

PROPOSAL SKRIPSI

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG SMA NEGERI 1 LUBUK SIKAPING KABUPATEN PASAMAN

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat*



Disusun oleh:

RANDI PUTRA

191000222201179

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT
2023/2024**

HALAMAN PENGESAHAN

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG
SMA NEGERI 1 LUBUK SIKAPING
KABUPATEN PASAMAN

Oleh

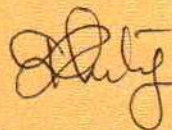
RANDI PUTRA
191000222201179

Dosen Pembimbing 1



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

Dosen Pembimbing 2



Ir. Ana Susanti Yusman, M.Eng
NIDN.1017016901

Dekan Fakultas Teknik
UM Sumatera Barat,



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

Ketua Program Studi
Teknik Sipil



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

LEMBARAN PERSETUJUAN TIM PENGUJI

Skripsi ini telah dipertahankan dan disempurnakan berdasarkan masukan dan koreksi tim penguji pada ujian tertutup tanggal 28 Februari 2024 di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat

Bukittinggi, 20 Maret 2024
Mahasiswa

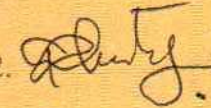
Randi Putra
191000222201179

Disetujui Tim Penguji Skripsi Tanggal 18 Maret 2024 :

1. Masril, S.T, M.T

1. 

2. Ir. Ana Susanti Yusman, M.Eng

2. 

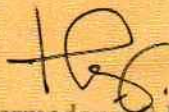
3. Asiya Nurhasanah Habirun, S.ST.,M.Eng.

3. 

4. Zuheldi, S.T, M.T

4. 

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Teknik Sipil



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

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Randi Putra

Tempat dan tanggal lahir : Lubuk Sikaping, 21 Juni 1997

Nim : 191000222201179

Judul Skripsi : Perencanaan Ulang Struktur Gedung SMA Negeri

1 Lubuk Sikaping Kabupaten Pasaman

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

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

Bukittinggi 20 Maret 2024

Yang membuat pernyataan



Randi Putra
191000222201179

ABSTRAK

Sejalan dengan perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) khususnya dalam bidang Teknik Sipil pembangunan gedung saat ini juga sangat berkembang pesat. Dalam pembangunan suatu gedung harus dihasilkan pembangunan dengan kapasitas yang cukup, kualitas yang baik dan efisien dalam pelaksanaan. Di Sumatera Barat sendiri kebutuhan akan tempat tinggal dan gedung perkantoran serta pembangunan sarana pendidikan saat ini telah mengalami perkembangan sangat pesat. Seperti halnya “Gedung SMAN 1 Lubuk Sikaping” Bertujuan untuk peningkatan sarana dan prasarana pendidikan. Dan untuk itu semua dibutuhkan perencanaan dan pengerjaan bangunan yang harus sesuai standar, aman serta efisien. Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan dimensi elemen struktur, perhitungan tulangan struktur. Adapun data – data elemen struktur yang digunakan adalah dari hasil desain pendahuluan (*Preliminary Design*). Dalam analisis nya dibantu program SAP2000 Versi 14 dengan pemilihan system struktur system jaringan (*Grid System*). Berdasarkan hasil pergitungan *Preliminary Design* diperoleh data untuk penggunaan struktur atas lantai 1 sampai dengan lantai 2 dimana didapat penampang kolom induk lantai 1 ukuran 45cm x 45cm dan lantai 2 ukuran 40cmx40cm, balok induk lantai 1 dan lantai 2 ukuran 70cmx40 cm, Perencanaan pelat lantai dan juga dak beton dilakukan dengan *Preliminary Design* didapatkan ukuran pelat lantai tebal 12 cm.

Kata Kunci: *Preliminary design*, SAP2000, Struktur Gedung, Sekolah.



KATA PENGANTAR

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

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

1. Orang tua, kakak, dan adik serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan moril, doa, dan kasih sayang.
2. Bapak Masril, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat.
3. Bapak Hariyadi, S.KOM., M.KOM. selaku Wakil Dekan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat.
4. Ibu Helga Yermadona, S.pd., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil.
5. Bapak Deddy Kurniawan, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik.
6. Bapak Masril, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis.
7. Ibu Ir. Ana Susanti Yusman, M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis.
8. Bapak/ibu Tenaga Kependidikan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan namanya satu persatu.

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

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN	
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	
KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR NOTASI	vii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan dan manfaat	2
BAB II LANDASAN TEORI.....	4
2.1 Pendahuluan	4
2.2 Beton Bertulang.....	4
2.3 Ketentuan Perencanaan Pembebanan	7
2.3.1 Jenis Pembebanan	7
1.Beban Mati (DL)	7
2.Beban Hidup (LL)	10
3.Beban Angin (W)	11
4.Beban Gempa (E)	13
5.Beban Hujan, Salju dan Es	18
6.Beban Konstruksi	19
2.3.2 Kombinasi Pembebanan	19
2.3.3 Sistem Bekerjanya Beban	21
2.4 Faktor Keamanan.....	21
2.4.1 Faktor Reduksi Kekuatan	22
2.5 Desain Elemen Struktur.....	23
2.5.1.Rangka Atap Struktur Baja	24

1.Beban Mati/Dead Load	24
2.Beban Hidup / Live Load	26
3.Beban Angin	27
4.Kontrol Tegangan	28
5.Kontrol Lendutan	28
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	30
3.1 Lokasi Penelitian	30
3.2 Data Penelitian	30
3.3 Metode Analisis Data	31
3.4 Bagan Alir Penelitian.....	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	33
4.1 Pembahasan	33
4.3 Analisa Struktur	33
4.4 Preliminary Design.....	36
4.4.3 Kolom (Coloum).....	45
4.6 Perhitungan penulangan	55
4.6.1 Balok.....	55
4.6.2 Kolom	63
4.6.3 Pelat Lantai	72
BAB V PENUTUP	75
5.1 Kesimpulan.....	75
5.2 Saran	76
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jenis dan kelas baja tulangan menurut SII 0136-80.....	5
Tabel 2.2 Batasan tebal selimut beton.....	6
Tabel 2.3 Berat Sendiri Bahan bangunan dan Komponen Gedung	8
Tabel 2.4 Beban hidup pada lantai gedung	10
Tabel 4.1 Beban Hidup untuk Lantai Koridor	34
Tabel 4.2 Preliminary balok	36
Tabel 4.3 Persyaratan yang harus di penuhi untuk komponen lentur	37
Tabel 4.4 Prelim Kolom Lantai 2	45
Tabel 4.5 Prelim Kolom Lantai 1	46
Tabel 4.6 Hasil Prelim Kolom Lantai 1	47
Tabel 4.7 Hasil Prelim Kolom Lantai 2	47
Tabel 4.8 Tabel Prelim Kolom Lantai 1	48
Tabel 4.9 Hasil Prelim Kolom Lantai 1	49



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gaya kerja pada gording	25
Gambar 2.2 Gaya bekerja pada beban mati	26
Gambar 2.3 Gaya bekerja pada beban hidup	26
Gambar 2.4 Gaya bekerja pada beban angin.....	27
Gambar 3.1 Lokasi Pembangunan Gedung	20
Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian	32
Gambar 4.1 Beban Hidup untuk Lantai Atap	34
Gambar 4.2 Grafik Respon spektrum.....	35
Gambar 4.3 Permodelan gedung menggunakan SAP 2000	48
Gambar 4.4 Distribusi beban mati pada pelat lantai	48
Gambar 4.5 Distribusi beban mati pada atap	49
Gambar 4.6 Distribusi beban mati pada balok	49
Gambar 4.7 Distribusi beban hidup pada lantai gedung	50
Gambar 4.8 Input Parameter Respon spectrum.....	50
Gambar 4.9 Respon Spectrum case Arah x.....	51
Gambar 4.10 Respon spectrum case arah y	51
Gambar 4.11 Define Constrain	52
Gambar 4.12 Penentuan Massa Gedung	52
Gambar 4.13 Input Joint Constrain	53
Gambar 4.14 Input Beban Kombinasi	54
Gambar 4.15 Gambar Penulangan Balok.....	58
Gambar 4.16 Detail Penulangan Balok.....	62
Gambar 4.17 Detail Tulangan Kolom.....	66

Gambar 4.18 Detail Tulangan Kolom..... 70

Gambar 4.19 Detail Tulangan Pelat Lantai..... 74



DAFTAR NOTASI

A_s	=	Luas tulangan tarik non-prategang, mm ²
A_s'	=	Luas tulangan tekan, mm ²
b	=	Lebar muka tekan komponen struktur, mm
B_{J_c}	=	Berat jenis beton
B_{J_s}	=	Berat jenis baja
C_d	=	Faktor pembesaran defleksi
D	=	Diameter Tulangan ulir
DL	=	Dead Load (beban mati)
DX	=	<i>Earthquake Dinamik arah-x</i>
DY	=	<i>Earthquake Dinamik arah-y</i>
E_c	=	Modulus elastisitas beton
E_s	=	Modulus elastisitas baja
f_c'	=	Kuat tekan beton, MPa
F_i	=	Beban gempa nominal statik ekuivalen.
FK	=	Faktor Keamanan (<i>Safety Factor</i>)
f_u	=	Tegangan putus tulangan lentur
f_y	=	Kuat leleh baja, Mpa
I	=	Faktor keutamaan gedung.
LL	=	Live Load (Beban Hidup)
M_u	=	Momen terfaktor pada penampang, N-mm
R	=	Faktor Reduksi gempa
SDL	=	<i>Super Dead Load</i> (Beban Mati Tambahan)
ν	=	Angka poisson beton / baja
V	=	Beban (gaya) geser dasar nominal statik ekuivalen akibat pengaruh gempa rencana.
V_s	=	Geser Statik
V_u	=	Gaya geser terfaktor pada penampang, N
μ	=	Faktor daktilitas struktur gedung.
β	=	Faktor yang didefinisikan

- ρ = Rasio tulangan tarik non-prategang
 ρ' = Rasio tulangan tekan non-prategang
 \emptyset = Diameter tulangan
 π = Nilai phi (3,14 atau 22/7)



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sumatera Barat terletak pada zona rawan gempa,. Sumatera barat juga mempunyai gunung berapi yang masih aktif, yang sewaktu waktu akan meledak dan mengakibatkan getaran yang dapat mengakibatkan kerusakan di berbagai sektor, terutama di sektor konstruksi. Sangat penting memperhatikan perencanaan bangunan yang tahan terhadap gempa.

Dalam merencanakan struktur bangunan bertingkat selain memperhatikan daya tahan dalam memikul beban bangunan itu sendiri juga harus memperhatikan daya tahan bangunan terhadap beban gempa. Mengacu pada peraturan persyaratan beton struktural bangunan gedung yaitu SNI 2847 – 2013, untuk merencanakan gedung bertingkat yang tahan terhadap adanya gaya gempa di bagi menjadi tiga sistem yaitu, Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB), Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM). Dalam menentukan sistem yang akan di pakai berdasarkan pada tingkat rawan gempa pada daerah konstruksi akan dibangun.

SMA N 1 Lubuk Sikaping Kabupaten Pasaman merupakan sekolah yang telah berdiri lebih dari 20 tahun . Bangunan tersebut sudah berdiri lebih dari 20 tahun dan wilayah tersebut juga merupakan daerah rawan gempa , perlu dilakukan perencanaan ulang untuk struktur bangunan sekolah tersebut. Hal ini dilakukan untuk menghindari resiko keruntuhan pada bangunan tersebut. Pada perencanaan ulang gedung SMA N 1 Lubuk Sikaping ini menggunakan struktur beton bertulang dengan sistem SRPMK, karena lokasi bangunan berada pada daerah rawan gempa.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka permasalahan pada tugas akhir ini adalah :

- a. Bagaimana dimensi dan penulangan pelat, balok, dan kolom pada struktur bangunan SMA N 1 Lubuk Sikaping , Kabupaten Pasaman ?
- b. Bagaimana stabilitas bangunan menggunakan sistem SRPMK ?
- c. Bagaimana detail sambungan balok dan kolom ?

1.3 Batasan Masalah

- a. Model struktur yang digunakan adalah struktur beton bertulang 2 lantai dengan sistem penahan gaya lateral berupa sistem rangka pemikul momen khusus .
- b. Perilaku bangunan yang ditinjau adalah struktur atas.
- c. Perencanaan struktur bertulang berdasarkan SNI 2847 – 2013

1.4 Tujuan dan manfaat

1.4.1. Tujuan

- a. Mengetahui mutu bahan yang digunakan untuk memenuhi kekuatan struktur bangunan yang direncanakan
- b. Mengetahui pembebanan yang terdapat pada struktur yang akan direncanakan
- c. Mengetahui dimensi dan penulangan pada pelat, balok dan kolom yang memenuhi kekuatan struktur yang di rencanakan

1.4.2. Manfaat

- a. Dapat di jadikan pedoman dalam merencanakan struktur gedung sekolah terutama di daerah pasaman
- b. Memperbanyak ilmu pengetahuan di bidang penrencanaan gedung

1.1 Sistematika penulisan

Sistematika penulisan dari perencanaan ulang struktur Gedung SMA Negeri 1 Lubuk Sikaping ini adalah sebagai berikut :

1. BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang, maksud dan tujuan yang hendakdicapai, perumusan masalah, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

2. BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini berisi teori-teori dasar dan rumus-rumus yang akan digunakan dalam perencanaan ulang struktur gedung SMA Negeri 1 Lubuk Sikaping.

3. BAB III METODA DAN LANGKAH PERENCANAAN

Bab ini berisi tentang metodologi perencanaan, deskripsi bangunan dan tahapan perencanaan struktur dengan dibuatkan bagan *flow chart*, berikut data pendukung dan acuan perencanaan yang dipakai pada landasan teori.

4. BAB IV ANALISIS PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi perencanaan struktur atas (balok, pelat, kolom, dan rangka atap) . Tinjauan dimulai dari pemodelan struktur, desainawal struktur, perhitungan pembebanan, analisis struktur dengan program SAP2000 versi 14.2.2. sehingga diketahui gaya-gaya dalam, kontrol desain dan perencanaan desain akhir berikut penulangan untuk elemen struktur beton bertulang.

5. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentan analisi perencanaan ulang struktur gedung SMA N 1 Lubuk Sikaping Kabupaten Pasaman.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pendahuluan

Tujuan utama dari struktur adalah memberikan kekuatan pada suatu bangunan. Struktur bangunan dipengaruhi oleh beban mati (*dead load*) berupa berat sendiri, beban hidup (*live load*) berupa penurunan pondasi, tekanan tanah atau air, pengaruh temperatur dan beban akibat gempa.

Suatu beban yang bertambah dan berkurang menurut secara berkala disebut beban bergoyang, beban ini sangat berbahaya apabila periode penggoyangannya berimpit dengan periode struktur dan apabila beban ini diterapkan pada struktur selama kurun waktu yang cukup lama, dapat menimbulkan lendutan. Lendutan yang melampaui batas yang direncanakan dapat merusak struktur bangunan tersebut.

2.2 Beton Bertulang

Beton adalah suatu campuran yang terdiri dari pasir, kerikil, batu pecah, atau agregat-agregat lain dicampur menjadi satu dengan suatu pasta yang terbuat dari semen dan air membentuk suatu massa mirip batuan. Terkadang, satu atau lebih bahan aditif ditambahkan untuk menghasilkan betondengan karakteristik tertentu, seperti kemudahan pengerjaan (*workability*), durabilitas dan waktu pengerasan.

Sifat utama dari beton, yaitu sangat kuat terhadap beban tekan, tetapi juga bersifat getas/mudah patah atau rusak terhadap beban Tarik. Dalam perhitungan struktur, kuat tarik beton ini biasanya diabaikan. Sedangkan sifat utama besi tulangan, yaitu kuat terhadap beban tarik maupun beban tekan.

Dari sifat utama tersebut, maka jika kedua bahan (beton dan besi tulangan) dipadukan menjadi satu-kesatuan secara komposit, akan diperoleh bahan baru yang disebut beton bertulang. Beton bertulang ini mempunyai sifat sesuai dengan sifat bahan penyusunnya, yaitu sangat kuat terhadap beban tarik maupun beban tekan. Beban tarik pada beton bertulang ditahan oleh tulangan, sedangkan beban tekan cukup ditahan oleh beton.

Untuk meningkatkan kekuatan lekatan antara tulangan dengan beton di sekelilingnya telah dikembangkan jenis tulangan uliran pada permukaantulangan, yang selanjutnya disebut sebagai baja tulangan *deform* atau ulir. Mengacu SII0136-80, Dipohusodo menyebutkan pengelompokan baja tulangan untuk beton bertulang sebagaimana ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 2.1. Jenis dan kelas baja tulangan menurut SII 0136-80

Jenis	Kelas	Simbol	Batas Ulur Maksimum (MPa)	Kuat Tarik Minimum (MPa)
Polos	1	BJTP-24	235	382
	2	BJTP-30	294	480
Ulir	1	BJTD-24	235	382
	2	BJTD-30	294	480
	3	BJTD-35	343	490
	4	BJTD-40	392	559

Sumber: SII 0136-80

Berdasarkan SNI 03-2847-2013, untuk melindungi tulangan terhadap bahaya korosi maka di sebelah tulangan luar harus diberi selimut beton. Untuk beton bertulang, tebal selimut beton minimum yang harus disediakan untuk tulangan harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

Tabel 2.2 Batasan tebal selimut beton

Kondisi Struktur	Tebal Selimut (mm)
a) Beton yang dicor langsung di atas tanah dan selalu berhubungan dengan tanah	70
b) Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca :	
- Batang D-19 hingga D-56	50
- Batang D-16, jaring kawat polos P16 atau ulir D16 dan yang lebih kecil	40
c) Beton yang tidak langsung berhubungan dengan cuaca atau tanah :	
<u>Pelat dinding, pelat berusuk :</u>	
- Batang D-44 dan D-56	40
- Batang D-36 dan yang lebih kecil	20
<u>Balok, kolom :</u>	
- Tulangan utama, pengikat, sengkang, lilitan spiral	40
<u>Komponen struktur cangkang, pelat melipat :</u>	20
- Batang D-19 dan yang lebih besar	15
- Batang D-16, jaring kawat polos P16 atau ulir D16 dan yang lebih kecil	15

Sumber : SNI 03-2847-2013

2.3 Ketentuan Perencanaan Pembebanan

Adapun acuan yang digunakan dalam merencanakan pembebanan adalah sebagai berikut:

- 1) Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung (SNI 03-2847-2013).
- 2) Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung (SNI 1726:2012).
- 3) Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain (SNI 1727:2013).
- 4) Pedoman perencanaan pembebanan untuk rumah dan gedung (SKBI – 1.3.53.1987)

2.3.1 Jenis Pembebanan

Dalam merencanakan struktur bangunan bertingkat, digunakan struktur yang mampu mendukung berat sendiri, gaya angin, beban hidup maupun beban khusus yang bekerja pada struktur bangunan tersebut. Adapun pembebanan yang dihitung adalah sebagai berikut:

1. Beban Mati (DL)

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

Tabel 2.3. Berat Sendiri Bahan bangunan dan Komponen Gedung

Material Gedung	Berat (kg/m³)
Baja	7850
Batu alam	2600
Batu belah, batu bulat, batu gunung (berat teumpuk)	1500
Batu karang (berat tumpuk)	700
Batu pecah	1450
Besi tuang	7250
Beton	2200
Beton Bertulang	2400
Kayu (kelas I)	1000
Kerikil, koral (kering udara sampai lembab, tanpa diayak)	1650
Pasangan bata merah	1700
Pasangan batu belah, batu bulat, batu gunung	2200
Pasangan batu cetak	2200
Pasangan batu karang	1450
Pasir (kering udara sampai lembab)	1600
Pasir (jenuh air)	1800
Pasir kerikil, koral (kering udara sampai lembab)	1850
Tanah lempung dan lanau (kering udara sampai lembab)	1700
Tanah lempung dan lanau (basah)	2000
Timah hitam	11400
Komponen Gedung	Kg/m²
Adukan, per cm tebal	
- Dari semen	21
- Dari kapur, semen merah atau tras	17
Aspal, termasuk bhan-bahan mineral penambah, per cm tebal	14

Dinding pasangan bata merah	
- Satu bata	450
- Setengah bata	250
Dinding pasangan batako	
Berlubang :	
- Tebal dinding 20 cm (HB 20)	200
- Tebal dinding 10 cm (HB 10)	120
Tanpa Lubang :	
- Tebal dinding 15 cm	300
- Tebal dinding 10 cm	200
Langit-langit dan dinding (termasuk rusuk-rusuknya tanpa penggantung langit-langit atau pengaku), terdiri dari :	
- Semen asbes (eternit dan bahan lain sejenis), dengan tebal maksimum 4 mm	11
- Kaca, dengan tebal 3 – 5 mm	10
Lantai kayu sederhana dengan balok kayu, tanpa langit-langit dengan bentang maksimum 5 m dan untuk beban hidup maksimum 200 kg/m ²	40
Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s. minimum 0,80 m	7
Penutup atap genting dengan reng dan usuk/kaso per m ² bidang atap	50
Penutup atas sirap dengan reng dan usuk/kaso, per m ² bidang atap	40
Penutup atap seng gelombang (BJLS-25) tanpa gordeng	10
Penutup lantai dari ubin semen portland, teraso dan beton, tanpa adukan, per cm tebal	24
Semen asbes gelombang (tebal 5 mm)	11

Sumber : SNI 1727:2013

2. Beban Hidup (LL)

Beban hidup ialah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan kedalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut. Khusus pada atap ke dalam beban hidup dapat termasuk beban yang berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh (energi kinetik) butiran air.

a) Beban hidup pada lantai gedung

Beban hidup yang digunakan mengacu pada standar PPURG tahun 1987 , yaitu sebesar 250 kg/m^2

b) Beban hidup pada atap gedung

Tabel 2.4. Beban hidup pada lantai gedung

Beban Hidup	Berat (kg/m^3)
a. Lantai dan tangga rumah tinggal, kecuali yang disebut dalam b	200
b. Lantai dan tangga rumah tinggal sederhana dan gudang-gudang tidak penting yang bukan untu toko, pabrik atau bengkel	125
c. Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, toserba, restoran, hotel, asrama dan rumah sakit	250
d. Lantai ruang olahraga	400
e. Lantai ruang dansa	500

f. Lantai dan balkon dalam dari ruang-ruang untuk pertemuan yang lain daripada yang disebut dalam a s/d e, seperti mesjid, gereja, ruang pagelaran, ruang rapat, bioskop dan panggung penonton dengan tempat duduk tetap	400
g. Panggung penonton dengan tempat duduk tidak tetap atau untuk penonton yang berdiri	500
h. Tangga, bordes tangga dan gang dari yang disebut dalam c	300
i. Tangga, bordes tangga dan gang dari yang disebut dalam d, e, f dan g	500
j. Lantai ruang pelengkap dari yang disebut dalam c, d, e, f dan g	250
k. Lantai untuk pabrik, bengkel, gudang, perpustakaan, ruang arsip, toko buku, toko besi, ruang alat-alat dan ruang mesin, harus direncanakan terhadap beban hidup yang ditentukan tersendiri, dengan minimum	400
l. Lantai gedung parkir bertingkat:	800
- Untuk lantai bawah	400
- Untuk lantai tingkat lainnya	400
m. Balkon-balkon yang menjorok bebas keluar harus direncanakan terhadap beban hidup dari lantai ruang yang berbatasan, dengan minimum	300

Sumber: Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung 1987

3. Beban Angin (W)

Struktur yang ada pada lintasan angin akan menyebabkan angin berbelok atau dapat berhenti. Sebagai akibatnya, energi kinetik angin akan berubah bentuk menjadi energi potensial yang berupa tekanan atau isapan pada struktur. Besar tekanan atau isapan yang diakibatkan oleh

angin pada suatu titik bergantung pada kecepatan angin, rapat massa udara, lokasi yang ditinjau pada struktur, perilaku permukaan struktur, bentuk geometris, dimensi dan orientasi struktur, dan kelakuan keseluruhan struktur.

Salah satu faktor yang mempengaruhi besar gaya yang ada pada saat udara bergerak disekitar benda adalah kecepatan angin. Kecepatan angin rencana untuk berbagai lokasi geografis ditentukan dari observasi empiris. Kecepatannya sekitar 60 mph (96 km/jam) sampai sekitar 100 mph (161 km/jam) dan didaerah pantai sekitar 120 mph (193 km/jam). Kecepatan rencana biasanya didasarkan atas periode 50 tahun. Karena kecepatan angin akan semakin tinggi dengan ketinggian di atas tanah, maka tinggi kecepatan rencana juga demikian. Selain itu perlu juga diperhatikan apakah bangunan itu terletak diperkotaan atau di pedesaan. Analisis yang lebih rumit juga memasukkan embusan yang merupakan fungsi dari ukuran dan tinggi struktur, kekasaran permukaan, dan benda-benda lain disekitar struktur. Peraturan bangunan lokal harus diperhatikan untuk menentukan beban angin atau kecepatan rencana.

Bedasarkan **PPUG 1987** untuk menghitung pengaruh angin pada struktur dapat disyaratkan sebagai berikut :

- tekanan tiup harus diambil minimum 25 kg/m^2
- tekanann tiup di laut dan di tepi laut sampai sejauh 5 km dari pantai harus diambil minimum 40 kg/m^2

- untuk tempat-tempat dimana terdapat kecepatan angin yang mungkin mengakibatkan tekanan tiup yang lebih besar, tekanan tiup angin (p) dapat ditentukan berdasarkan rumus :

$$p = \frac{v^2}{16} \text{ (kg / m}^2\text{)} \dots\dots\dots(2.3.1)$$

Dimana v adalah kecepatan angin (m/detik).

Sedangkan koefisien angin untuk gedung tertutup :

a. Dinding vertikal

- Di pihak angin+ 0,9
- Di belakang angin - 0,40

b. Atap segitiga dengan sudut kemiringan α

- Dipihak angin : $\alpha < 65^\circ$ 0,02 α -0,4
- $65^\circ < \alpha < 90^\circ$ + 0,90
- Dibelakang angin, untuk semua α - 0,40

4. Beban Gempa (E)

Gempa bumi adalah fenomena getaran yang dikaitkan dengan kejutan pada kerak bumi. Beban kejut ini dapat disebabkan oleh banyak hal, tetapi salah satu yang utama adalah benturan pergesekan kerak bumi yang mempengaruhi permukaan kerak bumi. Lokasi gesekan ini terjadi disebut *fault zones*. Kejutan yang berkaitan dengan benturan tersebut menjalar dalam bentuk gelombang. Gelombang ini menyebabkan permukaan bumi dan bangunan di atasnya bergetar. Pada saat bangunan bergetar, timbul gaya-gaya pada struktur bangunan karena adanya

kecenderungan massa bangunan untuk mempertahankan dirinya dari gerakan. Gaya yang timbul ini disebut inersia. Besar gaya-gaya tersebut bergantung pada banyak faktor. Massa bangunan merupakan faktor yang paling utama karena gaya tersebut melibatkan inersia. Faktor lain adalah bagaimana massa tersebut terdistribusi, kekakuan struktur, kekakuan tanah, jenis fondasi, adanya mekanisme redaman pada bangunan, dan tentu saja perilaku dan besar getaran itu sendiri. Yang terakhir ini sulit ditentukan secara tepat karena sifatnya yang acak (*random*) sekalipun kadangkala dapat juga tertentu. Massa dan kekakuan struktur, juga periode alami getaran yang berkaitan, merupakan faktor terpenting, yang mempengaruhi respon keseluruhan struktur terhadap gerakan dan besar serta perilaku gaya-gaya yang timbul sebagai akibat gerakan tersebut. Salah satu cara untuk memahami fenomena-fenomena yang terlibat dapat ditinjau terlebih dahulu bagaimana suatu struktur kaku memberikan respon terhadap gerak getaran sederhana. Struktur mempunyai fleksibilitas seperti umumnya struktur gedung.

Secara umum dalam peraturan SNI-1726-2012 proses garis besarnya masih sama, namun zonasi gempanya sudah lebih detail (halus) dibandingkan peraturan SNI-1726-2002. Tiap kota atau tempat di Indonesia akan memiliki grafik spectrum respons masing-masing, tidak hanya terbatas pada 6 Wilayah Gempa seperti sebelumnya.

Prosedur analisis dan desain sismik yang digunakan dalam perencanaan struktur bangunan gedung dan komponennya harus seperti yang ditetapkan dalam pasal 7 SNI-1726-2012. Struktur bangunan gedung harus memiliki sistem penahan gaya lateral dan vertikal yang lengkap, yang mampu memberikan kekuatan, kekakuan, dan kapasitas disipasi energi yang cukup untuk menahan gerak tanah desain dalam batasan-batasan kebutuhan deformasi dan kekuatan yang disyaratkan. Gerak tanah desain harus diasumsikan terjadi di sepanjang setiap arah horizontal struktur bangunan gedung. Kecukupan system struktur harus ditunjukkan melalui pembentukan model matematik dan pengevaluasian model tersebut untuk pengaruh gerak tanah desain. Gaya gempa desain, dan distribusinya di sepanjang ketinggian struktur bangunan gedung, harus ditetapkan berdasarkan salah satu prosedur yang sesuai dan gaya dalam serta deformasi yang terkait pada komponen elemen struktur tersebut harus ditentukan. Prosedur alternatif yang disetujui tidak boleh dipakai untuk menentukan gaya gempa dan distribusinya kecuali bila gaya-gaya dalam dan deformasi yang terkait pada komponen/elemen strukturnya ditentukan menggunakan model yang konsisten dengan prosedur yang diadopsi.

Beban gempa di dapat dari hasil perhitungan gaya geser dasar seismik V yang diperoleh dari rumus :

$$V = C_s \cdot W \dots\dots\dots(2.3.2)$$

Keterangan :

C_s = koefisien respons seismik

W = berat seismik efektif

Koefisien respons seismik C_s , harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut :

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_c}\right)} \dots\dots\dots (2.3.3)$$

Keterangan :

S_{DS} = parameter percepatan spectrum respons desain dalam rentang
periode pendek

R = faktor modifikasi respons

I_c = faktor keutamaan gempa

Pada Distribusi vertikal gaya gempa, gaya gempa lateral (F_x) (kN) yang timbul di semua tingkat harus ditentukan dari persamaan berikut :

$$F_x = C_{vx} \cdot V \dots\dots\dots (2.3.4)$$

dan

$$C_{vx} = \frac{k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \dots\dots\dots (2.3.5)$$

Keterangan :

C_{vx} = faktor distribusi vertikal

V = gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur, dinyatakan dalam kilonewton (kN)

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

h_i dan h_x = tinggi dari dasar sampai tingkat i atau x , dinyatakan dalam meter (m)

k = eksponen yang terkait dengan perioda struktur sebagai berikut :

untuk struktur yang mempunyai perioda sebesar 2,5 detik atau lebih, $k = 2$ untuk struktur yang mempunyai perioda antara 0,5 dan 2,5 detik, k harus sebesar 2 atau harus ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2

Sedangkan pada distribusi horizontal gaya gempa, geser tingkat desain gempa di semua tingkat (V_x) (kN) harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$V_x = \sum_{i=x}^n F_i \dots \dots \dots (2.3.6)$$

Keterangan :

F_i adalah bagian dari geser dasar seismic (V) yang timbul di tingkat i , dinyatakan dalam kilo newton (kN)

Geser tingkat desain gempa (V_x) (kN) harus didistribusikan pada berbagai elemen vertikal system penahan gaya gempa di tingkat yang ditinjau berdasarkan pada kekakuan lateral relative elemen penahan vertikal dan diagfragma.

5. Beban Hujan, Salju dan Es

Beban salju hanya perlu dipertimbangkan untuk atap dan daerah lain pada bangunan yang mengumpulkan salju seperti pada peralatan terbuka, balkon dan teras. Beban salju, seperti disyaratkan oleh peraturan, didasarkan atas salju maksimum pada tanah. Pada umumnya beban ini lebih tinggi dari pada beban salju yang bekerja pada atap karena angin akan meniup salju yang longgar dari atap atau salju akan mencair dan menguap karena kehilangan panas melalui kulit atap. Persyaratan bangunan biasanya membolehkan pengurangan persentase dari nilai beban pada atap pelana karena salju dapat meluncur dari atap tersebut. Akan tetapi, beberapa kondisi atap dapat mempengaruhi perilaku angin yang kemudian menghasilkan akumulasi beban salju setempat.

Unsur air jarang diperhitungkan ketika membuat perhitungan beban hidup, faktor ini harus diperhatikan ketika sedang merancang. Beban hujan pada umumnya tidak sebesar beban salju, tetapi harus diingat bahwa adanya akumulasi air akan menghasilkan beban yang cukup besar. Beban yang besar

terjadi pada atap datar karena saluran yang mampat. Dengan menggenangnya air, atap akan mengalami lendutan sehingga air akan semakin mengumpul dan mengakibatkan lendutan yang semakin besar. Proses ini dinamai genangan (ponding) dan akhirnya dapat menyebabkan runtuhnya atap.

6. Beban Konstruksi

Unsur struktur umumnya dirancang untuk beban mati dan beban hidup, akan tetapi unsur tersebut dapat dibebani oleh beban yang jauh lebih besar dari beban rencana ketika bangunan didirikan. Beban ini dinamakan beban konstruksi dan merupakan pertimbangan yang penting dalam rancangan unsur struktur.

2.3.2 Kombinasi Pembebanan

Dengan mengacu pada kombinasi pembebanan Menurut pasal 9.2 SNI-2847-2013, Agar struktur dan komponen struktur memenuhi syarat kekuatan dan layak pakai terhadap bermacam – macam kombinasi beban, maka harus dipenuhi ketentuan dari kombinasi – kombinasi beban berfaktor sebagai berikut :

1. Kuat perlu U untuk menahan beban mati D paling tidak harus sama

dengan

$$U = 1,4 D \dots\dots\dots(2.3.7)$$

Kuat perlu U untuk menahan beban mati D , beban hidup L , dan juga beban atap A atau beban hujan R , paling tidak harus sama dengan

$$U = 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (A \text{ atau } R) \dots\dots\dots (2.3.8)$$

Bila ketahanan struktur terhadap beban angin W harus diperhitungkan

dalam perencanaan, maka pengaruh kombinasi beban D , L , dan W berikut harus ditinjau untuk menentukan nilai U yang terbesar, yaitu:

$$U = 1,2 D + 1,6 (A \text{ atau } R) + (1,0 L \text{ atau } 0,5 W) \dots\dots\dots (2.3.9)$$

$$U = 1,2 D + 1,0 W + 1,0 L + 0,5 (A \text{ atau } R) \dots\dots\dots (2.3.10)$$

Dimana kombinasi beban harus memperhitungkan kemungkinan beban hidup L yang penuh dan kosong untuk mendapatkan kondisi yang paling berbahaya, dan

$$U = 0,9 D \pm 1,0 W \dots\dots\dots (2.3.11)$$

Perlu dicatat bahwa untuk setiap kombinasi beban D , L , dan W , kuat perlu U tidak boleh kurang dari Pers. (2.3.8)

2. Bila ketahanan struktur terhadap beban gempa (E) harus

diperhitungkan dalam perencanaan, maka nilai kuat perlu U harus diambil sebagai:

$$U = 0,9 D \pm 1,0 E \dots\dots\dots (2.3.12)$$

Dalam hal ini nilai E ditetapkan berdasarkan ketentuan **SNI -1726 - 2012** tentang standar perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung.

Keterangan :

- | | |
|---|--|
| U = Kombinasi beban terfaktor | D = Beban mati (<i>Dead Load</i>) |
| L = Beban hidup (<i>Live Load</i>) | A = Beban hidup atap |
| R = Beban air hujan | W = Beban angin (<i>Wind Load</i>) |
| E = Beban gempa (<i>Earth Quake Load</i>) | |

2.3.3 Sistem Bekerjanya Beban

Bekerjanya beban untuk bangunan bertingkat berlaku sistem gravitasi, yaitu elemen struktur yang berada di atas akan membebani elemen struktur di bawahnya, atau dengan kata lain elemen struktur yang mempunyai kekuatan lebih kecil.

Dengan demikian sistem bekerjanya beban untuk elemen-elemen struktur gedung bertingkat secara umum dapat dinyatakan sebagai berikut : beban pelat lantai didistribusikan terhadap balok anak dan balok portal, beban balok portal didistribusikan ke kolom dan beban kolom kemudian diteruskan ke tanah dasar melalui pondasi.

2.2 Faktor Keamanan

Agar dapat terjamin bahwa suatu struktur yang direncanakan mampu menahan beban yang bekerja, maka pada perencanaan struktur digunakan faktor keamanan tertentu. Faktor keamanan ini terdiri atas 2 jenis, yaitu :

1. Faktor keamanan yang berkaitan dengan beban luar yang bekerja pada struktur, disebut faktor beban.
2. Faktor keamanan yang berkaitan dengan kekuatan struktur (gaya dalam), disebut faktor reduksi kekuatan (ϕ).

2.4.1 Faktor Reduksi Kekuatan

Ketidakpastian kekuatan bahan terhadap pembebanan pada komponen struktur dianggap sebagai faktor reduksi kekuatan (ϕ), yang nilainya ditentukan menurut pasal 11.3 SNI – 2847 – 2013 sebagai berikut :

1. Reduksi kekuatan lentur, tanpa beban aksial : 0,90
2. Beban aksial, dan beban aksial dengan lentur:
 - (a) Reduksi beban aksial tarik dan aksial tarik dengan lentur : 0,90
 - (b) Reduksi beban aksial tekan dan aksial tekan dengan lentur:
 - Komponen struktur dengan tulangan spiral : 0,75
 - Komponen struktur lainnya : 0,65
3. Reduksi untuk geser dan torsi : 0,75
4. Tumpuan pada beton : 0,65
5. Daerah angkur pasca tarik : 0,85
6. Model strat dan pengikat, dan strat, pengikat, daerah pertemuan (nodal), dan daerah tumpuan dalam model tersebut : 0,75
7. Penampang lentur dalam komponen struktur pratarik dimana penanaman *strand* kurang dari panjang penyaluran :
 - (a) Dari ujung komponen struktur ke ujung panjang transfer : 0,75
 - (b) Dari ujung panjang transfer ke ujung panjang penyaluran
 ϕ boleh ditingkatkan secara linier dari : 0,75-0,90

2.3 Desain Elemen Struktur

Proses disain elemen struktur dapat dibedakan menjadi dua bagian yaitu:

- (1) Desain umum, merupakan peninjauan secara garis besar keputusan-keputusan desain. Tipe struktur dipilih dari berbagai alternatif yang memungkinkan. Tata letak struktur, geometri atau bentuk bangunan, jarak antar kolom, tinggi lantai dan material bangunan ditetapkan secara baik dalam tahap ini.
- (2) Desain terinci, mencakup peninjauan tentang penentuan besar penampang tentang balok, kolom, dan elemen struktur lainnya.

Struktur harus mampu memikul beban rancang secara aman tanpa kelebihan tegangan pada material dan mempunyai deformasi yang masih dalam daerah yang diizinkan. Kemampuan suatu struktur untuk memikul beban tanpa ada kelebihan tegangan diperoleh dengan menggunakan faktor keamanan dalam desain elemen struktur. Dengan memilih ukuran serta bentuk elemen dan bahan yang digunakan, taraf tegangan pada struktur dapat ditentukan pada taraf yang dipandang masih dapat diterima secara aman, dan sedemikian hingga kelebihan tegangan pada material (misalnya ditunjukkan dengan adanya retak) tidak terjadi. Untuk melakukan analisis maupun desain elemen struktur perlu ditetapkan kriteria yang dapat digunakan sebagai ukuran maupun untuk menentukan apakah struktur tersebut dapat diterima untuk penggunaan yang diinginkan atau untuk maksud desain tertentu. Pada umumnya, kriteria-kriteria yang ditetapkan yaitu kemampuan layan, efisiensi, konstruksi, harga, kriteria berganda dan lain-lain.

Struktur bangunan gedung terdiri dari elemen-elemen struktur yang menyatu menjadi satu kesatuan struktur bangunan Gedung yang utuh. Pada

dasarnya, elemen-elemen struktur pada bangunan gedung yaitu pelat, tangga, balok, kolom, dan pondasi.

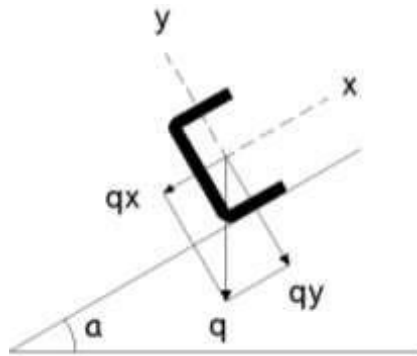
2.5.1. Rangka Atap Struktur Baja

Rangka atap merupakan struktur yang paling atas dari suatu bangunan gedung. Struktur rangka atap dapat terbuat dari kayu, beton ataupun dari baja. Dalam perencanaan ulang struktur gedung SMA Negeri 1 Lubuk Sikaping, Kabupaten Pasaman ini struktur rangka atap yang digunakan adalah struktur baja.

Dengan bantuan program SAP 2000 versi 14.0.0, gaya-gaya batang dari rangka dapat dihitung untuk kemudian menentukan dimensi struktur. Untuk persyaratan perencanaan konstruksi baja adalah:

1. Perencanaan panjang panjang *truss*
 2. Perencanaan gording
 3. Pembebanan
- **Beban Mati/Dead Load**

Gording ditempatkan tegak lurus bidang penutup atap dan beban mati P_x bekerja vertikal, P diuraikan pada sumbu X dan sumbu Y , sehingga diperoleh :



Gambar 2.1. Gaya kerja pada gording

$$q_x = q \cdot \sin \alpha \dots\dots\dots (2.5.1)$$

$$q_y = q \cdot \cos \alpha \dots\dots\dots (2.5.2)$$

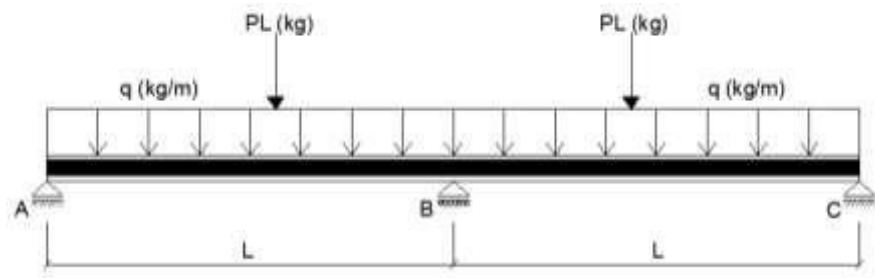
Keterangan :

q_x : Beban mati arah x

q_y : Beban mati arah y

α : Sudut kemiringan

Gording diletakan di atas beberapa tumpuan (kuda-kuda), sehingga merupakan balok menerus.



Gambar 2.2. Gaya yang bekerja pada beban mati

Momen maksimum akibat beban mati :

$$M_x = 1/8 \cdot q_x \cdot (l)^2 \dots\dots\dots (2.5.3)$$

$$M_y = 1/8 \cdot q_y \cdot (l)^2 \dots\dots\dots (2.5.4)$$

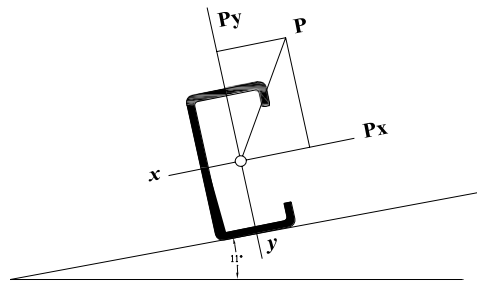
Dimana :

M_x : Momen maksimum arah

M_y : Momen maksimum arah

x
 y

- **Beban Hidup / Live Load**



Gambar 2.3. Gaya yang bekerja pada beban hidup

Beban hidup adalah beban terpusat yang bekerja di tengah-tengah

bentang gording, beban ini diperhitungkan jika ada orang yang bekerja di atas gording. Besarnya beban hidup diambil dari PPURG 1987, $P = 100 \text{ kg}$

$$P_x = P \cdot \sin a \dots\dots\dots (2.5.5)$$

$$P_y = P \cdot \cos a \dots\dots\dots(2.5.6) \text{Dimana :}$$

P_x : Beban hidup arah x

P_y : Beban hidup arah y

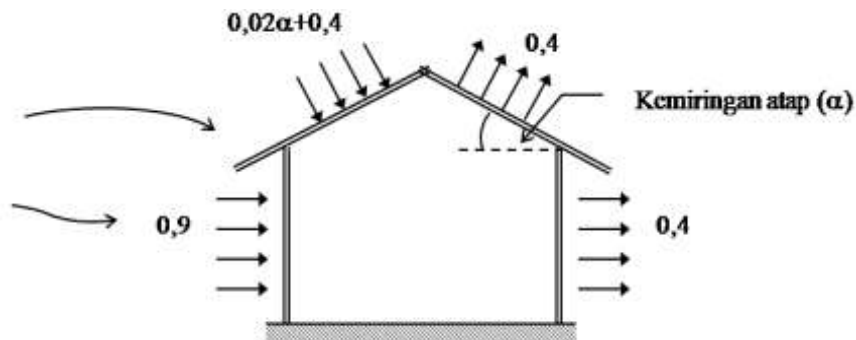
Momen yang timbul akibat beban terpusat dianggap sebagai momen *Continuous Beam*.

$$M_x = 1/4 \cdot P_x \cdot l \dots\dots\dots(2.5.7)$$

$$M_y = 1/4 \cdot P_y \cdot l \dots\dots\dots(2.5.8)$$

• **Beban Angin**

Beban angin diperhitungkan dengan menganggap adanya tekanan positif (tiup) dan tekanan negatif (hisap), yang bekerja tegak lurus pada bidang atap. Menurut PPPURG 1987, tekanan tiup harus diambil minimal 25 kg/m^2 .



Gambar 2.4. Gaya kerja pada beban angin

- **Kontrol Tegangan**

Akibat Beban Mati + Beban Hidup

$$\sigma = \frac{M_x}{W_y} + \frac{M_y}{W_x} \leq \bar{\sigma} = 1666 \text{ kg/cm}^2 \dots\dots\dots(2.5.9)$$

Akibat Beban Mati + Beban Hidup + Beban Angin

$$\sigma = \frac{M_x}{W_y} + \frac{M_y}{W_x} \leq 1,3 \cdot \bar{\sigma} = 1666 \text{ kg/cm}^2 \dots\dots\dots(2.5.10)$$

Dimana :

σ : Tegangan yang bekerja

$\bar{\sigma}$: Tegangan ijin maksimal

W_x : Beban arah x

W_y : Beban arah y



- **Kontrol Lentutan**

Lentutan yang diijinkan untuk gording (pada arah x terdiri 2 wilayah yang ditahan oleh trakstang).

$$f_x = \frac{5 \cdot q_x \cdot L^4}{348 \cdot E \cdot I_y} + \frac{1 \cdot P_x \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I_x} \dots\dots\dots(2.5.11)$$

$$f_y = \frac{5 \cdot q_y \cdot L^4}{348 \cdot E \cdot I_x} + \frac{1 \cdot P_y \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I_y} \dots\dots\dots(2.5.12)$$

$$f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \quad \text{ketentuan : } f \leq F$$

Dimana :

f_x : lendutan arah

f_y : lendutan arah y

E : modulus elastisitas

I_x : Momen inersia penampang

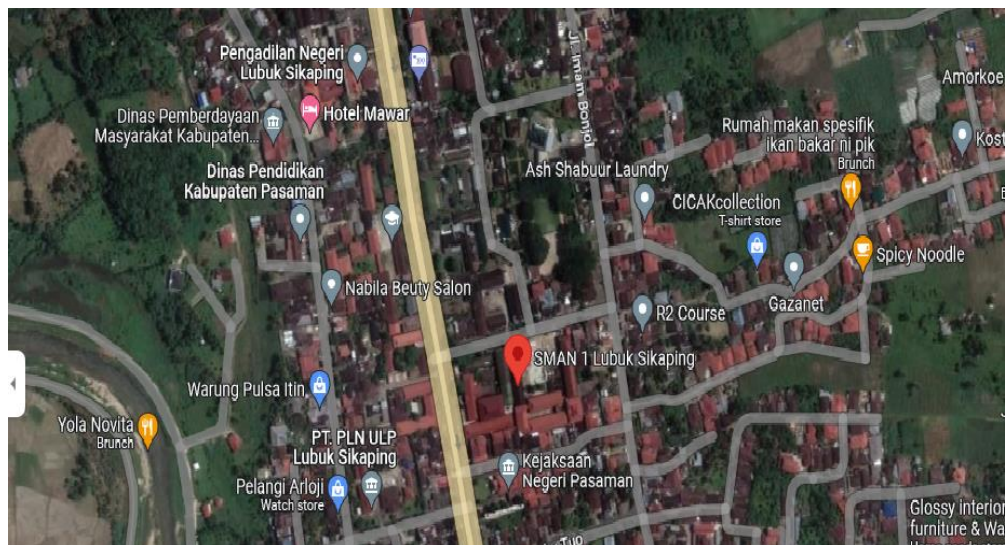
I_{xy} : momen inersia penampang y



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi bangunan ini terletak di daerah Lubuk Sikaping, Kabupaten Pasaman, denah lokasi ini di ambil dari google map tahun 2023.



Gambar 3.1 Peta lokasi

Sumber : Google map 27 Februari 2023

3.2 Data Penelitian

3.1.1 Jenis Dan Sumber Data

Jenis data yang akan digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Data Sekunder

Data ini berbentuk naskah tertulis yang di peroleh dari penelusuran dokumen yang relevan dengan masalah sehingga dapat mendukung penelitian ini.

3.1.2 Teknik Pengumpulan Data

1. Studi Dokumen

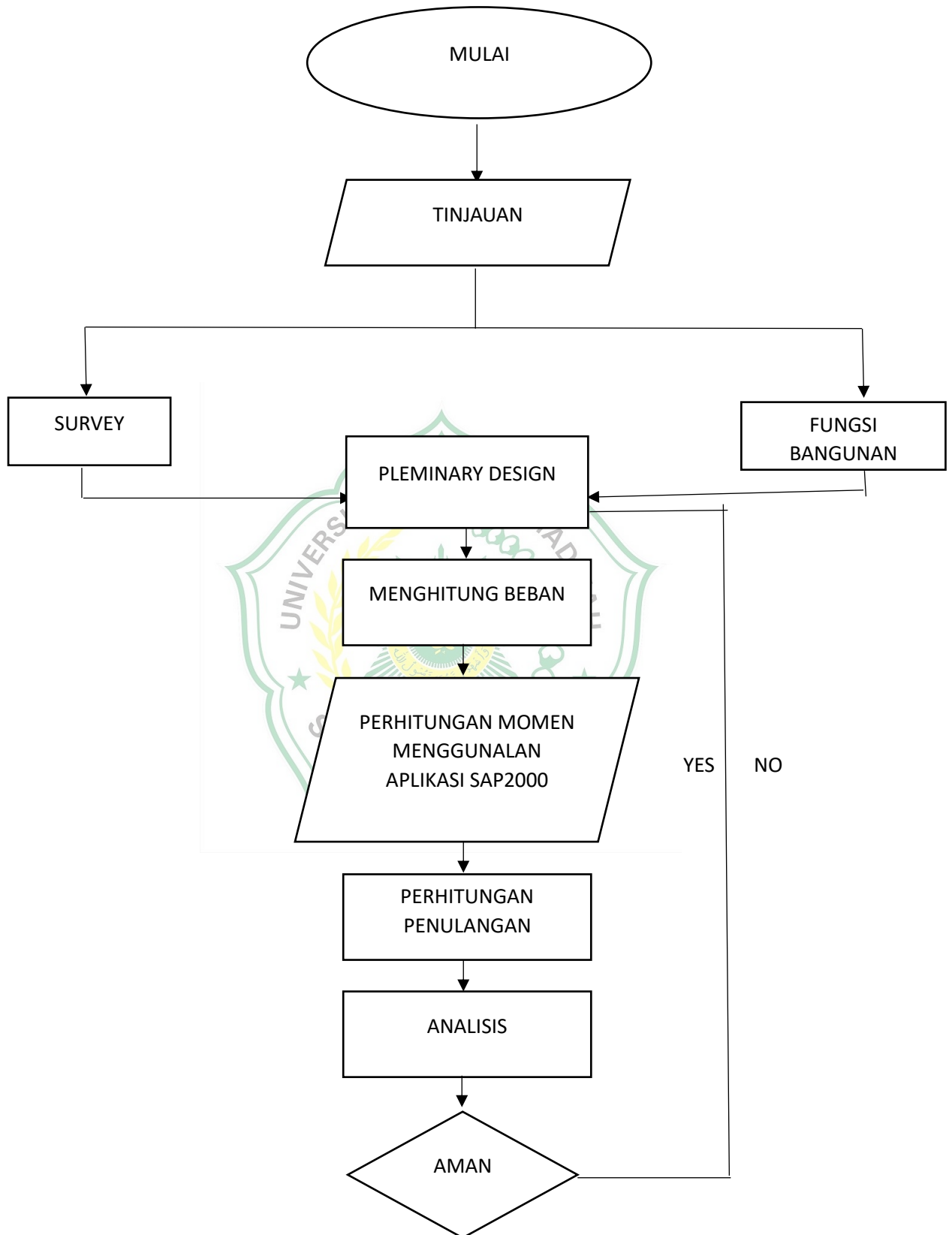
Teknik ini digunakan untuk memperoleh data kuantitatif secara langsung dari sumbernya, sehingga diperoleh informasi seluas luasnya.

3.3 Metode Analisis Data

Metode yang penulis gunakan untuk penelitian ini adalah kuantitatif untuk memperoleh data yang diperlukan serta kualitatif untuk mendapatkan informasi yang lebih luas tentang penelitian ini. Setelah data sudah lengkap barulah penulis merencanakan gedung SMA Negeri 1 Lubuk Sikaping dengan Langkah – Langkah sebagai berikut.

1. Menghitung Preliminary design beton
2. Menganalisis beban
3. Menghitung momen dengan bantuan aplikasi SAP 2000
4. Mendesain tulangan pada struktur

3.4 Bagan Alir Penelitian



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pembahasan

Analisis pada gedung ini dilakukan dengan menggunakan pemodelan struktural 3D dengan bantuan *software* SAP2000.14 Kolom, balok dari struktur gedung dimodelkan sebagai elemen *frame* sedangkan pelat lantai dimodelkan dengan elemen *Shell*.

4.2 Kriteria Desain

Perhitungan struktur digunakan kriteria desain untuk material beton bertulang dengan parameter – parameter perencanaan sebagai berikut:

1. Berat jenis beton bertulang : 2400 kg/m³
2. Modulus elastisitas beton : $4700\sqrt{f'c'} (24,9) \text{ MPa}$
3. Angka Poisson beton : 0,20
4. Angka Poisson baja : 0,30
5. Mutu beton : K-350 ($f'c' = 24,9 \text{ MPa}$)
: K-250 ($f'c' = 20,75 \text{ MPa}$)
6. Mutu tulangan baja : Tulangan ulir ($F_y = 420 \text{ MPa}$)
: Tulangan polos ($F_y = 240 \text{ MPa}$)

4.3 Analisa Struktur

4.3.1 Beban Mati (*Dead Load*)

Berat sendiri elemen struktur yang terdiri dari berat sendiri elemen kolom, pelat lantai dan balok. Berat sendiri elemen struktur tersebut akan dihitung secara otomatis sebagai *self weight* oleh *software* SAP2000.14

Selain berat sendiri elemen structural, pada beban mati juga terdapat beban lain yang berasal dari elemen struktur arsitektur bangunan yaitu:

1. Beban Mati Pada Pelat Lantai
 - a. Berat pasir setebal 1 cm = $0,01 \times 16 = 0,16 \text{ kN/m}^2$
 - b. Berat spesi setebal 3 cm = $0,03 \times 22 = 0,66 \text{ kN/m}^2$
 - c. Berat keramik setebal 1 cm = $0,01 \times 22 = 0,22 \text{ kN/m}^2$
 - d. Berat plafon dan penggantung = $0,2 \text{ kN/m}^2$
 - e. Berat instalasi Me = $0,25 \text{ kN/m}^2$
- Total beban mati pada plat lantai = $1,49 \text{ kN/m}^2$

2. Beban Mati pada Pelat Atap

- a. Berat waterproofing dengan aspal tebal 2 cm = 0,02 x 14 = 0,28 kN/m²
- b. Beban plafon dan penggantung = 0,2 kN/m²
- c. Berat instalasi ME = 0,25 kN/m²
- Total beban mati pada plat lantai = 0,73 kN/m²

3. Beban Matipada Balok

Beban mati yang berkerja pada balok meliputi:

Beban dinding pasangan bata ½ batu (4m – 0,5) x 2,50 = 8,75 kN/m²

4.3.2 Beban Hidup (*Live Load*)

Beban hidup adalah beban yang bekerja pada lantai bangunan bergantung dari fungsi ruangan yang digunakan. Besarnya beban hidup lantai bangunan ditentukan berdasarkan acuan SNI 1727 – 2020 Tabel 4.3-

1

Ruang kelas	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1000(4,45)
Koridor lantai pertama	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1000(4,45)

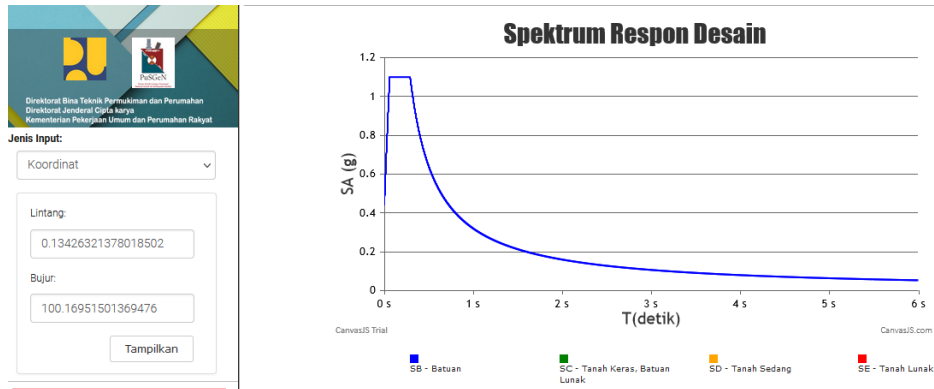
Tabel 4.1 Beban Hidup untuk Lantai Koridor

Atap				
Atap datar, berbubung, dan lengkung	20 (0,96)	Ya (4.8.2)	-	4.8.1
Atap yang digunakan penghuni	Sama dengan penggunaan yang dilayani	Ya (4.8.3)	-	
Atap untuk tempat berkumpul	100 (4,70)	Ya (4.8.3)	-	
Atap vegetatif dan atap lansekap				
Atap bukan untuk hunian	20 (0,96)	Ya (4.8.2)	-	
Atap untuk tempat berkumpul	100 (4,79)	Ya (4.8.3)	-	
Atap untuk penggunaan lainnya	Sama dengan penggunaan yang dilayani	Ya (4.8.3)	-	

Gambar 4.1 Beban Hidup untuk Lantai Atap

4.3.3 Beban Gempa (*Earth Quake Load*)

Analisis struktur terhadap beban gempa pada gedung dilakukan dengan Metode Analisis Dinamik Spektrum Respon.



Gambar 4.2 Grafik Spektrum Lubuk Sikaping (tanah keras batuan lunak ‘SC’)
 Sumber: puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2021.

Data yang diinput dalam aplikasi SAP2000.14 sebagai beban gempa respon spectra.

PGAm	= 0,4352 g	Fy	= 1,800
CRs	= 0,000000	Sms	= 1,175
CR1	= 0,000000	Sm1	= 1,054
Ss	= 1,0685	Sds	= 0,77
S1	= 0,5857	Sd1	= 0,67
TL	= 20	T0	= 0,17
Fa	= 1,100	Ts	= 0,87

4.4 Preliminary Design

4.4.1 Balok (*Beam*)

1. Balok Induk 1 UK= 70 x 40 cm

Tabel 4.2 Preliminary balok, dan beberapa data penting yang akan dimasukkan

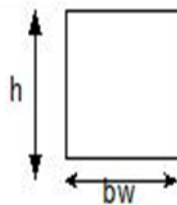
No.	Input Data	Simbol	Panjang	Satuan
1	Panjang Balok	L1	2000	mm
		L2	3500	mm
		L3	4000	mm
		L4	8000	mm
	Balok Terpanjang	Lpj	8000	mm
Balok Terpendek	Lpd	2000	mm	
2	Tinggi Kolom	H1	4000	mm
		H2	4000	mm
3	Mutu Beton	M _K	350	Kg/cm ²
4	Mutu Baja	F _y	420	Mpa

Tabel 4.2 Preliminary balok, dan beberapa data penting yang akan dimasukkan

Sumber: Preliminary Design Balok

Perencanaan Dimensi Balok

Untuk keseragaman dimensi balok pada seluruh konstruksi, maka perencanaannya didasarkan pada balok yang memiliki harga ketebalan terbesar.



1. Tinggi Balok (h)

Berdasarkan SNI (2847:2013) tabel 9.5(a) tentang *Tebal Minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung*, halaman 70 untuk balok dengan 2 tumpuan, tebal balok (h) adalah

Komponen struktur	Tebal minimum, <i>h</i>			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu-arah	ℓ / 20	ℓ / 24	ℓ / 28	ℓ / 10
Balok atau pelat rusuk satu-arah	ℓ / 16	ℓ / 18,5	ℓ / 21	ℓ / 8

CATATAN:
 Panjang bentang dalam mm.
 Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan tulangan Mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut:
 (a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (*equilibrium density*), w_c , di antara 1440 sampai 1840 kg/m³, nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,0003w_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,09.
 (b) Untuk f_y selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$.

*	Balok induk :						
		$h \geq L_{pi} / 16$					
		$h \geq 500$	mm	Nilai ini berlaku untuk $F_y = 420$ Mpa			
	untuk f_y selain 420 Mpa, maka :						
		$h \geq L_{pi} / 16(0,4 + f_y/700)$					
		$h \geq 500$	mm				
	maka di ambil nilai $h =$	500	mm				
2. Lebar Badan Balok (bw)							
*	Balok induk :						
		$1/2 h$	\leq	bw	\leq	$2/3 h$	
	dimana,	$1/2 h =$	250				
		$2/3 h =$	333,333				
		250	\leq	bw	\leq	333,333	
	maka,	$bw =$	250				

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

Tabel 4.3 Persyaratan yang harus di penuhi untuk komponen lentur

1. Gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur Pu, tidak boleh melebihi $A_g F_c / 10$
2. Bentang bersih untuk komponen struktur, Ln tidak boleh kurang dari 4 kali tinggi efektif

L_n	\geq	$4d$	.....
3100	\geq	1440	.	ok !!

3. Lebar komponen bw , tidak boleh kurang dari yang lebih kecil 0.3 h dan 250 mm

a.	bw / h	\geq	$0,3$	.....
	0,571	\geq	0,3	.	ok !!

b.	bw	\geq	250	$\frac{m}{m}$	
	250	\geq	250	.....	ok !!

4. Lebar komponen struktur bw , tidak boleh melebihi lebar komponen struktur penumpu, c2, 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 c2, dan
- b. 0.75 kali dimensi keseluruhan komponen struktur penumpu , c1

bw	\leq	$2.c2$	.....
250	\leq	800	.	ok !!

bw	\leq	$c2 + 3/4 c1$	.....
250	\leq	700	.	ok !!

Maka dimensi balok yang digunakan dalam permodelan adalah
Balok Utama : (500 x 250)

4.4.2 Pelat Lantai (Floor Plates)

Pelat direncanakan monolit dengan asumsi balok sebagai balok tunggal dengan memanfaatkan bentuk T, untuk menambahkan luas tekan yang dianalisis, berdasarkan SNI 2847:2013 (BETON) ayat 8.12 butir 1 halaman 63, dengan demikian tebal flens balok pelat = tebal pelat

$b_w =$	0,4	m			
			Panjang Balok	L1	2000 mm
				L2	3500 mm
				L3	4000 mm
$b_w =$	250	mm		L4	8000 mm
				Lpj	8000 mm
				Lpd	2000 mm
diambil,			$h_f =$	120	mm
$f_y =$	250	Mpa			

1. Perencanaan Dimensi Pelat Balok

a. Untuk balok yang berada di tengah konstruksi



Berdasarkan SNI 2847:2013 (BETON) ayat 8.12 hal 63 butir 4

Lebar sayap ; $b_e = b_w + b_1 + b_2$

aturan 1:

1. Untuk $h_w < 4h_f$, maka $b_1 = b_2 = h_w$
2. Untuk $h_w > 4h_f$, maka $b_1 = b_2 = 4h_f$

*	$h_w =$	h	-	h_f	
	$=$	500	-	120	
	$=$	380			mm

*	$b_1 =$	h_w	;	$b_1 =$	380 mm	...sesuai aturan 1
---	---------	-----	---	---------	---------------	--------------------

*	$b_2 =$	b_1	;	$b_2 =$	380 mm	
---	---------	-----	---	---------	---------------	--

*	$b_e =$	$b_w + b_1 + b_2$				
	$b_e =$	1.010			mm	

Cek :

* Panjang bentang bersih balok adalah :

$$L_n = L_{\text{balok}} - b_w$$

$$L_n = 7600 \text{ mm}$$

$$L_n = 7,6 \text{ m}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 butir 8.12.2 halaman 63

*	b_e	\leq	$1/4 L_{pj}$	;	$1/4 L_{pj}$	$=$	2000	mm
	1.010	\leq	2000	mm	OK !!			
*	b_1, b_2	\leq	$8h_f$	;	$8h_f =$	960	mm	
	380	\leq	960	mm	OK !!			
*	b_1, b_2	\leq	$1/2 L_n$	;	$1/2 L_n$	$=$	3800	mm
	380	\leq	3800	mm	OK !!			

b. Untuk balok yang berada di tepi konstruksi



Berdasarkan SNI 2847 2013 butir 8.12.3 halaman 63

$$b_e = b_w + b_1 = 980 \text{ mm}$$

$$h_w = h - h_f = 380 \text{ mm}$$

Cek :

Berdasarkan SNI 2847 2013 butir 8.12.3 halaman 63

*	h_w	\leq	$1/12 L_{pj}$	;	$1/12 L_{pj}$	$=$	666,6	mm
	380	\leq	666,67	mm	OK !!			
*	h_w	\leq	$6 h_f$	;	$6 h_f =$	720	mm	
	380	\leq	720	mm	OK !!			
*	h_w	\leq	$1/2 L_n$	;	$1/2 L_n$	$=$	3800	mm
	380	\leq	3800	mm	OK !!			

2. Cek Tebal Pelat

Berdasarkan SNI 2847:2013 (BETON) hal 72 untuk pelat dengan balok yang membentang di antara tumpuan pada semua sisinya, tebal minimumnya, h_f , harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

$$h_f = \frac{L_n \cdot \left(0.8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5 \cdot \beta \cdot (\alpha_m - 0.2)}$$

Jika, $\alpha_m < 2$, maka ; $h_f \geq 125$ mm

$$h_f = \frac{L_n \cdot \left(0.8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9 \cdot \beta}$$

Jika, $\alpha_m > 2$, maka ; $h_f \geq 90$ mm

Keterangan :

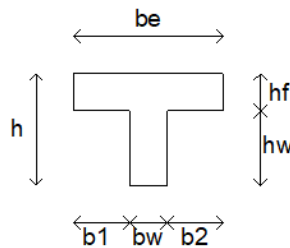
L_n = Panjang bentang bersih (mm), untuk sisi plat dan balok, L_n adalah jarak dari sisi ke sisi balok
 h_f = panjang bentang terpanjang dikurang dengan lebar balok
 β = perbandingan antara bentang bersih dari sisi terpanjang dengan bentang bersih terpendek
 α_m = nilai rata-rata dari kekakuan balok

$\alpha = \frac{I_{bp}}{I_p}$; dimana: I_{bp} = inersia balok
 I_p = inersia pelat
 α kekakuan pelat pembagian nilainya berdasarkan panjang bentang balok

a. Menentukan momen inersia balok pelat (lbp)

a.1 Untuk balok yang berada di tengah konstruksi

*	be	=	1,56	m
	be	=	1560	mm
*	hf	=	0,12	m
	hf	=	120	mm
	hw			
*		=	0,58	m
	hw			
		=	580	mm



*	A1	=	hw.bw	=	232000	mm ²
*	A2	=	hf.be	=	187200	mm ²

Titik Berat

*	A1*1/2*hw	=	67280000	.....a
	A2(hf/2+hw)	=	119808000	.....b
	A1+A2	=	419200	.....c
	Jadi, y = (a+b)/c	=	446,2977099	mm
			0,44629771	m

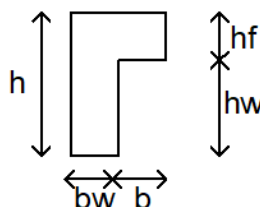
titik berat

$$y := \frac{\left(A1 \cdot \frac{1}{2} \cdot hw \right) + \left[A2 \cdot \left(\frac{hf}{2} + hw \right) \right]}{(A1) + (A2)}$$

*	Ix1 = (1/12.bw.hw ³)	=	6503733333	mm ⁴
	y1 = 1/2.hw	=	290	mm
*	Ix2 = (1/12.be.hf ³)	=	224640000	mm ⁴
	y2 = (1/2.hf)+hw	=	640	mm
*	lbp1 = Ix1 + (A1*(y-y1) ²) + Ix2 + (A2*(y2-y) ²)		1941974737	
		=	9	mm ⁴

a.2 Untuk balok yang berada di tepi konstruksi

be1	
=	980 mm



$$\begin{aligned}
 * A1 &= hw.bw &= & \mathbf{232000} & \text{mm}^2 \\
 * A2 &= hf.be1 &= & \mathbf{117600} & \text{mm}^2
 \end{aligned}$$

Titik Berat

$$\begin{aligned}
 * A1 \cdot 1/2 \cdot hw &= 67280000 & \text{.....a} \\
 A2(hf/2+hw) &= 75264000 & \text{.....b} \\
 A1+A2 &= 349600 & \text{.....c} \\
 \text{Jadi, } y &= (a+b)/c &= 407,7345538 & \text{mm} \\
 & & \mathbf{0,407734554} & \text{m} \\
 * Ix1 &= (1/12.bw.hw^3) &= & \mathbf{6503733333} & \text{mm}^4 \\
 y1 &= 1/2.hw &= & \mathbf{290} & \text{mm} \\
 * Ix2 &= (1/12.be1.hf^3) &= & \mathbf{141120000} & \text{mm}^4 \\
 y2 &= (1/2.hf)+hw &= & \mathbf{640} & \text{mm} \\
 * lbp2 &= Ix1 + (A1 \cdot (y-y1)^2) + Ix2 + (A2 \cdot (y2-y)^2) \\
 &= \mathbf{16204899100} & \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

b. Menentukan inersia pelat

b.1 Untuk balok yang berada di tepi konstruksi

$$\begin{aligned}
 lp1 &= 1/12(bw/2+L1/2).hf^3 &= & \mathbf{604800000} & \text{mm}^4 \\
 * \alpha1 &= lbp2/lp1 &= & \mathbf{26,79381465} \\
 * lp2 &= 1/12(bw/2+L2/2).hf^3 &= & \mathbf{172800000} & \text{mm}^4 \\
 \alpha2 &= lbp2/lp2 &= & \mathbf{93,77835127}
 \end{aligned}$$

b.2 Untuk balok yang berada di tengah konstruksi

$$\begin{aligned}
 lp3 &= 1/12(L1/2+L1/2) \cdot hf^3 &= & \mathbf{1152000000} & \text{mm}^4 \\
 * \alpha3 &= lbp1/lp3 &= & \mathbf{16,8574196} \\
 lp4 &= 1/12(L2/2+L2/2) \cdot hf^3 &= & \mathbf{288000000} & \text{mm}^4 \\
 * \alpha4 &= lbp1/lp4 &= & \mathbf{67,4296784}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \alpha &= (\alpha1+\alpha2+\alpha3+\alpha4)/4 &= & \mathbf{51,21481598} \\
 \beta &= (Lpj-bw)/(Lpd-bw) &= & \mathbf{4,75}
 \end{aligned}$$

Jika, $\alpha < 2$, maka ; $hf \geq 125$ mm

digunakan rumus :

$$hf = \frac{\text{Ln} \left(0.8 + \frac{fy}{1400} \right)}{36 + 5 \cdot \beta \cdot (\alpha m - 0.2)}$$

Jika, $\alpha > 2$, maka ;

$hf \geq 90$ mm
digunakan rumus :

$$hf = \frac{\text{ln} \left(0.8 + \frac{fy}{1400} \right)}{36 + 9 \cdot \beta}$$

Untuk α lebih besar dari 2.0, ketebalan pelat minimum harus memenuhi

$$hf = \frac{\text{ln} \left(0.8 + \frac{fy}{1400} \right)}{36 + 9 \cdot \beta}$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm

98,4399

1 mm

<

hf =

120

mm

.....
K

maka tebal pelat yang digunakan dalam permodelan adalah

hf = 120 mm



4.4.3 Kolom (Coloum)

Perhitungan kolom sebaiknya dilakukan dari lantai paling atas, karena momen /beban yang telah selesai dihitung pada lantai diatas akan diteruskan pada kolom struktur yang berada dibawahnya, sampai seterusnya kelantai paling bawah.

4.4.3.1 Kolom Induk

1. Lantai 2

Keterangan

Tebal pelat	=	0,12	m
Luas Pelat	=	28,00	m
Dimensi balok	=	0,5	m
	=	0,25	m
Panjang Balok	=	8	m
Dimensi kolom	=	0,4	m
	=	0,4	m
Tinggi Kolom	=	4	

Tabel 4.4 Tabel Prelim Kolom Lantai 2

Jenis Beban	Tebal	tinggi	lebar	panjang	Luas	Beban		Berat	Kombinasi
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m ²)	(kg/m ²)	(kg/m)	(kg)	PemBebanan
MATI									
a. Beban Plat	0,12				28	2400		8064,00	
b. Beban Balok		0,5	0,4	8		2400		5376,00	
c. Beban Kolom		0,4	0,4	4		2400		2536,00	
d. Beban Spesi					28		21	1176,00	
e. Plafon					28		20	560,00	
f. Beban Dinding		3,3		8			250	6600,00	
g. MEP					28,00		30	840,00	
h. Berat Keramik					28		24	672,00	
									29788,8
HIDUP									
a. Beban Orang					28		383	10724,00	

											17158,4
									TOTAL	35548	46947,2
									LUAS KOLOM RENCANA	0,16	0,16

(Sumber:Prelim Kolom Lantai 2)

Maka Diperoleh

Gaya Berat (V)		116692,8	kg
Luas Rencana Kolom (A)		160000	mm ²
	K	350,000	kg/cm ²
fc'	K	3,500	kg/mm ²
	S	2,905	kg/mm ²


Gaya Berat/Luas	V/A	≤	fc'	
	0,7293	≤	0,8715	OKE !!


2. Lantai 1

Keterangan

Tebal pelat	=	0,12	m
Luas Pelat	=	28,00	m
Dimensi balok	=	0,5	m
	=	0,25	m
Panjang Balok	=	8	m
Dimensi kolom	=	0,45	m
	=	0,45	m
Tinggi Kolom	=	4	

Tabel 4.5 Tabel Prelim Kolom Lantai 1

Jenis Beban	Tebal	tinggi	lebar	panjang	Luas	Beban			Berat	Kombinasi
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m ²)	(kg/m ³)	(kg/m ²)	(kg/m)	(kg)	PemBebanan
 MATI										
a. Beban Plat	0,12				28	2400			8064,00	
b. Beban Balok		0,5	0,25	8		2400			5376,00	
c. Beban Kolom		0,4	0,4	4		2400			1944,00	
d. Beban Spesi					28		21		1176,00	

e. Plafon					28		20		560,00	
f. Beban Dinding		3,5		8			250		6600,00	
g. MEP					28,00		30		840,00	
h. Berat Keramik					28		24		672,00	
										30278,4
										
a. Beban Orang					28		600		16800,00	
										26880
TOTAL									42032	57158,6
LUAS KOLOM RENCANA									0,2025	0,2025

Maka Diperoleh

Tabel 4.6 Hasil Prelim Kolom Lantai 1

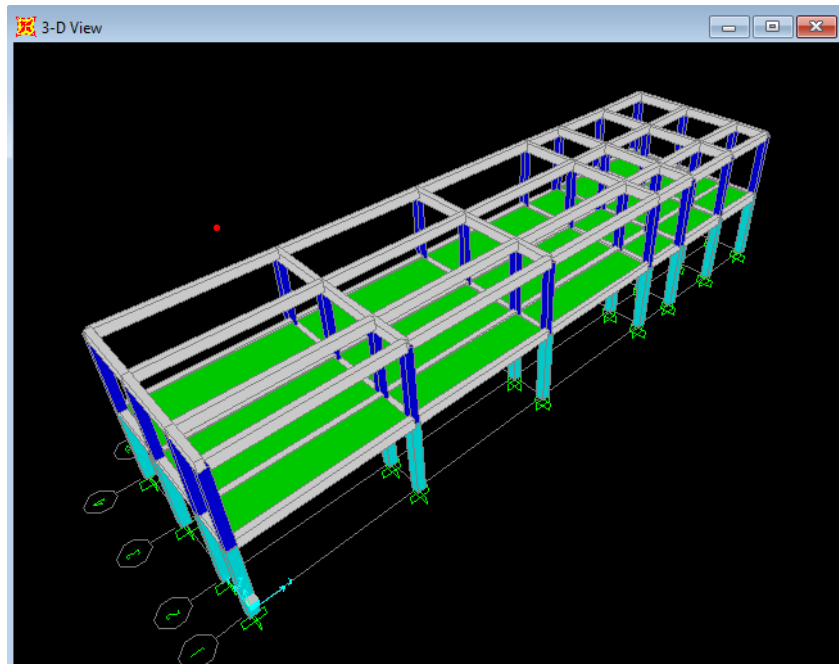
Maka Diperoleh

Gaya Berat (V)		173851,2	kg
Luas Rencana Kolom (A)		202500	mm ²
fc'	K	350,000	kg/cm ²
	K	3,500	kg/mm ²
	S	2,905	kg/mm ²

(Sumber:Prelim Kolom Lantai 1)

Gaya Berat/Luas	V/A	≤	fc'
	0,8585	≤	0,8715 OKE !!

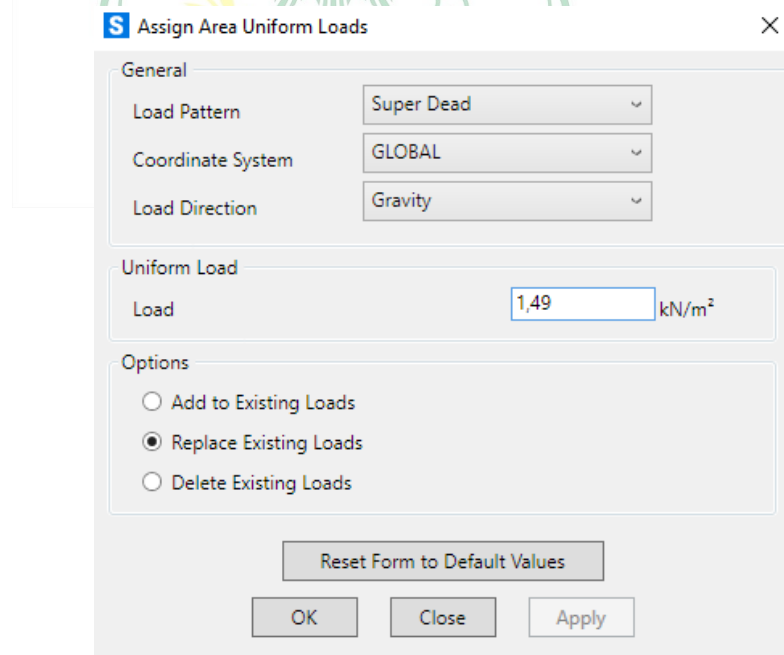
4.5 Pemodelan Menggunakan SAP 2000



Gambar 4.3 Pemodelan Gedung Menggunakan SAP 2000.14

4.5.1 Input Beban Hidup, Beban Mati dan Beban Gempa

1. Beban Mati pada Pelat Lantai



Gambar 4.4 Distribusi Beban Mati Pada Pelat Lantai

2. Beban Mati Pada Atap

S Assign Frame Distributed Loads

General

Load Pattern: Super Dead

Coordinate System: GLOBAL

Load Direction: Gravity

Load Type: Force

Options

Add to Existing Loads

Replace Existing Loads

Delete Existing Loads

Uniform Load: 0,96 kN/m

Trapezoidal Loads

	1.	2.	3.	4.
Relative Distance	0	0,25	0,75	1
Loads	0	0	0	0

Relative Distance from End-I Absolute Distance from End-I

Reset Form to Default Values

OK Close Apply

Gambar 4.5 Distribusi Beban Mati Pada Atap

3. Beban Mati Pada Balok

S Assign Frame Distributed Loads

General

Load Pattern: Super Dead

Coordinate System: GLOBAL

Load Direction: Gravity

Load Type: Force

Options

Add to Existing Loads

Replace Existing Loads

Delete Existing Loads

Uniform Load: 8,75 kN/m

Trapezoidal Loads

	1.	2.	3.	4.
Relative Distance	0	0,25	0,75	1
Loads	0	0	0	0

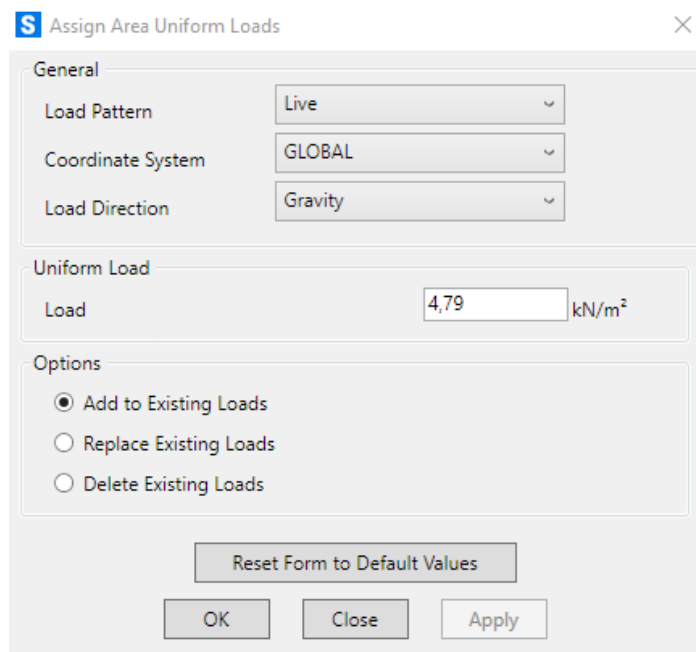
Relative Distance from End-I Absolute Distance from End-I

Reset Form to Default Values

OK Close Apply

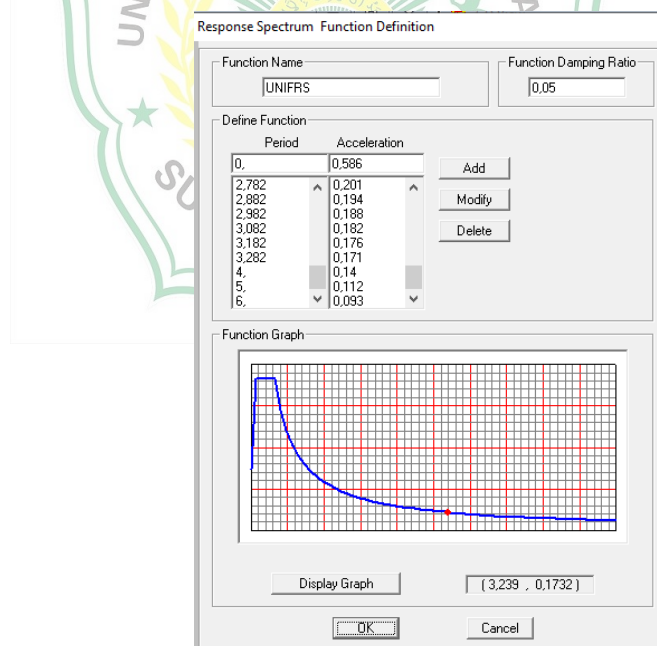
Gambar 4.6 Distribusi Beban Mati Pada Balok

4. Beban Hidup Pada Lantai Gedung



Gambar 4.7 Distribusi Beban Hidup Pada Lantai Gedung

5. Beban Gempa Dinamik Respon Spektrum



Gambar 4.8 Input Parameter Respon Spektrum

Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name: Set Def Name Notes: Load Case Type: Response Spectrum Design...

Modal Combination:

- CQC GMC f1: GMC f2:
- SRSS
- Absolute
- GMC Periodic + Rigid Type:
- NRC 10 Percent
- Double Sum

Directional Combination:

- SRSS
- CQC3
- Absolute Scale Factor:

Modal Load Case: Use Modes from this Modal Load Case:

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	UNIFRS	1,2263
Accel	U1	UNIFRS	1,2263

Show Advanced Load Parameters

Other Parameters: Modal Damping:

Gambar 4.9 Respon Spectrum Case Arah-X

Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name: Set Def Name Notes: Load Case Type: Response Spectrum Design...

Modal Combination:

- CQC GMC f1: GMC f2:
- SRSS
- Absolute
- GMC Periodic + Rigid Type:
- NRC 10 Percent
- Double Sum

Directional Combination:

- SRSS
- CQC3
- Absolute Scale Factor:

Modal Load Case: Use Modes from this Modal Load Case:

Loads Applied:

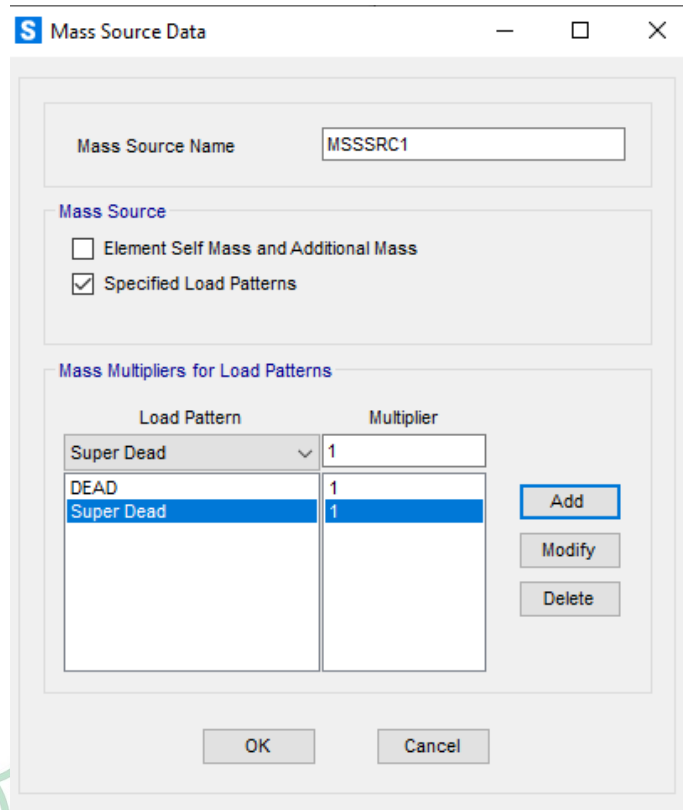
Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U2	UNIFRS	1,2283
Accel	U2	UNIFRS	1,2283

Show Advanced Load Parameters

Other Parameters: Modal Damping:

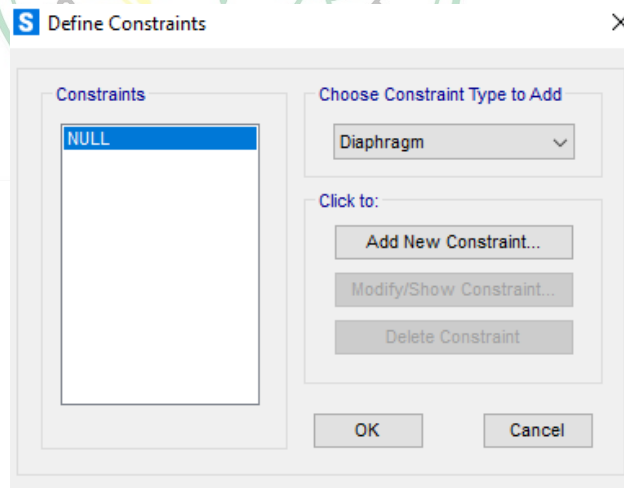
Gambar 4.10 Respon Spectrum Case Arah-Y

6. Penentuan Masa Stuktur

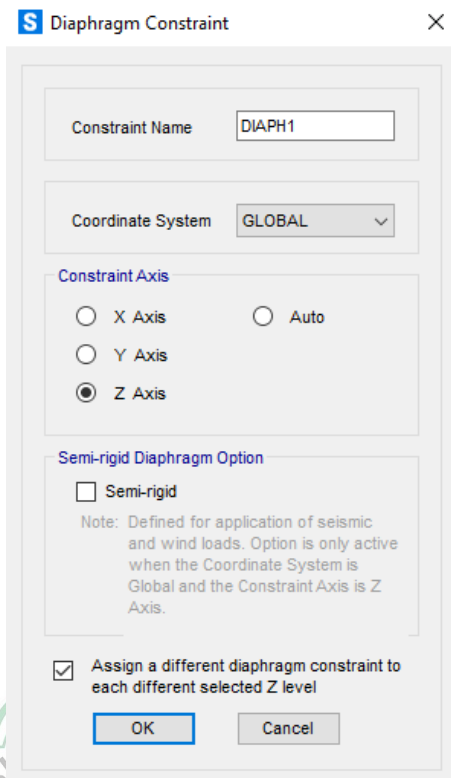


Gambar 4.11 Penentuan Massa Gedung

7. Menetapkan Lantai Tingkat Sebagai Diafragma



Gambar 4.12 Define Constraints



Gambar 4.13 Input Joint Constraint

8. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi Pembebanan SNI 2847:2019 Pasal 5.3.1:

- Komb. 1 = 1,4 D + 1,4 SDL
- Komb. 2 = 1,2 D + 1,2 SDL + 1,6 LL
- Komb. 3 = 1,37 DL + 1,34 SDL + 1,0 LL + 1,0 Ex + 0,3 Ey
- Komb. 4 = 1,34 DL + 1,34 SDL + 1,0 LL + 1,0 Ex - 0,3 Ey
- Komb. 5 = 1,34 DL + 1,34 SDL + 1,0 LL - 1,0 Ex + 0,3 Ey
- Komb. 6 = 1,34 DL + 1,34 SDL + 1,0 LL - 1,0 Ex - 0,3 Ey
- Komb. 7 = 1,34 DL + 1,34 SDL + 1,0 LL + 1,0 Ex + 0,3 Ey
- Komb. 8 = 1,34 DL + 1,34 SDL + 1,0 LL + 1,0 Ex - 0,3 Ey
- Komb. 9 = 1,34 DL + 1,34 SDL + 1,0 LL - 1,0 Ex + 0,3 Ey
- Komb. 10 = 1,34 DL + 1,34 SDL + 1,0 LL - 1,0 Ex - 0,3 Ey
- Komb. 11 = 0,76 DL + 0,76 SDL + 1,0 Ex + 0,3 Ey
- Komb. 12 = 0,76 DL + 0,76 SDL + 1,0 Ex - 0,3 Ey
- Komb. 13 = 0,76 DL + 0,76 SDL - 1,0 Ex + 0,3 Ey
- Komb. 14 = 0,76 DL + 0,76 SDL - 1,0 Ex - 0,3 Ey

$$\text{Komb. 15} = 0,76 \text{ DL} + 0,76 \text{ SDL} + 1,0 \text{ Ex} + 0,3 \text{ Ey}$$

$$\text{Komb. 16} = 0,76 \text{ DL} + 0,76 \text{ SDL} + 1,0 \text{ Ex} - 0,3 \text{ Ey}$$

$$\text{Komb. 17} = 0,76 \text{ DL} + 0,76 \text{ SDL} - 1,0 \text{ Ex} + 0,3 \text{ Ey}$$

$$\text{Komb. 18} = 0,76 \text{ DL} + 0,76 \text{ SDL} - 1,0 \text{ Ex} - 0,3 \text{ Ey}$$

$$\text{Gravitasi} = 1,2 \text{ DL} + 1,2 \text{ SDL} + 1,0 \text{ LL}$$

Envelope

S Load Combination Data

Load Combination Name (User-Generated)

Notes

Load Combination Type

Options

Define Combination of Load Case Results

Load Case Name	Load Case Type	Mode	Scale Factor
COMB1	Combination		1,
COMB2	Combination		1,
COMB3	Combination		1,
COMB4	Combination		1,
COMB5	Combination		1,
COMB6	Combination		1,
COMB7	Combination		1,
COMB8	Combination		1,

Gambar 4.14 Input Beban Kombinasi

4.6 Perhitungan penulangan

4.6.1 Balok

a. Balok induk ukuran 50cm x 25cm bentang 8 m

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Max	21,267	116,56	-0,041	-6,3883	0,0588	180,422
Min	20,322	-154,498	-0,072	-9,7333	0,1071	-

Tulangan Geser

Data material balok

Kuat tekan beton	: f_c'	= 31,2 Mpa
Tegangan leleh baja	: f_y (BjTS-40)	= 420 Mpa
Faktor reduksi geser	: ϕ	= 0,75

Dimensi balok

Panjang bentang	: L	= 8000 mm
Lebar balok	: b	= 250 mm
Tinggi balok	: h	= 500 mm
Selimit beton	: d'	= 50 mm
Tinggi efektif beton	: $d = h - d'$	= 450 mm

Gaya geser ultimate balok

Kuat geser ultimate balok : $v_u = 116,56$ KN (dari hasil Analisa struktur)

Kuat geser ultimate balok : $v_u = 116,56$ Kn (Tumpuan)

Kuat geser ultimate balok : $v_u = 58,28$ Kn (lapangan)

1. Tulangan untuk tumpuan

Tulangan geser balok

Diameter Sengkang : $d_s = 10 \text{ mm}$

Luas penampang sengkang (sengkang 2 kaki) : $A_v = 157,08 \text{ mm}^2$

Jarak antar Sengkang : $s = 100 \text{ mm}$

Jarak Sengkang maksimum : $S_{\text{max}} = 300 \text{ mm}$

Control jarak antar tulangan geser balok

$S < S_{\text{max}} = 100 \text{ mm} < 300 \text{ mm} \dots \text{ok}$

Kuat Geser Beton dan Baja Tulangan

Kuat geser beton $V_c = 1/6 [(\sqrt{f'c'}) / (b d)] = 242,05 \text{ KN}$

Kuat geser tulangan geser : $v_s = (A_v f_y d)/s = 428,83 \text{ KN}$

Kuat Geser Nominal Balok

Kuat geser nominal balok : $v_n = v_c + v_s = 670,87 \text{ KN}$

Kuat Geser Rencana Balok

Kuat geser rencana balok : $v_r = \phi v_n = 503,16 \text{ KN}$

Kuat Geser Ultimate Balok

Kuat geser ultimate balok : $v_u = 116,56 \text{ KN}$

Kontrol Kuat Geser Rencana Balok

$V_r \geq v_u = 503,16 \text{ KN} \geq 116,56 \text{ KN} \dots \text{OK}$

Maka tulangan geser yang dipakai adalah : $\phi 10 - 100$

2. Tulangan untuk lapangan

Tulangan geser balok

Diameter Sengkang : $d_s = 10 \text{ mm}$

Luas penampang Sengkang $^2 [1/4 \pi d_s^2]$ (sengkang 2 kaki) = 157 mm^2

Jarak antar Sengkang : $s = 150 \text{ mm}$

Jarak Sengkang maksimum : $s_{\text{mak}} = 300 \text{ mm}$

Control jarak antar tulang geser balok :

$s < s_{\text{mak}}$

$150 \text{ mm} < 225 \text{ mm} \dots \text{ok}$

Kuat geser beton dan baja tulangan

$$\text{Kuat geser beton : } V_c = 1/6 [(\sqrt{f_c'}) / (b d)] = 242,05 \text{ kN}$$

$$\text{Kuat geser tulangan geser : } v_s = (A_v f_y d) / s = 428,83 \text{ kN}$$

Kuat Geser Nominal Balok

$$\text{Kuat geser nominal balok : } v_n = V_c + V_s = 670,87 \text{ kN}$$

Kuat Geser Rencana Balok

$$\text{Kuat geser rencana balok : } v_r = \phi_s v_n = 503,16 \text{ kN}$$

Gaya Geser Ultimate Balok

$$\text{Gaya geser ultimate balok : } v_u = 58,28 \text{ kN}$$

Kontrol Kuat Geser Rencana Balok

$$V_r \geq v_u$$

$$503,16,92 \text{ kN} \geq 58,28 \text{ kN} \dots \text{ok}$$

Maka tulangan yang dipakai adalah : ϕ 10 – 150

Tulangan Lentur Balok

Diketahui:

Mu	=	180,422	kN m	fc'	=	31,2	MPa
b	=	250	mm	fy	=	420	MPa
h	=	500	mm	δ	=	0,5	
d'	=	50	mm	D	=	19	mm
d	=	450	mm	As1	=	283,529	mm ²

Rasio tulangan yang dibutuhkan :

$$A\rho^2 + B\rho + C = 0$$

dimana :

$$A = 0,6 \times \frac{(1 - \delta)^2}{f_c'} \times f_y^2 = 833,942$$

$$B = - [\{ (1 - \delta) \times f_y \} + \{ \delta \times f_y \times (1 - d'/d) \}] = -403,85$$

$$C = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = 1,33448$$

dengan rumus abc, didapatkan nilai ρ

$$\rho_1 = 0,480934208$$

$$\rho_2 = 0,003327294$$

diambil nilai ρ terkecil dan positif

$$\rho = 0,00333$$

Luas tulangan yang dibutuhkan

* tulangan tarik

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 865,096 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

* tulangan tekan

$$\begin{aligned} A_s' &= \partial \times \rho \times b \times d \\ &= 432,548 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan yang dibutuhkan

* tulangan tarik

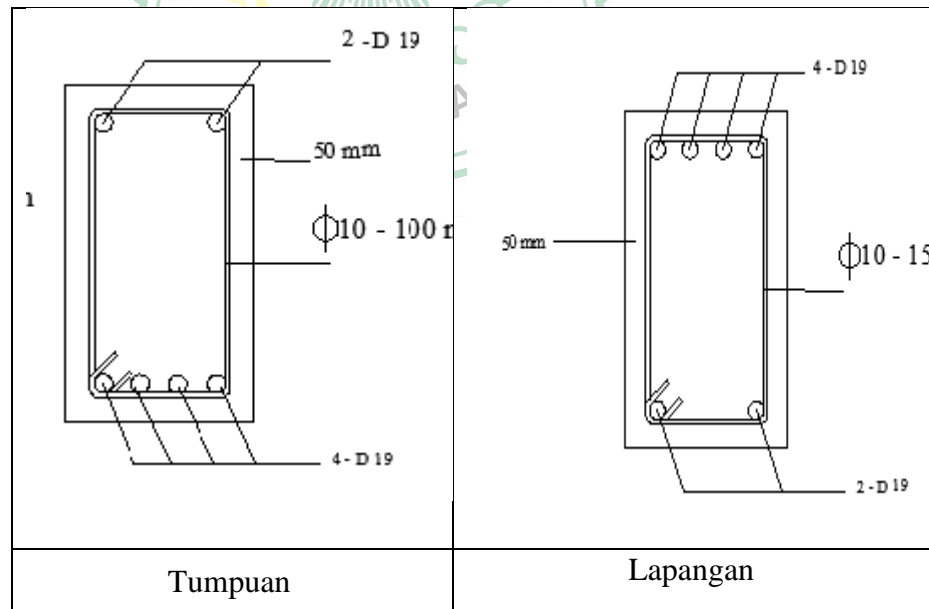
$$\begin{aligned} n &= \frac{A_s}{A_{s1}} \\ &= \frac{865,096}{216,274} \approx 4 \text{ batang} \end{aligned}$$

* tulangan tekan

$$\begin{aligned} n' &= \frac{A_s'}{A_{s1}} \\ &= \frac{432,548}{270,342} \approx 2 \text{ batang} \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan = 4 - D 19 untuk tulangan Tarik

= 2 - D 19 untuk tulangan tekan



Gambar 4.15 detail tulangan balok

b. Balok induk 50 x 25 bentang 4 m

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Max	45,975	115,68	0,099	0,0902	0,0774	127,068
Min	-13,739	-92,587	-0,102	0,024	-0,1009	-162,637

Tulangan Geser

Data material balok

Kuat tekan beton	: f_c'	= 31,2 Mpa
Tegangan leleh baja	: f_y (BjTS-40)	= 420 Mpa
Faktor reduksi geser	: ϕ	= 0,75

Dimensi balok

Panjang bentang	: L	= 4000 mm
Lebar balok	: b	= 250 mm
Tinggi balok	: h	= 500 mm
Selimit beton	: d'	= 50 mm
Tinggi efektif beton	: $d = h - d'$	= 450 mm

Gaya geser ultimate balok

Kuat Geser Ultimate Balok	= v_u (Hasil Analisa)	115,68 Kn
Kuat Geser Ultimate Balok	= v_u (Tumpuan)	115,68 Kn
Kuat Geser Ultimate Balok	= v_u (Lapangan)	57,86 Kn

1. Tulangan untuk tumpuan

Tulangan geser balok

Diameter Sengkang	d_s	= 10 mm
Luas penampang Sengkang	A_v	= 157,08 mm ²
Jarak antar Sengkang	s	= 100 mm
Jarak Sengkang maksimum	S max	= 300 mm

Control jarak antar tulangan geser balok

$$S < S_{max} = 100 \text{ mm} < 300 \text{ mm} \dots \text{ok}$$

Kuat Geser Beton dan Baja Tulangan

Kuat geser beton	Vc	= 242,05 KN
Kuat geser tulangan geser	Vs	= 428,83 KN
Kuat geser nominal balok	Vn	= 670,87 KN
Kuat geser rencana balok	Vr	= 503,16 KN
Kuat geser ultimate balok	Vu	= 115,68 KN

Kontrol Kuat Geser Rencana Balok

$$V_r \geq v_u = 503,16,92 \text{ KN} \geq 115,68 \text{ KN} \dots \text{OK}$$

Maka tulangan geser yang dipakai adalah : ϕ 10 – 100

2. Tulangan untuk lapangan

Tulangan geser balok

Diameter Sengkang	ds	= 10 mm
Luas penampang Sengkang	Av	= 157,08 mm ²
Jarak antar Sengkang	s	= 150 mm
Jarak Sengkang maksimum	S max	= 300 mm

Control jarak antar tulang geser balok :

$$s < s_{\text{mak}}$$

$$150 \text{ mm} < 225 \text{ mm} \dots \text{ok}$$

Kuat geser beton dan baja tulangan

Kuat geser beton	Vc	= 242,05 KN
Kuat geser tulangan geser	Vs	= 428,83 KN
Kuat geser nominal balok	Vn	= 670,87 KN
Kuat geser rencana balok	Vr	= 503,16 KN
Kuat geser ultimate balok	Vu	= 57,86 KN

Kontrol Kuat Geser Rencana Balok

$$V_r \geq v_u$$

$$503,16 \text{ kN} \geq 57,86 \text{ kN} \dots \text{ok}$$

Maka tulangan yang dipakai adalah : ϕ 10 – 150

Tulangan lentur untuk balok

Diketahui:

Mu	=	162,637	kN m	fc'	=	31,2	MPa
b	=	250	mm	fy	=	420	MPa
h	=	500	mm	ϕ	=	0,5	
d'	=	50	mm	D	=	19	mm
d	=	450	mm	As1	=	283,529	mm ²

Rasio tulangan yang dibutuhkan :

$$A\rho^2 + B\rho + C = 0$$

dimana :

$$A = 0,6 \times \frac{(1 - \rho)^2}{f_c'} \times f_y^2$$

$$= 833,942$$

$$B = - \left[\{ (1 - \rho) \times f_y \} + \{ \rho \times f_y \times \frac{(1 - d'/d) \} \right]$$

$$= -403,85$$

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

$$= 1,20294$$

dengan rumus abc, didapatkan nilai ρ

$$\rho_1 = 0,481264251$$

$$\rho_2 = 0,002997251$$

diambil nilai ρ terkecil dan positif

$$\rho = 0,003$$

Luas tulangan yang dibutuhkan

* tulangan tarik

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$= 779,285 \text{ mm}^2$$

* tulangan tekan

$$A_s' = \rho \times b \times d$$

$$= 389,643 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan yang dibutuhkan

* tulangan tarik

$$n = \frac{A_s}{A_{s1}}$$

$$= 2,74852 \approx 3 \text{ batang}$$

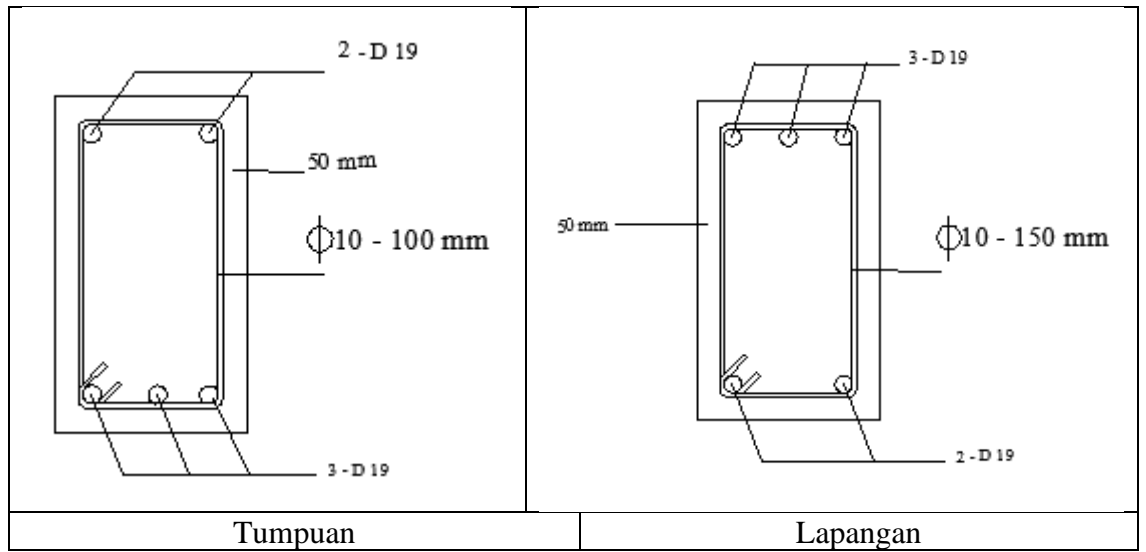
* tulangan tekan

$$n' = \frac{A_s'}{A_{s1}}$$

$$= 1,37426 \approx 2 \text{ batang}$$

Maka digunakan tulangan = 3 – D19 untuk tulangan Tarik

= 2– D19 untuk tulangan tekan



Gambar 4.16 detail tulangan balok



4.6.2 Kolom

a. Kolom Lantai 2

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Max	-355,609	4,35	5,562	0,0039	7,2563	74,5985
Min	-458,006	-33,685	-3,525	-0,0091	-6,9022	-60,3047

Data material kolom

Kuat tekan beton : f_c' = 31.20 Mpa

Tegangan leleh baja : F_y (BjTS) = 420 Mpa

Factor reduksi geser : ϕ_s = 0,75

Dimensi Kolom

Lebar kolom : b = 400 mm

Tinggi kolom : h = 400 mm

Selimut beton : d' = 50 mm

Tinggi efektif : $d = h - d'$ = 350 mm

Tulangan Geser Kolom

TULANGAN GESER KOLOM

Diameter Sengkang : d_s (mm)

Luas Penampang Sengkang : $A_v = 2 [1/4 \pi d_s^2]$ (sengkang 2 kaki) (mm²)

Jarak antar Sengkang : s (mm)

Jarak Sengkang Maksimum : s_{max} (mm)

Kontrol Jarak Antar Tulangan Geser Kolom

$$s \leq s_{max}$$

$$150,00 \text{ mm} \leq 175,00 \text{ mm}$$

Kuat Geser Beton dan Baja Tulangan

Kuat Geser Beton : $V_c = 1/6 [(\sqrt{f_c'}) / (b d)]$ (kN)

Kuat Geser Tulangan Geser : $V_s = (A_v f_y d_s) / s$ (kN)

Kuat Geser Nominal Kolom

Kuat Geser Nominal Kolom : $V_n = V_c + V_s$ (kN)

Kuat Geser Rencana Kolom

Kuat Geser Rencana Kolom : $V_r = \phi_s V_n$ (kN)

Gaya Geser Ultimate Kolom

Kuat Geser Ultimit Kolom : V_u
(dari hasil analisis struktur) (kN)

KONTROL KUAT GESER RENCANA KOLOM

$$\begin{aligned} V_r &\geq V_u \\ 213,20 \text{ kN} &\geq 4,35 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kontrol kuat geser rencana kolom

$$\begin{aligned} V_r &\geq V_u \\ 213,20 \text{ Kn} &\geq 4,35 \text{ Kn} \dots \text{ok} \end{aligned}$$

Maka tulangan yang di pakai adalah : ϕ 10 – 150

Tulangan utama kolom

b	= 400 mm
h	= 400 mm
D	= 19 mm
Fc	= 31,20 Mpa
Fy	= 420 Mpa
d	= 350 mm
d'	= 50 mm
n.tul	= 12 batang
y	= 200 mm

1. Kapasitas maksimum (P_o) dari kolom

$$\begin{aligned} P_o &= 0,85 \times f_c (A_g - A_{st}) + A_{st} \times f_y \\ &= 0,85 \times f_c (160000 - 3402,3448) + 3402,345 \times 420 \\ &= 5581954,649 \text{ N} \\ &= 5581,954649 \text{ KN} \end{aligned}$$

2. Kekuatan nominal maksimum penampang kolom

$$\begin{aligned} P(\text{max}) &= 0,8 \times P_o \\ &= 0,8 \times 5581,9546 \\ &= 4465,5637 \text{ Kn} \end{aligned}$$

Ekstensitas minimum

$$\begin{aligned} e_{\text{min}} &= 0,1 \times h \\ &= 0,1 \times 400 \\ &= 40 \text{ mm} \end{aligned}$$

3. Kuat tekan rencana kolom

$$\begin{aligned}\phi P_n (\max) &= \phi \times 0,8 \times P_o \\ &= 0,65 \times 0,8 \times P_o \\ &= 2902,6164 \text{ Kn}\end{aligned}$$

4. Kapasitas penampang pada kondisi seimbang (balance)

$$\begin{aligned}P_{nb} &= 0,85 \times f_c' \times a_b \times b + A_s' \times f_s' - A_s \times f_y \\ &= 0,85 \times 31,2 \times \frac{0,85 \times 600 \times d \times 400}{600 + 420}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}&= 1856400 \text{ N} \\ &= 1856,4 \text{ Kn}\end{aligned}$$

$$M_{nb} = P_{nb} \times e_b$$

$$\begin{aligned}C_b &= \frac{600}{600 + f_y} \times d \\ &= \frac{600}{600 + 420} \times 350 \\ &= 205,8823529 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}a_b &= 0,85 \times C_b \\ &= 0,85 \times 205,8824 \\ &= 175 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}f_s' &= E_s \times \epsilon_s' = 600 \times \left[\frac{c - d'}{c} \right] \\ &= 600 \times \left[\frac{205,882 - 50}{206} \right] \\ &= 454,2857\end{aligned}$$

$$f_s' \geq f_y \rightarrow f_s' = f_y = 420$$

$$\begin{aligned}f_s &= E_s \times \epsilon_s = 600 \times \left[\frac{d - c}{c} \right] \\ &= 600 \times \left[\frac{350 - 205,8824}{206} \right] \\ &= 420\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_{nb} &= 0,85 \times f_c' \times a_b \times b \times (y - a_b/2) + A_s' \times f_s' \times (h/2 - d') + A_s \times f_s \times (d - y)\end{aligned}$$

$$= 423192725,2 \text{ Nmm}$$

$$= 423,1927252 \text{ kNm}$$

Eksentrisitas pada kondisi seimbang

$$e_b = \frac{M_{nb}}{P_{nb}}$$

$$= 0,2279641 \text{ m}$$

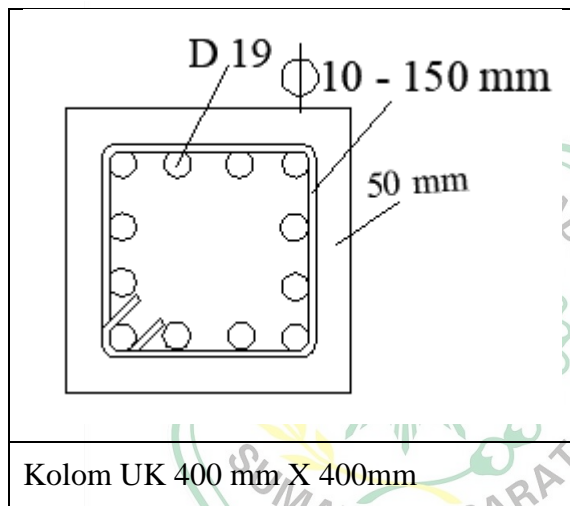
$$= 227,79641 \text{ Kn}$$

5. Kapasitas penampang pada kondisi momen murni (P-0)

$$M_n = A_s x f_y \left(d - \frac{0,6 x A_s x f_y}{F_c' x b} \right)$$

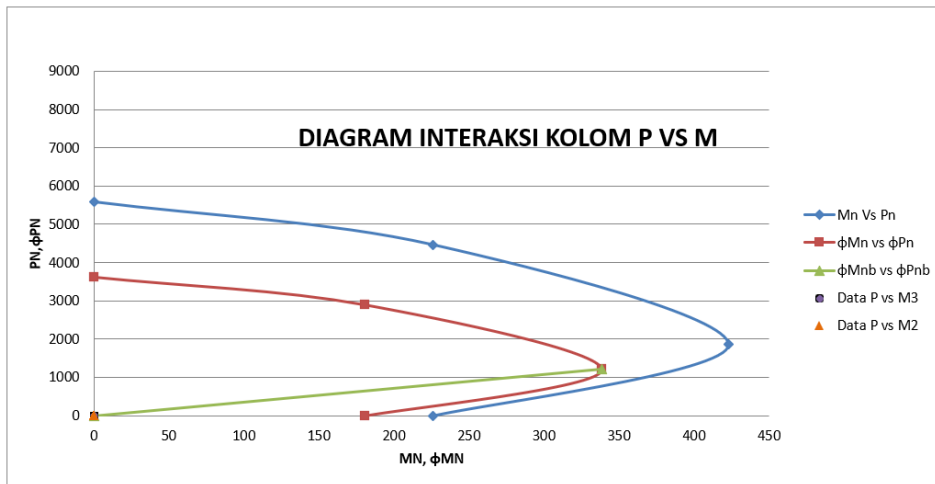
$$= 225,938159 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n = 180,7505272 \text{ kNm}$$



Gambar 4.17 detail tulangan kolom

Tabel 4.4 diagram interaksi kolom



Sumber : hasil perhitungan kolom



b. Kolom lantai 1

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Max	-355,542	24,749	8,303	0,0194	31,9376	96,8654
Min	-1237,434	-40,272	-6,419	-0,0228	-29,0394	-142,5831

Data material kolom

Kuat tekan beton : $f_c' = 31.20 \text{ Mpa}$
 Tegangan leleh baja : $F_y \text{ (BjTS)} = 420 \text{ Mpa}$
 Factor reduksi geser : $\phi_s = 0,75$

Dimensi Kolom

Lebar kolom : $b = 450 \text{ mm}$
 Tinggi kolom : $h = 450 \text{ mm}$
 Selimut beton : $d' = 50 \text{ mm}$
 Tinggi efektif : $d = h - d' = 400 \text{ mm}$

Tulangan geser kolom

Diameter Sengkang : $d_s = 10 \text{ mm}$
 Luas penampang Sengkang : $A_v = 2[1/4\pi d_s^2] = 157,08 \text{ mm}^2$
 Jarak antar Sengkang : $s = 150 \text{ mm}$
 Jarak Sengkang maksimal : $S_{max} = 200 \text{ mm}$

Kontrol jarak antar tulangan geser kolom

$$S < S_{max}$$

$$150 \text{ mm} < 200 \text{ mm} \dots\dots \text{ok}$$

Kuat geser beton : $V_c = 1/6 [(\sqrt{f_c'})/(bd)] = 167,57 \text{ kN}$

Kuat Geser tulangan geser : $V_s = (A_v f_y d_s)/s = 175,95 \text{ kN}$

Kuat geser nominal kolom : $V_n = v_c + v_s = 343,50 \text{ kN}$

Kuat geser rencana kolom : $v_r = \phi_s v_n = 257,63 \text{ kN}$

Gaya geser ultimate kolom : $v_u = 24,749 \text{ kN}$ (dari hasil Analisa struktur)

Kontrol Kuat geser rencana kolom

$$V_r \geq v_u$$

$$257,63 \text{ kN} \geq 24,749 \text{ Kn} \dots\dots \text{ok}$$

Maka tulangan geser yang di pakai adalah $\phi 10 - 150$

Tulangan utama kolom

$b = 450 \text{ mm}$
 $h = 450 \text{ mm}$
 $D = 19 \text{ mm}$
 $F_c = 31,20 \text{ Mpa}$
 $F_y = 420 \text{ Mpa}$
 $d = 400 \text{ mm}$
 $d' = 50 \text{ mm}$
 $n.tul = 16 \text{ batang}$
 $y = 225 \text{ mm}$

6. Kapasitas maksimum (P_o) dari kolom

$$P_o = 0,85 \times f_c (A_g - A_{st}) + A_{st} \times f_y$$

$$\begin{aligned}
&= 0,85 \times f_c (202500 - 4536,46) + 4536,46 \times 420 \\
&= 7155306,199 \text{ N} \\
&= 7155,306199 \text{ KN}
\end{aligned}$$

7. Kekuatan nominal maksimum penampang kolom

$$\begin{aligned}
P(\text{max}) &= 0,8 \times P_o \\
&= 0,8 \times 7155,306 \\
&= 5724,245 \text{ Kn}
\end{aligned}$$

Ekstensitas minimum

$$\begin{aligned}
e_{\text{min}} &= 0,1 \times h \\
&= 0,1 \times 450 \\
&= 45 \text{ mm}
\end{aligned}$$

8. Kuat tekan rencana kolom

$$\begin{aligned}
\phi P_n (\text{ max }) &= \phi \times 0,8 \times P_o \\
&= 0,65 \times 0,8 \times P_o \\
&= 3720,759 \text{ Kn}
\end{aligned}$$

9. Kapasitas penampang pada kondisi seimbang (balance)

$$\begin{aligned}
P_{nb} &= 0,85 \times f_c' \times a_b \times b + A_s' \times f_s' - A_s \times f_y \\
&= 0,85 \times 31,2 \times \frac{0,85 \times 600 \times d \times 450}{600 + 420} \\
&= 2386800 \text{ N} \\
&= 2386,8 \text{ Kn}
\end{aligned}$$

$$M_{nb} = P_{nb} \times e_b$$

$$\begin{aligned}
C_b &= \frac{600}{600 + f_y} \times d \\
&= \frac{600}{600 + 420} \times 400 \\
&= 235,2941176 \text{ mm} \\
a_b &= 0,85 \times C_b \\
&= 0,85 \times 235,2941 \\
&= 200 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f_s' &= E_s \times \epsilon_s = 600 \times \left[\frac{c - d'}{c} \right] \\
&= 600 \times \left[\frac{235,294 - 50}{235} \right] \\
&= 472,5
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f_s &= E_s \times \epsilon_s = 600 \times \left[\frac{f_s' - f_y}{c} \right] \\
&= 600 \times \left[\frac{400 - 235,2941}{235} \right]
\end{aligned}$$

$$= 420$$

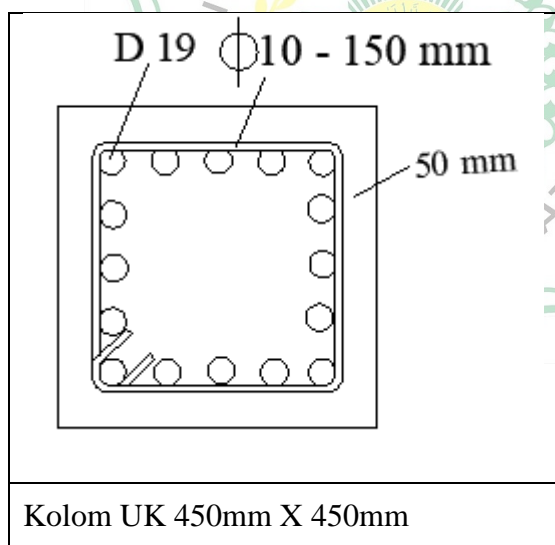
$$\begin{aligned} M_{nb} &= 0,85 \times f_c' \times a_b \times b \times (y - a_b/2) + A_s' \times f_s' \times (h/2 - d') + A_s \times f_s \times (d - y) \\ &= 631779794,7 \text{ Nmm} \\ &= 631,7797947 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Eksentrisitas pada kondisi seimbang

$$\begin{aligned} e_b &= \frac{M_{nb}}{P_{nb}} \\ &= 0,264697417 \text{ m} \\ &= 264,6974169 \text{ K}n \end{aligned}$$

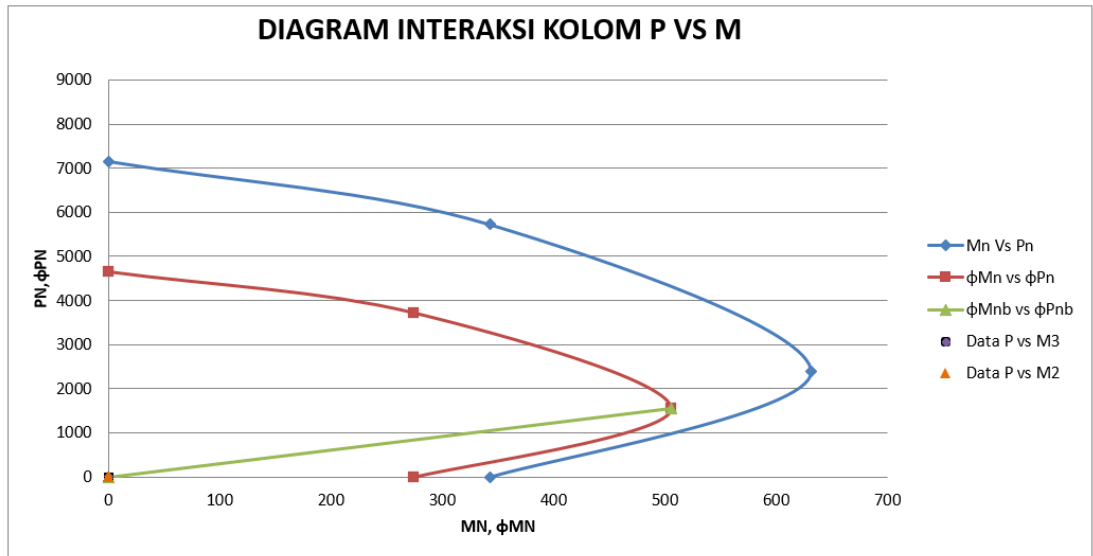
10. Kapasitas penampang pada kondisi momen murni (P-0)

$$\begin{aligned} M_n &= A_s \times f_y \left(d - \frac{0,6 \times A_s \times f_y}{F_c' \times b} \right) \\ &= 342,9246479 \text{ kNm} \\ \phi M_n &= 274,3397183 \text{ kNm} \end{aligned}$$



Gambar 4.18 detail kolom

Tabel 4.5 diagram interaksi kolom



Sumber : hasil perhitungan kolom



4.6.3 Pelat Lantai

Beban Mati

Berat Jenis Beton	=	2400	kg/m ³
Tebal Pelat Lantai	=	0,12	m
Lantai Keramik	=	24	kg/m ²
MEP	=	25	kg/m ²
Spesi per cm tebal	=	21	kg/m ²
Plafond	=	20	kg/m ²

Beban Mati pada Pelat Lantai

Beton	=	288	kg/m ²
Lantai Keramik	=	24	kg/m ²
MEP	=	25	kg/m ²
Spesi tebal 2 cm	=	42	kg/m ²
Plafond	=	20	kg/m ²
Total	=	399	kg/m²

Beban Hidup = **250** kg/m²

Beban Ultimate (Qu) = **878,8** kg/m²

Selimit Beton (d)	=	50	mm
Tebal Plat	=	120	mm
fc'	=	31,2	Mpa
fy	=	250	Mpa
Tulangan Pokok, D	=	10	mm
Tinggi efektif tulangan	=		
dx	=	65	mm
dy	=	55	mm

Qu = 878,8 kg/m²
 = 8,621028 kN/m²

Sisi pendek, Lx = 5 m
 Sisi panjang, Ly = 5,5 m
 Ly/Lx = 1,1

Cx = 33
 Cy = 28

Momen-momen yang Bekerja pada Pelat

Mulx = 7,1123481 kN.m
 Muly = 7,302010716 kN.m

Perencanaan Tulangan Arah $M_{ux} = - M_{tx}$

M_{ux}	=	7,1123481	kNm
M_u/ϕ	=	8,890435125	kNm
m	=	9,426847662	

Koefisien Ketahanan (R_n) diambil nilai b tiap 1000 mm

R_n	=	2,104245	Mpa
-------	---	----------	-----

Rasio Tulangan

ρ_{min}	=	0,0056
ρ_b	=	0,063648
ρ_{maks}	=	0,047736
ρ_{aktual}	=	0,00878036
$1.33 * \rho_{aktual}$	=	0,011677879

$\rho_{pakai} = 0,00878036$

As perlu	=	570,723407	mm ²
----------	---	------------	-----------------

Jarak antar Tulangan

s	=	137,5447354	mm
---	---	-------------	----

Syarat

$$s \leq 2h$$

OK

$$s \leq 240$$

OK

Maka dipilih s terkecil yaitu 130 mm

Kontrol terhadap kapasitas momen (M_n)

As ada	=	603,8461538	mm ²
a	=	5,692365704	mm
M_n	=	9,38284E+12	kNm
M_u/ϕ	=	8,890435125	

Aman

Perencanaan Tulangan Arah $M_{uy} = - M_{ty}$

M_{uy}	=	7,302010716	kNm
M_u/ϕ	=	9,127513395	kNm
m	=	9,426847662	

Koefisien Ketahanan (R_n) diambil nilai b tiap 1000 mm

R_n	=	3,0173598	Mpa
-------	---	-----------	-----

Rasio Tulangan

ρ_{min}	=	0,0056
ρ_b	=	0,063648
ρ_{maks}	=	0,047736

ρ aktual	=	0,012847419
$1.33 \cdot \rho$ aktual	=	0,017087067
ρ pakai	=	0,012847419
As perlu	=	706,6080393 mm ²
Jarak antar Tulangan		
s	=	111,0941224 mm
Syarat		
$s \leq 2h$		OK
$s \leq 240$		OK

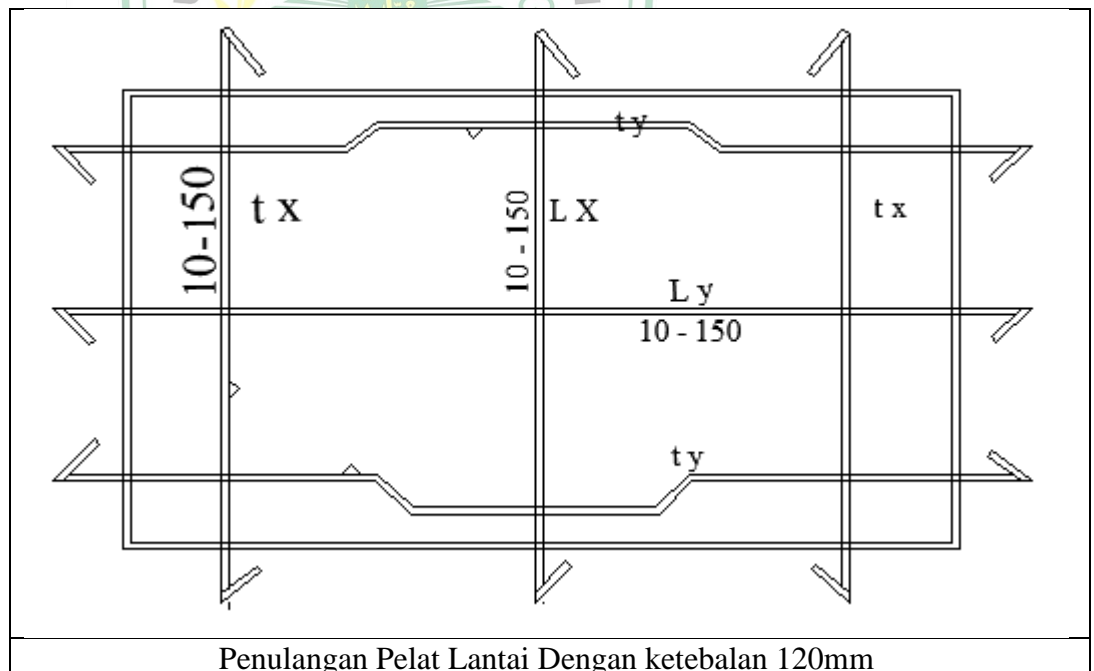
Maka dipilih s terkecil yaitu **110** mm

Kontrol terhadap kapasitas momen (M_n)

As ada	=	713,6363636 mm ²
a	=	6,727341286 mm
M_n	=	1,10888E+13 kNm
M_u/ϕ	=	9,127513395

Aman

Maka tulangan yang di pakai = Arah x = Ø10 – 150
= Arah y = Ø10 - 150



Penulangan Pelat Lantai Dengan ketebalan 120mm

Gambar 4.19 detail penulangan pelat lanantai

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian perencanaan struktur atas gedung SMA N 1 Lubuk Sikaping 2 lantai di Pasaman maka penulis dapat menyimpulkan bahwa

1. Mutu beton yang digunakan K-350 (31,2 Mpa) dan mutu baja yang digunakan f_y 420 Mpa
2. Spesifikasi pembebanan yang ada pada bangunan adalah :
 - Beban Mati
 - Beban Hidup
 - Beban Gempa
 - Kombinasi Pembebanan
3. Tulangan yang digunakan

Tabel 5.1 Data perhitungan

No	Data Perhitungan
1	Balok bentang 8 m uk 50cm x 25cm 4 D 19 Tulangan Tarik 2 D 19 Tulangan Tekan Φ 10 – 100 Tumpuan Φ 10 – 150 Lapangan
2	Balok bentang 4 m uk 50cm x 25cm 3 D 19 Tulangan Tarik 2 D 19 Tulangan Tekan Φ 10 – 100 Tumpuan Φ 10 – 150 Lapangan
3	Kolom Lantai 2 Kolom K1 40cm x 40 cm 12 D 19 Φ 10 – 150 Sengkang
4	Kolom Lantai 1 Kolom K1 45m x 45 cm 16 D 19 Φ 10 – 150 Sengkang
5	Tebal Pelat Lantai 12 cm

B. Saran

Dari penulisan skripsi ini yang berjudul perencanaan struktur atas gedung SMA N 1 Lubuk Sikaping kabupaten Pasaman , penulis menyampaikan beberapa saran :

1. Untuk perhitungan struktur harus mengacu kepada SNI .
2. Pada program SAP 2000 V.14 , disarankan agar lebih teliti dalam menggunakannya , contohnya dalam menginput beban supaya hasil yang di dapatkan lebih akurat.
3. Dalam menyelesaikan tugas akhir , sebaiknya sering berdiskusi dengan dosen pembimbing supaya dalam penulisan skripsi ini dapat terlaksana dengan baik.

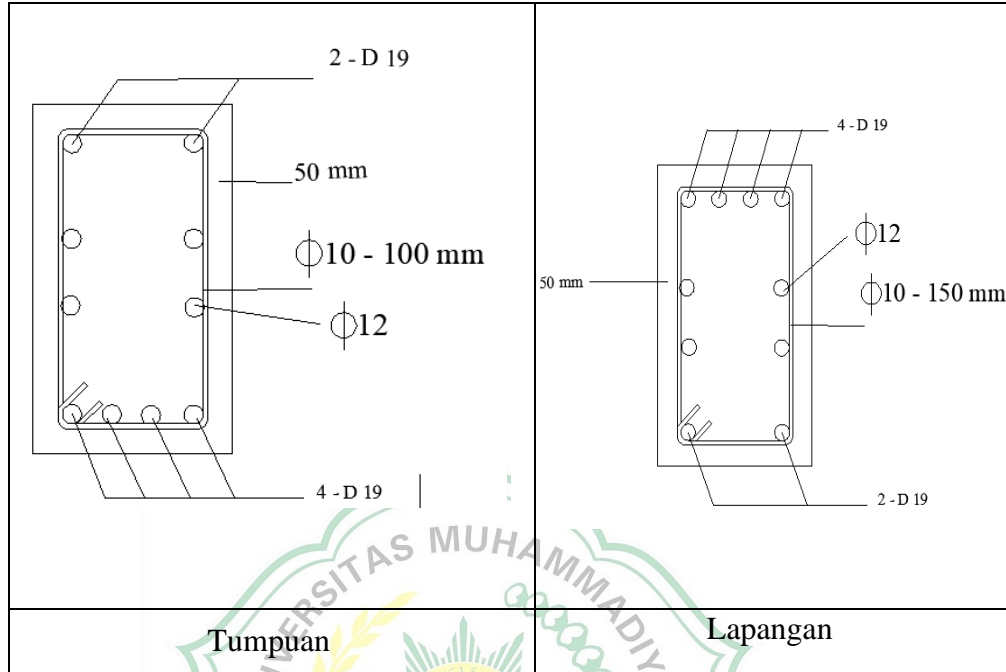


DAFTAR PUSTAKA

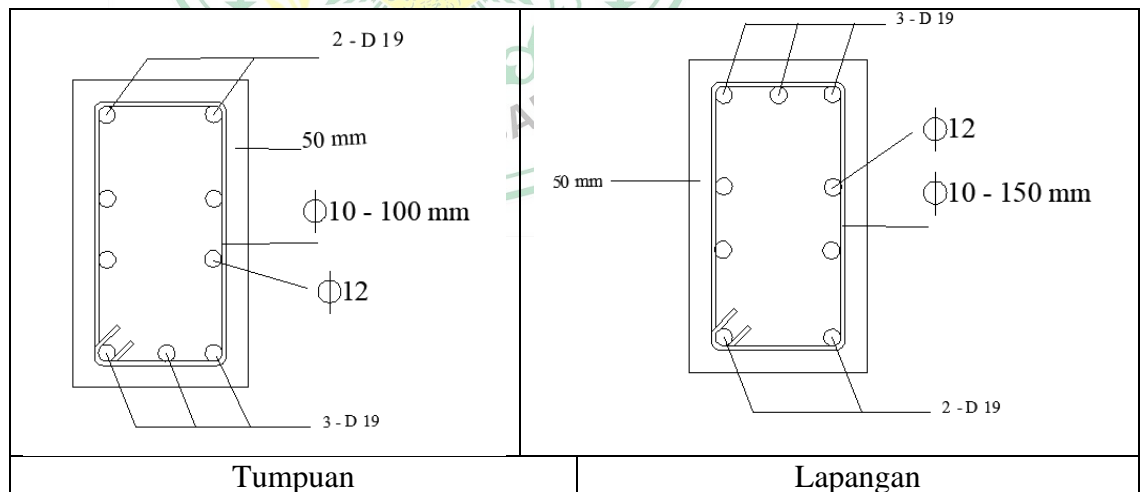
- Prasetya Adi Noerman, Hernadi Ahmad, Nugroho Agung. 2021 jurnal Studi Komparasi Perancangan Balok Struktural Berdasarkan SNI 2847-2002, SNI 2847-2013 Dan SNI 2847-2019 *Volume 5*
- Zuraida Siswanti , Margono Bramantyo Romi. 2017 Kajian Pemahaman Ketukangan Sipil Terhadap Sni 2847:2013 Tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung *Volume 1*. Bandung : Jurnal Arsitektur Arcade
- SNI 03-2847-2013., "Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung". Struktur Beton Bertulang, Standar baru SNI 1991-03
- PBI., 1983., "Berat sendiri bahan bangunan dan komponen gedung. Beban hiduppada lantai gedung".

LAMPIRAN 1 . Gambar Penulangan

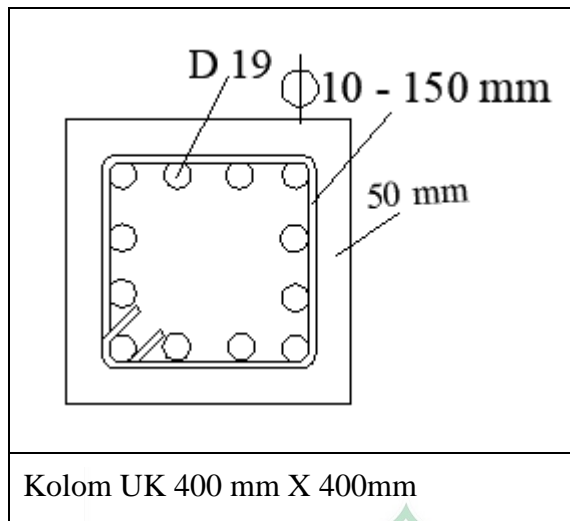
a. Penulangan Balok UK 50cm x 25cm Bentang 8 m



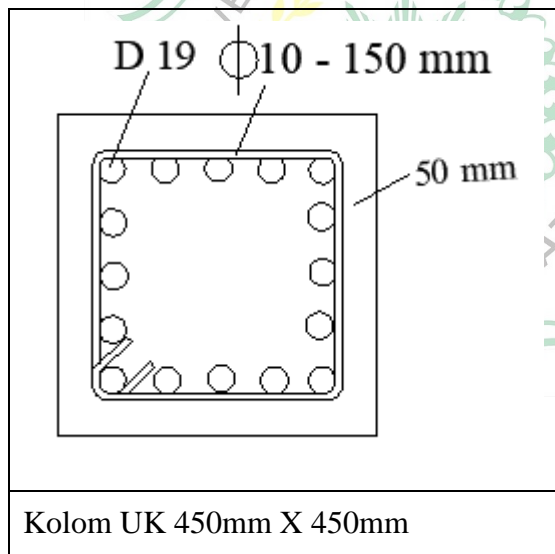
b. Penulangan Balok UK 50cm x 25 cm Bentang 4 m



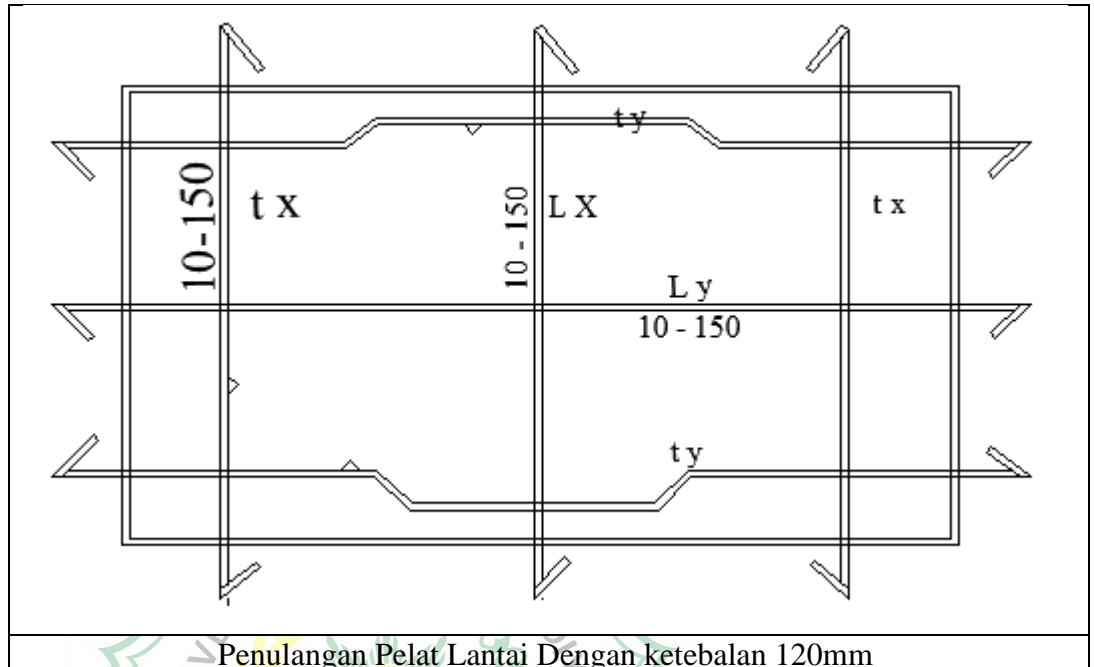
c. Penulangan Kolom UK 40cm x 40 cm



d. Penulangan Kolom UK 45cm x 45cm

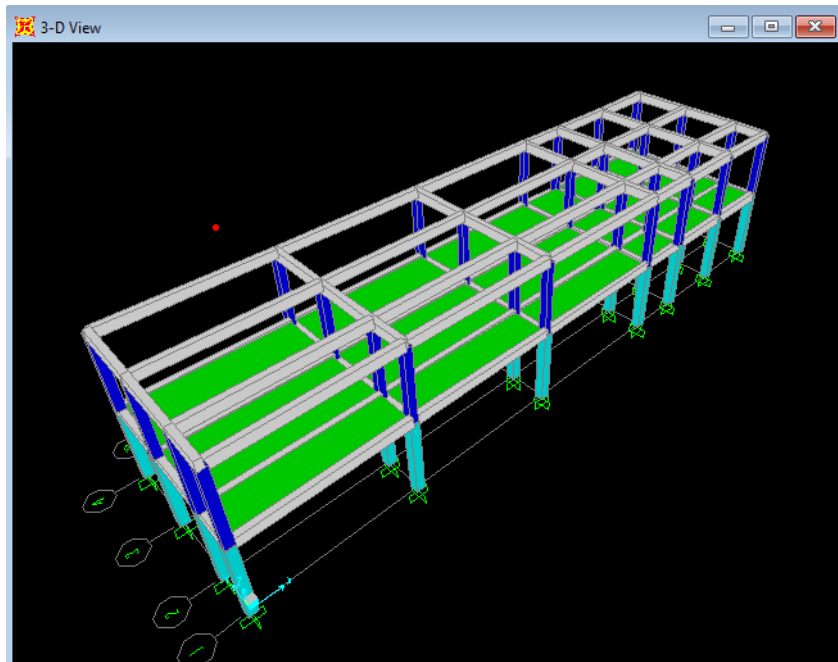


e. Penulangan Pelat Lantai



LAMPIRAN 2 . Permodelan Struktur Bangunan

a. Permodelan Menggunakan SAP 2000V14

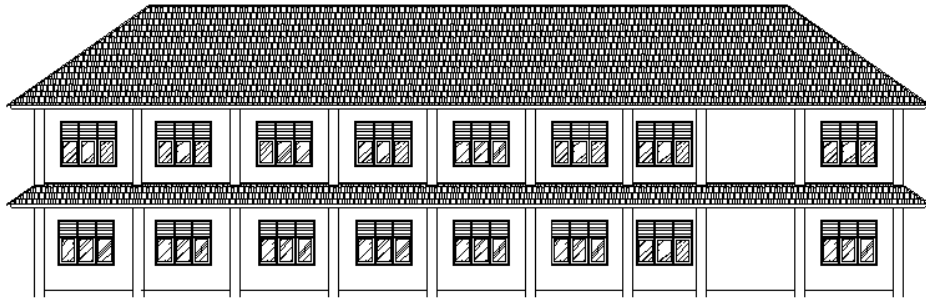


b. Permodelan Menggunakan AutoCAD

1. Tampak Depan



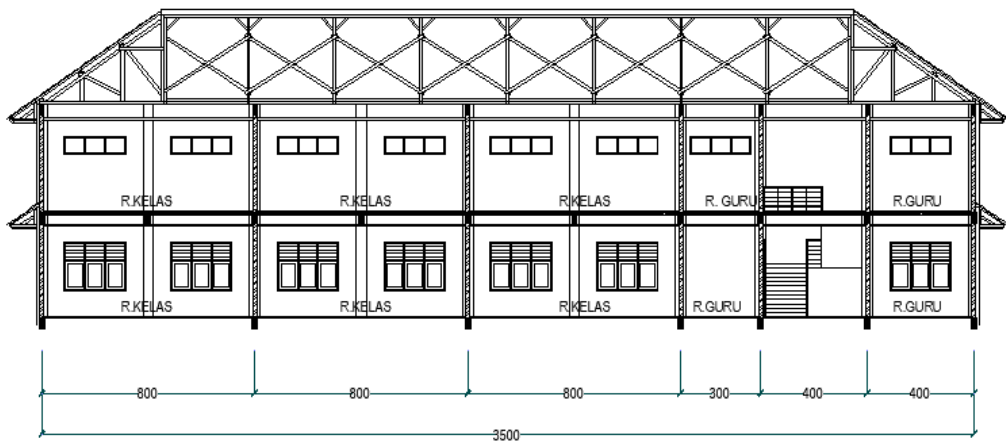
2. Tampak Belakang



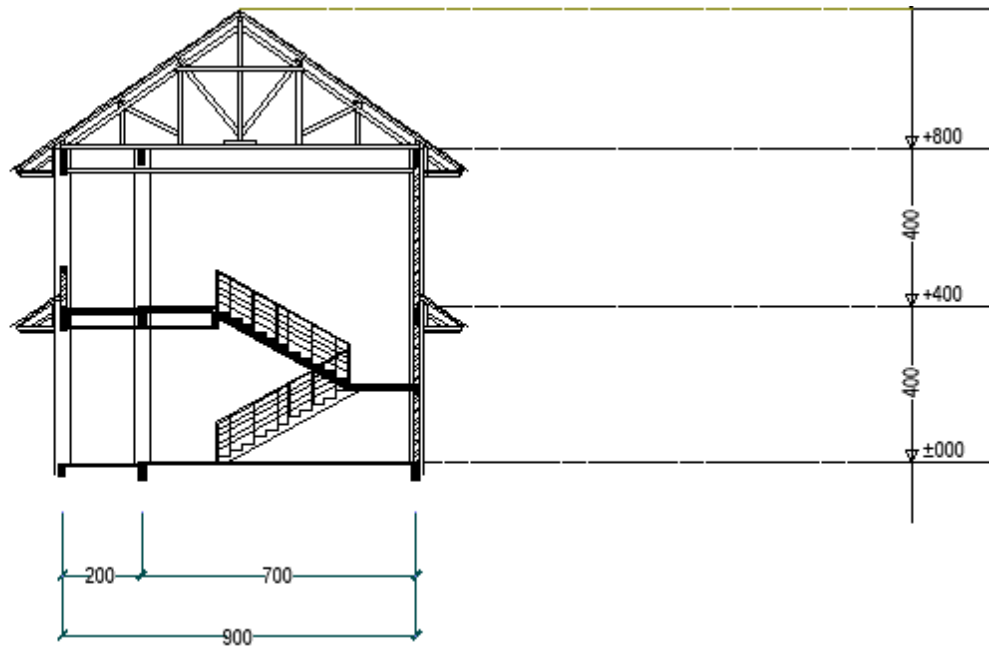
3. Tampak Samping



4. Potongan A-A



5. Potongan B-B





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	: Randi Putra
NIM	: 191000222201179
Program Studi	: Teknik Sipil
Pembimbing I	: Masril, S.T, M.T
Pembimbing II	: Ir. Ana Susanti Yusman, M.Eng
Judul	: Perencanaan Ulang Struktur Atas Gedung SMA Negeri 1 Lubuk Sikaping.

No.	Tanggal Konsultasi	Materi dan Catatan Pembimbing	Paraf Pembimbing I	Paraf Pembimbing II
1.		Perbaiki bab IV sesuai		
2.	16/12 - 29/12	yang di arahkan	<i>[Signature]</i>	
3.		Ketap Menera gaya		
4.	21 - 27/12	Dalams di lengkapi bab IV		
5.	12	Gambar hasil perhitung Tulney, Balok, Plat, Kala, di Kopye	<i>[Signature]</i>	
6.		penulisan		
7.		- Lengkap :		
8.	20/1	- Daftar pustaka, Daftar tabel, Daftar gambar		
9.		Daftar notasi, Lembar Perhitungan, Daftar tabel	<i>[Signature]</i>	
10.		Abstrak	<i>[Signature]</i>	

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

Acc Seminar Hasil

21/29
Mendahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil
[Signature]
Helga Yermadoni S.Pd, M.T
NIDN. 1013098502