

SKRIPSI

**PERENCANAAN STRUKTUR ATAS GEDUNG KANTOR
CV. GRAHA SINGKAI TANGAH JUA BUKITTINGGI**

*Diajukan sebagai salah satu syarat akademik
Untuk memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil Strata Satu (S1)*



Oleh

BINTANG FRIZ HARDATAMA

181000222201028

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT

2022

HALAMAN PENGESAHAN

PERENCANAAN STRUKTUR ATAS GEDUNG KANTOR CV. GRAHA
SUNGKAI TANGAH JUA BUKITTINGGI

Oleh:

Bintang Friz Hardatama

181000222201028

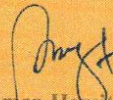
Dosen Pembimbing I



Ir. Surva Eka Priana, M.T., IPP

NIDN. 1016026603

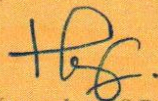
Dosen Pembimbing II



Febrina Hestita, S.T., M.T.

NIDN. 1001026901

Ketua Program Studi
Teknik Sipil



Helga Yermadona, S.Pd, M.T.

NIDN. 1013098502

Dekan Fakultas Teknik
UM Sumatera Barat



Masri S.T., M.T.

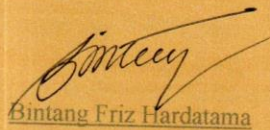
NIDN. 1005057407

LEMBAR PERSETUJUAN TIM PENGUJI

Skripsi ini telah dipertahankan dan disempurnakan berdasarkan masukan dan koreksi Tim Penguji pada ujian tertutup tanggal 13 Agustus 2022 di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

Bukittinggi, 27 Agustus 2022

Mahasiswa



Bintang Friz Hardatama

181000222201028

Disetujui Tim Penguji Skripsi 03 September 2022:

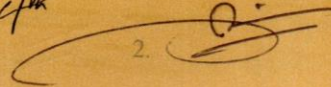
1. Yorizal Putra, S.T., M.T.

1.

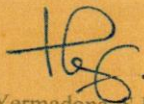


2. Jon Hafnil, S.T., M.T.

2.



Mengetahui,
Ketua Program Studi
Teknik Sipil,



Helga Yermadona, S.Pd, M.T.

NIDN. 1013098502

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Bintang Friz Hardatama

Tempat dan tanggal lahir : Tangerang, 28 Agustus 1998

NIM : 181000222201028

Judul Skripsi : Perencanaan Struktur Atas Gedung Kantor CV.
Graha Sungkai Tengah Jua Bukittinggi

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

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

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

Bukittinggi, 29 Agustus 2022

Yang membuat pernyataan,



Bintang Friz Hardatama

181000222201028

ABSTRAK

Perencanaan Struktur Atas Gedung Kantor CV. Graha Sungkai bertujuan untuk meningkatkan fasilitas, prasaranaan pada kantor CV. Graha Sungkai sesuai dengan standar gedung kantor pada umumnya. Perencanaan ini merencanakan pembangunan struktur gedung untuk mencapai perencanaan yang kuat, aman, serta memenuhi syarat yang telah di atur dalam peraturan-peraturan yang berlaku untuk perencanaan struktur gedung. Perencanaan Struktur Atas Gedung Kantor CV. Graha Sungkai *dipreliminary Desaign* menggunakan ETABS. Pembeban yang diinput pada ETABS ialah beban mati, beban hidup, berat sendiri bangunan, beban gempa. Dari hasil *preliminary desaign* didapatkan haril penulangan balok induk (BI 1) ukuran 40×50 dengan mutu beton 30 Mpa, mutu baja 420 Mpa, penulangan tumpuan atas 5D16, tumpuan bawah 3D16, penulangan lapangan atas 3D16, lapangan bawah 3D16, tulangan sengkang tumpuan $\emptyset 10 - 150$, sengkang lapangan $\emptyset 10 - 200$. Kolom 1 ukuran 60×60 mutu beton 30 Mpa, Mutu Baja 420 Mpa tulangan total aksial 16 D 22, tulangan geser $\emptyset 10 - 200$. Penulangan pelat atap tumpuan $\emptyset 10 - 200$, lapangan $\emptyset 10 - 300$. Penulangan pelat lantai tumpuan $\emptyset 10 - 100$, lapangan $\emptyset 10 - 250$. Dari perencanaan diatas dapat disimpulkan telah memenuhi syarat dan ketentuan yang ada pada peraturan dan standar indonesia.

Kata Kunci : Struktur Balok, Kolom, Pelat lantai, Pelat Atap, Pembebanan, Tulangan



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga Skripsi Perencanaan Gedung Kantor CV. Graha Sungkai Tengah Jua Bukittinggi dapat terselesaikan sesuai dengan yang direncanakan. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memenuhi persyaratan akademik untuk memperoleh Sarjana Teknik Sipil di Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

Laporan ini dapat terselesaikan bukan hanya dari kemampuan penulis saja, melainkan atas dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Masril, ST.MT selaku Dekan Fakultas Teknik UMSB.
2. Ibuk Helga Yermadona, S.Pd MT selaku Ketua Prodi Teknik Sipil.
3. Ibuk Helga Yermadona, S.Pd MT selaku Koordinator Kerja Praktek.
4. Bapak Ir. Surya Eka Priana, MT. IPP selaku Dosen Pembimbing 1 Skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak masukan kepada penulis.
5. Bapak Febrimen Herista, ST MT selaku Dosen Pembimbing 2 Skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak masukan kepada penulis.
6. Orang tua, kakak, dan adik yang telah memberikan dukungan moril, doa, dan kasih sayang.
7. Semua pihak yang namanya tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Ahkir kata, penulis menyadari bahwa mungkin masih terdapat banyak kekurangan dalam Skripsi. Oleh karena itu, saran dari pembaca akan sangat bermanfaat bagi penulis. Semoga Laporan Skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya, khususnya mahasiswa teknik sipil.

Bukittinggi, 12 Maret 2022

Penulis



DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR NOTASI.....	viii
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	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Struktur Atas	5
2.2 Perencanaan Struktur Atas	5
2.2.1 Kolom.....	5
2.2.2 Balok	6
2.2.3 Plat	7
2.2.4 Tangga	7
2.2.5 Rangka Atap	7
2.3 Pembebanan Struktur	8
2.3.1 Beban Mati.....	8
2.3.2 Beban Hidup.....	10
2.3.3 Beban Gempa.....	11
2.4 ETABS	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	17
3.1 Lokasi Penelitian.....	17

3.2 Data Penelitian	17
3.2.1 Jenis dan Sumber Data	17
3.2.2 Teknik Pengumpulan Data	18
3.3 Metode Analisa Data	18
3.4 Peraturan yang dipakai	19
3.5 Bagan Alir Penelitian	20
BAB IV PEMBAHASAN	21
4.1 Desain Element Struktural	21
4.1.1 Balok	21
4.1.2 Kolom	42
4.1.3 Pelat Atap	48
4.1.4 Pelat Lantai	59
4.1.5 Tangga	70
BAB V PENUTUP	76
5.1 Kesimpulan	76
5.2 Saran	77
DAFTAR PUSTAKA	78



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Berat Sendiri Bahan Bangunan	8
Tabel 2.2 Berat Komponen Bangunan	9
Tabel 2.3 Beban Hidup pada Lantai Gedung	10
Tabel 2.4 Faktor Keamanan Struktur	13
Tabel 2.5 Faktor Reduksi	14
Tabel 2.6 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung	16
Tabel 4.1 Momen Aksial Lentur	22
Tabel 4.2 Gaya Geser	34
Tabel 4.3 Gaya Geser Pada Balok B-1 di Muka Kolom	37
Tabel 4.4 Koefisien Momen	50
Tabel 4.5 Koefisien Momen	61
Tabel 5.1 Hasil Perhitungan Penulangan Balok	76
Tabel 5.2 Hasil Perhitungan Penulangan Kolom	76
Tabel 5.3 Hasil Perhitungan Penulangan Pelat	77



DAFTAR GAMBAR

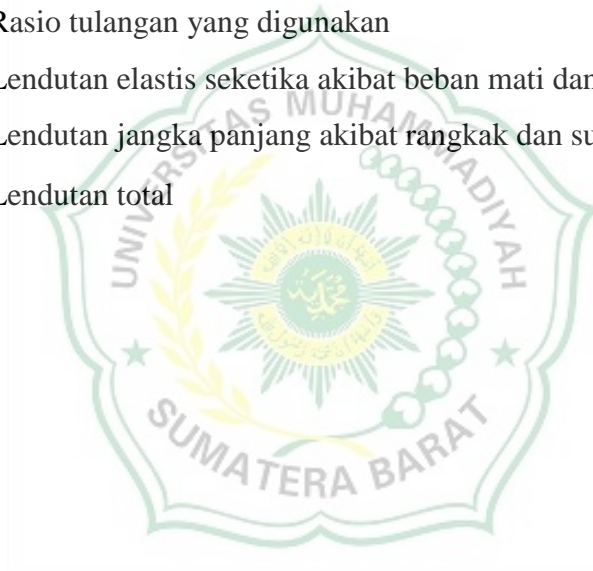
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian	17
Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian	20
Gambar 4.1 Balok yang ditinjau	21
Gambar 4.2 Penulangan Balok	41
Gambar 4.3 Kolom yang ditinjau	42
Gambar 4.4 Penulangan Kolom	47
Gambar 4.5 Perspektif Struktur Pelat Atap	48
Gambar 4.6 Penulangan Pelat Atap	58
Gambar 4.7 Prespektif Struktur Pelat Lantai	58
Gambar 4.8 Penulangan Pelat Lantai	69
Gambar 4.9 Perencanaan Tangga	71



DAFTAR NOTASI

A_s	Luas tulangan
$A_{s'}$	Luas tulangan terpakai
B	Ditinjau plat lantai 1m
C	Jarak garis netral terhadap sisi atas beton
D	Tebal efektif plat lantai
D_s	Jarak tulangan terhadap sisi luar beton
E_c	Modulus elastis beton
E_s	Modulus elastis baja tulangan
f_{cr}	Kuat tekan beton
f_y	Tegangan leleh baja untuk tulangan lentur
f_r	Modulus keruntuhan lentur beton
H	Tebal plat lantai
I_e	Inersia efektif untuk perhitungan lendutan
I_g	Momen inersia brutto penampang plat
I_{cr}	Momen inersia penampang retak yang ditransformasikan ke beton
L_x	Panjang bentangan plat arah x
L_y	Panjang bentangan plat arah y
M_{ulx}	Momen lapangan arah x
M_{Uly}	Momen lapangan arah y
M_{Utx}	Momen tumpuan arah x
M_{Uty}	Momen tumpuan arah y
M_n	Momen nominal rencana
M_a	Momen maksimum akibat beban (tanpa faktor beban)
M_{cr}	Momen retak
N	Nilai perbandingan modulus elastis
Q_D	Beban mati

Q_L	Beban hidup
Q	Beban merata (tak terfaktor) pada plat
R_n	Faktor tahanan momen
R_{max}	Faktor tahanan momen maksimum
S	Jarak tulangan yang diperlukan
S	Jarak sengkang yang harus digunakan
S_{max}	Jarak tulangan maksimum
t_s	Tebal selimut beton
ρ_b	Rasio tulangan pada kondisi <i>balance</i>
Φ	Faktor reduksi kekuatan lentur
ρ	Rasio tulangan yang digunakan
δ_e	Lendutan elastis seketika akibat beban mati dan beban hidup
δ_g	Lendutan jangka panjang akibat rangkai dan susut
δ_{tot}	Lendutan total



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Secara dinamis kantor merupakan proses-proses dalam penyelenggaraan kegiatan seperti pengumpulan, pencatatan, pengolahan, penyimpanan maupun pendistribusian data. Jadi dalam arti sempit merupakan tempat untuk menyelenggarakan kegiatan-kegiatan administrasi atau tata usaha.

Sedangkan secara statis kantor merupakan tempat kerja, ruang kerja, biro, markas, instansi, badan, perusahaan maupun tempat untuk menyelenggarakan kegiatan pengumpulan, pencatatan, pengolahan, penyimpanan, serta pendistribusian data. Dari penjelasan di atas, kantor dapat diartikan sebagai bagian dari organisasi yang menjadi pusat bagi kegiatan administrasi dan kegiatan pengolahan data atau informasi.

CV. Graha Sungkai merupakan sebuah perusahaan yang bergerak di bidang konstruksi. Kantor dari perusahaan ini hanyalah sebuah rumah yang dialihfungsikan sebagai kantor sehingga ruangan bekerja CV.Graha Sungkai terbilang sempit yang membuat para karyawan tidak bisa bekerja secara lancar. Selain itu fungsi kantor juga untuk melindungi aset, ruangan kantor juga diperlukan untuk menyimpan *file* dan dokumen berharga milik perusahaan. Keadaan kantor yang sekarang tidak memungkinkan untuk menyimpan dokumen perusahaan yang banyak, sehingga bisa terjadi kehilangan dokumen penting yang akan sangat membahayakan bagi pihak perusahaan.

Dengan keadaan kantor yang demikian diperlukanlah ruangan kantor baru yang lebih luas dan lebih memadai sehingga kegiatan pekerjaan di kantor menjadi lebih kondusif dan dokumen perusahaan bisa tersimpan dengan aman. Dari latar belakang di atas maka penulis mengangkat judul **Perencanaan Struktur Atas Gedung Kantor CV. Graha Sungkai Tengah Jua Bukittinggi.**

Penulis akan merencanakan perhitungan struktur gedung kantor baru untuk menjawab kebutuhan dari gedung kantor CV.Graha Sungkai menggunakan aplikasi ETABS. ETABS (*Extended Three Analysis Building Systems*) merupakan program yang dimanfaatkan untuk menganalisis dan mendesain bangunan dengan tepat dan cepat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut maka diambil rumusan masalah sebagai berikut :

- a) Bagaimana menerapkan peraturan perencanaan gedung sesuai dengan aturan yang berlaku.
- b) Bagaimana pemodelan dan analisa struktur menggunakan aplikasi ETABS.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penulisan ini adalah sebagai berikut:

1. Merencanakan dan menghitung struktur atas gedung.
2. Perhitungan struktur atas gedung menggunakan aplikasi ETABS.
3. Tidak meninjau dari segi metode pelaksanaan, analisa biaya, dan manajemen konstruksi.

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.4.1 Tujuan Penelitian

1. Untuk merencanakan struktur atas gedung kantor baru dengan kapasitas yang memadai sebagaimana gedung kantor semestinya.
2. Untuk menghitung pembebanan yang bekerja pada struktur yang akan direncanakan.

1.4.2 Manfaat Penelitian

1. Hasil dari penelitian ini dapat menjadi landasan dalam perencanaan struktur atas gedung sesuai dengan standar yang ada.
2. CV. Graha Sungkai mendapatkan gedung kantor yang lebih memadai
3. Peneliti dapat menerapkan ilmu sesuai dengan standar perencanaan.

1.5 Sistematika Penulisan

Penulisan ini menggunakan sistematika yang baku supaya memudahkan proses penyusunan. Rincian sistematika penulisan skripsi ini terdiri dari :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisikan latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisikan tentang uraian umum, pedoman dan peraturan perencanaan, dan beban-beban yang diperhitungkan serta metode perhitungan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini berisi tentang lokasi penelitian, data penelitian, metode analisa data, bagan alir penelitian, dan pengujian hipotesis.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi tentang perhitungan dan pembahasan hasil penelitian.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Struktur Atas

Struktur atas suatu gedung merupakan seluruh bagian struktur yang berada diatas muka tanah. Struktur atas terdiri dari kolom, balok, plat, dan tangga, dimana masing-masing bagian memiliki peran yang penting.

2.2 Perencanaan Struktur Atas

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

b. 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.

c. 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.

2.2.2 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-ujung, dengan suatu ujung bebas berotasi dan tidak memiliki momen tahanan. Seperti struktur atatis 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.

2.2.3 Plat

Plat 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 horizontal yang sangat mendukung ketegaran balok portal.

2.2.4 Tangga

Tangga merupakan bagian dari struktur bangunan bertingkat yang sangat penting sebagai penunjang antara struktur bangunan lantai dasar dengan struktur bangunan tingkat atasnya. Penempatan tangga pada struktur suatu bangunan sangat berhubungan dengan fungsi bangunan bertingkat yang akan dioperasikan.

2.2.5 Rangka atap

Rangka atap merupakan komponen penting dalam bangunan. Rangka atap berfungsi sebagai penopang tekana atap dan menyalurkan tekanan bangunan ke struktur lainnya yang ada di bawahnya.

2.3 Pembebanan struktur

Pembebanan merupakan faktor penting dalam merancang struktur bangunan. Untuk itu dalam merancang struktur perlu mengidentifikasi beban-beban yang bekerja pada suatu struktur ditimbulkan secara langsung oleh gaya-gaya alamiah dan buatan manusia (Shaucllel, 2001). Secara umum, struktur bangunan dikatakan aman dan stabil apabila mampu menahan beban gravitasi (beban mati dan beban hidup) dan beban gempa yang bekerja pada bangunan tersebut.

2.3.1 Beban Mati

Beban mati merupakan berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat derek dan sistim pengangkut material (SNI 1727:2013 PASAL 3.1).

Tabel 2.1 Berat Sendiri Bahan Bangunan

Beban mati	Kg/m ³
Pasir (kering udara sampai lembab)	1600
Pasir (jenuh)	1800
Kerikil (kering udara sampai lembab, tidak diayak)	1650
Beton	2200
Beton bertulang	2400
Beton bertulang <i>light weight</i>	1900
Pasangan batu bata	1700
Pasangan batu belah, batu gunung dan batu bulat	2200
Pasangan batu karang	1450
Besi tuang	7250
Baja	7850

Timah hitam (timbel)	11400
Alimuinium	2750
Kaca	2600

Sumber: Laurentis dan Syahril (Struktur Beton Bertulang Standar baru SNI T-15-1991-03,1999)

Tabel 2.2 Berat Komponen Bangunan

Komponen Gedung	Kg/m ²
Adukan per cm tebal:	
- Dari semen	21
- Dari kapur	17
Aspal per cm tebal	14
Dinding pasangan bata merah	
- Satu batu	450
- Setengah batu	250
Dinding pasangan batako	
Berlubang;	
- 20cm	200
- 10cm	120
Tampa lubang	
- 15	300
- 10	200
Langit-langit dan dinding terdiri dari	
- Semen asbes	11
- Kaca 3-5 mm	10
Lantai kayu sederhana dengan balok kayu tanpa langit-langit bentang maksimum 5m beban hidup 200 kg/m ²	40
Pengatung langit-langit dari kayu	7
penutup atap genting dengan reng dan usuk	50

Penutup atas sirap	40
Penutup atap seng gelombang	10
Penutup lantai dari ubin	24
Semen asbes gelombang	11

(sumber : PPPURG 1989)

2.3.2 Beban Hidup

Beban hidup merupakan beban yang di akibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain. (SNI 1727:2013 PASAL 4.1) beban hidup selalu berubah-ubah dan sulit diperkirakan. perubahabahan tersebut terjadi sepanjang waktu, baik untuk jangka pendek maupun jangka panjang. Contoh dari beban ini adalah beban hunian, lalu lintas orang, dan lalu lintas kendaraan (jembatan). Beban hidup diterapkan pada bangunan biasanya ditetapkan dalam peraturan setempat yang berlaku.

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 ruan-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	Panggung penonton dengan tempat duduk tidak tetap atau untuk	500

	penonton berdiri	
H	Tangga, bordes tangga dan gang yang disebut dalam c	300
I	Tangga, bordes tangga dan gang yang disebut dalam d,e,f dan g	500

Sumber ; PPPURG (1989)

Tabel 2.3 Beban Hidup pada Lantai Gedung

J	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 ditentkan sendiri	400
K	Lantai gedung parkir bertingkat	
	- Untuk lantai bawah - Untuk lantai tingkat lainnya	800 400
L	Balkon-balkon yang menjorok bebas keluar harus direncanakan terhadap beban hidup dari lantai ruang yang berbatasan, dengan minimum	300

Sumber ; PPPURG (1989)

2.3.3 Beban Gempa

Beban gempa merupakan beban statik ekivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat geseran atau patahan. Terdapat tiga metode yang dipakai, yaitu metode statistik ekifalen, metode sprektum respon, dan metode riwayat waktu, ketiga metode diatur dalam peraturan perencanaan tahan gempa untuk gedung 1983. Metode yang paling tepat antara lain pada bentuk denah bangunan, keseragaman kekakuan tingkat, dan tinggi bangunan, wilayah gempa berdasarkan SNI 1726-2002 dan respon spektrum gempa rencana berdasarkan SNI 1726-2012.

2.3.4 Beban Angin

Beban angin ialah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara. Beban angin diperhitungkan karena angin besar dapat menekan bangunan dan mempengaruhi kekuatannya. Efek beban angin pada suatu struktur bergantung pada berat jenis dan kecepatan udara, sudut luas angin bentuk dan kekakuan struktur serta faktor lain.

2.3.3.1 Faktor Respons Gempa (Respons Spektrum) Berdasarkan SNI 03-1726-2019

1. Letak gedung akan berdasarkan zona gempa yang ada di SNI SNI 03-1726-2019
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 03-1726-2019. 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 syarat dan tabel :

$$T < \tau n$$

T = Priode Natural (detik)

τ = koefisien faktor respons gempa vertikal

n = jumlah tingkat bangunan

2.3.3.2 Faktor keutamaan struktur

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 berdasarkan table berikut :

Tabel 2.4.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 rumah 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)

2.3.3.3 Faktor Reduksi

Dalam peraturan pembebanan Indonesia untuk gedung (PPIUG) 1983 diatur mengenai nilai faktor reduksi (R) beban hidup yang digunakan sebagai sumber massa gempa dapat ditentukan melalui tabel 2.5

Tabel 2.5. Faktor Reduksi

Penggunaan 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
Pendidikan : - Kantor - Bank	0,60	0,30
Pendidikan : - Toko - Toserba - Pasar	0,80	0,80
Penyimpanan : - Gudang - Perpustakaan - Ruang arsip	0,80	0,80

Industri :		
- Pabrik	1,00	0,90
- Bengkel		

Tabel 2.5.Faktor Reduksi

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

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

2.3.3.4 Menentukan Kategori Resiko Struktur Bangunan

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung, pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan (I_e).Perencanaan Struktur Atas Gedung Kantor Tangah Jua ini termasuk dalam kategori II, terlihat pada tabel dibawah ini, sehingga faktor keutaman gempa (I_e) = 1,0 (pada table faktor keutamaan gempa).

Tabel 2.6. Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk, antara lain:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan 2. Fasilitas sementara 3. Gudang penyimpanan 4. Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori resiko (I,III,IV), termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk, antara lain:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Perumahan 2. Rumah toko dan rumah kantor 3. Gedung perkantoran 4. Gedung apartemen 5. Gedung Sekolah 6. Bangunan industry 	II

Sumber : (Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 03-1726-2019).

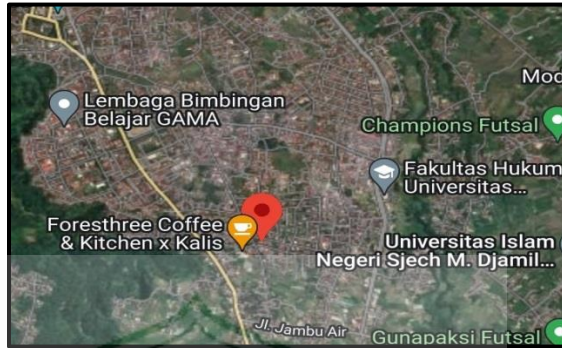
2.4 ETABS

ETABS (*Extended Three Analysis Building Systems*) merupakan program yang dimanfaatkan untuk menganalisis dan mendesain bangunan dengan tepat dan cepat. ETABS sangat relevan untuk desain struktur gedung bertingkat/ *high risk building* dengan memperhitungkan beban berat sendiri struktur, beban hidup, dan beban gempa.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian

Sumber: Google maps 15 Juni 2022

Dalam penelitian ini lokasi penelitian penulis adalah Jalan Hakam Kari Sulaiman Tengah Jua Bukittinggi.

3.2 Data Penelitian

Dalam pelaksanaan penyusunan tugas akhir ini menggunakan Data Sekunder. Yang termasuk dalam klasifikasi data sekunder ini adalah literatur-literatur penunjang, grafik, tabel dan peta yang berkaitan erat dengan proses perencanaan Struktur Atas Gedung Kantor CV.Graha Sungkai Tengah Jua Bukittinggi.

3.2.1 Jenis dan Sumber Data

Data penelitian yang digunakan pada Perancangan Struktur Atas Gedung Kantor CV.Graha Sungkai Tengah Jua Bukittinggi adalah sebagai berikut :

- a. Nama Pekerjaan : Gedung Kantor CV.Graha Sungkai
- b. Luas Bangunan : $15 \text{ m} \times 25 \text{ m} = 375 \text{ m}^2$

- c. Jumlah Lantai : 3 Lantai
- d. Mutu Beton : K 300
- e. Penutup : Dak beton
- f. Kegunaan Gedung : Kegiatan Perekonomian
- g. Alamat : Jalan Hakam Kari Sulaiman, Komplek Tangah Jua, Kecamatan Aur Birugo Tigo Baleh, kota Bukittinggi Sumatera Barat

3.2.2 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data ialah cara yang dilakukan peneliti dalam mengumpulkan data. Pengumpulan data bertujuan mendapatkan informasi untuk mencapai tujuan dari penelitian. Pengumpulan data dilakukan dengan teknik Observasi. Observasi ialah metode pengumpulan data yang saling berhubungan karena dalam pelaksanaannya selalu melibatkan beberapa faktor.

3.3 Metode Analisis Data

Dalam penelitian ini penulis menggunakan metode analisis data kuantitatif. Metode ini bergantung pada kemampuan untuk menghitung data secara akurat dan memerlukan kemampuan untuk menginterpretasikan data secara kompleks. Metode ini merupakan pengolahan data melalui metode statistik atau matematik yang terkumpul dari data sekunder.

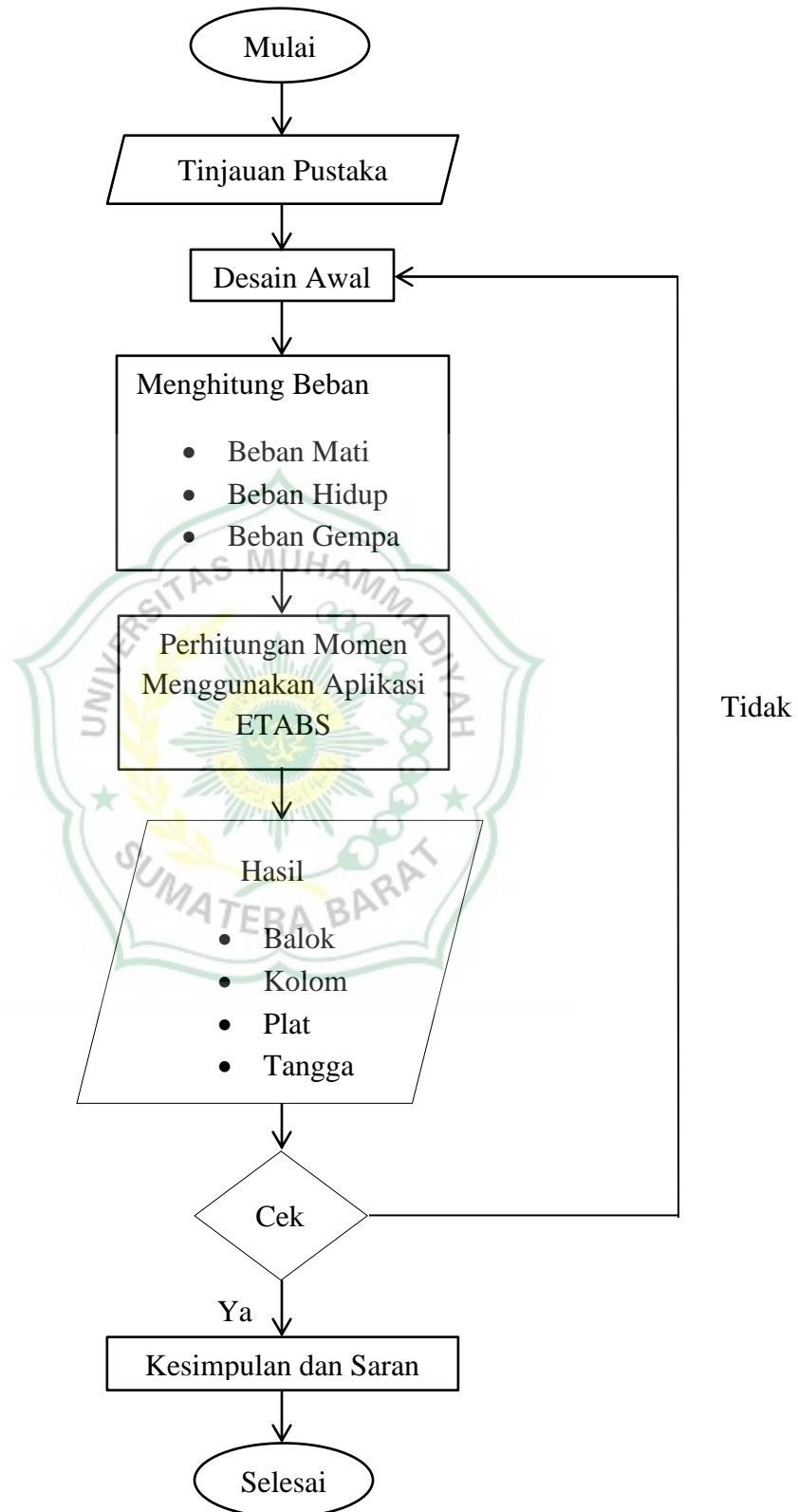
Dalam metode analisis data kuantitatif ini, penulis melakukan perhitungan struktur atas pada pembangunan Gedung Kantor CV.Graha Sungkai Tangah Jua Bukittinggi ini menggunakan aplikasi ETABS. Pemilihan aplikasi ETABS dikarenakan ETABS lebih ringan dibandingkan aplikasi sejenisnya.

3.4 Peraturan yang dipakai

1. SNI 1727:2013 Pasal 3.1 tentang beban mati
2. SNI 1727:2013 Pasal 4.1 tentang beban hidup
3. SNI 03-1726-2019 tentang respon spektrum gempa
4. SNI 03-1736-2002 Faktor keutamaan gedung
5. SNI 2847:2019 Pasal 18.6.3.2 digunakan dalam mendesain balok
6. SNI 2847:2019 digunakan dalam perhitungan jarak sengkang kolom
7. SNI 1727:2020 digunakan dalam perhitungan pembebanan plat atap dan plat lantai



3.5 Bagan Alir Penelitian



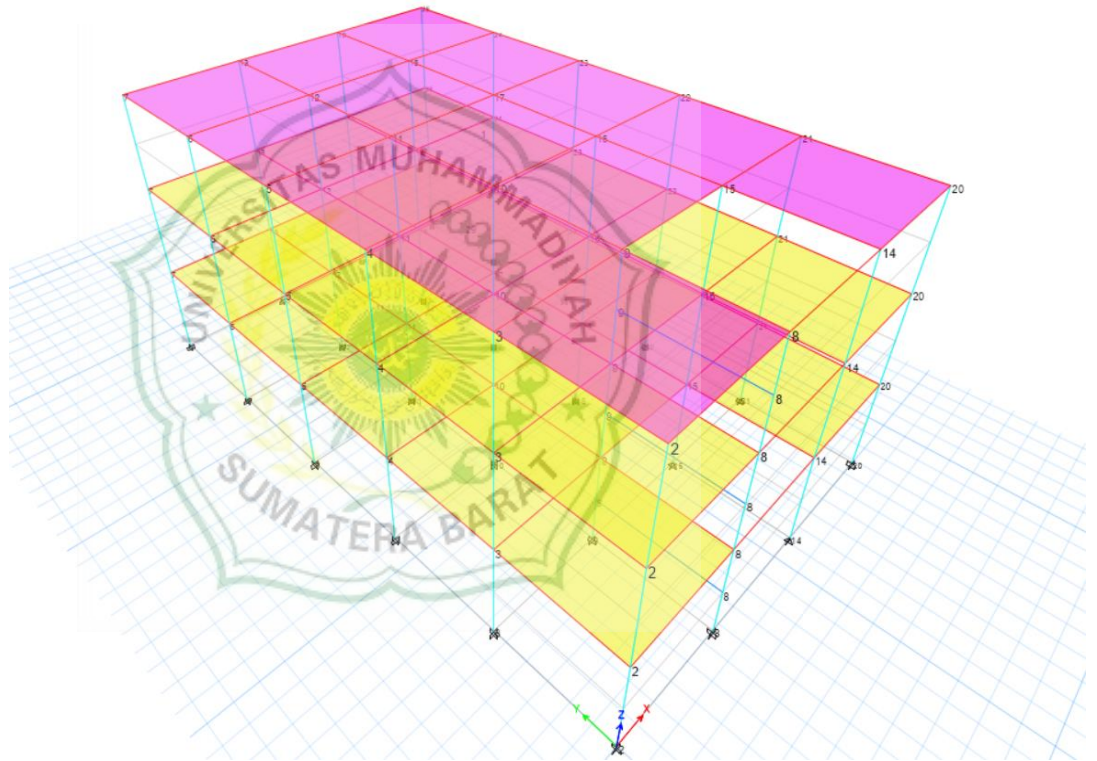
Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian

BAB IV

PEMBAHASAN

4.1 Desain Element Struktural

4.1.1 Balok



Gambar 4.1 Balok yang ditinjau

Data-data desain

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

$$b = 400 \text{ mm}$$

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

$$D_t = 16 \text{ mm}$$

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

$$p = 30 \text{ mm}$$

$$f_y = 420 \text{ Mpa}$$

$$f'_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} d &= h - p - \frac{1}{2} D_t - \varnothing_s \\ &= 500 - 30 - \frac{1}{2} 16 - 10 \\ &= 452 \end{aligned}$$

Tabel 4.1 Momen Aksial Lentur

Momen Lentur			
Kondisi	Lokasi	Mu ETABS	
1	Momen (+) Tumpuan	51,9901	Kn/m
2	Momen (-) Tumpuan	-151,92	Kn/m
3	Momen (+) Lapangan	65,2214	Kn/m
4	Momen (-) Lapangan	-18,667	Kn/m

1. Momen Desain Balok Induk B1

Momen desain untuk pendetailan khusus untuk balok SRPMK harus memenuhi ketentuan SNI 2847:2019 Pasal 18.6.3.2. yaitu (a) Kekuatan momen positif pada muka join harus tidak kurang dari setengah momen negatifnya (b) Kekuatan momen negatif dan positif

pada sembarang penampang sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperempat momen maksimalnya.

2. Cek apakah balok memenuhi definisi komponen struktur lentur

SNI 2847:2019 Pasal 18.6.2.1 mensyaratkan bahwa komponen struktur lentur SRPMK harus memenuhi hal-hal berikut:

a. Bentang bersih balok tidak boleh kurang dari 4 kali tinggi efektifnya

$$L_n = 5000 - 2 \times \frac{1}{2} 600 = 4400$$

$$d = 452 \text{ mm}$$

$$4d = 4 (452) = 1808 \text{ mm} < 4400 \text{ mm} \dots\dots\dots(\text{OK})$$

b. Perbandingan lebar terhadap tinggi balok tidak boleh kurang dari 0,3

$$b = 400$$

$$h = 500$$

$$b/h = 400 / 500 = 0,8 \dots\dots\dots(\text{OK})$$

c. Lebar komponen tidak boleh :

1) Kurang dari 250 mm(OK)

2) Tidak boleh melebihi lebar kolom, ditambah jarak pada tiap sisi komponen struktur kolom yang tidak melebihi $\frac{3}{4}$ tinggi komponen struktur balok.

$$\text{Lebar balok, } b = 400 \text{ mm} < \text{lebar kolom} = 600 \text{ mm} \dots\dots(\text{OK})$$

3. Perhitungan Kebutuhan Tulangan Longitudinal untuk Menahan Lentur

Dalam mendesain tulangan lentur balok-T, harus dilakukan pengecekan apakah analisis untuk zona tekan dapat dilakukan dengan

penampang persegi atau harus dilakukan dengan penampang-T. Hal ini ditentukan dari tinggi *compression* (a) yang akan dibandingkan dengan tinggi *flens* (hf). Jika nilai $a < hf$, maka untuk analisis zona tekan dapat dijadikan balok persegi.

a. Kondisi 1, Tulangan lentur tumpuan Negatif (-)

1) Menghitung kebutuhan tulangan awal

Momen tumpuan negatif (-)

$$M_u = 151920000 \text{ Nmm}$$

Tinggi efektif balok, d

$$d = 452 \text{ mm}$$

Rasio desain balok beton (dengan asumsi penampang terkendali tarik $\phi = 0.9$) :

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{M_u}{\phi bd^2} = \frac{151920000}{0.9 \times 400 \times 452^2} = 2,07$$

Tinggi balok tegangan beton persegi ekuivalen (a) :

$$a = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0.85 \times f_c}} \right) \times d = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 2,07}{0.85 \times 30}} \right) \times 452 = 38,32 \text{ mm}$$

Luas tulangan Perlu (As) :

$$A_s = \frac{0.85 \times f_c \times a \times b}{f_y} = \frac{0.85 \times 30 \times 38,32 \times 400}{420} = 930,63 \text{ mm}^2$$

2) Cek kondisi penampang awal

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

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{38,32}{0,84} = 45,62 \text{ mm}$$

$$c/d = 45,62 / 452 = 0,101 < 0,375 \dots\dots(\text{Terkendali tarik OK})$$

3) Cek syarat tulangan perlu

Luas Tulangan Perlu (As) :

$$As = 930,63 \text{ mm}^2$$

Cek Tulangan Minimum :

$$\begin{aligned} As_{min 1} &= \frac{0,25\sqrt{f_c}}{f_y} b_w \times d = \frac{0,25\sqrt{30}}{420} \times 400 \times 452 \\ &= 589,454 \text{ mm}^2 < As \dots\dots\dots(\text{OK}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} As_{min 2} &= \frac{1,4 \times b_w \times d}{f_y} = \frac{1,4 \times 400 \times 452}{420} \\ &= 602,6 \text{ mm}^2 < As \dots\dots\dots(\text{OK}) \end{aligned}$$

Cek Tulangan Maksimum :

$$\rho_{max} = 0,025$$

$$\begin{aligned} As_{max} &= 0,025 \times 400 \times 452 \\ &= 4520 \text{ mm}^2 > As \dots\dots\dots(\text{OK}) \end{aligned}$$

Maka syarat tulangan minimum dan maksimum terpenuhi , sehingga As perlu dapat digunakan.

4) Kontrol Jarak Spasi Tulangan

Jumlah Tulangan lentur :

$$n = \frac{As_{perlu}}{As_{1tul}} = \frac{930,63}{0,25 \times \pi \times 16^2} = 4,63 \text{ digunakan } 5 \text{ buah}$$

Cek spasi tulangan asumsi awal (dipasang 1 baris);

$$\begin{aligned} S &= \frac{b - 2 \times d_{ckng} - 2 \times \phi_{snkg} - n \phi_{tulutama}}{n - 1} \geq 25 \text{ mm} \\ &= \frac{400 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (5 \times 16)}{5 - 1} = 55 \geq 25 \text{ mm} \dots\dots(\text{OK}) \end{aligned}$$

Maka dipasang 1 baris tulangan dan digunakan 5 buah tulangan

$$As_1 = 5 \text{ D16} = 1004,8 \text{ mm}$$

$$d_{aktual} = 452 \text{ mm}$$

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

5) Cek Kapasitas Penampang Aktual

Tinggi blok tegangan beton persegi ekuivalen (a) aktual :

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c \times b} = \frac{1004,8 \times 420}{0,85 \times 30 \times 400} = 41,38 \text{ mm}$$

Momen nominal aktual dikalikan faktor reduksi :

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \times A_s \times f_y \times (d - 0,5 \times a) \\ &= 0,9 \times 1004,8 \times 420 \times (452 - (0,5 \times 41,38)) \\ &= 163817748 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Cek Kapasitas momen penampang :

$$M_u \leq \phi M_n$$

151920000 Nmm < 163817748 Nmm.....(OK)

b. Kondisi 2, Tulangan lentur tumpuan Positif (+)

1) Menghitung kebutuhan tulangan awal

Momen desain tumpuan Positif (+) :

$$M_u = 51990100 \text{ Nmm}$$

Tinggi efektif balok, d (dipasang 1 baris):

$$d = 452 \text{ mm}$$

Rasio desain balok beton (dengan asumsi penampang terkendali tarik $\phi = 0,9$) (SNI 2847:2013 Ps 9.3.2.1) :

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{M_u}{\phi bd^2} = \frac{51990100}{0,9 \times 400 \times 452^2} = 0,71$$

Tinggi blok tegangan beton persegi ekuivalen (a) :

$$a = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0,85 \times f_c}}\right) \times d = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,71}{0,85 \times 30}}\right) \times 452$$

$$= 12,77 \text{ mm}$$

Luas tulangan Perlu (As) :

$$A_s = \frac{0,85 \times f_c \times a \times b}{f_y} = \frac{0,85 \times 30 \times 12,77 \times 400}{420} = 310,13 \text{ mm}^2$$

2) Cek kondisi penampang awal

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

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{12,77}{0,84} = 15,2 \text{ mm}$$

$$c/d = 15,2 / 452 = 0,033 < 0,375 \text{(Terkendali tarik OK)}$$

3) Cek syarat tulangan perlu

Luas Tulangan Perlu (As) :

$$A_s = 310,13 \text{ mm}^2$$

Cek Tulangan Minimum :

$$A_{smin 1} = \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} b_w \times d = \frac{0,25 \sqrt{30}}{420} \times 400 \times 452$$

$$= 589,454 \text{ mm}^2 > A_s \text{(Not OK)}$$

$$A_{smin 2} = \frac{1,4 \times b_w \times d}{f_y} = \frac{1,4 \times 400 \times 452}{420}$$

$$= 602,6 \text{ mm}^2 > A_s \text{(Not OK)}$$

Cek Tulangan Maksimum :

$$\rho_{max} = 0,025$$

$$A_{smax} = 0,025 \times 400 \times 452$$

$$= 4520 \text{ mm}^2 > A_s \text{(OK)}$$

Syarat tulangan minimum tidak terpenuhi , sehingga As perlu tidak dapat digunakan. Digunakanlah As minimum

4) Kontrol Jarak Spasi Tulangan

Jumlah Tulangan lentur :

$$n = \frac{As_{perlu}}{As_{1tul}} = \frac{589,454}{0,25 \times \pi \times 16^2} = 2,93 \text{ digunakan 3 buah}$$

Cek spasi tulangan asumsi awal (dipasang 1 baris);

$$S = \frac{b - 2 \times d_{ckng} - 2 \times \phi_{sngkg} - n \phi_{tulutama}}{n - 1} \geq 25 \text{ mm}$$

$$= \frac{400 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (3 \times 16)}{3 - 1} = 126 \geq 25 \text{ mm} \dots\dots (\text{OK})$$

Maka dipasang 1 baris tulangan dan digunakan 3 buah tulangan

$$As_1 = 3 \text{ D16} = 602,88 \text{ mm}^2$$

$$d_{aktual} = 452 \text{ mm}$$

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

5) Cek Kapasitas Penampang Aktual

Tinggi blok tegangan beton persegi ekuivalen (a) aktual :

$$a = \frac{As \times f_y}{0,85 \times f_{c \times b}} = \frac{602,88 \times 420}{0,85 \times 30 \times 400} = 24,82 \text{ mm}$$

Momen nominal aktual dikalikan faktor reduksi :

$$\phi M_n = \phi \times As \times f_y \times (d - 0,5 \times a)$$

$$= 0,9 \times 602,88 \times 420 \times (452 - (0,5 \times 24,82))$$

$$= 100177567 \text{ Nmm}$$

Cek Kapasitas momen penampang :

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$51990100 \text{ Nmm} < 100177567 \text{ Nmm} \dots\dots\dots (\text{OK})$$

c. Kondisi 3, Tulangan lentur lapangan Negatif (-)

1) Menghitung kebutuhan tulangan awal

Momen lapangan negatif (-)

$$M_u = 18667000 \text{ Nmm}$$

Tinggi efektif balok, d

$$d = 452 \text{ mm}$$

Rasio desain balok beton (dengan asumsi penampang terkendali tarik $\phi = 0.9$) :

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{M_u}{\phi bd^2} = \frac{18667000}{0.9 \times 400 \times 452^2} = 0,25$$

Tinggi balok tegangan beton persegi ekuivalen (a) :

$$a = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0.85 \times f_c}} \right) \times d = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,25}{0.85 \times 30}} \right) \times 452$$
$$= 4,45 \text{ mm}$$

Luas tulangan Perlu (As) :

$$A_s = \frac{0.85 \times f_c \times a \times b}{f_y} = \frac{0.85 \times 30 \times 4,45 \times 400}{420} = 108,071 \text{ mm}^2$$

2) Cek kondisi penampang awal

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

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{4,45}{0,84} = 5,3 \text{ mm}$$

$$c/d = 5,3 / 452 = 0,012 < 0,375 \dots\dots(\text{Terkendali tarik OK})$$

3) Cek syarat tulangan perlu

Luas Tulangan Perlu (As) :

$$A_s = 108,071 \text{ mm}^2$$

Cek Tulangan Minimum :

$$A_{smin 1} = \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} b_w \times d = \frac{0,25 \sqrt{30}}{420} \times 400 \times 452$$

$$= 589,454 \text{ mm}^2 > A_s \dots\dots\dots(\text{Not OK})$$

$$As_{min\ 2} = \frac{1,4 \times b_w \times d}{f_y} = \frac{1,4 \times 400 \times 452}{420}$$

$$= 602,6 \text{ mm}^2 > As \dots\dots\dots(\text{Not OK})$$

Cek Tulangan Maksimum :

$$\rho_{max} = 0,025$$

$$As_{max} = 0,025 \times 400 \times 452$$

$$= 4520 \text{ mm}^2 > As \dots\dots\dots(\text{OK})$$

Syarat tulangan minimum tidak terpenuhi , sehingga As perlu tidak dapat digunakan. Digunakanlah As minimum

4) Kontrol Jarak Spasi Tulangan

Jumlah Tulangan lentur :

$$n = \frac{As_{perlu}}{As_{1tul}} = \frac{589,454}{0,25 \times \pi \times 16^2} = 2,93 \text{ digunakan 3 buah}$$

Cek spasi tulangan asumsi awal (dipasang 1 baris);

$$S = \frac{b - 2 \times d_{ckng} - 2 \times \phi_{sngkg} - n \phi_{tulutama}}{n - 1} \geq 25 \text{ mm}$$

$$= \frac{400 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (3 \times 16)}{3 - 1} = 126 \geq 25 \text{ mm} \dots\dots\dots(\text{OK})$$

Maka dipasang 1 baris tulangan dan digunakan 3 buah tulangan

$$As_1 = 3 \text{ D16} = 602,88 \text{ mm}$$

$$d_{aktual} = 452 \text{ mm}$$

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

5) Cek Kapasitas Penampang Aktual

Tinggi blok tegangan beton persegi ekuivalen (a) aktual :

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c \times b} = \frac{602,88 \times 420}{0,85 \times 30 \times 400} = 24,82 \text{ mm}$$

Momen nominal aktual dikalikan faktor reduksi :

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \times A_s \times f_y \times (d - 0,5 \times a) \\ &= 0,9 \times 602,88 \times 420 \times (452 - (0,5 \times 24,82)) \\ &= 100177567 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Cek Kapasitas momen penampang :

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$18667000 \text{ Nmm} < 100177567 \text{ Nmm} \dots \dots \dots (\text{OK})$$

d. Kondisi 4, Tulangan lentur lapangan Positif (+)

1) Menghitung kebutuhan tulangan awal

Momen lapangan positif (+)

$$M_u = 65221400 \text{ Nmm}$$

Tinggi efektif balok, d

$$d = 452 \text{ mm}$$

Rasio desain balok beton (dengan asumsi penampang terkendali tarik $\phi = 0,9$) :

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{M_u}{\phi bd^2} = \frac{65221400}{0,9 \times 400 \times 452^2} = 0,89$$

Tinggi balok tegangan beton persegi ekuivalen (a) :

$$\begin{aligned} a &= \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 \times f_c}} \right) \times d = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,89}{0,85 \times 30}} \right) \times 452 \\ &= 16,06 \text{ mm} \end{aligned}$$

Luas tulangan Perlu (As) :

$$A_s = \frac{0,85 \times f_c \times a \times b}{f_y} = \frac{0,85 \times 30 \times 16,06 \times 400}{420} = 390,029 \text{ mm}^2$$

2) Cek kondisi penampang awal

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

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{16,06}{0,84} = 19,12 \text{ mm}$$

$$c/d = 19,12 / 452 = 0,042 < 0,375 \dots\dots(\text{Terkendali tarik OK})$$

3) Cek syarat tulangan perlu

Luas Tulangan Perlu (As) :

$$As = 390,029 \text{ mm}^2$$

Cek Tulangan Minimum :

$$\begin{aligned} As_{min 1} &= \frac{0,25\sqrt{f_c}}{f_y} b_w \times d = \frac{0,25\sqrt{30}}{420} \times 400 \times 452 \\ &= 589,454 \text{ mm}^2 > As \dots\dots\dots(\text{Not OK}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} As_{min 2} &= \frac{1,4 \times b_w \times d}{f_y} = \frac{1,4 \times 400 \times 452}{420} \\ &= 602,6 \text{ mm}^2 > As \dots\dots\dots(\text{Not OK}) \end{aligned}$$

Cek Tulangan Maksimum :

$$\begin{aligned} \rho_{max} &= 0,025 \\ As_{max} &= 0,025 \times 400 \times 452 \\ &= 4520 \text{ mm}^2 > As \dots\dots\dots(\text{OK}) \end{aligned}$$

Syarat tulangan minimum tidak terpenuhi , sehingga As perlu tidak dapat digunakan. Digunakanlah As minimum

4) Kontrol Jarak Spasi Tulangan

Jumlah Tulangan lentur :

$$n = \frac{As_{perlu}}{As_{1tul}} = \frac{589,454}{0,25 \times \pi \times 16^2} = 2,93 \text{ digunakan 3 buah}$$

Cek spasi tulangan asumsi awal (dipasang 1 baris);

$$S = \frac{b-2 \times d_{ckng} - 2 \times \phi_{sngkg} - n \phi_{tulutama}}{n-1} \geq 25 \text{ mm}$$

$$= \frac{400 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (3 \times 16)}{3-1} = 126 \geq 25 \text{ mm} \dots\dots\dots(\text{OK})$$

Maka dipasang 1 baris tulangan dan digunakan 3 buah tulangan

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

$$d_{aktual} = 452 \text{ mm}$$

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

5) Cek Kapasitas Penampang Aktual

Tinggi blok tegangan beton persegi ekuivalen (a) aktual :

$$a = \frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c \times b} = \frac{602,88 \times 420}{0,85 \times 30 \times 400} = 24,82 \text{ mm}$$

Momen nominal aktual dikalikan faktor reduksi :

$$\phi M_n = \phi \times As \times f_y \times (d - 0,5 \times a)$$

$$= 0,9 \times 602,88 \times 420 \times (452 - (0,5 \times 24,82))$$

$$= 100177567 \text{ Nmm}$$

Cek Kapasitas momen penampang :

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$65221400 \text{ Nmm} < 100177567 \text{ Nmm} \dots\dots\dots(\text{OK})$$

4. Perhitungan Kebutuhan Tulangan Longitudinal untuk Menahan Torsi
Dimensi balok yang relatif tinggi (lebih dari 450 mm) membuat resiko keretakan pada bagian badan semakin besar, maka harus diberi tulangan torsi, dalam perhitungan ini digunakan 2 buah tulangan badan D16 di kedua sisinya.
5. Perhitungan Kebutuhan Tulangan Transversal Balok Induk

a. Menghitung gaya geser desain

Gaya geser desain di hitung berdasarkan momen ujung balok atau probable moment capacities (M_{pr}). Momen ujung di hitung berdasarkan nilai tegangan tarik baja sebesar $1.25f_y$ dan faktor reduksi kekuatan lentur $\phi = 1$ (SNI : 2874:2019 Pasal 18.6.5.2)

Tabel 4.2 Gaya Geser

Momen Geser		
Vu Tumpuan	148,4997	Kn/m
Vu Lapangan	60,2498	Kn/m
Vg	121,6677	Kn/m

- 1) Menghitung probable moment capacities (M_{pr}) akibat goyangan kekiri momen ujung tumpuan kiri negatif (M_{pr1})

$$a_{pr} = \frac{A_s \times 1,25 \times f_y}{0,85 \times f_{c \times b}} = \frac{1004,8 \times 1,25 \times 420}{0,85 \times 30 \times 400} = 51,71 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{pr1} &= A_s \times 1,25 f_y \times (d - 0,5 \times a) \\ &= 1004,8 \times 1,25 \times 420 \times (452 - (0,5 \times 41,38)) \\ &= 227524651 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Momen ujung tumpuan kanan positif (M_{pr4})

$$a_{pr} = \frac{A_s \times 1,25 \times f_y}{0,85 \times f_{c \times b}} = \frac{602,88 \times 1,25 \times 420}{0,85 \times 30 \times 400} = 37,73 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{pr4} &= A_s \times 1,25 f_y \times (d - 0,5 \times a) \\ &= 602,88 \times 1,25 \times 400 \times (452 - (0,5 \times 24,82)) \\ &= 132510009 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Gaya geser terfaktor akibat beban graitasi :

$$V_{gultimate} = 121667 \text{ (ETABS)}$$

$$V_{sway} = \frac{M_{pr1} + M_{pr4}}{l_n} = \frac{227524651 + 132510009}{4400}$$

$$= 81826,06 \text{ N}$$

$$V_{e1} = V_{sway} + V_{gultimate}$$

$$= 81826,06 + 121667$$

$$= 203493,06 \text{ N} \quad (\text{arah gaya geser ke atas})$$

$$V_{e2} = V_{sway} - V_{gultimate}$$

$$= 81826,06 - 121667$$

$$= -39840,94 \text{ N} \quad (\text{arah gaya geser ke bawah})$$

- 2) Menghitung probable moment capacities (M_{pr}) akibat goyangan kekanan.

$$a_{pr} = \frac{A_s \times 1,25 \times f_y}{0,85 \times f_{c \times b}} = \frac{1004,8 \times 1,25 \times 420}{0,85 \times 30 \times 400} = 51,71 \text{ mm}$$

$$M_{pr1} = A_s \times 1,25 f_y \times (d - 0,5 \times a)$$

$$= 1004,8 \times 1,25 \times 420 \times (452 - (0,5 \times 41,38))$$

$$= 227524651 \text{ Nmm}$$

Momen ujung tumpuan kanan positif (M_{pr4})

$$a_{pr} = \frac{A_s \times 1,25 \times f_y}{0,85 \times f_{c \times b}} = \frac{602,88 \times 1,25 \times 420}{0,85 \times 30 \times 400} = 37,73 \text{ mm}$$

$$M_{pr4} = A_s \times 1,25 f_y \times (d - 0,5 \times a)$$

$$= 602,88 \times 1,25 \times 400 \times (452 - (0,5 \times 24,82))$$

$$= 132510009 \text{ Nmm}$$

Gaya geser terfaktor akibat beban graitasi :

$$V_{gultimate} = 121667 \text{ (ETABS)}$$

$$V_{sway} = \frac{M_{pr1} + M_{pr4}}{l_n} = \frac{227524651 + 132510009}{4400}$$

$$= 81826,06 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \text{Ve3} &= V_{\text{sway}} - V_{\text{gultimate}} \\ &= 81826,06 - 121667 \\ &= -39840,94 \text{ N} \quad (\text{arah gaya geser ke bawah}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ve4} &= V_{\text{sway}} + V_{\text{gultimate}} \\ &= 81826,06 + 121667 \\ &= 203493,06 \text{ N} \quad (\text{arah gaya geser ke atas}) \end{aligned}$$

b. Tulangan Geser di Daerah Sendi Plastis

Untuk daerah sendi plastis sepanjang $2h$ dari muka kolom = $2 \times 500 = 1000 \text{ mm}$. Maka kontribusi beton dalam penahan geser V_c , diambil = 0 Apabila : (SNI 2847:2019 Ps.18.6.5.2)

- Gaya geser akibat gempa melebihi $\frac{1}{2}$ atau lebih dari kekuatan geser perlu maksimum disepanjang bentang
- Gaya tekan aksial terfaktor P_u , termasuk pengaruh gempa kurang dari $A_g f_c/20$ Jika kedua syarat tersebut tidak terpenuhi maka kontribusi beton dalam penahan geser V_c tetap diperhitungkan.

Syarat (a)

Tabel 4.3 Gaya geser pada balok B-1 di muka kolom

Arah Gema	Geser	Tumpuan Kiri		Tumpuan Kanan	
	Gempa	Ve	½ Ve	Ve	½ Ve
	(N)	(N)	(N)	(N)	(N)
Kiri	81826,06	203493,06	101746,53	-39840,94	-19920,47
Kanan	81826,06	-39840,94	-19920,47	203493,06	101746,53

Syarat (b)

Nilai $P_u = 58,405 \text{ KN} > A_g f_c / 20 \dots\dots\dots$ (Not OK)

Karena syarat (b) tidak terpenuhi maka V_c dihitung.

$$V_c = (0.17 \times \sqrt{f_c'}) \times b \times d$$

$$= 0.17 \times \sqrt{30} \times 400 \times 452 = 168348 \text{ N}$$

Kebutuhan Tulangan Geser di Tumpuan Kiri

$$V_e = 203493,06 \text{ N}$$

$$d = 452 \text{ mm}$$

$$V_s = (V_e / \phi) - V_c$$

$$= (203493,06 / 0.75) - 168348 = 102976,08 \text{ N}$$

$$V_s \text{ max} = 0.66 \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= 0.66 \sqrt{30} \times 400 \times 452 = 653586 \text{ N}$$

$$V_s \text{ pakai} = 102976,08 \text{ N}$$

Dipakai sengkang 2 kaki D10 = $A_v : 157 \text{ mm}^2$

$$S = \frac{Av \times fy \times d}{Vs} = \frac{157 \times 420 \times 452}{102976,08} = 289,44 \text{ mm}$$

Syarat jarak tulangan transversal pada daerah sendi plastis (SNI 2847-2019 pasal 18.6.4.4)

$$S = d/4 = 452 / 4 = 113 \text{ mm}$$

$$S = 6 \times db = 6 \times 16 = 96 \text{ mm}$$

$$S = 150 \text{ mm}$$

Sehingga dipakai sengkang D10 – 150

Cek Kapasitas Penampang Aktual

Kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser

$$V_{spasang} = \frac{Av \times fy \times d}{s} = \frac{157 \times 420 \times 452}{150} = 198700 \text{ N}$$

Kuat geser nominal aktual dikalikan faktor reduksi :

$$\begin{aligned} \phi V_n &= \phi \times (V_c + V_{spasang}) \\ &= 0,75 \times (168348 + 198700) \\ &= 275286 \text{ N} \end{aligned}$$

Cek Kapasitas kuat geser penampang :

$$V_e \leq \phi V_n$$

$$203493,06 \text{ N} < 275286 \text{ N} \dots\dots\dots(\text{OK})$$

1) Kebutuhan Tulangan Geser di Tumpuan Kanan Gaya geser maksimum, $V_e = 203493,06 \text{ N}$ maka akan sama seperti kebutuhan tulangan geser di tumpuan kiri, diperlukan 2 kaki D10 dengan spasi 150 mm.

c. Tulangan Geser di daerah Luar Sendi Plastis

Untuk daerah di luar sendi plastis, diluar 2h dari muka kolom = $2 \times 500 = 1000$ mm, maka gaya geser desain tersebut sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_{eLap} &= \frac{(Ln-2h) \times (V_{e_{kiri}} - V_{e_{kanan}})}{Ln} + (-39840,94) \\ &= \frac{(4400-1000) \times (203493,06 + 39840,94)}{4400} + (-39840,94) \\ &= 148189,88 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c &= (0.17 \times \sqrt{f'c'}) \times b \times d \\ &= 0.17 \times \sqrt{30} \times 400 \times 452 = 168348 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= (V_{eLap} / \phi) - V_c \\ &= (148189,88 / 0.75) - 168348 = 29238 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{s \text{ max}} &= 0.66 \sqrt{f'c'} \times b \times d \\ &= 0.66 \sqrt{30} \times 400 \times 452 = 653586 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_{s \text{ pakai}} = 29238 \text{ N}$$

Dipakai sengkang 2 kaki D10 = A_v : 157 mm²

$$S = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{157 \times 420 \times 452}{29238} = 1019,4 \text{ mm}$$

$$S = d/2 = 452 / 2 = 226 \text{ mm}$$

Dipakai sengkang D10 – 200

Cek Kapasitas Penampang Aktual

Kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser

$$V_{spasang} = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{157 \times 420 \times 452}{200} = 149024 \text{ N}$$

Kuat geser nominal aktual dikalikan faktor reduksi :

$$\begin{aligned} \phi V_n &= \phi \times (V_c + V_{spasang}) \\ &= 0,75 \times (168348 + 149024) \end{aligned}$$

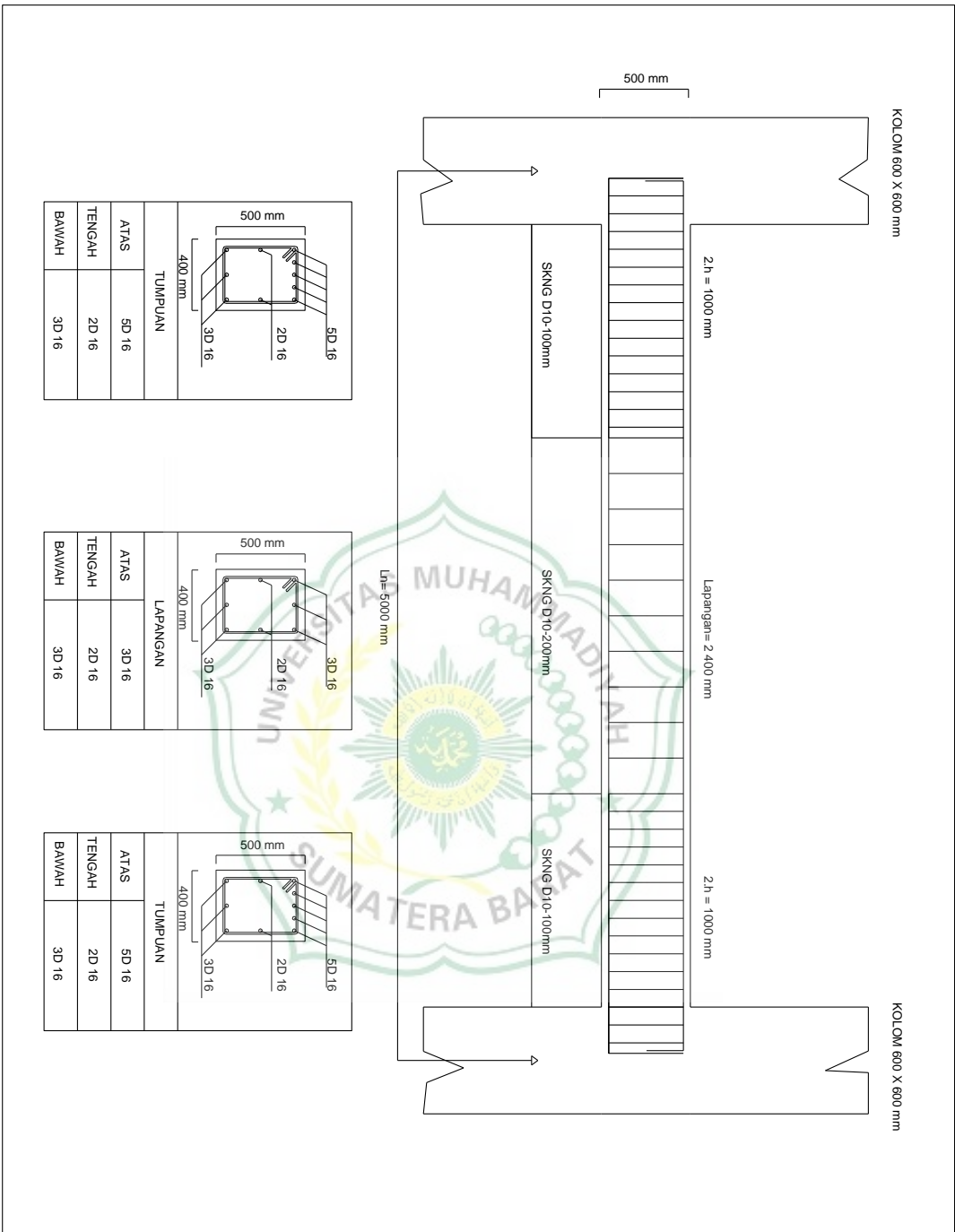
$$= 238029 \text{ N}$$

Cek Kapasitas kuat geser penampang :

$$V_e \leq \phi V_n$$

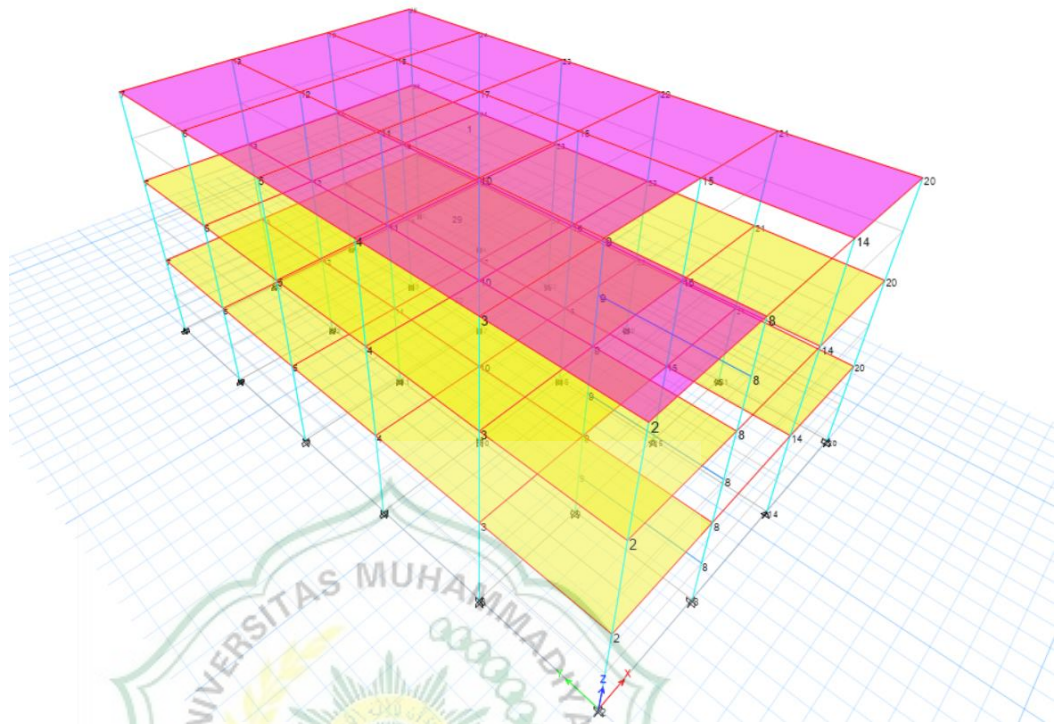
$$148189,88\text{N} < 238029 \text{ N} \dots\dots\dots(\text{OK})$$





Gambar 4.2 Penulangan balok

4.1.2 Kolom



Gambar 4.3 Kolom yang ditinjau

Dimensi kolom	= 600 x 600 mm
Tulangan pokok (D)	= 22 mm
Tulangan sengkang (Ø)	= 10 mm
Selimut beton (p)	= 40 mm
Mutu beton (f_c)	= 30 Mpa
Mutu baja (f_y)	= 420 Mpa
Pmin	= $1,4 / F_y$ = 0,0035
d	= $500 - 40 - 10 - (1/2 \cdot 22)$ = 439 mm
d'	= $40 + 10 + (1/2 \cdot 22)$ = 61 mm

$$P_u = 1158,014 \text{ kN.m}$$

$$V_u = 59,063$$

$$M_u (-) = 40,926$$

$$M_u (+) = 170,287$$

1. Perhitungan kebutuhan tulangan utama

a. Tentukan penulangan dan dimensi kolom

Dimensi kolom 600 x 600 dengan ketentuan rasio tulangan : $p_{min} = 1\%$ dan $p_{max} = 8\%$ dari luas dimensi kolom, pada perencanaan kolom ini diasumsikan memakai rasio tulangan 3% atau 0,03.

$$P = P = \frac{A_s}{b \cdot d} = P_g = 3\%$$

$$0,03 = \frac{A_s}{600 \cdot 439}$$

$$A_s = 0,03 \cdot 600 \cdot 439 = 7902 \text{ mm}^2$$

$$A_s = A_s' = 7902 \text{ mm}^2, \text{ dicoba } A_s = 16 \text{ D } 22$$

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

$$P_{akt} = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{6079,04}{450 \cdot 379} = 0,036$$

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

b. Menghitung eksentrisitas beban

$$e_t = \frac{M_u}{P_u} = \frac{170,287}{1158,014} = 0,15 \text{ m} = 150 \text{ mm}$$

c. Luas tulangan total

$$A_{st} = 2 \cdot A_s = 2 \cdot 6079,04 = 12158,08 \text{ mm}^2$$

d. Luas penampang kolom

$$A_g = b \cdot h = 600 \cdot 600 = 360000 \text{ mm}^2$$

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

$$Cb = \frac{600 \cdot d}{600 + Fy} = \frac{600 \cdot 439}{600 + 420} = 258,24 \text{ mm}^2$$

$$ab = \beta l \cdot Cb = 0,85 \cdot 258,24 = 21,85$$

$$\begin{aligned} F_s &= 600 \cdot \left(\frac{Cb - d'}{cb} \right) \\ &= 600 \cdot \left(\frac{258,24 - 61}{258,24} \right) \\ &= 458,271 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi pnb &= 0,65 \cdot (0,85 \cdot F_c \cdot b \cdot ab + A_s' \cdot F_s' - A_s \cdot F_y) \cdot 10^{-3} \\ &= 0,65 \cdot (0,85 \cdot 30 \cdot 600 \cdot 21,85 + 6079,04 \cdot 458,271 - 6079,04 \cdot 420) \cdot 10^{-3} \\ &= 368,52 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mnb &= Nd1 + Nd2 \\ &= 0,65 \cdot (0,65 \cdot 0,85 \cdot F_c \cdot b \cdot ab \left(d - \frac{ab}{2} \right) + 0,65 \cdot F_s \cdot A_s \cdot (d - d')) \cdot 10^{-6} \\ &= 0,65 \cdot (0,65 \cdot 0,85 \cdot 30 \cdot 600 \cdot 21,85 \left(439 - \frac{21,83}{2} \right) + 0,65 \cdot 458,271 \cdot 6079,04 \cdot (439 - 61)) \cdot 10^{-6} \\ &= 505,38 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$eb = \frac{Mnb}{Pnb} = \frac{505,38 \cdot 10^3}{368,52} = 1371,38 \text{ mm}$$

$$eb = 1371,38 \text{ mm} > et = 150 \text{ mm} \dots \dots \dots \text{OK}$$

e. Pemeriksaan kekuatan penampang

$$\begin{aligned} Pn &= \frac{A_s \cdot f_y}{\left(\frac{e}{d-d'} \right) + 0,5} + \frac{A_g \cdot f_c}{\frac{3 \cdot b \cdot e}{d^2} + 1,18} \\ &= \frac{6079,04 \cdot 420}{\frac{150}{(439-61)} + 0,5} + \frac{360000 \cdot 30}{\frac{3 \cdot 600 \cdot 150}{439^2} + 1,18} \cdot 10^{-3} \\ &= 2847,066 \text{ Kn} \end{aligned}$$

$$\phi P_n = 2847,066 \cdot 0,65 = 1850,6 \text{ kN}$$

$$\phi P_n = 1850,6 \text{ kN} > P_u = 1158,014 \text{ kN} \dots \dots \dots (\text{AMAN})$$

$$MR = \phi P_n \cdot e$$

$$= (1850,6 \cdot 150) \cdot 10^{-3}$$

$$= 277,59 \text{ kN.m} > M_u = 170,287 \text{ kN.m} \dots \dots \dots (\text{AMAN})$$

2. Perhitungan tulangan sengkang

$$V_u = 59,063 \text{ kN} \rightarrow 59063 \text{ N}$$

$$P_u = 1158,014 \text{ kN} \rightarrow 1158014 \text{ N}$$

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

$$= \left(1 + \frac{1158014}{14 \cdot 360000}\right) \cdot \sqrt{\frac{30}{6}} \cdot 600 \cdot 439$$

$$= 724307,178 \text{ N}$$

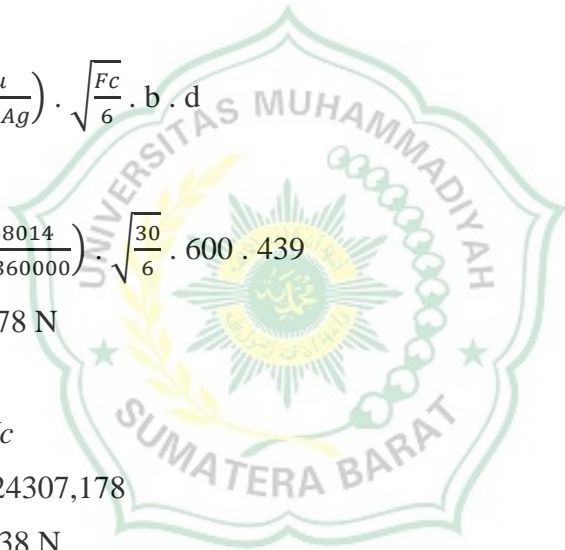
$$\phi V_c = 0,75 \cdot V_c$$

$$= 0,75 \cdot 724307,178$$

$$= 543230,38 \text{ N}$$

$$V_u = 59063 \text{ N} < \phi V_c = 543230,38 \text{ N}$$

Jadi tidak perlu tulangan geser



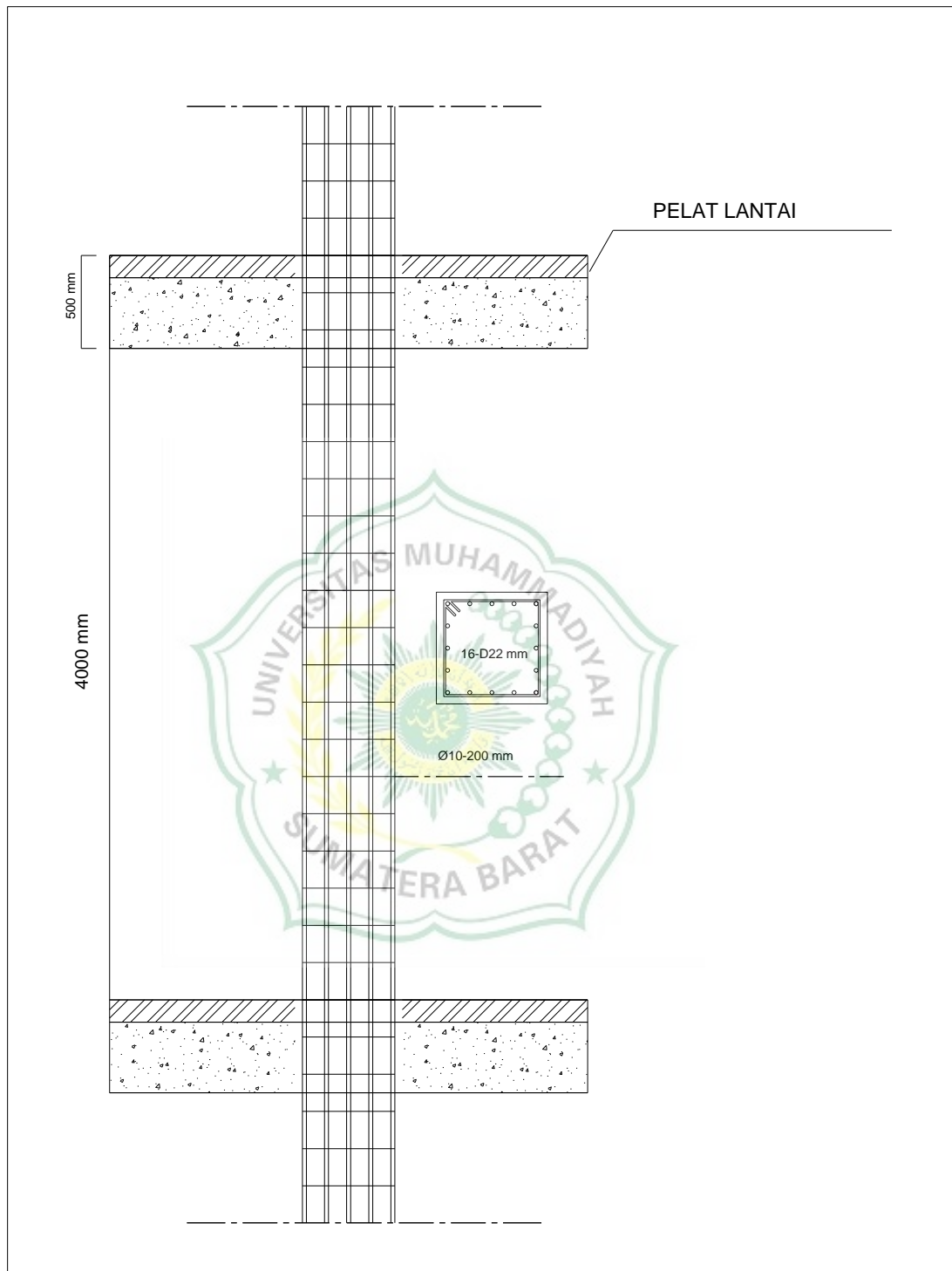
Perhitungan jarak sengkang tidak boleh melebihi

- | | | | |
|----|---------------------|-------------------|--------|
| a. | 16 x D tul utama | 16 x 22 | 352 mm |
| b. | 24 x D tul sengkang | 24 x 10 | 240 mm |
| c. | $\frac{1}{2} b$ | $\frac{1}{2} 400$ | 200 mm |

Jadi digunakan tulangan sengkang $\text{Ø}10 - 200 \text{ mm}$

(SNI 2847 : 2019)

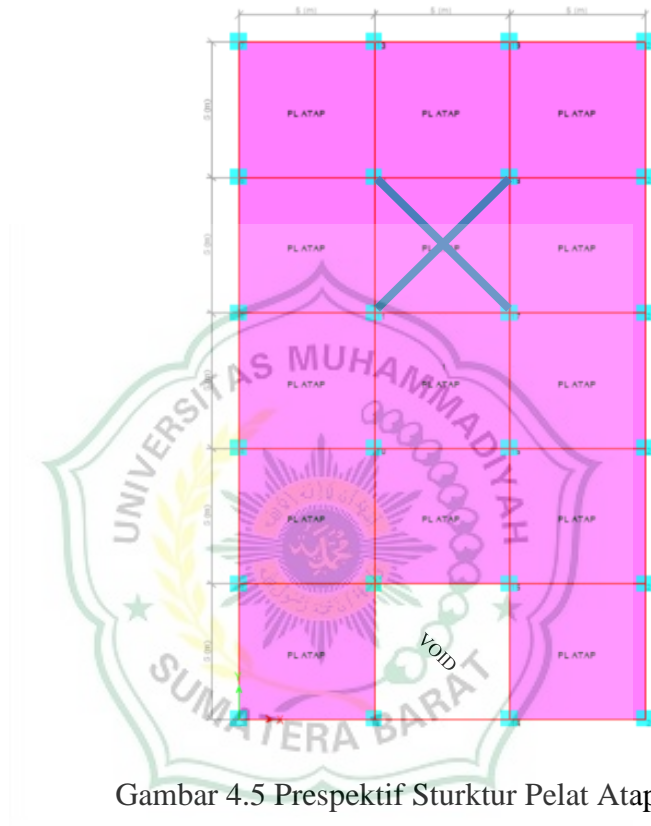




Gambar 4.4 Penulangan kolom

4.1.3 Pelat Atap

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



Gambar 4.5 Prespektif Sturktur Pelat Atap

1. Perhitungan Pembebanan Pelat Atap

a. Beban Hidup (LL)

Berdasarkan SNI 1727 2020

Gedung = 1,0 kN/m²

b. Beban mati (DL)

• Beban Plat lantai sendiri	$= 0,10 \times 24$	$= 2,40 \text{ kN/m}^2$
• Beban <i>waterproofing</i> dengan aspal (t = 2 cm)	$= 0,02 \times 22$	$= 0,44 \text{ kN/m}^2$
• Beban plafond dan penggantung		$= 0,20 \text{ kN/m}^2$
• Beban instalasi ME		$= 0,25 \text{ kN/m}^2$
Total	DL	$= 3,290 \text{ kN/m}^2$

c. Beban Terfaktor (Wu)

$$\begin{aligned}W_u &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\ &= 1,2 \times 3,29 + 1,6 \times 1,0 \\ &= 5,548 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

1.1 Perhitungan Momen

Data-data Desain :

Mutu beton (f'_c) = 30 Mpa

Mutu tulangan (f_y) = 420 Mpa

Panjang bentang arah x, $L_x = 5 \text{ m}$

Panjang bentang arah y, $L_y = 5 \text{ m}$

Perbandingan bentang x & y = $L_y / L_x = 1 < 2 \rightarrow$ (Pelat 2 arah)

Tebal Pelat (h) = 100 mm

Diameter tulangan = D10 mm

Selimut beton = 20 mm

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 UNTUK PENENTUAN MOMEN PELAT (PBI-1971)

Tabel L.3.1 Momen di dalam Pelat yang Menumpu pada Keempat
Tepinya akibat Beba Terbagi Rata

		l_y/l_x	l_x/l_y																							
			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							
Ia		Mlx = +0,001 . q . lx ² . X	44	52	59	66	73	78	84	88	93	97	100	103	106	108	110	112	125							
	Mly = -0,001 . q . lx ² . X	44	45	45	44	43	43	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	25								
Ib		Mlx = +0,001 . q . lx ² . X	21	25	29	31	34	36	37	40	40	41	41	41	42	42	42	42	42							
	Mly = +0,001 . q . lx ² . X	21	21	20	19	18	17	16	14	13	12	12	11	11	11	10	10	8								
II		Mlx = +0,001 . q . lx ² . X	52	59	64	69	73	76	79	81	82	83	83	83	83	83	83	83	83							
	Mly = -0,001 . q . lx ² . X	52	54	54	53	52	51	50	49	48	47	47	47	47	47	47	47	47	47							
III		Mlx = +0,001 . q . lx ² . X	28	33	38	42	45	48	51	53	55	57	58	59	59	60	61	61	63							
	Mly = +0,001 . q . lx ² . X	28	28	28	27	26	25	23	22	21	19	18	17	17	17	16	16	13								
IVa		Mlx = +0,001 . q . lx ² . X	68	77	85	92	98	103	107	111	114	116	118	119	120	121	122	122	125							
	Mly = -0,001 . q . lx ² . X	68	72	74	76	77	77	78	78	78	78	79	79	79	79	79	79	79	79							
IVb		Mlx = +0,001 . q . lx ² . X	22	28	34	42	49	55	62	68	74	80	85	89	93	97	100	103	125							
	Mly = +0,001 . q . lx ² . X	32	35	37	39	40	41	41	41	41	40	39	38	37	36	35	35	25								
V		Mlx = +0,001 . q . lx ² . X	70	79	87	94	100	105	109	112	115	117	119	120	121	122	123	123	125							
	Mly = -0,001 . q . lx ² . X	70	74	77	79	81	82	83	84	84	84	84	84	84	84	83	83	83	83							
VI		Mlx = +0,001 . q . lx ² . X	31	38	45	53	60	66	72	78	83	88	92	96	99	102	105	108	125							
	Mly = +0,001 . q . lx ² . X	37	39	41	43	42	42	41	41	40	39	38	37	36	35	34	33	25								
VII		Mlx = +0,001 . q . lx ² . X	84	92	99	104	109	113	115	117	119	121	122	122	123	123	124	125								
	Mly = -0,001 . q . lx ² . X	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84							
VIII		Mlx = +0,001 . q . lx ² . X	37	41	47	55	63	70	77	83	88	92	96	99	102	105	108	125								
	Mly = +0,001 . q . lx ² . X	31	30	29	27	25	24	22	21	20	19	18	17	17	16	16	15	13								
IX		Mlx = +0,001 . q . lx ² . X	74	82	90	100	108	114	118	121	124	126	128	129	130	131	132	133	134							
	Mly = -0,001 . q . lx ² . X	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74							
X		Mlx = +0,001 . q . lx ² . X	26	29	32	35	38	39	40	40	41	41	42	42	42	42	42	42	42							
	Mly = +0,001 . q . lx ² . X	24	20	19	18	17	16	14	13	12	12	11	11	10	10	10	10	8								
XI		Mlx = +0,001 . q . lx ² . X	69	66	71	74	77	79	80	82	83	83	83	83	83	83	83	83	83							
	Mly = -0,001 . q . lx ² . X	55	57	57	57	56	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57							

Keterangan : = Terletak bebas
 = Terjepit penuh

Tabel 4.4 Koefisien Momen

Lapangan x	Clx	21
Lapangan y	Cly	21
Tumpuan x	Ctx	52
Tumpuan y	Cty	52

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

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

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

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

1.2 Penulangan Pelat Atap

a. Penulangan Lapangan Arah x

Momen yang terjadi pada pelat atap :

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

Tinggi efektif pelat atap

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

Ditinjau 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 yang diperlukan:

$$\begin{aligned} \rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{420} = 0,003 \end{aligned}$$

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

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

$$= 0,75 \cdot 0,85 \cdot 0,85 \frac{30}{420} \left| \frac{600}{600+420} \right|$$

$$= 0,0228$$

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

$$= 0,003 > 0,0018 < 0,0228$$

Maka digunakan $\rho_{\min} = 0,003$

Luas tulangan yang diperlukan,

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

$$= 0,003 \times 1000 \times 75 = 225 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D10

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

$$S = \frac{A_s \times b}{A_{\text{perlu}}} = \frac{78,5 \times 1000}{225} = 348,8 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan lapangan arah-y D10 – 300 mm

b. Penulangan Lapangan Arah y

Momen yang terjadi pada atap :

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

Tinggi efektif pelat atap:

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

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

Ditinjau 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 yang diperlukan:

$$\begin{aligned}
 \rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &= \frac{1,4}{420} = 0,003
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{pertu} &= \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f_c'}} \right) \\
 &= \frac{0,85 \times 30}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,720}{0,85 \times 30}} \right) \\
 &= 0,0018
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{maks} &= 0,75 \cdot 0,85 \cdot \beta \frac{f_c'}{f_y} \left[\frac{600}{600 + f_y} \right] \\
 &= 0,75 \cdot 0,85 \cdot 0,85 \frac{30}{420} \left[\frac{600}{600 + 420} \right] \\
 &= 0,0228
 \end{aligned}$$

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

$$= 0,003 > 0,0018 < 0,0228$$

Maka digunakan $\rho_{min} = 0,003$

Luas tulangan yang diperlukan,

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

$$= 0,003 \times 1000 \times 75 = 225 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D10

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

$$S = \frac{A_s \times b}{A_{s\text{perlu}}} = \frac{78,5 \times 1000}{225} = 348,8 \text{ mm}$$

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

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

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:

$$\begin{aligned} \rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{420} = 0,003 \end{aligned}$$

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

$$= \frac{0,85 \times 30}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,781}{0,85 \times 30}} \right)$$

$$= 0,0044$$

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

$$= 0,75 \cdot 0,85 \cdot 0,85 \frac{30}{420} \left[\frac{600}{600 + 420} \right]$$

$$= 0,0228$$

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

$$= 0,003 < 0,0044 < 0,0228$$

Maka digunakan $\rho_{perlu} = 0,0044$

Luas tulangan yang diperlukan,

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

$$= 0,0044 \times 1000 \times 75 = 330 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D10

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

$$S = \frac{A_s \times b}{A_{sperlu}} = \frac{78,5 \times 1000}{330} = 237,87 \text{ mm}$$

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 atap

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

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

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:

$$\begin{aligned} \rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{420} = 0,003 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f_c'}} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 30}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,781}{0,85 \times 30}} \right) \\ &= 0,0044 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{maks} &= 0,75 \cdot 0,85 \cdot \beta \frac{f_c}{f_y} \left[\frac{600}{600 + f_y} \right] \\ &= 0,75 \cdot 0,85 \cdot 0,85 \frac{30}{420} \left[\frac{600}{600 + 420} \right] \end{aligned}$$

$$= 0,0228$$

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

$$= 0,003 < 0,0044 < 0,0228$$

Maka digunakan $\rho_{perlu} = 0,0044$

Luas tulangan yang diperlukan,

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

$$= 0,0044 \times 1000 \times 75 = 330 \text{ mm}^2$$

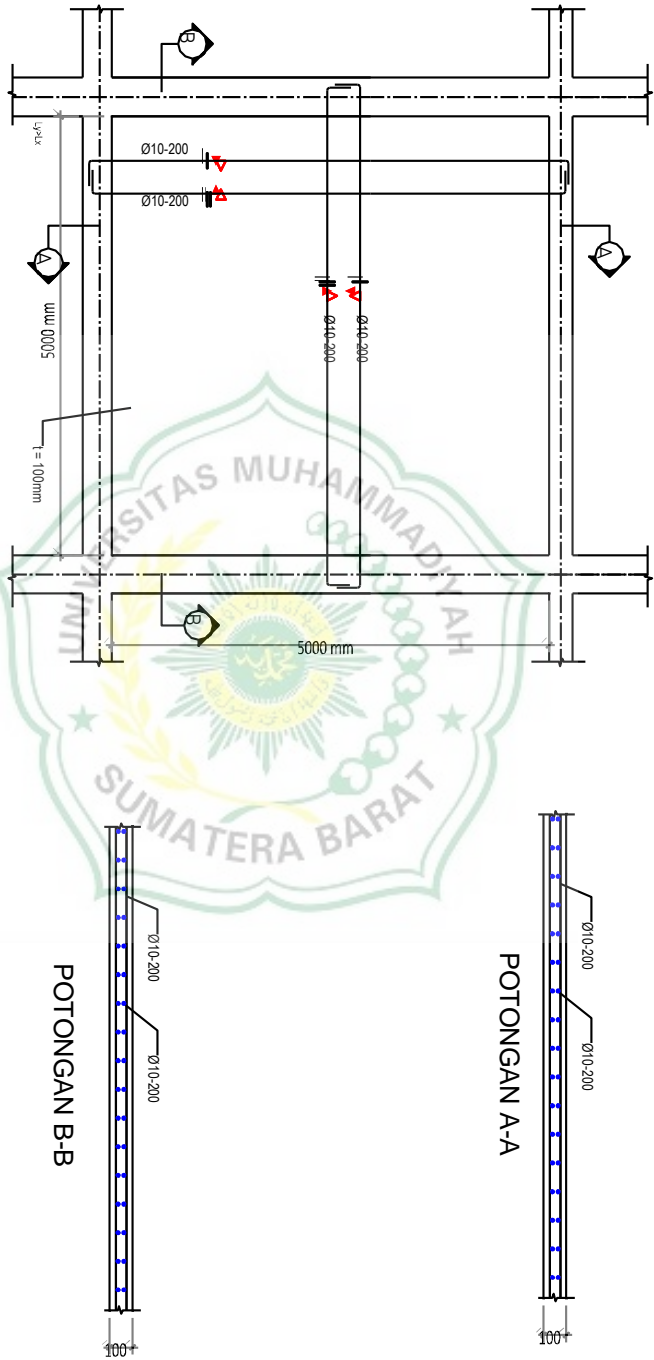
Digunakan tulangan D10

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

$$S = \frac{A_s \times b}{A_{\text{perlu}}} = \frac{78,5 \times 1000}{330} = 237,87 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan tumpuan arah-y D10 – 200 mm



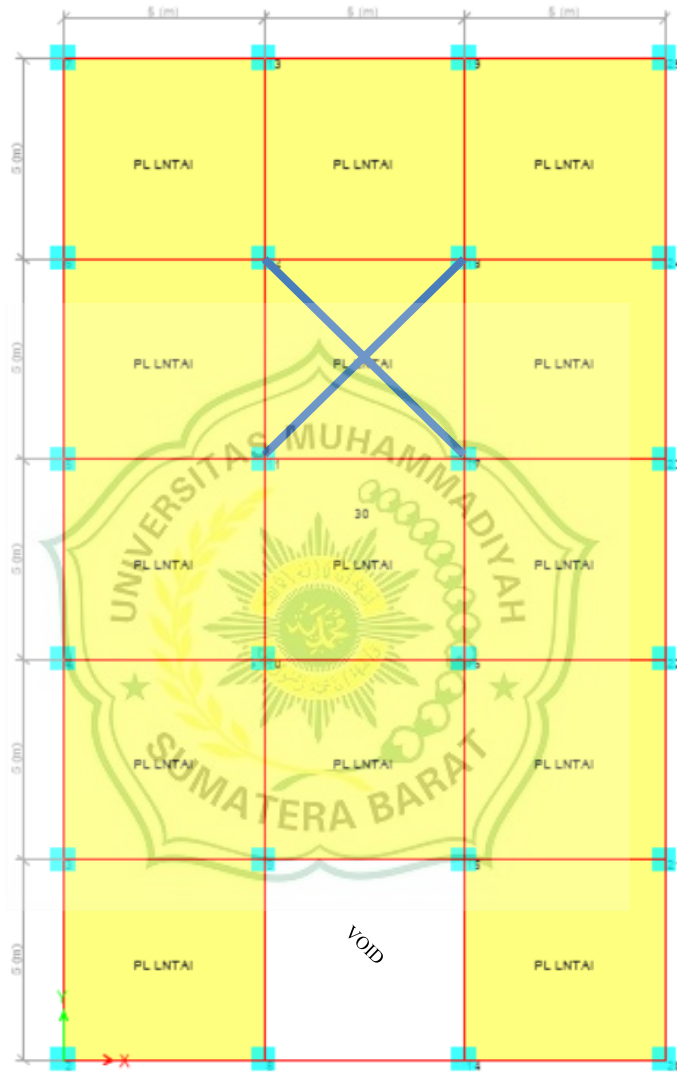


PENULANGAN PELAT ATAP

Gambar 4.6 Penulangan plat atap

4.1.4 Pelat Lantai

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



Gambar 4.7 Prespektif Sturktur Pelat Lantai

1. Perhitungan Pembebanan Pelat Lantai

a. Beban Hidup (LL)

Berdasarkan SNI 1727 2020

Gedung = 4,79 kN/m²

b. Beban mati (DL)

• Beban Plat lantai sendiri	= 0,12 x 24	= 2,88 kN/m ²
• Beban Pasir urug (t= 1 cm)	= 0,01 x 16	= 0,16 kN/m ²
• Beban spesi (t = 3 mm)	= 0,03 x 22	= 0,66 kN/m ²
• Beban keramik (t = 1 cm)	= 0,01 x 22	= 0,22 kN/m ²
• Beban plafond dan penggantung		= 0,20 kN/m ²
• Beban instalasi ME		= 0,25 kN/m ²
• Plafon dan penggantung		= 0,20 kN/m ²
Total DL		= 4,57 kN/m ²

Beban Terfaktor (Wu)

$$\begin{aligned}Wu &= 1,2 DL + 1,6 LL \\ &= 1,2 \times 4,57 + 1,6 \times 4,79 \\ &= 13,148 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

1. Perhitungan Momen

Data-data Desain :

Mutu beton ($f'c$) = 30 Mpa

Mutu tulangan (f_y) = 420 Mpa

Panjang bentang arah x, L_x = 5 m

Panjang bentang arah y, L_y = 5 m

Perbandingan bentang x & y = $L_y / L_x = 1 < 2 \rightarrow$ (Pelat 2 arah)

Tebal Pelat (h) = 120 mm

Diameter tulangan = D10 mm

Selimut beton = 20 mm

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 4.5 Koefisien Momen

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

$$M_{lx} = 0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot X = 0,001 \cdot 13,148 \cdot (5^2) \cdot 21 = 6,9027 \text{ kN/m}$$

$$M_{ly} = 0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot X = 0,001 \cdot 13,148 \cdot (5^2) \cdot 21 = 6,9027 \text{ kN/m}$$

$$M_{tx} = 0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot X = 0,001 \cdot 13,148 \cdot (5^2) \cdot 52 = 17,0924 \text{ kN/m}$$

$$M_{ty} = 0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot X = 0,001 \cdot 13,148 \cdot (5^2) \cdot 52 = 17,0924 \text{ kN/m}$$

2. Penulangan Pelat Lantai

a. Penulangan Lapangan Arah x

Momen yang terjadi pada pelat lantai :

$$M_u = 6,9027 \text{ kN/m}$$

Tinggi efektif pelat lantai

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

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

Ditinjau pelat lantai selebar 1 m

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

Momen Nominal

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{6,9027}{0,8} \\ &= 8,628\ 375 \text{ kN/m} = 8\ 628\ 375 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Faktor tahanan momen

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{8\ 628\ 375}{0,9 \times 1000 \times 95^2} = 1,063$$

Rasio tulangan yang diperlukan:

$$\begin{aligned} \rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{420} = 0,003 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f_c'}} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 30}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,063}{0,85 \times 30}} \right) \\ &= 0,002586 \end{aligned}$$

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

$$= 0,75 \cdot 0,85 \cdot 0,85 \frac{30}{420} \left[\frac{600}{600 + 420} \right]$$

$$= 0,0228$$

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

$$= 0,003 > 0,002\ 586 < 0,0228$$

Maka digunakan $\rho_{min} = 0,003$

Luas tulangan yang diperlukan,

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

$$= 0,003 \times 1000 \times 95 = 285 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D10

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

$$S = \frac{A_s \times b}{A_{\text{perlu}}} = \frac{78,5 \times 1000}{285} = 275,438 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan lapangan arah-x D10 – 250 mm

b. Penulangan Lapangan Arah y

Momen yang terjadi pada pelat lantai :

$$M_u = 6,9027 \text{ kN/m}$$

Tinggi efektif pelat lantai

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

Ditinjau pelat lantai selebar 1 m

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

Momen Nominal

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$
$$= \frac{6,9027}{0,8}$$
$$= 8,628 \text{ 375 kN/m} = 8 \text{ 628 375 N/mm}$$

Faktor tahanan momen

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{8 \text{ 628 375}}{0,9 \times 1000 \times 95^2} = 1,063$$

Rasio tulangan yang diperlukan:

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$
$$= \frac{1,4}{420} = 0,003$$

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left(\sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f_c'}} \right)$$
$$= \frac{0,85 \times 30}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,063}{0,85 \times 30}} \right)$$
$$= 0,002586$$

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

$$= 0,75 \cdot 0,85 \cdot 0,85 \cdot \frac{30}{420} \left[\frac{600}{600 + 420} \right]$$

$$= 0,0228$$

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

$$= 0,003 > 0,002586 < 0,0228$$

Maka digunakan $\rho_{min} = 0,003$

Luas tulangan yang diperlukan,

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

$$= 0,003 \times 1000 \times 95 = 285 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D10

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

$$S = \frac{A_s \times b}{A_{sperlu}} = \frac{78,5 \times 1000}{285} = 275,438 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan lapangan arah-y D10 – 250 mm

c. Penulangan Tumpuan Arah x

Momen yang terjadi pada lantai :

$$M_u = 17,0924 \text{ kN/m}$$

Tinggi efektif pelat lantai

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

Ditinjau pelat lantai selebar 1 m

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

Momen Nominal

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{17,0924}{0,8} \\ &= 21,366 \text{ kN/m} = 21\,365\,500 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Faktor tahanan momen

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{21\,365\,500}{0,9 \times 1000 \times 95^2} = 2,631$$

Rasio tulangan yang diperlukan:

$$\begin{aligned} \rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{420} = 0,003 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{pertu} &= \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f_c'}} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 30}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 2,631}{0,85 \times 30}} \right) \\ &= 0,006\,626 \end{aligned}$$

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

$$= 0,75 \cdot 0,85 \cdot 0,85 \frac{30}{420} \left| \frac{600}{600+420} \right|$$

$$= 0,0228$$

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

$$= 0,003 < 0,006626 < 0,0228$$

Maka digunakan $\rho_{\text{perlu}} = 0,006626$

Luas tulangan yang diperlukan,

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

$$= 0,006626 \times 1000 \times 95 = 629,47 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D10

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

$$S = \frac{A_s \times b}{A_{\text{perlu}}} = \frac{78,5 \times 1000}{629,47} = 124,709 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan tumpuan arah-x D10 – 100 mm

d. Penulangan Tumpuan Arah y

Momen yang terjadi pada plat lantai :

$$M_u = 17,0924 \text{ kN/m}$$

Tinggi efektif pelat lantai

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

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

Ditinjau pelat lantai selebar 1 m

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

Momen Nominal

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\
 &= \frac{17,0924}{0,8} \\
 &= 21,366 \text{ kN/m} = 21\,365\,500 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

Faktor tahanan momen

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{21\,365\,500}{0,9 \times 1000 \times 95^2} = 2,631$$

Rasio tulangan yang diperlukan:

$$\begin{aligned}
 \rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &= \frac{1,4}{420} = 0,003
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{perlu} &= \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f_c'}} \right) \\
 &= \frac{0,85 \times 30}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 2,631}{0,85 \times 30}} \right) \\
 &= 0,006\,626
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{maks} &= 0,75 \cdot 0,85 \cdot \beta \frac{f_c'}{f_y} \left[\frac{600}{600 + f_y} \right] \\
 &= 0,75 \cdot 0,85 \cdot 0,85 \frac{30}{420} \left[\frac{600}{600 + 420} \right] \\
 &= 0,0228
 \end{aligned}$$

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

$$= 0,003 < 0,006\,626 < 0,0228$$

Maka digunakan $\rho_{perlu} = 0,006\,626$

Luas tulangan yang diperlukan,

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

$$= 0,006\,626 \times 1000 \times 95 = 629,47 \text{ mm}^2$$

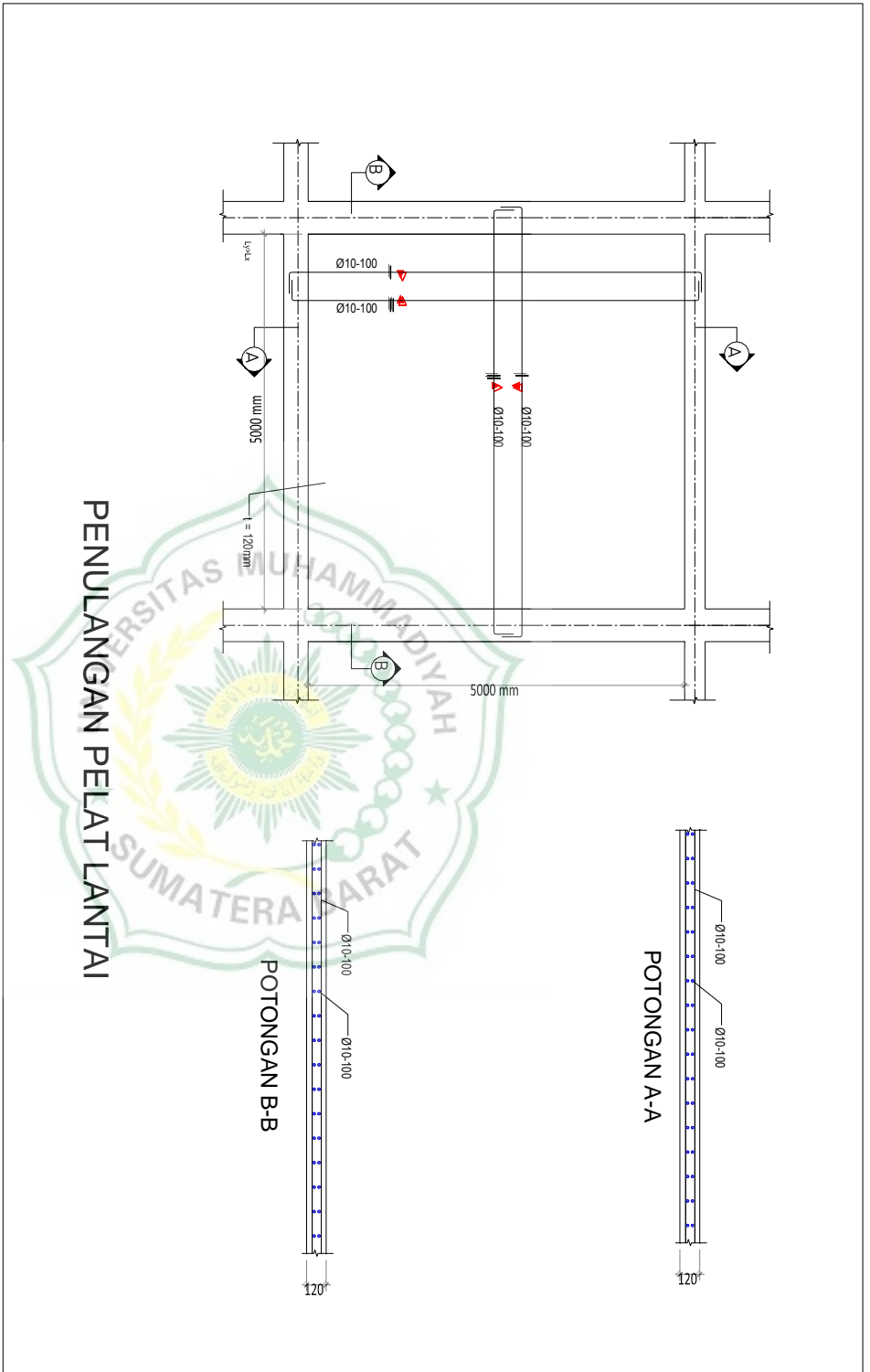
Digunakan tulangan D10

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

$$S = \frac{A_s \times b}{A_{s_{perlu}}} = \frac{78,5 \times 1000}{629,47} = 124,709 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan tumpuan arah-y D10 – 100 mm





Gambar 4.8 Penulangan plat lantai

4.1.4 Tangga

Tangga merupakan bagian dari struktur bangunan bertingkat yang sangat penting sebagai penunjang antara struktur bangunan lantai dasar dengan struktur bangunan tingkat atasnya. Penempatan tangga pada struktur suatu bangunan sangat berhubungan dengan fungsi bangunan bertingkat yang akan dioperasikan. Pada bangunan umum, penempatan haruslah mudah diketahui dan terletak strategis untuk menjangkau ruang satu dengan yang lainnya, penempatan tangga harus disesuaikan dengan fungsi bangunan untuk mendukung kelancaran hubungan yang serasi antara pemakai bangunan tersebut.

3. Data Desain:

- a. Beton ($f'c$) balok, kolom, dan pelat = 30 MPa
- b. Baja tulangan BJTS 420A = 420 MPa
- c. Baja tulangan BJTS 280 = 280 Mpa

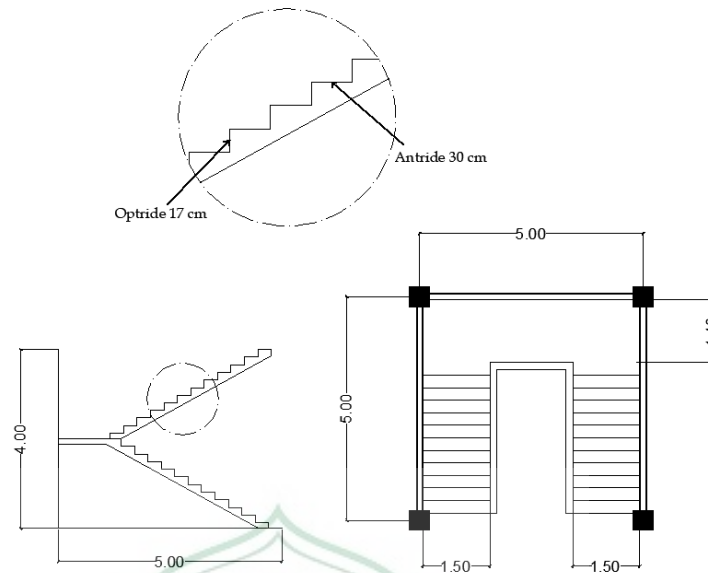
2. Beban Mati:

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

3. Beban Hidup:

- a. Tangga : $1,33 \text{ kN/m}$
- b. Bordes : $1,33 \text{ kN/m}$

4. Perencanaan Tangga



Gambar 4.9 Perencanaan tangga

5. Hitungan Perencanaan Tangga:

Selisih tinggi lantai = 4,0 m

Panjang ruang 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 (b_o) = $500 - (12 \times 30) = 140$ cm

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

Digunakan tebal plat tangga = 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

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

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

6. Pembebanan Tangga

a) Beban Mati Tangga:

Hitungan beban permeter lebar tangga

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

$$\text{Granit (2 cm)} = 0,02 \cdot 0,24 = 0,0048 \text{ kN/m}$$

$$\text{Spesi (2 cm)} = 0,02 \cdot 0,21 = 0,0042 \text{ kN/m}$$

$$\text{railing} = 0,89 \text{ kN/m} \quad +$$

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

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

c) Beban Mati Bordes:

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

$$\text{Granit (2 cm)} = 0,02 \cdot 0,24 = 0,0048 \text{ kN/m}$$

$$\text{Spesi (2 cm)} = 0,02 \cdot 0,21 = 0,0042 \text{ kN/m}$$

$$\text{railing} = 0,89 \text{ kN/m} \quad +$$

$$Q_{dl} = 3,779 \text{ kN/m}$$

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

e) Reaksi Tumpuan

7. Reaksi Tumpuan

Reaksi perletakan akibat beban mati dan beban hidup:

$$Q_{ult} \text{ tangga} = 1,2 \cdot Q_{dl} + 1,6 \cdot Q_{ll}$$

$$= 1,2 \cdot 6,2486 + 1,6 \cdot 1,33$$

$$= 9,62632 \text{ kN /m}$$

$$Q_{ult} \text{ bordes} = 1,2 \cdot Q_{dl} + 1,6 \cdot Q_{ll}$$

$$= 1,2 \cdot 3,779 + 1,6 \cdot 1,33$$

$$= 6,6868 \text{ kN/m}$$

$$\Sigma M_B = 0$$

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

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

$$\Sigma M_A = 0$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

8. Penulangan Tangga

a) Tumpuan dan Lapangan

$$M_u = M_{maks}$$

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

Direncanakan Tulangan Pokok D-13

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

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

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

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

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

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

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

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

$$= \frac{0,85 \times 30}{420} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,895}{0,85 \times 30}} \right]$$

$$= 0,00217$$

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

$$= 0,75 \cdot 0,85 \cdot 0,85 \cdot \frac{30}{420} \left[\frac{600}{600 + 420} \right]$$

$$= 0,0228$$

$$\rho_{min} = 0,018 > \rho_{perlu} 0,00217$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot bw \cdot d = 0,00217 \cdot 1000 \cdot 168 = 364,56 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min} = \rho \cdot bw \cdot d = 0,018 \cdot 1000 \cdot 168 = 3024 \text{ mm}^2$$

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

Jarak tulangan = 3 x h = 3 x 120 = 360 = di ambil jarak spasi tulangan 350 mm dan tidak boleh melebihi 450 mm. Jadi digunakan tulangan utama D13 - 350 mm.

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

Cek: $A_{spakai} > A_s \text{ perlu}$ (OK)

$$379,043 > 364,56 \text{ (OK)}$$

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 D10

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

Digunakan tulangan D10 – 200 mm

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

Chek : $A_{spakai} > A_{s \text{ min}}$ (OK)

$$392,69 > 388 \text{ (OK)}$$

c) Kontrol Geser

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

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

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

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

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

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian, maka dapat disimpulkan bahwa hasil dari perhitungan struktur atas Gedung Kantor CV. Graha Sungkai Tengah Jua Bukittinggi sebagai berikut :

Tabel 5.1 Hasil perhitungan penulangan balok

No	Nama	b	h	Tulangan Utama	Tulangan Sengkang
1	Balok	400	500	<ul style="list-style-type: none"> • Tumpuan Atas 5 D16 • Tumpuan Bawah 3 D16 • Lapangan Atas 3 D16 • Lapangan Bawah 3 D16 	<ul style="list-style-type: none"> • Sengkang Tumpuan Ø10 - 150 • Sengkang Lapangan Ø10 - 200

Tabel 5.2 Hasil perhitungan penulangan kolom

No	Nama	L	Dimensi	Tulangan Longitudinal	Tulangan Sengkang
		mm	mm		
1	Kolom	5000	600/600	<ul style="list-style-type: none"> • Tulangan pokok 16 D 22 	<ul style="list-style-type: none"> • Ø10 - 200

Tabel 5.3 Hasil Perhitungan penulangan pelat

No	Nama	Tumpuan	Lapangan
1	Pelat Atap (100 mm)	<ul style="list-style-type: none"> • Tumpuan x $\phi 10 - 200$ • Tumpuan y $\phi 10 - 200$ 	<ul style="list-style-type: none"> • Lapangan x $\phi 10 - 300$ • Lapangan y $\phi 10 - 300$
2	Pelat Lantai (120 mm)	<ul style="list-style-type: none"> • Tumpuan x $\phi 10 - 100$ • Tumpuan y $\phi 10 - 100$ 	<ul style="list-style-type: none"> • Lapangan x $\phi 10 - 250$ • Lapangan y $\phi 10 - 250$

5.2 Saran

Dari hasil Perencanaan Struktur Atas Gedung Kantor CV. Graha Sungkai Tengah Jua Bukittinggi, maka penulis memberikan saran yang sesuai dengan perencanaan struktur gedung yang sesuai dengan SNI antara lain :

1. Perencanaan struktur harus selalu memperhatikan perkembangan peraturan dan pedoman perencanaan struktur, sehingga memenuhi kriteria yang terbaru.
2. Mencari sumber-sumber yang berkaitan dengan perencanaan pembangunan untuk menambah wawasan tentang perencanaan struktur gedung.
3. Disarankan menggunakan aplikasi ETABS atau sejenisnya untuk keakuratan dalam perhitungan.
4. Untuk perencanaan selanjutnya disarankan memakai mutu beton 24,9 Mpa karena mutu beton 30 Mpa dalam perencanaan dipenulisan ini dinilai terlalu over dan boros.

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 Fakultas 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.

