

SKRIPSI

PERENCANAAN STRUKTUR ATAS GEDUNG KULIAH UNIVERSITAS MUHAMMAD NATSIR BUKITTINGGI

Skripsi Ini Disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan

Dalam Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil



Oleh :

GEORGE WIRA SANJANI

191000222201055

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT

2022

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

PERENCANAAN STRUKTUR ATAS GEDUNG KULIAH
UNIVERSITAS MOHAMMAD NATSIR BUKITTINGGI

Oleh

GEORGE WIRA SANJANI

191000222201055

Dosen Pembimbing I



HELGA YERMADONA, S.Pd. MT

NIDN. 1013098502

Dosen Pembimbing II



DEDDY KURNIAWAN, ST. MT

NIDN. 1022018303

Dekan Fakultas Teknik UMSB



MASRIL, ST. MT

NIDN. 1005057407

Ketua Prodi Teknik Sipil



HELGA YERMADONA, S.Pd. MT

NIDN. 1013098502

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT

2022


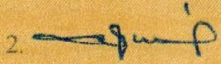


LEMBARAN PERSETUJUAN TIM PENGUJI

Skripsi ini telah dipertahankan dan disempurnakan berdasarkan masukan dan koreksi Tim Penguji pada ujian tertutup tanggal 27 Februari 2022 di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat


Bukittinggi, tanggal 27 Februari 2022
Mahasiswa,

George Wira Sanjani
191000222201055

Disetujui Tim Penguji Skripsi tanggal 27 Februari 2022

- | | |
|-----------------------------------|---|
| 1. Helga Yermadona, S.Pd.,MT | 1.  |
| 2. Masril, ST. MT | 2.  |
| 3. Ir. Surya Eka Priana, M.T.,IPP | 3.  |
| 4. Yorizal Putra, S.T., M.T | 4.  |

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik UMSB


Masril, ST. MT
NIDN. 1005057407

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : George Wira Sanjani

NIM : 191000222201055

Judul Skripsi : Perencanaan Struktur Atas Gedung Kuliah Universitas
Mohammad Natsir Bukittinggi

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 Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

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

Bukittinggi, 22 Januari 2022

Mahasiswa,



George Wira Sanjani

191000222201055

ABSTRAK

Gedung Kuliah Universitas Muhammad Natsir Bukittinggi dibangun tiga lantai. Gedung kuliah ini berada pada kota Bukittinggi. Struktur bangunan gedung ini direncanakan struktur tahan gempa sehingga menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), SNI2847:2019. Analisis struktur atas gedung dimulai ini dari *preliminary design*, perhitungan beban-beban serta gaya-gaya yang bekerja, perhitungan dimensi penulangan dan analisis kekuatan pada struktur. Perhitungan gaya-gaya yang bekerja menggunakan aplikasi *Etabs versi 18*. Setelah dimensi dan jumlah tulangan pada elemen struktur didapat, dilanjutkan dengan penggambaran struktur gedung. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, dimensi kolom yang digunakan adalah 350x400 mm dengan tulangan pokok 12D19 mm dan tulangan geser $\text{Ø}10\text{--}150$ mm. Untuk balok terdapat 5 tipe dengan bentang terpanjang 6 m menggunakan dimensi balok 300x400 mm dengan tulangan pokok pada tumpuan 7D19 mm dan 5D19 mm pada lapangan, sedangkan tulangan geser menggunakan D10–125 mm pada tumpuan dan $\text{Ø}10\text{--}150$ mm pada lapangan. Pada ring balok juga terdapat 5 tipe dengan bentang terpanjang 6 m, dimensi ring balok yang digunakan 300x400 mm dengan tulangan pokok 7D13 mm dan tulangan geser $\text{Ø}8\text{--}200$ mm ditumpuan dan $\text{Ø}8\text{--}250$ di lapangan. Untuk ketebalan Pelat Lantai 120 mm dengan tulangan D10-110 mm.

Kata kunci : *Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), SNI 2847:2019, Etabs versi 18, elemen struktur, struktur*



KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala berkat yang telah diberikan-Nya, sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi ini merupakan salah satu kewajiban yang harus diselesaikan untuk memenuhi sebagian persyaratan akademik untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil di Universitas Muhammadiyah Sumatra Barat.

Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan, bantuan, dan doa 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. Bapak Masril, ST. MT selaku Dekan Fakultas Teknik UMSB.
2. Bapak Hariyadi, S.Kom, M.Kom selaku Wakil Dekan Fakultas Teknik UMSB.
3. Ibu Helga Yermadona, S.Pd. MT, selaku Ketua Prodi Teknik Sipil dan Dosen Pembimbing I skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis.
4. Bapak Deddy Kurniawan, ST. MT, selaku Dosen Pembimbing II skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis.
5. Orang tua (almarhum), Istri dan adik yang telah memberikan dukungan moril, doa, dan kasih sayang.
6. 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, 24 Januari 2022

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN	
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	ii
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.....	3
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II KAJIAN PUSTAKA	5
2.1 Struktur.....	5
2.2 Pembebanan Struktur.....	5
2.3 Beban Mati	5
2.2.1 Beban Hidup.....	7
2.2.2 Beban gempa	9
2.2.3 Beban angin	29
2.2.4 Faktor Beban dan Kombinasi Beban	29
2.4 Aplikasi ETABS (<i>Extended Three Dimensional Analysis Of Building Systems</i>)	31
2.5 Struktur Atas.....	34
2.4.1 Kolom (<i>Column</i>).....	35
2.4.2 Balok.....	42
2.4.3 Pelat lantai	50

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	58
3.1 Lokasi Penelitian	58
3.2 Data Penelitian.....	58
3.3.1 Jenis dan Sumber data	58
3.3.2 Teknik Pengumpulan Data	60
3.3 Metode Analisis Data	60
3.4 Bagan Alir Penelitian (<i>Flowchart</i>).....	60
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	62
4.1 <i>Preliminary Design</i>	62
4. 1.1 Perencanaan Dimensi Elemen Struktur Balok	62
4. 1.2 Perencanaan Dimensi Elemen Struktur Pelat Lantai	65
4. 1.3 Dimensi Elemen Struktur Kolom (column)	69
4.2 Pembebanan	72
4. 2.1 Beban Mati	73
4. 2.2 Beban Hidup	74
4. 2.3 Beban Gempa	76
4. 2.4 Beban Angin	82
4.3 Perhitungan Struktur Menggunakan Aplikasi <i>ETABS Versi</i> <i>18</i>	89
4. 3.1 Pengenputan Data Material	89
4. 3.2 Pengenputan <i>Section Properties</i>	90
4. 3.3 Penggambaran Grid Bangunan dengan Aplikasi <i>ETABS</i> <i>Versi 18</i>	92
4. 3.4 Penggambaran Struktur dan Dimensi Struktur Gedung dengan Aplikasi <i>ETABS Versi 18</i>	92
4. 3.5 Pengenputan Beban yang Bekerja	93
4. 3.6 Kombinasi Pembebanan	95
4. 3.7 Analisa Struktur	97
4. 3.8 Kontrol dan Analisis	99
4. 3.8.1 Partisipasi Massa	99
4. 3.8.2 Perhitungan Faktor Skala Gempa	100
4. 3.8.3 Pengecekan Simpangan Antar Lantai	102

4. 3.8.4	Pengecekan P Delta	103
4. 3.9	Gaya Dalam Struktur	105
4. 3.9.1	Balok	105
4. 3.9.2	Kolom	107
4. 3.9.3	Pelat Lantai	108
4. 3.9.4	Ring Balok	108
4.4	Perencanaan Tulangan	111
4. 4.1	Balok	111
4. 4.2	Kolom	116
4. 4.3	Pelat Lantai	119
4. 4.4	Tangga	119
BAB V PENUTUP		123
5.1	Kesimpulan	123
5.2	Saran	125
DAFTAR PUSTAKA		126
LAMPIRAN		128



DAFTAR TABEL

	Halaman
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 risiko bangunan gedung dan nongedung untuk beban gempa	9
Tabel 2.5 Faktor keutamaan gempa	11
Tabel 2.6 Kombinasi beban untuk <i>metode ultimit</i>	12
Tabel 2.7 Klasifikasi situs	14
Tabel 2.8 Koefisien Situs, F_a	15
Tabel 2.9 Koefisien Situs, F_v	16
Tabel 2.10 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek	19
Tabel 2.11 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik	19
Tabel 2.12 Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung	23
Tabel 2.13 Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x	23
Tabel 2.14 Bagian pasal 18 yang harus dipenuhi dalam penerapan pada umumnya	34
Tabel 2.15 Tulangan <i>transversal</i> untuk kolom-kolom sistem rangka pemikul momen khusus	41
Tabel 2.16 Ketebalan minimum pelat dua arah nonprategang tanpa balok interior (mm)	54
Tabel 2.17 Ketebalan minimum pelat dua arah nonprategang dengan balok di antara tumpuan pada semua sisinya	54
Tabel 2.18 Koefisien distribusi untuk bentang ujung	56
Tabel 2.19 Bagian momen negatif <i>interior</i> M_u di lajur kolom	57
Tabel 2.20 Bagian momen negatif <i>eksterior</i> M_u di lajur kolom	57
Tabel 2.21 Bagian momen negatif <i>interior</i> M_u di lajur kolom	57
Tabel 4.1 Beban Mati lantai 3 atau Plat dack	70

Tabel 4.2	Mati lantai 2 dan lantai 3	70
Tabel 4.3	Perhitungan Beban Hidup Pada Kolom dapat dilihat pada tabel.	71
Tabel 4.4	Massa Efektif Lantai Bangunan (Lantai 2)	73
Tabel 4.5	Massa Efektif Lantai Bangunan (Lantai 3)	73
Tabel 4.6	Massa Efektif Lantai Atap (Lantai 3)	73
Tabel 4.7	Beban Hidup Pada Lantai 2	74
Tabel 4.8	Beban Hidup Pada Lantai 3	74
Tabel 4.9	Beban Hidup Lantai Dack	75
Tabel 4.10	Perhitungan Parameter Beban Gempa	76
Tabel 4.11	Tabel <i>Spektrum Respon</i> Percepatan <i>Desain</i> (S_a) terhadap Periode (T)	79
Tabel 4.12	Distribusi vertikal gaya gempa pada arah-X	81
Tabel 4.13	Distribusi vertikal gaya gempa pada arah-Y	81
Tabel 4.14	Data Dimensi Struktur Bangunan	82
Tabel 4.15	Perhitungan Parameter Beban angin	84
Tabel 4.16	<i>Koefisien Ekposur</i> Tekanan <i>Velositas</i> , K_z atau K_h , dan Tekanan <i>Velositas</i> , q	85
Tabel 4.17	<i>Koefisien</i> Tekanan <i>Eksternal</i> , C_p	86
Tabel 4.18	Tekanan Angin <i>Desain</i> , P	87
Tabel 4.19	Periode arah X dan Y pada <i>ETABS</i>	101
Tabel 4.20.	Perhitungan Nilai C_s	101
Tabel 4.21.	Nilai gaya geser	102
Tabel 4.22	Perhitungan Faktor Skala	102
Tabel 4.23	Hasil Pengecekan <i>Story Drift</i> Arah X	103
Tabel 4.24	Hasil Pengecekan <i>Story Drift</i> Arah Y	103
Tabel 4.25	Hasil Pengecekan P-Delta	104
Tabel 4.26	Rekap Hasil Gaya Dalam Balok Gedung Kuliah	105
Tabel 4.27	Rekap Hasil Gaya Dalam Kolom Gedung Kuliah	108
Tabel 4.28	Rekap Hasil Gaya Dalam Pelat Lantai Tebal 12 Cm Gedung Kuliah	108

Tabel 4.29	Rekap Hasil Gaya Dalam Pelat Lantai Tebal 11 Cm Gedung Kuliah	108
Tabel 4.30	Rekap Hasil Gaya Dalam Ring Balok Gedung Kuliah	108
Tabel 4.31	Rekap <i>Momen</i> yang Bekerja di Tangga	120
Tabel 4.32.	Rekap <i>Momen</i> yang Bekerja di Pelat <i>Bordes</i>	120
Tabel 5.1.	Dimensi tulangan yang digunakan pada balok	122
Tabel 5.2.	Dimensi tulangan yang digunakan pada ring balok	123
Tabel 5.3.	Dimensi tulangan yang digunakan pada kolom	123



DAFTAR GAMBAR

		Halaman
Gambar 2.1	Jarak patahan untuk berbagai lokasi situs proyek ...	13
Gambar 2.2	Spektrum respons desain	18
Gambar 2.3	Parameter gerak tanah S_s gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) wilayah Indonesia untuk <i>spektrum respons</i> 0,2 detik (redaman kritis 5%)	27
Gambar 2.4	PGA. Gempa maksimum yang dipertimbangkan rata-rata <i>geometrik</i> (MCE_G) wilayah Indonesia	27
Gambar 2.5	<i>Respons</i> 0,2-detik	28
Gambar 2.6	C_{R1} , <i>Koefisien</i> risiko terpetakan, periode <i>respons spektral</i> 1 detik	28
Gambar 2.7	Peta <i>transisi periode</i> panjang, T_L , wilayah Indonesia	28
Gambar 2.8	Kolom	35
Gambar 2.9	Jenis-jenis Kolom	36
Gambar 2.10	Dimensi Kolom	37
Gambar 2.11	Contoh penulangan <i>transversal</i> pada kolom	39
Gambar 2.12	Contoh penulangan <i>transversal</i> pada kolom dengan $P_u > 0,3A_g f_c'$ atau $f_c' > 70$ Mpa	40
Gambar 2.13	Balok	43
Gambar 2.14	Lebar efektif maksimum balok lebar (<i>wide beam</i>) dan persyaratan tulangan <i>transversal</i>	45
Gambar 2.15	Persyaratan Tulangan Lentur SRPMK	46
Gambar 2.16	Persyaratan Sambungan Lewatan SRPMK	47
Gambar 2.17	Contoh sengkang tertutup (<i>hoop</i>) yang dipasang bertumpuk dan <i>ilustrasi</i> batasan maksimum spasi <i>horizontal</i> penumpu	48
Gambar 2.18	Gaya Geser Rencana Pada Komponen Struktur Lentur ...	50
Gambar 2.19	Pelat Lantai	51

Gambar 2.20	Jenis pelat lantai berdasarkan tumpuan	51
Gambar 2.21	Jenis pelat lantai berdasarkan perletakan	52
Gambar 2.22	Jenis pelat lantai pelat satu arah	53
Gambar 2.23	Jenis pelat lantai pelat dua arah	53
Gambar 3.1	Lokasi Penelitian	58
Gambar 3.2	<i>Diagram</i> Alir Penelitian	61
Gambar 4.1	<i>Dimensi</i> balok yang akan digunakan	63
Gambar 4.2	Dimensi balok anak yang akan digunakan	65
Gambar 4.3	Penampang plat lantai	66
Gambar 4.4	<i>Dimensi</i> Plat Lantai	67
Gambar 4.5	<i>Dimensi</i> Plat Lantai	67
Gambar 4.6	Titik berat pada penampang	68
Gambar 4.7	Distribusi Beban Pada Kolom	69
Gambar 4.8	Ukuran atau dimensi kolom yang akan digunakan	72
Gambar 4.9	<i>Spektrum Respon</i> Percepatan <i>Desain</i> (S_a) terhadap <i>Periode</i> (T)	80
Gambar 4.10	Penginputan data mutu material pada aplikasi <i>ETABS</i> ...	90
Gambar 4.11	Penginputan dimensi balok atau ukuran balok pada aplikasi <i>ETABS</i>	90
Gambar 4.12	Penginputan dimensi kolom pada aplikasi <i>ETABS</i>	91
Gambar 4.13	Penginputan data dimensi pelat lantai pada aplikasi <i>ETABS</i>	91
Gambar 4.14	Penggambaran grid Bangunan pada aplikasi <i>ETABS</i>	92
Gambar 4.15	Penggambaran Struktur Bangunan pada aplikasi <i>ETABS</i>	92
Gambar 4.16	Penginputan Beban Hidup Struktur Gedung	93
Gambar 4.17	Penginputan Beban Mati Struktur Gedung	93
Gambar 4.18	Penginputan Beban Gempa Respon Spektrum di <i>ETABS</i>	94
Gambar 4.19	Penginputan Beban Angin di <i>ETABS</i>	94
Gambar 4.20	Penginputan Kombinasi Pembebanan di <i>ETABS</i>	97
Gambar 4.21	Pemodelan Gedung Kuliah setelah di <i>Run</i> di <i>ETABS</i>	97
Gambar 4.22	<i>Diagram Momen</i> Portal Struktur Gedung Kuliah Arah X	97
Gambar 4.23	<i>Diagram Geser</i> Portal Struktur Gedung Kuliah Arah X ..	98

Gambar 4.24	Diagram Normal Portal Struktur Gedung Kuliah Arah X	98
Gambar 4.25	Diagram <i>Momen</i> Portal Struktur Gedung Kuliah Arah Y	98
Gambar 4.26	Diagram Geser Portal Struktur Gedung Kuliah Arah Y ..	99
Gambar 4.27	Diagram Normal Portal Struktur Gedung Kuliah Arah Y	99
Gambar 4.28	<i>Modal Participating Mass Ratios</i>	100
Gambar 4.29	Diagram <i>Story Drift</i> Arah X dan Y	103
Gambar 4.30	Diagram P-Delta Arah X dan Y	105
Gambar 4.31	Syarat geser desain balok SRPMK	112
Gambar 4.32	Tulangan Balok 300 x 400 mm Bentang 6 m	112
Gambar 4.33	Tulangan Balok 300 x 400 mm Bentang 5 m	113
Gambar 4.34	Tulangan Balok 300 x 400 mm Bentang 4 m	113
Gambar 4.35	Tulangan Balok 300 x 400 mm Bentang 3 m	113
Gambar 4.36	Tulangan Balok 300 x 400 mm Bentang 2,5 m	114
Gambar 4.37	Tulangan Balok Anak 250 x 350 mm	114
Gambar 4.38	Tulangan Ring Balok 300 x 400 mm Bentang 6 m	114
Gambar 4.39	Tulangan Ring Balok 300 x 400 mm Bentang 5 m	115
Gambar 4.40	Tulangan Ring Balok 300 x 400 mm Bentang 4 m	115
Gambar 4.41	Tulangan Ring Balok 300 x 400 mm Bentang 3m	115
Gambar 4.42	Tulangan Ring Balok 300 x 400 mm Bentang 2,5 m	116
Gambar 4.43	Tulangan Ring Balok Anak 250 x 300 mm	116
Gambar 4.44	Syarat geser desain kolom SRPMK	117
Gambar 4.45	Tulangan Kolom Lantai 1 350 x 400 mm	118
Gambar 4.46	Tulangan Kolom Lantai 2 350 x 400 mm	118
Gambar 4.47	Tulangan Kolom Lantai 3 350 x 400 mm	118
Gambar 4.48	Permodelan Tangga 2D di <i>SAP2000</i>	119
Gambar 4.49	Input Beban Mati dan Beban Hidup	120
Gambar 4.50	Momen yang Bekerja di Tangga	120

DAFTAR NOTASI

A_B	= luas dasar struktur (m ²)
A_i	= luas badan dinding geser ke- i (m ²)
b	= Lebar elemen struktur
C_{RS}	= Nilai terpetak koefisien risiko spesifik situs pada periode pendek
C_{RI}	= Nilai terpetak koefisien risiko spesifik situs pada periode 1 detik
C_s	= <i>Koefisien</i> respons seismic
C_u	= <i>Koefisien</i> untuk batasan atas pada periode yang dihitung
C_v	= <i>Koefisien</i> vertikal
C_{vx}	= Faktor distribusi vertikal
D	= Beban mati.
D_l	= Panjang dinding geser ke- i (m)
E	= Beban gempa
F_a	= Beban banjir
F_i, F_x	= Bagian dari gaya geser dasar seismic, V , pada tingkat $-i$ atau tingkat $-x$
F_{PGA}	= <i>Koefisien</i> situs untuk PGA
F_v	= <i>Koefisien</i> situs untuk periode panjang (pada periode 1 detik),
F_x	= <i>Gaya seismic lateral</i> (kN) di <i>level-x</i>
F_l	= Bagian dari geser dasar <i>seismik</i> (V) pada tingkat ke- i (kN)
H	= Beban akibat tekanan tanah lateral, tekanan air tanah, atau tekanan dari material dalam jumlah besar
h	= Tinggi <i>Elemen</i> struktur
h	= tinggi rata-rata struktur diukur dari dasar hingga <i>level</i> atap
h^*	= tinggi efektif dari bangunan (m),
h_i	= tinggi dari dasar sampai tingkat i atau x (m)
h_n	= Ketinggian struktur (m), di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur, dan <i>koefisien</i> C_i dan x ditentukan dari Tabel 2.13
h_x	= tinggi dari dasar sampai tingkat i atau x (m)
I_e	= Faktor keutamaan gempa yang ditentukan sesuai dengan 0

I_p	= Faktor keutamaan <i>elemen</i> yang ditentukan sesuai dengan 0
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
MCE	= Gempa maksimum yang dipertimbangkan
MCEG	= Nilai tengah <i>geometrik</i> gempa tertimbang maksimum
MCE _R	= Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget
N	= Beban nosional untuk <i>integritas</i> struktural
N	= Jumlah tingkat
N_{ch}	= Tahanan <i>penetrasi</i> standar rata-rata tanah <i>nonkohesif</i> dalam lapisan 30 m paling atas
PI	= <i>Indeks</i> plastisitas tanah
L	= Beban hidup
L_r	= Beban hidup atap
L_0	= Pengaruh beban hidup desain tanpa reduksi
R	= Beban air hujan
R	= <i>Koefisien</i> modifikasi <i>respons</i> dalam
SA	= Kelas situs batuan keras
S_a	= <i>Respons spektra</i> percepatan
SB	= Kelas situs batuan
SC	= Kelas situs tanah keras, sangat padat dan batuan lunak
SD	= Kelas situs tanah sedang
S_{DS}	= Percepatan <i>spektral</i> desain untuk periode pendek
S_{D1}	= Percepatan <i>spektral</i> desain untuk periode 1 detik.
SE	= Kelas <i>situs</i> tanah lunak
Se	= <i>Momen</i> , geser, atau gaya aksial pada sambungan yang terkait dengan pembentukan kekuatan mungkin di lokasi leleh yang diharapkan, berdasarkan pada mekanisme deformasi lateral

inelastik yang menentukan, dengan meninjau baik pengaruh gravitasi dan gempa

SF	= Tanah khusus, yang membutuhkan <i>investigasi geoteknik spesifik</i> dan analisis <i>respons spesifik</i> -situs yang mengikuti 0
S_{MS}	= parameter <i>respons spektral</i> percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk <i>periode</i> pendek
S_{M1}	= parameter <i>respons spektral</i> percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk <i>periode</i> 1,0 detik
S_s	= Parameter percepatan <i>respons spektral</i> MCE dari peta gempa pada <i>periode</i> pendek, redaman 5 persen, <i>didefinisikan</i> dalam 0
S_u	= Kuat geser niralir
S_l	= Parameter percepatan <i>respons spektral</i> MCE dari peta gempa pada <i>periode</i> 1 detik, redaman 5 persen; <i>didefinisikan</i> dalam 0
T	= <i>Efek kumulatif</i> dari gaya regangan sendiri dan efeknya yang timbul dari kontraksi atau ekspansi akibat perubahan temperatur lingkungan atau operasional, penyusutan, perubahan kelembaban, rangkai pada material komponen, pergerakan yang disebabkan oleh perbedaan penurunan, atau kombinasinya
T_a	= <i>Periode fundamental</i> pendekatan
T_0	= $0,2 \frac{SDS}{SD1}$
T_s	= $\frac{SD1}{SDS}$
T_L	= Peta transisi <i>periode</i> panjang yang ditunjukkan pada Gambar 2.2
V	= Geser desain total di dasar struktur dalam arah yang ditinjau, seperti ditentukan menggunakan prosedur dalam 0
V	= Gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur (kN)
V_s	= Total gaya (geser) <i>lateral seismik</i> rencana
V_t	= Nilai desain dari gaya geser dasar akibat <i>seismik</i>
V_x	= Geser <i>seismik</i> desain di tingkat x
W	= Beban angin
W	= Berat <i>seismik efektif</i> menurut 0
W_x	= Bagian beban mati total struktur, D , yang bekerja pada lantai- x

- w_i dan w_x = bagian berat *seismik efektif* total struktur (W) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat i atau x
- w = Kadar air tanah (persen)
- x = Tingkat yang sedang ditinjau, 1 menandakan tingkat pertama setelah lantai dasar
- $\sum M_{nc}$ = jumlah kekuatan lentur nominal kolom-kolom yang merangka ke dalam joint, yang dievaluasi di muka-muka joint.
- $\sum M_{nb}$ = jumlah kekuatan lentur nominal balok yang merangka ke dalam joint, yang dievaluasi di muka-muka joint.



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Yayasan Rumah Sakit Islam Sumatera Barat (YARSI SUMBAR) mendirikan Universitas Mohammad Natsir yang dipelopori oleh Bapak Mohammad Natsir. Pendirian YARSI SUMBAR mengacu kepada *Khittah* Dakwah dan Perjuangan Mohammad Natsir. Sebagai bagian dari upaya pelayanan dan dakwahnya kepada umat, YARSI SUMBAR memiliki dua fokus unit kegiatan usaha yakni unit bidang kesehatan dan unit bidang pendidikan. Sebagaimana diketahui, sejak 1969 hingga 2012 keberadaan YARSI SUMBAR telah memiliki 5 Rumah Sakit, 1 Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan, 1 Swalayan dan 1 Radio.

Dalam rangka meningkatkan kapasitas dakwah di bidang pendidikan, YARSI SUMBAR merintis pendirian Perguruan Tinggi setingkat Universitas. Pada tanggal 28 Agustus 2012 Pengurus YARSI SUMBAR mengajukan permohonan kepada Direktorat Kelembagaan dan Kerjasama DIKTI untuk mendirikan Universitas baru tersebut. Berdasarkan Kepmendikbud Republik Indonesia No. 501/E/I/2014 mengenai Izin Pendirian Universitas Mohammad Natsir di Kota Bukittinggi, pada 16 Oktober 2014 Universitas Mohammad Natsir Bukittinggi pun resmi berdiri dengan menyelenggarakan 10 Program Studi.

Berdasarkan visi dan misi Universitas Mohammad Natsir dalam menyelenggarakan pendidikan yang bermutu, maka Rektor Universitas Mohammad Natsir beserta yayasan Yarsi Sumbar berinisiatif menambah fasilitas gedung kuliah baru dan sebagai syarat menaikkan akreditasi Universitas. Pembangunan Gedung Kuliah Universitas Mohammad Natsir memiliki beberapa tahapan baik dari Pembongkaran bangunan lama, pengukuran tanah, dan melakukan pengecekan kualitas tanah, perencanaan desain, perhitungan struktur gedung sampai ke gambar kerja, RAB dan lain-lainnya. Gedung Kuliah ini direncanakan terdiri dari 3 lantai, 1 lantai untuk Mushalla dan Laboratorium, 2 lantai untuk ruang kelas, dan lain-lainnya.

Dalam Perencanaan Gedung Kuliah Universitas Mohammad Natsir, harus memperhatikan beberapa hal, dari segi fungsi gedung, estetika gedung, keamanan

gedung, kekuatan gedung, kenyamanan gedung, ketahanan dan kestabilan gedung maupun umur rencana gedung itu sendiri. Perencanaan Gedung Kuliah Universitas Mohammad Natsir dimulai dari perencanaan struktur bawah sampai struktur atas.

Pada perencanaan Gedung Kuliah Universitas Mohammad Natsir ini penulis hanya membahas tentang bagian struktur atas gedung terdiri dari elemen strukturnya berupa kolom, balok, dan pelat lantai dengan perhitungan analisis struktur menggunakan aplikasi program *ETABS versi 18*. Pada perencanaan pembangunan Gedung Kuliah Universitas Mohammad Natsir ini, penulis mengambil judul Skripsi ***“Perencanaan Struktur Atas Gedung Kuliah Universitas Mohammad Natsir Bukittinggi”***

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dihadapi berdasarkan latar belakang diatas pada Perencanaan Struktur Atas Gedung Kuliah Universitas Mohammad Natsir Bukittinggi adalah bagaimana merencanakan struktur atas bangunan yang terdiri dari *elemen* struktur berupa kolom, balok, plat lantai dan atap 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, plat lantai agar mampu memikul beban maksimal (beban mati, beban hidup dan beban gempa) ?
3. Berapakah jumlah tulangan struktur atas (kolom, balok, serta plat lantai) yang diperlukan agar mampu memikul beban maksimal (beban mati, beban hidup maupun beban gempa) ?
4. *Program ETABS Versi 18* digunakan untuk analisis perhitungan struktur atas pada gedung ini.

1.3 Batasan Masalah

Pada Perencanaan Struktur Atas Gedung Kuliah Universitas Mohammad Natsir Bukittinggi ini batasan masalahnya adalah:

1. Perhitungan struktur yang akan dilakukan hanya pada struktur atas (kolom, balok, serta plat lantai)
2. Pembebanan untuk gedung ini hanya menghitung beban mati, beban hidup, serta beban gempa.
3. *Analisis* perhitungan struktur atas dengan menggunakan *aplikasi ETABS Versi 18*

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Penulisan skripsi ini bertujuan untuk mengetahui beban maksimal yang dipikul, dimensi dan jumlah tulangan struktur atas (kolom, balok, serta pelat lantai) pada Gedung Kuliah Universitas Mohammad Natsir Bukittinggi.

Maka manfaat dari penulisan skripsi ini adalah memperoleh hasil perhitungan struktur Gedung Kuliah Universitas Mohammad Natsir Bukittinggi dengan *analisis* perhitungan struktur dengan bantuan *aplikasi program* :

- a. *Autocad 2021*
- b. *ETABS Versi 18*
- c. *Microsoft Excel 2013*

1.5 Sistematika Penulisan

Dalam penyusunan skripsi ini dibuat berdasarkan Sistematika Penulisan skripsi. Adapun sistematika penulisan skripsi terdiri dari lima BAB yaitu :

BAB I PENDAHULUAN

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

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan tentang kajian-kajian teori berdasarkan Perencanaan Struktur Atas Gedung Kuliah Universitas Mohammad Natsir Bukittinggi

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

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

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menerangkan tentang *analisis* perhitungan struktur atas meliputi : pembebanan, *dimensi* struktur atas (kolom, balok, dan plat lantai), *momen* dengan menggunakan *aplikasi ETABS Versi 18*, serta jumlah tulangan yang digunakan pada kolom, balok, dan plat lantai.

BAB V PENUTUP

Bab ini menguraikan tentang kesimpulan dari perhitungan yang telah dilakukan dan juga 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, kuda-kuda, dan 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 Alam	2.600
Batu Belah, Batu Bulat, Batu Gung (berat tumpuk)	1.500
Batu Karang (berat tumpuk)	700
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
Pasanga Bata Merah	1.700
Pasangan Batu Belah, batu bulat, batu gunung	2.200
Pasangan batu cetak	2.200
Pasangan batu karang	1.450
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
Timah hitam (timbel)	11.400

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
Langit-langit dan dinding terdiri dari:	
a. semen asbes	11
b. kaca 3-5mm	10
Lantai kayu sederhana dengan balok kayu tanpa langit-langit bentang maksimum 5m beban hidup 200kg/m ²	40
Penggantung langit-langit dari kayu	7
Penutup atap genting dengan reng dan usuk	50
Penutup atas sirap	40
Penutup atap seng gelombang	10
Penutup lantai dari ubin	24
Semen asbes gelombang	11

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/m³
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	Lantai ruang olahraga	400
E	Lantai ruang dansa	500
F	Lantai dan balkon dalam dari ruang-ruang untuk pertemuan yang lain, dari pada yang disebut dalam a sampai e, seperti mesjid, gereja, ruang pagelaran, ruang rapat, bioskop dan panggung penonton dengan tempat duduk tetap.	400
G	Panggung penonton dengan tempat duduk tidak tetap atau untuk penonton berdiri	500
H	Tangga, bordes tangga dan gang yang disebut dalam c	300
I	Tangga, bordes tangga dan gang yang disebut dalam d,e,f, dan g	500
J	Lantai untuk: pabrik, bengkel, gudang, perpustakaan, ruang arsip, toko buku, toko besi, ruang alat-alat dan ruang mesin, harus direncanakan terhadap beban hidup yang ditentukan sendiri	400
K	Lantai gedung parkir bertingkat a. Untuk lantai bawah b. Untuk lantai tingkat lainnya	800 400
L	Balkon-balkon yang menjorok bebas keluar harus direncanakan terhadap beban hidup dari lantai ruang yang berbatasan, dengan minimum	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 risiko IV.

Tabel 2.4 Kategori risiko bangunan gedung dan nongedung untuk beban gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan nongedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: a. Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan b. Fasilitas sementara c. Gudang penyimpanan d. Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak	II

<p>dibatasi untuk:</p> <ol style="list-style-type: none"> a. Perumahan b. Rumah toko dan rumah kantor c. Pasar d. Gedung perkantoran e. Gedung apartemen/ rumah susun f. Pusat perbelanjaan/ mall g. Bangunan industri h. Fasilitas manufaktur i. Pabrik 	
<p>Gedung dan nongedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ol style="list-style-type: none"> a. Bioskop b. Gedung pertemuan c. Stadion d. Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat e. Fasilitas penitipan anak f. Penjara g. Bangunan untuk orang jompo <p>Gedung dan nongedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ol style="list-style-type: none"> a. Pusat pembangkit listrik biasa b. Fasilitas penanganan air c. Fasilitas penanganan limbah d. Pusat telekomunikasi <p>Gedung dan nongedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	<p>III</p>
<p>Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai</p>	<p>IV</p>

<p>fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ol style="list-style-type: none"> 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 operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat h. Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat 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>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

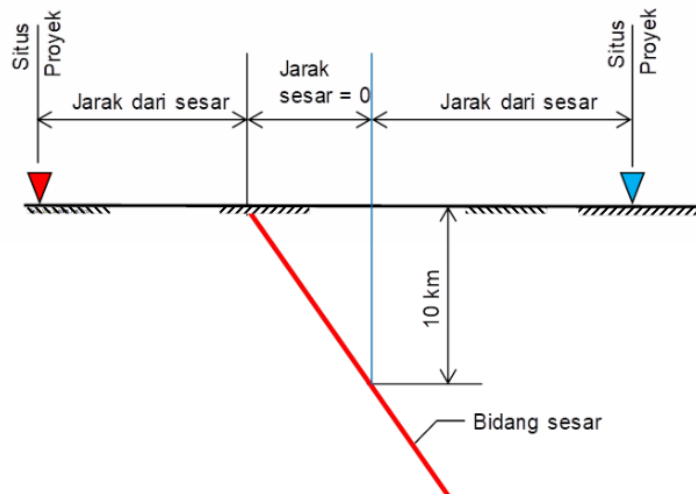
a) Situs dekat sesar

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

b) Parameter percepatan terpetakan

Dalam SNI 1726-2019 Parameter S_s dan S_1 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 $S_1 \leq 0,04$ g dan $S_s \leq 0,15$ g, maka struktur bangunan dikategorikan *desain seismik A*, dan cukup memenuhi persyaratan 0.

Dimana :

S_s : percepatan batuan dasar pada *periode* pendek

S_1 : percepatan batuan dasar pada *periode* 1 detik

c) 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 - situs yang mengikuti 0)	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 gambut (ketebalan $H > 3$ m) c. Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan indeks plasitisitas $PI > 75$) 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 *maplifikasi* 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	<i>Parameter respons spektral</i> percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada <i>periode pendek</i> , $T = 0,2$ detik, S_s					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	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	<i>Parameter respons spektral</i> percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE _R) terpetakan pada periode 1 detik, <i>S_I</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
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 : 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 desain* untuk periode pendek

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

Jika digunakan prosedur *desain* 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 desain*

Dalam SNI 1726-2019, untuk *spektrum respons desain* diperlukan prosedur gerak tanah dari spesifik-situs yang tidak digunakan, sehingga *spektrum respons desain* 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;

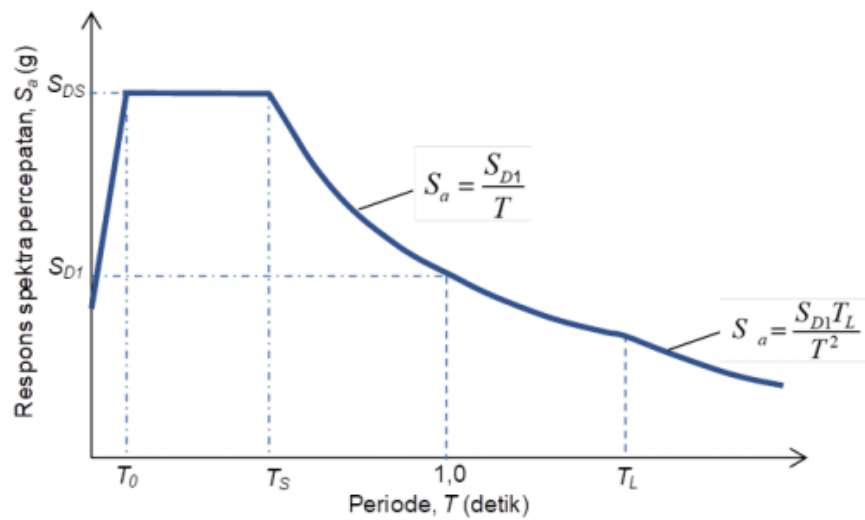
S_{D1} = parameter *respons spektral* percepatan *desain* pada periode 1 detik;

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_I 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_{DS}	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 *desain* untuk kategori *desain seismik A*

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

- a) Beban *seismik* yang disyaratkan harus 0 dan saat dikombinasikan dengan beban mati, beban hidup, beban ultimit dan beban layan juga harus 0
- b) 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.
- c) 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

- d) 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.
- e) 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*

a) 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)

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

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:

$$C_s = \frac{0,5S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (2.17)$$

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

b) 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_{DI}	<i>Koefisien C_u</i>
$\geq 0,4$	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 = 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:

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

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

$$C_w = \frac{100}{A_B} \sum_{i=1}^x \frac{A}{\left[1+0,83\left(\frac{h_n}{D_1}\right)^2\right]} \quad (2.21)$$

Dimana :

A_B = luas dasar struktur (m²)

A_i = luas badan dinding geser ke- i (m²)

D_1 = panjang dinding geser ke- i (m)

x = jumlah dinding geser dalam bangunan yang efektif memikul gaya lateral dalam arah yang ditinjau.

c) *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

$$C_{vx} = \frac{w_x \square x^k}{\sum_{i=1}^n w_i \square i^k} \quad (2.23)$$

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

d) *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*.

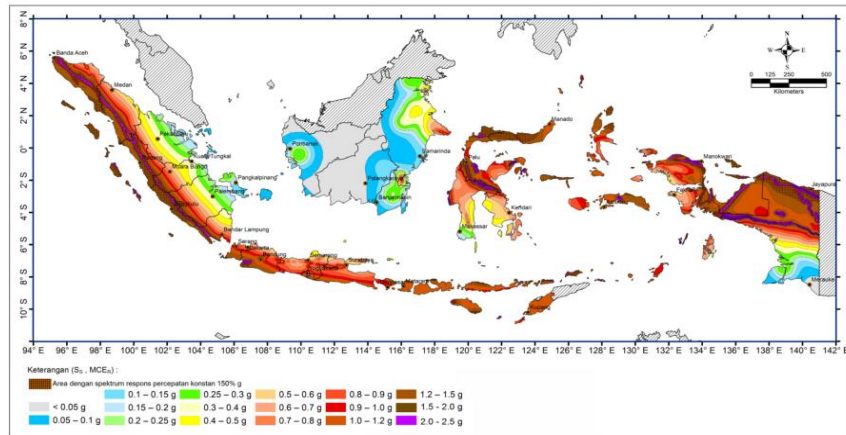
j. Peta-peta gerak tanah *seismik* dan *koefisien* risiko

Pada SNI 1726-2019 memberikan peta-peta gerak tanah *seismik* dan *koefisien* risiko dari gempa maksimum yang mempertimbangkan (*Maximum Considered Earthquake*, MCE) 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.

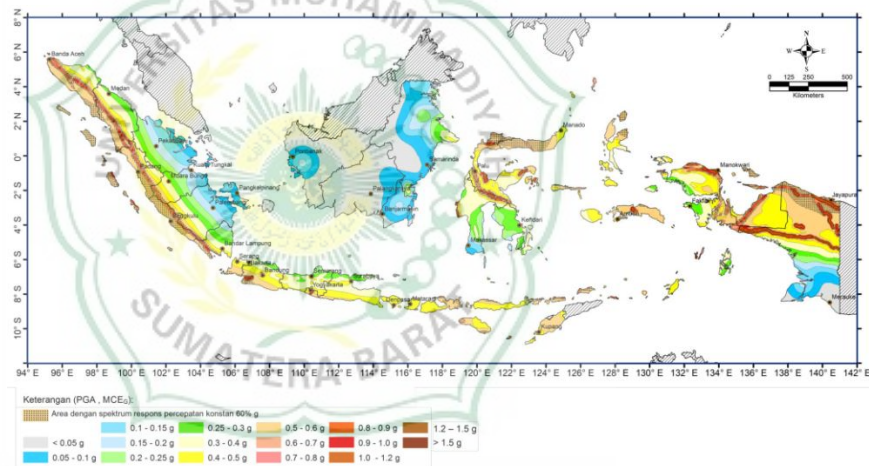
Nilai-nilai kontur percepatan puncak dijelaskan sebagai berikut:

- 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_{RI} (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

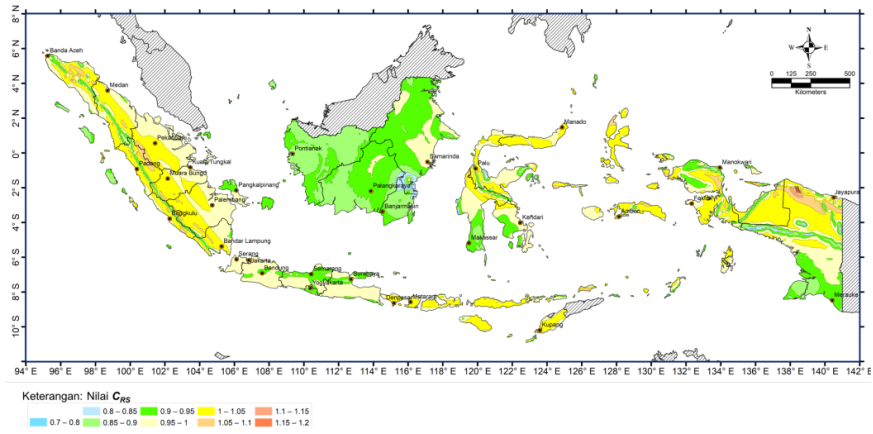
untuk periode 0,2 detik dan tidak kurang dari 0,6g untuk periode 1 detik.



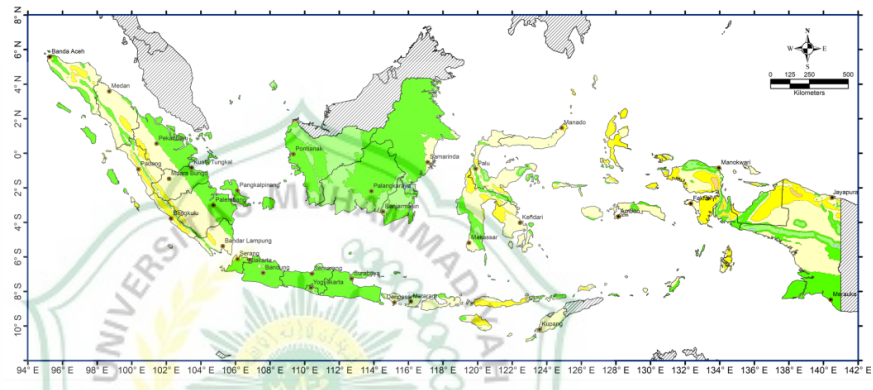
Gambar 2.3 Parameter gerak tanah S_s gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) wilayah Indonesia untuk spektrum respons 0,2 detik (redaman kritis 5%)
Sumber : SNI 1726-2019



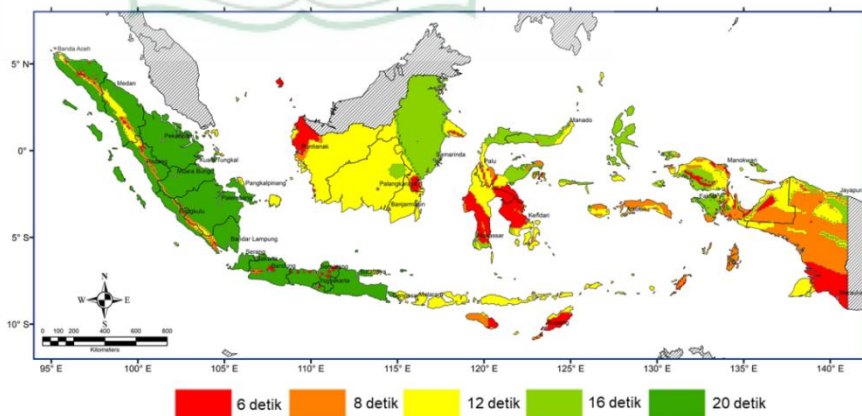
Gambar 2.4 PGA. Gempa maksimum yang dipertimbangkan rata-rata geometrik (MCE_G) wilayah Indonesia
Sumber : SNI 1726-2019



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:

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

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 perencanaan.

2.4 Aplikasi ETABS (*Extended Three Dimensional Analysis Of Building Systems*)

Aplikasi *ETABS (Extended Three Dimensional Analysis Of Building Systems)* merupakan suatu program yang dipergunakan untuk melakukan analisis dan desain pada struktur gedung dengan konstruksi beton, baja, dan komposit dengan cepat dan tepat. *Software* ini mempunyai tampilan yang hampir sama dengan SAP karena dikembangkan oleh perusahaan yang sama (*Computers and Structures Inc, CSI*) yaitu perusahaan pembuat piranti lunak (*software*) untuk perencanaan – perencanaan struktur. *ETABS* adalah aplikasi yang sangat populer di dunia teknik sipil.

ETABS membahas dengan detail cara-cara untuk mendesain struktur gedung dengan meliputi permodelan struktur, input pembebanan, analisis gempa, dan perhitungan struktur balok, kolom, plat, serta pondasi. Beban gempa akan dipelajari dalam 2 analisis yaitu dengan beban *respon spektrum function* dan dengan *time hystori function*. Dengan demikian, analisis gempa dan angin dapat secara otomatis dihitung dengan memodifikasi nilai-nilai koefisien faktor dari peraturan *ACI* dan *IBC* sehingga sesuai dengan peraturan SNI yang berlaku di Indonesia.

Kelebihan dari aplikasi *ETABS* adalah fitur *ETABS* lebih simple, ringan, dan cepat dioperasikan (*fast loading*), karena fitur dan menu yang hanya dikhususkan untuk desain Gedung saja. Data karakteristik gedung dapat diinput dengan lebih mudah, cepat, dan praktis. Pemodelan elemen balok, kolom, dan plat lantai yang bisa dilakukan lebih mudah dengan pengaturan *Similar Story*, sedangkan untuk kasus dimana lantai yang didesain berbeda dengan lantai yang lain, maka dapat digunakan pilihan *One Story*.

1. Langkah-langkah pengerjaan analisis dengan menggunakan software *ETABS*:

- a. Membuka program dengan mengklik *icon* atau diambil dari *start program*
- b. Kemudian membuat grid dan jarak *grid* sesuai dengan model yang mau dibuat dengan cara mengklik *File - New Model - No (new model initialization)* – klik Ok
- c. Aturilah satuan sesuai yang dikehendaki. Pengaturan satuan terdapat disudut kanan bawah. Mendefinisikan material yang mau digunakan untuk menganalisis dengan cara mengklik *Define - Material Properties*.
- d. Lalu klik pada *Add New Material*, diubah nama material pada kotak *material name*, masukkan nilai f_c' , f_y dan F_{ys} lalu klik Ok.
- e. Setelah membuat nama material, mengisi f_c' , f_y dan lalu klik Ok
- f. Lalu klik pada tulisan *Steel* (Tulisan akan berwarna biru bila di klik) – *Modify Show*, diubah nama material pada kotak *material name*, masukkan nilai, f_y dan f_u lalu klik Ok,
- g. Setelah membuat nama *material*, mengisi, f_y dan f_u lalu klik Ok
- h. Langkah berikutnya membuat balok induk dengan cara mengklik *Define - Frame Section*,
- i. Klik *Add/Wide Flange*
- j. Langkah berikutnya membuat kolom dengan cara *Define - Frame Section*,
- k. Kemudian klik – *Add SD Section*,
- l. Kemudian klik – *Section Designer*
- m. Membuat PELAT dengan cara klik *Define - Wall/Slab/Deck Section*
- n. Ubahlah *Add New Deck* menjadi *Add New Slab*
Pada kotak *section name* buatlah nama plat, isi material sesuai yang mau didesain, dan isi tebal plat pada kotak *membrane* dan *bending* serta isi *type* dengan *shell* lalu kemudian klik Ok.
- o. Penggambaran Balok ke *grid* dengan cara klik *Draw - Draw Area Objects - Draw Lines*

- p. Penggambaran PELAT ke *grid* dengan cara klik *Draw – Draw Area Objects – Draw Areas*
- q. Membuat beban dengan cara *Define – Static Load Cases*,
- r. Pada langkah r klik *Add New Combo*
- s. Setelah di klik kotak ok pada langkah r
- t. Kombinasi beban yang dibuat akan terlihat pada kotak *combinations*, jika ingin menambah kombinasi beban maka pada langkah ini klik kembali kotak *Add New Combo*
- u. Membuat *response spectrume function* dengan cara klik *Define – Response Spectrume Function*
- v. Untuk mengisi *Response Spectra* klik pada kotak *Choose Function Type to Add UBC97 Spectrum* kemudian *Add New Function*
- w. Membuat *response spectrume case* dengan cara klik *Define – Response Spectrume Cases*
 Isi nama spesifikasi pada kotak *Spectrume Case Name*, gunakan *Damping* sebesar 5%, *Modal Combination CQC*, *Directional Combination SRSS*, isi U1 dengan *Response Spectra* yang sudah didefinisikan pada langkah ke-w lalu klik kotak Ok. Begitu juga untuk mengisi U2
- x. Setelah di klik langkah w
 Terlihat pada kotak *Spectra*, *Response Spectra* yang sudah didefinisikan pada langkah ke-w.
- y. Menentukan sumber massa klik *Define → Mass Source → Add jenis massa* pada bangunan
 Dimana koefisien beban hidup di reduksi menjadi 0.3
- z. Memasukkan beban ke pelat lantai dengan cara pilih pelat lantai yang mau diberi beban – *lalu klik Assign – Shell/Area Loads – Uniform*
 Pada langkah z isi jenis atau nama beban pada kotak *Load Case Name*, isi satuan pada kotak *Units*, serta isi pada kotak *Load* besarnya beban. Lakukan langkah y kembali bila jenis beban atau nama beban lebih dari 1 yang hendak diinput
- aa. Membuat mode dengan cara klik *Analyze – Set Analysis Option*

- bb. Untuk mengisikan jumlah mode maka pada langkah bb klik *Set Dynamic Parameters*,
Langkah berikutnya menganalisis model yang dibuat dengan cara me-
run program dengan menekan F5 atau mengklik ▶ pada .

2.5 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, dan plat 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. SRPMK digunakan pada daerah yang termasuk kedalam Kategori Desain Seismik, D, E dan F. 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 ada	18.2.5 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

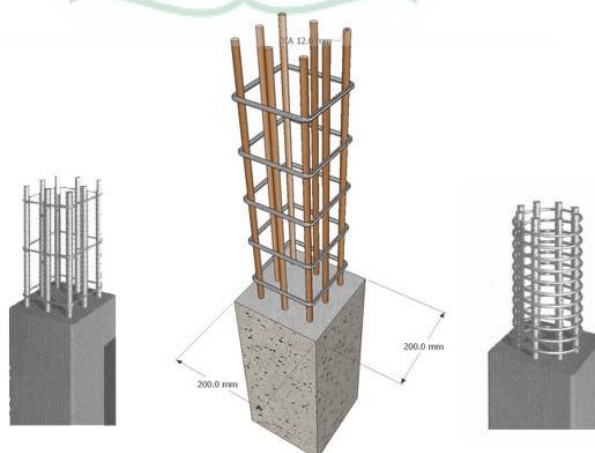
Dinding struktural pracetak		Tidak ada	18.5	18.5,18.11
<i>Diafragma</i> dan rangka batang (<i>trusses</i>)		Tidak ada	Tidak ada	18.12
Fondasi		Tidak ada	Tidak ada	18.13
Komponen struktur rangka pemikul momen yang tidak ditetapkan sebagai sistem pemikul gaya seismik		Tidak ada	Tidak ada	18.14
Angkur	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

(sumber : Tabel R18. SNI 2847 2019)

2. 2.1 Kolom (*Column*)

Kolom (*column*) merupakan komponen struktur umumnya vertikal, digunakan untuk memikul beban tekan aksial, tapi dapat juga memikul *momen*, geser atau torsi. Kolom yang digunakan sebagai bagian sistem rangka pemikul gaya lateral menahan kombinasi beban aksial, momen dan geser (SNI 2847:2019).

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



Gambar 2.8 Kolom

Sumber : <https://www.pengadaan.web.id/2020/03/perencanaan-konstruksi-kolom.html> (diakses 14 Februari 2021)

Kolom dikelompokkan berdasarkan bentuk dan susunan tulangan, posisi beban pada penampang dan panjang kolom dalam hubungannya dengan dimensi lateral. Menurut Wang (1986) dan Ferguson (1986) jenis-jenis kolom ada 3, yaitu :

1. Kolom ikat (*tie column*)

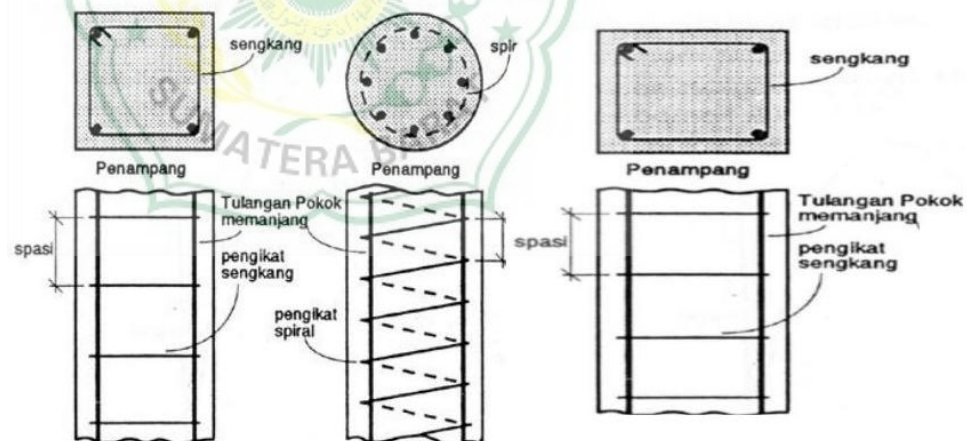
Kolom ikat adalah kolom beton yang ditulangi dengan memanfaatkan sebuah batang tulangan pokok memanjang yang pada jarak spasi tertentu diikat dengan menggunakan pengikat sengkang kearah lateral.

2. Kolom spiral (*spiral column*)

Kolom spiral adalah komponen struktur tekan yang biasanya diperkuat pada arah memanjang dengan menggunakan gelagar baja profil atau bisa juga pipa.

3. Kolom komposit (*composit column*)

Kolom komposit adalah komponen struktur tekan yang diperkuat pada arah memanjang dengan gelagar baja profil atau pipa, dengan atau tanpa diberi batang tulangan pokok memanjang.



Gambar 2.9 Jenis-jenis Kolom

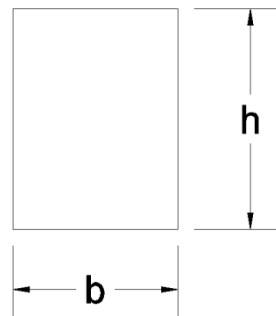
Sumber : <https://eticon.co.id/kolom-dalam-bangunan/>

(diakses 14 Februari 2021)

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

- a. Syarat Dimensi Penampang (SNI 2847:2019 pasal 18.7.2.1)

1. Dimensi penampang terkecil, diukur pada garis lurus yang melalui pusat *geometri*, tidak kurang dari 300 mm.
2. *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 2.10 Dimensi Kolom

- b. 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.

- c. Syarat Tulangan Lentur (SNI 2847:2019 pasal 18.7.4)

1. Luas tulangan longitudinal A_{st} tidak boleh kurang dari $0,01A_g$ dan tidak lebih dari $0,06A_g$.
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.

d. Syarat Tulangan *Transversal*

Berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 18.7.5.1

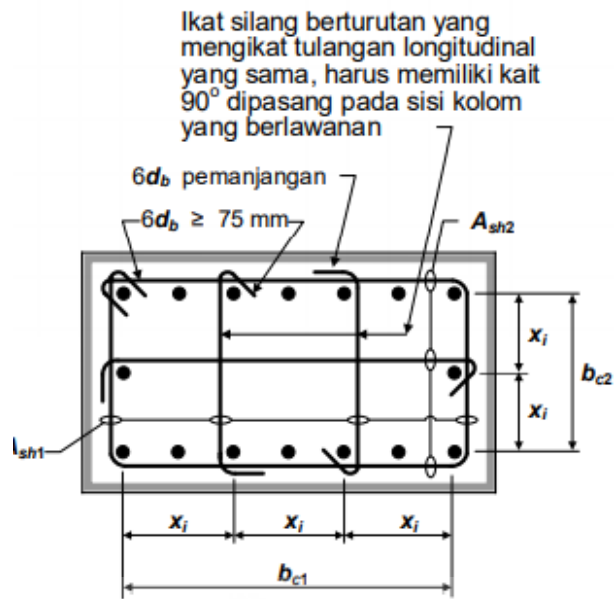
Tulangan transversal yang disyaratkan harus dipasang sepanjang ℓ_0 dari masing-masing muka hubungan baalok kolom, di kedua ujungnya harus disediakan tulangan *transversal* yang mencukupi. Panjang ℓ_0 daerah sendi plastis kolom, diambil tidak kurang dari :

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.

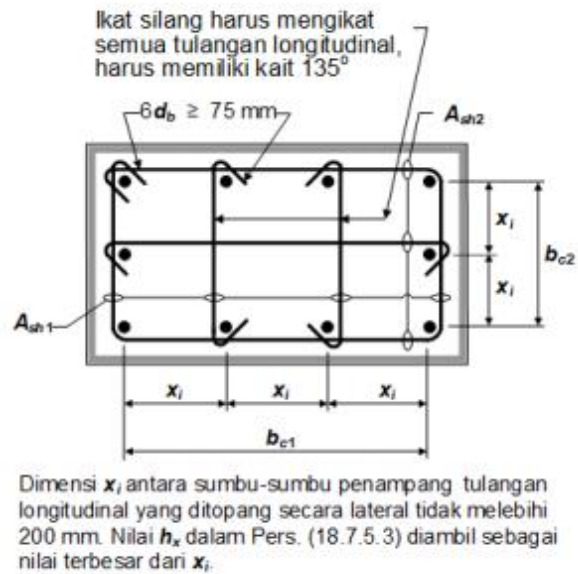


Dimensi x_j antara sumbu-sumbu penampang tulangan longitudinal yang ditopang secara lateral tidak melebihi 350 mm. Nilai h_x dalam Pers. (18.7.5.3) diambil sebagai nilai terbesar dari x_j .

Gambar 2.11 Contoh penulangan *transversal* pada kolom

Sumber : SNI 2847:2019 gambar R18.7.5.2

6. Ketika $P_u > 0,3A_g f_c'$ 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 gempu, 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 2.12 Contoh penulangan *transversal* pada kolom dengan $P_u > 0,3A_g f_c$ 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

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

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 pengekanan k_n dihitung berdasarkan Pers. 2.37 sampai 2.38 dibawah ini :

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

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

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 pengekanng 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 pengekanng 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 pengekanng 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 Tebel 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.

e. 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 .

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

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.

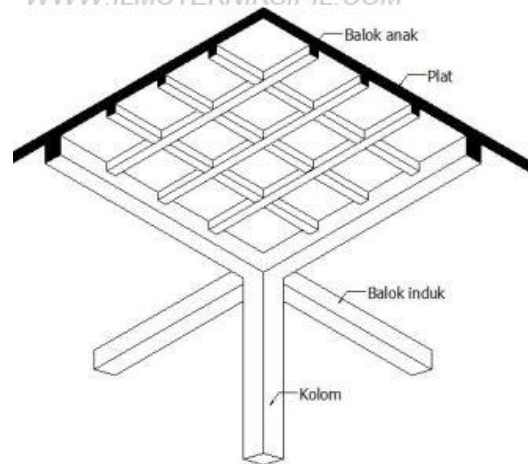
Tulangan *Transversal* SNI 2847:2019 pasal 18.7.6.1

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. 2.2 Balok

Balok adalah struktur yang berfungsi menyalur momen ke struktur kolom. Balok sebagai elemen lentur, yaitu elemen yang memikul gaya dalam berupa momen lentur dan gaya geser. Fungsi dari balok adalah meneruskan beban ke kolom, untuk pengikat kolom, untuk menambah kekuatan lentur pelat lantai, dan untuk menambah kekuatan horizontal pada struktur.



Konstruksi waffle slab

Gambar 2.13 Balok

<https://www.ilmutekniksipil.com/struktur-bangunan/lantai-struktur-bangunan>
(diakses 14 Februari 2021)

1. Jenis-Jenis Balok

a. Balok Sederhana

Balok sederhana bertumpu pada kolom diujung-ujungnya, dengan satu ujung bebas berotasi dan tidak memiliki *momen* tahan. Seperti struktur statis lainnya, nilai dari semua reaksi, pergeseran dan momen untuk balok sederhana adalah tidak tergantung bentuk penampang dan material.

b. Kantilever

Kantilever adalah balok yang diproyeksikan atau struktur kaku lainnya didukung hanya pada satu ujung tetap. Kantilever menanggung beban diujung yang tidak disangga.

c. Balok teritisan

Balok teritisan adalah balok sederhana yang memanjang melewati salah satu kolom tumpuannya.

d. Balok dengan ujung-ujung tetap

Balok dengan ujung-ujung tetap (dikaitkan kuat) dibuat untuk menahan translasi dan rotasi. Ujung-ujung dari balok ini dikunci sedemikian kuat sehingga tidak bergerak ataupun bertotasi karena momen.

e. Bentangan tersuspensi

Bentangan tersuspensi adalah balok sederhana yang ditopang oleh teristisan dari dua bentang dengan kontruksi sambungan pin pada *momen nol*.

f. Balok menerus atau kontinu

Balok menerus memanjang secara menerus melewati lebih dari dua kolom tumpuan untuk menghasilkan kekakuan yang lebih besar dan momen yang lebih kecil dari serangkaian balok tidak menerus dengan panjang dan beban yang sama.

2. *Preliminari Desain Penampang 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 Pu, 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)

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

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

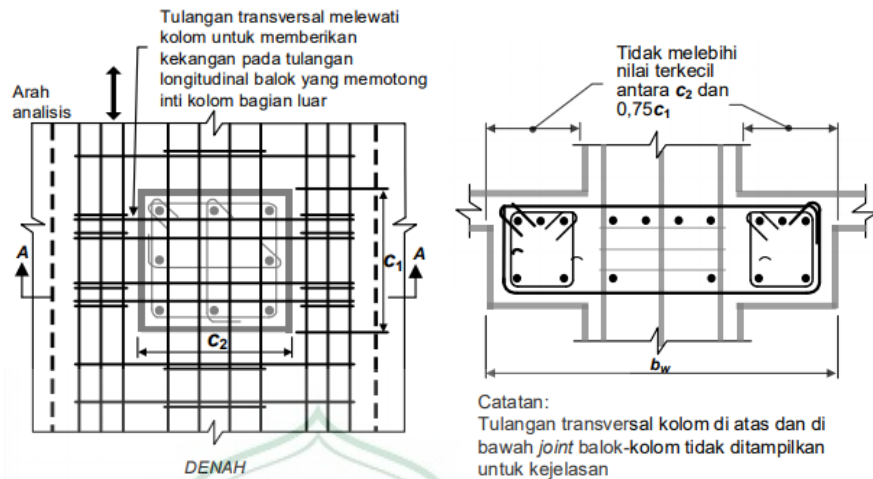
(3.) Lebar balok, b_w , yang melampaui lebar kolom penumpu tidak boleh melebihi nilai terkecil dari c_2 dan $0,75 c_1$ pada masing-masing sisi kolom dalam arah sejajar komponen lentur.

(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 2.14 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 :

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

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

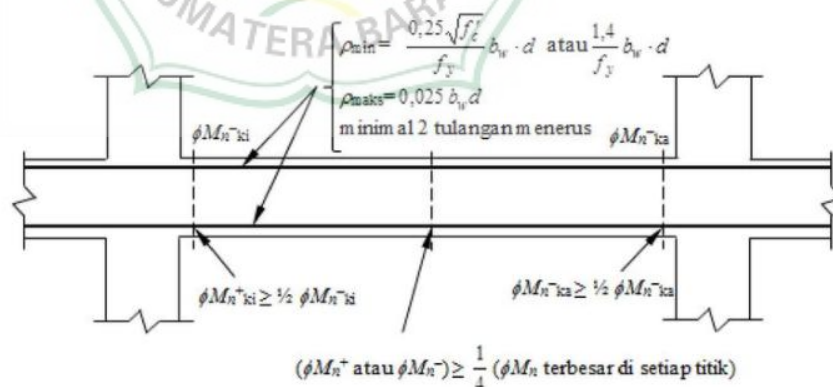
Dimana :

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 :

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



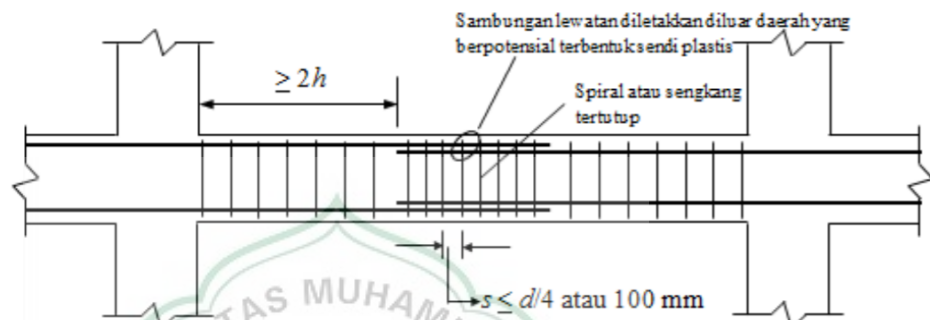
Gambar 2.15 Persyaratan Tulangan Lentur SRPMK

Sumber : <https://ocw.upj.ac.id/files/Slide-TSP407-Struktur-Beton-Lanjutan-TSP-407-P11.pdf> (diakses 25 Juni 2021)

4. Sambungan lewatan tulangan lentur hanya diizinkan jika sengkang pengegang atau spiral dipasang sepanjang sambungan lewatan. Spasi

senggang 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 2.16 Persyaratan Sambungan Lewatan SRPMK

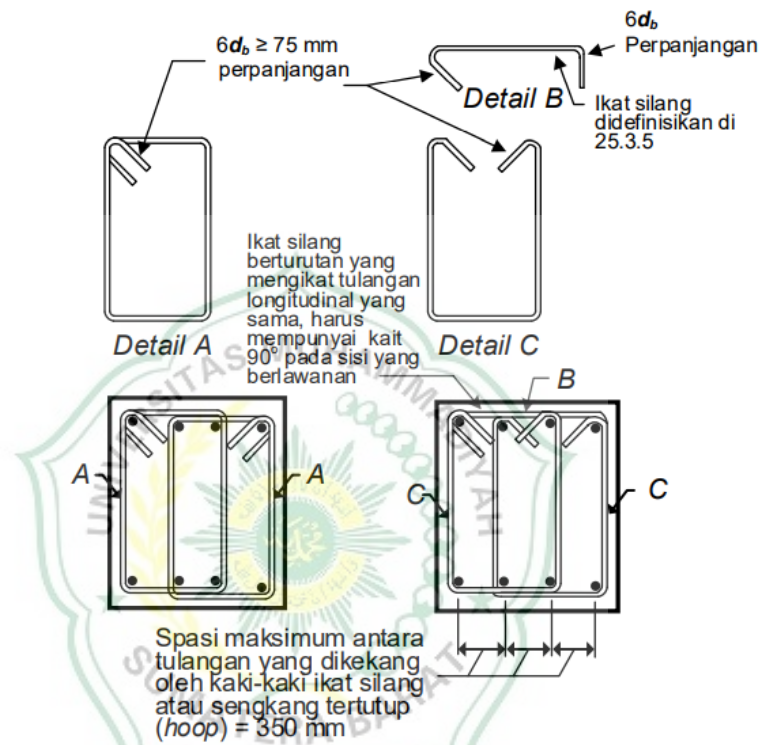
Sumber : <https://ocw.upj.ac.id/files/Slide-TSP407-Struktur-Beton-Lanjutan-TSP-407-P11.pdf> (diakses 25 Juni 2021)

- c. Syarat Tulangan *Transversal* (SNI 2847:2019 pasal 18.6.4)
 1. Senggang pengeang 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 senggang pengeang 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 gempa 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 2.17 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 pengekang 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 melebihi $A_g f'_c/10$ harus dipasang sengkang pengekang 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 :

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

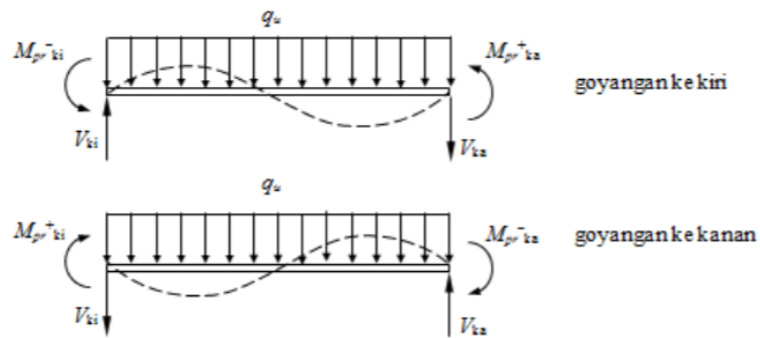
Sedangkan untuk mencari nilai a dapat dicari dari pers 2.54 dibawah ini :

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

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

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

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



Gambar 2.18 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 2021)

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

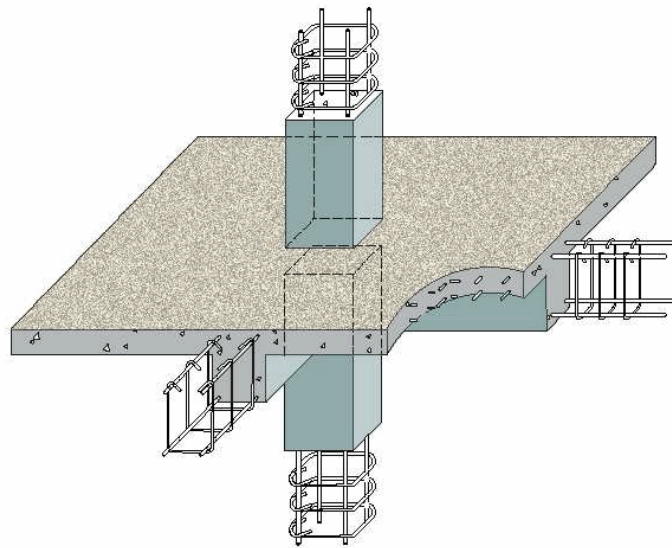
- a) Gaya geser akibat gempa yang dihitung lebih besar atau sama dengan setengah (50%) kekuatan geser perlu maksimum dalam bentang tersebut
- b) Gaya tekan aksial terfaktor P_u termasuk pengaruh gempa kurang dari disumbangkan oleh beton, $A_g f'_c / 20$

2. 2.3 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.



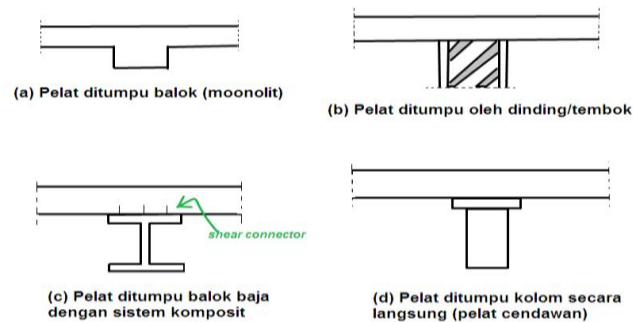
Gambar 2.19 Pelat Lantai

<https://waturarungblog.wordpress.com/2020/07/15/cara-menghitung-dan-menentukan-dimensi-kolom-balok-dan-plat-lantai/>
(diakses 14 Februari 2021)

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 2.20 Jenis pelat lantai berdasarkan tumpuan
Sumber: <https://sanggapramana.wordpress.com>
(diakses pada tanggal 13 Februari 2021)

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

a. Terletak bebas

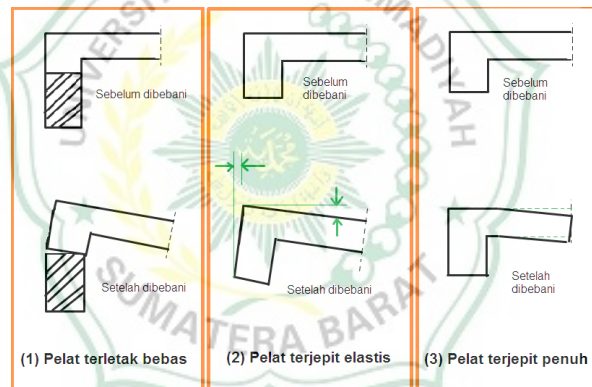
Jika pelat diletakan begitu saja diatas balok, atau antara pelat dan balok tidak dicor bersama-sama sehingga pelat dapat berotasi bebas pada tumpuan tersebut.

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 2.21 Jenis pelat lantai berdasarkan perletakan

Sumber: <https://sanggapramana.wordpress.com>
(diakses pada tanggal 13 Februari 2021)

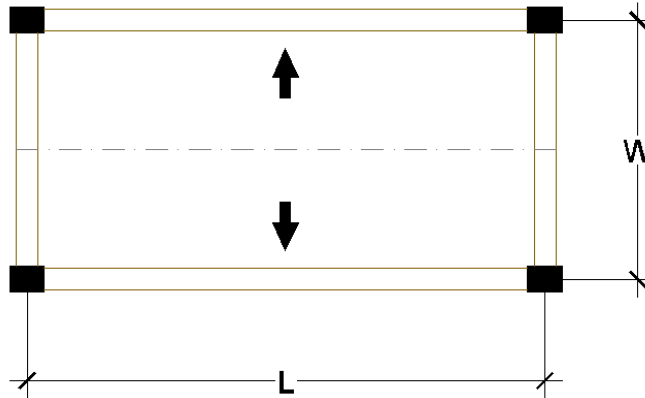
Jenis – jenis pelat lantai berdasarkan sistem perencana beserta gambar dapat dilihat pada gambar 2.21 sebagai berikut:

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.

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

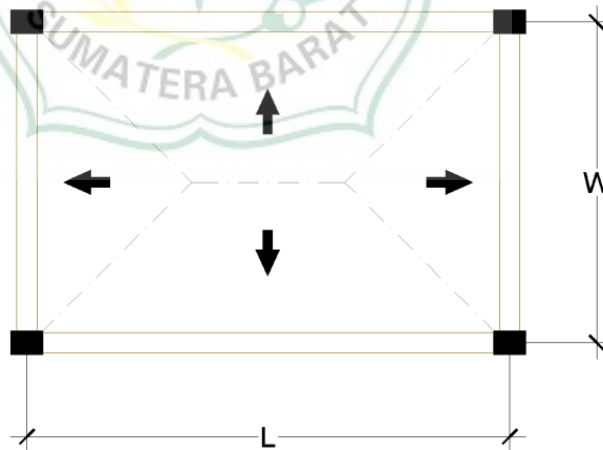


Gambar 2.22 Jenis pelat lantai pelat satu arah

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 2.23 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	$\ell_n/33$	$\ell_n/36$	$\ell_n/36$	$\ell_n/36$	$\ell_n/40$	$\ell_n/40$
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

$\alpha_{fm}^{[1]}$	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 :	$\frac{\ell_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta}$	
		90	(d) [2],[3]

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
- 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.
 - Jumlah *momen* terfaktor positif dan negatif rata-rata, M_u tidak boleh kurang dari pers. 2.61 dibawah ini :

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

- 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

- a) 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

$\alpha_{f1} \ell_2 / \ell_1$	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

- b) 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 8.10.5.2

- 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

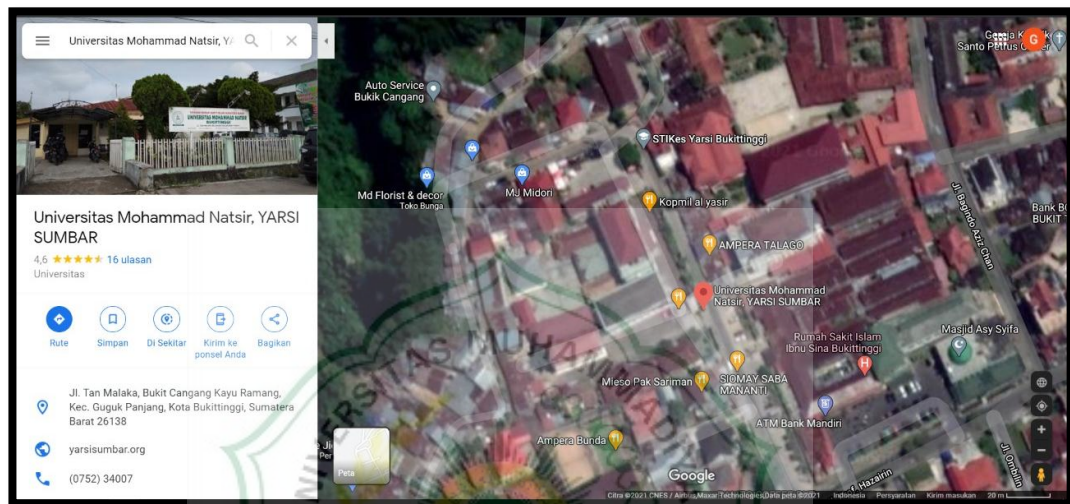
$\alpha_{f1} \ell_2 / \ell_1$	ℓ_2 / ℓ_1		
	0,5	1,0	2,0
0	0,60	0,60	0,60
$\geq 1,0$	0,90	0,75	0,45

Sumber : SNI 2847:2019 Tabel 8.10.5.5

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat Penelitian

Penulis melakukan penelitian di dalam kawasan Universitas Mohammad Natsir yang berada di jalan Tan Malaka Belakang Balok Bukittinggi. Lokasi Universitas Mohammad Natsir dapat dilihat dalam gambar 3.1



Gambar 3.1 Tempat Penelitian
Sumber : *Google maps* (diakses tanggal 14 Februari 2021)

3.2 Data Penelitian

Ahli-ahli berpendapat data penelitian merupakan suatu kumpulan fakta (kenyataan-kenyataan) ataupun informasi diperoleh melalui proses pengukuran sesuatu, ataupun dalam berbentuk angka, simbol, maupun kata-kata, yang akan digunakan sebagai bahan analisis dalam sebuah penelitian.

3.3.1 Jenis dan Sumber data

Dilihat dari cara memperolehnya, Data Penelitian dibedakan menjadi dua data yakni data primer serta data sekunder. Data Primer merupakan jenis data yang utama diperoleh dari objek penelitian secara langsung atau dari pihak pertama. Sedangkan Data primer merupakan data yang bersifat *objektif*, *otentik*, dan *reliabel*, dikarenakan data ini digunakan sebagai dasar dalam menyelesaikan suatu permasalahan. Hasil Data primer ini merupakan hasil wawancara langsung

dengan narasumber, hasil tes, hasil angket, dan lain-lainnya. Sedangkan Data sekunder merupakan data digunakan untuk penelitian diperoleh tidak dari objek penelitian maupun sumber pertama. Data sekunder hanya sebagai pelengkap serta penguat dalam data primer. Data sekunder murah memperolehnya serta bisa diperoleh ataupun diakses oleh banyak orang bisa melalui artikel atau internet.

Berdasarkan penjelasan dari dua hal tersebut, maka data penelitian dalam penelitian Perencanaan Struktur Atas Gedung Kuliah Universitas Mohammad Natsir Menggunakan *Program Etabs* Versi 18 ini dapat dilihat seperti dibawah ini :

a. Data Primer

1. Nama Pekerjaan : Pembangunan Gedung Kuliah Universitas Mohammad Natsir Bukittinggi
2. Luas Lahan : 8437,6660 m²
3. Luas Bangunan : 14,50 m x 35,00 m = 507,50 m²
4. Jumlah Lantai : 3 Lantai
5. Luas Lantai : 1. Lantai 1 = 14,50 m x 35,00 m = 507,50 m²
 2. Lantai 2 = 14,50 m x 35,00 m = 507,50 m²
 3. Lantai 3 = 14,50 m x 35,00 m = 507,50 m²
6. Luas Lantai Keseluruhan : 1.522,50 m²
7. Penutup Atap : Plat Beton dan Atap Genteng
8. Mutu Beton : K-250, $f_c' = 20,75$ Mpa
9. Mutu Besi : 1. Besi Ulir (D) U-32, $f_y = 320$ Mpa
 2. Besi Polos (d) U-24, $f_y = 240$ Mpa
10. Kegunaan Bangunan : Mushalla, Laboratorium, dan Gedung kuliah

b. Data Sekunder

1. Lokasi : Jalan Tan Malaka Belakang Balok Bukittinggi
2. Fungsi Gedung : Gedung Perkantoran atau Gedung Sekolah Berdasarkan beban atau Fasilitas Pendidikan Gempa

3.3.2 Teknik Pengumpulan Data

Cara peneliti dalam melakukan pengumpulan data untuk penelitian merupakan Teknik pengumpulan data. Melakukan pengumpulan data untuk mendapatkan informasi yang dibutuhkan merupakan keharusan dalam mencapai tujuan penelitian harus. Teknik pengumpulan data yang biasa digunakan dalam penelitian adalah *Survey*, wawancara, observasi serta dokumentasi.

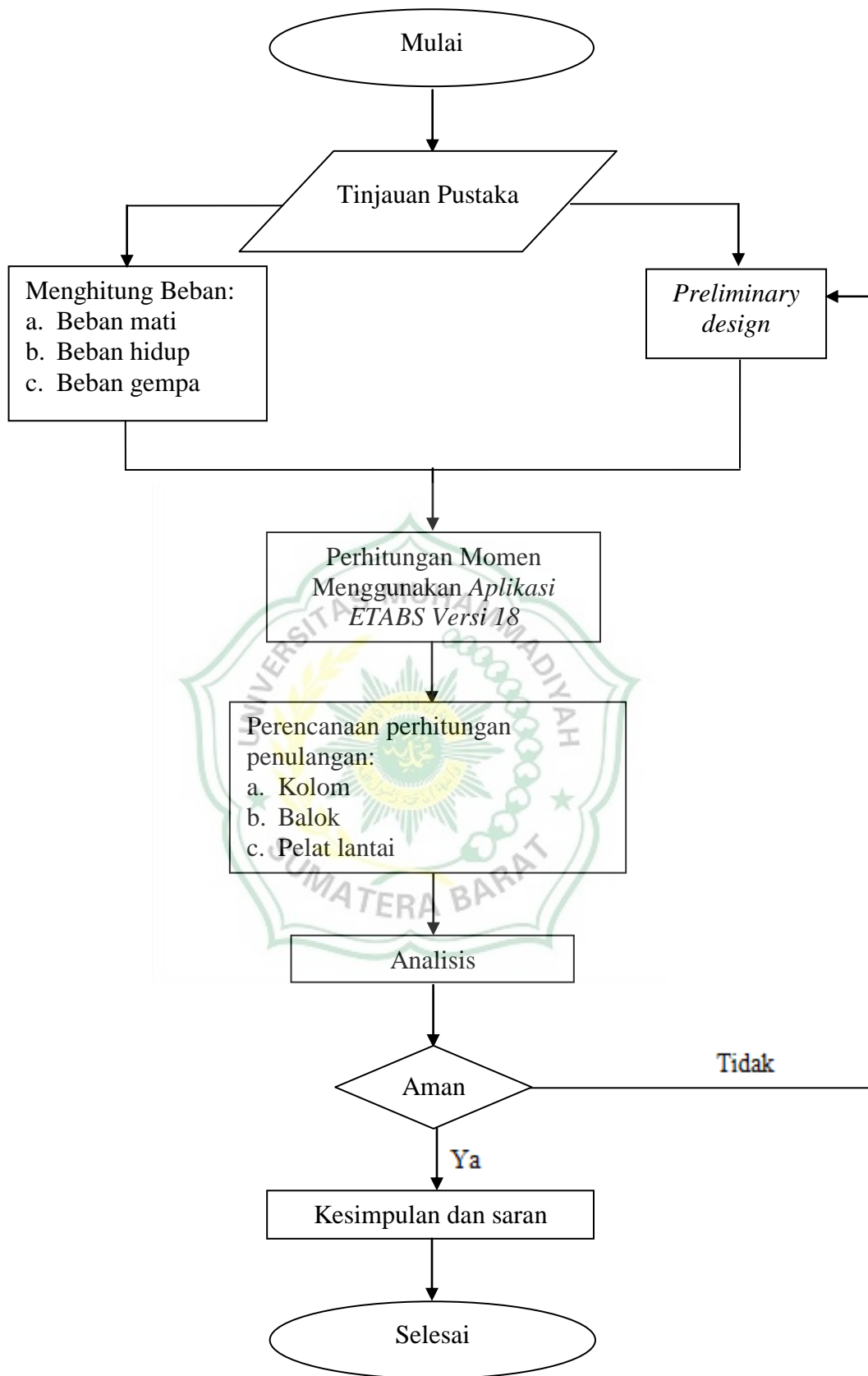
Penulis menggunakan teknik *Observasi* dalam penelitian ini. *Observasi* merupakan suatu metode pengumpulan data yang saling berhubungan karena dalam pelaksanaannya selalu melibatkan beberapa faktor. Dalam penelitian ini menggunakan Teknik pengumpulan data observasi untuk mendapatkan informasi mengenai perilaku manusia, proses kerja, dan gejala-gejala yang terjadi di alam.

3.3 Metode Analisis Data

Metode analisis data merupakan metode yang penting dalam penelitian ini dimana data yang dikumpulkan di olah atau proses untuk menarik kesimpulan dari permasalahan yang dianalisis. Pada penelitian ini penulis hanya melakukan metode analisis data pada struktur atas pembangunan gedung kuliah Universitas Mohammad Natsir. Aplikasi program yang digunakan untuk melakukan analisis data penulis menggunakan *aplikasi ETABS Versi 18*.

3.4 Bagan Alir Penelitian (*Flowchart*)

Pada penelitian ini Bagan Alir Penelitian (*Flowchart*) bisa dilihat dalam gambar 3.2



Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian (*Flowchart*)

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Preliminary Design

Preliminary Design pada perencanaan struktur atas Gedung kuliah Universitas Mohammad Natsir ini berpedoman pada SNI 2847:2019, baik *Preliminary Design* kolom, balok, maupun plat lantai. Struktur bangunan gedung ini direncanakan struktur tahan gempa sehingga sistem pada struktur bangunan ini memakai Sistem Rangka Pemikul *Momen Khusus* (SRPMK), SNI 2847:2019.

4.1.1 Perencanaan Dimensi Elemen Struktur Balok

Jika dilihat dalam SNI 2847:2019 pasal 18.6.1 Balok SRPMK yang direncanakan harus mampu memikul gaya *seismik* serta paling utama untuk dapat menahan gaya lentur, serta gaya geser. Persyaratan batasan dimensi penampang balok SRPMK dalam SNI 2847:2019 pasal 18.6.2 yang sudah dijelaskan pada hal 40 pers. 2.40 sampai 2.42.

- a. Balok Induk (balok lantai 1 (B1), balok lantai 2 (B3), balok lantai 3 (B3),

Direncanakan dimensi balok 300 mm x 400 mm, cek dimensi berdasarkan persyaratan hal 41. Balok induk yang direncanakan pada B1 dengan bentang 6000 cm.

keterangan :

$$\begin{aligned} h &= 400 \text{ mm} \\ b &= 300 \text{ mm} \\ L &= 6000 \text{ mm} \end{aligned}$$

1. Tinggi balok ditentukan berdasarkan SNI 2847:2019 Tabel 9.3.1.1 dengan kondisi perletakan sederhana yaitu :

$$\begin{aligned} h \text{ min} &= \frac{L}{16} \\ &= \frac{6000}{16} \\ &= 375 \text{ mm} \\ h \text{ pakai} &= 400 \text{ mm} \quad \dots\dots \quad \text{Ok!!!} \end{aligned}$$

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

(a.) $b_w \geq 0,3 h \quad \rightarrow 300 \geq (0,3 \times 400 = 120) \quad \text{Ok!!!}$

(b.) $b_w \geq 250 \text{ mm} \quad \rightarrow 300 \geq 250 \text{ mm} \dots\dots \text{Ok!!!}$

(c.) b pakai $= \frac{2}{3} h \quad \rightarrow \frac{2}{3} 400 = 266,67 \text{ cm}$
 $= 300 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{Ok!!!}$

3. Bentang bersih, ℓ_n , harus minimal dari 4 kali tinggi efektif, $4d$ ($\ell_n \geq 4d$)

$\ell_n = 6000 \text{ mm} - 300 \text{ mm} = 5700 \text{ mm}$

$d = 400 - \text{selimut beton} - \text{diameter sengkang} - d_b/2$

$= 400 - 30 - 10 - 11$

$= 349 \text{ mm}$

$\ell_n \geq 4d \quad \rightarrow 5700 \geq (4 \times 349 = 1396 \text{ mm}) \dots\dots \text{Ok!!!}$

4. Sedangkan pada lebar balok, b_w , yang melebihi dari lebar kolom penumpu tidak dibolehkan melampaui dari nilai terkecil dari c_2 dan $0,75 c_1$ pada semua sisi kolom yang dalam arah sejajar komponen lentur.

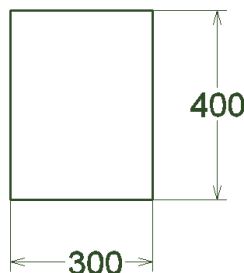
(a.) Lebar komponen struktur penumpu c_2 , dan

(b.) $0,75$ kali dari semua dimensi komponen struktur penumpu, c_1

$b_w \leq 2.c_2 \quad \rightarrow 300 \leq (2 \times 350 = 700) \dots\dots \text{Ok!!!}$

$b_w \leq c_2 + 3/4 c_1 \quad \rightarrow 300 \leq (350 + (3/4 400) = 650) \quad \text{Ok!!!}$

Dari perhitungan dimensi balok diatas, maka dimensi balok yang digunakan adalah :



Gambar 4.1 Dimensi balok yang akan digunakan

1. Balok Lt. 1 (B1)	= 300 mm x 400 mm
2. Balok Lt. 2 (B2)	= 300 mm x 400 mm
3. Balok Lt. 3 (B3)	= 300 mm x 400 mm

b. Balok Anak (balok anak lantai 1, lantai 2, lantai 3 (Ba),

Direncanakan dimensi anak balok 250 mm x 350 mm, cek dimensi berdasarkan persyaratan hal 41. Balok anak yang direncanakan pada Ba dengan bentang 500 cm.

keterangan :

$$h = 350 \text{ mm}$$

$$b = 250 \text{ mm}$$

$$L = 5000 \text{ mm}$$

1. Tinggi balok ditentukan berdasarkan SNI 2847:2019 Tabel 9.3.1.1 dengan kondisi perletakan sederhana yaitu :

$$h_{\text{min}} = \frac{L}{16}$$

$$= \frac{5000}{16}$$

$$= 312,5 \text{ mm}$$

$$h_{\text{pakai}} = 350 \text{ mm} \dots\dots \text{Ok!!!}$$

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

(a.) $b_w \geq 0,3 h \rightarrow 250 \geq (0,3 \times 350 = 105) \text{ Ok!!!}$

(b.) $b_w \geq 250 \text{ mm} \rightarrow 250 \geq 250 \text{ mm} \dots\dots \text{Ok!!!}$

(c.) $b_{\text{pakai}} = \frac{2}{3} h \rightarrow \frac{2}{3} 350 = 233,33 \text{ cm}$
 $= 250 \text{ mm} \dots\dots \text{Ok!!!}$

3. Bentang bersih , ℓ_n , harus minimal dari 4 kali tinggi efektif, $4d$ ($\ell_n \geq 4d$)

$$\ell_n = 5000 \text{ mm} - 300 \text{ mm} = 4700 \text{ mm}$$

$$d = 350 - \text{selimut beton} - \text{diameter sengkang} - d_b/2$$

$$= 350 - 30 - 10 - 11$$

$$= 299 \text{ mm}$$

$$\ell_n \geq 4d \rightarrow 4700 \geq (4 \times 299 = 1196 \text{ mm}) \dots\dots \text{ Ok!!!}$$

4. Sedangkan pada lebar balok, b_w , yang melebihi dari lebar kolom penumpu tidak dibolehkan melampaui dari nilai terkecil dari c_2 dan $0,75 c_1$ pada semua sisi kolom yang dalam arah sejajar komponen lentur.

(c.) Lebar komponen struktur penumpu c_2 , dan

(d.) 0.75 kali dari semua dimensi komponen struktur penumpu, c_1

$$b_w \leq 2.c_2 \rightarrow 250 \leq (2 \times 350 = 700) \dots\dots \text{ Ok!!!}$$

$$b_w \leq c_2 + 3/4 c_1 \rightarrow 250 \leq (350 + (3/4 \times 400) = 650) \text{ Ok!!!}$$

Dari perhitungan dimensi balok anak diatas, maka dimensi balok anak yang digunakan adalah :



Gambar 4.2 Dimensi balok anak yang akan digunakan

1. Balok Anak Lt. 1 (Ba1)	= 250 mm x 350 mm
2. Balok Anak Lt. 2 (Ba2)	= 250 mm x 350 mm
3. Balok Anak Lt. 3 (Ba3)	= 250 mm x 350 mm

4. 1.2 Perencanaan Dimensi Elemen Struktur Pelat Lantai

Pada gedung kuliah Universitas Mohammad Natsir ini direncanakan memakai pelat ditumpu balok (*monolit*) memakai sistem pelat dua arah (*two way slab*). Dalam SNI 2847:2019 pasal 8.3.1.2 dan penjelasan pada halaman 50, untuk menentukan ketebalan minimum plat dua arah agar tidak terjadi lendutan berlebih harus memenuhi persyaratan minimum tabel 2.17.

Ukuran kolom

kolom lantai 1 (K1)	= 350 mm x 400 mm
kolom lantai 2 (K2)	= 350 mm x 400 mm
kolom lantai 3 (K3)	= 350 mm x 400 mm

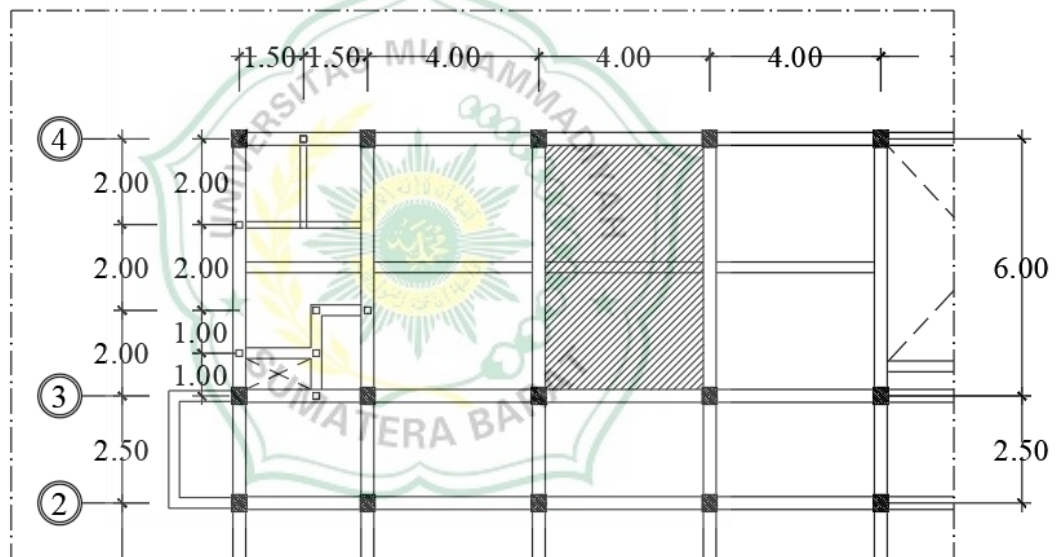
Ukuran Balok

balok lantai 1 (B1)	= 300 mm x 400 mm
balok lantai 2 (B3)	= 300 mm x 400 mm
balok lantai 3 (B3)	= 300 mm x 400 mm

Mutu beton K-250, f_c' = 20,75 Mpa

Mutu baja U-28, f_y = 280 Mpa

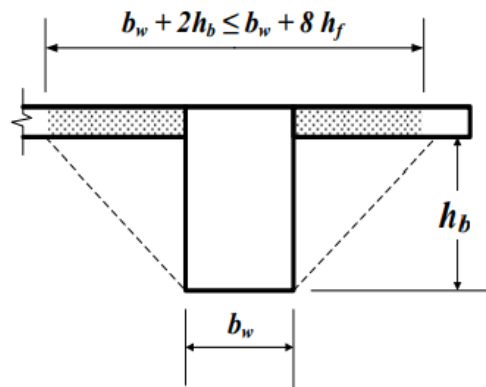
Asumsi tebal awal plat lantai diambil 120 mm



Gambar 4.3 penampang plat lantai

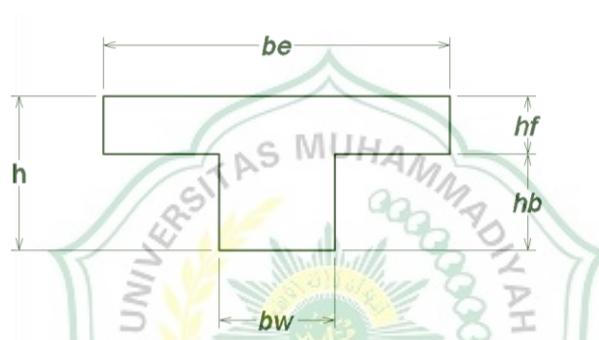
1. Perencanaan Dimensi Pelat Lantai

- Balok yang berada di tengah konstruksi seperti gambar 4.4 dan gambar 4.5pp



Gambar 4.4 Dimensi Pelat Lantai

Sumber: SNI 2847:2019 gambar R8.4.1.8



Gambar 4.5 Dimensi Pelat Lantai

Lebar sayap, $b_e = b_w + 2h_b \leq b_w + 8h_f$
 $= 300 + 2(280) \leq 400 + 8(120)$
 $= 860 \leq 1360 \dots\dots \text{Ok !!!}$

Maka b_e yang digunakan adalah 860 mm

Titik berat penampang dengan mengambil *statis momen* terhadap sisi atas sayap :

Luas bagian sayap	= 120 x 860	= 103.200 mm ²
Luas bagian badan	= 280 x 300	= 84.000 mm ²
Luas Total		= 187.200 mm ²

Maka :

$$y = \frac{103.200 (60) + 84.000 (260)}{187.200} = 150 \text{ mm}$$

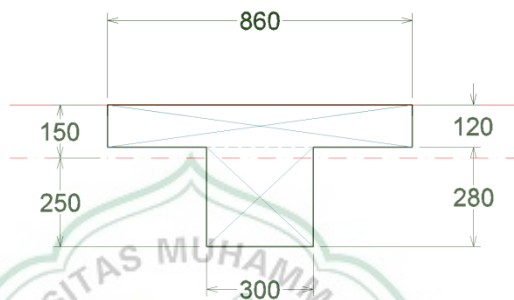
Inersia Balok, I_b

$$I_b = \left[\frac{1}{12} \times 860 \times 120^3 + (103.200 \times 90^2) \right] +$$

$$\left[\frac{1}{12} \times 300 \times 280^3 + (84.000 \times 110^2) \right]$$

$$= 2.524.960.000 \text{ mm}^4$$

$$= 2.524,96 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$



Gambar 4.6 Titik berat pada penampang

Dalam arah panjang *momen Inersia* pelat sebagai berikut :

$$I_i = \frac{1}{12} \times 6000 \times 120^3 = 864.000.000 \text{ mm}^4$$

$$= 864 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

Maka α_{f1} arah panjang dihitung dengan persamaan 2.60 hal 51

$$\alpha_{f1} = \frac{E I_b}{E I_s}$$

$$= \frac{2.524,96 \cdot 10^6}{864 \cdot 10^6} = 2,922$$

Dalam arah pendek *momen Inersia* pelat sebagai berikut :

$$I_s = \frac{1}{12} \times 4000 \times 120^3 = 576.000.000 \text{ mm}^4$$

$$= 576 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

Maka α_{f2} arah pendek dihitung dengan persamaan 2.60 hal 51

$$\alpha_{f2} = \frac{E I_b}{E I_s}$$

$$= \frac{2.524,96 \cdot 10^6}{576 \cdot 10^6} = 4,383$$

Sehingga nilai α_{fm} diperoleh dari rata – rata α_{f1} dengan α_{f2} :

$$\alpha_{fm} = \frac{2,922+4,383}{2} = 3,653$$

Maka *rasio* dimensi panjang terhadap dimensi pendek, β adalah :

$$\beta = \frac{6000-400}{4000-350} = \frac{5600}{3650} = 1,534$$

Dari perhitungan di atas didapat $\alpha_{fm} > 2,0$, maka nilai h_{min} dicari dengan menggunakan pers. d tabel 2.17 hal 50.

$$\begin{aligned} h_{min} &= \frac{\ell_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36+9\beta} \\ &= \frac{(6000-300) \left[0,8 + \frac{280}{1400} \right]}{36+9(1,534)} \\ &= 114,444 \text{ mm} > 90 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{Ok !!!} \end{aligned}$$

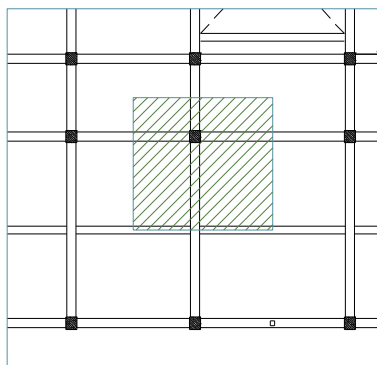
Pada tabel 2.17, h_{min} harus besar dari 90 mm, maka asumsi tebal pelat 120 mm bisa digunakan.

4. 1.3 Dimensi Elemen Struktur Kolom (*column*)

Menurut SNI 2847:2019 pasal 18.7.1 Kolom SRPMK yang direncanakan harus mampu memikul gaya seismik serta paling utama untuk dapat menahan gaya aksial, gaya geser, serta gaya lentur. Dalam menentukan dimensi kolom dipilih satu kolom yang diperhitungkan akan menerima beban yang paling besar.

- a. Perhitungan Beban *Ultimate* yang diterima Kolom (P_u)

Distribusi Beban Pada Kolom



Gambar 4.7 Distribusi Beban Pada Kolom

Jarak arah Lx

Jarak arah Ly

L kiri = 2 m

L atas = 1,2 m

L kanan = 2,5 m

L bawah = 3 m

Perhitungan Beban Mati Pada Kolom

Tabel 4.1 Beban Mati lantai 3 atau Plat dack

Beban	Rumus	Berat (Kg)
Pelat Atap	0,11 x 2,25 x 2,125 x 2400	1262,25
Ring Balok	0,40 x 0,3 x 4,375 x 2400	1260,00
Balok Anak	0,35 x 0,25 x 4,375 x 2400	918,75
Genangan air	0,10 x 2,25 x 2,125 x 1000	478,13
Spesi 3 cm	2,25 x 2,125 x 63	301,22
Plumbing	2,25 x 2,125 x 10	47,81
Plafon	2,25 x 2,125 x 11	52,59
Penggantung	2,25 x 2,125 x 7	33,47
Sanitasi	2,25 x 2,125 x 20	95,63
Mekanikal Elektrikal	2,25 x 2,25 x 20	101,25
DL atap		4551,09

T

a	Beban	Rumus	Berat (Kg)
	Pelat Lantai	0,12 x 2,25 x 2,125 x 2400	1377,00
	Balok nduk	0,40 x 0,3 x 4,375 x 2400	1260,00
	Kolom	0,35 x 0,40 x 4 x 2400	1.344,00
	Dinding	4,375 x 4 x 200	3500,00
	Spesi 3 cm	2,25 x 2,125 x 63	301,22
	Keramik 1 cm	2,25 x 2,125 x 24	114,75
	Plumbing	2,25 x 2,125 x 10	47,81
	Plafon	2,25 x 2,125 x 11	52,59
	Penggantung	2,25 x 2,125 x 7	33,47
	Sanitasi	2,25 x 2,125 x 20	95,63
	Mekanikal Elektrikal	2,25 x 2,125 x 20	95,63
a	DL Lantai		8222,09

ti lantai 2 dan lantai 3

maka total berat beban mati lantai 2 dan lantai 3 adalah

$$2 \times 8222,09 = 16444,19 \text{ Kg}$$

Sehingga total berat beban mati lantai 2 , lantai 3 dan plat *dack* adalah

$$\begin{aligned} \text{DL Total} &= 16444,09 \text{ Kg} + 4551,09 \text{ Kg} \\ &= 20995,2812 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Tabel 4.3 Perhitungan Beban Hidup Pada Kolom dapat dilihat pada tabel.

Beban	Rumus							Berat (kg)
Atap (Pekerja)	2,25	x	2,125	x	100	x	1	478,125
Bantai (Fungsi Bangunan)	2,25	x	2,125	x	250	x	2	1195,3125
TOTAL (LL)								1673,44

binasi Pembebanan

$$\begin{aligned} W_u &= 1,2 P_{DL} + 1,6 P_{LL} \\ &= 1,2 (20995,2812 \text{ Kg}) + 1,6 (1673,44 \text{ Kg}) \\ &= 27871,84 \text{ Kg/m} \\ &= 278718,38 \text{ N} \end{aligned}$$

Luas kolom dapat dihitung menggunakan SNI 2847:2019 pasal 9.3.2.2. , sebagai berikut :

$$\begin{aligned} A_{reg} &= \frac{W_u}{0,3x f_c'} \\ &= \frac{278718,384}{0,3x 20,75'} = 47218,30 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Diambil dimensi kolom K1 350 mm x 400 mm dengan

$$A = 140000 \text{ mm}^2 > A_{reg} = 47218,30 \text{ mm}^2$$

Pada hal. 33, untuk menentukan dimensi penampang kolom juga harus memenuhi syarat dimensi penampang, dapat dilihat dalam SNI 2847:2019 pasal 18.7.2.1.

b. Kolom lantai 1 (K1)

Direncanakan dimensi kolom 350 mm x 400 mm, cek dimensi berdasarkan persyaratan hal 33.

1. $b < h$ → 350 mm < 400 mm Ok !!!
2. $b \geq 300 \text{ mm}$ → 350 mm \geq 300 mm Ok !!!
3. $b/h \geq 0,4$ → 350 mm / 400 mm = 0,875 \geq 0,4 ... Ok !!!

c. Kolom lantai 2 (K2)

Direncanakan dimensi kolom 350 mm x 400 mm, cek dimensi berdasarkan persyaratan hal 33.

1. $b < h$ → 350 mm < 400 mm Ok !!!
2. $b \geq 300$ mm → 350 mm \geq 300 mm Ok !!!
3. $b/h \geq 0,4$ → 350 mm / 400 mm = 0,875 \geq 0,4 ... Ok !!!

d. Kolom lantai 3 (K3)

Direncanakan dimensi kolom 350 mm x 400 mm, cek dimensi berdasarkan persyaratan hal 33.

1. $b < h$ → 350 mm < 400 mm Ok !!!
2. $b \geq 300$ mm → 350 mm \geq 300 mm Ok !!!
3. $b/h \geq 0,4$ → 350 mm / 400 mm = 0,875 \geq 0,4 ... Ok !!!

Maka kolom yang akan digunakan berdasarkan perhitungan di atas adalah :



Gambar 4.8 Ukuran atau dimensi kolom yang akan digunakan

1. Kolom Lt. 1 (K1)	= 350 mm x 400 mm
2. Kolom Lt.2 (K2)	= 350 mm x 400 mm
3. Kolom Lt. 3 (K3)	= 350 mm x 400 mm

4.2 Pembebanan

Saat mendesain analisa perhitungan suatu srtuktur, wajib mengidentifikasi beban nominal yang ada pada struktur gedung tersebut. Beban nominal yang ada pada struktur dikelompokkan kedalam beberapa jenis beban, yakni beban mati, beban hidup, beban gempa serta beban angin.

4. 2.1 Beban Mati

Tabel 4.4 Massa Efektif Lantai Bangunan (Lantai 2)

Elemen	Keterangan	Beban (kg)
Pelat	35 x 14,5 x 0,12 x 2400	146.160
Balok	0,3 x 0,4 x (4*35 + 6*14,5) x 2400	65.376
Kolom	0,35 x 0,4 x (24*(4/2 + 4,2/2)) x 2400	33.062,4
Dinding	(4/2 + 4,2/2) x (4*35 + 6*14,5) x 250	232.675
Plafond	35 x 14,5 x 11	5.582,5
M/E	35 x 14,5 x 25	12.687,5
Spesi	35 x 14,5 x 21	10.657,5
Keramik	35 x 14,5 x 24	12.180
Total Beban		518.380,9

Tabel 4.5 Massa Efektif Lantai Bangunan (Lantai 3)

Elemen	Keterangan	Beban (kg)
Pelat	35 x 14,5 x 0,12 x 2400	146.160
Balok	0,3 x 0,4 x (4*35 + 6*14,5) x 2400	65.376
Kolom	0,35 x 0,4 x (24*4) x 2400	32.256
Dinding	4 x (4*35 + 6*14,5) x 250	227.000
Plafond	35 x 14,5 x 11	5.582,5
M/E	35 x 14,5 x 25	12.687,5
Spesi	35 x 14,5 x 21	10.657,5
Keramik	35 x 14,5 x 24	12.180
Total Beban		511.899,5

Tabel 4.6 Massa Efektif Lantai Atap (Lantai 3)

Elemen	Keterangan	Beban (kg)
Pelat	35 x 14,5 x 0,11 x 2400	133.980
Balok	0,3 x 0,4 x (4*35 + 6*14,5) x 2400	65.376
Kolom	0,35 x 0,4 x (24*4/2) x 2400	16.128
Dinding	4/2 x (4*35 + 6*14,5) x 250	113.500
Plafond	35 x 14,5 x 11	5.582,5
M/E	35 x 14,5 x 25	12.687,5
Total Beban		347.254

Sehingga total beban mati dari bangunan ini adalah :

$$\begin{aligned}
 D &= 1.377.534,400 \text{ kg} \\
 &= 1.377, 534 \text{ Ton} \\
 &= 13.775,344 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

4. 2.2 Beban Hidup

Lantai 2

Menurut SNI 1727 2013, pada lantai 2 berat beban hidup yang ada adalah :

Tabel 4.7 Beban Hidup Pada Lantai 2

Jenis Beban	Beban Merata (kN/m ²)	Beban Terpusat (kN)
Ruang Kelas	4,79	8,9
Ruang Komputer	4,79	8,9
Ruang Pertemuan kursi dapata dipindahkan	4,79	
Koridor	4,79	
Tangga Permanen		1,33
Ruang Laboratorium	2,87	4,45
Gudang Ringan	6,00	
WC/ Kamar Mandi	1,96	

Lantai 3

Menurut SNI 1727 2013, pada lantai 3 berat beban hidup yang ada adalah :

Tabel 4.8 Beban Hidup Lantai 3

Jenis Beban	Beban Merata (kN/m ²)	Beban Terpusat (kN)
Ruang Kantor/ Ruang Dosen	2,4	8,9
Ruang Kelas	4,79	8,9
Tangga Permanen		1,33
Gudang Ringan	6,00	
WC/ Kamar Mandi	1,96	

Lantai Dack

Menurut SNI 1727 2013, pada lantai dack beban hidup yang ada adalah :

Tabel 4.9 Beban Hidup Lantai Dack

Jenis Beban	Beban Merata (kN/m ²)	Beban Terpusat (kN)
Atap	4,79	
Beban Pekerja Pemeliharaan		1,33
Air +Galon		2



4. 2.3 Beban Gempa

Perencanaan Struktur Gedung Kuliah Universitas Mohammad Natsir ini berlandaskan SNI 1726-2019.

Tabel 4.10 Perhitungan Parameter Beban Gempa

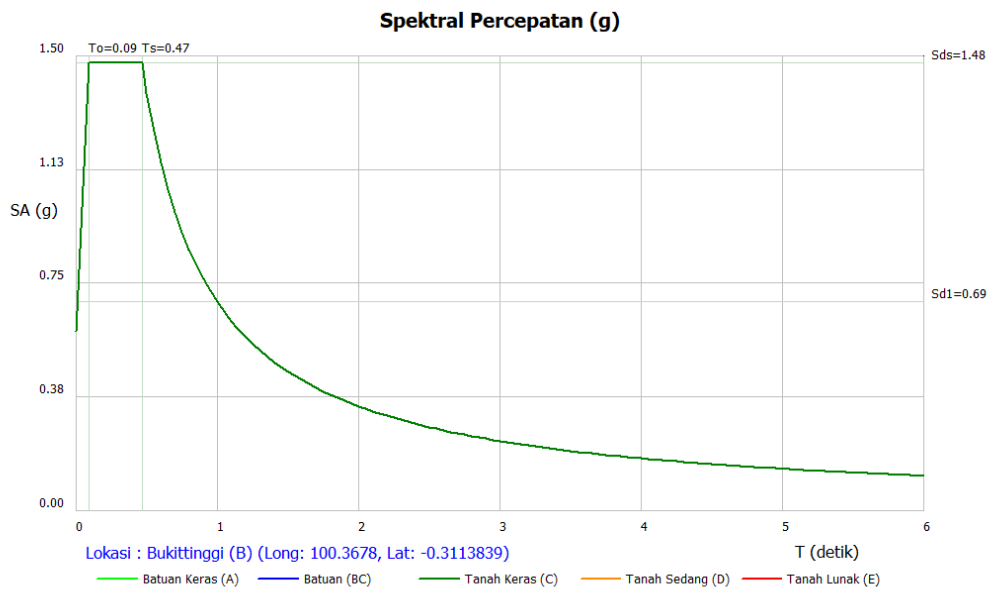
A.	Lokasi Bangunan	:	Kota	:	Bukittinggi
		:	<i>Latitude / Lintang</i>	:	-0.3113839
		:	<i>Longitude / Bujur</i>	:	1.003.678.598
B.	Tinggi bangunan	:	Dari muka tanah	:	12.2 m
C.	Peruntukan Bangunan	:	Gedung perkantoran		
D.	Parameter Beban Gempa				
	Kategori Risiko	:	Berdasarkan peruntukan	:	II
	Faktor Keutamaan Gempa	:	I_e	:	1
	Percepatan Batuan Dasar pada <i>Periode</i> Pendek	:	S_s	:	1.850 g
	Percepatan Batuan Dasar pada <i>Periode</i> 1 sec	:	S_1	:	0.730 g
	<i>Klasifikasi</i> Situs Tanah	:	[Hard Soil]	3	SC (Tanah Keras)
	Faktor <i>Amplifikasi</i> terkait Percepatan pada <i>Periode</i> Pendek	:	F_a	:	1.200
	Faktor <i>Amplifikasi</i> terkait Percepatan pada <i>Periode</i> 1 sec	:	F_v	:	1.400
	Parameter <i>Respon Spektral</i> Percepatan <i>Periode</i> Pendek	:	$S_{MS} = F_a * S_s$	:	2.220 g
	Parameter <i>Respon Spektral</i> Percepatan <i>Periode</i> 1 sec	:	$S_{M1} = F_v * S_1$	:	1.022 g
	Parameter <i>Respon Spektral</i> Percepatan <i>Desain</i> <i>Periode</i> Pendek	:	$S_{DS} = (2/3) * S_{MS}$	:	1.480 g
	Parameter <i>Respon Spektral</i> Percepatan <i>Desain</i> <i>Periode</i> 1 sec	:	$S_{D1} = (2/3) * S_{M1}$	:	0.681 g

E.	Penentuan Sistem Struktur				
	Pemilihan Sistem Struktur	:	<i>Rangka beton bertulang pemikul momen khusus</i>		
	<i>Koefisien Modifikasi Respon</i>	:	R	:	8
	Faktor Kuat Lebih Sistem	:	Ω_0	:	3
	<i>Koefisien Amplifikasi Defleksi</i>	:	C_d	:	5.5
F.	<i>Periode Fundamental Struktur</i>				
	<i>Periode Fundamental Struktur</i>	:	T	:	0.443 sec
	- <i>Periode Fundamental Terhitung (Perhitungan Software)</i>	:	T_c	:	0.000 sec
	- <i>Periode Fundamental Pendekatan</i>	:	$T_a = C_t * h_n^x$	:	0.443 sec
	- <i>Batas Atas Periode Fundamental</i>	:	$C_u * T_a$	:	0.620 sec
	Tipe Struktur	<i>Rangka beton pemikul momen</i>			
	<i>Koefisien C_t</i>	:	C_t	:	0.0466
	Tinggi Bangunan dari Muka Tanah	:	h_n	:	12.2 m
	<i>Koefisien x</i>	:	x	:	0.9
	<i>Koefisien Batas Atas untuk Periode Terhitung</i>	:	C_u	:	1.4

G. Parameter Perhitungan Beban Gempa Prosedur "Gaya Lateral Ekuivalen"							
	Koefisien Respon Seismic :		:	$C_s = S_{DS} * I_e / R$	:	0.185
-	Maximum Nilai Cs		:	$C_{s_{max}} = (S_{D1} * I_e) / (T * R)$	:	0.192
-	Minimum Nilai Cs (kondisi 1)		:	$C_{s_{min1}} = 0.044 * S_{DS} * I_e \geq 0,01$	:	0.065
-	Minimum Nilai Cs (kondisi 2: $S_1 \geq 0,6$ g)		:	$C_{s_{min2}} = 0.5 * S_1 * I_e / R$	:	0.046
	Koefisien Respon Seismic Terpakai		:	C_s	:	0.185	
	Eksponen yang terkait periode struktur		:	k	:	1.000	
-	Jika $T \leq 0.5$, $k = 1$						
-	Jika $0.5 < T < 2.5$, $k = \text{interpolasi antara } 1 \sim 2$						
-	Jika $T \geq 2.5$, $k = 2$						
H. Parameter Perhitungan Beban Gempa Prosedur "Spektrum Respon Ragam"							
	Periode Fundamental Struktur		:	T	:	0.443	sec
			:	$T_0 = 0.2 S_{D1} / S_{Ds}$:	0.092	sec
			:	$T_s = S_{D1} / S_{Ds}$:	0.460	sec
	Spektrum Respon Percepatan Desain						
-	jika,	$T < T_0$	:	$S_a = S_{DS} * (0.4 + 0.6 T / T_0)$		
-	jika,	$T_0 \leq T \leq T_s$	:	$S_a = S_{Ds}$		
-	jika,	$T > T_s$	:	$S_a = S_{D1} / T$		

Tabel 4.11 Tabel *Spektrum Respon* Percepatan *Desain* (S_a) terhadap Periode (T)

T	T	S_a
detik	detik	(g)
0	0	0.592
T_0	0.092	1.480
T_s	0.460	1.480
$T_s+0.10$	0.560	1.216
$T_s+0.20$	0.660	1.032
$T_s+0.30$	0.760	0.896
$T_s+0.40$	0.860	0.792
$T_s+0.50$	0.960	0.709
$T_s+0.60$	1.060	0.643
$T_s+0.70$	1.160	0.587
$T_s+0.80$	1.260	0.541
$T_s+0.90$	1.360	0.501
$T_s+1.00$	1.460	0.467
$T_s+1.10$	1.560	0.437
$T_s+1.20$	1.660	0.410
$T_s+1.30$	1.760	0.387
$T_s+1.40$	1.860	0.366
$T_s+1.50$	1.960	0.348
$T_s+1.60$	2.060	0.331
$T_s+1.70$	2.160	0.315
$T_s+1.80$	2.260	0.301
$T_s+1.90$	2.360	0.289
$T_s+2.00$	2.460	0.277
$T_s+2.10$	2.560	0.266
$T_s+2.20$	2.660	0.256
$T_s+2.30$	2.760	0.247
$T_s+2.40$	2.860	0.238
$T_s+2.50$	2.960	0.230
$T_s+2.60$	3.060	0.223
$T_s+2.70$	3.160	0.216
$T_s+2.80$	3.260	0.209
$T_s+2.90$	3.360	0.203
4	4	0.170



Gambar 4.9 *Spektrum Respon Percepatan Desain* (S_a) terhadap Periode (T)
(Sumber : aplikasi Puskim PU.go.id)

Dalam menentukan nilai *spektrum respon* persepcepatan *dasain* (S_a) Mengacu pada SNI 1726;2019 pasal 6.4 serta pada hal. 17,

1. Jika periode yang lebih kecil dari T_0 , *spektrum respons* persepcepatan *desain*, S_a , harus diambil dari pers. 2.6
2. Dan jika untuk periode lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , *spektrum respons* persepcepatan *desain*, S_a , sama dengan S_{DS} ;
3. Serta untuk periode lebih besar dari T_s tetapi lebih kecil dari atau sama dengan T_L , *respons spektral* persepcepatan *desain*, S_a , diambil berdasarkan pers. 2.7
4. Untuk periode lebih besar dari T_L , *respons spektral* persepcepatan *desain*, S_a , diambil berdasarkan pers. 2.8

maka nilai *spektrum respon* persepcepatan *dasain* (S_a) yang dipakai adalah 1,48 g sama dengan S_{DS} dikarenakan nilai T lebih besar dari pada T_0 dan lebih kecil T_s .

I. Perhitungan Geser dasar *seismik*

Berdasarkan pers. 2.12 hal. 21 Geser dasar *seismik* dapat diperoleh dan berdasarkan SNI 1726 2019.

$$\begin{aligned} V &= C_s W \\ &= 0.185 \times 13.775,344 \\ &= 2.548,439 \text{ kN} \end{aligned}$$

Nilai koefisien *respon seismik* terpakai (perhitungan *spreadsheet* terpisah): sehingga didapat,

$$\begin{aligned} V &= C_s W \\ &= 0.185 * 1377.5344 \\ &= 538.948 \text{ ton} \end{aligned}$$

J. Distribusi Vertikal Gaya Gempa

Menentukan Distribusi Vertikal gaya Gempa, F_x , yang timbul pada setiap lantai berdasarkan pers. 2.22 dan pers. 2.23 hal. 25 yang juga mengacu kepada SNI 1726-2019.

Tabel 4.12 Rekapitulasi perhitungan Distribusi vertikal gaya gempa pada arah-X

Level	h_i (m)	h_i^k (m)	w_i (kN)	$w_i * h_i^k$ (kN.m)	F_i arah-X (kN)	n Por tal	$1/n * F_i$ (kN)
Lantai 3	12.20	12.20	3472.54	42364.99	1017.45	4	254.363
Lantai 2	8.20	8.20	5119.00	41975.76	1008.10	4	252.026
Lantai 1	4.20	4.20	5183.81	21772.00	522.88	4	130.721
Total			29132.33	106112.74			

Tabel 4..13 Rekapitulasi perhitungan Distribusi vertikal gaya gempa pada arah-Y

Level	h_i (m)	h_i^k (m)	w_i (kN)	$w_i * h_i^k$ (kN.m)	F_i arah-Y (kN)	n Por tal	$1/n * F_i$ (kN)
Lantai 3	12.20	12.20	3472.54	42364.99	1017.45	10	101.745
Lantai 2	8.20	8.20	5119.00	41975.76	1008.10	10	100.810
Lantai 1	4.20	4.20	5183.81	21772.00	522.88	10	52.288
Total			29132.33	106112.74			

4. 2.4 Beban Angin

Perhitungan beban angin pada perencanaan Struktur Gedung Kuliah Universitas Mohammad Natsir ini berlandaskan SNI 1727-2013.

a. Data Dimensi Struktur Bangunan

Tabel 4.14 Data Dimensi Struktur Bangunan

a. Dimensi Bangunan Tegak Lurus Arah Angin, B	B =	35,00	m
b. Dimensi Bangunan Paralel Arah Angin, L	L =	14,50	m
c. Tinggi Dinding, z	z1 =	12,20	m
	z2 =	17,20	m
d. Tinggi Efektif, h	h =	12,20	m
e. Sudut Atap, θ	$\theta =$	30,00	°
f. Tipe Atap (pilih dari tiga tipe atap di atas)	Atap Pelana atau Perisai		
	Dinding 2 (Tinggi)		

b. Formula Tekanan Beban Angin

Berdasarkan persamaan 27.4-1 pada SNI 1727-2013 Nilai tekanan angin desain pada bangunan di setiap ketinggian dihitung dengan rumus berikut ini:

$$p = qGC_p - q_i(GC_{pi})(\text{ib/ft}^2)(\text{N/m}^2)$$

Dimana :

p = Tekanan angin *desain* (N/m²)

q = Tekanan *velositas* dinding angin datang (q_z) yang diukur pada ketinggian z , atau tekanan *velositas* dinding/atap lainnya (q_h) yang diukur pada ketinggian h (N/m²)

q_i = Tekanan *velositas* untuk mengevaluasi tekanan internal positif/negatif pada semua permukaan yang secara *konservatif* diambil senilai (q_h) yang diukur pada ketinggian h (N/m²)

G = *Koefisien* faktor efek tiupan angin

C_p = *Koefisien* tekanan *eksternal*

(GC_{pi}) = *Koefisien* tekanan *internal*

Tekanan *velositas*, q , dihitung dengan persamaan 27.3-1 pada SNI 1727-2013 berikut ini:

$$q_z = 0.613 K_d K_{zt} K_z V^2 \quad \text{atau} \quad q_h = 0.613 K_d K_{zt} K_h V^2$$

dimana :

q = Tekanan *velositas*, diukur pada ketinggian z (q_z) atau pada ketinggian h (q_h) (N/m²)

V = Kecepatan angin dasar (m/s)

K_d = *Koefisien* faktor arah angin

K_{zt} = *Koefisien* faktor topografi

K_z / K_h = *Koefisien* eksposur tekanan *velositas*

c. Parameter Beban Angin

Nilai parameter ditentukan berdasarkan kriteria yang dipersyaratkan pada standar.



Tabel 4.15 Perhitungan Parameter Beban angin

1. Kecepatan Angin Dasar, V		(SNI 03 1727;3013 Pasal 26.5.1)
Kondisi Desain:	Kondisi Batas (<i>Strength</i>)	
Kecepatan angin dasar:	V =	40,00 m/s
2. Koefisien Faktor Arah Angin, Kd		(SNI 03 1727;3013 Tabel 26.6-1)
Tipe struktur:	Sistem Penahan Beban Angin Utama	
Koefisien faktor arah angin:	0,85	
3. Kategori Eksposur		(SNI 03 1727;3013 Pasal 26.7)
Kategori:	Eksposur B	
Keterangan:	"Daerah perkotaan dan pinggiran kota, daerah berhutan dengan penghalang terhadap hembusan angin berjarak dekat"	
4. Koefisien Faktor Topografi, Kzt		(SNI 03 1727;3013 Tabel 26.6-1)
Efek peningkatan kecepatan angin diperhitungkan, dengan persamaan:		
$Kzt = (1 + K_1 K_2 K_3)^2$		
Jika kondisi yang dipersyaratkan tidak terpenuhi, nilai Kzt:		1,00

5. Koefisien Faktor Efek Tiupan Angin, G	(SNI 03 1727;3013 Pasal 26.9)
Untuk bangunan gedung dan struktur lain yang kaku, nilai G diambil:	0,85
6. Koefisien Tekanan Internal, (GC_{pi})	(SNI 03 1727;3013 Tabel 26.11-1)
Klasifikasi ketertutupan:	Bangunan Gedung Tertutup
Koefisien Tekanan Internal:	0,18

7. Koefisien Eksposur Tekanan Velositas, Kz atau Kh, dan Tekanan Velositas, q (SNI 03 1727;3013 Tabel 27.3-1)

Nilai koefisien bervariasi tergantung jenis *eksposur* dan nilai ketinggian bangunan:

(Catatan: Tentukan interval ketinggian untuk distribusi vertikal tekanan angin datang) = 0,5 m

Tabel 4.16 Koefisien Eksposur Tekanan Velositas, Kz atau Kh, dan Tekanan Velositas, q

Ketinggian (m)	Kz	qz1 (N/m ²)	qz2 (N/m ²)	Ketinggian (m)	Kh	qh (N/m ²)
0,0	0,57	475,20		Seluruh Nilai	0,76	633,60
4,6	0,57	475,20				
5,0	0,58	486,31				
5,5	0,60	500,21				
6,0	0,62	514,10				
6,5	0,63	525,77				
7,0	0,64	536,89				
7,5	0,66	548,01				

8,0	0,67	559,12	
8,5	0,68	570,24	
9,0	0,70	581,35	
9,5	0,71	590,03	
10,0	0,72	598,10	
10,5	0,73	606,17	
11,0	0,74	614,23	
11,5	0,75	622,30	
12,0	0,76	630,37	
		630,37	0,00
<i>Status: OK (Nilai Interval Ketinggian Sudah Mencukupi)</i>			

(SNI 03 1727;3013 Gambar 27.4-1)

8. Koefisien Tekanan Eksternal, Cp

Nilai koefisien tekanan eksternal dipengaruhi oleh rasio dimensi bangunan,

- Rasio dimensi horizontal:

$$L/B = 0,41$$

- Rasio dimensi tinggi terhadap dimensi horizontal:

$$h/L = 0,84$$

Tabel 4.17 Koefisien Tekanan Eksternal, Cp

Permukaan Dinding	Cp*
Dinding sisi angin datang	0,80
Dinding sisi angin pergi	-0,50
Dinding tepi	-0,70

Permukaan Atap	Cp*
Atap sisi angin datang	-0,10
Atap sisi angin pergi	-0,60

9. Tekanan Angin *Desain*, P

(SNI 03 1727;3013 Pasal 27.4.2)

Tabel 4.18 Tekanan Angin *Desain*, P

Ketinggian (m)	Tekanan pada Sisi Dinding Angin Datang*		Ketinggian (m)	Tekanan pada Sisi Dinding Angin Pergi*	
	qz (N/m ²)	P (N/m ²)		qh (N/m ²)	P (N/m ²)
0,0	475,20	436,60	Seluruh Nilai	633,60	-383,33
4,6	475,20	436,60			
5,0	486,31	444,16			
5,5	500,21	453,61			
6,0	514,10	463,06			
6,5	525,77	470,99			
7,0	536,89	478,55			
7,5	548,01	486,11			
8,0	559,12	493,67			
8,5	570,24	501,23			
9,0	581,35	508,79			
9,5	590,03	514,69			

Ketinggian (m)	Tekanan pada Sisi Dinding Angin Tepi*	
	qh (N/m ²)	P (N/m ²)
Seluruh Nilai	633,60	-491,04

Sisi	Tekanan pada Atap*	
	qh (N/m ²)	P (N/m ²)
Angin Datang	633,60	-167,90

10,0	598,10	520,17
10,5	606,17	525,66
11,0	614,23	531,15
11,5	622,30	536,63
12,0	630,37	542,12

Angin Pergi	633,60	-437,18
-------------	--------	---------

Catatan:

*Nilai tekanan angin positif (+) = angin menuju ke permukaan

*Nilai tekanan angin negatif (-) = angin pergi dari permukaan

*Nilai tekanan angin tersebut, selanjutnya diterapkan pada model struktur untuk di *analisis* lebih lanjut



4.3 Perhitungan Struktur Menggunakan Aplikasi *ETABS Versi 18*

Proses perhitungan struktur dengan aplikasi *ETABS* dilaksanakan beberapa tahap. Mulai dari Pembuatan *Grid* Bangunan, Pemodelan Struktur, Penginputan Material dan Penginputan Material sampai dengan *running* untuk pengambilan hasil perhitungan dengan aplikasi *ETABS*.

4.3.1. Penginputan Data Material

Penampang struktur yang digunakan berdasarkan dari hasil perhitungan sebelum di dapatkan sebagai berikut :

Kolom

- a. Kolom Lt.1 (K1) = 350 mm x 400 mm
- b. Kolom Lt.2 (K2) = 350 mm x 400 mm
- c. Kolom Lt.3 (K3) = 350 mm x 400 mm

Balok

- a. Balok Lt.1 (B1) = 300 mm x 400 mm
- b. Balok Lt.2 (B3) = 300 mm x 400 mm
- c. Balok Lt.3 (B3) = 300 mm x 400 mm

Pelat Lantai

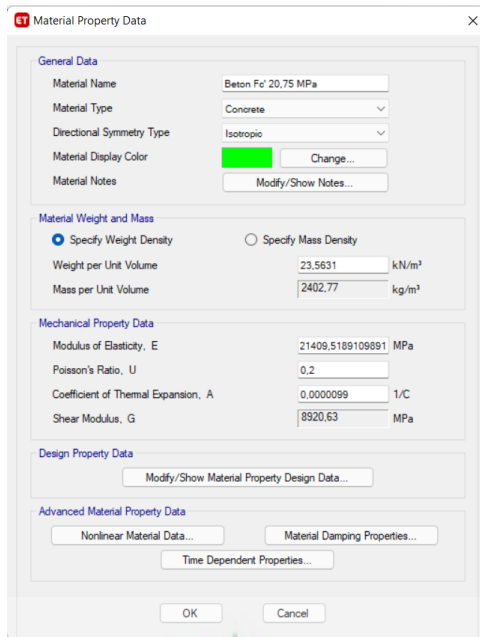
Tebal pelat lantai pada gedung ini yang digunakan adalah 120 mm

Pada struktur bangunan ini material yang digunakan adalah :

Mutu Beton : K-250, $f_c' = 20,75$ Mpa

Mutu Besi : 1. Besi Ulir (D) U-42, $f_y = 420$ Mpa
2. Besi Polos (d) U-28, $f_y = 280$ Mpa

Melakukan Input data material berdasarkan mutu material yang sudah direncanakan, yaitu $f_c' = 20,75$ Mpa (K – 250) dan $f_y = 420$ Mpa.

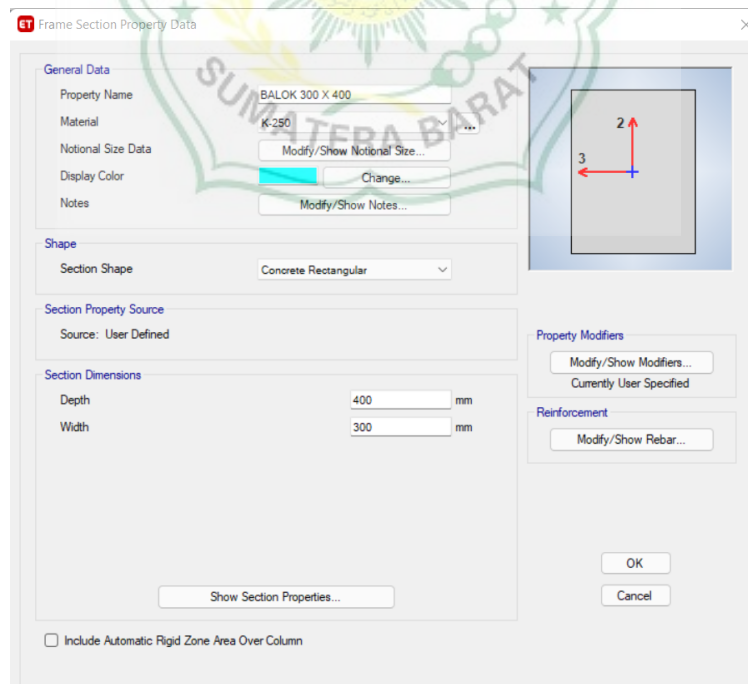


Gambar 4.10 Penginputan data mutu material pada aplikasi ETABS

(Sumber : Aplikasi ETABS Versi 18)

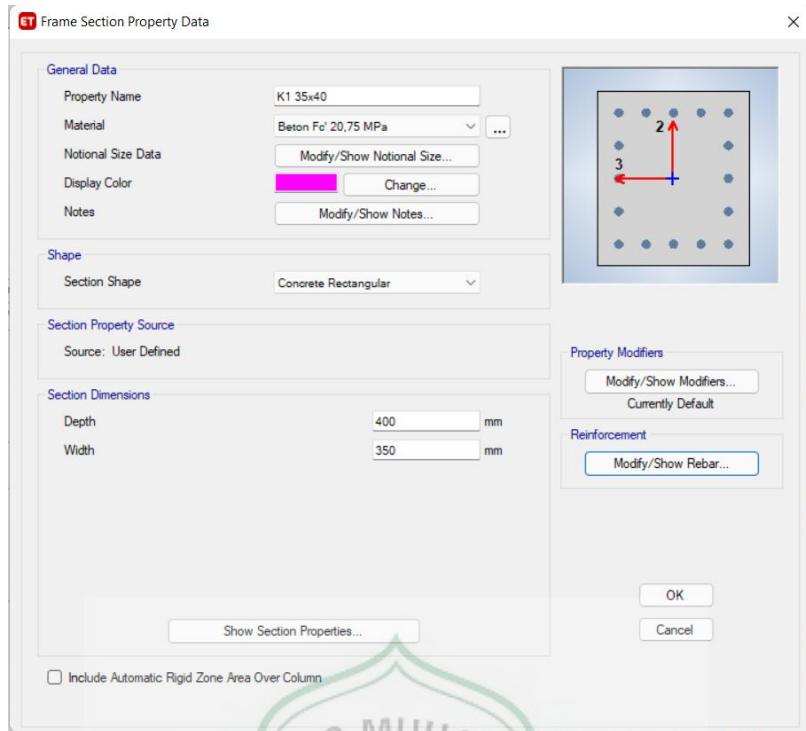
4.3.2. Penginputan Section Properties

Melakukan penginputan dimensi kolom, balok serta pelat lantai yang diperoleh sesuai dengan *preliminary desain* sebelumnya.

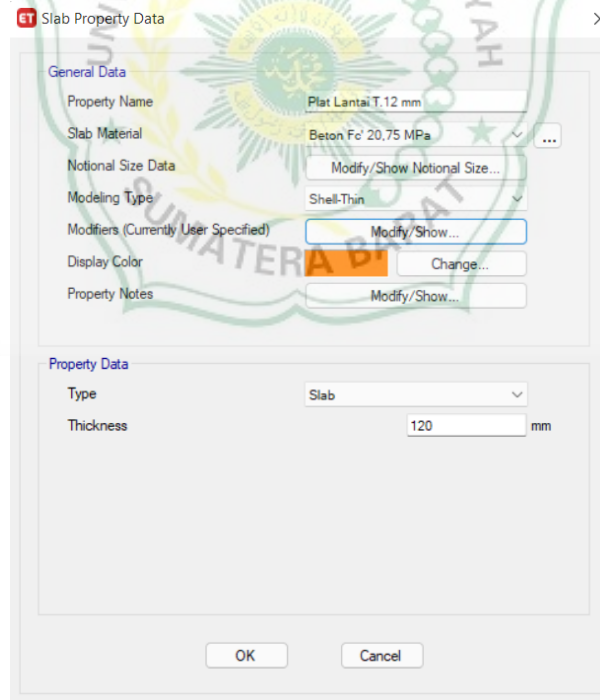


Gambar 4.11 Penginputan dimensi atau ukuran balok pada aplikasi ETABS

(Sumber : Aplikasi ETABS Versi 18)



Gambar 4.12 Penginputan dimensi kolom pada aplikasi ETABS
(Sumber : Aplikasi ETABS Versi 18)

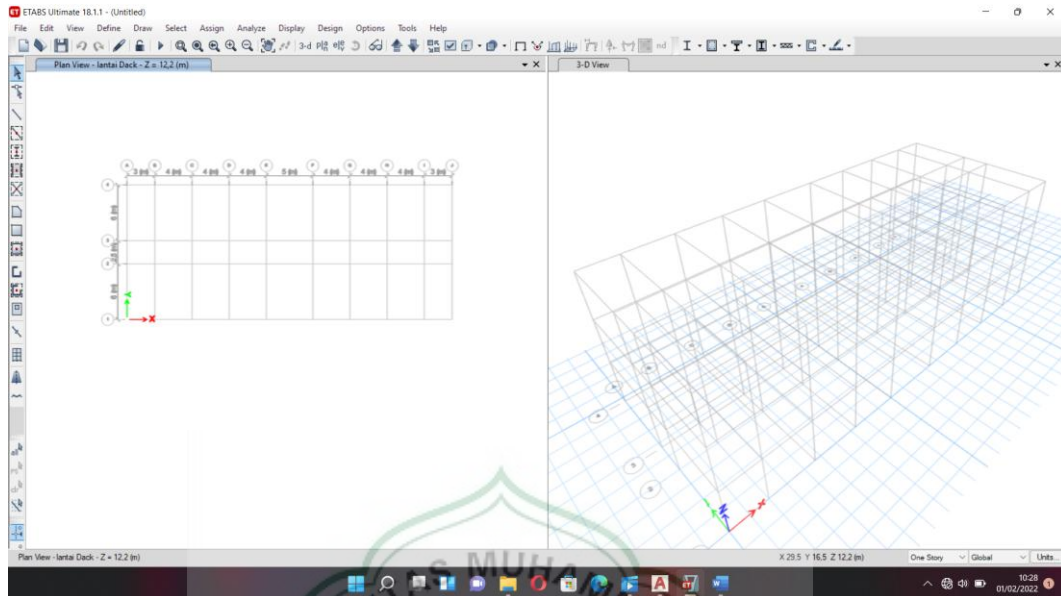


Gambar 4.13 Penginputan data dimensi pelat lantai pada aplikasi ETABS
(Sumber : Aplikasi ETABS Versi 18)

4.3.3. Penggambaran Grid Bangunan dengan *Aplikasi ETABS Versi 18*

Penggambaran *grid* bangunan pada *aplikasi ETABS* ini seperti gambar

4.14

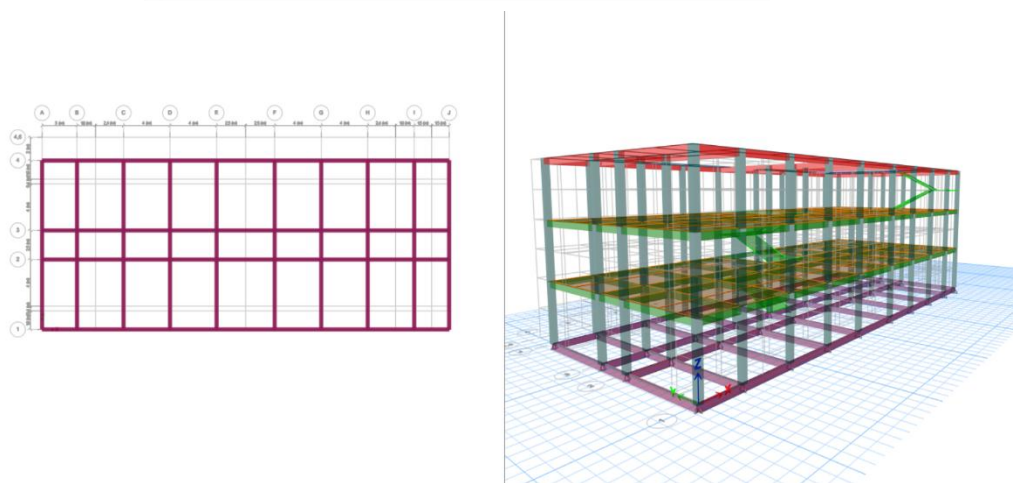


Gambar 4.14 Penggambaran *grid* Bangunan pada *aplikasi ETABS*

(Sumber : *Aplikasi ETABS Versi 18*)

4.3.4. Penggambaran Struktur dan Dimensi Struktur Gedung dengan *Aplikasi ETABS Versi 18*

Setelah dilakukan pendefinisian ukuran kolom, balok, serta pelat lantai maka dilanjutkan dengan penggambaran struktur gedung berpedoman pada grid-grid yang telah dibuat dengan *aplikasi ETABS* seperti dalam gambar 4.15



Gambar 4.15 Penggambaran Struktur Bangunan pada *aplikasi ETABS*

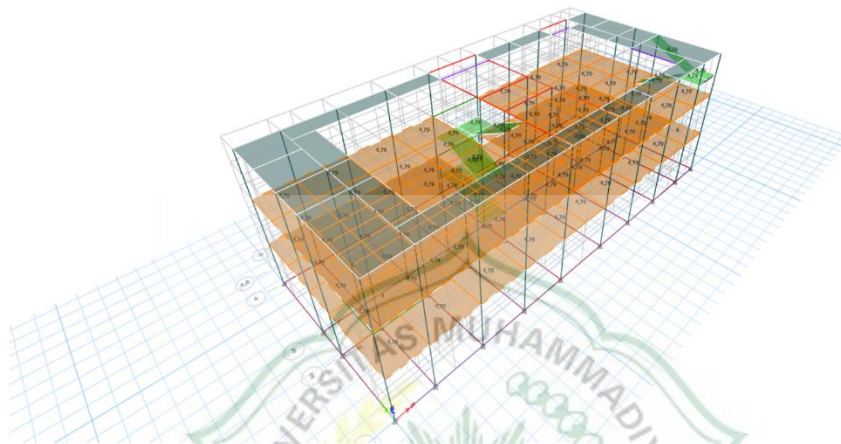
(Sumber : *Aplikasi ETABS Versi 18*)

4.3.5. Penginputan Beban yang Bekerja

Baban-beban yang di inputkan pada *aplikasi ETABS* berdasarkan dari perhitungan pembebanan pada *point* 4.2

1. Penginputan Beban Hidup

Penginputan beban hidup pada struktur gedung ini seperti dalam gambar 4.16



Gambar 4.16 Penginputan Brban Hidup Struktur Gedung
(Sumber : *Aplikasi ETABS Versi 18*)

2. Penginputan Beban Mati

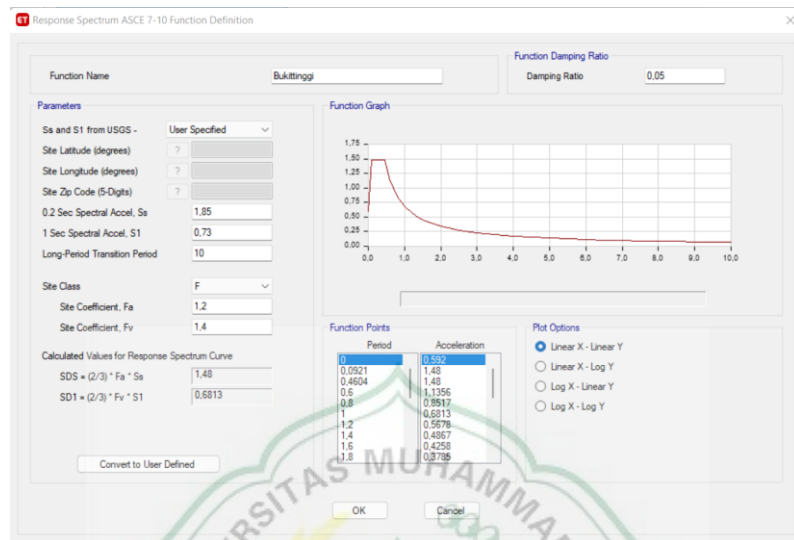
Penginputan beban mati pada struktur gedung ini seperti dalam gambar 4.17



Gambar 4.17 Penginputan Beban Mati Struktur Gedung
(Sumber : *Aplikasi ETABS Versi 18*)

3. Penginputan Beban Gempa

Data *respon spektrum* yang didapatkan diinput di permodelan *ETABS Versi 18* yang telah dibuat. Penginputan beban gempa pada struktur ini seperti dalam gambar 4.18

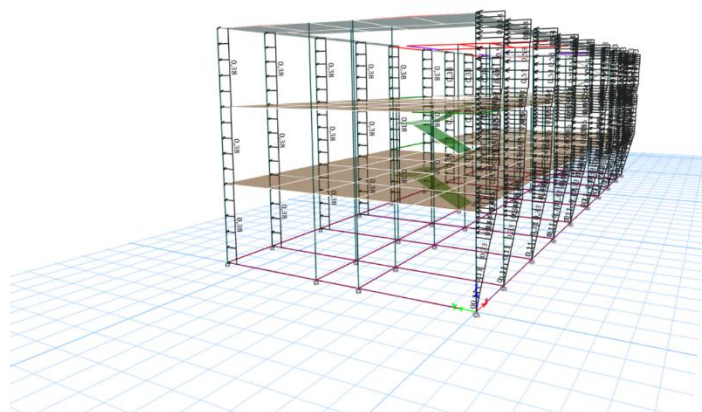


Gambar 4.18 Penginputan Beban Gempa *Respon Spektrum* di *ETABS*

(Sumber : *Aplikasi ETABS Versi 18*)

4. Penginputan Beban Angin

Penginputan beban angin pada struktur gedung ini berdasarkan data yang sudah didapatkan sebelumnya seperti pada gambar 4.19



Gambar 4.19 Penginputan Beban Angin di *ETABS*

(Sumber : *Aplikasi ETABS Versi 18*)

4.3.6. Kombinasi Pembebanan

Dalam SNI 1726:2019 pasal 4.2.2, mengatur tentang kombinasi pembebanan yang ada pada struktur untuk perencanaan gedung. Selanjutnya kombinasi tersebut di jabarkan kembali pada pasal 4.2.2.1 maka kombinasi pembebanan yang didapatkan adalah seperti berikut :

1. $1,4D$
2. $1,2D + 1,6L + 0,5 Lr$
3. $1,2D + 1,6L + 0,5 R$
4. $1,2D + 1,6Lr + 1L$
5. $1,2D + 1,6Lr + 0,5Wy$
6. $1,2D + 1,6Lr + 0,5Wx$
7. $1,2D + 1,6R + 1L$
8. $1,2D + 1,6R + 0,5 Wx$
9. $1,2D + 1,6R + 0,5 Wy$
10. $1,2D + 1W + 1L + 0,5Lr$
11. $1,2D + 1W + 1L + 0,5R$
12. $1,356D + 1,3EQX + 0,39EQY + 1L$
13. $1,356D + 1,3EQX - 0,39EQY + 1L$
14. $1,356D - 1,3EQX + 0,39EQY + 1L$
15. $1,356D - 1,3EQX - 0,39EQY + 1L$
16. $1,356D + 0,39EQX + 1,3EQY + 1L$
17. $1,356D + 0,39EQX - 1,3EQY + 1L$
18. $1,356D - 0,39EQX + 1,3EQY + 1L$
19. $1,356D - 0,39EQX - 1,3EQY + 1L$
20. $0,9D + 1 Wx$
21. $0,9D + 1 Wy$
22. $0,744D + 1,3EQX + 0,39EQY$
23. $0,744D + 1,3EQX - 0,39EQY$
24. $0,744D - 1,3EQX + 0,39EQY$
25. $0,744D - 1,3EQX - 0,39EQY$
26. $0,744D + 0,39EQX + 1,3EQY$

$$27. 0,744D + 0,39EQX - 1,3EQY$$

$$28. 0,744D - 0,39EQX + 1,3EQY$$

$$29. 0,744D - 0,39EQX - 1,3EQY$$

Dimana :

D = Beban Mati

L = Beban Hidup

Lr = Pengaruh Beban Hidup di Atap

R = beban air hujan

Wx = Beban AnginArah x

Wy = Beban AnginArah y

EQX = Beban Gempa Arah X (*Statik Ekuivalen / Respon Spektrum*)

EQY = Beban Gempa Arah Y (*Statik Ekuivalen Respon Spektrum*) W = Beban Angin

No	Kombinasi Pembebanan Dasar Berdasarkan SNI 1729:2019						
1	1,4	D					
2	1,2	D	+	1,6	L	+	0,5 (L, ATAU R)
3	1,2	D	+	1,6	(L, ATAU R)	+	L ATAU 0,5 W
4	1,2	D	+	1	W	+	L 0,5 (L, ATAU R)
5	0,9	D	+	1	W		

No	Kombinasi Pembebanan						
1	1,4	D					
2	1,2	D	+	1,6	L	+	0,5 Lr
3	1,2	D	+	1,6	L	+	0,5 R
4	1,2	D	+	1,6	Lr	+	1 Lr
5	1,2	D	+	1,6	Lr	+	0,5 Wy
6	1,2	D	+	1,6	Lr	+	0,5 Wx
7	1,2	D	+	1,6	R	+	1 L
8	1,2	D	+	1,6	R	+	0,5 Wx
9	1,2	D	+	1,6	R	+	0,5 Wy
10	1,2	D	+	1	W	+	1 L + 0,5 Lr
11	1,2	D	+	1	W	+	1 L + 0,5 R
12	1,356	D	+	1,3	EQX	+	0,39 EQY + 1 L
13	1,356	D	+	1,3	EQX	-	0,39 EQY + 1 L
14	1,356	D	-	1,3	EQX	+	0,39 EQY + 1 L
15	1,356	D	-	1,3	EQX	-	0,39 EQY + 1 L
16	1,356	D	+	0,39	EQX	+	1,3 1,3 + 1 L
17	1,356	D	+	0,39	EQX	-	1,3 1,3 + 1 L
18	1,356	D	-	0,39	EQX	+	1,3 1,3 + 1 L
19	1,356	D	-	0,39	EQX	-	1,3 1,3 + 1 L
20	0,9	D	+	1	Wx		
21	0,9	D	+	1	Wy		
22	0,744	D	+	1,3	EQX	+	0,39 EQY
23	0,744	D	+	1,3	EQX	-	0,39 EQY
24	0,744	D	-	1,3	EQX	+	0,39 EQY
25	0,744	D	-	1,3	EQX	-	0,39 EQY

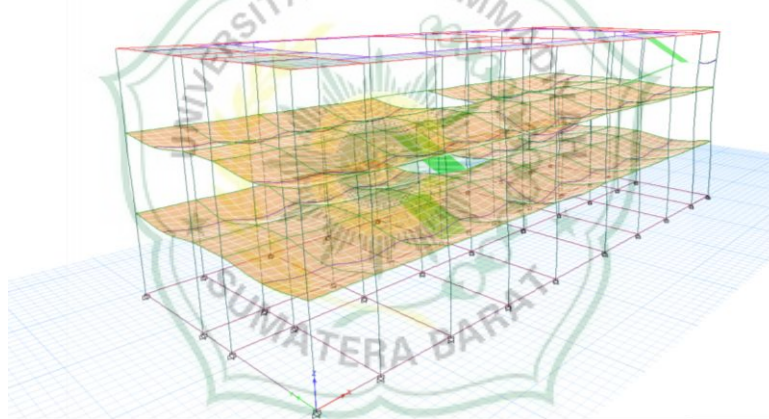
25	0,744 D	-	1,3 EQX	-	0,39 EQY
26	0,744 D	+	0,39 EQX	+	1,3 EQY
27	0,744 D	+	0,39 EQX	-	1,3 EQY
28	0,744 D	-	0,39 EQX	+	1,3 EQY
29	0,744 D	-	0,39 EQX	-	1,3 EQY

Gambar 4.20 Penginputan Kombinasi Pembebanan di *ETABS*

(Sumber : Aplikasi *ETABS* Versi 18)

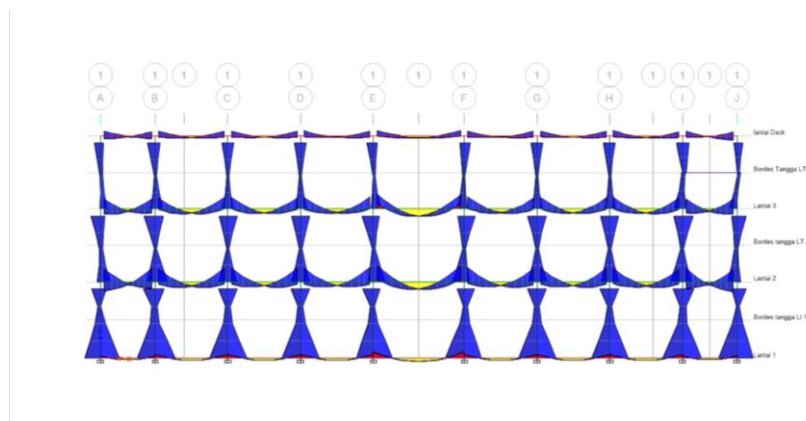
4.3.7. Analisa Struktur

Setelah semua beban (beban mati, beban hidup serta beban gempa) yang bekerja diinputkan kepermodelan *ETABS* versi 18 serta kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 1726:2019, maka selanjutnya dilakukan Analisis struktur. Sehingga hasil Analisis Struktur didapatkan seperti gambar 4.21



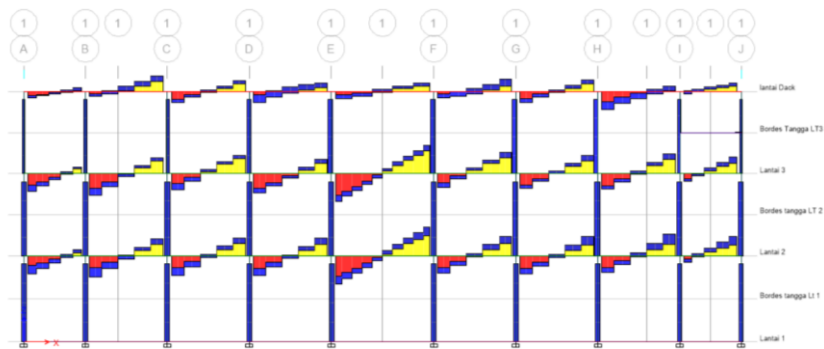
Gambar 4.21 Pemodelan Gedung Kuliah setelah melakukan *Run* di *ETABS*

(Sumber : Aplikasi *ETABS* Versi 18)



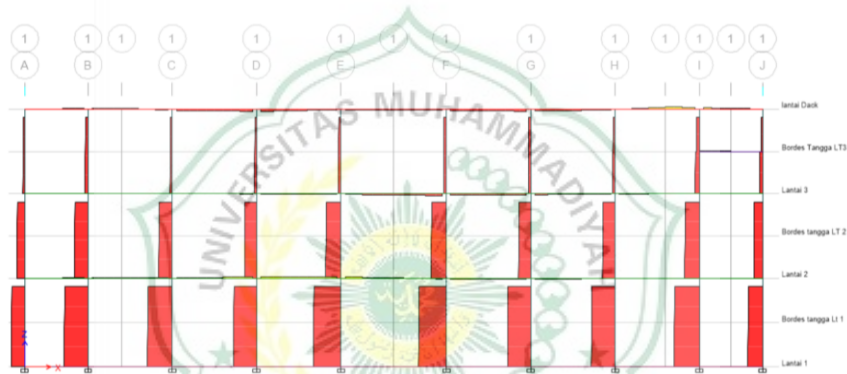
Gambar 4.22 Diagram Momen Portal Struktur Gedung Kuliah Arah X

(Sumber : Aplikasi ETABS Versi 18)



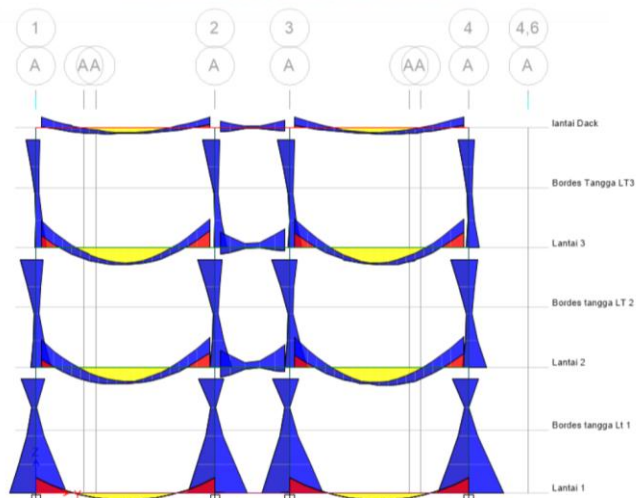
Gambar 4.23 Diagram Geser Portal Struktur Gedung Kuliah Arah X

(Sumber : Aplikasi ETABS Versi 18)



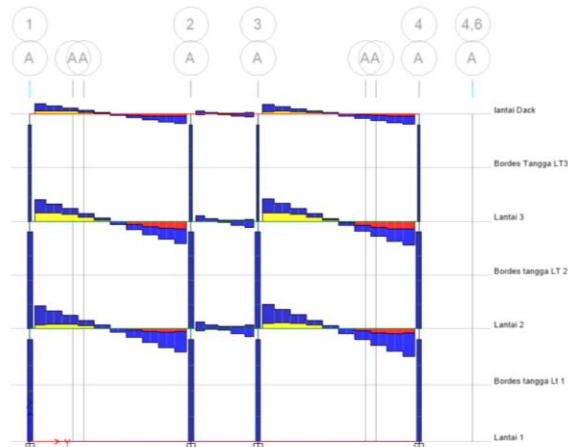
Gambar 4.24 Diagram Normal Portal Struktur Gedung Kuliah Arah X

(Sumber : Aplikasi ETABS Versi 18)



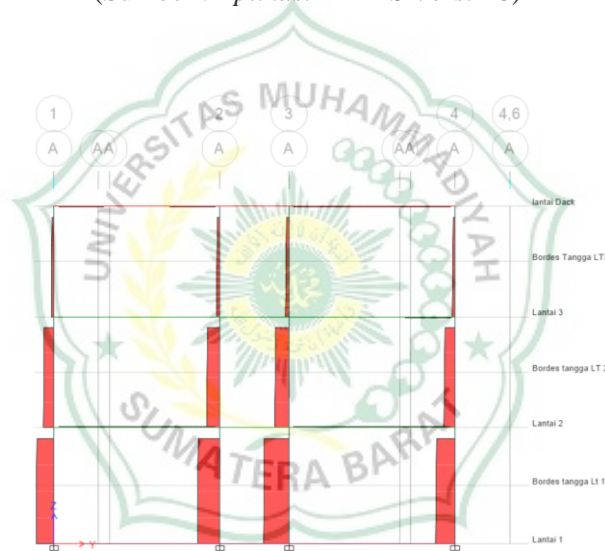
Gambar 4.25 Diagram Momen Portal Struktur Gedung Kuliah Arah Y

(Sumber : Aplikasi ETABS Versi 18)



Gambar 4.26 Diagram Geser Portal Struktur Gedung Kuliah Arah Y

(Sumber : Aplikasi ETABS Versi 18)



Gambar 4.27 Diagram Normal Portal Struktur Gedung Kuliah Arah Y

(Sumber : Aplikasi ETABS Versi 18)

4.3.8. Kontrol dan Analisis

4.3.8.1. Partisipasi Massa

Menurut SNI 1726:2019 pasal 7.9.1.1 disebutkan bahwa dalam menetapkan ragam getar alami pada struktur harus dilakukan analisis. Untuk mendapatkan partisipasi massa ragam tekombinasi sebesar 100% dari struktur, Analisis yang dilakukan harus menyertakan jumlah ragam yang cukup.

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX
Modal	1	1,294	0,0001	0,8744	0	0,0001	0,8744	0	0,4616
Modal	2	1,241	0,0449	0,0006	0	0,0451	0,875	0	0,0004
Modal	3	1,031	0,8361	0,0003	0	0,8811	0,8753	0	4,523E-05
Modal	4	0,451	0,0001	0,0871	0	0,8812	0,9625	0	0,4419
Modal	5	0,416	0,0004	0,0075	0	0,8816	0,9699	0	0,0407
Modal	6	0,363	0,0932	0,0001	0	0,9748	0,97	0	0,0004
Modal	7	0,323	0,0001	8,975E-06	0	0,9749	0,9701	0	0
Modal	8	0,313	2,096E-06	0,0009	0	0,9749	0,971	0	0,0014
Modal	9	0,287	2,698E-06	0,0255	0	0,9749	0,9965	0	0,0455
Modal	10	0,266	0,0018	0,0007	0	0,9767	0,9971	0	0,0004
Modal	11	0,258	0,002	0,0006	0	0,9786	0,9977	0	4,741E-05
Modal	12	0,249	0,0005	4,849E-05	0	0,9791	0,9978	0	4,458E-05

Gambar 4.28 Modal Participating Mass Ratios

(Sumber : Aplikasi ETABS Versi 18)

4.3.8.2. Perhitungan Faktor Skala Gempa

4.3.8.2.1. Perhitungan Koefisien Respon Seismik (C_s)

Nilai C_s yang dihitung menurut SNI 1726 2019 pasal 7.8.1.1, yakni membandingkan nilai C_s arah X dan arah Y dengan nilai C_s maksimum dan nilai C_s minimum. Nilai C_s arah X dan Y dapat memakai rumus seperti berikut :

$$C_s = \frac{S_d1}{T \left(\frac{R}{T} \right)}$$

Pada perhitungan nilai C_s , Nilai Periode (T) yang dipakai berasal dari nilai *periode* yang diperoleh pada ETABS dengan membandingkan nilai periode minimum dan nilai periode maksimum yang telah ditetapkan dalam SNI 1726:2019 pasal 7.8.2 .

a. Periode Minimum

$$T_{min} = C_t \times H_n^x$$

$$T_{min} = 0,0466 \times 12,2^{0,9} = 0,443 \text{ detik}$$

b. Periode Maksimum

$$T_{max} = C_u \times T_{min}$$

$$T_{max} = 1,4 \times 0,443 = 0,620 \text{ detik}$$

c. Periode arah X dan Y pada *ETABS*

Tabel 4.19 Periode arah X dan Y pada *ETABS*

Ta dari <i>ETABS</i> arah X	1,294 detik
Ta dari <i>ETABS</i> arah Y	1,241 detik

d. Periode yang digunakan

Dari perhitungan yang telah dilakukan, maka nilai T yang akan dipakai untuk arah X ataupun arah Y adalah nilai T maksimum sebesar :

e. $T \text{ arah X} = 0,62 \text{ detik}$

f. $T \text{ arah Y} = 0,62 \text{ detik}$

Setelah perhitungan T dilakukan, maka nilai Cs perhitungan untuk arah X ataupun arah Y adalah sebagai berikut :

$Cs \text{ arah X} = 0,185$

$Cs \text{ arah Y} = 0,185$

Nilai Cs yang didapatkan diatas dibandingkan dengan nilai Cs maksimum dan Cs minimum, maka diperoleh nilai Cs untuk arah X dan Y adalah seperti berikut :

Tabel 4.20. Perhitungan Nilai Cs

	X	Y
SDS	1,4800	1,4800
SD1	0,6910	0,6910
T	0,620	0,620
R	8	8
Ie	1	1
Cs	0,1850	0,1850
Cs,min	0,0651	0,0651
Cs,max	0,1394	0,1394
Cs,pakai	0,1394	0,1394

4.3.8.2.2. Perhitungan Faktor Skala Gaya

Sesuai dengan SNI 1726 : 2019 pasal 7.9.1.4.1, Jika *periode fundamental* hasil analisis lebih besar dari $C_u T_a$ pada suatu arah tertentu, maka periode struktur T harus diambil sebesar $C_u T_a$. Dan jika kombinasi *respons* untuk gaya geser dasar hasil analisis ragam (Vt) kurang dari 100 %

dari gaya geser (V) yang dihitung melalui metode *statik ekuivalen*, maka gaya tersebut harus dikalikan dengan V/V_t , dimana. V adalah gaya geser dasar *statik ekuivalen* yang dihitung sesuai pasal ini dan 0, dan V_t adalah gaya geser dasar yang didapatkan dari hasil analisis kombinasi ragam.

Data hasil *analisis ETABS* yang telah dilakukan, diperoleh nilai gaya geser dasar nominal yang didapat dari hasil analisis ragam *respons spektrum* yang telah dilaksanakan $s(V_t)$ untuk arah X dan Y seperti berikut:

Tabel 4.21. nilai gaya geser

Load Case	Vi	
	FX	FY
	kN	kN
Ex Max	1521,9833	36,1781
Ey Max	36,1781	1278,032

Sedangkan untuk arah X dan Y, jumlah nilai gaya geser dasar nominal *respons* ragam pertama (V) yang didapatkan adalah seperti berikut:

$$V \text{ arah X} = 2894,5245 \text{ kN}$$

$$V \text{ arah Y} = 2894,5245 \text{ kN}$$

Sehingga didapatkan perhitungan pada sebagai berikut :

Tabel 4.22. Perhitungan Faktor Skala

	X	Y	
W (kN)	20762,4518	20762,4518	kN
Cs	0,1394	0,1394	
V	2893,5360	2893,5360	kN
Vi	1521,9833	1278,0320	kN
Vi/V	0,5260	0,4417	
Cek	NOT OK	NOT OK	
Faktor Skala	1,2258	1,2258	
Faktor Skala Baru	2,3305	2,7754	m/s ²
	2330,503	2775,351	mm/s ²

4.3.8.3. Pengecekan Simpangan Antar Lantai

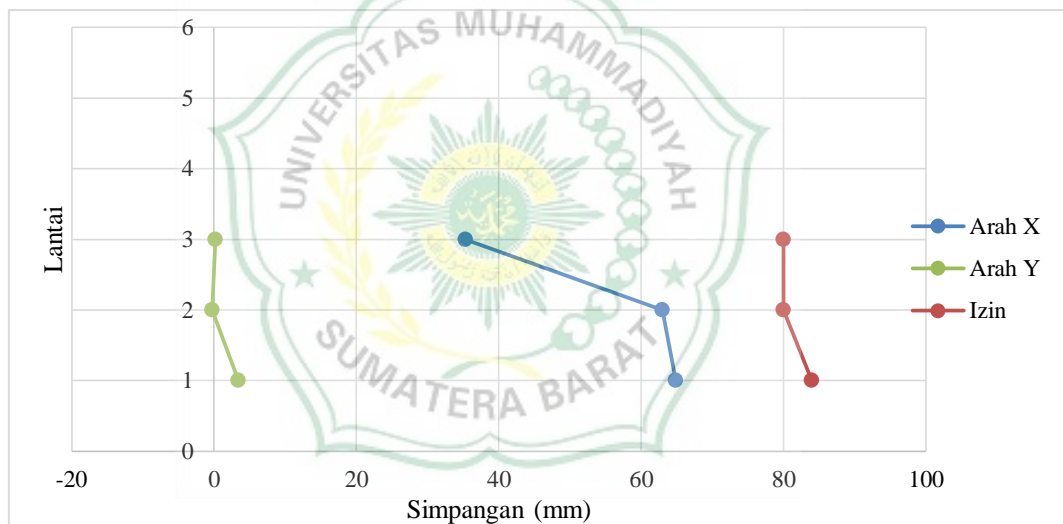
Dibawah ini adalah diagram dan table perhitungan simpangan setiap antar lantai untuk arah X dan arah Y

Tabel 4.23 Hasil Pengecekan *Story Drift* Arah X

Story	Load Case/Combo	Direction	Delta Total	Delta xe	Cd	Delta x	Tinggi Tingkat	Delta Izin	Cek
			mm	mm		mm	mm	mm	
3	Ex Max	X	29,67	6,43	5,5	35,365	4000	80	OK
2	Ex Max	X	23,24	11,451	5,5	62,9805	4000	80	OK
1	Ex Max	X	11,789	11,789	5,5	64,8395	4200	84	OK

Tabel 4.24 Hasil Pengecekan *Story Drift* Arah Y

Story	Load Case/Combo	Direction	Delta Total	Delta ye	Cd	Delta y	Tinggi Tingkat	Delta Izin	Cek
			mm	mm		mm	mm	mm	
3	Ey Max	Y	0,6	0,034	5,5	0,187	4000	80	OK
2	Ey Max	Y	0,566	-0,049	5,5	0,2695	4000	80	OK
1	Ey Max	Y	0,615	0,615	5,5	3,3825	4200	84	OK



Gambar 4.29 Diagram *Story Drift* Arah X dan Y

(Sumber : Aplikasi ETABS Versi 18)

4.3.8.4. Pengecekan P *Delta*

Dalam menentukan Pengaruh P-*Delta* sesuai dengan nilai dari koefisien stabilitas (Φ). Apabila nilai Φ lebih kecil dari nilai Φ maksimum, maka pengaruh P-*Delta* bisa diabaikan. Nilai Φ maksimum dihitung dengan rumus berikut :

$$\Phi \text{ maks} = \frac{0,5}{Cd \times \beta} = \frac{0,5}{5,5 \times 1} = 0,0909$$

Berikut Hasil perhitungan P-Delta arah X dan arah Y :

Tabel 4.25 Hasil Pengecekan P-Delta

Story	Load Case/Combo	VX
		kN
Story3	Ex Max	408,7686
Story2	Ex Max	1086,7856
Story1	Ex Max	1517,6324

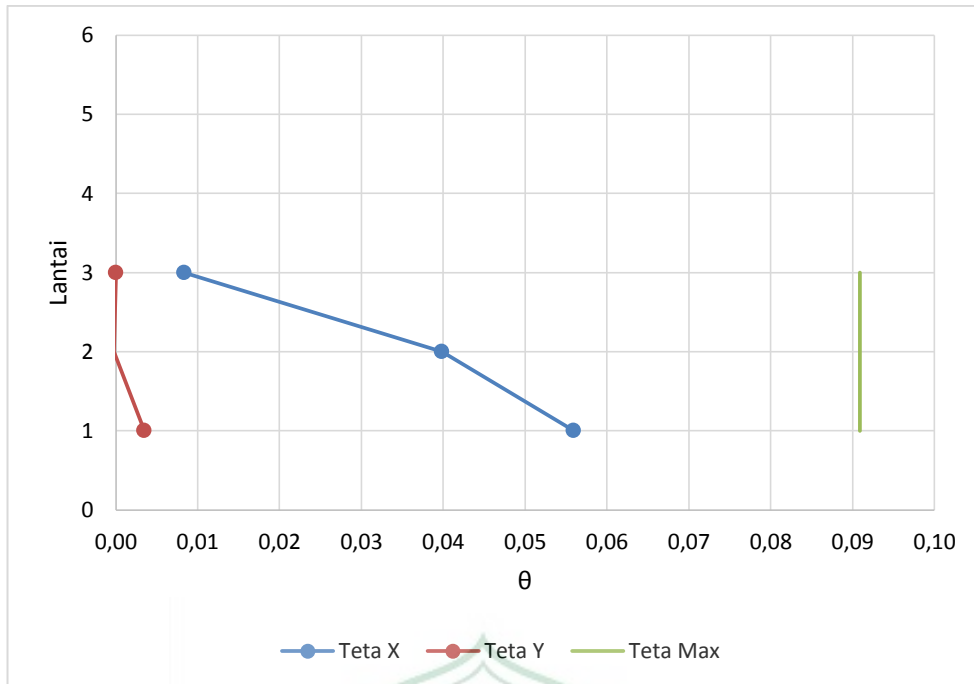
Story	Load Case/Combo	VY
		kN
Story3	Ey Max	391,2238
Story2	Ey Max	916,9179
Story1	Ey Max	1273,5837

Story	Load Case/Combo	P
		kN
Story3	Service	1590,2797
Story2	Service	11345,8531
Story1	Service	21609,4711

Beta	1
Cd	5,5
Teta max	0,09091

Arah X								
Story	Px	Delta	Ie	Vx	hsx	Cd	Teta	Cek
	kN	mm		kN	mm			
3	1590,3	35,365	1	408,8	3000	5,5	0,0083	Aman
2	11345,9	62,981	1	1086,8	3000	5,5	0,0398	Aman
1	21609,5	64,840	1	1517,6	3000	5,5	0,0560	Aman

Arah Y								
Story	Px	Delta	Ie	Vx	hsx	Cd	Teta	Cek
	kN	mm		kN	mm			
3	1590,3	0,187	1	391,2	3000	5,5	0,0000	Aman
2	11345,9	-0,270	1	916,9	3000	5,5	-0,0002	Aman
1	21609,5	3,383	1	1273,6	3000	5,5	0,0035	Aman



Gambar 4.30 Diagram P-Delta Arah X dan Y

4.3.9. Gaya Dalam Struktur

4.3.9.1. Balok

Pada balok ada 3 gaya dalam yang bekerja yaitu gaya normal, gaya lintang, dan momen, gaya dalam yang bekerja pada setiap balok sesuai dengan *analisis* dari *ETABS* seperti tabel 4.26.

Tabel 4.26. Rekap Hasil Gaya Dalam Balok Gedung Kuliah

BALOK TUM6PUAN BENTANG 2,5 M							
	P (kN)	V2 (kN)	V3 (kN)	T (kN-m)	M2 (kN-m)	M3 (kN-m)	Ket
MAX	392,5789	108,056	36,1398	10,4814	21,5039	73,7529	Arah Y
Output Case	Comb No. 12,13,14,15	Comb 16,17,18,19	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb 26,27,28,29	
MIN	-375,332	-93,3567	-57,6675	-11,6524	-10,5474	-112,2958	Arah Y
Output Case	Comb No. 12,13,14,15	Comb 16,17,18,19	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb 22,23,24,25	Comb 16,17,18,19	

BALOK LAPANGAN BENTANG 2,5 M							
	P (kN)	V2 (kN)	V3 (kN)	T (kN-m)	M2 (kN-m)	M3 (kN-m)	Ket
MAX	338,0089	91,043	8,0893	9,1495	2,7251	16,4207	Arah Y
Output Case	Comb No. 12,13,14,15	Comb 16,17,18,19	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb 26,27,28,29	
MIN	-325,246	-80,6912	-6,2872	-10,5345	-3,6696	-35,0967	Arah Y
Output Case	Comb No. 12,13,14,15	Comb 16,17,18,19	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb 22,23,24,25	Comb 16,17,18,19	

BALOK TUMPUAN BENTANG 3 M							
	P (kN)	V2 (kN)	V3 (kN)	T (kN-m)	M2 (kN-m)	M3 (kN-m)	Ket
MAX	16,6997	113,1325	14,437	20,7734	10,4493	66,1807	Arah X
Output Case	Comb No. 12,13,14,15	Comb 16,17,18,19	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb 26,27,28,29	
MIN	-14,1773	-102,431	-7,3171	-21,1243	-4,5959	-82,6634	Arah X
Output Case	Comb No. 12,13,14,15	Comb 16,17,18,19	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb 22,23,24,25	Comb 16,17,18,19	

BALOK LAPANGAN BENTANG 3 M							
	P (kN)	V2 (kN)	V3 (kN)	T (kN-m)	M2 (kN-m)	M3 (kN-m)	Ket
MAX	15,5986	86,6487	14,437	14,4508	14,9959	47,793	Arah X
Output Case	Comb No. 12,13,14,15	Comb 16,17,18,19	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb 26,27,28,29	
MIN	-11,8742	-76,8666	-16,1443	-13,7936	-12,4769	-30,7589	Arah X
Output Case	Comb No. 12,13,14,15	Comb 16,17,18,19	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb 22,23,24,25	Comb 16,17,18,19	

BALOK TUMPUAN BENTANG 4 M							
	P (kN)	V2 (kN)	V3 (kN)	T (kN-m)	M2 (kN-m)	M3 (kN-m)	Ket
MAX	184,4163	96,3205	17,6124	26,2093	12,4929	39,2659	Arah X
Output Case	Comb No. 12,13,14,15	Comb 16,17,18,19	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb 26,27,28,29	
MIN	-151,352	-96,6924	-21,4615	-24,4374	-9,5359	-90,4181	Arah X
Output Case	Comb No. 12,13,14,15	Comb 16,17,18,19	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb 22,23,24,25	Comb 16,17,18,19	

BALOK LAPANGAN BENTANG 4 M							
	P (kN)	V2 (kN)	V3 (kN)	T (kN-m)	M2 (kN-m)	M3 (kN-m)	Ket
MAX	138,759	60,9455	2,0075	19,1868	1,165	37,4954	Arah X
Output Case	Comb No. 12,13,14,15	Comb 16,17,18,19	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb 26,27,28,29	
MIN	-112,658	-61,6272	-2,0611	-16,3561	-1,1148	-18,04	Arah X
Output Case	Comb No. 12,13,14,15	Comb 16,17,18,19	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb 22,23,24,25	Comb 16,17,18,19	

BALOK TUMPUAN BENTANG 5 M							
	P (kN)	V2 (kN)	V3 (kN)	T (kN-m)	M2 (kN-m)	M3 (kN-m)	Ket
MAX	179,9898	103,1038	9,403	30,5437	18,1314	52,9451	Arah X
Output Case	Comb No. 12,13,14,15	Comb 16,17,18,19	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb 26,27,28,29	
MIN	-186,865	-104,456	-18,8165	-30,7567	-20,5815	-106,198	Arah X
Output Case	Comb No. 12,13,14,15	Comb 16,17,18,19	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb 22,23,24,25	Comb 16,17,18,19	

BALOK LAPANGAN BENTANG 5 M							
	P (kN)	V2 (kN)	V3 (kN)	T (kN-m)	M2 (kN-m)	M3 (kN-m)	Ket
MAX	186,1273	59,623	13,3972	18,3307	25,0215	102,5159	Arah X
Output Case	Comb No. 12,13,14,15	Comb 16,17,18,19	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb 26,27,28,29	
MIN	-186,865	-85,7102	-17,5163	-18,5266	-21,5923	-59,5224	Arah X
Output Case	Comb No. 12,13,14,15	Comb 16,17,18,19	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb 22,23,24,25	Comb 16,17,18,19	

BALOK TUMPUAN BENTANG 6 M							
	P (kN)	V2 (kN)	V3 (kN)	T (kN-m)	M2 (kN-m)	M3 (kN-m)	Ket
MAX	140,2743	144,4146	11,7352	18,6931	4,8454	99,0985	Arah Y
Output Case	Comb No. 12,13,14,15	Comb 16,17,18,19	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb 26,27,28,29	
MIN	-47,1636	-135,885	-12,3747	-22,8944	-5,0789	-157,117	Arah Y
Output Case	Comb No. 12,13,14,15	Comb 16,17,18,19	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb 22,23,24,25	Comb 16,17,18,19	

BALOK LAPANGAN BENTANG 6 M							
	P (kN)	V2 (kN)	V3 (kN)	T (kN-m)	M2 (kN-m)	M3 (kN-m)	Ket
MAX	72,9895	62,9939	1,7495	6,0331	0,4488	95,2491	Arah Y
Output Case	Comb No. 12,13,14,15	Comb 16,17,18,19	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb 26,27,28,29	
MIN	-26,2741	-84,1659	-0,9392	-12,4367	-0,4841	-19,8847	Arah Y
Output Case	Comb No. 12,13,14,15	Comb 16,17,18,19	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb 22,23,24,25	Comb 16,17,18,19	

BALOK ANAK TUMPUAN							
	P (kN)	V2 (kN)	V3 (kN)	T (kN-m)	M2 (kN-m)	M3 (kN-m)	Ket
MAX	9,3793	0,0803	0,0063	0,0612	0,0046	0,0213	Arah X
Output Case	Comb No. 12,13,14,15	Comb 16,17,18,19	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb 26,27,28,29	
MIN	-9,083	-0,0826	-0,0021	-0,0561	-0,0046	-0,037	Arah X
Output Case	Comb No. 12,13,14,15	Comb 16,17,18,19	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb 22,23,24,25	Comb 16,17,18,19	

BALOK ANAK LAPANGAN							
	P (kN)	V2 (kN)	V3 (kN)	T (kN-m)	M2 (kN-m)	M3 (kN-m)	Ket
MAX	6,8017	0,0493	0,0127	0,0508	0,0029	0,0096	Arah X
Output Case	Comb No. 12,13,14,15	Comb 16,17,18,19	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb 26,27,28,29	
MIN	-9,6574	-0,0308	-0,0118	-0,059	-0,0027	-0,0166	Arah X
Output Case	Comb No. 12,13,14,15	Comb 16,17,18,19	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb 22,23,24,25	Comb 16,17,18,19	

Dimana :

P = Gaya normal/ axial

V2 = Gaya geser/ lintang pada arah Y

V3 = Gaya geser/ lintang pada arah X

- T = Momen Puntir / Torsion
- M2 = Momen terhadap sumbu Y
- M3 = Momen terhadap sumbu X

Pada tabel 4.26 diatas adalah gaya dalam yang diperoleh dari *ETABS* dipakai sebagai beban *ultimate* yang bekerja pada setiap struktur balok maka nilai tersebut digunakan untuk mendesain tulangan Balok.

4.3.9.2. Kolom

Pada kolom ada 3 gaya dalam yang bekerja yaitu gaya normal, gaya lintang, dan momen, gaya dalam yang bekerja pada setiap kolom sesuai dengan analisis dari *ETABS* seperti tabel 4.27.

Tabel 4.27. Rekap hasil Gaya Dalam Kolom Gedung Kuliah

KOLOM LAPANGAN 30 X 40 CM							
	P (kN)	V2 (kN)	V3 (kN)	T (kN-m)	M2 (kN-m)	M3 (kN-m)	Ket
MAX	247,1126	80,3191	107,6418	6,743	182,788	152,7372	
Output Case	<i>respons spektrum arah x</i>	Comb No. 12,13,14,15	Comb 16,17,18,19	Comb No. 12,13,14,15	Comb 16,17,18,19	Comb No. 12,13,14,15	
MIN	-1093,38	-85,9611	-97,9446	-9,5756	-158,273	-131,659	
Output Case	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb 26,27,28,29	Comb 16,17,18,19	Comb 16,17,18,19	Comb 22,23,24,25	

Dimana :

- P = Gaya normal/ axial
- V2 = Gaya geser/ lintang pada arah Y
- V3 = Gaya geser/ lintang pada arah X
- T = Momen Puntir / Torsion
- M2 = Momen terhadap sumbu Y
- M3 = Momen terhadap sumbu X


Pada tabel 4.27 diatas adalah gaya dalam yang diperoleh dari *ETABS* dipakai sebagai beban *ultimate* yang bekerja pada setiap struktur kolom maka nilai tersebut digunakan untuk mendesain tulangan Kolom.

4.3.9.3. Pelat Lantai

Pada pelat lantai ada 3 gaya dalam yang bekerja yaitu gaya normal, gaya lintang, dan momen, gaya dalam yang bekerja pada setiap pelat lantai berdasarkan analisis dari *ETABS* seperti tabel 4.28.

PELAT LANTAI TEBAL 12 CM			
	M11/MX	M22/MY	Ket
MAX	9,85	15,351	
	Comb No. 12,13,14,15	Comb 16,17,18,19	
MIN	-14,437	-16,993	
	Comb 22,23,24,25	Comb 26,27,28,29	

Tabel 4.28. Rekap hasil Gaya Dalam Pelat Lantai Tebal 12 Cm Gedung Kuliah



PELAT LANTAI TEBAL 11 CM			
	M11/MX	M22/MY	Ket
MAX	4,995	4,938	
	Comb No. 12,13,14,15	Comb 16,17,18,19	
MIN	-9,719	-10,21	
	Comb 22,23,24,25	Comb 26,27,28,29	

Tabel 4.29. Rekap hasil Gaya Dalam Pelat Dack Tebal 11 Cm Gedung Kuliah

Dimana :

M11 = Momen terhadap sumbu X

M22 = Momen terhadap sumbu Y

Pada tabel 4.28 diatas adalah gaya dalam yang diperoleh dari *ETABS* dipakai sebagai beban *ultimate* yang bekerja pada setiap pelat lantai, maka nilai tersebut digunakan untuk mendesain tulangan Pelat Lantai.

4.3.9.4. Ring Balok

Pada ring balok ada 3 gaya dalam yang bekerja yaitu gaya normal, gaya lintang, dan momen, gaya dalam yang bekerja pada setiap ring balok sesuai dengan analisis dari *ETABS* seperti tabel 4.30.

Tabel 4.30. Rekap hasil Gaya Dalam Ring Balok Gedung Kuliah

RING BALOK TUMPUAN BENTANG 2,5 M							
	P (kN)	V2 (kN)	V3 (kN)	T (kN-m)	M2 (kN-m)	M3 (kN-m)	Ket
MAX	37,085	48,4729	14,2424	7,346	5,3713	30,4272	Arah Y
Output Case	Comb No. 12,13,14,15	Comb 16,17,18,19	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb 26,27,28,29	
MIN	-27,8273	-46,4382	-12,6006	-6,4074	-4,8173	-45,1105	Arah Y
Output Case	Comb No. 12,13,14,15	Comb 16,17,18,19	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb 22,23,24,25	Comb 16,17,18,19	

RING BALOK LAPANGAN BENTANG 2,5 M							
	P (kN)	V2 (kN)	V3 (kN)	T (kN-m)	M2 (kN-m)	M3 (kN-m)	Ket
MAX	34,2353	37,1926	2,5272	4,0704	0,6164	6,0488	Arah Y
Output Case	Comb No. 12,13,14,15	Comb 16,17,18,19	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb 26,27,28,29	
MIN	-27,8273	-35,4893	-2,9118	-2,9795	-0,7343	-11,7351	Arah Y
Output Case	Comb No. 12,13,14,15	Comb 16,17,18,19	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb 22,23,24,25	Comb 16,17,18,19	

RING BALOK TUMPUAN BENTANG 3 M							
	P (kN)	V2 (kN)	V3 (kN)	T (kN-m)	M2 (kN-m)	M3 (kN-m)	Ket
MAX	33,1734	36,866	11,8644	7,8767	3,466	26,1017	Arah X
Output Case	Comb No. 12,13,14,15	Comb 16,17,18,19	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb 26,27,28,29	
MIN	-61,8474	-54,7988	-7,2107	-7,3685	-5,4337	-38,0093	Arah X
Output Case	Comb No. 12,13,14,15	Comb 16,17,18,19	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb 22,23,24,25	Comb 16,17,18,19	

RING BALOK LAPANGAN BENTANG 3 M							
	P (kN)	V2 (kN)	V3 (kN)	T (kN-m)	M2 (kN-m)	M3 (kN-m)	Ket
MAX	33,1734	29,2101	-7,3928	7,0822	7,7711	26,8616	Arah X
Output Case	Comb No. 12,13,14,15	Comb 16,17,18,19	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb 26,27,28,29	
MIN	-60,327	-51,1368	11,8644	-4,5115	-11,315	-11,9899	Arah X
Output Case	Comb No. 12,13,14,15	Comb 16,17,18,19	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb 22,23,24,25	Comb 16,17,18,19	

RING BALOK TUMPUAN BENTANG 4 M							
	P (kN)	V2 (kN)	V3 (kN)	T (kN-m)	M2 (kN-m)	M3 (kN-m)	Ket
MAX	59,8528	32,5397	34,2272	19,2602	23,7619	17,2992	Arah X
Output Case	Comb No. 12,13,14,15	Comb 16,17,18,19	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb 26,27,28,29	
MIN	-77,7139	-31,3561	-13,7186	-20,0343	-25,6302	-32,1709	Arah X

Output Case	Comb No. 12,13,14,15	Comb 16,17,18,19	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb 22,23,24,25	Comb 16,17,18,19	
-------------	-------------------------	---------------------	-------------------------	-------------------------	---------------------	---------------------	--

RING BALOK LAPANGAN BENTANG 4 M							
	P (kN)	V2 (kN)	V3 (kN)	T (kN-m)	M2 (kN-m)	M3 (kN-m)	Ket
MAX	59,8528	20,3877	0,9036	14,4154	0,7417	13,42	Arah X
Output Case	Comb No. 12,13,14,15	Comb 16,17,18,19	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb 26,27,28,29	
MIN	-77,7139	-19,5763	-1,0227	-13,9393	-1,1886	-7,4051	Arah X
Output Case	Comb No. 12,13,14,15	Comb 16,17,18,19	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb 22,23,24,25	Comb 16,17,18,19	

RING BALOK TUMPUAN BENTANG 5 M							
	P (kN)	V2 (kN)	V3 (kN)	T (kN-m)	M2 (kN-m)	M3 (kN-m)	Ket
MAX	49,176	25,4035	8,3721	8,4249	6,7448	31,5112	Arah X
Output Case	Comb No. 12,13,14,15	Comb 16,17,18,19	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb 26,27,28,29	
MIN	-58,7445	-26,0504	-8,122	-8,2545	-9,321	-30,5993	Arah X
Output Case	Comb No. 12,13,14,15	Comb 16,17,18,19	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb 22,23,24,25	Comb 16,17,18,19	

RING BALOK LAPANGAN BENTANG ,5 M							
	P (kN)	V2 (kN)	V3 (kN)	T (kN-m)	M2 (kN-m)	M3 (kN-m)	Ket
MAX	33,7561	16,1142	3,2775	5,3458	4,4031	13,0096	Arah X
Output Case	Comb No. 12,13,14,15	Comb 16,17,18,19	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb 26,27,28,29	
MIN	-55,0163	-16,1843	-1,7074	-4,6699	-4,798	-11,9662	Arah X
Output Case	Comb No. 12,13,14,15	Comb 16,17,18,19	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb 22,23,24,25	Comb 16,17,18,19	

RING BALOK TUMPUAN BENTANG 6 M							
	P (kN)	V2 (kN)	V3 (kN)	T (kN-m)	M2 (kN-m)	M3 (kN-m)	Ket
MAX	26,7665	54,7043	19,3595	9,864	12,605	28,3874	Arah Y
Output Case	Comb No. 12,13,14,15	Comb 16,17,18,19	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb 26,27,28,29	
MIN	-73,7799	-53,82	-7,4119	-9,7898	-8,6801	-63,6557	Arah Y
Output Case	Comb No. 12,13,14,15	Comb 16,17,18,19	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb 22,23,24,25	Comb 16,17,18,19	

RING BALOK LAPANGAN BENTANG 6 M							
	P (kN)	V2 (kN)	V3 (kN)	T (kN-m)	M2 (kN-m)	M3 (kN-m)	Ket
MAX	24,167	32,297	9,4718	7,4517	10,5333	34,6549	Arah Y
Output Case	Comb No. 12,13,14,15	Comb 16,17,18,19	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb 26,27,28,29	
MIN	-60,302	-31,8798	-7,4119	-7,4502	-6,1078	-12,2021	Arah Y
Output Case	Comb No. 12,13,14,15	Comb 16,17,18,19	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb 22,23,24,25	Comb 16,17,18,19	

RING BALOK ANAK TUMPUAN							
	P (kN)	V2 (kN)	V3 (kN)	T (kN-m)	M2 (kN-m)	M3 (kN-m)	Ket
MAX	16,992	0,0722	0,0258	0,0039	0,0041	0,0083	Arah X
Output	Comb No.	Comb	Comb No.	Comb No.	Comb No.	Comb	

Case	12,13,14,15	16,17,18,19	12,13,14,15	12,13,14,15	12,13,14,15	26,27,28,29	
MIN	-13,6434	-0,0722	-0,0198	-0,0039	-0,0049	-0,0602	Arah X
Output Case	Comb No. 12,13,14,15	Comb 16,17,18,19	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb 22,23,24,25	Comb 16,17,18,19	

RING BALOK ANAK LAPANGAN							
	P (kN)	V2 (kN)	V3 (kN)	T (kN-m)	M2 (kN-m)	M3 (kN-m)	Ket
MAX	16,992	0,0387	0,007	0,0089	0,0045	0,03	Arah X
Output Case	Comb No. 12,13,14,15	Comb 16,17,18,19	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb 26,27,28,29	
MIN	-13,6434	-0,0289	-0,0008	-0,0039	-0,0039	-0,0101	Arah X
Output Case	Comb No. 12,13,14,15	Comb 16,17,18,19	Comb No. 12,13,14,15	Comb No. 12,13,14,15	Comb 22,23,24,25	Comb 16,17,18,19	

Dimana :

- P = Gaya normal/ axial
- V2 = Gaya geser/ lintang pada arah Y
- V3 = Gaya geser/ lintang pada arah X
- T = Momen Puntir / Torsion
- M2 = Momen terhadap sumbu Y
- M3 = Momen terhadap sumbu X

Pada tabel 4.27 diatas adalah gaya dalam yang diperoleh dari *ETABS* dipakai sebagai beban *ultimate* yang bekerja pada setiap struktur ring balok maka nilai tersebut digunakan untuk mendesain tulangan Ring Balok.

4.4. Perencanaan Tulangan

4.4.1. Balok

Dari gaya-gaya yang bekerja, Balok memiliki dari tulangan lentur (tulangan utama) dan tulangan geser (sengkang), dalam mendesain tulangan lentur balok sesuai dengan momen yang bekerja dan tulangan geser kita mendesain sesuai dengan gaya geser yang bekerja pada balok. Perhitungan tulangan lentur dan tulangan geser dapat menggunakan tahapan seperti berikut :

- 1) Tulangan Lentur

$$\left(0,59 \cdot \frac{(1 - \delta)^2 \cdot f_y^2}{f_c'}\right) \rho^2 - \left((1 - \delta) \cdot f_y + \delta \cdot f_y \cdot \left(1 - \frac{d'}{d}\right)\right) \rho + \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = 0$$

Dilihat dari persamaan diatas yang telah dilakukan, diambil ρ yg terkecil dan menilai positif.

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

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

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{f_c'}}{4 \cdot f_y}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

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

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

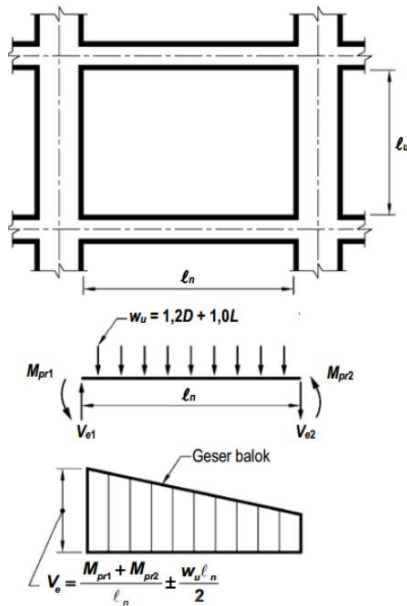
$$A_s' = \delta \cdot \rho \cdot b \cdot d$$

2) Tulangan Geser

$$V_e = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{l_n} \pm \frac{W_u \cdot l_n}{2}$$

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

$$p_r = \frac{1,25 \cdot f_y \cdot A_s}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}$$



Gambar 4.31 Syarat geser desain balok SRPMK

Jika nilai V_e telah didapatkan maka dibandingkan dengan V_u dari analisis *ETABS*, sehingga nilai yang terbesar diambil sebagai nilai V_u desain. Pada daerah tumpuan pada balok V_n yang berlaku ialah ϕV_s , sedangkan pada daerah lapangan di balok untuk V_n berlaku $\phi(V_c + V_s)$.

Menurut Tabel 4.26 dan Tabel 4.30, gaya dalam yang diperoleh dari *ETABS* dipakai sebagai beban *ultimate* yang bekerja pada setiap struktur balok sehingga diperoleh jumlah tulangan seperti gambar 4.32 sampai gambar 4.43. Perhitungan yang lebih detail dapat dilihat pada Lampiran 1 hal. 128.p

TYPE B1 BALOK 30/40		Tumpuan (P)	Lapangan (L)					
Dimensi B : 300 mm H : 400 mm Beton K_250 Besi Beton $\leq \phi 12$ mm: BJTP 280 Besi Beton $> \phi 12$ mm: BJTD 420								
Tulangan Geser (mm)		Tulangan Lentur / Longitudinal (mm)						
Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan (T)			Lapangan (L)		
			A	T	B	A	T	B
$\phi 10 - 125$	$\phi 10 - 150$	$\phi 10 - 125$	3 D 19 2 D 19	-	2 D 19	2 D 19	-	3 D 19

Gambar 4.32 Tulangan Balok 300 x 400 mm Bentang 6 m

TYPE B2 BALOK 30/40			Tumpuan (P)			Lapangan (L)		
Dimensi B : 300 mm H : 400 mm Beton K_250 Besi Beton $\leq \varnothing 12$ mm : BJTP 280 Besi Beton $> \varnothing 12$ mm : BJTD 420								
Tulangan Geser (mm)			Tulangan Lentur / Longitudinal (mm)					
Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan (T)			Lapangan (L)		
			A	T	B	A	T	B
$\varnothing 10 - 125$	$\varnothing 10 - 150$	$\varnothing 10 - 125$	3 D 19	-	2 D 19	2 D 19	-	3 D 19

Gambar 4.33 Tulangan Balok 300 x 400 mm Bentang 5 m

TYPE B3 BALOK 30/40			Tumpuan (P)			Lapangan (L)		
Dimensi B : 300 mm H : 400 mm Beton K_250 Besi Beton $\leq \varnothing 12$ mm : BJTP 280 Besi Beton $> \varnothing 12$ mm : BJTD 420								
Tulangan Geser (mm)			Tulangan Lentur / Longitudinal (mm)					
Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan (T)			Lapangan (L)		
			A	T	B	A	T	B
$\varnothing 10 - 125$	$\varnothing 10 - 150$	$\varnothing 10 - 125$	4 D 16	-	2 D 16	2 D 16	-	4 D 16

Gambar 4.34 Tulangan Balok 300 x 400 mm Bentang 4 m

TYPE B4 BALOK 30/40			Tumpuan (P)			Lapangan (L)		
Dimensi B : 300 mm H : 400 mm Beton K_250 Besi Beton $\leq \varnothing 12$ mm : BJTP 280 Besi Beton $> \varnothing 12$ mm : BJTD 420								
Tulangan Geser (mm)			Tulangan Lentur / Longitudinal (mm)					
Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan (T)			Lapangan (L)		
			A	T	B	A	T	B
$\varnothing 10 - 125$	$\varnothing 10 - 150$	$\varnothing 10 - 125$	4 D 16	-	3 D 16	2 D 16	-	2 D 16

Gambar 4.35 Tulangan Balok 300 x 400 mm Bentang 3 m

TYPE B5 BALOK 30/40			Tumpuan (P)			Lapangan (L)		
Dimensi B : 300 mm H : 400 mm Beton K_250 Besi Beton $\leq \varnothing 12$ mm : BJTP 280 Besi Beton $> \varnothing 12$ mm : BJTD 420								
Tulangan Geser (mm)			Tulangan Lentur / Longitudinal (mm)					
Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan (T)			Lapangan (L)		
			A	T	B	A	T	B
$\varnothing 10 - 125$	$\varnothing 10 - 150$	$\varnothing 10 - 125$	4 D 19	-	2 D 19	2 D 19	-	2 D 19

Gambar 4.36 Tulangan Balok 300 x 400 mm Bentang 2,5 m

TYPE Ba BALOK ANAK 25/30			Tumpuan (P)			Lapangan (L)		
Dimensi B : 250 mm H : 300 mm Beton K_250 Besi Beton $\leq \varnothing 12$ mm : BJTP 280 Besi Beton $> \varnothing 12$ mm : BJTD 420								
Tulangan Geser (mm)			Tulangan Lentur / Longitudinal (mm)					
Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan (T)			Lapangan (L)		
			A	T	B	A	T	B
$\varnothing 8 - 250$	$\varnothing 8 - 300$	$\varnothing 8 - 250$	3 D 13	-	3 D 13	3 D 13	-	3 D 13

Gambar 4.37 Tulangan Balok Anak 250 x 300 mm

TYPE RB1 RING BALOK 30/40			Tumpuan (P)			Lapangan (L)		
Dimensi B : 300 mm H : 400 mm Beton K_250 Besi Beton $\leq \varnothing 12$ mm : BJTP 280 Besi Beton $> \varnothing 12$ mm : BJTD 420								
Tulangan Geser (mm)			Tulangan Lentur / Longitudinal (mm)					
Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan (T)			Lapangan (L)		
			A	T	B	A	T	B
$\varnothing 8 - 200$	$\varnothing 8 - 250$	$\varnothing 8 - 200$	4 D 13	-	3 D 13	3 D 13	-	3 D 13

Gambar 4.38 Tulangan Ring Balok 300 x 400 mm Bentang 6 m

TYPE RB2 RING BALOK 30/40			Tumpuan (P)			Lapangan (L)		
Dimensi B : 300 mm H : 400 mm Beton K_250 Besi Beton $\leq \varnothing 12$ mm : BJTP 280 Besi Beton $> \varnothing 12$ mm : BJTD 420								
Tulangan Geser (mm)			Tulangan Lentur / Longitudinal (mm)					
Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan (T)			Lapangan (L)		
			A	T	B	A	T	B
Ø8 - 200	Ø8 -250	Ø8 - 200	3 D 13	-	3 D 13	3 D 13	-	3 D 13

Gambar 4.39 Tulangan Ring Balok 300 x 400 mm Bentang 5 m

TYPE RB3 RING BALOK 30/40			Tumpuan (P)			Lapangan (L)		
Dimensi B : 300 mm H : 400 mm Beton K_250 Besi Beton $\leq \varnothing 12$ mm : BJTP 280 Besi Beton $> \varnothing 12$ mm : BJTD 420								
Tulangan Geser (mm)			Tulangan Lentur / Longitudinal (mm)					
Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan (T)			Lapangan (L)		
			A	T	B	A	T	B
Ø8 - 200	Ø8 -250	Ø8 - 200	3 D 13	-	3 D 13	3 D 13	-	3 D 13

Gambar 4.40 Tulangan Ring Balok 300 x 400 mm Bentang 4 m

TYPE RB4 RING BALOK 30/40			Tumpuan (P)			Lapangan (L)		
Dimensi B : 300 mm H : 400 mm Beton K_250 Besi Beton $\leq \varnothing 12$ mm : BJTP 280 Besi Beton $> \varnothing 12$ mm : BJTD 420								
Tulangan Geser (mm)			Tulangan Lentur / Longitudinal (mm)					
Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan (T)			Lapangan (L)		
			A	T	B	A	T	B
Ø8 - 200	Ø8 -250	Ø8 - 200	3 D 13	-	3 D 13	3 D 13	-	3 D 13

Gambar 4.41 Tulangan Ring Balok 300 x 400 mm Bentang 3 m

TYPE RB5 RING BALOK 30/40			Tumpuan (P)			Lapangan (L)		
Dimensi B : 300 mm H : 400 mm Beton K_250 Besi Beton $\leq \varnothing 12$ mm : BJTP 280 Besi Beton $> \varnothing 12$ mm : BJTD 420								
Tulangan Geser (mm)			Tulangan Lentur / Longitudinal (mm)					
Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan (T)			Lapangan (L)		
			A	T	B	A	T	B
Ø8 - 200	Ø8 -250	Ø8 - 200	3 D 13	-	3 D 13	3 D 13	-	3 D 13

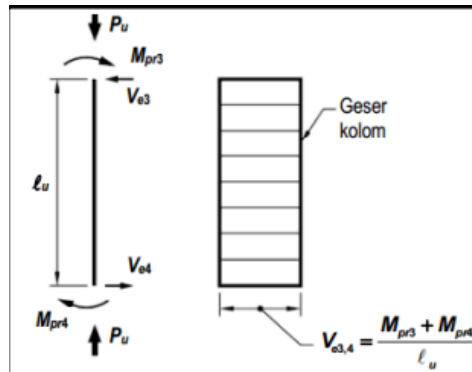
Gambar 4.42 Tulangan Ring Balok 300 x 400 mm Bentang 2,5 m

TYPE RBa RING BALOK 25/30			Tumpuan (P)			Lapangan (L)		
Dimensi B : 250 mm H : 300 mm Beton K_250 Besi Beton $\leq \varnothing 12$ mm : BJTP 280 Besi Beton $> \varnothing 12$ mm : BJTD 420								
Tulangan Geser (mm)			Tulangan Lentur / Longitudinal (mm)					
Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan (T)			Lapangan (L)		
			A	T	B	A	T	B
Ø8 - 200	Ø8 -250	Ø8 - 200	2 D 13	-	2 D 13	2 D 13	-	2 D 13

Gambar 4.43 Tulangan Ring Balok Anak 250 x 300 mm

4.4.2. Kolom

Perencanaan tulangan lentur kolom berbeda dengan balok, dalam mendesain tulangan lentur kolom memakai diagram interaksi P vs M, disamping itu untuk tulangan geser sesuai dengan persyaratan yang telah ditetapkan dalam SNI 2847:2013 tentang geser desain kolom SRPMK



Gambar 4.44 Syarat geser desain kolom SRPMK

Nilai M_{pr} yang dipakai diambil dari momen kolom yang bekerja diatas dan dibawah kolom.

$$V_e = \frac{M_{pr3} + M_{pr4}}{l_n}$$

Nilai V_e yang diperoleh dari perhitungan dibandingkan dengan nilai V_u dari *ETABS*, sehingga nilai yang terbesar dari perbandingan tersebut dipakai sebagai V_u desain. Sedangkan rumus $V_n = \phi (V_s + V_c)$ digunakan untuk kapasitas geser dikolom.

Sesuai dengan SNI 2847:2019 pasal 18.7.3.3, kuat kolom harus memenuhi persyaratan seperti dibawah ini :

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

Dimana : $\sum M_{nc}$ = Jumlah M_n dua kolom yang bertemu di *joint*

$\sum M_{nb}$ = Jumlah M_n dua balok yang bertemu di *joint*

Menurut Tabel 4.27 , gaya dalam yang telah diperoleh dipakai sebagai beban *ultimate* yang bekerja pada struktur sehingga diperoleh jumlah tulangan seperti gambar 4.45 sampai gambar 4.47. Perhitungan yang lebih detail dapat dilihat pada lampiran 1 hal. 188.

TYPE K1 KOLOM 35/40			Tumpuan (P)			Lapangan (L)		
Dimensi B : 350 mm H : 400 mm Beton K ₂₅₀ Besi Beton ≤ Ø 12 mm : BJTP 280 Besi Beton > Ø 12 mm : BJTD 420								
Tulangan Geser (mm)			Tulangan Lentur / Longitudinal (mm)					
Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan (T)			Lapangan (L)		
			A	T	B	A	T	B
Ø10 - 125	Ø10 - 150	Ø10 - 125	4 D 19	4 D 19	4 D 19	4 D 19	4 D 19	4 D 19

Gambar 4.45 Tulangan Kolom Lantai 1 350 x 400 mm

TYPE K2 KOLOM 35/40			Tumpuan (P)			Lapangan (L)		
Dimensi B : 350 mm H : 400 mm Beton K ₂₅₀ Besi Beton ≤ Ø 12 mm : BJTP 280 Besi Beton > Ø 12 mm : BJTD 420								
Tulangan Geser (mm)			Tulangan Lentur / Longitudinal (mm)					
Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan (T)			Lapangan (L)		
			A	T	B	A	T	B
Ø10 - 125	Ø10 - 150	Ø10 - 125	4 D 19	4 D 19	4 D 19	4 D 19	4 D 19	4 D 19

Gambar 4.46 Tulangan Kolom Lantai 2 350 x 400 mm

TYPE K3 KOLOM 35/40			Tumpuan (P)			Lapangan (L)		
Dimensi B : 350 mm H : 400 mm Beton K ₂₅₀ Besi Beton ≤ Ø 12 mm : BJTP 280 Besi Beton > Ø 12 mm : BJTD 420								
Tulangan Geser (mm)			Tulangan Lentur / Longitudinal (mm)					
Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan (T)			Lapangan (L)		
			A	T	B	A	T	B
Ø10 - 125	Ø10 - 150	Ø10 - 125	4 D 19	4 D 19	4 D 19	4 D 19	4 D 19	4 D 19

Gambar 4.47 Tulangan Kolom Lantai 3 350 x 400 mm

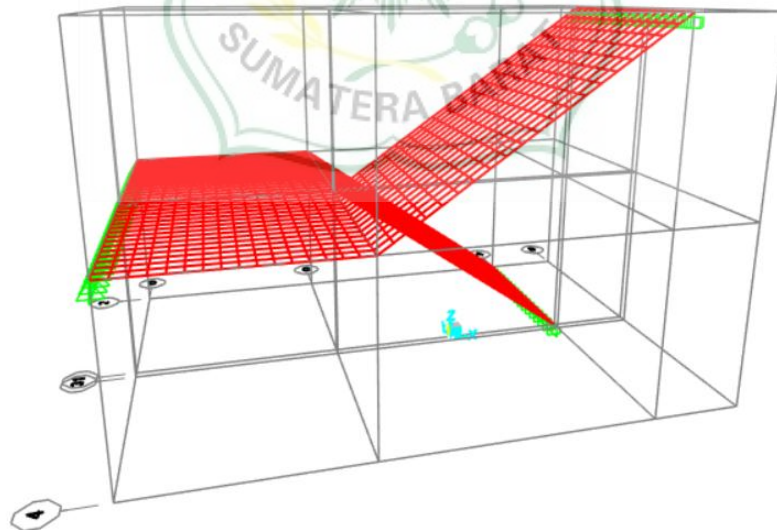
4.4.3. Pelat Lantai

Dalam *desain* tulangan pelat lantai, kita tidak memakai gaya dalam yang berasal dari analisis struktur, melainkan didapatkan dari pembebanan beban mati serta beban hidup yang bekerja, selanjutnya perhitungan menggunakan *Metoda Desain* Langsung sesuai dengan yang diatur dalam SNI 2847:2019 pasal 8.

Tulangan yang digunakan pada pelat lantai tebal 12 cm adalah D10 – 110 dan tulangan yang digunakan pada pelat dack tebal 11 cm adalah D10-160 . Perhitungan perencanaan plat lantai terlampir Lampiran 1 hal. 196.

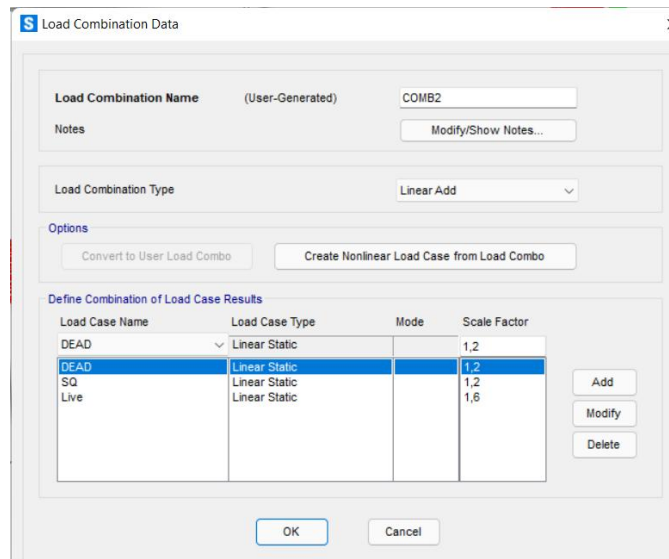
4.4.4. Tangga

Tangga berguna untuk meningkatkan fungsi dari suatu struktur gedung. Tangga merupakan salah satu struktur sekunder yang wajib ada pada bangunan bertingkat. Dalam permodelan tangga dibuat dengan cara 2D di *aplikasi SAP2000*, selanjutnya beban-beban yang telah dihitung sebelumnya diinput ke dalam permodelan 2D di *SAP2000*. Maka diperoleh gaya *momen* yang bekerja pada tangga.

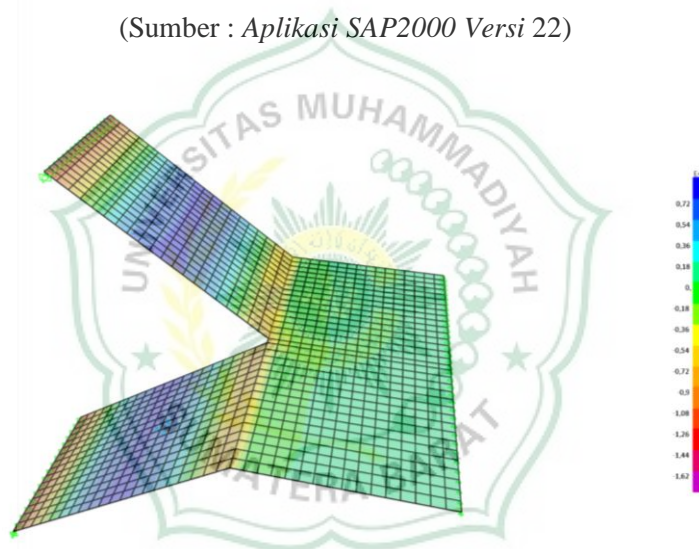


Gambar 4.48. Permodelan Tangga 2D di *SAP2000*

(Sumber : *Aplikasi SAP2000 Versi 22*)



Gambar 4.49. Input Beban Mati dan Beban Hidup
(Sumber : Aplikasi SAP2000 Versi 22)



Gambar 4.50. Momen yang Bekerja di Tangga
(Sumber : Aplikasi SAP2000 Versi 22)

Tabel 4.31. Rekap *Momen* yang Bekerja di Pelat Tangga

Kg, m	M11	M22
MAX	705,09	5378,8
MIN	-2174,16	-10870,8

Tabel 4.32. Rekap *Momen* yang Bekerja di Pelat *Bordes*

Kg, m	M11	M22
MAX	201,1	61,47
MIN	-6035,21	-2918,7

Dari perhitungan tulangan maka didapat tulangan yang digunakan yaitu :

1. Tangga

Tulangan arah memanjang = D13 - 150 mm

Tulangan arah melintang = D10 - 150 mm

2. Bordes

Tulangan arah memanjang = D10 - 150 mm

Tulangan arah melintang = D10 - 150 mm

Melihat perhitungan yang lebih rinci pada Lampiran 1 hal 204.



BAB V PENUTUP

3.1 Kesimpulan

Dalam skripsi ini pada perencanaan Struktur Gedung Kuliah Universitas Mohammad Natsir ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Beban Maksimal
 - a. Beban mati

$$D = 1.377.534.400 \text{ kg}$$

$$= 1.377, 534 \text{ Ton}$$

$$= 13.775,344 \text{ kN}$$
2. Dimensi perencanaan struktur atas yang dipakai pada gedung ini adalah seperti berikut:
 - a. Dimensi balok yang digunakan
 - a) Balok Lt.1 : (30 x 40) cm
 - b) Balok Lt. 2 : (30 x 40) cm
 - c) Ring Balok : (30 x 40) cm
 - b. Dimensi kolom yang digunakan
 - a) Kolom Lt. 1 : (35 x 40) cm
 - b) Kolom Lt.2 : (35 x 40) cm
 - c) Kolom Lt.3 : (35 x 40) cm
 - c. Pelat lantai : 12 cm
 - d. Pelat dack : 11 cm
3. Dimensi perencanaan tulangan :
 - a. Balok

Tabel 5.1. Dimensi tulangan yang digunakan pada balok

Tipe Balok	Tumpuan		Lapangan		Tulangan Transversal	
	Tulangan L. Atas	Tulangan L. Bawah	Tulangan L. Atas	Tulangan L. Bawah	Tumpuan	Lapangan
Balok Panjang 6 m, B1 (30 cm x 40 cm)	5 D 19	2 D 19	2 D 19	3 D 19	D10 - 125	D10 - 150
Balok Panjang 5 m, B1 (30 cm x 40 cm)	3 D 19	2 D 19	2 D 19	3 D 19	D10 - 125	D10 - 150
Balok Panjang 4 m, B1 (30 cm x 40 cm)	4 D 16	2 D 16	2 D 16	2 D 16	D10 - 125	D10 - 150
Balok Panjang 3 m, B1 (30 cm x 40 cm)	4 D 16	3 D 16	2 D 16	2 D 16	D10 - 125	D10 - 150
Balok Panjang 2.5 m, B1 (30 cm x 40 cm)	4 D 19	2 D 19	2 D 19	2 D 19	D10 - 125	D10 - 150
Balok Anak Ba (25 cm x 30 cm)	3 D 13	3 D 13	3 D 13	3 D 13	Ø8 - 250	Ø8 - 300

b. Ring Balok

Tabel 5.2. Dimensi tulangan yang digunakan pada ring balok

Tipe Ring Balok	Tumpuan		Lapangan		Tulangan Transversal	
	Tulangan L. Atas	Tulangan L. Bawah	Tulangan L. Atas	Tulangan L. Bawah	Tumpuan	Lapangan
Ring Balok Panjang 6 m, RB1 (30 cm x 40 cm)	4 D 13	3 D 13	3 D 13	3 D 13	Ø8 - 200	Ø8 - 250
Ring Balok Panjang 5 m, RB1 (30 cm x 40 cm)	3 D 13	3 D 13	3 D 13	3 D 13	Ø8 - 200	Ø8 - 250
Ring Balok Panjang 4 m, RB1 (30 cm x 40 cm)	3 D 13	3 D 13	3 D 13	3 D 13	Ø8 - 200	Ø8 - 250
Ring Balok Panjang 3 m, RB1 (30 cm x 40 cm)	3 D 13	3 D 13	3 D 13	3 D 13	Ø8 - 200	Ø8 - 250
Ring Balok Panjang 2,5 m, RB1 (30 cm x 40 cm)	3 D 13	3 D 13	3 D 13	3 D 13	Ø8 - 200	Ø8 - 250
Ring Balok Anak RBa (25 cm x 30 cm)	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	Ø8 - 200	Ø8 - 250

c. Kolom

Tabel 5.3. Dimensi tulangan yang digunakan pada kolom

Tipe Kolom	Tumpuan	Lapangan	Tulangan Transversal	
			Tumpuan	Lapangan
Kolom K1 (35 cm x 40 cm)	12 D 19	12 D 19	D10 - 150	D10 - 150

d. Pelat lantai

Pelat Lantai Tebal 12 cm

Tulangan yang digunakan adalah

Tulangan arah memanjang = D10 - 110 mm

Tulangan arah melintang = D10 - 110 mm

Pelat Lantai Tebal 11 cm

Tulangan yang digunakan adalah

Tulangan arah memanjang = D10 - 160 mm

Tulangan arah melintang = D10 - 160 mm

e. Tangga

Tangga

Tulangan arah memanjang = D13 - 150 mm

Tulangan arah melintang = D10 - 150 mm

Bordes

Tulangan arah memanjang = D10 - 150 mm

Tulangan arah melintang = D10 - 150 mm

3.2 Saran

Dalam pengerjaan Skripsi Perencanaan Struktur Atas Gedung Kuliah Universitas Mohammad Natsir Menggunakan Program *Etabs Versi 18*, Jauh dari kata sempurna sehingga Penulis memberikan beberapa saran untuk penelitian selanjutnya:

1. Pengerjaan skripsi ini dibutuhkan referensi-referensi yang sangat banyak dari berbagai sumber data yang dibutuhkan sebagai pedoman dalam pengerjaannya, seperti SNI tentang perencanaan struktur, buku pedoman tentang beton bertulang sesuai SNI yang berlaku serta contoh-contoh skripsi desain struktur gedung.
2. Dalam merencanakan suatu struktur gedung harus memperhatikan aturan-aturan yang berlaku sehingga saat merencanakan struktur didapatkan dimensi dan penulangan struktur yang efisien dan memenuhi syarat keamanan.



DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (2012). *SNI-1726-2012. 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*. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. (2015). *SNI-1729-2015. Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Jakarta
- Badan Standardisasi Nasional. (2017). *SNI-2052-2017. Baja Tulangan Beton*. Jakarta
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI-1726-2019. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI-2847-2019. Persyaratan Beton Struktural Bangunan Gedung dan Penjelasan*. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). *SNI-1727-2020. Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta
- 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.
- <https://www.rumah123.com/panduan-properti/tips-properti-63559-tentang-struktur-bangunan-dari-pengertian-hingga-komponennya-id.html>. Diakses 14 Februari 2021

<https://civilinggining.wordpress.com/2016/03/28/struktur-atas-upper-structure-dan-struktur-bawah-lower-structure/>. Diakses 14 Februari 2021

<https://blog-mue.blogspot.com/2016/03/definisi-struktur-dan-kontruksi.html>.

Diakses 14 Februari 2021

Rumbyarso, YPA. (2019). *Perencanaan Struktur Bangunan Atas (Upper Structure) Gedung Stie Bank Bpd Jateng Kota Semarang*. Program Studi Teknik Sipil, Universitas Krisnadwipayana. Jurnal Teknokris vol. 22, No. 1

Standar Nasional Indonesia. (2002). *SNI-2847-2002. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bagunan Gedung*. Bandung.



LAMPIRAN 1
PERHITUNGAN ELEMEN STRUKTUR

A. BALOK

Balok Utama B1 (6.00 meter) (300)/(400)			
TULANGAN LONGITUDINAL (TUMPUAN)			
Momen Maksimum	: $M_u (+)$	=	51,81 kN.m
Momen Minimum	: $M_u (-)$	=	-156,69 kN.m
Momen Maksimum Desain	: $M_u (+)$	=	51,81 kN.m
Momen Maksimum Desain	: $M_u (-)$	=	156,69 kN.m
Tinggi Penampang	: h	=	400 mm
Lebar Penampang	: b	=	300 mm
Selimit Beton	: d'	=	30 mm
Tinggi Efektif Penampang	: d	=	370 mm
Tinggi Efektif Penampang	: d_1	=	345 mm
Kuat negatif Beton	: f_c'	=	20,75 Mpa
Tegangan Leleh Baja Tulangan	: f_y	=	420 Mpa
Modulus Elastisitas Beton	: E_c	= [4700 $\sqrt{f_c'}$]	= 21409,5 Mpa
Modulus Elastisitas Baja	: E_s	=	200000 Mpa
Faktor Blok Tegangan	: β	=	0,85
Faktor Reduksi	: ϕ	=	0,9
Perhitungan			
Rasio Tulangan Balanced	: ρ_b	= [$0.85 \cdot f_c' / f_y [600 / (600 + f_y)]$]	= 0,0210
Rasio Tulangan Maksimum	: ρ_{maks}	= [0,75 ρ_b]	= 0,0157
Rasio Tulangan Minimum	: ρ_{min}	= [1,4 / f_y]	= 0,0033
Rasio Tulangan Aktual Positif			
Rasio Tul. Aktual Positif	: a	= [$0.59 f_y^2 / f_c$]	= 5015,71
	: b	= [- f_y]	= -420,00
	: c	= [$M_u / \phi b d^2$]	= 1,4017
Rasio Tul. Aktual Positif	: $\rho_{Positif}$	= [$-b + \sqrt{b^2 - 4 a c}$] / [2 a]	= 0,0035
Cek Rasio Tulangan Positif	:	Gunakan Rasio Tulangan Aktual	= 0,0035
Rasio Tulangan Aktual Negatif			
Rasio Tul. Aktual negatif	: a	= [$0.59 f_y^2 / f_c$]	= 5015,71
	: b	= [- f_y]	= -420
	: c	= [$M_u / \phi b d^2$]	= 4,2391
Rasio Tul. Aktual negatif	: $\rho_{Negatif}$	= [$-b + \sqrt{b^2 - 4 a c}$] / [2 a]	= 0,0117
Cek Rasio Tulangan negatif	:	Gunakan Rasio Tulangan Aktual	= 0,0117
As Tulangan			
Luas Tulangan Positif	: $A_{sPositif}$	= [$\rho_{Positif} b d$]	= 386,53 mm²
Luas Tulangan negatif	: $A_{snegatif}$	= [$\rho_{negatif} b d$]	= 1303 mm²
Dia. Tulangan Positif Desain	: D	19	
Dia. Tulangan negatif Desain	: D	19	
Luas Tul. Desain Positif (+)	: A_{sd}	= [$\pi / 4 D^2$]	= 283,53 mm²
Luas Tul. Desain negatif (-)	: A_{sd}	= [$\pi / 4 D^2$]	= 283,53 mm²
Banyak Tulangan Positif (+)	: n	= [A_s / A_{sd}]	= 2 Batang
		Tulangan Atas	= 2 Batang
		Tulangan Bawah	= 0 Batang
Banyak Tulangan negatif (-)	: n	= [A_s / A_{sd}]	= 5 Batang
		Tulangan Atas	= 5 Batang
		Tulangan Bawah	= 0 Batang

Check Asumsi Awal untuk Faktor Reduksi ϕ			
Tulangan Positif			
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{sPositif}$	= [n Asd]	= 567,057 mm²
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{sPositif} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 45,01 mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 52,95 mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d - c] / c$]	= 0,0180
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{sPositif}$	= [n Asd]	= 0,00 mm²
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{sPositif} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 45,01 mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 52,95 mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d_1 - c] / c$]	= 0,0165
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Tulangan Negatif			
Luas Tul. negatif Terpasang	: $A_{sNegatif}$	= [n Asd]	= 1417,64 mm²
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{sNegatif} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 112,53 mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 132,385 mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d - c] / c$]	= 0,0054
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{sNegatif}$	= [n Asd]	= 0,00 mm²
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{sNegatif} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 112,53 mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 132,385 mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d - c] / c$]	= 0,0048
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Check Kapasitas Momen			
Momen Nominal Positif	: $M_{nPositif}$	= [$A_s \cdot f_y [d-a/2]$] + [$A_s \cdot f_y [d_1-a/2]$]	= 82,76 kN.m
Perbandingan Kapasitas	: M_n	$\geq M_u / \phi$	
		82,76 > 57,57 Mampu	
Momen Nominal negatif	: $M_{nNegatif}$	= [$A_s \cdot f_y [d-a/2]$] + [$A_s \cdot f_y [d_1-a/2]$]	= 186,80 kN.m
Perbandingan Kapasitas	: M_n	$\geq M_u / \phi$	
		186,80 > 174,10 Mampu	
Kesimpulan			
Maka Dapat Digunakan Tulangan Longitudinal Sebagai Berikut :			
a.	Tulangan negatif	: 5 D - 19	
b.	Tulangan Positif	: 2 D - 19	

Balok Utama B1 (6.00 meter) (300)/(400)			
TULANGAN LONGITUDINAL (LAPANGAN)			
Momen Maksimum	: Mu (+)	=	95,25 kN.m
Momen Minimum	: Mu (-)	=	-19,88 kN.m
Momen Maksimum Desain	: Mu (+)	=	95,25 kN.m
Momen Maksimum Desain	: Mu (-)	=	19,88 kN.m
Tinggi Penampang	: h	=	400 mm
Lebar Penampang	: b	=	300 mm
Selimit Beton	: d'	=	30 mm
Tinggi Efektif Penampang	: d	=	370 mm
Tinggi Efektif Penampang	: d1	=	345 mm
Kuat negatif Beton	: fc'	=	20,75 Mpa
Tegangan Leleh Baja Tulangan	: fy	=	420,00 Mpa
Modulus Elastisitas Beton	: Ec = [4700 √ fc']	=	21410 Mpa
Modulus Elastisitas Baja	: Es	=	200000 Mpa
Faktor Blok Tegangan	: β	=	0,85
Faktor Reduksi	: ϕ	=	0,90
Perhitungan			
Rasio Tulangan Balanced	: ρ _b = [β.0.85.fc'/fy[600/[600+fy]]]	=	0,0210
Rasio Tulangan Maksimum	: ρ _{maks} = [0.75 ρ _b]	=	0,0157
Rasio Tulangan Minimum	: ρ _{min} = [1,4 / fy]	=	0,0033
Rasio Tulangan Aktual Positif			
Rasio Tul. Aktual Positif	: a = [0.59 fy ² / fc]	=	5015,711
	b = [- fy]	=	-420,00
	c = [Mu / ϕ b d ²]	=	2,5769
Rasio Tul. Aktual Positif	: ρ _{Positif} = [-b + √ b ² - 4 a c] / [2 a]	=	0,0067
Cek Rasio Tulangan Positif	: Gunakan Rasio Tulangan Aktual	=	0,0067
Rasio Tulangan Aktual Negatif			
Rasio Tul. Aktual negatif	: a = [0.59 fy ² / fc]	=	5015,711
	b = [- fy]	=	-420
	c = [Mu / ϕ b d ²]	=	0,5380
Rasio Tul. Aktual negatif	: ρ _{Negatif} = [-b + √ b ² - 4 a c] / [2 a]	=	0,0013
Cek Rasio Tulangan negatif	: Gunakan Rasio Tulangan Aktual	=	0,0033
As Tulangan			
Luas Tulangan Positif	: A _{sPositif} = [ρ _{Positif} b d]	=	739,9363 mm ²
Luas Tulangan negatif	: A _{snegatif} = [ρ _{negatif} b d]	=	370 mm ²
Dia. Tulangan Positif Desain	: D	=	19
Dia. Tulangan negatif Desain	: D	=	19
Luas Tul. Desain Positif (+)	: A _{sd} = [π / 4 D ²]	=	283,53 mm ²
Luas Tul. Desain negatif (-)	: A _{sd} = [π / 4 D ²]	=	283,53 mm ²
Banyak Tulangan Positif (+)	: n = [A _s / A _{sd}]	=	3 Batang
	Tulangan Atas	=	3 Batang
	Tulangan Bawah	=	0 Batang
Banyak Tulangan negatif (-)	: n = [A _s / A _{sd}]	=	2 Batang
	Tulangan Atas	=	2 Batang
	Tulangan Bawah	=	0 Batang

Tulangan Positif			
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{S_{positif}}$	= [n Asd]	= 850,5862 mm ²
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{S_{positif}} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 67,52 mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 79,43 mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d - c] / c$]	= 0,0110
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{S_{positif}}$	= [n Asd]	= 0,00 mm ²
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{S_{positif}} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 67,52 mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 79,43 mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d_1 - c] / c$]	= 0,0100
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Tulangan Negatif			
Luas Tul. negatif Terpasang	: $A_{S_{negatif}}$	= [n Asd]	= 567,06 mm ²
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{S_{negatif}} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 45,01 mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 52,95405 mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d - c] / c$]	= 0,0180
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{S_{negatif}}$	= [n Asd]	= 0,00 mm ²
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{S_{negatif}} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 45,01 mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 52,95405 mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d - c] / c$]	= 0,0165
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Check Kapasitas Momen			
Momen Nominal Positif	: $M_{n_{positif}}$	= [$A_s \cdot f_y [d - a/2] + [A_s \cdot f_y [d_1 - a/2]]$]	= 120,12 kN.m
Perbandingan Kapasitas	: Mn	≥ Mu / φ	
	120,12	> 105,83	Mampu
Momen Nominal negatif	: $M_{n_{negatif}}$	= [$A_s \cdot f_y [d - a/2] + [A_s \cdot f_y [d_1 - a/2]]$]	= 82,76 kN.m
Perbandingan Kapasitas	: Mn	≥ Mu / φ	
	82,76	> 22,09	Mampu
Kesimpulan			
Maka Dapat Digunakan Tulangan Longitudinal Sebagai Berikut :			
a.	Tulangan negatif	: 2 D - 19	
b.	Tulangan Positif	: 3 D - 19	

Balok Utama (6.00 meter) (300)/(400)			
TULANGAN TRANSVERSAL			
Data Balok			
Geser ujung kiri	: Vg-ki	=	144,41 kN
Geser ujung kanan	: Vg-ka	=	144,41 kN
Geser Maksimum Daerah Tumpuan	: Vu-max	=	144,41 kN
Geser Maks. di Daerah Lapangan	: Vu-max	=	72,21 kN
Panjang Daerah tumpuan	: Lh = [L/4]	=	1500 mm
Tinggi Penampang	: h	=	400 mm
Lebar Penampang	: b	=	300 mm
Panjang Balok	: L	=	6000 mm
Selimit Beton	: d'	=	30 mm
Tinggi Efektif Penampang	: d	=	370 mm
Kuat negatif Beton	: fc'	=	20,75 Mpa
Tegangan Leleh Baja Tulangan	: fy	=	280 Mpa
Modulus Elastisitas Beton	: Ec = [4700 √ fc']	=	21409,52 Mpa
Modulus Elastisitas Baja	: Es	=	200000 Mpa
Faktor Blok Tegangan	: β	=	0,85
Faktor Reduksi	: ø	=	0,75
Perhitungan Sengkang Daerah Tumpuan			
Kapasitas geser beton	: Vc = [1 / 6 √ fc' b d]	=	84,27 kN
Kapasitas geser Tulangan	: Vs = [Vu / ø] - [Vc]	=	108,28 kN
Kapasitas Geser Maksimum	: Vs _{max} = [2 / 3 √ fc' b d]	=	364,42 kN
Cek Kapasitas Geser	: Vs ≤ Vs _{max} 108,28 < 364,42	.....OKE	
Diameter Sengkang	: D	10	
Luas Tulangan Sengkang	: Av = [2 π / 4 D ²]	Kaki 2	157,08 mm ²
Jarak tulangan	: s = [Av fy d / Vs]	=	150,3 mm
Spasi Tulangan Maksimum	: smax = [d / 2]	=	185,00 mm
	= [600 mm]	=	600,00 mm
	= [(1200 fy Av) / (75 √ fc' bw)]	=	514,95 mm
	= [3 fy Av / bw]	=	439,82 mm
Maka Gunakan Jarak	: s	=	125,00 mm
Perhitungan Sengkang daerah Lapangan			
Kapasitas geser beton	: Vc = [1 / 6 √ fc' b d]	=	84,27 kN
Kapasitas geser Tulangan	: Vs = [Vu / ø] - [Vc]	=	12,00 kN
Kapasitas Geser Maksimum	: Vs _{max} = [2 / 3 √ fc' b d]	=	364,42 kN
Cek Kapasitas Geser	: Vs ≤ Vs _{max} 12,00 < 364,42	.....OKE	
Diameter Sengkang	: D	10	
Luas Tulangan Sengkang	: Av = [2 π / 4 D ²]	Kaki 2	157,08 mm ²
Jarak tulangan	: s = [Av fy d / Vs]	=	1355,57 mm
Spasi Tulangan Maksimum	: smax = [d / 2]	=	185,00 mm
	= [600 mm]	=	600,00 mm
	= [(1200 fy Av) / (75 √ fc' bw)]	=	514,95 mm
	= [3 fy Av / bw]	=	439,82 mm
Maka Gunakan Jarak	: s	=	150,00 mm
Kapasitas Nominal Geser			
1. Daerah Tumpuan			
Gaya Geser Maksimum	: Vu	=	144,41 kN
Kapasitas Geser Daerah Plastis	: Vn = [Av.fy.d] / [s] + [1/6 √ fc'.b.d]	=	214,46 kN
Geser Nominal	: øVn = [0,75 Vn]	=	160,84 kN
Kontrol	: øVn > Vu		OKE
2. Daerah Lapangan			
Gaya Geser Maksimum	: Vu	=	72,21 kN
Kapasitas Geser Daerah Plastis	: Vn = [Av.fy.d] / [s] + [1/6 √ fc'.b.d]	=	192,76 kN
Geser Nominal	: øVn = [0,75 Vn]	=	144,57 kN
Kontrol	: øVn > Vu		OKE
Kesimpulan			
Maka Gunakan Sengkang	:	Tumpuan	2D10-125
		Lapangan	2D10-150

Balok Utama B2 (5.00 meter) (300)/(400)			
TULANGAN LONGITUDINAL (TUMPUAN)			
Momen Maksimum	: Mu (+)	=	52,95 kN.m
Momen Minimum	: Mu (-)	=	-106,20 kN.m
Momen Maksimum Desain	: Mu (+)	=	52,95 kN.m
Momen Maksimum Desain	: Mu (-)	=	106,20 kN.m
Tinggi Penampang	: h	=	400 mm
Lebar Penampang	: b	=	300 mm
Selimit Beton	: d'	=	30 mm
Tinggi Efektif Penampang	: d	=	370 mm
Tinggi Efektif Penampang	: d1	=	345 mm
Kuat negatif Beton	: fc'	=	20,75 Mpa
Tegangan Leleh Baja Tulangan	: fy	=	420 Mpa
Modulus Elastisitas Beton	: Ec = [4700 √ fc']	=	21409,5 Mpa
Modulus Elastisitas Baja	: Es	=	200000 Mpa
Faktor Blok Tegangan	: β	=	0,85
Faktor Reduksi	: φ	=	0,9
Perhitungan			
Rasio Tulangan Balanced	: ρ _b = [β.0.85.fc'/fy[600/[600+fy]]]	=	0,0210
Rasio Tulangan Maksimum	: ρ _{maks} = [0.75 ρ _b]	=	0,0157
Rasio Tulangan Minimum	: ρ _{min} = [1.4 / fy]	=	0,0033
Rasio Tulangan Aktual Positif			
Rasio Tul. Aktual Positif	: a = [0.59 fy ² / fc']	=	5015,71
	b = [- fy]	=	-420,00
	c = [Mu / φ b d ²]	=	1,4324
Rasio Tul. Aktual Positif	ρ _{Positif} = [-b + √ b ² - 4 a c] / [2 a]	=	0,0036
Cek Rasio Tulangan Positif	: Gunakan Rasio Tulangan Aktual	=	0,0036
Rasio Tulangan Aktual Negatif			
Rasio Tul. Aktual negatif	: a = [0.59 fy ² / fc']	=	5015,71
	b = [- fy]	=	-420
	c = [Mu / φ b d ²]	=	2,8731
Rasio Tul. Aktual negatif	ρ _{Negatif} = [-b + √ b ² - 4 a c] / [2 a]	=	0,0075
Cek Rasio Tulangan negatif	: Gunakan Rasio Tulangan Aktual	=	0,0075
As Tulangan			
Luas Tulangan Positif	: A _{sPositif} = [ρ _{Positif} b d]	=	395,376 mm ²
Luas Tulangan negatif	: A _{snegatif} = [ρ _{negatif} b d]	=	834,181 mm ²
Dia. Tulangan Positif Desain	: D	=	19
Dia. Tulangan negatif Desain	: D	=	19
Luas Tul. Desain Positif (+)	: A _{sd} = [π / 4 D ²]	=	283,53 mm ²
Luas Tul. Desain negatif (-)	: A _{sd} = [π / 4 D ²]	=	283,53 mm ²
Banyak Tulangan Positif (+)	: n = [A _s / A _{sd}]	=	2 Batang
	Tulangan Atas	=	2 Batang
	Tulangan Bawah	=	0 Batang
Banyak Tulangan negatif (-)	: n = [A _s / A _{sd}]	=	3 Batang
	Tulangan Atas	=	3 Batang
	Tulangan Bawah	=	0 Batang
Check Asumsi Awal untuk Faktor Reduksi φ			

Tulangan Positif			
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{sPositif} = [n Asd]$	= 567,057	mm ²
Tinggi Blok Tegangan	: $a = [AsPositif fy / 0.85 fc' b]$	= 45,01	mm
Tinggi Garis Netral	: $c = [a / \beta]$	= 52,95	mm
Regangan Positif Baja	: $\epsilon_s = [0.003 [[d - c] / c]$	= 0,0180	
Regangan Leleh Baja	: $\epsilon_y = [fy / Es]$	= 0,0021	
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{sPositif} = [n Asd]$	= 0,00	mm ²
Tinggi Blok Tegangan	: $a = [AsPositif fy / 0.85 fc' b]$	= 45,01	mm
Tinggi Garis Netral	: $c = [a / \beta]$	= 52,95	mm
Regangan Positif Baja	: $\epsilon_s = [0.003 [[d1 - c] / c]$	= 0,0165	
Regangan Leleh Baja	: $\epsilon_y = [fy / Es]$	= 0,0021	
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Tulangan Negatif			
Luas Tul. negatif Terpasang	: $A_{sNegatif} = [n Asd]$	= 850,59	mm ²
Tinggi Blok Tegangan	: $a = [Anegatif fy / 0.85 fc' b]$	= 67,52	mm
Tinggi Garis Netral	: $c = [a / \beta]$	= 79,4311	mm
Regangan Positif Baja	: $\epsilon_s = [0.003 [[d - c] / c]$	= 0,0110	
Regangan Leleh Baja	: $\epsilon_y = [fy / Es]$	= 0,0021	
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{sNegatif} = [n Asd]$	= 0,00	mm ²
Tinggi Blok Tegangan	: $a = [Anegatif fy / 0.85 fc' b]$	= 67,52	mm
Tinggi Garis Netral	: $c = [a / \beta]$	= 79,4311	mm
Regangan Positif Baja	: $\epsilon_s = [0.003 [[d - c] / c]$	= 0,0100	
Regangan Leleh Baja	: $\epsilon_y = [fy / Es]$	= 0,0021	
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Check Kapasitas Momen			
Momen Nominal Positif	: $Mn_{Positif} = [As.fy[d-a/2]]+[As.fy[d1-a/2]]$	= 82,76	kN.m
Perbandingan Kapasitas	: $Mn \geq Mu / \phi$	82,76 > 58,83	Mampu
Momen Nominal negatif	: $Mn_{negatif} = [As.fy[d-a/2]]+[As.fy[d1-a/2]]$	= 120,12	kN.m
Perbandingan Kapasitas	: $Mn \geq Mu / \phi$	120,12 > 118,00	Mampu
Kesimpulan			
Maka Dapat Digunakan Tulangan Longitudinal Sebagai Berikut :			
a.	Tulangan negatif	: 3 D - 19	
b.	Tulangan Positif	: 2 D - 19	

Balok Utama B2 (5.00 meter) (300)/(400)			
TULANGAN LONGITUDINAL (LAPANGAN)			
Momen Maksimum	: Mu (+)	=	102,52 kN.m
Momen Minimum	: Mu (-)	=	-59,52 kN.m
Momen Maksimum Desain	: Mu (+)	=	102,52 kN.m
Momen Maksimum Desain	: Mu (-)	=	59,52 kN.m
Tinggi Penampang	: h	=	400 mm
Lebar Penampang	: b	=	300 mm
Selimit Beton	: d'	=	30 mm
Tinggi Efektif Penampang	: d	=	370 mm
Tinggi Efektif Penampang	: d1	=	345 mm
Kuat negatif Beton	: fc'	=	20,75 Mpa
Tegangan Leleh Baja Tulangan	: fy	=	420,00 Mpa
Modulus Elastisitas Beton	: Ec = [4700 √ fc']	=	21410 Mpa
Modulus Elastisitas Baja	: Es	=	200000 Mpa
Faktor Blok Tegangan	: β	=	0,85
Faktor Reduksi	: ϕ	=	0,90
Perhitungan			
Rasio Tulangan Balanced	: ρ _b	= [β · 0.85 · fc' / fy [600 / [600 + fy]]]	= 0,0210
Rasio Tulangan Maksimum	: ρ _{maks}	= [0.75 ρ _b]	= 0,0157
Rasio Tulangan Minimum	: ρ _{min}	= [1.4 / fy]	= 0,0033
Rasio Tulangan Aktual Positif			
Rasio Tul. Aktual Positif	: a	= [0.59 fy ² / fc']	= 5015,711
	: b	= [- fy]	= -420,00
	: c	= [Mu / ϕ b d ²]	= 2,7735
Rasio Tul. Aktual Positif	: ρ _{Positif}	= [-b + √ b ² - 4 a c] / [2 a]	= 0,0072
Cek Rasio Tulangan Positif	:	Gunakan Rasio Tulangan Aktual	= 0,0072
Rasio Tulangan Aktual Negatif			
Rasio Tul. Aktual negatif	: a	= [0.59 fy ² / fc']	= 5015,711
	: b	= [- fy]	= -420
	: c	= [Mu / ϕ b d ²]	= 1,6103
Rasio Tul. Aktual negatif	: ρ _{Negatif}	= [-b + √ b ² - 4 a c] / [2 a]	= 0,0040
Cek Rasio Tulangan negatif	:	Gunakan Rasio Tulangan Aktual	= 0,0040
As Tulangan			
Luas Tulangan Positif	: A _s _{Positif}	= [ρ _{Positif} b d]	= 802,2295 mm ²
Luas Tulangan negatif	: A _s _{negatif}	= [ρ _{negatif} b d]	= 447,0912 mm ²
Dia. Tulangan Positif Desain	: D	19	
Dia. Tulangan negatif Desain	: D	19	
Luas Tul. Desain Positif (+)	: A _{sd}	= [π / 4 D ²]	= 283,53 mm ²
Luas Tul. Desain negatif (-)	: A _{sd}	= [π / 4 D ²]	= 283,53 mm ²
Banyak Tulangan Positif (+)	: n	= [A _s / A _{sd}]	= 3 Batang
		Tulangan Atas	= 3 Batang
		Tulangan Bawah	= 0 Batang
Banyak Tulangan negatif (-)	: n	= [A _s / A _{sd}]	= 2 Batang
		Tulangan Atas	= 2 Batang
		Tulangan Bawah	= 0 Batang

Check Asumsi Awal untuk Faktor Reduksi ϕ			
Tulangan Positif			
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{s_{positif}}$	= [n Asd]	= 850,5862 mm ²
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{s_{positif}} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 67,52 mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 79,43 mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [0.003 [[d - c] / c]	= 0,0110
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{s_{positif}}$	= [n Asd]	= 0,00 mm ²
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{s_{positif}} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 67,52 mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 79,43 mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [0.003 [[d1 - c] / c]	= 0,0100
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Tulangan Negatif			
Luas Tul. negatif Terpasang	: $A_{s_{negatif}}$	= [n Asd]	= 567,06 mm ²
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{s_{negatif}} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 45,01 mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 52,95405 mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [0.003 [[d - c] / c]	= 0,0180
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{s_{negatif}}$	= [n Asd]	= 0,00 mm ²
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{s_{negatif}} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 45,01 mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 52,95405 mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [0.003 [[d - c] / c]	= 0,0165
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Check Kapasitas Momen			
Momen Nominal Positif	: $M_{n_{positif}}$	= [$A_s \cdot f_y [d - a/2] + [A_s \cdot f_y [d1 - a/2]]$]	= 120,12 kN.m
Perbandingan Kapasitas	: M_n	$\geq M_u / \phi$	
		120,12 > 113,91	Mampu
Momen Nominal negatif	: $M_{n_{negatif}}$	= [$A_s \cdot f_y [d - a/2] + [A_s \cdot f_y [d1 - a/2]]$]	= 82,76 kN.m
Perbandingan Kapasitas	: M_n	$\geq M_u / \phi$	
		82,76 > 66,14	Mampu
Kesimpulan			
Maka Dapat Digunakan Tulangan Longitudinal Sebagai Berikut :			
a.	Tulangan negatif	: 2 D - 19	
b.	Tulangan Positif	: 3 D - 19	

Balok Utama B2 (5.00 meter) (300)/(400)			
TULANGAN TRANSVERSAL			
Data Balok			
Geser ujung kiri	: Vg-ki	=	-104,46 kN
Geser ujung kanan	: Vg-ka	=	-104,46 kN
Geser Maksimum Daerah Tumpuan	: Vu-max	=	104,46 kN
Geser Maks. di Daerah Lapangan	: Vu-max	=	52,23 kN
Panjang Daerah tumpuan	: Lh = [L/4]	=	1250 mm
Tinggi Penampang	: h	=	400 mm
Lebar Penampang	: b	=	300 mm
Panjang Balok	: L	=	5000 mm
Selimit Beton	: d'	=	30 mm
Tinggi Efektif Penampang	: d	=	370 mm
Kuat negatif Beton	: fc'	=	20,75 Mpa
Tegangan Leleh Baja Tulangan	: fy	=	280 Mpa
Modulus Elastisitas Beton	: Ec = [4700 √ fc']	=	21409,52 Mpa
Modulus Elastisitas Baja	: Es	=	200000 Mpa
Faktor Blok Tegangan	: β	=	0,85
Faktor Reduksi	: ø	=	0,75
Perhitungan Sengkang Daerah Tumpuan			
Kapasitas geser beton	: Vc = [1 / 6 √ fc' b d]	=	84,27 kN
Kapasitas geser Tulangan	: Vs = [Vu / ø] - [Vc]	=	55,00 kN
Kapasitas Geser Maksimum	: Vs _{max} = [2 / 3 √ fc' b d]	=	364,42 kN
Cek Kapasitas Geser	: Vs ≤ Vs _{max} 55,00 < 364,42	.....OKE	
Diameter Sengkang	: D	10	
Luas Tulangan Sengkang	: Av = [2 π / 4 D ²]	Kaki 2	157,08 mm ²
Jarak tulangan	: s = [Av fy d / Vs]	=	295,9 mm
Spasi Tulangan Maksimum	: smax = [d / 2]	=	185,00 mm
	= [600 mm]	=	600,00 mm
	= [(1200 fy Av) / (75 √ fc' bw)]	=	514,95 mm
	= [3 fy Av / bw]	=	439,82 mm
Maka Gunakan Jarak	: s	=	125,00 mm
Perhitungan Sengkang daerah Lapangan			
Kapasitas geser beton	: Vc = [1 / 6 √ fc' b d]	=	84,27 kN
Kapasitas geser Tulangan	: Vs = [Vu / ø] - [Vc]	=	-14,63 kN
Kapasitas Geser Maksimum	: Vs _{max} = [2 / 3 √ fc' b d]	=	364,42 kN
Cek Kapasitas Geser	: Vs ≤ Vs _{max} -14,63 < 364,42	.....OKE	
Diameter Sengkang	: D	10	
Luas Tulangan Sengkang	: Av = [2 π / 4 D ²]	Kaki 2	157,08 mm ²
Jarak tulangan	: s = [Av fy d / Vs]	=	-1112,01 mm
Spasi Tulangan Maksimum	: smax = [d / 2]	=	185,00 mm
	= [600 mm]	=	600,00 mm
	= [(1200 fy Av) / (75 √ fc' bw)]	=	514,95 mm
	= [3 fy Av / bw]	=	439,82 mm
Maka Gunakan Jarak	: s	=	150,00 mm
Kapasitas Nominal Geser			
1. Daerah Tumpuan			
Gaya Geser Maksimum	: Vu	=	104,46 kN
Kapasitas Geser Daerah Plastis	: Vn = [Av.fy.d] / [s] + [1/6 √ fc'.b.d]	=	214,46 kN
Geser Nominal	: øVn = [0,75 Vn]	=	160,84 kN
Kontrol	: øVn > Vu		OKE
2. Daerah Lapangan			
Gaya Geser Maksimum	: Vu	=	52,23 kN
Kapasitas Geser Daerah Plastis	: Vn = [Av.fy.d] / [s] + [1/6 √ fc'.b.d]	=	192,76 kN
Geser Nominal	: øVn = [0,75 Vn]	=	144,57 kN
Kontrol	: øVn > Vu		OKE
Kesimpulan			
Maka Gunakan Sengkang	:	Tumpuan	2D10-125
		Lapangan	2D10-150

Balok Utama B3 (4.00 meter) (300)/(400)			
TULANGAN LONGITUDINAL (TUMPUAN)			
Momen Maksimum	: Mu (+)	=	39,27 kN.m
Momen Minimum	: Mu (-)	=	-90,42 kN.m
Momen Maksimum Desain	: Mu (+)	=	39,27 kN.m
Momen Maksimum Desain	: Mu (-)	=	90,42 kN.m
Tinggi Penampang	: h	=	400 mm
Lebar Penampang	: b	=	300 mm
Selimit Beton	: d'	=	30 mm
Tinggi Efektif Penampang	: d	=	370 mm
Tinggi Efektif Penampang	: d1	=	345 mm
Kuat negatif Beton	: fc'	=	20,75 Mpa
Tegangan Leleh Baja Tulangan	: fy	=	420 Mpa
Modulus Elastisitas Beton	: Ec = [4700 √ fc']	=	21409,5 Mpa
Modulus Elastisitas Baja	: Es	=	200000 Mpa
Faktor Blok Tegangan	: β	=	0,85
Faktor Reduksi	: ø	=	0,9
Perhitungan			
Rasio Tulangan Balanced	: ρ _b	= [β.0.85.fc'/fy[600/[600+fy]]]	= 0,0210
Rasio Tulangan Maksimum	: ρ _{maks}	= [0,75 ρ _b]	= 0,0157
Rasio Tulangan Minimum	: ρ _{min}	= [1,4 / fy]	= 0,0033
Rasio Tulangan Aktual Positif			
Rasio Tul. Aktual Positif	: a	= [0,59 fy ² / fc]	= 5015,71
	b	= [- fy]	= -420,00
	c	= [Mu / ø b d ²]	= 1,0623
Rasio Tul. Aktual Positif	: ρ _{Positif}	= [-b + √ b ² - 4 a c] / [2 a]	= 0,0026
Cek Rasio Tulangan Positif	:	Gunakan Rasio Tulangan Aktual	= 0,0033
Rasio Tulangan Aktual Negatif			
Rasio Tul. Aktual negatif	: a	= [0,59 fy ² / fc]	= 5015,71
	b	= [- fy]	= -420
	c	= [Mu / ø b d ²]	= 2,4462
Rasio Tul. Aktual negatif	: ρ _{Negatif}	= [-b + √ b ² - 4 a c] / [2 a]	= 0,0063
Cek Rasio Tulangan negatif	:	Gunakan Rasio Tulangan Aktual	= 0,0063
As Tulangan			
Luas Tulangan Positif	: A _{sPositif}	= [ρ _{Positif} b d]	= 370 mm ²
Luas Tulangan negatif	: A _{snegatif}	= [ρ _{negatif} b d]	= 699,067 mm ²
Dia. Tulangan Positif Desain	: D	16	
Dia. Tulangan negatif Desain	: D	16	
Luas Tul. Desain Positif (+)	: A _{sd}	= [π / 4 D ²]	= 201,06 mm ²
Luas Tul. Desain negatif (-)	: A _{sd}	= [π / 4 D ²]	= 201,06 mm ²
Banyak Tulangan Positif (+)	: n	= [A _s / A _{sd}]	= 2 Batang
		Tulangan Atas	= 2 Batang
		Tulangan Bawah	= 0 Batang
Banyak Tulangan negatif (-)	: n	= [A _s / A _{sd}]	= 4 Batang
		Tulangan Atas	= 4 Batang
		Tulangan Bawah	= 0 Batang

Tulangan Positif			
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{sPositif}$	= [n Asd]	= 402,124 mm²
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [AsPositif fy / 0.85 fc' b]	= 31,92 mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 37,55 mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [0.003 [[d - c] / c]	= 0,0266
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [fy / Es]	= 0,0021
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{sPositif}$	= [n Asd]	= 0,00 mm²
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [AsPositif fy / 0.85 fc' b]	= 31,92 mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 37,55 mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [0.003 [[d1 - c] / c]	= 0,0246
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [fy / Es]	= 0,0021
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Tulangan Negatif			
Luas Tul. negatif Terpasang	: $A_{sNegatif}$	= [n Asd]	= 804,25 mm²
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [Asnegatif fy / 0.85 fc' b]	= 63,84 mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 75,1038 mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [0.003 [[d - c] / c]	= 0,0118
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [fy / Es]	= 0,0021
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{sNegatif}$	= [n Asd]	= 0,00 mm²
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [Asnegatif fy / 0.85 fc' b]	= 63,84 mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 75,1038 mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [0.003 [[d - c] / c]	= 0,0108
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [fy / Es]	= 0,0021
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Check Kapasitas Momen			
Momen Nominal Positif	: $Mn_{positif}$	= [As.fy[d-a/2]]+[As.fy[d1-a/2]]	= 59,79 kN.m
Perbandingan Kapasitas	: Mn	$\geq Mu / \phi$	
	59,79	> 43,63	Mampu
Momen Nominal negatif	: $Mn_{negatif}$	= [As.fy[d-a/2]]+[As.fy[d1-a/2]]	= 114,20 kN.m
Perbandingan Kapasitas	: Mn	$\geq Mu / \phi$	
	114,20	> 100,46	Mampu
Kesimpulan			
Maka Dapat Digunakan Tulangan Longitudinal Sebagai Berikut :			
a.	Tulangan negatif	: 4 D - 16	
b.	Tulangan Positif	: 2 D - 16	

Balok Utama B3 (4.00 meter) (300)/(400)				
TULANGAN LONGITUDINAL (LAPANGAN)				
Momen Maksimum	: Mu (+)	=	37,50	kN.m
Momen Minimum	: Mu (-)	=	-18,04	kN.m
Momen Maksimum Desain	: Mu (+)	=	37,50	kN.m
Momen Maksimum Desain	: Mu (-)	=	18,04	kN.m
Tinggi Penampang	: h	=	400	mm
Lebar Penampang	: b	=	300	mm
Selimit Beton	: d'	=	30	mm
Tinggi Efektif Penampang	: d	=	370	mm
Tinggi Efektif Penampang	: d1	=	345	mm
Kuat negatif Beton	: fc'	=	20,75	Mpa
Tegangan Leleh Baja Tulangan	: fy	=	420,00	Mpa
Modulus Elastisitas Beton	: Ec = [4700 √ fc']	=	21410	Mpa
Modulus Elastisitas Baja	: Es	=	200000	Mpa
Faktor Blok Tegangan	: β	=	0,85	
Faktor Reduksi	: ϕ	=	0,90	
Perhitungan				
Rasio Tulangan Balanced	: ρ _b	= [β.0.85.fc'/fy[600/[600+fy]]]	=	0,0210
Rasio Tulangan Maksimum	: ρ _{maks}	= [0.75 ρ _b]	=	0,0157
Rasio Tulangan Minimum	: ρ _{min}	= [1,4 / fy]	=	0,0033
Rasio Tulangan Aktual Positif				
Rasio Tul. Aktual Positif	: a	= [0.59 fy ² / fc]	=	5015,711
	: b	= [- fy]	=	-420,00
	: c	= [Mu / ϕ b d ²]	=	1,0144
Rasio Tul. Aktual Positif	: ρ _{Positif}	= [-b + √ b ² - 4 a c] / [2 a]	=	0,0025
Cek Rasio Tulangan Positif	:	Gunakan Rasio Tulangan Aktual	=	0,0033
Rasio Tulangan Aktual Negatif				
Rasio Tul. Aktual negatif	: a	= [0.59 fy ² / fc]	=	5015,711
	: b	= [- fy]	=	-420
	: c	= [Mu / ϕ b d ²]	=	0,4881
Rasio Tul. Aktual negatif	: ρ _{Negatif}	= [-b + √ b ² - 4 a c] / [2 a]	=	0,0012
Cek Rasio Tulangan negatif	:	Gunakan Rasio Tulangan Aktual	=	0,0033
As Tulangan				
Luas Tulangan Positif	: A _{sPositif}	= [ρ _{Positif} b d]	=	370 mm ²
Luas Tulangan negatif	: A _{sNegatif}	= [ρ _{Negatif} b d]	=	370 mm ²
Dia. Tulangan Positif Desain	: D	16		
Dia. Tulangan negatif Desain	: D	16		
Luas Tul. Desain Positif (+)	: A _{sd}	= [π / 4 D ²]	=	201,06 mm ²
Luas Tul. Desain negatif (-)	: A _{sd}	= [π / 4 D ²]	=	201,06 mm ²
Banyak Tulangan Positif (+)	: n	= [A _s / A _{sd}]	=	2 Batang
		Tulangan Atas	=	2 Batang
		Tulangan Bawah	=	0 Batang
Banyak Tulangan negatif (-)	: n	= [A _s / A _{sd}]	=	2 Batang
		Tulangan Atas	=	2 Batang
		Tulangan Bawah	=	0 Batang

Check Asumsi Awal untuk Faktor Reduksi ϕ				
Tulangan Positif				
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{s_{positif}}$	= [n Asd]	= 402,1239	mm ²
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{s_{positif}} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 31,92	mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 37,55	mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d - c] / c$]	= 0,0266	
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021	
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)				
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{s_{positif}}$	= [n Asd]	= 0,00	mm ²
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{s_{positif}} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 31,92	mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 37,55	mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d_1 - c] / c$]	= 0,0246	
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021	
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)				
Tulangan Negatif				
Luas Tul. negatif Terpasang	: $A_{s_{negatif}}$	= [n Asd]	= 402,12	mm ²
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{s_{negatif}} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 31,92	mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 37,5519	mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d - c] / c$]	= 0,0266	
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021	
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)				
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{s_{negatif}}$	= [n Asd]	= 0,00	mm ²
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{s_{negatif}} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 31,92	mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 37,5519	mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d - c] / c$]	= 0,0246	
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021	
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)				
Check Kapasitas Momen				
Momen Nominal Positif	: $M_{n_{positif}}$	= [$A_s \cdot f_y [d - a/2] + [A_s \cdot f_y [d_1 - a/2]]$]	= 59,79	kN.m
Perbandingan Kapasitas	: M_n	$\geq M_u / \phi$	59,79 > 41,66	Mampu
Momen Nominal negatif	: $M_{n_{negatif}}$	= [$A_s \cdot f_y [d - a/2] + [A_s \cdot f_y [d_1 - a/2]]$]	= 59,79	kN.m
Perbandingan Kapasitas	: M_n	$\geq M_u / \phi$	59,79 > 20,04	Mampu
Kesimpulan				
Maka Dapat Digunakan Tulangan Longitudinal Sebagai Berikut :				
a.	Tulangan negatif	: 2 D - 16		
b.	Tulangan Positif	: 2 D - 16		

Balok Utama B3 (4.00 meter) (300)/(400)			
TULANGAN TRANSVERSAL			
Data Balok			
Geser ujung kiri	: Vg-ki	=	-96,69 kN
Geser ujung kanan	: Vg-ka	=	-96,69 kN
Geser Maksimum Daerah Tumpuan	: Vu-max	=	96,69 kN
Geser Maks. di Daerah Lapangan	: Vu-max	=	48,35 kN
Panjang Daerah tumpuan	: Lh = [L/4]	=	1000 mm
Tinggi Penampang	: h	=	400 mm
Lebar Penampang	: b	=	300 mm
Panjang Balok	: L	=	4000 mm
Selimit Beton	: d'	=	30 mm
Tinggi Efektif Penampang	: d	=	370 mm
Kuat negatif Beton	: fc'	=	20,75 Mpa
Tegangan Leleh Baja Tulangan	: fy	=	280 Mpa
Modulus Elastisitas Beton	: Ec = [4700 √ fc']	=	21409,52 Mpa
Modulus Elastisitas Baja	: Es	=	200000 Mpa
Faktor Blok Tegangan	: β	=	0,85
Faktor Reduksi	: ø	=	0,75
Perhitungan Sengkang Daerah Tumpuan			
Kapasitas geser beton	: Vc = [1 / 6 √ fc' b d]	=	84,27 kN
Kapasitas geser Tulangan	: Vs = [Vu / ø] - [Vc]	=	44,65 kN
Kapasitas Geser Maksimum	: V _{smax} = [2 / 3 √ fc' b d]	=	364,42 kN
Cek Kapasitas Geser	: Vs ≤ V _{smax} 44,65 < 364,42	.....OKE	
Diameter Sengkang	: D	10	
Luas Tulangan Sengkang	: Av = [2 π / 4 D ²]	Kaki 2	157,08 mm ²
Jarak tulangan	: s = [Av fy d / Vs]	=	364,5 mm
Spasi Tulangan Maksimum	: smax = [d / 2]	=	185,00 mm
	= [600 mm]	=	600,00 mm
	= [(1200 fy Av) / (75 √ fc' bw)]	=	514,95 mm
	= [3 fy Av / bw]	=	439,82 mm
Maka Gunakan Jarak	: s	=	125,00 mm
Perhitungan Sengkang daerah Lapangan			
Kapasitas geser beton	: Vc = [1 / 6 √ fc' b d]	=	84,27 kN
Kapasitas geser Tulangan	: Vs = [Vu / ø] - [Vc]	=	-19,81 kN
Kapasitas Geser Maksimum	: V _{smax} = [2 / 3 √ fc' b d]	=	364,42 kN
Cek Kapasitas Geser	: Vs ≤ V _{smax} -19,81 < 364,42	.....OKE	
Diameter Sengkang	: D	10	
Luas Tulangan Sengkang	: Av = [2 π / 4 D ²]	Kaki 2	157,08 mm ²
Jarak tulangan	: s = [Av fy d / Vs]	=	-821,48 mm
Spasi Tulangan Maksimum	: smax = [d / 2]	=	185,00 mm
	= [600 mm]	=	600,00 mm
	= [(1200 fy Av) / (75 √ fc' bw)]	=	514,95 mm
	= [3 fy Av / bw]	=	439,82 mm
Maka Gunakan Jarak	: s	=	150,00 mm
Kapasitas Nominal Geser			
1. Daerah Tumpuan			
Gaya Geser Maksimum	: Vu	=	96,69 kN
Kapasitas Geser Daerah Plastis	: Vn = [Av.fy.d] / [s] + [1/6 √ fc'.b.d]	=	214,46 kN
Geser Nominal	: øVn = [0,75 Vn]	=	160,84 kN
Kontrol	: øVn > Vu		OKE
2. Daerah Lapangan			
Gaya Geser Maksimum	: Vu	=	48,35 kN
Kapasitas Geser Daerah Plastis	: Vn = [Av.fy.d] / [s] + [1/6 √ fc'.b.d]	=	192,76 kN
Geser Nominal	: øVn = [0,75 Vn]	=	144,57 kN
Kontrol	: øVn > Vu		OKE
Kesimpulan			
Maka Gunakan Sengkang	:	Tumpuan	2D10-125
		Lapangan	2D10-150

Balok Utama B4 (3.00 meter) (300)/(400)				
TULANGAN LONGITUDINAL (TUMPUAN)				
Momen Maksimum	: Mu (+)	=	66,18	kN.m
Momen Minimum	: Mu (-)	=	-82,66	kN.m
Momen Maksimum Desain	: Mu (+)	=	66,18	kN.m
Momen Maksimum Desain	: Mu (-)	=	82,66	kN.m
Tinggi Penampang	: h	=	400	mm
Lebar Penampang	: b	=	300	mm
Selimit Beton	: d'	=	30	mm
Tinggi Efektif Penampang	: d	=	370	mm
Tinggi Efektif Penampang	: d1	=	345	mm
Kuat negatif Beton	: fc'	=	20,75	Mpa
Tegangan Leleh Baja Tulangan	: fy	=	420	Mpa
Modulus Elastisitas Beton	: Ec = [4700 √ fc']	=	21409,5	Mpa
Modulus Elastisitas Baja	: Es	=	200000	Mpa
Faktor Blok Tegangan	: β	=	0,85	
Faktor Reduksi	: ø	=	0,9	
Perhitungan				
Rasio Tulangan Balanced	: ρ _b	= [β.0.85.fc'/fy[600/[600+fy]]]	=	0,0210
Rasio Tulangan Maksimum	: ρ _{maks}	= [0.75 ρ _b]	=	0,0157
Rasio Tulangan Minimum	: ρ _{min}	= [1.4 / fy]	=	0,0033
Rasio Tulangan Aktual Positif				
Rasio Tul. Aktual Positif	: a	= [0.59 fy ² / fc]	=	5015,71
	b	= [- fy]	=	-420,00
	c	= [Mu / ø b d ²]	=	1,7905
Rasio Tul. Aktual Positif	: ρ _{Positif}	= [-b + √ b ² - 4 a c] / [2 a]	=	0,0045
Cek Rasio Tulangan Positif	:	Gunakan Rasio Tulangan Aktual	=	0,0045
Rasio Tulangan Aktual Negatif				
Rasio Tul. Aktual negatif	: a	= [0.59 fy ² / fc]	=	5015,71
	b	= [- fy]	=	-420
	c	= [Mu / ø b d ²]	=	2,2364
Rasio Tul. Aktual negatif	: ρ _{Negatif}	= [-b + √ b ² - 4 a c] / [2 a]	=	0,0057
Cek Rasio Tulangan negatif	:	Gunakan Rasio Tulangan Aktual	=	0,0057
As Tulangan				
Luas Tulangan Positif	: A _s _{Positif}	= [ρ _{Positif} b d]	=	500,1 mm²
Luas Tulangan negatif	: A _s _{negatif}	= [ρ _{negatif} b d]	=	634,335 mm²
Dia. Tulangan Positif Desain	: D	16		
Dia. Tulangan negatif Desain	: D	16		
Luas Tul. Desain Positif (+)	: A _{sd}	= [π / 4 D ²]	=	201,06 mm²
Luas Tul. Desain negatif (-)	: A _{sd}	= [π / 4 D ²]	=	201,06 mm²
Banyak Tulangan Positif (+)	: n	= [A _s / A _{sd}]	=	3 Batang
		Tulangan Atas	=	3 Batang
		Tulangan Bawah	=	0 Batang
Banyak Tulangan negatif (-)	: n	= [A _s / A _{sd}]	=	4 Batang
		Tulangan Atas	=	4 Batang
		Tulangan Bawah	=	0 Batang

Check Asumsi Awal untuk Faktor Reduksi ϕ			
Tulangan Positif			
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{sPositif}$	= [n Asd]	= 603,186 mm ²
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{sPositif} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 47,88 mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 56,33 mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d - c] / c$]	= 0,0167
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{sPositif}$	= [n Asd]	= 0,00 mm ²
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{sPositif} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 47,88 mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 56,33 mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d_1 - c] / c$]	= 0,0154
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Tulangan Negatif			
Luas Tul. negatif Terpasang	: $A_{sNegatif}$	= [n Asd]	= 804,25 mm ²
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{sNegatif} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 63,84 mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 75,1038 mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d - c] / c$]	= 0,0118
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{sNegatif}$	= [n Asd]	= 0,00 mm ²
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{sNegatif} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 63,84 mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 75,1038 mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d - c] / c$]	= 0,0108
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Check Kapasitas Momen			
Momen Nominal Positif	: $M_{nPositif}$	= [$A_s \cdot f_y [d - a/2] + [A_s \cdot f_y [d_1 - a/2]]$]	= 87,67 kN.m
Perbandingan Kapasitas	: M_n	$\geq \frac{M_u}{\phi}$	
		87,67 > 73,53	Mampu
Momen Nominal negatif	: $M_{nNegatif}$	= [$A_s \cdot f_y [d - a/2] + [A_s \cdot f_y [d_1 - a/2]]$]	= 114,20 kN.m
Perbandingan Kapasitas	: M_n	$\geq \frac{M_u}{\phi}$	
		114,20 > 91,85	Mampu
Kesimpulan			
Maka Dapat Digunakan Tulangan Longitudinal Sebagai Berikut :			
a.	Tulangan negatif	: 4 D - 16	
b.	Tulangan Positif	: 3 D - 16	

Balok Utama B3 (4.00 meter) (300)/(400)			
TULANGAN LONGITUDINAL (LAPANGAN)			
Momen Maksimum	: Mu (+)	=	47,79 kN.m
Momen Minimum	: Mu (-)	=	-30,76 kN.m
Momen Maksimum Desain	: Mu (+)	=	47,79 kN.m
Momen Maksimum Desain	: Mu (-)	=	30,76 kN.m
Tinggi Penampang	: h	=	400 mm
Lebar Penampang	: b	=	300 mm
Selimit Beton	: d'	=	30 mm
Tinggi Efektif Penampang	: d	=	370 mm
Tinggi Efektif Penampang	: d1	=	345 mm
Kuat negatif Beton	: fc'	=	20,75 Mpa
Tegangan Leleh Baja Tulangan	: fy	=	420,00 Mpa
Modulus Elastisitas Beton	: Ec = [4700 √ fc']	=	21410 Mpa
Modulus Elastisitas Baja	: Es	=	200000 Mpa
Faktor Blok Tegangan	: β	=	0,85
Faktor Reduksi	: ø	=	0,90
Perhitungan			
Rasio Tulangan Balanced	: ρ _b	= [β.0.85.fc'/fy[600/[600+fy]]]	= 0,0210
Rasio Tulangan Maksimum	: ρ _{maks}	= [0.75 ρ _b]	= 0,0157
Rasio Tulangan Minimum	: ρ _{min}	= [1,4 / fy]	= 0,0033
Rasio Tulangan Aktual Positif			
Rasio Tul. Aktual Positif	: a	= [0.59 fy ² / fc]	= 5015,711
	: b	= [- fy]	= -420,00
	: c	= [Mu / ø b d ²]	= 1,2930
Rasio Tul. Aktual Positif	: ρ _{Positif}	= [-b + √ b ² - 4 a c] / [2 a]	= 0,0032
Cek Rasio Tulangan Positif	:	Gunakan Rasio Tulangan Aktual	= 0,0033
Rasio Tulangan Aktual Negatif			
Rasio Tul. Aktual negatif	: a	= [0.59 fy ² / fc]	= 5015,711
	: b	= [- fy]	= -420
	: c	= [Mu / ø b d ²]	= 0,8322
Rasio Tul. Aktual negatif	: ρ _{Negatif}	= [-b + √ b ² - 4 a c] / [2 a]	= 0,0020
Cek Rasio Tulangan negatif	:	Gunakan Rasio Tulangan Aktual	= 0,0033
As Tulangan			
Luas Tulangan Positif	: A _S _{Positif}	= [ρ _{Positif} b d]	= 370 mm ²
Luas Tulangan negatif	: A _S _{negatif}	= [ρ _{negatif} b d]	= 370 mm ²
Dia. Tulangan Positif Desain	: D	16	
Dia. Tulangan negatif Desain	: D	16	
Luas Tul. Desain Positif (+)	: A _{sd}	= [π / 4 D ²]	= 201,06 mm ²
Luas Tul. Desain negatif (-)	: A _{sd}	= [π / 4 D ²]	= 201,06 mm ²
Banyak Tulangan Positif (+)	: n	= [A _s / A _{sd}]	= 2 Batang
		Tulangan Atas	= 2 Batang
		Tulangan Bawah	= 0 Batang
Banyak Tulangan negatif (-)	: n	= [A _s / A _{sd}]	= 2 Batang
		Tulangan Atas	= 2 Batang
		Tulangan Bawah	= 0 Batang
Check Asumsi Awal untuk Faktor Reduksi ø			

Check Asumsi Awal untuk Faktor Reduksi ϕ			
Tulangan Positif			
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{sPositif}$	= [n Asd]	= 402,1239 mm^2
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{sPositif} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 31,92 mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 37,55 mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d - c] / c$]	= 0,0266
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{sPositif}$	= [n Asd]	= 0,00 mm^2
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{sPositif} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 31,92 mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 37,55 mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d_1 - c] / c$]	= 0,0246
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Tulangan Negatif			
Luas Tul. negatif Terpasang	: $A_{snegatif}$	= [n Asd]	= 402,12 mm^2
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{snegatif} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 31,92 mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 37,5519 mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d - c] / c$]	= 0,0266
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{sNegatif}$	= [n Asd]	= 0,00 mm^2
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{snegatif} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 31,92 mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 37,5519 mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d - c] / c$]	= 0,0246
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Check Kapasitas Momen			
Momen Nominal Positif	: $M_{nPositif}$	= [$A_s \cdot f_y [d - a/2] + [A_s \cdot f_y [d_1 - a/2]]$]	= 59,79 $kN.m$
Perbandingan Kapasitas	: M_n	$\geq M_u / \phi$	
	59,79	> 53,10	Mampu
Momen Nominal negatif	: $M_{nnegatif}$	= [$A_s \cdot f_y [d - a/2] + [A_s \cdot f_y [d_1 - a/2]]$]	= 59,79 $kN.m$
Perbandingan Kapasitas	: M_n	$\geq M_u / \phi$	
	59,79	> 34,18	Mampu
Kesimpulan			
Maka Dapat Digunakan Tulangan Longitudinal Sebagai Berikut :			
a.	Tulangan negatif	: 2 D - 16	
b.	Tulangan Positif	: 2 D - 16	

Balok Utama B4 (3.00 meter) (300)/(400)			
TULANGAN TRANSVERSAL			
Data Balok			
Geser ujung kiri	: V_{g-ki}	=	113,13 kN
Geser ujung kanan	: V_{g-ka}	=	113,13 kN
Geser Maksimum Daerah Tumpuan	: V_{u-max}	=	113,13 kN
Geser Maks. di Daerah Lapangan	: V_{u-max}	=	56,57 kN
Panjang Daerah tumpuan	: $L_h = [L/4]$	=	750 mm
Tinggi Penampang	: h	=	400 mm
Lebar Penampang	: b	=	300 mm
Panjang Balok	: L	=	3000 mm
Selimit Beton	: d'	=	30 mm
Tinggi Efektif Penampang	: d	=	370 mm
Kuat negatif Beton	: f_c'	=	20,75 Mpa
Tegangan Leleh Baja Tulangan	: f_y	=	280 Mpa
Modulus Elastisitas Beton	: $E_c = [4700 \sqrt{f_c'}]$	=	21409,52 Mpa
Modulus Elastisitas Baja	: E_s	=	200000 Mpa
Faktor Blok Tegangan	: β	=	0,85
Faktor Reduksi	: ϕ	=	0,75
Perhitungan Sengkang Daerah Tumpuan			
Kapasitas geser beton	: $V_c = [1/6 \sqrt{f_c'} b d]$	=	84,27 kN
Kapasitas geser Tulangan	: $V_s = [V_u / \phi] - [V_c]$	=	66,57 kN
Kapasitas Geser Maksimum	: $V_{s_{max}} = [2/3 \sqrt{f_c'} b d]$	=	364,42 kN
Cek Kapasitas Geser	: $V_s \leq V_{s_{max}}$ 66,57 < 364,42	.....OKE	
Diameter Sengkang	: D	10	
Luas Tulangan Sengkang	: $A_v = [2 \pi / 4 D^2]$	Kaki 2	157,08 mm ²
Jarak tulangan	: $s = [A_v f_y d / V_s]$	=	244,4 mm
Spasi Tulangan Maksimum	: $s_{max} = [d / 2]$	=	185,00 mm
	= [600 mm]	=	600,00 mm
	= $[(1200 f_y A_v) / (75 \sqrt{f_c'} b w)]$	=	514,95 mm
	= $[3 f_y A_v / b w]$	=	439,82 mm
Maka Gunakan Jarak	: s	=	125,00 mm
Perhitungan Sengkang daerah Lapangan			
Kapasitas geser beton	: $V_c = [1/6 \sqrt{f_c'} b d]$	=	84,27 kN
Kapasitas geser Tulangan	: $V_s = [V_u / \phi] - [V_c]$	=	-8,85 kN
Kapasitas Geser Maksimum	: $V_{s_{max}} = [2/3 \sqrt{f_c'} b d]$	=	364,42 kN
Cek Kapasitas Geser	: $V_s \leq V_{s_{max}}$ -8,85 < 364,42	.....OKE	
Diameter Sengkang	: D	10	
Luas Tulangan Sengkang	: $A_v = [2 \pi / 4 D^2]$	Kaki 2	157,08 mm ²
Jarak tulangan	: $s = [A_v f_y d / V_s]$	=	-1838,84 mm
Spasi Tulangan Maksimum	: $s_{max} = [d / 2]$	=	185,00 mm
	= [600 mm]	=	600,00 mm
	= $[(1200 f_y A_v) / (75 \sqrt{f_c'} b w)]$	=	514,95 mm
	= $[3 f_y A_v / b w]$	=	439,82 mm
Maka Gunakan Jarak	: s	=	150,00 mm
Kapasitas Nominal Geser			
1. Daerah Tumpuan			
Gaya Geser Maksimum	: V_u	=	113,13 kN
Kapasitas Geser Daerah Plastis	: $V_n = [A_v f_y d] / [s] + [1/6 \sqrt{f_c'} b d]$	=	214,46 kN
Geser Nominal	: $\phi V_n = [0,75 V_n]$	=	160,84 kN
Kontrol	: $\phi V_n > V_u$		OKE
2. Daerah Lapangan			
Gaya Geser Maksimum	: V_u	=	56,57 kN
Kapasitas Geser Daerah Plastis	: $V_n = [A_v f_y d] / [s] + [1/6 \sqrt{f_c'} b d]$	=	192,76 kN
Geser Nominal	: $\phi V_n = [0,75 V_n]$	=	144,57 kN
Kontrol	: $\phi V_n > V_u$		OKE
Kesimpulan			
Maka Gunakan Sengkang	:	Tumpuan	2D10-125
		Lapangan	2D10-150

Balok Utama B5 (2.50 meter) (300)/(400)			
TULANGAN LONGITUDINAL (TUMPUAN)			
Momen Maksimum	: Mu (+)	=	73,75 kN.m
Momen Minimum	: Mu (-)	=	-112,30 kN.m
Momen Maksimum Desain	: Mu (+)	=	73,75 kN.m
Momen Maksimum Desain	: Mu (-)	=	112,30 kN.m
Tinggi Penampang	: h	=	400 mm
Lebar Penampang	: b	=	300 mm
Selimit Beton	: d'	=	30 mm
Tinggi Efektif Penampang	: d	=	370 mm
Tinggi Efektif Penampang	: d1	=	345 mm
Kuat negatif Beton	: fc'	=	20,75 Mpa
Tegangan Leleh Baja Tulangan	: fy	=	420 Mpa
Modulus Elastisitas Beton	: Ec = [4700 √ fc']	=	21409,5 Mpa
Modulus Elastisitas Baja	: Es	=	200000 Mpa
Faktor Blok Tegangan	: β	=	0,85
Faktor Reduksi	: ø	=	0,9
Perhitungan			
Rasio Tulangan Balanced	: ρ _b = [β.0.85.fc'/fy[600/[600+fy]]]	=	0,0210
Rasio Tulangan Maksimum	: ρ _{maks} = [0.75 ρ _b]	=	0,0157
Rasio Tulangan Minimum	: ρ _{min} = [1,4 / fy]	=	0,0033
Rasio Tulangan Aktual Positif			
Rasio Tul. Aktual Positif	: a = [0,59 fy ² / fc]	=	5015,71
	b = [- fy]	=	-420,00
	c = [Mu / ø b d ²]	=	1,9953
Rasio Tul. Aktual Positif	: ρ _{Positif} = [-b + √ b ² - 4 a c] / [2 a]	=	0,0051
Cek Rasio Tulangan Positif	: Gunakan Rasio Tulangan Aktual	=	0,0051
Rasio Tulangan Aktual Negatif			
Rasio Tul. Aktual negatif	: a = [0.59 fy ² / fc]	=	5015,71
	b = [- fy]	=	-420
	c = [Mu / ø b d ²]	=	3,0381
Rasio Tul. Aktual negatif	: ρ _{Negatif} = [-b + √ b ² - 4 a c] / [2 a]	=	0,0080
Cek Rasio Tulangan negatif	: Gunakan Rasio Tulangan Aktual	=	0,0080
As Tulangan			
Luas Tulangan Positif	: A _S _{Positif} = [ρ _{Positif} b d]	=	561,22 mm ²
Luas Tulangan negatif	: A _S _{negatif} = [ρ _{negatif} b d]	=	887,695 mm ²
Dia. Tulangan Positif Desain	: D	19	
Dia. Tulangan negatif Desain	: D	19	
Luas Tul. Desain Positif (+)	: A _{sd} = [π / 4 D ²]	=	283,53 mm ²
Luas Tul. Desain negatif (-)	: A _{sd} = [π / 4 D ²]	=	283,53 mm ²
Banyak Tulangan Positif (+)	: n = [A _s / A _{sd}]	=	2 Batang
	Tulangan Atas	=	2 Batang
	Tulangan Bawah	=	0 Batang
Banyak Tulangan negatif (-)	: n = [A _s / A _{sd}]	=	4 Batang
	Tulangan Atas	=	4 Batang
	Tulangan Bawah	=	0 Batang

Check Asumsi Awal untuk Faktor Reduksi ϕ			
Tulangan Positif			
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{sPositif}$	= [n Asd]	= 567,057 mm ²
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{sPositif} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 45,01 mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 52,95 mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [0.003 [[d - c] / c]	= 0,0180
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{sPositif}$	= [n Asd]	= 0,00 mm ²
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{sPositif} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 45,01 mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 52,95 mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [0.003 [[d1 - c] / c]	= 0,0165
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Tulangan Negatif			
Luas Tul. negatif Terpasang	: $A_{sNegatif}$	= [n Asd]	= 1134,11 mm ²
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{sNegatif} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 90,02 mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 105,908 mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [0.003 [[d - c] / c]	= 0,0075
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{sNegatif}$	= [n Asd]	= 0,00 mm ²
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{sNegatif} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 90,02 mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 105,908 mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [0.003 [[d - c] / c]	= 0,0068
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Check Kapasitas Momen			
Momen Nominal Positif	: $M_{nPositif}$	= [$A_s f_y [d-a/2] + [A_s f_y [d1-a/2]]$]	= 82,76 kN.m
Perbandingan Kapasitas	: M_n	$\geq M_u / \phi$	
		82,76 > 81,95 Mampu	
Momen Nominal negatif	: $M_{nNegatif}$	= [$A_s f_y [d-a/2] + [A_s f_y [d1-a/2]]$]	= 154,80 kN.m
Perbandingan Kapasitas	: M_n	$\geq M_u / \phi$	
		154,80 > 124,77 Mampu	
Kesimpulan			
Maka Dapat Digunakan Tulangan Longitudinal Sebagai Berikut :			
a.	Tulangan negatif	: 4 D - 19	
b.	Tulangan Positif	: 2 D - 19	

Balok Utama B5 (2.50 meter) (300)/(400)			
TULANGAN LONGITUDINAL (LAPANGAN)			
Momen Maksimum	: Mu (+)	=	16,42 kN.m
Momen Minimum	: Mu (-)	=	-35,10 kN.m
Momen Maksimum Desain	: Mu (+)	=	16,42 kN.m
Momen Maksimum Desain	: Mu (-)	=	35,10 kN.m
Tinggi Penampang	: h	=	400 mm
Lebar Penampang	: b	=	300 mm
Selimit Beton	: d'	=	30 mm
Tinggi Efektif Penampang	: d	=	370 mm
Tinggi Efektif Penampang	: d1	=	345 mm
Kuat negatif Beton	: fc'	=	20,75 Mpa
Tegangan Leleh Baja Tulangan	: fy	=	420,00 Mpa
Modulus Elastisitas Beton	: Ec = [4700 √ fc']	=	21410 Mpa
Modulus Elastisitas Baja	: Es	=	200000 Mpa
Faktor Blok Tegangan	: β	=	0,85
Faktor Reduksi	: ø	=	0,90
Perhitungan			
Rasio Tulangan Balanced	: ρ _b	= [β.0.85.fc'/fy[600/[600+fy]]]	= 0,0210
Rasio Tulangan Maksimum	: ρ _{maks}	= [0.75 ρ _b]	= 0,0157
Rasio Tulangan Minimum	: ρ _{min}	= [1,4 / fy]	= 0,0033
Rasio Tulangan Aktual Positif			
Rasio Tul. Aktual Positif	: a	= [0.59 fy ² / fc']	= 5015,711
	: b	= [- fy]	= -420,00
	: c	= [Mu / ø b d ²]	= 0,4442
Rasio Tul. Aktual Positif	: ρ _{Positif}	= [-b + √ b ² - 4 a c] / [2 a]	= 0,0011
Cek Rasio Tulangan Positif	:	Gunakan Rasio Tulangan Aktual	= 0,0033
Rasio Tulangan Aktual Negatif			
Rasio Tul. Aktual negatif	: a	= [0.59 fy ² / fc']	= 5015,711
	: b	= [- fy]	= -420
	: c	= [Mu / ø b d ²]	= 0,9495
Rasio Tul. Aktual negatif	: ρ _{Negatif}	= [-b + √ b ² - 4 a c] / [2 a]	= 0,0023
Cek Rasio Tulangan negatif	:	Gunakan Rasio Tulangan Aktual	= 0,0033
As Tulangan			
Luas Tulangan Positif	: A _s _{Positif}	= [ρ _{Positif} b d]	= 370 mm ²
Luas Tulangan negatif	: A _s _{negatif}	= [ρ _{negatif} b d]	= 370 mm ²
Dia. Tulangan Positif Desain	: D	19	
Dia. Tulangan negatif Desain	: D	19	
Luas Tul. Desain Positif (+)	: A _s _d	= [π / 4 D ²]	= 283,53 mm ²
Luas Tul. Desain negatif (-)	: A _s _d	= [π / 4 D ²]	= 283,53 mm ²
Banyak Tulangan Positif (+)	: n	= [A _s / A _s _d]	= 2 Batang
		Tulangan Atas	= 2 Batang
		Tulangan Bawah	= 0 Batang
Banyak Tulangan negatif (-)	: n	= [A _s / A _s _d]	= 2 Batang
		Tulangan Atas	= 2 Batang
		Tulangan Bawah	= 0 Batang

Check Asumsi Awal untuk Faktor Reduksi ϕ				
Tulangan Positif				
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{s_{positif}}$	= [n Asd]	= 567,0575	mm ²
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{s_{positif}} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 45,01	mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 52,95	mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d - c] / c$]	= 0,0180	
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021	
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)				
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{s_{positif}}$	= [n Asd]	= 0,00	mm ²
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{s_{positif}} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 45,01	mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 52,95	mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d_1 - c] / c$]	= 0,0165	
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021	
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)				
Tulangan Negatif				
Luas Tul. negatif Terpasang	: $A_{s_{negatif}}$	= [n Asd]	= 567,06	mm ²
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{s_{negatif}} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 45,01	mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 52,95405	mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d - c] / c$]	= 0,0180	
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021	
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)				
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{s_{negatif}}$	= [n Asd]	= 0,00	mm ²
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{s_{negatif}} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 45,01	mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 52,95405	mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d - c] / c$]	= 0,0165	
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021	
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)				
Check Kapasitas Momen				
Momen Nominal Positif	: $M_{n_{positif}}$	= [$A_s f_y [d - a/2] + [A_s f_y [d_1 - a/2]]$]	= 82,76	kN.m
Perbandingan Kapasitas	: M_n	$\geq M_u / \phi$	82,76 > 18,25	Mampu
Momen Nominal negatif	: $M_{n_{negatif}}$	= [$A_s f_y [d - a/2] + [A_s f_y [d_1 - a/2]]$]	= 82,76	kN.m
Perbandingan Kapasitas	: M_n	$\geq M_u / \phi$	82,76 > 39,00	Mampu
Kesimpulan				
Maka Dapat Digunakan Tulangan Longitudinal Sebagai Berikut :				
a.	Tulangan negatif	: 2 D - 19		
b.	Tulangan Positif	: 2 D - 19		

Balok Utama B5 (2.50 meter) (300)/(400)			
TULANGAN TRANSVERSAL			
Data Balok			
Geser ujung kiri	: Vg-ki	=	108,06 kN
Geser ujung kanan	: Vg-ka	=	108,06 kN
Geser Maksimum Daerah Tumpuan	: Vu-max	=	108,06 kN
Geser Maks. di Daerah Lapangan	: Vu-max	=	54,03 kN
Panjang Daerah tumpuan	: Lh = [L/4]	=	625 mm
Tinggi Penampang	: h	=	400 mm
Lebar Penampang	: b	=	300 mm
Panjang Balok	: L	=	2500 mm
Selimit Beton	: d'	=	30 mm
Tinggi Efektif Penampang	: d	=	370 mm
Kuat negatif Beton	: fc'	=	20,75 Mpa
Tegangan Leleh Baja Tulangan	: fy	=	280 Mpa
Modulus Elastisitas Beton	: Ec = [4700 √ fc']	=	21409,52 Mpa
Modulus Elastisitas Baja	: Es	=	200000 Mpa
Faktor Blok Tegangan	: β	=	0,85
Faktor Reduksi	: ø	=	0,75
Perhitungan Sengkang Daerah Tumpuan			
Kapasitas geser beton	: Vc = [1 / 6 √ fc' b d]	=	84,27 kN
Kapasitas geser Tulangan	: Vs = [Vu / ø] - [Vc]	=	59,80 kN
Kapasitas Geser Maksimum	: V _{smax} = [2 / 3 √ fc' b d]	=	364,42 kN
Cek Kapasitas Geser	: Vs ≤ V _{smax} 59,80 < 364,42	.....OKE	
Diameter Sengkang	: D	10	
Luas Tulangan Sengkang	: Av = [2 π / 4 D ²]	Kaki 2	157,08 mm ²
Jarak tulangan	: s = [Av fy d / Vs]	=	272,1 mm
Spasi Tulangan Maksimum	: smax = [d / 2]	=	185,00 mm
	= [600 mm]	=	600,00 mm
	= [(1200 fy Av) / (75 √ fc' bw)]	=	514,95 mm
	= [3 fy Av / bw]	=	439,82 mm
Maka Gunakan Jarak	: s	=	125,00 mm
Perhitungan Sengkang daerah Lapangan			
Kapasitas geser beton	: Vc = [1 / 6 √ fc' b d]	=	84,27 kN
Kapasitas geser Tulangan	: Vs = [Vu / ø] - [Vc]	=	-12,23 kN
Kapasitas Geser Maksimum	: V _{smax} = [2 / 3 √ fc' b d]	=	364,42 kN
Cek Kapasitas Geser	: Vs ≤ V _{smax} -12,23 < 364,42	.....OKE	
Diameter Sengkang	: D	10	
Luas Tulangan Sengkang	: Av = [2 π / 4 D ²]	Kaki 2	157,08 mm ²
Jarak tulangan	: s = [Av fy d / Vs]	=	-1330,16 mm
Spasi Tulangan Maksimum	: smax = [d / 2]	=	185,00 mm
	= [600 mm]	=	600,00 mm
	= [(1200 fy Av) / (75 √ fc' bw)]	=	514,95 mm
	= [3 fy Av / bw]	=	439,82 mm
Maka Gunakan Jarak	: s	=	150,00 mm
Kapasitas Nominal Geser			
1. Daerah Tumpuan			
Gaya Geser Maksimum	: Vu	=	108,06 kN
Kapasitas Geser Daerah Plastis	: Vn = [Av.fy.d] / [s] + [1/6 √ fc'.b.d]	=	214,46 kN
Geser Nominal	: øVn = [0,75 Vn]	=	160,84 kN
Kontrol	: øVn > Vu		OKE
2. Daerah Lapangan			
Gaya Geser Maksimum	: Vu	=	54,03 kN
Kapasitas Geser Daerah Plastis	: Vn = [Av.fy.d] / [s] + [1/6 √ fc'.b.d]	=	192,76 kN
Geser Nominal	: øVn = [0,75 Vn]	=	144,57 kN
Kontrol	: øVn > Vu		OKE
Kesimpulan			
Maka Gunakan Sengkang	:	Tumpuan	2D10-125
		Lapangan	2D10-150

Balok Anak Ba (250)/(350)			
TULANGAN LONGITUDINAL (TUMPUAN)			
Momen Maksimum	: Mu (+)	=	0,02 kN.m
Momen Minimum	: Mu (-)	=	-0,04 kN.m
Momen Maksimum Desain	: Mu (+)	=	0,02 kN.m
Momen Maksimum Desain	: Mu (-)	=	0,04 kN.m
Tinggi Penampang	: h	=	350 mm
Lebar Penampang	: b	=	250 mm
Selimit Beton	: d'	=	30 mm
Tinggi Efektif Penampang	: d	=	320 mm
Tinggi Efektif Penampang	: d1	=	295 mm
Kuat negatif Beton	: fc'	=	20,75 Mpa
Tegangan Leleh Baja Tulangan	: fy	=	420 Mpa
Modulus Elastisitas Beton	: Ec = [4700 √ fc']	=	21409,5 Mpa
Modulus Elastisitas Baja	: Es	=	200000 Mpa
Faktor Blok Tegangan	: β	=	0,85
Faktor Reduksi	: ø	=	0,9
Perhitungan			
Rasio Tulangan Balanced	: ρ _b	= [β.0.85.fc'/fy[600/[600+fy]]]	= 0,0210
Rasio Tulangan Maksimum	: ρ _{maks}	= [0.75 ρ _b]	= 0,0157
Rasio Tulangan Minimum	: ρ _{min}	= [1.4 / fy]	= 0,0033
Rasio Tulangan Aktual Positif			
Rasio Tul. Aktual Positif	: a	= [0.59 fy ² / fc]	= 5015,71
	b	= [- fy]	= -420,00
	c	= [Mu / ø b d ²]	= 0,0009
Rasio Tul. Aktual Positif	ρ _{Positif}	= [-b + √ b ² - 4 a c] / [2 a]	= 0,0000
Cek Rasio Tulangan Positif	:	Gunakan Rasio Tulangan Aktual	= 0,0033
Rasio Tulangan Aktual Negatif			
Rasio Tul. Aktual negatif	: a	= [0.59 fy ² / fc]	= 5015,71
	b	= [- fy]	= -420
	c	= [Mu / ø b d ²]	= 0,0016
Rasio Tul. Aktual negatif	ρ _{Negatif}	= [-b + √ b ² - 4 a c] / [2 a]	= 0,0000
Cek Rasio Tulangan negatif	:	Gunakan Rasio Tulangan Aktual	= 0,0033
As Tulangan			
Luas Tulangan Positif	: A _{sPositif}	= [ρPositif b d]	= 266,667 mm ²
Luas Tulangan negatif	: A _{snegatif}	= [ρnegatif b d]	= 266,667 mm ²
Dia. Tulangan Positif Desain	: D	13	
Dia. Tulangan negatif Desain	: D	13	
Luas Tul. Desain Positif (+)	: A _{sd}	= [π / 4 D ²]	= 132,73 mm ²
Luas Tul. Desain negatif (-)	: A _{sd}	= [π / 4 D ²]	= 132,73 mm ²
Banyak Tulangan Positif (+)	: n	= [A _s / A _{sd}]	= 3 Batang
		Tulangan Atas	= 3 Batang
		Tulangan Bawah	= 0 Batang
Banyak Tulangan negatif (-)	: n	= [A _s / A _{sd}]	= 3 Batang
		Tulangan Atas	= 3 Batang
		Tulangan Bawah	= 0 Batang

Check Asumsi Awal untuk Faktor Reduksi ϕ			
Tulangan Positif			
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{sPositif} = [n Asd]$	= 398,197	mm^2
Tinggi Blok Tegangan	: $a = [AsPositif fy / 0.85 fc' b]$	= 37,93	mm
Tinggi Garis Netral	: $c = [a / \beta]$	= 44,62	mm
Regangan Positif Baja	: $\epsilon_s = [0.003 [(d - c) / c]]$	= 0,0185	
Regangan Leleh Baja	: $\epsilon_y = [fy / Es]$	= 0,0021	
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{sPositif} = [n Asd]$	= 0,00	mm^2
Tinggi Blok Tegangan	: $a = [AsPositif fy / 0.85 fc' b]$	= 37,93	mm
Tinggi Garis Netral	: $c = [a / \beta]$	= 44,62	mm
Regangan Positif Baja	: $\epsilon_s = [0.003 [(d_1 - c) / c]]$	= 0,0168	
Regangan Leleh Baja	: $\epsilon_y = [fy / Es]$	= 0,0021	
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Tulangan Negatif			
Luas Tul. negatif Terpasang	: $A_{sNegatif} = [n Asd]$	= 398,20	mm^2
Tinggi Blok Tegangan	: $a = [Asnegatif fy / 0.85 fc' b]$	= 37,93	mm
Tinggi Garis Netral	: $c = [a / \beta]$	= 44,6222	mm
Regangan Positif Baja	: $\epsilon_s = [0.003 [(d - c) / c]]$	= 0,0185	
Regangan Leleh Baja	: $\epsilon_y = [fy / Es]$	= 0,0021	
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{sNegatif} = [n Asd]$	= 0,00	mm^2
Tinggi Blok Tegangan	: $a = [Asnegatif fy / 0.85 fc' b]$	= 37,93	mm
Tinggi Garis Netral	: $c = [a / \beta]$	= 44,6222	mm
Regangan Positif Baja	: $\epsilon_s = [0.003 [(d - c) / c]]$	= 0,0168	
Regangan Leleh Baja	: $\epsilon_y = [fy / Es]$	= 0,0021	
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Check Kapasitas Momen			
Momen Nominal Positif	: $Mn_{Positif} = [As.fy[d-a/2]]+[As.fy[d_1-a/2]]$	= 50,35	$kN.m$
Perbandingan Kapasitas	: $Mn \geq Mu / \phi$ 50,35 > 0,02 Mampu		
Momen Nominal negatif	: $Mn_{negatif} = [As.fy[d-a/2]]+[As.fy[d_1-a/2]]$	= 50,35	$kN.m$
Perbandingan Kapasitas	: $Mn \geq Mu / \phi$ 50,35 > 0,04 Mampu		
Kesimpulan			
Maka Dapat Digunakan Tulangan Longitudinal Sebagai Berikut :			
a.	Tulangan negatif	: 3 D - 13	
b.	Tulangan Positif	: 3 D - 13	

Balok anak Ba(250)/(350)			
TULANGAN LONGITUDINAL (LAPANGAN)			
Momen Maksimum	: Mu (+)	=	0,01 kN.m
Momen Minimum	: Mu (-)	=	-0,02 kN.m
Momen Maksimum Desain	: Mu (+)	=	0,01 kN.m
Momen Maksimum Desain	: Mu (-)	=	0,02 kN.m
Tinggi Penampang	: h	=	350 mm
Lebar Penampang	: b	=	250 mm
Selimit Beton	: d'	=	30 mm
Tinggi Efektif Penampang	: d	=	320 mm
Tinggi Efektif Penampang	: d1	=	295 mm
Kuat negatif Beton	: fc'	=	20,75 Mpa
Tegangan Leleh Baja Tulangan	: fy	=	420,00 Mpa
Modulus Elastisitas Beton	: Ec = [4700 √ fc']	=	21410 Mpa
Modulus Elastisitas Baja	: Es	=	200000 Mpa
Faktor Blok Tegangan	: β	=	0,85
Faktor Reduksi	: ϕ	=	0,90
Perhitungan			
Rasio Tulangan Balanced	: ρ _b = [β.0.85.fc'/fy[600/[600+fy]]]	=	0,0210
Rasio Tulangan Maksimum	: ρ _{maks} = [0.75 ρ _b]	=	0,0157
Rasio Tulangan Minimum	: ρ _{min} = [1.4 / fy]	=	0,0033
Rasio Tulangan Aktual Positif			
Rasio Tul. Aktual Positif	: a = [0.59 fy ² / fc]	=	5015,711
	b = [- fy]	=	-420,00
	c = [Mu / ϕ b d ²]	=	0,0004
Rasio Tul. Aktual Positif	: ρ _{Positif} = [-b + √ b ² - 4 a c] / [2 a]	=	0,0000
Cek Rasio Tulangan Positif	: Gunakan Rasio Tulangan Aktual	=	0,0033
Rasio Tulangan Aktual Negatif			
Rasio Tul. Aktual negatif	: a = [0.59 fy ² / fc]	=	5015,711
	b = [- fy]	=	-420
	c = [Mu / ϕ b d ²]	=	0,0007
Rasio Tul. Aktual negatif	: ρ _{Negatif} = [-b + √ b ² - 4 a c] / [2 a]	=	0,0000
Cek Rasio Tulangan negatif	: Gunakan Rasio Tulangan Aktual	=	0,0033
As Tulangan			
Luas Tulangan Positif	: A _{sPositif} = [ρ _{Positif} b d]	=	266,6667 mm ²
Luas Tulangan negatif	: A _{sNegatif} = [ρ _{Negatif} b d]	=	266,6667 mm ²
Dia. Tulangan Positif Desain	: D	13	
Dia. Tulangan negatif Desain	: D	13	
Luas Tul. Desain Positif (+)	: A _{sd} = [π / 4 D ²]	=	132,73 mm ²
Luas Tul. Desain negatif (-)	: A _{sd} = [π / 4 D ²]	=	132,73 mm ²
Banyak Tulangan Positif (+)	: n = [A _s / A _{sd}]	=	3 Batang
	Tulangan Atas	=	3 Batang
	Tulangan Bawah	=	0 Batang
Banyak Tulangan negatif (-)	: n = [A _s / A _{sd}]	=	3 Batang
	Tulangan Atas	=	3 Batang
	Tulangan Bawah	=	0 Batang

Check Asumsi Awal untuk Faktor Reduksi ϕ				
Tulangan Positif				
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{s_{\text{Positif}}}$	= [n Asd]	= 398,1969	mm^2
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{s_{\text{Positif}} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 37,93	mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 44,62	mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d - c] / c$]	= 0,0185	
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021	
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)				
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{s_{\text{Positif}}}$	= [n Asd]	= 0,00	mm^2
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{s_{\text{Positif}} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 37,93	mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 44,62	mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d_1 - c] / c$]	= 0,0168	
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021	
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)				
Tulangan Negatif				
Luas Tul. negatif Terpasang	: $A_{s_{\text{negatif}}}$	= [n Asd]	= 398,20	mm^2
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{s_{\text{negatif}} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 37,93	mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 44,62222	mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d - c] / c$]	= 0,0185	
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021	
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)				
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{s_{\text{Negatif}}}$	= [n Asd]	= 0,00	mm^2
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{s_{\text{negatif}} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 37,93	mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 44,62222	mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d - c] / c$]	= 0,0168	
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021	
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)				
Check Kapasitas Momen				
Momen Nominal Positif	: $M_{n_{\text{Positif}}}$	= [$A_s \cdot f_y [d - a/2] + [A_s \cdot f_y [d_1 - a/2]]$]	= 50,35	kN.m
Perbandingan Kapasitas	: M_n	$\geq M_u / \phi$		
	50,35	> 0,01		Mampu
Momen Nominal negatif	: $M_{n_{\text{negatif}}}$	= [$A_s \cdot f_y [d - a/2] + [A_s \cdot f_y [d_1 - a/2]]$]	= 50,35	kN.m
Perbandingan Kapasitas	: M_n	$\geq M_u / \phi$		
	50,35	> 0,02		Mampu
Kesimpulan				
Maka Dapat Digunakan Tulangan Longitudinal Sebagai Berikut :				
a.	Tulangan negatif	: 3 D - 13		
b.	Tulangan Positif	: 3 D - 13		

Balok Anak Ba (250)/(350)			
TULANGAN TRANSVERSAL			
Data Balok			
Geser ujung kiri	: $V_g\text{-ki}$	=	-0,08 kN
Geser ujung kanan	: $V_g\text{-ka}$	=	-0,08 kN
Geser Maksimum Daerah Tumpuan	: $V_u\text{-max}$	=	0,08 kN
Geser Maks. di Daerah Lapangan	: $V_u\text{-max}$	=	0,04 kN
Panjang Daerah tumpuan	: $L_h = [L/4]$	=	625 mm
Tinggi Penampang	: h	=	350 mm
Lebar Penampang	: b	=	250 mm
Panjang Balok	: L	=	2500 mm
Selimit Beton	: d'	=	30 mm
Tinggi Efektif Penampang	: d	=	320 mm
Kuat negatif Beton	: f_c'	=	20,75 Mpa
Tegangan Leleh Baja Tulangan	: f_y	=	280 Mpa
Modulus Elastisitas Beton	: $E_c = [4700 \sqrt{f_c'}]$	=	21409,52 Mpa
Modulus Elastisitas Baja	: E_s	=	200000 Mpa
Faktor Blok Tegangan	: β	=	0,85
Faktor Reduksi	: ϕ	=	0,75
Perhitungan Sengkang Daerah Tumpuan			
Kapasitas geser beton	: $V_c = [1/6 \sqrt{f_c'} b d]$	=	60,74 kN
Kapasitas geser Tulangan	: $V_s = [V_u / \phi] - [V_c]$	=	-60,63 kN
Kapasitas Geser Maksimum	: $V_{s\text{max}} = [2/3 \sqrt{f_c'} b d]$	=	265,72 kN
Cek Kapasitas Geser	: $V_s \leq V_{s\text{max}}$ -60,63 < 265,72	.....OKE	
Diameter Sengkang	: D	=	8
Luas Tulangan Sengkang	: $A_v = [2 \pi / 4 D^2]$	Kaki 2	100,53 mm ²
Jarak tulangan	: $s = [A_v f_y d / V_s]$	=	-148,6 mm
Spasi Tulangan Maksimum	: $s_{\text{max}} = [d / 2]$ = [600 mm]	=	160,00 mm 600,00 mm
	= $[(1200 f_y A_v) / (75 \sqrt{f_c'} b w)]$	=	395,48 mm
	= $[3 f_y A_v / b w]$	=	337,78 mm
Maka Gunakan Jarak	: s	=	250,00 mm
Perhitungan Sengkang daerah Lapangan			
Kapasitas geser beton	: $V_c = [1/6 \sqrt{f_c'} b d]$	=	60,74 kN
Kapasitas geser Tulangan	: $V_s = [V_u / \phi] - [V_c]$	=	-60,68 kN
Kapasitas Geser Maksimum	: $V_{s\text{max}} = [2/3 \sqrt{f_c'} b d]$	=	265,72 kN
Cek Kapasitas Geser	: $V_s \leq V_{s\text{max}}$ -60,68 < 265,72	.....OKE	
Diameter Sengkang	: D	=	8
Luas Tulangan Sengkang	: $A_v = [2 \pi / 4 D^2]$	Kaki 2	100,53 mm ²
Jarak tulangan	: $s = [A_v f_y d / V_s]$	=	-148,44 mm
Spasi Tulangan Maksimum	: $s_{\text{max}} = [d / 2]$ = [600 mm]	=	160,00 mm 600,00 mm
	= $[(1200 f_y A_v) / (75 \sqrt{f_c'} b w)]$	=	395,48 mm
	= $[3 f_y A_v / b w]$	=	337,78 mm
Maka Gunakan Jarak	: s	=	300,00 mm
Kapasitas Nominal Geser			
1. Daerah Tumpuan			
Gaya Geser Maksimum	: V_u	=	0,08 kN
Kapasitas Geser Daerah Plastis	: $V_n = [A_v f_y d] / [s] + [1/6 \sqrt{f_c'} b d]$	=	96,77 kN
Geser Nominal	: $\phi V_n = [0,75 V_n]$	=	72,57 kN
Kontrol	: $\phi V_n > V_u$	OKE	
2. Daerah Lapangan			
Gaya Geser Maksimum	: V_u	=	0,04 kN
Kapasitas Geser Daerah Plastis	: $V_n = [A_v f_y d] / [s] + [1/6 \sqrt{f_c'} b d]$	=	90,76 kN
Geser Nominal	: $\phi V_n = [0,75 V_n]$	=	68,07 kN
Kontrol	: $\phi V_n > V_u$	OKE	
Kesimpulan			
Maka Gunakan Sengkang	:	Tumpuan	2D8-250
		Lapangan	2D8-300

B. RING BALOK

RING BALOK RB1 (6.00 meter) (300)/(400)			
TULANGAN LONGITUDINAL (TUMPUAN)			
Momen Maksimum	: Mu (+)	=	28,39 kN.m
Momen Minimum	: Mu (-)	=	-63,66 kN.m
Momen Maksimum Desain	: Mu (+)	=	28,39 kN.m
Momen Maksimum Desain	: Mu (-)	=	63,66 kN.m
Tinggi Penampang	: h	=	400 mm
Lebar Penampang	: b	=	300 mm
Selimit Beton	: d'	=	30 mm
Tinggi Efektif Penampang	: d	=	370 mm
Tinggi Efektif Penampang	: d1	=	345 mm
Kuat negatif Beton	: fc'	=	20,75 Mpa
Tegangan Leleh Baja Tulangan	: fy	=	420 Mpa
Modulus Elastisitas Beton	: Ec = [4700 √ fc']	=	21409,5 Mpa
Modulus Elastisitas Baja	: Es	=	200000 Mpa
Faktor Blok Tegangan	: β	=	0,85
Faktor Reduksi	: ø	=	0,9
Perhitungan			
Rasio Tulangan Balanced	: ρ _b = [β.0.85.fc'/fy[600/[600+fy]]]	=	0,0210
Rasio Tulangan Maksimum	: ρ _{maks} = [0.75 ρ _b]	=	0,0157
Rasio Tulangan Minimum	: ρ _{min} = [1,4 / fy]	=	0,0033
Rasio Tulangan Aktual Positif			
Rasio Tul. Aktual Positif	: a = [0.59 fy ² / fc]	=	5015,71
	b = [- fy]	=	-420,00
	c = [Mu / ø b d ²]	=	0,7680
Rasio Tul. Aktual Positif	: ρ _{Positif} = [-b + √ b ² - 4 a c] / [2 a]	=	0,0019
Cek Rasio Tulangan Positif	: Gunakan Rasio Tulangan Aktual	=	0,0033
Rasio Tulangan Aktual Negatif			
Rasio Tul. Aktual negatif	: a = [0.59 fy ² / fc]	=	5015,71
	b = [- fy]	=	-420
	c = [Mu / ø b d ²]	=	1,7221
Rasio Tul. Aktual negatif	: ρ _{Negatif} = [-b + √ b ² - 4 a c] / [2 a]	=	0,0043
Cek Rasio Tulangan negatif	: Gunakan Rasio Tulangan Aktual	=	0,0043
As Tulangan			
Luas Tulangan Positif	: A _S _{Positif} = [ρ _{Positif} b d]	=	370 mm ²
Luas Tulangan negatif	: A _S _{negatif} = [ρ _{negatif} b d]	=	479,918 mm ²
Dia. Tulangan Positif Desain	: D	=	13
Dia. Tulangan negatif Desain	: D	=	13
Luas Tul. Desain Positif (+)	: A _{sd} = [π / 4 D ²]	=	132,73 mm ²
Luas Tul. Desain negatif (-)	: A _{sd} = [π / 4 D ²]	=	132,73 mm ²
Banyak Tulangan Positif (+)	: n = [A _s / A _{sd}]	=	3 Batang
	Tulangan Atas	=	3 Batang
	Tulangan Bawah	=	0 Batang
Banyak Tulangan negatif (-)	: n = [A _s / A _{sd}]	=	4 Batang
	Tulangan Atas	=	4 Batang
	Tulangan Bawah	=	0 Batang

Check Asumsi Awal untuk Faktor Reduksi ϕ			
Tulangan Positif			
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{sPositif}$	= [n Asd]	= 398,197 mm ²
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{sPositif} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 31,61 mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 37,19 mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d - c] / c$]	= 0,0269
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{sPositif}$	= [n Asd]	= 0,00 mm ²
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{sPositif} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 31,61 mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 37,19 mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d_1 - c] / c$]	= 0,0248
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Tulangan Negatif			
Luas Tul. negatif Terpasang	: $A_{sNegatif}$	= [n Asd]	= 530,93 mm ²
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{sNegatif} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 42,14 mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 49,5802 mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d - c] / c$]	= 0,0194
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{sNegatif}$	= [n Asd]	= 0,00 mm ²
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{sNegatif} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 42,14 mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 49,5802 mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d - c] / c$]	= 0,0179
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Check Kapasitas Momen			
Momen Nominal Positif	: $M_{nPositif}$	= [$A_s \cdot f_y [d-a/2] + [A_s \cdot f_y [d_1-a/2]]$]	= 59,24 kN.m
Perbandingan Kapasitas	: M_n	$\geq \quad Mu / \phi$	
		59,24 > 31,54 Mampu	
Momen Nominal negatif	: $M_{nNegatif}$	= [$A_s \cdot f_y [d-a/2] + [A_s \cdot f_y [d_1-a/2]]$]	= 77,81 kN.m
Perbandingan Kapasitas	: M_n	$\geq \quad Mu / \phi$	
		77,81 > 70,73 Mampu	
Kesimpulan			
Maka Dapat Digunakan Tulangan Longitudinal Sebagai Berikut :			
a.	Tulangan negatif	: 4 D - 13	
b.	Tulangan Positif	: 3 D - 13	

RING BALOK RB1 (6.00 meter) (300)/(400)				
TULANGAN LONGITUDINAL (LAPANGAN)				
Momen Maksimum	: Mu (+)	=	34,65	kN.m
Momen Minimum	: Mu (-)	=	-12,20	kN.m
Momen Maksimum Desain	: Mu (+)	=	34,65	kN.m
Momen Maksimum Desain	: Mu (-)	=	12,20	kN.m
Tinggi Penampang	: h	=	400	mm
Lebar Penampang	: b	=	300	mm
Selimit Beton	: d'	=	30	mm
Tinggi Efektif Penampang	: d	=	370	mm
Tinggi Efektif Penampang	: d1	=	345	mm
Kuat negatif Beton	: fc'	=	20,75	Mpa
Tegangan Leleh Baja Tulangan	: fy	=	420	Mpa
Modulus Elastisitas Beton	: Ec = [4700 √ fc']	=	21410	Mpa
Modulus Elastisitas Baja	: Es	=	200000	Mpa
Faktor Blok Tegangan	: β	=	0,85	
Faktor Reduksi	: ø	=	0,90	
Perhitungan				
Rasio Tulangan Balanced	: ρ _b	= [β.0.85.fc'/fy[600/[600+fy]]]	=	0,0210
Rasio Tulangan Maksimum	: ρ _{maks}	= [0.75 ρ _b]	=	0,0157
Rasio Tulangan Minimum	: ρ _{min}	= [1.4 / fy]	=	0,0033
Rasio Tulangan Aktual Positif				
Rasio Tul. Aktual Positif	: a	= [0.59 fy ² / fc]	=	5015,711
	b	= [- fy]	=	-420,00
	c	= [Mu / ø b d ²]	=	0,9376
Rasio Tul. Aktual Positif	: ρ _{Positif}	= [-b + √ b ² - 4 a c] / [2 a]	=	0,0023
Cek Rasio Tulangan Positif	:	Gunakan Rasio Tulangan Aktual	=	0,0033
Rasio Tulangan Aktual Negatif				
Rasio Tul. Aktual negatif	: a	= [0.59 fy ² / fc]	=	5015,711
	b	= [- fy]	=	-420
	c	= [Mu / ø b d ²]	=	0,3301
Rasio Tul. Aktual negatif	: ρ _{Negatif}	= [-b + √ b ² - 4 a c] / [2 a]	=	0,0008
Cek Rasio Tulangan negatif	:	Gunakan Rasio Tulangan Aktual	=	0,0033
As Tulangan				
Luas Tulangan Positif	: A _s _{Positif}	= [ρ _{Positif} b d]	=	370 mm ²
Luas Tulangan negatif	: A _s _{negatif}	= [ρ _{negatif} b d]	=	370 mm ²
Dia. Tulangan Positif Desain	: D	13		
Dia. Tulangan negatif Desain	: D	13		
Luas Tul. Desain Positif (+)	: A _{sd}	= [π / 4 D ²]	=	132,73 mm ²
Luas Tul. Desain negatif (-)	: A _{sd}	= [π / 4 D ²]	=	132,73 mm ²
Banyak Tulangan Positif (+)	: n	= [A _s / A _{sd}]	=	3 Batang
		Tulangan Atas	=	3 Batang
		Tulangan Bawah	=	0 Batang
Banyak Tulangan negatif (-)	: n	= [A _s / A _{sd}]	=	3 Batang
		Tulangan Atas	=	3 Batang
		Tulangan Bawah	=	0 Batang

Check Asumsi Awal untuk Faktor Reduksi ϕ				
Tulangan Positif				
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{s_{\text{Positif}}}$	= [n Asd]	= 398,1969	mm ²
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{s_{\text{Positif}}} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 31,61	mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 37,19	mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d - c] / c]$]	= 0,0269	
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021	
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)				
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{s_{\text{Positif}}}$	= [n Asd]	= 0,00	mm ²
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{s_{\text{Positif}}} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 31,61	mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 37,19	mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d_1 - c] / c]$]	= 0,0248	
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021	
Tulangan Negatif				
Luas Tul. negatif Terpasang	: $A_{s_{\text{negatif}}}$	= [n Asd]	= 398,20	mm ²
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{s_{\text{negatif}}} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 31,61	mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 37,18518	mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d - c] / c]$]	= 0,0269	
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021	
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)				
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{s_{\text{Negatif}}}$	= [n Asd]	= 0,00	mm ²
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{s_{\text{negatif}}} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 31,61	mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 37,18518	mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d - c] / c]$]	= 0,0248	
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021	
Check Kapasitas Momen				
Momen Nominal Positif	: $M_{n_{\text{Positif}}}$	= [$A_s \cdot f_y [d - a/2] + [A_s \cdot f_y [d_1 - a/2]]$]	= 59,24	kN.m
Perbandingan Kapasitas	: M_n	$\geq M_u / \phi$	59,24 > 38,51	Mampu
Momen Nominal negatif	: $M_{n_{\text{negatif}}}$	= [$A_s \cdot f_y [d - a/2] + [A_s \cdot f_y [d_1 - a/2]]$]	= 59,24	kN.m
Perbandingan Kapasitas	: M_n	$\geq M_u / \phi$	59,24 > 13,56	Mampu
Kesimpulan				
Maka Dapat Digunakan Tulangan Longitudinal Sebagai Berikut :				
a.	Tulangan negatif	: 3 D - 13		
b.	Tulangan Positif	: 3 D - 13		

RING BALOK RB1 (6.00 meter) (300)/(400)			
TULANGAN TRANSVERSAL			
Data Balok			
Geser ujung kiri	: Vg-ki	=	54,70 kN
Geser ujung kanan	: Vg-ka	=	54,70 kN
Geser Maksimum Daerah Tumpuan	: Vu-max	=	54,70 kN
Geser Maks. di Daerah Lapangan	: Vu-max	=	27,35 kN
Panjang Daerah tumpuan	: Lh = [L/4]	=	1500 mm
Tinggi Penampang	: h	=	400 mm
Lebar Penampang	: b	=	300 mm
Panjang Balok	: L	=	6000 mm
Selimit Beton	: d'	=	20,75 mm
Tinggi Efektif Penampang	: d	=	370 mm
Kuat negatif Beton	: fc'	=	20,75 Mpa
Tegangan Leleh Baja Tulangan	: fy	=	280 Mpa
Modulus Elastisitas Beton	: Ec = [4700 √ fc']	=	21409,52 Mpa
Modulus Elastisitas Baja	: Es	=	200000 Mpa
Faktor Blok Tegangan	: β	=	0,85
Faktor Reduksi	: ø	=	0,75
Perhitungan Sengkang Daerah Tumpuan			
Kapasitas geser beton	: Vc = [1 / 6 √ fc' b d]	=	84,27 kN
Kapasitas geser Tulangan	: Vs = [Vu / ø] - [Vc]	=	-11,33 kN
Kapasitas Geser Maksimum	: Vs _{max} = [2 / 3 √ fc' b d]	=	364,42 kN
Cek Kapasitas Geser	: Vs ≤ Vs _{max}		
	-11 < 364,42	.....	OKE
Diameter Sengkang	: D	8	
Luas Tulangan Sengkang	: Av = [2 π / 4 D ²]	Kaki 2	100,53 mm ²
Jarak tulangan	: s = [Av fy d / Vs]	=	-919,0 mm
Spasi Tulangan Maksimum	: smax = [d / 2]	=	185,00 mm
	= [600 mm]	=	600,00 mm
	= [(1200 fy Av) / (75 √ fc' bw)]	=	329,57 mm
	= [3 fy Av / bw]	=	281,49 mm
Maka Gunakan Jarak	: s	=	200,00 mm
Perhitungan Sengkang daerah Lapangan			
Kapasitas geser beton	: Vc = [1 / 6 √ fc' b d]	=	84,27 kN
Kapasitas geser Tulangan	: Vs = [Vu / ø] - [Vc]	=	-47,80 kN
Kapasitas Geser Maksimum	: Vs _{max} = 14	=	364,42 kN
Cek Kapasitas Geser	: Vs ≤ Vs _{max}		
	-47,80 < 364,42	.....	OKE
Diameter Sengkang	: D	8	
Luas Tulangan Sengkang	: Av = [2 π / 4 D ²]	Kaki 2	100,53 mm ²
Jarak tulangan	: s = [Av fy d / Vs]	=	-217,88 mm
Spasi Tulangan Maksimum	: smax = [d / 2]	=	185,00 mm
	= [600 mm]	=	600,00 mm
	= [(1200 fy Av) / (75 √ fc' bw)]	=	329,57 mm
	= [3 fy Av / bw]	=	281,49 mm
Maka Gunakan Jarak	: s	=	250,00 mm
Kapasitas Nominal Geser			
1. Daerah Tumpuan			
Gaya Geser Maksimum	: Vu	=	54,70 kN
Kapasitas Geser Daerah Plastis	: Vn = [Av.fy.d] / [s] + [1/6 √ fc'.b.d]	=	136,35 kN
Geser Nominal	: øVn = [0,75 Vn]	=	102,26 kN
Kontrol	: øVn > Vu		OKE
2. Daerah Lapangan			
Gaya Geser Maksimum	: Vu	=	27,35 kN
Kapasitas Geser Daerah Plastis	: Vn = [Av.fy.d] / [s] + [1/6 √ fc'.b.d]	=	125,93 kN
Geser Nominal	: øVn = [0,75 Vn]	=	94,45 kN
Kontrol	: øVn > Vu		OKE
Kesimpulan			
Maka Gunakan Sengkang	:	Tumpuan	2D8-200
		Lapangan	2D8-250

RING BALOK RB2 (5.00 meter) (300)/(400)			
TULANGAN LONGITUDINAL (TUMPUAN)			
Momen Maksimum	: Mu (+)	=	31,51 kN.m
Momen Minimum	: Mu (-)	=	-30,60 kN.m
Momen Maksimum Desain	: Mu (+)	=	31,51 kN.m
Momen Maksimum Desain	: Mu (-)	=	30,60 kN.m
Tinggi Penampang	: h	=	400 mm
Lebar Penampang	: b	=	300 mm
Selimit Beton	: d'	=	30 mm
Tinggi Efektif Penampang	: d	=	370 mm
Tinggi Efektif Penampang	: d1	=	345 mm
Kuat negatif Beton	: fc'	=	20,75 Mpa
Tegangan Leleh Baja Tulangan	: fy	=	420 Mpa
Modulus Elastisitas Beton	: Ec = [4700 √ fc']	=	21409,5 Mpa
Modulus Elastisitas Baja	: Es	=	200000 Mpa
Faktor Blok Tegangan	: β	=	0,85
Faktor Reduksi	: ø	=	0,9
Perhitungan			
Rasio Tulangan Balanced	: ρ _b	= [β.0.85.fc'/fy[600/[600+fy]]]	= 0,0210
Rasio Tulangan Maksimum	: ρ _{maks}	= [0.75 ρ _b]	= 0,0157
Rasio Tulangan Minimum	: ρ _{min}	= [1,4 / fy]	= 0,0033
Rasio Tulangan Aktual Positif			
Rasio Tul. Aktual Positif	: a	= [0,59 fy ² / fc]	= 5015,71
	b	= [- fy]	= -420,00
	c	= [Mu / ø b d ²]	= 0,8525
Rasio Tul. Aktual Positif	: ρ _{Positif}	= [-b + √ b ² - 4 a c] / [2 a]	= 0,0021
Cek Rasio Tulangan Positif	:	Gunakan Rasio Tulangan Aktual	= 0,0033
Rasio Tulangan Aktual Negatif			
Rasio Tul. Aktual negatif	: a	= [0,59 fy ² / fc]	= 5015,71
	b	= [- fy]	= -420
	c	= [Mu / ø b d ²]	= 0,8278
Rasio Tul. Aktual negatif	: ρ _{Negatif}	= [-b + √ b ² - 4 a c] / [2 a]	= 0,0020
Cek Rasio Tulangan negatif	:	Gunakan Rasio Tulangan Aktual	= 0,0033
As Tulangan			
Luas Tulangan Positif	: A _{sPositif}	= [ρ _{Positif} b d]	= 370 mm ²
Luas Tulangan negatif	: A _{snegatif}	= [ρ _{negatif} b d]	= 370 mm ²
Dia. Tulangan Positif Desain	: D	13	
Dia. Tulangan negatif Desain	: D	13	
Luas Tul. Desain Positif (+)	: A _{sd}	= [π / 4 D ²]	= 132,73 mm ²
Luas Tul. Desain negatif (-)	: A _{sd}	= [π / 4 D ²]	= 132,73 mm ²
Banyak Tulangan Positif (+)	: n	= [A _s / A _{sd}]	= 3 Batang
		Tulangan Atas	= 3 Batang
		Tulangan Bawah	= 0 Batang
Banyak Tulangan negatif (-)	: n	= [A _s / A _{sd}]	= 3 Batang
		Tulangan Atas	= 3 Batang
		Tulangan Bawah	= 0 Batang

Check Asumsi Awal untuk Faktor Reduksi ϕ			
Tulangan Positif			
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{sPositif} = [n Asd]$	= 398,197	mm²
Tinggi Blok Tegangan	: $a = [AsPositif fy / 0.85 fc' b]$	= 31,61	mm
Tinggi Garis Netral	: $c = [a / \beta]$	= 37,19	mm
Regangan Positif Baja	: $\epsilon_s = [0.003 [[d - c] / c]]$	= 0,0269	
Regangan Leleh Baja	: $\epsilon_y = [fy / Es]$	= 0,0021	
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{sPositif} = [n Asd]$	= 0,00	mm²
Tinggi Blok Tegangan	: $a = [AsPositif fy / 0.85 fc' b]$	= 31,61	mm
Tinggi Garis Netral	: $c = [a / \beta]$	= 37,19	mm
Regangan Positif Baja	: $\epsilon_s = [0.003 [[d1 - c] / c]]$	= 0,0248	
Regangan Leleh Baja	: $\epsilon_y = [fy / Es]$	= 0,0021	
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Tulangan Negatif			
Luas Tul. negatif Terpasang	: $A_{sNegatif} = [n Asd]$	= 398,20	mm²
Tinggi Blok Tegangan	: $a = [Asnegatif fy / 0.85 fc' b]$	= 31,61	mm
Tinggi Garis Netral	: $c = [a / \beta]$	= 37,1852	mm
Regangan Positif Baja	: $\epsilon_s = [0.003 [[d - c] / c]]$	= 0,0269	
Regangan Leleh Baja	: $\epsilon_y = [fy / Es]$	= 0,0021	
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{sNegatif} = [n Asd]$	= 0,00	mm²
Tinggi Blok Tegangan	: $a = [Asnegatif fy / 0.85 fc' b]$	= 31,61	mm
Tinggi Garis Netral	: $c = [a / \beta]$	= 37,1852	mm
Regangan Positif Baja	: $\epsilon_s = [0.003 [[d - c] / c]]$	= 0,0248	
Regangan Leleh Baja	: $\epsilon_y = [fy / Es]$	= 0,0021	
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Check Kapasitas Momen			
Momen Nominal Positif	: $Mn_{positif} = [As.fy[d-a/2]]+[As.fy[d1-a/2]]$	= 59,24	kN.m
Perbandingan Kapasitas	: $Mn \geq Mu / \phi$	59,24 > 35,01	Mampu
Momen Nominal negatif	: $Mn_{negatif} = [As.fy[d-a/2]]+[As.fy[d1-a/2]]$	= 59,24	kN.m
Perbandingan Kapasitas	: $Mn \geq Mu / \phi$	59,24 > 34,00	Mampu
Kesimpulan			
Maka Dapat Digunakan Tulangan Longitudinal Sebagai Berikut :			
a.	Tulangan negatif	: 3 D - 13	
b.	Tulangan Positif	: 3 D - 13	

RING BALOK RB2 (5.00 meter) (300)/(400)				
TULANGAN LONGITUDINAL (LAPANGAN)				
Momen Maksimum	: Mu (+)	=	13,01	kN.m
Momen Minimum	: Mu (-)	=	-11,97	kN.m
Momen Maksimum Desain	: Mu (+)	=	13,01	kN.m
Momen Maksimum Desain	: Mu (-)	=	11,97	kN.m
Tinggi Penampang	: h	=	400	mm
Lebar Penampang	: b	=	300	mm
Selimit Beton	: d'	=	30	mm
Tinggi Efektif Penampang	: d	=	370	mm
Tinggi Efektif Penampang	: d1	=	345	mm
Kuat negatif Beton	: fc'	=	20,75	Mpa
Tegangan Leleh Baja Tulangan	: fy	=	420	Mpa
Modulus Elastisitas Beton	: Ec = [4700 √ fc']	=	21410	Mpa
Modulus Elastisitas Baja	: Es	=	200000	Mpa
Faktor Blok Tegangan	: β	=	0,85	
Faktor Reduksi	: o	=	0,90	
Perhitungan				
Rasio Tulangan Balanced	: ρ _b	= [β.0.85.fc'/fy[600/[600+fy]]]	=	0,0210
Rasio Tulangan Maksimum	: ρ _{maks}	= [0.75 ρ _b]	=	0,0157
Rasio Tulangan Minimum	: ρ _{min}	= [1,4 / fy]	=	0,0033
Rasio Tulangan Aktual Positif				
Rasio Tul. Aktual Positif	: a	= [0.59 fy ² / fc]	=	5015,711
	b	= [- fy]	=	-420,00
	c	= [Mu / o b d ²]	=	0,3520
Rasio Tul. Aktual Positif	: ρ _{Positif}	= [-b + √ b ² - 4 a c] / [2 a]	=	0,0008
Cek Rasio Tulangan Positif	:	Gunakan Rasio Tulangan Aktual	=	0,0033
Rasio Tulangan Aktual Negatif				
Rasio Tul. Aktual negatif	: a	= [0.59 fy ² / fc]	=	5015,711
	b	= [- fy]	=	-420
	c	= [Mu / o b d ²]	=	0,3237
Rasio Tul. Aktual negatif	: ρ _{Negatif}	= [-b + √ b ² - 4 a c] / [2 a]	=	0,0008
Cek Rasio Tulangan negatif	:	Gunakan Rasio Tulangan Aktual	=	0,0033
As Tulangan				
Luas Tulangan Positif	: A _S _{Positif}	= [ρ _{Positif} b d]	=	370 mm ²
Luas Tulangan negatif	: A _S _{negatif}	= [ρ _{negatif} b d]	=	370 mm ²
Dia. Tulangan Positif Desain	: D	13		
Dia. Tulangan negatif Desain	: D	13		
Luas Tul. Desain Positif (+)	: A _{sd}	= [π / 4 D ²]	=	132,73 mm ²
Luas Tul. Desain negatif (-)	: A _{sd}	= [π / 4 D ²]	=	132,73 mm ²
Banyak Tulangan Positif (+)	: n	= [A _s / A _{sd}]	=	3 Batang
		Tulangan Atas	=	3 Batang
		Tulangan Bawah	=	0 Batang
Banyak Tulangan negatif (-)	: n	= [A _s / A _{sd}]	=	3 Batang
		Tulangan Atas	=	3 Batang
		Tulangan Bawah	=	0 Batang

Check Asumsi Awal untuk Faktor Reduksi ϕ				
Tulangan Positif				
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{s_{\text{Positif}}}$	= [n Asd]	= 398,1969	mm ²
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{s_{\text{Positif}}} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 31,61	mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 37,19	mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d - c] / c]$]	= 0,0269	
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021	
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)				
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{s_{\text{Positif}}}$	= [n Asd]	= 0,00	mm ²
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{s_{\text{Positif}}} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 31,61	mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 37,19	mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d_1 - c] / c]$]	= 0,0248	
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021	
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)				
Tulangan Negatif				
Luas Tul. negatif Terpasang	: $A_{s_{\text{negatif}}}$	= [n Asd]	= 398,20	mm ²
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{s_{\text{negatif}}} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 31,61	mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 37,18518	mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d - c] / c]$]	= 0,0269	
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021	
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)				
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{s_{\text{Negatif}}}$	= [n Asd]	= 0,00	mm ²
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{s_{\text{negatif}}} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 31,61	mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 37,18518	mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d - c] / c]$]	= 0,0248	
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021	
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)				
Check Kapasitas Momen				
Momen Nominal Positif	: $M_{n_{\text{Positif}}}$	= [$A_s \cdot f_y [d - a/2] + [A_s \cdot f_y [d_1 - a/2]]$]	= 59,24	kN.m
Perbandingan Kapasitas	: M_n	$\geq M_u / \phi$	59,24 > 14,46	Mampu
Momen Nominal negatif	: $M_{n_{\text{negatif}}}$	= [$A_s \cdot f_y [d - a/2] + [A_s \cdot f_y [d_1 - a/2]]$]	= 59,24	kN.m
Perbandingan Kapasitas	: M_n	$\geq M_u / \phi$	59,24 > 13,30	Mampu
Kesimpulan				
Maka Dapat Digunakan Tulangan Longitudinal Sebagai Berikut :				
a.	Tulangan negatif	: 3 D - 13		
b.	Tulangan Positif	: 3 D - 13		

RING BALOK RB2 (5.00 meter) (300)/(400)			
TULANGAN TRANSVERSAL			
Data Balok			
Geser ujung kiri	: Vg-ki	=	-26,05 kN
Geser ujung kanan	: Vg-ka	=	-26,05 kN
Geser Maksimum Daerah Tumpuan	: Vu-max	=	26,05 kN
Geser Maks. di Daerah Lapangan	: Vu-max	=	13,03 kN
Panjang Daerah tumpuan	: Lh = [L/4]	=	1500 mm
Tinggi Penampang	: h	=	400 mm
Lebar Penampang	: b	=	300 mm
Panjang Balok	: L	=	6000 mm
Selimit Beton	: d'	=	20,75 mm
Tinggi Efektif Penampang	: d	=	370 mm
Kuat negatif Beton	: fc'	=	20,75 Mpa
Tegangan Leleh Baja Tulangan	: fy	=	280 Mpa
Modulus Elastisitas Beton	: Ec = [4700 √ fc']	=	21409,52 Mpa
Modulus Elastisitas Baja	: Es	=	200000 Mpa
Faktor Blok Tegangan	: β	=	0,85
Faktor Reduksi	: ϕ	=	0,75
Perhitungan Sengkang Daerah Tumpuan			
Kapasitas geser beton	: Vc = [1 / 6 √ fc' b d]	=	84,27 kN
Kapasitas geser Tulangan	: Vs = [Vu / ϕ] - [Vc]	=	-49,54 kN
Kapasitas Geser Maksimum	: V _{smax} = [2 / 3 √ fc' b d]	=	364,42 kN
Cek Kapasitas Geser	: Vs ≤ V _{smax}		
	-50 < 364,42	.....	OKE
Diameter Sengkang	: D		8
Luas Tulangan Sengkang	: Av = [2 π / 4 D ²]	Kaki 2	100,53 mm ²
Jarak tulangan	: s = [Av fy d / Vs]		-210,2 mm
Spasi Tulangan Maksimum	: smax = [d / 2]		185,00 mm
	= [600 mm]		600,00 mm
	= [(1200 fy Av) / (75 √ fc' bw)]		329,57 mm
	= [3 fy Av / bw]		281,49 mm
Maka Gunakan Jarak	: s		200,00 mm
Perhitungan Sengkang daerah Lapangan			
Kapasitas geser beton	: Vc = [1 / 6 √ fc' b d]	=	84,27 kN
Kapasitas geser Tulangan	: Vs = [Vu / ϕ] - [Vc]	=	-66,90 kN
Kapasitas Geser Maksimum	: V _{smax} = 14	=	364,42 kN
Cek Kapasitas Geser	: Vs ≤ V _{smax}		
	-66,90 < 364,42	.....	OKE
Diameter Sengkang	: D		8
Luas Tulangan Sengkang	: Av = [2 π / 4 D ²]	Kaki 2	100,53 mm ²
Jarak tulangan	: s = [Av fy d / Vs]		-155,67 mm
Spasi Tulangan Maksimum	: smax = [d / 2]		185,00 mm
	= [600 mm]		600,00 mm
	= [(1200 fy Av) / (75 √ fc' bw)]		329,57 mm
	= [3 fy Av / bw]		281,49 mm
Maka Gunakan Jarak	: s		250,00 mm
Kapasitas Nominal Geser			
1. Daerah Tumpuan			
Gaya Geser Maksimum	: Vu	=	26,05 kN
Kapasitas Geser Daerah Plastis	: Vn = [Av . fy . d] / [s] + [1 / 6 √ fc' . b . d]	=	136,35 kN
Geser Nominal	: ϕ Vn = [0,75 Vn]	=	102,26 kN
Kontrol	: ϕ Vn > Vu		OKE
2. Daerah Lapangan			
Gaya Geser Maksimum	: Vu	=	13,03 kN
Kapasitas Geser Daerah Plastis	: Vn = [Av . fy . d] / [s] + [1 / 6 √ fc' . b . d]	=	125,93 kN
Geser Nominal	: ϕ Vn = [0,75 Vn]	=	94,45 kN
Kontrol	: ϕ Vn > Vu		OKE
Kesimpulan			
Maka Gunakan Sengkang	:	Tumpuan	2D8-200
		Lapangan	2D8-250

RING BALOK RB3 (4.00 meter) (300)/(400)			
TULANGAN LONGITUDINAL (TUMPUAN)			
Momen Maksimum	: Mu (+)	=	17,30 kN.m
Momen Minimum	: Mu (-)	=	-32,17 kN.m
Momen Maksimum Desain	: Mu (+)	=	17,30 kN.m
Momen Maksimum Desain	: Mu (-)	=	32,17 kN.m
Tinggi Penampang	: h	=	400 mm
Lebar Penampang	: b	=	300 mm
Selimit Beton	: d'	=	30 mm
Tinggi Efektif Penampang	: d	=	370 mm
Tinggi Efektif Penampang	: d1	=	345 mm
Kuat negatif Beton	: fc'	=	20,75 Mpa
Tegangan Leleh Baja Tulangan	: fy	=	420 Mpa
Modulus Elastisitas Beton	: Ec = [4700 √ fc']	=	21409,5 Mpa
Modulus Elastisitas Baja	: Es	=	200000 Mpa
Faktor Blok Tegangan	: β	=	0,85
Faktor Reduksi	: ø	=	0,9
Perhitungan			
Rasio Tulangan Balanced	: ρ _b = [β.0.85.fc'/fy[600/[600+fy]]]	=	0,0210
Rasio Tulangan Maksimum	: ρ _{maks} = [0.75 ρ _b]	=	0,0157
Rasio Tulangan Minimum	: ρ _{min} = [1,4 / fy]	=	0,0033
Rasio Tulangan Aktual Positif			
Rasio Tul. Aktual Positif	: a = [0,59 fy ² / fc]	=	5015,71
	b = [- fy]	=	-420,00
	c = [Mu / ø b d ²]	=	0,4680
Rasio Tul. Aktual Positif	: ρ _{Positif} = [-b + √ b ² - 4 a c] / [2 a]	=	0,0011
Cek Rasio Tulangan Positif	: Gunakan Rasio Tulangan Aktual	=	0,0033
Rasio Tulangan Aktual Negatif			
Rasio Tul. Aktual negatif	: a = [0,59 fy ² / fc]	=	5015,71
	b = [- fy]	=	-420
	c = [Mu / ø b d ²]	=	0,8704
Rasio Tul. Aktual negatif	: ρ _{Negatif} = [-b + √ b ² - 4 a c] / [2 a]	=	0,0021
Cek Rasio Tulangan negatif	: Gunakan Rasio Tulangan Aktual	=	0,0033
As Tulangan			
Luas Tulangan Positif	: A _s _{Positif} = [ρ _{Positif} b d]	=	370 mm ²
Luas Tulangan negatif	: A _s _{negatif} = [ρ _{negatif} b d]	=	370 mm ²
Dia. Tulangan Positif Desain	: D	13	
Dia. Tulangan negatif Desain	: D	13	
Luas Tul. Desain Positif (+)	: A _{sd} = [π / 4 D ²]	=	132,73 mm ²
Luas Tul. Desain negatif (-)	: A _{sd} = [π / 4 D ²]	=	132,73 mm ²
Banyak Tulangan Positif (+)	: n = [A _s / A _{sd}]	=	3 Batang
	Tulangan Atas	=	3 Batang
	Tulangan Bawah	=	0 Batang
Banyak Tulangan negatif (-)	: n = [A _s / A _{sd}]	=	3 Batang
	Tulangan Atas	=	3 Batang
	Tulangan Bawah	=	0 Batang

Check Asumsi Awal untuk Faktor Reduksi ϕ			
Tulangan Positif			
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{sPositif} = [n Asd]$	= 398,197	mm^2
Tinggi Blok Tegangan	: $a = [AsPositif fy / 0.85 fc' b]$	= 31,61	mm
Tinggi Garis Netral	: $c = [a / \beta]$	= 37,19	mm
Regangan Positif Baja	: $\epsilon_s = [0.003 [[d - c] / c]$	= 0,0269	
Regangan Leleh Baja	: $\epsilon_y = [fy / Es]$	= 0,0021	
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{sPositif} = [n Asd]$	= 0,00	mm^2
Tinggi Blok Tegangan	: $a = [AsPositif fy / 0.85 fc' b]$	= 31,61	mm
Tinggi Garis Netral	: $c = [a / \beta]$	= 37,19	mm
Regangan Positif Baja	: $\epsilon_s = [0.003 [[d1 - c] / c]$	= 0,0248	
Regangan Leleh Baja	: $\epsilon_y = [fy / Es]$	= 0,0021	
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Tulangan Negatif			
Luas Tul. negatif Terpasang	: $A_{sNegatif} = [n Asd]$	= 398,20	mm^2
Tinggi Blok Tegangan	: $a = [Asnegatif fy / 0.85 fc' b]$	= 31,61	mm
Tinggi Garis Netral	: $c = [a / \beta]$	= 37,1852	mm
Regangan Positif Baja	: $\epsilon_s = [0.003 [[d - c] / c]$	= 0,0269	
Regangan Leleh Baja	: $\epsilon_y = [fy / Es]$	= 0,0021	
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{sNegatif} = [n Asd]$	= 0,00	mm^2
Tinggi Blok Tegangan	: $a = [Asnegatif fy / 0.85 fc' b]$	= 31,61	mm
Tinggi Garis Netral	: $c = [a / \beta]$	= 37,1852	mm
Regangan Positif Baja	: $\epsilon_s = [0.003 [[d - c] / c]$	= 0,0248	
Regangan Leleh Baja	: $\epsilon_y = [fy / Es]$	= 0,0021	
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Check Kapasitas Momen			
Momen Nominal Positif	: $Mn_{positif} = [As.fy[d-a/2]]+[As.fy[d1-a/2]]$	= 59,24	$kN.m$
Perbandingan Kapasitas	: $Mn \geq Mu / \phi$	59,24 > 19,22	Mampu
Momen Nominal negatif	: $Mn_{negatif} = [As.fy[d-a/2]]+[As.fy[d1-a/2]]$	= 59,24	$kN.m$
Perbandingan Kapasitas	: $Mn \geq Mu / \phi$	59,24 > 35,75	Mampu
Kesimpulan			
Maka Dapat Digunakan Tulangan Longitudinal Sebagai Berikut :			
a.	Tulangan negatif	: 3 D - 13	
b.	Tulangan Positif	: 3 D - 13	

RING BALOK RB3 (4.00 meter) (300)/(400)				
TULANGAN LONGITUDINAL (LAPANGAN)				
Momen Maksimum	: Mu (+)	=	13,42	kN.m
Momen Minimum	: Mu (-)	=	-7,41	kN.m
Momen Maksimum Desain	: Mu (+)	=	13,42	kN.m
Momen Maksimum Desain	: Mu (-)	=	7,41	kN.m
Tinggi Penampang	: h	=	400	mm
Lebar Penampang	: b	=	300	mm
Selimit Beton	: d'	=	30	mm
Tinggi Efektif Penampang	: d	=	370	mm
Tinggi Efektif Penampang	: d1	=	345	mm
Kuat negatif Beton	: fc'	=	20,75	Mpa
Tegangan Leleh Baja Tulangan	: fy	=	420	Mpa
Modulus Elastisitas Beton	: Ec = [4700 √ fc']	=	21410	Mpa
Modulus Elastisitas Baja	: Es	=	200000	Mpa
Faktor Blok Tegangan	: β	=	0,85	
Faktor Reduksi	: ø	=	0,90	
Perhitungan				
Rasio Tulangan Balanced	: ρ _b	= [β.0.85.fc'/fy[600/[600+fy]]]	=	0,0210
Rasio Tulangan Maksimum	: ρ _{maks}	= [0.75 ρ _b]	=	0,0157
Rasio Tulangan Minimum	: ρ _{min}	= [1,4 / fy]	=	0,0033
Rasio Tulangan Aktual Positif				
Rasio Tul. Aktual Positif	: a	= [0.59 fy ² / fc]	=	5015,711
	: b	= [- fy]	=	-420,00
	: c	= [Mu / ø b d ²]	=	0,3631
Rasio Tul. Aktual Positif	: ρ _{Positif}	= [-b + √ b ² - 4 a c] / [2 a]	=	0,0009
Cek Rasio Tulangan Positif	:	Gunakan Rasio Tulangan Aktual	=	0,0033
Rasio Tulangan Aktual Negatif				
Rasio Tul. Aktual negatif	: a	= [0.59 fy ² / fc]	=	5015,711
	: b	= [- fy]	=	-420
	: c	= [Mu / ø b d ²]	=	0,2003
Rasio Tul. Aktual negatif	: ρ _{Negatif}	= [-b + √ b ² - 4 a c] / [2 a]	=	0,0005
Cek Rasio Tulangan negatif	:	Gunakan Rasio Tulangan Aktual	=	0,0033
As Tulangan				
Luas Tulangan Positif	: A _{sPositif}	= [ρ _{Positif} b d]	=	370 mm ²
Luas Tulangan negatif	: A _{snegatif}	= [ρ _{negatif} b d]	=	370 mm ²
Dia. Tulangan Positif Desain	: D	13		
Dia. Tulangan negatif Desain	: D	13		
Luas Tul. Desain Positif (+)	: A _{sd}	= [π / 4 D ²]	=	132,73 mm ²
Luas Tul. Desain negatif (-)	: A _{sd}	= [π / 4 D ²]	=	132,73 mm ²
Banyak Tulangan Positif (+)	: n	= [A _s / A _{sd}]	=	3 Batang
		Tulangan Atas	=	3 Batang
		Tulangan Bawah	=	0 Batang
Banyak Tulangan negatif (-)	: n	= [A _s / A _{sd}]	=	3 Batang
		Tulangan Atas	=	3 Batang
		Tulangan Bawah	=	0 Batang

Check Asumsi Awal untuk Faktor Reduksi ϕ				
Tulangan Positif				
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{S_{\text{Positif}}}$	= [n Asd]	= 398,1969	mm^2
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{S_{\text{Positif}}} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 31,61	mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 37,19	mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d - c] / c]$]	= 0,0269	
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021	
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)				
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{S_{\text{Positif}}}$	= [n Asd]	= 0,00	mm^2
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{S_{\text{Positif}}} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 31,61	mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 37,19	mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d_1 - c] / c]$]	= 0,0248	
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021	
Tulangan Negatif				
Luas Tul. negatif Terpasang	: $A_{S_{\text{negatif}}}$	= [n Asd]	= 398,20	mm^2
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{S_{\text{negatif}}} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 31,61	mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 37,18518	mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d - c] / c]$]	= 0,0269	
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021	
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)				
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{S_{\text{Negatif}}}$	= [n Asd]	= 0,00	mm^2
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{S_{\text{negatif}}} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 31,61	mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 37,18518	mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d - c] / c]$]	= 0,0248	
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021	
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)				
Check Kapasitas Momen				
Momen Nominal Positif	: $M_{n_{\text{Positif}}}$	= [$A_s \cdot f_y [d - a/2] + [A_s \cdot f_y [d_1 - a/2]]$]	= 59,24	kN.m
Perbandingan Kapasitas	: Mn	$\geq M_u / \phi$	59,24 > 14,91	Mampu
Momen Nominal negatif	: $M_{n_{\text{negatif}}}$	= [$A_s \cdot f_y [d - a/2] + [A_s \cdot f_y [d_1 - a/2]]$]	= 59,24	kN.m
Perbandingan Kapasitas	: Mn	$\geq M_u / \phi$	59,24 > 8,23	Mampu
Kesimpulan				
Maka Dapat Digunakan Tulangan Longitudinal Sebagai Berikut :				
a.	Tulangan negatif	: 3 D - 13		
b.	Tulangan Positif	: 3 D - 13		

RING BALOK RB3 (4.00 meter) (300)/(400)			
TULANGAN TRANSVERSAL			
Data Balok			
Geser ujung kiri	: Vg-ki	=	32,54 kN
Geser ujung kanan	: Vg-ka	=	32,54 kN
Geser Maksimum Daerah Tumpuan	: Vu-max	=	32,54 kN
Geser Maks. di Daerah Lapangan	: Vu-max	=	16,27 kN
Panjang Daerah tumpuan	: Lh = [L/4]	=	1500 mm
Tinggi Penampang	: h	=	400 mm
Lebar Penampang	: b	=	300 mm
Panjang Balok	: L	=	6000 mm
Selimit Beton	: d'	=	20,75 mm
Tinggi Efektif Penampang	: d	=	370 mm
Kuat negatif Beton	: fc'	=	20,75 Mpa
Tegangan Leleh Baja Tulangan	: fy	=	280 Mpa
Modulus Elastisitas Beton	: Ec = [4700 √ fc']	=	21409,52 Mpa
Modulus Elastisitas Baja	: Es	=	200000 Mpa
Faktor Blok Tegangan	: β	=	0,85
Faktor Reduksi	: ϕ	=	0,75
Perhitungan Sengkang Daerah Tumpuan			
Kapasitas geser beton	: Vc = [1 / 6 √ fc' b d]	=	84,27 kN
Kapasitas geser Tulangan	: Vs = [Vu / ϕ] - [Vc]	=	-40,89 kN
Kapasitas Geser Maksimum	: V _{smax} = [2 / 3 √ fc' b d]	=	364,42 kN
Cek Kapasitas Geser	: Vs ≤ V _{smax} -41 < 364,42	.....OKE	
Diameter Sengkang	: D	8	
Luas Tulangan Sengkang	: Av = [2 π / 4 D ²]	Kaki 2	100,53 mm ²
Jarak tulangan	: s = [Av fy d / Vs]	= -254,7 mm	
Spasi Tulangan Maksimum	: smax = [d / 2]	= 185,00 mm	
	= [600 mm]	= 600,00 mm	
	= [(1200 fy Av) / (75 √ fc' bw)]	= 329,57 mm	
	= [3 fy Av / bw]	= 281,49 mm	
Maka Gunakan Jarak	: s	= 200,00 mm	
Perhitungan Sengkang daerah Lapangan			
Kapasitas geser beton	: Vc = [1 / 6 √ fc' b d]	=	84,27 kN
Kapasitas geser Tulangan	: Vs = [Vu / ϕ] - [Vc]	=	-62,58 kN
Kapasitas Geser Maksimum	: V _{smax} 14	=	364,42 kN
Cek Kapasitas Geser	: Vs ≤ V _{smax} -62,58 < 364,42	.....OKE	
Diameter Sengkang	: D	8	
Luas Tulangan Sengkang	: Av = [2 π / 4 D ²]	Kaki 2	100,53 mm ²
Jarak tulangan	: s = [Av fy d / Vs]	= -166,43 mm	
Spasi Tulangan Maksimum	: smax = [d / 2]	= 185,00 mm	
	= [600 mm]	= 600,00 mm	
	= [(1200 fy Av) / (75 √ fc' bw)]	= 329,57 mm	
	= [3 fy Av / bw]	= 281,49 mm	
Maka Gunakan Jarak	: s	= 250,00 mm	
Kapasitas Nominal Geser			
1. Daerah Tumpuan			
Gaya Geser Maksimum	: Vu	=	32,54 kN
Kapasitas Geser Daerah Plastis	: Vn = [Av.fy.d] / [s] + [1/6 √ fc'.b.d]	=	136,35 kN
Geser Nominal	: ϕVn = [0,75 Vn]	=	102,26 kN
Kontrol	: ϕVn > Vu	OKE	
2. Daerah Lapangan			
Gaya Geser Maksimum	: Vu	=	16,27 kN
Kapasitas Geser Daerah Plastis	: Vn = [Av.fy.d] / [s] + [1/6 √ fc'.b.d]	=	125,93 kN
Geser Nominal	: ϕVn = [0,75 Vn]	=	94,45 kN
Kontrol	: ϕVn > Vu	OKE	
Kesimpulan			
Maka Gunakan Sengkang	:	Tumpuan	2D8-200
		Lapangan	2D8-250

RING BALOK RB4 (3.00 meter) (300)/(400)			
TULANGAN LONGITUDINAL (TUMPUAN)			
Momen Maksimum	: Mu (+)	=	26,10 kN.m
Momen Minimum	: Mu (-)	=	-38,01 kN.m
Momen Maksimum Desain	: Mu (+)	=	26,10 kN.m
Momen Maksimum Desain	: Mu (-)	=	38,01 kN.m
Tinggi Penampang	: h	=	400 mm
Lebar Penampang	: b	=	300 mm
Selimit Beton	: d'	=	30 mm
Tinggi Efektif Penampang	: d	=	370 mm
Tinggi Efektif Penampang	: d1	=	345 mm
Kuat negatif Beton	: fc'	=	20,75 Mpa
Tegangan Leleh Baja Tulangan	: fy	=	420 Mpa
Modulus Elastisitas Beton	: Ec = [4700 √ fc']	=	21409,5 Mpa
Modulus Elastisitas Baja	: Es	=	200000 Mpa
Faktor Blok Tegangan	: β	=	0,85
Faktor Reduksi	: ø	=	0,9
Perhitungan			
Rasio Tulangan Balanced	: ρ _b	= [β.0.85.fc'/fy[600/[600+fy]]]	= 0,0210
Rasio Tulangan Maksimum	: ρ _{maks}	= [0.75 ρ _b]	= 0,0157
Rasio Tulangan Minimum	: ρ _{min}	= [1.4 / fy]	= 0,0033
Rasio Tulangan Aktual Positif			
Rasio Tul. Aktual Positif	: a	= [0.59 fy ² / fc]	= 5015,71
	b	= [- fy]	= -420,00
	c	= [Mu / ø b d ²]	= 0,7062
Rasio Tul. Aktual Positif	: ρ _{Positif}	= [-b + √ b ² - 4 a c] / [2 a]	= 0,0017
Cek Rasio Tulangan Positif	:	Gunakan Rasio Tulangan Aktual	= 0,0033
Rasio Tulangan Aktual Negatif			
Rasio Tul. Aktual negatif	: a	= [0.59 fy ² / fc]	= 5015,71
	b	= [- fy]	= -420
	c	= [Mu / ø b d ²]	= 1,0283
Rasio Tul. Aktual negatif	: ρ _{Negatif}	= [-b + √ b ² - 4 a c] / [2 a]	= 0,0025
Cek Rasio Tulangan negatif	:	Gunakan Rasio Tulangan Aktual	= 0,0033
As Tulangan			
Luas Tulangan Positif	: A _S _{Positif}	= [ρ _{Positif} b d]	= 370 mm ²
Luas Tulangan negatif	: A _S _{negatif}	= [ρ _{negatif} b d]	= 370 mm ²
Dia. Tulangan Positif Desain	: D	13	
Dia. Tulangan negatif Desain	: D	13	
Luas Tul. Desain Positif (+)	: A _{sd}	= [π / 4 D ²]	= 132,73 mm ²
Luas Tul. Desain negatif (-)	: A _{sd}	= [π / 4 D ²]	= 132,73 mm ²
Banyak Tulangan Positif (+)	: n	= [A _s / A _{sd}]	= 3 Batang
		Tulangan Atas	= 3 Batang
		Tulangan Bawah	= 0 Batang
Banyak Tulangan negatif (-)	: n	= [A _s / A _{sd}]	= 3 Batang
		Tulangan Atas	= 3 Batang
		Tulangan Bawah	= 0 Batang

Check Asumsi Awal untuk Faktor Reduksi ϕ			
Tulangan Positif			
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{s_{\text{Positif}}} = [n Asd]$	= 398,197	mm^2
Tinggi Blok Tegangan	: $a = [As_{\text{Positif}} f_y / 0.85 f_c' b]$	= 31,61	mm
Tinggi Garis Netral	: $c = [a / \beta]$	= 37,19	mm
Regangan Positif Baja	: $\epsilon_s = [0.003 [(d - c) / c]]$	= 0,0269	
Regangan Leleh Baja	: $\epsilon_y = [f_y / E_s]$	= 0,0021	
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{s_{\text{Positif}}} = [n Asd]$	= 0,00	mm^2
Tinggi Blok Tegangan	: $a = [As_{\text{Positif}} f_y / 0.85 f_c' b]$	= 31,61	mm
Tinggi Garis Netral	: $c = [a / \beta]$	= 37,19	mm
Regangan Positif Baja	: $\epsilon_s = [0.003 [(d_1 - c) / c]]$	= 0,0248	
Regangan Leleh Baja	: $\epsilon_y = [f_y / E_s]$	= 0,0021	
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Tulangan Negatif			
Luas Tul. negatif Terpasang	: $A_{s_{\text{Negatif}}} = [n Asd]$	= 398,20	mm^2
Tinggi Blok Tegangan	: $a = [As_{\text{Negatif}} f_y / 0.85 f_c' b]$	= 31,61	mm
Tinggi Garis Netral	: $c = [a / \beta]$	= 37,1852	mm
Regangan Positif Baja	: $\epsilon_s = [0.003 [(d - c) / c]]$	= 0,0269	
Regangan Leleh Baja	: $\epsilon_y = [f_y / E_s]$	= 0,0021	
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{s_{\text{Negatif}}} = [n Asd]$	= 0,00	mm^2
Tinggi Blok Tegangan	: $a = [As_{\text{Negatif}} f_y / 0.85 f_c' b]$	= 31,61	mm
Tinggi Garis Netral	: $c = [a / \beta]$	= 37,1852	mm
Regangan Positif Baja	: $\epsilon_s = [0.003 [(d - c) / c]]$	= 0,0248	
Regangan Leleh Baja	: $\epsilon_y = [f_y / E_s]$	= 0,0021	
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Check Kapasitas Momen			
Momen Nominal Positif	: $Mn_{\text{Positif}} = [As.fy[d-a/2]]+[As.fy[d_1-a/2]]$	= 59,24	kN.m
Perbandingan Kapasitas	: $Mn \geq Mu / \phi$	59,24 > 29,00	Mampu
Momen Nominal negatif	: $Mn_{\text{negatif}} = [As.fy[d-a/2]]+[As.fy[d_1-a/2]]$	= 59,24	kN.m
Perbandingan Kapasitas	: $Mn \geq Mu / \phi$	59,24 > 42,23	Mampu
Kesimpulan			
Maka Dapat Digunakan Tulangan Longitudinal Sebagai Berikut :			
a.	Tulangan negatif	: 3 D - 13	
b.	Tulangan Positif	: 3 D - 13	

RING BALOK RB4 (3.00 meter) (300)/(400)				
TULANGAN LONGITUDINAL (LAPANGAN)				
Momen Maksimum	: Mu (+)	=	26,86	kN.m
Momen Minimum	: Mu (-)	=	-11,99	kN.m
Momen Maksimum Desain	: Mu (+)	=	26,86	kN.m
Momen Maksimum Desain	: Mu (-)	=	11,99	kN.m
Tinggi Penampang	: h	=	400	mm
Lebar Penampang	: b	=	300	mm
Selimut Beton	: d'	=	30	mm
Tinggi Efektif Penampang	: d	=	370	mm
Tinggi Efektif Penampang	: d1	=	345	mm
Kuat negatif Beton	: fc'	=	20,75	Mpa
Tegangan Leleh Baja Tulangan	: fy	=	420	Mpa
Modulus Elastisitas Beton	: Ec = [4700 √ fc']	=	21410	Mpa
Modulus Elastisitas Baja	: Es	=	200000	Mpa
Faktor Blok Tegangan	: β	=	0,85	
Faktor Reduksi	: ø	=	0,90	
Perhitungan				
Rasio Tulangan Balanced	: ρ _b	= [β.0.85.fc'/fy[600/[600+fy]]]	=	0,0210
Rasio Tulangan Maksimum	: ρ _{maks}	= [0.75 ρ _b]	=	0,0157
Rasio Tulangan Minimum	: ρ _{min}	= [1,4 / fy]	=	0,0033
Rasio Tulangan Aktual Positif				
Rasio Tul. Aktual Positif	: a	= [0.59 fy ² / fc]	=	5015,711
	b	= [- fy]	=	-420,00
	c	= [Mu / ø b d ²]	=	0,7267
Rasio Tul. Aktual Positif	: ρ _{Positif}	= [-b + √ b ² - 4 a c] / [2 a]	=	0,0018
Cek Rasio Tulangan Positif	: Gunakan Rasio Tulangan Aktual	=	0,0033	
Rasio Tulangan Aktual Negatif				
Rasio Tul. Aktual negatif	: a	= [0.59 fy ² / fc]	=	5015,711
	b	= [- fy]	=	-420
	c	= [Mu / ø b d ²]	=	0,3244
Rasio Tul. Aktual negatif	: ρ _{Negatif}	= [-b + √ b ² - 4 a c] / [2 a]	=	0,0008
Cek Rasio Tulangan negatif	: Gunakan Rasio Tulangan Aktual	=	0,0033	
As Tulangan				
Luas Tulangan Positif	: A _s _{Positif}	= [ρ _{Positif} b d]	=	370 mm ²
Luas Tulangan negatif	: A _s _{negatif}	= [ρ _{negatif} b d]	=	370 mm ²
Dia. Tulangan Positif Desain	: D	13		
Dia. Tulangan negatif Desain	: D	13		
Luas Tul. Desain Positif (+)	: A _{sd}	= [π / 4 D ²]	=	132,73 mm ²
Luas Tul. Desain negatif (-)	: A _{sd}	= [π / 4 D ²]	=	132,73 mm ²
Banyak Tulangan Positif (+)	: n	= [A _s / A _{sd}]	=	3 Batang
		Tulangan Atas	=	3 Batang
		Tulangan Bawah	=	0 Batang
Banyak Tulangan negatif (-)	: n	= [A _s / A _{sd}]	=	3 Batang
		Tulangan Atas	=	3 Batang
		Tulangan Bawah	=	0 Batang

Check Asumsi Awal untuk Faktor Reduksi ϕ				
Tulangan Positif				
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{s_{positif}}$	= [n Asd]	= 398,1969	mm ²
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{s_{positif}} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 31,61	mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 37,19	mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d - c] / c$]	= 0,0269	
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021	
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)				
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{s_{positif}}$	= [n Asd]	= 0,00	mm ²
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{s_{positif}} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 31,61	mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 37,19	mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d_1 - c] / c$]	= 0,0248	
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021	
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)				
Tulangan Negatif				
Luas Tul. negatif Terpasang	: $A_{s_{negatif}}$	= [n Asd]	= 398,20	mm ²
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{s_{negatif}} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 31,61	mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 37,18518	mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d - c] / c$]	= 0,0269	
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021	
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)				
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{s_{negatif}}$	= [n Asd]	= 0,00	mm ²
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{s_{negatif}} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 31,61	mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 37,18518	mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d - c] / c$]	= 0,0248	
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021	
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)				
Check Kapasitas Momen				
Momen Nominal Positif	: $M_{n_{positif}}$	= [$A_s f_y [d-a/2] + [A_s f_y [d_1-a/2]]$]	= 59,24	kN.m
Perbandingan Kapasitas	: M_n	\geq M_u / ϕ		
		59,24 > 29,85		Mampu
Momen Nominal negatif	: $M_{n_{negatif}}$	= [$A_s f_y [d-a/2] + [A_s f_y [d_1-a/2]]$]	= 59,24	kN.m
Perbandingan Kapasitas	: M_n	\geq M_u / ϕ		
		59,24 > 13,32		Mampu
Kesimpulan				
Maka Dapat Digunakan Tulangan Longitudinal Sebagai Berikut :				
a.	Tulangan negatif	: 3 D - 13		
b.	Tulangan Positif	: 3 D - 13		

RING BALOK RB4 (3.00 meter) (300)/(400)			
TULANGAN TRANSVERSAL			
Data Balok			
Geser ujung kiri	: $V_g\text{-ki}$	=	-54,80 kN
Geser ujung kanan	: $V_g\text{-ka}$	=	-54,80 kN
Geser Maksimum Daerah Tumpuan	: $V_u\text{-max}$	=	54,80 kN
Geser Maks. di Daerah Lapangan	: $V_u\text{-max}$	=	27,40 kN
Panjang Daerah tumpuan	: $L_h = [L/4]$	=	1500 mm
Tinggi Penampang	: h	=	400 mm
Lebar Penampang	: b	=	300 mm
Panjang Balok	: L	=	6000 mm
Selimit Beton	: d'	=	20,75 mm
Tinggi Efektif Penampang	: d	=	370 mm
Kuat negatif Beton	: f_c'	=	20,75 Mpa
Tegangan Leleh Baja Tulangan	: f_y	=	280 Mpa
Modulus Elastisitas Beton	: $E_c = [4700 \sqrt{f_c'}]$	=	21409,52 Mpa
Modulus Elastisitas Baja	: E_s	=	200000 Mpa
Faktor Blok Tegangan	: β	=	0,85
Faktor Reduksi	: ϕ	=	0,75
Perhitungan Sengkang Daerah Tumpuan			
Kapasitas geser beton	: $V_c = [1/6 \sqrt{f_c'} b d]$	=	84,27 kN
Kapasitas geser Tulangan	: $V_s = [V_u / \phi] - [V_c]$	=	-11,21 kN
Kapasitas Geser Maksimum	: $V_{s\text{max}} = [2/3 \sqrt{f_c'} b d]$	=	364,42 kN
Cek Kapasitas Geser	: $V_s \leq V_{s\text{max}}$ -11,21 < 364,42	.....OKE	
Diameter Sengkang	: D	8	
Luas Tulangan Sengkang	: $A_v = [2 \pi / 4 D^2]$	Kaki 2	100,53 mm ²
Jarak tulangan	: $s = [A_v f_y d / V_s]$	= -929,4 mm	
Spasi Tulangan Maksimum	: $s_{\text{max}} = [d/2]$	= 185,00 mm	
		= [600 mm]	
		= [(1200 $f_y A_v$) / (75 $\sqrt{f_c' b w}$)]	
		= [3 $f_y A_v / b w$]	
Maka Gunakan Jarak	: s	= 200,00 mm	
Perhitungan Sengkang daerah Lapangan			
Kapasitas geser beton	: $V_c = [1/6 \sqrt{f_c'} b d]$	=	84,27 kN
Kapasitas geser Tulangan	: $V_s = [V_u / \phi] - [V_c]$	=	-47,74 kN
Kapasitas Geser Maksimum	: $V_{s\text{max}} = 14$	=	364,42 kN
Cek Kapasitas Geser	: $V_s \leq V_{s\text{max}}$ -47,74 < 364,42	.....OKE	
Diameter Sengkang	: D	8	
Luas Tulangan Sengkang	: $A_v = [2 \pi / 4 D^2]$	Kaki 2	100,53 mm ²
Jarak tulangan	: $s = [A_v f_y d / V_s]$	= -218,17 mm	
Spasi Tulangan Maksimum	: $s_{\text{max}} = [d/2]$	= 185,00 mm	
		= [600 mm]	
		= [(1200 $f_y A_v$) / (75 $\sqrt{f_c' b w}$)]	
		= [3 $f_y A_v / b w$]	
Maka Gunakan Jarak	: s	= 250,00 mm	
Kapasitas Nominal Geser			
1. Daerah Tumpuan			
Gaya Geser Maksimum	: V_u	=	54,80 kN
Kapasitas Geser Daerah Plastis	: $V_n = [A_v \cdot f_y \cdot d] / [s] + [1/6 \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d]$	=	136,35 kN
Geser Nominal	: $\phi V_n = [0,75 V_n]$	=	102,26 kN
Kontrol	: $\phi V_n > V_u$	OKE	
2. Daerah Lapangan			
Gaya Geser Maksimum	: V_u	=	27,40 kN
Kapasitas Geser Daerah Plastis	: $V_n = [A_v \cdot f_y \cdot d] / [s] + [1/6 \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d]$	=	125,93 kN
Geser Nominal	: $\phi V_n = [0,75 V_n]$	=	94,45 kN
Kontrol	: $\phi V_n > V_u$	OKE	
Kesimpulan			
Maka Gunakan Sengkang	:	Tumpuan	2D8-200
		Lapangan	2D8-250

RING BALOK RB5 (2.50 meter) (300)/(400)				
TULANGAN LONGITUDINAL (TUMPUAN)				
Momen Maksimum	: Mu (+)	=	30,43	kN.m
Momen Minimum	: Mu (-)	=	-45,11	kN.m
Momen Maksimum Desain	: Mu (+)	=	30,43	kN.m
Momen Maksimum Desain	: Mu (-)	=	45,11	kN.m
Tinggi Penampang	: h	=	400	mm
Lebar Penampang	: b	=	300	mm
Selimit Beton	: d'	=	30	mm
Tinggi Efektif Penampang	: d	=	370	mm
Tinggi Efektif Penampang	: d1	=	345	mm
Kuat negatif Beton	: fc'	=	20,75	Mpa
Tegangan Leleh Baja Tulangan	: fy	=	420	Mpa
Modulus Elastisitas Beton	: Ec = [4700 √ fc']	=	21409,5	Mpa
Modulus Elastisitas Baja	: Es	=	200000	Mpa
Faktor Blok Tegangan	: β	=	0,85	
Faktor Reduksi	: ø	=	0,9	
Perhitungan				
Rasio Tulangan Balanced	: ρ _b	= [β.0.85.fc'/fy[600/[600+fy]]]	=	0,0210
Rasio Tulangan Maksimum	: ρ _{maks}	= [0.75 ρ _b]	=	0,0157
Rasio Tulangan Minimum	: ρ _{min}	= [1,4 / fy]	=	0,0033
Rasio Tulangan Aktual Positif				
Rasio Tul. Aktual Positif	: a	= [0.59 fy ² / fc]	=	5015,71
	b	= [- fy]	=	-420,00
	c	= [Mu / ø b d ²]	=	0,8232
Rasio Tul. Aktual Positif	: ρ _{Positif}	= [-b + √ b ² - 4 a c] / [2 a]	=	0,0020
Cek Rasio Tulangan Positif	:	Gunakan Rasio Tulangan Aktual	=	0,0033
Rasio Tulangan Aktual Negatif				
Rasio Tul. Aktual negatif	: a	= [0.59 fy ² / fc]	=	5015,71
	b	= [- fy]	=	-420
	c	= [Mu / ø b d ²]	=	1,2204
Rasio Tul. Aktual negatif	: ρ _{Negatif}	= [-b + √ b ² - 4 a c] / [2 a]	=	0,0030
Cek Rasio Tulangan negatif	:	Gunakan Rasio Tulangan Aktual	=	0,0033
As Tulangan				
Luas Tulangan Positif	: A _{sPositif}	= [ρ _{Positif} b d]	=	370 mm ²
Luas Tulangan negatif	: A _{snegatif}	= [ρ _{negatif} b d]	=	370 mm ²
Dia. Tulangan Positif Desain	: D	13		
Dia. Tulangan negatif Desain	: D	13		
Luas Tul. Desain Positif (+)	: A _{sd}	= [π / 4 D ²]	=	132,73 mm ²
Luas Tul. Desain negatif (-)	: A _{sd}	= [π / 4 D ²]	=	132,73 mm ²
Banyak Tulangan Positif (+)	: n	= [A _s / A _{sd}]	=	3 Batang
		Tulangan Atas	=	3 Batang
		Tulangan Bawah	=	0 Batang
Banyak Tulangan negatif (-)	: n	= [A _s / A _{sd}]	=	3 Batang
		Tulangan Atas	=	3 Batang
		Tulangan Bawah	=	0 Batang

Check Asumsi Awal untuk Faktor Reduksi ϕ			
Tulangan Positif			
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{sPositif}$	= [n Asd]	= 398,197 mm²
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{sPositif} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 31,61 mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 37,19 mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d - c] / c$]	= 0,0269
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{sPositif}$	= [n Asd]	= 0,00 mm²
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{sPositif} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 31,61 mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 37,19 mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d_1 - c] / c$]	= 0,0248
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Tulangan Negatif			
Luas Tul. negatif Terpasang	: $A_{sNegatif}$	= [n Asd]	= 398,20 mm²
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{sNegatif} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 31,61 mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 37,1852 mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d - c] / c$]	= 0,0269
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{sNegatif}$	= [n Asd]	= 0,00 mm²
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{sNegatif} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 31,61 mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 37,1852 mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d - c] / c$]	= 0,0248
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Check Kapasitas Momen			
Momen Nominal Positif	: $M_{nPositif}$	= [$A_s f_y [d-a/2] + [A_s f_y [d_1-a/2]]$]	= 59,24 kN.m
Perbandingan Kapasitas	: Mn	$\geq Mu / \phi$	
	59,24	> 33,81	Mampu
Momen Nominal negatif	: $M_{nNegatif}$	= [$A_s f_y [d-a/2] + [A_s f_y [d_1-a/2]]$]	= 59,24 kN.m
Perbandingan Kapasitas	: Mn	$\geq Mu / \phi$	
	59,24	> 50,12	Mampu
Kesimpulan			
Maka Dapat Digunakan Tulangan Longitudinal Sebagai Berikut :			
a.	Tulangan negatif	: 3 D - 13	
b.	Tulangan Positif	: 3 D - 13	

RING BALOK RB5 (2.50 meter) (300)/(400)

TULANGAN LONGITUDINAL (LAPANGAN)

Momen Maksimum	: $M_u (+)$	=	6,05	kN.m
Momen Minimum	: $M_u (-)$	=	-11,74	kN.m
Momen Maksimum Desain	: $M_u (+)$	=	6,05	kN.m
Momen Maksimum Desain	: $M_u (-)$	=	11,74	kN.m
Tinggi Penampang	: h	=	400	mm
Lebar Penampang	: b	=	300	mm
Selimit Beton	: d'	=	30	mm
Tinggi Efektif Penampang	: d	=	370	mm
Tinggi Efektif Penampang	: $d1$	=	345	mm
Kuat negatif Beton	: f_c'	=	20,75	Mpa
Tegangan Leleh Baja Tulangan	: f_y	=	420	Mpa
Modulus Elastisitas Beton	: $E_c = [4700 \sqrt{f_c'}]$	=	21410	Mpa
Modulus Elastisitas Baja	: E_s	=	200000	Mpa
Faktor Blok Tegangan	: β	=	0,85	
Faktor Reduksi	: ϕ	=	0,90	
Perhitungan				
Rasio Tulangan Balanced	: $\rho_b = [\beta \cdot 0.85 \cdot f_c' / f_y [600 / [600 + f_y]]]$	=	0,0210	
Rasio Tulangan Maksimum	: $\rho_{maks} = [0.75 \rho_b]$	=	0,0157	
Rasio Tulangan Minimum	: $\rho_{min} = [1.4 / f_y]$	=	0,0033	
Rasio Tulangan Aktual Positif				
Rasio Tul. Aktual Positif	: $a = [0.59 f_y^2 / f_c]$	=	5015,711	
	: $b = [- f_y]$	=	-420,00	
	: $c = [M_u / \phi b d^2]$	=	0,1636	
Rasio Tul. Aktual Positif	: $\rho_{Positif} = [-b + \sqrt{b^2 - 4 a c}] / [2 a]$	=	0,0004	
Cek Rasio Tulangan Positif	: Gunakan Rasio Tulangan Aktual	=	0,0033	
Rasio Tulangan Aktual Negatif				
Rasio Tul. Aktual negatif	: $a = [0.59 f_y^2 / f_c]$	=	5015,711	
	: $b = [- f_y]$	=	-420	
	: $c = [M_u / \phi b d^2]$	=	0,3175	
Rasio Tul. Aktual negatif	: $\rho_{Negatif} = [-b + \sqrt{b^2 - 4 a c}] / [2 a]$	=	0,0008	
Cek Rasio Tulangan negatif	: Gunakan Rasio Tulangan Aktual	=	0,0033	
As Tulangan				
Luas Tulangan Positif	: $A_{sPositif} = [\rho_{Positif} b d]$	=	370	mm ²
Luas Tulangan negatif	: $A_{snegatif} = [\rho_{negatif} b d]$	=	370	mm ²
Dia. Tulangan Positif Desain	: D	13		
Dia. Tulangan negatif Desain	: D	13		
Luas Tul. Desain Positif (+)	: $A_{sd} = [\pi / 4 D^2]$	=	132,73	mm ²
Luas Tul. Desain negatif (-)	: $A_{sd} = [\pi / 4 D^2]$	=	132,73	mm ²
Banyak Tulangan Positif (+)	: $n = [A_s / A_{sd}]$	=	3	Batang
	Tulangan Atas	=	3	Batang
	Tulangan Bawah	=	0	Batang
Banyak Tulangan negatif (-)	: $n = [A_s / A_{sd}]$	=	3	Batang
	Tulangan Atas	=	3	Batang
	Tulangan Bawah	=	0	Batang

Check Asumsi Awal untuk Faktor Reduksi ϕ			
Tulangan Positif			
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{s_{positif}} = [n Asd]$	= 398,1969	mm^2
Tinggi Blok Tegangan	: $a = [As_{positif} f_y / 0.85 f_c' b]$	= 31,61	mm
Tinggi Garis Netral	: $c = [a / \beta]$	= 37,19	mm
Regangan Positif Baja	: $\epsilon_s = [0.003 [(d - c) / c]]$	= 0,0269	
Regangan Leleh Baja	: $\epsilon_y = [f_y / E_s]$	= 0,0021	
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{s_{positif}} = [n Asd]$	= 0,00	mm^2
Tinggi Blok Tegangan	: $a = [As_{positif} f_y / 0.85 f_c' b]$	= 31,61	mm
Tinggi Garis Netral	: $c = [a / \beta]$	= 37,19	mm
Regangan Positif Baja	: $\epsilon_s = [0.003 [(d_1 - c) / c]]$	= 0,0248	
Regangan Leleh Baja	: $\epsilon_y = [f_y / E_s]$	= 0,0021	
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Tulangan Negatif			
Luas Tul. negatif Terpasang	: $A_{s_{negatif}} = [n Asd]$	= 398,20	mm^2
Tinggi Blok Tegangan	: $a = [As_{negatif} f_y / 0.85 f_c' b]$	= 31,61	mm
Tinggi Garis Netral	: $c = [a / \beta]$	= 37,18518	mm
Regangan Positif Baja	: $\epsilon_s = [0.003 [(d - c) / c]]$	= 0,0269	
Regangan Leleh Baja	: $\epsilon_y = [f_y / E_s]$	= 0,0021	
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{s_{negatif}} = [n Asd]$	= 0,00	mm^2
Tinggi Blok Tegangan	: $a = [As_{negatif} f_y / 0.85 f_c' b]$	= 31,61	mm
Tinggi Garis Netral	: $c = [a / \beta]$	= 37,18518	mm
Regangan Positif Baja	: $\epsilon_s = [0.003 [(d - c) / c]]$	= 0,0248	
Regangan Leleh Baja	: $\epsilon_y = [f_y / E_s]$	= 0,0021	
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Check Kapasitas Momen			
Momen Nominal Positif	: $M_{n_{positif}} = [As.f_y[d-a/2]]+[As.f_y[d_1-a/2]]$	= 59,24	kN.m
Perbandingan Kapasitas	: $M_n \geq M_u / \phi$	59,24 > 6,72	Mampu
Momen Nominal negatif	: $M_{n_{negatif}} = [As.f_y[d-a/2]]+[As.f_y[d_1-a/2]]$	= 59,24	kN.m
Perbandingan Kapasitas	: $M_n \geq M_u / \phi$	59,24 > 13,04	Mampu
Kesimpulan			
Maka Dapat Digunakan Tulangan Longitudinal Sebagai Berikut :			
a.	Tulangan negatif	: 3 D - 13	
b.	Tulangan Positif	: 3 D - 13	

RING BALOK RB5 (2.50 meter) (300)/(400)

TULANGAN TRANSVERSAL

Data Balok

Geser ujung kiri	: $V_g\text{-ki}$	=	48,47	kN
Geser ujung kanan	: $V_g\text{-ka}$	=	48,47	kN
Geser Maksimum Daerah Tumpuan	: $V_u\text{-max}$	=	48,47	kN
Geser Maks. di Daerah Lapangan	: $V_u\text{-max}$	=	24,24	kN
Panjang Daerah tumpuan	: $L_h = [L/4]$	=	1500	mm
Tinggi Penampang	: h	=	400	mm
Lebar Penampang	: b	=	300	mm
Panjang Balok	: L	=	6000	mm
Selimit Beton	: d'	=	20,75	mm
Tinggi Efektif Penampang	: d	=	370	mm
Kuat negatif Beton	: fc'	=	20,75	Mpa
Tegangan Leleh Baja Tulangan	: fy	=	280	Mpa
Modulus Elastisitas Beton	: $Ec = [4700 \sqrt{fc'}]$	=	21409,52	Mpa
Modulus Elastisitas Baja	: Es	=	200000	Mpa
Faktor Blok Tegangan	: β	=	0,85	
Faktor Reduksi	: ϕ	=	0,75	

Perhitungan Sengkang Daerah Tumpuan

Kapasitas geser beton	: $V_c = [1/6 \sqrt{fc'} b d]$	=	84,27	kN
Kapasitas geser Tulangan	: $V_s = [V_u / \phi] - [V_c]$	=	-19,64	kN
Kapasitas Geser Maksimum	: $V_{smax} = [2/3 \sqrt{fc'} b d]$	=	364,42	kN
Cek Kapasitas Geser	: $V_s \leq V_{smax}$ -20 < 364,42	.....OKE		
Diameter Sengkang	: D	8		
Luas Tulangan Sengkang	: $A_v = [2 \pi / 4 D^2]$	Kaki 2	100,53	mm ²
Jarak tulangan	: $s = [A_v fy d / V_s]$	=	-530,3	mm
Spasi Tulangan Maksimum	: $s_{max} = [d/2]$	=	185,00	mm
	= [600 mm]	=	600,00	mm
	= $[(1200 fy Av) / (75 \sqrt{fc'} bw)]$	=	329,57	mm
	= $[3 fy Av / bw]$	=	281,49	mm
Maka Gunakan Jarak	: s	=	200,00	mm

Perhitungan Sengkang daerah Lapangan

Kapasitas geser beton	: $V_c = [1/6 \sqrt{fc'} b d]$	=	84,27	kN
Kapasitas geser Tulangan	: $V_s = [V_u / \phi] - [V_c]$	=	-51,96	kN
Kapasitas Geser Maksimum	: $V_{smax} = 14$	=	364,42	kN
Cek Kapasitas Geser	: $V_s \leq V_{smax}$ -51,96 < 364,42	.....OKE		
Diameter Sengkang	: D	8		
Luas Tulangan Sengkang	: $A_v = [2 \pi / 4 D^2]$	Kaki 2	100,53	mm ²
Jarak tulangan	: $s = [A_v fy d / V_s]$	=	-200,46	mm
Spasi Tulangan Maksimum	: $s_{max} = [d/2]$	=	185,00	mm
	= [600 mm]	=	600,00	mm
	= $[(1200 fy Av) / (75 \sqrt{fc'} bw)]$	=	329,57	mm
	= $[3 fy Av / bw]$	=	281,49	mm
Maka Gunakan Jarak	: s	=	250,00	mm

Kapasitas Nominal Geser

1. Daerah Tumpuan				
Gaya Geser Maksimum	: V_u	=	48,47	kN
Kapasitas Geser Daerah Plastis	: $V_n = [A_v fy d] / [s] + [1/6 \sqrt{fc'} b d]$	=	136,35	kN
Geser Nominal	: $\phi V_n = [0,75 V_n]$	=	102,26	kN
Kontrol	: $\phi V_n > V_u$		OKE	
2. Daerah Lapangan				
Gaya Geser Maksimum	: V_u	=	24,24	kN
Kapasitas Geser Daerah Plastis	: $V_n = [A_v fy d] / [s] + [1/6 \sqrt{fc'} b d]$	=	125,93	kN
Geser Nominal	: $\phi V_n = [0,75 V_n]$	=	94,45	kN
Kontrol	: $\phi V_n > V_u$		OKE	

Kesimpulan

Maka Gunakan Sengkang	:	Tumpuan	2D8-200
		Lapangan	2D8-250

RING BALOK RBa (250)/(300)				
TULANGAN LONGITUDINAL (TUMPUAN)				
Momen Maksimum	: $M_u (+)$	=	0,01	kN.m
Momen Minimum	: $M_u (-)$	=	-0,06	kN.m
Momen Maksimum Desain	: $M_u (+)$	=	0,01	kN.m
Momen Maksimum Desain	: $M_u (-)$	=	0,06	kN.m
Tinggi Penampang	: h	=	300	mm
Lebar Penampang	: b	=	250	mm
Selimit Beton	: d'	=	30	mm
Tinggi Efektif Penampang	: d	=	270	mm
Tinggi Efektif Penampang	: d_1	=	245	mm
Kuat negatif Beton	: f_c'	=	20,75	Mpa
Tegangan Leleh Baja Tulangan	: f_y	=	420	Mpa
Modulus Elastisitas Beton	: $E_c = [4700 \sqrt{f_c'}]$	=	21409,5	Mpa
Modulus Elastisitas Baja	: E_s	=	200000	Mpa
Faktor Blok Tegangan	: β	=	0,85	
Faktor Reduksi	: ϕ	=	0,9	
Perhitungan				
Rasio Tulangan Balanced	: $\rho_b = [\beta \cdot 0,85 \cdot f_c' / f_y [600 / [600 + f_y]]]$	=	0,0210	
Rasio Tulangan Maksimum	: $\rho_{maks} = [0,75 \rho_b]$	=	0,0157	
Rasio Tulangan Minimum	: $\rho_{min} = [1,4 / f_y]$	=	0,0033	
Rasio Tulangan Aktual Positif				
Rasio Tul. Aktual Positif	: $a = [0,59 f_y d^2 / f_c]$	=	5015,71	
	$b = [- f_y]$	=	-420,00	
	$c = [M_u / \phi b d^2]$	=	0,0005	
Rasio Tul. Aktual Positif	: $\rho_{Positif} = [-b + \sqrt{b^2 - 4 a c}] / [2 a]$	=	0,0000	
Cek Rasio Tulangan Positif	: Gunakan Rasio Tulangan Aktual	=	0,0033	
Rasio Tulangan Aktual Negatif				
Rasio Tul. Aktual negatif	: $a = [0,59 f_y d^2 / f_c]$	=	5015,71	
	$b = [- f_y]$	=	-420	
	$c = [M_u / \phi b d^2]$	=	0,0037	
Rasio Tul. Aktual negatif	: $\rho_{Negatif} = [-b + \sqrt{b^2 - 4 a c}] / [2 a]$	=	0,0000	
Cek Rasio Tulangan negatif	: Gunakan Rasio Tulangan Aktual	=	0,0033	
As Tulangan				
Luas Tulangan Positif	: $A_{sPositif} = [\rho_{Positif} b d]$	=	225	mm²
Luas Tulangan negatif	: $A_{sNegatif} = [\rho_{negatif} b d]$	=	225	mm²
Dia. Tulangan Positif Desain	: D	13		
Dia. Tulangan negatif Desain	: D	13		
Luas Tul. Desain Positif (+)	: $A_{sd} = [\pi / 4 D^2]$	=	132,73	mm²
Luas Tul. Desain negatif (-)	: $A_{sd} = [\pi / 4 D^2]$	=	132,73	mm²
Banyak Tulangan Positif (+)	: $n = [A_s / A_{sd}]$	=	2	Batang
		Tulangan Atas	=	2 Batang
		Tulangan Bawah	=	0 Batang
Banyak Tulangan negatif (-)	: $n = [A_s / A_{sd}]$	=	2	Batang
		Tulangan Atas	=	2 Batang
		Tulangan Bawah	=	0 Batang

Check Asumsi Awal untuk Faktor Reduksi ϕ			
Tulangan Positif			
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{sPositif}$	= [n Asd]	= 265,465 mm^2
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{sPositif} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 25,29 mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 29,75 mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d - c] / c$]	= 0,0242
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{sPositif}$	= [n Asd]	= 0,00 mm^2
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{sPositif} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 25,29 mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 29,75 mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d_1 - c] / c$]	= 0,0217
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Tulangan Negatif			
Luas Tul. negatif Terpasang	: $A_{sNegatif}$	= [n Asd]	= 265,46 mm^2
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{sNegatif} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 25,29 mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 29,7481 mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d - c] / c$]	= 0,0242
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{sNegatif}$	= [n Asd]	= 0,00 mm^2
Tinggi Blok Tegangan	: a	= [$A_{sNegatif} f_y / 0.85 f_c' b$]	= 25,29 mm
Tinggi Garis Netral	: c	= [a / β]	= 29,7481 mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= [$0.003 [[d - c] / c$]	= 0,0217
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= [f_y / E_s]	= 0,0021
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Check Kapasitas Momen			
Momen Nominal Positif	: $M_{nPositif}$	= [$A_s f_y [d-a/2] + [A_s f_y [d_1-a/2]]$]	= 28,69 kN.m
Perbandingan Kapasitas	: M_n	$\geq M_u / \phi$	
	28,69	> 0,01	Mampu
Momen Nominal negatif	: $M_{nNegatif}$	= [$A_s f_y [d-a/2] + [A_s f_y [d_1-a/2]]$]	= 28,69 kN.m
Perbandingan Kapasitas	: M_n	$\geq M_u / \phi$	
	28,69	> 0,07	Mampu
Kesimpulan			
Maka Dapat Digunakan Tulangan Longitudinal Sebagai Berikut :			
a.	Tulangan negatif	: 2 D - 13	
b.	Tulangan Positif	: 2 D - 13	

RING BALOK RBa (250)/(300)				
TULANGAN LONGITUDINAL (LAPANGAN)				
Momen Maksimum	: Mu (+)	=	0,03	kN.m
Momen Minimum	: Mu (-)	=	-0,01	kN.m
Momen Maksimum Desain	: Mu (+)	=	0,03	kN.m
Momen Maksimum Desain	: Mu (-)	=	0,01	kN.m
Tinggi Penampang	: h	=	300	mm
Lebar Penampang	: b	=	250	mm
Selimit Beton	: d'	=	30	mm
Tinggi Efektif Penampang	: d	=	270	mm
Tinggi Efektif Penampang	: d1	=	245	mm
Kuat negatif Beton	: fc'	=	20,75	Mpa
Tegangan Leleh Baja Tulangan	: fy	=	420	Mpa
Modulus Elastisitas Beton	: Ec = [4700 √ fc']	=	21410	Mpa
Modulus Elastisitas Baja	: Es	=	200000	Mpa
Faktor Blok Tegangan	: β	=	0,85	
Faktor Reduksi	: ø	=	0,90	
Perhitungan				
Rasio Tulangan Balanced	: ρ _b	= [β · 0.85 · fc' / fy [600 / [600 + fy]]]	=	0,0210
Rasio Tulangan Maksimum	: ρ _{maks}	= [0.75 ρ _b]	=	0,0157
Rasio Tulangan Minimum	: ρ _{min}	= [1.4 / fy]	=	0,0033
Rasio Tulangan Aktual Positif				
Rasio Tul. Aktual Positif	: a	= [0.59 fy ² / fc']	=	5015,711
	b	= [- fy]	=	-420,00
	c	= [Mu / ø b d ²]	=	0,0018
Rasio Tul. Aktual Positif	ρ _{Positif}	= [-b + √ b ² - 4 a c] / [2 a]	=	0,0000
Cek Rasio Tulangan Positif	:	Gunakan Rasio Tulangan Aktual	=	0,0033
Rasio Tulangan Aktual Negatif				
Rasio Tul. Aktual negatif	: a	= [0.59 fy ² / fc']	=	5015,711
	b	= [- fy]	=	-420
	c	= [Mu / ø b d ²]	=	0,0006
Rasio Tul. Aktual negatif	ρ _{Negatif}	= [-b + √ b ² - 4 a c] / [2 a]	=	0,0000
Cek Rasio Tulangan negatif	:	Gunakan Rasio Tulangan Aktual	=	0,0033
As Tulangan				
Luas Tulangan Positif	: A _{sPositif}	= [ρ _{Positif} b d]	=	225 mm ²
Luas Tulangan negatif	: A _{snegatif}	= [ρ _{negatif} b d]	=	225 mm ²
Dia. Tulangan Positif Desain	: D	13		
Dia. Tulangan negatif Desain	: D	13		
Luas Tul. Desain Positif (+)	: A _{sd}	= [π / 4 D ²]	=	132,73 mm ²
Luas Tul. Desain negatif (-)	: A _{sd}	= [π / 4 D ²]	=	132,73 mm ²
Banyak Tulangan Positif (+)	: n	= [A _s / A _{sd}]	=	2 Batang
		Tulangan Atas	=	2 Batang
		Tulangan Bawah	=	0 Batang
Banyak Tulangan negatif (-)	: n	= [A _s / A _{sd}]	=	2 Batang
		Tulangan Atas	=	2 Batang
		Tulangan Bawah	=	0 Batang

Check Asumsi Awal untuk Faktor Reduksi ϕ			
Tulangan Positif			
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{s_{positif}}$	= $[n Asd]$	= 265,4646 mm^2
Tinggi Blok Tegangan	: a	= $[As_{positif} f_y / 0.85 f_c' b]$	= 25,29 mm
Tinggi Garis Netral	: c	= $[a / \beta]$	= 29,75 mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= $[0.003 [(d - c) / c]]$	= 0,0242
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= $[f_y / E_s]$	= 0,0021
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{s_{positif}}$	= $[n Asd]$	= 0,00 mm^2
Tinggi Blok Tegangan	: a	= $[As_{positif} f_y / 0.85 f_c' b]$	= 25,29 mm
Tinggi Garis Netral	: c	= $[a / \beta]$	= 29,75 mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= $[0.003 [(d_1 - c) / c]]$	= 0,0217
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= $[f_y / E_s]$	= 0,0021
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Tulangan Negatif			
Luas Tul. negatif Terpasang	: $A_{s_{negatif}}$	= $[n Asd]$	= 265,46 mm^2
Tinggi Blok Tegangan	: a	= $[As_{negatif} f_y / 0.85 f_c' b]$	= 25,29 mm
Tinggi Garis Netral	: c	= $[a / \beta]$	= 29,74815 mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= $[0.003 [(d - c) / c]]$	= 0,0242
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= $[f_y / E_s]$	= 0,0021
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Luas Tul. Positif Terpasang	: $A_{s_{negatif}}$	= $[n Asd]$	= 0,00 mm^2
Tinggi Blok Tegangan	: a	= $[As_{negatif} f_y / 0.85 f_c' b]$	= 25,29 mm
Tinggi Garis Netral	: c	= $[a / \beta]$	= 29,74815 mm
Regangan Positif Baja	: ϵ_s	= $[0.003 [(d - c) / c]]$	= 0,0217
Regangan Leleh Baja	: ϵ_y	= $[f_y / E_s]$	= 0,0021
Tulangan Baja Telah Leleh (Asumsi Sesuai)			
Check Kapasitas Momen			
Momen Nominal Positif	: $M_{n_{positif}}$	= $[As.f_y[d-a/2]]+[As.f_y[d_1-a/2]]$	= 28,69 $kN.m$
Perbandingan Kapasitas	: M_n	$\geq M_u / \phi$	
	28,69	$> 0,03$	Mampu
Momen Nominal negatif	: $M_{n_{negatif}}$	= $[As.f_y[d-a/2]]+[As.f_y[d_1-a/2]]$	= 28,69 $kN.m$
Perbandingan Kapasitas	: M_n	$\geq M_u / \phi$	
	28,69	$> 0,01$	Mampu
Kesimpulan			
Maka Dapat Digunakan Tulangan Longitudinal Sebagai Berikut :			
a.	Tulangan negatif	: 2 D - 13	
b.	Tulangan Positif	: 2 D - 13	

RING BALOK RBa (250)/(300)

TULANGAN TRANSVERSAL

Data Balok

Geser ujung kiri	: $V_g\text{-ki}$	=	0,07	kN
Geser ujung kanan	: $V_g\text{-ka}$	=	0,07	kN
Geser Maksimum Daerah Tumpuan	: $V_u\text{-max}$	=	0,07	kN
Geser Maks. di Daerah Lapangan	: $V_u\text{-max}$	=	0,04	kN
Panjang Daerah tumpuan	: $L_h = [L/4]$	=	1500	mm
Tinggi Penampang	: h	=	300	mm
Lebar Penampang	: b	=	250	mm
Panjang Balok	: L	=	6000	mm
Selimit Beton	: d'	=	20,75	mm
Tinggi Efektif Penampang	: d	=	270	mm
Kuat negatif Beton	: f_c'	=	20,75	Mpa
Tegangan Leleh Baja Tulangan	: f_y	=	280	Mpa
Modulus Elastisitas Beton	: $E_c = [4700 \sqrt{f_c'}]$	=	21409,52	Mpa
Modulus Elastisitas Baja	: E_s	=	200000	Mpa
Faktor Blok Tegangan	: β	=	0,85	
Faktor Reduksi	: ϕ	=	0,75	

Perhitungan Sengkang Daerah Tumpuan

Kapasitas geser beton	: $V_c = [1/6 \sqrt{f_c'} b d]$	=	51,25	kN
Kapasitas geser Tulangan	: $V_s = [V_u / \phi] - [V_c]$	=	-51,15	kN
Kapasitas Geser Maksimum	: $V_{smax} = [2/3 \sqrt{f_c'} b d]$	=	227,76	kN
Cek Kapasitas Geser	: $V_s \leq V_{smax}$ -51,15 < 227,76			.....OKE
Diameter Sengkang	: D		8	
Luas Tulangan Sengkang	: $A_v = [2 \pi / 4 D^2]$			Kaki 2 100,53 mm ²
Jarak tulangan	: $s = [A_v f_y d / V_s]$			= -148,6 mm
Spasi Tulangan Maksimum	: $s_{max} = [d/2]$			= 135,00 mm
				= [600 mm]
				= [(1200 $f_y A_v$) / (75 $\sqrt{f_c' b w}$)]
				= 395,48 mm
				= [3 $f_y A_v / b w$]
				= 337,78 mm
Maka Gunakan Jarak	: s			= 200,00 mm

Perhitungan Sengkang daerah Lapangan

Kapasitas geser beton	: $V_c = [1/6 \sqrt{f_c'} b d]$	=	51,25	kN
Kapasitas geser Tulangan	: $V_s = [V_u / \phi] - [V_c]$	=	-51,20	kN
Kapasitas Geser Maksimum	: $V_{smax} = 14$	=	227,76	kN
Cek Kapasitas Geser	: $V_s \leq V_{smax}$ -51,20 < 227,76			.....OKE
Diameter Sengkang	: D		8	
Luas Tulangan Sengkang	: $A_v = [2 \pi / 4 D^2]$			Kaki 2 100,53 mm ²
Jarak tulangan	: $s = [A_v f_y d / V_s]$			= -148,45 mm
Spasi Tulangan Maksimum	: $s_{max} = [d/2]$			= 135,00 mm
				= [600 mm]
				= [(1200 $f_y A_v$) / (75 $\sqrt{f_c' b w}$)]
				= 395,48 mm
				= [3 $f_y A_v / b w$]
				= 337,78 mm
Maka Gunakan Jarak	: s			= 250,00 mm

Kapasitas Nominal Geser

1. Daerah Tumpuan				
Gaya Geser Maksimum	: V_u	=	0,07	kN
Kapasitas Geser Daerah Plastis	: $V_n = [A_v f_y d] / [s] + [1/6 \sqrt{f_c'} b d]$	=	89,25	kN
Geser Nominal	: $\phi V_n = [0,75 V_n]$	=	66,94	kN
Kontrol	: $\phi V_n > V_u$			OKE
2. Daerah Lapangan				
Gaya Geser Maksimum	: V_u	=	0,04	kN
Kapasitas Geser Daerah Plastis	: $V_n = [A_v f_y d] / [s] + [1/6 \sqrt{f_c'} b d]$	=	81,65	kN
Geser Nominal	: $\phi V_n = [0,75 V_n]$	=	61,24	kN
Kontrol	: $\phi V_n > V_u$			OKE

Kesimpulan

Maka Gunakan Sengkang	:	Tumpuan	2D8-200
		Lapangan	2D8-250

C. KOLOM

PERANCANGAN TULANGAN LENTUR KOLOM		
Data Kolom		
Tinggi Penampang	: h	400 mm
Lebar Penampang	: b	350 mm
Tinggi Kolom	: Ln	4200 mm
Selimit Beton	: d'	30 mm
Tinggi Efektif Penampang	: d	370 mm
Luas Penampang	: Ag = [b h]	140000 mm ²
Luas Modular	: At = [Ag + [n - 1] [As + As']]	168381 mm ²
Titik Pusat Penampang	: y = [Ag h / 2 + [n - 1] [As d + As' d'] / [At]	200,0 mm
Data Material		
Kuat Tekan Beton	: fc'	20,75 Mpa
Tegangan Leleh Baja Tulangan	: fy	420 Mpa
Modulus Elastisitas Beton	: Ec = [4700 √ fc']	21409,52 Mpa
Modulus Elastisitas Baja	: Es	200000 Mpa
Regangan Ultimate Beton	: εc	0,0030
Regangan Leleh Baja	: εy = [fy / Es]	0,0021
Faktor Blok Tegangan	: β	0,85
Modular Rasio	: n = [Es / Ec]	9,34
Tulangan Lentur Kolom		
Diameter Tulangan	: D	19 mm
Jumlah Tulangan	: n	12 Buah
Luas Tulangan Tekan	: ∑ As'	1701 mm ²
Luas Tulangan Tarik	: ∑ As	1701 mm ²
Luas Tulangan Total	: Ast	3402,3 mm ²
Pemeriksaan Luas Tulangan Lentur		
Rasio Tulangan Lentur	: ρ = [Ast / Ag]	2,43%
Rasio Tulangan Maksimum	: ρmin	1,00%
Rasio Tulangan Minimum	: ρmax	6,00%
Kontrol Rasio Tulangan	: ρmin < ρ < ρmax 1,0% < 2,43% < 6,00%	OKE
Faktor Reduksi Kekuatan		
Aksial Tekan Lentur	: oc	0,65
Aksial Tarik Lentur	: ot	0,80
Reduksi Lentur	: ob	0,80
Reduksi Geser	: ov	0,75
ANALISIS PERHITUNGAN		
Aksial Tekan Murni		
Kuat Tekan Beton	: Cc = [0.85 fc' [Ag - ∑ Ast]	2409,241 kN
Kuat Tekan Tulangan	: Cs = [∑ Ast fy]	1428,985 kN
Beban Aksial Tekan Murni	: Po = [Cc + Cs]	3838,226 kN
Beban Aksial Tekan Nominal	: Pnmax = [0.8 Po]	3070,581 kN

Keruntuhan Seimbang			
Garis Netral Balanced	: c_b	= $[\epsilon_c d] / [\epsilon_c + \epsilon_y]$	217,6 mm
Blok Tegangan Balanced	: a_b	= $[\beta c]$	185,0 mm
Gaya Tekan Beton Balanced	: C_{cb}	= $[0.85 f_c' a b]$	1142,03 kN
Gaya Tekan Tul. Balanced	: T_{si}	= $[\sum T_{si}]$	453,80 kN
Momen Beton Balanced	: M_{ccb}	= $[C_{cb} [y - 0.5 a b]]$	122,77 kN.m
Momen Tulangan Balanced	: MT_{sb}	= $[\sum MT_{sib}]$	112,51 kN.m
Beban Aksial Nominal Balanced	: P_{nb}	= $[C_{cb} + \sum T_{si}]$	1595,83 kN
	: M_{nb}	= $[M_{ccb} + MT_{sb}]$	235,28 kN.m
Eksentrisitas Balanced	: e_b	= $[M_{nb} / P_{nb}]$	147,44 mm
Lentur Murni			
Garis Netral Lentur Murni	: c		81,27 mm
Blok Tegangan Lentur Murni	: a	= $[\beta c]$	69,08 mm
Gaya Tekan Beton Murni	: C_c	= $[0.85 f_c' a b]$	426,43 kN
Gaya Tulangan Lentr Murni	: T_{si}	= $[\sum T_{si}]$	- 426,4 kN
Momen Beton Lentur Murni	: M_c	= $[y - 0.5 a] C_c$	70,56 kN
Momen Tul. Lentur Murni	: MT_s	= $[\sum MT_{si}]$	101,46 kN
Momen Lentur Murni	: M_n	= $M_{cc} + MT_s$	172,02 kN
Aksial Tarik Murni			
Beban Aksial Tarik Nominal	: $P_{n_{min}}$	= $[\sum A_{st} -f_y]$	-1428,985 kN
Kapasitas Nominal			
Aksial Maksimum Rencana	: ϕP_o	= $[0.65 P_o]$	2494,85 kN
Aksial Tekan Rencana Max	: $\phi P_{n_{max}}$	= $[0.65 P_n]$	1995,88 kN
Aksial Rencana Balanced	: ϕP_{nb}	= $[0.65 P_{nb}]$	1037,288 kN
Momen Rencana Balanced	: ϕM_{nb}	= $[0.80 M_{nb}]$	188,2258 kN.m
Aksial Tarik Rencana	: ϕM_n	= $[0.80 M_n]$	137,62 kN.m
Aksial Rencana Minimum	: $\phi P_{n_{min}}$	= $[0.8 P_{n_{min}}]$	-1143,2 kN

Baris	Luas Tulangan		Lokasi Tulangan	Spasi Tulangan
	Tulangan	As _i (mm ²)	d _i (mm)	s (mm)
1	4 D19	1134,11	30,00	
2	2 D19	567,06	115,00	85,0
3	2 D19	567,06	200,00	85,0
4	4 D19	1134,11	285,00	85,0
5	0 D19	-	-	85,0
6	0 D19	-	-	85,0
7	0 D19	-	-	85,0
8	0 D19	-	-	85,0
9	0 D19	-	-	85,0
10	0 D19	-	-	85,0
11	0 D19	-	-	85,0
12	0 D19	-	-	85,0
13	0 D19	-	-	85,0
14	0 D19	-	-	85,0
15	0 D19	-	-	85,0
16	0 D19	-	-	85,0
17	0 D19	-	-	85,0
18	0 D19	-	-	85,0
19	0 D19	-	-	85,0
20	0 D19	-	-	85,0
Total	12 D19	3402,34		

GAYA DAN MOMEN PADA BAJA PADA KONDISI BALANCED

Baris	A_{s_i} (mm ²)	d_i (mm)	ϵ_{s_i} (mm/mm)	f_{s_i} (MPa)	T_{s_i} (kN)	d_{s_i} (mm)	MT_{s_i} (kN.m)
1	1134,1	30,0	0,00259	420,00	476,33	170,0	80,98
2	567,1	115,0	0,00141	282,97	160,46	85,0	13,64
3	567,1	200,0	0,00024	48,65	27,59	-	-
4	1134,1	285,0	- 0,00093	- 185,68	- 210,58	- 85,0	17,90
5	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-	-	-
18	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	-
					453,80		112,514

	(0,Po)	(Mn _{max} ,Pn _{max})	(Mnb,Pnb)	(Mo,0)	(0,Pn _{min})
Aksial (P)	3838,23	3070,58	1595,83	0,00	-1428,98
Momen (M)	0,00	160,16	235,28	172,02	0,00
Eksentrisitas		0,052	0,147		

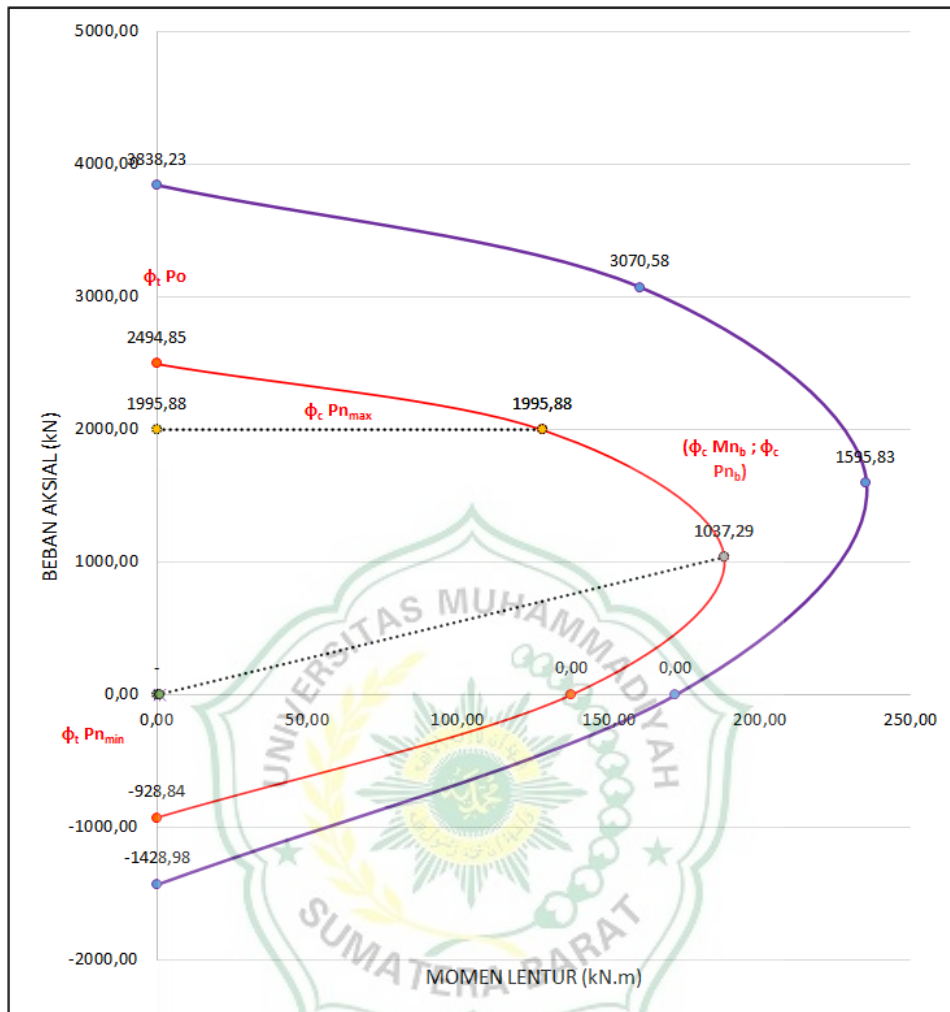
Reduksi	(0,Po')	(Mn _{max} ,Pn _{max})	(Mnb,Pnb)	(Mo,0)	(0,Pn _{min})
Aksial (P)	2494,85	1995,88	1037,29	0,00	-928,84
Momen (M)	0,00	128,13	188,23	137,62	0,00
Eksentrisitas		0,064	0,181		

-

-

Tulangan Utama Kolom 350 mm x 400 mm							
Reduksi	(0,Po')	(Mn _{max} ,Pn _{max})	(Mnb,Pnb)	(Mo,0)	(0,Pn _{min})	(M ₂ ,Pu)	(M ₃ ,Pu)
Aksial (P) (kN)	2494,85	1995,88	1037,29	0,00	- 928,84	1093,38	1093,38
Momen (M) (kN.m)	0,00	128,13	188,23	137,62	0,00	182,79	152,74
Eksentrisitas		0,06	0,18			0,17	0,14
Aksial Tarik (P) (kN)						- 1428,98	- 1428,98
Diameter (mm)	19						
Jumlah Tulangan	12						
Luas Tulangan (mm ²)	3402,34						
ρ	2,43%						

DIAGRAM INTERAKSI AKSIAL - LENTUR KOLOM



PERANCANGAN TULANGAN GESER KOLOM

Data Material		
Kuat Tekan Beton	: f_c'	20,75 Mpa
Tegangan Leleh Baja Tulangan	: f_y	400 Mpa
Modulus Elastisitas Beton	: $E_c = [4700 \sqrt{f_c'}]$	21409,52 Mpa
Modulus Elastisitas Baja	: E_s	200000 Mpa
Data Kolom		
Tinggi Penampang	: h	400 mm
Lebar Penampang	: b	350 mm
Selimit Beton	: d'	30 mm
Tinggi Efektif Penampang	: d	370 mm
Luas Penampang	: $A_g = [b h]$	140000 mm ²
Perhitungan Tulangan Geser		
Gaya Geser Maksimum	: $V_u = [\text{Dari Analisis}]$	85,96 kN
Faktor Reduksi Geser	: ϕ	0,75
Daerah Ujung Kolom		
Diameter Sengkang	: D	10 mm
Luas Sengkang per Batang	: $A_v = [\pi/4 \cdot D^2]$ Kaki 2	157,08 mm ²
Kuat Geser Beton	: $V_c = [\sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d] / [6]$	112,36 kN
Kuat Geser Sengkang	: $V_s = [V_e / \phi - V_c]$	2,25 kN
Spasi Max Tulangan	: $S_{max} = [d/2]$	185 mm
	: $S_{max} = [600]$	600,0 mm
Jarak Sengkang Max	: $S_{max} = [A_v \cdot f_y \cdot d / V_s]$	10319,57 mm
Jarak Sengkang Pakai	: S	150 mm
Kontrol Perhitungan		
1. Daerah Sepanjang Kolom		
Gaya Geser Maksimum	: V_u	85,96 kN
Kapasitas Geser Daerah Plastis	: $V_n = [A_v \cdot f_y \cdot d] / [s] + V_{c_1}$	267,35 kN
Geser Nominal	: $\phi V_n = [0,75 V_n]$	200,51 kN
Kontrol	: $\phi V_n > V_u$	OKE
Maka Gunakan Sengkang	:	2D10-150

Tulangan Sengkang Kolom 350 mm x 400 mm			
Lokasi	Diameter (mm)	Jumlah Kaki	Jarak (mm)
Sepanjang Lo	10	2	150

D. PLAT LANTAI

Pelat Lantai Tebal 12 cm 4 m x 6 m		
TULANGAN LONGITUDINAL TUMPUAN X		
Momen Maksimum Desain	: Mu	14,44 kN.m
Panjang Bentang Arah x	: Lx	6000 mm
Panjang Bentang Arah y	: Ly	4000 mm
Rasio Bentang	: R = [Ly / Lx]	1,50
Tinggi Penampang	: h	120 mm
Jenis Slab : Two Way Slab		
Lebar Penampang	: b	1000 mm
Selimut Beton	: d'	25 mm
Tinggi Efektif Penampang	: d	95 mm
Kuat Tekan Beton	: fc'	20,75 Mpa
Tegangan Leleh Baja Tul.	: fy	280 Mpa
Modulus Elastisitas Beton	: Ec = [4700 √ fc']	21410 Mpa
Modulus Elastisitas Baja	: Es	200000 Mpa
Faktor Blok Tegangan	: β	0,85
Faktor Reduksi	: ø	0,90
Perhitungan		
Rasio Tulangan Balanced	: ρ _b = [β · 0,85 · fc' / fy [600 / (600 + fy)]]	0,0365
Rasio Tulangan Maksimum	: ρ _{maks} = [0,75 ρ _b]	0,0274
Rasio Tulangan Minimum	: ρ _{min} = [1,4 / fy]	0,0050
Rasio Tul. Aktual	: a = [0,59 fy ² / fc']	2229,2
	: b = [- fy]	-280,00
	: c = [Mu / ø b d ²]	1,7774
Rasio Tul. Aktual	: ρ _{tarik} = [-b + √ b ² - 4 · a · c] / [2a]	0,0067
Kontrol Rasio Tulangan	: Gunakan Rasio Tulangan Aktual	0,0067
Luas Tulangan	: A _s _{tarik} = [ρ _{tarik} b d]	637,06 mm ²
Dia. Tulangan Desain	: D 10	
Luas Tul. Desain	: A _s _d = [π / 4 D ²]	78,54 mm ²
Banyak Tulangan	: n = [A _s / A _s _d]	9 Batang
Jarak Tulangan	: S = [b / n]	111 mm
	: S = [2 h]	240 mm
Gunakan	: S = [Gunakan yang Terkecil]	110 mm
Tulangan Pakai	: n = [b / S]	10 Batang
Check Asumsi Awal untuk Faktor Reduksi ø		
Luas Tul. Tarik Terpasang	: A _s _{tarik} = [n A _s _d]	785,40 mm ²
Tinggi Blok Tegangan	: a = [A _s _{tarik} fy / 0,85 fc' b]	12,47 mm
Tinggi Garis Netral	: c = [a / β]	14,67 mm
Regangan Tarik Baja	: ε _s = [0,003 [[d - c] / c]]	0,0164
Regangan Leleh Baja	: ε _y = [fy / Es]	0,0014
Tulangan Baja Telah Leleh		
Check Kapasitas Momen		
Momen Nominal Tarik	: M _n _{tarik} = [A _s fy [d - a / 2]]	19,52 kN.m
Perbandingan Kapasitas	: M _n ≥ Mu / ø 19,52 > 16,04	Mampu
Kesimpulan		
Maka Dapat Digunakan Tulangan Longitudinal Sebagai Berikut :		
Tulangan Desain	:	10D10 - 110

Pelat Lantai Tebal 12 cm 4 m x 6 m		
TULANGAN LONGITUDINAL LAPANGAN X		
Momen Maksimum Desain	: M_u	9,85 kN.m
Panjang Bentang Arah x	: L_x	6000 mm
Panjang Bentang Arah y	: L_y	4000 mm
Rasio Bentang	: $R = [L_y / L_x]$	1,50
Tinggi Penampang	: h	120 mm
Jenis Slab : Two Way Slab		
Lebar Penampang	: b	1000 mm
Selimit Beton	: d'	25 mm
Tinggi Efektif Penampang	: d	95 mm
Kuat Tekan Beton	: f_c'	20,75 Mpa
Tegangan Leleh Baja Tul.	: f_y	280 Mpa
Modulus Elastisitas Beton	: $E_c = [4700 \sqrt{f_c'}]$	21410 Mpa
Modulus Elastisitas Baja	: E_s	200000 Mpa
Faktor Blok Tegangan	: β	0,85
Faktor Reduksi	: ϕ	0,90
Perhitungan		
Rasio Tulangan Balanced	: $\rho_b = [\beta \cdot 0.85 \cdot f_c' / f_y [600 / (600 + f_y)]]$	0,0365
Rasio Tulangan Maksimum	: $\rho_{maks} = [0.75 \rho_b]$	0,0274
Rasio Tulangan Minimum	: $\rho_{min} = [1.4 / f_y]$	0,0050
Rasio Tul. Aktual	: $a = [0.59 f_y^2 / f_c']$	2229,2
	: $b = [-f_y]$	-280,00
	: $c = [M_u / \phi b d^2]$	1,2127
Rasio Tul. Aktual	: $\rho_{tarik} = [-b + \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}] / [2a]$	0,0045
Kontrol Rasio Tulangan	: Gunakan Rasio Tulangan Aktual	0,0050
Luas Tulangan	: $A_{s_{tarik}} = [\rho_{tarik} b d]$	475,00 mm ²
Dia. Tulangan Desain	: D 10	
Luas Tul. Desain	: $A_{sd} = [\pi / 4 D^2]$	78,54 mm ²
Banyak Tulangan	: $n = [A_s / A_{sd}]$	7 Batang
Jarak Tulangan	: $S = [b / n]$	143 mm
	: $S = [2 h]$	240 mm
Gunakan	: $S = [Gunakan yang Terkecil]$	110 mm
Tulangan Pakai	: $n = [b / S]$	10 Batang
Check Asumsi Awal untuk Faktor Reduksi ϕ		
Luas Tul. Tarik Terpasang	: $A_{s_{tarik}} = [n A_{sd}]$	785,40 mm ²
Tinggi Blok Tegangan	: $a = [A_{s_{tarik}} f_y / 0.85 f_c' b]$	12,47 mm
Tinggi Garis Netral	: $c = [a / \beta]$	14,67 mm
Regangan Tarik Baja	: $\epsilon_s = [0.003 [(d - c) / c]]$	0,0164
Regangan Leleh Baja	: $\epsilon_y = [f_y / E_s]$	0,0014
Tulangan Baja Telah Leleh		
Check Kapasitas Momen		
Momen Nominal Tarik	: $M_{n_{tarik}} = [A_s f_y [d - a / 2]]$	19,52 kN.m
Perbandingan Kapasitas	: $M_n \geq M_u / \phi$ 19,52 > 10,94	Mampu
Kesimpulan		
Maka Dapat Digunakan Tulangan Longitudinal Sebagai Berikut :		
Tulangan Desain	:	10D10 - 110

Pelat Lantai Tebal 12 cm 4 m x 6 m			
TULANGAN LONGITUDINAL TUMPUAN Y			
Momen Maksimum Desain	: Mu		16,69 kN.m
Panjang Bentang Arah x	: Lx		6000 mm
Panjang Bentang Arah y	: Ly		4000 mm
Rasio Bentang	: R = [Ly / Lx]		1,50
Tinggi Penampang	: h		120 mm
Jenis Slab : Two Way Slab			
Lebar Penampang	: b		1000 mm
Selimit Beton	: d'		25 mm
Tinggi Efektif Penampang	: d		95 mm
Kuat Tekan Beton	: fc'		20,75 Mpa
Tegangan Leleh Baja Tul.	: fy		280 Mpa
Modulus Elastisitas Beton	: Ec = [4700 √ fc']		21410 Mpa
Modulus Elastisitas Baja	: Es		200000 Mpa
Faktor Blok Tegangan	: β		0,85
Faktor Reduksi	: ø		0,90
Perhitungan			
Rasio Tulangan Balanced	: ρ _b = [β · 0.85 · fc' / fy [600 / [600 + fy]]]		0,0365
Rasio Tulangan Maksimum	: ρ _{maks} = [0.75 ρ _b]		0,0274
Rasio Tulangan Minimum	: ρ _{min} = [1.4 / fy]		0,0050
Rasio Tul. Aktual	: a = [0.59 fy ² / fc']		2229,2
	: b = [- fy]		-280,00
	: c = [Mu / ø b d ²]		2,0552
Rasio Tul. Aktual	: ρ _{tarik} = [-b + √ b ² - 4 · a · c] / [2a]		0,0078
Kontrol Rasio Tulangan	: Gunakan Rasio Tulangan Aktual		0,0078
Luas Tulangan	: A _{tarik} = [ρ _{tarik} b d]		743,63 mm ²
Dia. Tulangan Desain	: D 10		
Luas Tul. Desain	: A _{sd} = [π / 4 D ²]		78,54 mm ²
Banyak Tulangan	: n = [A _s / A _{sd}]		10 Batang
Jarak Tulangan	: S = [b / n]		100 mm
	: S = [2 h]		240 mm
Gunakan	: S = [Gunakan yang Terkecil]		110 mm
Tulangan Pakai	: n = [b / S]		10 Batang
Check Asumsi Awal untuk Faktor Reduksi ø			
Luas Tul. Tarik Terpasang	: A _{tarik} = [n A _{sd}]		785,40 mm ²
Tinggi Blok Tegangan	: a = [A _{tarik} fy / 0.85 fc' b]		12,47 mm
Tinggi Garis Netral	: c = [a / β]		14,67 mm
Regangan Tarik Baja	: ε _s = [0.003 [[d - c] / c]]		0,0164
Regangan Leleh Baja	: ε _y = [fy / Es]		0,0014
Tulangan Baja Telah Leleh			
Check Kapasitas Momen			
Momen Nominal Tarik	: M _{n_{tarik}} = [A _s fy [d - a / 2]]		19,52 kN.m
Perbandingan Kapasitas	: M _n ≥ Mu / ø		
	19,52 > 18,55		Mampu
Kesimpulan			
Maka Dapat Digunakan Tulangan Longitudinal Sebagai Berikut :			
Tulangan Desain	:		10D10 - 110

Pelat Lantai Tebal 12 cm 4 m x 6 m		
TULANGAN LONGITUDINAL LAPANGAN Y		
Momen Maksimum Desain	: M_u	15,35 kN.m
Panjang Bentang Arah x	: L_x	6000 mm
Panjang Bentang Arah y	: L_y	4000 mm
Rasio Bentang	: $R = [L_y / L_x]$	1,50
Tinggi Penampang	: h	120 mm
Jenis Slab : Two Way Slab		
Lebar Penampang	: b	1000 mm
Selimit Beton	: d'	25 mm
Tinggi Efektif Penampang	: d	95 mm
Kuat Tekan Beton	: f_c'	20,75 Mpa
Tegangan Leleh Baja Tul.	: f_y	280 Mpa
Modulus Elastisitas Beton	: $E_c = [4700 \sqrt{f_c'}]$	21410 Mpa
Modulus Elastisitas Baja	: E_s	200000 Mpa
Faktor Blok Tegangan	: β	0,85
Faktor Reduksi	: ϕ	0,90
Perhitungan		
Rasio Tulangan Balanced	: $\rho_b = [\beta \cdot 0,85 \cdot f_c' / f_y [600 / [600 + f_y]]]$	0,0365
Rasio Tulangan Maksimum	: $\rho_{maks} = [0,75 \rho_b]$	0,0274
Rasio Tulangan Minimum	: $\rho_{min} = [1,4 / f_y]$	0,0050
Rasio Tul. Aktual	: $a = [0,59 f_y^2 / f_c']$	2229,2
	: $b = [-f_y]$	-280,00
	: $c = [M_u / \phi b d^2]$	1,8899
Rasio Tul. Aktual	: $\rho_{tarik} = [-b + \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}] / [2a]$	0,0072
Kontrol Rasio Tulangan	: Gunakan Rasio Tulangan Aktual	0,0072
Luas Tulangan	: $A_{Starik} = [\rho_{tarik} b d]$	679,98 mm ²
Dia. Tulangan Desain	: D 10	
Luas Tul. Desain	: $A_{sd} = [\pi / 4 D^2]$	78,54 mm ²
Banyak Tulangan	: $n = [A_s / A_{sd}]$	9 Batang
Jarak Tulangan	: $S = [b / n]$	111 mm
	: $S = [2 h]$	240 mm
Gunakan	: $S = [Gunakan yang Terkecil]$	110 mm
Tulangan Pakai	: $n = [b / S]$	10 Batang
Check Asumsi Awal untuk Faktor Reduksi ϕ		
Luas Tul. Tarik Terpasang	: $A_{Starik} = [n A_{sd}]$	785,40 mm ²
Tinggi Blok Tegangan	: $a = [A_{Starik} f_y / 0,85 f_c' b]$	12,47 mm
Tinggi Garis Netral	: $c = [a / \beta]$	14,67 mm
Regangan Tarik Baja	: $\epsilon_s = [0,003 [d - c] / c]$	0,0164
Regangan Leleh Baja	: $\epsilon_y = [f_y / E_s]$	0,0014
Tulangan Baja Telah Leleh		
Check Kapasitas Momen		
Momen Nominal Tarik	: $M_{nTarik} = [A_s f_y [d - a / 2]]$	19,52 kN.m
Perbandingan Kapasitas	: $M_n \geq M_u / \phi$ 19,52 > 17,06	Mampu
Kesimpulan		
Maka Dapat Digunakan Tulangan Longitudinal Sebagai Berikut :		
Tulangan Desain	:	10D10 - 110

Pelat Lantai Tebal 11 cm 4 m x 6 m		
TULANGAN LONGITUDINAL TUMPUAN X		
Momen Maksimum Desain	: Mu	9,72 kN.m
Panjang Bentang Arah x	: Lx	6000 mm
Panjang Bentang Arah y	: Ly	4000 mm
Rasio Bentang	: R = [Ly / Lx]	1,50
Tinggi Penampang	: h	110 mm
Jenis Slab : Two Way Slab		
Lebar Penampang	: b	1000 mm
Selimit Beton	: d'	25 mm
Tinggi Efektif Penampang	: d	85 mm
Kuat Tekan Beton	: fc'	20,75 Mpa
Tegangan Leleh Baja Tul.	: fy	280 Mpa
Modulus Elastisitas Beton	: Ec = [4700 √ fc']	21410 Mpa
Modulus Elastisitas Baja	: Es	200000 Mpa
Faktor Blok Tegangan	: β	0,85
Faktor Reduksi	: ø	0,90
Perhitungan		
Rasio Tulangan Balanced	: ρ _b = [β · 0.85 · fc' / fy [600 / [600 + fy]]]	0,0365
Rasio Tulangan Maksimum	: ρ _{maks} = [0.75 ρ _b]	0,0274
Rasio Tulangan Minimum	: ρ _{min} = [1.4 / fy]	0,0050
Rasio Tul. Aktual	: a = [0.59 fy ² / fc']	2229,2
	: b = [- fy]	-280,00
	: c = [Mu / ø b d ²]	1,4947
Rasio Tul. Aktual	: ρ _{tarik} = [-b + √ b ² - 4 · a · c] / [2a]	0,0056
Kontrol Rasio Tulangan	: Gunakan Rasio Tulangan Aktual	0,0056
Luas Tulangan	: A _{s_{tarik}} = [ρ _{tarik} b d]	474,85 mm ²
Dia. Tulangan Desain	: D 10	
Luas Tul. Desain	: A _{s_d} = [π / 4 D ²]	78,54 mm ²
Banyak Tulangan	: n = [A _s / A _{s_d}]	7 Batang
Jarak Tulangan	: S = [b / n]	143 mm
	: S = [2 h]	220 mm
Gunakan	: S = [Gunakan yang Terkecil]	160 mm
Tulangan Pakai	: n = [b / S]	7 Batang
Check Asumsi Awal untuk Faktor Reduksi ø		
Luas Tul. Tarik Terpasang	: A _{s_{tarik}} = [n A _{s_d}]	549,78 mm ²
Tinggi Blok Tegangan	: a = [A _{s_{tarik}} fy / 0.85 fc' b]	8,73 mm
Tinggi Garis Netral	: c = [a / β]	10,27 mm
Regangan Tarik Baja	: ε _s = [0.003 [[d - c] / c]]	0,0218
Regangan Leleh Baja	: ε _y = [fy / Es]	0,0014
Tulangan Baja Telah Leleh		
Check Kapasitas Momen		
Momen Nominal Tarik	: M _{n_{tarik}} = [A _s fy [d - a / 2]]	12,41 kN.m
Perbandingan Kapasitas	: M _n ≥ Mu / ø 12,41 > 10,80	Mampu
Kesimpulan		
Maka Dapat Digunakan Tulangan Longitudinal Sebagai Berikut :		
Tulangan Desain	:	7D10 - 160

Pelat Lantai Tebal 11 cm 4 m x 6 m		
TULANGAN LONGITUDINAL LAPANGAN X		
Momen Maksimum Desain	: Mu	5,00 kN.m
Panjang Bentang Arah x	: Lx	6000 mm
Panjang Bentang Arah y	: Ly	4000 mm
Rasio Bentang	: R = [Ly / Lx]	1,50
Tinggi Penampang	: h	110 mm
Jenis Slab : Two Way Slab		
Lebar Penampang	: b	1000 mm
Selimit Beton	: d'	25 mm
Tinggi Efektif Penampang	: d	85 mm
Kuat Tekan Beton	: fc'	20,75 Mpa
Tegangan Leleh Baja Tul.	: fy	280 Mpa
Modulus Elastisitas Beton	: Ec = [4700 √ fc']	21410 Mpa
Modulus Elastisitas Baja	: Es	200000 Mpa
Faktor Blok Tegangan	: β	0,85
Faktor Reduksi	: ø	0,90
Perhitungan		
Rasio Tulangan Balanced	: ρ _b = [β · 0.85 · fc' / fy [600 / [600 + fy]]]	0,0365
Rasio Tulangan Maksimum	: ρ _{maks} = [0.75 ρ _b]	0,0274
Rasio Tulangan Minimum	: ρ _{min} = [1.4 / fy]	0,0050
Rasio Tul. Aktual	: a = [0.59 fy ² / fc']	2229,2
	: b = [- fy]	-280,00
	: c = [Mu / ø b d ²]	0,7682
Rasio Tul. Aktual	: ρ _{tarik} = [-b + √ b ² - 4 · a · c] / [2a]	0,0028
Kontrol Rasio Tulangan	: Gunakan Rasio Tulangan Aktual	0,0050
Luas Tulangan	: A _{s_{tarik}} = [ρ _{tarik} b d]	425,00 mm ²
Dia. Tulangan Desain	: D 10	
Luas Tul. Desain	: A _{s_d} = [π / 4 D ²]	78,54 mm ²
Banyak Tulangan	: n = [A _s / A _{s_d}]	6 Batang
Jarak Tulangan	: S = [b / n]	167 mm
	: S = [2 h]	220 mm
Gunakan	: S = [Gunakan yang Terkecil]	160 mm
Tulangan Pakai	: n = [b / S]	7 Batang
Check Asumsi Awal untuk Faktor Reduksi ø		
Luas Tul. Tarik Terpasang	: A _{s_{tarik}} = [n A _{s_d}]	549,78 mm ²
Tinggi Blok Tegangan	: a = [A _{s_{tarik}} fy / 0.85 fc' b]	8,73 mm
Tinggi Garis Netral	: c = [a / β]	10,27 mm
Regangan Tarik Baja	: ε _s = [0.003 [[d - c] / c]]	0,0218
Regangan Leleh Baja	: ε _y = [fy / Es]	0,0014
Tulangan Baja Telah Leleh		
Check Kapasitas Momen		
Momen Nominal Tarik	: M _{n_{tarik}} = [A _s fy [d - a / 2]]	12,41 kN.m
Perbandingan Kapasitas	: M _n ≥ Mu / ø 12,41 > 5,55	Mampu
Kesimpulan		
Maka Dapat Digunakan Tulangan Longitudinal Sebagai Berikut :		
Tulangan Desain	:	7D10 - 160

Pelat Lantai Tebal 11 cm 4 m x 6 m			
TULANGAN LONGITUDINAL TUMPUAN Y			
Momen Maksimum Desain	: Mu		10,21 kN.m
Panjang Bentang Arah x	: Lx		6000 mm
Panjang Bentang Arah y	: Ly		4000 mm
Rasio Bentang	: R = [Ly / Lx]		1,50
Tinggi Penampang	: h		110 mm
Jenis Slab : Two Way Slab			
Lebar Penampang	: b		1000 mm
Selimit Beton	: d'		25 mm
Tinggi Efektif Penampang	: d		85 mm
Kuat Tekan Beton	: fc'		20,75 Mpa
Tegangan Leleh Baja Tul.	: fy		280 Mpa
Modulus Elastisitas Beton	: Ec = [4700 √ fc']		21410 Mpa
Modulus Elastisitas Baja	: Es		200000 Mpa
Faktor Blok Tegangan	: β		0,85
Faktor Reduksi	: ø		0,90
Perhitungan			
Rasio Tulangan Balanced	: ρ _b = [β · 0.85 · fc' / fy [600 / [600 + fy]]]		0,0365
Rasio Tulangan Maksimum	: ρ _{maks} = [0.75 ρ _b]		0,0274
Rasio Tulangan Minimum	: ρ _{min} = [1.4 / fy]		0,0050
Rasio Tul. Aktual	: a = [0.59 fy ² / fc']		2229,2
	: b = [- fy]		-280,00
	: c = [Mu / ø b d ²]		1,5702
Rasio Tul. Aktual	: ρ _{tarik} = [-b + √ b ² - 4 · a · c] / [2a]		0,0059
Kontrol Rasio Tulangan	: Gunakan Rasio Tulangan Aktual		0,0059
Luas Tulangan	: A _{s_{tarik}} = [ρ _{tarik} b d]		500,08 mm ²
Dia. Tulangan Desain	: D 10		
Luas Tul. Desain	: A _{s_d} = [π / 4 D ²]		78,54 mm ²
Banyak Tulangan	: n = [A _s / A _{s_d}]		7 Batang
Jarak Tulangan	: S = [b / n]		143 mm
	: S = [2 h]		220 mm
Gunakan	: S = [Gunakan yang Terkecil]		160 mm
Tulangan Pakai	: n = [b / S]		7 Batang
Check Asumsi Awal untuk Faktor Reduksi ø			
Luas Tul. Tarik Terpasang	: A _{s_{tarik}} = [n A _{s_d}]		549,78 mm ²
Tinggi Blok Tegangan	: a = [A _{s_{tarik}} fy / 0.85 fc' b]		8,73 mm
Tinggi Garis Netral	: c = [a / β]		10,27 mm
Regangan Tarik Baja	: ε _s = [0.003 [[d - c] / c]]		0,0218
Regangan Leleh Baja	: ε _y = [fy / Es]		0,0014
Tulangan Baja Telah Leleh			
Check Kapasitas Momen			
Momen Nominal Tarik	: M _{n_{tarik}} = [A _s fy [d - a / 2]]		12,41 kN.m
Perbandingan Kapasitas	: M _n ≥ Mu / ø		
	12,41 > 11,34		Mampu
Kesimpulan			
Maka Dapat Digunakan Tulangan Longitudinal Sebagai Berikut :			
Tulangan Desain	:		7D10 - 160

Pelat Lantai Tebal 11 cm 4 m x 6 m		
TULANGAN LONGITUDINAL LAPANGAN Y		
Momen Maksimum Desain	: Mu	4,94 kN.m
Panjang Bentang Arah x	: Lx	6000 mm
Panjang Bentang Arah y	: Ly	4000 mm
Rasio Bentang	: R = [Ly / Lx]	1,50
Tinggi Penampang	: h	110 mm
Jenis Slab : Two Way Slab		
Lebar Penampang	: b	1000 mm
Selimit Beton	: d'	25 mm
Tinggi Efektif Penampang	: d	85 mm
Kuat Tekan Beton	: fc'	20,75 Mpa
Tegangan Leleh Baja Tul.	: fy	280 Mpa
Modulus Elastisitas Beton	: Ec = [4700 √ fc']	21410 Mpa
Modulus Elastisitas Baja	: Es	200000 Mpa
Faktor Blok Tegangan	: β	0,85
Faktor Reduksi	: ø	0,90
Perhitungan		
Rasio Tulangan Balanced	: ρ _b = [β.0.85.fc'/fy[600/[600+fy]]]	0,0365
Rasio Tulangan Maksimum	: ρ _{maks} = [0.75 ρ _b]	0,0274
Rasio Tulangan Minimum	: ρ _{min} = [1,4 / fy]	0,0050
Rasio Tul. Aktual	: a = [0.59 fy ² / fc']	2229,2
	: b = [- fy]	-280,00
	: c = [Mu / ø b d ²]	0,7594
Rasio Tul. Aktual	: ρ _{tarik} = [-b+√b ² -4.a.c]/[2a]	0,0028
Kontrol Rasio Tulangan	: Gunakan Rasio Tulangan Aktual	0,0050
Luas Tulangan	: A _{s_{tarik}} = [ρ _{tarik} b d]	425,00 mm ²
Dia. Tulangan Desain	: D 10	
Luas Tul. Desain	: A _{s_d} = [π / 4 D ²]	78,54 mm ²
Banyak Tulangan	: n = [A _s / A _{s_d}]	6 Batang
Jarak Tulangan	: S = [b / n]	167 mm
	: S = [2 h]	220 mm
Gunakan	: S = [Gunakan yang Terkecil]	160 mm
Tulangan Pakai	: n = [b / S]	7 Batang
Check Asumsi Awal untuk Faktor Reduksi ø		
Luas Tul. Tarik Terpasang	: A _{s_{tarik}} = [n A _{s_d}]	549,78 mm ²
Tinggi Blok Tegangan	: a = [A _{s_{tarik}} fy / 0.85 fc' b]	8,73 mm
Tinggi Garis Netral	: c = [a / β]	10,27 mm
Regangan Tarik Baja	: ε _s = [0.003 [[d - c] / c]]	0,0218
Regangan Leleh Baja	: ε _y = [fy / Es]	0,0014
Tulangan Baja Telah Leleh		
Check Kapasitas Momen		
Momen Nominal Tarik	: M _{n_{tarik}} = [A _s fy [d - a / 2]]	12,41 kN.m
Perbandingan Kapasitas	: M _n ≥ Mu / ø 12,41 > 5,49	Mampu
Kesimpulan		
Maka Dapat Digunakan Tulangan Longitudinal Sebagai Berikut :		
Tulangan Desain	:	7D10 - 160

E. TANGGA

PERENCANAAN TANGGA			
PEMBEBANAN TANGGA			
<u>Dimensi Tangga</u>			
Lebar Going Tangga	=	0,3	m
Lebar Bordes	=	2,4	m
Tinggi Raise Tangga	=	0,183	m
Lebar Tangga	=	2,3	m
Berat Volume Beton	=	2400	Kg/m ³
Berat Volume Spesi	=	21	Kg/m ²
Berat Volume Keramik	=	24	Kg/m ²
<u>Perbedaan Tinggi Lantai</u>		420	cm
<u>Perhitungan</u>			
Jumlah Injakan dengan Bordes	=	11,47541	
Jumlah Injakan tanpa Bordes	=	10,47541	
Elevasi Bordes	=	2,1	m
<u>Pembebanan pada Tangga</u>			
Tebal Pelat Tangga	=	0,15	m
Tebal Spesi untuk Tangga dan Bordes	=	2	cm
Tebal Keramik untuk Tangga dan Bordes	=	1	cm
<u>- Beban Mati</u>			
Jumlah Anak Tangga Permeter	=	3,333	
Berat Anak Tangga	=	151,524	Kg
Berat Anak Tangga Permeter	=	505,08	Kg/m
α	=	27°	
Beban Pelat Tangga	=	5998,081	Kg/m
Berat Spesi	=	155,526	Kg/m
Handle	=	10	Kg
Berat Keramik	=	88,872	Kg/m
Total Beban Mati	=	6757,559	Kg/m

<u>- Beban Hidup</u>			
Beban Hidup	=	497	Kg/m ²
Total Beban Hidup	=	1143	Kg/m
<u>Pembebanan pada Bordes</u>			
<u>- Beban Mati</u>			
Berat Sendiri Bordes	=	864	Kg/m
Berat Spesi	=	100,8	Kg/m
Berat Keramik	=	57,6	Kg/m
		158,4	
Total Beban Mati	=	1022	Kg/m
<u>- Beban Hidup</u>			
Beban Hidup	=	497	Kg/m ²
Total Beban Hidup	=	1193	Kg/m

PENULANGAN TANGGA

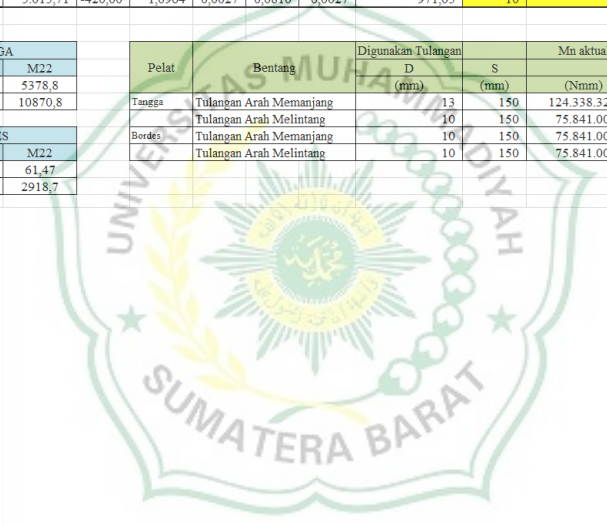
$f_c' = 20,75$ Mpa $r_{min} = 0,003333333$
 $f_y = 420$ Mpa $p_b = 0,021$
 $d = 150$ mm $p_{max} = 0,0105$
 $b = 2400$ mm

Pelat	Bentang	M	Mu	Mn	Rn	Pers $ap^2 + bp + c = 0$						As awal	Digunakan Tulangan				As aktual	p aktual	a	Mn aktual (Nmm)	Check Mn akt > Mn perlu
			(Kg.m)	(N.mm)		a	b	c	p1	p2	p	(mm ²)	D	S	n	n baru	(mm ²)		(mm)		
												(mm)	(mm)	(mm)							
Tangga	Tulangan Arah Memanjang	M1	10.870,80	106.642.548,00	1,97	5.015,71	-420,00	1,9749	0,0050	0,0787	0,0050	1.800,25	13	150	16,00	16	2.122,64	0,0059	21,06	124.338.321,65	ok.....!!!
	Tulangan Arah Melintang	M1	2.174,16	21.328.509,60	0,39	5.015,71	-420,00	0,3950	0,0010	0,0828	0,0010	342,44	10	150	16,00	16	1.256,00	0,0035	12,46	75.841.000,82	ok.....!!!
Bordes	Tulangan Arah Memanjang	M1	2.918,70	28.632.447,00	0,53	5.015,71	-420,00	0,5302	0,0013	0,0825	0,0013	461,55	10	150	16,00	16	1.256,00	0,0035	12,46	75.841.000,82	ok.....!!!
	Tulangan Arah Melintang	M1	6.035,21	59.205.410,10	1,10	5.015,71	-420,00	1,0964	0,0027	0,0810	0,0027	971,05	10	150	16,00	16	1.256,00	0,0035	12,46	75.841.000,82	ok.....!!!

MOMEN PELAT TANGGA		
Kg.M	M11	M22
MAX	705,09	5378,8
MIN	2174,16	10870,8

MOMEN PLAT BORDES		
Kg.M	M11	M22
MAX	201,1	61,47
MIN	6035,21	2918,7

Pelat	Bentang	Digunakan Tulangan	Mn aktual	Check
		D (mm)	S (mm) (Nmm)	Mn akt > Mn perlu
Tangga	Tulangan Arah Memanjang	13	150 124.338.321,65	ok.....!!!
	Tulangan Arah Melintang	10	150 75.841.000,82	ok.....!!!
Bordes	Tulangan Arah Memanjang	10	150 75.841.000,82	ok.....!!!
	Tulangan Arah Melintang	10	150 75.841.000,82	ok.....!!!



HASIL DESAIN

A. BALOK

Balok Utama B1 (6.00 meter) (300)/(400)							
	Tulangan	Luas Tulangan (As)	ρ perlu	ρ terpasang	Mu/Ø kN.m	Mn kN.m	Kontrol
Ujung Kanan positif	2 D - 19	567,06	0,35%	0,51%	57,57	82,76	OK
Ujung Kanan negatif	5 D - 19	1417,64	1,17%	1,28%	174,10	186,80	OK
Ujung Kiri positif	2 D - 19	567,06	0,35%	0,51%	57,57	82,76	OK
Ujung Kiri negatif	5 D - 19	1417,64	1,17%	1,28%	174,10	186,80	OK
Tengah Bentang positif	3 D - 19	850,59	0,67%	0,77%	105,83	120,12	OK
Tengah Bentang negatif	2 D - 19	567,06	0,33%	0,51%	22,09	82,76	OK

Balok Utama B1 (6.00 meter) (300)/(400)							
	Diameter	Jumlah (kaki)	As (mm ²)	Jarak Sengkang (mm)	Vu (kN)	ØVn (kN)	Cek
Daerah Tumpuan	10	2	157,08	125	144,41	160,84	OK
Daerah Lapangan	10	2	157,08	150	72,21	144,57	OK

Balok Utama B2 (5.00 meter) (300)/(400)							
	Tulangan	Luas Tulangan (As)	ρ perlu	ρ terpasang	Mu/Ø kN.m	Mn kN.m	Kontrol
Ujung Kanan positif	2 D - 19	567,06	0,36%	0,51%	58,83	82,76	OK
Ujung Kanan negatif	3 D - 19	850,59	0,75%	0,77%	118,00	120,12	OK
Ujung Kiri positif	2 D - 19	567,06	0,36%	0,51%	58,83	82,76	OK
Ujung Kiri negatif	3 D - 19	850,59	0,75%	0,77%	118,00	120,12	OK
Tengah Bentang positif	3 D - 19	850,59	0,72%	0,77%	113,91	120,12	OK
Tengah Bentang negatif	2 D - 19	567,06	0,40%	0,51%	66,14	82,76	OK

Balok Utama B2 (5.00 meter) (300)/(400)							
	Diameter	Jumlah (kaki)	As (mm ²)	Jarak Sengkang (mm)	Vu (kN)	ØVn (kN)	Cek
Daerah Tumpuan	10	2	157,08	125	104,46	160,84	OK
Daerah Lapangan	10	2	157,08	150	52,23	144,57	OK

Balok Utama B3 (4.00 meter) (300)/(400)							
	Tulangan	Luas Tulangan (As)	ρ perlu	ρ terpasang	Mu/ ϕ kN.m	Mn kN.m	Kontrol
Ujung Kanan positif	2 D - 16	402,12	0,33%	0,36%	43,63	59,79	OK
Ujung Kanan negatif	4 D - 16	804,25	0,63%	0,72%	100,46	114,20	OK
Ujung Kiri positif	2 D - 16	402,12	0,33%	0,36%	43,63	59,79	OK
Ujung Kiri negatif	4 D - 16	804,25	0,63%	0,72%	100,46	114,20	OK
Tengah Bentang positif	2 D - 16	402,12	0,33%	0,36%	41,66	59,79	OK
Tengah Bentang negatif	2 D - 16	402,12	0,33%	0,36%	20,04	59,79	OK

Balok Utama B3 (4.00 meter) (300)/(400)							
	Diameter	Jumlah (kaki)	As (mm ²)	Jarak Sengkang (mm)	Vu (kN)	ϕV_n (kN)	Cek
Daerah Tumpuan	10	2	157,08	125	96,69	160,84	OK
Daerah Lapangan	10	2	157,08	150	48,35	144,57	OK

Balok Utama B4 (3.00 meter) (300)/(400)							
	Tulangan	Luas Tulangan (As)	ρ perlu	ρ terpasang	Mu/ ϕ kN.m	Mn kN.m	Kontrol
Ujung Kanan positif	3 D - 16	603,19	0,45%	0,54%	73,53	87,67	OK
Ujung Kanan negatif	4 D - 16	804,25	0,57%	0,72%	91,85	114,20	OK
Ujung Kiri positif	3 D - 16	603,19	0,45%	0,54%	73,53	87,67	OK
Ujung Kiri negatif	4 D - 16	804,25	0,57%	0,72%	91,85	114,20	OK
Tengah Bentang positif	2 D - 16	402,12	0,33%	0,36%	53,10	59,79	OK
Tengah Bentang negatif	2 D - 16	402,12	0,33%	0,36%	34,18	59,79	OK

Balok Utama B4 (3.00 meter) (300)/(400)							
	Diameter	Jumlah (kaki)	As (mm ²)	Jarak Sengkang (mm)	Vu (kN)	ϕV_n (kN)	Cek
Daerah Tumpuan	10	2	157,08	125	113,13	160,84	OK
Daerah Lapangan	10	2	157,08	150	56,57	144,57	OK

Balok Utama B5 (2.50 meter) (300)/(400)							
	Tulangan	Luas Tulangan (As)	ρ perlu	ρ terpasang	Mu/Ø kN.m	Mn kN.m	Kontrol
Ujung Kanan positif	2 D - 19	567,06	0,51%	0,51%	81,95	82,76	OK
Ujung Kanan negatif	4 D - 19	1134,11	0,80%	1,02%	124,77	154,80	OK
Ujung Kiri positif	2 D - 19	567,06	0,51%	0,51%	81,95	82,76	OK
Ujung Kiri negatif	4 D - 19	1134,11	0,80%	1,02%	124,77	154,80	OK
Tengah Bentang positif	2 D - 19	567,06	0,33%	0,51%	18,25	82,76	OK
Tengah Bentang negatif	2 D - 19	567,06	0,33%	0,51%	39,00	82,76	OK

Balok Utama B5 (2.50 meter) (300)/(400)							
	Diameter	Jumlah (kaki)	As (mm ²)	Jarak Sengkang (mm)	Vu (kN)	ØVu (kN)	Cek
Daerah Tumpuan	10	2	157,08	125	108,06	160,84	OK
Daerah Lapangan	10	2	157,08	150	54,03	144,57	OK

Balok Anak Ba (250)/(350)							
	Tulangan	Luas Tulangan (As)	ρ perlu	ρ terpasang	Mu/Ø kN.m	Mn kN.m	Kontrol
Ujung Kanan positif	3 D - 13	398,20	0,33%	0,50%	0,02	50,35	OK
Ujung Kanan negatif	3 D - 13	398,20	0,33%	0,50%	0,04	50,35	OK
Ujung Kiri positif	3 D - 13	398,20	0,33%	0,50%	0,02	50,35	OK
Ujung Kiri negatif	3 D - 13	398,20	0,33%	0,50%	0,04	50,35	OK
Tengah Bentang positif	3 D - 13	398,20	0,33%	0,50%	0,01	50,35	OK
Tengah Bentang negatif	3 D - 13	398,20	0,33%	0,50%	0,02	50,35	OK

Balok Anak Ba (250)/(350)							
	Diameter	Jumlah (kaki)	As (mm ²)	Jarak Sengkang (mm)	Vu (kN)	ØVu (kN)	Cek
Daerah Tumpuan	8	2	100,53	250	0,08	72,57	OK
Daerah Lapangan	8	2	100,53	300	0,04	68,07	OK

B. RING BALOK

RING BALOK RB1 (6.00 meter) (300)/(400)							
	Tulangan	Luas Tulangan (As)	ρ perlu	ρ terpasang	Mu/Ø kN.m	Mn kN.m	Kontrol
Ujung Kanan positif	3 D - 13	398,20	0,33%	0,36%	31,54	59,24	OK
Ujung Kanan negatif	4 D - 13	530,93	0,43%	0,48%	70,73	77,81	OK
Ujung Kiri positif	3 D - 13	398,20	0,33%	0,36%	31,54	59,24	OK
Ujung Kiri negatif	4 D - 13	530,93	0,43%	0,48%	70,73	77,81	OK
Tengah Bentang positif	3 D - 13	398,20	0,33%	0,36%	38,51	59,24	OK
Tengah Bentang negatif	3 D - 13	398,20	0,33%	0,36%	13,56	59,24	OK

RING BALOK RB1 (6.00 meter) (300)/(400)							
	Diameter	Jumlah (kaki)	As (mm ²)	Jarak Sengkang (mm)	Vu (kN)	ØVn (kN)	Cek
Daerah Tumpuan	8	2	100,53	200	54,70	102,26	OK
Daerah Lapangan	8	2	100,53	250	27,35	94,45	OK

RING BALOK RB2 (5.00 meter) (300)/(400)							
	Tulangan	Luas Tulangan (As)	ρ perlu	ρ terpasang	Mu/Ø kN.m	Mn kN.m	Kontrol
Ujung Kanan positif	3 D - 13	398,20	0,33%	0,36%	35,01	59,24	OK
Ujung Kanan negatif	3 D - 13	398,20	0,33%	0,36%	34,00	59,24	OK
Ujung Kiri positif	3 D - 13	398,20	0,33%	0,36%	35,01	59,24	OK
Ujung Kiri negatif	3 D - 13	398,20	0,33%	0,36%	34,00	59,24	OK
Tengah Bentang positif	3 D - 13	398,20	0,33%	0,36%	14,46	59,24	OK
Tengah Bentang negatif	3 D - 13	398,20	0,33%	0,36%	13,30	59,24	OK

RING BALOK RB2 (5.00 meter) (300)/(400)							
	Diameter	Jumlah (kaki)	As (mm ²)	Jarak Sengkang (mm)	Vu (kN)	ØVn (kN)	Cek
Daerah Tumpuan	8	2	100,53	200	26,05	102,26	OK
Daerah Lapangan	8	2	100,53	250	13,03	94,45	OK

RING BALOK RB3 (4.00 meter) (300)/(400)							
	Tulangan	Luas Tulangan (As)	ρ perlu	ρ terpasang	Mu/ ϕ kN.m	Mn kN.m	Kontrol
Ujung Kanan positif	3 D - 13	398,20	0,33%	0,36%	19,22	59,24	OK
Ujung Kanan negatif	3 D - 13	398,20	0,33%	0,36%	35,75	59,24	OK
Ujung Kiri positif	3 D - 13	398,20	0,33%	0,36%	19,22	59,24	OK
Ujung Kiri negatif	3 D - 13	398,20	0,33%	0,36%	35,75	59,24	OK
Tengah Bentang positif	3 D - 13	398,20	0,33%	0,36%	14,91	59,24	OK
Tengah Bentang negatif	3 D - 13	398,20	0,33%	0,36%	8,23	59,24	OK

RING BALOK RB3 (4.00 meter) (300)/(400)							
	Diameter	Jumlah (kaki)	As (mm ²)	Jarak Sengkang (mm)	Vu (kN)	ϕV_n (kN)	Cek
Daerah Tumpuan	8	2	100,53	200	32,54	102,26	OK
Daerah Lapangan	8	2	100,53	250	16,27	94,45	OK

RING BALOK RB4 (3.00 meter) (300)/(400)							
	Tulangan	Luas Tulangan (As)	ρ perlu	ρ terpasang	Mu/ ϕ kN.m	Mn kN.m	Kontrol
Ujung Kanan positif	3 D - 13	398,20	0,33%	0,36%	29,00	59,24	OK
Ujung Kanan negatif	3 D - 13	398,20	0,33%	0,36%	42,23	59,24	OK
Ujung Kiri positif	3 D - 13	398,20	0,33%	0,36%	29,00	59,24	OK
Ujung Kiri negatif	3 D - 13	398,20	0,33%	0,36%	42,23	59,24	OK
Tengah Bentang positif	3 D - 13	398,20	0,33%	0,36%	29,85	59,24	OK
Tengah Bentang negatif	3 D - 13	398,20	0,33%	0,36%	13,32	59,24	OK

RING BALOK RB4 (3.00 meter) (300)/(400)							
	Diameter	Jumlah (kaki)	As (mm ²)	Jarak Sengkang (mm)	Vu (kN)	ϕV_n (kN)	Cek
Daerah Tumpuan	8	2	100,53	200	54,80	102,26	OK
Daerah Lapangan	8	2	100,53	250	27,40	94,45	OK

RING BALOK RB5 (2.50 meter) (300)/(400)							
	Tulangan	Luas Tulangan (As)	ρ perlu	ρ terpasang	Mu/ ϕ kN.m	Mn kN.m	Kontrol
Ujung Kanan positif	3 D - 13	398,20	0,33%	0,36%	33,81	59,24	OK
Ujung Kanan negatif	3 D - 13	398,20	0,33%	0,36%	50,12	59,24	OK
Ujung Kiri positif	3 D - 13	398,20	0,33%	0,36%	33,81	59,24	OK
Ujung Kiri negatif	3 D - 13	398,20	0,33%	0,36%	50,12	59,24	OK
Tengah Bentang positif	3 D - 13	398,20	0,33%	0,36%	6,72	59,24	OK
Tengah Bentang negatif	3 D - 13	398,20	0,33%	0,36%	13,04	59,24	OK

RING BALOK RB5 (2.50 meter) (300)/(400)							
	Diameter	Jumlah (kaki)	As (mm ²)	Jarak Sengkang (mm)	Vu (kN)	ϕV_n (kN)	Cek
Daerah Tumpuan	8	2	100,53	200	48,47	102,26	OK
Daerah Lapangan	8	2	100,53	250	24,24	94,45	OK

RING BALOK RBa (250)/(300)							
	Tulangan	Luas Tulangan (As)	ρ perlu	ρ terpasang	Mu/ ϕ kN.m	Mn kN.m	Kontrol
Ujung Kanan positif	2 D - 13	265,46	0,33%	0,39%	0,01	28,69	OK
Ujung Kanan negatif	2 D - 13	265,46	0,33%	0,39%	0,07	28,69	OK
Ujung Kiri positif	2 D - 13	265,46	0,33%	0,39%	0,01	28,69	OK
Ujung Kiri negatif	2 D - 13	265,46	0,33%	0,39%	0,07	28,69	OK
Tengah Bentang positif	2 D - 13	265,46	0,33%	0,39%	0,03	28,69	OK
Tengah Bentang negatif	2 D - 13	265,46	0,33%	0,39%	0,01	28,69	OK

RING BALOK RBa (250)/(300)							
	Diameter	Jumlah (kaki)	As (mm ²)	Jarak Sengkang (mm)	Vu (kN)	ϕV_n (kN)	Cek
Daerah Tumpuan	8	2	100,53	200	0,07	66,94	OK
Daerah Lapangan	8	2	100,53	250	0,04	61,24	OK

C. KOLOM

Tulangan Utama Kolom 350 mm x 400 mm							
Reduksi	(0, Po')	(Mmax, Pnmax)	(Mnb, Pnb)	(Mo, 0)	(0, Pnmin)	(M ₂ , Pt ₁)	(M ₃ , Pt ₂)
Aksial (P) (kN)	2494,85	1995,88	1037,29	0,00	- 928,84	1093,38	1093,38
Momen (M) (kN.m)	0,00	128,13	188,23	137,62	0,00	182,79	152,74
Eksentrisitas		0,06	0,18			0,17	0,14
Aksial Tarik (P) (kN)						- 1428,98	- 1428,98
Diameter (mm)	19						
Jumlah Tulangan	12						
Luas Tulangan (mm ²)	3402,34						
ρ	2,43%						

Tulangan Senggang Kolom 350 mm x 400 mm			
Lokasi	Diameter (mm)	Jumlah Kaki	Jarak (mm)
Sepanjang Lo	10	2	150

D. PLAT LANTAI

Pelat Lantai Tebal 12 cm 4 m x 6 m			
Lokasi	M Max (kN.m)	D Tulangan (mm)	Jarak (mm)
Tumpuan X	14,437	D-10	110
Tumpuan Y	16,693	D-10	110
Lapangan X	9,85	D-10	110
Lapangan Y	15,351	D-10	110

E. TANGGA

Pelat	Bentang	Digunakan Tulangan		Mn aktual (Nmm)	Check Mn akt > Mn perlu
		D (mm)	S (mm)		
Tangga	Tulangan Arah Memanjang	13	150	124.338.321,65	ok....!!!
	Tulangan Arah Melintang	10	150	75.841.000,82	ok....!!!
Bordes	Tulangan Arah Memanjang	10	150	75.841.000,82	ok....!!!
	Tulangan Arah Melintang	10	150	75.841.000,82	ok....!!!



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT
FAKULTAS TEKNIK

Alamat: Jl. By Pass Aur Kuning No. 1 Bukittinggi, (26131) Telp. (0752) 625737, Hp 082384929103
Website: www.ft.umsb.ac.id Email: fakultasteknik@umsb.ac.id

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa	:	George Wira Sanjani
NIM	:	191000222201055
Program Studi	:	Teknik Sipil
Pembimbing I	:	Helga Yermadona, ST. MT
NIDN	:	1013098502
Judul	:	Perencanaan Struktur Atas Gedung Kuliah Universitas Mohammad Natsir Menggunakan Program <i>Etabs Versi 18</i>

No.	Tanggal Konsultasi	Materi dan Catatan Pembimbing	Paraf Pembimbing
1.	12 Juni 2021	Revisi: Bab I - III, Lanjut Bab IV	fl
2.	20 Juni 2021	Revisi sesuai catatan koneksi Bab IV	fl
3.	15 Jan 2022	+ Gambar, perbaikan judul	fl
4.	19 Jan 2022	Revisi abstrak	fl
5.	22 Jan 2022	Acc seminar hasil	fl
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			

Catatan :

1. Kartu Konsultasi dibuat dua rangkap untuk pembimbing I dan II, dilampirkan saat pendaftaran seminar.
2. *) Sesuaikan dengan status pembimbing, sebagai Pembimbing I atau Pembimbing II.
3. Dapat diperbanyak bila diperlukan.


Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil,


HELGA YERMADONA, ST. MT
NIDN. 1013098502



KARTU KONSULTASI BIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa	:	George Wira Sanjani
NIM	:	191000222201055
Program Studi	:	Teknik Sipil
Pembimbing II	:	Deddy Kurniawan, ST. MT
NIDN	:	1022018303
Judul	:	Perencanaan Struktur Atas Gedung Kuliah Universitas Mohammad Natsir Menggunakan Program <i>Etabs Versi 18</i>

No.	Tanggal Konsultasi	Materi dan Catatan Pembimbing	Paraf Pembimbing
1.	27 Juni 22	lanjutkan ke Bd 10.	A.
2.	15. Jan 22	- Perbaiki judul	A.
3.		- outputnya perencanaan.	
4.	22 Jan 22.	- ACC seminar hasil	A.
5.	13/maret 22	Acc mid. 	
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			

Catatan :

4. Kartu Konsultasi dibuat dua rangkap untuk pembimbing I dan II, dilampirkan saat pendaftaran seminar.
5. *) Sesuaikan dengan status pembimbing, sebagai Pembimbing I atau Pembimbing II.
6. Dapat diperbanyak bila diperlukan.

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil,


HELGA YERMADONA, ST. MT
NIDN. 1013098502



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT

FAKULTAS TEKNIK

Alamat: Jl. By Pass Aur Kuning No. 1 Bukittinggi, (26131) Telp. (0752) 625737, Hp 082384929103
Website: www.ft.umsb.ac.id Email: fakultasteknik@umsb.ac.id

REVISI SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI

Tanggal Ujian: 28 Maret 2021

Nama : **GEORGE WIRA SANJANI**
NIM : 19100022201055
Judul Proposal : Perencanaan Struktur Atas Gedung Kuliah Universitas Mohammad

Natsir

Catatan Perbaikan : *- Perbaiki Jukel*
- Lembari Sumber / pustaka asli di BDTF
- Perbaiki Gambar Diagram alir penelitian

Penguji,

Febrimen Herista, S.T., M.T.
NIDN. 1001026901



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT

FAKULTAS TEKNIK

Alamat: Jl. By Pass Aur Kuning No. 1 Bukittinggi, (26131) Telp. (0752) 625737. Hp 082384929103
Website: www.ft.umsb.ac.id Email: fakultasteknik@umsb.ac.id

REVISI SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI

Tanggal Ujian: 28 Maret 2021

Nama : **GEORGE WIRA SANJANI**
NIM : 19100022201055
Judul Proposal : Perencanaan Struktur Atas Gedung Kuliah Universitas Mohammad

Natsir

Catatan Perbaikan : *Judul diganti*
(Tabs Versi)
.....
.....
.....
.....
.....

Penguji,

Ishak S.T., M.T.
NIDN. 1010047301



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT

FAKULTAS TEKNIK

Alamat: Jl. By Pass Aur Kuning No. 1 Bukittinggi, (26131) Telp. (0752) 625737. Hp 082384929103
Website: www.ft.umsb.ac.id Email: fakultasteknik@umsb.ac.id

REVISI SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI

Tanggal Ujian: 28 Maret 2021

Nama : **GEORGE WIRA SANJANI**
NIM : 19100022201055
Judul Proposal : Perencanaan Struktur Atas Gedung Kuliah Universitas Mohammad

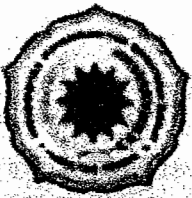
Natsir

Catatan Perbaikan : *Perbaiki Judul dan Batasan Masalah*

Ketua Penguji,

Yorizal Putra, S.T., M.T.

NIDN. 1002049201



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT

FAKULTAS TEKNIK

Alamat: Jl. Hy. Poes Aze Kuning No. 1 Bukittinggi 26115 Telp. (0752) 625777 Hg. 062344929100
Website: www.umh.ac.id Email: [fakultasteknik@umh.ac.id](mailto: fakultasteknik@umh.ac.id)

REVISI SEMINAR HASIL SKRIPSI

Tanggal Ujian: 29 Januari 2022

Nama : GEORGE WIRA SANJANI
NIM : 191000222201055
Judul Skripsi : Perencanaan Struktur Atas Gedung Kuliah Universitas Mohammad Natsir Menggunakan Program Etabs Versi 18

Catatan Perbaikan :

- cek perhitungan BR.
- Gub' DM jadi DII atau DII
sewaiba dg ya ada di paku.

ACC Sidney
12.2022
02

Sekretaris/Penguji,

Deddy Kurniawan, S.T., M.T.
NIDN. 1022018303



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT

FAKULTAS TEKNIK

Alamat: Jl. By Pass Aur Kuning No. 1 Bukittinggi, (26131) Telp. (0752) 625737, Hp 082384929103
Website: www.ft.umsb.ac.id Email: fakultasteknik@umsb.ac.id

REVISI SEMINAR HASIL SKRIPSI

Tanggal Ujian: 29 Januari 2022

Nama : **GEORGE WIRA SANJANI**
NIM : 191000222201055
Judul Skripsi : Perencanaan Struktur Atas Gedung Kuliah Universitas Mohammad

Natsir Menggunakan Program Etabs Versi 18
Catatan Perbaikan : * Perbaiki yg tertera,
* Cek lagi penulisan
- Balok
- Tangga
* Cek lagi penulisan hrs asing.

ACC ~~file~~ Sidang Akhir.
10/02/22.

Penguji,

Ir. Surya Eka Priana, M.T., IPP
NIDN. 1016026603



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT

FAKULTAS TEKNIK

Alamat: Jl. By Pass Aur Kuning No. 1 Bukittinggi, (26131) Telp. (0752) 625737, Hp 082384929103
Website: www.ft.umsb.ac.id Email: fakultasteknik@umsb.ac.id

REVISI SEMINAR HASIL SKRIPSI

Tanggal Ujian: 29 Januari 2022

Nama : **GEORGE WIRA SANJANI**
NIM : 191000222201055
Judul Skripsi : Perencanaan Struktur Atas Gedung Kuliah Universitas Mohammad Natsir Menggunakan Program Etabs Versi 18

Catatan Perbaikan :
- . *Bekas gambar detail Dinding*
Di perbaiki
- *Di tambah langkah perhitungan*
spektrum, Kapan berapapun Desain SA

Ace Sidang Sanjani
2/2 - 2022

Penguji,

Masril, S.T., M.T.
NIDN. 1005057407



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT

FAKULTAS TEKNIK

Alamat: Jl. By Pass Aur Kuning No. 1 Bukittinggi, (26131) Telp. (0752) 625737, Hp 082384929103
Website: www.ft.umsb.ac.id Email: fakultasteknik@umsb.ac.id

REVISI SIDANG SKRIPSI

Tanggal Ujian: 27 Februari 2022

Nama : **GEORGE WIRA SANJANI**
NIM : 191000222201055
Judul Skripsi : Perencanaan Struktur Atas Gedung Kuliah Universitas Mohammad Natsir Menggunakan Program Etabs Versi 18

Catatan Perbaikan :
Tambahkan satuan pada tabel 4.26
Judul direvisi
.....
ACC jilid 12/3-2022
.....
.....

Ketua Penguji,

Helga Yermadona, S.Pd., M.T.
NIDN. 1013098502



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA FAKULTAS TEKNIK

Alamat: Jl. By Pass Aur Kuning No. 1 Bukittinggi, (26131) Telp. (0752) 625737, Hp 082384929103
Website: www.ft.umsb.ac.id Email: fakultasteknik@umsb.ac.id

REVISI SIDANG SKRIPSI

Tanggal Ujian: 27 Februari 2022

Nama : **GEORGE WIRA SANJANI**
NIM : 191000222201055
Judul Skripsi : Perencanaan Struktur Atas Gedung Kuliah Universitas Mohammad

Natsir Menggunakan Program Etabs Versi 18

Catatan Perbaikan : *perbaiki judul, sesuai yang di sarankan*
- tambahkan detail gambar yang
ditunjuk
- cek lagi kesesuaian frame

Acc revisi diproses y agup
12/3-22

Sekretaris/Penguji,

Deddy Kurniawan, S.T., M.T.
NIDN. 1022018303



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT


FAKULTAS TEKNIK

Alamat: Jl. By Pass Aur Kuning No. 1 Bukittinggi, (26131) Telp. (0752) 625737, Hp 082384929103
Website: www.ft.umsb.ac.id Email: fakultasteknik@umsb.ac.id

REVISI SIDANG SKRIPSI

Tanggal Ujian: 27 Februari 2022

Nama : **GEORGE WIRA SANJANI**
NIM : 191000222201055
Judul Skripsi : Perencanaan Struktur Atas Gedung Kuliah Universitas Mohammad
Natsir Menggunakan Program Etabs Versi 18
Catatan Perbaikan :

ACC jili d

14/03/22.

Penguji,



Ir. Surya Eka Priana, M.T., IPP
NIDN. 1016026603



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT

FAKULTAS TEKNIK

Alamat: Jl. By Pass Aur Kuning No. 1 Bukittinggi, (26131) Telp. (0752) 625737, Hp 082384929103
Website: www.ft.umsb.ac.id Email: fakultasteknik@umsb.ac.id

REVISI SIDANG SKRIPSI

Tanggal Ujian: 27 Februari 2022

Nama : **GEORGE WIRA SANJANI**
NIM : 191000222201055
Judul Skripsi : Perencanaan Struktur Atas Gedung Kuliah Universitas Mohammad Natsir Menggunakan Program Etabs Versi 18
Catatan Perbaikan : *1. Perbaiki tujuan dan manfaat*
2. tampilkan hasil analisis ETABS. dlm
bentuk tabel = - ada satuan
- kombinasi yg max, min.
- tambahkan ket arah
- pada ETABS

Penguji,

Yorizal Putra, S.T., M.T.
NIDN. 1002049201



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT

FAKULTAS TEKNIK

Alamat: Jl. By Pass Aur Kuning No. 1 Bukittinggi, (26131) Telp. (0752) 625737, Hp 082384929103
Website: www.ft.umsb.ac.id Email: fakultasteknik@umsb.ac.id

REVISI SEMINAR HASIL SKRIPSI

Tanggal Ujian: 29 Januari 2022

Nama : **GEORGE WIRA SANJANI**
NIM : 191000222201055
Judul Skripsi : Perencanaan Struktur Atas Gedung Kuliah Universitas Mohammad Natsir Menggunakan Program Etabs Versi 18

Catatan Perbaikan :
.....
cek lagi perencanaan selimut beton & penulangan
B5
Perhitungan tumpuan
Kata asig ketik miring
ACC sidang kompre 12/02/2022
.....

Ketua Penguji,

Helga Yermadona, S.Pd., M.T.
NIDN. 1013098502