

SKRIPSI

**PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG MADRASAH DINIYAH
AWALIYAH BAITURRAHIM AMPANG GADANG**

Ditulis Untuk Salah Satu Persyaratan
Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Sipil



Oleh

Aldi Ikram

181000222201012

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT

2022

HALAMAN PENGESAHAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG MADRASAH DINIYAH
AWALIYAH BAITURRAHIM AMPANG GADANG

Oleh :

ALDI IKRAM
181000222201012

Dosen Pembimbing I,



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

Dosen Pembimbing II,



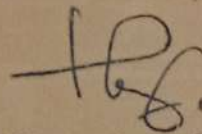
Elfania Bastian, S. T., M. T.
NIDN. 1018118901

Dekan Fakultas Teknik
UM Sumatera Barat,



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

Ketua Program Studi
Teknik Sipil,



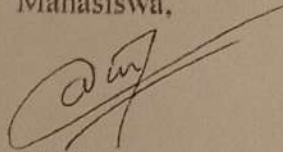
Helga Yermadona, S. Pd., M. T.
NIDN. 1013098502

LEMBARAN PERSETUJUAN TIM PENGUJI

Skripsi ini telah dipertahankan dan disempurnakan berdasarkan masukan dan koreksi Tim Penguji pada ujian tertutup tanggal 14 Agustus 2022 di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

Bukittinggi, 19 Agustus 2022

Mahasiswa,



Aldi Ikram

181000222201012

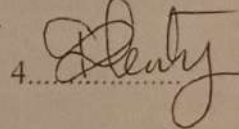
Disetujui Tim Penguji Skripsi tanggal..... :

1. Masril, S. T., M. T.
2. Elfania Bastian, S. T., M. T.
3. Jon Hafnil, S. T., M. T.
4. Ir. Ana Susanti Yusman, M.Eng.

1. 

2. 

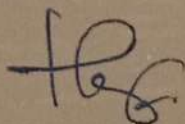
3. 

4. 

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Teknik Sipil,



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

NIDN. 1013098502

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Mahasiswa : Aldi Ikram
Tempat dan Tanggal Lahir : Solok, 20 Desember 1999
NIM : 181000222201012
Judul Skripsi : Perencanaan Struktur Gedung Madrasah Diniyah
Awaliyah Baiturrahim Ampang Gadang

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

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

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

Bukittinggi, 19 Agustus 2022

Yang membuat pernyataan,



Aldi Ikram
181000222201012

ABSTRAK

Gedung kelas Madrasah Diniyah Awaliyah Baiturrahim Ampang Gadang dibangun tiga lantai. Pada penelitian ini penulis membahas tentang struktur atas dan struktur bawah bangunan gedung saja. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui beban-beban yang dipikul, dimensi dan jumlah tulangan struktur (kolom, balok, dan plat lantai) pada gedung ini. Struktur bangunan gedung ini direncanakan struktur tahan gempa sehingga menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), SNI 2847:2019. Analisis struktur atas gedung dimulai ini dari *preliminary design*, perhitungan beban-beban yang bekerja serta gaya-gaya yang bekerja pada struktur, perhitungan dimensi penulangan elemen struktur dan analisis kekuatan pada struktur. Perhitungan gaya-gaya yang bekerja menggunakan aplikasi *SAP2000*. Setelah dimensi dan jumlah tulangan pada elemen struktur didapat, dilanjutkan dengan penggambaran struktur gedung. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, dimensi kolom yang digunakan pada lantai 1, 2 dan 3 adalah 450x450 mm dengan menggunakan tulangan pokok 16D22 mm, tulangan geser menggunakan $\varnothing 10-170$ mm. Untuk balok dengan bentang terpanjang 6 m menggunakan dimensi balok 300x400 mm dengan tulangan pokok pada tumpuan 8D16 mm dan 4D16 mm pada lapangan, sedangkan tulangan geser menggunakan D10-120 mm pada tumpuan dan $\varnothing 10-170$ mm pada lapangan. Untuk ketebalan Pelat Atap 100 mm dengan tulangan lapangan arah x D10-300 mm, tulangan lapangan arah y D10-300 mm dan tulangan tumpuan arah x D10-200 mm, tulangan tumpuan arah y D10-200 mm. Untuk ketebalan Pelat Lantai 120 mm dengan tulangan lapangan arah x D10-250 mm, tulangan lapangan arah y D10-250 mm dan tulangan tumpuan arah x D10-200 mm, tulangan tumpuan arah y D10-200 mm.

Kata kunci : *Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), SNI 2847:2019, SAP 2000, 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. dan Dosen Pembimbing I skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis.
2. Ibu Helga Yermadona, ST. MT, selaku Ketua Prodi Teknik Sipil
3. Ibuk ELFANIA BASTIAN, ST. MT, selaku Dosen Pembimbing II skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis.
4. Orang tua, adik dan teman-teman 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	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR NOTASI.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	2
BAB II KAJIAN PUSTAKA	4
2.1 Pembebanan struktur	4
2.1.1 Beban Mati	4
2.1.2 Beban Hidup.....	6
2.1.3 Beban gempa	7
2.1.4 Faktor keutamaan struktur	9
2.1.5 Faktor reduksi.....	10
2.1.6 Kombinasi beban terfaktor	11
2.1.7 Kategori resiko struktur.....	12
2.2 Faktor beban	12
2.3 Perencanaan struktur	14
2.3.1 Kolom (<i>Column</i>).....	14
2.3.2 Balok.....	15
2.3.3 Pelat lantai	16

2.3.4	Pondasi	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		21
3.1	Umum	21
3.2	Lokasi penelitian	21
3.3	Data penelitian	22
3.3.1	Jenis dan Sumber data	22
3.3.2	Teknik Pengumpulan Data	22
3.4	Metode Analisis Data	22
3.5	Bagan Alir Penelitian (<i>Flowchart</i>)	23
BAB IV ANALISIS DATA DAN PERHITUNGAN		25
4.1	<i>Preliminary Design Penampang</i>	25
4.1.1	Balok	25
4.1.2	Pelat atap	26
4.1.3	Pelat lantai	27
4.1.4	Kolom	28
4.2	Pembebanan	29
4.2.1	Pembebanan pada pelat atap	29
4.2.2	Pembebanan pada pelat lantai	30
4.2.3	Pembebanan pada balok	30
4.2.4	Pembebanan struktural	31
4.3	Perhitungan Struktur	32
4.3.1	Perencanaan pelat atap	32
4.3.2	Perencanaan pelat lantai	41
4.3.3	Perencanaan balok	50
4.3.4	Perencanaan kolom	65
4.3.5	Perencanaan tangga	70
4.3.6	Perhitungan pondasi	75
BAB V PENUTUP		79
5.1	Kesimpulan	80
5.2	Saran	81
DAFTAR PUSTAKA		82
LAMPIRAN		84

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Berat Sendiri Material Konstruksi	4
Tabel 2.2 Berat Sendiri Material Gedung	5
Tabel 2.3 Beban Hidup pada Lantai Gedung	7
Tabel 2.4 Koefesien menghitung faktor renpons gempa	8
Tabel 2.5 Faktor keutamaan struktur	9
Tabel 2.6 Faktor reduksi.....	10
Tabel 2.7 Kombinasi beban untuk metode ultimit	11
Tabel 2.8 Kategori resiko bangunan gedung	12
Tabel 2.9 Faktor pengaruh dari bentuk dan kekuatan pondasi	20
Tabel 4.1 Koefesien momen pelat	34
Tabel 4.2 Koefesien momen pelat	43
Tabel 4.3 Momen pada balok B1	50
Tabel 4.4 Output momen balok	69
Tabel 4.5 Output momen kolom	69
Tabel 4.6 Total berat bangunan	74
Tabel 4.7 Data sondir	69
Tabel 5.1 Hasil perhitungan balok	79
Tabel 5.2 Hasil perhitungan kolom	79
Tabel 5.3 Hasil perhitungan pelat	80

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1	Jenis pelat lantai berdasarkan tumpuan 17
Gambar 2.2	Macam-macam pondasi 19
Gambar 3.1	Lokasi Penelitian 21
Gambar 3.2	Diagram Alir Penelitian 24
Gambar 4.1	Denah balok 25
Gambar 4.2	Denah pelat atap 26
Gambar 4.3	Beban mati pada balok 30
Gambar 4.4	Prespektif struktur pelat atap 32
Gambar 4.5	Denah pelat atap 33
Gambar 4.6	Prespektif struktur pelat lantai 41
Gambar 4.7	Denah pelat lantai 42
Gambar 4.8	Balok yang ditinjau 51
Gambar 4.9	Detail penulangan balok..... 64
Gambar 4.10	Kolom yang ditinjau 65
Gambar 4.11	Detail penulangan kolom 69
Gambar 4.12	Perencanaan tangga 70
Gambar 4.13	Grafik data sondir 76

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

Pada masa sekarang ini masyarakat banyak mengalami masalah kebutuhan, salah satunya yaitu kebutuhan akan sarana pendidikan. Oleh sebab itu kebutuhan masyarakat akan sarana pendidikan semakin besar. Sarana pendidikan ialah semua fasilitas yang biasanya langsung dipergunakan seperti gedung pendidikan. Fungsi gedung pendidikan pada masa sekarang ini sangat dibutuhkan, supaya proses pembelajaran menjadi nyaman.

Dalam merencanakan suatu perencanaan gedung diperlukan perencanaan struktur yang matang, sehingga mampu berdiri kokoh, tahan gempa dan memenuhi aturan SNI. Pada perencanaan suatu gedung harus memerhatikan tujuan dan fungsi penggunaan gedung tersebut. Selain itu perencanaan struktur gedung yang baik serta memerhatikan aturan-aturan SNI dapat terhindar dari terjadinya suatu kegagalan struktur.

Madrasah Diniyah Awaliyah Biturrahim Ampang Gadang ialah sebuah satuan pendidikan diluar sekolah, yang mengajarkan ilmu pengetahuan tentang agama islam setingkat dengan sekolah dasar. Pemilihan perencanaan gedung Madrasah Diniyah Awaliyah ini dikarenakan tempat untuk pembelajaran di Madrasah Diniyah Awaliyah Biturrahim Ampang Gadang ini hanya di mushala sehingga ruangan pembelajaran terbilang sempit yang membuat para murid tidak bisa belajar dengan nyaman.

Dengan keadaan yang demikian diperlukanlah sebuah gedung pendidikan yang lebih luas dan lebih memadai sehingga kegiatan pembelajaran di MDA menjadi lebih kondusif. Dengan adanya latar belakang yang sudah ditulis di atas, maka penulis mengangkat judul **Perencanaan Struktur Gedung Kelas Madrasah Diniyah Awaliyah Baiturrahim Ampang Gadang**

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang dapat disimpulkan dari latar belakang yang sudah dituliskan di atas yaitu, bagaimana merencanakan sebuah struktur bangunan pendidikan tiga lantai yang memenuhi faktor keamanan memenuhi syarat atau aturan SNI yang berlaku.

1.3 Batasan Masalah

1. Perencanaan gedung tiga lantai dalam skripsi ini pembahasannya hanya merencanakan dan mengitung struktur utama saja mulai dari pelat atap, pelat lantai, balok, kolom dan pondasi
2. Pemodelan dan pembebanan pada perencanaan ini di hitung dengan menggunakan program SAP 2000

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.4.1 Tujuan

1. Merencanakan gedung tiga (3) lantai sebagai gedung pendidikan
2. Merencanakan struktur gedung tiga lantai yang tahan gempa.
3. Merencanakan struktur atas dan struktur bawah gedung tiga (3) lantai yang memenuhi syarat dan peraturan SNI

1.4.2 Manfaat

1. Hasil dari penelitian ini dapat menjadi landasan atau referensi dalam perencanaan struktur gedung sesuai dengan standar SNI yang ada.
2. Madrasah Diniyah Awaliyah Baiturrahim Ampang Gadang mendapatkan sebuah gedung kelas yang lebih memadai
3. Penulis dapat menerapkan ilmu-ilmu tentang perencanaan gedung sesuai yang telah di pelajari selama perkuliahan

1.5 Sistematika Penulisan

Sebagai mempermudah dalam pembahasan tugas akhir ini supaya uraiannya terperinci maka disusun dengan sistematika sebagai berikut :

BAB I BERISI PENDAHULUAN

Bab satu ini berisi tentang apa-apa saja yang melatarbelakangi, rumusan masalah, batasan masalah, manfaat dan tujuan dari pembahasan ini.

BAB II BERISI TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab dua ini berisi tentang tinjauan pustaka yaitu materi-materi atau rumus-rumus yang akan di pakai pada pembahasa tugas akhir ini.

BAB III BERISI METODOLOGI PENELITIAN

Bab tiga ini berisi tentang metodologi penelitian yaitu, lokasi penelitian, dan metode pembahasan, dan bagan alir penelitian.

BAB IV BERISI ANALISIS DATA DAN PERHITUNGAN

Pada bab empat ini berisi tentang semua pembahasan dari tugas akhir ini mulai dari, preliminari desain, pembebanan dan perhitungan struktur.

BAB V BERISI PENUTUP

Pada bab lima ini berisi tentan kesimpulan dari pembahasan ini dan saran dari penulis.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembebanan Struktur

Pembebanan adalah factor penting dalam Merancang Struktur Bangunan, untuk Merancang Struktur perlu Mengidentifikasi beban yang bekerja pada Struktur, Beban yang bekerja pada struktur dapat digolongkan dalam tiga bagian, yaitu Beban Mati, Beban Hidup, dan Beban Akibat Pengaruh Alam.

2.1.1 Beban Mati

Beban mati (*dead load*) adalah berat sendiri dari semua bagian dari suatu bangunan yang bersifat tetap. Beban mati pada struktur bangunan ditentukan oleh berat jenis bahan bangunan. Berat ini terdiri atas berat struktur dan beban lain yang ada pada struktur secara permanen. Beban mati terdiri atas berat rangka, dinding, lantai, atap, plumbing (Hilmi, 2014).

Menurut Pedoman Perencanaan Pembebanan Indonesia untuk Rumah dan Gedung tahun 1987 beban mati pada struktur terbagi menjadi 2, yaitu beban mati akibat material konstruksi misalnya: balok, plat, kolom, dinding geser, kuda-kuda dan lainnya serta beban mati akibat komponen gedung misalnya: bata ringan, penggantung plafon, plafon, keramik, kaca, kusen dan lainnya.

Tabel 2.1. Berat sendiri material konstruksi

No.	Material	Berat	Keterangan
1	Baja	7850 kg/m ³	
2	Batu alam	2600 kg/m ³	
3	Batu belah, batu bulat, batu gunung	1500 kg/m ³	berat tumpuk
4	Batu karang	700 kg/m ³	berat tumpuk
5	Batu pecah	1450 kg/m ³	
6	Besi tuang	7250 kg/m ³	

7	Beton	2200 kg/m ³	
8	Beton bertulang	2400 kg/m ³	
9	Kayu	1000 kg/m ³	kelas I
10	Kerikil, koral	1650 kg/m ³	kering udara sampai lembab, tanpa diayak
11	Pasangan bata merah	1700 kg/m ³	
12	Pasangan batu belah, batu bulat, batu gunung	2200 kg/m ³	
13	Pasangan batu cetak	2200 kg/m ³	
14	Pasangan batu karang	1450 kg/m ³	
15	Pasir	1600 kg/m ³	kering udara sampai lembab
16	Pasir	1800 kg/m ³	jenuh air
17	Pasir kerikil, koral	1850 kg/m ³	kering udara sampai lembab
18	Tanah, lempung dan lanau	1700 kg/m ³	kering udara sampai lembab
19	Tanah, lempung dan lanau	2000 kg/m ³	Basah
20	Timah hitam / timbel)	11400 kg/m ³	

Sumber : Pedoman Perencanaan Pembebanan Indonesia untuk Rumah dan Gedung. 1987

Tabel 2.2. Berat sendiri material Gedung

No.	Material	Berat	Keterangan
1	Adukan, per cm tebal : - dari semen - dari kapur, semen merah/tras	21 kg/m ² 17 kg/m ²	
2	Aspal, per cm tebal :	14 kg/m ²	
3	Dinding pasangan batamerah : - satu batu - setengah batu	450 kg/m ² 250 kg/m ²	

4	Dinding pasangan batako : - berlubang : tebal dinding 20 cm(HB 20) tebal dinding 10 cm(HB 10)	200 kg/m ² 120 kg/m ²	
	- tanpa lubang : tebal dinding 15 cm tebal dinding 10 cm	300 kg/m ² 200 kg/m ²	
5	Langit-langit & dinding, terdiri : - semen asbes (eternit), tebal maks. 4mm - kaca, tebal 3-5 mm	11 kg/m ² 10 kg/m ²	termasuk rusuk-rusuk, tanpa pengantung atau pengaku
6	Lantai kayu sederhana dengan balok kayu	40 kg/m ²	tanpa langit-langit, bentang maks. 5 m, beban hidup maks. 200 kg/m ²
7	Penggantung langit-langit (kayu)	7 kg/m ²	bentang maks. 5 m, jarak s.k.s. min. 0.80 m
8	Penutup atap genteng	50 kg/m ²	dengan reng dan usuk / kaso per m ² bidang atap
9	Penutup atap sirap	40 kg/m ²	dengan reng dan usuk / kaso per m ² bidang atap
10	Penutup atap seng gelombang (BJLS-25)	10 kg/m ²	tanpa usuk
11	Penutup lantai ubin, /cm tebal	24 kg/m ²	ubin semen portland, teraso dan beton, tanpa adukan
12	Semen asbes gelombang (5 mm)	11 kg/m ²	

Sumber : Pedoman Perencanaan Pembebanan Indonesia untuk Rumah dan Gedung. 198

2.1.2 Beban Hidup

Beban hidup merupakan beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain. (SNI 1727:2013 pasal 4.1). Beban hidup selalu berubah-ubah dan sulit diperkirakan. Perubahan tersebut terjadi sepanjang waktu, baik untuk jangka pendek maupun jangka panjang (Schueler, 2010). Beban hidup atap merupakan beban yang diakibatkan pelaksanaan pemeliharaan oleh pekerja, peralatan, dan material. Selain itu juga beban selama masa layan struktur yang

diakibatkan oleh benda bergerak, seperti tanaman atau benda dekorasi kecil yang tidak berhubungan dengan penghunian (SNI 1727:2013 pasal 4.1)

Tabel 2.3.Beban Hidup pada lantai Gedung

	Beban hidup	Kg/m ³
A	Lantai dan tangga rumah tinggal kecuali yang disebut dalam b.	200
B	Lantai dan tangga rumah tinggal sederhana dan gedung yang tidak penting yang bukan untuk toko, pabrik, atau bengkel.	125
C	Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, toserba, restoran, hotel, rumah sakit.	250
D	Lantai ruang olah raga.	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 pegelaran, ruang rapat, bioskop dan panggung penonton dengan tempat duduk tetap.	400
G	Tangga, bordes tangga dan gang yang disebut dalam c	300
H	Tangga, bordes tangga dan gang yang disebut dalam d,e,f dan g	500
I	Lantai untuk: pabrik, bengkel, gedung, perputakaan, ruang arsip, toko buku, toko besi, ruang alat-alat dan ruang mesin, harus di rencanakan terhadap beban hidup yang ditentukan sendiri	400
J	Lantai gedung parkir bertingkat - Untuk lantai bawah - Untuk lantai tingkat lainnya	800 400
K	Balkon-balkon yang menjorok bebas keluar harus direncanakan terhadap beban hidup dari lantai ruang yang berbatasan, dengan minimum	300

Sumber ; PPPURG (1989)

2.1.3 Beban Gempa

Beban gempa adalah beban lateral yang dominan terhadap kestabilan struktur, dimana besarnya getaran yang terjadi di dalam struktur diakibatkan adanya pergerakan tanah oleh gempa. efek dinamisnya menjadikan analisisnya lebih

kompleks. Penerapan analisis ini dilakukan untuk memastikan bahwa desain elemen elemen struktur tersebut kuat menahan gaya gempa. Beban Gempa adalah fenomena getaran yang diakibatkan oleh benturan atau pergesekan lempeng tektonik (plate tectonic) bumi yang terjadi di daerah patahan (fault zone). Gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlewati besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun sebesar 2%.

2.1.3.1 Faktor Respons Gempa (Respons Spektrum) Berdasarkan SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012

1. Letak gedung akan berdasarkan zona gempa yang ada di SNI SNI 03-1726-2002
2. Respons spektrum yang disajikan dalam bentuk garfik/plot antara periode getar struktur T, lawan respon-respon maksimum dapat berupa simpangan maksimum berdasarkan rasio redaman dan gempa tertentu SNI 03-1726-2012. Periode natural (waktu getar alami)(T) dengan rumus sebagai berikut :

a) Menggunakan sistem rangka baja (SRPMK)

$$T = 0,0731 H^{\frac{3}{4}}$$

b) Menggunakan sistem rangka dengan dinding geser (ganda) $T = 0,0731 H^{\frac{3}{4}}$

T= Priode Natural (detik)

H=Tinggi bangunan (m)

Pembatasan waktu getar alami fundametal didapatkan dengan snyarat dan tabel :

$$T < \tau n$$

T= Priode Natural (detik)

τ = koefisien faktor respons gempa vertikal

n= jumlah tingkat bangunan

untuk koefisien menghitung faktor respons gempa vertikal berdasar SNI 03-1726-2002 dapat dilihat pda tabel 2.4

Tabel 2.4.koefisien untuk mehitung faktor respons gempa vertikal

Wilayah gempa	Z
---------------	---

1	0,20
2	0,19
3	0,18
4	0,17
5	0,16
6	0,15

(sumber : SNI 03-1726-2002)

2.1.4 Faktor keutamaan struktur

Keruntuhan struktur gedung selama umur rencana gedung tersebut diharapkan untuk pengaruh gempa rencana yang dikalikan dengan suatu faktor. Pada perencanaan struktur bangunan tahan gempa, perlu ditinjau tiga taraf beban gempa, yaitu gempa ringan, gempa sedang, gempa kuat, untuk merencanakan elemen-elemen dari sistem struktur agar tetap mempunyai kinerja yang baik pada saat terjadi gempa. Faktor keutamaan struktur untuk berbagai jenis gedung di ambil

Tabel 2.5.Faktor keutamaan struktur

Kategori gedung	Faktor keutamaan		
	I1	I2	I3
Gedung umum seperti untuk penghunian perniagaan dan perkatoran	1,0	1,0	1,0
Monumen dan bangunan monumental			
Bangunan penting pasca gempa seperti ruamah sakit, instalasi air bersih, pembangkit tenaga listrik, pusat penyelamatan dalam keadaan darurat, fasilitas radio dan televisi	1,4	1,0	1,4
Gedung untuk menyimpan bahan berbahaya seperti gas, produk minyak bumi, asam, bahamn beracun	1,6	1,0	1,6
Cerobong tangki diatas menara			

	1,5	1,0	1,0
--	-----	-----	-----

(Sumber ; SNI 03-1726-2002)

2.1.5 Faktor reduksi

Dalam peraturan pembebanan indonesia untuk gedung (PPIUG) 1983 diatur mengenai nilai faktor reduksi (R) beban hidup yang di gunakan sebagai sumber massa gempa dapat di tentukan melauai tabel 2.6

Tabel 2.6.Faktor reduksi

Pengunaan gedung	Koefesien	
	Perencanaan portal	Peninjauan gempa
Perumahan/penghunian : - Rumah tempat tinggal - Asrama - Hotel - Rumah sakit	0,75	0,3
Pendidikan : - Sekolah - Ruang kuliah	0,90	0,5
Pendikan : - Kantor - Bank	0,60	0,30
Pendikan : - Toko - Toserba - Pasar	0,80	0,80
Penyimpanan : - Gudang - Perpustakaan - Ruang arsip	0,80	0,80

Industri : - Pabrik - Bengkel	1,00	0,90
Tempat kendaraan : - Gerasi - Gedung parkir	0,90	0,50
Gang dan tangga : - Perumahan/penghunian - Pendidikan, kantor - Pertemuan umum Perdagangan Penyimpanan Industri Tempat kendaraan	0,75 0,75 0,90	0,30 0,30 0,50

(sumber : peraturan pembebanan indonesia untuk gedung (PPIUG)1983)

2.1.6 Kombinasi beban terfaktor

Struktur, komponen-elemen struktur dan eleme-elemen fondasi harus dirancang sedemikian hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor dengan kombinasi pembebanan sesuai SNI 172:2012 yang dapat dilihat pada tabel 2.7.

Tabel 2.7. kombinasi beban untuk metode ultimit

Beban	Kombinasi ultimet
Beban mati	1,4 D
Beban hidup	1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr atau R)
Beban angin	1,2 D + 1,6 (Lx atau R) + (L atau 0,5 w) 1,2 D + 1,0 w + L + 0,5 (Lx tau R) 0,9 D + 1,0 W
Beba gempa	1,2 D + 1,0 E + L 0,9 D + 1,0 E

(sumber : SNI-1727-2013)

2.1.7 Menentukan Kategori Resiko Struktur Bangunan (I-IV)

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung, pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan (I_e). Gedung Madrasah Diniyah Awaliyah Baiturrahim Ampang Gadang termasuk dalam kategori II, terlihat pada tabel dibawah ini, sehingga faktor keutamaan gempa (I_e) = 1,0 (pada table faktor keutamaan gempa)

Tabel 2.8.Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
Gedung dan non gedung yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk, antara lain: <ol style="list-style-type: none">1. Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan2. Fasilitas sementara3. Gudang penyimpanan4. Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori resiko (I,III,IV), termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk, antara lain: <ol style="list-style-type: none">1. Perumahan2. Rumah toko dan rumah kantor3. Gedung perkantoran4. Gedung apartemen5. Gedung Sekolah6. Bangunan industri	II

Sumber : (Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 03-1726-2012).

2.2 Faktor Beban

Kekuatan suatu komponen struktur yang di perlukan untuk menahan beban terfaktor dengan berbagai kombinasi efek beban disebut dengan kuat perlu ungkapan

di atas menyatakan bahwa struktur dapat dijamin keamanan yang disyaratkan dalam SNI T-15-1991-03 dapat di bagi menjadi dua bagian, yaitu provinsi faktor beban dan provinsi faktor reduksi kekuatan. Kuat perlu U dari suatu struktur harus dihitung dengan beberapa kombinasi beban yang bekerja pada struktur tersebut.

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

$$u = 1.2 (D) + 1.6 (L) \quad (2.5)$$

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

$$u = 0,75 (1,2D + 1.6L + 1,6W) \quad (2.6)$$

Dengan beban hidup yang kosong perlu dihitung untuk mengantisipasi kondisi yang paling berbahaya, sehingga:

$$u = 1.3 (D) + 1.3 (W) \quad (2.7)$$

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

$$u = 1.05 (D + L_r + E) \quad (2.8)$$

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:

$$u = (1,2D + 1.6L + 1,6H) \quad (2.10)$$

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

$$u = 0.9 D + 1.6H \quad (2.11)$$

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

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

$$u = 0,75 (1,2D + 1,2T + 1,6W) \quad (2.12)$$

dengan nilai U Harus lebih besar dari

$$u = 1,2(D + T) \quad (2.13)$$

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

2.3 Perencanaan Struktur

2.3.1 Kolom

Kolom berfungsi sebagai penerus beban seluruh bangunan ke pondasi. Bila diumpamakan, kolom seperti rangka tubuh manusia yang memastikan sebuah bangunan berdiri. Kolom termasuk struktur utama untuk meneruskan beban bangunan dan beban lain seperti beban hidup (manusia dan barang-barang), serta beban hembusan angin.

Kolom harus di rencanakan untuk memikul beban aksial berfaktor yang bekerja pada semua lantai atau atap dan momen maksimum yang berasal dari beban berfaktor pada satu bentang terdekat dari lantai atau atap yang di tinjau. Untuk konstruksi rangka atau struktur menerus, pengaruh dari adanya beban yang tak seimbang pada lantai atau atap terhadap kolom luar ataupun dalam harus di perhitungkan. Kolom bertulang hampir selalu mengalami lentur, selain juga gaya aksial, sebagai akibat kondisi pembebanan dan hubungan dengan elemen struktur lain

Dalam buku struktur beton bertulang (Istimawan Dipohusodo, 1994) ada tiga jenis kolom beton bertulang yaitu :

- a. Kolom menggunakan pengikat sengkang lateral

Kolom ini merupakan kolom beton yang di tulangi dengan batang tulang pokok memanjang, yang pada jarakspasi tertentu di ikat dengan pengikat

senggang ke arah lateral. Tulang ini berfungsi untuk memegang tulangan pokok memanjang agar tetap kokoh pada tempatnya.

a. Kolom menggunakan pengikat spiral

Bentuknya sama dengan pertama hanya saja sebagai pengikat tulangan pokok yang memanjang adalah tulangan spiral yang dilihat keliling membentuk *heliks* menerus di sepanjang kolom. Fungsi dari tulangan spiral adalah memberi kemampuan kolom untuk menyerap deformasi cukup besar sebelum runtuh, sehingga mampu mencegah terjadi kehancuran seluruh struktur sebelum proses redistribusi momen dan tahanan terwujud.

b. Struktur kolom komposit

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

2.3.2 Balok

Balok merupakan bagian struktur bangunan yang penting dan bertujuan untuk memikul beban transversal yang dapat berupa beban lentur, geser, maupun torsi. Oleh karena itu perencanaan balok yang efisien, ekonomis dan aman sangat penting untuk suatu struktur bangunan terutama struktur bertingkat tinggi atau struktur berskala besar.

Balok berfungsi sebagai pendukung beban vertikal dan horizontal. Beban vertikal berupa beban mati dan beban hidup yang diterima plat lantai, berat sendiri balok dan berat dinding penyekat yang di atasnya. Sedangkan beban horizontal berupa beban angin dan gempa.

1. Jenis balok

a. Balok sederhana

Balok sederhana bertumpu pada kolom diujung-ujungnya, dengan suatu ujung bebas berotasi dan tidak memiliki momen tahan. Seperti struktur atap lainnya, nilai dari semua reaksi, pergeseran dan 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 di ujung yang tidak disangga.

c. Balok teritisan

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

2.3.3 Pelat Lantai

a) Pengertian pelat lantai

Pelat lantai adalah struktur tipis yang dibuat dari beton bertulang dengan bidang yang arahnya horizontal, dan bidang yang bekerja tegak lurus pada bidang struktur tersebut. Ketebalan bidang ini relatif sangat kecil apabila dibandingkan dengan bentang panjang/lebar bidangnya. Pelat beton bertulang ini sangat kaku dan arahnya horizontal, sehingga pada bangunan gedung, pelat ini berfungsi sebagai diafragma/usur pengaku horizontal yang sangat mendukung ketegaran balok portal.

b) Fungsi pelat lantai

Fungsi Pelat lantai secara umum adalah :

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

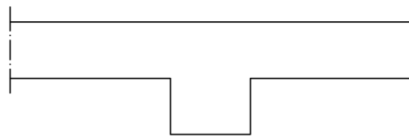
Fungsi pelat lantai dari beton secara spesifik adalah :

1. Mampu menahan beban besar
2. Menjadi isolasi suara yang baik
3. Tidak dapat terbakar dan lapis kedap air
4. Dapat di pasang untuk keindahan lantai

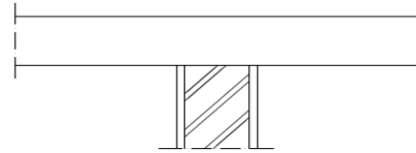
c) Jenis-jenis pelat lantai

Jenis pelat lantai berdasarkan tumpuannya sebagai berikut :

1. Monolit, yaitu pelat dengan balok cor bersama-sama sehingga menjadi satu kesatuan
2. Ditumpu dinding-dinding atau tembok bangunan
3. Didukung oleh balok-balok baja dengan sistem komposit
4. Didukung oleh kolom secara langsung tanpa balok, dikenal dengan pelat cendawan.



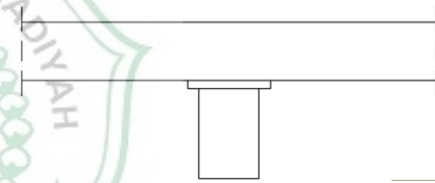
1) Pelat ditumpu balok (monolit)



2) Pelat ditumpu oleh dinding



3) Pelat ditumpu balok baja dengan sistem komposit



4) Pelat ditumpu kolom secara langsung (pelat cendawan)

Gambar 2.1 jenis pelat lantai berdasarkan tumpuan

d) Menentukan Momen Plat lantai

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

$$M_{ly} = 0,001 \cdot W_u \cdot l_y^2 \cdot X$$

$$M_{tx} = 0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot X$$

$$M_{ty} = 0,001 \cdot W_u \cdot l_y^2 \cdot X$$

Momen di dalam pelat persegi yang menumpu pada keempat tepinya
akibat beban terbagi rata

		l_1/l_2	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	>2,5
I		Mlx = +0,001 qlx ² X	44	52	59	66	73	78	84	88	93	97	100	103	106	108	110	112	125
		Mly = +0,001 qlx ² X	44	45	45	44	44	43	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	25
II		Mlx = +0,001 qlx ² X	21	25	28	31	34	36	37	38	40	40	41	41	41	42	42	42	42
		Mly = +0,001 qlx ² X	21	21	20	19	18	17	16	14	13	12	12	11	11	11	10	10	8
III		Mtx = -0,001 qlx ² X	52	59	64	69	73	76	79	81	82	83	83	83	83	83	83	83	83
		Mty = -0,001 qlx ² X	52	54	56	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57
IV		Mlx = +0,001 qlx ² X	28	33	38	42	45	48	51	53	55	57	58	59	59	60	61	61	63
		Mly = +0,001 qlx ² X	28	28	28	27	26	25	23	23	22	21	19	18	17	17	16	16	13
IVA		Mtx = -0,001 qlx ² X	68	77	85	92	98	103	107	111	113	116	118	119	120	121	122	122	125
		Mty = -0,001 qlx ² X	68	72	74	76	77	77	78	78	78	78	78	79	79	79	79	79	79
IVB		Mlx = +0,001 qlx ² X	22	28	34	42	49	55	62	68	74	80	85	89	93	97	100	103	125
		Mly = +0,001 qlx ² X	32	35	37	39	40	41	41	41	41	40	39	38	37	36	35	35	25
IVC		Mtx = -0,001 qlx ² X	70	79	87	94	100	105	109	112	115	117	119	120	121	122	123	123	125
		Mty = -0,001 qlx ² X	32	34	36	38	39	40	41	41	42	42	42	42	42	42	42	42	42
VA		Mlx = +0,001 qlx ² X	22	20	18	17	15	14	13	12	11	10	10	10	9	9	9	9	8
		Mly = +0,001 qlx ² X	70	74	77	79	81	82	83	84	84	84	84	84	84	83	83	83	83
V		Mtx = -0,001 qlx ² X	31	38	45	53	60	66	72	78	83	88	92	96	99	102	105	108	125
		Mty = -0,001 qlx ² X	37	39	41	41	42	42	41	41	40	39	38	37	36	35	34	33	25
VB		Mlx = +0,001 qlx ² X	84	92	99	104	109	112	115	117	119	121	122	122	123	123	124	124	125
		Mly = +0,001 qlx ² X	37	41	45	48	51	53	55	56	58	59	60	60	61	61	62	63	63
VIB		Mtx = -0,001 qlx ² X	31	30	28	27	25	24	22	21	20	19	18	17	17	16	16	15	13
		Mty = -0,001 qlx ² X	84	92	98	103	108	111	114	117	119	120	121	122	122	123	123	124	125
VIA		Mlx = +0,001 qlx ² X	21	26	31	36	40	43	46	49	51	53	55	56	57	58	59	60	63
		Mly = +0,001 qlx ² X	26	27	28	28	27	26	25	23	22	21	21	20	20	19	19	18	13
VIB		Mtx = -0,001 qlx ² X	55	65	74	82	89	94	99	103	106	110	114	116	117	118	119	120	125
		Mty = -0,001 qlx ² X	60	65	69	72	74	76	77	78	78	78	78	78	78	78	78	78	79
VIB		Mlx = +0,001 qlx ² X	26	29	32	35	36	38	39	40	40	41	41	42	42	42	42	42	42
		Mly = +0,001 qlx ² X	21	20	19	18	17	15	14	13	12	11	11	10	10	10	10	10	8
VIB		Mtx = -0,001 qlx ² X	60	66	71	74	77	79	80	82	83	83	83	83	83	83	83	83	83
		Mty = -0,001 qlx ² X	55	57	57	57	58	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57

Terletak bebas
Terdjepit penuh

Gambar 2.2 Tabel koefisien momen plat lantai

e) Penulangan Plat lantai

- Tinggi efektif pelat atap

$$d = h - t_s - \frac{1}{2} D$$

- Momen Nominal

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

- Faktor tahanan momen

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2}$$

- Rasio tulangan yang diperlukan:

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \quad \rho_{perlu} = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left(\sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f_c'}} \right)$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot 0,85 \cdot \beta \frac{f_c}{f_y} \left[\frac{600}{600 + f_y} \right]$$

- Syarat = $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$
- $A_{sperlu} = \rho \times b \times d$
- Tulangan yang digunakan

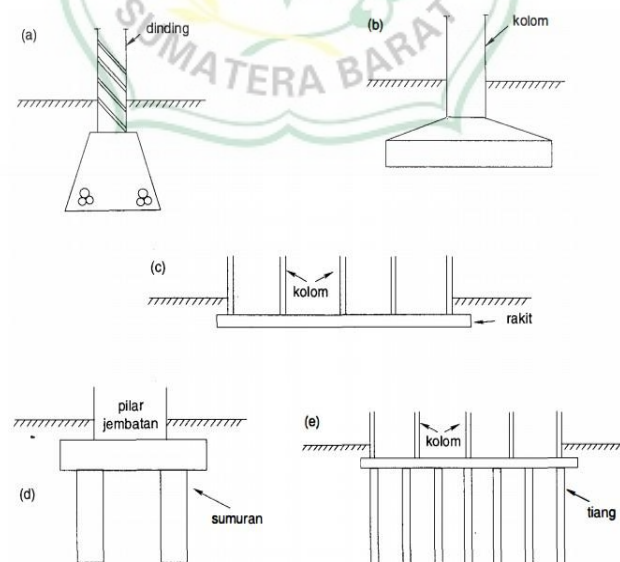
$$A_s = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$S = \frac{A_s \times b}{A_{sperlu}}$$

2.3.4 Pondasi

Pengertian umum untuk Pondasi adalah Struktur bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah, atau bagian bangunan yang terletak di bawah permukaan tanah yang mempunyai fungsi memikul beban bagian bangunan lainnya di atasnya. Pondasi harus diperhitungkan untuk dapat menjamin kestabilan bangunan terhadap beratnya sendiri, beban-beban bangunan (beban isi bangunan), gaya-gaya luar seperti: tekanan angin, gempa bumi, dan lain-lain. Disamping itu, tidak boleh terjadi penurunan level melebihi batas yang diijinkan.

a) Macam-macam pondasi



Gambar 2.3 Macam macam pondasi

Pada bangunan tinggi biasanya menggunakan analisa yang telah selesai tanpa memperhatikan saat proses pembangunan gedung atau bangunan. Pembebanan seperti ini mengasumsikan berat sendiri dan berbagai beban yang ada tidak bekerja pada saat pembangunan dan bekerja pada saat bangunan telah selesai dikerjakan. Perhitungan seperti ini disebut sebagai perhitungan yang menggunakan metode langsung. Berikut adalah berbagai beban yang bekerja pada bangunan gedung.

1. Perhitungan Daya Dukung Pondasi Sumuran Berdasarkan Data Sondir

Test sondir atau *Cone Penetration Test* (CPT) pada dasarnya untuk memperoleh tahanan ujung q_c dan tahanan selimut c sepanjang tiang. Tes sondir ini, biasanya dilakukan pada tanah – tanah kohesif dan tidak dianjurkan pada tanah berkerikil dan lempung. Daya dukung ultimit pondasi tiang dinyatakan dengan rumus :

$$Q_{ult} = (q_c \times A_p) + (JHP \times K)$$

Daya dukung ijin pondasi dinyatakan dengan rumus

$$Q_{ijin} = \frac{Q_c \times A}{3} + \frac{JHP \cdot K}{5}$$

Keterangan :

Q_{ult} = Kapasitas daya dukung pondasi

Q_c = Tahanan ujung sondir

A_p = Luas penampang tiang

JHP = Jumlah hambatan pelekat

K = Keliling Tiang

BAB III

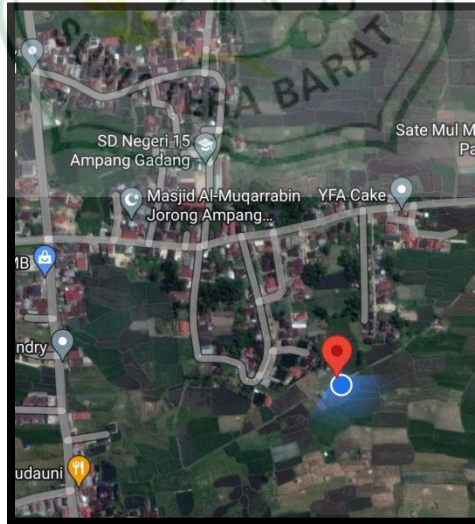
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Umum

Metodelogi penelitian ialah studi sistematis dengan barbagai macam metode menggunakan teknik-teknik analisa yaitu, kuantitatif dan kualitatif. Metoden kuantitatif yaitu suatu penelitian yang hasil dari penelitian nya berupa angka-angka, gambar, grafik dan tabel. Sedangkan metode kualitatif ialah metode penelititan yang mengumpulkan data-data dari survei lapangan untuk penelitiannya. Berdasarkan dari pengertian kedua metode penelitian di atas, maka penelititan ini menggunakan metode kualitatif.

3.2 Lokasi Penelitian

Dalam penelitian ini lokasi yang penulis ambil yaitu berlokasi di Profinsi Sumatera Barat, yang berlokasi di Kapalo Koto, Jorong Ampang, Kenagarian Ampang Gadang Kecamatan Ampek Angkek, Kabupaten Agam



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian

3.3 Data Penelitian

3.3.1 Jenis dan Sumber Daya

Pada penelitian yang digunakan pada pembangunan Gedung kelas Madrasah Diniyah Awaliyah Baiturrahim Ampang Gadang sebagai berikut :

- a. Nama Pekerjaan : Pembangunan Gedung Kelas Madrasah Diniyah Awaliyah Baiturrahim Ampang gadang
- b. Luas Bangunan : $15 \text{ m} \times 10 \text{ m} = 150 \text{ m}^2$
- c. Jumlah Lantai : 3 Lantai
- d. Luasan Lantai : Lantai 1 = $15 \text{ m} \times 10 \text{ m} = 150 \text{ m}^2$
Lantai 2 = $15 \text{ m} \times 10 \text{ m} = 150 \text{ m}^2$
Lantai 3 = $15 \text{ m} \times 10 \text{ m} = 150 \text{ m}^2$
- e. Luas Keseluruhan Lantai : 450 m^2
- f. Mutu Beton : $F_c 30 \text{ Mpa}$
- g. Penutup Atap : Dak Atap
- h. Kegunaan Gedung : Gedung Kelas Untuk Belajar Mengajar
- i. Lokasi : Kapalo Koto, Jorong Ampang gadang, Kecamatan ampek Angkek, Kabupaten Agam.

3.3.2 Teknik Pengumpulan Data

Cara yang dilakukan peneliti untuk pengumpulan data adalah teknik pengumpulan data kualitatif dan kuantitatif. Pengumpulan data yaitu bertujuan untuk mendapatkan informasi agar tercapainya tujuan dari penelitian ini.

3.4 Metode Analisis Data

Pada metode analisis data diuraikan dari langkah-langkah, dan metode yang digunakan dalam perencanaan dan pembahasan pada penulisan tugas akhir ini.

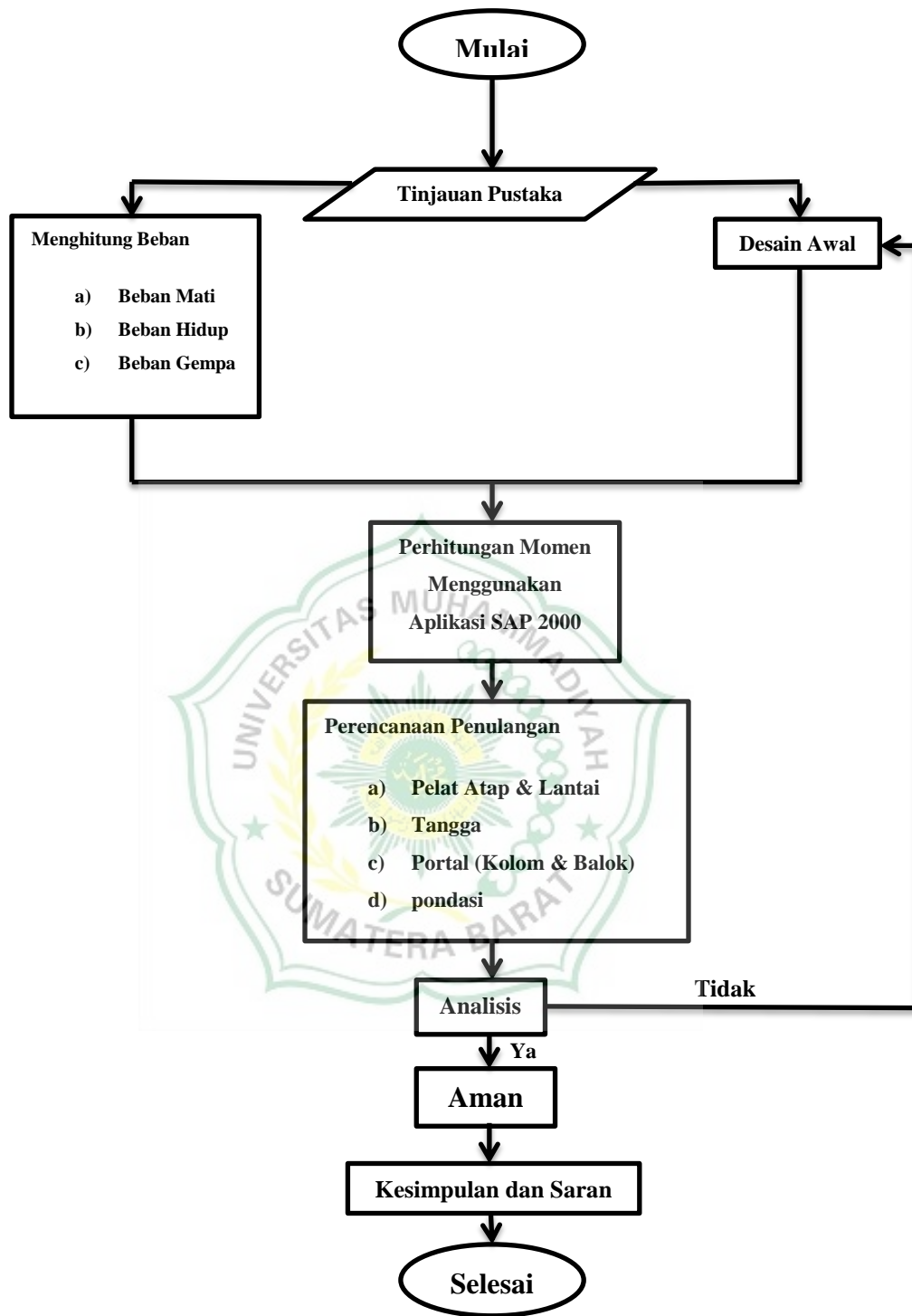
1. Langkah-langkah perencanaan komponen struktur pelat antara lain yaitu :
 - a. Pengumpulan data-data perencanaan

- b. Pengumpulan data-data pembebanan
- c. Melakukan perhitungan dan pembebanan struktur
- 2. Langkah-langkah dalam perencanaan komponen-komponen struktural
 - a. Pengumpulan data-data perencanaan
 - b. Pengumpulan data-data pembebanan
 - c. Melakukan perhitungan dan pembebanan struktur
- 3. Langkah-langkah dari perhitungan pondasi
 - a. Pemilihan jenis pondasi
 - b. Perhitungan daya dukung pondasi
 - c. Pendesainan pondasi

3.5 Diagram Alir dari Penelitian

Diagram alir dari penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.2





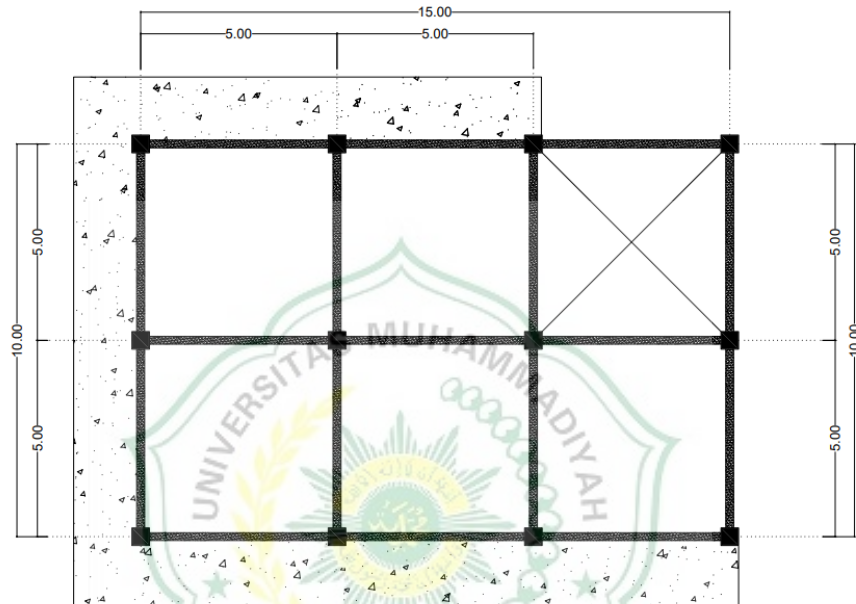
Gambar 3.2 Diagram Alir

BAB IV

ANALISIS DATA DAN PERHITUNGAN

4.1 Preliminari Desain Penampang

4.1.1 Balok



Gambar 4.1 Denah Balok

(Sumber : gambar perencanaan)

Data teknis balok

a. Material Beton

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

$$\text{Berat per unit volume} = 2447 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Modulus elastisitas} = 25742 \text{ MPa}$$

$$E_c = 4700\sqrt{f_c} \rightarrow 4700\sqrt{30} = 25742 \text{ Mpa}$$

b. Material Tulangan

$$\text{Besi ulir} \quad f_y = 400 \text{ MPa}$$

	$F_u = 570$	MPa
Besi polos	$F_y = 240$	MPa
	$F_u = 390$	MPa
Berat per unit volume	$= 7850$	Kg/m^3
Modulus elastisitas	$= 200000$	MPa

1. Menentukan dimensi balok

a) Tinggi balok

$$h > L_{pj} / 12$$

$$h > 5000 / 12$$

$$h > 416 \text{ mm}$$

maka di ambil nilai $h = 450 \text{ mm}$

b) Lebar Badan Balok (bw)

$$1/2 h < bw < 2/3 h$$

$$\text{dimana, } 1/2 h = 225 \text{ mm}$$

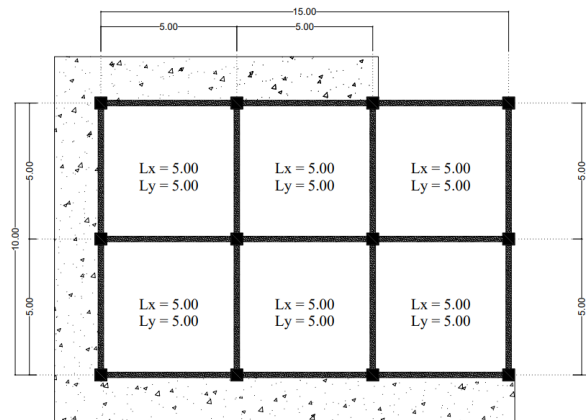
$$2/3 h = 300 \text{ mm}$$

$$225 < bw < 300$$

$$\text{maka, } bw = 250 \text{ mm}$$

(Maka dimensi balok yang digunakan yaitu 25x45 cm)

4.1.2 Pelat Atap



Gambar 4.2 Denah pelat atap

Data teknis pelat atap rencana :

a. Material Beton

$$\begin{aligned} F_c &= 30 && \text{MPa} \\ \text{Berat per unit volume} &= 2447 && \text{Kg/m}^3 \\ \text{Modulus elastisitas} &= 25742 && \text{MPa} \\ E_c &= 4700\sqrt{f_c} \rightarrow 4700\sqrt{30} = 25742 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

b. Material Tulangan

$$\begin{aligned} F_y &= 400 && \text{MPa} \\ \text{Berat per unit volume} &= 8005 && \text{Kg/m}^3 \\ \text{Modulus elastisitas} &= 200000 && \text{MPa} \end{aligned}$$

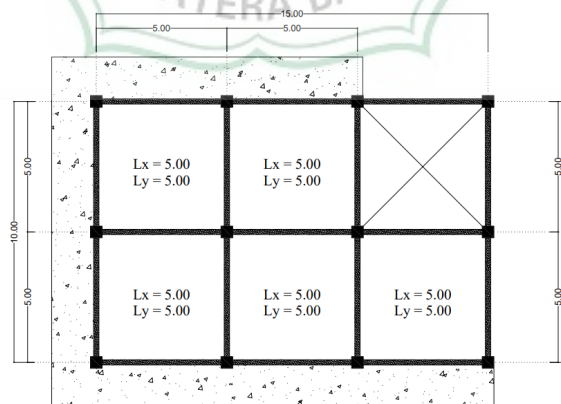
c. Tebal Pelat Atap

Tebal pelat asumsi awal 100 mm

$$\text{Tebal plat} = \frac{1}{60} \times 5000 = 83,3$$

(Maka tebal Pelat Atap yang digunakan yaitu 100 mm)

4.1.3 Pelat Lantai



Gambar 4.3 Denah pelat lantai

(Sumber : gambar perencanaan)

Data teknis pelat lantai rencana :

a. Material Beton

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

$$\text{Berat per unit volume} = 2447 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Modulus elastisitas} = 25742 \text{ MPa}$$

$$E_c = 4700\sqrt{f_c} \rightarrow 4700\sqrt{30} = 25742 \text{ Mpa}$$

b. Material Tulangan

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

$$\text{Berat per unit volume} = 8005 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Modulus elastisitas} = 200000 \text{ MPa}$$

c. Tebal Pelat Lantai

Tebal pelat asumsi awal 120 mm

$$\text{Tebal plat} = \frac{1}{60} \times 5000 = 83,3$$

(Maka tebal Pelat Atap yang digunakan yaitu 120 mm)

4.1.4 Kolom

Data – data :

a. Material Beton

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

$$\text{Berat per unit volume} = 2447 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Modulus elastisitas} = 25742 \text{ MPa}$$

$$E_c = 4700\sqrt{f_c} \rightarrow 4700\sqrt{30} = 25742 \text{ Mpa}$$

b. Material Tulangan

$$\text{Besi ulir} \quad F_y = 400 \text{ MPa}$$

$$F_u = 570 \text{ MPa}$$

$$\text{Besi polos} \quad F_y = 240 \text{ MPa}$$

$$F_u = 390 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat per unit volume} &= 7850 \text{ Kg/m}^3 \\ \text{Modulus elastisitas} &= 200000 \text{ MPa} \end{aligned}$$

b) Dimensi kolom

Dimensi kolom asumsi awal 45x45 cm

$$\text{Lebar balok} + 15 \rightarrow 25 + 15 = 40$$

(Maka dimensi kolom yang digunakan yaitu 45x45 cm)

4.2 Pembebanan

Sesuai dengan Peraturan Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPPURG 1987), ada empat pembebanan yang ditinjau dalam portal, yaitu beban mati, beban hidup, dan beban gempa. Sesuai dengan kegunaannya, diperoleh beban sebagai berikut :

4.2.1 Pembebanan pada pelat atap

1. Beban mati (DL)

$$\text{Berat spaci lantai 2 cm} = 0,44 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat plat sendiri} = 2,40 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{M/E} = 0,25 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat plafond} = 0,20 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Total pembebanan (DL)} = 3,290 \text{ kN/m}^2$$

2. Beban hidup (LL)

Berdasarkan SNI 1727 2020

$$\text{Gedung} = 1,0 \text{ kN/m}^2$$

3. Beban Terfaktor (Wu)

$$W_u = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$$

$$= 1,2 \times 3,29 + 1,6 \times 1,0$$

$$= 5,548 \text{ kN/m}^2$$

4.2.2 Pembebanan pada pelat lantai

1. Beban mati (DL)

Berat spesi lantai 2 cm	=	0,44	kN/m ²
Berat plat sendiri	=	2,40	kN/m ²
Keramik	=	0,22	kN/m ²
M/E	=	0,25	kN/m ²
Berat plafond	=	0,20	kN/m ²
Total pembebanan (DL)	=	3,51	kN/m ²

2. Beban hidup (LL)

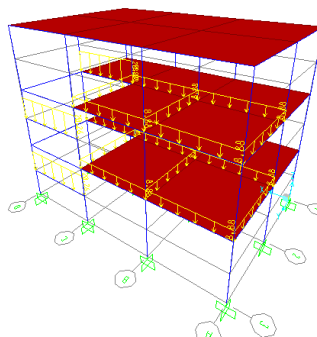
Berdasarkan SNI 1727 2020

Gedung Sekolah = 2,5 kN/m²

3. Beban Terfaktor (Wu)

$$\begin{aligned} W_u &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\ &= 1,2 \times 3,51 + 1,6 \times 2,5 \\ &= 8,212 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

4.2.3 Pembebanan pada balok



Gambar 4.3 Beban mati pada balok

(Sumber : dokumen pribadi program SAP)

$$\text{Berat dinding } \frac{1}{2} \text{ bata} = 7,85 \text{ kN/m}^2$$

4.2.4 Pembebanan struktur

Berat total struktur dengan dimensi yang telah dihitung sebelumnya :

1. Beban mati struktur

Kolom ukuran 45x45

$$= 36 \text{ buah} \times 4 \times 0,45 \times 0,45 \times 2447 \text{ Kg/m}^3 = 71354,52 \text{ kg}$$

Balok ukuran 45x25

$$= 170 \text{ m}^2 \times 0,45 \times 0,25 \times 2447 \text{ Kg/m}^3 = 46798,88 \text{ kg}$$

Balok atap ukuran 35x25

$$= 85 \text{ m}^2 \times 0,35 \times 0,25 \times 2447 \text{ Kg/m}^3 = 18199,56 \text{ kg}$$

Pelat atap 10 cm

$$= 150 \text{ m}^2 \times 0,10 \times 2447 \text{ Kg/m}^3 = 36705,00 \text{ kg}$$

Pelat lantai 12 cm

$$= 250 \text{ m}^2 \times 0,12 \times 2447 \text{ Kg/m}^3 = 73410,00 \text{ kg}$$

$$\text{Total} = 246467,96 \text{ kg} \rightarrow 2417,02 \text{ kN/m}^2$$

2. Beban hidup

Lantai 2-3

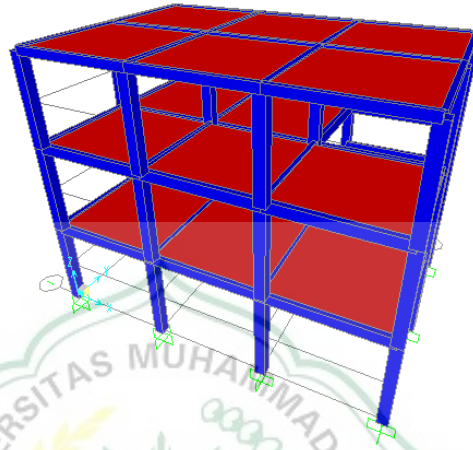
$$250 \text{ Kg/m}^2 \times 250 \text{ m}^2 = 62500,00 \text{ kg}$$

$$\text{Total} = 62500,00 \text{ kg} \rightarrow 612,92 \text{ kN/m}^2$$

4.3 Perhitungan Struktur

4.3.1 Pelat Atap

Pelat atap di desain secara manual, yaitu dilakukan dengan menggunakan metode koefisien momen. Berikut lokasi gambar pelat atap yang di tinjau:

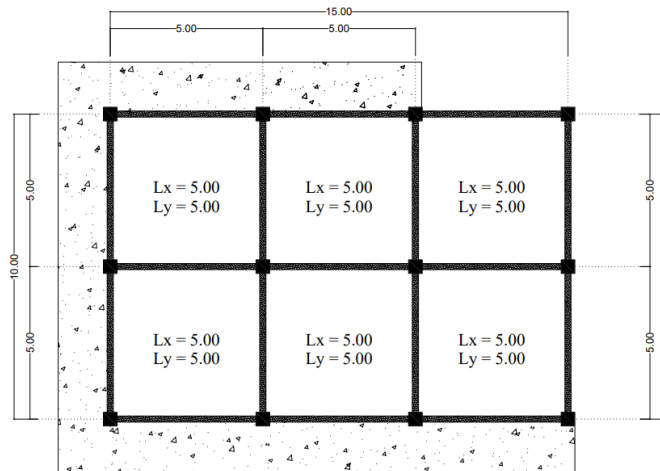


Gambar 4.4 Prespektif Struktur Pelat Atap

Sumber : Dokumen Pribadi (Program SAP)

Data-data pendesainan :

Mutu beton F_c	=	30	MPa
Mutu tulangan F_y	=	400	MPa
Panjang bentangan arah x, L_x	=	5	M
Panjang bentangan arah y, L_y	=	5	M
Tebal plat h	=	100	Mm
Diameter tulangan	=	D10	Mm
Selimut beton	=	20	Mm



Gambar 4.5 Denah Pelat Atap

Sumber : Dokumen Probadi (Program CAD)

1. Perhitungan Pembebanan Pada Pelat Atap

a. Beban Hidup (LL)

Berdasarkan SNI 1727 2020

Gedung = 1,0 kN/m²

b. Beban mati (DL)

- Beban Pada Plat lantai sendiri = $0,10 \times 24$ = 2,40 kN/m²
 - Beban lapisan kedap air dengan aspal = 0,44 kN/m²
 - Beban plafond dan penggantung = 0,20 kN/m²
 - Beban instalasi mekanika elektrik = 0,25 kN/m²
- Total DL = 3,290 kN/m²

c. Beban Terfaktor (Wu)

$$W_u = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$$

$$= 1,2 \times 3,29 + 1,6 \times 1,0$$

$$= 5,548 \text{ kN/m}^2$$

2. Perhitungan Momen

Karena perbandingan L_y/L_x kurang dari 2 maka tipe plat yang digunakan adalah plat dua arah

Tabel 4.1 Koefisien momen plat

Lapangan x	C_{lx}	21
Lapangan y	C_{ly}	21
Tumpuan x	C_{tx}	52
Tumpuan y	C_{ty}	52

$$M_{lx} = 0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot X = 0,001 \cdot 5,548 \cdot (5^2) \cdot 21 = 2,913 \text{ kN/m}$$

$$M_{ly} = 0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot X = 0,001 \cdot 5,548 \cdot (5^2) \cdot 21 = 2,913 \text{ kN/m}$$

$$M_{tx} = 0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot X = 0,001 \cdot 5,548 \cdot (5^2) \cdot 52 = 7,213 \text{ kN/m}$$

$$M_{ty} = 0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot X = 0,001 \cdot 5,548 \cdot (5^2) \cdot 52 = 7,213 \text{ kN/m}$$

3. Penulangan Pada Pelat Atap

a. Penulangan Lapangan Arah x

Momen yang terjadi pada pelat atap :

$$M_u = 2,913 \text{ kN/m}$$

Tinggi efektif pada pelat atap

$$d = h - t_s - \frac{1}{2} D$$

$$= 100 - 20 - \frac{1}{2} \times 10 = 75 \text{ mm}$$

Tinjau pelat atap selebar 1 m

$$b = 1000 \text{ mm}$$

Momen Nominal

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{2,913}{0,8} \\ &= 3,64 \text{ kN/m} = 3\,641\,000 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Faktor tahanan momen

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{3\,641\,000}{0,9 \times 1000 \times 75^2} = 0,720$$

Rasio tulangan perlu :

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

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left(\sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f_c'}} \right) \\ &= 0,0018 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{maks} &= 0,75 \cdot 0,85 \cdot \beta \frac{f_c'}{f_y} \left[\frac{600}{600 + f_y} \right] \\ &= 0,75 \cdot 0,85 \cdot 0,85 \frac{30}{400} \left[\frac{600}{600 + 400} \right] \\ &= 0,0244 \end{aligned}$$

$$\text{Syarat} = \rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$= 0,0035 > 0,0018 < 0,0244$$

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

Luas tulangan perlu,

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

$$= 0,0035 \times 1000 \times 75 = 263 \text{ mm}^2$$

Gunakan tulangan D10

$$A_s = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 10^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A_s \times b}{A_{s_{perlu}}} = \frac{78,5 \times 1000}{263} = 298,5 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan lapangan arah-x D10 – 300 mm

b. Penulangan Lapangan Arah y

Momen yang terjadi pada atap :

$$M_u = 2,913 \text{ kN/m}$$

Tinggi efektif pelat atap:

$$\begin{aligned} d &= h - t_s - \frac{1}{2} D \\ &= 100 - 20 - \frac{1}{2} \times 10 = 75 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tinjau pelat atap selebar 1 m

$$b = 1000 \text{ mm}$$

Momen Nominal

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{2,913}{0,8} \\ &= 3,64 \text{ kN/m} = 3\,641\,000 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Faktor tahanan momen

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{3\,641\,000}{0,9 \times 1000 \times 75^2} = 0,720$$

Rasio tulangan perlu :

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

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left(\sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f_c'}} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 30}{400} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,720}{0,85 \times 30}} \right)$$

$$= 0,0018$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot 0,85 \cdot \beta \frac{f_c}{f_y} \left[\frac{600}{600 + f_y} \right]$$

$$= 0,75 \cdot 0,85 \cdot 0,85 \frac{30}{400} \left[\frac{600}{600 + 400} \right]$$

$$= 0,0244$$

$$\text{Syarat} = \rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$= 0,0035 > 0,0018 < 0,0244$$

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

Luas tulangan perlu,

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

$$= 0,003 \times 1000 \times 75 = 263 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D10

$$A_s = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 10^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A_s \times b}{A_{sperlu}} = \frac{78,5 \times 1000}{263} = 298,5 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan lapangan arah-y D10 – 300 mm

c. Penulangan Tumpuan Arah x

Momen yang terjadi pada atap :

$$M_u = 7,213 \text{ kN/m}$$

Tinggi efektif pelat atap

$$d = h - t_s - \frac{1}{2} D$$

$$= 100 - 20 - \frac{1}{2} \times 10 = 75 \text{ mm}$$

Tinjau pelat atap selebar 1 m

$$b = 1000 \text{ mm}$$

Momen Nominal

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{7,213}{0,8} \\ &= 9,017 \text{ kN/m} = 9\,016\,250 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Faktor tahanan momen

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{9\,016\,250}{0,9 \times 1000 \times 75^2} = 1,781$$

Rasio tulangan perlu :

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

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left(\sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f_c'}} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 30}{400} \left(\sqrt{1 - \frac{2 \times 1,781}{0,85 \times 30}} \right) \\ &= 0,0046 \end{aligned}$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot 0,85 \cdot \beta \frac{f_c}{f_y} \left[\frac{600}{600 + f_y} \right]$$

$$= 0,75 \cdot 0,85 \cdot 0,85 \frac{30}{400} \left[\frac{600}{600 + 400} \right]$$

$$= 0,0244$$

$$\text{Syarat} = \rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$$

$$= 0,0035 < 0,0046 < 0,0244$$

Maka digunakan $\rho_{perlu} = 0,0046$

Luas tulangan yang diperlukan,

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

$$= 0,0046 \times 1000 \times 75 = 345 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D10

$$A_s = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 10^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A_s \times b}{A_{\text{perlu}}} = \frac{78,5 \times 1000}{345} = 227,53 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan tumpuan arah-x D10 – 200 mm

d. Penulangan Tumpuan Arah y

Momen yang terjadi pada pelat :

$$M_u = 7,213 \text{ kN/m}$$

Tinggi efektif pelat lantai`

$$\begin{aligned} d &= h - t_s - \frac{1}{2} D \\ &= 100 - 20 - \frac{1}{2} \times 10 = 75 \text{ mm} \end{aligned}$$

Ditinjau pelat atap selebar 1 m

$$b = 1000 \text{ mm}$$

Momen Nominal

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{7,213}{0,8} \\ &= 9,017 \text{ kN/m} = 9\,016\,250 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Faktor tahanan momen

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{9\,016\,250}{0,9 \times 1000 \times 75^2} = 1,781$$

Rasio tulangan yang diperlukan:

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

$$= \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left(\sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f_c'}} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 30}{400} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,781}{0,85 \times 30}} \right)$$

$$= 0,0046$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot 0,85 \cdot \beta \frac{f_c}{f_y} \left[\frac{600}{600 + f_y} \right]$$

$$= 0,75 \cdot 0,85 \cdot 0,85 \frac{30}{400} \left[\frac{600}{600 + 400} \right]$$

$$= 0,0244$$

$$\text{Syarat} = \rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$= 0,003 < 0,0046 < 0,0244$$

Maka digunakan $\rho_{perlu} = 0,0046$

Luas tulangan yang diperlukan,

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

$$= 0,0046 \times 1000 \times 75 = 345 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D10

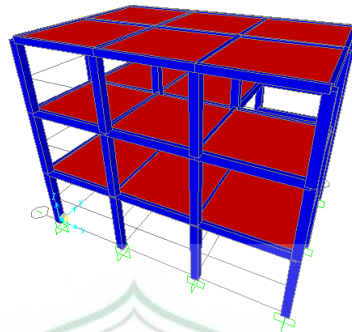
$$A_s = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 10^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A_s \times b}{A_{sperlu}} = \frac{78,5 \times 1000}{330} = 227,53 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan tumpuan arah-y D10 – 200 mm

4.3.2 Perencanaan Pelat Lantai

Pada sistem perencanaan Pelat direncanakan sama dari lantai 1-3 dengan tumpuan berupa jepit ataupun bebas. Sistem penulangan direncanakan sama pada tiap-tiap lantai.



Gambar 4.6 Prespektif Sturktur Pelat Lantai

Sumber : Dokumen Pribadi (Program SAP)

Data-data desain :

Mutu beton F_c = 30 MPa

Mutu tulangan F_y = 400 MPa

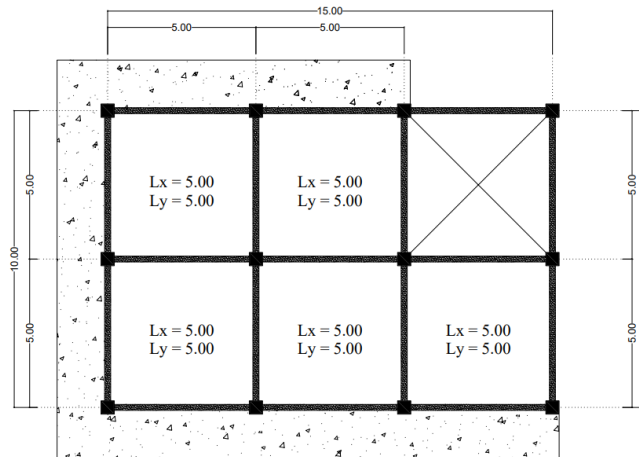
Panjang bentangan arah x, L_x = 5 M

Panjang bentangan arah y, L_y = 5 M

Tebal plat h = 120 Mm

Diameter tulangan = D10 Mm

Selimut beton = 20 Mm



Gambar 4.7 Denah Pelat lantai

Sumber : Dokumen Probad (Program CAD)

1. Perhitungan Pembebanan Pelat Lantai

a. Beban Hidup (LL)

Gedung sekolah = $2,5 \text{ kN/m}^2$

b. Beban mati (DL)

• Beban Plat lantai sendiri = $0,12 \times 24 = 2,40 \text{ kN/m}^2$

• Beban spesi (t = 3 mm) = $0,02 \times 22 = 0,44 \text{ kN/m}^2$

• Beban keramik (t = 1 cm) = $0,01 \times 22 = 0,22 \text{ kN/m}^2$

• Beban plafond dan penggantung = $0,20 \text{ kN/m}^2$

• Beban instalasi ME = $0,25 \text{ kN/m}^2$

Total DL = $3,51 \text{ kN/m}^2$

Beban Terfaktor (Wu)

$$W_u = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$$

$$= 1,2 \times 3,51 + 1,6 \times 2,5$$

$$= 8,212 \text{ kN/m}^2$$

2. Perhitungan Momen

Karena perbandingan L_x dan L_y sama dengan 1, pelat tersebut termasuk pelat 2 arah. Berdasarkan tabel Koefisien momen pelat untuk $l_y/l_x = 1$

Tabel 4.2 Koefisien momen plat

Lapangan x	C_{lx}	21
Lapangan y	C_{ly}	21
Tumpuan x	C_{tx}	52
Tumpuan y	C_{ty}	52

$$M_{lx} = 0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot X = 0,001 \cdot 8,212 \cdot (5^2) \cdot 21 = 4,311 \text{ kN/m}$$

$$M_{ly} = 0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot X = 0,001 \cdot 8,212 \cdot (5^2) \cdot 21 = 4,311 \text{ kN/m}$$

$$M_{tx} = 0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot X = 0,001 \cdot 8,212 \cdot (5^2) \cdot 52 = 10,675 \text{ kN/m}$$

$$M_{ty} = 0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot X = 0,001 \cdot 8,212 \cdot (5^2) \cdot 52 = 10,675 \text{ kN/m}$$

3. Penulangan Pelat Lantai

a. Penulangan Lapangan Arah x

Momen yang terjadi pada pelat lantai :

$$M_u = 4,311 \text{ kN/m}$$

Tinggi efektif pelat atap

$$d = h - t_s - \frac{1}{2} D$$

$$= 120 - 20 - \frac{1}{2} \times 10 = 95 \text{ mm}$$

Ditinjau pelat lantai selebar 1 m

$$b = 1000 \text{ mm}$$

Momen Nominal

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{4,311}{0,8} \\ &= 5,388 \text{ kN/m} = 5\,388\,750 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Faktor tahanan momen

$$R_n = \frac{M_n}{\phi \times b \times d^2} = \frac{5\,388\,750}{0,9 \times 1000 \times 95^2} = 0,663$$

Rasio tulangan yang diperlukan:

$$\begin{aligned} \rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{400} = 0,0035 \\ \rho_{perlu} &= \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f_c'}} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 30}{400} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,663}{0,85 \times 30}} \right) \\ &= 0,00016 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{maks} &= 0,75 \cdot 0,85 \cdot \beta \frac{f_c}{f_y} \left[\frac{600}{600 + f_y} \right] \\ &= 0,75 \cdot 0,85 \cdot 0,85 \frac{30}{400} \left[\frac{600}{600 + 400} \right] \\ &= 0,0244 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat} &= \rho_{min} < \rho < \rho_{max} \\ &= 0,0035 > 0,00016 < 0,0244 \end{aligned}$$

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

Luas tulangan yang diperlukan,

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

$$= 0,0035 \times 1000 \times 95 = 332 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D10

$$A_s = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 10^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A_s \times b}{A_{\text{perlu}}} = \frac{78,5 \times 1000}{332} = 236,45 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan lapangan arah-x D10 – 250 mm

b. Penulangan Lapangan Arah y

Momen yang terjadi pada pelat lantai :

$$M_u = 4,311 \text{ kN/m}$$

Tinggi efektif pelat atap

$$\begin{aligned} d &= h - t_s - \frac{1}{2} D \\ &= 120 - 20 - \frac{1}{2} \times 10 = 95 \text{ mm} \end{aligned}$$

Ditinjau pelat lantai selebar 1 m

$$b = 1000 \text{ mm}$$

Momen Nominal

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{4,311}{0,8} \\ &= 5,388 \text{ kN/m} = 5\,388\,750 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Faktor tahanan momen

$$R_n = \frac{M_n}{\phi \times b \times d^2} = \frac{5\,388\,750}{0,9 \times 1000 \times 95^2} = 0,663$$

Rasio tulangan yang diperlukan:

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$
$$= \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{pertu} = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left(\sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f_c'}} \right)$$
$$= \frac{0,85 \times 30}{400} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,663}{0,85 \times 30}} \right)$$
$$= 0,00016$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot 0,85 \cdot \beta \frac{f_c'}{f_y} \left[\frac{600}{600 + f_y} \right]$$
$$= 0,75 \cdot 0,85 \cdot 0,85 \frac{30}{400} \left[\frac{600}{600 + 400} \right]$$
$$= 0,0244$$

$$\text{Syarat} = \rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$
$$= 0,0035 > 0,00016 < 0,0244$$

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

Luas tulangan yang diperlukan,

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

$$= 0,0035 \times 1000 \times 95 = 332 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D10

$$A_s = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 10^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A_s \times b}{A_{sperlu}} = \frac{78,5 \times 1000}{332} = 236,45 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan lapangan arah-y D10 – 250 mm

c. Penulangan Tumpuan Arah x

Momen yang terjadi pada atap :

$$M_u = 10,675 \text{ kN/m}$$

Tinggi efektif pelat atap

$$\begin{aligned} d &= h - t_s - \frac{1}{2} D \\ &= 120 - 20 - \frac{1}{2} \times 10 = 95 \text{ mm} \end{aligned}$$

Ditinjau pelat lantai selebar 1 m

$$b = 1000 \text{ mm}$$

Momen Nominal

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{10,675}{0,8} \\ &= 13,343 \text{ kN/m} = 13\,343\,750 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Faktor tahanan momen

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{13\,343\,750}{0,9 \times 1000 \times 95^2} = 1,642$$

Rasio tulangan yang diperlukan:

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

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left(\sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f_c'}} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 30}{400} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,642}{0,85 \times 30}} \right) \\ &= 0,0042 \end{aligned}$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot 0,85 \cdot \beta \frac{f_c}{f_y} \left[\frac{600}{600+f_y} \right]$$

$$= 0,75 \cdot 0,85 \cdot 0,85 \frac{30}{400} \left[\frac{600}{600+400} \right]$$

$$= 0,0244$$

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

$$= 0,0035 < 0,0042 < 0,0244$$

Maka digunakan $\rho_{perlu} = 0,0042$

Luas tulangan yang diperlukan,

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

$$= 0,0042 \times 1000 \times 95 = 399 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D10

$$A_s = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 10^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A_s \times b}{A_{sperlu}} = \frac{78,5 \times 1000}{399} = 196,74 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan tumpuan arah-x D10 – 200 mm

d. Penulangan Tumpuan Arah y

Momen yang terjadi pada atap :

$$M_u = 10,675 \text{ kN/m}$$

Tinggi efektif pelat atap

$$d = h - t_s - \frac{1}{2} D'$$

$$= 120 - 20 - \frac{1}{2} \times 10 = 95 \text{ mm}$$

Ditinjau pelat lantai selebar 1 m

$$b = 1000 \text{ mm}$$

Momen Nominal

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{10,675}{0,8} \\ &= 13,343 \text{ kN/m} = 13\,343\,750 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Faktor tahanan momen

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{13\,343\,750}{0,9 \times 1000 \times 95^2} = 1,642$$

Rasio tulangan perlu :

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

$$= \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left(\sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f_c'}} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 30}{400} \left(\sqrt{1 - \frac{2 \times 1,642}{0,85 \times 30}} \right)$$

$$= 0,0042$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot 0,85 \cdot \beta \frac{f_c'}{f_y} \left[\frac{600}{600 + f_y} \right]$$

$$= 0,75 \cdot 0,85 \cdot 0,85 \frac{30}{400} \left[\frac{600}{600 + 400} \right]$$

$$= 0,0244$$

$$\text{Syarat} = \rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$$

$$= 0,0035 < 0,0042 < 0,0244$$

Maka digunakan $\rho_{perlu} = 0,0042$

Luas tulangan perlu,

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

$$= 0,0042 \times 1000 \times 95 = 399 \text{ mm}^2$$

Gunakan tulangan D10

$$A_s = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 10^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A_s \times b}{A_{s_{perlu}}} = \frac{78,5 \times 1000}{399} = 196,74 \text{ mm}$$

Pakai tulangan tumpuan arah-y D10 – 200 mm

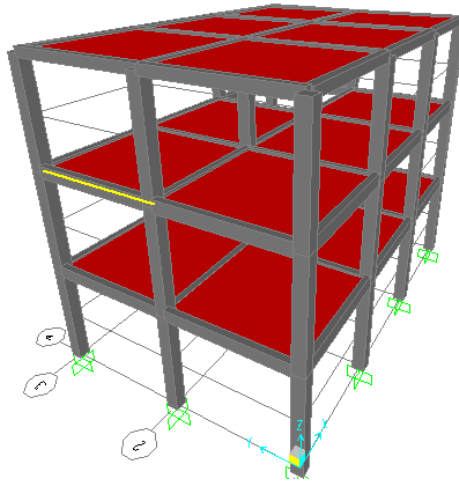
4.3.3 Perencanaan Balok

1. Data perencanaan Balok :

- L = 5000 mm, $L_n = L - (2 \cdot \frac{1}{2} \text{dkolom}) = 4550 \text{ mm}$
- b = 250 mm
- h = 450 mm
- Selimut beton = 40 mm
- $F_c = 30 \text{ Mpa}$
- $E_c = 4700\sqrt{30} = 25742,96 \text{ Mpa}$
- $E_s = 200000 \text{ Mpa}$
- $\beta_1 = 0,85 - \frac{0,05(f_c - 28)}{7} = 0,85 - \frac{0,05(30 - 28)}{7} = 0,84$

Tabel 4.3 Momen pada balok B1 hasil output SAP ke Excel

MuT+	=	48266000	Nmm
MuT-	=	124143000	Nmm
Vu+	=	44019000	Nmm
Vu-	=	47871000	Nmm
MuL+	=	43997000	Nmm
MuL-	=	41393000	Nmm
Tu	=	8681000	Nmm



Gambar 4.8 Balok yang ditinjau

Sumber : dokumen pribadi program SAP

2. Momen Desain Balok

Momen pendetailan khusus balok SRPMK harus terpenuhi ketentuan SNI 2847 : 2019 yaitu ketentuan momen positif muka join tidak boleh terkurang dari setengah momen negatifnya, kekuatan momen negatif positif pada penampang sepanjang bentang tidak boleh terkurang dari seprempat momen maksimalnya.

3. Pengecekan apakah balok memenuhi definisi komponen pada struktur lentur

Syarat SNI 2847 : 2019 komponen lentur struktur SRPMK harus memenuhi hal-hal seperti berikut :

- a. Bentangan bersih struktur tidak kurang dari empat kali tinggi efektifnya

$$L_n = 4550 \text{ mm}$$

$$d = 450 - 40 - 10 - (16/2) = 392 \text{ mm}$$

$$4d = 4(392) = 1568 \text{ mm} < 4550 \dots\dots\dots \text{OK}$$

- b. Perbandingan lebar dari tinggi balok tidak boleh terkurang dari 0,3

$$b = 250 \text{ mm}, h = 450 \text{ mm} = b/h = 250/450 = 0,50 \dots\dots\dots \text{OK}$$

- c. Lebar pada komponen tidak boleh

- Kurang dari 250 mm.OK

- Lebih lebar dari komponen struktur pendukung
 Lebar balok, $b = 250 \text{ mm} < \text{lebar kolom} = 450 \text{ mm} \dots\dots\dots\text{OK}$

4. Hitungan Kebutuhan Tulangan Longitudinal

A. Kondisi 1, Tulangan Lentur Tumpuan (-)

a. Perhitungan kebutuhan penulangan awal

Momen tumpuan (-)

$$M_u = 124143000 \text{ Nmm}$$

Tinggi efektif pada balok

$$d = 450 - 40 - 10 - (16/2) = 392 \text{ mm}$$

Rasio desain balok (asumsi penampang terkendali tarik = ϕ 0,9)

(SNI 2847 : 2019)

$$R_n = \frac{M_n}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{M_n}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{124143000}{0,9 \cdot 250 \cdot 392^2} = 3,59$$

Tinggi balok beton persegi ekuivalen

$$a = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 \cdot F_c}}\right) \times d = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 3,59}{0,85 \cdot 30}}\right) \times 392$$

$$= 59,739 \text{ mm}$$

Luas tulangan (A_s) perlu :

$$A_s = \frac{0,85 \cdot F_c \cdot a \cdot b}{F_y} = \frac{0,85 \cdot 30 \cdot 59,739 \cdot 250}{400} = 952,09 \text{ mm}^2$$

b. Pengecekan kondisi penampang awal

Untuk persyaratan pendetailan khusus, elemen lentur harus berada didalam penampang terkendali tarik

$$\beta_1 = 0,85 - \frac{0,05(f_c - 28)}{7} = 0,85 - \frac{0,05(30 - 28)}{7} = 0,84$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{59,739}{0,84} = 71,117 \text{ mm}$$

$$c/d = 71,117/392 = 0,181 < 0,375 \dots\dots\dots\text{OK}$$

c. Pengecekan syarat tulangan perlu

Batas tulangan minimum dan tulangan maximum berdasarkan SNI 2847 : 2019

Luas tulangan (A_s) perlu :

$$A_s = 952,09 \text{ mm}^2$$

Pengecekan penulangan minimum :

$$\begin{aligned} A_{smin 1} &= \frac{0,25\sqrt{F_c}}{F_y} b_w \cdot d = \frac{0,25\sqrt{30}}{400} 250 \cdot 392 \\ &= 335,48 \text{ mm}^2 < A_s \dots\dots\dots \text{OK} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{smin 2} &= \frac{1,4 \cdot b_w \cdot d}{F_y} = \frac{1,4 \cdot 250 \cdot 392}{400} \\ &= 343 \text{ mm}^2 < A_s \dots\dots\dots \text{OK} \end{aligned}$$

Pengecekan penulangan maximum :

$$P_{max} = 0,025$$

$$\begin{aligned} A_{smax} &= 0,025 \cdot 250 \cdot 392 \\ &= 2450 \text{ mm}^2 > A_s \dots\dots\dots \text{OK} \end{aligned}$$

Maka persyaratan penulangan minimum dan maximum terpenuhi, sehingga A_s perlunya dapat kita gunakan

d. Pengontrolan jarak spasi penulangan

Banyaknya tulangan lentur :

$$n = \frac{A_{sperlu}}{A_{stul}} = \frac{952,09}{0,25 \cdot 3,14 \cdot 16^2} = 4,737 \text{ maka digunakan 5 buah}$$

Pengecekan spasi penulangan asumsi awal (pasang 1 baris) :

$$\begin{aligned} S &= \frac{b - (2 \cdot dc) - (2 \cdot \emptyset seng) - (n \cdot Dtpokok)}{n - 1} \\ &= \frac{250 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (5 \cdot 16)}{5 - 1} \\ &= 17,5 < 25 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{NOT OK} \end{aligned}$$

Maka gunakan 3 baris tulangan pada bagian atas dan 2 baris tulangan pada bagian bawah

$$A_{s1} = 3 \text{ D16} = 602,88 \text{ mm}^2$$

$$A_{s2} = 2 \text{ D16} = 401,92 \text{ mm}^2$$

$$y = \frac{(602,88 \cdot (40 + 10 + \frac{16}{2})) + (401,92 \cdot (40 + 10 + \frac{16}{2} + 40))}{1004,8}$$

$$= 74,00 \text{ mm}$$

$$d_{aktual} = 450 - 74,00 = 376 \text{ mm}$$

$$A_{saktual} = 5 \cdot (0,25 \cdot 3,14 \cdot 16^2) = 1004,8 \text{ mm}^2$$

e. Pengecekan kapasitas penampang aktual

Tinggi balok tegangan persegi ekuivalen A_{aktual} :

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot F_c \cdot b} = \frac{1004,8 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 250} = 63,046 \text{ mm}$$

$M_{naktual}$ dikalikan faktor reduksi :

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \cdot A_s \cdot F_y \cdot (d_{akt} - 0,5 \cdot a_{akt}) \\ &= 0,9 \cdot 1004,8 \cdot 400 \cdot (376 - (0,5 \cdot 63,046)) \\ &= 124606976,256 \end{aligned}$$

Pengecekan kapasitas momen penampang :

$$\begin{aligned} M_u &\leq \phi M_n \\ &= 124143000 \text{ Nmm} < 124606976,256 \text{ Nmm} \dots \dots \dots \text{OK} \end{aligned}$$

B. Kondisi 2, Tulangan Lentur Tumpuan (+)

a. Perhitungan kebutuhan penulangan awal

Momen tumpuan (+)

$$M_u = 48266000 \text{ Nmm}$$

Tinggi efektif pada balok

$$d = 450 - 40 - 10 - (16/2) = 392 \text{ mm}$$

Rasio desain balok (asumsi penampang terkendali tarik = ϕ 0,9)

(SNI 2847 : 2019)

$$R_n = \frac{M_n}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{48266000}{0,9 \cdot 250 \cdot 392^2} = 1,39$$

Tinggi balok beton persegi ekuivalen

$$\begin{aligned} a &= \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 \cdot F_c}}\right) \times d = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 1,39}{0,85 \cdot 30}}\right) \times 392 \\ &= 21,98 \text{ mm} \end{aligned}$$

Luas tulangan (As) perlu :

$$A_s = \frac{0,85 \cdot F_c \cdot a \cdot b}{F_y} = \frac{0,85 \cdot 30 \cdot 21,98 \cdot 250}{400} = 350,306 \text{ mm}^2$$

b. Pengecekan kondisi penampang awal

Untuk persyaratan pendetailan khusus, elemen lentur harus berada didalam penampang terkendali tarik

$$\beta_1 = 0,85 - \frac{0,05(f_c - 28)}{7} = 0,85 - \frac{0,05(30 - 28)}{7} = 0,84$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{21,98}{0,84} = 26,16 \text{ mm}$$

$$c/d = 26,16/392 = 0,066 < 0,375 \dots\dots\dots\text{OK}$$

c. Pengecekan syarat tulangan perlu

Batas tulangan minimum dan tulangan maximum berdasarkan SNI 2847 : 2019

Luas tulangan (As) perlu :

$$A_s = 350,306 \text{ mm}^2$$

Pengecekan penulangan minimum :

$$\begin{aligned} A_{smin 1} &= \frac{0,25\sqrt{F_c}}{F_y} b_w \cdot d = \frac{0,25\sqrt{30}}{400} 250 \cdot 392 \\ &= 335,48 \text{ mm}^2 < A_s \dots\dots\dots\text{OK} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{smin 2} &= \frac{1,4 \cdot b_w \cdot d}{F_y} = \frac{1,4 \cdot 250 \cdot 392}{400} \\ &= 343 \text{ mm}^2 < A_s \dots\dots\dots\text{OK} \end{aligned}$$

Pengecekan penulangan maximum :

$$\begin{aligned} P_{max} &= 0,025 \\ A_{smax} &= 0,025 \cdot 250 \cdot 392 \\ &= 2450 \text{ mm}^2 > A_s \dots\dots\dots\text{OK} \end{aligned}$$

Maka persyaratan penulangan minimum dan maximum terpenuhi, sehingga As perlunya dapat kita gunakan

d. Pengontrolan jarak spasi penulangan

Banyaknya tulangan lentur :

$$n = \frac{As_{perlu}}{As_{tul}} = \frac{350,306}{0,25 \cdot 3,14 \cdot 16^2} = 1,74 \text{ maka digunakan 3 buah}$$

Pengecekan spasi penulangan asumsi awal (pasang 1 baris) :

$$S = \frac{b - (2 \cdot dc) - (2 \cdot \emptyset s_{eng}) - (n \cdot D_{tpokok})}{n - 1}$$

$$= \frac{250 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (3 \cdot 16)}{3 - 1}$$

$$= 51 > 25 \text{ mm} \dots \dots \dots \text{OK}$$

Maka gunakan tulangan 1 baris

$$As1 = 3 \text{ D16} = 602,88 \text{ mm}^2$$

$$y = \frac{(602,88 \cdot (40 + 10 + \frac{16}{2})) + 40}{602,88}$$

$$= 58,066 \text{ mm}$$

$$d_{aktual} = 450 - 58,066 = 391,93 \text{ mm}$$

$$As_{aktual} = 3 \cdot (0,25 \cdot 3,14 \cdot 16^2) = 602,88 \text{ mm}^2$$

e. Pengecekan kapasitas penampang aktual

Tinggi balok tegangan persegi ekuivalen A_{aktual} :

$$a = \frac{As \cdot f_y}{0,85 \cdot F_c \cdot b} = \frac{602,88 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 250} = 37,827 \text{ mm}$$

Mn_{aktual} dikalikan faktor reduksi :

$$\emptyset Mn = \emptyset \cdot As \cdot F_y \cdot (d_{akt} - 0,5 \cdot a_{akt})$$

$$= 0,9 \cdot 602,88 \cdot 400 \cdot (376 - (0,5 \cdot 37,827))$$

$$= 77500911,28$$

Pengecekan kapasitas momen penampang :

$$Mu \leq \emptyset Mn$$

$$= 48266000 \text{ Nmm} < 77500911,28 \text{ Nmm} \dots \dots \dots \text{OK}$$

C. Kondisi 3, Tulangan Lentur Lapangan (+)

a. Perhitungan kebutuhan penulangan awal

Momen lapangan (+)

$$Mu = 43997000 \text{ Nmm}$$

Tinggi efektif pada balok

$$d = 450 - 40 - 10 - (16/2) = 392 \text{ mm}$$

Rasio desain balok (asumsi penampang terkendali tarik = ϕ 0,9)
(SNI 2847 : 2019)

$$Rn = \frac{Mn}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{Mn}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{43997000}{0,9 \cdot 250 \cdot 392^2} = 1,27$$

Tinggi balok beton persegi ekuivalen

$$a = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 Rn}{0,85 \cdot Fc}}\right) \times d = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 1,27}{0,85 \cdot 30}}\right) \times 392$$

$$= 20,035 \text{ mm}$$

Luas tulangan (As) perlu :

$$As = \frac{0,85 \cdot Fc \cdot a \cdot b}{Fy} = \frac{0,85 \cdot 30 \cdot 20,035 \cdot 250}{400} = 319,307 \text{ mm}^2$$

b. Pengecekan kondisi penampang awal

Untuk persyaratan pendetailan khusus, elemen lentur harus berada didalam penampang terkendali tarik

$$\beta_1 = 0,85 - \frac{0,05(f_c - 28)}{7} = 0,85 - \frac{0,05(30 - 28)}{7} = 0,84$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{20,035}{0,84} = 23,85 \text{ mm}$$

$$c/d = 23,85/392 = 0,060 < 0,375 \dots\dots\dots\text{OK}$$

c. Pengecekan syarat tulangan perlu

Batas tulangan minimum dan tulangan maximum berdasarkan SNI 2847 : 2019

Luas tulangan (As) perlu :

$$As = 319,307 \text{ mm}^2$$

Pengecekan penulangan minimum :

$$As_{min 1} = \frac{0,25\sqrt{F_c}}{F_y} b_w \cdot d = \frac{0,25\sqrt{30}}{400} 250 \cdot 392$$

$$= 335,48 \text{ mm}^2 < As \dots\dots\dots\text{OK}$$

$$As_{min 2} = \frac{1,4 \cdot b_w \cdot d}{F_y} = \frac{1,4 \cdot 250 \cdot 392}{400}$$

$$= 343 \text{ mm}^2 < As \dots\dots\dots\text{OK}$$

Pengecekan penulangan maximum :

$$P_{max} = 0,025$$

$$A_{smax} = 0,025 \cdot 250 \cdot 392$$

$$= 2450 \text{ mm}^2 > A_s \dots \dots \dots \text{OK}$$

Karena A_s perlu lebih kecil dari A_{smin} maka digunakan $A_{smin} = 343 \text{ mm}^2$

d. Pengontrolan jarak spasi penulangan

Banyaknya tulangan lentur :

$$n = \frac{A_{smin}}{A_{stul}} = \frac{343}{0,25 \cdot 3,14 \cdot 16^2} = 1,70 \text{ maka digunakan } 2 \text{ buah}$$

Pengecekan spasi penulangan asumsi awal (pasang 1 baris) :

$$S = \frac{b - (2 \cdot dc) - (2 \cdot \phi_{seng}) - (n \cdot D_{tpokok})}{n - 1}$$

$$= \frac{250 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (2 \cdot 16)}{2 - 1}$$

$$= 118 > 25 \text{ mm} \dots \dots \dots \text{OK}$$

Maka gunakan tulangan 1 baris

$$A_{s1} = 2 \text{ D16} = 401,92 \text{ mm}^2$$

$$y = \frac{(401,92 \cdot (40 + 10 + \frac{16}{2})) + 40}{401,92}$$

$$= 58,066 \text{ mm}$$

$$d_{aktual} = 450 - 58,066 = 391,934 \text{ mm}$$

$$A_{saktual} = 2 \cdot (0,25 \cdot 3,14 \cdot 16^2) = 401,92 \text{ mm}^2$$

e. Pengecekan kapasitas penampang aktual

Tinggi balok tegangan persegi ekuivalen A_{aktual} :

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot F_c \cdot b} = \frac{401,92 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 250} = 25,218 \text{ mm}$$

$M_{naktual}$ dikalikan faktor reduksi :

$$\phi M_n = \phi \cdot A_s \cdot F_y \cdot (d_{akt} - 0,5 \cdot a_{akt})$$

$$= 0,9 \cdot 401,92 \cdot 400 \cdot (391,934 - (0,5 \cdot 25,218))$$

$$= 54880069,939$$

Pengecekan kapasitas momen penampang :

$$\begin{aligned} Mu &\leq \phi Mn \\ &= 43997000 \text{ Nmm} < 54880069,939 \text{ Nmm} \dots\dots\dots \text{OK} \end{aligned}$$

D. Kondisi 4, Tulangan Lentur Lapangan (-)

a. Perhitungan kebutuhan penulangan awal

Momen lapangan (-)

$$Mu = 41393000 \text{ Nmm}$$

Tinggi efektif pada balok

$$d = 450 - 40 - 10 - (16/2) = 392 \text{ mm}$$

Rasio desain balok (asumsi penampang terkendali tarik = ϕ 0,9)
(SNI 2847 : 2019)

$$Rn = \frac{Mn}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{Mn}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{41393000}{0,9 \cdot 250 \cdot 392^2} = 1,19$$

Tinggi balok beton persegi ekuivalen

$$\begin{aligned} a &= \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 Rn}{0,85 \cdot Fc}} \right) \times d = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 1,19}{0,85 \cdot 30}} \right) \times 392 \\ &= 18,741 \text{ mm} \end{aligned}$$

Luas tulangan (As) perlu :

$$As = \frac{0,85 \cdot Fc \cdot a \cdot b}{Fy} = \frac{0,85 \cdot 30 \cdot 18,741 \cdot 250}{400} = 298,684 \text{ mm}^2$$

b. Pengecekan kondisi penampang awal

Untuk persyaratan pendetailan khusus, elemen lentur harus berada didalam penampang terkendali tarik

$$\beta_1 = 0,85 - \frac{0,05(fc-28)}{7} = 0,85 - \frac{0,05(30-28)}{7} = 0,84$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{18,741}{0,84} = 22,31 \text{ mm}$$

$$c/d = 22,31/392 = 0,056 < 0,375 \dots\dots\dots \text{OK}$$

c. Pengecekan syarat tulangan perlu

Batas tulangan minimum dan tulangan maximum berdasarkan SNI 2847 : 2019

Luas tulangan (As) perlu :

$$A_s = 298,684 \text{ mm}^2$$

Pengecekan penulangan minimum :

$$A_{smin 1} = \frac{0,25\sqrt{F_c}}{F_y} b_w \cdot d = \frac{0,25\sqrt{30}}{400} 250 \cdot 392$$

$$= 335,48 \text{ mm}^2 < A_s \dots\dots\dots \text{OK}$$

$$A_{smin 2} = \frac{1,4 \cdot b_w \cdot d}{F_y} = \frac{1,4 \cdot 250 \cdot 392}{400}$$

$$= 343 \text{ mm}^2 < A_s \dots\dots\dots \text{OK}$$

Pengecekan penulangan maximum :

$$P_{max} = 0,025$$

$$A_{smax} = 0,025 \cdot 250 \cdot 392$$

$$= 2450 \text{ mm}^2 > A_s \dots\dots\dots \text{OK}$$

Karena A_s perlu lebih kecil dari A_{smin} maka digunakan $A_{smin} = 343 \text{ mm}^2$

d. Pengontrolan jarak spasi penulangan

Banyaknya tulangan lentur :

$$n = \frac{A_{min2}}{A_{stul}} = \frac{343}{0,25 \cdot 3,14 \cdot 16^2} = 1,70 \text{ maka digunakan 2 buah}$$

Pengecekan spasi penulangan asumsi awal (pasang 1 baris) :

$$S = \frac{b - (2 \cdot dc) - (2 \cdot \emptyset_{seng}) - (n \cdot D_{tpokok})}{n - 1}$$

$$= \frac{250 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (2 \cdot 16)}{2 - 1}$$

$$= 118 > 25 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{OK}$$

Maka gunakan tulangan 1 baris

$$A_{s1} = 2 \text{ D16} = 401,92 \text{ mm}^2$$

$$y = \frac{(401,92 \cdot (40 + 10 + \frac{16}{2})) + 40}{401,92}$$

$$= 58,066 \text{ mm}$$

$$d_{aktual} = 450 - 58,099 = 391,90 \text{ mm}$$

$$A_{saktual} = 2 \cdot (0,25 \cdot 3,14 \cdot 16^2) = 401,92 \text{ mm}^2$$

e. Pengecekan kapasitas penampang aktual

Tinggi balok tegangan persegi ekuivalen A_{aktual} :

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot F_c \cdot b} = \frac{401,92 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 250} = 25,218 \text{ mm}$$

$M_{naktual}$ dikalikan faktor reduksi :

$$\begin{aligned}\phi M_n &= \phi \cdot A_s \cdot F_y \cdot (d_{akt} - 0,5 \cdot a_{akt}) \\ &= 0,9 \cdot 401,92 \cdot 400 \cdot (391,90 - (0,5 \cdot 25,218)) \\ &= 54880069,939\end{aligned}$$

Pengecekan kapasitas momen penampang :

$$\begin{aligned}M_u &\leq \phi M_n \\ &= 41393000 \text{ Nmm} < 54880069,939 \text{ Nmm} \dots \dots \dots \text{OK}\end{aligned}$$

5. Desain tulangan badan

Dimensi balok yang relatif tinggi (lebih dari 450 mm) membuat resiko keretakan pada bagian badan semakin besar, maka harus diberi tulangan pinggang, dalam perhitungan ini digunakan 2 buah tulangan badan D13 di kedua sisinya.

6. Hitung gaya geser desain

A. Penulangan geser pada tumpuan

$$V_u = 47,871 \text{ kN.m}$$

$$\phi_{tul \text{ sengkang}} = 10 \text{ mm}$$

$$h = 450 \text{ mm}$$

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

$$F_y = 240 \text{ MPa}$$

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

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

$$d = h - P_b - d_{sengkang} - \frac{1}{2} d_{tpokok}$$

$$= 450 - 40 - 10 - \frac{1}{2} 16$$

$$= 392 \text{ mm}$$

Penyelesaian :

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{F_c} \cdot b \cdot d = \frac{1}{6} \sqrt{30} \cdot 250 \cdot 392 = 89461,351 \rightarrow 89,461 \text{ kN.m}$$

$$\phi V_c = 0,75 \cdot 89,461 = 67,095 \text{ kN.m}$$

$$\frac{1}{2} \cdot \phi V_c = \frac{1}{2} \cdot 67,095 = 33,547 \text{ kN.m}$$

$$3 \cdot (\phi V_c) = 3 \cdot 67,095 = 201,285 \text{ kN.m}$$

Didapatkan $\frac{1}{2} \cdot \phi V_c < V_u < \phi V_c$

$$33,547 < 47,871 < 67,095 \dots \dots \dots \text{OK}$$

Jadi ukuran dimensi balok 25x45 bisa digunakan,

$$A_v = \frac{75 \sqrt{F_c} \cdot b \cdot d}{1200 \cdot F_y}$$

$$A_v = \frac{75 \sqrt{30} \cdot 250 \cdot 392}{1200 \cdot 240} = 139,783 \text{ mm}^2$$

a. Menentukan spasi maximum yang di butuhkan

$$\frac{1}{3} \sqrt{F_c} \cdot b \cdot d = \frac{1}{3} \sqrt{30} \cdot 250 \cdot 392 \cdot 10^{-3} = 178,922 \text{ kN.m}$$

Sehingga dianggap $V_s = \frac{1}{3} \sqrt{F_c} \cdot b \cdot d$

$$S_{max} = \frac{1}{2} d = \frac{1}{2} 392 = 196$$

Digunakan jarak $S = 120 \text{ mm}$

$$S = 120 < S_{max} = 196 \dots \dots \dots \text{OK}$$

b. Kontrol kapasitas geser terhadap jarak maximum yang digunakan :

$$V_s = \frac{A_v \cdot F_y \cdot d}{s} = \frac{139,783 \cdot 240 \cdot 392}{150 \cdot 10^3} = 87,671 \text{ kN.m}$$

$$\phi(V_c + V_s) = 0,75 \cdot (89,461 + 87,671) = 177,132 \text{ kN.m}$$

$$\phi(V_c + V_s) = 177,132 > V_u = 47,871 \dots \dots \dots \text{OK}$$

Karena $\phi(V_c + V_s) > V_u$ maka jarak sengkang 120 mm bisa di gunakan

Tulangan geser yang di pakai = $\phi 10 - 120$

B. Penulangan geser pada lapangan

$$Vu = 44,019 \text{ kN.m}$$

$$\phi_{tul} \text{ sengkang} = 10 \text{ mm}$$

$$h = 450 \text{ mm}$$

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

$$Fy = 240 \text{ MPa}$$

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

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

$$d = h - Pb - dsengkang - \frac{1}{2} dtpokok$$

$$= 450 - 40 - 10 - \frac{1}{2} 16$$

$$= 392 \text{ mm}$$

Penyelesaian :

$$Vc = \frac{1}{6} \sqrt{Fc} \cdot b \cdot d = \frac{1}{6} \sqrt{30} \cdot 250 \cdot 392 = 89461,351 \rightarrow 89,461 \text{ kN.m}$$

$$\phi Vc = 0,75 \cdot 89,461 = 67,095 \text{ kN.m}$$

$$\frac{1}{2} \cdot \phi Vc = \frac{1}{2} \cdot 67,095 = 33,547 \text{ kN.m}$$

$$3 \cdot (\phi Vc) = 3 \cdot 67,095 = 201,285 \text{ kN.m}$$

Didapatkan $\frac{1}{2} \cdot \phi Vc < Vu < \phi Vc$

$$33,547 < 44,019 < 67,095 \dots \dots \dots \text{OK}$$

Jadi ukuran dimensi balok 25x45 bisa digunakan,

$$Av = \frac{75 \sqrt{Fc} \cdot b \cdot d}{1200 \cdot Fy}$$

$$Av = \frac{75 \sqrt{30} \cdot 250 \cdot 392}{1200 \cdot 240} = 139,783 \text{ mm}^2$$

b. Menentukan spasi maximum yang di butuhkan

$$\frac{1}{3} \sqrt{Fc} \cdot b \cdot d = \frac{1}{3} \sqrt{30} \cdot 250 \cdot 392 \cdot 10^{-3} = 178,922 \text{ kN.m}$$

$$\text{Sehingga dianggap } Vs = \frac{1}{3} \sqrt{Fc} \cdot b \cdot d$$

$$Smax = \frac{1}{2} d = \frac{1}{2} 392 = 196$$

Digunakan jarak $S = 170 \text{ mm}$

$$S = 170 < Smax = 196 \dots \dots \dots \text{OK}$$

c. Kontrol kapasitas geser terhadap jarak maximum yang digunakan :

$$V_s = \frac{A_v \cdot F_y \cdot d}{s} = \frac{139,783 \cdot 240 \cdot 392}{150 \cdot 10^3} = 87,671 \text{ kN.m}$$

$$\phi(V_c + V_s) = 0,75 \cdot (89,461 + 87,671) = 177,132 \text{ kN.m}$$

$$\phi(V_c + V_s) = 177,132 > V_u = 44,019 \dots \dots \dots \text{OK}$$

Karena $\phi(V_c + V_s) > V_u$ maka jarak sengkang 170 mm bisa di gunakan
 Tulangan geser yang di pakai = $\emptyset 10 - 170$

7. Gambar detail penulangan

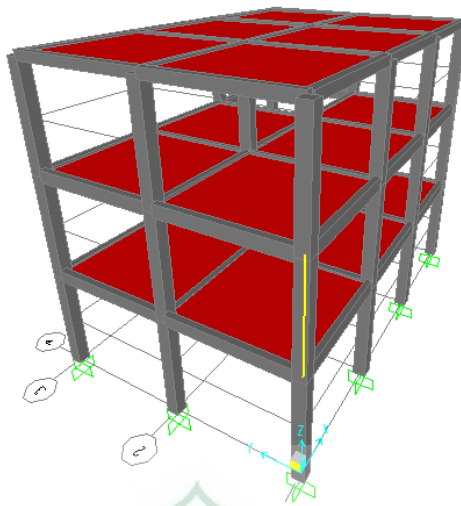
Detail penulangan balok berdasarkan perhitungan :

Balok B1			
Tumpuan		Lapangan	
Tul. Atas	5 D 16	Tul. Atas	2 D 16
Tul. Bawah	3 D 16	Tul. Bawah	2 D 16
Tul. Badan	2 D 13	Tul. Badan	2 D 13
Sengkang	$\emptyset 10 - 120$	Sengkang	$\emptyset 10 - 170$

Gambar 4.9 detail penulangan balok B1

Sumber : dokumen pribadi Program CAD

4.3.4 Perencanaan Kolom



Gambar 4.10 Kolom yang ditinjau

Dimensi kolom	= 450 x 450 mm
Tulangan pokok (D)	= 22 mm
Tulangan sengkang (Ø)	= 10 mm
Selimut beton (p)	= 50 mm
Mutu beton (f_c)	= 30 MPa
Mutu baja (f_y)	= 400 MPa
Pmin	= $1,4 / F_y$
	= 0,0035
d	= $450 - 50 - 10 - (1/2 \cdot 22)$
	= 379 mm
d'	= $50 + 10 + (1/2 \cdot 22)$
	= 71 mm

$$P_u = 1013,762 \text{ kN.m}$$

$$V_u = 64,275 \text{ kN.m}$$

$$M_u (-) = 122,5972 \text{ kN.m}$$

$$M_u (+) = 116,19 \text{ kN.m}$$

1. Perhitungan kebutuhan tulangan longitudinal

- a. Tentukan penulangan dan dimensi kolom

Dimensi kolom 450 x 450 dengan ketentuan rasio tulangan : $p_{min} = 1\%$ dan $p_{max} = 8\%$ dari luas dimensi kolom, pada perencanaan kolom ini asumsikan menggunakan rasio tulangan 3% atau 0,03

$$P = P = \frac{As}{b \cdot d} = Pg = 3\%$$

$$0,03 = \frac{As}{450 \cdot 379}$$

$$As = 0,03 \cdot 450 \cdot 379 = 5116,5 \text{ mm}^2$$

$$As = As' = 5116,5 \text{ mm}^2, \text{ dicoba } As = 16 \text{ D } 22$$

$$As = \frac{16}{4} \cdot 3,14 \cdot 22^2 = 6079,04 \text{ mm}^2$$

$$Pakt = \frac{As}{b \cdot d} = \frac{6079,04}{450 \cdot 379} = 0,036$$

$$P_{min} < Pakt < p_{max} \dots \dots \dots \text{OK}$$

- b. Menghitung eksentrisitas beban

$$et = \frac{Mu}{Pu} = \frac{116,19}{1013,762} = 0,11 \text{ m} = 110 \text{ mm}$$

- c. Luas tulangan total

$$Ast = 2 \cdot As = 2 \cdot 6079,04 = 12158,08 \text{ mm}^2$$

- d. Luas penampang kolom

$$Ag = b \cdot h = 450 \cdot 450 = 202500 \text{ mm}^2$$

di cek apakah eksentrisitas e lebih kecil atau lebih besar dari eksentrisitas balance eb

$$Cb = \frac{600 \cdot d}{600 + Fy} = \frac{600 \cdot 379}{600 + 400} = 227,4 \text{ mm}^2$$

$$ab = \beta 1 \cdot Cb = 0,085 \cdot 227,4 = 193,29$$

$$Fs = 600 \cdot \left(\frac{Cb - d'}{cb} \right)$$

$$= 600 \cdot \left(\frac{227,4 - 71}{227,4} \right)$$

$$= 412,66 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \phi pnb &= 0,65 \cdot (0,85 \cdot F_c \cdot b \cdot ab + As' \cdot Fs' - As \cdot Fy) \cdot 10^{-3} \\ &= 0,65 \cdot (0,85 \cdot 30 \cdot 450 \cdot 193,29 + 6079,04 \cdot 412,66 - 6079,04 \cdot 400) \cdot 10^{-3} \\ &= 1491,72 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mnb &= Nd1 + Nd2 \\ &= 0,65 \cdot (0,65 \cdot 0,85 \cdot F_c \cdot b \cdot ab \left(d - \frac{ab}{2} \right) + 0,65 \cdot Fs \cdot As \cdot (d - d^2)) \cdot 10^{-6} \\ &= 0,65 \cdot (0,65 \cdot 0,85 \cdot 30 \cdot 450 \cdot 193,29 \left(379 - \frac{193,29}{2} \right) + 0,65 \cdot 412,66 \cdot 6079,04 \cdot (379 - 71)) \cdot 10^{-6} \\ &= 591,037 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$eb = \frac{Mnb}{Pnb} = \frac{591,037 \cdot 10^3}{1491,72} = 396,211 \text{ mm}$$

$$eb = 396,211 \text{ mm} > et = 110 \text{ mm} \dots \dots \dots \text{OK}$$

e. Pemeriksaan kekuatan penampang

$$\begin{aligned} Pn &= \frac{As \cdot fy}{(d-d') + 0,5} + \frac{Ag \cdot fc}{\frac{3 \cdot b \cdot e}{d^2} + 1,18} \\ &= \frac{6079,04 \cdot 400}{(379-71) + 0,5} + \frac{202500 \cdot 30}{\frac{3 \cdot 450 \cdot 110}{379^2} + 1,18} \cdot 10^{-3} \\ &= 5581,00 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi Pn &= 5581,00 \cdot 0,65 = 3627,65 \text{ kN} \\ \phi Pn &= 3627,65 \text{ kN} > Pu = 1013,762 \text{ kN} \dots \dots \dots (\text{AMAN}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} MR &= \phi Pn \cdot e \\ &= (3627,65 \cdot 110) \cdot 10^{-3} \\ &= 399,04 \text{ kN.m} > Mu = 116,19 \text{ kN.m} \dots \dots \dots (\text{AMAN}) \end{aligned}$$

2. Perhitungan tulangan sengkang

$$\begin{aligned} Vu &= 64,275 \text{ kN} \rightarrow 64275 \text{ N} \\ Pu &= 1013,762 \text{ kN} \rightarrow 1013762 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_c = \left(1 + \frac{P_u}{14 \cdot A_g}\right) \cdot \sqrt{\frac{F_c}{6}} \cdot b \cdot d$$

$$= \left(1 + \frac{1013762}{14 \cdot 202500}\right) \cdot \sqrt{\frac{30}{6}} \cdot 450 \cdot 379$$

$$= 517731,65 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \cdot V_c$$

$$= 0,75 \cdot 517731,65$$

$$= 388398,73 \text{ N}$$

$$V_u = 64275 \text{ N} < \phi V_c = 388398,73 \text{ N}$$

Jadi tidak perlu tulangan geser

Perhitungan jarak sengkang tidak boleh melebihi

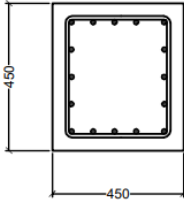
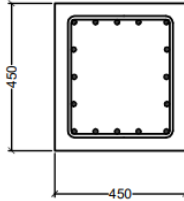
- | | | | |
|----|---------------------|---------|--------|
| a. | 8 x D tul utama | 8 x 22 | 176 mm |
| b. | 24 x D tul sengkang | 24 x 10 | 240 mm |
| c. | ½ b | ½ 450 | 225 mm |

Jadi digunakan tulangan sengkang $\phi 10 - 170 \text{ mm}$

(SNI 2847 : 2019)

3. Gambar Detail Penulangan Kolom

Gambar detail penulangan kolom berdasarkan perhitungan

Kolom K1			
Tumpuan		Lapangan	
			
Tul. lentur	16 D 22	Tul. lentur	16D 22
Sengkang	Ø10 - 170	Sengkang	Ø10 - 170

Gambar 4.11 detail penulangan kolom

Sumber : dokumen pribadi program CAD

4. Rekapitulasi Momen SAP2000

a) Balok

Tabel 4.4 Output momen balok

	P	V2	V3	T	MuT	MuL
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
MAX	7,54	124,084	0,291	8,6811	48,266	43,9977
MIN	-7,54	118,987	-0,291	-7,8158	-124,1431	-41,93

b) Kolom

Tabel 4.5 Output momen kolom

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
MAX	9,435	75,623	50,345	0,3421	123,2099	116,1989
MIN	-	-64,275	-49,337	-0,3195	-124,5074	-122,597

4.3.5 Perencanaan Tangga

1. Data-data Desain:

- Beton $F_c = 30$ MPa
- Tulangan pokok $F_y = 400$ MPa
- Tulangan sengkang $F_y = 240$ MPa

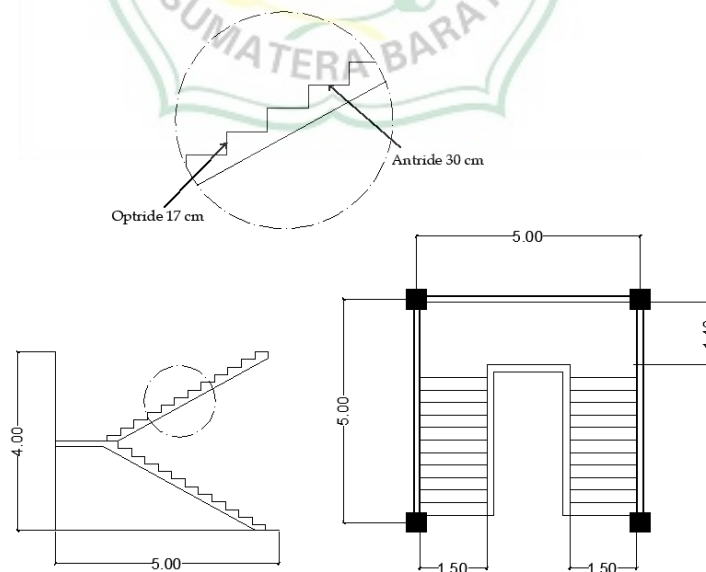
2. Beban Mati DL:

- Beton Bertulang : $24,00 \text{ kN/m}^3$
- Dinding pasangan bata merah $\frac{1}{2}$ bata : $2,5 \text{ kN/m}^2$
- Pasir : $18,00 \text{ kN/m}^3$
- Adukan semen per cm tebal : $0,21 \text{ kN/m}^2$
- Penutup lantai (tegel) = $0,24 \text{ kN/m}^2$

3. Beban Hidup LL :

- Tangga : $4,97 \text{ kN/m}^2$
- Bordes : $4,97 \text{ kN/m}^2$

4. Gambar Perencanaan Tangga



Gambar 4.12 perencanaan tangga

5. Pehitungan Perencanaan Tangga:

tinggi lantai = 4,0 m

Panjang ruangan untuk tangga = 5,0 m

Lebar tangga = 5 m

Tinggi anak tangga (*Optrade*) = 17 cm syarat : $16 \leq O \leq 20$

Lebar anak tangga (*Antrade*) = 30 cm syarat : $26 \leq A \leq 30$

Jumlah anak tangga = $\frac{400}{17} = 23,519 = 24$ anak tangga

Lebar bordes (bo) = $500 - (12 \times 30) = 140$ cm

Kemiringan tangga = $\tan \alpha = \frac{O}{A} = \frac{17}{30} = 29,54^\circ$

Digunakan tebal plat tangga yaitu = 12 cm

Tinggi beban merata (t') = $\frac{(0,5 \times O \times A)}{\sqrt{O^2 + A^2}} = \frac{(0,5 \times 17 \times 30)}{\sqrt{17^2 + 30^2}} = 7,3951$ cm

$h = tb + t' = 12 + 7,3951 = 19,4$ cm

$h' = \frac{tb}{\cos \alpha} + \frac{O}{2} = \frac{12}{\cos 29,54^\circ} + \frac{17}{2} = 22,29$ cm = 0,2229 m

6. Peembebanan Pada Tangga

a) Beban Mati pada Tangga:

Hitungan beban permeter lebar tangga

Beban mati : beban pelat + anak tangga = $0,2229 \cdot 24 = 5,3496$ kN/m

tegel (2 cm) = $0,02 \cdot 0,24 = 0,0048$ kN/m

spesi (2 cm) = $0,02 \cdot 0,21 = 0,0042$ kN/m

railing = 0,89 kN/m +

$Q_{dl} = 6,2486$ kN/m

b) Beban Hidup pada Tangga: $Q_{ll} = 1,33$ kN/m

c) Beban Mati pada Bordes:

Beban mati : berat sendiri = $0,12 \cdot 24 = 2,88$ kN/m

tegel (2 cm) = 0,02 . 0,24	= 0,0048 kN/m	
spesi (2 cm) = 0,02 . 0,21	= 0,0042 kN/m	
railing	= 0,89 kN/m	+
Qdl = 3,779 kN/m		

d) Beban Hidup Plat Bordes: $Q_{II} = 1,33 \text{ kN/m}$

e) Reaksi Tumpuan

7. Reaksi perletakan yang disebabkan DL dan LL:

$$\begin{aligned} \text{Qult tangga} &= 1,2 \cdot Q_{dl} + 1,6 \cdot Q_{II} \\ &= 1,2 \cdot 6,2486 + 1,6 \cdot 1,33 \\ &= 9,62632 \text{ kN /m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Qult bordes} &= 1,2 \cdot Q_{dl} + 1,6 \cdot Q_{II} \\ &= 1,2 \cdot 3,779 + 1,6 \cdot 1,33 \\ &= 6,6868 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\Sigma M_B = 0$$

$$(R_A \cdot 5) - (9,62632 \cdot 3,6 \cdot (\frac{3,6}{2} + 1,4)) - 6,6868 \cdot 1,4 \cdot (\frac{1,4}{2}) = 0$$

$$R_A = 20,8684 \text{ kN}$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$(9,62632 \cdot 3,6 \cdot (\frac{3,6}{2})) + 6,6868 \cdot 1,4 \cdot (\frac{1,4}{2} + 3,6)) - R_B \cdot 5 = 0$$

$$R_B = 20,527 \text{ Kn}$$

$$R_C = 20,8684 - (9,62632 \cdot 3,6)$$

$$= - 14,84201 \text{ kN}$$

$$20,8684 \cdot (3,6 - x) = 14,84208 \cdot x$$

$$75,12624 - 20,8684 \cdot x = 14,84208 \cdot x$$

$$75,12624 - 20,8684 \cdot x - 14,84208 \cdot x = 0$$

$$75,12624 - 35,71048 \cdot x = 0$$

$$- 35,71048 \cdot x = - 75,12624$$

$$x = \frac{-75,12624}{-35,71048}$$

$$x = 2,1037 \text{ m}$$

$$M_{max} = 20,8684 \cdot 2,1037 - 9,62632 \left(\frac{2,1037^2}{2} \right)$$

$$= 22,600 \text{ kN/m}$$

8. Penulangan Pada Tangga

a) Tumpuan dan Lapangan

$$Mu = M_{maks}$$

$$= 22,600 \text{ kN/m}$$

Direncanakan Penulangan Pokok D-13

$$bw = 100 \text{ cm}$$

$$h = 120 + 7,4 = 194$$

$$d = h - \text{Selimut beton} - \frac{1}{2} \phi \text{ tulangan pokok}$$

$$= 194 - 20 - (0,5 \times 13)$$

$$= 168 \text{ mm} = 0,1675 \text{ m}$$

$$Rn \text{ perlu} = \frac{Mu}{\phi \cdot bw \cdot d^2} = \frac{22,600}{0,9 \cdot 1 \cdot 0,1675^2} = 0,895 \text{ kN/m}$$

$$\rho_{min} = 0,018$$

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 \times f_c}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times Rn}{0,85 \times f_c}} \right]$$

$$= \frac{0,85 \times 30}{400} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,895}{0,85 \times 30}} \right]$$

$$= 0,00227$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot 0,85 \cdot \beta \frac{f_c}{f_y} \left[\frac{600}{600 + f_y} \right]$$

$$= 0,75 \cdot 0,85 \cdot 0,85 \frac{30}{400} \left[\frac{600}{600 + 400} \right]$$

$$= 0,0244$$

$$\rho_{min} = 0,018 > \rho_{perlu} 0,00227$$

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho \cdot b_w \cdot d = 0,00227 \cdot 1000 \cdot 168 = 381,36 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ min}} = \rho \cdot b_w \cdot d = 0,018 \cdot 1000 \cdot 168 = 3024 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak penulangan} = \frac{1000 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 13^2}{3024} = 43,870 \text{ atau}$$

Jarak tulangan = $3 \times h = 3 \times 120 = 360$ = di ambil jarak tulangan 350 mm tidak melebihi 450 mm. Jadi digunakan tulangan utama D13 - 350 mm.

$$A_{s \text{ pakai}} = \frac{1000 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 13^2}{350} = 379,043 \text{ mm}^2$$

Cek: $A_{s \text{ pakai}} > A_{s \text{ perlu}}$ (Ok)

b) Tulangan Susut

$$\begin{aligned} A_{s \text{ min}} &= \rho_{\text{min}} \cdot b_w \cdot h \\ &= 0,018 \cdot 1000 \cdot 194 \\ &= 388 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan P 10

$$\text{Jarak tulangan (S)} = \frac{1000 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 10^2}{388} = 202,42 \text{ mm}^2$$

Gunakan tulangan P 10 – 200 mm

$$A_{s \text{ pakai}} = \frac{1000 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 10^2}{200} = 392,69 \text{ mm}^2$$

Check : $A_{s \text{ pakai}} > A_{s \text{ min}}$ (Ok)

c) Kontrol Geser

$$V_u = R_A = 20,8684 \text{ kN}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{6} \sqrt{30} \times 1000 \times 168 = 153,363$$

$$V_u < \phi \cdot V_c = 20,8684 \text{ kN} < 0,75 \cdot 153,363 \text{ kN}$$

$$= 20,8684 \text{ kN} < 115,023 \text{ kN (Tidak membutuhkan tulangan geser)}$$

4.3.6 Pondasi

1. Data Awal

Tabel 4.6 Total berat bangunan struktur

GroupName	SelfMass	SelfWeight	TotalMassX	TotalMassY	TotalMassZ
Text	Kg.cm	Kg.cm	Kg.cm	Kg.cm	Kg.cm
ALL	26352,6	258430,75	26352,6	26352,6	26352,6

Sumber : dokumen pribadi Program SAP

Data perencanaan pondasi sumuran

$$P = 258\,430,75 \text{ Kg}$$

$$d = 125 \text{ cm}$$

$$D = 320 \text{ cm}$$

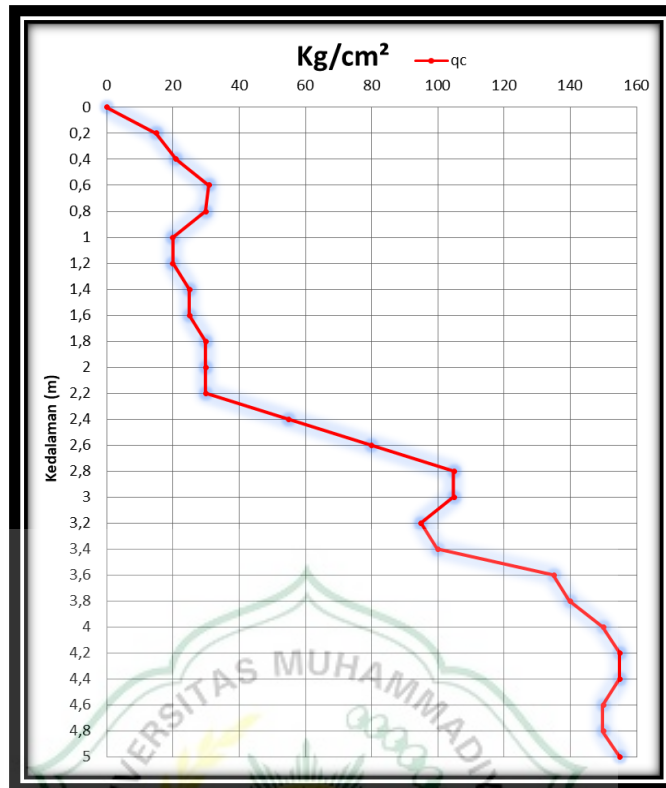
$$q_f = 25 \text{ Kg/cm}$$

$$q_c = 95 \text{ Kg/cm}^2$$

Tabel 4.7 Data sondir

Kedalaman	qt	Qc	qf	qftk	Σqftk	FR
(m)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	%
0	0	0	0	0	0	0
0,2	10	15	5	10,00	10,00	1,00
0,4	17	21	4	8,00	14,00	0,80
0,6	25	31	6	12,00	20,00	1,20
0,8	20	30	10	20,00	30,00	2,00
1	10	20	10	20,00	40,00	2,00
1,2	10	20	10	20,00	50,00	2,00

1,4	15	25	10	20,00	60,00	2,00
1,6	15	25	10	20,00	70,00	2,00
1,8	20	30	10	20,00	80,00	2,00
2	20	30	10	20,00	90,00	2,00
2,2	20	30	10	20,00	100,00	2,00
2,4	35	55	20	40,00	120,00	4,00
2,6	55	80	25	50,00	145,00	5,00
2,8	70	105	35	70,00	180,00	7,00
3	65	105	40	80,00	220,00	8,00
3,2	70	95	25	50,00	245,00	5,00
3,4	95	100	5	10,00	250,00	1,00
3,6	120	135	15	30,00	265,00	3,00
3,8	130	140	10	20,00	275,00	2,00
4	130	150	20	40,00	295,00	4,00
4,2	150	155	5	10,00	300,00	1,00
4,4	150	155	5	10,00	305,00	1,00
4,6	135	150	15	30,00	320,00	3,00
4,8	155	150	5	10,00	325,00	1,00
5	160	155	5	10,00	330,00	1,00



Gambar 4.13 grafik data sondir

Sumber : program excel

2. Perhitunagn daya dukung pondasi sumuran

Data perencanaan

$$P = 258\,430,75 \text{ Kg}$$

$$d = 125 \text{ cm}$$

$$D = 320 \text{ cm}$$

$$qf = 25 \text{ Kg/cm}$$

$$qc = 95 \text{ Kg/cm}^2$$

$$Ap = \text{Luas penampang tiang}$$

$$= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 125^2$$

$$= 12265 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 K &= \pi \cdot d \\
 &= 3,14 \cdot 125 \\
 &= 392 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{ijin} &= \frac{qc \times Ap}{3} + \frac{qf \times K}{5} \\
 &= \frac{95 \times 12265}{3} + \frac{25 \times 392,5}{5} \\
 &= 390\,354,16 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$P = 246\,467,75 \text{ kg} < Q_{ijin} = 390\,354,16 \text{ kg} \dots \dots \dots \text{OK}$$

3. Prehitungan penurunan pondasi sumuran

Penurunan pada titik pondasi yang memikul berat struktur bangunan sebesar

$$p = 258\,430,75 \text{ Kg}$$

$$Si = Q \cdot B \cdot \frac{(1-u^2)}{Es} \cdot lw$$

Keterangan :

Q = Besarnya tegangan kontak

B = Lebar pondasi

lw = Faktor pengaruh dari bentuk dan kekakuan podasi

u = Angka poisson ratio

Es = Sifat elastisitas tanah

$$\begin{aligned}
 Q &= P / A \\
 &= 258\,430,75 / 1962,5 \\
 &= 131,71 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$Si = 131,71 \cdot 125 \cdot \frac{(1-0,3^2)}{500} \cdot 0,88$$

$$S_i = 20,119 \text{ mm}$$

$$\text{Syarat} = S_{ijin} > S_i$$

$$= 25 \text{ mm} > 20,119 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{OK}$$



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil pembahasan dan perhitungan diatas, maka bisa disimpulkan hasil dari perhitungan struktur bangunan gedung kelas Madrasah Diniyah Awaliyah Baiturrahim Ampang Gadang padal tabel barikut :

Tabel 5.1 Hasil perhitungan penulangan balok

No	Nama	H	bw	Tulangan Longitudinal	Tulangan Sengkang
		mm	mm		
1	Balok (25 x 45)	250 mm	450 mm	a) Tumpuan Atas 5 D 16 b) Tumpuan Bawah 3 D 16 c) Lapangan Atas 2 D 16 d) Lapangan bawah 2 D 16 e) Tulangan Badan 2 D 13	a) Sengkang Tumpuan Ø10 – 120 b) Sengkang Lapangan Ø10 - 170

Tabel 5.2 Hasil perhitungan penulangan kolom

No	Nama	L	Dimensi	Tulangan Longitudinal	Tulangan Sengkang
		mm	mm		
1	Kolom (45 x 45)	4000	450/450	a) Tulangan pokok 16 D 22	b) Ø10 - 170

Tabel 5.3 Hasil Perhitungan penulangan pelat

No	Nama	Tumpuan	Lapangan
1	Pelat Atap (100 mm)	a) Tumpuan x Ø10 – 200 b) Tumpuan y Ø10 – 200	a) Lapangan x Ø10 - 300 b) Lapangan y Ø10 - 300
2	Pelat Lantai (120 mm)	c) Tumpuan x Ø10 – 200 d) Tumpuan y Ø10 – 200	c) Lapangan x Ø10 - 250 d) Lapangan x Ø10 - 250

5.2 Saran

Berdasarkan penyusunan skripsi ini, dari beberapa kendala yang penyusun hadapi, penyusun membrikan beberapa saran untuk perencanaan struktur gedung yang sesuai dengan peraturan SNI antara lain :

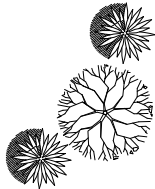
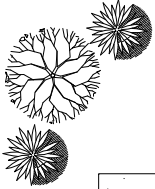
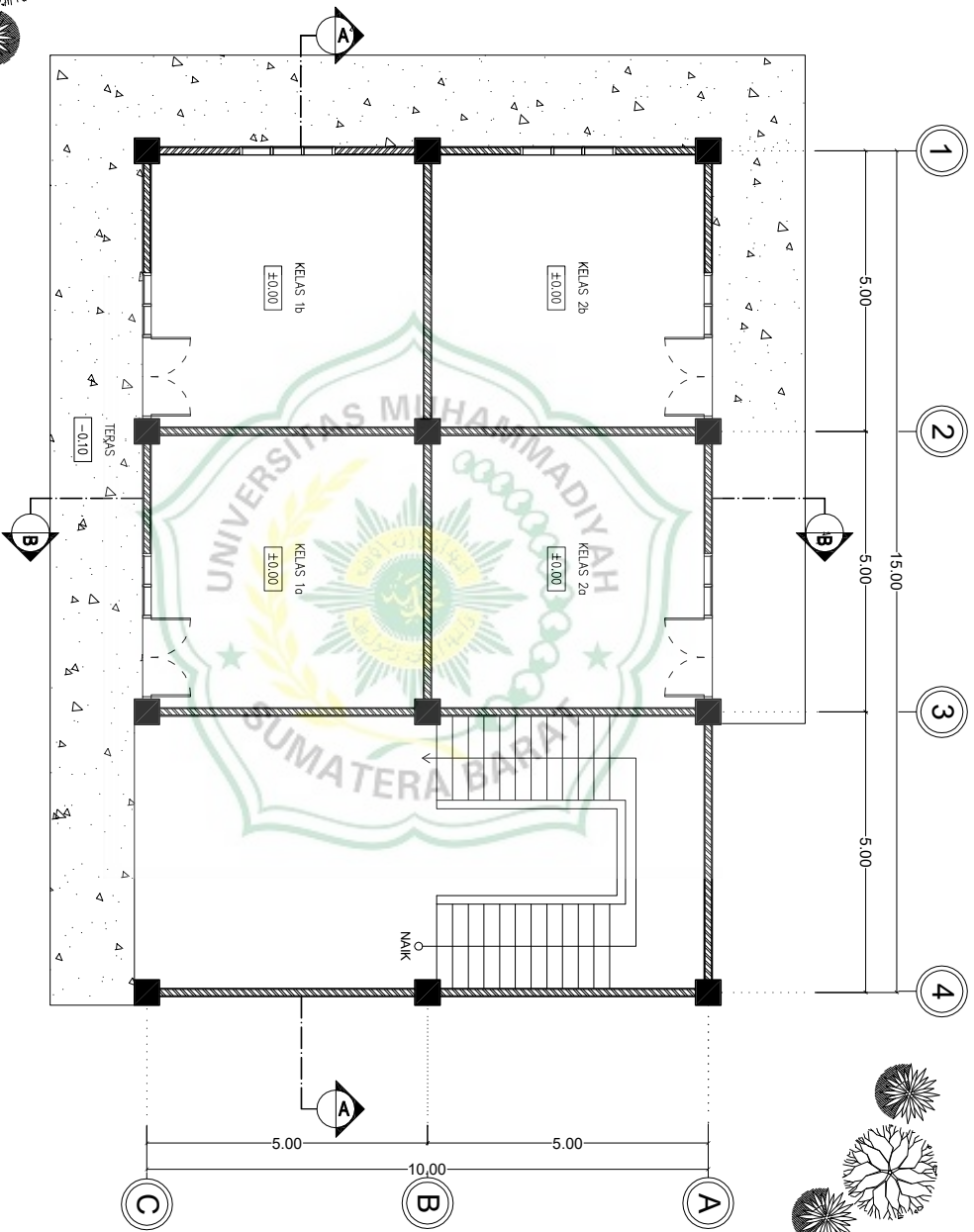
1. Dalam merencanakan sebuah struktur gedung hendaknya berpedoman pada peraturan-peraturan yang terbaru.
2. Mencari sumber yang lebih banyak untuk menambah wawasan dalam dasar-dasar merencanakan sebuah struktur gedung.
3. Untuk keakuratan dari hasil perhitungan disaran kan penyusun harus menguasai program SAP2000 atau sejenisnya.



DAFTAR PUSTAKA

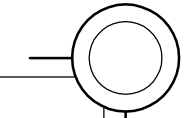
- Afnaldi, A., Masril, M., & Dewi, S. (2022). *Perencanaan Struktur Atas Pembangunan Kantor Aamat Kecamatan Kinali Pasaman Barat Provinsi Sumatera Barat*. *Ensiklopedia Research and Community Service Review*, 1(2), 160-1665.
- Hendra, A., Ishak, I., & Bastian, E. (2021). *Analisis Perencanaan Struktur Atas Gedung Sosial Budaya Pada Kawasan Islamic Centre Kota Padang Panjang*. *Ensiklopedia Research and Community Service Review*, 1(1), 130-136.
- Herista, F., & Yusman, A. S. (2021). *Kajian Upah Pekerja Konstruksi Pada Proyek Bangunan Gedung di Provinsi Sumatera Barat*. *Ensiklopedia of Journal*, 3(3), 259-268.
- Irfan, M., Ishak, I., & Priana, S. E. (2022). *Tinjauan Perencanaan Proyek Pembangunan Gedung/ruang Baru Puskesmas Mandiangin Kota Bukittinggi*. *Ensiklopedia Research and Community Service Review*, 1(2), 172-178.
- Kurniawan, D., Yusuf, M., & Yermadona, H. (2021). *Pengaruh Penambahan Serbuk Gergaji Kayu Terhadap Produktifitas Waktu Dan Kuat Tekan Bata*. *Ensiklopedia of Journal*, 3(3), 269-274.
- Linda Widyastani P (2010). *Perencanaan Bangunan Gedung Kuliah Diploma III Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang*. *Ensiklopedia Research and Community Service Review*, 43-150.
- Liud, A. (2016). *Perhitungan Struktur Atas dan Metode Pelaksanaan Pada Proyek Pembangunan Gedung Perpustakaan SMA Keberbakatan Olahraga di Tompaso Kabupaten Minahasa*. *Ensiklopedia Research and Community Service Review*, 1-20.

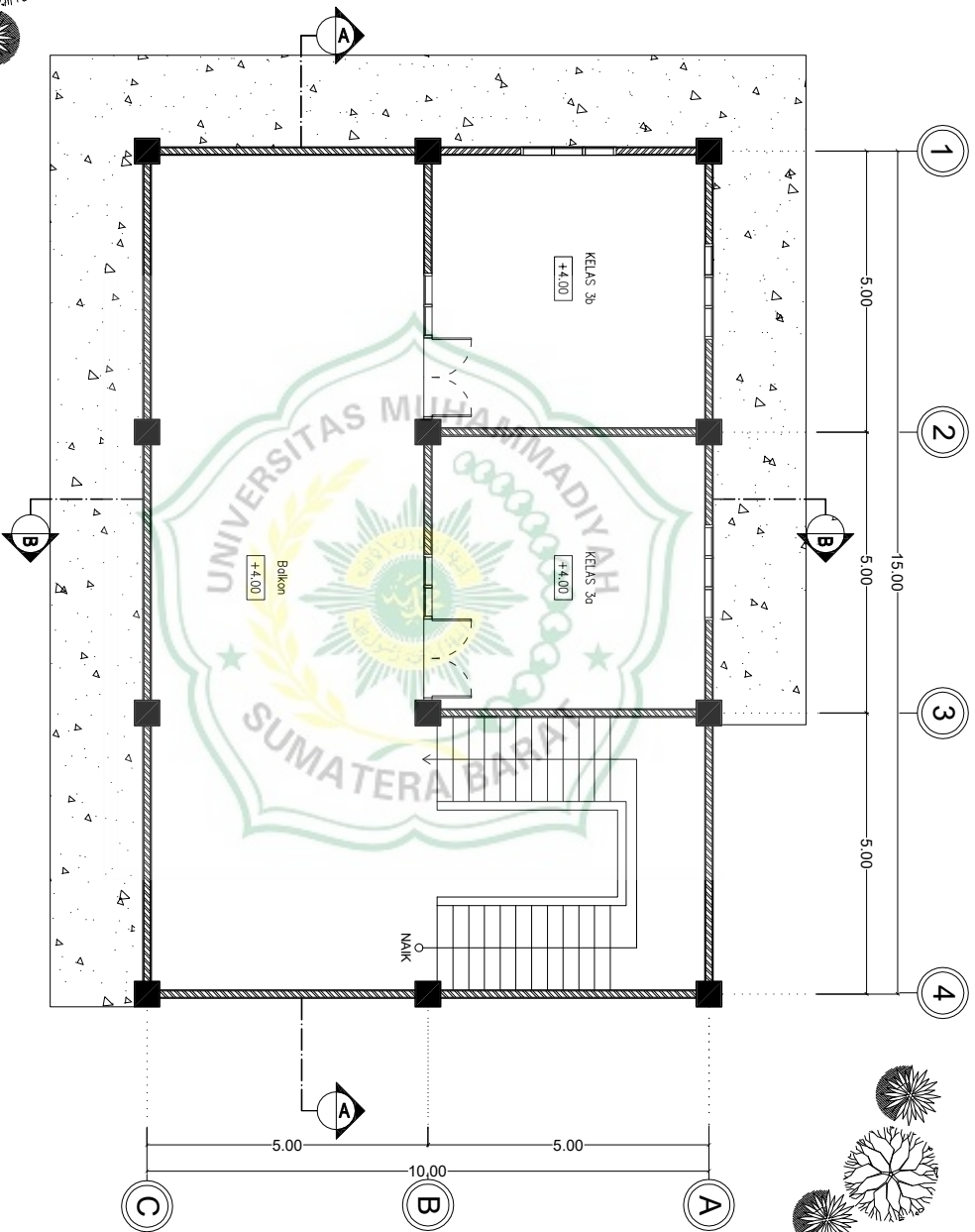
- Nafi'ah, P. U. (2019). *Perencanaan Struktur Gedung Lima (5) Lantai Rumah Susun Lokasi Sumurboto Semarang*. *Ensiklopedia Research and Community Service Review*, 58-255.
- Priana, S. E., Carlo, N., & Yulius, M. N. (2014). *Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kinerja Mutu Pada Proyek Konstruksi Gedung Di Kota Padang Panjang*. *Abstract of Undergraduate Research, Faculty of Post Graduate, Bung Hatta University*, 5(3).
- Putri, A., Masril, M., & Bastian, E. (2021). *Analisis Struktur Pasca Kebarakan Gedung Pascasarjana Universitas Muhammdiyah Sumatera Barat*. *Ensiklopedia Research and Community Service Review*, 1(1), 179-187.
- Rendi, R., Ishak, I., & Kurniawan, D. (2021). *Perencanaan Struktur Atas Gedung Fakltas Hukum Universitas Muhammdiyah Sumatera Barat*. *Ensiklopedia Research and Community Service Review*, 1(1), 121-129.
- Saputrai, R., Ishak, I., & Masril, M. (2022). *Perencanaan Ulang Pembangunan Masjid Wustha Payakumbuh*. *Ensiklopedia Research and Community Service Review*, 1(2), 123-129.



Rencana Denah Lantai 1

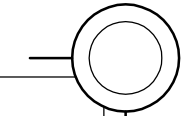
skala 1:150

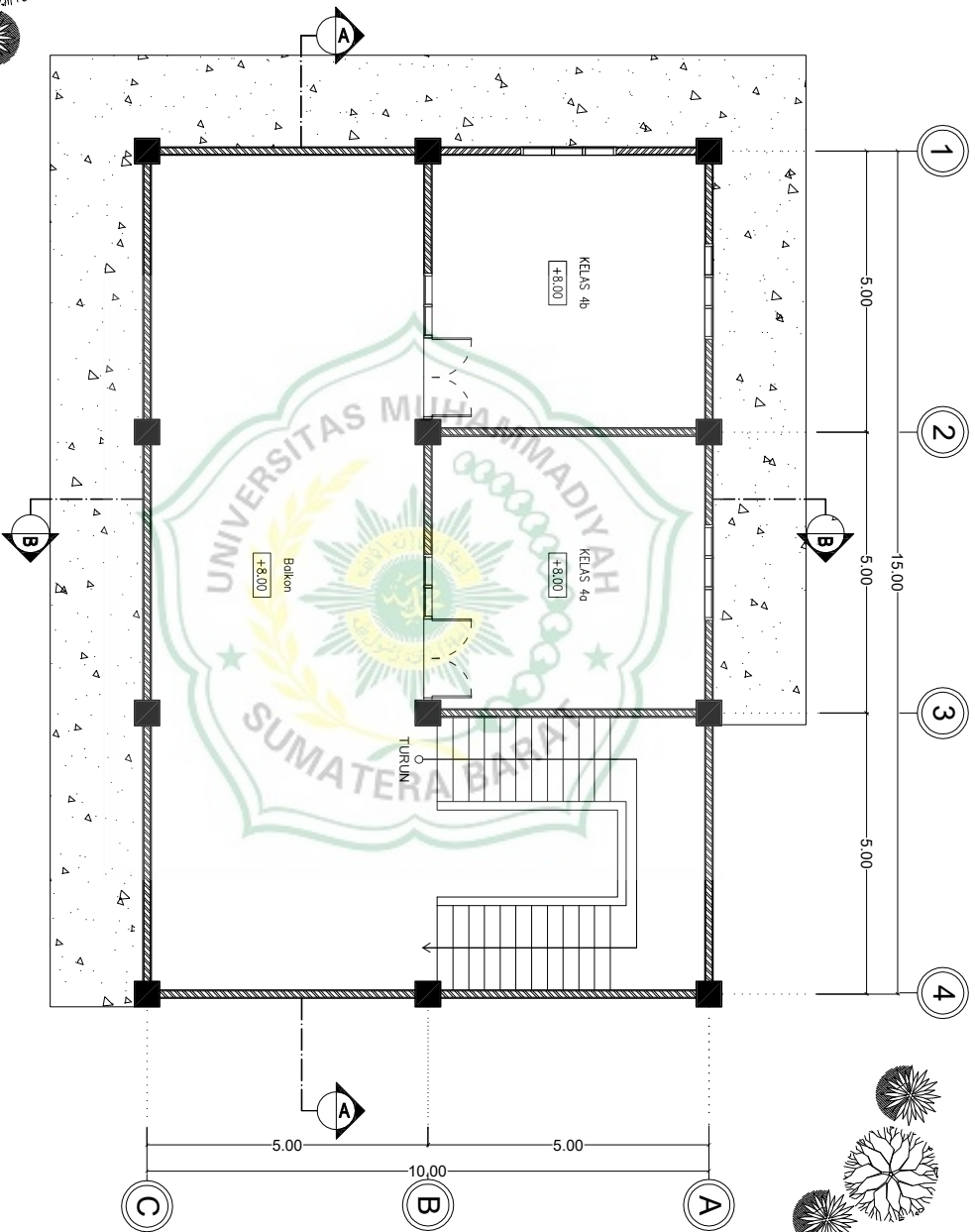




Rencana Denah Lantai 2

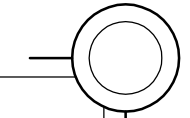
skala 1:150

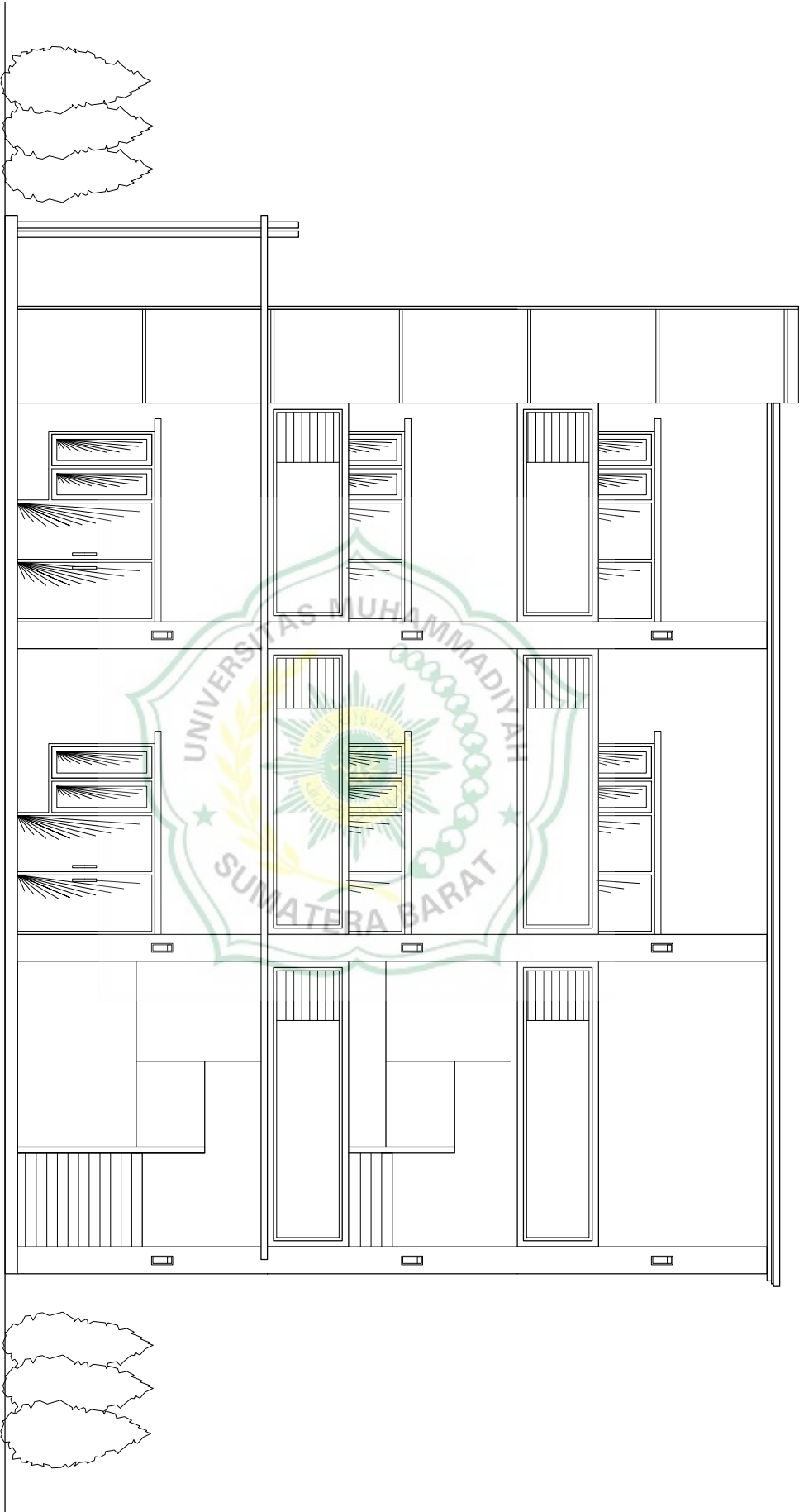




Rencana Denah Lantai 3

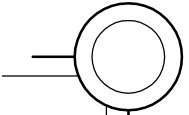
skala 1:150

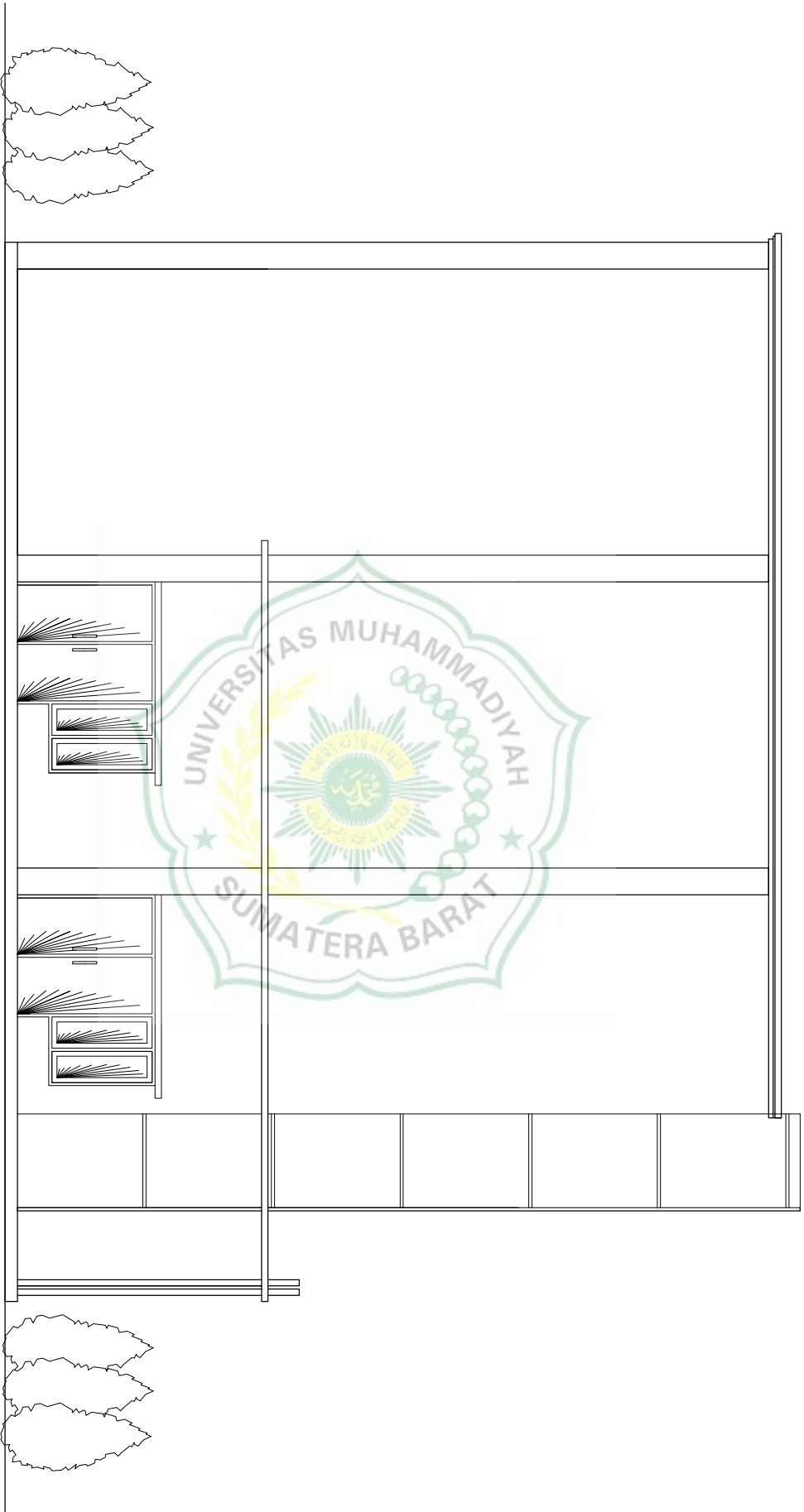




Tampak Depan

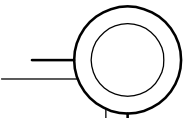
skala 1:100

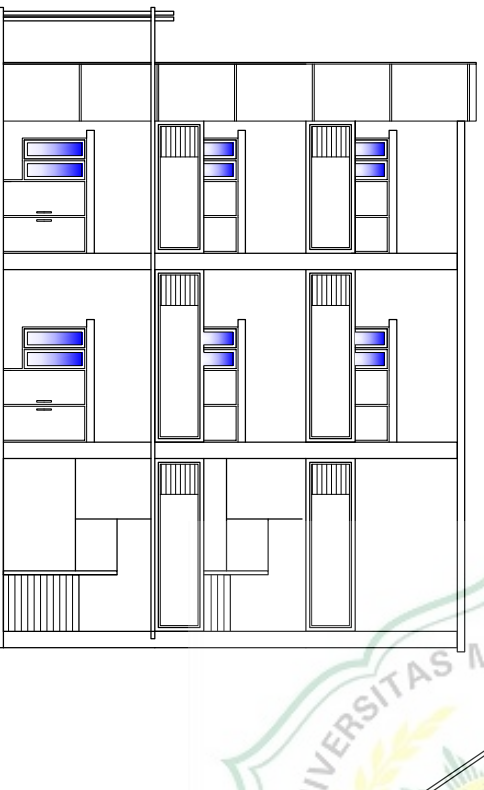
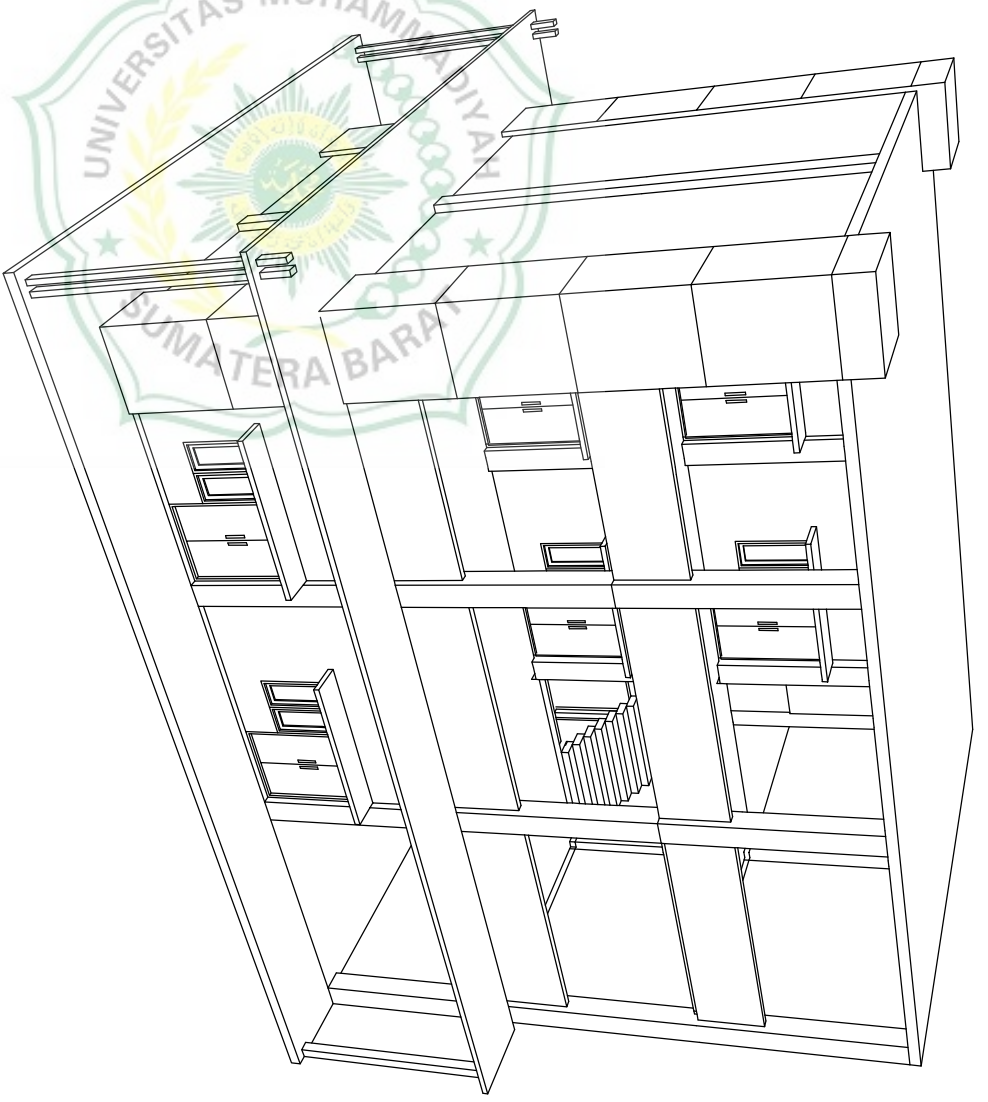




Tampak Belakang

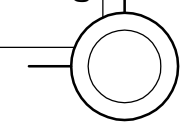
skala 1:100

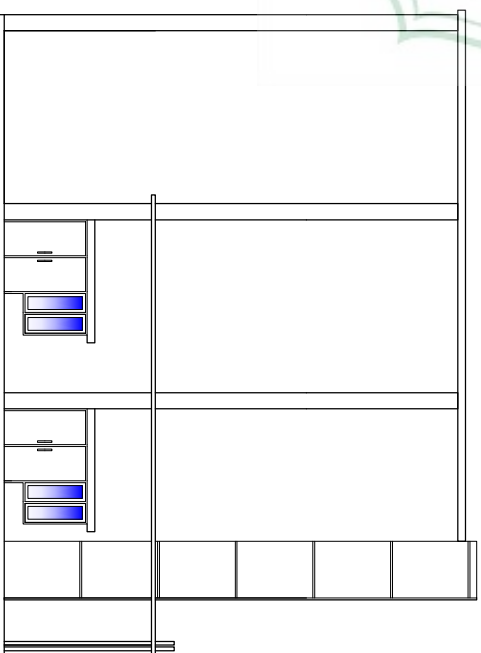
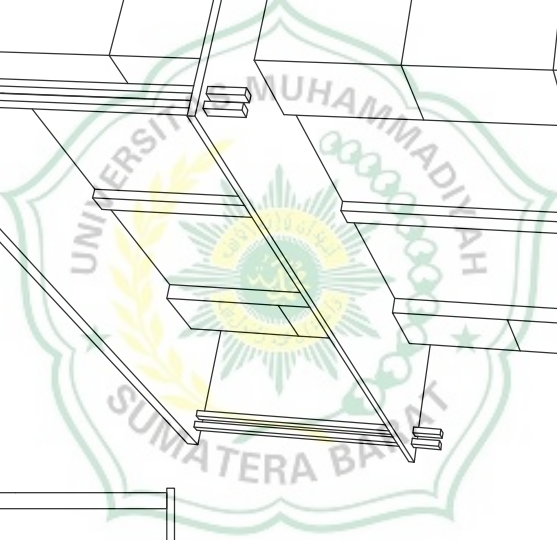
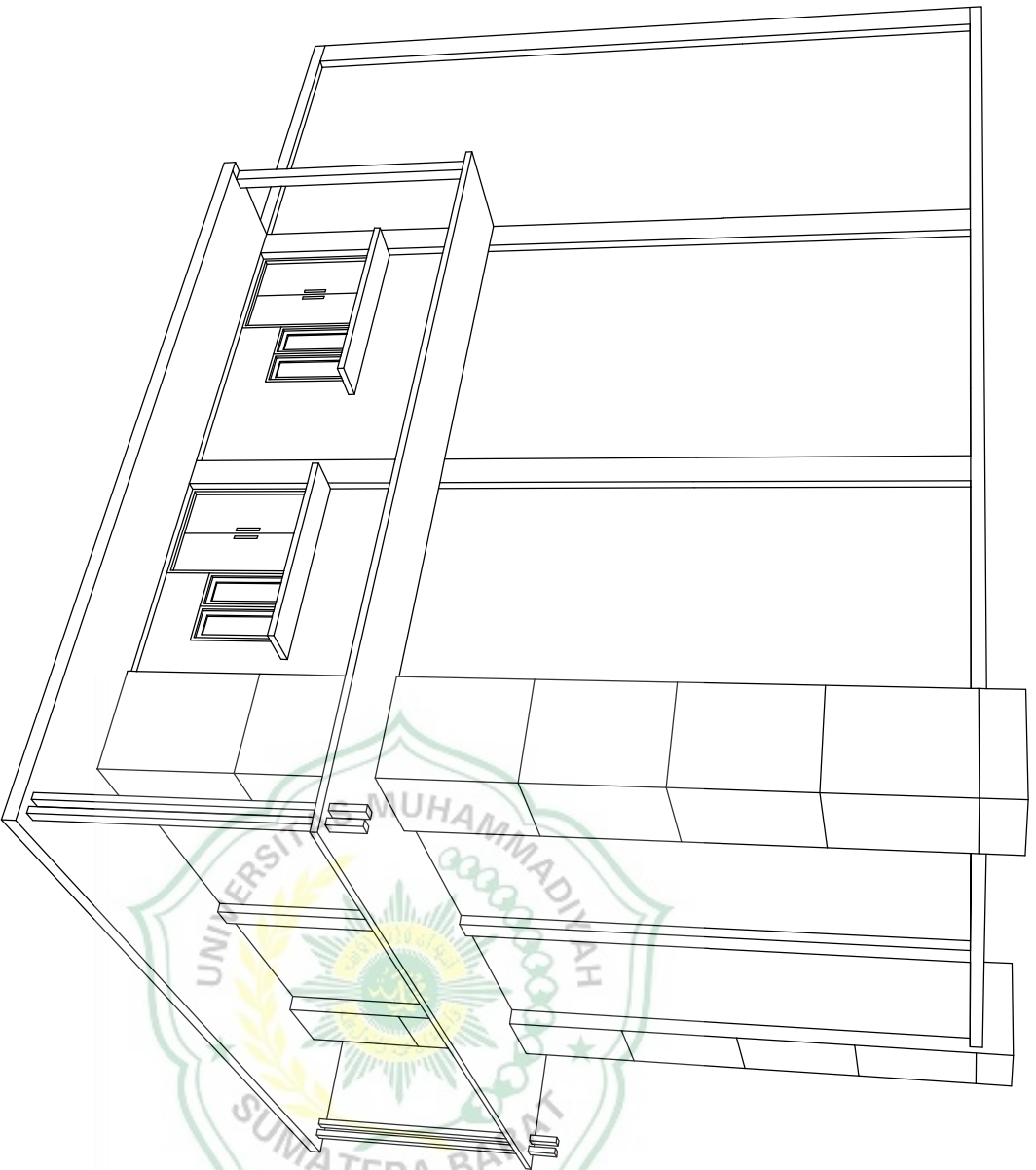




Prespektif Tampak Depan

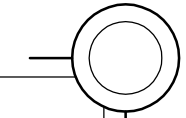
skala 1:200

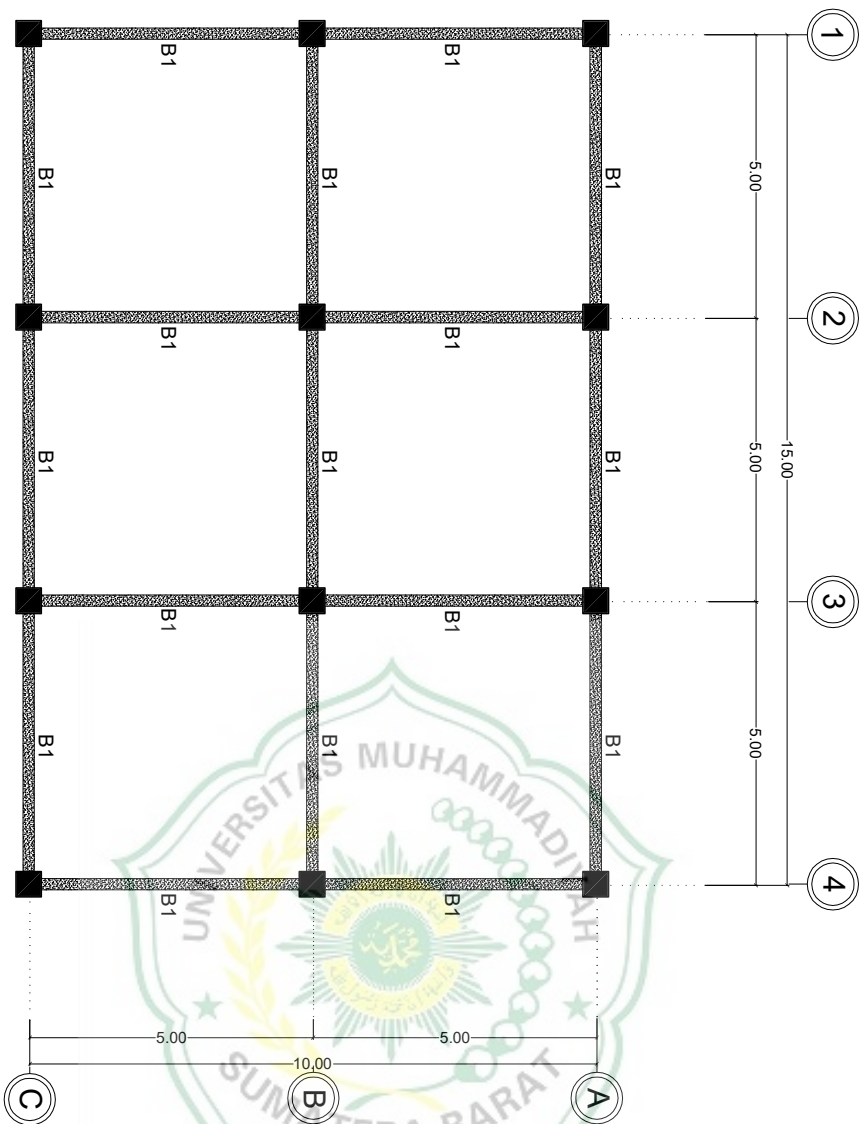




Prespektif Tampak belakang

skala 1:200

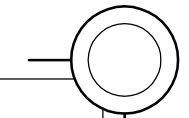


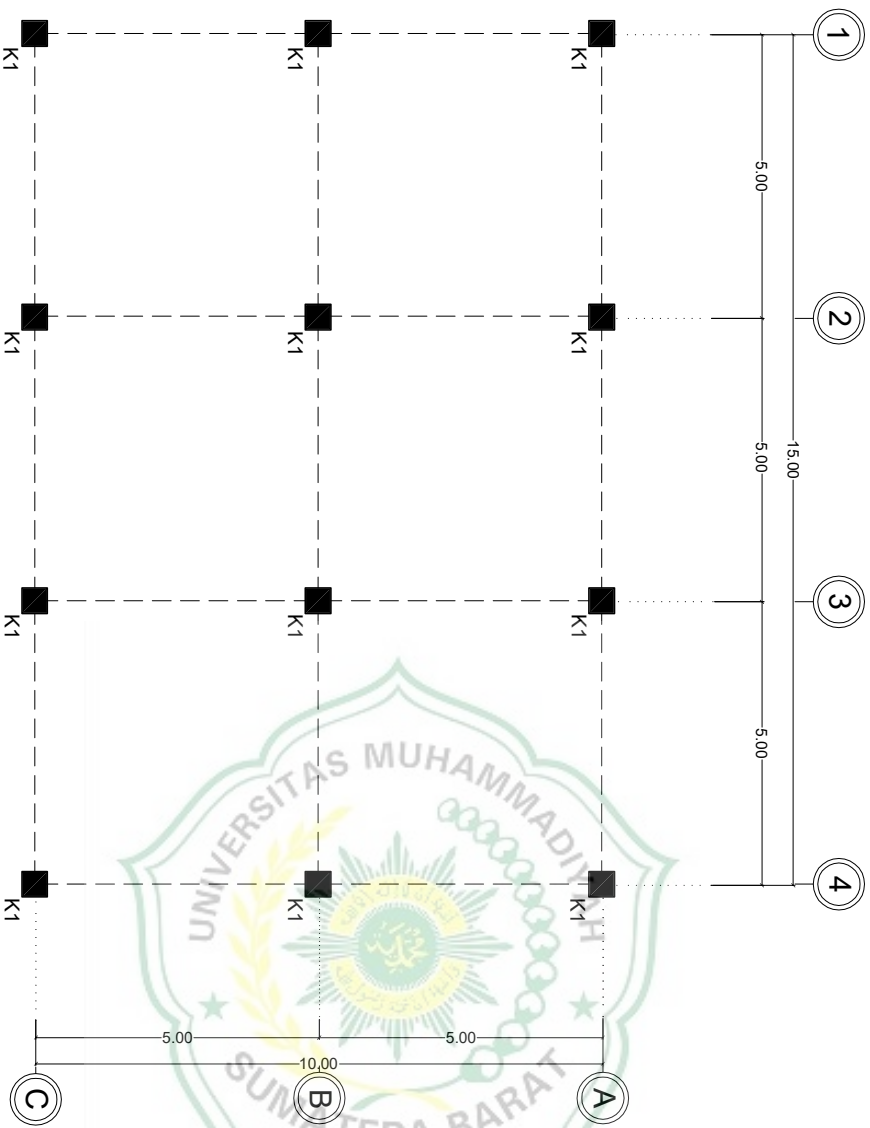


Balok B1	
Tumpuan	Lapangan
Tul. Atas 5 D 16	Tul. Atas 2 D 16
Tul. Bawah 3 D 16	Tul. Bawah 2 D 16
Tul. Badan 2 D 13	Tul. Badan 2 D 13
Sengkang Ø10 - 120	Sengkang Ø10 - 170

Denah & Detail Balok

skala 1:150 / 1:25

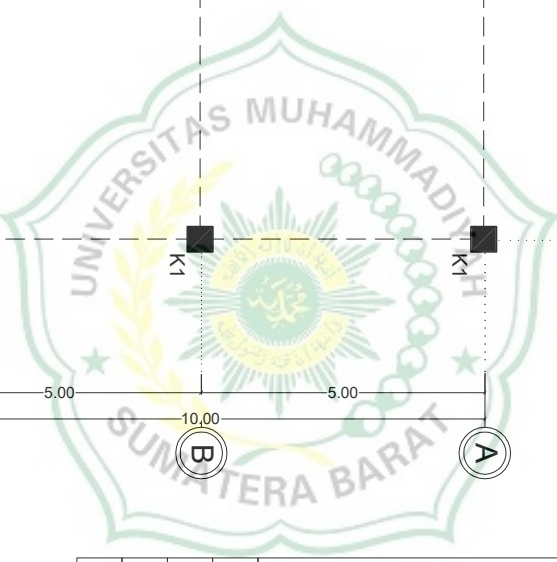


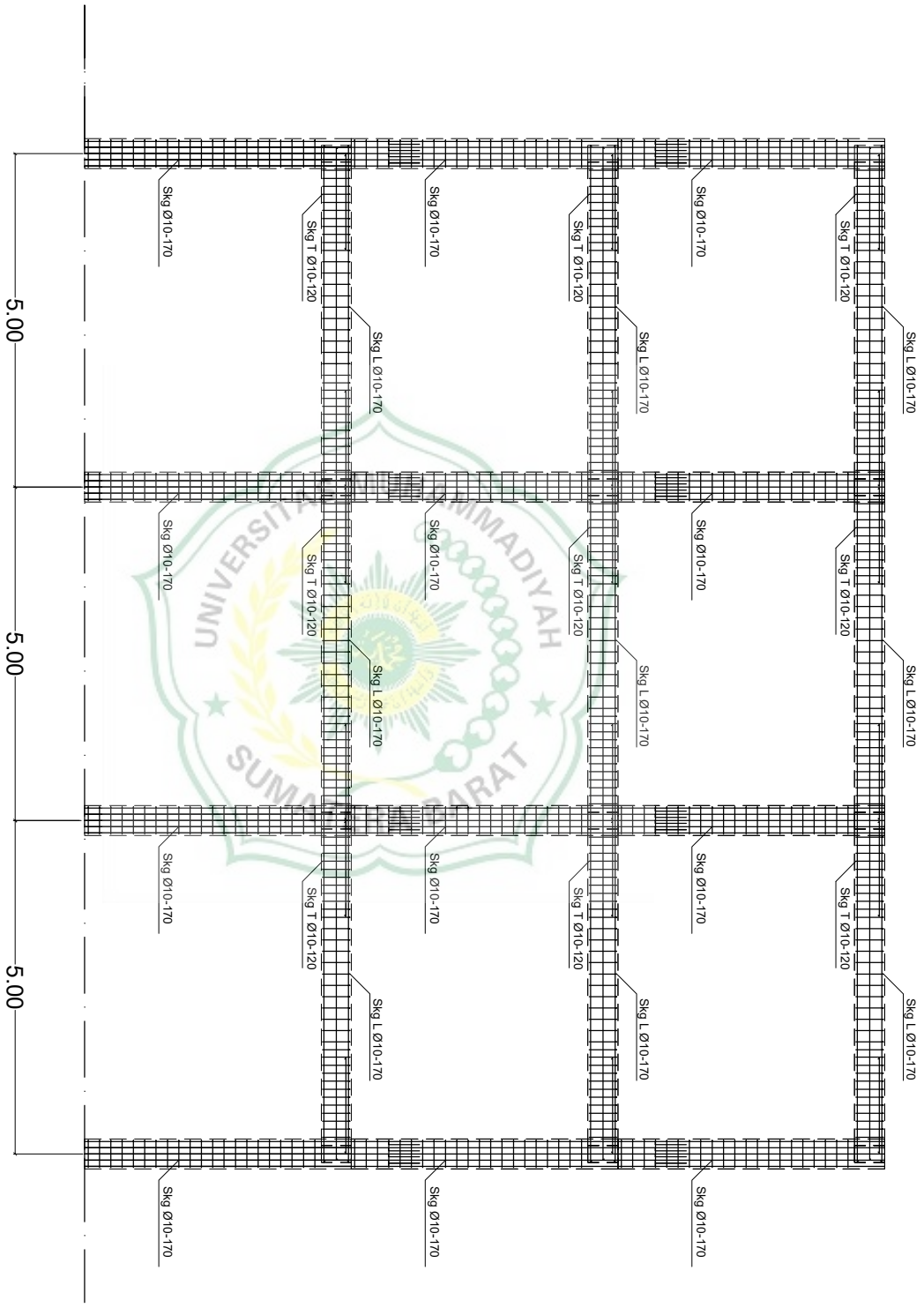


Kolom K1	
Tumpuan	Lapangan
Tul. Lentur	Tul. Lentur
16 D 22	16 D 22
Sengkang	Sengkang
Ø10 - 170	Ø10 - 170

Denah & Detail Kolom

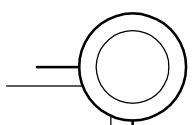
skala 1:150 / 1:25

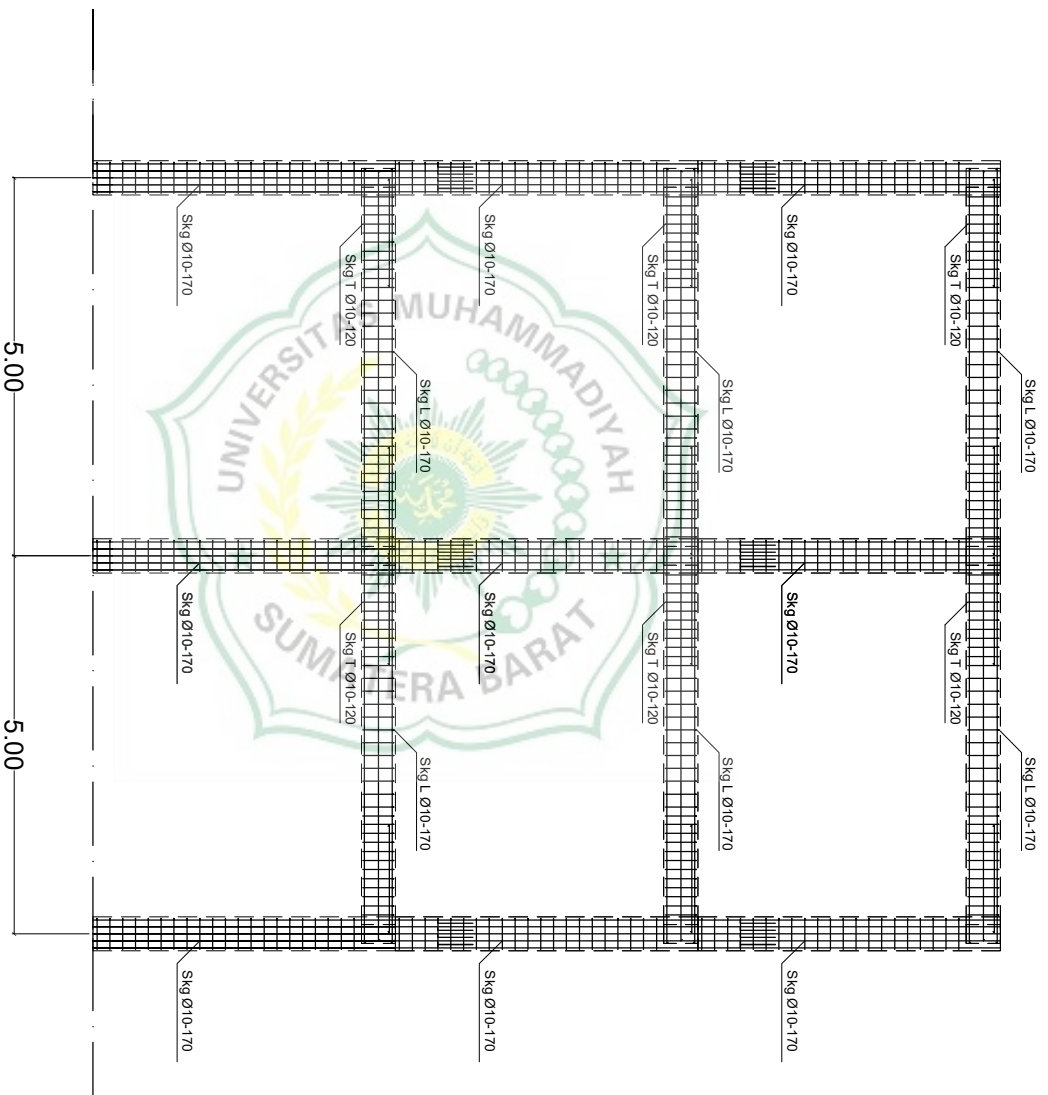




Portal Arah A-C

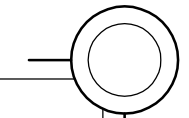
skala 1:100

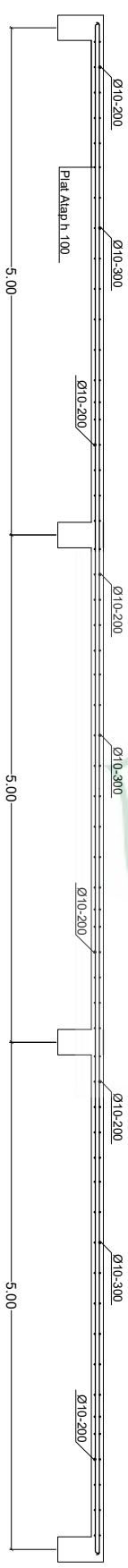
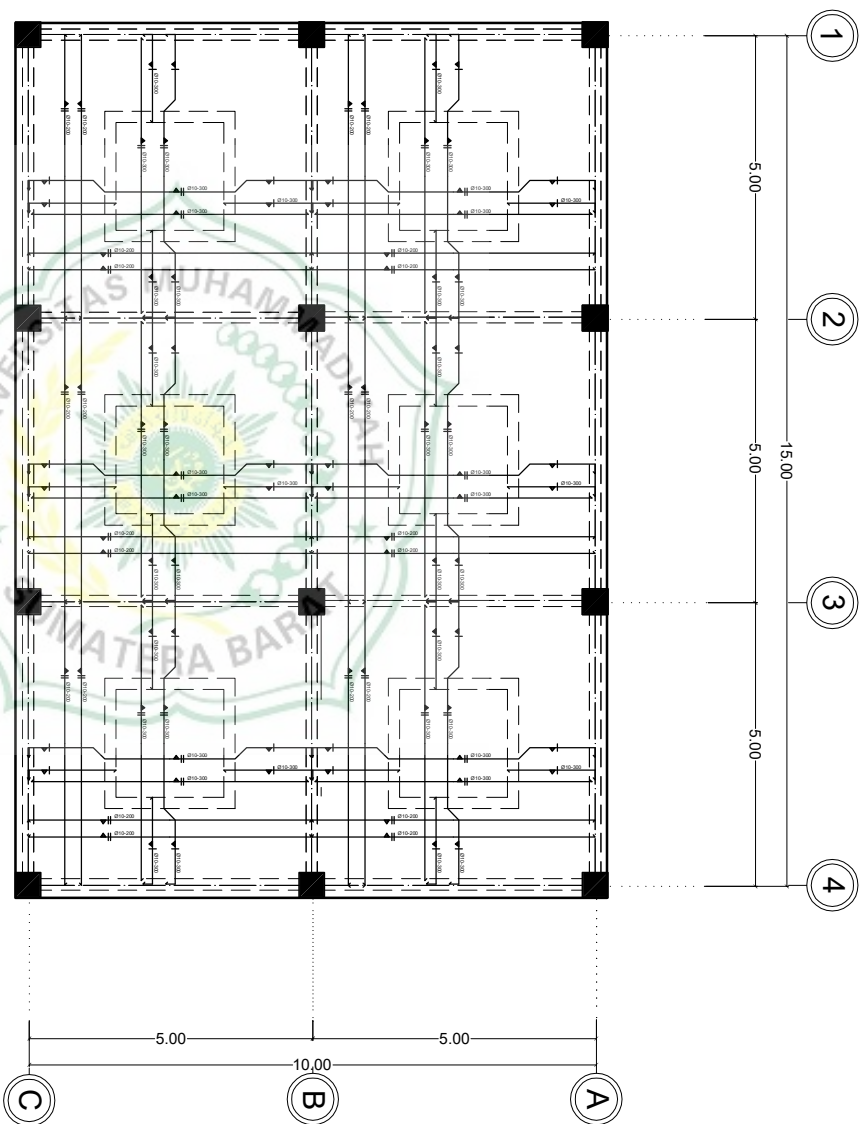




Portal Arah 1-4

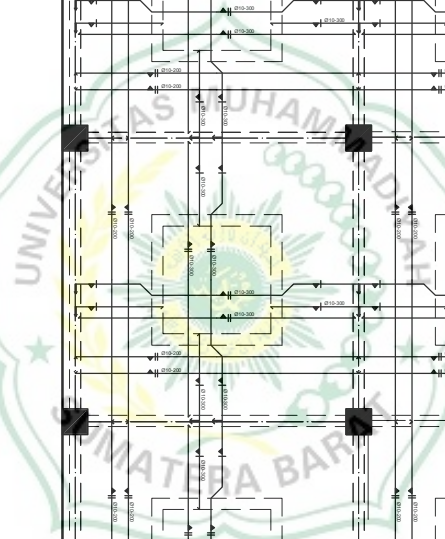
skala 1:100

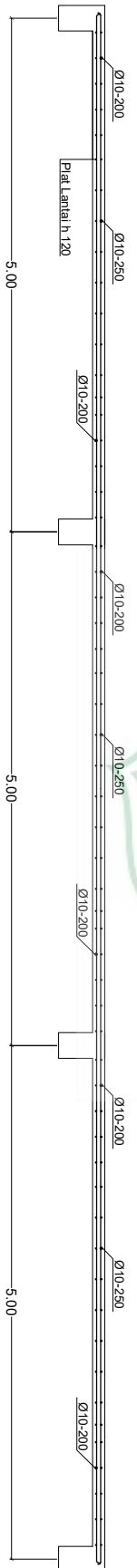
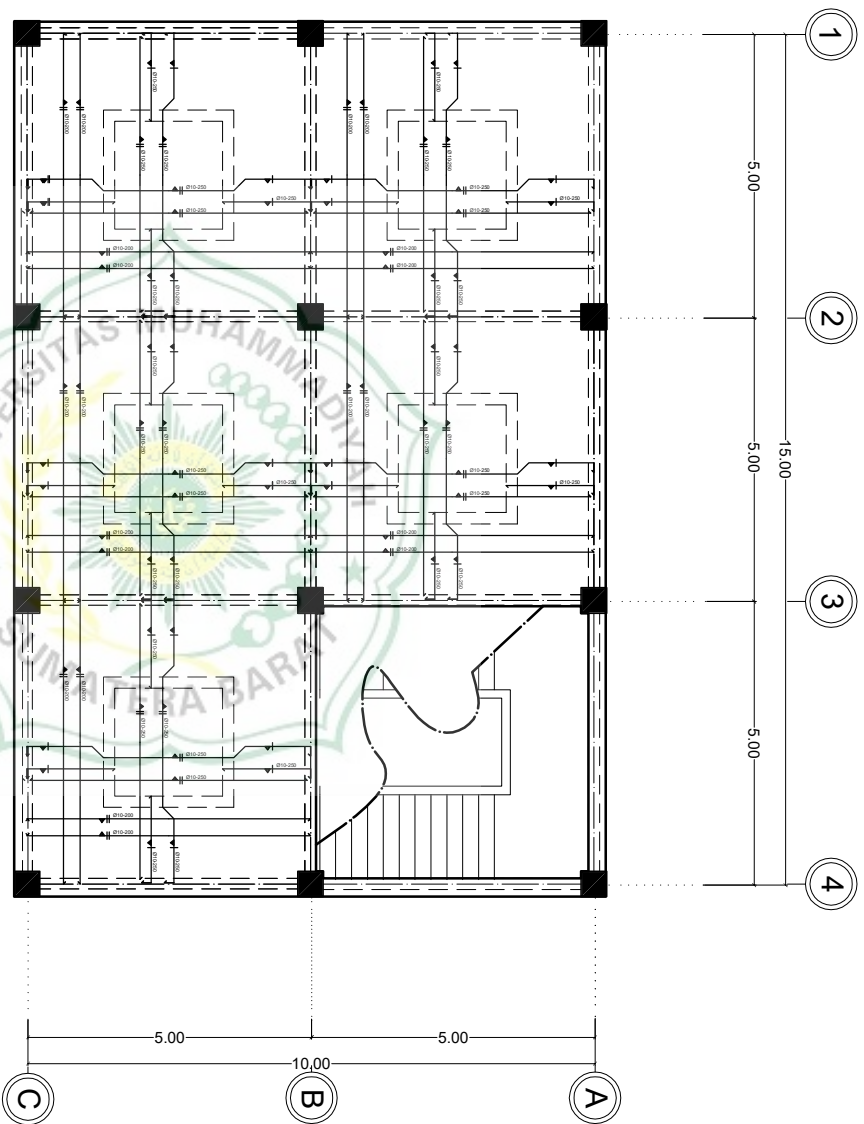




Denah & Detail Plat Atap

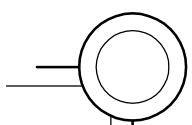
skala 1:150 / 1:50

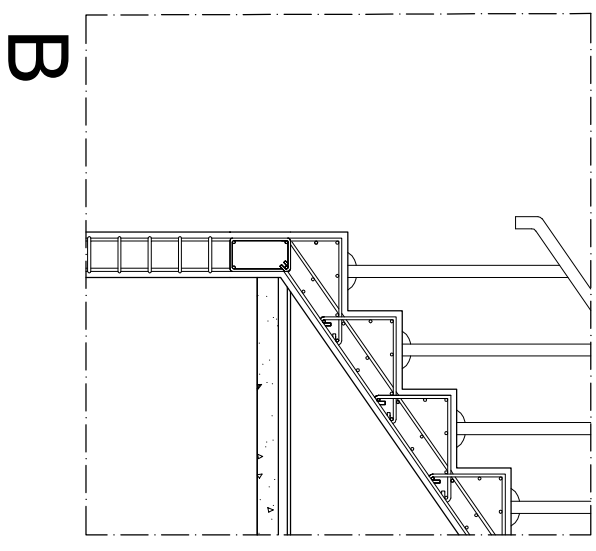
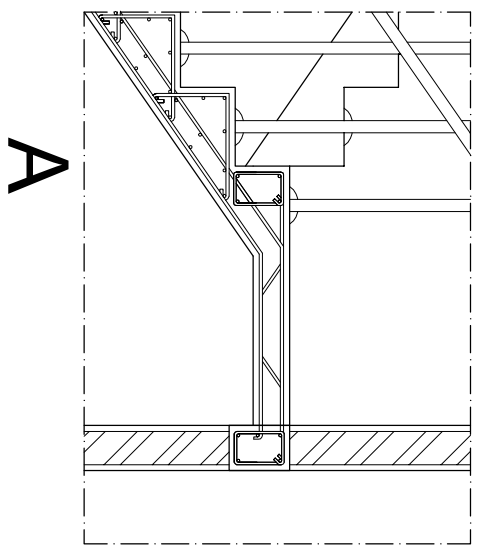
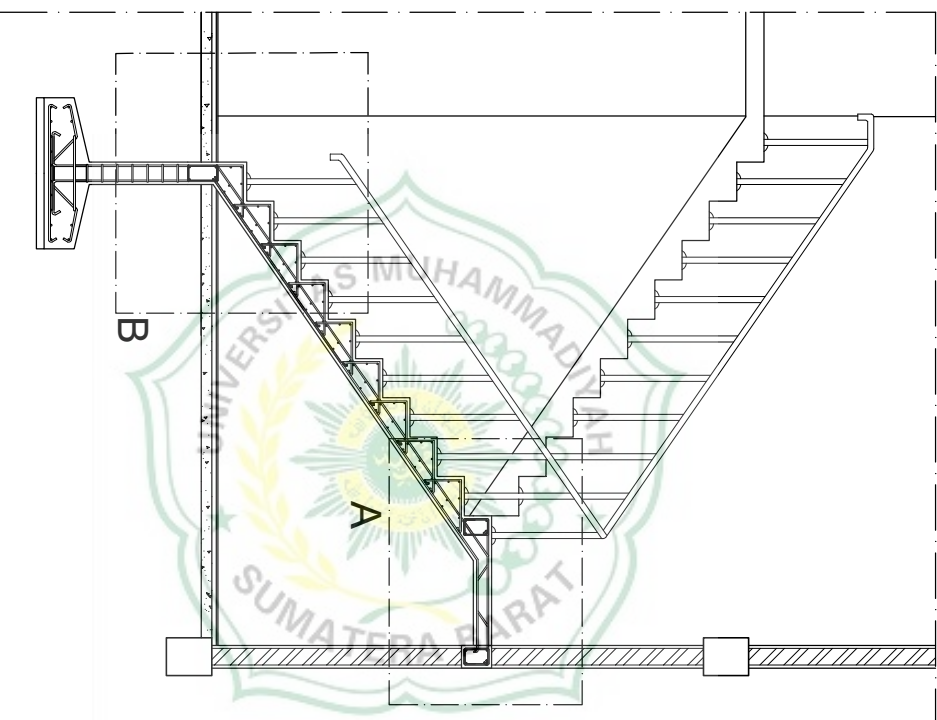
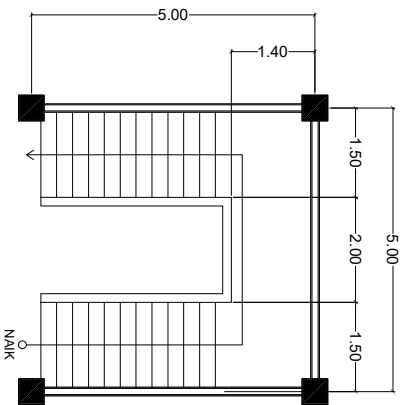




Denah & Detail Plat lantai

skala 1:150 / 1:50





Detail tangga

skala 1:25

