

SKRIPSI

Perencanaan Struktur Gedung Asrama Pada Pesantren Muallimin

Garegeh Bukittinggi

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Guna Memperoleh Gelar

Serjana Teknik Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat`



Oleh :

Yahya Ardiyanto

18.10.002.22201.147

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT

2022

HALAMAN PENGESAHAN

Perencanaan Struktur Gedung Asrama 3 Lantai Pada Pesantren Muallimin
Geregeh Bukittinggi

Oleh :

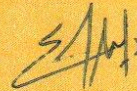
Yahya Ardivanto
181000222201147

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II



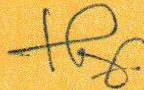
MASRIL, S.T., M.T.
NIDN. 1005057407



ELFANIA BASTIAN, S.T., M.T.
NIDN. 1818118901

Ketua Program Studi
Teknik Sipil

Dekan Fakultas Teknik
UM Sumatera Barat



HELGA YERMADONA, S.Pd., M.T.
NIDN. 101309852



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.


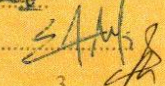

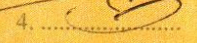
Bukittinggi, 28 Agustus 2022

Mahasiswa,

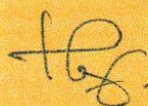
Yahya Ardiyanto
181000222201147

Disetujui Tim Penguji Skripsi tanggal 03 September 2022

1. Masril, S. T., M. T.
2. Elfania Bastian, S. T., M. T.
3. Yorizal Putra, S. T., M. T.
4. Jon Hafnil, S. T., M. T.

1. 
2. 
3. 
4. 

Mengetahui
Ketua Program Studi
Teknik Sipil


Helga Yermadona, S. Pd., M. T.
NIDN.101309852

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : YAHYA ARDIYANTO
Tempat dan Tanggal Lahir : 15-02-1998
NIM : 181000222201147
Judul Skripsi : Perencanaan Struktur Gedung Asrama Pada Pesantren Muallimin Geregeh 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 tercatat sebagai bagian dari skripsi ini, jika terdapat karya orang lain, saya akan mecatumkan sumber yang jelas.

Demikian pernyataan ini saya buat sungguh dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidak benaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima saksi akademik berupa pencabutan gelar yang di peroleh karena karya tulis ini dan saksi lain sesuai dengan peraturan yang berlaku di UM Sumatera Barat.

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

Bukittinggi, 22 juni 2022



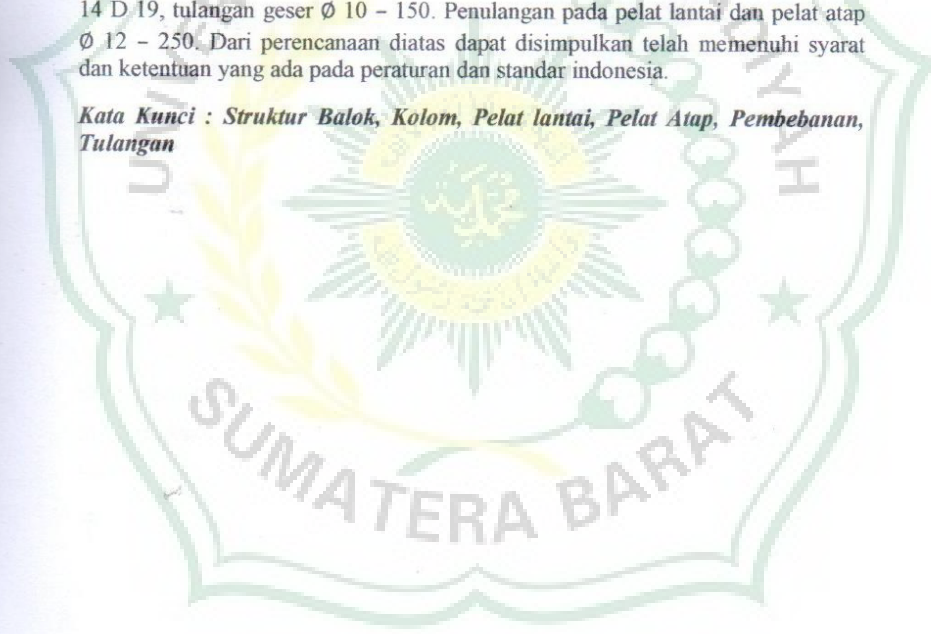
Yahya Ardiyanto
YAHYA ARDIYANTO

181000222201147

ABSTRAK

Pesantren dibangun untuk menjadi lembaga keilmuan yang mencakup seluruh aspek-aspek kehidupan dalam bersosial dan budaya, terutama dalam hal keagamaan yang menjadi tiang utama setiap muslim yang taat perkembangan pendidikan keagamaan meningkat cukup signifikan, hal ini merupakan dampak baik animo masyarakat terhadap mutu pendidikan di pesantren yang terus membaik. 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 Gedung Asrama pada Pesantren Muallimin Garegeh Bukittinggi *dipreliminary Design* menggunakan SAP 2000. Pembebanan yang diinput pada SAP 2000 ialah beban mati, beban hidup, berat sendiri bangunan, beban gempa. Dari hasil *preliminary design* didapatkan hasil penulangan balok ukuran 25×40 dengan mutu beton 20,75 Mpa, mutu baja 400 Mpa, penulangan tumpuan 3D16, penulangan lapangan 2D16, tulangan geser $\emptyset 10 - 100$. Kolom ukuran 40×40 mutu beton 20,75 Mpa, Mutu Baja 400 Mpa tulangan total aksial 14 D 19, tulangan geser $\emptyset 10 - 150$. Penulangan pada pelat lantai dan pelat atap $\emptyset 12 - 250$. 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 yang telah melimpahkan rahmad dan karunianya, sehingga Seminar Proposal dapat terselesaikan sesuai dengan yang direncanakan. Skripsi ini merupakan salah satu kewajiban yang harus diselesaikan untuk memenuhi persyaratan akademik untuk memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil Di Universitas 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 kepada :

1. Bapak Masril, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Tekni UMSB.
2. Ibu Helga Yermadona, S.Pd., M.T. selaku Ketua Prodi Teknik Sipil.
3. Bapak Masril, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan serta memberikan masukan kepada penulis.
4. Ibu Elfania Bastian, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan serta memberi masukan kepada penulis.
5. Bapak dan ibu dosen pengajar serta semua staf tata usaha yang telah banyak memberikan ilmu dan juga membantu dalam proses perkuliahan.
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.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam Seminar Proposal ini. Oleh karena itu penulis berharap saran dan arahan dari pembaca akan sangat bermanfaat bagi penulis. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya, khususnya mahasiswa teknik sipil.

Bukittinggi, 12 Maret 2022



Penulis



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah yang telah melimpahkan rahmad dan karunianya, sehingga Seminar Proposal dapat terselesaikan sesuai dengan yang direncanakan. Skripsi ini merupakan salah satu kewajiban yang harus diselesaikan untuk memenuhi persyaratan akademik untuk memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil Di Universitas 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 kepada :

1. Bapak Masril, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Tekni UMSB.
2. Ibuk Helga Yermadona, S.Pd., M.T. selaku Ketua Prodi Teknik Sipil.
3. Bapak Masril, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan serta memberikan masukan kepada penulis.
4. Ibuk Elfania Bastian, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan serta memberi masukan kepada penulis.
5. Bapak dan ibuk dosen pengajar serta semua staf tata usaha yang telah banyak memberikan ilmu dan juga membantu dalam proses perkuliahan.
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.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam Seminar Proposal ini. Oleh karena itu penulis berharap saran dan arahan dari pembaca akan sangat bermanfaat bagi penulis. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya, khususnya mahasiswa teknik sipil.

Bukittinggi, 12 Maret 2022

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN	
LEMBAR PERSETUJUAN TIM PENGUJI	
HALAMAN PERNYATAAN KEASILIAN SKRIPSI	
ABSTRAK	
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR NOTASI.....	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Rumusan masalah.....	2
1.3 Batasan masalah.....	2
1.4 Tujuan dan manfaat penulisan	3
1.5 Tujuan dan manfaat penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 pembenan struktur	4
2.1.1 pembebanan mati	4
2.1.2 Beban hidup	6
2.1.3 Beban akibat pengaruh alam.....	7
2.2 Faktor beban.....	16
2.3 perhitungan struktur	17
2.3.1 Kolom.....	17
2.3.2 Balok	19
2.3.3 Pelat.....	24
2.3.4 Pondasi.....	26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	33
3.1 Umum.....	33
3.2 Lokasi penelitian	33

3.3	Data penelitian	34
3.1.1	jenis dan sumber data	34
3.1.2	Teknik pengumpulan data	34
3.4	Metode analisis data	34
3.5	Diagram alir penelitian (<i>flowchart</i>)	35
BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN		36
4.1	Preliminari Desigh	36
4.1.1	Perencanaan balok, kolom, pelat dan pondasi	36
4.2	Pembebanan	37
4.2.1	Beban mati	37
4.2.2	Beban hidup	38
4.2.3	Beban gempa	38
4.3	Perhitungan Momen Menggunakan Aplikasi SAP 2000	39
4.3.1	Menggambar Grid Bangunan	39
4.3.2	Mendefinisiakan Penampang dan Beban	40
4.3.3	Imput Beban Hidup, mati, beban gempa	41
4.3.4	Hasil <i>Running</i> SAP 2000	43
4.4	Rekapitulasi Gaya Dalam	44
4.5	Perhitungan Penulangan	44
4.5.1	Balok 25 x 40	44
4.5.2	Kolom 40 x 40	52
4.5.3	Pelat Atap	56
4.5.4	Pelat Lantai	66
4.5.5	Tangga	75
4.5.6	Balok Bordes	79
4.5.7	Pondasi	86
BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN		90
5.1	Kesimpulan	90
5.2	Saran	91

DAFTAR PUSTAKA 92
LAMPIRAN 93



DAFTAR TABEL

Daftar Notasi.	viii
Tabel 2.1 Berat sedari bahan bangunan.	4
Tabel 2.2 Berat komponen bangunan.....	5
Tabel 2.3 Beban hidup pada lantai gedung	7
Tabel 2.4 Koefisien untuk menghitung faktor respons gempa vertikal	10
Tabel 2.5 Faktor keutamaan struktur untuk berbagai jenis gedung	10
Tabel 2.6 Faktor reduksi	11
Tabel 2.7 Kombinasi beban untuk metode ultimit	12
Tabel 2.8 Faktor keutamaan struktur	13
Tabel 4.1 Rekap Momen Balok	44
Tabel 4.2 Rekap Momen Kolom.....	44
Tabel 4.3 Momen pada Pelat Atap.....	56
Tabel 4.4 Koefisien Momen Pelat Atap.....	57
Tabel 4.5 Momen pada Pelat Lantai	66
Tabel 4.6 Koefisien Momen Pelat Lantai	67
Tabel 4.7 Data Sondir	87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Respons Spektrum Gempa Rencana.....	8
Gambar 2.2 respons spektrum Gempa Rencana.....	9
Gambar 3.1 Lokasi Perencanaan	33
Gambar 4.1 Grafik Respons Spektrum kota Bukittinggi	35
Gambar 4. 4 Grid Gedung SAP 2000.....	35
Gambar 4.3 Gedung SAP 2000	40
Gambar 4.4 Input Penampang.....	41
Gambar 4.5 Beban Hidup.....	41
Gambar 4.6 Beban Mati	42
Gambar 4.7 Beban Gempa	42
Gambar 4.8 Hasil Run Deformasi	43
Gambar 4.9 Hasil Check of Structure	43
Gambar 4.10 Detail Penulangan Balok 25×40	52
Gambar 4.11 Detai Penulangan Kolom 40×40	56
Gambar 4.12 Detail Penulangan Pelat Atap.....	65
Gambar 4.13 Detail Penulangan Pelat Lantai	75
Gambar 4.14 Detail Penulangan Tangga.....	86
Gambar 4.15 Balok Bordes	86

DAFTAR NOTASI

A_s	Luas tulangan
$A_{s'}$	Luas tulangan terpakai
B	Ditinjau pelat lantai 1m
C	Jarak garis netral terhadap sisi atas beton
D	Tebal efektif pelat lantai
D_s	Jarak tulangan terhadap sisi luar beton
E_c	Modulus elastis beton
E_s	Modulus elastis baja tulangan
f_{cr}	Kekuatan tekan beton
f_y	Tegangan leleh baja untuk tulangan lentur
f_r	Modulus keruntuhan lentur beton
H	Tebal pelat lantai
I_e	Inersia efektif untuk perhitungan lendutan
I_g	Momen inersia brutto penampang pelat
I_{cr}	Momen inersia penampang retak yang ditransformasikan ke beton
K	Kuat tekan 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

Pesantren memiliki peranan sangat penting dalam menumbuhkan rasa kebangsaan, serta ikut berperan mencetak generasi yang berakhlak mulia. Tinggi kesadaran masyarakat atas manfaat pendidikan sebagai penentuan akhlak menjadi salah satu tujuan orang tua memasukan anaknya ke Pesantren khusus pesantren mualimin. bertambahnya orang berdatangan dari luar daerah untuk belajar di Pesantren Mualimin Bukittinggi dan bertambahnya jumlah siswa dan siswi yang ingin melanjutkan pendidikan di Pesantren Mualimin Garegeh Bukittinggi dari tahun ke tahun, maka dibutuhkan prasarana sebuah gedung asrama. Gedung asrama sangat dibutuhkan sebagai tempat tinggal mahasiswa yang datang dari luar Kota Bukittinggi, dan memberikan tempat tinggal yang sehat dan dekat dengan kampus. Dengan adanya gedung asrama, dapat mengembangkan kedisiplinan, rasa sosial, tanggung jawab. Oleh karena itu, pembangunan Asrama Pesantren Mualimin Bukittinggi sangat penting khususnya siswa dan siswi dari luar provinsi Sumatera Barat.

Membuat perencanaan struktur Gedung Asrama Pesantren Mualimin Bukittinggi yang kuat kokoh dan sehingga dapat digunakan sesuai dengan peruntukannya. Diperlukan analisis struktur sebagai pedoman pada aturan yang berlaku di Indonesia. Konstruksi bangunan gedung harus memenuhi persyaratan struktur bangunan yang telah ditentukan, agar mampu menerima beban dari luar maupun berat sendiri tanpa mengalami perubahan bentuk yang melampaui batas persyaratan. Perencanaan gedung asrama terdiri dari gambar kerja pelaksanaan dan perhitungan struktur atas gedung dan struktur bawah gedung. Dalam pembuatan gedung asrama direncanakan 3 lantai.

Perencanaan gedung Asrama Pesantren Mualimin Bukittinggi dengan tetap melihat standar keamanan, kenyamanan, ekonomis, dan kekuatan. Pada perencanaan struktur atas dan bawah gedung asrama, direncanakan dimensi perhitungan struktur atas dan bawah pada gedung seperti balok, kolom dan pelat

lantai, pondasi perhitungan pembebanan pada struktur gedung. Dan analisis perhitungan struktur menggunakan aplikasi SAP 2000.

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang, maka dirumuskan masalah yaitu perlunya perencanaan Gedung Asrama Pesantren Mualimin Bukittinggi dengan menggunakan aplikasi SAP 2000, yang meliputi :

1. Menciptakan elemen struktur bawah dan struktur atas yaitu pondasi Balok, Kolom, Pelat Lantai, Pelat Atap yang akan digunakan secara dianalisis menggunakan SAP 2000.
2. Mendefinisikan bangunan pada elemen-elemen struktur dan Merencanakan penulangan.

1.3 Batasan masalah

Batasan tentang analisis struktur Pembangunan Gedung ASRAMA PESANTREN MUALIMIN GAREGEH BUKITTINGGI ini yaitu:

- a. Perencanaan bangunan terdiri dari 3 (tiga) lantai, struktur yang akan dihitung adalah struktur bawah dan struktur atas meliputi Pondasi, Kolom, Balok, Pelat Lantai, Pelat Atap.
- b. Pemodelan analisis pada struktur atas adalah menggunakan cara manual (Excel) dan menggunakan program SAP 2000.
- c. Analisis beban-beban yang bekerja pada struktur gedung yang terdiri dari beban mati, beban hidup dan beban gempa beserta kombinasi pembebanan.

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Penulisan skripsi ini bertujuan untuk mengetahui dimensi dan analisis beban maksimal struktur gedung Asrama Pesantren Mualimin Garegeh Bukittinggi. Penulisan skripsi bermanfaat sebagai berikut :

1. Mampu menghitung kapasitas penampang dan tulangan yang dibutuhkan.

2. Mampu untuk menghitung pembebanan bekerja pada bangunan gedung asrama.
3. Mampu kontribusi dalam perencanaan pembangunan gedung Asrama Pesantren Mualimin Garegeh Bukittinggi.

1.5 Sistematika penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan berdasarkan tahapan-tahapan pembahasan, sebagai berikut:

BAB I: PENDAHULUAN

Menjelaskan tentang latar belakang permasalahan, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Menguraikan tentang ruang lingkup penelitian, pengertian kolom, balok, dan pelat lantai pada gedung ASRAMA PESANTREN MUALIMIN GAREGEH BUKITTINGGI.

BAB III: METODE PENELITIAN

Menjelaskan tentang lokasi pembangunan secara *flowchart* penyusunan skripsi.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 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 ilmiah dan buatan manusia (Shaucellel, 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.

2.1.1 Pembebanan Mati

Beban mati merupakan berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, kladding gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat derek keran (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
Aluminium	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 genteng 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)

2.1.2 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. perubahan 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 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	Panggung penonton dengan tempat duduk tidak tetap atau untuk penonton berdiri	500
H	Tangga, bordes tangga dan gang yang disebut dalam c	300
I	Tangga, bordes tangga dan gang yang disebut dalam d,e,f dan g	500
J	Lantai untuk: pabrik, bengkel, gedung, perpustakaan, ruang arsip,	400

	toko buku, toko besi, ruang alat-alat dan ruang mesin, harus di rencanakan terhadap beban hidup yang ditentukan sendiri	
K	Lantai gedung parkir bertingkat <ul style="list-style-type: none"> - 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)

2.1.3 Beban Akibat Pengaruh Alam

Beban akibat pengaruh alam dapat berupa beban angin, beban gempa, tekanan tanah atau air, serta beban akibat perubahan suhu. Beban tersebut bergantung pada lokasi bangunan.

1. Beban angin

Beban angin merupakan beban yang bekerja pada struktur suatu bangunan akibat tekanan dari gerakan angin. Beban ini dipengaruhi oleh lokasi dan ketinggian struktur. Berdasarkan pasal 30.4 SNI 1727:2013 untuk bangunan kategori tingkat rendah dan bangunan dengan $h < 18,3$ m. Dalam PPPURG (1989) Beban angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (isapan), yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau. Besarnya tekanan positif dan tekanan negatif ini dinyatakan dalam kg/m^2 , ditentukan dengan mengalikan tekanan tiup yang di tentukan dengan koefisien-koefisien angin. Besar tekanan angin ditentukan sebagai berikut :

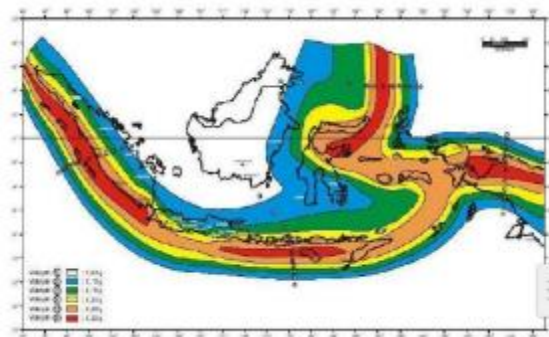
- a. Tekanan angin minimum 25kg/m^2 .
- b. Tekanan angin untuk daerah tepi pantai sampai sejauh 5 km dari pantai nilai minimumnya 40 kg/m^2 .
- c. Untuk daerah-daerah di dekat laut dan daerah-daerah lain tertentu, di mana terdapat kecepatan-kecepatan angin yang mungkin

menghasilkan tiup yang lebih besar, tekanan angin (p) dapat dihitung dengan rumus :

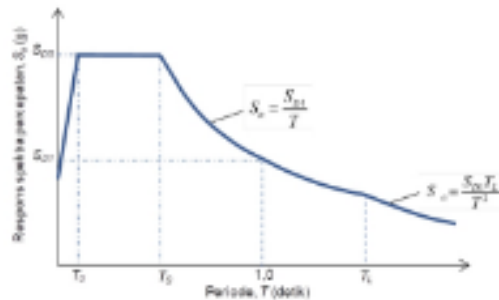
$$p = \frac{v^2}{16} \text{ kg/m}^2$$

- d. Pada corobong, tekanan angin dalam kg/m^2 harus ditentukan dengan rumus $(42,5 + 0,6 h)$, dimana h adalah tinggi cerobong seluruhnya dalam meter, diukur dari lapangan yang terbatas.
 - e. Apabila dapat dijamin suatu gedung terlindung efektif terdapat angin dari suatu jurusan tertentu oleh gedung-gedung lain, hutan-hutan pelindung atau penghalang-penghalang lain, maka tekanan angin dapat di kalikan dengan koefisien reduksi sebesar 0,5.
2. Beban gempa

Beban gempa merupakan beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa tersebut. Terdapat tiga metode yang dipakai, yaitu metode statik ekifalen, metode sprektum respond, dan metode riwayat waktu, ketiga metode diatur dalam peraturan perencanaan tahanan 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 dapat dilihat pada gambar 2.1, dan respon spektrum gempa rencana bedasarkan SNI 1726-2019 dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.1 Respons Spektrum Gempa Rencana
Sumber: SNI 1726-2002



Gambar 2.2 respons spektrum Gempa Rencana
Sumber: SNI 1726-2019

a. Faktor respons gempa (c) respons spektrum berdasarkan SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012 akan di jelaskan sebagai berikut ini.

- 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 syarat 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 pada tabel 2.4

Tabel 2.4 koefisien untuk menghitung 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)

b. 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 berdasarkan tabel 2.5 berikut.

Kategori gedung	Faktor keutamaan		
	I1	I2	I3
Gedung umum seperti untuk penghunian, perniagaan dan perkantoran	1,0	1,0	1,0
Monumen dan bangunan monumental			
Bangunan penting pasca gempa seperti rumah sakit, instalasi air bersih, pembangkit tenaga listrik, pusat penyalamatan dalam keadaan darurat, fasilitas radio dan televisi	1,4	1,0	1,4
Gedung untuk menyimpan bahan berbahaya			

seperti gas, produk minyak bumi, asam, bahan beracun	1,6	1,0	1,6
Cerobong tangki diatas menara	1,5	1,0	1,0

(Sumber ; SNI 03-1726-2002)

c. 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 berikut:

Tabel 2.6 Faktor reduksi

Pengunan 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
Perdagangan : - 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)

d. 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 Tabel 2.7 kombinasi beban untuk metode ultimet

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)

e. Perencanaan umum struktur bangunan gedung

Memberikan persyaratan minimum perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung. Menurut SNI 1726-2012 dibagi dalam beberapa kategori dan diklasifikasikan berdasarkan dari faktor keutamaan bangunan dan kategori resiko struktur bangunan dan kategori resiko struktur bangunan dapat dilihat pada tabel 2.8

Tabel 2.8 Faktor keutamaan struktur

Jenis pemanfaatan	Kategori resiko
<p>Gedung yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk dan tidak di batasi untuk, antara lain :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan • Fasilitas sementara • Gedung penyimpanan • Rumah jaga dan struktur kecil 	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori resiko I,III,IV, termasuk dan tidak di batasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Perumahan • Rumah toko dan rumah kantor • Pasar • Gedung perkantoran • Gedung apartemen/rumah susun 	II

<ul style="list-style-type: none"> • Pusat pembelanjaan/mall • Bangunan industri • Fasilitas manufaktur • Pabrik 	
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki resiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk dan tidak.</p> <p>Dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bioskop • Gedung pertemuan • Stadion • Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan gawat darurat • Fasilitas penitipan anak • Penjara • Bangunan untuk ruang jompo <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori resiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan /atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak di batasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pusat pembangkit listrik biasa • Fasilitas penanganan air • Fasilitas penanganan limbah • Pusat telekomunikasi <p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori resiko IV, (termasuk, tetapi tidak di batasi untuk fasilitas manufaktur, proses</p>	<p>III</p>

<p>penanganan, penyimpanan, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan bakar bahan beracun atau peledak dimana jumlah kandungan bahanya melebihi nilai batas yang di syaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran .</p>	
<p>Gedung dan non gedung yang di gunakan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak di batasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bangunan-bangunan monumental • Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan • Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah unit gawat darurat • Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat • Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk keadaan tanggap darurat • Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang di butuhkan pada kaadaan darurat • Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi tangki penyipanan bahan bakar, menara pendingin struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang di syarakat untuk 	IV

beroperasi pada keadaan darurat Gedung dan non gedung yang di butuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang yang masuk kedalam kategori resiko IV.	
--	--

(Sumber : SNI 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 di jamin keamanan yang disyaratkan dalam SNI T-15-1991-03 dapat di bagi menjadi dua bagian, yaitu provisi faktor beban dan provisi faktor reduksi kekuatan. Kuat perlu U dari suatu struktur harus dihitung dengan beberapa kombinasi beban yang bekerja pada struktur tersebut.

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

$$u = 1.2 (D) + 1.6 (L)$$

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

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

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

$$u = 1.3 (D) + 1.3 (W)$$

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

$$u = 1.05 (D + L_r + E)$$

atau

$$u = 0.9 (D \pm E)$$

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

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

$$u = (1,2D + 1,6L + 1,6H)$$

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

$$u = 0,9 D + 1,6H$$

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

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

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

dengan nilai U Harus lebih besar dari

$$u = 1,2(D + T)$$

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

2.3 Perhitungan Struktur

2.3.1 Kolom

Menurut Sudarmako (1996), kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka struktur yang memikul beban balok. Kolom merupakan suatu elemen struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan, sehingga keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya lantai yang bersangkutan dan juga runtuh total seluruh struktur. Menurut SNI 2847:2013 ialah komponen struktur dengan rasio tinggi terhadap dimensi lateral terkecil melampaui 3 yang digunakan terutama untuk menumpu beban tekan aksial.

Fungsi kolom ialah sebagai penerus beban seluruh bangunan ke pondasi. Kolom termasuk struktur utama untuk meneruskan berat bangunan dan beban lain seperti beban hidup (manusia dan barang-barang), serta beban angin.

1. Jenis-jenis kolom

Menurut Wang (1986) dan Ferguson (1986) jenis-jenis kolom ada tiga

- a) Kolom ikat (*tie column*)
- b) Kolom spiral (*spiral column*)
- c) Kolom komposit (*composite column*)

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 ditulangi dengan batang tulang pokok memanjang, yang pada jarak spasi 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. Penulangan kolom

- Menentukan nilai statika kolom menggunakan metode matrik, persamaan tiga momen, atau program SAP.
- Penulangan kolom
- Menentukan perbandingan antara aksial (P_u) dan momen (M_u) yang dikenal eksentrisitas kolom.

$$e = \frac{M_u}{P_u}$$

- Menentukan P_g (perbandingan luas tulangan dan luas beton kolom dan diasumsikan nilainya 1 - 3%)
- Kemudian mencari luas tulangan dengan asumsi $p = 2\%$

$$P = P' = \frac{A_s}{b \cdot d} = P_g \text{ jumlah sisi tulangan rencana.}$$

$$A_s = p \cdot b \cdot d$$

- Pemeriksaan P_u terhadap gaya seimbang

$$cb = \frac{600 \cdot d}{600 + f_y} \frac{600 \cdot d}{600 + f_y}$$

$$\beta_1 = 0,85$$

$$ab = \beta_1 \cdot c$$

$$es' = \frac{cb - d}{cb} (0.003)$$

Bandingkan nilai es' didapatkan dengan f_y / es , kalau nilai lebih kecil maka $fs' = f_y / es'$ namun kalau nilai es lebih besar maka $fs' = f_y$.

Setelah itu cari Aksial bekerja dengan rumus :

$$\phi P_{nb} = 0,65 (0,85 \cdot f_c' \cdot ab \cdot b + A_s' \cdot f_s' - A_s \cdot f_y) \quad (2.20)$$

Bandingkan nilai yang didapat dengan P_u yang bekerja kalau ϕP_{nb} besar dari P_u berarti kolom akan mengalami hancur dengan diawali luluhnya tulangan tarik.

Setelah itu lakukan pemeriksaan kekuatan penampang

$$P_a = \frac{A_s'}{\frac{e}{d - e + 0,5}} + \frac{b \cdot h \cdot f_c'}{\frac{3he}{d^2} + 1,18}$$

- Dimana :
- P_n = Aksial nominal
 - A_s' = Luas tulangan persisi
 - E = Eksentrisitas

d = Tinggi kolom dikurangi asumsi selimut

d' = Asumsi selimut beton

$b = h$ = Lebar dan tinggi kolom

2.3.2 Balok

Menurut Nawy (1998) balok adalah elemen struktur yang menyalurkan beban-beban dari pelat lantai ke penyangga yang vertikal. Balok merupakan elemen struktur yang didesain untuk menahan gaya-gaya yang bekerja secara transversal terhadap sumbunya sehingga mengakibatkan terjadinya momen lentur dan geser sepanjang bentang.

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

Balok berfungsi sebagai pedukung beban vertikal dan horisontal. Beban vertikal berupa beban mati dan beban hidup yang diterima pelat lantai, berat sendiri balok dan berat dinding penyekat yang di atasnya. Sedangkan beban horisontal 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 statis 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.

d. Balok dengan ujung-ujung tetap

Balok dengan ujung tetap (di kait kuat) dibuat untuk menahan translasi dan rotasi. Ujung-ujung dari balok ini di kunci sedemikian kuat sehingga tidak bergerak atau pun berotasi karena momen.

e. Bentang tersuspensi

Bentang tersuspensi adalah balok sederhana yang dipotong oleh teritisan dari dua bentang dengan kostruksi sumbangan pin pada momen nol.

f. Balok menerus atau kontinu

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

2. Preliminari Desain Penampang Balok

Untuk keseragaman dimensi balok pada seluruh konstruksi, maka perencanaannya didasari pada balok yang memiliki harga ketebalan terbesar. Berdasarkan SNI (2847:2013) tentang Tebal Minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung, untuk balok dengan 2 tumpuan, tebal balok (h) adalah :

a. Tinggi balok

$$h > L_{pj} / 16$$

b. Lebar Badan Balok (bw)

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

Persyaratan yang harus dipenuhi untuk komponen lentur (Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus / SRPMK) SNI 2847:2013 pasal 21.5.1.

1) Gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur Pu, tidak boleh melebihi $A_g \cdot F_c' / 10$

- 2) Bentang bersih untuk komponen struktur, L_n tidak boleh kurang dari 4 kali tinggi efektif

$$L_n > 4d$$

- 3) Lebar komponen b_w , tidak boleh kurang dari yang lebih kecil 0.3 h dan 250 mm

a. $B_w / h > 0.3$

b. $B_w > 250 \text{ mm}$

- 4) Lebar komponen struktur b_w , tidak boleh melebihi lebar komponen struktur penumpu, c_2 , ditambah suatu jarak pada masing-masing sisi komponen struktur penumpu yang sama dengan yang lebih kecil dari a dan b :

- a. Lebar komponen struktur penumpu c_2 , dan

- b. 0.75 kali dimensi keseluruhan komponen struktur penumpu, c_1

$$b_w < 0.3$$

$$b_w < 250 \text{ mm}$$

3. Penulangan Balok

- a. Menentukan nilai statika portal dengan menggunakan metoda matrix, persamaan tiga momen atau dengan SAP 2000 pada portal balok.

- b. Menentukan P_{min} dan P_{max} dengan rumus sebagai berikut :

$$p_{min} = \frac{1.4}{f_y}$$

$$p_{max} = 0.75 \cdot \frac{0.85 \cdot f_y}{f_y} \cdot 0.85 \cdot \frac{600}{600 + f_y}$$

- c. Menganalisa penulangan balok berdasarkan momen yang di piperoleh dari analisa statika balok

- d. Menganalisa tulangan tumpuan negatif

$$\frac{p'}{p} = \frac{M_{positif \ tumpuan}}{M_{negatif \ tumpuan}} \text{ bila kecil dari 0,5 maka pakai 0,5}$$

- e. Menentukan nilai R_n dengan rumus sebagai berikut

$$R_n = \frac{m^-}{\phi \cdot b \cdot d^2}$$

Dimana :

$$\phi = 0.8$$

b = Lebar (m)

Mu = Momen (kNm)

D = Tinggi Efektif (m)

- f. Menentukan P berdasarkan dari hasil Rn dan dengan persyaratan sebagai berikut :

Apabila $p_{pakai} > p_{min}$ dan $p_{pakai} < p_{max}$ maka digunakan p_{pakai}

Apabila $p_{pakai} < p_{min}$ dan $p_{pakai} < p_{max}$ maka digunakan p_{Min}

Apabila $p_{pakai} > p_{min}$ dan $p_{pakai} > p_{max}$ maka digunakan p_{Max}

- g. Menentukan As dan AS' pada penulangan lapangan dan tumpuan dengan rumus sebagai berikut :

$$As = p_{pakai} \cdot b \cdot d$$

$$As = \frac{p'}{p} \cdot As$$

- h. Menganalisa tulangan tumpuan positif

Menganalisa tulangan tumpuan positif sama dengan tulangan tumpuan negatif hanya saja untuk nilai p'/p nilainya juga di balik.

- i. Mengambil tulangan lentur

Tulangan lentur yang diambil adalah nilai As dan As' terbesar dari tulangan tumpuan positif didaerah lapangan nilai As dan As' tumpuan di balik.

- j. Menghitung luasan penampang

$$As_{maks} = 0,03119 hf \left(b + bw \left(\frac{0,51(d)}{100} - 1 \right) \right)$$

- k. Menganalisa tulangan geser, penulangan geser berdasarkan nilai geser

- l. Menentukan nilai Vu yang berdasarkan dari analisis statika

- m. Menentukan nilai Vc dengan rumus sebagai berikut

$$Vc = 1\frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d$$

- n. Menentukan nilai vn dengan rumus sebagai berikut :

$$V_n = \frac{Vu}{0,6}$$

- o. Dari nilai V_n dan V_c yang di peroleh dengan melakukan perbandingan dengan sanyarat sebagai berikut :

Apabila $V_n > V_c$ maka balok memerlukan tulangan geser

Apabila $V_n < V_c$ maka balok tidak memerlukan tulangan geser

- p. Menentukan nilai V_s dengan rumus sebagai berikut

$$V_s = V_n - V_c$$

- q. Bedasarkan nilai V_s , V_{s1} dan V_{s2} yang diperoleh maka di cari jarak sekang (S) dengan rumus sebagai berikut :

$$S = \frac{A_v \cdot F_y \cdot d}{V_s}$$

Dimana :

A_v = Luasan diameter tulangan asumsi (cm^2)

F_y = Mutu tulangan asumsi (Kg/cm^2)

D = Tinggi balok efektif (cm)

Kotnrol tulangan geser adalah :

$d/4$ untuk lapangan dan $d/2$ untuk daerah tumpuan, di mana

d = dimensi balok terkecil.

2.3.3 Pelat Lantai

Menurut (Asroni 2010), Pelat lantai adalah struktur tipis yang di buat dari beton bertulang dengan bidang yang arahnya horinzontal, dan bidang yang bekerja tegak lurus pada bidang struktur tersebut. ketebalan bidang ini relatif sangat kecil apabila di bandingkan dengan bentang panjang/lebar bidangnya. Fungsi pelat lantai secara umum adalah untuk pemisah antara lantai bawah sama dengan lantai atas, untuk tempat berpijak penghuni di atas lantai, perletakan kabel listrik dan lampu pada ruang bawah, meredam suara dari ruang atas maupun dari ruang bawah, dan menambah kekakuan bangunan pada arah horizontal. Sedangkan secara spesifik. Sedangkan secara spesifik fungsi pelat lantai dari beton dibandingkan pelat lantai bahan kontruksi lainnya adalah mampu menahan beban besar, menjadi isolasi suara yang baik, tidak dapat terbakar dan lapis kedap

air, dan merupakan bahan yang kuat dan awet, tidak perlu perawatan dan dapat berumur panjang.

1. Jenis-jenis pelat lantai

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

Jenis-jenis pelat lantai berdasarkan perlatakannya.

a. Terletak

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

b. Pelat terjepit elastis

Jika pelat dan balok dicor bersama-sama secara monolit, tetapi ukuran balok cukup kecil sehingga balok tidak cukup kuat untuk mencegah terjadinya rotasi.

c. Terjepit penuh

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

2. Penulangan pelat

a. Menentukan bentang L_x dan bentang terpendek dan bentang L_y atau bentang terpanjang.

b. Menentukan P_{min} dan P_{max} dengan rumus sebagai berikut :

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

$$P_{max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot f'c}{f_y} \cdot 0,85 \cdot \frac{600}{600+f_y}$$

c. Menentukan pembebanan dari pelat yang direncanakan.

d. Menganalisa statika pelat

e. Menganalisa penulangan pelat lantai berdasarkan momen yang di peroleh dari analisa statika pelat sebagai berikut :

a) Menentukan nilai R_n dengan rumus sebagai berikut :

$$R_n = M_u / (\phi \cdot b \cdot d^2)$$

Dimana :

$$\phi = 0,8$$

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

$$M_u = \text{Momen (KN/mm)}$$

$$d = \text{Tinggi Efektif (mm)}$$

b) Menentukan Nilai ω dengan rumus sebagai berikut :

$$\omega = 0,85 \cdot \left(\sqrt{1 - \frac{2,353 \cdot R_n}{f'c}} \right)$$

c) Menentukan p pakai dengan rumus dan persyaratan sebagai berikut :

$$\text{Nilai } p \text{ pakai} = \omega \cdot \frac{f'c}{f_y}$$

Dengan syarat :

Apabila $p \text{ pakai} > p \text{ min}$ dan $p \text{ pakai} < p \text{ max}$ maka gunakan $p \text{ Pakai}$

Apabila $p \text{ pakai} < p \text{ min}$ dan $p \text{ pakai} < p \text{ max}$ maka gunakan $p \text{ min}$

Apabila $p \text{ pakai} > p \text{ min}$ dan $p \text{ pakai} > p \text{ max}$ maka gunakan $p \text{ Max}$

d) Menentukan A_s dan A_s' dengan rumus sebagai berikut :

$$A_s = p \text{ pakai} \cdot b \cdot d$$

$$A_s' = \text{Rasio tulangan} \cdot b \cdot h$$

2.3.4 Pondasi

Hordiyatmo, H.C.(2002:79) menjelaskan pondasi adalah komponen struktur terendah dari bangunan yang meneruskan beban bangunan ke tanah atau batuan yang berada di bawahnya. Secara umum pondasi di bagi menjadi dua klasifikasi, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pondasi dangkal diartikan sebagai

pondasi yang hanya mampu menerima beban relatif kecil dan secara langsung menerima beban bangunan. Pondasi dalam diartikan sebagai pondasi yang mampu menerima beban relatif kecil dan secara langsung menerima beban bangunan.

Pondasi dalam diartikan sebagai pondasi yang mampu menerima bangunan yang besar dan meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batuan yang sangat dalam. Macam-macam contoh jenis pondasi berikut adalah jenis pondasi.

1. Macam-macam pondasi

1) Pondasi dangkal

a. Pondasi memanjang

Pondasi memanjang atau juga dikenal dengan pondasi jalur merupakan jenis pondasi dangkal yang berfungsi untuk mendukung beban bangunan yang berbentuk memanjang. Jenis pondasi ini secara umum dibuat dalam bentuk memanjang baik itu berbentuk persegi panjang, persegi, maupun trapesium. Bahan yang digunakan untuk membuat pondasi ini adalah cor beton tanpa tulang, pecahan batu, serta batu kali.

b. Pondasi telapak (*spread footing*)

Pondasi telapak digunakan sebagai tumpuan kolom berdiri sendiri. Pondasi ini terbuat dari beton bertulang yang dibentuk menyerupai papan atau telapak dan memiliki ketebalan tertentu. Untuk bangunan bertingkat, pondasi telapak cocok untuk diterapkan.

c. Pondasi rakit (*raft foundation*)

Pondasi rakit digunakan apabila suatu bangunan terletak pada tanah rendah. Pondasi ini juga biasa digunakan pada bangunan yang memiliki basement.

2) Pondasi dalam

a. Pondasi sumuran (*pier foundation*)

Pondasi sumuran atau kaison diartikan sebagai pondasi yang tersusun atas pipa beton yang ditanam dalam tanah membentuk sumur kemudian cocor di tempat menggunakan bahan batu belah dan beton sebagai isinya. Pondasi ini dapat diterapkan pada lahan-lahan konstruksi yang kedalaman lapisan tanah kerasnya berkisaran 3-5 meter.

b. Pondasi tiang (*pile foundation*)

Pondasi tiang digunakan untuk menopang bangunan jika permukaan tanah keras terletak sangat dalam. Pondasi tiang cocok di terapkan pada bangunan-bangunan tingkat tinggi yang pengaruhi oleh gaya-gaya penggulingan akibat beban horizontal, dapat juga mendukung bangunan dalam menahan gaya uplift. Berikut macam-macam tiang pancang berdasarkan cara penempatan beban.

a) Point bearing pile (*end bearing pile*)

Point bearing pile adalah tiang pancang dengan tahanan ujung yang meneruskan beban bangunan melalui ujung pondasi ke tanah keras.

b) Friction pile

Friction pile adalah tiang pancang adalah meneruskan beban bangunan ke tanah melalui gesekan kulit tiang (*skin friction*) dengan tanah disekelilingnya.

2. Penentuan Pondasi Sumuran

1) Daya dukung pondasi sumuran

Peck, dkk. (1953) membedakan fondasi sumuran dengan fondasi dangkal dari nilai kedalaman (D_f) dibagi lebarnya (B). Untuk fondasi sumuran $D_f/B > 5$. Sedangkan untuk fondasi dangkal $D_f/B < 1$. Untuk menentukan daya dukung pondasi, terlebih dahulu kita mengetahui data-data tanah, momen yang bekerja dan beban yang di terima. Karena data yang di gunakan adalah data sondir maka perhitungan

daya dukung atau kapasitas tiangnya menggunakan rumus pondasi sebagai berikut :

$$Pu' = Pu + Ps$$

Dimana

Pu' = beban ultimit untuk pondasi dalam

Pu = beban ultimit untuk pondasi dangkal

Ps = perlawanan untuk dinding pondasi (*friction*)

a. Daya dukung berdasarkan data SPT

Analisis daya dukung izin pondasi terhadap kekuatan tanah non-kohefif berdasarkan data N_{SPT} dengan rumus meyerhof

$$Pa = \frac{qc \cdot Ap}{FK1} \times \frac{Li \cdot AST}{FK2}$$

Dimana:

Pa = daya dukung izin tekan

Qc = 20 N, untuk *silt/clay*, dan 40 N, untuk *sand*

n = nilai N SPT

Ap = luas penampang tiang

AST = keliling penampang tiang

Li = panjang segmen tiang yang di tinjau

FK1, FK2 = faktor keamanan, 3 dan 5

b. Perencanaan dan perhitungan daya dukung pondasi sumuran berdasarkan data sondir.

CPT (Cone Penetration Test) atau sondir merupakan tes untuk mengetahui perlawanan penetrasi konus (qc) dan habatan lekat (qf) pada setiap kedalaman tanah, dan menentukan letak kedalaman tanah keras. Sondir dapat juga mengklafikasikan lapisan tanah dan dapat memperkirakan kekuatan dan karakteristik dari tanah. Didalam perencanaan pondasi tiang, data tanah sangat diperlukan dalam perencanaan kapasitas daya dukung (Bearing Capacity)

tiang sebelum pembangunan dimulai, agar dalam mendesain pondasi yang akan digunakan sebagai penyokong kolom bangunan di atas memiliki faktor keamanan yang tinggi sehingga bangunan di atasnya tetap kuat dan tidak mengalami penurunan yang dapat membahayakan dari sisi keselamatan akan bangunan dan penghuni di dalamnya.

Daya dukung ultimit pondasi tiang dinyatakan dengan rumus :

$$Q_b = A_h \times q_c$$

Keterangan :

$$Q_b = \text{daya dukung ujung (kg)}$$

$$A_h = \text{luas penampang (cm}^2\text{)}$$

$$q_c = \text{tekanan rata-rata (kg/cm}^2\text{)}$$

Daya dukung friksi / geseran sepanjang dinding tegak bagian luar sumuran adalah :

$$Q_s = A_s \times F_s$$

Keterangan :

$$Q_s = \text{daya dukung kulit/geseran (kg)}$$

$$A_s = \text{luas selimut (cm}^2\text{)}$$

$$F_s = \text{tahanan dinding /JHF (Kg/cm}^2\text{)}$$

F_s dapat dicari dengan persamaan = $0,012 \times q_c$

$$Q_{ult} = Q_b + Q_s$$

$$Q_{all} = Q_{ult} / SF$$

Keterangan

$$Q_{ult} = \text{daya dukung batas (kg)}$$

$$SF = \text{angka keamanan}$$

2) Penurunan pondasi sumuran

Istilah penurunan (*settlement*) digunakan untuk menunjukkan gerakan titik tertentu pada bangunan terhadap titik referensi yang tetap. Jika seluruh permukaan tanah dibawah dan disekitar bangunan turun

secara seragam dan penurunan terjadi tidak berlebihan, maka turunnya bangunan akan tidak tampak oleh pandangan mata dan penurunan yang terjadi tidak menyebabkan kerusakan bangunan. Umumnya penurunan tak seragam lebih membahayakan bangunan daripada penurunan total.

Secara umum, penurunan dapat diklasifikasikan menjadi 3 tahap, yaitu :

a. Penurunan seketika

Penurunan seketika (penurunan elastis terjadi dalam kondisi *undrained* (tidak ada perubahan volume). Penurunan ini terjadi dalam waktu yang singkat saat dibebani secara cepat. Besarnya penurunan elastis ini tergantung dari besarnya modulus elastisitas kekakuan tanah dan beban timbunan di atas tanah. Untuk menentukan penurunan seketika Hardiyatmo (1996) memberikan persamaan sebagai berikut:

$$S_i = Q \cdot B \frac{(1 - \mu^2)}{E_s} \cdot I_w$$

di mana:

Q = besarnya tegangan kontak

B = lebar fondasi

μ = angka poisson ratio

E_s = sifat elastisitas tanah

b. Penurunan konsolidasi

Penurunan konsolidasi adalah perpindahan vertikal permukaan tanah sehubungan dengan perubahan volume pada suatu tingkat dalam proses konsolidasi. Besaran hal ini ditentukan oleh waktu pembebanan yang terjadi pada tanah jenuh ($S_r = 100\%$), atau yang mendekati jenuh ($S_r = 90-100\%$), atau pada tanah berbutir halus, yang mempunyai harga $k < 106 \text{ m/s}$.

Persamaan untuk menghitung untuk tanah dengan konsolidasi normal:

$$S_{pc} = \frac{C_c \cdot H}{1 + e} \left(\log \frac{P_{o'} + \Delta p}{P_{o'}} \right)$$

Dimana :

Δp = tambahan tegangan

e_0 = *initial void ratio*

C_c = *compression index*

P_0 = *effectife overburden layer*

H = tinggi lapisan yang mengalami konsolidasi

3) Stabilitas pondasi sumuran

Dalam analisis perencanaan pondasi sumuran, perlu di lakukan cek kontrol terhadap guling, geser, eksentrisitas, yaitu membandingkan antara momen vertikal dan momen horizontal, serta gaya vertikal dan gaya horizontal.

a) kestabilan terhadap guling

kestabilan struktur terhadap kemungkinan terguling dihitung dengan persamaan berikut:

$$FK_{guling} = \frac{\sum S M_v}{\sum S M_h}$$

$\sum S M_v$ = momen vertikal (Tm)

$\sum S M_h$ = momen horizontal (Tm)

b) Ketahanan terhadap geser

Ketahanan struktur terhadap kemungkinan struktur bergeser dihitung dengan persamaan berikut:

$$FS (geser) = \frac{(\sum v) \tan \delta + C_a \cdot B}{\sum V_h}$$

$\tan \delta$ = faktor geser tanah antara tanah dan dasar tembok

C_a = adhesi antara tanah dan dasar tembok =0

B = lebar dasar pondasi

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Umum

Metode penelitian itu suatu ilmu pengetahuan yang menjelaskan sistematika penelitian berdasarkan fakta dan gejala yang terjadi secara objektif. Metodologi penelitian terhadap 2 metode yaitu kualitatif dan metode kuantitatif. Metode kualitatif itu metode yang mengumpulkan data dari survei lapangan yang didapatkan oleh penelitian. Sedangkan metode kuantitatif adalah metode penelitian yang datanya berupa angka, gambar, grafik, juga tabel berdasarkan dari data yang diperoleh oleh penelitian. Dalam metode kuantitatif ini mengembangkan penelitian secara sistematis. Berdasarkan penjelasan dari kedua metode tersebut maka dalam penelitian ini menggunakan metode penelitian kualitatif.

3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian penulis adalah di Kota Bukittinggi, yang berlokasi JL.Ranah, Garegeh ,Kecamatan Mandiangin Koto Selayan, Kota Bukittinggi, Sumatera Barat.



Gambar 3.2.1 Lokasi Perencanaan

Data Penelitian

3.1.1 Jenis dan sumber data

Data penelitian yang digunakan pada pembangunan Gedung Asrama Pesantren Muallimin Garegeh Bukittinggi sebagai berikut :

- a. Nama pekerjaan : Pembangunan Gedung Asrama Pesantren Muallimin Bukittinggi
- b. Luas bangunan : $20 \text{ m} \times 12 \text{ m} = 240 \text{ m}^2$
- c. Jumlah lantai : 3 lantai
- d. Luasan lantai : Lantai 1 $20 \text{ m} \times 14 \text{ m} = 280 \text{ m}^2$
: Lantai 2 $20 \text{ m} \times 14 \text{ m} = 280 \text{ m}^2$
: Lantai 3 $20 \text{ m} \times 14 \text{ m} = 280 \text{ m}^2$
- e. Luas keseluruhan lantai : 840 m^2
- f. Mutu beton : 40 MPa
- g. Penutup : pelat atap
- h. Kegunaan bangunan : tempat tinggal siswi
- i. Lokasi : JL.Ranah, Garegeh, Kecamatan Koto Selayan, Kota Bukittinggi

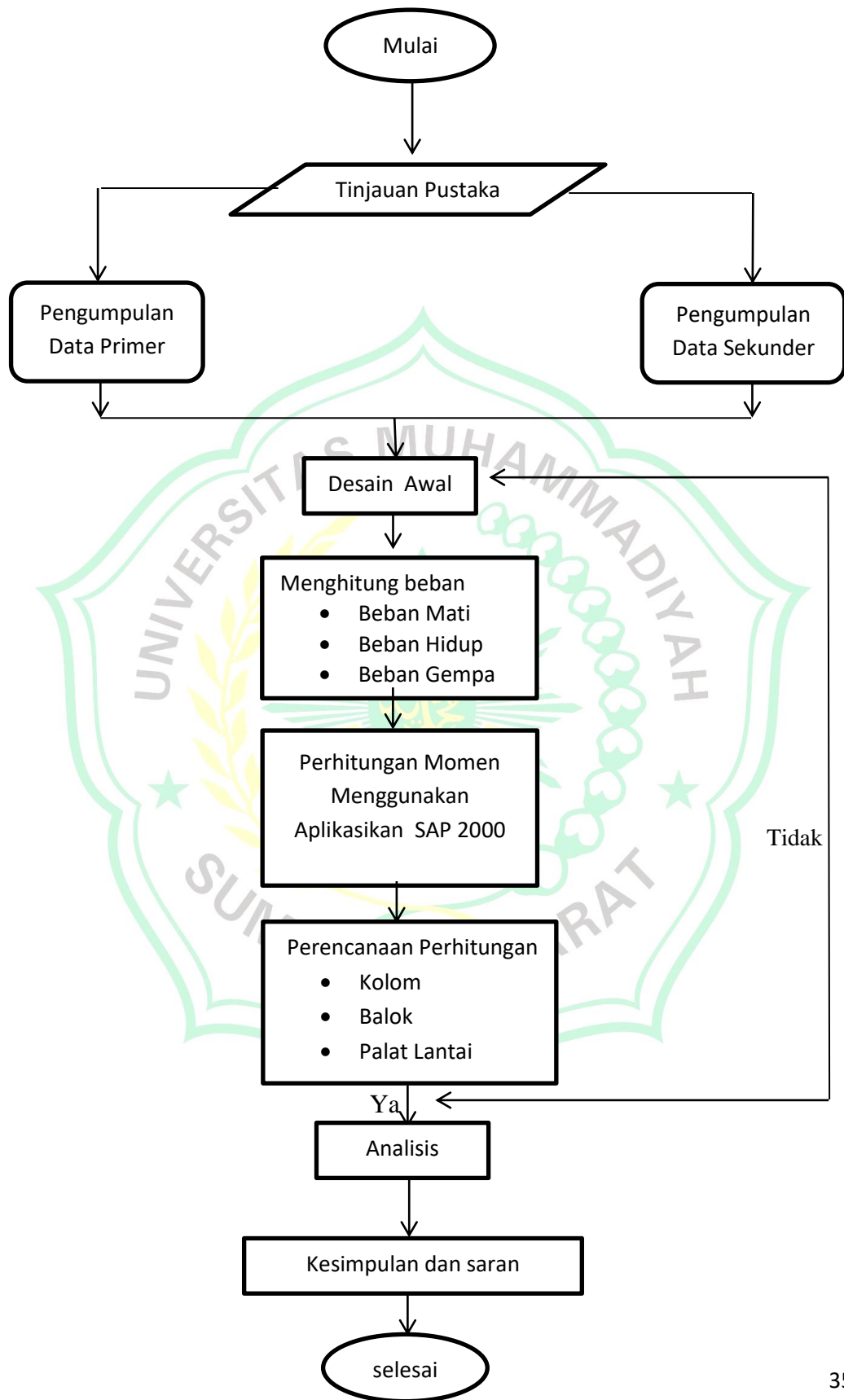
3.1.2 Teknik pengumpulan data

Pengumpulan data bertujuan mendapatkan informasi untuk mencapai tujuan dari penelitian. Observasi adalah metode pengumpulan data yang saling berhubungan karena dalam pelaksanaannya selalu melibatkan beberapa faktor. Pengumpulan data tersebut dapat digunakan dalam penelitian yang tujuannya untuk mengetahui tingkah laku manusia, prosedur kerja, serta gejala-gejala yang terjadi alam.

3.4 Metode Analisis Data

Dalam metode analisis data, penulis hanya melakukan perencanaan struktur atas dan bawah pada pembangunan Gedung Asrama Pesantren Muallimin Garegeh Bukittinggi menggunakan aplikasi SAP 2000

Diagram alir pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.2



BAB IV

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Preliminary Design

4.1.1 Perencanaan balok, kolom, pelat dan pondasi

1. Perencanaan balok

a) perencanaan balok induk

Untuk tinggi (h) maka perhitungannya adalah $16/L$, dengan jarak bentang 4 meter maka :

$$4000/16 = 0,25 / 40\text{cm}$$

sedangkan lebarnya (b) rumusnya adalah $2/3 \times h$, sehingga akan didapatkan nilai :

$$2/3 \times 0,4 = 0,26 / 25 \text{ cm}$$

ukuran diameter tulangan balok dan ukuran balok

tulangan longitudinal (dl) : 13 mm

tulangan sengkang (ds) : 10 mm

tinggi minimum balok (h) : 40 cm

lebar balok (b) : 25 cm

panjang bentang balok (L) : 4 m

Perencanaan balok juga harus mempertimbangkan syarat pada SNI 2847:2019, pasal 18.6.2.1. L_n tidak boleh kurang dari 4 kali tinggi efektif

$$L_n > 4d > 1440 \dots\dots\dots \text{OK !!!}$$

2. Perencanaan kolom

a) Perencanaan Kolom 1

setelah mengetahui dimensi balok, barulah bisa menghitung kolom.

Untuk rumus lebar balok (b) + (2 x 15 cm) maka didapatkan :

$$15 + 25 = 40 \text{ cm}$$

keterangan :

Tebal Pelat = 0.12 m

Dimensi balok = 0.40 m²

Panjang balok	= 4.50 m ²
Dimensi kolom	= 0.40 m ² x 0.40 m ²
Tinggi kolom	= 3.50 m ²

3. Perencanaan Pelat

Perencanaan Pelat

Perencanaan Pelat lantai dan Palat Atap

Mutu beton, f_c'	= 40 MPa
Mutu baja, f_y	= 400 MPa
Tebal pelat lantai, h	= 120 mm
Penutup beton, P_b	= 20 mm
Diameter tulangan pokok arah x dan y adalah $\emptyset 12$ mm.	

4.2 Pembebanan

4.2.1 Beban mati

- Berat palat lantai

Berat pelat lantai	= 0,15 m x 24 kN/m ³	= 3,6 kN/m ²
Berat spesi	= 3 x 0,66 kN/m ²	= 1.32 kN/m ²
Berat keramik	= 1 x 0,24 kN/m ²	= 0.24 kN/m ²
Berat mekanikal dan elektrikal (ditaksir)		= <u>0.15 kN/m²</u>
	WDL	= 5.41kN/m²
- Berat palat atap

Berat pelat lantai	= 0,15 m x 24 kN/m ³	= 3,6 kN/m ²
Berat spesi	= 3 x 0,66 kN/m ²	= 1.32 kN/m ²
Berat mekanikal dan elektrikal (ditaksir)		= <u>0.15 kN/m²</u>
	WDL	= 5.07kN/m²
- Beban balok 40 x 25 m² pada lantai 2 dan lantai 3

Tinggi gedung perlantai (H)	= 3,50 m
Tinggi dinding (T)	= 310 m
BV dinding	= 250 kg/m ³
Berat dinding	= 775 kg/m ³
- Berat tangga

Beban pelat + tangga	= 0,2351 x 24	=5,642kN/m ²
Tegel (2 cm)	= 0,02 x 0,24	=0,0048kN/m ²
Spesi (2 cm)	=0,02 x 0,21	=0,0042kN/m ²
Roiling		= <u>0.89 kN/m²</u>
		WDL =6,5414kN/m²

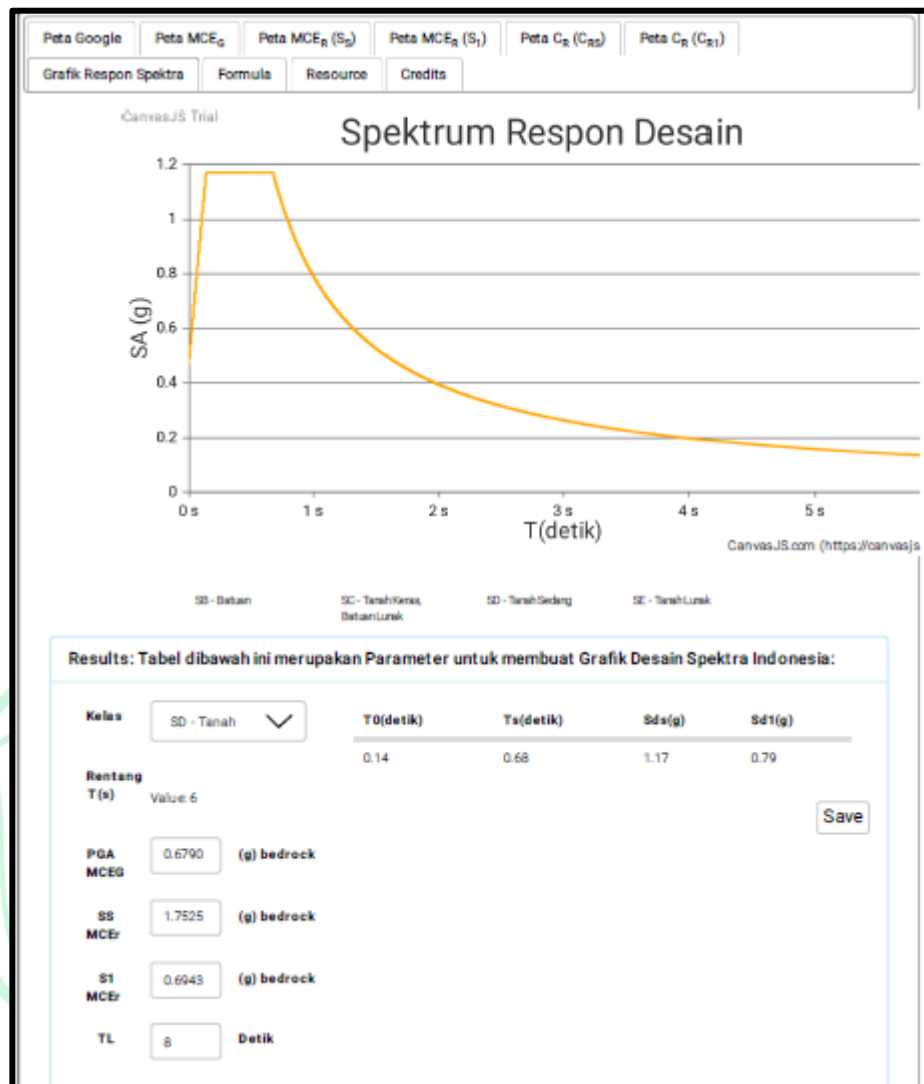
5. Berat bordes		
Berat sendiri	= 0,11 x 24	=2,64kN/m ²
Tegel (2 cm)	= 0,02 x 0,24	=0,0048kN/m ²
Spesi (2 cm)	=0,02 x 0,21	=0,0042kN/m ²
Roiling		= <u>0.89 kN/m²</u>
		WDL =3,539kN/m²

4.2.2 Beban hidup

1. Berat beban hidup pelat lantai
= 3.59 kN/m² (PPIUG 1983)
2. Berat beban hidup pelat atap
= 1 kN/m² (PPIUG 1983)
3. Berat beban tangga
= 1,33 kN/m²
4. Berat beban bordes
= 1,33 kN/m²

4.2.3 Beban gempa

Respon spektrum diambil data dari: (puskim.pu.go.id/aplikasi/desaian_spektra_indonesia_2011) Wilayah berada Garegeh Bukittinggi dengan data tanah sedang . Lokasi: (Lat:-0.29315343743057204, Long: 100.39491176605225) tr Grafik respons spektrum Kota Bukittinggi dapat dilihat pada gambar 4.1

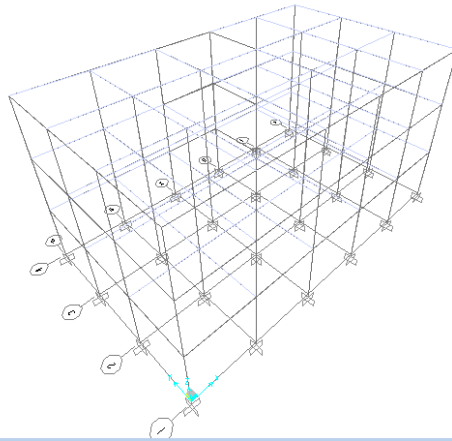


Gambar 4.1 Grafik Respons Spektrum kota Bukittinggi
 Sumber: Desain Spektra pekerjaan umum

4.3 Perhitungan Momen Menggunakan Aplikasi SAP 2000

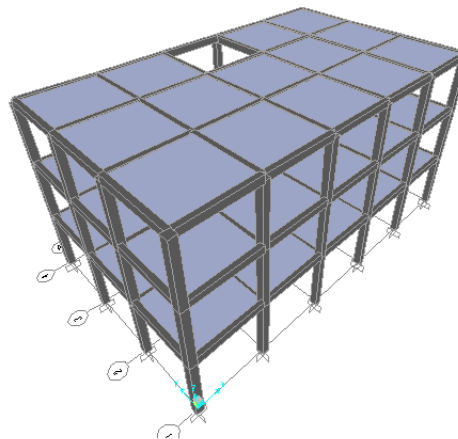
4.3.1 Menggambar Grid Bangunan

Untuk grid gedung pada SAP dapat dilihat pada gambar 4.2



Gambar 4.2 Grid Gedung SAP 2000
 Sumber: Aplikasi SAP 2000

Untuk gambar 3D gedung SAP dapat dilihat pada gambar 4.3



Gambar 4.3 Gedung SAP 2000
 Sumber: Aplikasi SAP 2000

4.3.2 Mendefinisikan Penampang dan Beban

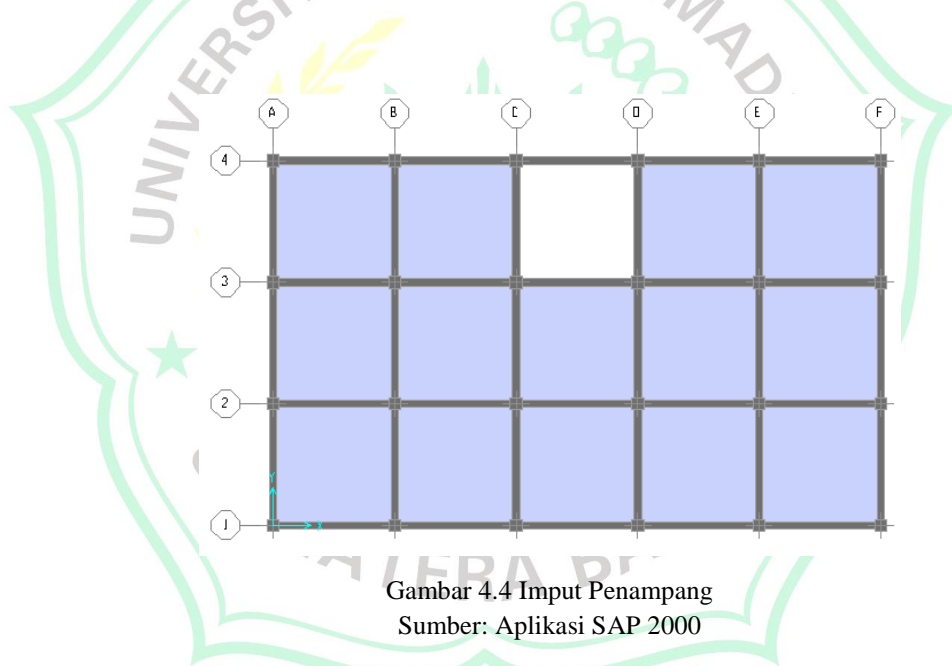
Dari hasil perhitungan digunakan penampang untuk tiap-tiap balok, kolom dan pelat sebagai berikut :

- Balok lantai 2, 3
 - Balok (B1) = 25 cm x 40 cm

- Kolom lantai 1, 2 dan 3
 - kolom (K1) = 40 cm x 40 cm
- Pelat lantai
 - Tebal = 120 cm
- Pelat atap
 - Tebal = 120 cm
- Material yang diinputkan
 - Beton (f_c') = 40 Mpa
 - baja (f_y) = 400 Mpa

Untuk input penampang dapat kita lihat gambar

4.4

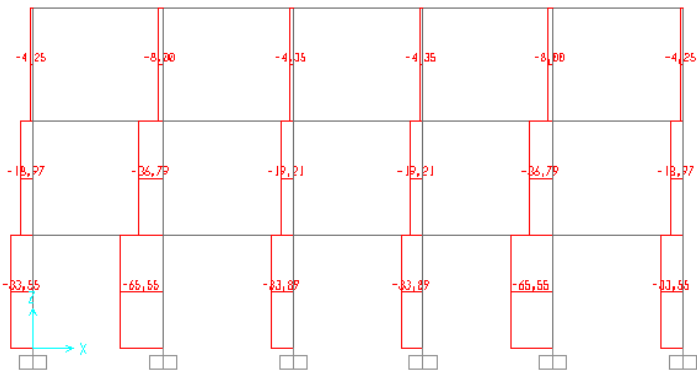


Gambar 4.4 Input Penampang
Sumber: Aplikasi SAP 2000

4.3.3 Input Beban Hidup, Mati, Beban Gempa

1. Beban Hidup

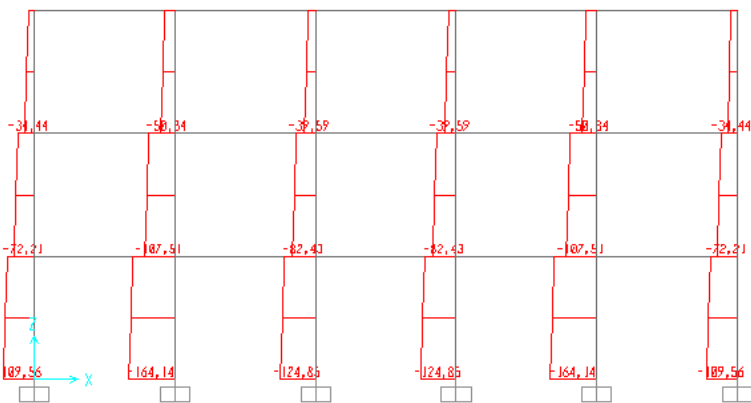
Untuk beban hidup dapat dilihat pada gambar 4.5



Gambar 4.5 Beban Hidup
Sumber: Aplikasi SAP 2000

2. Beban Mati

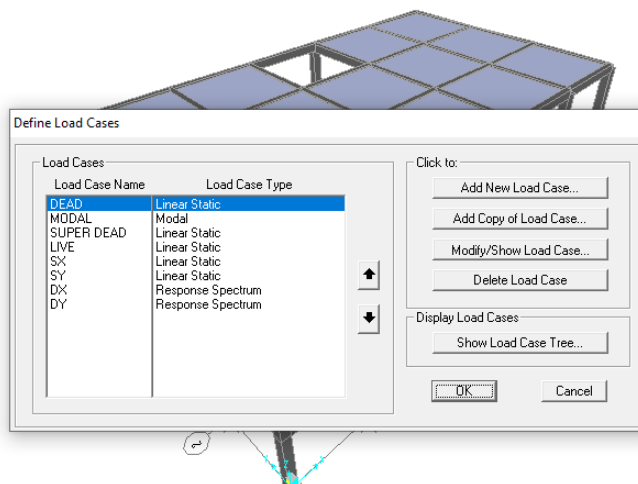
Untuk beban mati dapat dilihat pada gambar 4.6



Gambar 4.6 Beban Mati
Sumber: Aplikasi SAP 2000

3. Beban Gempa

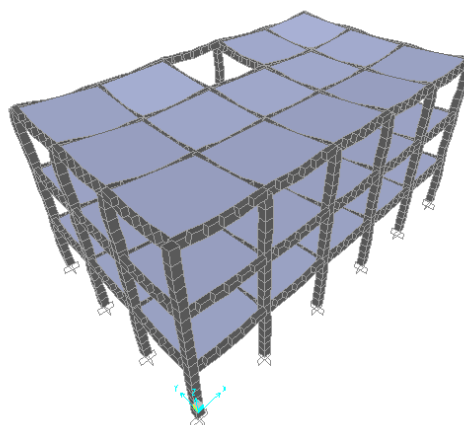
Untuk beban dapat dilihat pada gambar 4.7



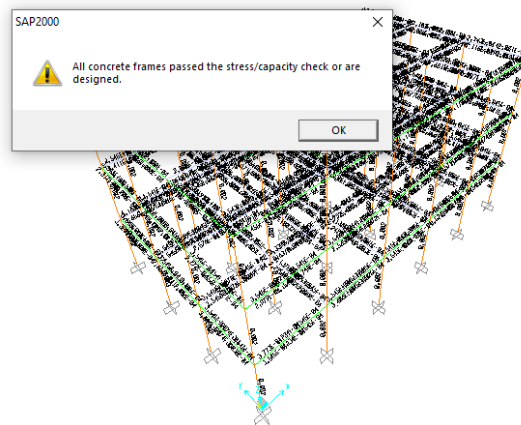
Gambar 4.7 Beban Gempa
Sumber: Aplikasi SAP 2000

4.3.4 Hasil *Running* SAP 2000

Dari hasil *Running* aplikasi SAP didapatkan momen-momen yang nantinya digunakan pada perhitungan penulangan balok, kolom dan pelat lantai dan pelat atap. Rekap momen dari hasil perhitungan menggunakan aplikasi SAP 2000 dapat dilihat pada gambar 4.8 dan gambar 4.9 :



Gambar 4.8 Hasil Run Deformasi
Sumber: Aplikasi SAP 2000



Gambar 4.9 Hasil Check of Structure
 Sumber: Aplikasi SAP 2000

4.4 Rekapitulasi Gaya Dalam

Rekap momen dan hasil perhitungan menggunakan aplikasi SAP

Tabel 4.1 Rekap Momen Balok

StepType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Min	0	-40,431	-1,037E-15	-0,0312	-1,9E-16	-44,612
Max	0	23,097	3,076E-16	0,1405	6,26E-16	29,038

Tabel 4.2 Rekap Momen Kolom

StepType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Min	-667,777	-52,861	-18,8	-0,0807	-36,7795	-104,456
Max	-500,467	48,049	49,722	0,0807	101,1923	111,9443

4.5 Perhitungan penulangan

4.5.1 Balok 25 x 40

$$Mu+: 29,038 \text{ kN/m} \quad Mu- : -44,612 \text{ kN/m}$$

$$\varnothing_{\text{tul.pokok}} = 13 \text{ mm}$$

$$h = 400 \text{ mm} \quad b = 250 \text{ mm}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa untuk tulangan pokok}$$

$$f'c = 20,75 \text{ Mpa}$$

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

$$\begin{aligned} d &= h - Pb - \emptyset \text{ sengkang } - \frac{1}{2} D \text{ pokok} \\ &= 400 - 40 - 10 - \frac{1}{2} 19 \\ &= 342 \text{ mm} \end{aligned}$$

Penyelesaian :

Mencari Rasio tulangan :

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

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{400} : 0,0035 = 0,35 \%$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times f'c'}{f_y} \beta_i \left(\frac{600}{600 \times f_y} \right)$$

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

$$= 0,022$$

$$p. \text{ maks} = 0,75 \cdot P_b$$

$$= 0,75 \cdot 0,022$$

$$= 0,0165$$

1. Tulangan Lapangan Perlu

penulangan lentur daerah tumpuan

Diketahui :

$$M_{+tumpuan} : 29,038 \text{ kN/m}$$

Faktor reduksi

$$\phi = 0,8$$

a) Momen nominal :

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

$$= 29,038 / 0,8$$

$$= 36,297 \text{ kN/m}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'c}$$

$$= 400 / (0,85 \times 20,75)$$

$$= 22,678 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned}
 Rn &= \frac{Mn}{b \cdot d^2} \\
 &= 36.297 / (250 \cdot 342^2) \\
 &= 1,241 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Penyelesaian :

Mencari Rasio tulangan :

$$P \text{ perlu} = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot Rn}{fy}} \right]$$

$$\begin{aligned}
 P \text{ perlu} &= \frac{1}{22,678} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 22,678 \cdot 1,241}{400}} \right] \\
 &= 0,0032
 \end{aligned}$$

Karena $\rho \text{ perlu} < \rho_{\text{min}} = 0,0035$ maka yang digunakan adalah $\rho \text{ min}$

b) Luas tulangan tarik :

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,0035 \cdot 250 \cdot 342 \\
 &= 299,25 \text{ mm}^2 \\
 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 16^2 \\
 &= 201,061 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan yang diperlukan adalah

$$\begin{aligned}
 n &= A_s / (\pi / 4 \times D^2) \\
 &= 299,25 / 201,061 = 1,488 \\
 &= 2 \text{ Batang}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ pakai} &= n \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\
 &= n \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 \\
 &= 402,123 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

c) Pada kondisi seimbang terletak garis netral :

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \cdot F_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \\
 &= \frac{402 \cdot 400}{0,85 \cdot 20,75 \cdot 250} \\
 &= 36,467 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

d) Anggap baja tulangan telah leleh, maka :

$$\begin{aligned}\phi M_{nl} &= . A_{sl} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0.8 \cdot 402 \cdot 400 \cdot \left(400 - \frac{36.467}{2} \right) \cdot 10^{-6} \\ &= 49,110 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

$$\phi M_{nl} = 49,110 \text{ kN/m} < M_u = 29,038 \text{ kNm} \dots\dots\dots\text{ok}$$

e) Pada kondisi sesungguhnya.

$$A_s \cdot f_y = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b$$

$$\begin{aligned}a &= \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot b} \\ &= \frac{402,123 \cdot 400}{0.85 \cdot 20,75 \cdot 250} \\ &= 36,478\end{aligned}$$

Di gunakan tulangan :

Tulangan tarik : A_s ada = 2 \emptyset 16

2. penulangan lentur daerah tumpuan

Diketahui :

M-tumpuan : 44,612 kN/m

Faktor reduksi

$$\phi = 0,8$$

a) Momen nominal :

$$\begin{aligned}M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= 44,612 / 0,8 \\ &= 55.765 \text{ km/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m &= \frac{f_y}{0.85 \cdot f'_c} \\ &= 400 / (0,85 \times 20,75) \\ &= 22,678 \text{ km/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} \\ &= 55,765 / (250 \cdot 342^2)\end{aligned}$$

$$= 1.907 \text{ MPa}$$

Penyelesaian :

Mencari Rasio tulangan :

$$P_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right]$$

$$P_{\text{perlu}} = \frac{1}{22,678} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 22,678 \cdot 1,907}{400}} \right]$$

$$= 0,005$$

Karena $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}} = 0,0035$ maka yang digunakan adalah ρ_{min}

b) Luas tulangan tarik :

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

$$= 0,005 \cdot 250 \cdot 342$$

$$= 427,5 \text{ mm}^2$$

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

$$= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 16^2$$

$$= 201,061 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan yang diperlukan adalah

$$n = A_s / (\pi / 4 \cdot D^2)$$

$$= 427,525 / 201,061 = 2,126$$

$$= 3 \text{ Batang}$$

$$A_{s \text{ pakai}} = n \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2$$

$$= n \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2$$

$$= 603,185 \text{ mm}^2$$

c) Pada kondisi seimbang terletak garis netral :

$$a = \frac{A_s \cdot F_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}$$

$$= \frac{402 \cdot 400}{0,85 \cdot 20,75 \cdot 250}$$

$$= 36,467 \text{ mm}$$

d) Anggap baja tulangan telah leleh, maka :

$$\phi M_{nl} = A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 0.8 \cdot 603 \cdot 400 \cdot \left(342 - \frac{36.467}{2}\right) \cdot 10^{-6}$$

$$= 62,473 \text{ kN/m}$$

$$\phi M_n l = 62,473 \text{ kN/m} < M_u = 44,612 \text{ kNm} \dots\dots\dots\text{ok}$$

e) Pada kondisi yang sesungguhnya.

$$A_s \cdot f_y = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b}$$

$$= \frac{603 \cdot 400}{0,85 \cdot 20,75 \cdot 400}$$

$$= 34,188$$

Digunakan tulangan :

Tulangan tarik : A_s ada = 3 ϕ 16

3. Tulangan geser

Dari Sub bab sebelumnya pada analisis portal dan pembebanan, didapat :

$$V_{u+} = 23,097 \text{ kN/m}$$

$$\phi_{tul.pokok} = 16 \text{ mm}$$

$$h = 400 \text{ mm} \quad b = 250 \text{ mm}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa} \text{ untuk tulangan pokok}$$

$$f'_c = 20,75 \text{ Mpa}$$

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

$$d = h - P_b - \phi \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \phi \text{ pokok}$$

$$= 400 - 40 - 10 - \frac{1}{2} 16$$

$$= 342$$

Penyelesaian :

$$v_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

$$= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{20,75} \cdot 250 \cdot 342 \cdot 10^{-3}$$

$$= 64,911 \text{ KN}$$

$$\phi V_c = 0,75 \cdot 64,911 = 48,683 \text{ KN}$$

$$\frac{1}{2} \cdot \phi \cdot V_c = \frac{1}{2} \cdot 48,683 \text{ KN} = 24,341 \text{ KN}$$

$$3 \cdot (\phi \cdot V_c) = 3 \cdot 24,341 = 73,023 \text{ KN}$$

Didapat, $\frac{1}{2} \cdot \phi \cdot V_c = 24,341$ $V_u = 23,097 < \phi \cdot V_c = 48,683$ Kn

$$A_v = \frac{75 \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d}{1200 \cdot f_y}$$

$$= \frac{75 \sqrt{20,75} \cdot 250 \cdot 342}{1200 \cdot 400} = 60,854$$

Kriteria menentukan spesi maksimum yang dibutuhkan :

$$= \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d = \frac{1}{3} \sqrt{20,75} \cdot 250 \cdot 342 \cdot 10^{-3} = 129,823$$

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

$$s_{maks} = \frac{1}{2} d = \frac{1}{2} \cdot 342 = 171 \text{ mm}$$

Digunakan Jarak $s = 100 \text{ mm}$

$$s = 100 \text{ mm} < s_{maks} = 171 \text{ mm} \dots\dots \text{O.K!!!}$$

· Kontrol kapasitas geser terhadap jarak maksimum yang digunakan :

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} = \frac{60,854 \cdot 400 \cdot 342}{100 \times 10^3} = 83,248 \text{ kN}$$

$$\phi (V_c + V_s) = 0,75 \cdot (64,911 + 83,248) = 111,119 \text{ kN}$$

$$\phi (V_c + V_s) = 111,119 \text{ kN} > V_u = 23,097 \dots\dots\dots \text{OK!!!}$$

Karena $\phi (V_c + V_s) > V_u$, maka jarak sengkang 100 mm dapat dipakai.

Maka, tulangan geser yang dipakai Ø10 – 100

4. Tulangan geser

$$V_u- : -40.431 \text{ kN/m}$$

Penyelesaian :

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

$$= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{20,75} \cdot 250 \cdot 342 \cdot 10^{-3}$$

$$= 64,911 \text{ KN}$$

$$\phi V_c = 0,75 \cdot 64,911 = 48,683 \text{ KN}$$

$$\frac{1}{2} \cdot \phi \cdot V_c = \frac{1}{2} \cdot 48,683 \text{ KN} = 24,341 \text{ KN}$$

$$3 \cdot (\phi \cdot V_c) = 3 \cdot 24,341 = 73,023 \text{ KN}$$

Didapat, $\frac{1}{2} \cdot \phi \cdot V_c = 24,341$ $V_u = 40,431 < \phi \cdot V_c = 48,683 \text{ Kn}$

$$A_v = \frac{75 \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d}{1200 \cdot f_y}$$

$$= \frac{75 \sqrt{20,75} \cdot 250 \cdot 342}{1200 \cdot 400} = 60,854$$

Kriteria menentukan spesi maksimum yang dibutuhkan :

$$= \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d = \frac{1}{3} \sqrt{20,75} \cdot 250 \cdot 342 \cdot 10^{-3} = 129,823$$

$$\text{Sehingga dianggap } V_s = \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

$$s_{maks} = \frac{1}{2} d = \frac{1}{2} \cdot 342 = 171 \text{ mm}$$

Digunakan Jarak $s = 100 \text{ mm}$

$$s = 100 \text{ mm} < s_{maks} = 171 \text{ mm} \dots\dots \text{O.K!!!}$$

Kontrol kapasitas geser terhadap jarak maksimum yang digunakan :

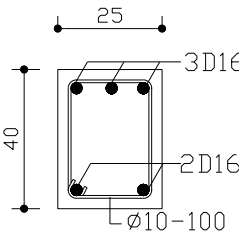
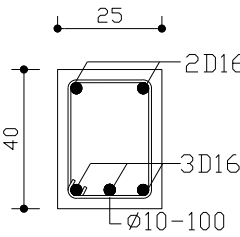
$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} = \frac{60,854 \cdot 400 \cdot 342}{100 \times 10^3} = 83,248 \text{ kN}$$

$$\phi (V_c + V_s) = 0,75 \cdot (64,911 + 83,248) = 111,119 \text{ kN}$$

$$\phi (V_c + V_s) = 111,119 \text{ kN} > V_u = 40,431 \dots\dots\dots \text{OK!!!}$$

Karena $\phi (V_c + V_s) > V_u$, maka jarak sengkang 100 mm dapat dipakai.

Maka, tulangan geser yang dipakai Ø10 – 100.

Balok (25 X 40)			
Tumpuan		Lapangan	
			
Tumpuan	3 D 16	Lapangan	2 D 16
Sengkang	Ø10-100	Sengkang	Ø10-100

Sumber: Aplikasi AutoCAD 2010

4.5.2 Kolom 40 x 40

ukuran kolom = 400 x 400 mm

Ø tul pokok (D) = 19 mm

Ø tul se kang (Øs) = 10 mm

Selimut beton (p) = 40 mm

Mutu beton (Fc) = 20,75 Mpa

Mutu baja (Fy) = 400 Mpa

$$d = h - p - \text{Øs} - \frac{1}{2} \text{ØD}$$

$$= 400 - 40 - \frac{1}{2} 19$$

$$= 340,5 \text{ mm}$$

$$d' = p + \text{Øs} - \frac{1}{2} \text{ØD}$$

$$= 40 + 10 + \frac{1}{2} 19$$

$$= 59,5 \text{ mm}$$

$$Pu = -500,467 \text{ KN} \quad Vu = -52,861 \text{ KN}$$

$$Mu1 = -36,7795 \text{ KN/m} \quad Mu2 = 111,9443 \text{ KN/m}$$

1. Tulangan pokok

- Menentukan penulangan dan ukuran kolom
ukuran kolom 400 x 400 dengan rasio tulangan sesuai ketentuan :

P min = 1% dan P max = 8 % dari luas penampang kolom, dalam perencanaan kolom ini asumsikan menggunakan rasio tulangan yang sering yang digunakan pada gedung bertingkat yaitu sebesar 3% atau 0.03.

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

$$0,03 = \frac{As}{400 \cdot 340,5}$$

$$As = 0,003 \cdot 400 \cdot 340,5 = 4086 \text{ mm}^2$$

$$As = As' = 4086 \text{ mm}^2, \text{ dicoba } AS' = As' = 14 \text{ D19}$$

$$As = 14/4 \pi 19^2 = 4536,459$$

$$P_{akt} = \frac{As}{b \cdot d} = \frac{3969,402}{400 \cdot 340,5} = 0,033$$

$$P_{min} < P_{akt} < P_{max}$$

maka diketahui rasio tulangan aktual yang digunakan 0,033.

- Eksentrisitas beban :

$$e_t = \frac{Mu}{Pu} = \frac{111,9443}{500,467} = 0,223 \text{ m} = 223 \text{ mm}$$

- Luas tulangan total :

$$A_{st} = 2 \cdot As = 2 \cdot 3969,402 = 7938,804 \text{ mm}^2$$

- luas penampang kolom :

$$A_g = b \cdot h = 400 \cdot 400 = 160000 \text{ mm}^2$$

Cek apakah eksentrisitas (e) lebih besar atau lebih kecil dari pada eksentrisitas balance (eb) :

$$C_b = \frac{600 \cdot d}{600 + f_y} = \frac{600 \cdot 340,5}{600 + 400} = 204,3 \text{ mm}$$

$$\alpha_b = \beta_1 \cdot C_b = 0,85 \cdot 204,3 = 173,655 \text{ mm}$$

$$f'_s = 600 \cdot \left(\frac{C_b - d'}{C_b} \right) = 600 \cdot \left(\frac{204,3 - 59,5}{204,3} \right) = 425,256 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \phi P_{nb} &= 0,65 \cdot [0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot \alpha_b + As' \cdot f_y] \\ &= 0,65 \cdot [0,85 \cdot 20,75 \cdot 400 \cdot 173,655 + 3969,402 \cdot 400] \cdot 10^{-3} = 1828,382 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$M_{nb} = N_{D1} + N_{D2}$$

$$\begin{aligned}
 M_{nb} &= 0,65 \cdot [0,65 \cdot 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot \alpha_b \cdot (d - \frac{a_b}{2}) + 0,65 \cdot f_s \\
 &\quad \cdot A_s \cdot (d - d')] \cdot 10^{-6} \\
 &= 0,65 \cdot [0,65 \cdot 0,85 \cdot 20,75 \cdot 400 \cdot 173,655 \cdot (340,5 \\
 &\quad - \frac{173,655}{2}) + 0,65 \cdot 425,256 \cdot (340,5 - 59,5)] \cdot 10^{-6} \\
 &= 131,356 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

$$e_b = \frac{M_{nb}}{P_{nb}} = \frac{131,356 \cdot 10^3}{1828,382} = 71,842 \text{ mm}$$

- Pemeriksaan kekuatan penampang :

Persamaan Whitney untuk kolom persegi gagal tekan menentukan :

$$\begin{aligned}
 P_n &= \frac{A_s' \cdot f_y}{(d-d') + 0,5} + \frac{A_g \cdot f_c'}{\frac{3 \cdot h \cdot e}{d^2} + 1,18} \\
 &= \frac{3969,402 \cdot 400}{(340,5 - 59,5) + 0,5} + \frac{160000 \cdot 20,75}{\frac{3 \cdot 400 \cdot 223}{340,5^2} + 1,18} \cdot 10^{-3} \\
 &= 3945,600 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

$$P_n \phi = 3945,600 \cdot 0,65 = 2564,64 \text{ KN}$$

$$P_n \phi = 2564,64 \text{ KN} > P_u = 500,467 \text{ KN}$$

$$\begin{aligned}
 MR &= \phi P_n \cdot e \\
 &= (2564,64 \cdot 223) \cdot 10^{-3} = 571,914
 \end{aligned}$$

$$= 571,914 \text{ KN/m} > M_u = 111,9443 \text{ KN/m}$$

Dengan demikian penampang kolom 40 x 40 cm tersebut dapat digunakan dan tulangan yang dipakai pada kolom 14 D 19 ($A_s = 3969,402 \text{ mm}^2$)

2. Tulangan sengkang

$$\begin{aligned}
 v_c &= (1 + \frac{p_u}{16 \cdot A_g}) \cdot \sqrt{\frac{F_c'}{6}} \cdot b \cdot d \\
 &= (1 + \frac{3969,402}{16 \cdot 160000}) \cdot \sqrt{\frac{20,75}{6}} \cdot 400 \cdot 340,5 \\
 &= 62468164,195 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\phi_{vc} = 0,75 \cdot v_c$$

$$= 0,75 \cdot 62468164,595$$

$$= 46851123,446\text{N}$$

$$0,5 \cdot \phi_{vc} = 0,5 \cdot 46851123,446 = 23425561,723 \text{ N}$$

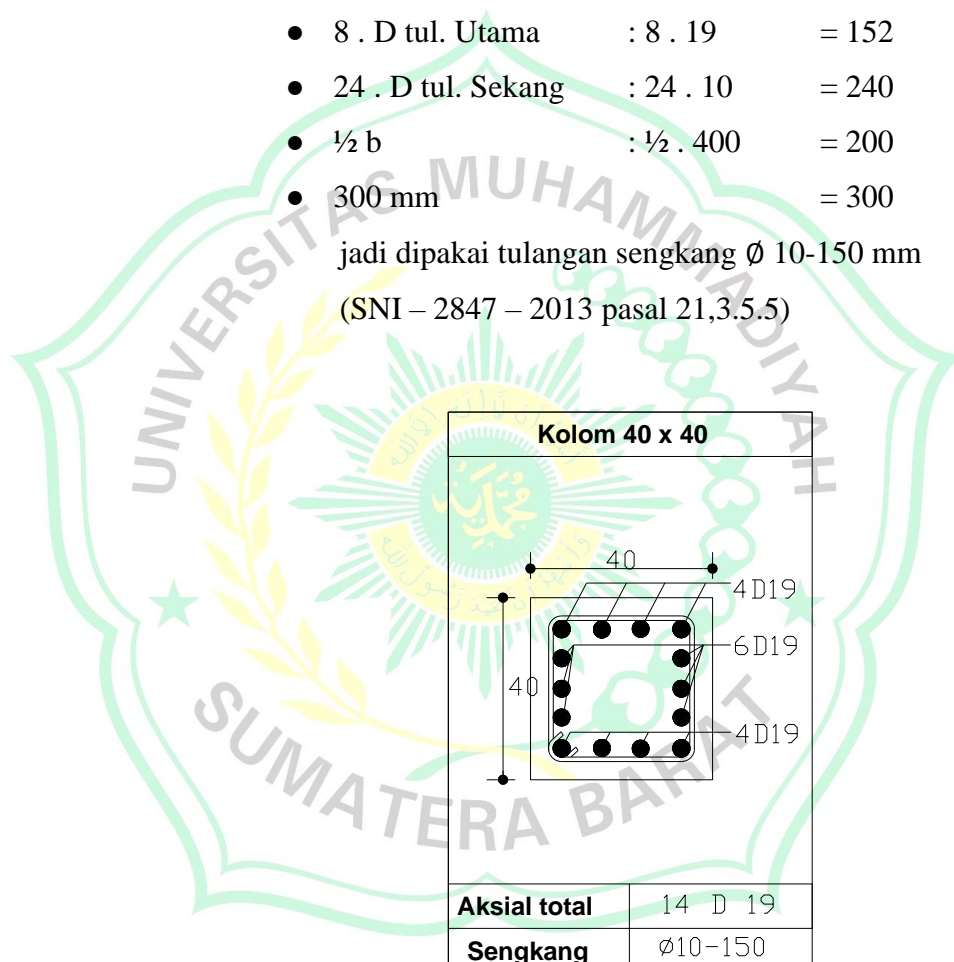
V_u (56,637 N) < $5 \cdot \phi_{vc}$ (23425561,723 N), maka tidak diperlakukan tulangan geser.

perhitungan jarak sengkang pada kolom tidak melebihi:

- 8 . D tul. Utama : 8 . 19 = 152
- 24 . D tul. Sengkang : 24 . 10 = 240
- $\frac{1}{2} b$: $\frac{1}{2} \cdot 400 = 200$
- 300 mm = 300

jadi dipakai tulangan sengkang ϕ 10-150 mm

(SNI – 2847 – 2013 pasal 21,3.5.5)



Gambar 4.11 Detail penulangan kolom 40 x 40

Sumber: Aplikasi AutoCAD 2010

4.5.3 Pelat Atap

Bentang bersih Pelat A :

$$\begin{aligned} L_y &= l_y - \left(\frac{1}{2} \cdot b_i + \frac{1}{2} b_i \right) \\ &= 4000 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 400 \text{ mm} + \frac{1}{2} 400 \text{ mm} \right) \\ &= 3600 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_x &= l_x - \left(\frac{1}{2} \cdot b_i + \frac{1}{2} b_i \right) \\ &= 4000 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 200 \text{ mm} + \frac{1}{2} 200 \text{ mm} \right) \\ &= 3600 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\beta = \frac{l_y}{l_x} = \frac{3,60}{3,60} = 1.013 < 2 \text{ maka termasuk pelat dua arah}$$

Perhitungan momen pelat lantai, nilai momen yang bekerja pada pelat lantai didapatkan dari tabel 4.3 Momen pada pelat atap.

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

$$M_{ulx} = 0,001 \cdot 8,092 \cdot (42) \cdot 21 = 2,718 \text{ kN.m}$$

$$M_{uly} = 0,001 \cdot 8,092 \cdot (42) \cdot 21 = 2,718 \text{ kN.m}$$

$$M_{utx} = 0,001 \cdot 8,092 \cdot (42) \cdot 52 = 6,732 \text{ kN.m}$$

$$M_{uty} = 0,001 \cdot 8,092 \cdot (42) \cdot 52 = 6,732 \text{ kN.m}$$

tabel 4.4 Koefisien Momen Pelat Atap

TIPE PLAT	β	M _{ulx} (kN/m)	M _{utx} (kN/m)	M _{uly} (kN/m)	M _{uty} (kN/m)
B	1	2,718	6,732	2,718	6,732

Data-data :

$$\text{Mutu beton, } f_c' = 20,75 \text{ MPa}$$

$$\text{Mutu baja, } f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{Tebal pelat lantai, } h = 120 \text{ mm}$$

$$\text{Penutup beton, } P_b = 20 \text{ mm}$$

Diameter tulangan pokok arah x dan y adalah $\varnothing 12$ mm.

Penyelesaian:

Mencari rasio tulangan:

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

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{f_c'}}{4 \cdot f_y} = \frac{\sqrt{20,75}}{4 \cdot 400} = 0,0028$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta_1 \left(\frac{600}{600+f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \cdot 20,75}{400} 0,85 \left(\frac{600}{600+400} \right) \\ &= 0,022\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,022 \\ &= 0,016\end{aligned}$$

1. Pelat Tipe A

a) Pada Tumpuan

Arah X

$$M_{tx} = 2,781 \text{ kN.m}$$

Faktor Reduksi, $\varnothing = 0,8$

- Momen nominal

- $M_{ntx} = \frac{M_{tx}}{\varnothing} = \frac{2,781}{0,8} = 3,398 \text{ kNm}$

$$dx = h - \rho_b - \frac{1}{2} \varnothing \text{ tulangan arah } x$$

$$= 120 - 0,044 - \frac{1}{2} 12$$

$$= 113,956 \text{ mm}$$

- Koefisien tahanan

$$R_{ntx} = \frac{M_{ntx}}{b \cdot dx^2} = \frac{3,398 \cdot 10^6}{1000 \cdot (113,955)^2} = 0,261 \text{ Mpa}$$

- Perbandingan isi tulangan memanjang

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 20,75} = 22,678$$

- Menentukan rasio tulangan perlu

$$\rho_{perlu\ tx} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot Rntx}{fy}} \right)$$

$$= \frac{1}{22,678} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 22,678 \cdot 0,261}{400}} \right) = 0,0025$$

$$\rho_{perlu\ tx} = 0,0025 < \rho_{min} = 0,0035$$

Sehingga dipakai $\rho_{min} = 0,0035$

- Luas tulangan perlu

$$As_{perlu\ tx} = \rho_{min} \cdot b \cdot dx$$

$$= 0,0035 \cdot 1000 \cdot 113,955$$

$$= 398,846\ mm^2$$

- Diameter tulangan yang dipakai

$$\emptyset = 12\ mm$$

$$A = \frac{1}{4} \pi \cdot \emptyset^2 = \frac{1}{4} 3,14 \cdot 12^2 = 113,097\ mm^2$$

- Jarak tulangan perlu

$$s = \frac{A \cdot b}{As_{perlu}} = \frac{113,097 \cdot 1000}{398,846} = 283,560\ mm$$

Dari hasil, nilai s dipakai jarak 250 mm

- Luas tulangan perlu yang digunakan

$$As_{ada} = \frac{A \cdot b}{s_{pakai}} = \frac{113,097 \cdot 1000}{250} = 452,386\ mm^2$$

$$As_{ada} > As_{perlu} = 398,846\ mm^2$$

- Analisis kapasitas momen

$$As_{ada\ x} = 452,386\ mm^2$$

$$Mntx = 3,398\ kN.m$$

$$a_x = \frac{As_{ada\ x} \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b}$$

$$= \frac{452,386 \cdot 400}{0,85 \cdot 20,75 \cdot 1000}$$

$$= 10,259 \text{ mm}$$

$$Mn_{ada\ x} = As_{ada\ x} \cdot fy \left(dx - \frac{ax}{2} \right)$$

$$= 452,386 \cdot 400 \left(113,955 - \frac{10,259}{2} \right)$$

$$= 19.692 \text{ kN.m}$$

Kontrol :

$$Mn_{ada\ x} > Mn_{tx} = 3,398 \text{ kN.m} \dots\dots\dots\text{OK!}$$

1) Pada Tumpuan

Arah y

$$Muty = 2,781 \text{ kN.m}$$

Faktor Reduksi, $\phi = 0,8$

- Momen nominal

$$Mnty = \frac{Muty}{\phi} = \frac{2,781}{0,8} = 3,398 \text{ kN.m}$$

$$dy = h - \rho b - \frac{1}{2} \phi \text{ tulangan arah y}$$

$$= 120 - 0,044 - \frac{1}{2} \cdot 12$$

$$= 113,955 \text{ mm}$$

- Koefisien tahanan

$$Rnty = \frac{Mnty}{b \cdot dy^2} = \frac{3,398 \cdot 10^6}{1000 \cdot (113,955)^2} = 0,261 \text{ Mpa}$$

- Perbandingan isi tulangan memanjang

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fc'} = \frac{400}{0,85 \cdot 20,75} = 22,678$$

- Menentukan rasio tulangan perlu

$$\rho_{perlu\ ty} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot Rntx}{fy}} \right)$$

$$= \frac{1}{22,678} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 22,678 \cdot 0,261}{400}} \right)$$

$$= 0,0025$$

$$\rho_{perlu\ tx} = 0,0025 < \rho_{min} = 0,0035$$

Sehingga dipakai $\rho_{min} = 0,0035$

- Luas tulangan perlu

$$A_{s\perlu\ ty} = \rho_{min} \cdot b \cdot d_y$$

$$= 0,0035 \cdot 1000 \cdot 113,955$$

$$= 398,846\ mm^2$$

- Diameter tulangan yang dipakai

$$\emptyset = 12\ mm$$

$$A = \frac{1}{4} \pi \cdot \emptyset^2 = \frac{1}{4} 3,14 \cdot 12^2 = 113,097\ mm^2$$

- Jarak tulangan perlu

$$S = \frac{A \cdot b}{A_{s\perlu}} = \frac{113,097 \cdot 1000}{660,939} = 283,560\ mm$$

Dari hasil, nilai s dipakai jarak 250 mm

- Luas tulangan perlu yang digunakan

$$A_{s\ ada} = \frac{A \cdot b}{S_{pakai}} = \frac{113,097 \cdot 1000}{200} = 565,486\ mm^2$$

$$A_{s\ ada} > A_{s\ perlu} = 398,846\ mm^2$$

- Analisis kapasitas momen

$$A_{s\ ada\ y} = 452,386\ mm^2$$

$$M_{nty} = 3,398\ kN \cdot m$$

$$a_y = \frac{A_{s\ ada\ x} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_{c'} \cdot b}$$

$$= \frac{452,386 \cdot 400}{0,85 \cdot 20,75 \cdot 1000}$$

$$= 10,259\ mm$$

$$\begin{aligned}
 Mn_{ada\ y} &= As_{ada\ y} \cdot fy \left(dy - \frac{ay}{2} \right) \\
 &= 452,386 \cdot 400 \left(113,955 - \frac{10,259}{2} \right) \\
 &= 19,692 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$Mn_{ada\ y} > Mn_{ty} = 3,398 \text{ kN.m} \dots\dots\dots\text{OK!}$$

2) Pada lapangan

Arah X

$$Mutx = 6,732 \text{ kN.m}$$

Faktor Reduksi, $\phi = 0,8$

- Momen nominal

$$Mntx = \frac{Mutx}{\phi} = \frac{6,732}{0,8} = 8,415 \text{ kN.m}$$

$$\begin{aligned}
 dx &= h - \rho b - \frac{1}{2} \phi \text{ tulangan arah } y \\
 &= 120 - 0,044 - \frac{1}{2} 12 \\
 &= 113,955 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Koefisien tahanan

$$Rntx = \frac{Mntx}{b \cdot dx^2} = \frac{8,145 \cdot 10^6}{1000 \cdot (113,955)^2} = 0,648 \text{ Mpa}$$

- Perbandingan isi tulangan memanjang

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fc'} = \frac{400}{0,85 \cdot 20,75} = 22,678$$

- Menentukan rasio tulangan perlu

$$\begin{aligned}
 \rho_{perlu\ tx} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot Rntx}{fy}} \right) \\
 &= \frac{1}{22,678} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 22,678 \cdot 0,648}{400}} \right) \\
 &= 0,0016
 \end{aligned}$$

$$\rho_{perlu\ tx} = 0,0016 < \rho_{min} = 0,0035$$

Sehingga dipakai $\rho_{min} = 0,0035$

- Luas tulangan perlu

$$\begin{aligned}A_{s_{perlu\ tx}} &= \rho_{min} \cdot b \cdot dx \\ &= 0,0035 \cdot 1000 \cdot 113,955 \\ &= 398,842\ mm^2\end{aligned}$$

- Diameter tulangan yang dipakai

$$\emptyset = 12\ mm$$

$$A = \frac{1}{4}\pi \cdot \emptyset^2 = \frac{1}{4}3,14 \cdot 12^2 = 113,097\ mm^2$$

- Jarak tulangan perlu

$$S = \frac{A \cdot b}{A_{s_{perlu}}} = \frac{113,097 \cdot 1000}{398,842} = 283,563\ mm$$

Dari hasil, nilai s dipakai jarak 250 mm

- Luas tulangan perlu yang digunakan

$$A_{s_{ada}} = \frac{A \cdot b}{S_{pakai}} = \frac{113,097 \cdot 1000}{250} = 452,389\ mm^2$$

$$A_{s_{ada}} > A_{s_{perlu}} = 398,842\ mm^2$$

- Analisis kapasitas momen

$$A_{s_{ada\ x}} = 452,389\ mm^2$$

$$M_{ntx} = 8,415\ kN.m$$

$$\begin{aligned}a_x &= \frac{A_{s_{ada\ x}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \\ &= \frac{452,389 \cdot 400}{0,85 \cdot 20,75 \cdot 1000}\end{aligned}$$

$$= 10,259\ mm$$

$$M_{n_{ada\ x}} = A_{s_{ada\ x}} \cdot f_y \left(dx - \frac{a_x}{2}\right)$$

$$= 452,389 \cdot 400 \left(113,955 - \frac{10,259}{2}\right)$$

$$= 19,692\ kN.m$$

Kontrol :

$$M_{n_{ada\ x}} > M_{ntx} = 8,415\ kN.m \dots\dots\dots\text{OK!}$$

3) Pada lapangan

Arah y

$$M_{tx} = 6,732 \text{ kN.m}$$

Faktor Reduksi, $\phi = 0,8$

- Momen nominal

$$M_{nty} = \frac{M_{tx}}{\phi} = \frac{6,732}{0,8} = 8,415 \text{ kN.m}$$

$$d_y = h - \rho b - \frac{1}{2} \phi \text{ tulangan arah } y$$

$$= 120 - 0,044 - \frac{1}{2} 12 = 113,955 \text{ mm}$$

- Koefisien tahanan

$$R_{nty} = \frac{M_{nty}}{b \cdot d_y^2} = \frac{8,145 \cdot 10^6}{1000 \cdot (113,955)^2} = 0,648 \text{ Mpa}$$

- Perbandingan isi tulangan memanjang

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 20,75} = 22,678$$

- Menentukan rasio tulangan perlu

$$\rho_{perlu \ ty} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_{nty}}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 11,470 \cdot 0,648}{400}} \right)$$

$$= 0,0016$$

$$\rho_{perlu \ tx} = 0,0016 < \rho_{min} = 0,0035$$

Sehingga dipakai $\rho_{min} = 0,0035$

- Luas tulangan perlu

$$A_{sperlu \ ty} = \rho_{min} \cdot b \cdot d_y$$

$$= 0,0035 \cdot 1000 \cdot 113,955$$

$$= 398,842 \text{ mm}^2$$

- Diameter tulangan yang dipakai

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

$$A = \frac{1}{4} \pi \cdot \phi^2 = \frac{1}{4} 3,14 \cdot 12^2 = 113,097 \text{ mm}^2$$

- Jarak tulangan perlu

$$S = \frac{A \cdot b}{A_{sperlu}} = \frac{113,097 \cdot 1000}{398,842} = 283,563 \text{ mm}$$

Dari hasil, nilai s dipakai jarak 250 mm

- Luas tulangan perlu yang digunakan

$$A_{sada} = \frac{A \cdot b}{S_{pakai}} = \frac{113,097 \cdot 1000}{200} = 565,486 \text{ mm}^2$$

$$A_{sada} > A_{sperlu} = 660,939 \text{ mm}^2$$

- Analisis kapasitas momen

$$A_{sada y} = 565,486 \text{ mm}^2$$

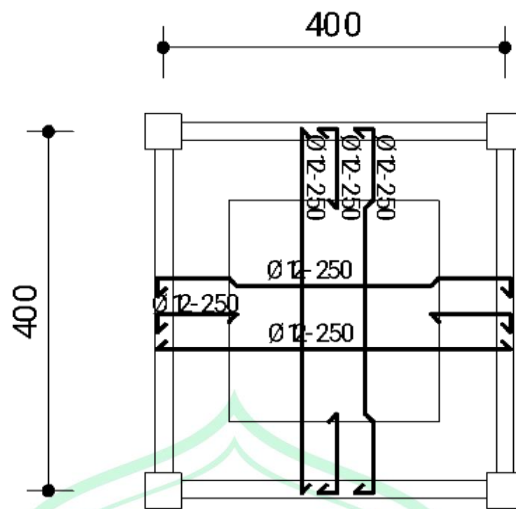
$$M_{nty} = 8,415 \text{ kN.m}$$

$$\begin{aligned} a_y &= \frac{A_{sada x} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \\ &= \frac{452,389 \cdot 400}{0,85 \cdot 20,75 \cdot 1000} \\ &= 10,259 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{nada x} &= A_{sada x} \cdot f_y \left(d_y - \frac{ax}{2} \right) \\ &= 5,322 \cdot 400 \left(113,955 - \frac{10,259}{2} \right) \\ &= 19.692 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$M_{nada y} > M_{nty} = 8,415 \text{ kN.m} \dots\dots\dots\text{OK!}$$



Detail 4.12 Penulangan Pelat Atap

Sumber: Aplikasi AutoCAD 2010

Jadi, tulangan tumpuan arah x pada pelat A digunakan $\text{Ø}12 - 250$ dan tumpuan arah y pada pelat A digunakan $\text{Ø}12 - 250$.



4.5.4 Palat Lantai

Bentang bersih Pelat A :

$$\begin{aligned} L_y &= l_y - \left(\frac{1}{2} \cdot b_i + \frac{1}{2} b_i \right) \\ &= 4000 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 400 \text{ mm} + \frac{1}{2} 400 \text{ mm} \right) \\ &= 3600 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_x &= l_x - \left(\frac{1}{2} \cdot b_i + \frac{1}{2} b_i \right) \\ &= 4000 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 200 \text{ mm} + \frac{1}{2} 200 \text{ mm} \right) \\ &= 3600 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\beta = \frac{l_y}{l_x} = \frac{3,60}{3,60} = 1.013 < 2 \text{ maka termasuk pelat dua arah}$$

Perhitungan momen pelat lantai, nilai momen yang bekerja pada pelat lantai didapatkan dari tabel 4.5 Koefisien Momen Pelat lantai.

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

$$M_{lx} = 0,001 \cdot 12,236 \cdot (42) \cdot 21 = 4,111 \text{ kN.m}$$

$$M_{ly} = 0,001 \cdot 12,236 \cdot (42) \cdot 21 = 4,111 \text{ kN.m}$$

$$M_{tx} = 0,001 \cdot 12,236 \cdot (42) \cdot 52 = 10.180 \text{ kN.m}$$

$$M_{ty} = 0,001 \cdot 12,236 \cdot (42) \cdot 52 = 10.180 \text{ kN.m}$$

TIPE PELAT	β	M _{lx} (kN/m)	M _{tx} (kN/m)	M _{ly} (kN/m)	M _{ty} (kN/m)
A	1	4,111	10.180 kN	4,111	10.180

Data-data :

$$\text{Mutu beton, } f_c' = 20,75 \text{ MPa}$$

$$\text{Mutu baja, } f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{Tebal pelat lantai, } h = 120 \text{ mm}$$

$$\text{Penutup beton, } P_b = 20 \text{ mm}$$

Diameter tulangan pokok arah x dan y adalah $\emptyset 12$ mm.

Penyelesaian:

Mencari rasio tulangan:

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \quad \rho_{min} = \frac{\sqrt{f_{c'}}}{4 \cdot f_y} = \frac{\sqrt{20,75}}{4 \cdot 400} = 0,0028$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f_{c'}}{f_y} \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \cdot 20,75}{400} 0,85 \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,022 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,022 \\ &= 0,016 \end{aligned}$$

a. Pelat Tipe A

1) Pada Tumpuan

Arah X

$$M_{tx} = 4,111 \text{ kN.m}$$

Faktor Reduksi, $\emptyset = 0,8$

- Momen nominal

$$M_{ntx} = \frac{M_{tx}}{\emptyset} = \frac{4,111}{0,8} = 5,139 \text{ kN.m}$$

$$\begin{aligned} dx &= h - \rho_b - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan arah } x \\ &= 120 - 0,022 - \frac{1}{2} \times 12 \\ &= 113,978 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Koefisien tahanan

$$R_{ntx} = \frac{M_{ntx}}{b \cdot dx^2} = \frac{5,139 \cdot 10^6}{1000 \cdot (113,978)^2} = 0,395 \text{ Mpa}$$

- Perbandingan isi tulangan memanjang

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_{c'}} = \frac{400}{0,85 \cdot 20,75} = 22,678$$

- Menentukan rasio tulangan perlu

$$\rho_{perlu\ tx} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot Rntx}{fy}} \right)$$

$$= \frac{1}{22,678} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 22,678 \cdot 0,395}{400}} \right)$$

$$= 0,0009$$

$$\rho_{perlu\ tx} = 0,0009 < \rho_{min} = 0,0035$$

Sehingga dipakai $\rho_{min} = 0,0035$

- Luas tulangan perlu

$$As_{perlu\ tx} = \rho_{min} \cdot b \cdot dx$$

$$= 0,0035 \cdot 1000 \cdot 113,956$$

$$= 398,848\ mm^2$$

- Diameter tulangan yang dipakai

$$\phi = 12\ mm$$

$$A = \frac{1}{4} \pi \cdot \phi^2 = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 12^2 = 113,097\ mm^2$$

- Jarak tulangan perlu

$$S = \frac{A \cdot b}{As_{perlu}} = \frac{113,097 \cdot 1000}{398,842} = 283,114\ mm$$

Dari hasil, nilai s dipakai jarak 250 mm

- Luas tulangan perlu yang digunakan

$$As_{ada} = \frac{A \cdot b}{S_{pakai}} = \frac{113,09 \cdot 1000}{250} = 452,389\ mm^2$$

$$As_{ada} > As_{perlu} = 398,842\ mm^2$$

- Analisis kapasitas momen

$$As_{ada\ x} = 452,389\ mm^2$$

$$Mntx = 5,139\ kN.m$$

$$a_x = \frac{A_{s_{ada\ x}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_{c'} \cdot b}$$

$$= \frac{452,389 \cdot 400}{0,85 \cdot 20,75 \cdot 1000}$$

$$= 10,259 \text{ mm}$$

$$M_{n_{ada\ x}} = A_{s_{ada\ x}} \cdot f_y \left(dx - \frac{ax}{2} \right)$$

$$= 452,389 \cdot 400 \cdot \left(113,955 - \frac{10,259}{2} \right)$$

$$= 19,692 \text{ kN.m}$$

Kontrol :

$$M_{n_{ada\ x}} > M_{n_{tx}} = 5,139 \text{ kN.m} \dots\dots\dots \text{OK!}$$

2) Pada Tumpuan

Arah y

$$M_{ty} = 4,111 \text{ kN.m}$$

Faktor Reduksi, $\phi = 0,8$

- Momen nominal

$$M_{nty} = \frac{M_{ty}}{\phi} = \frac{4,111}{0,8} = 5,139 \text{ kN.m}$$

$$d_y = h - \rho b - \frac{1}{2} \phi \text{ tulangan arah y}$$

$$= 120 - 0,022 - \frac{1}{2} \cdot 12$$

$$= 113,978 \text{ mm}$$

- Koefisien tahanan

$$R_{nty} = \frac{M_{nty}}{b \cdot d_y^2} = \frac{5,139 \cdot 10^6}{1000 \cdot (113,978)^2} = 0,395 \text{ Mpa}$$

- Perbandingan isi tulangan memanjang

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_{c'}} = \frac{400}{0,85 \cdot 20,75} = 22,678$$

- Menentukan rasio tulangan perlu

$$\begin{aligned}\rho_{perlu\ ty} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot Rnty}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{22,678} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 22,678 \cdot 0,395}{400}} \right) \\ &= 0,0009\end{aligned}$$

$$\rho_{perlu\ ty} = 0,0009 < \rho_{min} = 0,0035$$

Sehingga dipakai $\rho_{min} = 0,0035$

- Luas tulangan perlu

$$\begin{aligned}A_{s_{perlu\ ty}} &= \rho_{min} \cdot b \cdot d_y \\ &= 0,0030 \cdot 1000 \cdot 113,955 \\ &= 398,848\ mm^2\end{aligned}$$

- Diameter tulangan yang dipakai

$$\emptyset = 12\ mm$$

$$A = \frac{1}{4} \pi \cdot \emptyset^2 = \frac{1}{4} 3,14 \cdot 12^2 = 113,097\ mm^2$$

- Jarak tulangan perlu

$$S = \frac{A \cdot b}{A_{s_{perlu}}} = \frac{113,097 \cdot 1000}{398,842} = 283,114\ mm$$

Dari hasil, nilai s dipakai jarak 250 mm

- Luas tulangan perlu yang digunakan

$$A_{s\ ada} = \frac{A \cdot b}{S_{pakai}} = \frac{113,09 \cdot 1000}{250} = 452,389\ mm^2$$

$$A_{s\ ada} > A_{s_{perlu}} = 398,843\ mm^2$$

- Analisis kapasitas momen

$$A_{s\ ada\ y} = 398,843\ mm^2$$

$$Mnty = 5,139\ kN.m$$

$$a_x = \frac{A_{s_{ada\ y}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}$$

$$= \frac{398,843 \cdot 400}{0,85 \cdot 20,75 \cdot 1000}$$

$$= 9,045 \text{ mm}$$

$$Mn_{ada\ y} = A_{s_{ada\ y}} \cdot f_y \left(d_y - \frac{a_y}{2} \right)$$

$$= 452,389 \cdot 400 \left(113,955 - \frac{9,045}{2} \right)$$

$$= 19.785 \text{ kN.m}$$

Kontrol :

$$Mn_{ada\ y} > Mn_{ty} = 5,139 \text{ kN.m} \dots\dots\dots \text{OK!}$$

3) Pada Lapangan

Arah X

$$M_{tx} = 10,180 \text{ kN.m}$$

Faktor Reduksi, $\phi = 0,8$

- Momen nominal

$$M_{ntx} = \frac{M_{tx}}{\phi} = \frac{4,111}{0,8} = 12,725 \text{ kN.m}$$

$$d_x = h - \rho b - \frac{1}{2} \phi \text{ tulangan arah } x$$

$$= 120 - 0,022 - \frac{1}{2} 12$$

$$= 113,978 \text{ mm}$$

- Koefisien tahanan

$$R_{ntx} = \frac{M_{ntx}}{b \cdot d_x^2} = \frac{12,725 \cdot 10^6}{1000 \cdot (113,978)^2} = 0,979 \text{ Mpa}$$

- Perbandingan isi tulangan memanjang

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 20,75} = 22,678$$

- Menentukan rasio tulangan perlu

$$\rho_{perlu\ tx} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_{ntx}}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 11,470 \cdot 0,979}{400}} \right)$$

$$= 0,0024$$

$$\rho_{perlu\ tx} = 0,0024 < \rho_{min} = 0,0035$$

Sehingga dipakai $\rho_{min} = 0,0035$

- Luas tulangan perlu

$$\begin{aligned} A_{S_{perlu\ tx}} &= \rho_{min} \cdot b \cdot dx \\ &= 0,0035 \cdot 1000 \cdot 113,955 \\ &= 398,848\ mm^2 \end{aligned}$$

- Diameter tulangan yang dipakai

$$\emptyset = 12\ mm$$

$$A = \frac{1}{4} \pi \cdot \emptyset^2 = \frac{1}{4} 3,14 \cdot 12^2 = 113,097\ mm^2$$

- Jarak tulangan perlu

$$S = \frac{A \cdot b}{A_{S_{perlu}}} = \frac{113,097 \cdot 1000}{398,848} = 283,559\ mm$$

Dari hasil, nilai s dipakai jarak 250 mm

- Luas tulangan perlu yang digunakan

$$A_{S_{ada}} = \frac{A \cdot b}{S_{pakai}} = \frac{113,09 \cdot 1000}{250} = 452,389\ mm^2$$

$$A_{S_{ada}} > A_{S_{perlu}} = 398,848\ mm^2$$

- Analisis kapasitas momen

$$A_{S_{ada\ x}} = 452,389\ mm^2$$

$$M_{ntx} = 12,725\ kN.m$$

$$\begin{aligned} a_x &= \frac{A_{S_{ada\ x}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \\ &= \frac{452,389 \cdot 400}{0,85 \cdot 20,75 \cdot 1000} \end{aligned}$$

$$= 10,259 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Mn_{ada\ x} &= As_{ada\ x} \cdot fy \left(dx - \frac{ax}{2} \right) \\ &= 565,2 \cdot 400 \left(113,955 - \frac{10,259}{2} \right) \\ &= 19.692 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$Mn_{ada\ x} > Mn_{tx} = 12,725 \text{ kN.m} \dots\dots\dots\text{OK!}$$

Arah y

$$Muty = 10,180 \text{ kN.m}$$

Faktor Reduksi, $\phi = 0,8$

- Momen nominal

$$Mnty = \frac{Muty}{\phi} = \frac{10,180}{0,8} = 12,725 \text{ kN.m}$$

$$\begin{aligned} dy &= h - pb - \frac{1}{2} \phi \text{ tulangan arah y} \\ &= 120 - 0,022 - \frac{1}{2} 12 \\ &= 113,956 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Koefisien tahanan

$$Rnty = \frac{Mnty}{b \cdot dx^2} = \frac{12,725 \cdot 10^6}{1000 \cdot (113,978)^2} = 0,979 \text{ Mpa}$$

- Perbandingan isi tulangan memanjang

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fci} = \frac{400}{0,85 \cdot 20,75} = 22,678$$

- Menentukan rasio tulangan perlu

$$\begin{aligned} \rho_{perlu\ ty} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot Rntx}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{22,678} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 22,678 \cdot 0,979}{400}} \right) \\ &= 0,0025 \end{aligned}$$

$$\rho_{perlu\ ty} = 0,0024 < \rho_{min} = 0,0035$$

Sehingga dipakai $\rho_{min} = 0,0035$

- Luas tulangan perlu

$$\begin{aligned} A_{s_{perlu}} &= \rho_{min} \cdot b \cdot dx \\ &= 0,0035 \cdot 1000 \cdot 113,955 \\ &= 698,848 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Diameter tulangan yang dipakai

$$\emptyset = 12 \text{ mm}$$

$$A = \frac{1}{4} \pi \cdot \emptyset^2 = \frac{1}{4} 3,14 \cdot 12^2 = 113,097 \text{ mm}^2$$

- Jarak tulangan perlu

$$S = \frac{A \cdot b}{A_{s_{perlu}}} = \frac{113,097 \cdot 1000}{398,848} = 283,559 \text{ mm}$$

Dari hasil, nilai s dipakai jarak 250 mm

- Luas tulangan perlu yang digunakan

$$A_{s_{ada}} = \frac{A \cdot b}{S_{pakai}} = \frac{113,09 \cdot 1000}{250} = 452,389 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{ada}} > A_{s_{perlu}} = 660,939 \text{ mm}^2$$

- Analisis kapasitas momen

$$A_{s_{ada y}} = 452,389 \text{ mm}^2$$

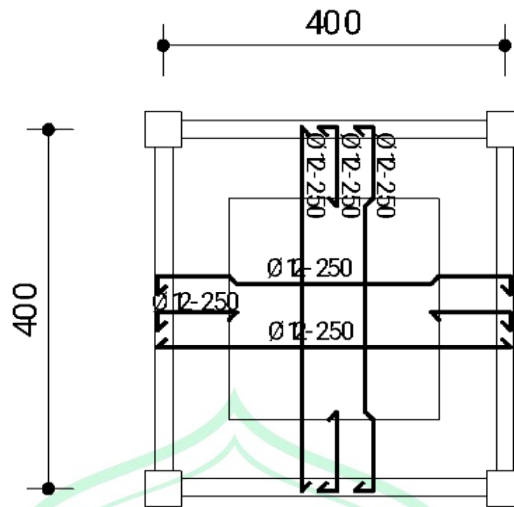
$$M_{nty} = 12,725 \text{ kN.m}$$

$$\begin{aligned} a_y &= \frac{A_{s_{ada x}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \\ &= \frac{565,4 \cdot 400}{0,85 \cdot 20,75 \cdot 1000} \\ &= 12,822 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{n_{ada y}} &= A_{s_{ada x}} \cdot f_y \left(dy - \frac{ax}{2} \right) \\ &= 565,2 \cdot 400 \left(113,955 - \frac{12,822}{2} \right) \\ &= 24.304 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$M_{n_{ada y}} > M_{nty} = 12,725 \text{ kN.m} \dots\dots\dots\text{OK!}$$



Gambar 4.13 Detail Penulangan Pelat Lantai

Sumber: Aplikasi AutoCAD 2010

Jadi, tulangan tumpuan arah x pada pelat A digunakan Ø12 – 250 dan tumpuan arah y pada pelat A digunakan Ø12 – 250.

4.5.5 Tangga

- Selisih tinggi lantai = 3,5 m
- Panjang ruang tangga = 4,0 m
- Lebar tangga = 4,0 m
- Tinggi anak tangga (*Optrade*) = 20 cm syarat : $16 \leq O \leq 20$
- Lebar anak tangga (*Antrade*) = 28 cm syarat : $26A \leq 30$
- Jumlah anak tangga = $\frac{350}{20} = 16,5 = 17$ anak tangga
- Lebar bordes (*bo*) = $400 - (11 \times 28) = 92$ cm
- Kemiringan tangga = $\tan \alpha = \frac{O}{A} = \frac{17}{30} = 35,537^\circ$

Digunakan tebal plat tangga = 12 cm

$$\text{Tinggi beban merata (t')} = \frac{(0,5 \times O \times A)}{\sqrt{O^2 + A^2}} = \frac{(0,5 \times 120 \times 28)}{\sqrt{20^2 + 28^2}} = 8,137 \text{ cm}$$

$$h = tb + t' = 12 + 7,3951 = 19,4 \text{ cm}$$

$$h' = \frac{tb}{\cos \cdot \cos} + \frac{O}{2} = \frac{11}{\cos \cdot \cos 35,537} + \frac{20}{2} = 23,571 \text{ cm} = 0,23571 \text{ m}$$

1. Pembebanan Tangga

Reaksi Tumpuan

Reaksi perletakan akibat beban mati dan beban hidup:

$$\begin{aligned} \text{Qult tangga} &= 1,2 \cdot \text{Qdl} + 1,6 \cdot \text{Qll} \\ &= 1,2 \cdot 6,5414 + 1,6 \cdot 1,33 \\ &= 9,97768 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Qult bordes} &= 1,2 \cdot \text{Qdl} + 1,6 \cdot \text{Qll} \\ &= 1,2 \cdot 3,539 + 1,6 \cdot 1,33 \\ &= 6,3748 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$(R_A \cdot 5) - (9,97768 \cdot 3,08 \cdot (\frac{3,08}{2} + 0,92)) - 6,3748 \cdot 0,92 \cdot (\frac{0,92}{2}) = 0$$

$$R_A = 14,275 \text{ kN}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$(9,97768 \cdot 3,08 \cdot (\frac{3,08}{2}) + 6,3748 \cdot 0,92 \cdot (\frac{0,92}{2} + 3,08)) - R_B \cdot 5 = 0$$

$$R_B = 13,617 \text{ Kn}$$

$$\begin{aligned} R_C &= 14,275 - (9,9768 \cdot 3,6) \\ &= -21,64148 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$14,275 \cdot (3,6 - x) = 21,64148 \cdot x$$

$$51,39 - 14,275 \cdot x = 21,64148 \cdot x$$

$$51,39 - 35,91648 \cdot x = 0$$

$$-51,39 \cdot x = -35,91648$$

$$x = \frac{-35,91648}{-51,39}$$

$$x = 0,698 \text{ m}$$

$$M_{max} = 14,275 \cdot 0,698 - 9,97768 \left(\frac{0,689^2}{2}\right)$$

$$= 7,533 \text{ kN/m}$$

2. Penulangan Tangga

a) Tumpuan dan Lapangan

$$M_u = \text{Maks}$$

$$= 7,533 \text{ kN/m}$$

Direncanakan Tulangan Pokok D-13

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

$$h = 120 + 8,4 = 128$$

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

$$= 128 - 20 - (0,5 \times 13)$$

$$= 101,5 \text{ mm} = 0,1015 \text{ m}$$

$$R_n \text{ perlu} = \frac{M_u}{b_w \cdot d^2} = \frac{7,533}{0,9 \cdot 100 \cdot 0,1015^2} = 0,824 \text{ kN/m}$$

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

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{0,85 \times f_c}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f_c}} \right] \\ &= \frac{0,85 \times 20,75}{400} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,824}{0,85 \times 20,75}} \right] \\ &= 0,002 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{maks} &= 0,75 \cdot 0,85 \cdot \left[\frac{f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \right] \\ &= 0,75 \cdot 0,85 \cdot 0,85 \cdot \frac{20,75}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,016 \end{aligned}$$

$$\rho_{min} = 0,0035 > \rho_{perlu} 0,002$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b_w \cdot d = 0,002 \cdot 1000 \cdot 101,5 = 211,12 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min} = \rho \cdot b_w \cdot d = 0,0035 \cdot 1000 \cdot 101,5 = 355,25 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak tulangan} = \frac{1000 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 13^2}{355,25} = 373,411 \text{ atau}$$

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

b) Tulangan Susut

$$\begin{aligned} A_{s \text{ min}} &= p_{\text{min}} \cdot b_w \cdot h \\ &= 0,0035 \cdot 1000 \cdot 194 \\ &= 659 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan P10

$$\text{Jarak tulangan (S)} = \frac{1000 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 10^2}{659} = 201,32 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan P10 – 200 mm

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

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

c) Kontrol Geser

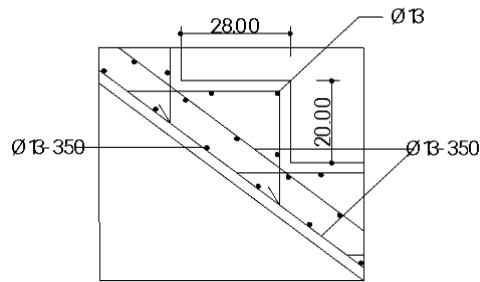
$$V_u = R_A = 20,8684 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \sqrt{f_c} \times b \times d \\ &= \frac{1}{6} \sqrt{20,75} \times 1000 \times 101,5 = 77,059 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u < \phi \cdot V_c &= 20,8684 \text{ kN} < 0,75 \cdot 77,059 \text{ kN} \\ &= 20,8684 \text{ kN} < 57,7942 \text{ kN} \end{aligned}$$

geser)

Pada pemodelan struktur bangunan dilatasi dan tanpa dilatasi, untuk perhitungan tangga diasumsikan sama pada seluruh model yang ditinjau.



Gambar.4.15 Detail Pulangan Janjang
Sumber: Aplikasi AutoCAD 2010

4.5.6 Balok Bordes

$$Mu+ = 2.452 \text{ kN/m}$$

$$Mu- = -4,3507 \text{ kN/m}$$

$$\text{Øtul. pokok} = 13 \text{ mm}$$

$$h = 400 \text{ mm} \quad b = 250 \text{ mm}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa untuk tulangan pokok}$$

$$f'_c = 20,75 \text{ Mpa}$$

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

$$d = h - P_b - \text{Øsengkang} - \frac{1}{2} \text{Øpokok}$$

$$= 400 - 40 - 10 - \frac{1}{2} 16$$

$$= 342 \text{ mm}$$

Penyelesaian :

Mencari Rasio tulangan :

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

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 = 0,35 \%$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times f'_c}{f_y} \beta_i \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= \left(\frac{0,85 \times 40}{400} \times 0,85 \times \frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$= 0,044$$

$$p. maks = 0.75 \cdot Pb$$

$$= 0,75 \cdot 0,044$$

$$= 0,3$$

1. penulangan lentur daerah tumpuan

Diketahui :

$$M+tumpuan : 2,452 \text{ kN/m}$$

Faktor reduksi

$$\phi = 0,8$$

a) Momen nominal :

$$Mn = \frac{Mu}{\phi}$$

$$= 2,452 / 0,8$$

$$= 3,065 \text{ kN/m}$$

$$m = \frac{fy}{0.85 \cdot fc}$$

$$= 400 / (0,85 \times 20,75)$$

$$= 0.048 \text{ kN/m}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2}$$

$$= 3,065 / (250 \cdot 342^2)$$

$$= 0,104 \text{ MPa}$$

Penyelesaian :

Mencari Rasio tulangan :

$$P_{perlu} = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot Rn}{fy}} \right]$$

$$= \frac{1}{0,048} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,048 \cdot 0,104}{400}} \right]$$

$$= 0,0002$$

Karena $\rho_{perlu} < \rho_{min} = 0,0035$ maka digunakan ρ_{min}

b) Luas tulangan tarik :

$$As = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0035 \cdot 250 \cdot 342$$

$$= 299,25 \text{ mm}^2$$

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

$$= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 16^2$$

$$= 201,061 \text{ mm}$$

Jumlah Tulangan yang diperlukan adalah

$$n = A_s / (\pi / 4 \times D^2)$$

$$= 299,25 / 201,061 = 1,488$$

$$= 2 \text{ Batang}$$

$$A_s \text{ pakai} = n \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2$$

$$= n \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2$$

$$= 402 \text{ mm}^2$$

c) Pada kondisi seimbang terletak garis netral :

$$a = \frac{A_s \cdot F_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}$$

$$= \frac{402 \cdot 400}{0,85 \cdot 20,75 \cdot 250}$$

$$= 36,467 \text{ mm}$$

d) Anggap baja tulangan telah leleh, maka :

$$\phi M_n = A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 0,8 \cdot 402 \cdot 400 \cdot \left(400 - \frac{36,467}{2} \right) \cdot 10^{-6}$$

$$= 49,110 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n = 49,110 \text{ kNm} < M_u = 2,452 \text{ kNm} \dots\dots\dots \text{ok}$$

e) Pada kondisi sesungguhnya.

$$A_s \cdot f_y = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b$$

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

$$= \frac{402 \cdot 400}{0,85 \cdot 20,75 \cdot 400}$$

$$= 22,792$$

Digunakan tulangan :

Tulangan tarik : $A_s \text{ ada} = 2 \text{ } \emptyset 16$

2. penulangan lentur daerah tumpuan

Diketahui :
 M -tumpuan : 4,3507 kN/m

Faktor reduksi
 $\phi = 0,8$

a) Momen nominal :

$$\begin{aligned} Mn &= \frac{Mu}{\phi} \\ &= 4,350 / 0,8 \\ &= 5,437 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{fy}{0.85 \cdot fc} \\ &= 400 / (0,85 \times 20,75) \\ &= 22,678 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Rn &= \frac{Mn}{b \cdot d^2} \\ &= 5,437 / (400 \cdot 342^2) \\ &= 0,116 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Penyelesaian :
Mencari Rasio tulangan :

$$\begin{aligned} \rho \text{ perlu} &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot Rn}{fy}} \right] \\ &= \frac{1}{22,678} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 22,678 \cdot 0,116}{400}} \right] \\ &= 0,0002 \end{aligned}$$

Karena $\rho \text{ perlu} < \rho \text{ min} = 0,0035$ maka digunakan $\rho \text{ min}$

b) Luas tulangan tarik :

$$\begin{aligned} As &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0035 \cdot 250 \cdot 342 \\ &= 299,25 \text{ mm}^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 16^2 \\ &= 201,061 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan yang diperlukan adalah

$$\begin{aligned} n &= As / (\pi / 4 \times D^2) \\ &= 299,25 / 201,061 = 1,488 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 2 \text{ Batang} \\
 As \text{ pakai} &= n \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\
 &= n \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 \\
 &= 402 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

c) Pada kondisi seimbang terletak garis netral :

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{AS \cdot FY}{0,85 \cdot f'c' \cdot b} \\
 &= \frac{402 \cdot 400}{0,85 \cdot 20,75 \cdot 250} \\
 &= 36,467 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

d) Anggap baja tulangan telah leleh, maka :

$$\begin{aligned}
 \phi M_{nl} &= \cdot As_l \cdot fy \cdot \left(d - \frac{\alpha}{2} \right) \\
 &= 0,8 \cdot 402 \cdot 400 \cdot \left(400 - \frac{18,917}{2} \right) \cdot 10^{-6} \\
 &= 50,239 \text{ kNm} \\
 \phi M_{nl} = 50,239 \text{ kNm} < Mu = 3,3507 \text{ kNm} \dots\dots\text{ok}
 \end{aligned}$$

Pada kondisi sesungguhnya.

$$\begin{aligned}
 As \cdot fy &= 0,85 \cdot f'c' \cdot a \cdot b \\
 a &= \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot f'c' \cdot b} \\
 &= \frac{603,185 \cdot 400}{0,85 \cdot 40 \cdot 400} \\
 &= 17,740
 \end{aligned}$$

e) Anggap baja tulangan telah leleh, maka :

$$\begin{aligned}
 \phi M_{nl} &= \cdot As \text{ pakai} \cdot fy \cdot \left(d - \frac{\alpha}{2} \right) \\
 &= 0,8 \cdot 402 \cdot 400 \cdot \left(334 - \frac{17,740}{2} \right) \cdot 10^{-6} \\
 &= 41.824 \text{ KN/m} \\
 \phi M_{nl} = 41,824 \text{ kNm} > Mu = 4,3507 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan :

Tulangan tarik : $A_{s\ ada} = 2 \text{ } \emptyset 16$

3. Tulangan geser

$$V_{u+} = 4.7962 \text{ kN/m}$$

$$\emptyset_{\text{tul.pokok}} = 16 \text{ mm}$$

$$h = 400 \text{ mm } b = 250 \text{ mm}$$

$$f_y = 20,75 \text{ MPa untuk tulangan pokok}$$

$$f'_c = 40 \text{ Mpa}$$

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

$$d = h - P_b - \emptyset_{\text{sengkang}} - \frac{1}{2} \emptyset_{\text{pokok}}$$

$$= 400 - 40 - 10 - \frac{1}{2} 16$$

$$= 342$$

Penyelesaian :

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{20,75} \cdot 400 \cdot 342 \cdot 10^{-3} = 103,858 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 0,75 \cdot 103,858 = 77,893 \text{ kN}$$

Didapat, $\phi \cdot V_c 13,68 V_u < 4.7962$

$$A_v = \frac{75 \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d}{1200 \cdot f_y}$$

$$= \frac{75 \sqrt{20,75} \cdot 250 \cdot 342}{1200 \cdot 400} = 60,854$$

Kriteria menentukan spasi maksimum yang dibutuhkan :

$$= \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d = \frac{1}{3} \sqrt{20,75} \cdot 250 \cdot 342 \cdot 10^{-3} = 129,823$$

$$\text{Sehingga dianggap } V_s = \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

$$s_{\text{maks}} = \frac{1}{2} d = \frac{1}{2} \cdot 342 = 171 \text{ mm}$$

Digunakan Jarak $s = 100 \text{ mm}$

$$s = 100 \text{ mm} < s_{\text{maks}} = 171 \text{ mm} \dots\dots \text{O.K!!!}$$

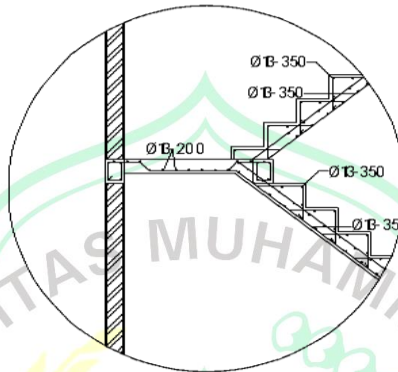
· Kontrol kapasitas geser terhadap jarak maksimum yang digunakan :

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} = \frac{60,854 \cdot 400 \cdot 342}{100 \times 10^3} = 83,248 \text{ kN}$$

$$\phi (V_c + V_s) = 0,75 \cdot (77,893 + 83,248) = 120,855 \text{ kN}$$

$$\phi (V_c + V_s) = 120,855 \text{ kN} > V_u = 40.604 \text{ OK!!!}$$

jarak sengkang 100 mm dapat dipakai. Maka, tulangan geser yang dipakai Ø10 – 100



Gambar. 4.14 Detail Pulangan Janjang
Sumber: Aplikasi AutoCAD 2010

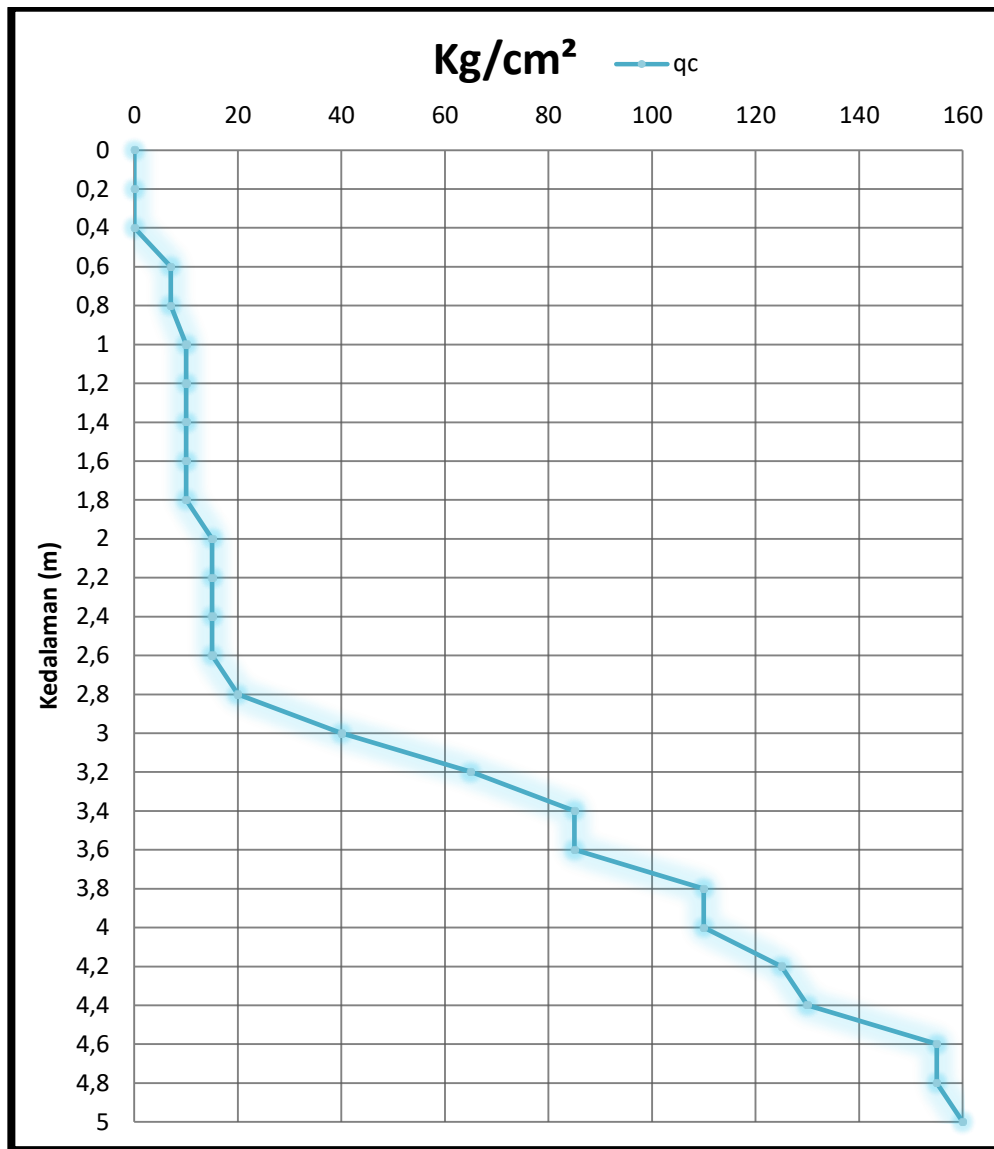
Balok Bordes (25 X 40)			
Tumpuan		Lapangan	
Tumpuan	2 D 16	Lapangan	2 D 16
Sengkang	Ø10-100	Sengkang	Ø10-100

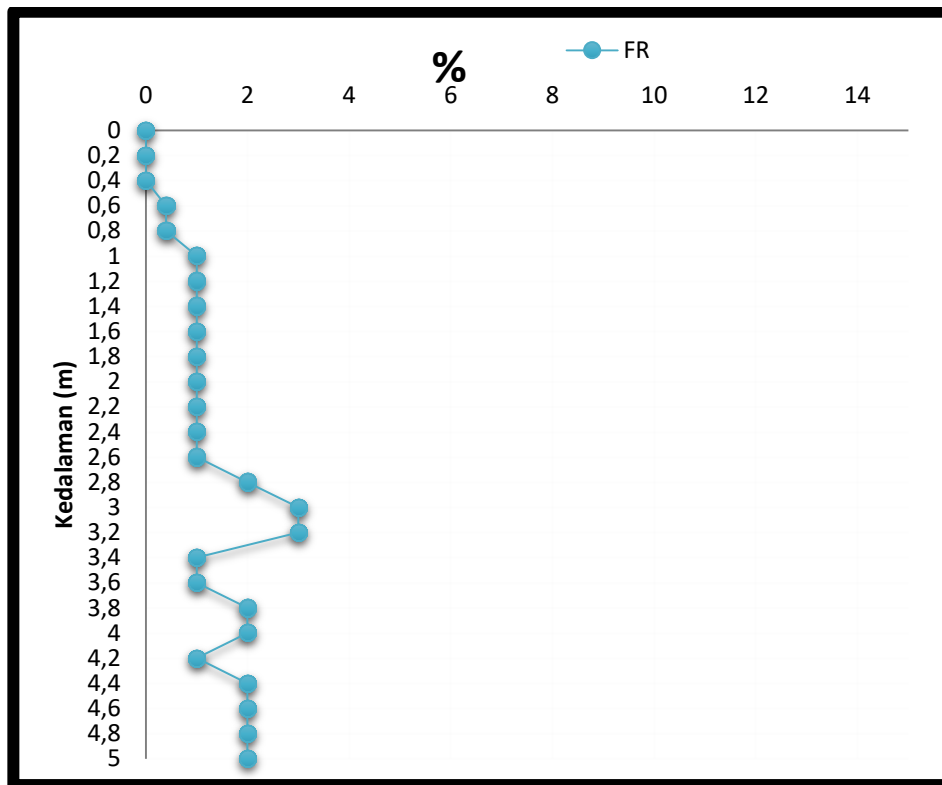
Gambar 4.15 Detail Penulangan Balok Bordes
Sumber: Aplikasi OutoCAD 2010

pondasi

Tabel 4.7 Data Sondir

Kedalaman n	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	0	0	0	0,00	0,00	0,00
0,4	0	0	0	0,00	0,00	0,00
0,6	5	7	2	4,00	2,00	0,40
0,8	5	7	2	4,00	4,00	0,40
1	5	10	5	10,00	9,00	1,00
1,2	5	10	5	10,00	14,00	1,00
1,4	5	10	5	10,00	19,00	1,00
1,6	5	10	5	10,00	24,00	1,00
1,8	5	10	5	10,00	29,00	1,00
2	10	15	5	10,00	34,00	1,00
2,2	10	15	5	10,00	39,00	1,00
2,4	10	15	5	10,00	44,00	1,00
2,6	10	15	5	10,00	49,00	1,00
2,8	10	20	10	20,00	59,00	2,00
3	25	40	15	30,00	74,00	3,00
3,2	50	65	15	30,00	89,00	3,00
3,4	80	85	5	10,00	94,00	1,00
3,6	80	85	5	10,00	99,00	1,00
3,8	100	110	10	20,00	109,00	2,00
4	100	110	10	20,00	119,00	2,00
4,2	120	125	5	10,00	124,00	1,00
4,4	120	130	10	20,00	134,00	2,00
4,6	145	155	10	20,00	144,00	2,00
4,8	145	155	10	20,00	154,00	2,00
5	150	160	10	20,00	164,00	2,00





	GroupName Text	SelfMass Kgf-s2/m	SelfWeight Kgf	TotalMassX Kgf-s2/m	TotalMassY Kgf-s2/m	TotalMassZ Kgf-s2/m
▶	ALL	44920,27	440517,4	44920,27	44920,27	44920,27

1. Perhitungan Pondasi Sumuran

Kedalaman tanah = 3,6 m

Nilai konus, $q_c = 5 \text{ Kg/m}^2 = 5000.000 \text{ Kg/cm}^2$

Hambatan lekat hl = $85 \text{ Kg/m}^2 = 8500.000 \text{ Kg/cm}^2$

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

$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 1,50^2 = 1,767 \text{ m}^2$

$Q_b = A_h \times q_c$

$= 1,767 \times 5000.000 = 8835000 \text{ kg}$

$A_s = \pi \times D \times L$

$= 3,14 \times 1,50 \times 3,60 = 1695,5 \text{ m}^2$

Daya dukung geser

$Q_s = A_s \times Q_b$

$= 16.956 \times 8835000 = 149806260 \text{ kg}$

Daya dukung ultimit/batas

$$Q_{ult} = 8835000 + 149806260 = 158641260 \text{ kg}$$

$$Q_{all} = \frac{8835000}{3} + \frac{149806260}{5} = 32906252 \text{ kg}$$

$$= 329.062,252 \text{ ton}$$

Kontrol daya dukung :

$$P < Q_{all}$$

$$440,5174 \text{ ton} < 329.062,252 \text{ ton}$$

Perhitungan pondasi Penurunan

$$SC = \frac{Cc \cdot Hc}{1+e_0} \times \log \frac{p_0 + \Delta p}{p_0}$$

Dimana :

Sc = Penurunan konsolidasi

Cc = koefisien pemampatan

E0 = Angka pori

P₀ = Tegangan efektif

ΔP = Beban ultimit

Hc = Lapisan tanah

$$SC = \frac{0,05 \cdot 10}{1+0,5} \times \log \frac{200 + 329,062}{200}$$

$$SC = 0,03 \cdot \log 2.64531$$

$$Sc = 0.012 \text{ m}$$

$$Sc = 1,2 \text{ cm}$$

$$S \text{ ijin} > Sc$$

$$2,5 > 1,2 \dots \dots \dots \text{ok}$$

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

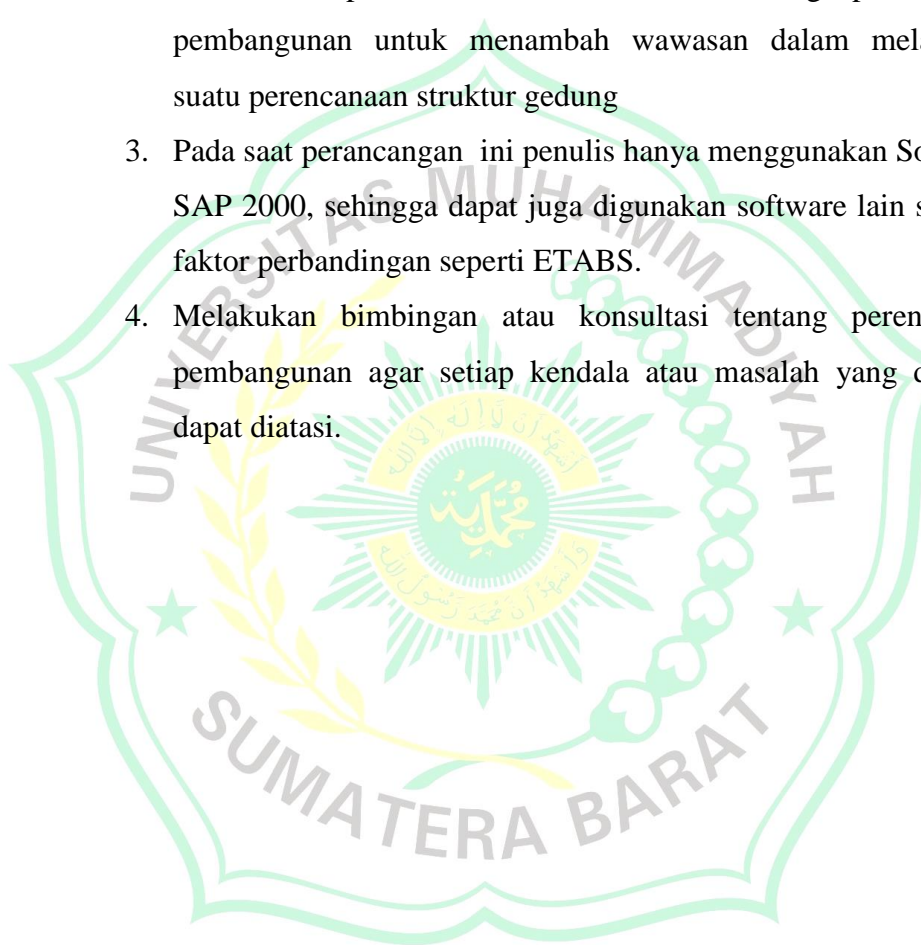
Data Perencanaan Struktur Gedung Asrama 3 Lantai Pada Pesantren Mualimin Geregeh Bukittinggi pada skripsi ini, analisis pembebanan dilakukan dengan digunakan *software* SAP 2000 maka didapatkan momen, gaya geser, dan aksial terbesar pada masing-masing portal yang selanjutnya digunakan untuk menghitung dimensi dan jumlah tulangan. Adapun hasil perhitungan dari Perencanaan Struktur Gedung Asrama 3 Lantai Pada Pesantren Mualimin Garegeh Bukittinggi sebagai berikut.

1. Pemodelan dan perhitungan kolom, balok, pelat lantai dan pelat atap bangunan menggunakan SAP 2000.
2. Perhitungan beban gempa mengacu pada SNI gempa 2019 dengan desain respon spektrum gempa.
3. Perhitungan pondasi sumuran dengan menggunakan menggunakan hitungan manual.
4. Perencanaan pelat yang direncanakan yaitu pelat dua arah, berdasarkan analisis momen pelat atap didapatkan pembesian yang digunakan 12 – 250 mm. Pada lantai atap didapatkan pembesian yang digunakan 12 – 250 mm.
5. Pembesian pada balok ukuran 25×40, pada tumpuan diperoleh 3 D 16, pada lapangan diperoleh 3 D 16, sedangkan untuk sengkang untuk tulangan sengkang atau geser \emptyset 10 – 100 mm.
6. Pembesian pada kolom 40×40, pembesian aksial totalnya 14 D 19, untuk tulangan sengkang atau geser \emptyset 10 – 150 mm.

5.2 Saran

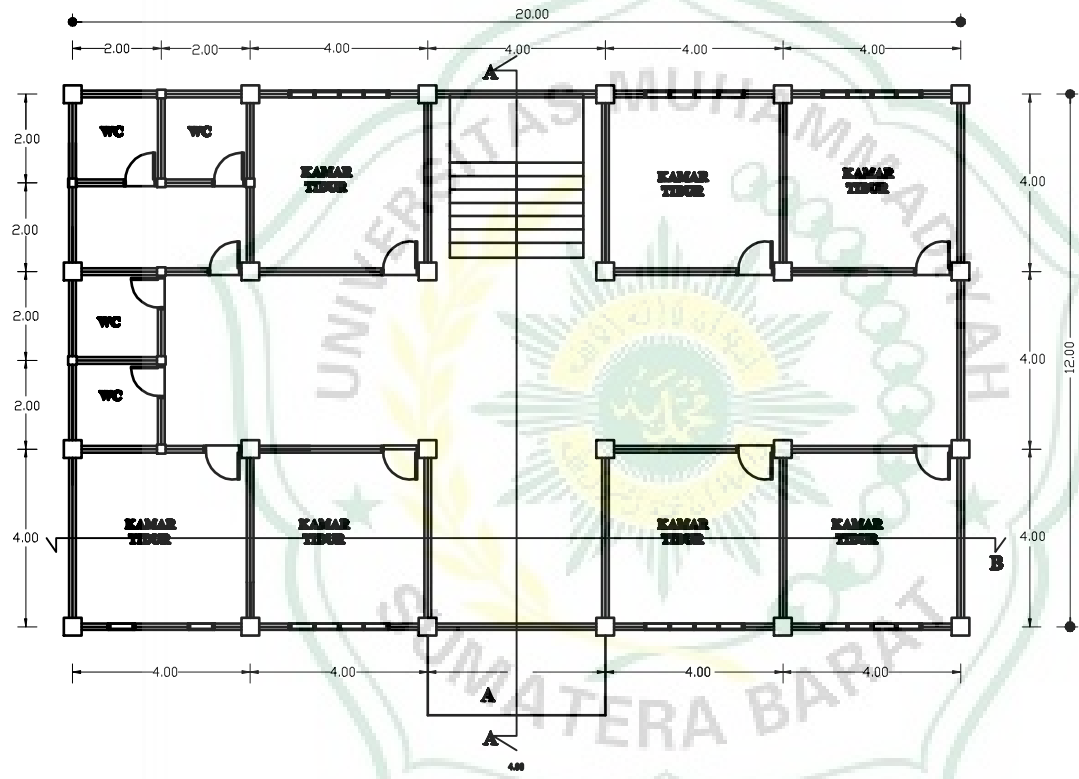
Ada pun beberapa saran yang akan penulis sampaikan dalam perencanaan struktur gedung yaitu :

1. Perencanaan struktur gedung yang akan direncanakan mengacu pada pedoman peraturan pembangunan gedung yang masih berlaku.
2. Melakukan pencarian sumber-sumber tentang perencanaan pembangunan untuk menambah wawasan dalam melakukan suatu perencanaan struktur gedung
3. Pada saat perancangan ini penulis hanya menggunakan Software SAP 2000, sehingga dapat juga digunakan software lain sebagai faktor perbandingan seperti ETABS.
4. Melakukan bimbingan atau konsultasi tentang perencanaan pembangunan agar setiap kendala atau masalah yang ditemui dapat diatasi.



DAFTAR PUSTAKA

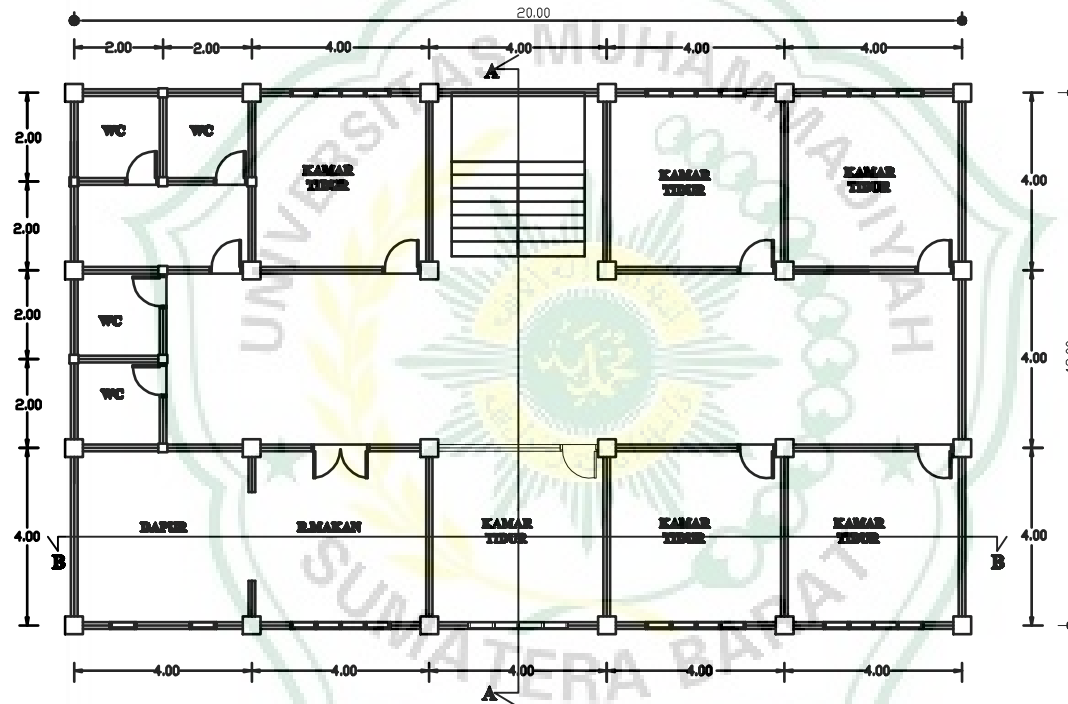
- Putri, Aisya Hayyu, Masril Masril, and Deddy Kurniawan. "Perencanaan Struktur Gedung Pasar Raya Padang." *Ensiklopedia Research and Community Service Review* 1.1 (2021): 137-143.
- Putri, Annisa, Masril Masril, and Elfania Bastian. "Analisis Struktur Pasca Kebakaran Gedung Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat." *Ensiklopedia Research and Community Service Review* 1.1 (2021): 179-187.
- SNI 03–1727–1989, *Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung*
- SNI 03–1729–2002, *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung*
- SNI 03–2847–2002, *Tata cara perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (Beta Version)*
- SNI 03–1727–2013, *Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lainnya*
- SNI–1726–2019, *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung*
- SNI–2847–2019, *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*
- SNI 1729–2015, *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*
- (PBI-1971) *Peraturan Beton Bertulang Indonesia*
- (PPIUG), 1983, *Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Bangunan Gedung*
- Vis, W. C. Dan Kusuma, Gideon H. 1997. *Dasar – Dasar Perencanaan Beton Bertulang*. Penerbit Erlangga : Jakarta.



DENAH LANTAI 1

Skala : 1:100

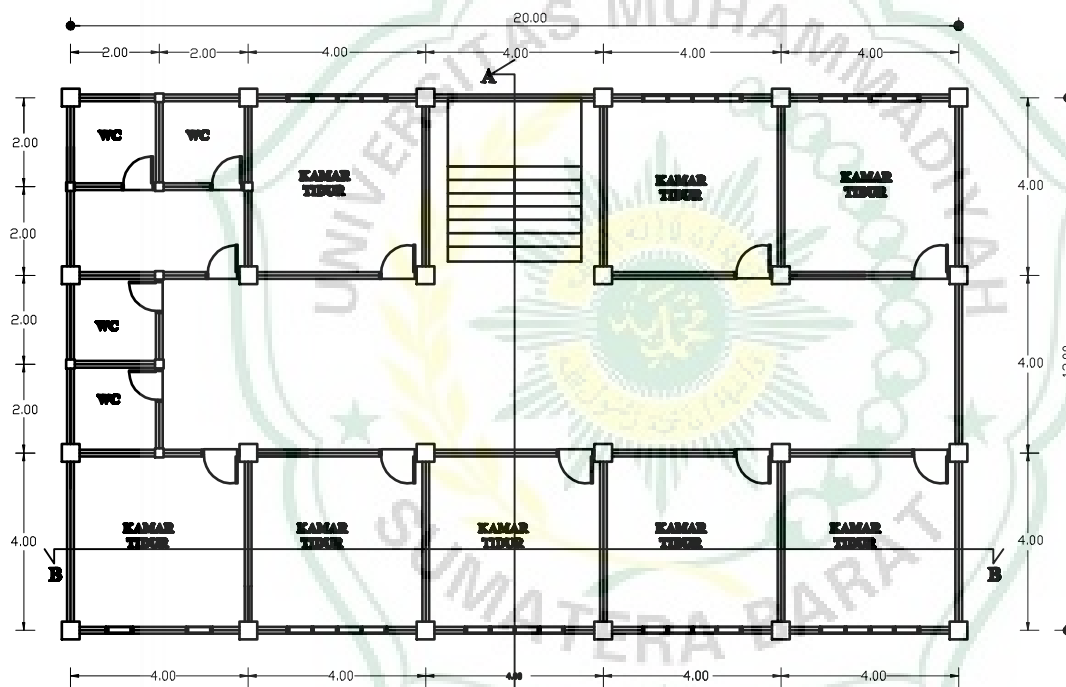




DENAH LANTAI 2

Skala : 1:100

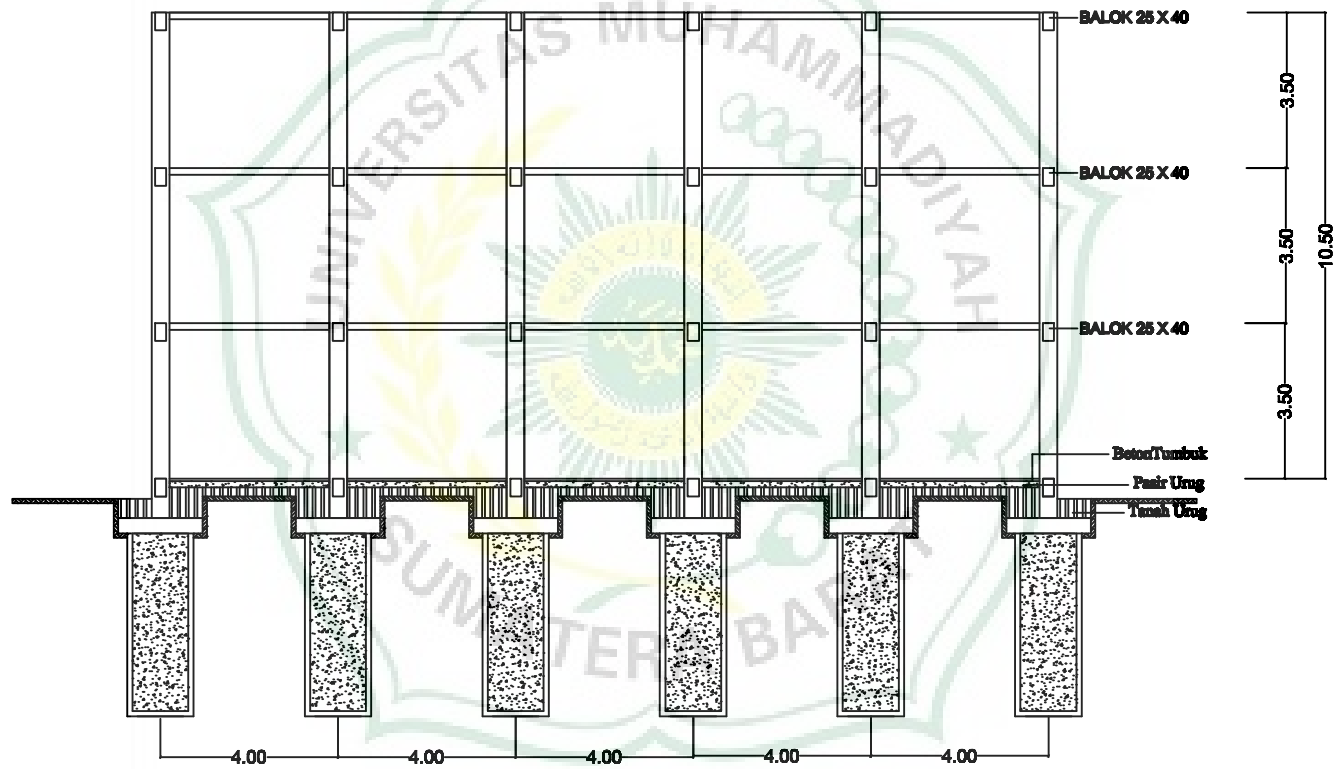




DENAH LANTAI 3

Skala : 1:500

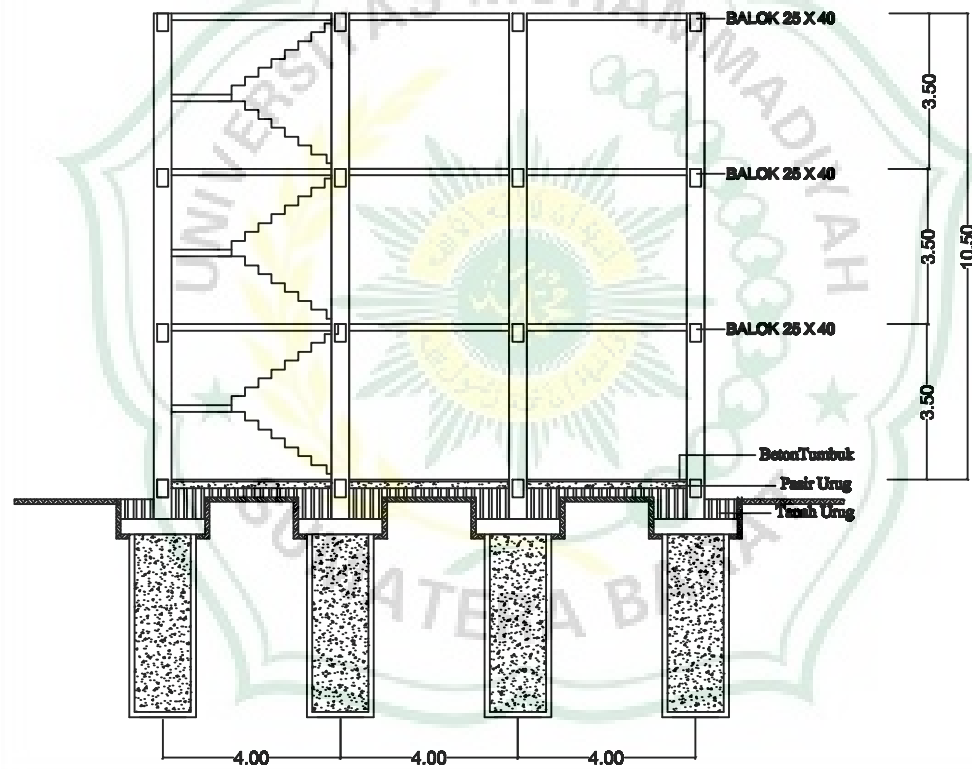




POTONGAN A-A

Skala : 1:100

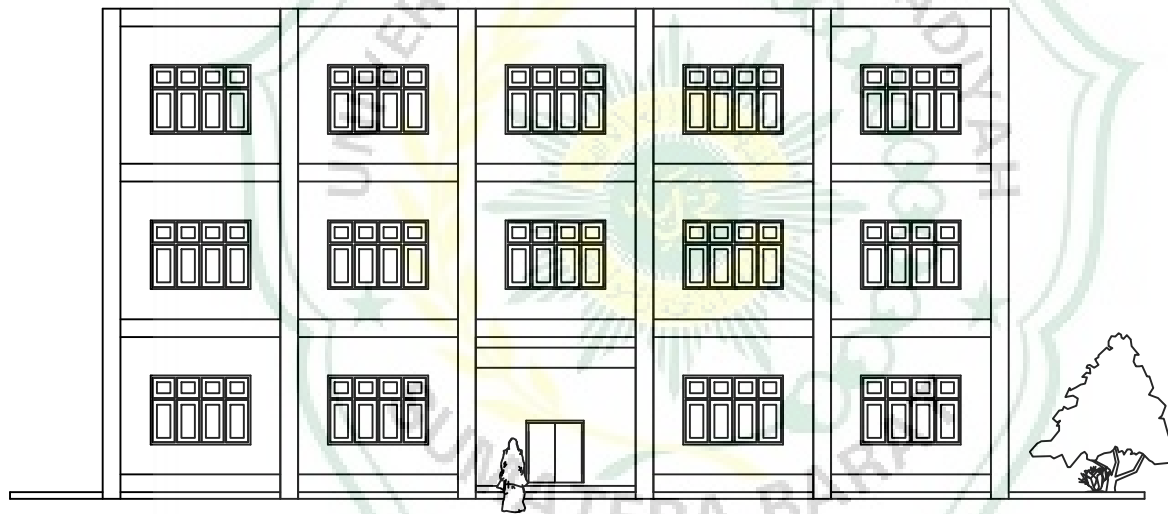




POTONGAN B-B

Skala : 1:100





TAMPAK MUKA

Skala : 1:100

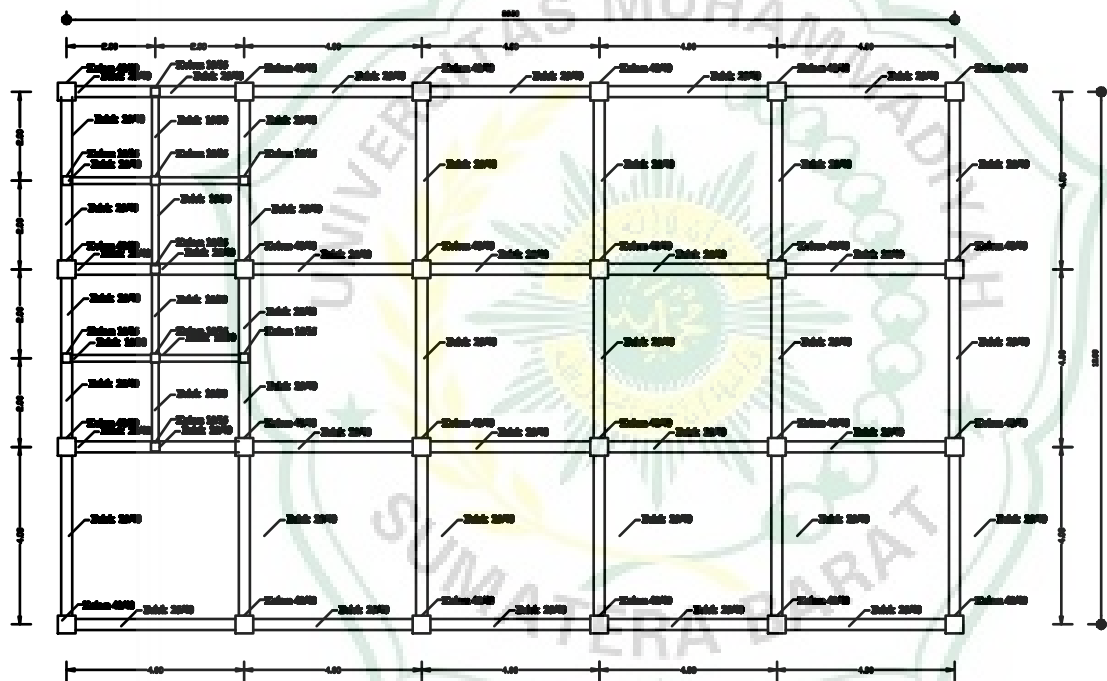




TAMPAK SAMPING

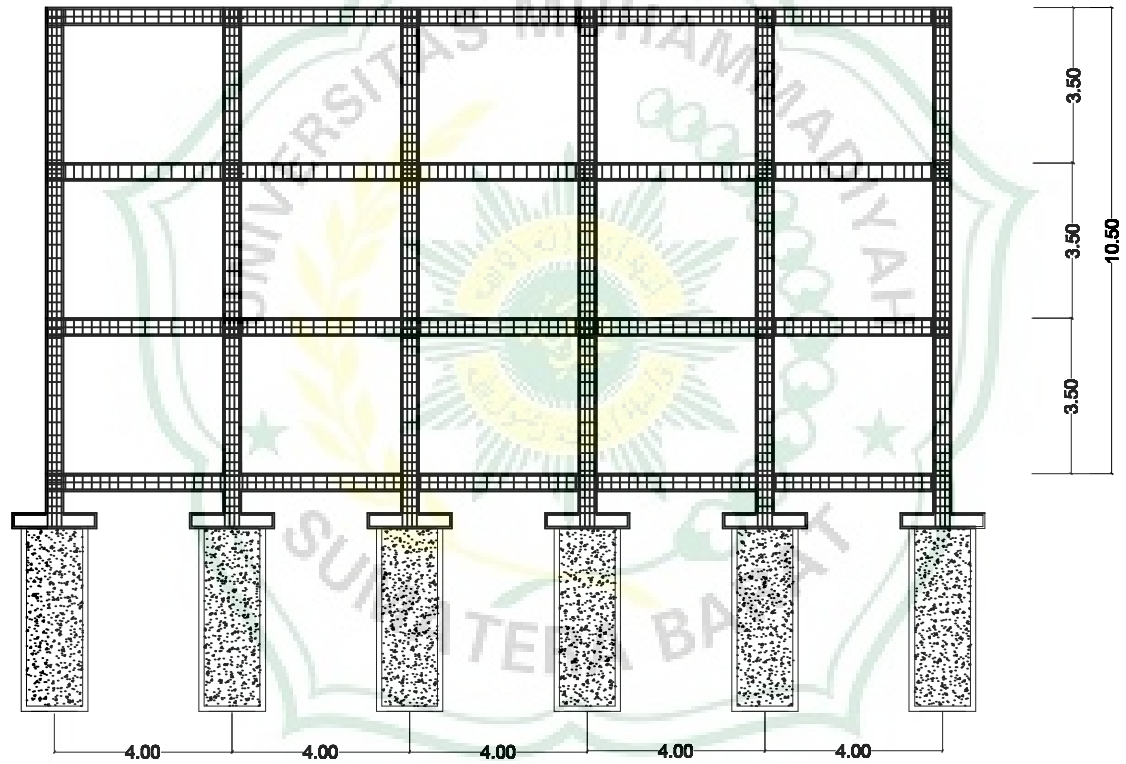
Scale : 1:100





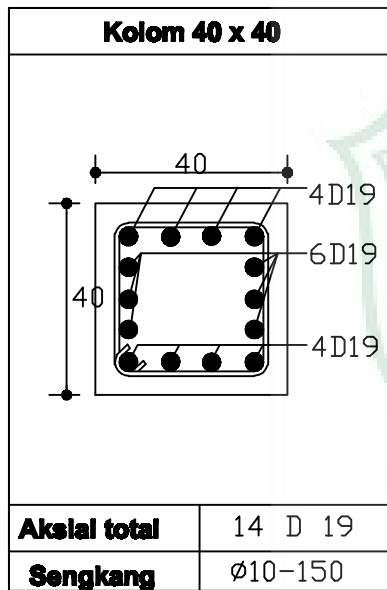
DENAH BALOK DAN KOLOM 1, 2 dan 3
 Skala : 1/200





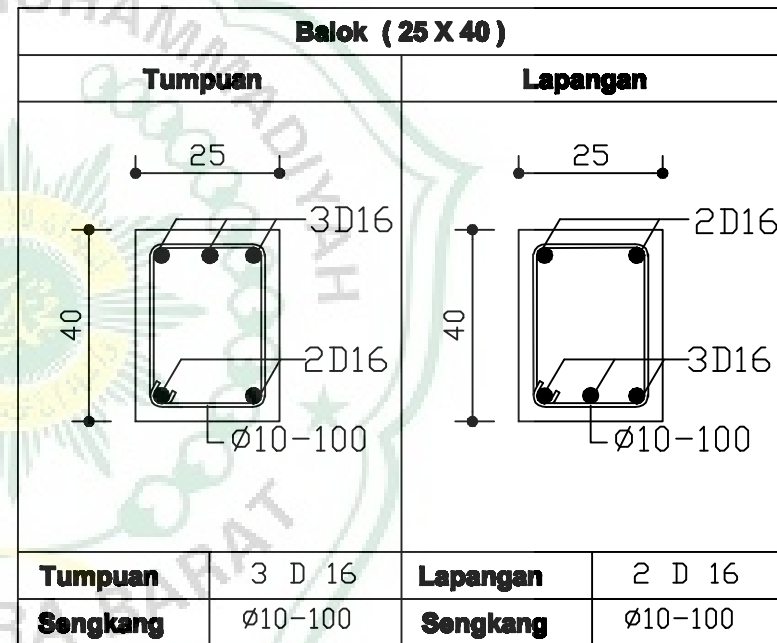
PORTAL A-F
Scale : 1:100





KOLOM 40/40

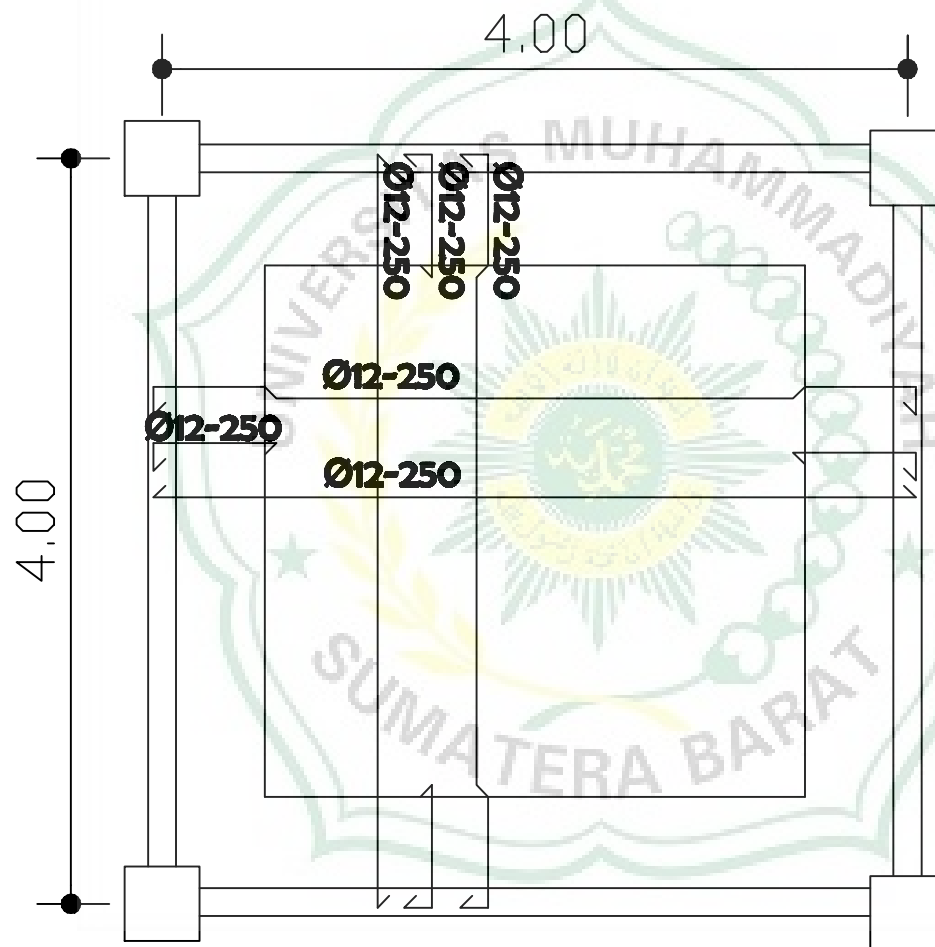
Skala : 1:20



BALOK 25/60

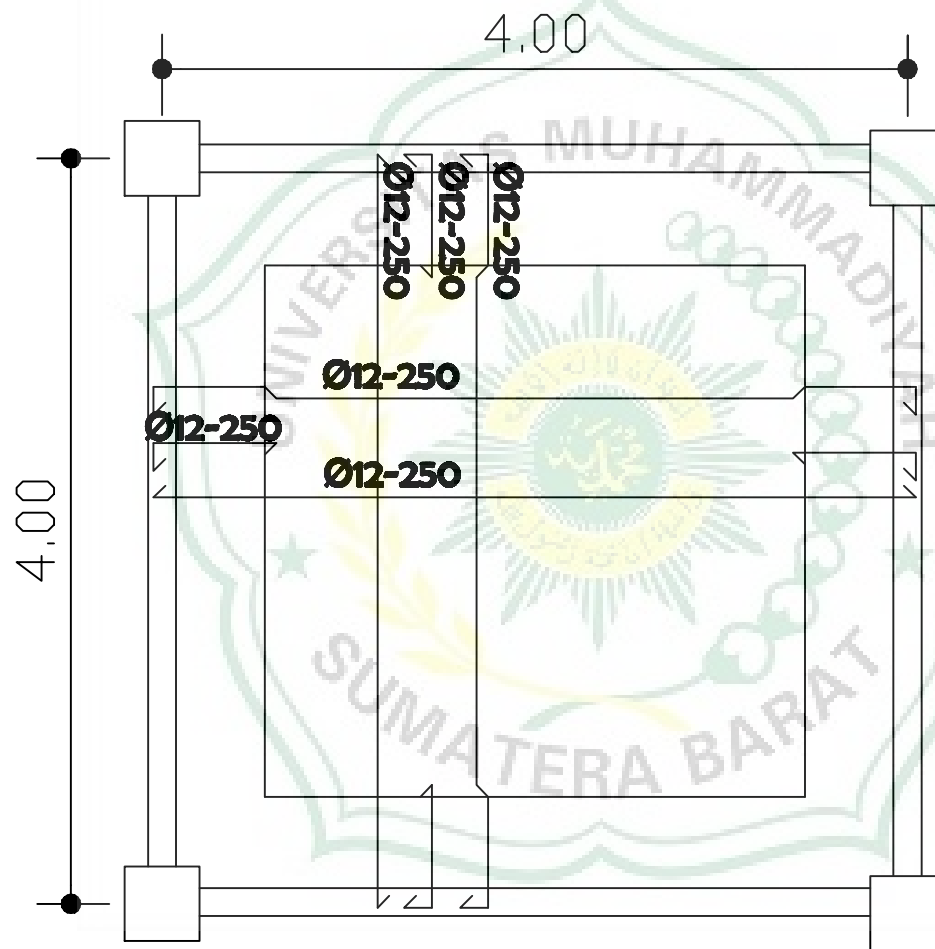
Skala : 1:20





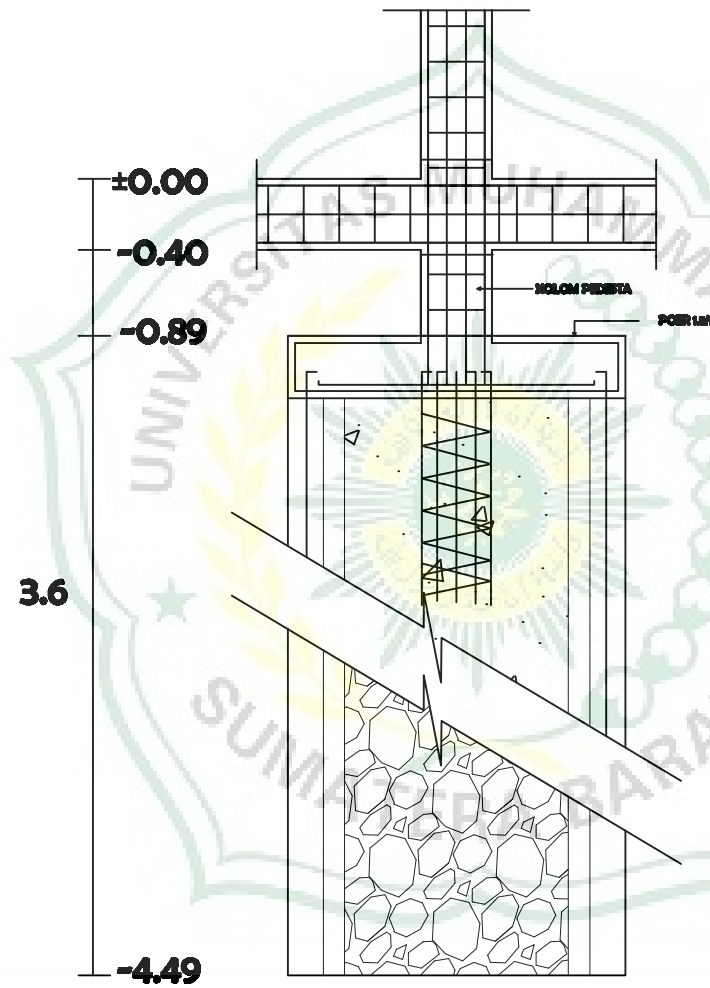
PELAT ATAP
Skala : 1:20





PELAT LANTAI
Skala : 1:20





DETAIL PONDASI

Scale : 1/20





UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT

FAKULTAS TEKNIK

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

REVISI SEMINAR HASIL SKRIPSI

Tanggal Ujian: 18 Agustus 2022

Nama : **Yahya Ardiyanto**
NIM : 181000222201147
Judul Skripsi : Perencanaan Struktur Gedung Asrama 3 Lantai pada Pesantren
Mualimin Garegeh Bukittinggi,
Catatan Perbaikan :
- *Abstrak Di perbaiki* ✓
- *cek penulisan* ✓
- *perbaiki spektrum respon DSR*

Ketua Penguji,

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

Abstrak dan isi
ditambah
di tambah
Sojip 22-22
Sojip 22-22



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT

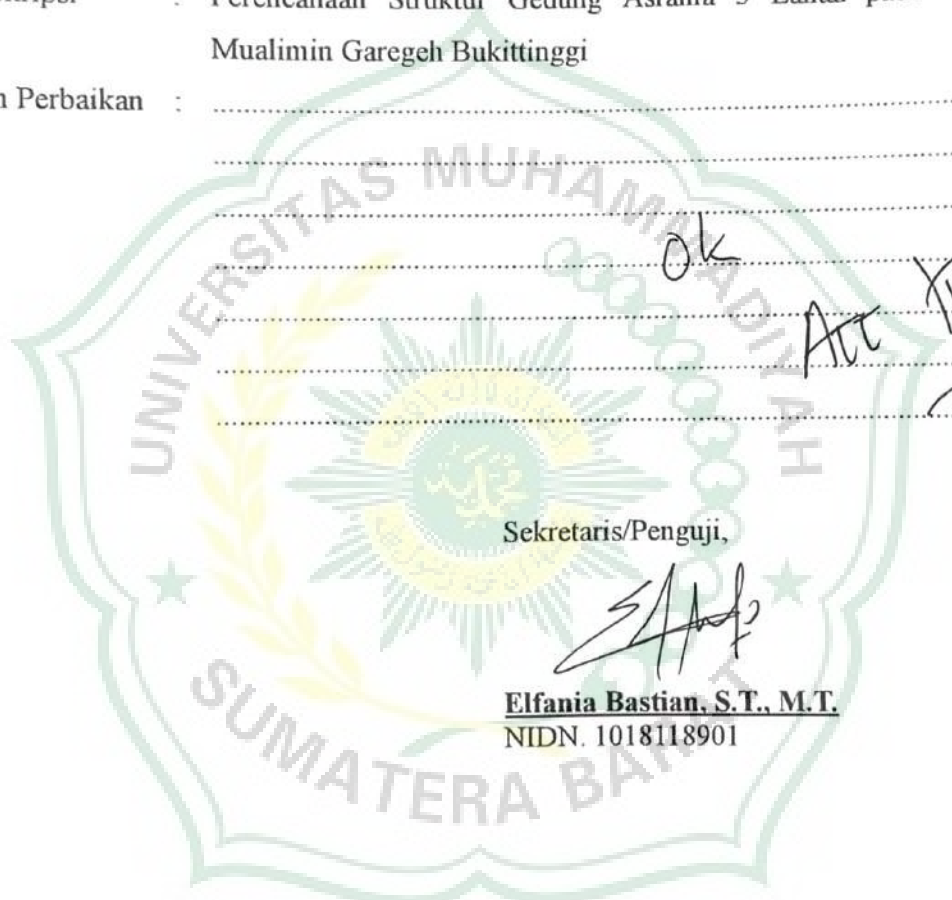
FAKULTAS TEKNIK

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

REVISI SEMINAR HASIL SKRIPSI

Tanggal Ujian: 18 Agustus 2022

Nama : **Yahya Ardiyanto**
NIM : 181000222201147
Judul Skripsi : Perencanaan Struktur Gedung Asrama 3 Lantai pada Pesantren
Mualimin Garegeh Bukittinggi
Catatan Perbaikan :



ok
Att Kompre.
FA

Sekretaris/Penguji,

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



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT

FAKULTAS TEKNIK

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

REVISI SEMINAR HASIL SKRIPSI

Tanggal Ujian: 18 Agustus 2022

Nama : **Yahya Ardiyanto**
NIM : 181000222201147
Judul Skripsi : Perencanaan Struktur Gedung Asrama 3 Lantai pada Pesantren
Mualimin Garegeh Bukittinggi
Catatan Perbaikan :

Perbaiki kesimpulan bab v

Acc
Yorizal Putra

Penguji,

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





UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT

FAKULTAS TEKNIK

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

REVISI SEMINAR HASIL SKRIPSI

Tanggal Ujian: 18 Agustus 2022

Nama : **Yahya Ardiyanto**
NIM : 181000222201147
Judul Skripsi : Perencanaan Struktur Gedung Asrama 3 Lantai pada Pesantren
Mualimin Garegeh Bukittinggi

Catatan Perbaikan :
*Harus ada mura. Lantai yg di
pakai pd pondasi
jelajah $f_c = \dots ?$ $\epsilon = \dots ?$*

Penguji,

acc: Perbaikan.

[Signature]
Copy

Jon Hafnil, S.T., M.T.
NIDN. 8916810021

[Signature]
19 22



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT FAKULTAS TEKNIK

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

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa	: Yahya Ardiyanto
NIM	: 181000222201147
Program Studi	: Teknik Sipil
Pembimbing I	: MASRIL, S.T., M.T.
Pembimbing II	: ELFANIA BASTIAN, S.T., M.T.
Judul	: Perencanaan Struktur Gedung Asrama 3 Lantai Pada Pesantren Muallimin Bukittinggi

No.	Tanggal Konsultasi	Materi dan Catatan Pembimbing	Paraf Pembimbing I	Paraf Pembimbing II
1.		Revisi kesimpulan		
2.		dan Saran, lengkapi gambar pemondokan		
3.	27	lengkapi Daftar pustaka		
4.		di perbaiki		
5.	6	lengkapi, Abstrak, Daftar isi, Daftar		
6.		isi, Daftar tabel, Daftar gambar		
7.				
8.		lengkapi		
9.		lengkapi		
10.		Selesai		

Catatan:

- Kartu Konsultasi ini dilampirkan saat pendaftaran seminar.
- Dapat diperbanyak bila diperlukan.

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil,

HELGA YERMADONA, S.PD., M.T

NIDN. 1013098502

Handwritten signatures and notes:
 Acc. Lantalle Sirdang Saugjana 22/8 - 22/8
 Lantalle Saugjana 22/8 - 22/8



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT

FAKULTAS TEKNIK

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

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa	: YAHYA ARDIYANTO
NIM	: 181000222201147
Program Studi	: Teknik Sipil
Pembimbing I	: MASRIL, S.T, M.T
NIDN	: 1005057407
Judul	: Perencanaan Struktur Gedung Asrama 3 Lantai Pada Pesantren Muallimin Garegeh Bukittinggi

No.	Tanggal Konsultasi	Materi dan Catatan Pembimbing	Paraf Pembimbing
1.	29/5/22	- Perbaiki Latar Belakang	
2.		- tabel penulisan, penulisan di perbaiki	
3.		- tambah teori mengenai pondasi	
4.		- cek teori mengenai penentuan pondasi yg penguasaan	
5.		- Sama saja simanya pa	
6.		- Sama 49 original sama 2019 Lanjutan	
7.	6/5/22	Tambahkan Data Seder	
8.	1	+ tambahkan perhitungan pemm	
9.	28/5/22	Perbaiki Perhitungan pondasi	
10.	6	- lanjut lagi Data Seder	

Catatan

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

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil,

HELGA YERMADONA, S.Pd., M.T

NIDN. 1013098502



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT FAKULTAS TEKNIK

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

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa	:	YAHYA ARDIYANTO
NIM	:	181000222201147
Program Studi	:	Tenik Sipil
Pembimbing I	:	MASRIL, S.T, M.T
Pembimbing II	:	ELFANIA BASTIAN, S.T, M.T
Judul	:	Perencanaan Struktur Gedung Asrama 3 Lantai Pada Pesantren Muallimin Geregeh Bukittinggi

No.	Tanggal Konsultasi	Materi dan Catatan Pembimbing	Paraf Pembimbing I	Paraf Pembimbing II
1.	18-06-22	Perbaiki Latar Belakang, Cek kesalahan2 penulisan Sesuaikan penulisan dengan Format pada pedoman penulisan Perbaiki Diagram Alir		
2.	20-06-22	Perbaiki kesalahan2 penulisan Bab 1-3		
3.	30-06-22	Acc bab 1-3 , perbaiki tata tulis BAB 4 dan perbaiki input2 data yang salah		
4.	02-07-22	ACC untuk diseminarkan		
5.				
6.				
7.				
8.				
9.				
10.				

- Catatan :
1. Kartu Konsultasi ini dilampirkan saat pendaftaran seminar.
 2. Dapat diperbanyak bila diperlukan.

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

Helga Yermadana, MT

NIDN. 1013098502



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT

FAKULTAS TEKNIK

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

REVISI SIDANG SKRIPSI

Tanggal Ujian: 27 Agustus 2022

Nama : **Yahya Ardiyanto**
NIM : 181000222201147
Judul Skripsi : Perencanaan Struktur Gedung Asrama pada Pesantren Mualimin
Garegeh Bukittinggi

Catatan Perbaikan :

-) Perbaiki font dapter Gambar.
- perbaiki nilai Fc. 20,75
- cek typo.
- Baca per halaman!!!

ACC JILID



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



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT
FAKULTAS TEKNIK

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

REVISI SIDANG SKRIPSI
Tanggal Ujian: 27 Agustus 2022

Nama : **Yahya Ardiyanto**
NIM : 181000222201147
Judul Skripsi : Perencanaan Struktur Gedung Asrama pada Pesantren Mualimin
Garegeh Bukittinggi

Catatan Perbaikan :

.....

.....

.....

.....


.....

.....

.....


Acc Jilid




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