21 sebagai berikut :

$$C_w = \frac{100}{A_B} \sum_{i=1}^x \frac{A_i}{\left[1 + 0,83 \left(\frac{h_n}{D_i}\right)^2\right]} \quad (2.21)$$

Dimana :

$$A_B = \text{luas dasar struktur (m}^2\text{)}$$

$$A_i = \text{luas badan dinding geser ke-}i \text{ (m}^2\text{)}$$

$$D_i = \text{panjang dinding geser ke-}i \text{ (m)}$$

$$x = \text{jumlah dinding geser dalam bangunan yang efektif memikul gaya lateral dalam arah yang ditinjau.}$$

3. Distribusi vertikal gaya seismik

Dalam SNI 1726-2019 Gaya *seismik lateral*, F_x , (kN) di sebarang tingkat harus ditentukan dari pers. 2.22 atau pera. 2.23 berikut :

$$F_x = C_{vx}V \quad (2.22)$$

atau

$$C_{vx} = \frac{w_{xh_x^k}}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (2.23)$$

Dimana :

C_{vx} = faktor distribusi vertikal

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

w_i dan w_x = bagian berat seismik efektif total struktur (W) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat i atau x

h_i dan h_x = tinggi dari dasar sampai tingkat i atau x (m)

k = eksponen yang terkait dengan periode struktur dengan nilai sebagai berikut:

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

untuk struktur dengan $T \geq 2,5$ detik, $k = 2$

untuk struktur dengan $0,5 < T < 2,5$ detik, k

$= 2$ atau ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2.

4. Distribusi horizontal gaya seismik

Dalam SNI 1726-2019 Geser tingkat desain seismik di semua tingkat, V_x (kN), harus ditentukan dari pers. 2.24 berikut ini :

$$V_x = \sum_{i=1}^n F_i \quad (2.24)$$

Dimana :

F_i = bagian dari geser dasar seismik (V) pada tingkat ke- i (kN)

Geser tingkat desain seismik, V_x (kN), harus didistribusikan pada berbagai elemen vertikal sistem pemikul gaya seismik di tingkat yang ditinjau berdasarkan pada kekakuan lateral relatif elemen pemikul vertikal dan diafragma.

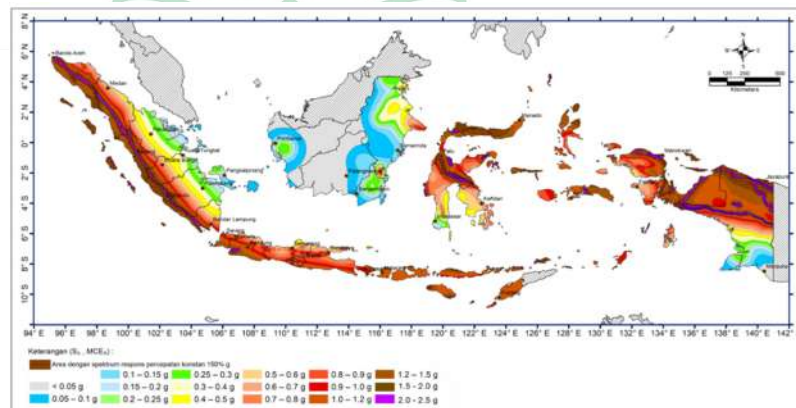
j. Peta-peta gerak tanah seismik dan koefisien risiko

Pada SNI 1726-2019 memberikan peta-peta gerak tanah seismik dan koefisien risiko dari gempa maksimum yang mempertimbangkan MCE (Maximum Considered Earthquake) yang ditunjukkan pada Gambar 2.3 sampai Gambar

2.5, yang diperlukan untuk menerapkan ketentuan-ketentuan beban gempa dalam standar ini. Gambar 2.6 menunjukkan peta transisi periode panjang T_L yang dapat digunakan dalam aturan *seismik* terkait.

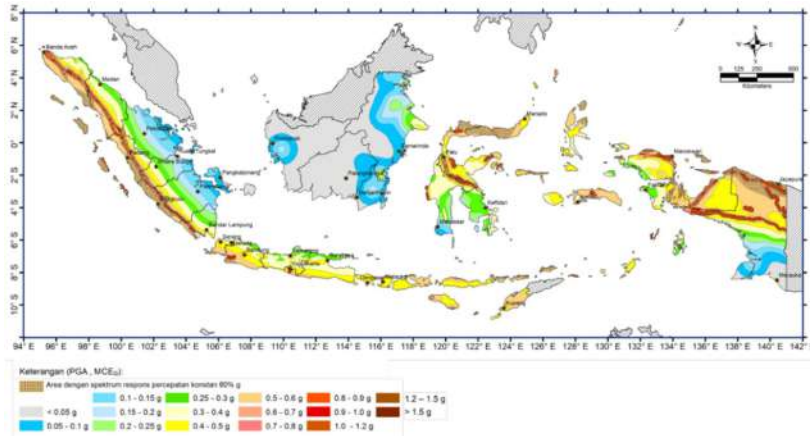
Nilai-nilai kontur percepatan puncak dijelaskan sebagai berikut:

- a. Target risiko pada struktur saat mengalami keruntuhan didefinisikan sebanding dengan 1 % kemungkinan keruntuhan bangunan dalam 50 tahun, berdasarkan kekuatan umum struktur. Dalam kaitan ini, MCE_R risiko-tertarget didefinisikan sebagai nilai *spektral* S_s dan S_1 MCE 2 % kemungkinan terlampaui dalam 50 tahun dikalikan dengan koefisien risiko, masing-masing C_{RS} dan C_{R1} (sesuai Gambar 2.3 dan Gambar 2.7, yang dalam ketentuan tata cara ini nilai-nilai tersebut bervariasi antara 0,85 sampai 1,15)
- b. Faktor pengali 1,1 pada periode 0,2 detik dan faktor pengali 1,3 pada periode 1 detik diterapkan terhadap nilai rata-rata *geometrik* hasil analisis bahaya (*hazard*) gempa untuk memperhitungkan arah percepatan maksimum;
- c. Batas atas *deterministik* digunakan pada daerah dekat sesar aktif dengan mengambil faktor pengali 1,8 kali dari nilai tengah percepatan puncak hasil analisis bahaya gempa *deterministik* (faktor 1,8 kali nilai median digunakan untuk merepresentasikan *respons* 84th (*percentile*), dan nilai spektral tidak kurang 1,5g untuk periode 0,2 detik dan tidak kurang dari 0,6g untuk periode 1 detik.

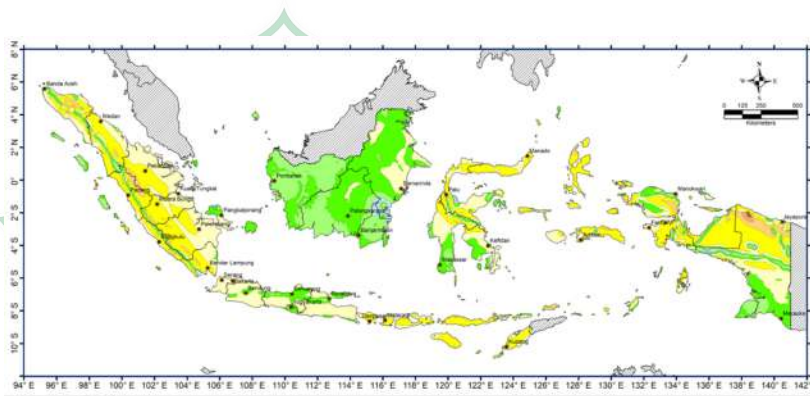


Gambar 2.3 Parameter gerak tanah S_s gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) wilayah Indonesia untuk *spektrum respons* 0,2 detik (redaman kritis 5%)

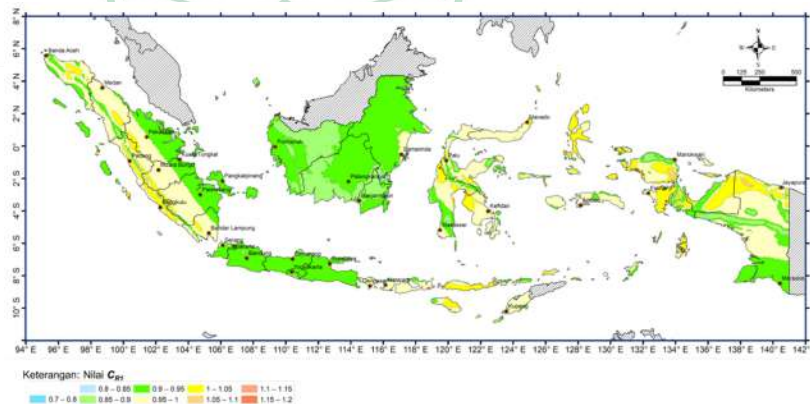
Sumber : SNI 1726-2019



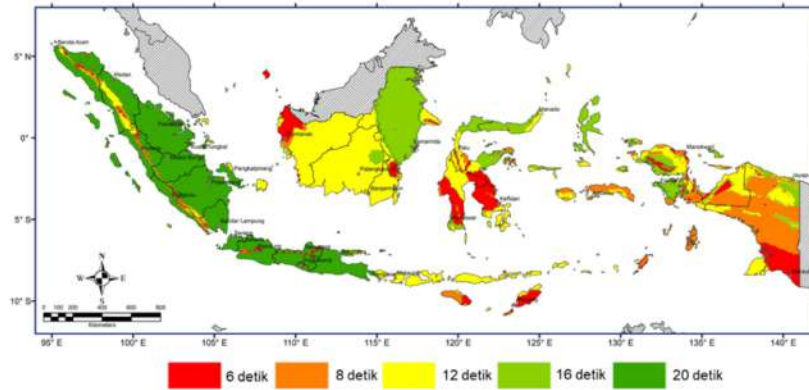
Gambar 2.4 PGA. Gempa maksimum yang dipertimbangkan rata-rata geometrik (MCE_G) wilayah Indonesia
 Sumber : SNI 1726-2019



Gambar 2.5 respons 0,2-detik
 Sumber : SNI 1726-2019



Gambar 2.6 C_{R1} , Koefisien risiko terpetakan, periode respons spektral 1 detik
 Sumber : SNI 1726-2019



Gambar 2.7 Peta transisi periode panjang, T_L , wilayah Indonesia
 Sumber : SNI 1726-2019

2.2.4 Beban angin

Menurut *Laurentis* dan Syahril (1999:9), “Angin merupakan pergerakan udara. Pada dasarnya angin disebabkan karena perbedaan tekanan udara yang ditimbulkan oleh perbedaan suhu”. Dalam PPPURG (1989), Beban angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (isapan), yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau. Besarnya tekanan positif dan tekanan negatif ini dinyatakan dalam kg/m^2 , ditentukan dengan mengalikan tekanan tiup yang ditentukan dengan koefisien-koefisien angin. Besar tekanan angin ditentukan sebagai berikut :

- a. Tekanan angin minimum 25 kg/m^2 .
- b. Tekanan angin untuk daerah tepi pantai sampai sejauh 5 km dari pantai nilai minimumnya 40 kg/m^2 .
- c. Untuk daerah-daerah di dekat laut dan daerah-daerah lain tertentu, di mana terdapat kecepatan-kecepatan angin yang mungkin menghasilkan tekanan tiup yang lebih besar, tekanan angin (p) dapat dihitung dengan pers. 2.25 dibawah ini s:

$$P = \frac{v^2}{16} \text{ kg/m}^2 \text{ (2.25)}$$

di mana v adalah kecepatan angin dalam m/det.

- d. Pada cerobong, tekanan angin dalam kg/m^2 harus ditentukan dengan rumus $(42,5 + 0,6 h)$, dimana h adalah tinggi cerobong seluruhnya dalam meter, diukur dari lapangan yang berbatasan.

- e. Apabila dapat dijamin suatu gedung terlindung efektif terhadap angin dari suatu jurusan tertentu oleh gedung-gedung lain, hutan-hutan pelindung atau penghalang-penghalang lain, maka tekanan angin dapat dikalikan dengan koefisien reduksi sebesar 0,5.

2.3 Faktor Beban dan Kombinasi Beban

Kekuatan suatu komponen struktur yang diperlukan untuk menahan beban terfaktor dengan berbagai kombinasi efek beban disebut dengan kuat perlu. Ungkapan di atas menyatakan bahwa struktur dapat dijamin keamanannya apabila kuat rencana lebih besar dari pada kuat perlu. Provisi keamanan yang disyaratkan dalam SNI T-15-1991-03 dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu provisi faktor beban dan provisi faktor reduksi kekuatan. Kuat perlu U dari suatu struktur harus dihitung dengan beberapa kombinasi beban yang bekerja pada struktur tersebut.

1. Kondisi beban mati (D) dan beban hidup (L)

$$U = 1,2D + 1,6L \quad (2.26)$$

2. Bila beban angin (W) diperhitungkan, maka pengaruh kombinasi beban D , L , dan W harus dipilih untuk menentukan nilai U terbesar.

$$U = 0,75(1,2D + 1,6L + 1,6W) \quad (2.27)$$

dengan beban hidup yang kosong perlu diperhitungkan untuk mengantisipasi kondisi yang paling berbahaya, sehingga:

$$U = 1,3D + 1,3W \quad (2.28)$$

3. Bila ketahanan struktur terhadap beban gempa E dapat diperhitungkan dengan rumus:

$$U = 1,05 (D + L_r + E) \quad (2.29)$$

Atau

$$U = 0,9 (D \pm E) \quad (2.30)$$

dengan L_r = beban hidup yang telah direduksi (SNI 1726-1989-F).

4. Bila tekanan horizontal tanah H diperhitungkan, maka kuat perlu U minimum ialah:

$$U = 1,2 D + 1,6 L + 1,6H \quad (2.31)$$

Untuk pengaruh D dan L mengurangi efek dari H , maka nilai maksimum U adalah:

$$U = 0,9 D + 1,6 H \quad (2.32)$$

Nilai kedua persamaan tidak boleh lebih kecil daripada beban mati dan beban hidup.

5. Bila pengaruh struktural T akibat penurunan (*differential settlement*), rangkai, susut, atau perubahan suhu cukup menentukan dalam perencanaan, maka U sebagai berikut:

$$U = 0,75 (1,2D + 1,2T + 1,6L) \quad (2.33)$$

dengan nilai U harus lebih besar dari

$$U = 1,2 (D + T) \quad (2.34)$$

Faktor reduksi kekuatan digunakan untuk memberikan keamanan tertentu pada struktur, misalnya apabila dimensi, kualitas material, pekerjaannya agak berbeda dibandingkan dengan asumsi perencana.

2.4 Struktur Atas

Dalam Perencanaan struktur atas harus mengacu pada peraturan atau pedoman standar yang mengatur tentang perencanaan dan pelaksanaan bangunan beton bertulang, yaitu Standar Tata Cara Penghitungan Struktur Beton nomor: SK SNI T-15-1991-03, Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983, Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia untuk Gedung tahun 1983, dan lain-lain (Istimawan, 1999). Struktur atas terdiri dari kolom, balok, pelat lantai.

Berdasarkan SNI 2847:2019 dalam perencanaan struktur bangunan gedung harus mengacu kepada Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Sistem Rangka Pemikul *Momen* Khusus (SRPMK) adalah desain struktur beton bertulang dengan pendetailan yang menghasilkan struktur yang fleksibel (memiliki daktilitas yang tinggi) dan mampu menahan gempa bumi. Kategori *Desain Seismik* (KDS) ditentukan berdasarkan peraturan gempa SNI 1726:2019. Dalam mendesain balok dan kolom suatu bangunan, harus dilihat komponen sistem rangka pemikul momen SNI 2847:2019

Tabel 2.14 Bagian pasal 18 yang harus dipenuhi dalam penerapan pada umumnya

menahan pengaruh gempa, kecuali jika dinyatakan sebaliknya	Kategori <i>Desain Seismik</i>			
	A (Tidak ada)	B (18.2.1.3)	C (18.2.1.4)	D, E, F (18.2.1.5)
Persyaratan <i>analisis</i> dan <i>desain</i>	Tidak ada	18.2.2	18.2.2	18.2.2, 18.2.4
Material		Tidak ada	Tidak	18.2.5

			ada	hingga 18.2.8
Komponen sistem rangka pemikul <i>momen</i>		18.3	18.4	18.6 hingga 18.9
Dinding struktural dan balok kopel		Tidak ada	Tidak ada	18.10
Dinding struktural pracetak		Tidak ada	18.5	18.5,18.11
<i>Diafragma</i> dan rangka batang (<i>trusses</i>)		Tidak ada	Tidak ada	18.12
Fondasi		Tidak ada	Tidak ada	18.13
Komponen struktur rangka pemikul momen yang tidak ditetapkan sebagai sistem pemikul gaya seismik		Tidak ada	Tidak ada	18.14
Angkur		Tidak ada	18.2.3	18.2.3

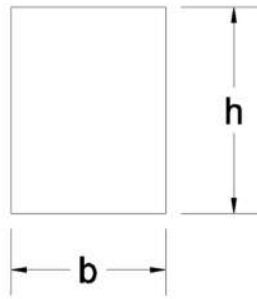
(sumber : Tabel R18. SNI 2847 2019)

2.4.1 Kolom

Kolom mempunyai peranan penting dalam memikul beban dari balok. Kolom berfungsi sebagai penerus beban keseluruhan bangunan ke pondasi. Kolom termasuk struktur utama untuk meneruskan berat bangunan dan beban lain seperti beban hidup (manusia dan barang-barang), serta beban hembusan angin

Berdasarkan SNI 2847:2019 untuk perencanaan kolom SRPMK adalah sebagai berikut :

- a. Syarat Dimensi Penampang (SNI 2847:2019 pasal 18.7.2.1)
- b. Dimensi penampang terkecil, diukur pada garis lurus yang melalui pusat *geometri*, tidak kurang dari 300 mm.
- c. *Rasio* dimensi penampang terkecil terhadap dimensi tegak lurus nya tidak kurang dari 0,4.



$$b < h$$

$$b \geq 300 \text{ mm}$$

$$b/h \geq 0,4$$

Dimana :

b = lebar kolom

h = tinggi kolom

Gambar 2.8 Dimensi Kolom

- d. Syarat Kekuatan lentur minimum kolom (SNI 2847:2019 pasal 18.7.3.2 atau 18.7.3.3)

Kekuatan lentur kolom harus memenuhi pers. 2.35 dibawah ini:

$$\sum M_{nc} \geq (1,2) \sum M_{nb} \quad (2.35)$$

Dimana :

$\sum M_{nc}$ adalah jumlah kekuatan lentur nominal kolom-kolom yang merangka ke dalam joint, yang dievaluasi di muka-muka joint.

$\sum M_{nb}$ adalah jumlah kekuatan lentur nominal balok yang merangka ke dalam joint, yang dievaluasi di muka-muka joint.

- e. Syarat Tulangan Lentur (SNI 2847:2019 pasal 18.7.4)
1. Luas tulangan longitudinal Ast tidak boleh kurang dari 0,01Ag dan tidak lebih dari 0,06Ag.
 2. Pada kolom-kolom dengan sengkang bundar, jumlah batang tulangan longitudinal minimum harus 6.
 3. Sambungan mekanis harus memenuhi 18.2.7 dan sambungan las 18.2.8. Sambungan lewatan diizinkan hanya dalam daerah tengah tinggi kolom dan harus didesain sebagai sambungan lewatan tarik dan harus dilingkupi tulangan transversal yang memenuhi 18.7.5.2 dan 18.7.5.3.

- f. Syarat Tulangan *Transversal*

Berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 18.7.5.1

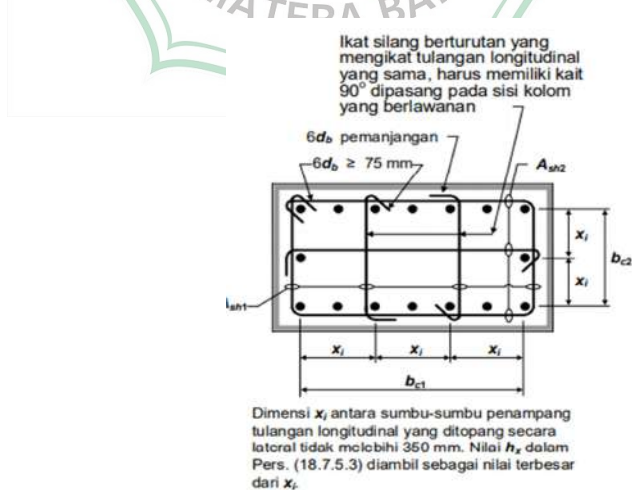
Tulangan transversal yang disyaratkan harus dipasang sepanjang ℓ_0 dari masing-masing muka hubungan baalok kolom, di kedua ujungnya harus disediakan tulangan *transversal* yang mencukupi. Panjang ℓ_0 daerah sendi plastis kolom, diambil tidak kurang dari :

1. Tinggi kolom pada muka *joint* atau pada penampang dimana pelelehan lentur dimungkinkan terjadi
2. Seperenam tinggi bersih kolom
3. 450 mm

Berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 18.7.5.2

Tulangan *transversal* pada pasal ini harus memenuhi :

1. Tulangan *transversal* harus terdiri dari spiral tunggal atau spiral saling tumpang (*overlap*), sengkang pengekang bundar, atau sengkang pengekang persegi, dengan atau tanpa ikat silang.
2. Setiap tekukan ujung sengkang pengekang persegi dan ikat silang harus mengait batang tulangan *longitudinal* terluar.
3. Ikat silang yang berurutan harus diselang seling ujungnya sepanjang tulangan longitudinal dan sekeliling perimeter penampang.
4. Jika digunakan sengkang pengekang persegi ataupun ikat silang, tulangan *transversal* tersebut harus berfungsi sebagai tumpuan lateral untuk tulangan longitudinal.
5. Tulangan harus diatur sedemikian sehingga spasi h_x antara tulangan-tulangan *longitudinal* di sepanjang perimeter penampang kolom yang tertumpu secara lateral oleh sudut ikat silang atau kaki-kaki sengkang pengekang tidak boleh melebihi 350 mm.



Gambar 2.9 Contoh penulangan *transversal* pada kolom

Sumber : SNI 2847:2019 gambar R18.7.5.2

6. Ketika $P_u > 0,3Agf_c'$ atau $f_c' > 70$ MPa pada kolom dengan sengkang pengekang, setiap batang atau bundel tulangan *longitudinal* di sekeliling inti kolom harus memiliki tumpuan lateral yang diberikan oleh sudut dari sengkang pengekang ataupun oleh kait gempa, dan nilai h_x tidak boleh lebih dari 200 mm. P_u harus merupakan gaya tekan terbesar yang konsisten dengan kombinasi beban terfaktor termasuk E .



Gambar 2.10 Contoh penulangan *transversal* pada kolom dengan $P_u > 0,3Agf_c'$ atau $f_c' > 70$ Mpa
 Sumber : SNI 2847:2019 gambar R18.7.5.2 f

Berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 18.7.5.3

Spasi tulangan *transversal* tidak melebihi nilai terkecil dari

1. Seperempat dimensi terkecil penampang kolom
2. Enam kali diameter tulangan longitudinal terkecil
3. S_0 , yang dihitung dengan

$$S_0 = 100 + \frac{350}{3} \frac{h_x}{100} \quad (2.36)$$

Nilai S_0 tidak boleh melebihi 150 mm dan tidak perlu kurang dari 100 mm

Berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 18.7.5.4

Jumlah tulangan *transversal* harus sesuai Tabel 2.15

Faktor kekuatan beton k_f dan faktor keefektifan pengekangan kn dihitung berdasarkan Pers. 2.37 sampai 2.38 dibawah ini :

1. $k_f = \frac{f_c'}{175} + 0,6 \geq 1,0$ (2.37)

$$2. k_n = \frac{n_l}{n_l - 2} \quad (2.38)$$

dimana n_l adalah jumlah batang atau bundel tulangan *longitudinal* di sekeliling inti kolom dengan sengkang persegi yang ditumpu secara lateral oleh sudut dari sengkang pengekuat atau kait *seismik*.

Tabel 2.15 Tulangan *transversal* untuk kolom-kolom sistem rangka pemikul *momen* khusus

Tulangan transversal	Kondisi	Persamaan yang berlaku	
A_{sh}/s_{bc} untuk sengkang pengekuat persegi	$P_u \leq 0,3 A_g f_c'$ dan $f_c' \leq 70$ MPa	Terbesar antara (a) dan (b)	$0,3 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f_c'}{f_{yt}}$ (a) $0,09 \frac{f_c'}{f_{yt}}$ (b)
	$P_u > 0,3 A_g f_c'$ atau $f_c' > 70$ MPa	Terbesar antara (a), (b) dan (c)	$0,2 k_f k_n \frac{P_u}{f_{yt} A_{ch}}$ (c)
ρ_s untuk spiral ataupun sengkang pengekuat lingkaran	$P_u \leq 0,3 A_g f_c'$ dan $f_c' \leq 70$ MPa	Terbesar antara (d) dan (e)	$0,45 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f_c'}{f_{yt}}$ (d) $0,12 \frac{f_c'}{f_{yt}}$ (e)
	$P_u > 0,3 A_g f_c'$ atau $f_c' > 70$ MPa	Terbesar antara (d), (e) dan (f)	$0,35 k_f \frac{P_u}{f_{yt} A_{ch}}$ (f)

Sumber : SNI 2847:2019 Tabel 18.7.5.4

Berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 18.7.5.5

Di luar panjang ℓ_0 , kolom harus diberi tulangan spiral atau sengkang dengan spasi s tidak melebihi nilai terkecil dari enam kali diameter tulangan longitudinal terkecil dan 150 mm, kecuali bila jumlah tulangan *transversal* yang lebih besar disyaratkan oleh 18.7.4.3 atau 18.7.6.

g. Syarat Kekuatan Geser (SNI 2847:2019 pasal 18.7.6)

Gaya Desain SNI 2847:2019 pasal 18.7.6.1

Tulangan *transversal* harus didesain untuk memikul gaya geser rencana, V_e yang ditentukan menggunakan kuat momen maksimum,

M_{pr} dari komponen struktur tersebut yang terkait dengan rentang beban-beban aksial terfaktor yang bekerja, P_u .

$$V_e = \frac{M_{prc a} + M_{prc b}}{\ell_c} \quad (2.39)$$

Gaya Geser kolom tersebut di atas tidak perlu melebihi nilai geser yang dihitung dari kekuatan *joint* berdasarkan M_{pr} balok yang merangka ke *joint*. Nilai V_e tidak boleh kurang dari geser terfaktor berdasarkan analisis struktur.

Tulangan *Transversal* SNI 2847:2019 pasal 18.7.6.1

Tulangan transversal sepanjang ℓ_0 berdasarkan 18.7.5.1, harus didesain untuk menahan geser dengan mengasumsikan $V_c = 0$ bila 1) dan 2) terjadi:

1. Gaya geser akibat gempa berdasarkan 18.7.6.1 setidaknya setengah kekuatan geser perlu maksimum di sepanjang ℓ_0 .
2. Gaya tekan aksial terfaktor P_u termasuk pengaruh gempa kurang dari $A_g f'_c / 20$.

2.4.2 Balok

Dalam merencanakan Balok Sistem Rangka Pemikul *Momen* Khusus (SPRMK) yang merupakan bagian sistem pemikul gaya *seismik* dan utamanya didesain untuk menahan lentur dan geser harus mengacu pada SNI 2847:2019. Balok SPRMK harus merangka ke kolom SPRMK dan saling berhubungan oleh *joint* balok kolom. Berdasarkan SNI 2847:2019 Pasal 18.6 Balok SPRMK yang terkena gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur P_u , tidak boleh melebihi $A_g f'_c / 10$.

Berdasarkan SNI 2847:2019 Pasal 18.6 untuk mendesain balok SPRMK harus memnuhi beberapa persyaratan, persyaratannya adalah sebagai berikut:

- a. Syarat Batasan *dimensi* Penampang Balok (SNI 2847:2019 pasal 18.6.2)

(1.) Bentang bersih, ℓ_n , harus minimal dari $4d$

$$\ell_n \geq 4d \quad (2.40)$$

(2.) Lebar penampang b_w , harus sekurangnya nilai terkecil dari 0,3 h dan 250 mm ($b_w \geq 0,3 h$ atau 250 mm)

$$b_w \geq 0,3 h \quad (2.41)$$

$$b_w \geq 250 \text{ mm} \quad (2.42)$$

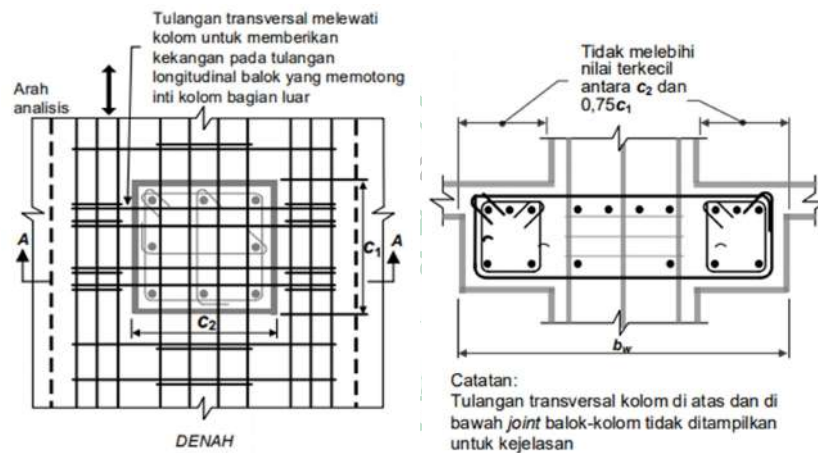
(3.) Lebar balok, b_w , yang melampaui lebar kolom penumpu tidak boleh melebihi nilai terkecil dari c_2 dan $0,75 c_1$ pada masing-masing sisi kolom dalam arah sejajar komponen lentur.

(a) Lebar komponen struktur penumpu c_2 , dan

(b) 0.75 kali dimensi keseluruhan komponen struktur penumpu, c_1

$$b_w \leq 2.c_2 \quad (2.43)$$

$$b_w \leq c_2 + 3/4 c_1 \quad (2.44)$$



Gambar 2.11 Lebar efektif maksimum balok lebar (*wide beam*) dan persyaratan tulangan *transversal*

Sumber : SNI 2847:2019 gambar R18.6.2

b. Syarat Tulangan Lentur (SNI 2847:2019 pasal 18.6.3)

Balok dalam suatu bangunan gedung harus memiliki paling sedikit dua batang tulangan menerus baik pada sisi atas maupun pada sisi bawah penampang.

1. Luas minimum tulangan lentur, A_{smin} , baik disebelah atas atau disebelah bawah penampang (A_s) tidak boleh kurang pers. 2.45 dan 2.46 dibawah :

$$\frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d \quad (2.45)$$

$$\frac{1,4}{f_y} b_w d \quad (2.46)$$

Dari kedua persamaan tersebut diambil penampang mana yang lebih besar, namun tidak boleh melebihi dari pers. 2.47 dibawah ini :

$$A_s \leq 0,025 b_w d \quad (2.47)$$

2. Kekuatan momen lentur positif pada muka *joint* tidak boleh kurang dari setengah kekuatan *momen* lentur negatif pada muka *joint* tersebut, dengan pers. 2.48 dan pers. 2.49 Dibawah ini :

$$\phi M_{nki}^+ \geq \frac{1}{2} \phi M_{nki}^+ \quad (\text{tumpuan kiri}) \quad (2.48)$$

$$\phi M_{nka}^+ \geq \frac{1}{2} \phi M_{nka}^+ \quad (\text{tumpuan kanan}) \quad (2.49)$$

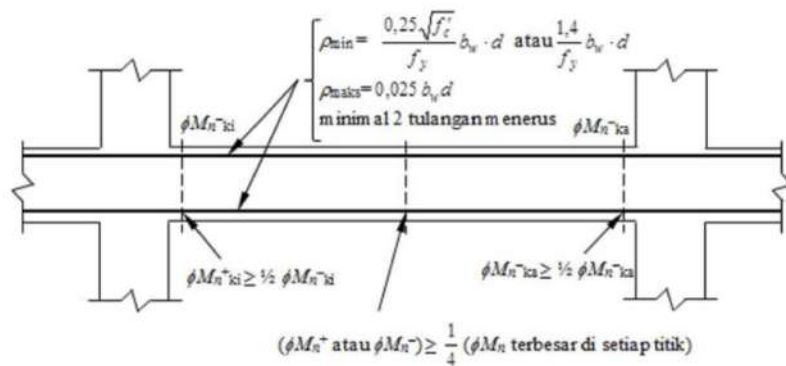
Dimana :

M_{nki} adalah kuat *momen* pada bagian tumpuan sebelah kiri dari komponen lentur

M_{nka} adalah kuat *momen* pada bagian tumpuan sebelah kanan dari komponen lentur

3. Kekuatan *momen* negatif maupun positif pada setiap penampang sepanjang bentang komponen struktur tidak boleh kurang dari seperempat kekuatan momen maksimum pada muka kedua *joint* tersebut, seperti pers. 2.50 dibawah ini :

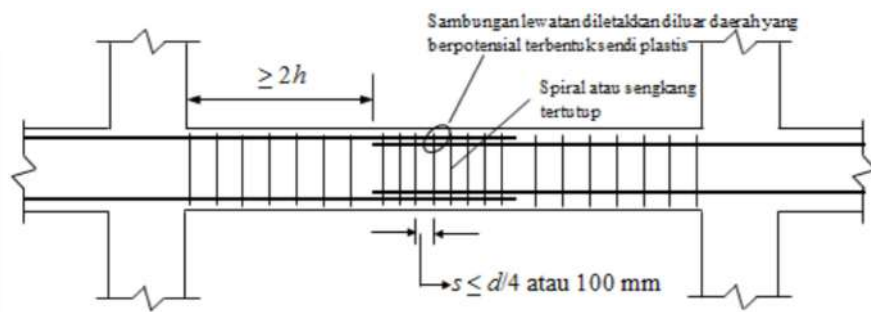
$$(\phi M_n^+ \text{ atau } \phi M_n^-) \geq \frac{1}{4} (\phi M_n \text{ terbesar di setiap titik}) \quad (2.50)$$



Gambar 2.12 Persyaratan Tulangan Lentur SRPMK

Sumber : <https://ocw.upj.ac.id/files/Slide-TSP407-Struktur-Beton-Lanjutan-TSP-407-P11.pdf> (diakses 25 Juni 2023)

4. Sambungan lewatan tulangan lentur hanya diizinkan jika sengkang pengekuat atau spiral dipasang sepanjang sambungan lewatan. Spasi sengkang yang mengikat batang tulangan yang disambung-lewatkan tidak boleh melebihi nilai terkecil dari $d/4$ dan 100 mm. Sambungan lewatan tidak boleh digunakan pada daerah :
 - a. Dalam *Joint* atau hubungan balok kolom
 - b. Dalam jarak dua kali tinggi balok dari muka *joint*
 - c. Dalam jarak dua kali tinggi balok dari penampang kritis di mana pelelehan lentur dimungkinkan terjadi akibat perpindahan perilaku *elastik*.



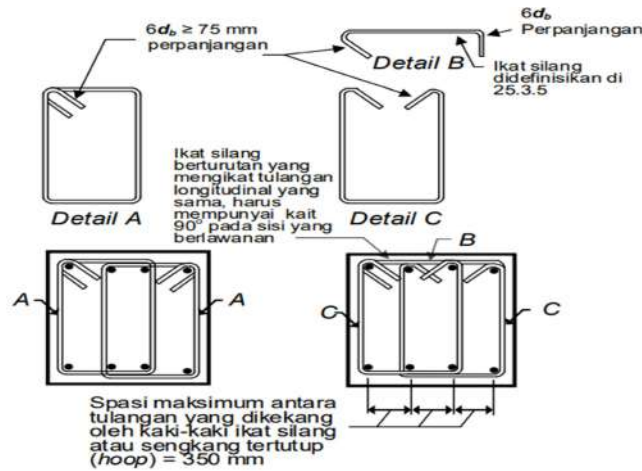
Gambar 2.13 Persyaratan Sambungan Lewatan SRPMK

Sumber : <https://ocw.upj.ac.id/files/Slide-TSP407-Struktur-Beton-Lanjutan-TSP-407-P11.pdf> (diakses 25 Juni 2023)

- c. Syarat Tulangan *Transversal* (SNI 2847:2019 pasal 18.6.4)
 1. Sengkang pengekuat harus dipasang pada balok di daerah berikut :
 - a) Sepanjang jarak yang sama dengan dua kali tinggi balok yang diukur dari muka kolom penumpu ke arah tengah bentang, di kedua ujung balok
 - b) Sepanjang jarak yang sama dengan dua kali tinggi balok pada kedua sisi suatu penampang dimana pelelehan lentur dimungkinkan terjadi sebagai akibat deformasi lateral yang melampaui perilaku elastik
 2. Jika diperlukan sengkang pengekuat pada batang tulangan lentur utama yang terdekat ke muka tarik dan tekan diberi tumpuan lateral yang memenuhi syarat. Spasi tulangan lentur yang tertumpu secara lateral tidak boleh melebihi 350 mm.

3. Sengkang pengegang pada balok yang dizinkan terdiri dari dua batangan tulangan, yaitu :
 - a) Sengkang yang mempunyai kait gempu pada kedua ujungnya
 - b) ikat silang sebagai penutup.

Pada sengkang pengkikat silang yang berurutan mengikat tulangan lentur yang sama harus memiliki kait 90° dan dipasang harus selang seling pada komponen strktur lentur.



Gambar 2.14 Contoh sengkang tertutup (*hoop*) yang dipasang bertumpuk dan ilustrasi batasan maksimum spasi horizontal penumpu batang *longitudinal* Sumber : SNI 2847:2019 gambar R18.6.2

4. Sengkang pengegang pertama harus dipasang tidak boleh lebih dari 50 mm dari muka kolom penumpu. Jarak sengkang pengegang tidak boleh melebihi nilai terkecil dari pers. 2.51 dan 2.52 dibawah ini :
 - a) $d/4$ (2.51)
 - b) $6d_b$ (6 kali diameter terkecil batang tulangan utama lentur (2.52)
 - c) 150 mm
5. Jika sengkang pengegang tidak diperlukan, sengkang dengan kait gempu pada kedua ujungnya harus dipasang dengan jarak tidak lebih dari $d/2$ sepanjang bentang balok.
6. Pada balok yang mengalami gaya tekan aksial terfaktor lebih $A_g f' / 10$ harus dipasang sengkang pengegang yang memenuhi syarat SNI 2847:2019 pasal 18.7.5.2 hingga 18.7.5.4
- d. Kekuatan Geser Balok (SNI 2847:2019 pasal 18.6.5)

1. Tulangan *transversal* untuk balok SRPMK harus didesain untuk memikul gaya geser rencana, V_e , di tinjau dari gaya-gaya yang bekerja pada balok antara kedua muka joint yang ditimbulkan oleh kekuatan momen lentur maksimum yang terjadi, M_{pr} . Momen lentur maksimum yang bekerja pada muka-muka joint dan balok harus diasumsikan dengan dibebani oleh beban *gravitasi tributary* terfaktor di sepanjang bentangnya.

M_{pr} adalah kuat momen lentur di ujung balok yang ditentukan dengan menganggap kuat tarik pada tulangan memanjang sebesar minimum $1,25 f_y$ dan *factor reduksi* $\phi = 1$. Mencari M_{pr} dapat dicari dengan pers. 2.53 dibawah ini :

$$M_{pr} = A_s (1,25 f_y) \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (2.53)$$

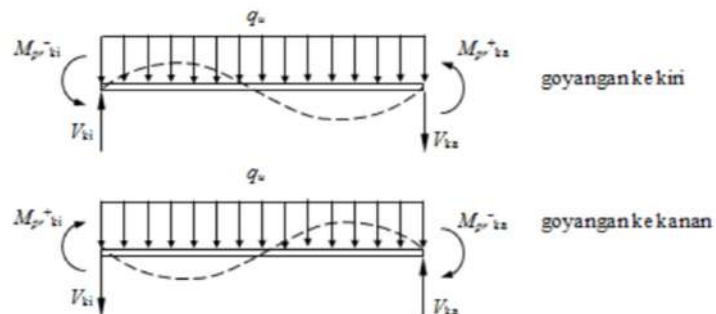
Sedangkan untuk mencari nilai a dapat dicari dari pers 2.54 dibawah ini :

$$a = \frac{A_s (1,25 f_y)}{0,85 f_c b} \quad (2.54)$$

Besarnya gaya geser rencana dapat dihitung dengan menggunakan pers. 2.55 dan pers. 2.56 dibawah ini:

$$V_{ki} = \frac{M_{pr}^- + M_{pr}^+}{l_n} + \frac{q_u l_n}{2} \quad (2.55)$$

$$V_{ka} = \frac{M_{pr}^+ + M_{pr}^-}{l_n} + \frac{q_u l_n}{2} \quad (2.56)$$



Gambar 2.15 Gaya Geser Rencana Pada Komponen Struktur Lentur

Sumber : <https://ocw.upj.ac.id/files/Slide-TSP407-Struktur-Beton-Lanjutan-TSP-407-P11.pdf> (diakses 25 Juni 2023)

Tulangan *transversal* yang didesain untuk menahan gaya geser dapat diasumsikan $V_e = 0$ apabila :

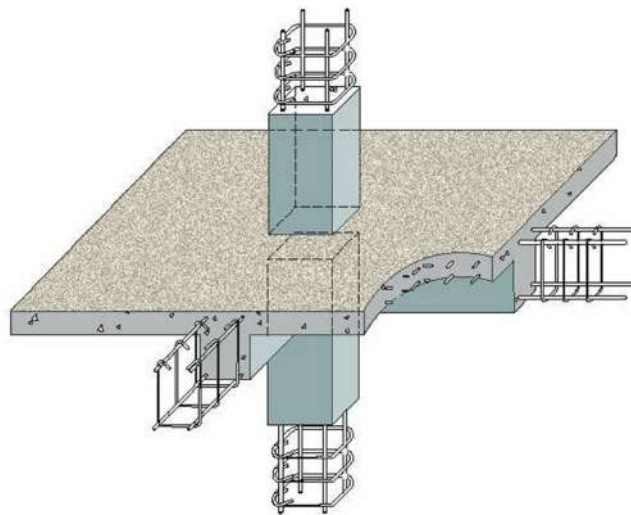
- a) Gaya geser akibat gempa yang dihitung lebih besar atau sama dengan setengah (50%) kekuatan geser perlu maksimum dalam bentang tersebut
- b) Gaya tekan aksial terfaktor P_u termasuk pengaruh gempa kurang dari disumbangkan oleh beton, $A_g f'_g / 20$

2.4.3 Pelat Lantai

Pelat lantai Merupakan lantai yang tidak terletak diatas tanah langsung, merupakan lantai tingkat pembatas antara tingkat yang satu dengan tingkat yang lain. Fungsi pelat lantai secara umum adalah :

1. Sebagai pemisah ruang bawah dan ruang atas.
2. Sebagai tempat berpijak penghuni di lantai atas.
3. Untuk menempatkan kabel listrik dan lampu pada ruang bawah.
4. Meredam suara dari ruang atas maupun dari ruang bawah.
5. Menambah kekakuan bangunan pada arah horizontal

Sedangkan secara spesifik fungsi pelat lantai dari beton dibandingkan pelat lantai bahan kontruksi lainnya adalah mampu menahan beban besar, menjadi isolasi suara yang baik, tidak dapat terbakar dan lapis kedap air, dapat dipasang tegel untuk keindahan lantai, dan merupakan bahan yang kuat dan awet, tidak perlu perawatan dan dapat berumur panjang.



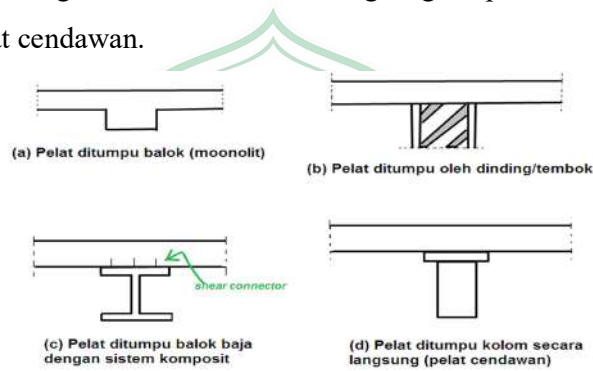
Gambar 2.16 Pelat Lantai

<https://waturungblog.wordpress.com/2020/07/15/cara-menghitung-dan-menentukan-dimensi-kolom-balok-dan-plat-lantai/>
(diakses 14 Februari 2023)

1. Jenis-jenis pelat lantai

Jenis pelat lantai berdasarkan tumpuannya beserta gambar dapat dilihat pada gambar 2.19 sebagai berikut :

- a. *Monolit*, yaitu pelat dengan balok cor bersama-sama sehingga menjadi satu kesatuan.
- b. Ditumpu dinding-dinding/tembok bangunan.
- c. Didukung oleh balok-balok baja dengan sistem komposit
- d. Didukung oleh kolom secara langsung tanpa balok, dikenal dengan pelat cendawan.

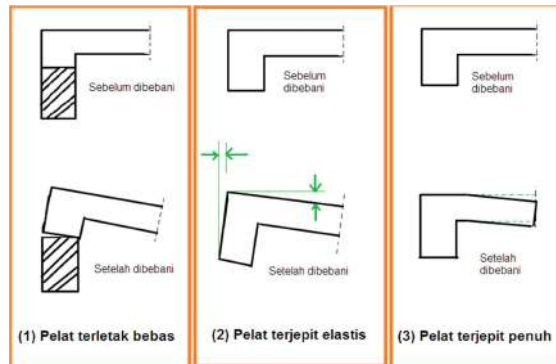


Gambar 2.17 Jenis pelat lantai berdasarkan tumpuan
Sumber: <https://sanggapramana.wordpress.com>
(diakses pada tanggal 13 Februari 2023)

Jenis – jenis pelat lantai berdasarkan perletakannya beserta gambar dapat dilihat pada gambar 2.20 sebagai berikut:

- a. Terletak bebas
Jika pelat diletakan begitu saja diatas balok, atau antara pelat dan balok tidak dicor bersama-sama sehingga pelat dapat berotasi bebas pada tumpuan tersebut.
- b. Terjepit elastis
Jika pelat dan balok dicor bersama-sama secara *monolit*, tetapi ukuran balok cukup kecil sehingga balok tidak cukup kuat untuk mencegah terjadinya rotasi.
- c. Terjepit penuh

Jika pelat dan balok dicor bersama-sama secara monolit, dan ukuran balok cukup besar sehingga mampu untuk mencegah terjadinya rotasi pelat.



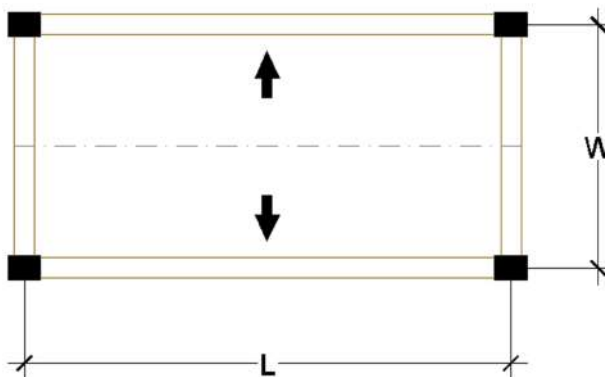
Gambar 2.18 Jenis pelat lantai berdasarkan perletakan
 Sumber: <https://sanggapramana.wordpress.com>
 (diakses pada tanggal 13 Februari 2023)

Jenis – jenis pelat lantai berdasarkan sistem perencana beserta gambar dapat dilihat pada gambar 2.19 sebagai berikut:

a. Pelat satu arah (*One Way Slab*)

Pelat satu arah adalah pelat beton yang didukung hanya pada dua sisi tumpuan yang berlawanan, sehingga akan terjadinya defleksi atau lendutan pada pelat dalam arah tegak lurus dari sisi tumpuan. Jika pelat lantai bertumpu pada empat sisi tumpuan, tetapi dengan rasio bentang panjang (L) terhadap bentang pendek (W) lebih besar dari 2, maka dikategorikan pelat lantai satu arah.

$$L/W \geq 2 \quad (2.57)$$

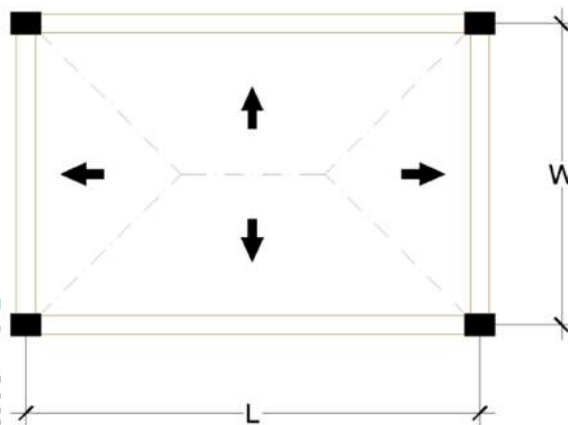


Gambar 2.19 Jenis pelat lantai pelat satu arah

b. Pelat dua arah (*Two Way Slab*)

Pelat dua arah merupakan pelat beton yang didukung keempat sisi tumpuan, sehingga distribusi beban terjadi menuju ke dua arah. *Rasio* antara bentang panjang (L) terhadap bentang pendek (W) lebih kecil dari 2, maka dikategorikan pelat lantai dua arah.

$$L/W \leq 2 \quad (2.58)$$



Gambar 2.20 Jenis pelat lantai pelat dua arah

Pelat lantai yang direncanakan pada penelitian ini menggunakan sistem pelat dua arah.

2. Perencanaan Pelat Dua Arah.

a. Ketebalan Minimum Pelat

Berdasarkan SNI 2847:2019 Pasal 8.3.1.1 untuk pelat *nonprategang* tanpa balok *interior* yang membentang di antara tumpuan pada semua sisinya tidak boleh kurang dari tabel 2.16

Tabel 2.16 Ketebalan minimum pelat dua arah *nonprategang* tanpa balok *interior* (mm)

f_y , MPa	Tanpa drop panel		Dengan drop panel			
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balom tepi	Dengan balok tepi		Tanpa balom tepi	Dengan balok tepi	
280	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/40$	$l_n/40$

420	$\ell_n/30$	$\ell_n/33$	$\ell_n/33$	$\ell_n/33$	$\ell_n/36$	$\ell_n/36$
520	$\ell_n/28$	$\ell_n/31$	$\ell_n/31$	$\ell_n/31$	$\ell_n/34$	$\ell_n/34$

Sumber : SNI 2847:2019 Tabel 8.3.1.1

Sedangkan untuk ketebalan pelat *nonprategang* harus memenuhi batasan pada tabel 2.17 dikarenakan perhitungan lendutan dari pelat dua arah cukup rumit, dan untuk mencegah lendutan yang besar.

Tabel 2.17 Ketebalan minimum pelat dua arah *nonprategang* dengan balok di antara tumpuan pada semua sisinya

α_{fm} [1]	h minimum, mm		
$\alpha_{fm} \leq 0,2$	SNI 2847:2019 Tabel 8.3.1.1 berlaku		(a)
$0,2 < \alpha_{fm} \leq 0,2$	Terbesar dari :	$\frac{\ell_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta (\alpha_{fm} - 0,2)}$	(b) [2],[3]
		125	(c)
$\alpha_{fm} > 0,2$	Terbesar dari :	$\frac{\ell_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta}$	(d) [2],[3]
		90	

Sumber : SNI 2847:2019 Tabel 8.3.1.2

Pada pelat tepi tidak menerus yang sesuai dengan tabel 2.17 Harus disediakan balok tepi dengan $\alpha_f \geq 0,80$ atau ketebalan harus memenuhi (b) atau (d) pada table 2.17 harus diperbesar paling sedikit 10% pada panel tepi yang tidak menerus.

b. Perhitungan pelat dua arah dengan metode desain langsung

1. Batasan Penggunaan metode *desain* langsung

Dalam SNI 2847:2019 Pasal 8.10.2 Metode *desain* langsung pelat dua arah harus memenuhi batasan penggunaan dibawah ini :

- a) Paling sedikit harus ada 3 bentang menerus dalam setiap arah
- b) Panjang bentang yang bersebelahan, diukur antara sumbu ke sumbu tumpuan, dalam masing-masing arah tidak berbeda lebih dari segitiga bentang terpanjang

- c) Panel harus berbentuk persegi, dengan *rasio dimensi* terpanjang terhadap dimensi terpendek yang diukur dari pusat ke pusat tumpuan, tidak melebihi 2.
- d) Posisi kolom tidak boleh menyimpang lebih dari 10% dari bentang dari arah pergeseran masing-masing sumbu di antara titik pusat kolom yang berurutan.
- e) Semua beban yang diperhitungkan hanya akibat beban gravitasi dan terdistribusi merata di seluruh panel.
- f) Beban hidup tidak boleh melebihi 2 kali beban mati
- g) Untuk suatu panel pelat dengan balok di antara tumpuan pada semua sisinya, untuk balok dalam dua arah tegak lurus dapat dihitung dengan pers 2.59 dibawah ini.

$$0,2 \leq \frac{\alpha_{f1} \ell_2^2}{\alpha_{f2} \ell_1^2} \leq 5,0 \quad (2.59)$$

Dimana α_{f1} dan α_{f2} dihitung dengan

$$\alpha_f = \frac{E_{cb} I_b}{E_{cs} I_s} \quad (2.60)$$

2. *Momen statis terfaktor total untuk suatu bentang*

- a) *Momen statis* terfaktor total M_o untuk suatu bentang harus ditentukan pada suatu jalur yang dibatasi secara lateral oleh garis pusat panel pada setiap sisi garis pusat tumpuan.
- b) Jumlah *momen* terfaktor positif dan negatif rata-rata M_u tidak boleh kurang dari pers. 2.61 dibawah ini :

$$M_o = \frac{q_u \ell_2 \ell_n^2}{8} \quad (2.61)$$

- c) momen-momen yang diperhitungkan, harus menerus dari muka ke muka kolom, kepala kolom, bracket, atau dinding, tidak boleh kurang dari $0,65 \ell_1$.

3. Distribusi *momen* statis total terfaktor
- Pada bentang *interior*, M_o harus didistribusikan $0,65M_o$ emomen negatif dan $0,35M_o$ ke *momen* positif.
 - Pada bentang ujung, M_o harus didistribusikan sesuai Tabel 2.18

Tabel 2.18 Koefisien distribusi untuk bentang ujung

	Tepi eksterior terkekang	Pelat dengan balok antara semua tumpuan	Pelat tanpa balok antara tumpuan interior		Tepi eksterior terkekang penuh
			Tapa balok tepi	Dengan balok tepi	
Negatif interior	0,75	0,70	0,70	0,70	0,65
Positif	0,63	0,57	0,52	0,50	0,35
Negatif eksterior	0	0,16	0,26	0,30	0,65

Sumber : SNI 2847:2019 Tabel 8.10.4.2

4. *Momen* terfaktor di lajur kolom
- Lajur kolom harus menahan bagian dari momen negatif interior M_u sesuai Tabel 2.19 dibawah ini

Tabel 2.19 Bagian momen negatif interior M_u di lajur kolom

$\alpha_{f1}l_2 / l_1$	l_2 / l_1		
	0,5	1,0	2,0
0	0,75	0,75	0,75
$\geq 1,0$	0,90	0,75	0,45

Sumber : SNI 2847:2019 Tabel 8.10.5.1

- Lajur kolom harus menahan bagian dari *momen eksterior* negatif M_u sesuai Tabel 2.20 dibawah ini

Tabel 2.20 Bagian momen negatif eksterior M_u di lajur kolom

$\alpha_{f1} \ell_2 / \ell_1$	β_t	ℓ_2 / ℓ_1		
		0,5	1,0	2,0
0	0	1,0	1,0	1,0
	$\geq 2,5$	0,75	0,75	0,75
$\geq 1,0$	0	1,0	1,0	1,0
	$\geq 2,5$	0,90	0,75	0,45

Sumber : SNI 2847:2019 Tabel 8.10.52

- c) Jika lebar kolom atau dinding sekurang-kurangnya $(3/4) \ell_2$, momen negatif M_u harus didistribusikan merata selebar ℓ_2
- d) Lajur kolom harus menahan bagian dari momen positif interior M_u sesuai Tabel 2.21 dibawah ini :

Tabel 2.21 Bagian momen negatif interior M_u di lajur kolom

$\alpha_{f1} \ell_2 / \ell_1$	ℓ_2 / ℓ_1		
	0,5	1,0	2,0
0	0,60	0,60	0,60
$\geq 1,0$	0,90	0,75	0,45

Sumber : SNI 2847:2019 Tabel 8.10.5.5

2.5 Struktur Bawah

Struktur bawah adalah pondasi dan struktur bangunan yang berada dibawah permukaan tanah. Pondasi adalah bagian terendah dari bangunan yang meneruskan beban yang dipikul oleh bangunan ke tanah atau batuan yang berada dibawahnya. Pondasi secara garis besar dibagi atas 2 bagian yaitu pondasi dangkal (*shallow foundation*) dan pondasi dalam (*deep foundation*), tergantung dari letak tanah kerasnya dan perbandingan kedalaman dengan lebar pondasi.

Pondasi dapat dikatakan pondasi dangkal apabila kedalamannya kurang atau sama dengan lebar pondasi ($D \leq B$) dan dapat digunakan jika lapisan tanah kerasnya terletak dekat dengan permukaan tanah sedangkan pondasi dalam digunakan jika lapisan tanah kerasnya berada jauh dari permukaan tanah. Didalam skripsi ini penulis hanya membahas tentang struktur atas saja.

2.5.1 Jenis Dan Fungsi Pondasi

Untuk menentukan jenis, ukuran dan konstruksi pondasi harus memperhatikan jenis bangunan, beban bangunan, kondisi tanah, dan faktor-faktor lain yang mempengaruhinya. Dikarenakan fungsi pondasi adalah meneruskan

beban yang ada pada bangunan ke tanah sebagai pendukung bangunan, maka pondasi perlu diperhitungkan dengan sebaik-baiknya.

Berdasarkan kemungkinan beban yang harus dipikul, pondasi dibagi atas :

a. Pondasi dangkal

Pondasi dangkal ini digunakan apabila lapisan tanah pada dasarpondasi mampu mendukung beban terletak relatif dekat denganpermukaan tanah.

Pondasi dangkal terbagi atas :

- Pondasi telapak
- Pondasi memanjang
- Pondasi rakit

b. Pondasi dalam

pondasi dalam digunakan apabila lapisan tanah dasar yang mampu mendukung beban terletak jauh dari permukaan tanah, terbagi atas :

- Pondasi sumuran
- Pondasi tiang

Pemilihan jenis pondasi yang tepat perlu memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- a. Bila tanah pendukung pondasi terletak pada kedalaman 2-3 meter dibawah permukaan tanah, dalam kondisi ini bangunan bsa menggunakan pondasi telapak.
- b. Apabila tanah pendukung pondasi terletak pada kedalaman 10 meter dibawah permukaan tanah, dalam kondisi ini bisa menggunakan pondasi tiang bila tanah pendukung pondasi terletak pada kedalaman 20 meter dibawah permukaan tanah, maka pada kondisi ini apabila penurunannya diizinkan dapat menggunakan tiang geser dan apabila tidak boleh terjadi penurunan, biasanya menggunakan tiang pancang, akan tetapi bila terdapat batu besar pada lapisan pemakaian *caisson* lebih menguntungkan.
- c. Bila tanah pendukung pondasi terletak pada kedalaman 30 meter dibawah permukaan tanah dapat menggunakan *caisson* terbuka, tiang baja atau tiang yang dicor ditempat, akan tetapi bila tekanan atmosfir yang bekerja kurang dari 3 kg/cm^2 maka digunakan *caisson* tekanan.
- d. Apabila tanah pendukung pondasi terletak pada kedalaman sekitar 40 meter

dibawah permukaan tanah, dalam kondisi ini maka menggunakan tiang baja dan tiang beton yang dicor ditempat (*Bowles J.E, 1993*).

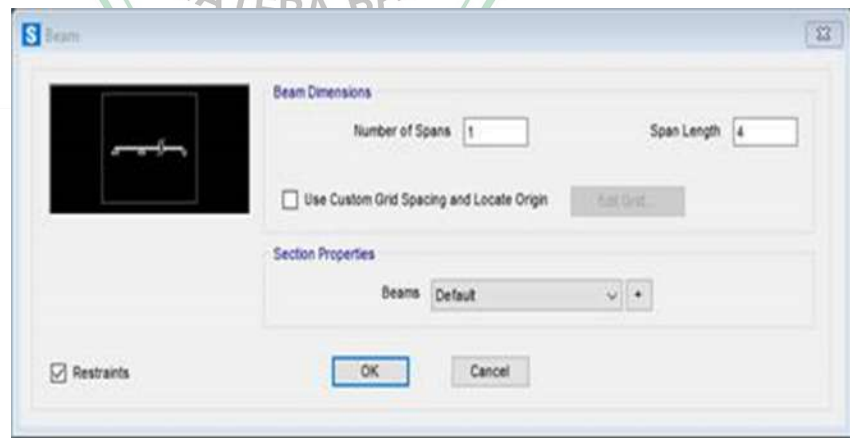
2.6 Langkah-langkah Desain Struktur Beton Bertulang dengan SAP2000 v22

Program SAP2000 merupakan salah satu *software* yang telah dikenal luas dalam dunia teknik sipil, terutama dalam bidang analisis struktur dan elemen hingga (*finite elemen*). Pembuat perangkat lunak SAP2000 yaitu *Csi (Computer and Structure, Inc)* yang berasal dari *Barkeley, California USA*, telah mengembangkan program ini sejak tahun 1970-an.

Berikut ini adalah langkah-langkah desain struktur beton bertulang :

1. Menggambar Model Struktur

- Klik menu File → New Model
- Pilih satuan yang akan digunakan pada menu toolbar
- Klik Beam, maka tampilan yang akan tampil sebagai berikut :
 - Ketik 1 pada kotak Number of Spans
 - Ketik 4 pada kotak Spans Lengs
 - Klik OK

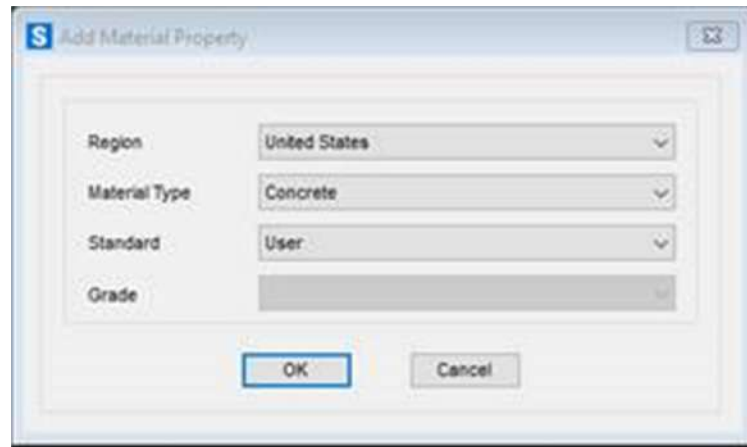


Gambar 2.21 Input parameter beam

Sumber : Buku Ismail Batara, Contoh desain struktur bangunan dengan SAP2000

2. Mendefinisikan Material Struktur

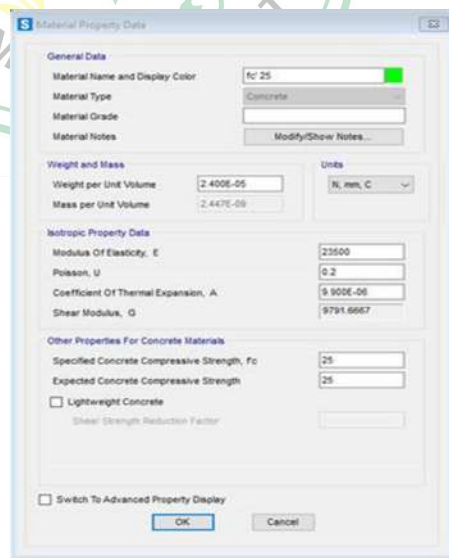
- Lakukan *Define* → *Materials* pada kotak dialog *Define Materials* klik *Add New Material*.



Gambar 2.22 Input Data Material

Sumber : Buku Ismail Batara, Contoh desain struktur bangunan dengan SAP2000

- Pada *option Region* pilih *User* dan *Material type* pilih *Concrete* klik -OK. Kemudian isikan kotak dialog *Material Property Data* sesuai data – data pada soal seperti pada Gambar 2.10



Gambar 2.23 Input Data Material Beton

Sumber : Buku Ismail Batara, Contoh desain struktur bangunan dengan SAP2000

- Buat material Tulangan longitudinal dengan cara klik *Add New Materials* maka akan muncul kotak dialog *Add Material Property*, pada *option Rigion* pilih *User* dan *Material type* pilih *Rebar* klik *OK*. Kemudian isikan kotak dialog *Material Property Data* sesuai data – data pada soal.



Gambar 2.24 Input Data Material Tulangan longitudinal

Sumber : Buku Ismail Batara, Contoh desain struktur bangunan dengan SAP2000

- Buat material Tulangan sengkang dengan cara yang sama



Gambar 2.25 Input Data Material Tulangan sengkang

Sumber : Buku Ismail Batara, Contoh desain struktur bangunan dengan SAP2000

3. Membuat Penampang Balok

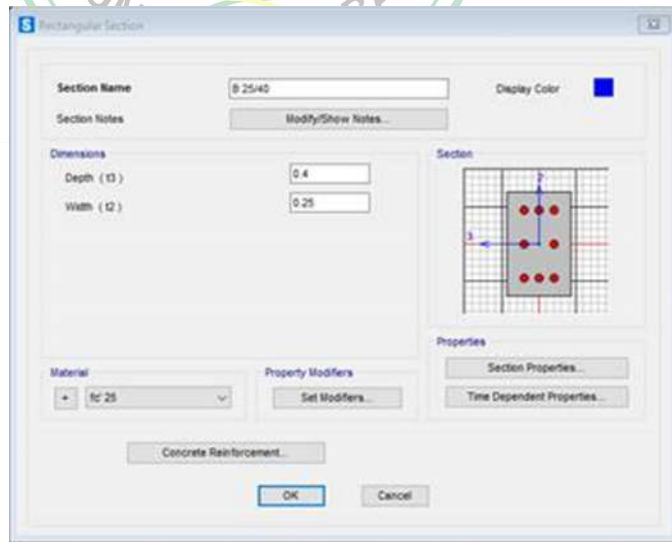
- Defenisikan penampang balok dengan cara *Define*
 - Section *Properties- Frame Section*. Pada dialog *Define Frame Properties* pilih *Add New Property* maka akan muncul kotak dialog *Add Frame Section Property* seperti pada gambar berikut



Gambar 2.26 *Frame Section Property Type*

Sumber : Buku Ismail Batara, Contoh desain struktur bangunan dengan SAP2000

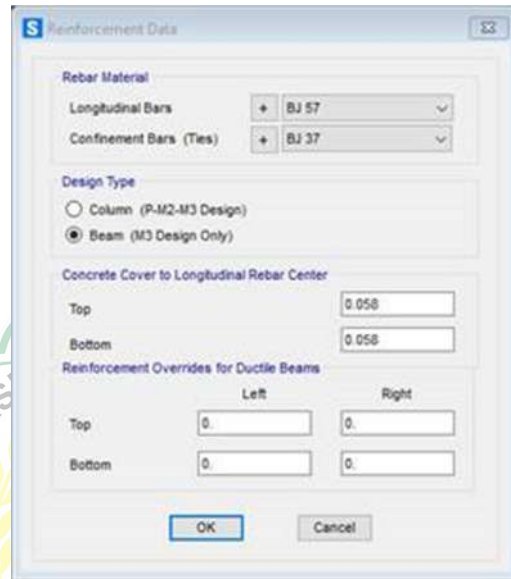
- Pada *option Frame Section Property Type* pilih *Concrete* dan pilih *Rectangular* maka akan muncul kotak dialog *Rectangular Section*. Pada *option material* pilih *Fc'25* (sesuai material yang telah dibuat) dan isikan *Section Name* dengan *B 25/40* lalu isikan *Depth* dan *Width*-nya seperti pada Gambar 2.14



Gambar 2.27 *Input Properties Balok*

Sumber : Buku Ismail Batara, Contoh desain struktur bangunan dengan SAP2000

- Klik *Concrete Reinforcement* maka akan muncul kotak dialog *Reinforcement Data*. Pada *option Longitudinal Bars* pilih BJ 57 dan *Confinement Bars* pilih BJ 37.
- Pada *option Design Type* pilih *Beam* dan pada *option Concrete Cover to Longitudinal Rebar Center* atau selimut beton isikan 0.058 untuk *Top* dan 0.058 untuk *Bottom* seperti terlihat pada Gambar 2.15.



Gambar 2.28 Input Data *Reinforcement* Balok

Sumber : Buku Ismail Batara, Contoh desain struktur bangunan dengan SAP2000

Note : penutup beton = selimut beton + D. tul. sengkang + $\frac{1}{2}$ D.tul longitudinal sebagai desain awal digunakan sengkang D10 mm dan longitudinal D16 mm

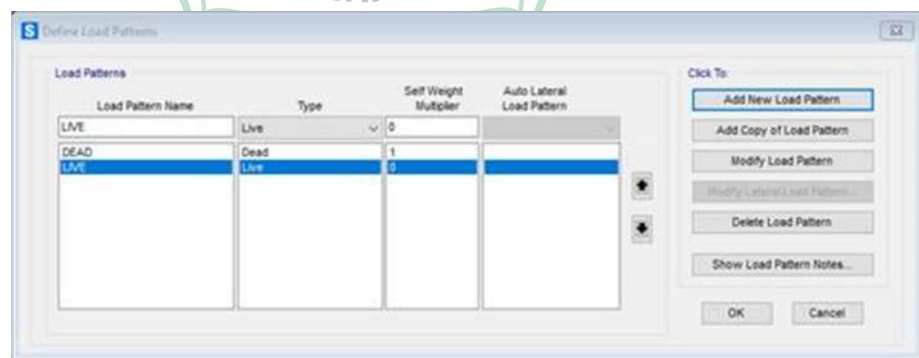
- Ganti dimensi awal *frame* yang telah ditentukan, dengan cara mengganti pandangan salah satu *Window* menjadi x-y kemudian dipilih elemen balok dengan cara mengklik *mouse* dari sisi kiri atas dan drag ke sisi kanan bawah. sehingga balok terpilih (berupa garis putus-putus). pilih menu *Assign* → *Frame* → *Frame Sections*, maka tampil kotak *Assign Frame Sections* kemudian pilih B 25/40 dan klik *OK*.



Gambar 2.29 Assign frame Sections

Sumber : Buku Ismail Batara, Contoh desain struktur bangunan dengan SAP2000

4. Mendefinisikan Jenis beban yang bekerja
 - Input jenis beban dengan cara klik menu *Define* → *Define Load Patern*. Pada kotak dialog *Define Load Patern* akan ditampilkan beban mati (*DEAD*) di *load patterns*.
 - Selanjutnya pada *load patterns Name* ketik *LIVE*, pada *type* klik *drop-down* pilih *LIVE*, pada kolom *self weight Multiplier* masukkan 0, kemudian tekan tombol *add New Load*.
 - Klik *OK*

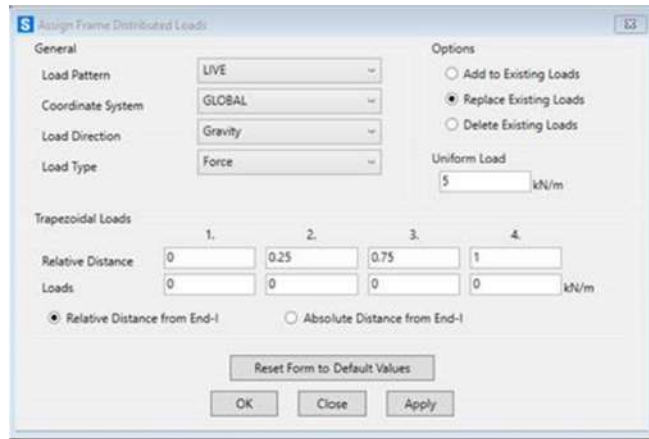


Gambar 2.30 Define load patterns

Sumber : Buku Ismail Batara, Contoh desain struktur bangunan dengan SAP2000

5. Menempatkan beban yang bekerja
 - Pilih semua elemen *Frame*.

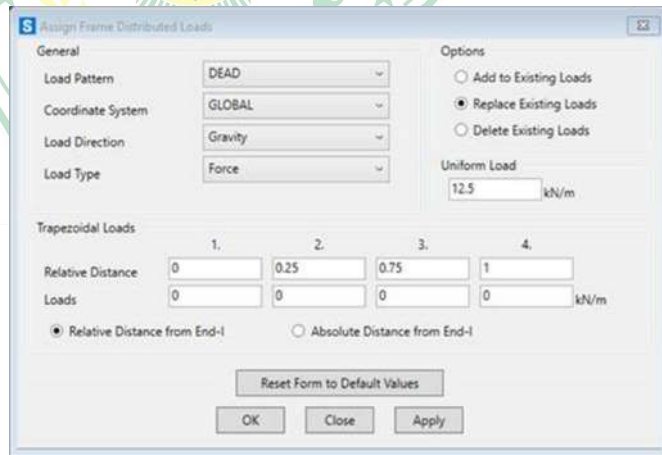
- Input beban hidup dengan cara klik menu *Assign* → *Frame Loads* → *Distributed* pada *option Load Patern* Pilih *LIVE* Isikan 5 pada *Uniform Load*.



Gambar 2.31 Input beban hidup merata pada balok

Sumber : Buku Ismail Batara, Contoh desain struktur bangunan dengan SAP2000

- Input beban mati dengan cara klik menu *Assign* → *Frame Loads* → *Distributed* pada *option Load Patern* Pilih *DEAD* Isikan 12,5 pada *Uniform Load*.

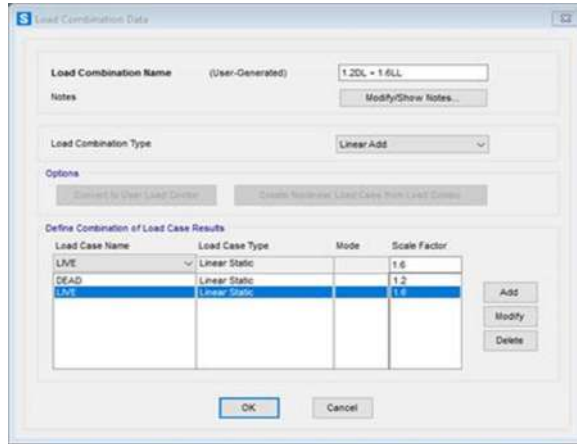


Gambar 2.32 Input beban mati (*DL*) pada balok

Sumber : Buku Ismail Batara, Contoh desain struktur bangunan dengan SAP2000

6. Mendefinisikan Kombinasi Pembebanan

- Buat kombinasi beban yaitu $1.2 DL + 1.6 LL$ dengan cara klik menu *Define* → *Load Combinations* Pilih *Add New Combo* input sesuai pada Gambar 3.14 berikut.

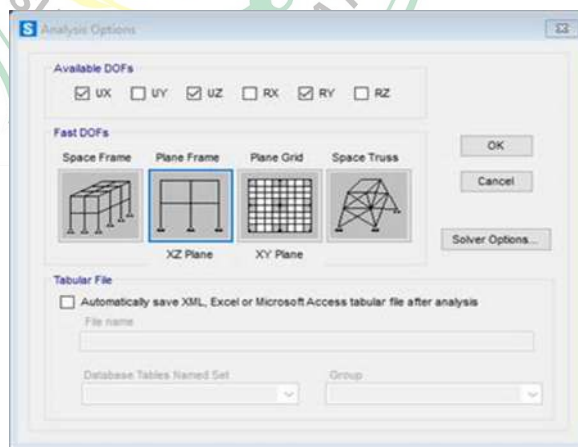


Gambar 2.33 Load combination data

Sumber : Buku Ismail Batara, Contoh desain struktur bangunan dengan SAP2000

7. Analisis Struktur

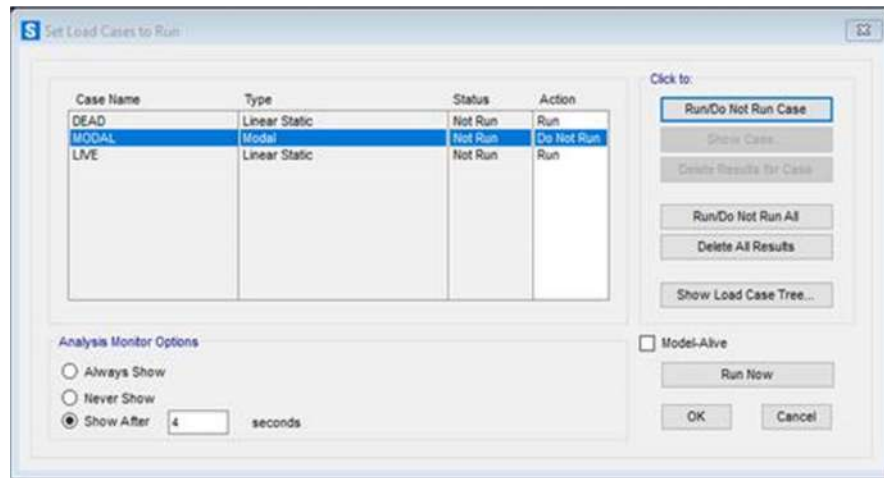
- Untuk melakukan analisis maka disimpan terlebih dahulu
- Lakukan analisis dengan cara klik menu *Analyze* → *Set Analysis Options* pilih *Plane Frame* → *OK*.



Gambar 2.34 Analysis options

Sumber : Buku Ismail Batara, Contoh desain struktur bangunan dengan SAP2000

- Pilih menu *Analyze* → *Run Analysis* pada option *MODAL* klik *Run/Do Not Run Case* kemudian klik *Run Now*



Gambar 2.35 Set load cases to run

Sumber : Buku Ismail Batara, Contoh desain struktur bangunan dengan SAP2000

8. Menampilkan Hasil Analisis

- Untuk melihat gaya reaksi perletakan dari menu *Display* → *Show Force* → *Joint*. Kita dapat memilih *Case/Combo Name* sesuai dengan beban dan kombinasi yang kita masukkan dan reaksi perletakan yang akan dilihat.
- Untuk melihat deformasi yang terjadi dari menu *Display* → *Show Deformed Shape*. Kita dapat memilih *Case/Combo Name* sesuai dengan beban dan kombinasi yang kita masukkan.
- Untuk menampilkan gaya – gaya dalam dengan cara klik menu *Display* → *Show Forces/Stresses* → *Frame/Cables/Tendons* Kita dapat memilih *Case/Combo Name* sesuai dengan beban dan kombinasi yang kita masukkan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Lokasi Penelitian

Penulis melakukan penelitian di dalam kawasan Kampus Politeknik Kesehatan Jambi yang beralamat di Jl. H. Agus Salim Kota Baru Jambi. Lokasi Politeknik Kesehatan Jambi dapat dilihat pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian
Sumber : *Google maps* (diakses tanggal 19 Januari 2023)

4.2 Data Penelitian

Berdasarkan jenisnya data yang dijadikan sebagai acuan terbagi menjadi 2, yaitu data primer dan data sekunder.

4.2.1 Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung baik dari segi pengamatan maupun penelitian yang akan berguna untuk proses perancangan struktur.

4.2.2 Data Sekunder

Klasifikasi data penunjang penelitian ini adalah literatur-literatur, grafik, tabel, dan peta yang berhubungan dengan proses perancangan perencanaan gedung.

Pada Penelitian ini penulis menggunakan data sekunder sebagai objek penelitian, berikut ini adalah data sekunder pembangunan gedung perpustakaan Politeknik Kesehatan Jambi yang penulis dapatkan :

- a. Nama Pekerjaan : Pembangunan Gedung dan Bangunan Perpustakaan Politeknik Kesehatan Kemenkes Jambi
- b. Data Perencanaan : Gambar Rencana
- c. Luas Lahan : 2700 m²
- d. Luas Bangunan : 48 m x 30 m = 1440 m²
- e. Jumlah Lantai : 3 Lantai
- f. Luas Lantai : 1. Lantai 1 = 48 m x 30 m = 1440 m²
2. Lantai 2 = 48 m x 30 m = 1440 m²
3. Lantai 3 = 48 m x 30 m = 1440 m²
- g. Luas Lantai Keseluruhan : 4320 m²
- h. Penutup Atap : Pelat Beton
- i. Mutu Beton : K-250, $f_c' = 20,75$ Mpa
- j. Mutu Besi : 1. Besi Ulir $f_y = 400$ Mpa, $f_x = 570$ Mpa
2. Besi Polos $f_y = 240$ Mpa, $f_x = 390$ Mpa
- k. Kegunaan Bangunan : Perpustakaan, ruang kuliah dan laboratorium
- l. Lokasi : Jl. H. Agus Salim Kota Baru Jambi

4.3 Metode Analisis Data

Metode analisis data merupakan metode yang penting dalam penelitian dimana data yang dikumpulkan di olah atau di proses untuk menarik kesimpulan dari permasalahan yang ada.

4.3.1 Preliminary Design

Preliminary Design struktur adalah memodelkan suatu struktur bangunan dan menganalisisnya sehingga didapatkan suatu bentuk struktur dengan dimensi dan mutu tertentu.

4.3.2 Pembebanan

Pembebanan pada tahap ini adalah semua beban yang bekerja pada bangunan yang direncanakan. Pembebanan pada gedung perpustakaan Politeknik Kesehatan Jambi berpedoman pada SNI 2019. Perhitungan pembebanan yaitu :

1. Beban Mati (*Dead Load*)

2. Beban Hidup (*Life Load*)
3. Beban Gempa (*Earthquake Load*)

4.3.3 Pemodelan dan Analisis Struktur

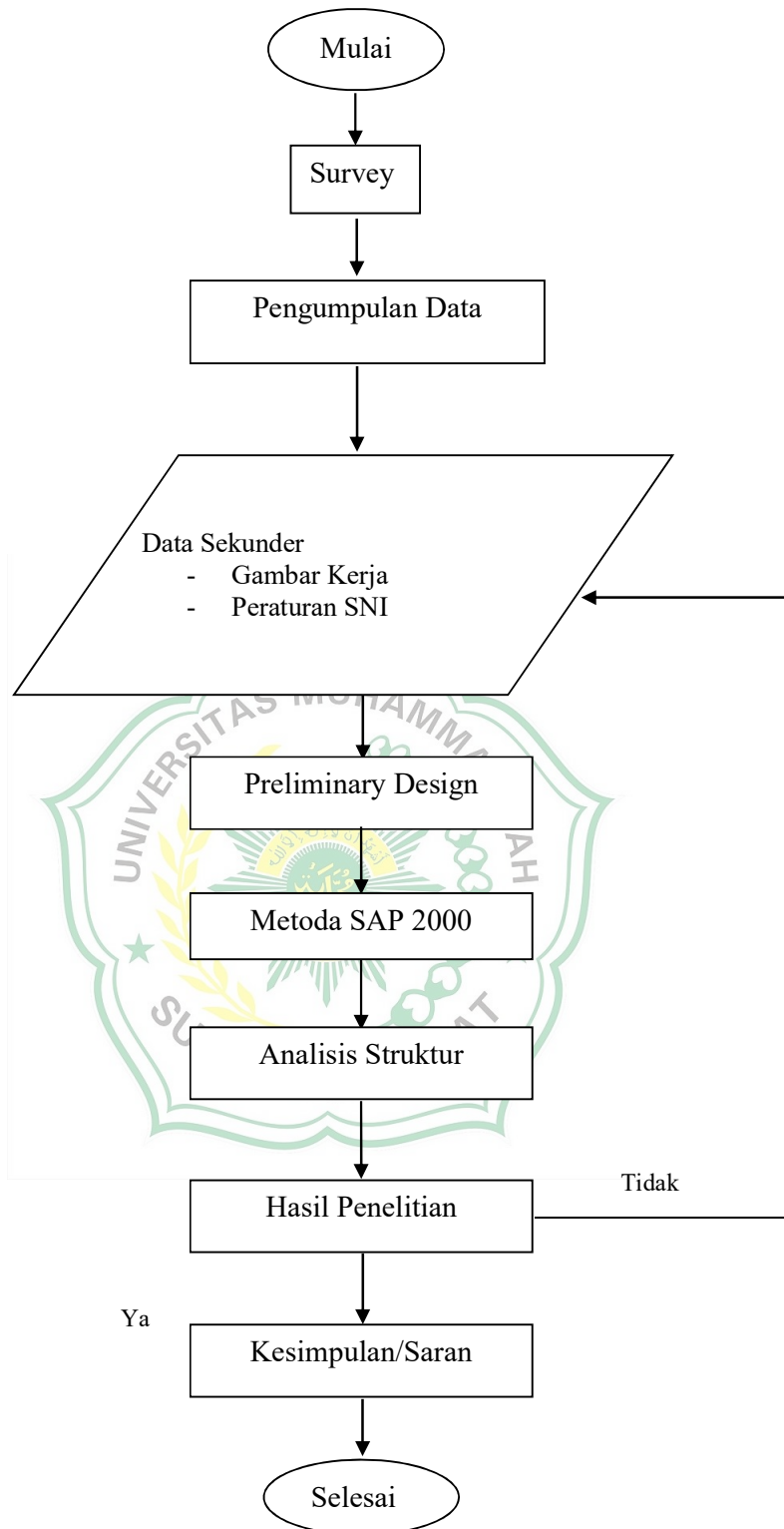
Pada tahap ini pemodelan dibuat menggunakan program SAP2000, model struktur yang dibuat berdasarkan denah bangunan dari gambar rencana. Setelah melakukan pemodelan struktur, selanjutnya melakukan analisis struktur.

Analisis struktur juga menggunakan program SAP2000, yang nantinya akan berguna untuk mengetahui kekuatan dan kemampuan struktur dalam menahan beban yang akan bekerja. Hasil dari analisis struktur yang menggunakan program SAP2000 adalah gaya dalam, gaya aksial, momen dan geser.

4.4 Bagan Alir Penelitian (*Flowchart*)

Bagan Alir Penelitian (*Flowchart*) pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.2.



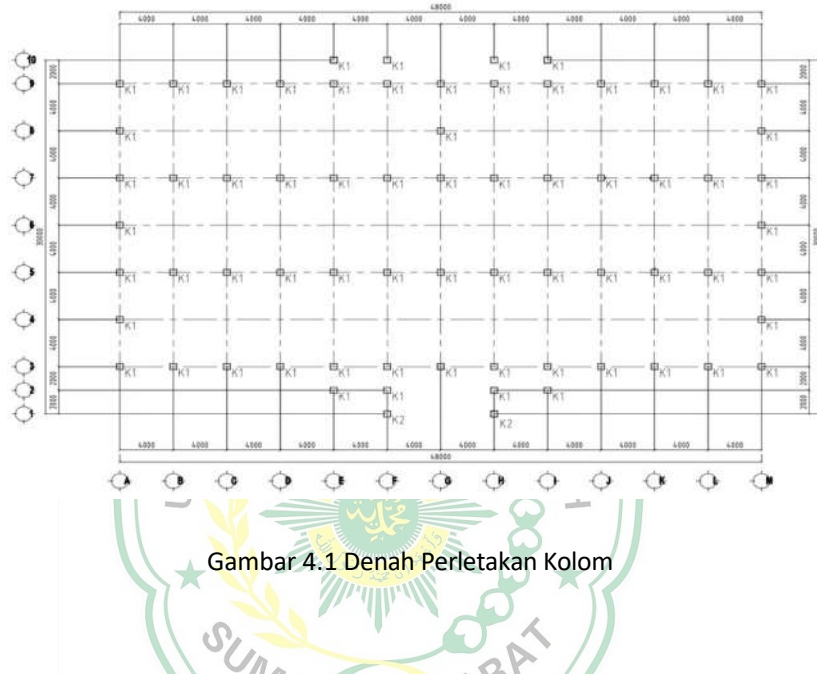


Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

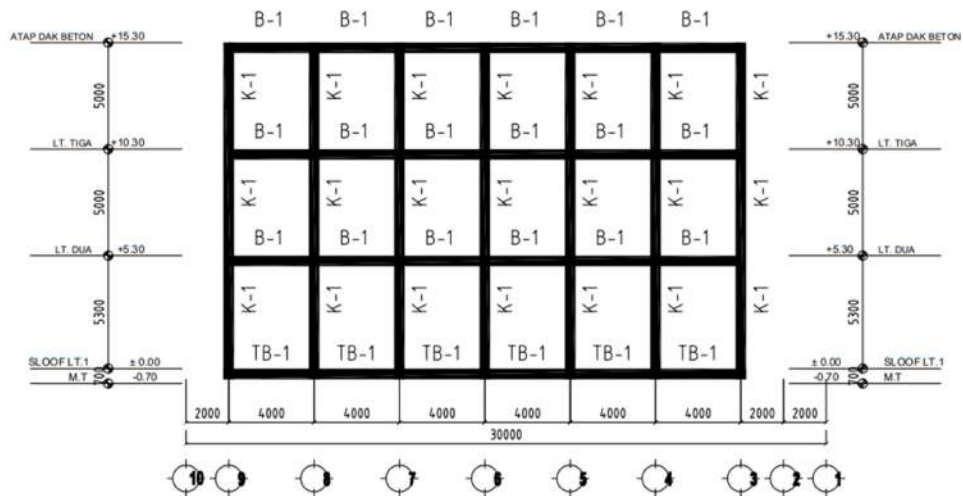
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Perencanaan

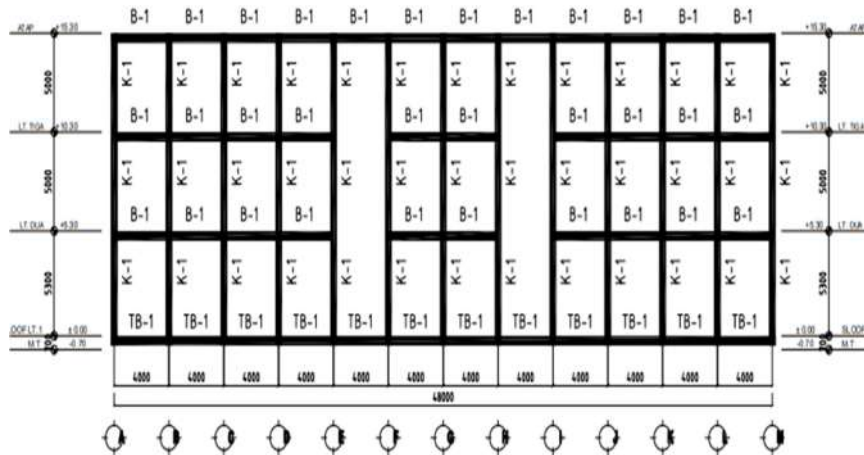
Sebuah gedung perpustakaan Politeknik Kesehatan Jambi 3 lantai, yang berlokasi di Kota Jambi akan direncanakan dengan struktur beton bertulang dengan gambar denah struktur sebagai berikut :



Gambar 4.1 Denah Perletakan Kolom



Gambar 4.2 Rencana Pemodelan Tampak Struktur Arah Y



Gambar 4.3 Rencana Pemodelan Tampak Struktur Arah X

4.1.1 Data Gedung

- Tinggi bangunan = 15,3 m
- Tinggi lantai 1 = 5,3 m
- Tinggi lantai 2 = 5 m
- Tinggi lantai 3 = 5 m

4.1.2 Material Beton dan Baja

- Kuat tekan beton, f_c' = 20,75 Mpa
- Tulangan utama = 400 Mpa
- Tulangan sengkang = 280 Mpa

4.1.3 Data Pembebanan

Bangunan gedung diperhitungkan untuk memikul beban-beban sebagai berikut:

1. Beban Mati

- | | |
|--------------------------|--------------------------|
| a. Berat Beton Bertulang | : 2400 kg/m ³ |
| b. Air Hujan | : 1000 kg/m ³ |
| c. Spesi/Plesteran | : 25 kg/m ² |
| d. Pasangan 1/2 Bata | : 250 kg/m ² |
| e. Instalasi ME | : 25 kg/m ² |
| f. Keramik+Mortar | : 110 kg/m ² |

- g. Plafond + Penggantung : 20 kg/m²
- 2. Beban Hidup
 - a. Lantai Atap : 96 kg /m²
 - b. Lantai *Typical* : 192 kg /m²
 - c. Ruang Pertemuan : 479 kg /m²
- 3. Beban Gempa
 - a. Katagori Resiko Bangunan : IV (SNI 1726-2019)
 - b. Faktor Keutamaan (*I_e*) : 1,2 (SNI 1726-2019)

4.2 Perencanaan Dimensi Struktur (*Preliminary Design*)

4.2.1 Perencanaan Dimensi Balok

1. Balok Induk Arah Y

a. Tinggi Balok

Perencanaan dimensi berdasarkan SNI 2847-2019 sebagai berikut :

Tabel 4.1 Tinggi Minimum Balok Nonprategang

Kondisi perletakan	Minimum h[1]
Perletakan sederhana	ℓ/16
Menerus satu sisi	ℓ/18,5
Menerus dua sisi	ℓ/21
Kantilever	ℓ/8

Sumber : SNI 2847- 2019 Tabel 9 .3.1.1 Hal. 180

Untuk balok atau plat rusuk satu arah yang ditumpu oleh dua tumpuan sederhana, maka tebal minimumnya diambil sebesar L/16, dimana L merupakan bentang terpanjang.

$$h \geq \frac{L}{16}$$

$$h \geq \frac{4000}{16}$$

$$h \geq 250 \text{ mm}$$

Setelah dilakukan analisa menggunakan program SAP2000 untuk h 250 mm tidak mencukupi maka digunakan h = 650 mm

b. Lebar balok (bw)

Untuk menentukan lebar balok (bw) = $\frac{1}{2} h - \frac{2}{3} h$. Untuk lebar balok digunakan $\frac{1}{2} h$.

$$bw = \frac{1}{2} h.$$

$$bw = \frac{1}{2} \times 650 \text{ mm} \quad bw = 325 \text{ mm}$$

Setelah dilakukan analisa menggunakan program Sap2000 untuk bw 325 mm tidak mencukupi maka digunakan bw = 450 mm

sehingga balok induk arah y yang direncanakan sebesar 45 x 65 cm.

2. Balok Induk Arah X

a. Tinggi Balok (h)

$$h \geq \frac{L}{16}$$

$$h \geq \frac{4000}{16}$$

$$h \geq 250 \text{ mm} \text{ digunakan } h = 25 \text{ cm}$$

b. Lebar balok (bw)

Untuk menentukan lebar balok (bw) = $\frac{1}{2} h - \frac{2}{3} h$. Untuk lebar balok digunakan $\frac{1}{2} h$.

$$bw = \frac{1}{2} h.$$

$$bw = \frac{1}{2} \times 650 \text{ mm} \quad bw = 325 \text{ mm}$$

Setelah dilakukan analisa menggunakan program Sap2000 untuk h 250 mm tidak mencukupi maka digunakan h = 450 mm

sehingga balok induk arah x yang direncanakan sebesar 45 x 65 cm.

3. Balok Anak Arah Y

Dimensi balok anak dapat direncanakan kurang lebih $\frac{2}{3}$ dari dimensi balok induk.

$$h = \frac{2}{3} \times 650 = 433,3333 \text{ mm} \rightarrow \text{digunakan } h = 650 \text{ mm}$$

$$bw = \frac{2}{3} \times 450 = 300 \text{ mm} \rightarrow \text{digunakan } h = 450 \text{ mm}$$

sehingga balok anak arah y direncanakan sebesar 45 x 65 cm.

4. Balok Anak Arah X

Dimensi balok anak dapat direncanakan kurang lebih 2/3 dari dimensi balok induk.

$$h = 2/3 \times 650 = 433,3333 \text{ mm} \rightarrow \text{digunakan } h = 650 \text{ mm}$$

$$bw = 2/3 \times 450 = 300 \text{ mm} \rightarrow \text{digunakan } h = 450 \text{ mm}$$

sehingga balok anak arah y direncanakan sebesar 45 x 65 cm.

Setelah dilakukan analisa penampang struktur didapatkan ukuran penampang pada struktur:

- sehingga balok induk arah Y yang direncanakan sebesar = 45 x 65 cm.
- sehingga balok induk arah X direncanakan sebesar = 45 x 65 cm.
- sehingga balok anak arah Y direncanakan sebesar = 40 x 60 cm.
- sehingga balok anak arah X direncanakan sebesar = 45 x 60 cm.

4.2.2 Perencanaan Dimensi Pelat

Diketahui

Balok induk Arah Y : 45/65 cm

Balok induk Arah X : 45/65 cm

Balok anak Arah X : 45/60 cm

Balok anak Arah Y : 40 /60 cm

Mutu beton F_c' : 20,75 Mpa

Mutu baja tulangan f_y : 400 Mpa

Direncanakan :

Tebal pelat : 10 dan 12 cm

1. Menentukan tebal plat (h) :

a. Pemeriksaan tebal pelat berdasarkan bentang bersih balok (ln)

- Untuk bentang terpanjang (L_y) = 4000 mm

$$L_{ny} = 2000 \text{ mm} - (650/2 \text{ mm} + 600/2 \text{ mm}) = 1375 \text{ mm}$$

- Untuk bentang terpendek (L_x) = 4000

$$L_{nx} = 2000 \text{ mm} - (650 /2 \text{ mm} + 600/2 \text{ mm}) = 1375 \text{ mm}$$

$$L_{ny} = L_{nx}$$

$$1375 \text{ mm} = 1375 \text{ mm} \quad \text{..... OK}$$

Maka untuk perhitungan digunakan (L_{ny}) = 1375 mm

b. Nilai banding bentang terpanjang terhadap bentang terpendek (β)

$$\beta = Lny / Lnx$$

$$\beta = 1375 \text{ mm} / 1375 \text{ mm}$$

$$\beta = 1,00 < 2 \text{ (Pelat 2 Arah)}$$

c. Tebal Pelat (h)

Untuk pelat dengan balok yang membentang di antara tumpuan pada semua sisinya, tebal minimumnya, h_f , harus memenuhi ketentuan sebagai berikut (SNI 2847-2019, hal 135) :

$$h_f = \frac{Ln(0,8 + \frac{fy}{140})}{36 + 5\beta (am - 0,2)} \quad \text{Jika } \alpha_m < 2, \text{ maka: } h_f \geq 120 \text{ mm}$$

$$h_f = \frac{Ln(0,8 + \frac{fy}{140})}{36 + 9} \quad \text{Jika } \alpha_m > 2, \text{ maka: } h_f \geq 90 \text{ mm}$$

Keterangan :

α_m = Nilai rata-rata (rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur pelat).

L_n = Panjang bentang bersih untuk sisi pelat dan balok (mm).

f_y = Tegangan leleh baja (MPa).

β = Perbandingan antara bentang bersih dari sisi terpanjang dengan bentang bersih terpendek.

b_e = Lebar efektif flens (mm)

b_w = Lebar beban balok (mm)

y = Titik tengah dari penampang (mm)

$$\alpha = I_{bp} / I_p$$

dimana :

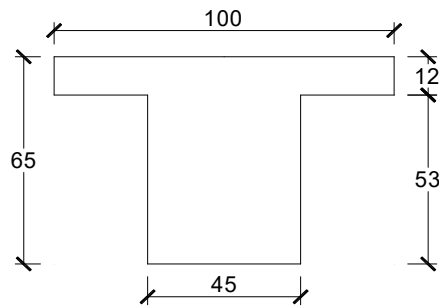
I_{bp} = Inersia balok

I_p = Inersia pelat

α = Kekakuan pelat

2. menentukan momen inersia balok pelat (I_{bp})

a. Untuk balok yang berada di tengah konstruksi



Gambar 4.4 Balok yang berada di tengah konstruksi

Sumber : Hasil perhitungan *preliminary design*

Berdasarkan SNI 2847-2019 hal 97, batasan dimensi lebar sayap efektif untuk balok T sebagai berikut :

$$b_e = 2 (8 \times h_f) + b_w = 2 (8 \times 120) + 450 = 2.370 \text{ mm}$$

$$b_e = 2 (L_n/2) + b_w = 2 (1700/2) + 450 = 2.150 \text{ mm}$$

$$b_e = L/4 = 4000 / 4 = 1.000 \text{ mm}$$

maka diambil nilai lebar efektif yang terkecil yaitu 1.000 mm

$$\begin{aligned} h_w &= h - h_f \\ &= 650 \text{ mm} - 120 \text{ mm} \\ &= 530 \text{ mm} \end{aligned}$$

3. Titik Berat Balok Pelat

Rumus :

$$y = \frac{(A_1 \cdot \frac{1}{2} h_w) + [A_2 (\frac{h_f}{2} + h_w)]}{(A_1) + (A_2)}$$

$$\begin{aligned} A_1 &= b_e \times h_f \\ &= 1.000 \text{ mm} \times 120 \text{ mm} = 120.000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_2 = h_w \times b_w$$

$$= 530 \text{ mm} \times 450 \text{ mm} = 238.500 \text{ mm}^2$$

$$\text{Sehingga } Y = \frac{(238.500 \cdot \frac{1}{2} \cdot 530) + [120.000 (\frac{120}{2} + 530)]}{(238.500) + (120.000)}$$

$$Y = \frac{63.202.500 + 70.800.000}{358.500}$$

$$Y = 373,7866 \text{ mm}$$

4. Inersia Balok Pelat (I_{bp})

Rumus :

Daerah 1

$$\begin{aligned} I_{x1} &= 1/12 \times bw \times hw^3 \\ &= 1/12 \times 450 \times 530^3 = 5.580.654.345 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y1 &= 1/2 \times hw \\ &= 1/2 \times 530 \text{ mm} = 265 \text{ mm} \end{aligned}$$

Daerah 2

$$\begin{aligned} I_{x2} &= 1/12 \times be \times hf^3 \\ &= 1/12 \times 1.000 \times 120^3 = 143.942.400 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y2 &= (1/2 \times hf) + hw \\ &= (1/2 \times 120) + 530 \text{ mm} = 590 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{bp} &= 5.580.654.345 + (120.000 \times (590 - 265)^2) + 143.942.400 + \\ &\quad (238.500 \times (590 - 265)^2) \\ &= 5.580.654.345 + 12.675.000.000 + 143.942.400 + \\ &\quad 25.191.562.500 \\ &= 43.591.115.925 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

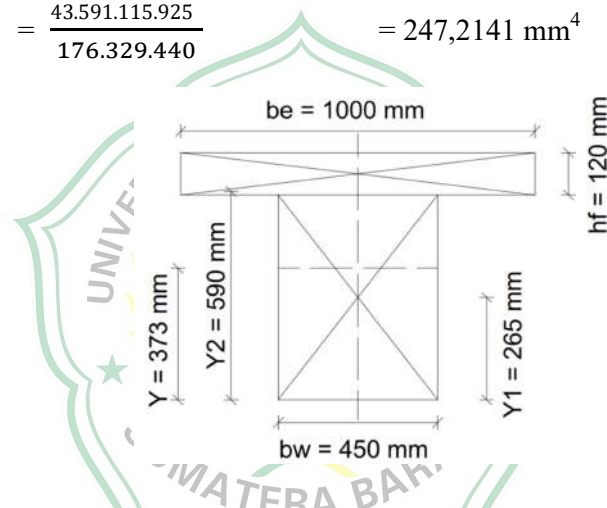
5. Inersia Pelat (I_p)

$$\begin{aligned} I_{p1} &= 1/12 \times \left(\frac{bw}{2} + \frac{ly}{2} \right) \times h^3 \\ &= 1/12 \times \left(\frac{450}{2} + \frac{2000}{2} \right) \times 120^3 \\ &= 176.392.944 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \frac{I_{bp}}{I_{p1}} \\ &= \frac{43.591.115.925}{176.392.944} \\ &= 247,1251 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{p2} &= 1/12 \times \left(\frac{bw}{2} + \frac{lx}{2} \right) \times h^3 \\ &= 1/12 \times \left(\frac{450}{2} + \frac{2000}{2} \right) \times 120^3 \\ &= 176.329.440 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

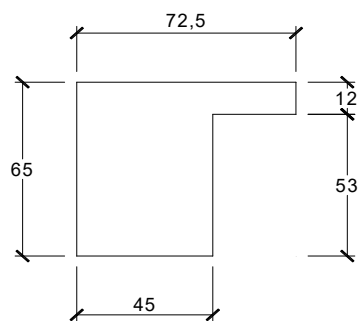
$$\begin{aligned} \alpha_2 &= \frac{I_{bp}}{I_{p2}} \\ &= \frac{43.591.115.925}{176.329.440} = 247,2141 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$



Gambar 4.5 Titik Berat Balok Yang Berada Di Tengah Kontruksi

Sumber : Hasil perhitungan *preliminary design*

b. Untuk balok yang berada ditepi konstruksi



Gambar 4.6 Balok Yang Berada Di Tepi Kontruksi

Sumber : Hasil perhitungan *preliminary design*

Berdasarkan SNI 2847-2019 hal 97, batasan dimensi lebar sayap efektif untuk balok L sebagai berikut :

$$b_e = (6 \times h_f) + b_w = 2 (6 \times 120) + 450 = 1170 \text{ mm}$$

$$b_e = (L_n/2) + b_w = (1.700/2) + 450 = 1300 \text{ mm}$$

$$b_e = L/12 = 4.000 / 12 = 333,3333 \text{ mm}$$

Maka diambil nilai lebar efektif yang terkecil yaitu 333,3333 mm

$$\begin{aligned} h_w &= h - h_f \\ &= 650 - 120 = 530 \text{ mm} \end{aligned}$$

1. Titik berat

Rumus :

$$y = \frac{\left(A_1 \cdot \frac{1}{2} h_w \right) + \left[A_2 \left(\frac{h_f}{2} + h_w \right) \right]}{(A_1) + (A_2)}$$

$$\begin{aligned} A_1 &= b_e \times h_f \\ &= 333,3333 \text{ mm} \times 120 \text{ mm} = 39.999,9960 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_2 &= h_w \times b_w \\ &= 530 \text{ mm} \times 450 \text{ mm} = 238.500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Sehingga } Y = \frac{\left(39.999,9960 \cdot \frac{1}{2} 530 \right) + \left[238.500 \left(\frac{120}{2} + 530 \right) \right]}{(39.999,9960) + 238.500}$$

$$Y = \frac{10.599.998 + 140.715.000}{278.499}$$

$$Y = 543,3233 \text{ mm}$$

2. Inersia Balok Pelat (I_{bp})

Rumus :

$$I_{bp} = I_{x_1} + (A_1 \times (y-y_1)^2) + I_{x_2} + (A_2 \times (y_2-y)^2)$$

Daerah 1

$$\begin{aligned} I_{x_1} &= 1/12 \times b_w \times h_w^3 \\ &= 1/12 \times 450 \times 530^3 = 5.582.664.185 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$y1 = \frac{1}{2} \times hw$$

$$= \frac{1}{2} \times 530 = 265 \text{ mm}$$

Daerah 2

$$Ix_2 = \frac{1}{12} \times be \times (hf)^3$$

$$= \frac{1}{12} \times 333,3333 \times 120^3 = 47.980.795 \text{ mm}^4$$

$$y2 = (\frac{1}{2} \times hf) + hw$$

$$= (\frac{1}{2} \times 120) + 530 = 590 \text{ mm}$$

$$Ibp = 5.582.664.185 + (39.999,9960 \times (590 - 265)^2) + 47.980.795$$

$$+ (238.500 \times (590 - 265)^2)$$

$$= 5.582.664.185 + 4.224.999.578 + 47.980.795 + 25.191.562.500$$

$$= 42.249.995.780 \text{ mm}^4$$

3. Inersia Plat (Ip)

$$Ip3 = \frac{1}{12} \times \left(\frac{bw}{2} + \frac{ly}{2} \right) \times h^3$$

$$= \frac{1}{12} \times \left(\frac{450}{2} + \frac{2000}{2} \right) \times 120^3 = 176.392.944 \text{ mm}^4$$

$$\alpha_3 = \frac{Ibp}{Ip3}$$

$$= \frac{42.249.995.780}{176.392.944} = 239,5220$$

$$Ip4 = \frac{1}{12} \times \left(\frac{bw}{2} + \frac{lx}{2} \right) \times h^3$$

$$= \frac{1}{12} \times \left(\frac{450}{2} + \frac{2000}{2} \right) \times 120^3 = 176.329.440 \text{ mm}^4$$

$$\alpha_4 = \frac{Ibp}{Ip4}$$

$$= \frac{42.249.995.780}{176.329.440} = 239,6083$$

$$\alpha_m = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{4}$$

$$= \frac{247,1251 + 247,2141 + 239,5220 + 239,6083}{4}$$

$$= 243,3676$$

Untuk α lebih besar dari 2,0 ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari ketentuan (SNI 2847-2019, hal 135) :

$$h_f = \frac{\text{Ln} \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta}$$

$$h_f = 1700 \frac{\left(0,8 + \frac{400}{1400} \right)}{36 + (9 \times 0,8043)} = 254,9753 \text{ mm}$$

Jadi, tebal pelat lantai 120 mm dapat memenuhi. Sedangkan untuk tebal pelat atap digunakan 100 mm dapat memenuhi.

4.3.3 Perencanaan Kolom

Dimensi kolom direncanakan dengan asumsi sebagai berikut :

1. Pembebanan diambil dari $\frac{1}{2}$ bentang yang bersebelahan dengan arah x dan arah y.
2. Ujung-ujung kolom dianggap jepit
3. Beban-beban yang bekerja hanya beban gravitasi saja

Perhitungan Beban Akibat Muatan Tiap Lantai Yang Bekerja Pada Kolom :

Lantai Atap

a. Beban Mati (*qdl*)

- Berat Pelat Sendiri = $(0,10 \text{ m} \times 30 \text{ m} \times 48 \text{ m}) 2400 \text{ kg/m}^3 = 345.600 \text{ kg}$
- Plesteran = $(30 \text{ m} \times 48 \text{ m}) \times 25 \text{ kg/m}^2 = 36.000 \text{ kg}$
- Instalasi M&E = $(30 \text{ m} \times 48 \text{ m}) \times 25 \text{ kg/m}^2 = 36.000 \text{ kg}$
- Plafond + Penggantung = $(30 \text{ m} \times 48 \text{ m}) \times 20 \text{ kg/m}^2 = 28.800 \text{ kg}$
- Balok Induk X (45/65) = $0,45 \text{ m} \times (0,65 - 0,1) \text{ m} \times 3,4 \text{ m}$
 $= 0,8415 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 2019,60 \text{ kg}$
- Balok Anak X (45/60) = $0,45 \text{ m} \times (0,60 - 0,1) \text{ m} \times 4 \text{ m}$
 $= 0,900 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 2160,00 \text{ kg}$
- Balok Induk Y (45/65) = $0,45 \text{ m} \times (0,65 - 0,1) \text{ m} \times 3,4 \text{ m}$
 $= 0,8415 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 2019,60 \text{ kg}$
- Balok Anak Y (40/60) = $0,40 \text{ m} \times (0,60 - 0,1) \text{ m} \times 4 \text{ m}$
 $= 0,80 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 1920,00 \text{ kg}$

Total Wdl Lantai Atap = 454.519,20 kg

b. Beban Hidup (*qll*)

- Air Hujan	= (0,05 m x 30 m x 48 m) x 1000 kg/m ³	= 72.000 kg
- <u>Beban Hidup</u>	= (30 m x 48 m) x 96 kg/m ²	= 138.240,0 kg
Total Wdl Lantai Atap		= 210.240, kg

Lantai 1-2

a. Beban Mati (*qdl*)

- Berat Pelat Sendiri	= (0,12 m x 30 m x 48 m) 2400 kg/m ³	= 414.720 kg
- Instalasi ME	= (30 m x 48 m) x 25 kg/m ²	= 36.000 kg
- Plafond + Penggantung	= (30 m x 48 m) x 20 kg/m ²	= 28.800 kg
- Keramik + Mortar	= (30 m x 48 m) x 110 kg/m ²	= 158.400 kg
- Pas ½ Bata X	= (30m-0,6 m) x (5 m-0,7m) x 250 kg/m ²	= 31.605 kg
- Pas ½ Bata Y	= (48m-0,6m) x (5 m-0,7m) x 250 kg/m ²	= 50.955 kg
- Balok Induk X (45/65)	= 0,45 m x (0,65 - 0,12) m x 3,4 m	
	= 0,8109 m ³ x 2400 kg/m ³	= 1.946,16 kg
- Balok Anak X (45/60)	= 0,45m x (0,60-0,12) m x 4 m	
	= 0,8640 m ³ x 2400 kg/m ³	= 2.073 kg
- Balok Induk Y (45/65)	= 0,45m x (0,65 - 0,12) m x 3,4 m	
	= 0,8109 m ³ x 2400 kg/m ³	= 1946,16 kg
- Balok Anak Y (40/60)	= 0,40m x (0,60 - 0,12) m x 4 m	
	= 0,7680 m ³ x 2400 kg/m ³	= 1843,20 kg
Total Wdl Lantai 1-2		= 728.288 kg

b. Beban Hidup (*qll*)

- Ruang Pertemuan	= (30 m x 48 m) x 479 kg/m ²	= 689.760 kg
- <u>Ruang Kantor</u>	= (30 m x 48 m) x 479 kg/m ²	= 689.760 kg

Perencanaan kolom berdasarkan pendekatan kekakuan antar balok dengan kolom yaitu :

$$\frac{E \cdot I_b}{L_b} \leq \frac{E \cdot I_k}{L_k}$$

dimana :

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

$$I_b = \frac{1}{12} \cdot 0,45 \cdot 0,65^3$$

$$I_b = 0,0103 \text{ m}^4$$

$$L_b = 48 \text{ m (bentang terpanjang)}$$

$$I_k = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 \quad \text{Asumsikan } b = h$$

$$I_k = \frac{1}{12} \cdot h^4$$

$$L_k = 24 \text{ m (1/2 dari bentang terpanjang)}$$

Sehingga didapat :

$$\frac{0,0129}{48} \leq \frac{h^4}{24}$$

$$48 \cdot h^4 = 0,0103 \times 24$$

$$h^4 = 11.8656$$

$$h = 0,4746 \rightarrow 0,47$$

$$h = 47 \text{ cm,}$$

Setelah dilakukan analisa menggunakan program SAP2000 dengan ukuran kolom 47 x 47 cm tidak mencukupi maka digunakan ukuran kolom untuk lantai 1-2 dengan ukuran 60 x 60 cm

Maka direncanakan ukuran kolom

$$\text{Lantai 1,2, dan 3} = 60 \text{ cm x } 60 \text{ cm}$$

Perhitungan selanjutnya ditabelkan :

Tabel 4.2 Perhitungan Pembebanan Masing-Masing Kolom

Lantai	H	Beban Mati qDL (kg)	Beban Hidup qLL (kg)	Berat Sendiri Kolom (kg)	qDL Kombinasi (kg)	qLL Kombinasi (kg)	Beban P (kg)
3	15,3	454.519	210.240	4.704	65.814,78	24.576	90.390,78
2	10,3	689.760	72.828.800	6.144	65.763,36	61.312	127.075,36
1	5,3	689.760	72.828.800	6.144	65.763,36	61.312	127.075,36
Total Berat Bangunan							589.672,716

Sumber : Hasil perhitungan *preliminary design*

Dimana :

$$\begin{aligned}
 q_{DL} \text{ Kombinasi} &= 1,5 \times 72.828.800 && = 109.243.200 \text{ kg} \\
 q_{LL} \text{ Kombinasi} &= 1,6 \times 6.897,60 && = 11.035,20 \text{ kg} \\
 \text{Beban P} &= q_{DL} \text{ Kombinasi} + q_{LL} \text{ Kombinasi} \\
 &= 109.243.200 \text{ kg} + 11.035,20 \text{ kg} = 109.254.235,20 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Maka diperoleh,

$$\text{Gaya berat atap (V)} = 90.390,78 \text{ kg}$$

$$\text{Gaya berat Lt 1-2 (V)} = 127.075,36 \text{ kg}$$

$$\text{Luas rencana kolom 1-3 (A)} = 600 \text{ mm} \times 600 \text{ mm} = 640.000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Mutu beton (f'c')} = 20,75 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Gaya berat Lt Atap / Luas} &= V/A \\
 &= \frac{90.390,78 \text{ kg}}{490.000 \text{ mm}} \\
 &= 0,1862 \text{ kg/mm}^2 \\
 &= 1,8625 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Gaya berat Lt 1-2 / Luas} &= V/A \\
 &= \frac{127.075,36 \text{ kg}}{640.000 \text{ m}} \\
 &= 0,1426 \text{ kg/mm}^2 \\
 &= 1,4259 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$V/A < f'c'$$

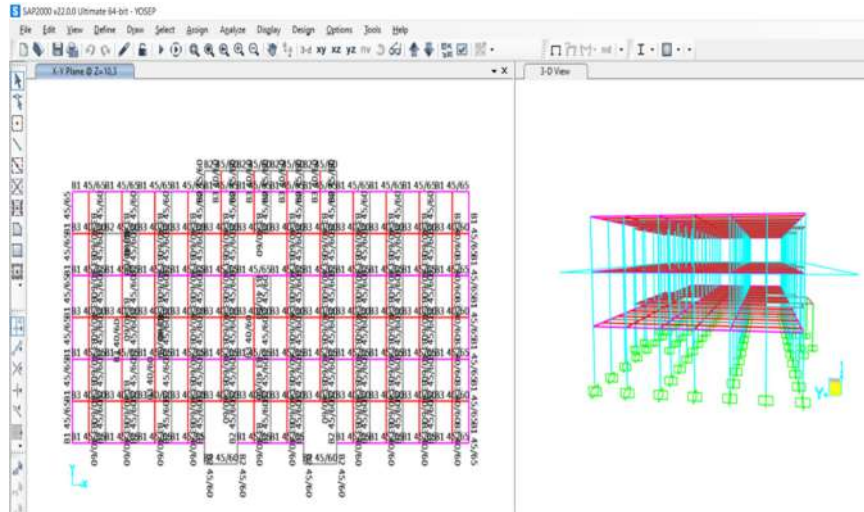
$$0,8085 \text{ N / mm}^2 < 20,75 \text{ MPa} \times 0,65$$

$$8,0855 \text{ N/mm}^2 < 13,4875 \text{ N/mm}^2 \quad \text{..... OK}$$

4.3 Desain Gedung dengan SAP2000 v22

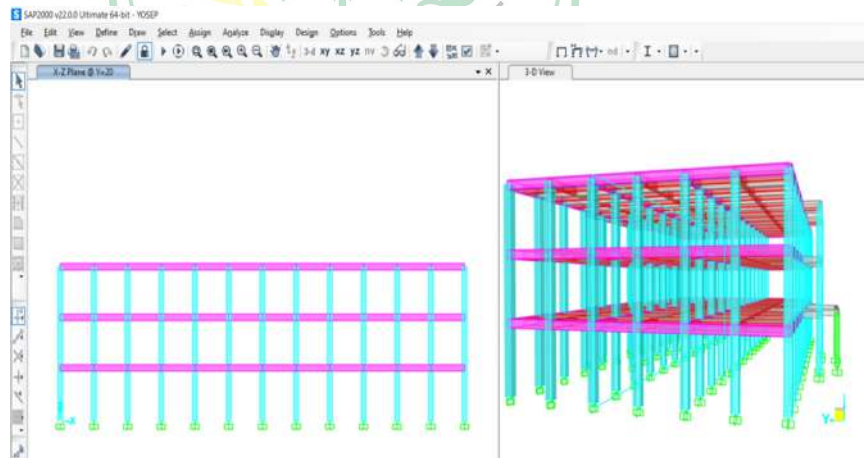
4.3.1 Permodelan Struktur 3D

Permodelan struktur gedung dilakukan secara 3D dengan memodelkan semua elemen balok, kolom, dan pelat.



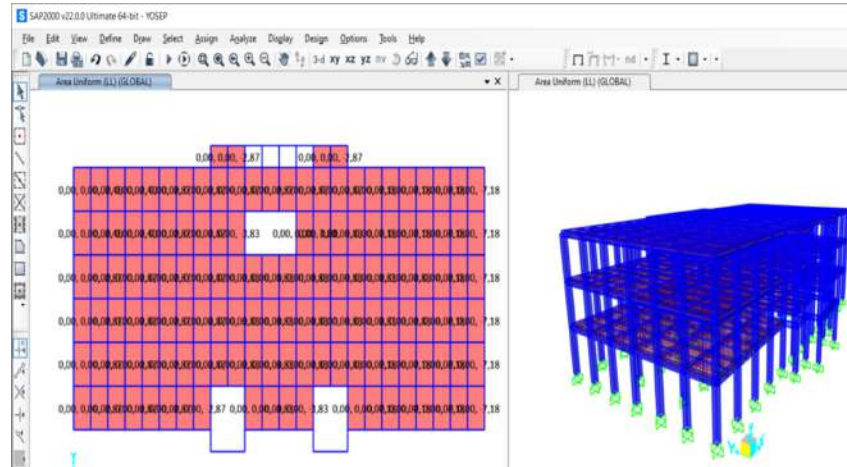
Gambar 4.6 Elemen Balok

Sumber : Hasil analisis dengan SAP2000



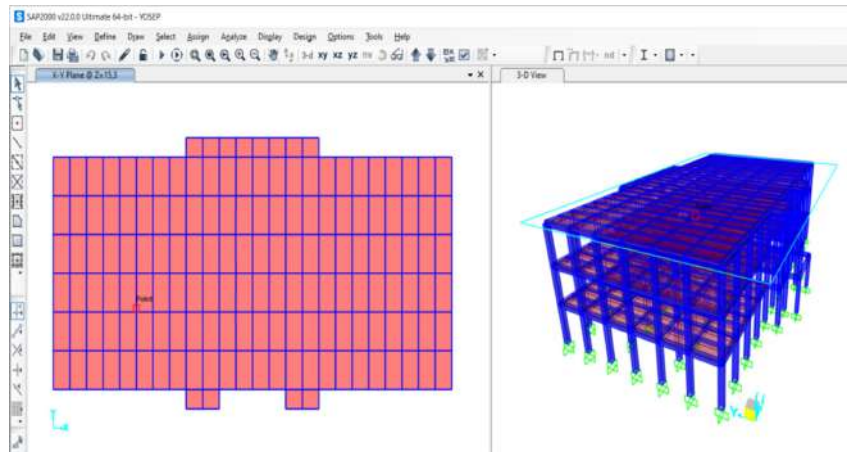
Gambar 4.7 Elemen Kolom

Sumber : Hasil analisis dengan SAP2000



Gambar 4.8 Elemen Pelat Lantai

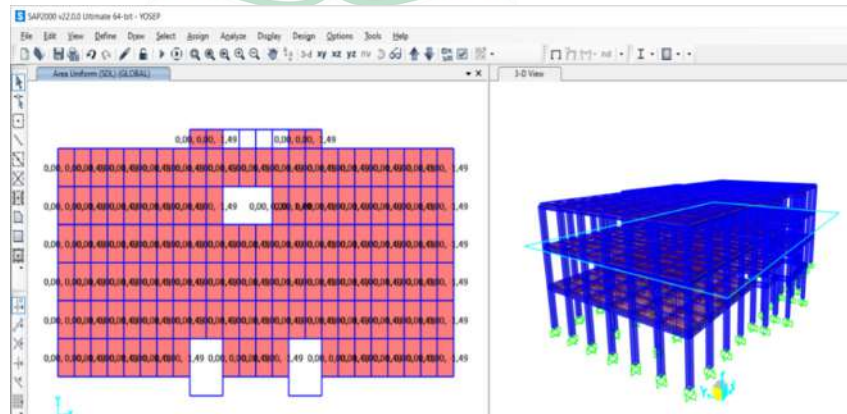
Sumber : Hasil analisis dengan SAP2000



Gambar 4.9 Elemen Pelat Atap

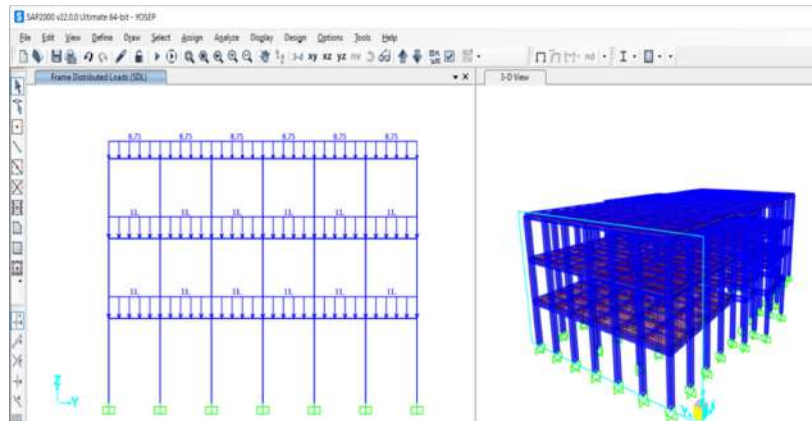
Sumber : Hasil analisis dengan SAP2000

4.3.2 Pendefinisian Jenis Beban



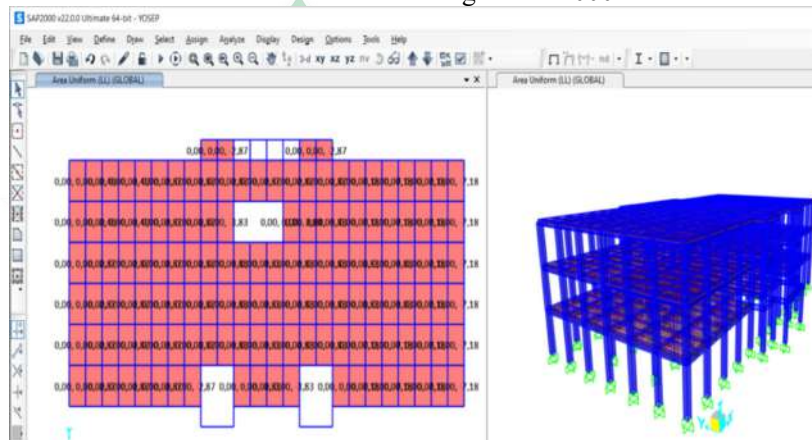
Gambar 4.10 Distribusi Beban Mati pada Pelat Lantai

Sumber : Hasil analisis dengan SAP2000



Gambar 4.11 Distribusi Beban Mati pada Balok

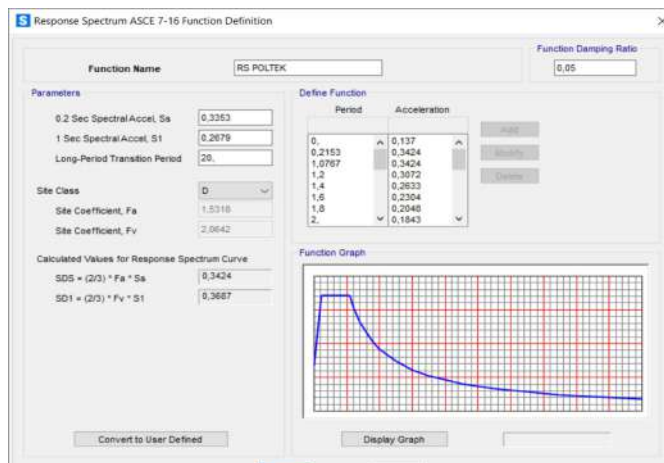
Sumber : Hasil analisis dengan SAP2000



Gambar 4.12 Beban Hidup untuk Lantai

Sumber : Hasil analisis dengan SAP2000

4.3.3 Gempa Dinamik *Response Spectrum*



Gambar 4.13 Parameter *respons spektrum*

Sumber : Hasil analisis dengan SAP2000

4.3.4 Pengecekan Perilaku Struktur

a. Pemeriksaan Jumlah Ragam

Tabel 4.3 Jumlah Partisipasi *Massa Ratios*

TABLE: Modal Participating Mass Ratios									
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0,798105	0,00038	0,86842	1,804E-07	0,00038	0,86842	1,804E-07
MODAL	Mode	2	0,772397	0,85434	0,00087	7,517E-09	0,85472	0,86928	0,00000188
MODAL	Mode	3	0,728497	0,02612	0,00319	5,577E-10	0,88084	0,87248	1,885E-07
MODAL	Mode	4	0,255282	0,0001	0,10455	0,000001967	0,88095	0,97703	0,000002156
MODAL	Mode	5	0,249056	0,09663	0,00019	2,153E-08	0,97757	0,97722	0,000002177
MODAL	Mode	6	0,234146	0,00183	0,00058	1,988E-08	0,97941	0,9778	0,000002197
MODAL	Mode	7	0,16493	5,567E-12	0,00001404	0,00022	0,97941	0,97782	0,00022
MODAL	Mode	8	0,163864	3,391E-10	0,00006887	0,00524	0,97941	0,97782	0,00546
MODAL	Mode	9	0,151947	0,00018	0,0212	0,000007345	0,97959	0,99902	0,00546
MODAL	Mode	10	0,1508	0,0202	0,00022	2,793E-08	0,99979	0,99924	0,00546
MODAL	Mode	11	0,141999	6,381E-08	0,000001175	0,000009793	0,99979	0,99924	0,00547
MODAL	Mode	12	0,14142	0,00007716	0,00043	7,875E-07	0,99987	0,99967	0,00547
MODAL	Mode	13	0,13959	2,004E-09	5,806E-07	0,00022	0,99987	0,99967	0,00569
MODAL	Mode	14	0,134729	1,873E-09	5,528E-07	0,00936	0,99987	0,99967	0,01505
MODAL	Mode	15	0,133229	1,177E-09	0,000001013	0,00302	0,99987	0,99967	0,01807
MODAL	Mode	16	0,132558	1,066E-08	2,553E-07	0,01044	0,99987	0,99967	0,02851
MODAL	Mode	17	0,13095	2,842E-12	9,363E-08	0,00709	0,99987	0,99967	0,03559
MODAL	Mode	18	0,129776	3,612E-08	9,723E-10	0,00043	0,99987	0,99967	0,03602
MODAL	Mode	19	0,127388	9,773E-09	8,03E-08	0,01167	0,99987	0,99967	0,0477
MODAL	Mode	20	0,126898	4,486E-10	3,435E-08	0,0071	0,99987	0,99967	0,0548

Sumber : Hasil analisis dengan SAP2000

Berdasarkan *output* diatas Jumlah Partisipasi Massa pada 20 Mode arah-x dan arah-y sebesar 99%, telah memenuhi syarat yaitu sebesar 90% atau 0.9%.

b. Perbandingan Geser Dasar V_{Statik} Vs V_{Dinamik}

Tabel 4.4 *Output* geser dasar

TABLE: Base Reactions									
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY	GlobalMZ	
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	
SX	LinStatic		-2889,405	3,311E-10	1,543E-11	-4,053E-09	-32690,5781	49885,0061	
SY	LinStatic		-3,949E-09	-2889,405	8,527E-12	32690,5781	-3,264E-08	-74479,7879	
DX	LinRespSpec	Max	2545,447	24,774	0,226	278,1773	27596,4187	40621,349	
DY	LinRespSpec	Max	24,774	2538,288	2,055	27697,8165	267,6269	62987,5572	

Sumber : Hasil analisis dengan SAP2000

Tabel 4.5 Hasil penjumlahan Geser Dasar untuk masing-masing gempa

Geser Dasar	Dinamik (VD)	Statik (Vs)	Faktor Skala	Kontrol
	(KN)	(KN)	VS/VD	VD >100% VS
X - Direction	2545,447	-2889,405	-1,135126758	Tidak memenuhi
Y - Direction	2538,288	-2889,405	-1,138328275	Tidak memenuhi

Sumber : Hasil analisis dengan SAP2000

c. Pemeriksaan Simpangan Antar Lantai

Tabel 4.6 Simpangan lantai Arah-x (Δx)

Lantai	Joint	Hsx	δx	Δx	Δa (ijin)	Keterangan
		mm	mm	mm	mm	
Atap	627	5000	14,07212	16,84352	125	Aman
3	536	5000	11,00966	31,06258	125	Aman
2	25	5300	5,361915	29,49053	132,5	Aman

Sumber : Hasil analisis dengan SAP2000

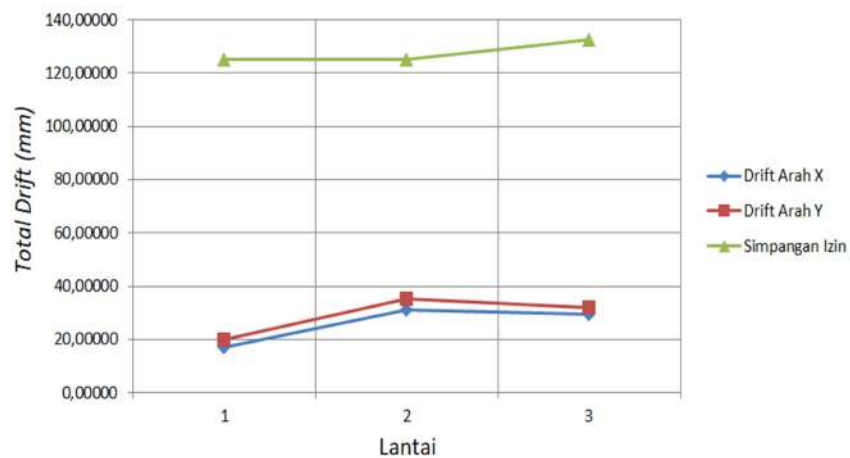
Tabel 4.7 Simpangan lantai Arah-y (Δy)

Lantai	Joint	Hsx	δy	Δy	Δa (ijin)	Keterangan
		mm	mm	mm	mm	
Atap	627	5000	15,85484	19,90174	125	Aman
3	536	5000	12,23634	35,16119	125	Aman
2	25	5300	5,843395	32,13867	132,5	Aman

Sumber : Hasil analisis dengan SAP2000

Berikut gambar diagram simpangan antar lantai (*Story Drift*)

Diagram Simpangan Antar Lantai (*Story Drift*)



Gambar 4.14 Simpangan lantai (*Story Drift*)

Sumber : Hasil analisis dengan SAP2000

4.4 Analisa Struktur

4.4.1 Analisa Pembebanan Akibat Beban Mati Dan Beban Hidup

1. Pembebanan Pelat Atap

a. Beban Mati

Spesi/Plester	= 25 kg/m ²
Penggantung + Plafond	= 20 kg/m ²
<u>Instalasi M&E</u>	<u>= 25 kg/m²</u>
Total Beban Mati (DL)	= 70 kg/m²

b. Beban Hidup

Air Hujan (0,05 x 1.000 kg/m ³)	= 50 kg/m ²
<u>Beban Hidup</u>	<u>= 96 kg/m²</u>
Total Beban Hidup (LL)	=146kg/m²

2. Pembebanan Pelat Lantai 1-2

a. Beban Mati

Keramik+Mortar	= 110kg/m ²
Plafond+Penggantung	= 20 kg/m ²
<u>Instalasi M & E</u>	<u>= 25 kg/m²</u>
Total Beban Mati	=155kg/m²
	= 67 kg/m²

Beban Mati Tambahan	
Dinding = 3,3 m x 250 kg/m ²	= 825 kg/m ²

b. Beban Hidup

<u>Lantai = 192 kg/m²</u>	<u>= 192 kg/m²</u>
Total Beban Hidup	= 192 kg/m²

3. Pembebanan Pelat Lantai 1 - 2

a. Beban Mati

Keramik+ Mortar	= 110 kg/m ²
Plafond + Penggantung	= 20 kg/m ²
<u>Instalasi M&E</u>	<u>= 25 kg/m²</u>
Total Beban Mati	= 155 kg/m²
	= 67 kg/m²

Beban Mati Tambahan

$$\underline{\text{Dinding}} = 5 \text{ m} \times 250 \text{ kg/m}^2 = 1250 \text{ kg/m}^2$$

b. Beban Hidup

$$\underline{\text{Ruang Pertemuan}} = 479 \text{ kg/m}^2 = 479 \text{ kg/m}^2$$

$$\underline{\text{Ruang Kelas}} = 479 \text{ kg/m}^2 = 479 \text{ kg/m}^2$$

$$\underline{\text{Beban Hidup}} = 192 \text{ kg/m}^2 = 192 \text{ kg/m}^2$$

4.4.2 Analisa Pembebanan Akibat Gempa

4.4.2.1 Gempa Respons Spektrum

Pada perhitungan beban gempa ini, dihitung berdasarkan peraturan gempa yang terbaru yaitu SNI 1726-2019 :

Tabel 4.8 Kategori resiko bangunan gedung dan nongedung untuk beban gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
<p>Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> j. Bangunan-bangunan monumental k. Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan l. Rumah ibadah m. Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat n. Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat o. Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, tsunami, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya p. Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat q. Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat r. Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat <p>Gedung dan nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk</p>	IV

ke dalam kategori risiko IV.

(sumber : Tabel 3 SNI 1726 2019)

1. Menentukan parameter percepatan tanah

Manurut SNI 1726-2019 pasal 6.1.2 parameter S_s (percepatan tanah dasar pada periode pendek) dan S_1 (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik). harus ditetapkan masing-masing dari respon spectral percepatan 0,2 dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik dengan kemungkinan 2% terlampaui dalam 50 tahun.

Lokasi perencanaan gedung perpustakaan Politeknik Kesehatan Jambi dari google maps dengan koordinat lintang $-0,2666644$ dan bujur $100,6153750$, maka didapat nilai $S_s = 1.1305g$ dan $S_1 = 0.5893g$.

2. Menentukan koefisien situs

Untuk menentukan nilai f_a dan f_v dapat dilihat dari tabel SNI 1726-2019 Tabel 6 berdasarkan nilai $S_s = 1.1305g$ dan jenis tanah keras (SC), didapat nilai $f_a = 1,2$ dan nilai $S_1 = 0.5893g$ dan jenis tanah keras (SC), didapat nilai $f_v = 1,5$

Tabel 4.9 Koefisien situs, F_a

Kelas Situs	Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko - Tertarget (MCER) terpetakan pada Periode Pendek, $T = 0,2$ detik, S_s					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1	1
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	SS ^(a)					

Sumber : SNI 1726 - 2019 Tabel 6 Hal. 34

Tabel 4.10 Koefisien situs, Fv

Kelas Situs	Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko - Tertarget (MCER) Terpetakan pada Periode 1 detik, S1					
	$S1 \leq 0,1$	$S1 \leq 0,2$	$S1 \leq 0,3$	$S1 \leq 0,4$	$S1 \leq 0,5$	$S1 \leq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	SS ^(a)					

Sumber : SNI 1726 - 2019 Tabel 7 Hal. 34 – 35

3. Parameter *respons spectrum* percepatan pada perioda pendek (S_{MS}) dan perioda 1 detik (S_{M1}) ditentukan dengan rumus berikut :

$$S_{MS} = F_a \cdot SS$$

$$= 1,2 \times 1,1305 = 1,3566 \text{ detik}$$

$$S_{M1} = F_v \cdot S1$$

$$= 1,5 \times 0,5893 = 0,884 \text{ detik}$$

4. Menghitung Percepatan Spektral Desain

Parameter percepatan spectral untuk perioda pendek, SDS dan pada perioda 1 detik SD1, ditetapkan sebagai berikut :

$$S_{DS} = 2/3 \cdot S_{MS}$$

$$= 2/3 \times 1,3566 = 0,9044 \text{ detik}$$

$$S_{D1} = 2/3 \cdot S_{M1}$$

$$= 2/3 \times 0,884 = 0,5893 \text{ detik}$$

5. Menentukan kategori desain seismik

Untuk menentukan nilai kategori desain seismik dilihat dari SNI 1726-2019 dan untuk kategori resiko bangunan ditentukan dari pemanfaatan

bangunan SNI 1726 -2019 yaitu gedung sekolah dan fasilitas pendidikan termasuk dengan kategori resiko IV.

Tabel 4.11 Kategori desain seismik berdasarkan parameter *respons* percepatan pada periode pendek

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

Sumber : SNI 1726 – 2019 tabel 8 hal 37

Nilai $S_{DS} = 0,9044$ sehingga termasuk kategori resiko D.

Tabel 4.12 Kategori desain seismik berdasarkan parameter *respons* percepatan pada periode 1 detik

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

Sumber : SNI 1726 – 2019 tabel 9 hal 37

Nilai $S_{D1} = 0,5893$ sehingga termasuk kategori resiko D.

- Memilih *system* dan parameter struktur dari tabel SNI 1726-2019 Tabel 4 hal 25 didapat faktor keutamaan gempa =1,5

Tabel 4.13 Faktor keutamaan gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25

IV	1,50
----	------

Sumber : SNI 1726 - 2019 Tabel 4 Hal 25

Tabel 4.14 Syarat Spesifik Sistem

Tingkat Resiko Kegempaan		
Rendah	menengah	Tinggi
Kategori Desain Seismik A,B	Kategori Desain Seismik C	Kategori Desain Seismik D,E,F
SRPMB	SRPMM	SRPMK

Sumber: SNI 1726-2012

Keterangan:

SRPMB : Struktur Rangka Pemikul Momen Biasa

SRPMM : Struktur Rangka Pemikul Momen Menengah

SRPMK : Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus

Berdasarkan tabel *system* dan parameter struktur maka dengan jenis sistem pemikul gaya seismik rangka beton bertulang pemikul momen khusus didapat nilai :

Tabel 4.15 Faktor R, Cd, Ω_0 untuk sistem pemikul gaya seismik

Sistem pemikul gaya seismik	Koef. modifikasi	Faktor kuat	Faktor pembesaran	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, Hn (m)				
	respons,	lebih sistem	Defleksi	Katagori desain seismik				
	Ra	Ω_0	Cd	B	C	D	E	F
c. sistem rangka pemikul momen								
1. Rangka baja bertulang pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	7	3	5½	TB	TB	48	30	T1
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4½	3	4	TB	TB	10	T1	T1
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	T1	T1	T1

5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
--	---	---	----	----	----	----	----	----

Sumber : SNI 1726 – 2019 tabel 12 hal 50

Maka didapat nilai:

$$R_a = 8$$

$$C_d = 5 \frac{1}{2}$$

$$\Omega_0 = 3$$

7. Merencanakan *Respons Spectrum*

- a. Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 , *spectrum respons* percepatan desain S_a , diambil dari persamaan :

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

$$T_0 = 0,2 \cdot \frac{s_d}{s_{ds}}$$

$$T_0 = 0,2 \cdot \frac{0,5893}{0,9904} = 0,119 \text{ detik}$$

$$T_s = \frac{s_{d1}}{s_{ds}}$$

$$T_s = \frac{0,5893}{0,9904} = 0,595 \text{ detik}$$

Pada $T = 0$, maka :

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

$$S_a = 0,9904 \left(0,4 - 0,6 \frac{0}{0,119} \right) = 0,3962 \text{ detik}$$

- b. Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , *spectrum respons* percepatan desain, S_a sama dengan S_{DS} :

$$S_a = S_{DS} \rightarrow S_a = 0,9904 \text{ detik}$$

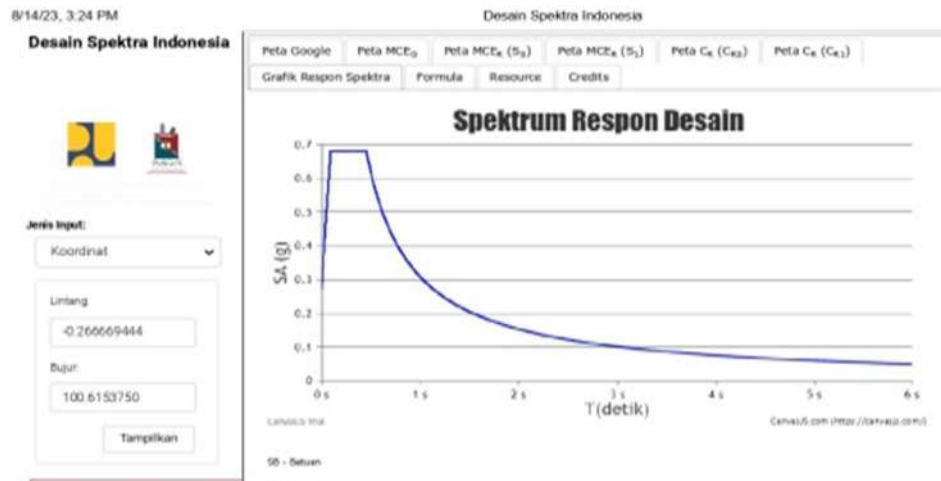
- c. Untuk periode lebih besar dari T_s , tetapi lebih kecil dari atau sama dengan T_1 , *respons spectral* percepatan desain S_a , diambil berdasarkan persamaan :

$$S_a = S_{DS}/T$$

Tabel 4.16 Nilai S_a saat $T > T_s$

T (detik)	Sa (g)	T (detik)	Sa (g)
0	0,3962	10.5	0,0943
0,119	0,9904	11	0,0900
0,595	0,9904	11.5	0,0861
1.5	0,6603	12	0,0825
2	0,4952	12.5	0,0792
2.5	0,3962	13	0,0762
3	0,3301	13.5	0,0734
3.5	0,2830	14	0,0707
4	0,2476	14.5	0,0683
4.5	0,2201	15	0,0660
5	0,1981	15.5	0,0639
5.5	0,1801	16	0,0619
6	0,1651	16.5	0,0600
6.5	0,1524	17	0,0583
7	0,1415	17.5	0,0566
7.5	0,1321	18	0,0550
8	0,1238	18.5	0,0535
8.5	0,1165	19	0,0521
9	0,1100	19.5	0,0508
9.5	0,1043	20	0,0495
10	0,0990		

Sumber : Hasil perhitungan *preliminary design*



Gambar 4.15 Kurva *Respons Spektrum*

Sumber: ciptakarya.pu.go.id/2023

8. Menentukan faktor skala

Faktor skala yang digunakan yaitu $\frac{g}{I \times R}$

dimana :

g = Gaya gravitasi (9,81 cm/s²)

I = Faktor keutamaan gempa (1,2)

R = Koefisien modifikasi respons (8)

$$\text{Jadi, faktor skala} = \frac{9,81}{1,2 \times 8}$$

$$= 1,0219 \text{ cm/s}^2$$

9. Gaya geser gempa V

Gaya geser dasar seismik (V) dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut :

dimana :

V = Gaya geser gempa

Cs = Koefisien respons seismic

W = Berat lantai

V = Cs x W

$$Cs = \frac{0,9044}{\left(\frac{8}{1,2}\right)}$$

Cs = 0,1357

Nilai Cs yang dihitung tidak perlu melebihi berikut untuk $T < T_L$

$$Cs = \frac{0,9044}{0,9904 \left(\frac{8}{1,2}\right)} = 0,137$$

Cs harus tidak kurang dari

$$Cs = 0,044 SDS \times I_e \geq 0,01$$

$$= 0,044 \times 0,9044 \times 1,2 \geq 0,01$$

$$= 0,0478 \geq 0,01$$

dimana :

SDS = Parameter percepatan *respons spectral* desain dalam rentang periode Pendek

R = Koefisien modifikasi *respons*

Ie = Faktor keutamaan gempa

Cs = Koefisien *respons* seismik

V = Gaya geser dasar seismik

W = Berat seismik efektif

SD1 = Parameter percepatan *respons spectral* desain pada periode sebesar 1,0 detik

T = Periode fundamental struktur (detik)

S1 = Parameter percepatan *respons spectral* maksimum

Jadi gaya geser gempa (V) adalah :

$$V = C_s \times W_{total}$$

$$= 0,0478 \times 589.672,716 \text{ kg} = 28.186,3558 \text{ kg}$$

Periode Fundamental Pendekatan (T_a)

Periode fundamental pendekatan (T_a) harus ditentukan dari persamaan:

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

dimana :

C_t = Koefisien

x = Koefisien

h_n = Ketinggian struktur

Tabel 4.17 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t Dan X

Tipe Struktur	C_t	X
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 sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

Sumber : SNI 1726-2019 Tabel 18 hal 72

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

$$= 0,0466 \times 24^{0,9} = 0,8139 \text{ detik}$$

Untuk menentukan periode fundamental pendekatan (T_a) dalam detik, dari persamaan berikut untuk struktur dengan ketinggian tidak melebihi 12 tingkat di mana sistem pemikul gaya seismik terdiri dari rangka pemikul momen yang seluruhnya beton dan rata-rata tinggi tingkat sekurang-kurangnya 3 m.

$$T_a = 0,1.N$$

dimana : N adalah jumlah tingkat

$$T_a = 0,1 \times 6 = 0,6 \text{ detik}$$

4.4.3 Perhitungan Penulangan

4.4.3.1 Penulangan Pelat Lantai

Pada analisa struktur gaya dalam yang diambil berdasarkan kombinasi beban hidup, beban mati dan beban gempa, elemen *frame* dibagi menjadi beberapa bagian pada area pelat lantai. Hasil kombinasi ini dijadikan sebagai dasar perencanaan penulangan pelat.

a. Penulangan Lapangan Arah (X)

Tabel 4.18 Momen Pelat Lapangan Arah X

Tipe	Posisi	h (mm)	Design (Nmm)
Atap	Momen Lapangan Arah x	100	1.662.200
	Momen Tumpuan Arah x (-)	100	622.700
	Momen Lapangan Arah y	100	1.039.000
	Momen Tumpuan Arah y (-)	100	592.100
1-2	Momen Lapangan Arah x	120	8.932.700
	Momen Tumpuan Arah x (-)	120	8.395.500
	Momen Lapangan Arah y	120	5.638.900
	Momen Tumpuan Arah y (-)	120	5.533.800

Sumber : Hasil analisis dengan SAP2000

Diketahui :

$$M_{U_{Lapangan}} = 893,27 \text{ kg m} \rightarrow 8.932.700 \text{ Nmm}$$

$$\text{Tebal Pelat} = 12 \text{ cm} \rightarrow 120 \text{ mm}$$

$$\text{Tinjauan 1 Meter (b)} = 1 \text{ m} \rightarrow 1.000 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton (p)} = 0,03 \text{ m} \rightarrow 30 \text{ mm}$$

$$\text{Mutu Tulangan (fy)} = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{Mutu Beton (fc)} = 20,75 \text{ MPa}$$

Diameter tulangan diasumsikan $\phi = 10 \text{ mm}$

$$D_x = h - p - \frac{1}{2} \phi$$

$$= 120 - 20,75 - (\frac{1}{2} \times 10)$$

$$= 94,25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= M_l x / \phi \\ &= 8.932.700 / 0,8 \\ &= 11.165.875 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b.d^2} \\ &= \frac{11.165.875}{1.000 \times 85^2} \\ &= 1.5454 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85.f_c} \\ &= \frac{400}{0,85 \times 20,75} \\ &= 22,6886 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right] \\ &= \frac{1}{10,9804} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 10,9804 \times 1,5454}{280}} \right] \\ &= 0,0057 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \times f_c}{f_y} \times \beta \times \left(\frac{600}{600+f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 20,75}{400} \times 0,84 \times \left(\frac{600}{600+400} \right) \\ &= 0,0222 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{Max} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,0222 \\ &= 0,0167 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{Min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{400} \\ &= 0,0035 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,0035 < 0,0057 < 0,0167 \quad \text{Maka } \rho \text{ yang digunakan}$$

$$A_{Sperlu} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0057 \times 1.000 \times 85$$

$$= 484,3042 \text{ mm}^2$$

$$\text{Luas Tulangan (Ast)} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2$$

$$= 78,5 \text{ mm}^2$$

Sehingga jarak tulangan

$$S = (\text{Ast} / \text{As}) \times 1.000$$

$$= (78,5 / 484,3042) \times 1.000$$

$$= 162,0882 \text{ mm} \quad \rightarrow 150 \text{ mm}$$

Maka, dipakai tulangan ϕ 10 – 150 mm

Lengan Momen Dalam

$$a = \frac{AS \times fy}{0,85 \times fc \times b}$$

$$= \frac{523,333 \times 280}{0,85 \times 30 \times 1.000}$$

$$= 5,7464 \text{ mm}$$

Maka momen nominal adalah :

$$\text{Mn Aktual} = \text{As} \times fy \times (d-a/2)$$

$$= 523,333 \times 400 \times (85 - (5,37464/2))$$

$$= 17.793.319,32 \text{ Nmm}$$

$$\phi \text{Mn aktual} > \text{Mu}$$

$$17.793.319,32 \text{ N.mm} > 8.932.700 \text{ N.mm} \quad \text{.....OK}$$

b. Penulangan Tumpuan Arah (X)

Tabel 4.19 Momen Pelat Tumpuan Arah X

Tipe Pelat	Posisi	h	Design
		(mm)	(Nmm)
Atap	Momen Lapangan Arah x	100	1.662.200
	Momen Tumpuan Arah x (-)	100	622.700
	Momen Lapangan Arah y	100	1.039.000
	Momen Tumpuan Arah y (-)	100	592.100
1-2	Momen Lapangan Arah x	120	8.932.700
	Momen Tumpuan Arah x (-)	120	8.395.500

Momen Lapangan Arah y	120	5.638.900
Momen Tumpuan Arah y (-)	120	5.533.800

Sumber : Hasil analisis dengan SAP2000

Diketahui :

$$Mu_{\text{Tumpuan}} = 839,55 \text{ kg m} \rightarrow 8.395.500 \text{ Nmm}$$

$$\text{Tebal Pelat} = 12 \text{ cm} \rightarrow 120 \text{ mm}$$

$$\text{Tinjauan 1 Meter (b)} = 1 \text{ m} \rightarrow 1.000 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton (p)} = 0,03 \text{ m} \rightarrow 30 \text{ mm}$$

$$\text{Mutu Tulangan (fy)} = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{Mutu Beton (fc)} = 20,75 \text{ MPa}$$

Diameter tulangan diasumsikan $\phi = 10 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} Dx &= h - p - \frac{1}{2} \phi \\ &= 120 - 30 - (\frac{1}{2} \times 10) \\ &= 85 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mn &= Mlx / \phi \\ &= 8.395.500 / 0,8 \\ &= 10.494.375 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Rn &= \frac{Mn}{b \cdot d^2} \\ &= \frac{10.395.500}{1.000 \times 85^2} \\ &= 1,4525 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{fy}{0,85 \cdot fc} \\ &= \frac{400}{0,85 \times 20,75} \\ &= 22,6886 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right] \\ &= \frac{1}{22,6886} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 10,9804 \times 1,4525}{400}} \right] \\ &= 0,053 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0,85 \times f_c}{f_y} \times \beta \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 30}{280} \times 0,84 \times \left(\frac{600}{600 + 2} \right) \\ &= 0,0519\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{Max} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,0519 \\ &= 0,389 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{Min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{400} \\ &= 0,0035 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{min} &< \rho < \rho_{max} \\ 0,0035 &< 0,0053 < 0,0389\end{aligned}$$

Maka ρ yang digunakan

$$\begin{aligned}A_{S_{perlu}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0053 \times 1.000 \times 85 \\ &= 454,2691 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas Tulangan (A}_{st}) &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\ &= 78,5 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Sehingga jarak tulangan

$$\begin{aligned}S &= (A_{st} / A_s) \times 1.000 \\ &= (78,5 / 454,2691) \times 1.000 \\ &= 175,8051 \text{ mm} \quad \rightarrow 150 \text{ mm}\end{aligned}$$

Maka, dipakai tulangan $\varnothing 10 - 150 \text{ mm}$

Lengan Momen Dalam

$$\begin{aligned}a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c \times b} \\ &= \frac{523,333 \times 400}{0,85 \times 20,75 \times 1.000} \\ &= 11,8686 \text{ mm}\end{aligned}$$

Maka momen nominal adalah :

$$\begin{aligned}M_n \text{ Aktual} &= A_s \times f_y \times (d - a/2) \\ &= 523,333 \times 400 \times (85 - (11,8686/2))\end{aligned}$$

$$= 17.793.319 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n \text{ aktual} &> \mu \\ 17.793.319 \text{ N.mm} &> 8.395.500 \text{ N.mm} \text{OK} \end{aligned}$$

c. Penulangan Lapangan Arah (Y)

Tabel 4.20 Momen Pelat Lapangan Arah Y

Tipe Pelat	Posisi	h	Design
		(mm)	(Nmm)
Atap	Momen Lapangan Arah x	100	1.662.200
	Momen Tumpuan Arah x (-)	100	622.700
	Momen Lapangan Arah y	100	1.039.000
	Momen Tumpuan Arah y (-)	100	592.100
1-2	Momen Lapangan Arah x	120	8.932.700
	Momen Tumpuan Arah x (-)	120	8.395.500
	Momen Lapangan Arah y	120	5.638.900
	Momen Tumpuan Arah y (-)	120	5.533.800

Sumber : Hasil analisis dengan SAP2000

Diketahui :

$$\mu_{\text{Lapangan}} = 563,89 \text{ kg m} \rightarrow 5.638.900 \text{ Nmm}$$

$$\text{Tebal Pelat} = 12 \text{ cm} \rightarrow 120 \text{ mm}$$

$$\text{Tinjauan 1 Meter (b)} = 1 \text{ m} \rightarrow 1.000 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton (p)} = 0,03 \text{ m} \rightarrow 30 \text{ mm}$$

$$\text{Mutu Tulangan (f}_y\text{)} = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{Mutu Beton (f}_c\text{)} = 20,75 \text{ MPa}$$

Diameter tulangan diasumsikan $\phi = 10 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} D_x &= h - p - \frac{1}{2} \phi \\ &= 120 - 30 - (\frac{1}{2} \times 10) \\ &= 85 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$M_n = M_l x / \phi$$

$$= 5.638.900 / 0,8$$

$$= 7.048.625 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2}$$

$$= \frac{7.048.625}{1.000 \times 85^2}$$

$$= 0,9756 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c}$$

$$= \frac{400}{0,85 \times 20,75}$$

$$= 22,6790 \text{ mm}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right]$$

$$= \frac{1}{22,6790} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 22,6790 \times 0,9756}{400}} \right]$$

$$= 0,0036 \text{ mm}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c}{f_y} \times \beta \times \left(\frac{600}{600+f} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 20,75}{400} \times 0,84 \times \left(\frac{600}{600+400} \right)$$

$$= 0,0519$$

$$\rho_{\text{Max}} = 0,75 \times \rho_b$$

$$= 0,75 \times 0,0519$$

$$= 0,389 \text{ mm}$$

$$\rho_{\text{Min}} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$= \frac{1,4}{400}$$

$$= 0,0050 \text{ mm}$$

$$\rho_{\text{min}} > \rho < \rho_{\text{max}}$$

$$0,0050 > 0,0036 < 0,0389$$

Maka ρ_{min} yang digunakan

$$A_{\text{Sperlu}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0050 \times 1.000 \times 85$$

$$= 425 \text{ mm}^2$$

$$\text{Luas Tulangan (Ast)} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2$$

$$= 78,5 \text{ mm}^2$$

Sehingga jarak tulangan

$$S = (A_{st} / A_s) \times 1.000$$

$$= (78,5 / 425) \times 1.000$$

$$= 184,7059 \text{ mm} \quad \rightarrow 150 \text{ mm}$$

Maka, dipakai tulangan ϕ 10 – 150 mm

Lengan Momen Dalam

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c \times b}$$

$$= \frac{523,333 \times 400}{0,85 \times 20.75 \times 1.000}$$

$$= 11,8686 \text{ mm}$$

Maka momen nominal adalah :

$$M_n \text{ Aktual} = A_s \times f_y \times (d - a/2)$$

$$= 523,333 \times 400 \times (85 - (5,37464/2))$$

$$= 17.793.319,31 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n \text{ aktual} > M_u$$

$$17.793.319,31 \text{ N.mm} > 5.638.900 \text{ N.mm} \quad \dots\dots\text{OK}$$

d. Penulangan Tumpuan Arah (Y)

Tabel 4.21 Momen Pelat Tumpuan Arah Y

C	Posisi	h	Design
		(mm)	(Nmm)
Atap	Momen Lapangan Arah x	100	1.662.200
	Momen Tumpuan Arah x (-)	100	622.700
	Momen Lapangan Arah y	100	1.039.000
	Momen Tumpuan Arah y (-)	100	592.100
1-2	Momen Lapangan Arah x	120	8.932.700
	Momen Tumpuan Arah x (-)	120	8.395.500
	Momen Lapangan Arah y	120	5.638.900
	Momen Tumpuan Arah y (-)	120	5.533.800

Sumber : Hasil analisis dengan SAP2000

Diketahui :

$$Mu_{\text{Tumpuan}} = 553,38 \text{ kg m} \rightarrow 5.533.800 \text{ Nmm}$$

$$\text{Tebal Pelat} = 12 \text{ cm} \rightarrow 120 \text{ mm}$$

$$\text{Tinjauan 1 Meter (b)} = 1 \text{ m} \rightarrow 1.000 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton (p)} = 0,03 \text{ m} \rightarrow 30 \text{ mm}$$

$$\text{Mutu Tulangan (fy)} = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{Mutu Beton (fc)} = 20,75 \text{ MPa}$$

Diameter tulangan diasumsikan $\phi = 10 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} D_x &= h - p - \frac{1}{2} \phi \\ &= 120 - 30 - (\frac{1}{2} \times 10) \\ &= 85 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= M_u / \phi \\ &= 5.533.800 / 0,8 \\ &= 6.917.250 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} \\ &= \frac{6.917.250}{1.000 \times 85^2} \\ &= 0,9574 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} \\ &= \frac{400}{0,85 \times 20,75} \\ &= 22,6790 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right] \\ &= \frac{1}{22,6790} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 22,6790 \times 0,9574}{400}} \right] \\ &= 0,035 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f_c}{f_y} \times \beta \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 30}{400} \times 0,84 \times \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,0322 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{Max}} = 0,75 \times \rho_b$$

$$\begin{aligned}
&= 0,75 \times 0,0322 \\
&= 0,0241 \text{ mm} \\
\rho_{\text{Min}} &= \frac{1,4}{f_y} \\
&= \frac{1,4}{400} \\
&= 0,0035 \text{ mm} \\
\rho_{\text{min}} &> \rho < \rho_{\text{max}} \\
0,0035 &> 0,0035 < 0,0241 \quad \text{Maka digunakan } \rho_{\text{min}} \\
A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\
&= 0,035 \times 1.000 \times 85 \\
&= 425 \text{ mm}^2 \\
\text{Luas Tulangan (Ast)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\
&= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\
&= 78,5 \text{ mm}^2 \\
\text{Sehingga jarak tulangan} \\
S &= (A_{st} / A_s) \times 1.000 \\
&= (78,5 / 425) \times 1.000 \\
&= 184,5 \text{ mm} \quad \rightarrow 150 \text{ mm} \\
\text{Maka, dipakai tulangan } \phi 10 - 150 \text{ mm} \\
\text{Lengan Momen Dalam} \\
a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c \times b} \\
&= \frac{523,3333, \times 400}{0,85 \times 20,75 \times 1.000} \\
&= 11,8697 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Maka momen nominal adalah :

$$\begin{aligned}
M_n \text{ Aktual} &= A_s \times f_y \times (d - a/2) \\
&= 425 \times 400 \times (85 - (11,8697 / 2)) \\
&= 14.449.994,07 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\phi M_n \text{ aktual} &> \quad \quad \quad \mu_u \\
14.449.994,07 \text{ N.mm} &> \quad 5.533.800 \text{ N.mm} \quad \text{.....OK}
\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan penulangan pelat lantai 1-2 diperoleh :

Momen Lapangan Arah x = Ø 10 – 150 mm

Momen Tumpuan Arah x (-) = Ø 10 – 150 mm

Momen Lapangan Arah y = Ø 10 – 150 mm

Momen Tumpuan Arah y (-) = Ø 10 – 150 mm

Penulangan untuk lantai selanjutnya ditabelkan:

Tabel 4.22 Momen Pelat lantai

Tipe Pelat	Posisi	h	Design
		(mm)	(Nmm)
Atap	Momen Lapangan Arah x	100	1.662.200
	Momen Tumpuan Arah x (-)	100	622.700
	Momen Lapangan Arah y	100	1.039.000
	Momen Tumpuan Arah y (-)	100	592.100
1-2	Momen Lapangan Arah x	120	4.761.900
	Momen Tumpuan Arah x (-)	120	2.856.500
	Momen Lapangan Arah y	120	3.036.700
	Momen Tumpuan Arah y (-)	120	3.037.300

Sumber : Hasil analisis dengan SAP2000

Tabel 4.23 Tabel Penulangan Pelat

Mn	H mm	d mm	Rn	M	ρ	ρmax	ρmin
2.077.750	100	65	0,4918	10,9804	0,0018	0,0389	0,05
778.375		65	0,1842	10,9804	0,0007	0,0389	0,05
1.298.750		65	0,3074	10,9804	0,0011	0,0389	0,05
740.125		65	0,1752	10,9804	0,0006	0,0389	0,05
5.952.375	120	85	0,8239	10,9804	0,0030	0,0389	0,05
3.570.625		85	0,4942	10,9804	0,0018	0,0389	0,05

3.036.700		85	0,5254	10,9804	0,5254	0,0389	0,05
3.037.300		85	0,5255	10,9804	0,0019	0,0389	0,05

Sumber : Hasil perhitungan *preliminary design*

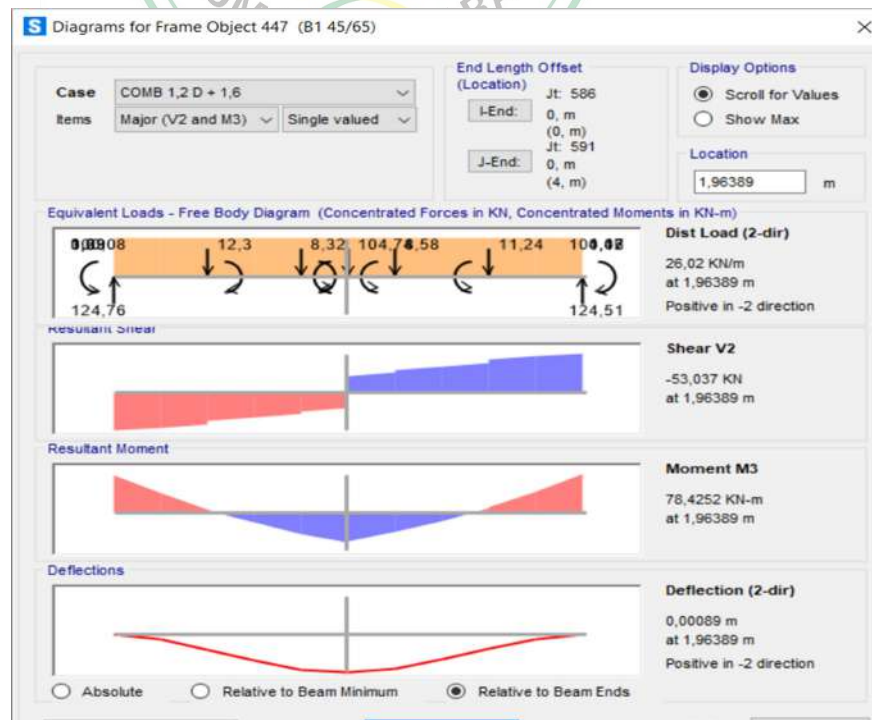
Tabel 4.24 Tabel Penulangan Pelat

ρ pakai	As Perlu (mm^2)	S mm	S pakai	Mn Aktual (Nmm)	Dipakai Tulangan
0,0050	325,0000	241,5385	200	5.525.341	Ø 10 - 200
0,0050	325,0000	241,5385	200	5.525.341	Ø 10 - 200
0,0050	325,0000	241,5385	200	5.525.341	Ø 10 - 200
0,0050	325,0000	241,5385	200	5.525.341	Ø 10 - 200
0,0050	425,0000	184,7059	150	9.627.451	Ø 10 - 150
0,0050	425,0000	184,7059	150	9.627.451	Ø 10 - 150
0,0050	425,0000	184,7059	150	9.627.451	Ø 10 - 150
0,0050	425,0000	184,7059	150	9.627.451	Ø 10 - 150

Sumber : Hasil perhitungan *preliminary design*

4.4.3.2 Penulangan Balok Induk Arah Y Lapangan

Pada analisis data dengan program SAP2000 v22 diperoleh nilai momen maksimum untuk balok anak sebagai berikut : 1 – 2



Gambar 4.16 Momen Maksimum Arah Y Lapangan

Sumber : Hasil analisis dengan SAP2000

Tabel 4.25 Nilai Momen Maksimum Lapangan

Lantai	Daerah	Arah	Mu
			(N.mm)
Atap	Momen Tumpuan (-)	y	
Atap	Momen Lapangan	y	
1 - 2	Momen Tumpuan (-)	y	101380824
1 - 2	Momen Lapangan	y	78425234,48

Sumber : Hasil analisis dengan SAP2000

Diketahui data-data sebagai berikut :

$$MU_{\text{Lapangan}} = 78425234,48 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar balok (b)} = 450 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi balok (h)} = 650 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton (p)} = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Mutu beton (fc')} = 20,75 \text{ MPa}$$

$$\text{Mutu baja ulir (fy)} = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{Tulangan utama} = D19 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan sengkang} = \varnothing 12 \text{ mm}$$

$$E_s = 200.000 \text{ Mpa}$$

Tinggi Efektif Balok :

$$\begin{aligned} d &= h - p - \varnothing \text{tul.seng} - \frac{1}{2} \varnothing \text{tul.utama} \\ &= 650 - 40 - 12 - \left(\frac{1}{2} \cdot 22 \right) \\ &= 588,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d' &= p + \varnothing \text{tul.seng} + \frac{1}{2} \varnothing \text{tul.utama} \\ &= 40 + 12 + \left(\frac{1}{2} \cdot 22 \right) \\ &= 61,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Penulangan Tarik

$$M_n = \frac{M_u}{0,8}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{78425234,48}{0,8} \\
 &= 55248592,5 \text{ Nmm} \\
 R_n &= \frac{M_n}{\phi \cdot b \cdot d^2} \\
 &= \frac{55248592,5 \text{ N.mm}}{0,8 \times 300 \times 61,5^2} \\
 &= 0,3545 \text{ mm} \\
 m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} \\
 &= \frac{400}{0,85 \times 20,75} = 22,6790
 \end{aligned}$$

Rasio Tulangan (ρ)

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n \times m}{f_y}} \right] \\
 &= \frac{1}{22,6790} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,3545 \times 22,6790}{400}} \right] \\
 &= 0,0009 \\
 \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta \times f_c'}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= \frac{0,85 \times 0,84 \times 20,75}{400} \times \left(\frac{600}{600 + 420} \right) \\
 &= 0,0225
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b \\
 &= 0,75 \times 0,0225 = 0,0169
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &= \frac{1,4}{400} = 0,0035
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

0,0035 < 0,0009 < 0,0169 , Maka digunakan ρ

$$\begin{aligned}
 \text{As Perlu} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,0009 \times 450 \times 588,5 = 926,8875 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Perhitungan tulangan tarik :

$$\begin{aligned}
 \text{As D19} &= \frac{1}{4} \times \pi \times \phi \text{ tul. utama}^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 19^2
 \end{aligned}$$

$$= 283,385 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan} &= \frac{\text{As Perlu}}{\text{As D19}} \\ &= \frac{926,8875}{283,385 \text{ mm}^2} \\ &= 3,2708 \end{aligned}$$

Jadi, dipakai 4 D 19 (As = 3,27080mm²) untuk balok daerah tarik Lapangan.

$$\begin{aligned} \text{Rasio tulangan } (\rho) &= \frac{\text{As}}{b \times d} \\ &= \frac{926,8875 \text{ mm}^2}{450 \times 588,5 \text{ mm}^2} = 0,0009 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{\text{As} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\ &= \frac{388,5000 \times 400}{0,85 \times 20,75 \times 450} \\ &= 57,1278 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= T \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= \text{As} \times f_y \cdot \left(637 - \frac{57,1278}{2} \right) \\ &= 926,8875 \times 400 \times 619,7555 \\ &= 253883993 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C &= X = \frac{a}{\beta_1} \\ &= \frac{57,1278 \text{ mm}}{0,84} \end{aligned}$$

$$= 67,2092$$

Kontrol Kapasitas Penampang

$$\frac{x}{d-x} = \frac{0,003}{\epsilon_s}$$

$$\begin{aligned} \epsilon_s &= \frac{d-x}{x} \times 0,003 \\ &= \frac{588,5 - 99,8401}{99,8401} \times 0,003 \\ &= 0,0003 \end{aligned}$$

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200.000} = 0,0020$$

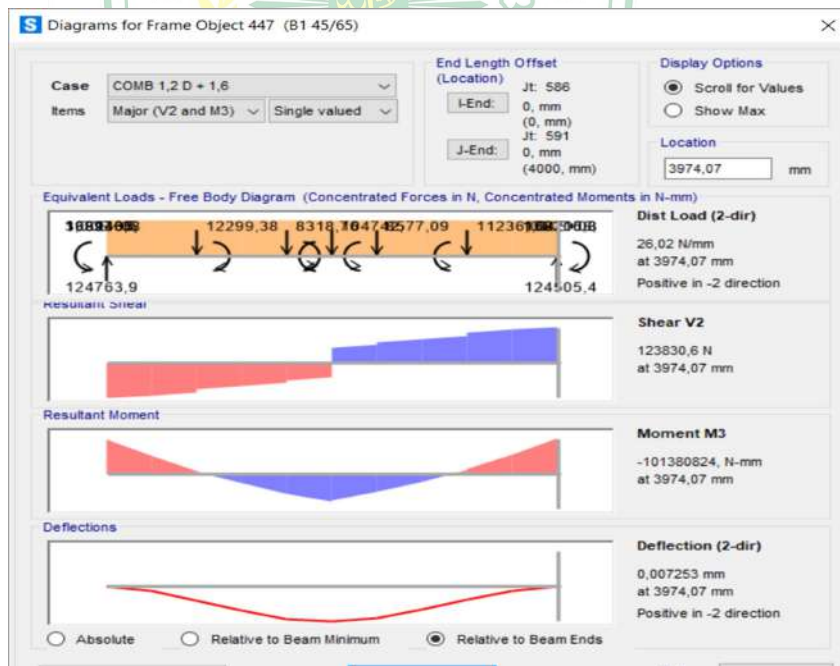
$\epsilon_s < \epsilon_y$
 0,0003 < 0,0020 Tulangan tarik meleleh
 $\phi M_n > M_u$
 203107194,1 Nmm 44198874 Nmm OK!
 Dipakai tulangan 4 D 19 (As Terpasang = 926,8875 mm²)

Kesimpulan :

Penulangan balok induk 45/65 cm daerah lapangan dibutuhkan 4 D 19 mm untuk tulangan tarik. Penulangan balok induk ini termasuk penulangan tunggal, jadi dalam pelaksanaan lapangannya penulangan balok tidak bisa menggunakan tulangan tunggal karna untuk pengkaitan tulangan tidak ada, maka saat pelaksanaan lapangan ditambahkan tulangan 1/2 dari tulangan tarik yakni 2 buah untuk didaerah tekan ($4 = 3,2708 \text{ mm}^2$).

4.4.3.3 Penulangan Balok Induk Arah Y Tumpuan

Pada analisis data dengan program SAP2000 v22 diperoleh nilai momen maksimum untuk balok anak sebagai berikut : 1 - 2



Gambar 4.17 Momen Maksimum Arah Y Tumpuan

Sumber : Hasil analisis dengan SAP2000

Tabel 4.26 Nilai Momen Maksimum Tumpuan

Lantai	Daerah	Arah	Mu
			(N.mm)
Atap	Momen Tumpuan (-)	y	
Atap	Momen Lapangan	y	
1 - 2	Momen Tumpuan (-)	y	101380824
1 - 2	Momen Lapangan	y	78425234,48

Sumber : Hasil analisis dengan SAP2000

Diketahui data-data sebagai berikut :

$$MU_{\text{Tumpuan}} = 101380824 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar balok (b)} = 450 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi balok (h)} = 650 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton (p)} = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Mutu beton (f}'_c) = 20,75 \text{ MPa}$$

$$\text{Mutu baja ulir (f}_y) = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{Tulangan utama} = D19 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan sengkang} = \phi 12 \text{ mm}$$

$$E_s = 200.000 \text{ Mpa}$$

Tinggi Efektif Balok :

$$d = h - p - \phi_{\text{tul.seng}} - \frac{1}{2} \phi_{\text{tul.utama}}$$

$$= 650 - 40 - 12 - (\frac{1}{2} \cdot 22)$$

$$= 588,5 \text{ mm}$$

$$d' = p + \phi_{\text{tul.seng}} + \frac{1}{2} \phi_{\text{tul.utama}}$$

$$= 40 + 12 + (\frac{1}{2} \cdot 22)$$

$$= 61,5 \text{ mm}$$

Penulangan Tarik

$$M_n = \frac{Mu}{0,8}$$

$$= \frac{101380824}{0,8}$$

$$\begin{aligned}
 &= 207813203,8 \text{ Nmm} \\
 R_n &= \frac{Mn}{\phi \cdot b \cdot d^2} \\
 &= \frac{207813203,8 \text{ N.mm}}{0,8 \times 300 \times 61,5^2} \\
 &= 1,3334 \text{ mm} \\
 m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} \\
 &= \frac{400}{0,85 \times 20,75} = 22,6790
 \end{aligned}$$

Rasio Tulangan (ρ)

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n \times m}{f_y}} \right] \\
 &= \frac{1}{22,6790} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,3545 \times 22,6790}{400}} \right] \\
 &= 0,0035 \\
 \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta \times f_c'}{f_y} \times \left(\frac{600}{60} \right) \\
 &= \frac{0,85 \times 0,84 \times 20,75}{400} \times \left(\frac{600}{600+4} \right) \\
 &= 0,0239 \\
 \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b \\
 &= 0,75 \times 0,0239 = 0,0179 \\
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &= \frac{1,4}{400} = 0,0035
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &< \rho < \rho_{\max} \\
 0,0035 &< 0,0035 < 0,0179 \quad , \quad \text{Maka digunakan } \rho \\
 \text{As Perlu} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,0035 \times 450 \times 588,5 = 926,8875 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Perhitungan tulangan tarik :

$$\begin{aligned}
 \text{As D19} &= \frac{1}{4} \times \pi \times \phi \text{ tul. utama}^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 19^2 \\
 &= 283,385 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{\text{As Perlu}}{\text{As D19}}$$

$$= \frac{926,8875}{283,385 \text{ mm}^2}$$

$$= 3,2708$$

Jadi, dipakai 4 D 19 ($A_s = 3,27080\text{mm}^2$) untuk balok daerah tarik tumpuan.

$$\text{Rasio tulangan } (\rho) = \frac{A_s}{b \times d}$$

$$= \frac{926,8875\text{mm}^2}{450 \times 588,5 \text{ mm}^2} = 0,0009$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$= \frac{388,5000 \times 400}{0,85 \times 20,75 \times 450}$$

$$= 57,1278$$

$$M_n = T \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= A_s \times f_y \cdot \left(637 - \frac{57,1278}{2} \right)$$

$$= 926,8875 \times 400 \times 619,7555$$

$$= 253883993 \text{ Nmm}$$

$$C = X = \frac{a}{\beta_1}$$

$$= \frac{57,1278\text{mm}}{0,84}$$

$$= 67,2092$$

Kontrol Kapasitas Penampang

$$\frac{x}{d-x} = \frac{0,003}{\epsilon_s}$$

$$\epsilon_s = \frac{d-x}{x} \times 0,003$$

$$= \frac{588,5 - 99,8401}{99,8401} \times 0,003$$

$$= 0,0002$$

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200.000} = 0,0020$$

$$\epsilon_s < \epsilon_y$$

$$0,0002 < 0,0030$$

.....Tulangan tarik meleleh

$$\phi M_n > M_u$$

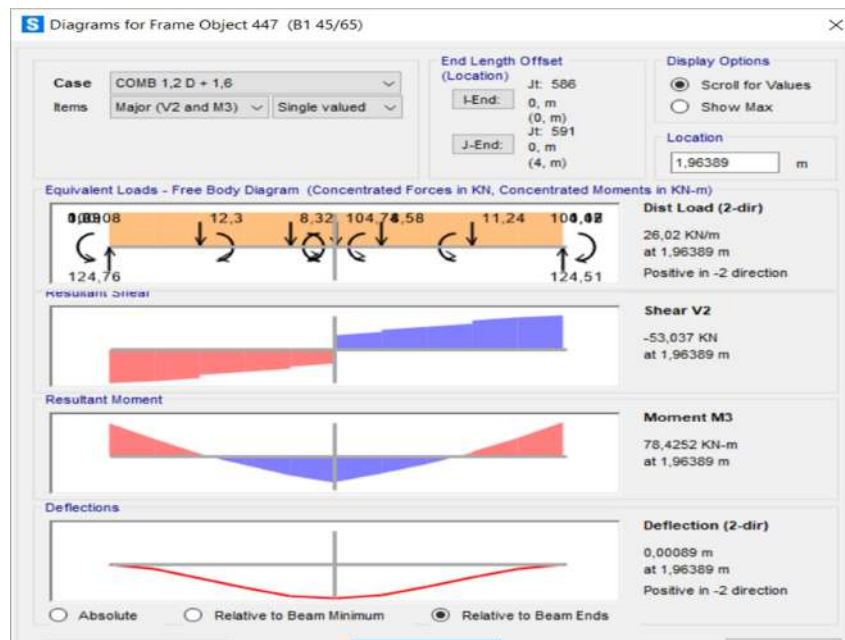
$$203107194,1\text{Nmm} > 166250563 \text{ Nmm} \text{OK !}$$

Dipakai tulangan 4 D 19 (As Terpasang = 926,8875 mm²)

Kesimpulan :

Penulangan balok induk 45/65 cm daerah tumpuan dibutuhkan 4 D 19 mm untuk tulangan tarik. Penulangan [balok induk ini termasuk penulangan tunggal, jadi dalam pelaksanaan lapangannya penulangan balok tidak bisa menggunakan tulangan tunggal karna untuk pengkaitan tulangan tidak ada, maka saat pelaksanaan lapangan ditambahkan tulangan 1/2 dari tulangan tarik yakni 2 buah untuk didaerah tekan ($4 = 3,2708\text{mm}^2$).

4.4.3.4 Penulangan Geser Balok Arah Y Lantai (1 – 2)



Gambar 4.18 Gaya Geser Balok Induk Maksimum Arah Y

Sumber : Hasil analisis dengan SAP2000

Tabel 4.27 Nilai Gaya Geser Balok Induk Maksimum Arah Y

Lantai	Vu	L	fc'	fy	b	H
	N	(mm)	(MPa)	(MPa)	(mm)	(mm)
Atap	6.518,73	4.000	20,75	280	450	650
1 - 2	123830,6	4.000	20,75	280	450	650

Sumber : Hasil perhitungan *preliminary design*

Diketahui :

$$V_u = 123830,6 \text{ kg} = 12.383 \text{ N}$$

Tinggi efektif (d)

$$\begin{aligned} d &= h - p - \frac{1}{2} \phi \\ &= 650 - 40 - \frac{1}{2} 12 = 604 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kuat geser nominal yang ditahan oleh beton (V_c)

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17\sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d \\ &= 0,17\sqrt{30} \cdot 450 \cdot 604 = 210478,347 \end{aligned}$$

Luas tulangan geser (A_v)

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{1}{4} \pi \cdot D^2 \\ &= \frac{1}{4} \pi \cdot 12^2 = 113,04 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak tulangan geser (S)

$$\begin{aligned} 1) S &= \frac{1}{4} h \\ &= \frac{1}{4} 650 = 162,5 \text{ mm} \\ 2) S &= 8 \cdot D \text{ (diameter tulangan lentur)} \\ &= 8 \cdot 19 = 152 \text{ mm} \\ 3) S &= 24 \cdot \phi \text{ (diameter tulangan geser)} \\ &= 24 \cdot 12 = 288 \text{ mm} \\ 4) S &= 300 \text{ mm} \end{aligned}$$

Diambil nilai terkecil $S = 176 \text{ mm} \sim 150 \text{ mm}$

Kuat geser nominal yang ditahan tulangan geser (V_s)

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{A_v \cdot F_y \cdot d}{s} \\ &= \frac{113,0400 \cdot 280 \cdot 604}{150} = 127448,832 \text{ N} \end{aligned}$$

Kuat geser nominal (V_n)

$$\begin{aligned} V_n &= V_c + V_s \\ &= 337927,179 + 127448,832 = 465376,0110 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat $\phi V_n > V_u$

$$270341,7432 > 12383,06 \text{ N} \quad \text{.....AMAN}$$



Tabel 4.28 Perhitungan Penulangan Balok Induk Arah Y

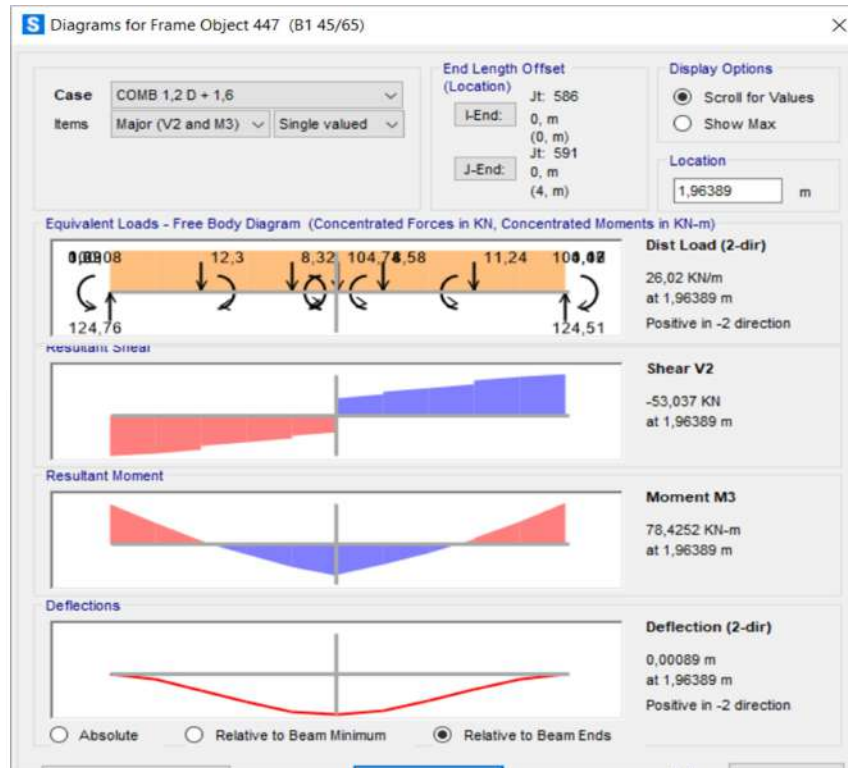
Lantai	Daerah	Mu	b	H	p	fc'	fy	Tul. U	Tul. Seng	d	d'	pb
		(N.mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(MPa)	(MPa)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Atap	Tumpuan (-)	121.223.700	450	650		20,75	400	19	12	638	61,5	0,0298
	Lapangan	86.645.800	450	650		20,75	400	19	12	638	61,5	0,0298
1 - 2	Tumpuan (-)	442.567.200	450	650		20,75	400	19	12	638	63	0,0298
	Lapangan	304.399.100	450	650		20,75	400	19	12	637	63	0,0298

Lantai	Daerah	Mn	Rn	M	ρMax	ρMin	ρ	As	As	Tul. Tarik	N	As Tulangan
		Aktual (N.mm)						(mm ²)	(mm ²)	Buah	Buah	(mm ²)
Atap	Tumpuan (-)	264.694.705	0,8260	16,4706	0,0224	0,0033	0,0020	957,7500	283,3850	3,3797	4	1.133,540
	Lapangan	235.284.183	0,5904	16,4706	0,0224	0,0033	0,0014	957,7500	283,3850	3,3797	4	1.133,540
1 - 2	Tumpuan (-)	512.956.056	3,0297	16,4706	0,0224	0,0033	0,0077	2.207,8001	379,9400	5,8109	6	2.279,640
	Lapangan	311.075.063	2,0838	16,4706	0,0224	0,0033	0,0052	1.485,6209	379,9400	3,9101	4	1.519,7600

Sumber : Hasil perhitungan *preliminary design*

4.4.3.5 Penulangan Lapangan Balok Induk Arah X Lantai 1-2

Pada analisis data dengan program SAP2000 v22 diperoleh nilai momen maksimum untuk balok anak sebagai berikut : 1 – 2.



Gambar 4.19 Momen Maksimum Arah X Lapangan

Sumber : Hasil analisis dengan SAP2000

Tabel 4.29 Nilai Momen Lapangan Balok Induk Arah X Lantai 1-2

Lantai	Daerah	Arah	Mu
			(N.mm)
Atap	Momen Tumpuan (-)	x	
Atap	Momen Lapangan	x	
1 - 2	Momen Tumpuan (-)	x	101380824
1 - 2	Momen Lapangan	x	78425234,48

Sumber : Hasil analisis dengan SAP2000

Diketahui data-data sebagai berikut :

$$MU_{\text{Lapangan}} = 78425234,48 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar balok (b)} = 450 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi balok (h)} = 650 \text{ mm}$$

Selimut beton (p)	= 40 mm
Mutu beton (fc')	= 20,75 MPa
Mutu baja ulir (fy)	= 400 MPa
Tulangan utama	= D19 mm
Tulangan sengkang	= ø12 mm
Es	= 200.000 Mpa

Tinggi Efektif Balok :

$$\begin{aligned}
 d &= h - p - \text{øtul.seng} - \frac{1}{2} \text{ø tul.utama} \\
 &= 650 - 40 - 12 - \left(\frac{1}{2} \cdot 22 \right) \\
 &= 588,5 \text{ mm} \\
 d' &= p + \text{øtul.seng} + \frac{1}{2} \text{ø tul.utama} \\
 &= 40 + 12 + \left(\frac{1}{2} \cdot 22 \right) \\
 &= 61,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Penulangan Tarik

$$\begin{aligned}
 Mn &= \frac{Mu}{0,8} \\
 &= \frac{78425234,48}{0,8} \\
 &= 55248592,5 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Rn &= \frac{Mn}{\phi \cdot b \cdot d^2} \\
 &= \frac{55248592,5 \text{ N.mm}}{0,8 \times 300 \times 61,5^2} \\
 &= 0,3545 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{fy}{0,85 \cdot fc} \\
 &= \frac{400}{0,85 \times 20,75} = 22,6790
 \end{aligned}$$

Rasio Tulangan (ρ)

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times Rn \times m}{fy}} \right] \\
 &= \frac{1}{22,6790} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,3545 \times 22,6790}{400}} \right] \\
 &= 0,0009
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0,85 \times \beta \times f_c'}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 0,84 \times 20,75}{400} \times \left(\frac{600}{600 + 420} \right) \\ &= 0,0225\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,0225 = 0,0169\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{400} = 0,0035\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &< \rho < \rho_{\max} \\ 0,0035 &< 0,0009 < 0,0169, \quad \text{Maka digunakan } \rho\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{As Perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0009 \times 450 \times 588,5 = 926,8875 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Perhitungan tulangan tarik :

$$\begin{aligned}\text{As D19} &= \frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2 \times \text{tul. utama}^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 19^2 \\ &= 283,385 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah tulangan} &= \frac{\text{As Perlu}}{\text{As D19}} \\ &= \frac{926,8875}{283,385 \text{ mm}^2} \\ &= 3,2708\end{aligned}$$

Jadi, dipakai 4 D 19 (As = 3,27080mm²) untuk balok daerah tarik lapangan.

$$\begin{aligned}\text{Rasio tulangan } (\rho) &= \frac{\text{As}}{b \times d} \\ &= \frac{926,8875 \text{ mm}^2}{450 \times 588,5 \text{ mm}^2} = 0,0009\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}a &= \frac{\text{As} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\ &= \frac{388,5000 \times 400}{0,85 \times 20,75 \times 450} \\ &= 57,1278\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_n &= T \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= \text{As} \times f_y \cdot \left(637 - \frac{57,1278}{2} \right)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 926,8875 \times 400 \times 619,7555 \\
&= 253883993 \text{ Nmm} \\
C = X &= \frac{a}{\beta_1} \\
&= \frac{57,1278 \text{ mm}}{0,84} \\
&= 67,2092
\end{aligned}$$

Kontrol Kapasitas Penampang

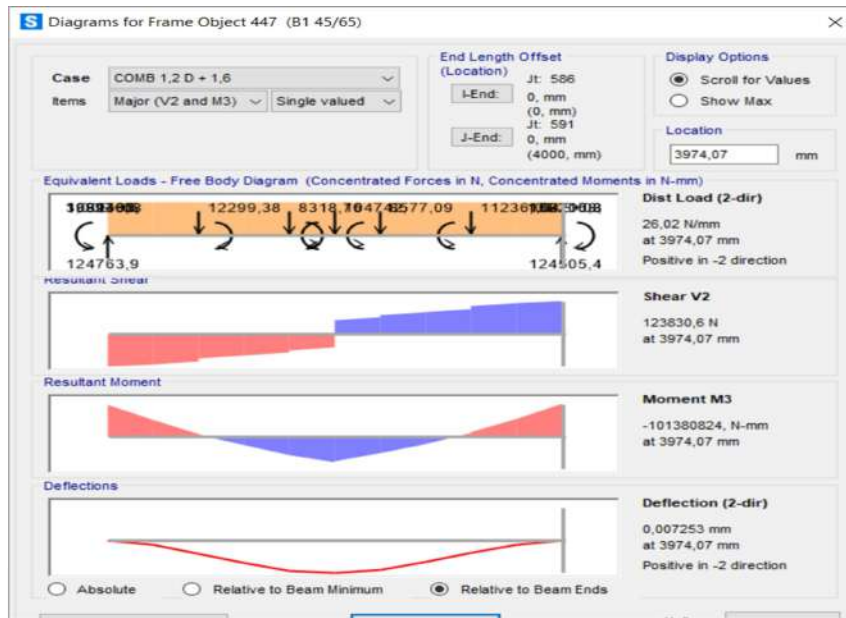
$$\begin{aligned}
\frac{x}{d-x} &= \frac{0,003}{\epsilon_s} \\
\epsilon_s &= \frac{d-x}{x} \times 0,003 \\
&= \frac{588,5-99,8401}{99,8401} \times 0,003 \\
&= 0,0003 \\
\epsilon_y &= \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200.000} = 0,0020 \\
\epsilon_s &< \epsilon_y \\
0,0003 &< 0,0020 \quad \text{..... Tulangan tarik meleleh} \\
\phi M_n &> M_u \\
203107194,1 \text{ Nmm} & > 44198874 \text{ Nmm} \quad \text{..... OK !} \\
\text{Dipakai tulangan 4 D 19 (As Terpasang} &= 926,8875 \text{ mm}^2)
\end{aligned}$$

Kesimpulan :

Penulangan balok induk 45/65 cm daerah lapangan dibutuhkan 4 D 19 mm untuk tulangan tarik. Penulangan [balok induk ini termasuk penulangan tunggal, jadi dalam pelaksanaan lapangannya penulangan balok tidak bisa menggunakan tulangan tunggal karna untuk pengkaitan tulangan tidak ada, maka saat pelaksanaan lapangan ditambahkan tulangan 1/2 dari tulangan tarik yakni 2 buah untuk didaerah tekan ($4 = 3,2708 \text{ mm}^2$).

4.4.3.6 Penulangan Tumpuan Balok Induk Arah X Lantai 1-2

Pada analisis data dengan program SAP2000 v22 diperoleh nilai momen maksimum untuk balok anak sebagai berikut : 1 – 2.



Gambar 4.20 Momen Maksimum Arah X Tumpuan

Sumber : Hasil analisis dengan SAP2000

Tabel 4.30 Momen Maksimum Tumpuan Arah X Lantai 1-2

Lantai	Daerah	Arah	Mu
			(N.mm)
Atap	Momen Tumpuan (-)	y	
Atap	Momen Lapangan	y	
1 - 2	Momen Tumpuan (-)	y	101380824
1 - 2	Momen Lapangan	y	78425234,48

Sumber : Hasil analisis dengan SAP2000

Diketahui data-data sebagai berikut :

$$MU_{\text{Tumpuan}} = 101380824 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar balok (b)} = 450 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi balok (h)} = 650 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton (p)} = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Mutu beton (fc')} = 20,75 \text{ MPa}$$

$$\text{Mutu baja ulir (fy)} = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{Tulangan utama} = D19 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan sengkang} = \phi 12 \text{ mm}$$

$$E_s = 200.000 \text{ Mpa}$$

Tinggi Efektif Balok :

$$\begin{aligned} d &= h - p - \text{\textcircled{t}}\text{ul.seng} - \frac{1}{2} \text{\textcircled{t}} \text{ul.utama} \\ &= 650 - 40 - 12 - (\frac{1}{2} \cdot 22) \\ &= 588,5 \text{ mm} \\ d' &= p + \text{\textcircled{t}}\text{ul.seng} + \frac{1}{2} \text{\textcircled{t}} \text{ul.utama} \\ &= 40 + 12 + (\frac{1}{2} \cdot 22) \\ &= 61,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Penulangan Tarik

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{0,8} \\ &= \frac{101380824}{0,8} \\ &= 207813203,8 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{\phi \cdot b \cdot d^2} \\ &= \frac{207813203,8 \text{ N.mm}}{0,8 \times 300 \times 61,5^2} \\ &= 1,3334 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} \\ &= \frac{400}{0,85 \times 20,75} = 22,6790 \end{aligned}$$

Rasio Tulangan (ρ)

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n \times m}{f_y}} \right] \\ &= \frac{1}{22,6790} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,3545 \times 22,6790}{400}} \right] \\ &= 0,0035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta \times f_c'}{f_y} \times \left(\frac{600}{600+f} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 0,84 \times 20,75}{400} \times \left(\frac{600}{600+420} \right) \\ &= 0,0239 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,0239 = 0,0179 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$= \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0035 < 0,0179 \quad , \quad \text{Maka digunakan } \rho$$

$$\text{As Perlu} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0035 \times 450 \times 588,5 = 926,8875 \text{ mm}^2$$

Perhitungan tulangan tarik :

$$\text{As D19} = \frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2 \times \text{tul.utama}^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 19^2$$

$$= 283,385 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{\text{As Perlu}}{\text{As D1}}$$

$$= \frac{926,8875}{283,385 \text{ mm}^2}$$

$$= 3,2708$$

Jadi, dipakai 4 D 19 (As = 3,27080mm²) untuk balok daerah tarik tumpuan.

$$\text{Rasio tulangan } (\rho) = \frac{\text{As}}{b \times d}$$

$$= \frac{926,8875 \text{ mm}^2}{450 \times 588,5 \text{ mm}^2} = 0,0009$$

$$a = \frac{\text{As} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$= \frac{388,5000 \times 400}{0,85 \times 20,75 \times 450}$$

$$= 57,1278$$

$$M_n = T \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= \text{As} \times f_y \cdot \left(637 - \frac{57,1278}{2} \right)$$

$$= 926,8875 \times 400 \times 619,7555$$

$$= 253883993 \text{ Nmm}$$

$$C = X = \frac{a}{\beta_1}$$

$$= \frac{57,1278 \text{ mm}}{0,84}$$

$$= 67,2092$$

Kontrol Kapasitas Penampang

$$\frac{x}{d-x} = \frac{0,003}{\epsilon_s}$$

$$\begin{aligned}\epsilon_s &= \frac{d-x}{x} \times 0,003 \\ &= \frac{588,5-99,8401}{99,8401} \times 0,003 \\ &= 0,0002\end{aligned}$$

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200.000} = 0,0020$$

$$\epsilon_s < \epsilon_y$$

$$0,0002 < 0,0030$$

.....Tulangan tarik meleleh

$$\phi M_n > M_u$$

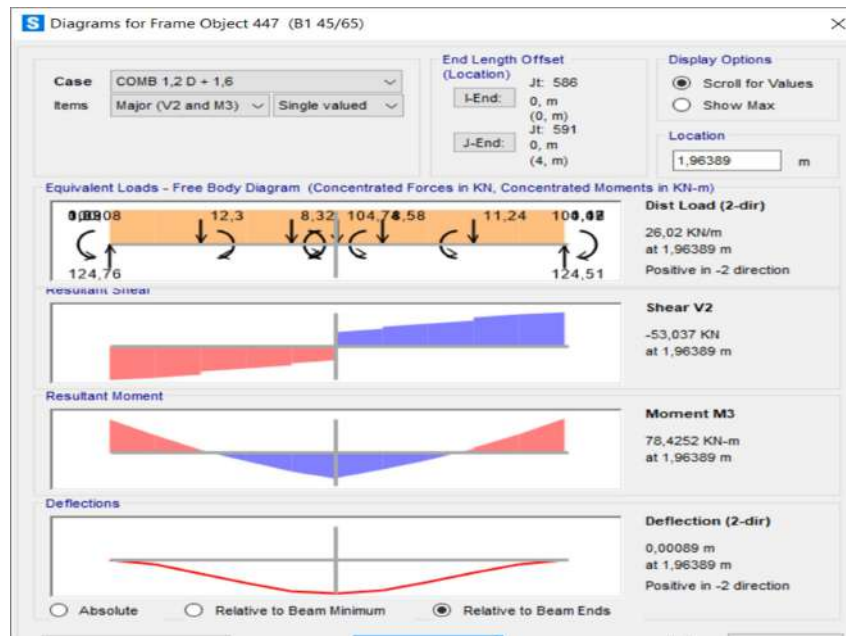
$$203107194,1 \text{ Nmm} > 166250563 \text{ Nmm} \text{OK !}$$

Dipakai tulangan 4 D 19 (As Terpasang = 926,8875 mm²)

Kesimpulan :

Penulangan balok induk 45/65 cm daerah tumpuan dibutuhkan 4 D 19 mm untuk tulangan tarik. Penulangan [balok induk ini termasuk penulangan tunggal, jadi dalam pelaksanaan lapangannya penulangan balok tidak bisa menggunakan tulangan tunggal karna untuk pengkaitan tulangan tidak ada, maka saat pelaksanaan lapangan ditambahkan tulangan 1/2 dari tulangan tarik yakni 2 buah untuk didaerah tekan (4 = 3,2708mm²).

4.4.3.7 Penulangan Geser Balok Induk Arah X Lantai (1 – 2)



Gambar 4.21 Gaya Geser Balok Induk Maksimum arah X

Sumber : Hasil analisis dengan SAP2000

Tabel 4.31 Gaya Geser Balok Induk Maksimum

Lantai	Vu	L	fc'	fy	b	H
	N	(mm)	(MPa)	(MPa)	(mm)	(mm)
Atap	6.518,73	4.000	20,75	280	450	650
1 - 2	123830,6	4.000	20,75	280	450	650

Sumber : Hasil perhitungan *preliminary design*

Diketahui :

$$Vu = 123830,6 \text{ kg} = 12.383 \text{ N}$$

Tinggi efektif (d)

$$d = h - p - \frac{1}{2} \phi$$

$$= 650 - 40 - \frac{1}{2} 12 = 604 \text{ mm}$$

Kuat geser nominal yang ditahan oleh beton (Vc)

$$Vc = 0,17\sqrt{fc'} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,17\sqrt{30} \cdot 450 \cdot 604 = 210478,347$$

Luas tulangan geser (Av)

$$A_v = \frac{1}{4} \pi \cdot D^2$$

$$= \frac{1}{4} \pi \cdot 12^2 = 113,04 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan geser (S)

$$5) S = \frac{1}{4} h$$

$$= \frac{1}{4} 650 = 162,5 \text{ mm}$$

$$6) S = 8 \cdot D \text{ (diameter tulangan lentur)}$$

$$= 8 \cdot 19 = 152 \text{ mm}$$

$$7) S = 24 \cdot \phi \text{ (diameter tulangan geser)}$$

$$= 24 \cdot 12 = 288 \text{ mm}$$

$$8) S = 300 \text{ mm}$$

Diambil nilai terkecil S = 176 mm ~ 150 mm

Kuat geser nominal yang ditahan tulangan geser (Vs)

$$V_s = \frac{A_v \cdot F_y \cdot d}{S}$$

$$= \frac{113,0400 \cdot 280 \cdot 604}{150} = 127448,832 \text{ N}$$

Kuat geser nominal (Vn)

$$V_n = V_c + V_s$$

$$= 337927,179 + 127448,832 = 465376,0110 \text{ N}$$

Syarat $\phi V_n > V_u$

$$270341,7432 > 12383,06 \text{ N} \quad \dots \text{AMAN}$$

Tabel 4.32 Perhitungan Penulangan Balok Induk Arah X

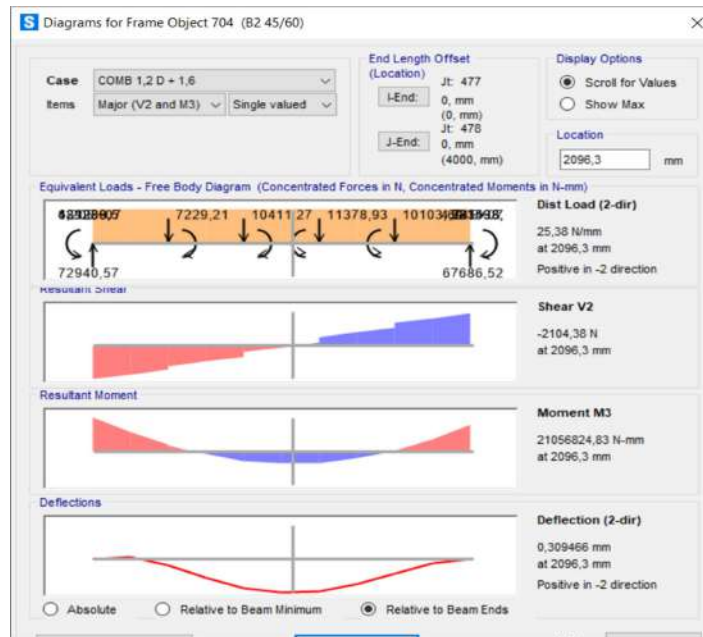
Lantai	Daerah	Mu	b	H	p	fc'	fy	Tul. U	Tul. Seng	d	d'	pb
		(N.mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(MPa)	(MPa)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Atap	Tumpuan (-)	121.223.700	450	650		20,75	400	19	12	638	61,5	0,0298
	Lapangan	86.645.800	450	650		20,75	400	19	12	638	61,5	0,0298
1 - 2	Tumpuan (-)	442.567.200	450	650		20,75	400	19	12	638	63	0,0298
	Lapangan	304.399.100	450	650		20,75	400	19	12	637	63	0,0298

Lantai	Daerah	Mn	Rn	M	ρMax	ρMin	ρ	As	As	Tul. Tarik	N	As Tulangan
		Aktual (N.mm)						(mm ²)	(mm ²)	Buah	Buah	(mm ²)
Atap	Tumpuan (-)	264.694.705	0,8260	16,4706	0,0224	0,0033	0,0020	957,7500	283,3850	3,3797	4	1.133,540
	Lapangan	235.284.183	0,5904	16,4706	0,0224	0,0033	0,0014	957,7500	283,3850	3,3797	4	1.133,540
1 - 2	Tumpuan (-)	512.956.056	3,0297	16,4706	0,0224	0,0033	0,0077	2.207,8001	379,9400	5,8109	6	2.279,640
	Lapangan	311.075.063	2,0838	16,4706	0,0224	0,0033	0,0052	1.485,6209	379,9400	3,9101	4	1.519,7600

Sumber : Hasil perhitungan *preliminary design*

4.4.3.8 Penulangan Balok Anak Arah Y 1-2 Lapangan (400 x 600)

Pada analisis data dengan program SAP2000 v22 diperoleh nilai momen maksimum untuk balok anak sebagai berikut :



Gambar 4.22 Momen Maksimum Balok Anak Arah Y

Sumber : Hasil analisis dengan SAP2000

Tabel 4.33 Momen Balok Anak Maksimum

Lantai	Daerah	Arah	Mu
			(N.mm)
Atap	Momen Tumpuan (-)	y	
Atap	Momen Lapangan	y	
1 - 2	Momen Tumpuan (-)	y	61987022
1 - 2	Momen Lapangan	y	21056824,83

Sumber : Hasil analisis dengan SAP2000

Diketahui data-data sebagai berikut :

$$MU_{\text{Lapangan}} = 21056824,83 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar balok (b)} = 400 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi balok (h)} = 600 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton (p)} = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Mutu beton (fc')} = 20,75 \text{ MPa}$$

Mutu baja ulir (f_y)	= 400 MPa
Tulangan utama	= D 19 mm
Tulangan sengkang	= \emptyset 12 mm
E_s	= 200.000 Mpa

Tinggi Efektif Balok :

$$d = h - p - \emptyset_{\text{tul.seng}} - \frac{1}{2} \emptyset_{\text{tul.utama}}$$

$$= 600 - 40 - 12 - (\frac{1}{2} \cdot 19)$$

$$= 538,5 \text{ mm}$$

$$d' = p + \emptyset_{\text{tul.seng}} + \frac{1}{2} \emptyset_{\text{tul.utama}}$$

$$= 40 + 12 + (\frac{1}{2} \cdot 19)$$

$$= 61,5 \text{ mm}$$

Penulangan Tarik

$$M_n = \frac{M_u}{0,8}$$

$$= \frac{21056824,83}{0,8}$$

$$= 55248592,5 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{\phi \cdot b \cdot d^2}$$

$$= \frac{55248592,5 \text{ N.mm}}{0,8 \times 450 \times 538,5^2}$$

$$= 0,4763 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c}$$

$$= \frac{400}{0,85 \times 30} = 22,6790$$

Rasio Tulangan (ρ)

$$\rho = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n \times m}{f_y}} \right]$$

$$= \frac{1}{22,6790} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,4763 \times 22,6790}{400}} \right]$$

$$= 0,0012$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta \times f_c'}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 0,84 \times 20,75}{400} \times \left(\frac{600}{600+4} \right)$$

$$= 0,0225$$

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

$$= 0,75 \times 0,0225$$

$$= 0,0169$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$= \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0012 < 0,0169$$

Maka digunakan ρ

$$\text{As Perlu} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0012 \times 400 \times 538,5$$

$$= 753,9000 \text{ mm}^2$$

Perhitungan tulangan tarik :

$$\text{As D19} = \frac{1}{4} \times \pi \times \phi_{\text{tul.utama}}^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 19^2$$

$$= 283,3850 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{\text{As Perlu}}{\text{As D19}}$$

$$= \frac{753,9000}{283,3850 \text{ mm}^2}$$

$$= 2,6603$$

Jadi, dipakai 3 D 19 (As = 753,9000 mm²) untuk balok daerah tarik lapangan.

$$\text{Rasio tulangan } (\rho) = \frac{\text{As}}{b \times d}$$

$$= \frac{753,9000 \text{ mm}^2}{400 \times 538,5 \text{ mm}^2} = 0,0012$$

$$a = \frac{\text{As} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$= \frac{753,9000 \times 400}{0,85 \times 20,75 \times 450}$$

$$= 48,2016$$

$$M_n = T \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\begin{aligned}
&= A_s \times f_y \left(538,5 - \frac{48,20168}{2} \right) \\
&= 1.133,5400 \times 400 \times 609,1874 \\
&= 174927628 \text{ Nmm} \\
C = X &= \frac{a}{\beta_1} \\
&= \frac{48,2016 \text{ mm}}{0,84} \\
&= 57,3829
\end{aligned}$$

Kontrol Kapasitas Penampang

$$\begin{aligned}
\frac{x}{d-x} &= \frac{0,003}{\epsilon_s} \\
\epsilon_s &= \frac{d-x}{x} \times 0,003 \\
&= \frac{538,5 - 79,7866}{79,7866} \times 0,003 \\
&= 0,0002 \\
\epsilon_y &= \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200.000} = 0,0020 \\
\epsilon_s &> \epsilon_y \\
0,0002 &> 0,0020 \quad \text{..... Tulangan tarik meleleh} \\
\phi M_n &> M_u \\
139942102, & \quad \text{Nmm} \quad 44198874 \quad \text{Nmm} \\
&\text{.....OK !}
\end{aligned}$$

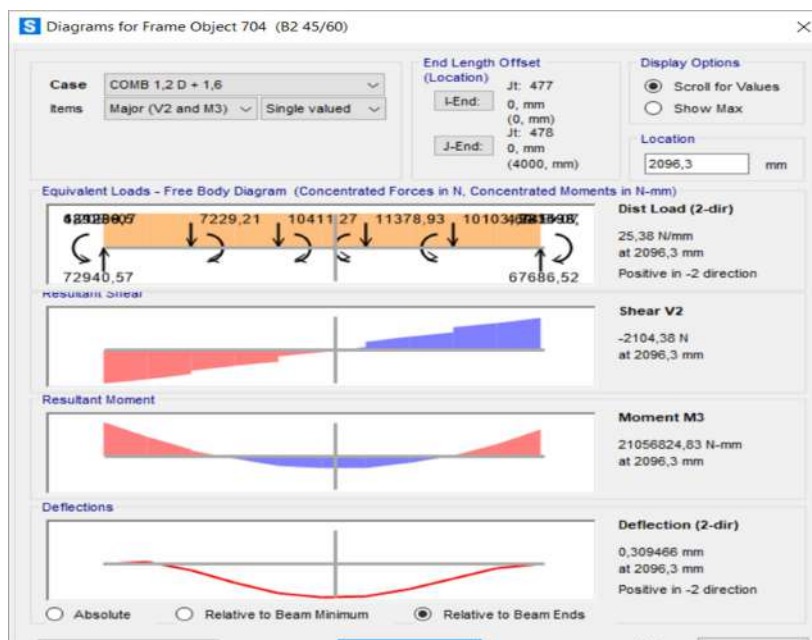
Dipakai tulangan 3 D 19 ($A_s = \text{Terpasang} = 753,9000 \text{ mm}^2$)

Kesimpulan :

Penulangan balok anak 40/60 cm daerah lapangan dibutuhkan 3D19 mm untuk tulangan tarik. Penulangan balok induk ini termasuk penulangan tunggal, jadi dalam pelaksanaan lapangannya penulangan balok tidak bisa menggunakan tulangan tunggal karna untuk pengkaitan tulangan tidak ada, maka saat pelaksanaan lapangan ditambahkan tulangan 1/2 dari tulangan tarik yakni 2 buah untuk didaerah tekan (2 D 19 = 753,9000 mm²).

4.4.3.9 Penulangan Balok Anak Arah Y Tumpuan 1-2 (400 x 600)

Pada analisis data dengan program SAP2000 v22 diperoleh nilai momen maksimum untuk balok anak sebagai berikut :



Gambar 4.23 Momen Maksimum Balok Anak Arah Y

Sumber : Hasil analisis dengan SAP2000

Tabel 4.34 Momen Balok Anak Maksimum

Lantai	Daerah	Arah	Mu
			(N.mm)
Atap	Momen Tumpuan (-)	y	
Atap	Momen Lapangan	y	
1 - 2	Momen Tumpuan (-)	y	61987022
1 - 2	Momen Lapangan	y	21056824,83

Sumber : Hasil analisis dengan SAP2000

Diketahui data-data sebagai berikut :

$MU_{Tumpuan}$	= 61987022mm
Lebar balok (b)	= 400 mm
Tinggi balok (h)	= 600 mm
Selimit beton (p)	= 40 mm
Mutu beton (f_c')	= 20,75 MPa
Mutu baja ulir (f_y)	= 400 MPa

Tulangan utama	= D 19 mm
Tulangan sengkang	= ø 12 mm
Es	= 200.000 Mpa

Tinggi Efektif Balok :

$$\begin{aligned}
 d &= h - p - \text{øtul.seng} - \frac{1}{2} \text{ø tul.utama} \\
 &= 650 - 40 - 12 - (\frac{1}{2} \cdot 19) \\
 &= 538,5\text{mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d' &= p + \text{øtul.seng} + \frac{1}{2} \text{ø tul.utama} \\
 &= 40 + 12 + (\frac{1}{2} \cdot 19) \\
 &= 61,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Penulangan Tarik

$$\begin{aligned}
 Mn &= \frac{Mu}{0,8} \\
 &= \frac{61987022}{0,8} \\
 &= 55248592,5 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Rn &= \frac{Mn}{\phi \cdot b \cdot d^2} \\
 &= \frac{55248592,5 \text{ N.mm}}{0,8 \times 400 \times 538,5^2} \\
 &= 0,4763\text{mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{fy}{0,85 \cdot fc} \\
 &= \frac{400}{0,85 \times 30} = 22,6790
 \end{aligned}$$

Rasio Tulangan (ρ)

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times Rn \times m}{fy}} \right] \\
 &= \frac{1}{22,6790} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,4763 \times 22,6790}{400}} \right] \\
 &= 0,0012
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta \times fc'}{fy} \times \left(\frac{600}{600+} \right) \\
 &= \frac{0,85 \times 0,84 \times 20,75}{400} \times \left(\frac{600}{600+4} \right) \\
 &= 0,0225
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,0225 \\ &= 0,0169\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{400} = 0,0035\end{aligned}$$

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

0,0035 < 0,0012 < 0,0169 , Maka digunakan ρ

$$\begin{aligned}\text{As Perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0012 \times 400 \times 538,5 \\ &= 753,9000 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Perhitungan tulangan tarik :

$$\begin{aligned}\text{As D19} &= \frac{1}{4} \times \pi \times \phi_{\text{tul.utama}}^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 19^2 \\ &= 283,3850 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah tulangan} &= \frac{\text{As Perlu}}{\text{As D19}} \\ &= \frac{753,9000}{283,3850 \text{ mm}^2} \\ &= 2,6603\end{aligned}$$

Jadi, dipakai 3 D 19 (As = 753,9000mm²) untuk balok daerah tarik tumpuan.

$$\begin{aligned}\text{Rasio tulangan } (\rho) &= \frac{\text{As}}{b \times d} \\ &= \frac{753,9000 \text{ mm}^2}{400 \times 538,5 \text{ mm}^2} = 0,0012\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}a &= \frac{\text{As} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\ &= \frac{753,9000 \times 400}{0,85 \times 20,75 \times 400} \\ &= 48,2016\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_n &= T \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= \text{As} \times f_y \left(438,5 - \frac{112,0204}{2} \right) \\ &= 753,9000 \times 400 \times 609,1874 \\ &= 55248592,5 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

$$C = X = \frac{a}{\beta_1}$$

$$= \frac{48,2016 \text{ mm}}{0,84} = 57,3829$$

Kontrol Kapasitas Penampang

$$\frac{x}{d-x} = \frac{0,003}{\epsilon_s}$$

$$\epsilon_s = \frac{d-x}{x} \times 0,003$$

$$= \frac{538,5 - 79,7866}{79,7866} \times 0,003$$

$$= 0,0002$$

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200.000} = 0,0020$$

$$\epsilon_s < \epsilon_y$$

$$0,0002 < 0,0020$$

..... Tulangan tarik meleleh

$$\phi M_n > M_u$$

$$183675421,8$$

$$N_{mm} = 166250563$$

$$N_{mm}$$

.....OK!

Dipakai tulangan 4 D 19 ($A_s = \text{Terpasang} = 1019,4944 \text{ mm}^2$)

Kesimpulan :

Penulangan balok anak 40/60 cm daerah Tumpuan dibutuhkan 4D19 mm untuk tulangan tarik. Penulangan balok induk ini termasuk penulangan tunggal, jadi dalam pelaksanaan lapangannya penulangan balok tidak bisa menggunakan tulangan tunggal karna untuk pengkaitan tulangan tidak ada, maka saat pelaksanaan lapangan ditambahkan tulangan 1/2 dari tulangan tarik yakni 2 buah untuk didaerah tekan (4 D 19 = 3,5976mm²).

4.4.3.10 Penulangan Geser Balok Anak Arah Y Lantai (1 – 2)



Gambar 4.24 Gaya Geser Maksimum Balok Anak Arah Y

Sumber : Hasil analisis dengan SAP2000

Tabel 4.35 Gaya Geser Pada Balok Anak Arah Y

Lantai	Vu	L	fc'	fy	b	H
	N	(mm)	(MPa)	(MPa)	(mm)	(mm)
Atap	890.563	4.000	20,75	280	400	600
1 - 2	12.383	4.000	200,75	280	400	600

Sumber : Hasil perhitungan *preliminary design*

Diketahui :

$$V_u = 72940,57 \text{ kg} = 12.383 \text{ N}$$

Tinggi efektif (d)

$$\begin{aligned} d &= h - p - \frac{1}{2} \phi \\ &= 600 - 40 - \frac{1}{2} 12 = 554 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kuat geser nominal yang ditahan oleh beton (Vc)

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \sqrt{f_{c'}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,17 \sqrt{20,75} \cdot 400 \cdot 554 = 171604,1269 \text{ N} \end{aligned}$$

Luas tulangan geser (Av)

$$A_v = \frac{1}{4} \pi \cdot D^2$$

$$= \frac{1}{4} \pi \cdot 12^2 = 113,04 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan geser (S)

$$9) S = \frac{1}{4} h$$

$$= \frac{1}{4} 600 = 150 \text{ mm}$$

$$10) S = 8 \cdot D \text{ (diameter tulangan lentur)}$$

$$= 8 \cdot 19 = 152 \text{ mm}$$

$$11) S = 24 \cdot \phi \text{ (diameter tulangan geser)}$$

$$= 24 \cdot 12 = 288 \text{ mm}$$

$$12) S = 300 \text{ mm}$$

Diambil nilai terkecil S = 125 mm ~ 100 mm

Kuat geser nominal yang ditahan tulangan geser (Vs)

$$V_s = \frac{A_v \cdot F_y \cdot d}{S}$$

$$= \frac{113,0400 \cdot 280 \cdot 554}{150} = 116898,432 \text{ N}$$

Kuat geser nominal (Vn)

$$V_n = V_c + V_s$$

$$= 171604,1269 + 116898,432 = 288502,5589 \text{ N}$$

Syarat ϕV_n

230802,0471

> Vu

N > 12383,06 N

.....AMAN

Dari perhitungan diatas maka dapat ditentukan :

1. Spasi sengkang untuk daerah kedua ujung tumpuan baik sisi kiri maupun sisi kanan digunakan $\phi 12-100$.
2. Spasi sengkang untuk daerah lapangan digunakan $\phi 12-150$ mm.

Tabel 4.36 Perhitungan Penulangan Balok Anak Arah Y

Lantai	Daerah	Mu	b	H	p	fc'	fy	Tul. U	Tul. Seng	d	d'	pb
		(N.mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(MPa)	(MPa)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Atap	Tumpuan (-)	41.679.500	250	450		20,75	400	16	12	438,5000	61,5000	0,0298
	Lapangan	22.998.900	250	450		20,75	400	16	12	438,5000	61,5000	0,0298
1 - 2	Tumpuan (-)	215.152.250	400	600		20,75	400	19	12	438,5000	61,5000	0,0298
	Lapangan	149.851.625	400	600		20,75	400	19	12	438,5000	61,5000	0,0298

Lantai	Daerah	Mn	Rn	M	ρMax	ρMin	ρ	As	As	Tul. Tarik	N	As Tulangan
		Aktual (N.mm)						(mm ²)	(mm ²)	Buah	Buah	(mm ²)
Atap	Tumpuan (-)	57.239.592	1,3701	16,4706	0,0224	0,0033	0,0034	327,1045	469,5050	1,6277	2	401,9200
	Lapangan	50.879.638	0,7560	16,4706	0,0224	0,0033	0,0018	325,0000	466,9002	1,6172	2	401,9200
1 - 2	Tumpuan (-)	217.003.059	3,1970	16,4706	0,0224	0,0033	0,0082	1.252,3891	283,3850	4,4194	5	1.416,925
	Lapangan	156.852.879	2,2267	16,4706	0,0224	0,0033	0,0056	852,6719	283,3850	3,0089	4	1.133,5400

Sumber : Hasil perhitungan *preliminary design*

4.4.3.11 Penulangan Balok Anak Arah X Lapangan 1-2 (450 x 600)

Pada analisis data dengan program SAP2000 v22 diperoleh nilai momen maksimum untuk balok anak sebagai berikut :



Gambar 4.25 Momen Maksimum Balok Anak Arah X
Sumber : Hasil analisis dengan SAP2000

Tabel 4.37 Momen Balok Anak Maksimum

Lantai	Daerah	Arah	Mu
			(N.mm)
Atap	Momen Tumpuan (-)	x	
Atap	Momen Lapangan	x	
1 - 2	Momen Tumpuan (-)	x	1307129,20
1 - 2	Momen Lapangan	x	12707185,49

Sumber : Hasil analisis dengan SAP2000

Diketahui data-data sebagai berikut :

$$MU_{\text{Lapangan}} = 12707185,49 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar balok (b)} = 450 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi balok (h)} = 600 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton (p)} = 40 \text{ mm}$$

Mutu beton (fc')	= 20,75 MPa
Mutu baja ulir (fy)	= 400 MPa
Tulangan utama	= D 16 mm
Tulangan sengkang	= ø 12 mm
Es	= 200.000 Mpa

Tinggi Efektif Balok :

$$\begin{aligned}
 d &= h - p - \text{øtul.seng} - \frac{1}{2} \text{ø tul.utama} \\
 &= 600 - 40 - 12 - (\frac{1}{2} \cdot 19) \\
 &= 538,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d' &= p + \text{øtul.seng} + \frac{1}{2} \text{ø tul.utama} \\
 &= 40 + 12 + (\frac{1}{2} \cdot 19) \\
 &= 61,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Penulangan Tarik

$$\begin{aligned}
 Mn &= \frac{Mu}{0,8} \\
 &= \frac{12707185,49}{0,8} \\
 &= 55248592,5 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Rn &= \frac{Mn}{\phi \cdot b \cdot d^2} \\
 &= \frac{55248592,5 \text{ N.mm}}{0,8 \times 400 \times 538,5^2} \\
 &= 0,4234 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{fy}{0,85 \cdot fc} \\
 &= \frac{400}{0,85 \times 20,75} = 22,6790
 \end{aligned}$$

Rasio Tulangan (ρ)

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times Rn \times m}{fy}} \right] \\
 &= \frac{1}{22,6790} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,4234 \times 22,6790}{400}} \right] \\
 &= 0,0011
 \end{aligned}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta \times fc'}{fy} \times \left(\frac{600}{600+f} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 0,84 \times 20,75}{400} \times \left(\frac{600}{600+4} \right)$$

$$= 0,0225$$

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

$$= 0,75 \times 0,0225 = 0,0169$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$= \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0011 < 0,0169, \quad \text{Maka digunakan } \rho$$

$$A_s \text{ Perlu} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0011 \times 400 \times 538,5$$

$$= 848,1375 \text{ mm}^2$$

Perhitungan tulangan tarik :

$$A_s D19 = \frac{1}{4} \times \pi \times \phi_{\text{tul.utama}}^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 19^2$$

$$= 283,3850 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{A_s \text{ Perlu}}{A_s D19}$$

$$= \frac{1.016,2694}{283,3850 \text{ mm}^2}$$

$$= 283,385$$

Jadi, dipakai 3 D 19 ($A_s = 848,1375 \text{ mm}^2$) untuk balok daerah tarik Lapangan.

$$\text{Rasio tulangan } (\rho) = \frac{A_s}{b \times d}$$

$$= \frac{848,1375 \text{ mm}^2}{450 \times 538,5 \text{ mm}^2} = 0,0011$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$= \frac{848,1375 \times 450}{0,85 \times 20,75 \times 250}$$

$$= 42,8458$$

$$M_n = T \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= A_s \times f_y \left(538,5 - \frac{42,8458}{2} \right)$$

$$= 1.133,5400 \times 450 \times 609,1874$$

$$\begin{aligned}
 &= 175838268\text{Nmm} \\
 C = X &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= \frac{42,8458\text{mm}}{0,84} \\
 &= 51,0069
 \end{aligned}$$

Kontrol Kapasitas Penampang

$$\frac{x}{d-x} = \frac{0,003}{\epsilon_s}$$

$$\begin{aligned}
 \epsilon_s &= \frac{d-x}{x} \times 0,003 \\
 &= \frac{538,5 - 89,3610}{89,3610} \times 0,003
 \end{aligned}$$

$$= 0,0002$$

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{450}{200.000} = 0,0020$$

$$\epsilon_s > \epsilon_y$$

$$0,0002 > 0,0020$$

ϕM_n

$$140670614,1 \text{ Nmm} > 44198874 \text{ Nmm} \text{OK !}$$

Dipakai tulangan 3 D 19 ($A_s = \text{Terpasang} = 848,1375 \text{ mm}^2$)

Kesimpulan :

Penulangan balok anak 45 / 60 cm daerah lapangan dibutuhkan 3 D19 mm untuk tulangan tarik. Penulangan balok induk ini termasuk penulangan tunggal, jadi dalam pelaksanaan lapangannya penulangan balok tidak bisa menggunakan tulangan tunggal karna untuk pengkaitan tulangan tidak ada, maka saat pelaksanaan lapangan ditambahkan tulangan 1/2 dari tulangan tarik yakni 2 buah untuk didaerah tekan (3 D 19 = 848,1375 mm²).

4.4.3.12 Penulangan Balok Anak Arah X Tumpuan 1-2 (450 x 600)

Pada analisis data dengan program SAP2000 v22 diperoleh nilai momen maksimum untuk balok anak sebagai berikut :



Gambar 4.26 Momen Maksimum Balok Anak Arah X

Sumber : Hasil analisis dengan SAP2000

Tabel 4.38 Momen Balok Anak Maksimum

Lantai	Daerah	Arah	Mu
			(N.mm)
Atap	Momen Tumpuan (-)	x	
Atap	Momen Lapangan	x	
1 - 2	Momen Tumpuan (-)	x	1307129,20
1 - 2	Momen Lapangan	x	12707185,49

Sumber : Hasil analisis dengan SAP2000

Diketahui data-data sebagai berikut :

$$MU_{\text{Tumpuan}} = 1307129,20 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar balok (b)} = 450 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi balok (h)} = 600 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton (p)} = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Mutu beton (fc')} = 20,75 \text{ MPa}$$

$$\text{Mutu baja ulir (fy)} = 450 \text{ MPa}$$

$$\text{Tulangan utama} = D 16 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan sengkang} = \varnothing 12 \text{ mm}$$

$$E_s = 200.000 \text{ Mpa}$$

Tinggi Efektif Balok :

$$\begin{aligned} d &= h - p - \text{\textcircled{t}}\text{ul.seng} - \frac{1}{2} \text{\textcircled{t}}\text{ul.utama} \\ &= 600 - 40 - 12 - (\frac{1}{2} \cdot 19) \\ &= 538,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d' &= p + \text{\textcircled{t}}\text{ul.seng} + \frac{1}{2} \text{\textcircled{t}}\text{ul.utama} \\ &= 40 + 12 + (\frac{1}{2} \cdot 19) \\ &= 61,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Penulangan Tarik

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{Mu}{0,8} \\ &= \frac{104.155.100}{0,8} \\ &= 231213192,6 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{\phi \cdot b \cdot d^2} \\ &= \frac{231213192,6 \text{ N.mm}}{0,8 \times 450 \times 538,5^2} \\ &= 1,5925 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} \\ &= \frac{450}{0,85 \times 20,75} = 22,6790 \end{aligned}$$

Rasio Tulangan (ρ)

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n \times m}{f_y}} \right] \\ &= \frac{1}{22,6790} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 4,5450 \times 22,6790}{450}} \right] \\ &= 0,0042 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta \times f_c'}{f_y} \times \left(\frac{600}{600+4} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 0,84 \times 20,75}{450} \times \left(\frac{600}{600+4} \right) \\ &= 0,0239 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,0239 \end{aligned}$$

$$= 0,0179$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$= \frac{1,4}{450} = 0,0035$$

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0042 < 0,0179, \quad \text{Maka digunakan } \rho$$

$$\text{As Perlu} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0042 \times 450 \times 538,5$$

$$= 1012,7759 \text{ mm}^2$$

Perhitungan tulangan tarik :

$$\text{As D19} = \frac{1}{4} \times \pi \times \phi \text{ tul.utama}^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 19^2$$

$$= 283,3850 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{\text{As Perlu}}{\text{As D19}}$$

$$= \frac{1012,7759}{283,385 \text{ mm}^2}$$

$$= 3,5739$$

Jadi, dipakai 4 D 19 (As = 1012,7759 mm²) untuk balok daerah tarik tumpuan.

$$\text{Rasio tulangan } (\rho) = \frac{\text{As}}{b \times d}$$

$$= \frac{1012,7759 \text{ mm}^2}{450 \times 538,5 \text{ mm}^2} = 0,0074$$

$$a = \frac{\text{As} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$= \frac{1012,7759 \times 420}{0,85 \times 20,75 \times 450}$$

$$= 57,1278$$

$$M_n = T \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= \text{As} \times f_y \left(338,5 - \frac{74,6803}{2} \right)$$

$$= 1.133,5400 \times 400 \times 609,1874$$

$$= 231213192,6 \text{ Nmm}$$

$$C = X = \frac{a}{\beta_1}$$

$$= \frac{57,1278 \text{ mm}}{0,84}$$

$$= 68,0093$$

Kontrol Kapasitas Penampang

$$\frac{x}{d-x} = \frac{0,003}{\epsilon_s}$$

$$\epsilon_s = \frac{d-x}{x} \times 0,003$$

$$= \frac{538,5 - 89,3610}{89,3610} \times 0,003$$

$$= 0,0003$$

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200.000} = 0,0020$$

$$\epsilon_s > \epsilon_y$$

$$0,0003 > 0,0020$$

..... Tulangan tarik meleleh

$$\phi M_n > M_u$$

$$184970554,1 \text{ Nmm} > 166250563 \text{ Nmm} \text{OK !}$$

Dipakai tulangan 4 D 19 ($A_s = \text{Terpasang} = 1012,7759 \text{ mm}^2$)

Kesimpulan :

Penulangan balok anak 45/ 60 cm daerah Tumpuan dibutuhkan 4D19 mm untuk tulangan tarik. Penulangan balok induk ini termasuk penulangan tunggal, jadi dalam pelaksanaan lapangannya penulangan balok tidak bisa menggunakan tulangan tunggal karna untuk pengkaitan tulangan tidak ada, maka saat pelaksanaan lapangan ditambahkan tulangan 1/2 dari tulangan tarik yakni 2 buah untuk didaerah tekan (4 D 19 = 848,1375 mm²).

4.4.3.13 Penulangan Geser Balok Anak Arah X Lantai (1 - 2)



Gambar 4.27 Gaya Geser Maksimum Balok Anak Arah X

Sumber : Hasil analisis dengan SAP2000

Tabel 4.39 Gaya Geser Pada Balok Induk Arah X

Lantai	Vu	L	fc'	fy	b	H
	N	(mm)	(MPa)	(MPa)	(mm)	(mm)
Atap	3.657	4.000	20,75	280	450	600
1 - 2	1.165,81	4.000	20,75	280	450	600

Sumber : Hasil perhitungan *preliminary design*

Diketahui :

$$V_u = 11658,12 \text{ kg} = 1.165,81 \text{ N}$$

Tinggi efektif (d)

$$\begin{aligned} d &= h - p - \frac{1}{2} \phi \\ &= 600 - 40 - \frac{1}{2} 12 = 554 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kuat geser nominal yang ditahan oleh beton (V_c)

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17\sqrt{f_{c'}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,17\sqrt{20,75} \cdot 450 \times 400 = 193054,6428 \text{ N} \end{aligned}$$

Luas tulangan geser (A_v)

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{1}{4} \pi \cdot D^2 \\ &= \frac{1}{4} \pi \cdot 12^2 = 113,04 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak tulangan geser (S)

$$\begin{aligned} 13) \quad S &= \frac{1}{4} h \\ &= \frac{1}{4} 600 = 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 14) \quad S &= 8 \cdot D \text{ (diameter tulangan lentur)} \\ &= 8 \cdot 19 = 152 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 15) \quad S &= 24 \cdot \phi \text{ (diameter tulangan geser)} \\ &= 24 \cdot 12 = 288 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$16) \quad S = 300 \text{ mm}$$

Diambil nilai terkecil $S = 100 \text{ mm} \sim 100 \text{ mm}$

Kuat geser nominal yang ditahan tulangan geser (V_s)

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{A_v \cdot F_y \cdot d}{S} \\ &= \frac{113,0400 \cdot 280 \cdot 554}{150} = 116898,432 \text{ N} \end{aligned}$$

Kuat geser nominal (V_n)

$$\begin{aligned} V_n &= V_c + V_s \\ &= 193054,6428 + 116898,432 = 309953,0748 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{Syarat } \phi V_n & > & V_u \\ 247962,4598 & \text{ N} > & 1165,81 \text{ N} \end{array} \quad \text{.....AMAN}$$

Dari perhitungan diatas maka dapat ditentukan :

1. Spasi sengkang untuk daerah kedua ujung tumpuan baik sisi kiri maupun sisi kanan digunakan $\phi 12$ -100.
2. Spasi sengkang untuk daerah lapangan digunakan $\phi 12$ - 150 mm

Tabel 4.40 Perhitungan Penulangan Balok Anak Arah X

Lantai	Daerah	Mu	b	H	p	fc'	fy	Tul. U	Tul. Seng	d	d'	ρb
		(N.mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(MPa)	(MPa)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Atap	Tumpuan (-)	32.135.800	450	600		20,75	400	16	12	340,0000	60,0000	0,0298
	Lapangan	33.758.900	450	600		20,75	400	16	12	340,0000	60,0000	0,0298
1 - 2	Tumpuan (-)	104.778.800	450	600		20,75	400	19	12	338,5000	61,5000	0,0298
	Lapangan	104.155.100	450	600		20,75	400	19	12	338,5000	61,5000	0,0298

Lantai	Daerah	Mn	Rn	M	ρMax	ρMin	ρ	As	As	Tul. Tarik	N	As Tulangan
		Aktual (N.mm)						(mm ²)	(mm ²)	Buah	Buah	(mm ²)
Atap	Tumpuan (-)	49.643.304	1,3900	16,4706	0,0224	0,0033	0,0034	304,4913	200,9600	1,4402	2	401,9200
	Lapangan	44.127.382	1,4602	16,4706	0,0224	0,0033	0,0036	289,4161	200,9600	1,5152	2	401,9200
1 - 2	Tumpuan (-)	129.040.410	4,5722	16,4706	0,0224	0,0033	0,0121	1.023,1109	283,3850	3,6103	4	1.133,5400
	Lapangan	114.702.587	4,5450	16,4706	0,0224	0,0033	0,0120	1.016,2694	283,3850	3,5862	4	1.133,5400

Sumber : Hasil perhitungan *preliminary design*

4.4.3.14 Penulangan Kolom

Penulangan kolom direncanakan berdasarkan gaya aksial maksimum dan momen lentur yang terjadi pada portal yang ditinjau. Data-data kolom diambil dari *output* SAP2000 v22 sebagai berikut :

Tabel 4.41 Data-Data Kolom

Lantai	Pu	Mu	B	h	Ø Utama	Ø Seng	Fc	fy
	(kg)	(kgm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(MPa)	(MPa)
Atap	44.23.61	8.007,3	400	400	25	12	30	420
1-2	249.557,61	20.319,55	600	600	25	12	30	420

Sumber : Hasil perhitungan *preliminary design*

Penulangan Kolom 60 /60 cm

Diketahui :

Lebar kolom (b) = 600 mm

Tinggi kolom(h) = 600 mm

Diameter utama = 25 mm

Diameter sengkang = 12 mm

Selimut beton = 40 mm

Mutu beton (fc') = 20,75 MPa

Mutu baja (fy) = 400 MPa

Aksial eksentris (φ) = 0,65

β = 0,84

$$\begin{aligned}
 d &= h - p - \text{Ø Seng} - (1/2 \text{ Ø. Utama}) \\
 &= 600 - 40 - 12 - (1/2 \times 25) \\
 &= 736 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d' &= p + \text{Ø Seng} + (1/2 \text{ Ø. Utama}) \\
 &= 40 + 12 + (1/2 \times 25) \\
 &= 65 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Luas Penampang Kolom

$$\begin{aligned}A_{gr} &= b \times h \\ &= 600 \times 600 \\ &= 360.000 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Gaya Normal Reduksi

$$\begin{aligned}P_u' &= P_u / \phi \\ &= 127.136 / 0,65 \\ &= 195.594,3077 \text{ kg N}\end{aligned}$$

Rasio tulangan pada penampang kolom (ρ)

Berdasarkan SNI 2847-2019 Pasal 18.7.4.1 Halaman 386 luas tulangan longitudinal $A_{s,u}$ tidak boleh kurang $0,01A_g$ dan tidak lebih dari $0,06A_g$.

$$\rho = 2\% \sim 0,02$$

Luas tulangan yang dibutuhkan ($A_{s,u}$)

$$\begin{aligned}A_{s,u} &= \rho \times A_{gr} \\ &= 0,02 \times 640.000 = 12.800 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Sehingga diperoleh jumlah tulangan (n)

$$\begin{aligned}n &= \frac{A_{s,u}}{A_s} \\ &= \frac{12800}{490,6250} = 26,089 \text{ dipakai } = \mathbf{17 \text{ Batang}}\end{aligned}$$

digunakan tulangan kolom 28 D 25 dengan $A_s = A_s' = 13.737,50 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned}A_{st} &= A_s + A_s' \\ &= 13.737,50 + 13.737,50 = 27.475 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_s &= A_{gr} - A_{st} \\ &= 640000 - 27.475 = 612.525 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Pengaruh beban aksial pada penampang kolom :

1) Beban sentris

$$\begin{aligned}P_0 &= 0,85 \times f_c' (A_g - A_{st}) + A_{st} \cdot f_y \\ &= 0,85 \times 30 \times 612.644,32 + 27.475 \times 420 = 27.158.888 \text{ N}\end{aligned}$$

$$P_{n, \text{ max}} = 0,80 \cdot P_0$$

$$= 0,80 \times 27.158.88 = 21.727.110 \text{ N}$$

$$\phi P_n, \max = 0,65 \cdot P_n, \max$$

$$= 0,65 \times 21.727.110 = 14.122.622 \text{ N}$$

1) Beton tekan menentukan

$$c_b = \frac{600}{600 + f_y} \times d$$

$$= \frac{600}{600 + 420} \times 735,50 = 432,6471 \text{ mm}$$

$$c > c_b, c = 600 \text{ mm}$$

$$a = \beta_1 \times c$$

$$= 0,85 \times 600 = 510 \text{ mm}$$

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$$

$$= \frac{420}{200000} = 0,0021$$

$$\epsilon_s = \frac{d-c}{c} \times \epsilon'_{cu} < \epsilon_y$$

$$= \frac{735,50 - 600}{600} \times 0,003 = 0,0007 < 0,0021, \text{ tulangan tarik belum leleh}$$

$$f_s = \epsilon_s \times E_s$$

$$= 0,0007 \cdot 200000 = 137 \text{ MPa}$$

$$\epsilon'_s = \frac{c-ds}{c} \times \epsilon'_{cu} > \epsilon_y$$

$$= \frac{600 - 64,500}{600} \times 0,003 = 0,0027 > 0,0021, \text{ tulangan tekan leleh}$$

$$f_s' = \epsilon'_s \times E_s$$

$$= 0,0027 \times 200000 = 537 \text{ Mpa}$$

Tabel 4.42 Pn dan Mn Beton Tekan Menentukan

Gaya (N)	Lengan ke sumbu (mm)	Momen (Nmm)
7.356.431	-336	2.468.082.684
10.229.143	219	1.527.064.898
7.356.431	336	2.468.082.684
24.942.005	-	3.995.147.582

Sumber : Hasil perhitungan *preliminary design*

$$\phi P_n = 0,65 \cdot 24.942.005 = 16.212.303 \text{ N}$$

$$\phi M_n = 0,65 \cdot 3.995.147.582 = 4.666.057.733 \text{ Nmm}$$

1) Keadaan seimbang

$$c_b = \frac{600}{600 + f_y} \cdot d$$

$$= \frac{600}{600 + 400} \times 735,50 = 432,6471 \text{ mm}$$

$$a_b = \beta_1 \times c_b$$

$$= 0,85 \times 432,6471 = 362 \text{ mm}$$

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$$

$$= \frac{400}{200000} = 0,0021$$

$$\epsilon_s = \frac{d - c_b}{c_b} \times \epsilon'_{cu} = \epsilon_y$$

$$= \frac{735,50 - 432,6471}{432,6471} \cdot 0,003 = 0,0021$$

$$f_s = f_s' = 535,5 \text{ MPa}$$

$$\epsilon'_s = \frac{c_b - d_s}{c_b} \cdot \epsilon'_{cu} > \epsilon_y$$

$$= \frac{735,50 - ,5}{735,50} \cdot 0,003 = 0,0026 > 0,0021$$

$$f_s' = 535,5 \text{ Mpa}$$

Tabel 4.43 Pn dan Mn Tulangan Tarik Menentukan

Gaya (N)	Lengan ke sumbu (mm)	Momen (Nmm)
-7.356.431	-336	2.468.082.684
10.229.143	219	2.242.384.990
7.356.431	336	2.468.082.684
10.229.143	-	7.178.550.359

Sumber : Hasil perhitungan *preliminary design*

$$\begin{aligned}\phi P_n &= 0,65 \cdot 10.229.143 &= 6.648.943 \text{ N} \\ \phi M_n &= 0,65 \cdot 7.178.550.359 &= 4.666.057.733 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

2) Tulangan tarik menentukan

$$\begin{aligned}a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \\ &= \frac{13.737,50 \times 400}{0,85 \times 20,75 \times 600} = 282,8309 \text{ mm} \\ c &= \frac{a}{\beta_1} \\ &= \frac{282,8309}{0,85} = 338,4301 \text{ mm} \\ \epsilon_y &= \frac{f_y}{E_s} \\ &= \frac{400}{200000} = 0,0021 \\ \epsilon_s &= \frac{d-c}{c} \cdot \epsilon'_{cu} > \epsilon_y \\ &= \frac{735,50 - 338,4301}{338,4301} \cdot 0,003 = 0,0035 > 0,0021, \text{ tulangan tarik leleh} \\ f_s &= f_s' = 535,5 \text{ MPa} \\ \epsilon'_s &= \frac{c-d_s}{c} \cdot \epsilon'_{cu} > \epsilon_y \\ &= \frac{338,4301 - 64,5}{338,4301} \cdot 0,003 = 0,0024 > 0,002\end{aligned}$$

Tabel 4.44 Pn dan Mn Tulangan Tarik Menentukan

Gaya (N)	Lengan ke sumbu (mm)	Momen (Nmm)
-7.356.431	-336	2.468.082.684
5.769.750	259	1.491.968.258
7.356.431	336	2.468.082.684
5.769.750		6.428.133.627

Sumber : Hasil perhitungan *preliminary design*

$$\phi P_n = 0,65 \cdot 5.769.750 = 3.750.338 \text{ N}$$

$$\phi M_n = 0,65 \cdot 6.428.133.627 = 4.178.286.858 \text{ Nmm}$$

3) Beban $P = 0$

$$p = \frac{600 \times A_s' - A_s \cdot f_y}{1,7 \times f_c' \times b}$$

$$= \frac{600 \times 13677,84 - 13677,84 \times 400}{1,7 \times 20,75 \times 800} = 60,6066$$

$$q = \frac{600 \times A_s' \times d_s}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$= \frac{600 \cdot 0,84 \times 13677,84 \times 64,500}{0,85 \times 20,75 \times 600} = 21.779,4210$$

$$a = \sqrt{p^2 + q} - p$$

$$= \sqrt{60,6066^2 + 21.779,4210} - 60,6066 = 98,9320 \text{ mm}$$

$$f_y' = 600 \times \left(\frac{a - \beta_1 \times d_s}{a} \right)$$

$$= 600 \cdot \left(\frac{100,4568 - 0,85 \times 63}{100,4568} \right) = 273,0873 \text{ MPa}$$

$$M_{nc} = 0,85 \times f_c' \times a \times b \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 0,85 \cdot 30 \cdot 98,9320 \cdot 800 \left(64,5 - \frac{98,9320}{2} \right) = 1.384.563.110 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} = A_s' \times f_y' \times (d - d_s)$$

$$= 490,6250 \times 273,0873 \times (735,50 - 64,5) = 2.517.280.923 \text{ MPa}$$

$$M_n = M_{nc} + M_{ns}$$

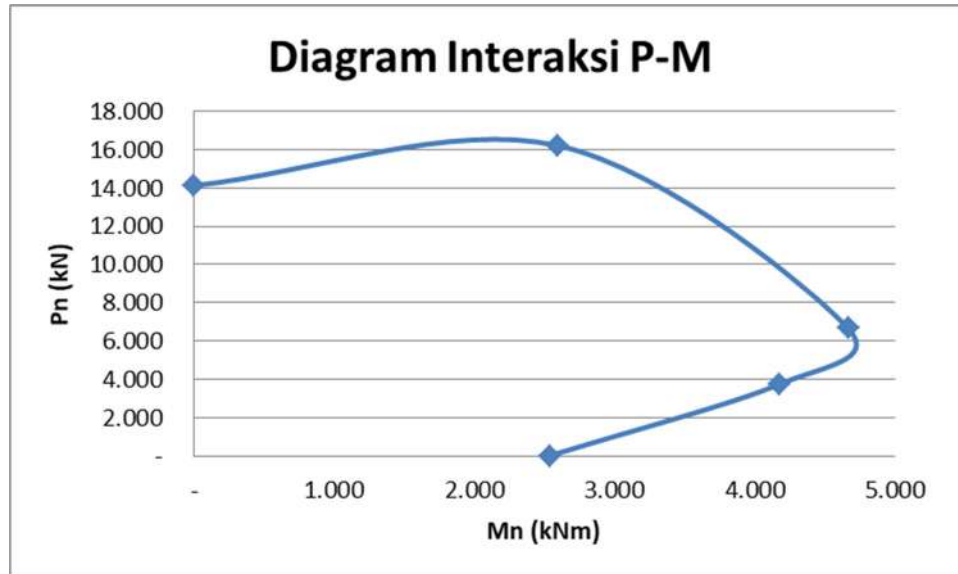
$$= 1.384.563.110 + 2.517.280.923 = 3.511.659.630 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n = 0,65 \times 3896351181 = 2.536.198.622 \text{ Nmm}$$

Tabel 4.45 Nilai Mu dan Pu Kolom 60/60

Mu (kNm)	Pu (kN)	Kondisi
0	14.123	Beban sentris
2.597	16.212	Beton tekan menentukan
4.666	6.649	Keadaan seimbang
4.178	3.750	Tulangan tarik menentukan
2.536	0	$P = 0$

Sumber : Hasil perhitungan *preliminary design*



Gambar 4.28 Diagram Interaksi Kolom

Penulangan Geser Kolom

Data-data :

Mutu beton (f_c') = 20,75 MPa

Mutu tulangan geser (f_y) = 280 MPa

Mutu tulangan lentur (f_y) = 400 MPa

Tebal selimut beton (p) = 40 mm

Diameter tulangan geser = 12 mm

a. Penulangan Geser Lantai 1

Diketahui :

V_u = 14.339 kg = 143.391 N

Lebar kolom (b) = 600 mm

Tinggi kolom (h) = 600 mm

Tinggi efektif (d)

$$d = h - p - \frac{1}{2} \times D$$

$$= 800 - 40 - \frac{1}{2} \times 12 = 754 \text{ mm}$$

Kuat geser nominal yang ditahan oleh beton (V_c)

$$V_c = 0,17\sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= 0,17\sqrt{30} \times 800 \times 754 = 561.657 \text{ N}$$

Luas tulangan geser (A_v)

$$A_v = \frac{1}{4} \pi \times D^2$$

$$= \frac{1}{4} \pi \times 12^2 = 113,04 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan geser (S)

- 1) $S = \frac{1}{4} h$
 $= \frac{1}{4} 600 = 1500 \text{ mm}$
- 2) $S = 8 \cdot D$ (diameter tulangan lentur)
 $= 8 \times 22 = 176 \text{ mm}$
- 3) $S = 24 \times \phi$ (diameter tulangan geser)
 $= 24 \times 12 = 288 \text{ mm}$
- 4) $S = 200 \text{ mm}$

Diambil nilai terkecil $S = 200 \text{ mm} \sim 150 \text{ mm}$

Kuat geser nominal yang ditahan tulangan geser (V_s)

$$V_s = \frac{A_v \times F_y \times d}{S}$$

$$= \frac{113,04 \times 280 \times 754}{150} = 159.100 \text{ N}$$

Kuat geser nominal (V_n)

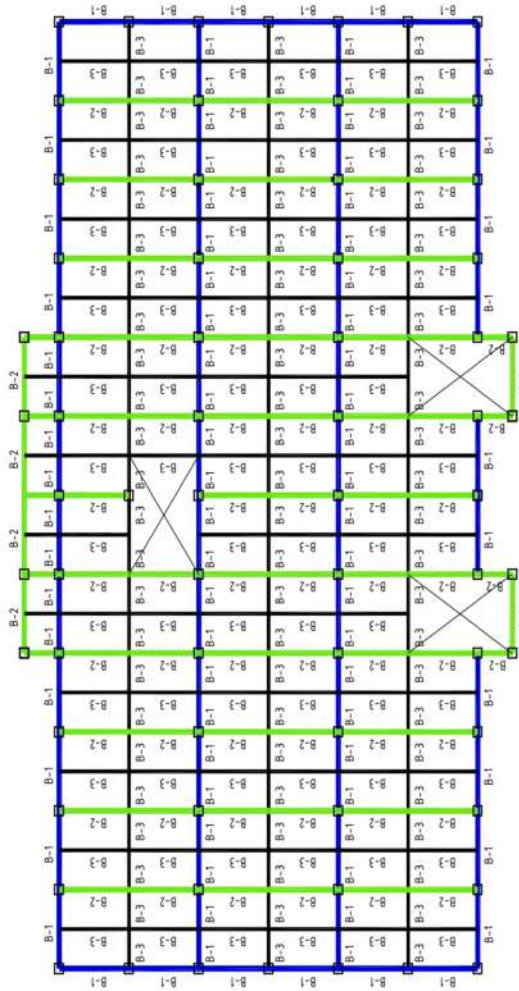
$$V_n = V_c + V_s$$

$$= 561.656,619 + 159.100 = 720.757 \text{ N}$$

Syarat $\emptyset V_n > V_u$

$$0,8 \times 701711,9 \text{ N} > 52869,4 \text{ N}$$

$$576.605 > 143.391 \text{ N} \quad \dots \text{ AMAN}$$

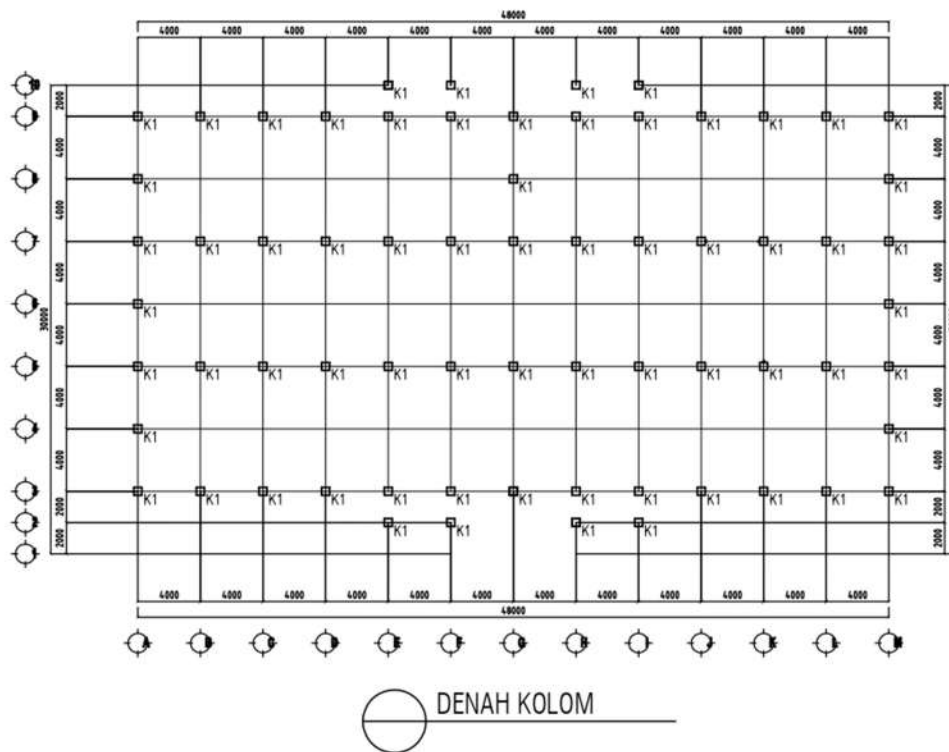


DENAH PEMBALOKAN

TIPE_BALOK POISISI	B-1 (45/65)		B-2 (45/60)		B-3 (40/60)	
	TUMPUANL=1/4	LAPANGANL=1/2	TUMPUANL=1/4	LAPANGANL=1/2	TUMPUANL=1/4	LAPANGANL=1/2
PENAMPANG BALOK	450	450	450	450	400	400
TUL. ATAS	5 D19	5 D19	4 D19	4 D19	4 D19	4 D19
TUL. BAWAH	5 D19	5 D19	4 D19	4 D19	4 D19	4 D19
SENGKANG	D12-100	D12-150	D12-100	D12-150	D12-100	D12-150

Gambar 4.29 Denah dan Penulangan Balok

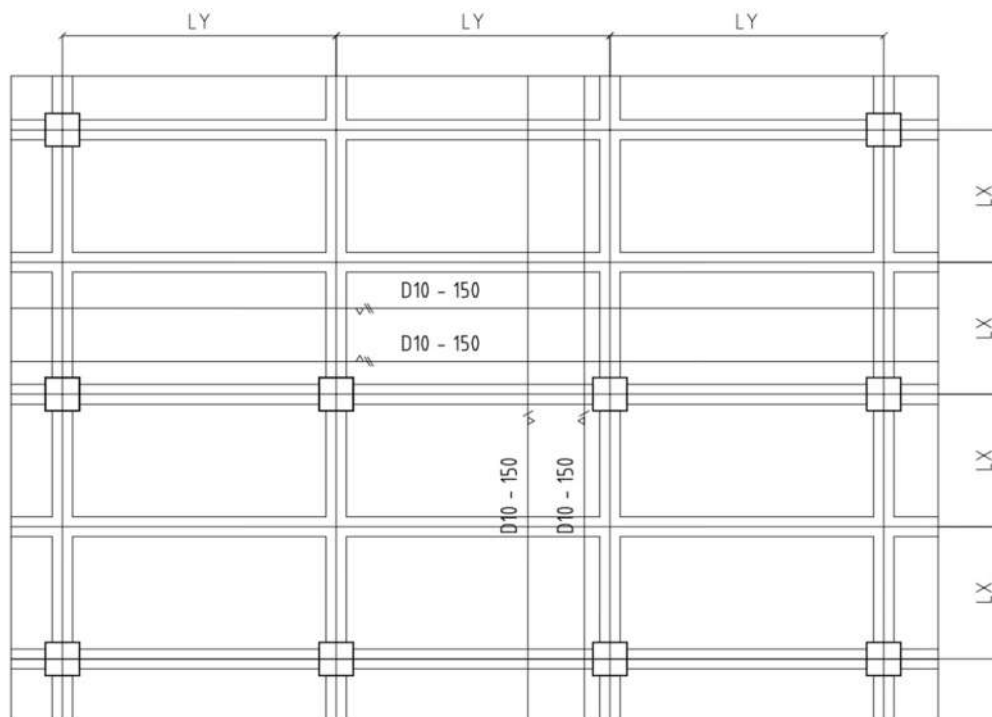
Sumber : *Output perhitungan preliminary design dan SAP2000*



TIPE KOLOM	K-1(60/60)	
POSISI	TUMPUAN, L=1/4	LAPANGAN, L=1/2
PENAMPANG KOLOM		
TUL	18 D25	18 D25
SENGKANG	D12 - 100	D12-150

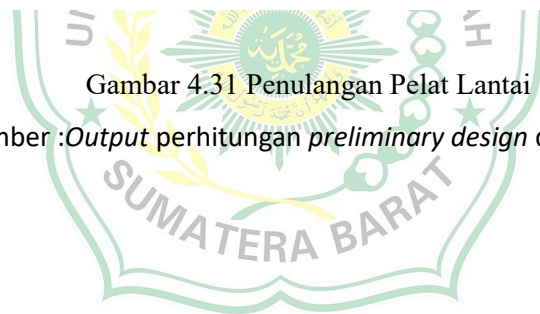
Gambar 4.30 Denah dan Penulangan Kolom

Sumber :Output perhitungan *preliminary design* dan SAP2000



Gambar 4.31 Penulangan Pelat Lantai

Sumber :*Output* perhitungan *preliminary design* dan SAP2000



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diambil dari perencanaan struktur gedung perpustakaan Politeknik Kesehatan Jambi adalah sebagai berikut:

1. Gedung ini direncanakan 3 lantai yang berlokasi di Kota Jambi menggunakan mutu beton 20,75 MPa, baja tulangan polos menggunakan mutu baja 280 MPa, dan baja tuangan ulir menggunakan mutu baja 400 MPa.
2. Setelah dilakukan perhitungan dan pengecekan, maka didapatkan dimensi tebal pelat lantai atap (h) 100 mm, tebal pelat lantai 1-2 (h) 120 mm, dimensi balok induk arah Y 45/65 dan dimensi balok induk arah X 45/65, dimensi balok anak arah Y 40/60, dimensi balok anak arah X 45/60 dan dimensi kolom lantai 1 - 3 60/60.

3. Hasil dari perhitungan tulangan pada perencanaan ini adalah :

Penulangan pelat

- Untuk Pelat lantai atap menggunakan tulangan \emptyset 10 dengan jarak antar tulangan 200 mm.
- Untuk Pelat lantai 1 - 3 menggunakan tulangan \emptyset 10 dengan jarak antar tulangan 150 mm.

Penulangan balok induk arah Y 45/65

- Penulangan balok induk arah Y lantai atap 45/65 didapat jumlah tulangan tarik 4 D 19 untuk daerah tumpuan dan 4 D 19 daerah lapangan.
- Penulangan balok induk arah Y lantai 1-2 45/65 didapat jumlah tulangan tarik 4 D 19 untuk daerah tumpuan dan 4 D 19 daerah lapangan.

Penulangan balok induk arah X 45/65

- Penulangan balok induk arah X lantai atap 45/65 didapat jumlah tulangan tarik 4 D 19 untuk daerah tumpuan dan 4 D 19 daerah lapangan.
- Penulangan balok induk arah X lantai 1-2 45/65 didapat jumlah tulangan tarik 4 D 19 untuk daerah tumpuan dan 4 D 19 daerah lapangan.

Penulangan balok anak arah X 45/60

- Penulangan balok anak arah X lantai atap 45/60 didapat jumlah tulangan tarik 3 D 19 untuk daerah tumpuan dan 3 D 19 daerah lapangan.
- Penulangan balok anak arah X lantai 1-2 45/60 didapat jumlah tulangan tarik 3 D 19 untuk daerah tumpuan dan 3 D 19 daerah lapangan.

Penulangan balok anak arah Y 40/60

- Penulangan balok anak arah Y lantai atap 40/60 didapat jumlah tulangan tarik 3 D 19 untuk daerah tumpuan dan 4 D 19 daerah lapangan.
- Penulangan balok anak arah Y lantai 1-2 40/60 didapat jumlah tulangan tarik 3 D 19 untuk daerah tumpuan dan 4 D 19 daerah lapangan.
- Penulangan kolom lantai 1-3 60/60 didapat jumlah tulangan 17 D 19 dan tulangan geser D12-150 untuk daerah lapangan, D12-100 untuk daerah Tumpuan.

5.2 Saran

Saran yang diberikan untuk pengerjaan skripsi ini sebagai berikut :

1. Melaksanakan suatu perencanaan harus memahami konsep dan gambar terlebih dahulu agar mudah dalam pelaksanaan pekerjaan.
2. Merencanakan struktur harus berdasarkan kepada standar dan ketentuan yang berlaku.
3. Dalam perencanaan elemen-elemen struktur seperti tulangan pelat, balok, serta kolom sebaiknya digunakan ukuran yang hampir seragam untuk mempermudah pelaksanaan dilapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriani, Widya, 2016, dalam Jurnal Pelatihan SAP2000 *Dalam Perencanaan Konstruksi Gedung Betob bertulang dan Baja Tahan Gempa Berdasarkan SNI-1726-2019*. Padang.
- Asroni, A. 2017. *Kolom Fondasi & Balok T Beton Bertulang*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI-1726-2019. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Bandung.
- Badan Standardisasi Nasional. (2013). *SNI-1727-2013. Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Bandung.
- Badan Standardisasi Nasional. (2013). *SNI-2847-2013. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Bandung.
- Batara, I. (2021). *Contoh Desain Struktur Bangunan dengan SAP2000*. Mamuju.
- Daniel L. 1999. *Struktur*. Jakarta: Erlangga.
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. (1983). *Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung*. Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan. Bandung.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah Badan Penelitian dan Pengembangan Permukiman dan Prasarana Wilayah. (2002). *SNI-1726-2001. Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Permukiman. Bandung.
- Habirun, Asiya Nurhasanah. 2023. STUDI KETAHANAN ELEMEN STRUKTUR KOLOM GEDUNG PERKANTORAN DENGAN USIA LAYAN 40 TAHUN. Rang Teknik Journal. Vol. 6 No. 1 Januari 2023.
- Hartono, T. (2014). *Dasar-dasar Beton Bertulang*. Yogyakarta.
- Hery Krestanto 2019. *Strategi Dan Usaha Reservasi Untuk Meningkatkan Tingkat Hunian Di Grand Orchid Hotel Yogyakarta*. Yogyakarta: Jurnal Media Wisata, Volume 17, Nomor 1, Mei 2019: 1693-5969

- <https://civilengineering.wordpress.com/2016/03/28/struktur-atas-upper-structure-dan-struktur-bawah-lower-structure/>. Diakses 15 Februari 2023
- <https://blog-mue.blogspot.com/2016/03/definisi-struktur-dan-konstruksi.html>. Diakses 15 Februari 2023
- Imran, Iswandi dan Fajar Hendrik. 2010. *Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa*. Bandung: Penerbit ITB.
- Lesmana, Y. (2020). *Handbook Desain Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847-2019*. Makasar.
- Masril. 2019. ANALISIS PERILAKU STRUKTUR ATAS GEDUNG ASRAMA PUSDIKLAT IPDN BASO, BANGUNAN WING 1 DENGAN BEBAN GEMPA BERDASARKAN SNI 03-1726-2012. Rang Teknik Journal. Vol. 2 No. 1 Januari 2019.
- Pinem, D. (2016). *AutoCad 2015 2&3 Dimensi*. Bandung.
- Prof.Dr.Ir.Antonius,M.T 2021.*Prilaku Dasar dan Desain Beton Bertulang*.Jawa Tengah:UNISSULA PRESS.
- Ristyanto, AN. (2021). *Perencanaan Struktur Gedung 9 Lantai Hotel Sky Sea View Jepara*. Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Nahdlatul Ulama. Jurnal Civil Engineering Study vol. 01, No. 01
- Sabariman, B., Purwono, R., Priyosulistyo, H.2004."Efek Pengekangan Kolom Berlubang Beton Mutu Normal Terhadap Daktilitas Kurvatur". *Jurnal Keilmuan dan Penerapan Teknik Sipil-Dimensi* Teknik Sipil, Vol. 6, No. 1, Pusat Penelitian Universitas Kristen Petra, Maret, Hlmn. 7-14.
- Standar Nasional Indonesia. (2019). *SNI-2847-2019. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bagunan Gedung*. Bandung.
- Yohanes Trian Dady M. D. J. Sumajouw, R. S. Windah 2015 *Pengaruh Kuat Tekan Terhadap Kuat Lentur Balok Beton Bertulang*.Manado: Jurnal Sipil Statik Vol.3 No.5 Mei 2015: 2337-6732.



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH
SUMATERA BARAT
2023**

JUDUL SKRIPSI

**PERENCANAAN STRUKTUR ATAS
GEDUNG PERPUSTAKAAN
POLITEKNIK KESEHATAN JAMBI**

DISUSUN OLEH :

YOSEP RIZAL
21180116

DOSEN PEMBIMBING II :

ASIYA NURHASANAH HABIRUN, S.ST., M.Eng
NIDN. 1022119101

DOSEN PEMBIMBING I :

MASRIL, S.T., M.T
NIDN. 1005057407



TAMPAK DEPAN
SKALA 1:200

TAHUN

2023

NO LEMBAR



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH
SUMATERA BARAT
2023**

JUDUL SKRIPSI

**PERENCANAAN STRUKTUR ATAS
GEDUNG PERPUSTAKAAN
POLITEKNIK KESEHATAN JAMBI**

DISUSUN OLEH :

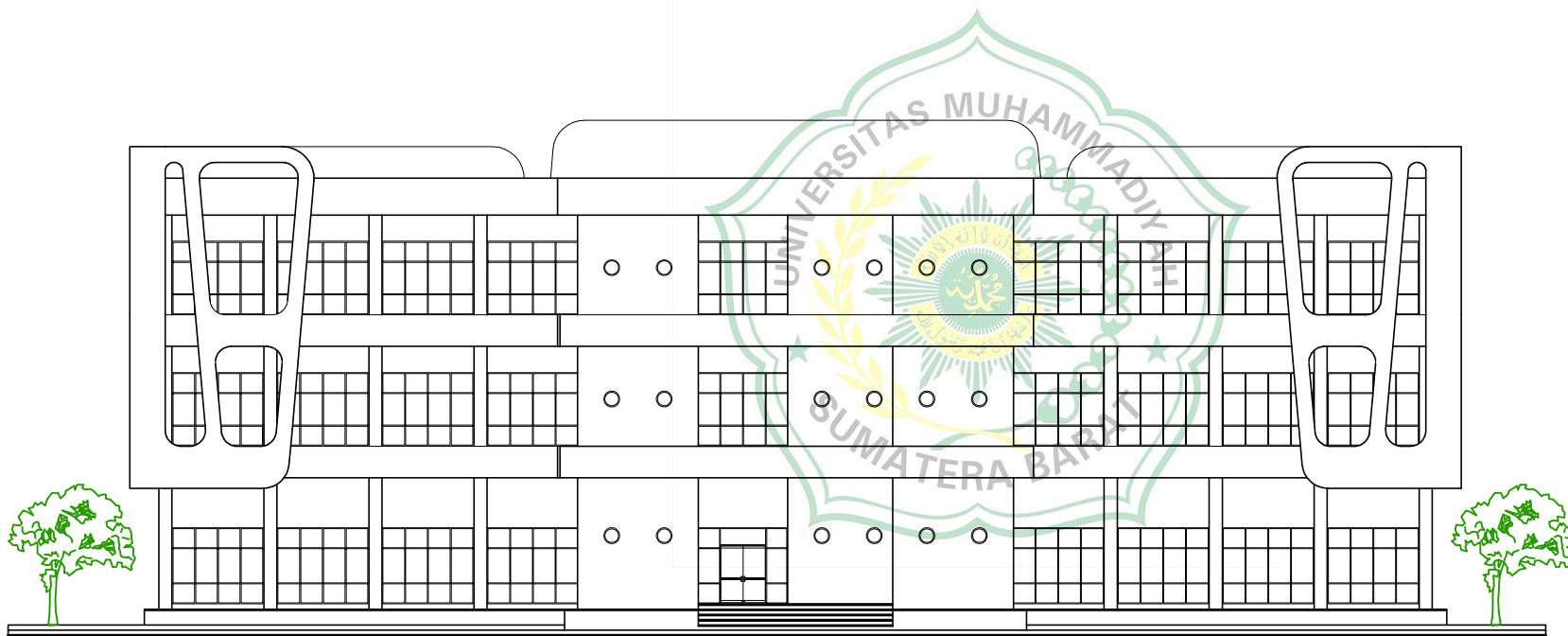
YOSEP RIZAL
21180116

DOSEN PEMBIMBING II :

ASIYA NURHASANAH HABIRUN, S.ST., M.Eng
NIDN. 1022119101

DOSEN PEMBIMBING I :

MASRIL, S.T., M.T
NIDN. 1005057407



TAMPAK BELAKANG

SKALA 1:200

TAHUN

2023

NO LEMBAR



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH
SUMATERA BARAT
2023**

JUDUL SKRIPSI

**PERENCANAAN STRUKTUR ATAS
GEDUNG PERPUSTAKAAN
POLITEKNIK KESEHATAN JAMBI**

DISUSUN OLEH :

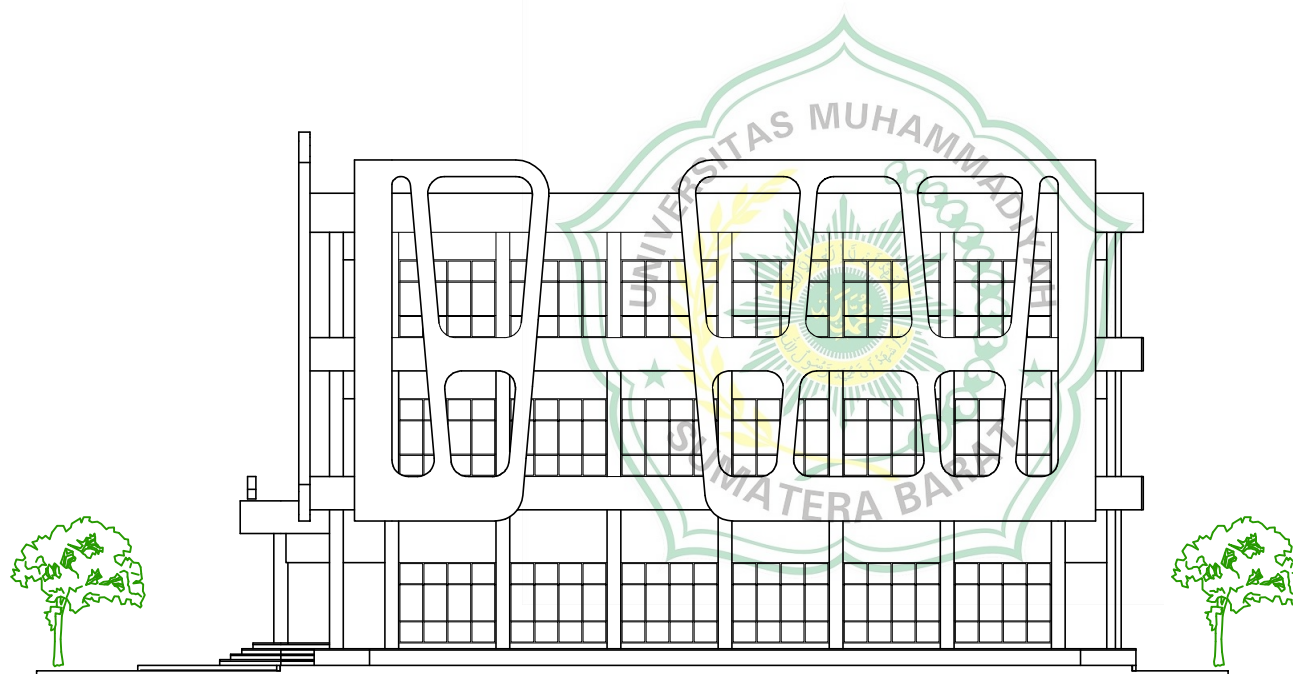
YOSEP RIZAL
21180116

DOSEN PEMBIMBING II :

ASIYA NURHASANAH HABIRUN, S.ST., M.Eng
NIDN. 1022119101

DOSEN PEMBIMBING I :

MASRIL, S.T., M.T
NIDN. 1005057407



 **TAMPAK S. KANAN**
SKALA 1:200

TAHUN

2023

NO LEMBAR



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH
SUMATERA BARAT
2023**

JUDUL SKRIPSI

**PERENCANAAN STRUKTUR ATAS
GEDUNG PERPUSTAKAAN
POLITEKNIK KESEHATAN JAMBI**

DISUSUN OLEH :

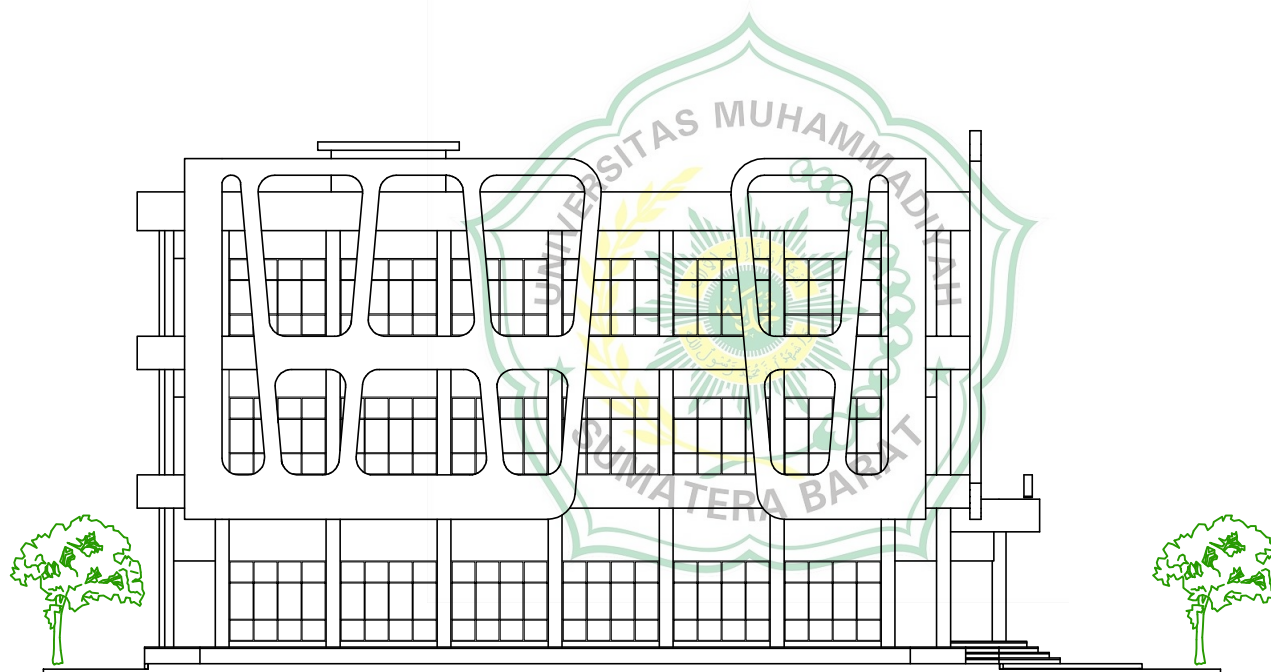
YOSEP RIZAL
21180116

DOSEN PEMBIMBING II :

ASIYA NURHASANAH HABIRUN, S.ST., M.Eng
NIDN. 1022119101

DOSEN PEMBIMBING I :

MASRIL, S.T., M.T
NIDN. 1005057407



TAMPAK S. KIRI

SKALA 1:200

TAHUN

2023

NO LEMBAR



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK
 UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH
 SUMATERA BARAT
 2023**

JUDUL SKRIPSI

**PERENCANAAN STRUKTUR ATAS
 GEDUNG PERPUSTAKAAN
 POLITEKNIK KESEHATAN JAMBI**

DISUSUN OLEH :

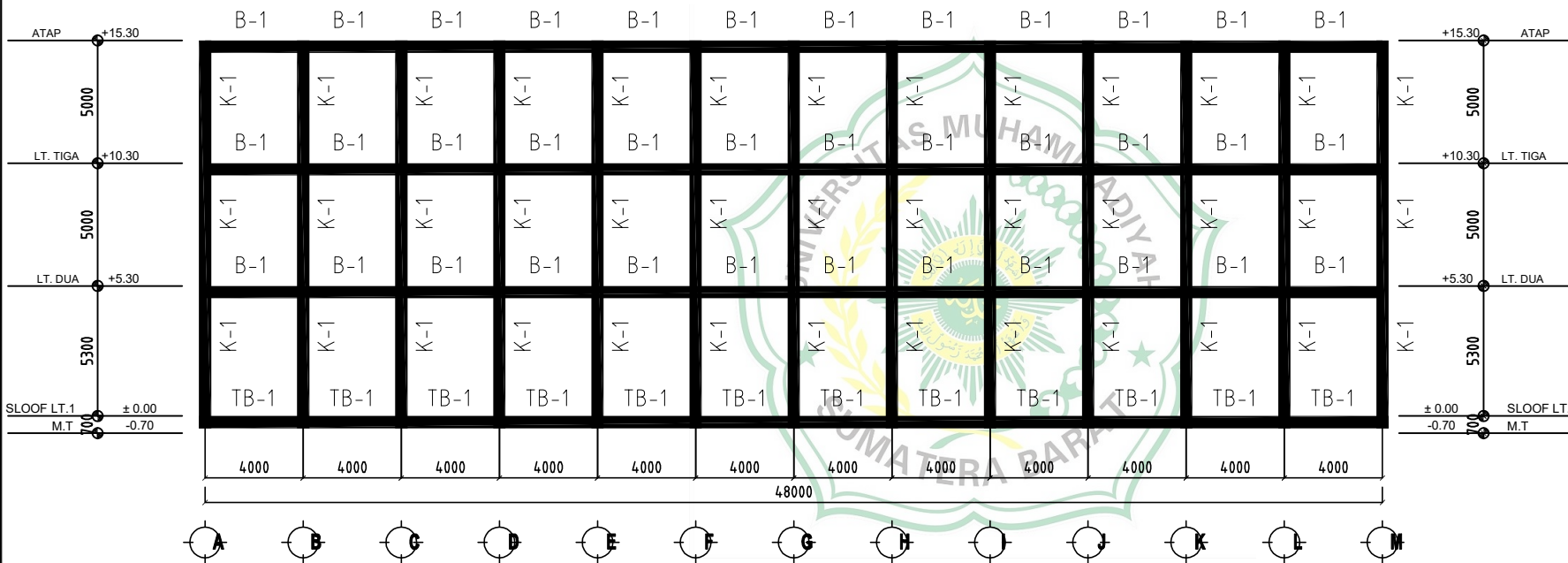
YOSEP RIZAL
 21180116

DOSEN PEMBIMBING II :

ASIYA NURHASANAH HABIRUN, S.ST., M.Eng
 NIDN. 1022119101

DOSEN PEMBIMBING I :

MASRIL, S.T., M.T
 NIDN. 1005057407



POTONGAN PORTAL - (5, 7, 9)
 SKALA 1:200



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH
SUMATERA BARAT
2023**

JUDUL SKRIPSI

**PERENCANAAN STRUKTUR ATAS
GEDUNG PERPUSTAKAAN
POLITEKNIK KESEHATAN JAMBI**

DISUSUN OLEH :

YOSEP RIZAL
21180116

DOSEN PEMBIMBING II :

ASIYA NURHASANAH HABIRUN, S.ST., M.Eng
NIDN. 1022119101

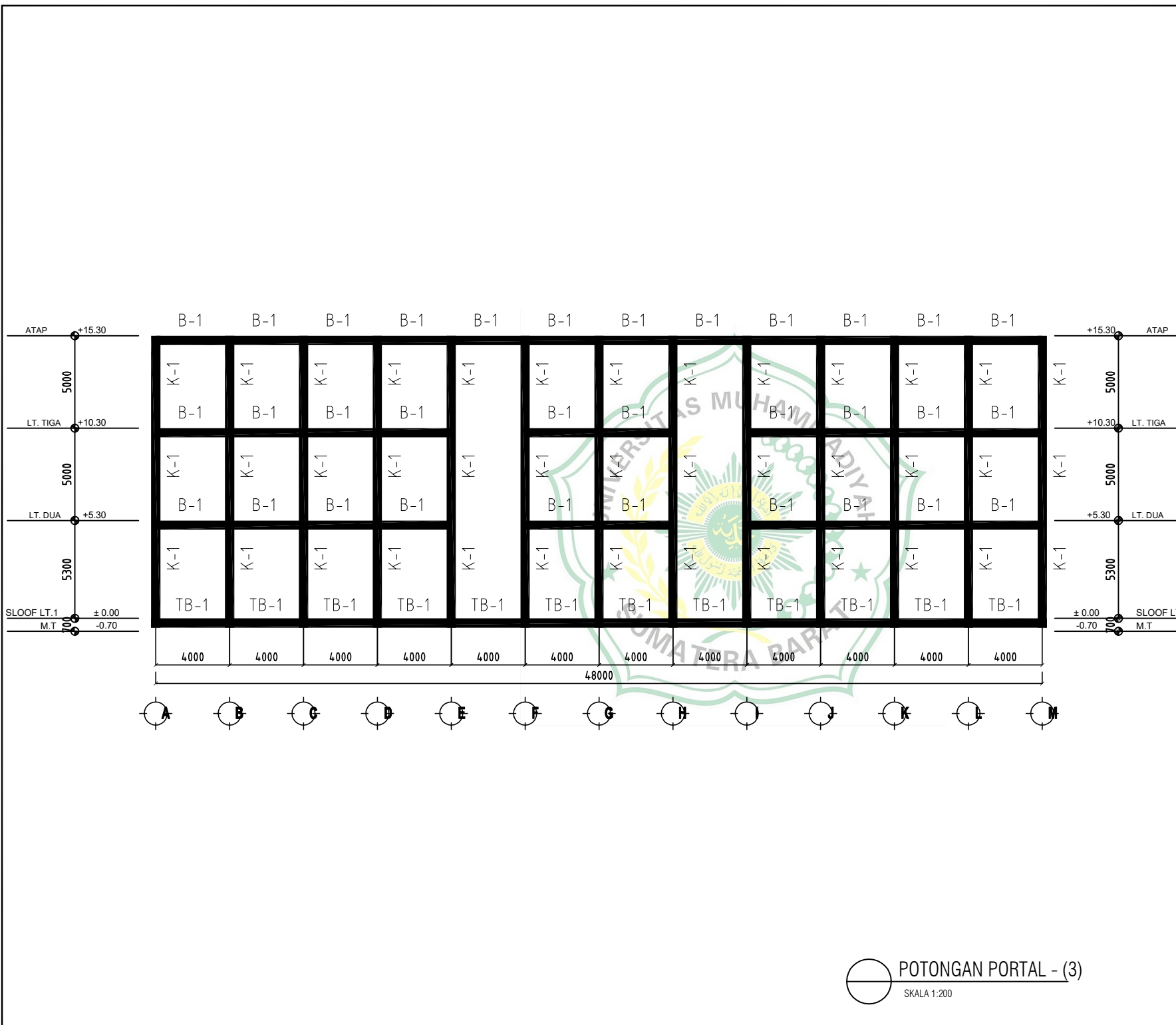
DOSEN PEMBIMBING I :

MASRIL, S.T., M.T
NIDN. 1005057407

TAHUN

2023

NO LEMBAR



POTONGAN PORTAL - (3)
SKALA 1:200



JUDUL SKRIPSI

**PERENCANAAN STRUKTUR ATAS
GEDUNG PERPUSTAKAAN
POLITEKNIK KESEHATAN JAMBI**

DISUSUN OLEH :

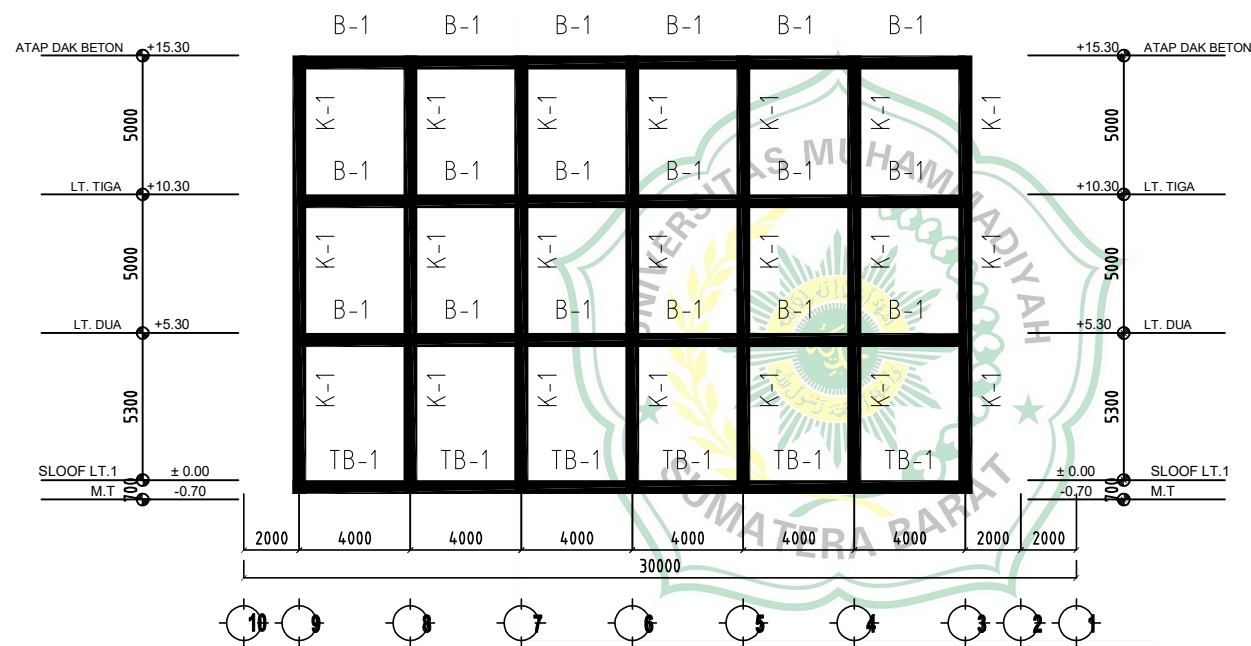
YOSEP RIZAL
21180116

DOSEN PEMBIMBING II :

ASIYA NURHASANAH HABIRUN, S.ST., M.Eng
NIDN. 1022119101

DOSEN PEMBIMBING I :

MASRIL, S.T., M.T
NIDN. 1005057407



 **POTONGAN PORTAL - (A, M)**
SKALA 1:200



JUDUL SKRIPSI

**PERENCANAAN STRUKTUR ATAS
GEDUNG PERPUSTAKAAN
POLITEKNIK KESEHATAN JAMBI**

DISUSUN OLEH :

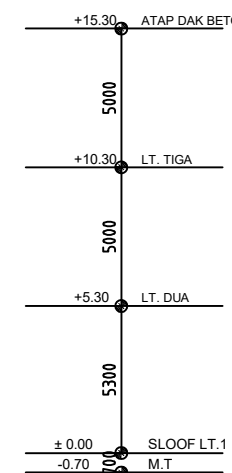
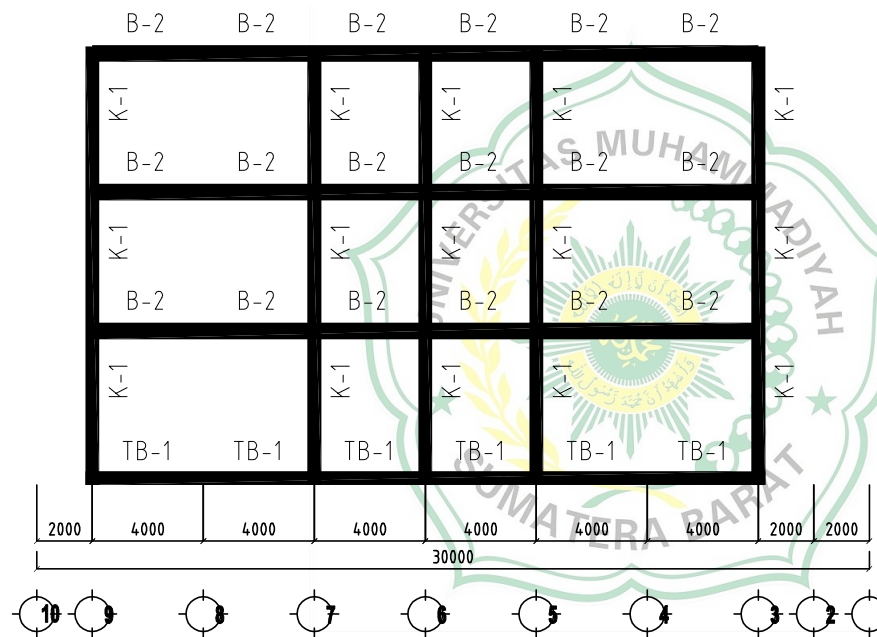
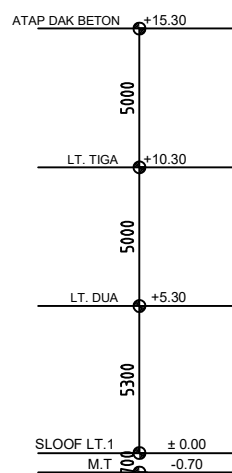
YOSEP RIZAL
21180116

DOSEN PEMBIMBING II :

ASIYA NURHASANAH HABIRUN, S.ST., M.Eng
NIDN. 1022119101

DOSEN PEMBIMBING I :

MASRIL, S.T., M.T
NIDN. 1005057407



POTONGAN PORTAL - (B, C, D, J, K, L)
SKALA 1:200



JUDUL SKRIPSI

**PERENCANAAN STRUKTUR ATAS
GEDUNG PERPUSTAKAAN
POLITEKNIK KESEHATAN JAMBI**

DISUSUN OLEH :

YOSEP RIZAL
21180116

DOSEN PEMBIMBING II :

ASIYA NURHASANAH HABIRUN, S.ST., M.Eng
NIDN. 1022119101

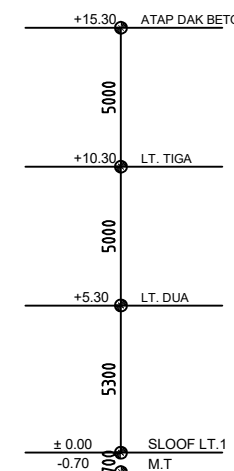
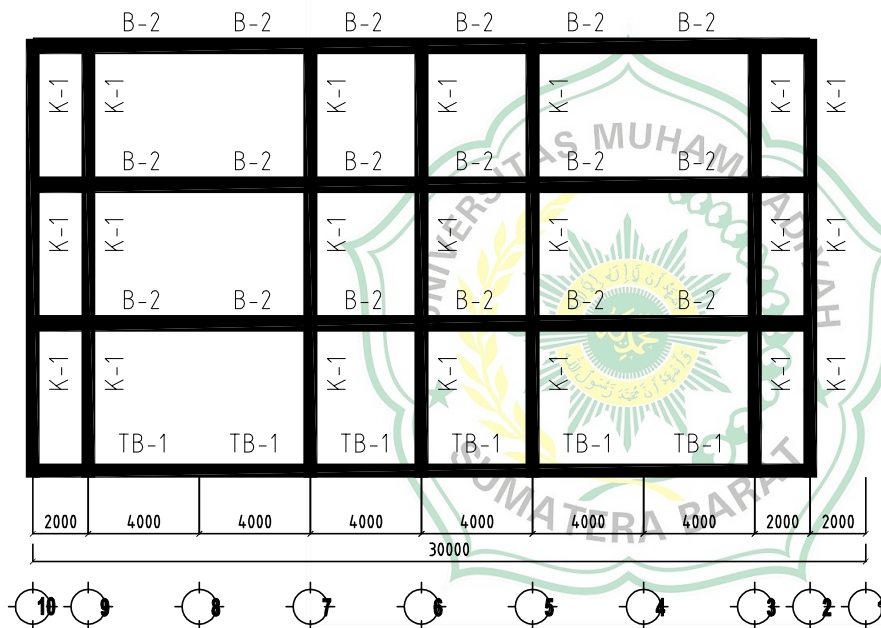
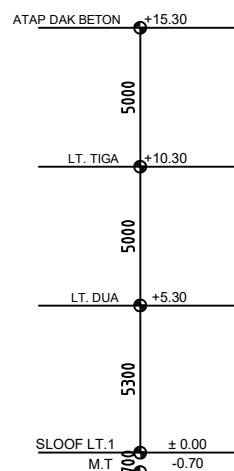
DOSEN PEMBIMBING I :

MASRIL, S.T., M.T
NIDN. 1005057407

TAHUN

2023

NO LEMBAR



POTONGAN PORTAL - (E, I)
SKALA 1:200



JUDUL SKRIPSI

**PERENCANAAN STRUKTUR ATAS
GEDUNG PERPUSTAKAAN
POLITEKNIK KESEHATAN JAMBI**

DISUSUN OLEH :

YOSEP RIZAL
21180116

DOSEN PEMBIMBING II :

ASIYA NURHASANAH HABIRUN, S.ST., M.Eng
NIDN. 1022119101

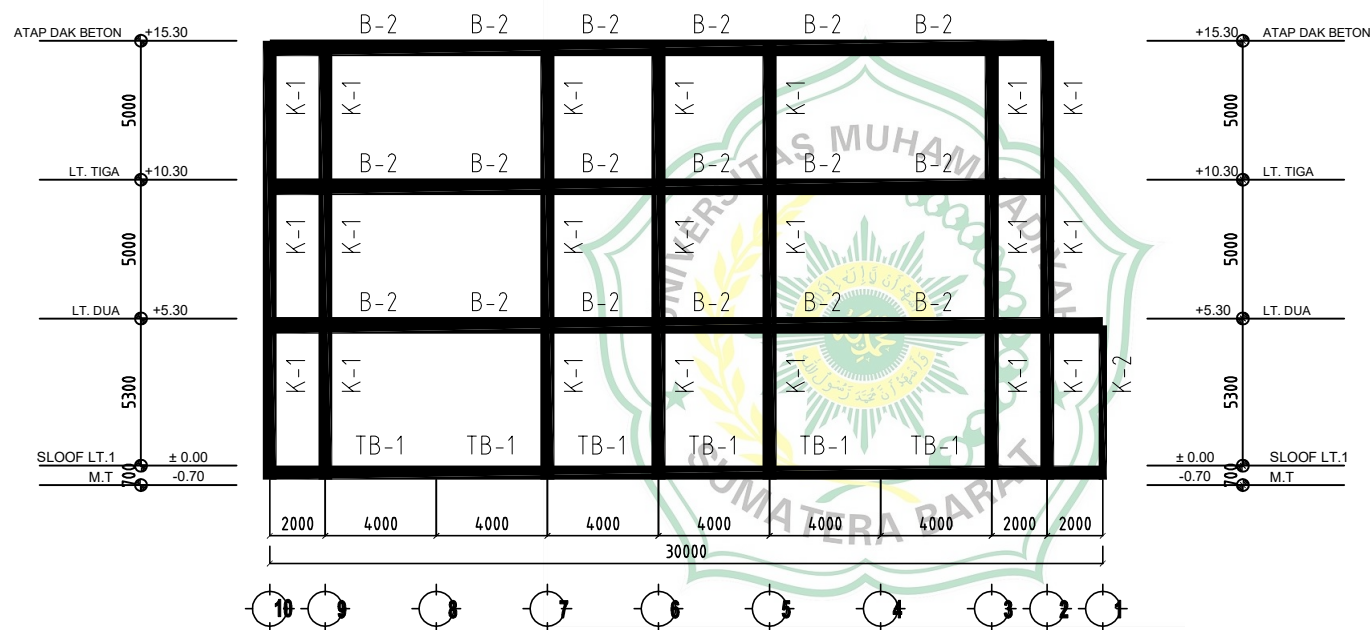
DOSEN PEMBIMBING I :

MASRIL, S.T., M.T
NIDN. 1005057407

TAHUN

2023

NO LEMBAR



POTONGAN PORTAL - (F,H)
SKALA 1:200



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH
SUMATERA BARAT
2023**

JUDUL SKRIPSI

**PERENCANAAN STRUKTUR ATAS
GEDUNG PERPUSTAKAAN
POLITEKNIK KESEHATAN JAMBI**

DISUSUN OLEH :

YOSEP RIZAL
21180116

DOSEN PEMBIMBING II :

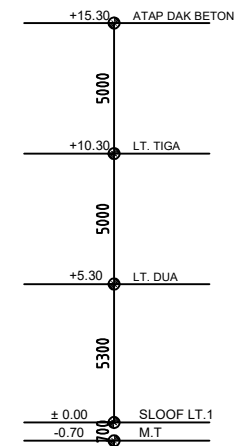
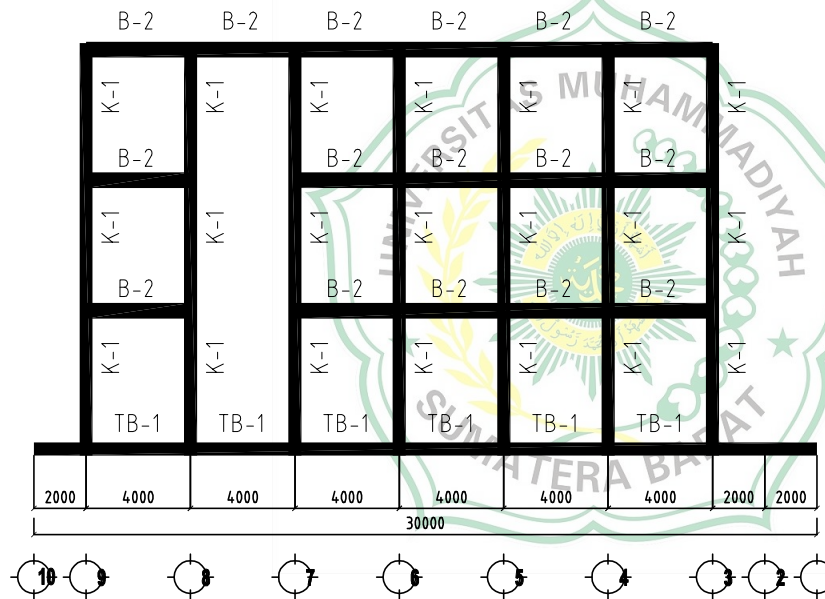
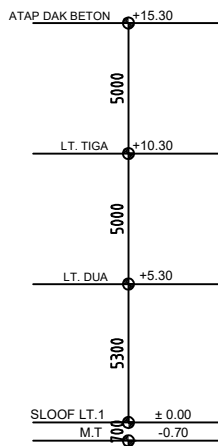
ASIYA NURHASANAH HABIRUN, S.ST., M.Eng
NIDN. 1022119101

DOSEN PEMBIMBING I :

MASRIL, S.T., M.T
NIDN. 1005057407

TAHUN

NO LEMBAR



POTONGAN PORTAL - (G)
SKALA 1:200



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH
SUMATERA BARAT
2023**

JUDUL SKRIPSI

**PERENCANAAN STRUKTUR ATAS
GEDUNG PERPUSTAKAAN
POLITEKNIK KESEHATAN JAMBI**

DISUSUN OLEH :

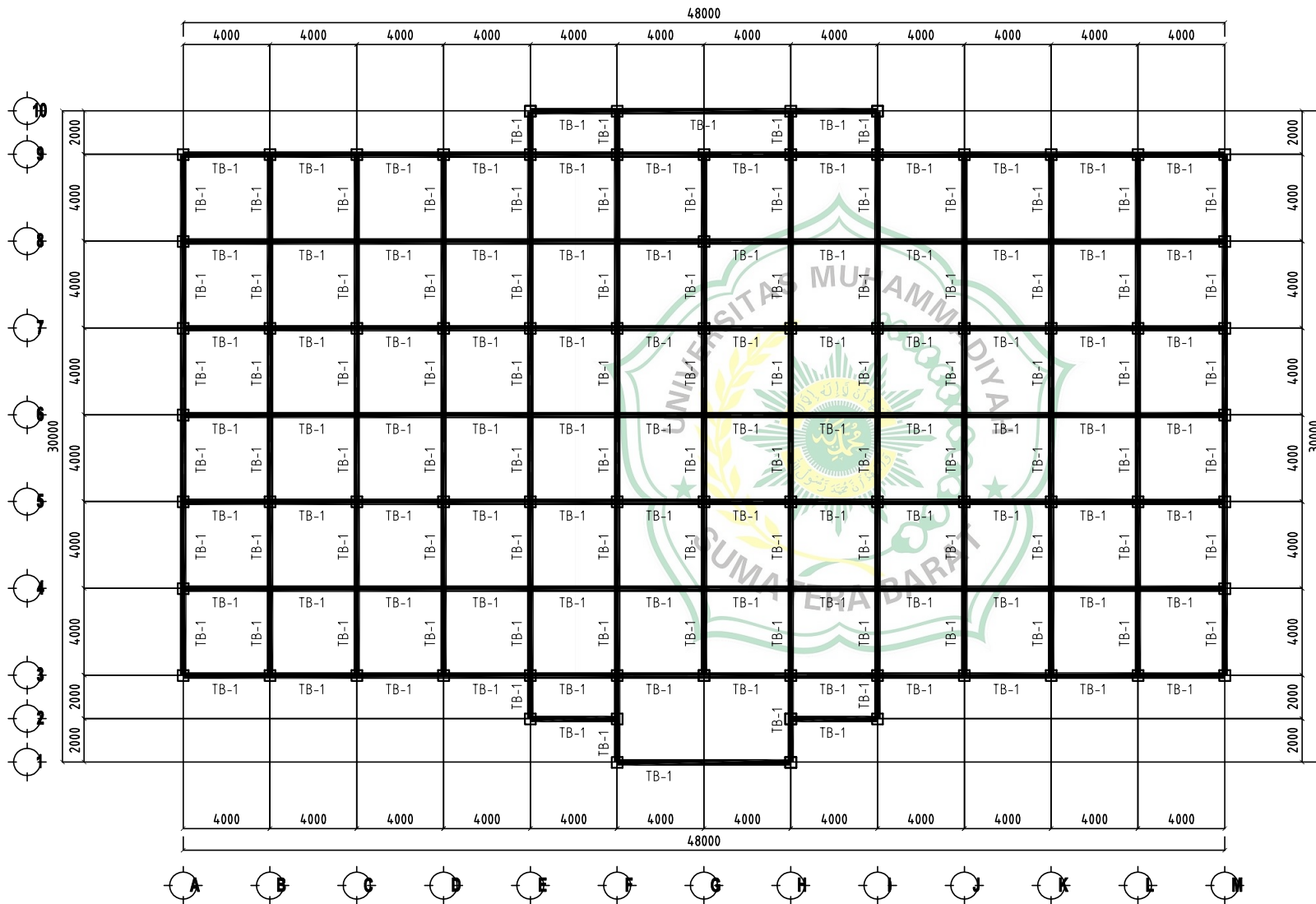
YOSEP RIZAL
21180116

DOSEN PEMBIMBING II :

ASIYA NURHASANAH HABIRUN, S.ST., M.Eng
NIDN. 1022119101

DOSEN PEMBIMBING I :

MASRIL, S.T., M.T
NIDN. 1005057407



DENAH T. BEAM LT.1
SKALA 1:200

TAHUN

NO LEMBAR

2023



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH
SUMATERA BARAT
2023**

JUDUL SKRIPSI

**PERENCANAAN STRUKTUR ATAS
GEDUNG PERPUSTAKAAN
POLITEKNIK KESEHATAN JAMBI**

DISUSUN OLEH :

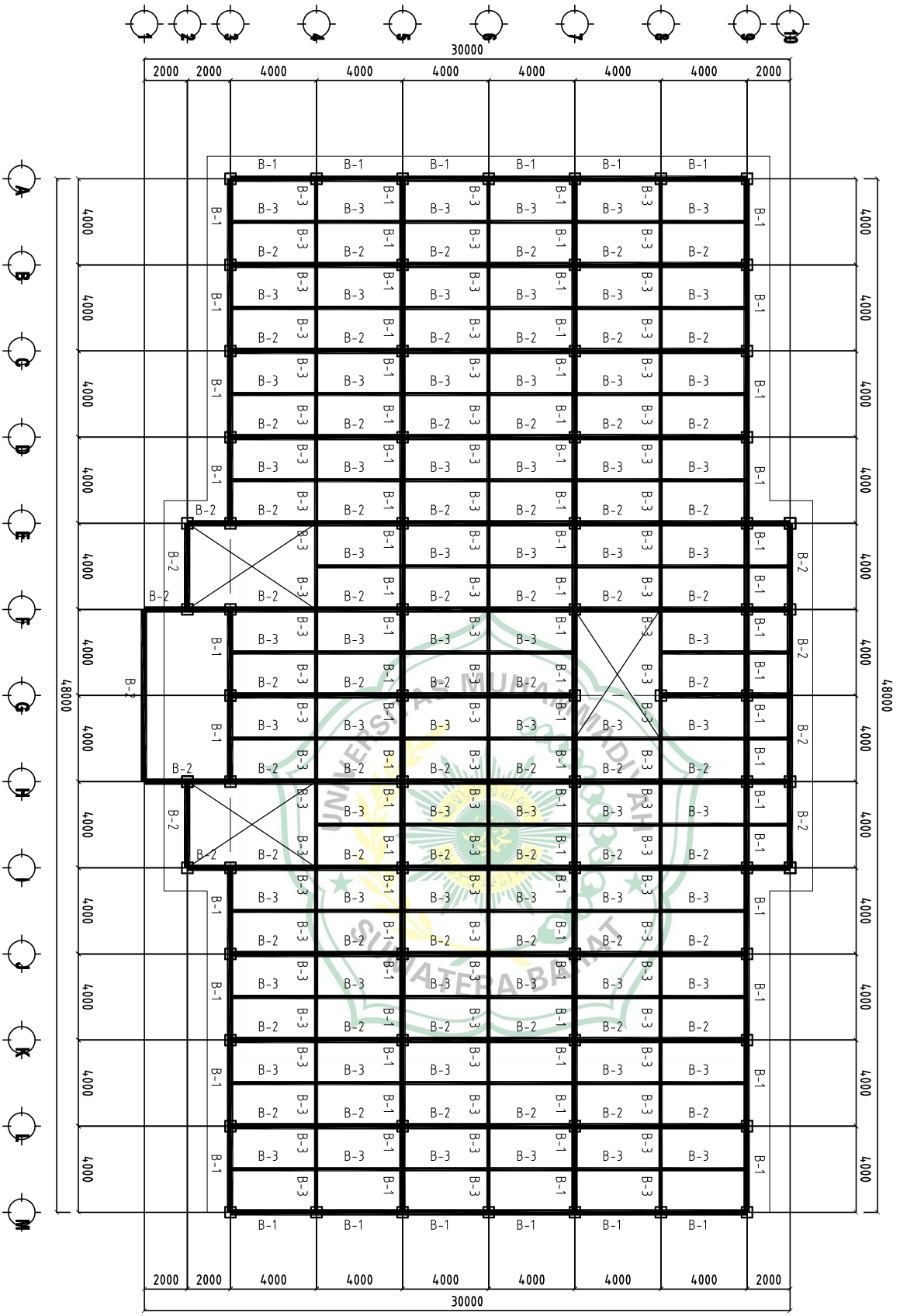
YOSEP RIZAL
21180116

DOSEN PEMBIMBING II :

ASIYA NURHASANAH HABIRUN, S.ST., M.Eng
NIDN.1022119101

DOSEN PEMBIMBING I :

MASRIL, S.T., M.T
NIDN.1005057407



DENAH PEMBALOKAN LT.2
SKALA 1:200

TAHUN 2023

NO LEMBAR



JUDUL SKRIPSI

**PERENCANAAN STRUKTUR ATAS
GEDUNG PERPUSTAKAAN
POLITEKNIK KESEHATAN JAMBI**

DISUSUN OLEH :

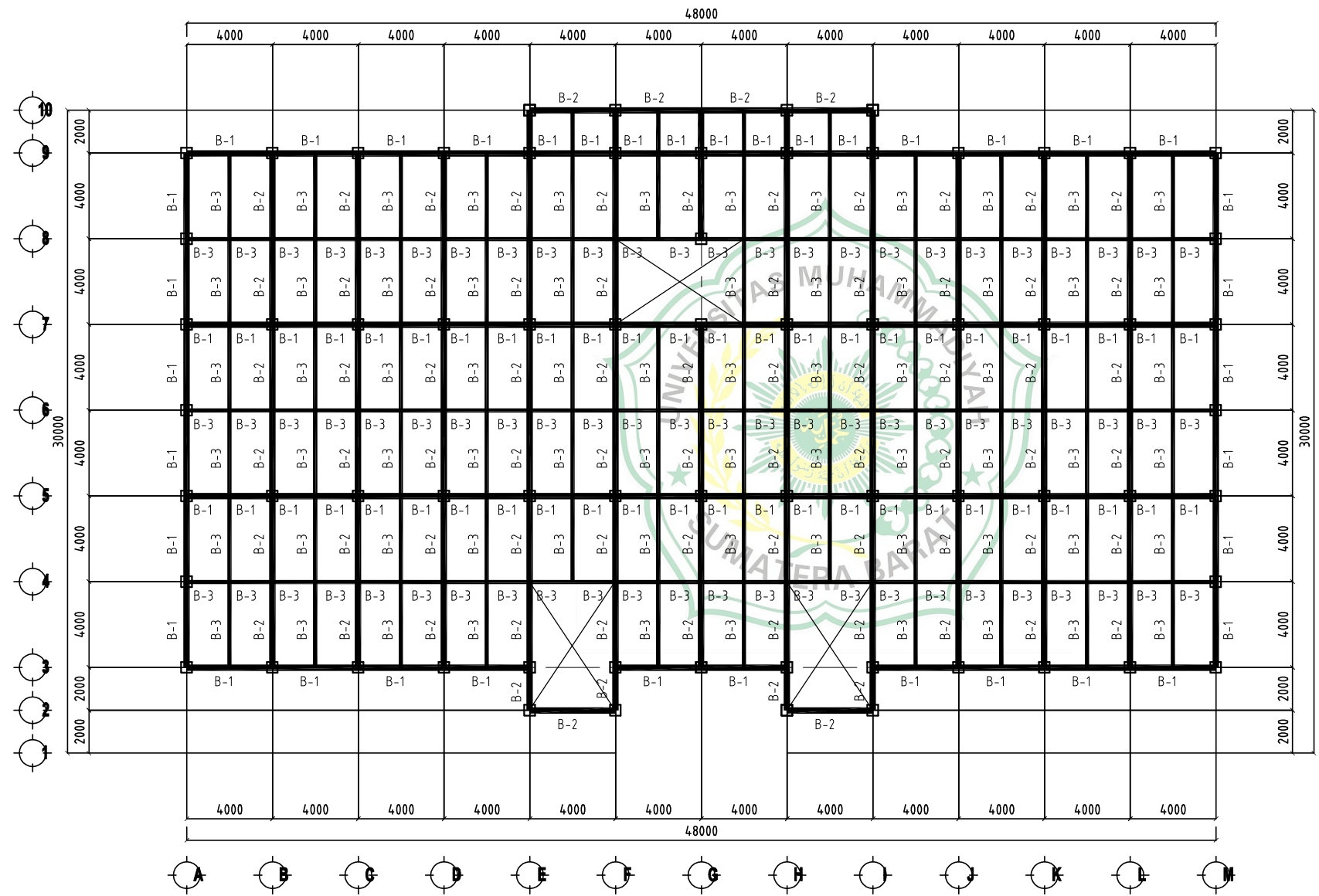
YOSEP RIZAL
21180116

DOSEN PEMBIMBING II :

ASIYA NURHASANAH HABIRUN, S.ST., M.Eng
NIDN. 1022119101

DOSEN PEMBIMBING I :

MASRIL, S.T., M.T
NIDN. 1005057407



DENAH PEMBALOKAN LT. 3
SKALA 1:200



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH
SUMATERA BARAT
2023

JUDUL SKRIPSI

PERENCANAAN STRUKTUR ATAS
GEDUNG PERPUSTAKAAN
POLITEKNIK KESEHATAN JAMBI

DISUSUN OLEH :

YOSEP RIZAL
 21180116

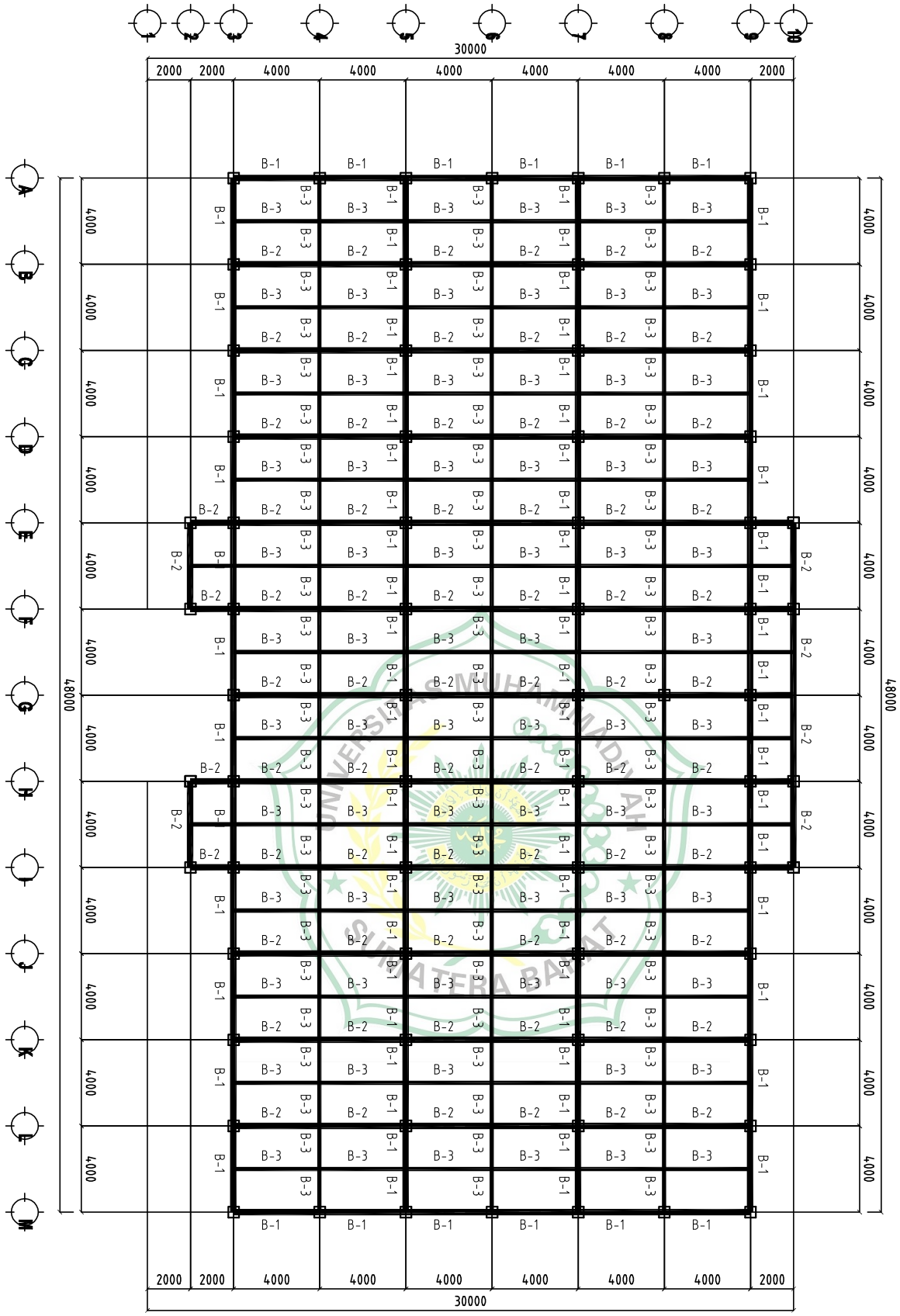
DOSEN PEMBIMBING II :

ASIYA NURHASANAH HABIRUN, S.ST., M.Eng
 NIDN.1022119101

DOSEN PEMBIMBING I :

MASRIL, S.T., MT
 NIDN.1005057407

TAHUN **2023** NO LEMBAR



DENAH PEMBALOKAN LT. ATAP
 SKALA 1:200



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH
SUMATERA BARAT
2023**

JUDUL SKRIPSI

**PERENCANAAN STRUKTUR ATAS
GEDUNG PERPUSTAKAAN
POLITEKNIK KESEHATAN JAMBI**

DISUSUN OLEH :

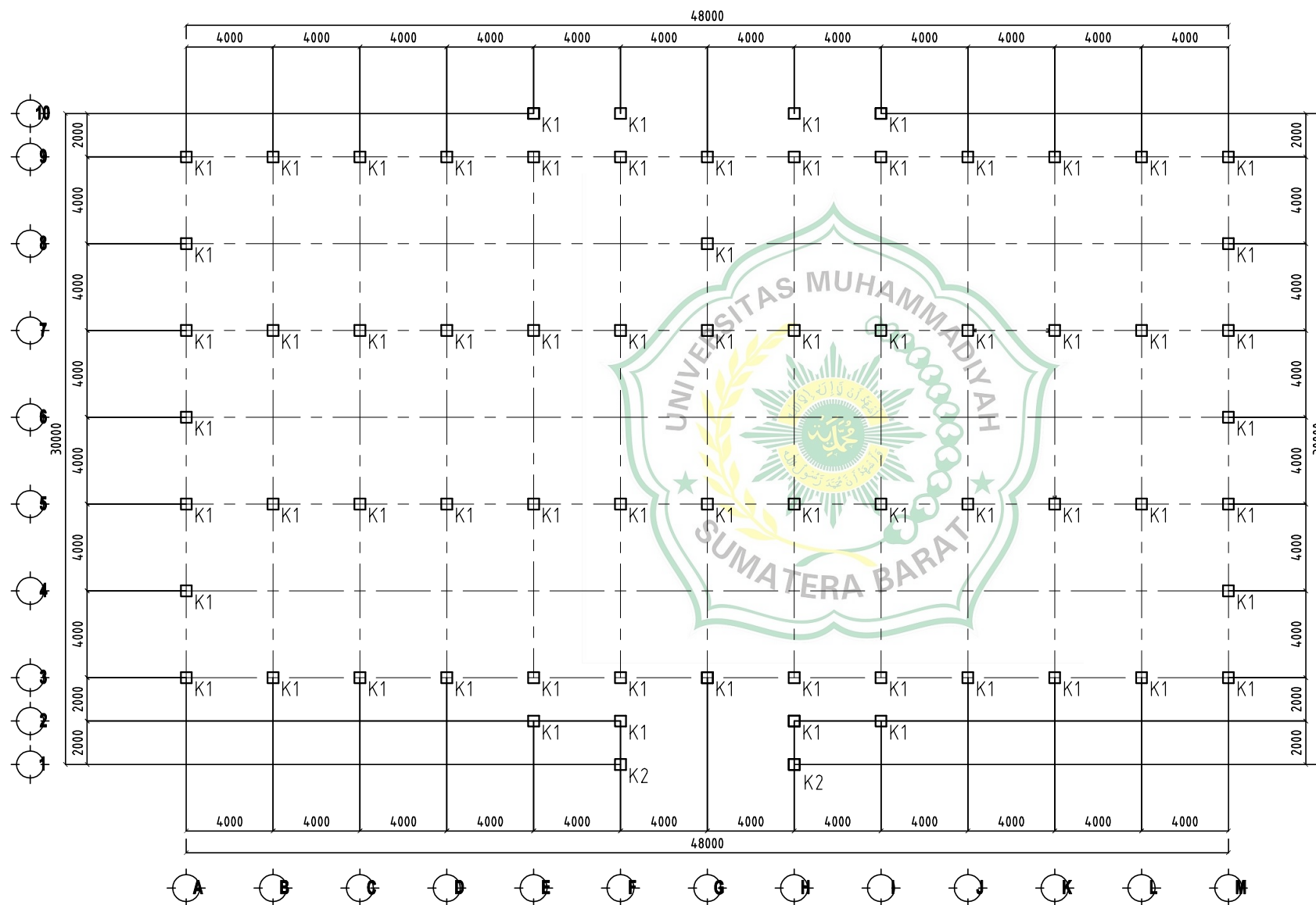
YOSEP RIZAL
21180116

DOSEN PEMBIMBING II :

ASIYA NURHASANAH HABIRUN, S.ST., M.Eng
NIDN. 1022119101

DOSEN PEMBIMBING I :

MASRIL, S.T., M.T
NIDN. 1005057407



DENAH PERLETAKAN KOLOM LT. 1
SKALA 1:200

TAHUN

2023

NO LEMBAR



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH
SUMATERA BARAT
2023**

JUDUL SKRIPSI

**PERENCANAAN STRUKTUR ATAS
GEDUNG PERPUSTAKAAN
POLITEKNIK KESEHATAN JAMBI**

DISUSUN OLEH :

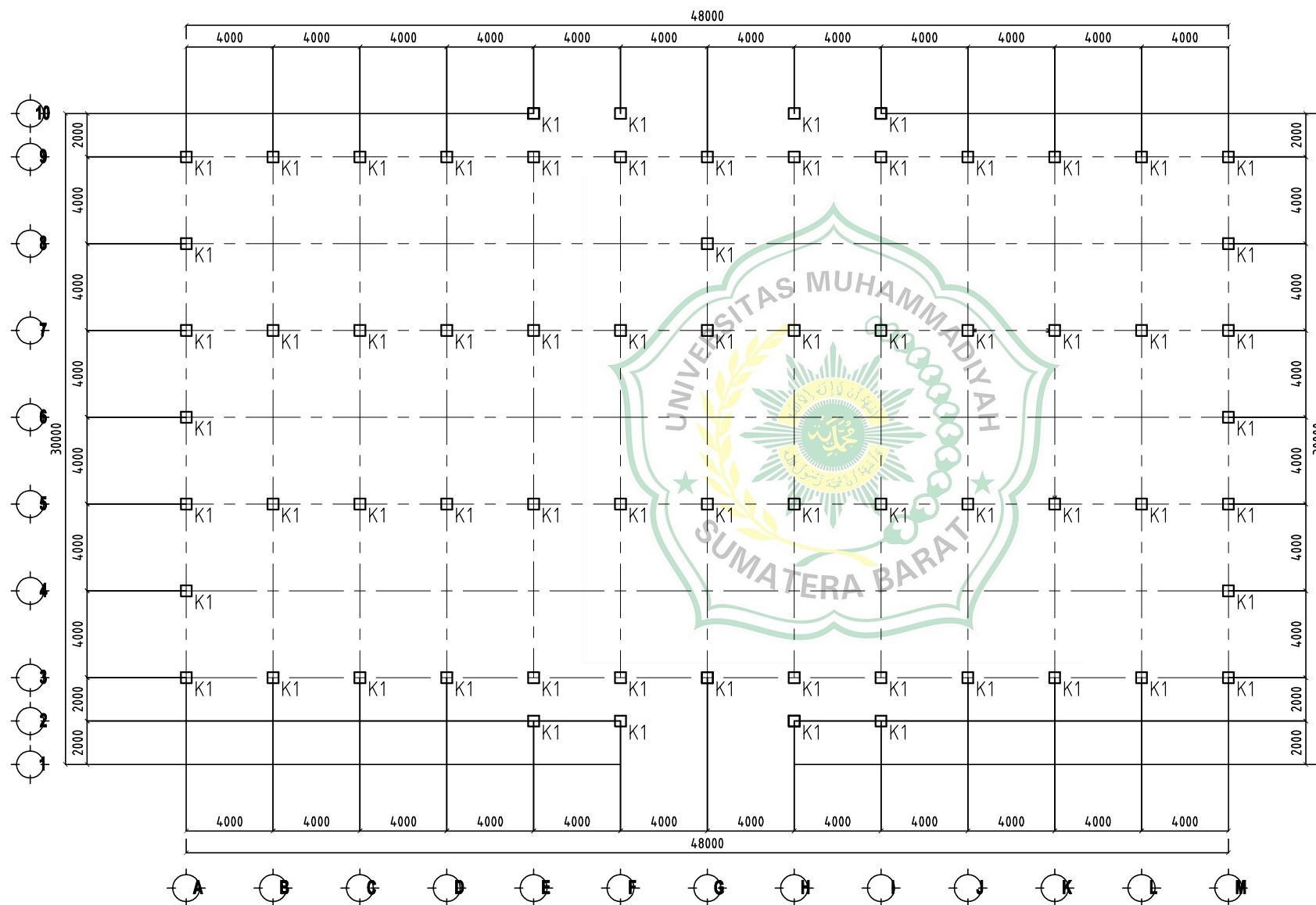
YOSEP RIZAL
21180116

DOSEN PEMBIMBING II :

ASIYA NURHASANAH HABIRUN, S.ST., M.Eng
NIDN. 1022119101

DOSEN PEMBIMBING I :

MASRIL, S.T., M.T
NIDN. 1005057407



DENAH PERLETAKAN KOLOM LT. 2
SKALA 1:200

TAHUN

2023

NO LEMBAR



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH
SUMATERA BARAT
2023**

JUDUL SKRIPSI

**PERENCANAAN STRUKTUR ATAS
GEDUNG PERPUSTAKAAN
POLITEKNIK KESEHATAN JAMBI**

DISUSUN OLEH :

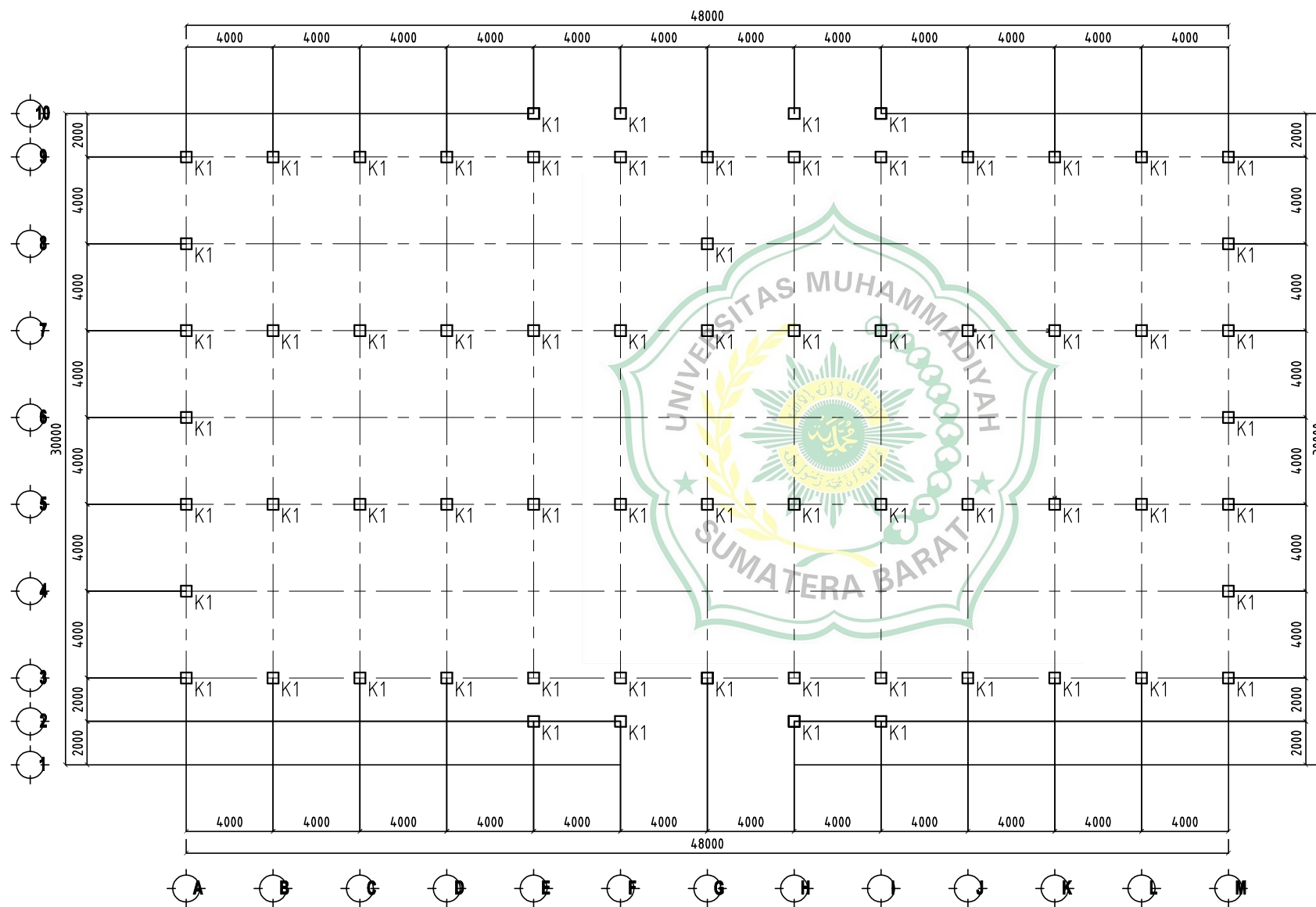
YOSEP RIZAL
21180116

DOSEN PEMBIMBING II :

ASIYA NURHASANAH HABIRUN, S.ST., M.Eng
NIDN. 1022119101

DOSEN PEMBIMBING I :

MASRIL, S.T., M.T
NIDN. 1005057407



DENAH PERLETAKAN KOLOM LT. 3
SKALA 1:200

TAHUN

2023

NO LEMBAR



JUDUL SKRIPSI

**PERENCANAAN STRUKTUR ATAS
GEDUNG PERPUSTAKAAN
POLITEKNIK KESEHATAN JAMBI**

DISUSUN OLEH :

YOSEP RIZAL
21180116

DOSEN PEMBIMBING II :

ASIYA NURHASANAH HABIRUN, S.ST., M.Eng
NIDN. 1022119101

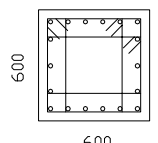
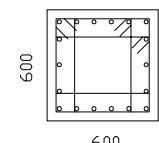
DOSEN PEMBIMBING I :

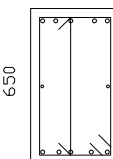
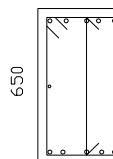
MASRIL, S.T., M.T
NIDN. 1005057407

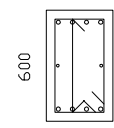
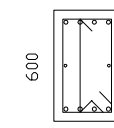
TAHUN

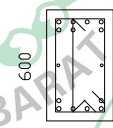
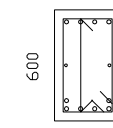
2023

NO LEMBAR

TIPE KOLOM	K-1 (60/60)	
POSISI	TUMPUAN, L=1/4	LAPANGAN, L=1/2
PENAMPANG KOLOM		
	600	600
TUL	18 D25	18 D25
SENGKANG	D12 - 100	D12-150

TIPE BALOK	B-1 (45/65)	
POSISI	TUMPUAN, L=1/4	LAPANGAN, L=1/2
PENAMPANG BALOK		
	650	450
TUL ATAS	5 D19	5 D19
TUL BAWAH	5 D19	5 D19
SENGKANG	D12-100	D12-150

TIPE BALOK	B-2 (60/45)	
POSISI	TUMPUAN, L=1/4	LAPANGAN, L=1/2
PENAMPANG BALOK		
	600	450
TUL ATAS	4 D19	4 D19
TUL BAWAH	4 D19	4 D19
SENGKANG	D12-100	D12-150

TIPE BALOK	B-3 (60/40)	
POSISI	TUMPUAN, L=1/4	LAPANGAN, L=1/2
PENAMPANG BALOK		
	600	400
TUL ATAS	4 D19	4 D19
TUL BAWAH	4 D19	4 D19
SENGKANG	D12- 100	D12-150

 TABEL DETAIL PEMBESIAN
SKALA 1:25