

SKRIPSI

**PERENCANAAN STRUKTUR ATAS GEDUNG RUANG KELAS
MADRASAH IBTIDAIYAH NEGERI (MIN) KOTA BUKITTINGGI**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat



Oleh :

ILHAM AKBAR RENZANO

17.10.002.22201.114

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT
2022**

HALAMAN PENGESAHAN

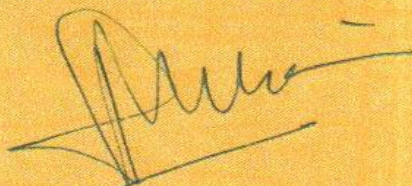
SKRIPSI

**PERENCANAAN STRUKTUR ATAS GEDUNG RUANG KELAS
MADRSAH IBTIDAIYAH (MIN) KOTA BUKITTINGGI**

Oleh

ILHAM AKBAR RENZANO
17.10.002.22201.114

Dosen Pembimbing I



Ishak, ST., MT
NIDN. 1010047301

Dosen Pembimbing II



Deddy Kurniawan, ST., MT
NIDN. 1021018303

Dekan Fakultas Teknik UMSB



Masril, ST., MT
NIDN. 1005057407

Ketua Prodi Teknik Sipil



Helga Yermadona, ST., MT
NIDN. 1013098502

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT**

2022

LEMBARAN PERSETUJUAN TIM PENGUJI

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

Bukittinggi, 27 Februari 2020

Mahasiswa

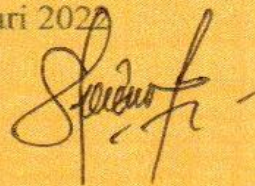
Ilham Akbar Renzano

NIM. 17.10.002.22201.114

Disetujui Tim Penguji Skripsi tanggal 27 Februari 2020

1. Selpa Dewi, ST. MT

1.

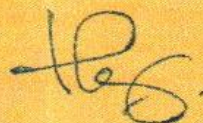


2. Yosrizal Putra, ST

2.



Mengetahui,
Ketua Program Studi
Teknik Sipil



Helga Yermadona, ST., MT

NIDN. 1013098502

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ilham Akbar Renzano

NIM : 17.10.002.22201.114

Judul Skripsi : Perencanaan Struktur Atas Gedung Ruang Kelas Madrasah Ibtidaiyah Negeri (MIN) Kota Bukittinggi

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

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

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

Bukittinggi, 27 Februari 2022

Yang membuat pernyataan,



Ilham Akbar Renzano

NIM. 17.10.002.22201.114

ABSTRAK

Perencanaan struktur bisa didefinisikan sebagai campuran antara seni serta ilmu pengetahuan yang dikombinasikan dengan intuisi seorang pakar struktur mengenai perilaku struktur dengan dasar-dasar pengetahuan dalam statika, dinamika, mekanika bahan, serta analisis struktur, buat menciptakan suatu struktur yang murah serta aman, sepanjang masa layanannya. Dengan pertumbuhan negeri yang lebih maju saat ini buat menghitung serta merancang struktur bangunan bertingkat bisa dilakukan dengan memakai bantuan program SAP2000 yang khusus buat merancang struktur bangunan tinggi. Dengan program ini bisa menciptakan perhitungan yang lumayan akurat serta dapat memperkecil efek keruntuhan pada struktur bangunan bertingkat. Tujuan penelitian ini yaitu Menghitung struktur atas pada perencanaan Pembangunan Gedung Ruang Kelas Madrasah Ibtidaiah Negeri (MIN) Kota Bukittinggi dengan menggunakan *software* SAP 2000. Metode yang dipakai dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif (perencanaan struktur atas gedung menggunakan *software* SAP 2000 yang mana perhitungannya menggunakan SNI). Hasil dari penelitian didapatkan dimensi balok induk dan balok anak pada lantai 2 masing-masing berukuran 35 x 25 cm, 30 x 25 cm. Dimensi kolom lantai 1 dan lantai 2 sama yaitu berukuran 40 x 40 cm. Dan dengan ketebalan pelat 12 cm menghasilkan mutu beton K-250 kg/cm² dan mutu baja 400 MPa.

Kata kunci : Perencanaan, Struktur Atas, SAP 2000, Mutu Beton, Mutu Baja, SNI, Pembebanan, Penulangan.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala berkat yang telah diberikannya, 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.

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

1. Bapak Masril, ST., MT selaku Dekan Fakultas Teknik UMSB sekaligus pembimbing II skripsi.
2. Bapak Deddy Kurniawan, ST., MT selaku Ketua Prodi Teknik Sipil.
3. Bapak Ishak, ST., MT selaku Dosen Pembimbing I skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis.
4. Bapak Deddy Kurniawan, ST., MT selaku dosen pembimbing II skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak masukan kepada penullis.
5. Orang tua, Kakak dan adik memberikan dukungan moril, doa, dan kasih sayang.
6. Rekan-rekan Jurusan Teknik Sipil yang telah memberikan semangat dan dukungan kepada penulis untuk dapat menyelesaikan skripsi ini.

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

Bukittinggi, Juli 2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

HALAMAN PENGESAHAN

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR NOTASI	viii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum	5
2.2 Struktur Atas	6
2.2.1 Kolom	6
2.2.2 Balok	9
2.2.3 Pelat Lantai.....	13
2.3 Aplikasi SAP 2000	15
2.3.1 Sistem Koordinat	16
2.3.2 Metode <i>Auto Load</i>	17
2.4 Material.....	18
2.4.1 Beton	18
2.4.2 Baja Tulangan	20
2.5 Pembebanan	24
2.5.1 Beban Mati (<i>Dead Load</i>)	24

2.5.2	Beban Hidup (<i>Live Load</i>)	26
2.5.3	Beban Gempa.....	27
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		
3.1	Lokasi Penelitian	35
3.2	Data Penelitian	35
3.2.1	Jenis dan Sumber Data.....	35
3.2.2	Metode Analisi Data	36
3.3	Bagan Alir Perencanaan	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Preliminari Desain Penampang	38
4.1.1	Balok.....	38
4.1.2	Kolom	43
4.1.3	Pelat Lantai.....	45
4.2	Pembebanan	50
4.2.1	Beban Mati	50
4.2.2	Beban Hidup.....	52
4.2.3	Beban Gempa	52
4.3	Perhitungan Momen Menggunakan Aplikasi SAP 2000.....	54
4.3.1	Menggambar Gird Bangunan	54
4.3.2	Mendefinisikan Penampang dan Beban.....	54
4.3.3	Input Beban Hidup, Mati dan Gempa.....	55
4.3.4	Hasil Running SAP 2000	57
4.4	Perhitungan Penulangan	59
4.4.1	Balok	59
4.4.2	Kolom	66
4.4.3	Pelat Lantai.....	71
4.5	Rekap Penulangan Balok, Kolom dan Plat Lantai	76
4.5.1	Balok	76
4.5.2	Kolom	77
4.5.3	Plat Lantai	78
BAB V PENUTUP		
5.1	Kesimpulan	80

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jenis Plat Lantai Berdasarkan Tumpuan	14
Gambar 2.2 Zona Gempa Pada Wilayah Sumatera	27
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian	35
Gambar 3.2 Bagan Alir Perencanaan	37
Gambar 4.1 Dimensi Balok.....	38
Gambar 4.2 Dimensi Pelat	45
Gambar 4.3 Plat Tepi Kontruksi.....	46
Gambar 4.4 Plat Lantai	48
Gambar 4.5 Grid Gedung SAP2000	54
Gambar 4.6 Input Penampang.....	55
Gambar 4.7 Beban Hidup	56
Gambar 4.8 Beban Mati	56
Gambar 4.9 Beban Gempa	57
Gambar 4.10 Hasil Running SAP2000	57
Gambar 4.11 Hasil Running Berupa Grafik SAP2000.....	58
Gambar 4.12 Diagram Interaksi Kolom Pvs M.....	71
Gambar 4.13 Momen Pada Plat.....	72
Gambar 4.14 Balok Induk Lantai 2 35x25 cm bentang 350 cm	75
Gambar 4.15 Balok Anak Lantai 2 30x25 cm Bentang 350 cm	76
Gambar 4.16 Kolom Lantai 1 40x40 cm Tinggi 360 cm.....	76
Gambar 4.17 Kolom Lantai 2 40x40 cm Tinggi 360 cm.....	77
Gambar 4.18 Penulangan Plat Lantai	77

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Mutu Beton	20
Tabel 2.2 Mutu Baja	22
Tabel 2.3 Baja Tulangan Polos	23
Tabel 2.4 Baja Tulangan Ulir	24
Tabel 2.5 Berat Sendiri Bahan Bangunan.....	25
Tabel 2.6 Berat Komponen Bangunan.....	25
Tabel 2.7 Beban Hidup Pada Lantai Gedung.....	26
Tabel 2.8 Koefesien	29
Tabel 2.9 Percepatan Puncak Muka Tanah (A_0)	29
Tabel 2.10 Faktor Keutamaan Gedung (1)	30
Tabel 2.11 Faktor Reduksi Beban Hidup Untuk Peninjauan Gempa.....	30
Tabel 4.1 Data Prelim Balok.....	38
Tabel 4.2 Tabel Minimum H.....	39
Tabel 4.3 Data Prelim Balok.....	41
Tabel 4.4 Tabel Prelim Kolom Lantai 2	43
Tabel 4.5 Tabel Kontrol Kolom Lantai 2.....	43
Tabel 4.6 Tabel Prelim Kolom Lantai 1	44
Tabel 4.7 Tabel Kontrol Kolom Lantai 1.....	44
Tabel 4.8 Grafik Respon Spektrum Untuk Kota Bukittinggi.....	52
Tabel 4.9 Data Respon Spektrum Kota Bukittinggi.....	53
Tabel 4.10 Rekap penulangan Balok.....	78
Tabel 4.11 Rekap Penulangan Kolom	78
Tabel 4.12 Rekap Penulangan Plat Lantai	78

DAFTAR NOTASI

f_c = Mutu Beton

f_y = Mutu Baja

b = Lebar plat

D = Diameter tulangan

h = Tebal plat

l_x = Bentang Pendek

l_y = Bentang Panjang

q_D = Beban Mati

q_L = Beban Hidup

q_U = Berat perlu

M = Momen

K = Faktor momen pikul

a = Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

A_s = Luas tulangan

s = Jarak tulangan

\emptyset = Faktor reduksi kekuatan



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sejalan dalam pertumbuhan dunia di bidang kontruksi, Indonesia berkembang serta tumbuh sangat pesat. Dalam pembangunan suatu gedung harus dihasilkan dengan struktur yang kuat, dan efesien serta efektif dalam pemakaian waktu serta anggaran biaya. Di Sumatera Barat sendiri kebutuhan untuk tempat tinggal serta gedung perkantoran dan fasilitas serta prasarana pembelajaran di saat ini meningkat. Semacam halnya “Pembangunan Gedung Ruang Kelas Madrasah Ibtidaiah Negeri (MIN) Kota Bukittinggi”. Bertujuan untuk peningkatan fasilitas serta prasarana pendidikan. Semua itu seluruhnya diperlukan perencanaan serta pengerjaan bangunan yang harus sesuai standar, aman dan efesien.

Perencanaan struktur dapat didefinisikan selaku kombinasi antara seni dan ilmu pengetahuan yang dikombinasikan dengan intuisi seseorang ahli struktur menimpa perilaku struktur dengan dasar-dasar pengetahuan dalam statika, dinamika, mekanika bahan, dan analisis struktur, buat menciptakan suatu struktur yang murah dan nyaman, sepanjang masa layanannya. (Agus Setiawan,2012)

Dengan pertumbuhan negeri yang lebih maju saat ini buat menghitung serta merancang struktur bangunan bertingkat bisa dilakukan dengan memakai bantuan program SAP2000 yang khusus buat merancangkan struktur bangunan tinggi. Dengan program ini bisa menciptakan perhitungan yang lumayan akurat serta dapat memperkecil efek keruntuhan pada struktur bangunan bertingkat.

Buat merancang struktur bangunan bertingkat, terdapat aspek yang harus dicermati ialah, fungsi gedung, keamanan gedung, ketahanan gedung serta kestabilan gedung. Dalam skripsi ini penulis hendak merancangkan Pembangunan Gedung Ruang Kelas Madrasah Ibtidaiah Negeri (MIN) Kota Bukittinggi . Memakai perhitungan Menurut SNI Gempa 03-1726-2012.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pada rumusan permasalahan penulis mengulas tentang perencanaan struktur bangunan gedung dengan memakai dorongan program SAP2000, yang meliputi :

1. Membuat Perencanaan Pembangunan Gedung Ruang Kelas Madrasah Ibtidaiah (MIN) Kota Bukittinggi dengan perhitungan beban gempa berdasarkan SNI Gempa 03-1726-2012.
2. Gimana ketahanan gedung terhadap beban gempa bersumber SNI 03-1726-2012.
3. Berapa ukuran balok serta kolom yang sanggup menahan beban gempa rencana yang bekerja?

1.3 Batasan Masalah

Buat menciptakan uraian yang sama dalam permasalahan ini hingga dibutuhkan terdapatnya batas-batas sebagai berikut :

1. Menghitung struktur atas perencanaan Pembangunan Gedung Ruang Kelas Madrasah Ibtidaiah Negeri (MIN) Kota Bukittinggi dengan menggunakan SAP 2000.
2. Mendesain dimensi struktur sesuai dengan perhitungan yang sudah penulis lakukan.
3. Menghitung penulangan Balok, Kolom, Pelat.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian perencanaan Pembangunan Gedung Ruang Kelas Madrasah Ibtidaiah Negeri (MIN) Kota Bukittinggi adalah :

1. Menghitung struktur atas pada perencanaan Pembangunan Gedung Ruang Kelas Madrasah Ibtidaiah Negeri (MIN) Kota Bukittinggi dengan memakai SAP 2000.

2. Menghitung pembebanan berupa beban mati, beban hidup, beban gempa, dan beban maksimal pada struktur akan ditinjau.
3. Menghitung penulangan, balok, kolom, pelat.

1.5 Manfaat Penelitian

Khasiat riset Perencanaan Pembangunan Gedung Ruang Kelas Madrasah Ibtidaiyah Negeri (MIN) Kota Bukittinggi adalah :

1. Menambah pengetahuan dibidang perencanaan struktur dan dapat merencanakan struktur bangunan gedung tahan gempa.
2. Bisa merancang struktur bangunan yang nyaman terhadap beba-beban yang bkrja.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penyusunan dipecah atas sebagian bab yang disusun secara sistematis, selaku berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dibahas tentang latar belakang penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan membahas mengenai pengertian umum perhitungan struktur gedung, Defenisi dan Rumus, Pembebanan Struktur, pengertian pondasi, kolom, balok, pelat lantai pada gedung Pembangunan Ruang Kelas Madrasah Ibtidaiyah Negeri (MIN) Kota Bukittinggi.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

pada bab ini menjelaskan tentang lokasi Penelitian, Metode Analisis Data, serta *flowchart* penyusunan skripsi.

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini berisi berbagai perhitungan serta hasil perhitungan.

BAB V PENUTUP

Dalam bab ini berisi mengenai kesimpulan yang didapat dari pembahasan dan saran.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Perencanaan Pembangunan Struktur Gedung Ruang Kelas Madrasah Ibtidaiyah Negeri (MIN) Kota Bukittinggi. Sebagai salah satu fasilitas pendidikan yang harus memiliki ruangan dan fasilitas yang lengkap demi menunjang pendidikan di lingkungan MIN Bukittinggi. Oleh karena itu, diperlukan suatu perencanaan struktur yang tepat dan teliti agar dapat memenuhi kriteria kekuatan (*Streught*), kenyamanan (*Serviceability*), keselamatan (*safety*), dan umur rencana bangunan (*Durability*). Struktur bangunan pada umumnya terdiri dari struktur bawah (*Lower structure*) yaitu struktur bangunan yang berada di bawah permukaan tanah yaitu pondasi dan struktur atas (*Upper structure*) yaitu struktur bangunan yang berada di atas permukaan tanah seperti kolom, balok, pelat dan tangga. Setiap komponen tersebut memiliki fungsi yang berbeda-beda didalam sebuah struktur.

Beban-beban yang bekerja pada struktur seperti beban mati (*dead load*), beban hidup (*live load*), beban gempa (*earth quake*), dan beban angin (*wind load*) menjadi bahan perhitungan awal dalam perencanaan struktur untuk mendapatkan besar dan arah gaya-gaya yang bekerja pada setiap komponen struktur, kemudian dapat dilakukan analisis struktur untuk mengetahui besarnya kapasitas penampang dan tulangan yang dibutuhkan oleh masing-masing struktur (Gideon dan Takim, 1993).

Perencanaan struktur atas harus mengacu pada peraturan atau pedoman standar yang mengatur perencanaan dan pelaksanaan bangunan beton bertulang, yaitu Standar Tata Cara Penghitungan Struktur Beton nomor : SK SNI T-15-1991-03, Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983, Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia untuk Gedung tahun 1983, dan lain-lain (Istimawan, 2008).

2.2 Struktur Atas

2.2.1 Kolom

Kolom menurut SNI 03-2847-2002 komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menyangga beban aksial desak vertikal dengan tinggi minimum tiga kali dimensi terkecil. Apabila rasio bagian tinggi dengan dimensi lateral kecil kurang dari tiga maka disebut pedestal. (Nasution 2009)

A. Pengertian kolom

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka struktur yang memikul beban dari balok. Kolom merupakan suatu elemen struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan.

B. Fungsi kolom

Fungsi kolom adalah 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 hembusan angin.

C. Jenis-jenis kolom

Menurut Wang (1986) dan Ferguson (1986) jenis-jenis kolom ada 3, yaitu :

a. Kolom ikat (*tie column*)

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

b. Kolom spiral (*spiral column*)

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

c. Kolom komposit (*composit column*)

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

d. Penulangan kolom

1. Menentukan nilai statika kolom dengan menggunakan metoda matrik, persamaan tiga momen, atau program SAP 2000.
2. Penulangan kolom
3. Menentukan perbandingan antara aksial (Pu) dan momen (Mu) yang dikenal dengan eksentrisitas kolom

$$e = \frac{Mu}{Pu} \dots\dots\dots(2.4)$$

4. Menentukan ρ_g (perbandingan luas tulangan dan luas beton kolom dan diasumsikan nilainya 1 – 3 %)
5. Kemudian mencari luas tulangan dengan asumsi $\rho = 2 \%$

$$\rho = \rho' = \frac{As}{b.d} = \frac{As'}{b.d} = \rho_g / \text{jumlah sisi penulangan rencana}$$

$$As = \rho . b . d \dots\dots\dots(2.5)$$

6. Pemeriksaan Pu terhadap gaya seimbang

$$cb = \frac{600.d}{600+fy} = \frac{600.d}{600+fy} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$\beta_1 = 0.85 \dots\dots\dots(2.7)$$

$$a_b = \beta_1 . c \dots\dots\dots(2.8)$$

$$es' = \frac{cb - d}{cb} (0.003) \dots\dots\dots(2.9)$$

Bandingkan nilai es' didapat dengan fy/es, kalau nilai es lebih kecil maka fs' = fy/es' namun kalau nilai es lebih besar maka fs' = fy.

Setelah itu cari Aksial bekerja dengan rumus :

$$\phi Pnb = 0.65 (0.85 . fc' . ab . b + As' . fs' . - As . fy) \dots\dots\dots(2.10)$$

Bandingkan nilai yang didapat dengan Pu yang bekerja kalau Pnb besar dari Pu berarti kolom akan mengalami hancur dengan diawali luluhnya tulangan tarik.

Setelah itu lakukan pemeriksaan kekuatan penampang

$$P_n = \frac{A_s' \cdot f_y}{\frac{e}{d - d' + 0.5}} + \frac{b \cdot h \cdot f_c'}{\frac{3he}{d^2} + 1.18} \dots\dots\dots(2.11)$$

- 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

Bandingkan dengan P_u kalau P_n lebih besar dari P_u berarti perhitungan benar.

a. Penentuan Nilai V_c dengan Rumus Sebagai Berikut :

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d \dots\dots\dots(2.12)$$

b. Penentuan Nilai V_n dengan Rumus Sebagai Berikut :

$$V_n = \frac{v_u \cdot V_u}{0,6 \cdot 0,6} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dari Nilai V_n dan V_c yang diperoleh dilakukan perbandingan dengan persyaratan sebagai berikut :

- Apabila $V_n > V_c$ Maka Kolom Perlu Tulangan Geser
- Apabila $V_n < V_c$ Maka Kolom Tidak Perlu Tulangan Geser

c. Penentuan Nilai V_s dengan Rumus sebagai berikut :

$$V_s = V_n - V_c \dots\dots\dots(2.14)$$

Berdasarkan Nilai V_s , V_{s1} dan V_{s2} yang diperoleh maka dicari jarak sengkang (S) dengan rumus sebagai berikut :

$$S = \frac{A_v \cdot F_y \cdot d}{V_s} \dots\dots\dots(2.15)$$

- Dimana :
- A_v = Luasan Diameter Tulangan Asumsi (cm^2)
 - F_y = Mutu Tulangan Asumsi (Kg/cm^2)

1. Balok efektif d = Tinggi Balok Efektif (cm)

Nilai geser yang didapat tidak boleh lebih besar dari

- a. 16 kali diameter tulangan pokok memanjang.
- b. 48 kali diameter tulangan sengkang.
- c. Dimensi terkecil kolom.

2.2.2 Balok

A. Pengertian Balok

Balok adalah struktur yang berfungsi menyalur momen ke struktur kolom. Balok sebagai elemen lentur, yaitu elemen yang memikul gaya dalam berupa momen lentur dan gaya geser

B. Fungsi Balok

Fungsi balok yaitu :

1. Meneruskan beban ke kolom
2. Untuk pengikat kolom
3. Untuk menambah kekuatan lentur pelat lantai
4. Untuk menambah kekuatan horizontal pada struktur

C. Jenis-jenis Balok

1. Balok Sederhana

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

2. Kantilever

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

3. Balok teritisan

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

4. Balok dengan ujung-ujung tetap

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

5. Bentangan tersuspensi

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

6. Balok menerus atau kontinu

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

D. Penulangan Balok

1. Menentukan nilai statika portal dengan menggunakan metoda matrik, persamaan tiga momen atau dengan ETABS pada portal balok.

2. Menentukan ρ_{min} dan ρ_{max} dengan rumus sebagai berikut :

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \dots\dots\dots(2.16)$$

$$\rho_{max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot f'c}{f_y} \cdot 0,85 \cdot \frac{600}{600+f_y} \dots\dots\dots(2.17)$$

3. Menganalisa penulangan balok berdasarkan momen yang diperoleh dari analisa statika balok

4. Menganalisa tulangan tumpuan negatif

$$\frac{\rho'}{\rho} = \frac{M_{positif tumpuan}}{M_{negatif tumpuan}}$$

bila kecil dari 0.5 maka pakai 0.5

5. Menentukan nilai R_n dengan rumus sebagai berikut

$$R_n = \frac{M^-}{\phi \cdot b \cdot d^2} \dots\dots\dots(2.18)$$

Dimana :

- ϕ = 0,8
- b = Lebar (m)
- Mu = Momen (kNm)
- d = Tinggi Efektif (m)

6. Menentukan ρ berdasarkan dari hasil R_n dan dengan persyaratan sebagai berikut :

Apabila ρ pakai $> \rho$ min dan ρ pakai $< \rho$ max maka digunakan ρ pakai

Apabila ρ pakai $< \rho$ min dan ρ pakai $< \rho$ max maka digunakan ρ min

Apabila ρ pakai $> \rho$ min dan ρ pakai $> \rho$ max maka digunakan ρ max

7. Menentukan A_s dan A_s' pada penulangan lapangan dan tumpuan dengan rumus sebagai berikut :

$$A_s = \rho \text{ pakai} \cdot b \cdot d \dots\dots\dots(2.19)$$

$$A_s' = \frac{\rho'}{\rho} \cdot A_s \dots\dots\dots(2.20)$$

8. Menganalisa tulangan tumpuan positif

Menganalisa tulangan tumpuan positif sama dengan tulangan tumpuan negatif hanya saja untuk nilai ρ'/ρ nilainya juga dibalik.

9. Mengambil tulangan lentur

Tulangan lentur yang diambil adalah nilai A_s dan A_s' terbesar dari tulangan tumpuan positif didaerah lapangan nilai A_s dan A_s' tumpuan dibalik.

10. Menghitung luasan penampang

$$A_{smaks} = 0.0319hf[b + bw\left[\frac{0.51(d)}{100} - 1\right] \dots\dots\dots(2.21)$$

11. Menganalisa tulangan geser, penulangan geser berdasarkan nilai geser
12. Menentukan nilai V_u yang terbesar dari analisa Statika
13. Menentukan nilai V_c dengan rumus sebagai berikut

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d \dots\dots\dots(2.22)$$

14. Menentukan nilai V_n dengan Rumus sebagai berikut :

$$V_n = \frac{V_u}{0,6} \dots\dots\dots(2.23)$$

15. Dari nilai V_n dan V_c yang diperoleh dilakukan perbandingan dengan syarat sebagai berikut :

Apabila $V_n > V_c$ maka Balok Memerlukan Tulangan Geser

Apabila $V_n < V_c$ Maka Balok Tidak Memerlukan Tulangan Geser

16. Menentukan nilai V_s dengan rumus sebagai berikut:

$$V_s = V_n - V_c \dots\dots\dots(2.24)$$

17. Berdasarkan nilai V_s , V_{s1} dan V_{s2} yang diperoleh maka dicari jarak sengkang (S) dengan rumus sebagai berikut :

$$S = \frac{A_v \cdot F_y \cdot d}{V_s} \dots\dots\dots(2.25)$$

Dimana :

A_v = Luasan diameter tulangan asumsi (cm^2)

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

d = Tinggi balok efektif (cm)

kontrol tulangan geser adalah :

$d/4$ untuk daerah lapangan dan $d/2$ untuk daerah tumpuan, dimana d = dimensi balok terkecil.

2.2.3 Pelat lantai

A. Pengertian Pelat lantai

Pelat lantai adalah lantai yang tidak terletak diatas tanah langsung, merupakan lantai tingkat pembatas antara tingkat yang satu dengan tingkat yang lain.

B. Fungsi pelat lantai

Fungsi pelat lantai secara umum adalah sebagai berikut :

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

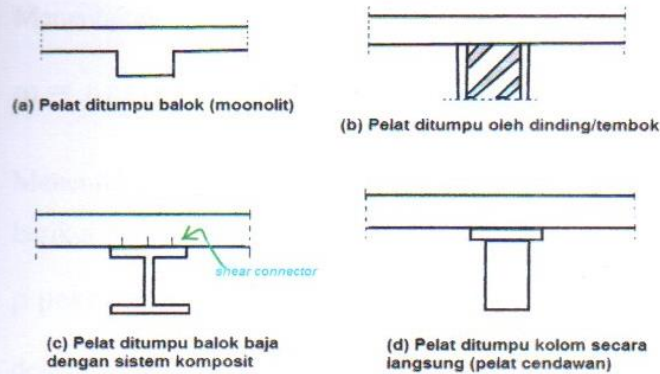
Sedangkan secara spesifik fungsi pelat lantai dari beton dibandingkan pelat lantai bahan kontruksi lainnya adalah :

- i. Mampu menahan beban besar
- ii. Menjadi isolasi suara yang baik
- iii. Tidak dapat terbakar dan lapis kedap air
- iv. Dapat dipasang tegel untuk keindahan lantai
- v. Merupakan bahan yang kuat dan awet, tidak perlu perawatan dan dapat berumur panjang

C. Jenis-jenis pelat lantai

Jenis pelat lantai berdasarkan tumpuannya sebagai berikut :

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



Gambar 2.1 jenis pelat lantai berdasarkan tumpuan

Sumber : SNI 2847:2013

D. Penulangan Pelat Lantai

1. Menentukan bentang Lx dan bentang terpendek dan bentang Ly atau bentang terpanjang.
2. Menentukan ρ min dan ρ max dengan rumus sebagai berikut :

$$\rho \text{ min} = \frac{1,4}{f_y} \dots\dots\dots(2.26)$$

$$\rho \text{ max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot f'c}{f_y} \cdot 0,85 \cdot \frac{600}{600+f_y} \dots\dots\dots(2.27)$$

3. Menentukan pembebanan dari pelat yang direncanakan.
4. Menganalisa statika pelat
5. Menganalisa penulangan pelat lantai berdasarkan momen yang diperoleh dari analisa statika pelat sebagai berikut :
 - a. Menentukan nilai Rn dengan rumus sebagai berikut :

$$R_n = M_u / (\phi \cdot b \cdot d^2) \dots\dots\dots(2.28)$$

Dimana :

$$\phi = 0,8$$

b = Lebar (mm)

Mu = Momen (kNmm)

d = Tinggi Efektif (mm)

b. Menentukan Nilai ω dengan rumus sebagai berikut :

$$\omega = 0,85 \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2,353 \times Rn}{f'c}}\right) \dots\dots\dots(2.29)$$

c. Menentukan ρ pakai dengan rumus dan persyaratan sebagai berikut :

$$\rho \text{ pakai} = \omega \cdot \frac{f'c}{f_y} \dots\dots\dots(2.30)$$

dengan syarat :

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

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

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

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

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

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

2.3 Aplikasi SAP 2000

SAP2000 dikembangkan berdasarkan program SAP1 pada sekitar tahun 1975. Program SAP1 adalah suatu program komputer yang diciptakan oleh Prof. Edward L. Wilson, guru besar University of California, Berkeley, California, USA. Pada tahun 1975, versi komersial dari program tersebut dilansir oleh perusahaan *Computer and Structure Inc.* (CSI) pimpinan Ashraf Habibullah. Sampai sekarang, program tersebut dikenal di dunia sebagai pioner di bidang *software* rekayasa struktur dan kegempaan.

Sebagai *software* yang tumbuh di lingkungan perguruan tinggi, banyak yang mempelajari *source code* program tersebut dan menjadi cikal bakal program analisis struktur serupa lainnya. Saat ini, *software* CSI telah dipakai lebih dari 160 negara dan dipakai untuk perencanaan pada proyek-proyek besar. Seperti Taipei 101 Tower

(Taiwan), *One World Trade Center* (New York), Stadium Birds Nest (Beijing), dan Jembatan Cable-Stayed Centenario yang melintasi Selat Panama.

Pada SAP2000, model yang digunakan dalam analisis dan desain didefinisikan oleh pengguna dengan memanfaatkan *graphical user interface facility* sebagai konsep dasar program berbasis Windows. Model tersebut biasanya dilengkapi dengan fitur-fitur yang mewakili struktur, antara lain:

1. Properti material.
2. Elemen *frame* untuk menunjukkan balok, kolom, dan rangka batang.
3. Elemen *shell* untuk menunjukkan dinding, lantai, dan elemen-elemen yang tipis.
4. *Joints* untuk menunjukkan hubungan antara elemen-elemen.
5. *Restraints* dan *Springs* untuk perletakan titik.
6. Pembebanan, termasuk berat sendiri, gempa, angin dan sebagainya.
7. Setelah menganalisis struktur, maka model juga menampilkan simpangan, gaya-gaya dalam, maupun reaksi-reaksi pada join-join tertentu sesuai dengan pembebanan yang telah ditentukan.

2.3.1 Sistem Koordinat

Semua posisi struktur dalam model merupakan bagian dari suatu sistem dengan tiga sumbu utama yang disebut X, Y, Z dan saling tegak lurus. Dalam pemodelan dan analisis digunakan metode finite element. Sistem ini merupakan sistem tiga dimensi, sesuai dengan aturan tangan kanan dan sistem koordinat kartesian (*rectangular*).

komponen dalam model (joint, elemen *frame*, elemen *shell* dan sebagainya) masing-masing memiliki sistem koordinat lokal dengan sumbu 1, 2 dan 3. Koordinat tersebut digunakan untuk menentukan properti, pembebanan, dan respon untuk komponen tersebut. Dalam mengembangkan model yang dibuat, pengguna dapat menentukan sistem koordinat tambahan. Finite element adalah suatu metode numerik yang memanfaatkan operasi matrik untuk menyelesaikan masalah-masalah fisik. Semakin rumit perilaku fisiknya (karena

kerumitan bentuk geometri, banyaknya interaksi beban, constraint, sifat 6 material, dll) maka semakin sulit atau bahkan mustahil dibangun suatu model matematik yang bisa mewakili permasalahan tersebut. Alternatif metodenya adalah membangun model matematik yang lebih sederhana, dengan cara membagi kasus tadi menjadi bagian-bagian kecil yang sederhana. Kemudian interaksi antar bagian kecil Finite element adalah suatu metode numerik yang memanfaatkan operasi matrik untuk menyelesaikan masalah-masalah fisik. Semakin rumit perilaku fisiknya (karena kerumitan bentuk geometri, banyaknya interaksi beban, constraint, sifat 6 material, dll) maka semakin sulit atau bahkan mustahil dibangun suatu model matematik yang bisa mewakili permasalahan tersebut.

2.3.2 Metode Auto Load

Metode *Auto Load* Metode *auto load* merupakan salah satu metode analisis beban gempa statis pada SAP2000. Dalam penggunaan metode *auto load*, ada beberapa peraturan (*codes*) yang dapat digunakan sebagai acuan. Digunakan IBC 2009 (*International Building Codes* 2009) karena merupakan acuan dari SNI-1726-2012. Ada beberapa parameter yang harus diganti dalam input beban gempa *auto load* pada SAP2000. Parameter tersebut disesuaikan dengan SNI-1726-2012 yaitu S_s , S_1 , kelas situs lokasi bangunan, R , C_d , Ω_0 , I_e dan perioda fundamental struktur.

2.3.3 Metode Response Spectrum

Metode *response spectrum* merupakan salah satu analisis beban gempa dinamis sesuai SNI-1726-2012. Analisis beban gempa *response spectrum* menggunakan *spektrum respons* desain dalam pembebanan gempa. Grafik *response spectrum* merupakan hasil plot nilai tanggapan/respons maksimum terhadap fungsi beban tertentu untuk semua sistem derajat kebebasan tunggal yang memungkinkan. Absis dari grafik tersebut berupa frekuensi (atau perioda/waktu) dan ordinat berupa nilai respons maksimum (Paz,1985).

Dalam SNI-1726-2012 ada beberapa ketentuan yang harus dipenuhi dalam analisis beban gempa *response spectrum*. Dalam Pasal 7.9.1 SNI-1726-2012 disebutkan bahwa jumlah ragam vibrasi (*mode*) yang ditinjau harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respons total (*mass participating ratio*) harus mencapai sekurang-kurangnya 90%. Syarat penjumlahan ragam ditentukan dalam Pasal 7.9.3 SNI-1726-2012. Dalam menentukan penjumlahan respons ragam untuk struktur yang memiliki waktu getar alami yang berdekatan yaitu kurang dari 15% dilakukan dengan metode Kombinasi Kuadratik Lengkap (*Complete Quadratic Combination* atau CQC). Sedangkan untuk struktur yang memiliki waktu getar alami yang berjauhan dilakukan dengan metode Akar Jumlah Kuadrat (*Square Root of the Sum of Squares* atau SRSS). Gambar 2.1 Spektrum Respons Desain Sumber: SNI-1726-2012 Pada SAP2000 analisis *response spectrum* dilakukan dengan input grafik spektrum respons desain. Hal yang harus diperhatikan dalam input pada SAP2000.

2.4 Material

Pada umumnya pada saat sekarang ini terutama untuk gedung, material yang dipakai dalam konstruksi gedung hanya terdiri dari beton dan baja saja.

2.4.1 Beton

A. Pengertian beton

Menurut SNI 2847:2013, beton adalah campuran semen Portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan (*admixture*). Bahan –bahan dasar beton, yaitu :

- 1) Air
- 2) Semen –*Portland*
- 3) Agregat (pasir dan kerikil)

Yang setelah dicampur merata (warnanya seragam) menghasilkan suatu campuran yang plastis (antara cair dan padat) sehingga dapat dituang ke

dalam cetakan, untuk membentuknya menjadi bentuk yang diinginkan setelah menjadi keras / padat (Tjokrodinuljo,1992).

a. Sifat dan Karakteristik Beton

Sifat dan karakteristik beton antara lain sebagai berikut :

1. Beton mempunyai tegangan tekan yang tinggi.
2. Tegangan tarik yang dimiliki oleh beton sangat rendah.
3. Beton juga tidak bisa diterapkan pada konstruksi yang menahan momen lengkung.
4. Jika dipaksakan memikul gaya tarik, beton akan mengalami keretakan.
5. Kekuatan beton dipengaruhi oleh banyaknya air dan semen yang dipakai.
6. Beton akan mencapai kekuatan penuh setelah berumur 28 hari.
7. Beton merupakan material murah yang bisa dimanfaatkan untuk menahan beban tekan.
8. Beton memiliki tingkat kekakuan yang tinggi.
9. Beton mempunyai daya ketahanan yang baik terhadap api.
10. Beton tidak terlalu membutuhkan perawatan yang intensif.
11. Seiring berjalannya waktu, beton akan mengalami pengurangan volume akibat susut.
12. Beton adalah bahan bangunan yang memiliki bobot termasuk sangat berat.
13. Struktur yang terbuat dari beton mampu bertahan hingga mencapai lebih dari 50 tahun.
14. Pada masa perkerasan, beton rentan sekali mengalami keretakan.
15. Tulangan baja yang ditanamkan dalam beton akan meningkatkan kekuatan tariknya.

b. Mutu Beton

Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekanpersatuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasikan mutu dari sebuah

struktur. Semakin tinggi kekuatan struktur dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan (Mulyono, 2004).

Persamaan yang digunakan untuk menentukan nilai kuat tekan beton menurut SNI adalah:

$$f'_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2.31)$$

- Keterangan: f'_c = kuat tekan beton (MPa)
 A = luas bidang desak benda uji (mm^2)
 P = beban tekan (N)

Tabel 2.1 Mutu Beton

Mutu Beton	f'_c	f'_c (kg/cm^2)
15	15	150
20	20	200
25	25	250
Yt 30	30	300
35	35	350

(Sumber: SNI 1726:2012)

2.4.2 Baja Tulangan

A. Pengertian baja tulangan

Baja tulangan merupakan baja yang dipakai dalam konstruksi beton atau yang lebih dikenal konstruksi beton bertulang. Beton kuat terhadap tekan, tetapi lemah terhadap tarik. Oleh karena itu, perlu tulangan untuk menahan gaya tarik.

B. Sifat Fisik Baja Tulangan

Sifat fisik batang tulangan baja yang penting untuk digunakan dalam perhitungan perencanaan beton bertulang adalah tegangan leleh (f_y) dan modulus elastisitas (E_s). Tegangan leleh baja ditentukan melalui prosedur pengujian standar sesuai SII 0136-84. Tegangan leleh adalah tegangan baja pada saat mana meningkatnya tegangan, tidak disertai lagi dengan

peningkatan regangannya. Modulus elastisitas baja ditentukan berdasarkan kemiringan awal kurva tegangan – regangan di daerah elastis. Ketentuan SNI IS-2846-2002 menetapkan nilai $E_s = 200.000 \text{ MPa}$.

Baja tulangan untuk konstruksi beton bertulang ada bermacam macam jenis dan mutu tergantung dari pabrik yang membuatnya.

Ada dua jenis baja tulangan , tulangan polos (*Plain bar*) dan tulangan ulir (*Deformed bar*). Sebagian besar baja tulangan yang ada di Indonesia berupa tulangan polos untuk baja lunak dan tulangan ulir untuk baja keras.

Beton tidak dapat menahan gaya tarik melebihi nilai tertentu tanpa mengalami keretakan. Oleh karena itu, agar beton dapat bekerja dengan baik dalam sistem struktur, beton perlu dibantu dengan memberinya perkuatan penulangan yang berfungsi menahan gaya tarik.

Penulangan beton menggunakan bahan baja yang memiliki sifat teknis yang kuat menahan gaya tarik. Baja beton yang digunakan dapat berupa batang baja lonjoran atau kawat rangkai las (*wire mesh*) yang berupa batang-batang baja yang dianyam dengan teknik pengelasan. Baja beton dikodekan berurutan dengan: huruf BJ, TP dan TD.

1. BJ berarti Baja
2. TP berarti Tulangan Polos
3. TD berarti Tulangan Deformasi (Ulir)

Angka yang terdapat pada kode tulangan menyatakan batas leleh karakteristik yang dijamin. Baja beton BJTP 24 dipasok sebagai baja beton polos, dan bentuk dari baja beton BJTD 40 adalah deform atau dipuntir . Baja beton yang dipakai dalam bangunan harus memenuhi norma persyaratan terhadap metode pengujian dan pemeriksaan untuk bermacam macam mutu baja beton menurut Tabel 2.9.

Tabel 2.2 Mutu baja

Simbol mutu	Tegangan leleh Minimum (kN/ cm ²)	Kekuatan tarik Minimum (kN/ cm ²)	Perpanjangan Minimum (%)
BJTP – 24	24	39	18
BJTP – 30	30	49	14
BJTD – 30	30	49	14
BJTD – 35	35	50	18
BJTD – 40	40	57	16

(Sumber : SNI 1726:2012)

SNI menggunakan simbol BJTP (Baja Tulangan Polos) dan BJTD (Baja Tulangan Ulir). Baja tulangan polos yang tersedia mulai dari mutu BJTP -24 hingga BJTP – 30, dan baja tulangan ulir umumnya dari BJTD – 30 hingga BJTD 40. Angka yang mengikuti simbol ini menyatakan tegangan leleh karakteristik materialnya. Sebagai contoh BJTP – 24 menyatakan baja tulangan polos dengan tegangan leleh material 2400 kg/ cm² (240 MPa).

Secara umum berdasarkan SNI 03-2847-2002 tentang Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung, baja tulangan yang digunakan harus tulangan ulir. Baja polos diperkenankan untuk tulangan spiral atau tendon. Di samping mutu baja beton BJTP 24 dan BJTD 40 seperti yang ditabelkan itu, mutu baja yang lain dapat juga spesial dipesan (misalnya BJTP 30). Tetapi perlu juga diingat, bahwa waktu didapatnya lebih lama dan harganya jauh lebih mahal. Guna menghindari kesalahan pada saat pemasangan, lokasi penyimpanan baja yang spesial dipesan itu perlu dipisahkan dari baja Bj.Tp 24 dan Bj.Td 40 yang umum dipakai.

Sifat-sifat fisik baja beton dapat ditentukan melalui pengujian tarik. Sifat fisik tersebut adalah: kuat tarik (f_y), batas luluh/leleh, regangan pada beban maksimal, modulus elastisitas (konstanta material), (E_s).

1. Tulangan Polos

Baja tulangan ini tersedia dalam beberapa diameter, tetapi karena ketentuan SNI hanya memperkenankan pemakaiannya untuk sengkang dan tulangan spiral, maka pemakaiannya terbatas. Saat ini tulangan polos yang mudah dijumpai adalah hingga diameter 16 mm, dengan panjang 12 m.

SNI menggunakan simbol BJTP (Baja Tulangan Polos) dan BJTD (Baja Tulangan Ulir). Baja tulangan polos yang tersedia mulai dari mutu BJTP -24 hingga BJTP – 30, dan baja tulangan ulir umumnya dari BJTD – 30 hingga BJTD 40. Angka yang mengikuti simbol ini menyatakan tegangan leleh karakteristik materialnya. Sebagai contoh BJTP – 24 menyatakan baja tulangan polos dengan tegangan leleh material 2400 kg/cm^2 (240 MPa).

Secara umum berdasarkan SNI 03-2847-2002 tentang tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung, baja tulangan yang digunakan harus tulangan ulir. Baja polos diperkenankan untuk tulangan spiral atau tendon. Di samping mutu baja beton BJTP 24 dan BJTD 40 seperti yang ditabelkan itu, mutu baja yang lain dapat juga spesial dipesan (misalnya BJTP 30). Tetapi perlu juga diingat, bahwa waktu didapatnya lebih lama dan harganya jauh lebih mahal. Guna menghindari kesalahan pada saat pemasangan, lokasi penyimpanan baja yang spesial dipesan itu perlu dipisahkan dari baja Bj.Tp 24 dan Bj.Td 40 yang umum dipakai.

Sifat-sifat fisik baja beton dapat ditentukan melalui pengujian tarik. Sifat fisik tersebut adalah: kuat tarik (f_y), batas luluh/leleh, regangan pada beban maksimal, modulus elastisitas (konstanta material), (E_s).

2. Tulangan Polos

Baja tulangan ini tersedia dalam beberapa diameter, tetapi karena ketentuan SNI hanya memperkenankan pemakaiannya untuk sengkang dan tulangan spiral, maka pemakaiannya terbatas. Saat ini tulangan polos yang mudah dijumpai adalah hingga diameter 16 mm, dengan panjang 12 m.

Tabel 2.3 Baja Tulangan Polos

Diameter(mm)	Berat (kg / m)	Luas penampang (cm ²)
6	0,222	0,28
8	0,395	0,50
10	0,617	0,79
12	0,888	1,13
16	1,578	2,01

(Sumber : SNI 1726-2012)

Tabel 2.4 Baja Tulangan Ulir

Diameter (mm)	Berat (kg / m)	Keliling (cm)	Luas penampang (cm²)
10	0,617	3,14	0,785
13	1,04	4,08	1,33
16	1,58	5,02	2,01
19	2,23	5,96	2,84
22	2,98	6,91	3,80
25	3,85	7,85	4,91
32	6,31	10,05	8,04
36	7,99	11,30	10,20
40	9,87	12,56	12,60

(Sumber : SNI 1726:2012)

2.5 Pembebanan

Pembebanan dapat terjadi dari beban konstruksi itu sendiri yang di sebut dengan beban mati, dan juga beban orang atau benda benda yang dapat dipindahkan yang bersifat tidak permanen disebut beban hidup, sedangkan yang terjadi akibat gempa disebut beban gempa. Apabila beban beban tersebut terjadi secara bersamaan maka akan ditemukan kombinasi pembebanannya.

2.5.1 Beban Mati (*Dead Load*)

Menurut SNI 2013 Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran.

Berat sendiri dari bahan-bahan bangunan gedung yang harus ditinjau dalam menentukan beban mati suatu gedung harus diambil dari tabel berat sendiri bahan bangunan dan komponen gedung berdasarkan (Pedoman Perencanaan Pembebanan Rumah dan Gedung atau PPPURG 1987).

Tabel 2.5 Berat sendiri bahan bangunan

Bahan Bangunan	Kg/m ³
Baja	7850
Batu alam	2600
Batu belah, batu bulat, batu gunung	1500
Batu karang	700
Batu pecah	1450
Besi tuang	7250
Beton	2200
Beton bertulang	2400
Kayu	1000
Kerikil, Korol	1650
Pasangan bata merah	1700
Pasangan batu belah	2200
Pasangan batu cetak	2200
Pasangan batu karang	1450
Pasir (kering udara sampai lembab)	1600
Pasir (jenuh air)	1800
Pasir kerikil, korol	1850
Tanah, lempung, lanau (kering udara sampai lembab)	1700
Tanah, lempung, lanau (basah)	2000
Timah hitam	11400

(Sumber : PPPURG 1987)

Tabel 2.6 Berat Komponen Bangunan

Komponen Gedung	Kg/m ²
Adukan per cm tebal:	
- dari semen	21
- dari kapur semen merah atau tras	17
Aspal per cm tebal	14
Dinding pasangan bata merah	
- satu batu	450
- setengah batu	250
Dinding pasangan batako	
Berlubang:	
- 20cm	200
- 10cm	120
Tanpa lubang	
- 15	300
- 10	200

Tabel 2.13 Lanjutan	
Langit-langit dan dinding terdiri dari:	
- semen asbes	11
- kaca 3-5mm	10
Lantai kayu sederhana dengan balok kayu tanpa langit-langit bentang maksimum 5m beban hidup 200kg/m ²	40
Penggantung langit-langit dari kayu	7
Penutup atap genting dengan reng dan usuk	50
Penutup atas sirap	40
Penutup atap seng gelombang	10
Penutup lantai dari ubin	24
Semen asbes gelombang	11

(Sumber :PPPURG 1987)

2.5.2 Beban Hidup (*Live Load*)

Beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati. Terdapat dalam tabel sebagai berikut 2.7 :

Tabel 2.7 Beban Hidup pada Lantai Gedung

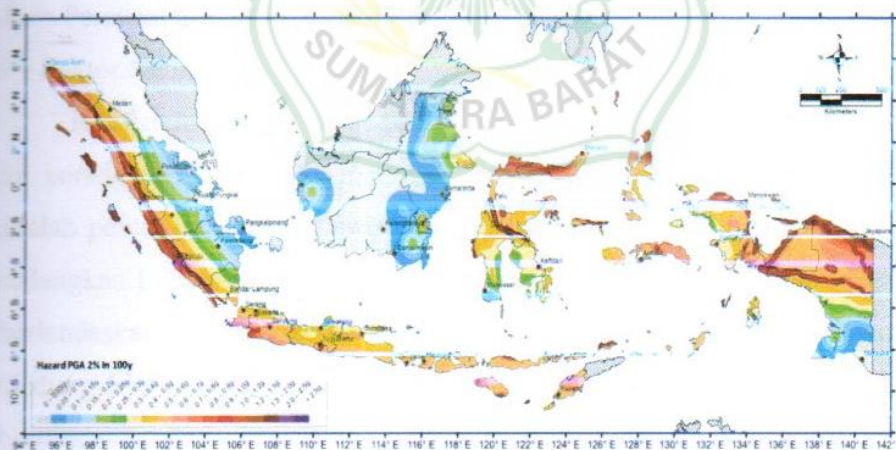
JENIS	Kg/m ²
Lantai dan tangga rumah tinggal	200
Lantai dan tangga sederhana rumah tinggal dan gudang yang tidak penting yang bukan untuk took, pabrik atau bengkel	125
Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, toserba, restoran, hotel, rumah sakit	250
Lantai ruang olahraga	400
Lantai ruang dansa	500
Lantai dan balkon dalam dari ruang-ruang untuk pertemuan yang lain, daripada yang disebut dalam a sampai e, seperti masjid, gereja, ruang pagelaran, ruang rapat, bioskop dan panggung penonton	400
Panggung penonton dengan tempat duduk tidak tetap atau untuk penonton berdiri	500
Tangga, bordes tangga dan gang yang disebut dalam c	300

Tangga, bordes tangga dan gang yang disebut dalam d,e,g	500
Lantai untuk pabrik, bengkel, gudang, perpustakaan, ruang arsip, toko buku, toko besi, ruang alat-alat dan ruang mesin, harus diencanakan terhadap beban hidup yang ditentukan sendiri	400
Balok-balok yang menjorok bebas keluar harus direncanakan terhadap beban hidup dari lantai ruang yang berbatasan, dengan minimum	300

(Sumber :PPIUG 1983)

2.5.3 Beban Gempa

Beban gempa ialah semua beban statik ekivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari pergerakan tanah akibat gempa itu. Dalam hal pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan berdasarkan suatu analisis dinamik, maka yang diartikan dengan beban gempa di sini adalah gaya-gaya di dalam struktur tersebut yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa itu adalah semua beban statik ekivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa (Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung atau *PPUIUG 1983*).



Gambar 2.2 Zona Gempa Pada Wilayah Sumatera

(Sumber: zona wilayah gempa SNI 1726:2017)

a. Waktu Getar Alami

Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental dari struktur gedung harus dibatasi yang bergantung pada koefisien (ζ) untuk wilayah gempa tempat struktur gedung berada dan jumlah tingkatnya (n) menurut persamaan:

$$T = 0,06 \times (H)^{3/4} \dots\dots\dots(2.32)$$

Dimana:

H = Jumlah tingkat gedung

b. Faktor Respon Gempa

Untuk menentukan harga Faktor Respon Gempa (C), dapat dihitung menurut persamaan :

$$C = \psi \times A_0 \times I \dots\dots\dots(2.33)$$

Dimana :

C = Faktor Respon Gempa

Ψ = Koefisien untuk menghitung faktor respons gempa vertikal C

A_0 = Percepatan Puncak Muka Tanah

I = Faktor Keutamaan gedung

Koefisien ψ bergantung pada Wilayah Gempa tempat struktur gedung itu berada dan ditetapkan menurut Peta wilayah gempa Indonesia, dan A_0 adalah percepatan puncak muka tanah yang dapat dilihat menggunakan tabel, sedangkan I adalah Faktor Keutamaan gedung juga menggunakan tabel yang berlandaskan kepada Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Gedung SNI – 1726 : 2012, dan jenis tanah tempat struktur bangunan itu berdiri.

Untuk menentukan jenis tanah menggunakan Tabel Percepatan Puncak Batuan Dasar dan Percepatan Puncak Muka Tanah (A_0) untuk masing-masing Wilayah Gempa Indonesia. Dapat dilihat dari tabel 2.15 berikut :

Tabel 2.8 Koefesien (ψ)

Wilayah Gempa	Koefesien (ψ)
1	0,5
2	0,5
3	0,5
4	0,6
5	0,7
6	0,8

(Sumber :SNI 1726 : 2012)

Tabel 2.9 Percepatan Puncak Muka Tanah (A_0)

Wilayah Gempa	Percepatan Puncak Batuan Dasar	Percepatan Puncak Muka Tanah A_0			
		Tanah Keras	Tanah Sedang	Tanah Lunak	Tanah Khusus
1	0,03	0,04	0,05	0,08	Diperlukan Ekuivalen Khusus di Setiap Lokasi
2	0,10	0,12	0,15	0,20	
3	0,15	0,18	0,23	0,30	
4	0,20	0,24	0,28	0,34	
5	0,25	0,28	0,32	0,36	
6	0,30	0,33	0,36	0,38	

(Sumber : SNI 1726 : 2012)

c. Faktor Keutamaan Gedung

Tingkat kepentingan sesuatu struktur terhadap bahaya gempa dapat berbeda-beda tergantung pada fungsinya. Faktor keutamaan (I) dipakai untuk memperbesar beban gempa rencana agar struktur mampu memikul beban gempa dengan periode ulang yang lebih panjang atau dengan kata lain dengan tingkat kerusakan yang lebih kecil. Faktor untuk berbagai jenis gedung harus di ambil berdasarkan tabel 2.17 berikut :

Tabel 2.10 Faktor Keutamaan Gedung (I)

Kategori Gedung	Faktor Keutamaan		
	I ₁	I ₂	I ₃
Gedung umum seperti untuk penghunian, perniagaan dan perkantoran	1,0	1,0	1,0
Monumen dan bangunan monumental	1,0	1,6	1,6
Bangunan penting pasca gempa seperti rumah sakit, instalasi air bersih, pembangkit tenaga listrik, pusat penyelamatan dalam keadaan darurat, fasilitas radio dan televisi	1,4	1,0	1,4
Gedung untuk menyimpan bahan berbahaya seperti gas, produk minyak bumi, asam, bahan beracun	1,6	1,0	1,6
Cerobong tangki di atas menara	1,5	1,0	1,5

(Sumber : SNI 1726: 2012)

d. Faktor Reduksi

Dalam Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG) 1983 diatur mengenai nilai Faktor Reduksi (R) beban hidup yang digunakan sebagai Sumber Massa Gempa dapat ditentukan melalui tabel sebagai berikut :

Tabel 2.11 Faktor Reduksi Beban Hidup Untuk Peninjauan Gempa

Penggunaan Gedung	Koefesien	
	Perencanaan Portal	Peninjauan Gempa
Perumahan/Penghunian: - Rumah tempat tinggal - Asrama - Hotel - Rumah Sakit	0,75	0,3
Pendidikan: - Sekolah - Ruang Kuliah	0,90	0,5
Pendidikan: - Kantor - Bank	0,60	0,30
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: - Garasi - 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)

e. Kombinasi Pembebanan

Struktur dapat dijamin keamanannya dengan cara memberikan kapasitas kekuatan atau kuat rencana yang lebih besar dari kuat perlu. Kekuatan suatu komponen struktur yang diperlukan untuk muatan beban terfaktor dengan berbagai kombinasi pembebanan efek beban disebut dengan kuat perlu. (Wahyudi dan Rahim, 1999)

Kuat perlu (U) dari suatu struktur harus dihitung dengan beberapa kombinasi beban yang mungkin bekerja pada struktur tersebut. Menurut pasal 3.2.2 SK-SNI-T-15-2012-03.

- 1) Kuat perlu U yang menahan beban mati D dan beban hidup L paling tidak harus sama dengan

$$U = 1,2 D + 1,6 L \dots\dots\dots(2.34)$$

Bila ketahanan struktur terhadap beban angin W harus diperhitungkan dalam perencanaan, maka pengaruh kombinasi beban D, L, W berikut harus dipilih untuk menentukan nilai U sebesar

$$U = 0,75 (1,2 + 1,6 + 1,6) \dots\dots\dots(2.35)$$

Dengan beban hidup yang kosong, harus pula diperhitungkan untuk mengantisipasi kondisi yang paling berbahaya, sehingga:

$$U = 0,9 D + 1,3 \dots\dots\dots(2.36)$$

Bila ketahanan struktur terhadap beban gempa E turut pula diperhitungkan

$$U = 1,05 (D + L_r \pm E) \dots\dots\dots(2.36)$$

Dimana :

L_r = beban hidup yang telah direduksi atau

$$U = 0,9 (D \pm E) \dots\dots\dots(2.37)$$

- 2) Bila tekanan horizontal tanah H turut diperhitungkan, kuat perlu minimum U harus sama dengan,

$$U = 1,2 D + 1,6 L + 1,6 H \dots\dots\dots(2.38)$$

Untuk keadaan yang berpengaruh D dan L mengurangi efek dari H, nilai maximum U ditentukan sebagai,

$$U = 0,9 D + 1,6 H \dots\dots\dots(2.39)$$

- 3) Bila pengaruh struktural T seperti akibat beban penurunan, rangkai, susut, atau pembebanan suhu yang cukup menentukan dalam perencanaan, maka kekuatan yang diperlukan U minimum harus sama dengan :

$$U = 0,75 (1,2 D + 1,6 T + 1,6 L) \dots\dots\dots(2.40)$$

Dengan nilai U harus lebih besar dari,

$$U = 1,2 (D + T) \dots\dots\dots(2.41)$$

- 4) Pembebanan Struktur

$$\phi . P_{nmaks} = 0,80 . \phi [0,85 . f'c (A_g - A_{st}) + f_y . A_{st}] \dots\dots\dots(2.42)$$

dimana :

A_g = Luas bruto penampang kolom

A_{st} = Luas tulangan memanjang kolom

ϕ = Faktor reduksi 0,65 (untuk tulangan kolom dengan tulangan sengkang) dan 0,70.

Bila ketahanan terhadap pengaruh kejut diperhitungkan dalam perencanaan maka pengaruh tersebut harus disertakan pada perhitungan beban hidup L.

5) Perancangan Tulangan Struktur

Untuk menentukan luas tulangan yang harus disediakan, berikut :

a) Menghitung $\rho = M_u / P_u$

b) Memilih diagram yang sesuai

Dengan harga k_1 dan k_2 dari diagram tersebut akan didapatkan harga ρ , sehingga luas tulangan akan diperoleh yaitu

$$A_s = \rho \cdot b \cdot h \dots \dots \dots (2.43)$$

$A_s = A_c$: Luas penampang beton

ρ = rasio penulangan

B = Lebar penampang melintang kolom, mm

H = Tinggi penampang melintang kolom, mm

6) Menetapkan ukuran dan jumlah tulangan yang digunakan.

a) Kontrol Kekuatan Biaksial

Beberapa metoda untuk menganalisis kolom lentur biaksial

- Metoda beban berlawanan dari Bresler :

$$1/P_n = 1/P_x + 1/P_y - 1/P_o \dots \dots \dots (2.44)$$

$$\phi \cdot P_n > P_u$$

Dimana:

P_x = Gaya aksial yang terjadi akibat e_y

P_y = Gaya aksial yang terjadi akibat e_x

P_o = Gaya aksial nominal kolom.

b) Penulangan Gaya Geser

Tulangan geser mempunyai tiga fungsi utama yaitu :

(1) Memiliki sebagian besar gaya geser yang bekerja.

(2) Melawan retak miring dan ikut menjaga terpeliharanya lekatan antar agregat.

(3) Mengikat batang tulangan memanjang agar tetap berada pada tempatnya.

Dalam SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.4.1, dinyatakan bahwa komponen struktur yang menerima gaya geser harus direncanakan menurut / sesuai ketentuan sebagai berikut :

$$V_u = \phi \cdot V_n \dots\dots\dots(2.45)$$

$$V_n = V_c + V_s \dots\dots\dots(2.45)$$

V_u = Gaya geser terfaktor pada penampang yang ditinjau

$$V_n = C \cdot (q \text{ rancang} \cdot \frac{1}{2} l_a) \dots\dots\dots(2.46)$$

dimana :

C = Koefisien sebesar 0,5 untuk pelat dalam keadaan dua tumpuan terjepit dan dua tumpuan bebas, juga untuk pelat dalam keadaan tumpuan sekelilingnya terjepit penuh. Koefisien sebesar 0,67 untuk pelat dalam keadaan tiga tumpuan terjepit dan satu tumpuan bebas.

V_n = Gaya geser nominal

V_c = gaya geser nominal beton

V_s = Gaya geser nominal tulangan geser

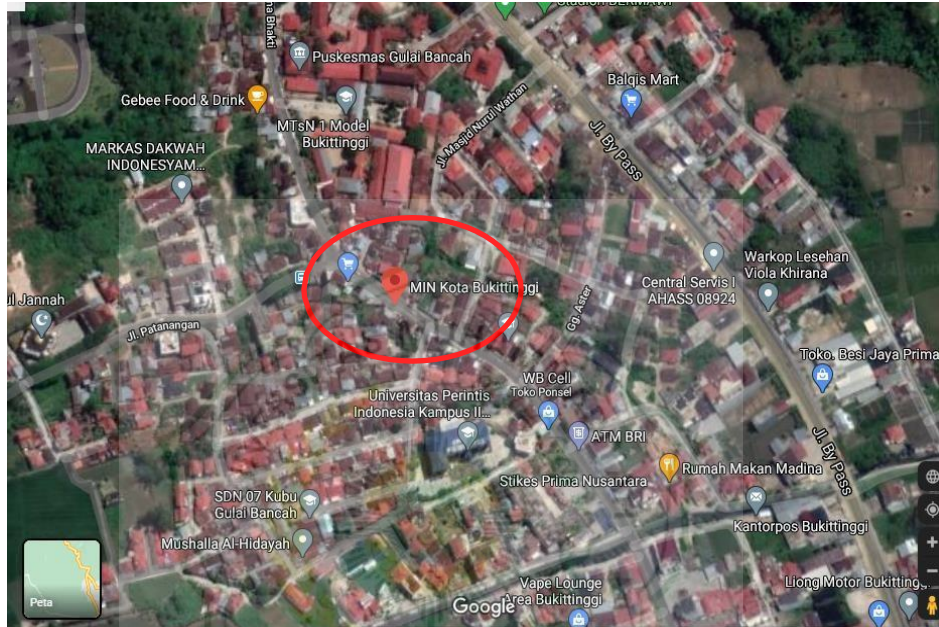
Φ = Untuk geser dan torsi diambil sebesar 0,6

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Posisi dari Perencanaan Pembangunan Gedung Ruang Kelas Madrasah Ibtidaiyah Negeri (MIN) Kota Bukittinggi.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian
Sumber: Google Maps (17Maret 2021)

3.2 Data Penelitian

3.2.1 Jenis dan Sumber Data

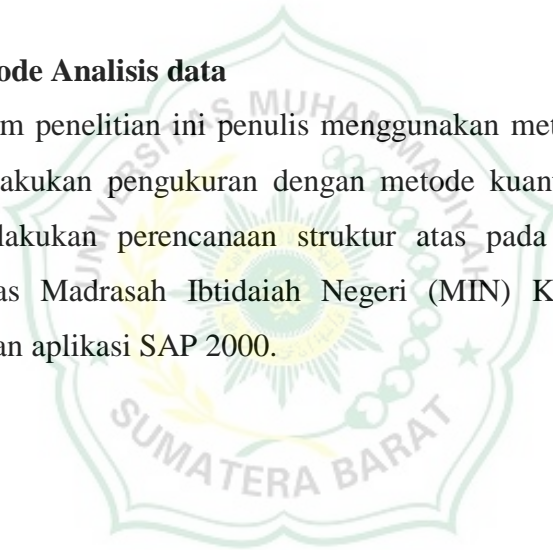
Data penelitian yang digunakan pada Perencanaan Pembangunan Gedung Ruang Kelas Madrasah Ibtidaiyah Negeri (MIN) Kota Bukittinggi ini adalah sebagai berikut :

- a. Nama Pekerjaan : Pembangunan Gedung Ruang Kelas Madrasah Ibtidaiyah Negeri (MIN) Kota Bukittinggi.
- b. Lokasi : Jln. Kusuma Bakti Gulai Banchah
- c. Luas Lahan : 325,5 m²

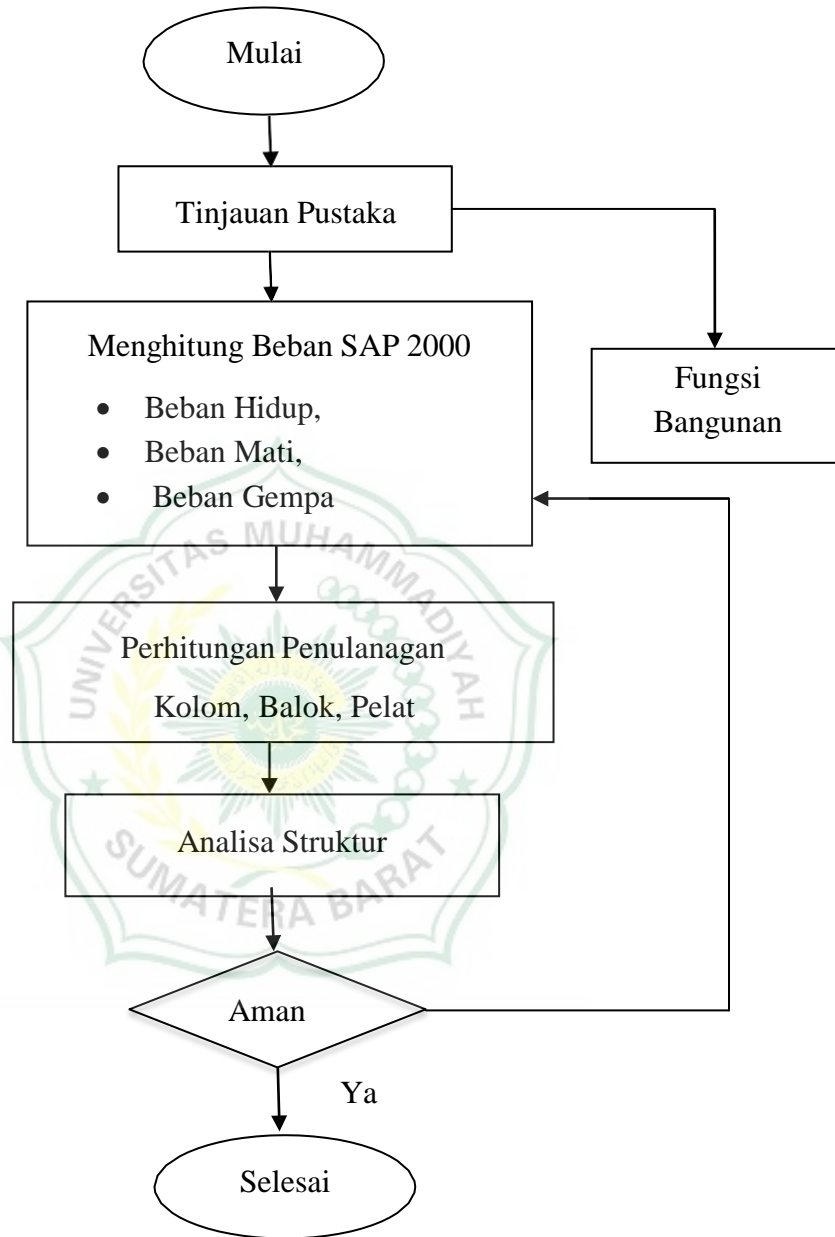
- d. Luas Bangunan : $256,5 \times 2 = 513 \text{ m}^2$
- e. Jumlah Lantai : 2 Lantai
- f. Luas lantai : Lantai 1 = $256,5 \text{ m}^2$
Lantai 2 = $256,5 \text{ m}^2$
- g. Luas Lantai Keseluruhan : 513 m^2
- h. Penutup Atap : Atap Genteng
- i. Mutu Beton : K-250, $f_c' = 20,75 \text{ Mpa}$
- j. Mutu Besi : 1. Besi Ulir (D) U-19, $f_y = 190 \text{ Mpa}$
2. Besi Polos (D) U-12, $f_y = 120 \text{ Mpa}$
- k. Kegunaan Bangunan : Ruang kelas

3.2.2 Metode Analisis data

Dalam penelitian ini penulis menggunakan metode kuantitatif, dimana penulis melakukan pengukuran dengan metode kuantitatif. Pada saat survey penulis melakukan perencanaan struktur atas pada Pembangunan Gedung Ruang Kelas Madrasah Ibtidaiyah Negeri (MIN) Kota Bukittinggi dengan menggunakan aplikasi SAP 2000.



3.3 Bagan Alir Perencanaan



Gambar 3.2 Bagan Alir Perencanaan

BAB IV

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Preliminari Desain Penampang

4.1.1. Balok

1. Balok induk lantai 2

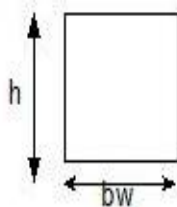
Data – data:

Tabel 4.1 Data Prelim Balok

No.	Input Data	Simbol	Panjang	Satuan
1	Panjang Balok	L1	3500	mm
		L2	1500	mm
	Balok Terpanjang	Lpj	3500	mm
	Balok Terpendek	Lpd	1500	mm
2	Tinggi Kolom	H1	4000	mm
		H2	0	mm
3	Mutu Beton	K	250	Kg/cm ²
4	Mutu Baja	f_y	240	MPa

(Sumber: Data Prelim Balok)

Untuk keseragaman dimensi balok pada seluruh kontruksi, maka perencanaanya didasari pada balok yang memiliki harga ketebalan terbesar.



Gambar 4.1 Dimensi Balok
(Sumber : google Image :Balok)

a. Tinggi balok

Berdasarkan SNI (2847:2013) (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 :

Tabel 4.2 Tabel Minimum h

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 $(0,4 + f_y/700)$.

(Sumber: SNI Desain Balok)

*

Balok induk :

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

$$h > 250 \text{ mm} \quad \text{Nilai ini berlaku untuk } f_y = 420 \text{ Mpa}$$

untuk f_y selain 420 Mpa, maka :

$$h > L_{pj}/16(0,4+f_y/400) \dots\dots\dots(4.1)$$

$$h > 162,5 \text{ mm}$$

maka di ambil nilai $h = 350 \text{ mm}$

b. Lebar Badan Balok (bw)

*

Balok induk :

$$1/2 h < bw < 2/3 \dots\dots\dots(4.2)$$

$$\text{dimana, } 1/2 h = 175$$

$$2/3 h = 233,333333$$

$$175 < bw < 233,3333$$

maka, $bw = 250$

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 $A_g.F_c'/10$
2. Bentang bersih untuk komponen struktur, L_n tidak boleh kurang dari 4 kali tinggi efektif

$$L_n \geq 4d \dots\dots\dots(4.3)$$

$$5250 \geq 1440 \dots\dots\dots\text{ok !!}$$

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

- a. $b_w / h \geq 0,3 \dots\dots\dots(4.4)$

$$0,625 \geq 0,3 \dots\dots\dots\text{ok !!}$$

- b. $b_w \geq 250 \text{ mm} \dots\dots\dots(4.5)$

$$250 \geq 250 \dots\dots\dots\text{ok !!}$$

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

$$b_w \leq 2.c_2 \dots\dots\dots(4.6)$$

$$250 \leq 800 \dots\dots\dots\text{ok !!}$$

$$b_w \leq c_2 + 3/4 c_1 \dots\dots\dots(4.7)$$

$$250 \leq 700 \dots\dots\dots\text{ok !!}$$

Maka dimensi balok yang digunakan dalam permodelan adalah:

Balok induk lantai 2 : (350mm x 250mm)

Tabel 4.3 Data Prelim Balok

No.	Input Data	Simbol	Panjang	Satuan
1	Panjang Balok	L1	3500	mm
		L2	1500	mm
	Balok Terpnjang	Lpj	3500	mm
		Lpd	1500	mm
2	Tingi Kolom	H1	3600	mm
		H2	0	mm
3	Mutu Beton	K	250	Kg/cm ²
4	Mutu Baja	fy	400	MPa

(Sumber: Data Prelim Balok)

2. Balok anak lantai 2

a. 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 :

* Balok anak :

$$h > L_{pj} / 16 \dots\dots\dots(4.8)$$

$$h > 250 \text{ mm} \text{ (Nilai ini berlaku untuk } F_y = 420 \text{ Mpa)}$$

untuk fy selain 420 Mpa, maka :

$$h > L_{pj}/16(0.4+f_y/400)$$

$$h > 185,7143 \text{ mm}$$

maka di ambil nilai h = 300 mm

b. Lebar Badan Balok (bw)

* Balok anak :

$$1/2 h < bw < 2/3 \dots\dots\dots(4.9)$$

dimana, $1/2 h = 200$

$$2/3 h = 250$$

$$200 < bw < 250$$

maka, bw = 250

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 $A_g.F_c'/10$.
2. Bentang bersih untuk komponen struktur, L_n tidak boleh kurang dari 4 kali tinggi efektif.

$$L_n \geq 4d \dots\dots\dots(4.10)$$

$$5250 \geq 1440 \dots\dots\dots\text{ok !!}$$

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

- a. $b_w / h \geq 0,3 \dots\dots\dots(4.11)$

$$0,833 \geq 0,3 \dots\dots\dots\text{ok !!}$$

- b. $b_w \geq 250 \text{ mm} \dots\dots\dots(4.12)$

$$250 \geq 250 \dots\dots\dots\text{ok !!}$$

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

$$b_w \leq 2.c_2 \dots\dots\dots(4.13)$$

$$250 \leq 800 \dots\dots\dots\text{ok !!}$$

$$b_w \leq c_2 + 3/4 c_1 \dots\dots\dots(4.14)$$

$$250 \leq 700 \dots\dots\dots\text{ok !!}$$

Maka dimensi balok yang digunakan dalam permodelan adalah

Balok Anak Lantai 2 : (300mm x 250mm)

4.1.2. Kolom

1. Kolom Lantai 2

Keterangan :

Dimensi balok	=	0,3	m
	=	0,25	m
Panjang Balok	=	3,26	m
Dimensi kolom	=	0,4	m
	=	0,4	m
Tinggi Kolom	=	3,6	m

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 ²)	(kg/m)	(kg)	PemBebanan
● MATI										
a. Beban Balok B1		0.3	0.25	3.26		2400			586.80	
b. Beban Balok B2		0	0	0		2400			0.00	
c. Beban Balok B3		0	0	0		2400			0.00	
d. Spesi	0.02				11.05		21		464.10	
e. MEP					11.05		30		331.50	
f. Plafon					11.05		20		221.00	
g. Beban Dak Beton	0.12				11.05	2400			3182.40	
										5742.96
● HIDUP										
a. Beban hidup					11.05		100		1105.00	
b. Beban hujan					11.05		40		442.00	
									2475.2	
TOTAL									6332.80	8218.16
LUAS KOLOM RENCANA									0.16	0.16

(Sumber: Prelim Kolom Lantai 2)

Maka diperoleh :

Tabel 4.5 Tabel Kontrol Kolom Lantai 2

Gaya Berat (V)		8218.16	kg
Luas Rencana Kolom (A)		160000	mm ²
f'_c	K	250.000	kg/cm ²
	K	2.500	kg/mm ²
	S	2.075	kg/mm ²

(Sumber: Prelim Kolom Lantai 2)

$$\text{Gaya Berat/Luas} \quad V/A \leq f'_c \dots\dots\dots(4.15)$$

$$0,47705 \leq 0,6225 \text{ OKE !!}$$

2. Kolom Lantai 1

Keterangan :

Tebal pelat	=	0,12	m
Luas Pelat	=	11,05	m
Dimensi balok	=	0,3	m
	=	0,25	m
Panjang Balok	=	3,26	m
Dimensi kolom	=	0,25	m
	=	0,35	m
Tinggi Kolom	=	3,6	m

Tabel 4.6 Tabel Prelim Kolom Lantai 1

Jenis Beban	Tebal (m)	tinggi (m)	lebar (m)	panjang (m)	Luas (m ²)	Beban			Berat (kg)	Kombinasi PemBebanan
						(kg/m ²)	(kg/m)			
●MATI										
a. Beban Plat	0.12				11.05	2400			3182.40	
b. Beban Balok B1		0.3	0.25	3.26		2400			586.80	
c. Beban Balok B2		0	0	0		2400			0.00	
d. Beban Balok B3		0	0	0		2400			0.00	
e. Beban Kolom		0.4	0.4	3.6		2400			1382.40	
f. Beban Spesi					11.05		21		464.10	
g. Plafon					11.05		20		221.00	
h. Beban Dinding		3.3		21.6			250		17820.00	
i. MEP					11.05		30		331.50	
j. Berat Keramik					11.05		24		265.20	
										29104.08
●HIDUP										
a. Beban Orang					11.05		250		2762.50	
									4420	
TOTAL									27015.9	33524.08
LUAS KOLOM RENCANA									0.0875	0.0875

h _____

(Sumber: Prelim Kolom Lantai 1)

Maka diperoleh :

Tabel 4.6 Tabel Kontrol Kolom Lantai 1

Gaya Berat (V)		41742.24	kg
Luas Rencana Kolom (A)		87500	mm ²
fc'	K	250.000	kg/cm ²
	K	2.500	kg/mm ²
	S	2.075	kg/mm ²

(Sumber: Prelim Kolom Lantai 1)

$$\text{Gaya Berat/Luas} \quad V/A \leq f_c' \dots\dots\dots(4.16)$$

$$0,47705 \quad \leq \quad 0,6225 \text{ OKE !!}$$

Dari hasil perhitungan di atas maka diperoleh ukuran kolom :

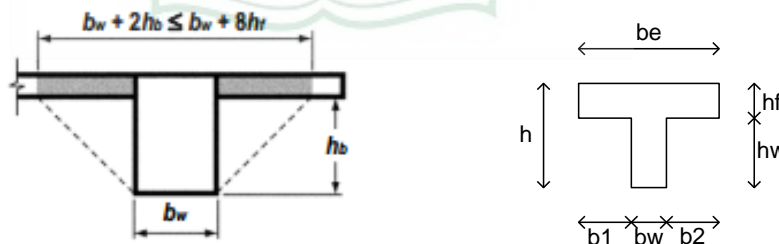
1. Kolom lantai 1 40cm x 40cm
2. Kolom lantai 2 40cm x 40cm

4.1.3. Plat Lantai

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.

$b_w = 0,25 \text{ m}$ Panjang Balok L1 3500 mm
 L2 3000 mm
 $b_w = 250 \text{ mm}$ Lpj 1500 mm
 Lpd 3500 mm
 diambil, $h_f = 120 \text{ mm}$, $f_y = 240 \text{ Mpa}$

1. Perencanaan Dimensi Pelat Balok
 - a. Untuk balok yang berada di tengah konstruksi



Gambar 4.2 Dimensi Pelat
 (Sumber : google Image Pelat)

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 $hw < 4hf$, maka $b1=b2=hw$
2. Untuk $hw > 4hf$, maka $b1=b2=4hf$ (4.17)

$$\begin{aligned}
 * \quad hw &= h - hf \\
 &= 350 - 120 \\
 &= 230 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$* \quad b1 = hw \quad ; \quad b1 = 230 \text{ mm}$$

$$* \quad b2 = b1 \quad ; \quad b2 = 230 \text{ mm}$$

$$* \quad be = bw + b1 + b2 \quad \dots \text{sesuai aturan 1}$$

$$be = 710 \text{ mm}$$

Cek :

* Panjang bentang bersih balok adalah :

$$Ln = L_{balok} - bw$$

$$Ln = 3250 \text{ mm}$$

$$Ln = 3,25 \text{ m}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 butir 8.12.2 halaman 63 :

$$* \quad be < 1/4 L_{pj} \quad ; \quad 1/4 L_{pj} = 875 \text{ mm}$$

$$710 < 875 \text{ mm} \quad \text{OK !!}$$

$$* \quad b1, b2 < 8hf \quad ; \quad 8hf = 960 \text{ mm}$$

$$230 < 960 \text{ mm} \quad \text{OK !!}$$

$$* \quad b1, b2 < 1/2 Ln \quad ; \quad 1/2 Ln = 1625 \text{ mm}$$

$$230 < 1625 \text{ mm} \quad \text{OK !!}$$

b. Untuk balok yang berada di tepi konstruksi



Gambar 4.3 Plat Tepi Konstruksi
(Sumber : google Image Plat)

Berdasarkan SNI 2847 2013 butir 8.12.3 halaman 63 :(4.18)

$$be1 = bw + b1 = 480 \text{ mm}$$

$$hw = h - hf = 230 \text{ mm}$$

Cek :

Berdasarkan SNI 2847 2013 butir 8.12.3 halaman 63 :(4.19)

$$hw < 1/12 Lpj \quad ; \quad 1/12 Lpj = 291,67 \text{ mm}$$

$$230 < 291,67 \text{ mm} \quad \text{OK !!}$$

$$hw < 6 hf \quad ; \quad 6 hf = 720 \text{ mm}$$

$$230 < 720 \text{ mm} \quad \text{OK !!}$$

$$hw < 1/2 Ln \quad ; \quad 1/2 Ln = 1625 \text{ mm}$$

$$230 < 1625 \text{ mm} \quad \text{OK !!}$$

2. Cek Tebal Plat Pembebanan

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

$$hf = \frac{ln \cdot (0.8 + (fy: 1400))}{36 + 5 \cdot \beta \cdot (cm - 0.2)}$$

Jika, $\alpha m < 2$, maka ; $hf \geq 125 \text{ mm}$

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

Jika, $\alpha m > 2$, maka ; $hf \geq 90 \text{ mm}$ (4.20)

Keterangan :

Ln = Panjang bentang bersih (mm), untuk sisi plat dan balok, Ln adalah jarak dari sisi ke sisi balok

Hf = panjang bentang terpanjang dikurang dengan lebar balok

β = perbandingan antara bentang bersih dari sisi terpanjang dengan bentang bersih terpendek

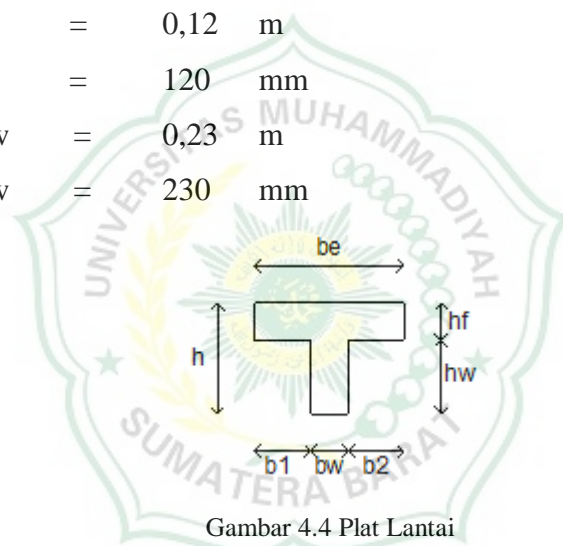
α_m = nilai rata-rata dari kekakuan balok

$\alpha = \frac{I_{bp}}{I_p}$; dimana: I_{bp} = inersia balok
 I_p = inersia pelat

a. Menentukan momen inersia balok plat (I_{bp})

Untuk balok yang berada di tengah konstruksi

- * $b_e = 0,71 \text{ m}$
- $b_e = 710 \text{ mm}$
- * $h_f = 0,12 \text{ m}$
- $h_f = 120 \text{ mm}$
- * $h_w = 0,23 \text{ m}$
- $h_w = 230 \text{ mm}$



Gambar 4.4 Plat Lantai
 (Sumber : google Image Plat Lantai)

$$A_1 = h_w \cdot b_w = 57500 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = h_f \cdot b_e = 85200 \text{ mm}^2$$

Titik Berat

$$A_1 \cdot \frac{1}{2} \cdot h_w = 6612500 \text{a}$$

$$A_2 \cdot (h_f/2 + h_w) = 24708000 \text{b}$$

$$A_1 + A_2 = 142700 \text{c}$$

$$\text{Jadi, } y = (a+b)/c = 219,4849 \text{ mm}$$

$$0,219485 \text{ m}$$

$$I_{x1} = (1/12 \cdot b_w \cdot h_w^3) = 253479166,7 \text{ mm}^4$$

$$\begin{aligned}
y_1 &= 1/2.hw &= & 115 & \text{mm} \\
I_{x2} &= (1/12.be.hf^3) &= & 102240000 & \text{mm}^4 \\
y_2 &= (1/2.hf)+hw &= & 290 & \text{mm} \\
I_{bp1} &= I_{x1} + (A1*(y-y_1)^2) + I_{x2} + (A2*(y_2-y)^2) \\
&= 1407098809 \text{ mm}^4 \dots\dots\dots(4.22) \\
y &= \frac{(A1.0,5.hw) + (A2.(0,5hf + hw))}{(A1) + (A2)}
\end{aligned}$$

Untuk balok yang berada di tepi konstruksi

$$\begin{aligned}
be_1 &= 480 \text{ mm} \\
A_1 &= hw.bw = 57500 \text{ mm}^2 \\
A_2 &= hf.be_1 = 57600 \text{ mm}^2 \\
\text{Titik Berat} \\
A_1*1/2*hw &= 6612500 \dots\dots\dots a \\
A_2(hf/2+hw) &= 16704000 \dots\dots\dots b \\
A_1+A_2 &= 115100 \dots\dots\dots c \\
\text{Jadi, } y &= (a+b)/c = 2025,576 \text{ mm} \\
&= 0,202576 \text{ m} \\
I_{x1} &= (1/12.bw.hw^3) = 253479166,7 \text{ mm}^4 \\
y_1 &= 1/2.hw = 115 \text{ mm} \\
I_{x2} &= (1/12.be_1.hf^3) = 61920000 \text{ mm}^4 \\
y_2 &= (1/2.hf)+hw = 290 \text{ mm} \\
I_{bp2} &= I_{x1} + (A1*(y-y_1)^2) + I_{x2} + (A2*(y_2-y)^2) \\
&= 1203832876 \text{ mm}^4 \dots\dots\dots(4.23)
\end{aligned}$$

b. Menentukan inersia plat

Untuk balok yang berada di tepi konstruksi

$$\begin{aligned}
I_{p1} &= 1/12(bw/2+L1/2).hf^3 = 270000000 \text{ mm}^4 \\
\alpha_1 &= I_{bp2}/I_{p1} = 4,458640283 \\
I_{p2} &= 1/12(bw/2+L2/2).hf^3 = 126000000 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

$$\alpha_2 = l_{p2}/l_{p2} = 9,554229178$$

Untuk balok yang berada di tengah konstruksi

$$l_{p3} = 1/12(L1/2+L1/2)*h_f^3 = 504000000 \text{ mm}^4$$

$$\alpha_3 = l_{p1}/l_{p3} = 2,791862717$$

$$l_{p4} = 1/12(L2/2+L2/2)*h_f^3 = 216000000 \text{ mm}^4$$

$$\alpha_4 = l_{p1}/l_{p4} = 6,514346339$$

$$\alpha = (\alpha_1+\alpha_2+\alpha_3+\alpha_4)/4 = 5,829769629$$

$$\beta = (L_{pj}-b_w)/(L_{pd}-b_w) = 2,6$$

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

$$h_f = \frac{\ln.(0.8+(f_y:1400))}{36+9.\beta} \dots\dots\dots(4.24)$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm

$$53,15055 \text{ mm} < h_f = 120 \text{ mm} \dots\dots\text{OK}$$

maka tebal pelat yang digunakan dalam permodelan adalah :

$$h_f = 120 \text{ mm}$$

4.2. Pembebanan

4.2.1. Beban Mati

1. Berat Plat lantai

Berat sendiri plat :

			Tebal	qu (Kg/m ²)
Bv Plat	=	2400 Kg/m ²	0,12	288
Lantai 2			tebal	qu (Kg/m ²)
BV Spesi	=	21 Kg/m ² /cm	2	42
BV Plafon	=	20 Kg/m ² /cm	1	20
BV MEP	=	25 Kg/m ² -		25
BV Keramik	=	<u>24 Kg/m²/cm</u>	<u>1</u>	<u>24</u>
Total	=			111

2. Beban Dinding

Lantai 2

Balok 35 x 25

Tinggi gedung (H)	=	3,6	m
Tinggi Dinding (T)	=	3,3	m
BV dinding	=	250	kg/m ²
berat dinding	=	825	kg/m

Balok 30 x 25

Tinggi gedung (H)	=	3,6	m
Tinggi Dinding (T)	=	3,3	m
BV dinding	=	250	kg/m ²
berat dinding	=	825	kg/m

3. Lantai Dak Beton

Beban hidup dak beton = 100 kg/m²

Beban Hujan (Bh)

Bh (40-0.8*α) α = 0

Bh = 40 kg/m²

Bh = 20 kg/m²

4. Pada Plat Tngga

			Tebal	Qu (Kg/m ²)	
BV Spsi	=	21	Kg/m ² /cm	2	42
Ank Tngga	=	240	Kg/m ²	1	240
Hndle	=	10	Kg	-	10
Bv Kramik	=	24	Kg/m ² /cm	1	24

316 Kg /m²

Tebal qu

5. Pada Bordes

Bv Spsi = 21 Kg / m²/cm 2 42

$$\text{Bv Keramik} = 24 \text{ Kg / m}^2/\text{cm} \times 1 = 24 \text{ Kg / m}^2$$

$$= 24 \text{ Kg / m}^2 \times 2.75 = 66 \text{ Kg / m}^2$$

4.2.2. Beban Hidup

1. Lantai 2

Berat beban hidup berdasarkan SNI 1727:2013 dan PPIUG 1983

$$\text{R. sekolah} = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Koridor} = 200 \text{ kg/m}^2$$

2. Tangga

$$\text{Bv Spesi} = 479 \text{ kg/m}^2$$

4.2.3. Beban Gempa

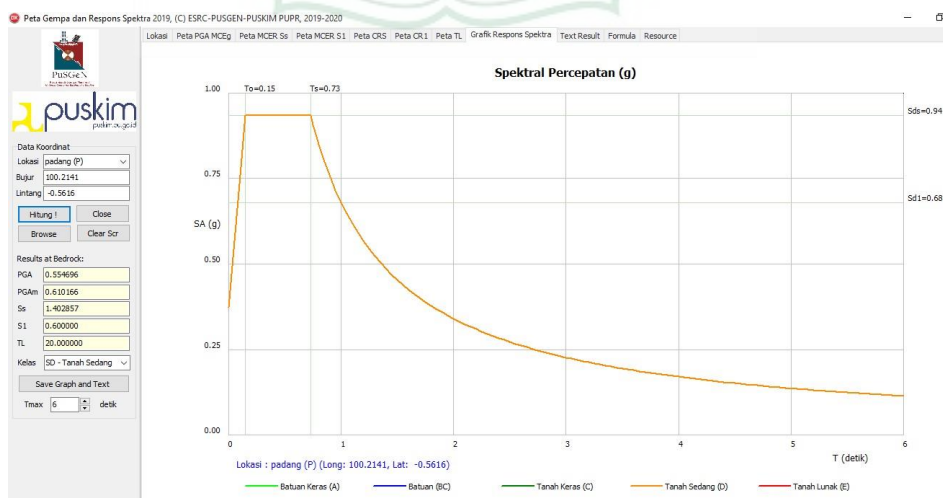
Beban Gempa Respon Spektrum : SNI-1726-2019

(puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2019/)

Lokasi Gempa bukittinggi, Tanah Sedang

Lokasi: (Lat: -0.28899793746059 , Long: 100.36328484408568)

Tabel 4.8 Grafik Respon Spektrum Untuk Kota Bukittinggi



(Sumber : Desain Spektra Pekerjaan Umum)

Data yang di dapat ini digunakan / diinputkan dalam aplikasi SAP2000 sebagai beban gempa respon spektra.

Tabel 4.9 Data Respon Spektrum Kota Bukittinggi

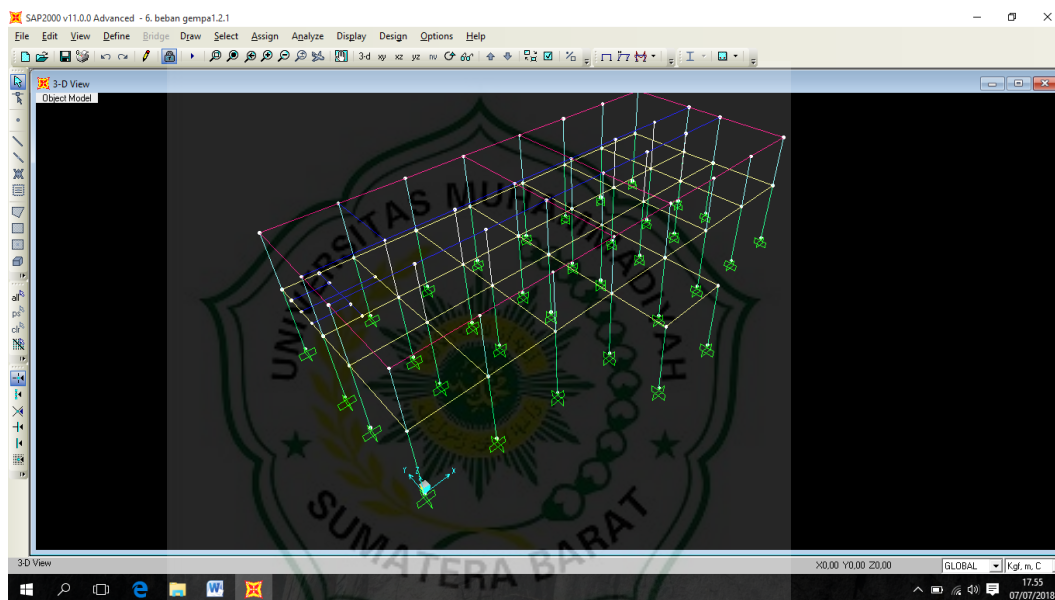
Variabel		Waktu	
PGA (g)	0,419444	0	0,279167
S _s (g)	1.509	T ₀	1
S ₁ (g)	0,418056	T _s	1
C _{RS}	1.002	T _s +0	0,598611
C _{RI}	0,652083	T _s +0.1	0,523611
F _{PGA}	1.000	T _s +0.2	0,465278
F _A	1.000	T _s +0.3	0,41875
F _V	1.500	T _s +0.4	0,380556
PSA (g)	0,419444	T _s +0.5	0,348611
S _{MS} (g)	1,509	T _s +0.6	0,322222
S _{M1} (g)	0,627083	T _s +0.7	0,299306
S _{DS} (g)	1,006	T _s +0.8	0,279167
S _{DI} (g)	0,418056	T _s +0.9	0,261806
T ₀ (detik)	0,083333	T _s +1	0,246528
T _S (detik)	0,415278	T _s +1.1	0,232639
		T _s +1.2	0,220139
		T _s +1.3	0,209028
		T _s +1.4	0,199306
		T _s +1.5	0,190278
		T _s +1.6	0,181944
		T _s +1.7	0,174306
		T _s +1.8	0,167361
		T _s +1.9	0,161111
		T _s +2	0,154861
		T _s +2.1	0,149306
		T _s +2.2	0,144444
		T _s +2.3	0,139583
		T _s +2.4	0,134722
		T _s +2.5	0,130556
		T _s +2.6	0,127083
		T _s +2.7	0,122917

T _S +2.8	0,119444
T _S +2.9	0,115972
T _S +3	0,113194
T _S +3.1	0,110417
T _S +3.2	0,106944
T _S +3.3	0,104861
4	0,104861

(Sumber : Desain Spektra Pekerjaan Umum)

4.3. Perhitungan Momen Menggunakan Aplikasi SAP2000

4.3.1. Menggambar Grid Bangunan



Gambar 4.5 Grid Gedung SAP2000
(Sumber : Aplikasi SAP2000)

4.3.2. Mendefinisikan Penampang dan Beban

Dari hasil prelim digunakan penampang untuk tiap – tiap balok, kolom dan plat sebagai berikut :

Balok :

Balok B1 = 35cm x 25cm

Balok B2 = 30cm x 25cm

Kolom :

Kolom lantai 1 = 40cm x 40cm

Kolom lantai 2 = 40cm x 40cm

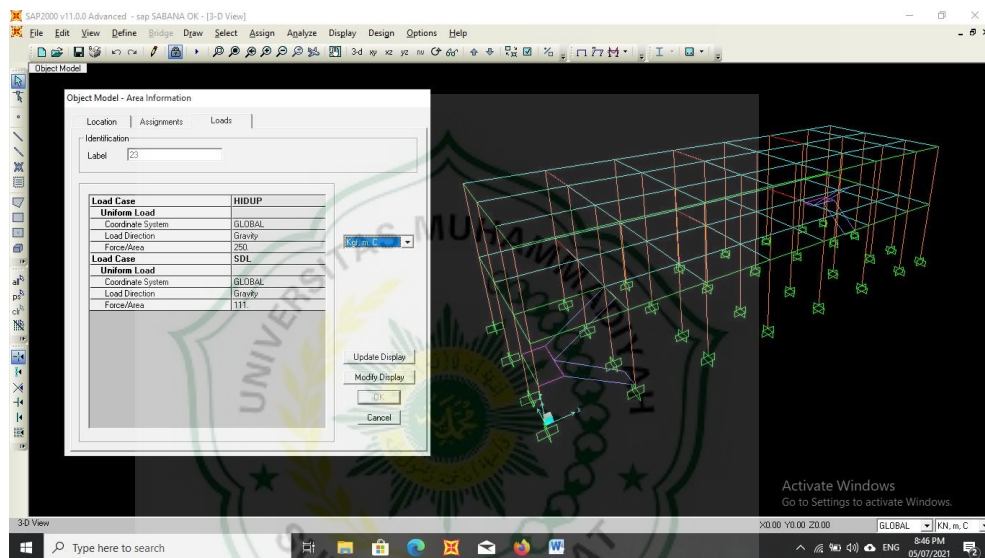
Plat lantai:

Plat lantai 2 = 12 cm

Dan untuk material yang di inputkan :

Beton ($f'c$) = 20,75 Mpa

Baja (f_y) = 400 Mpa

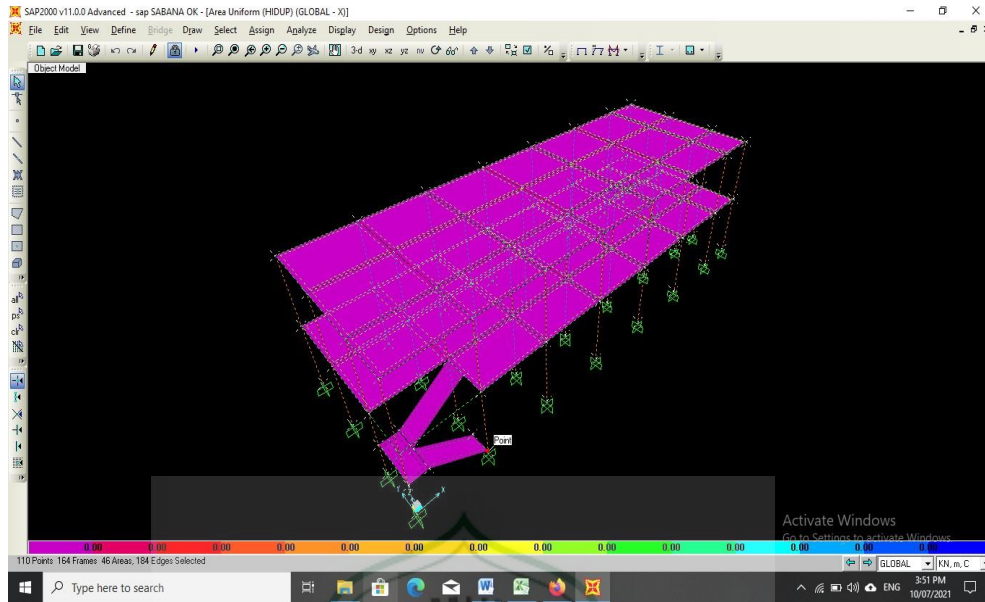


Gambar 4.6 Input Penampang
(Sumber : Aplikasi SAP2000)

4.3.3. Input Beban Hidup, Mati Gempa

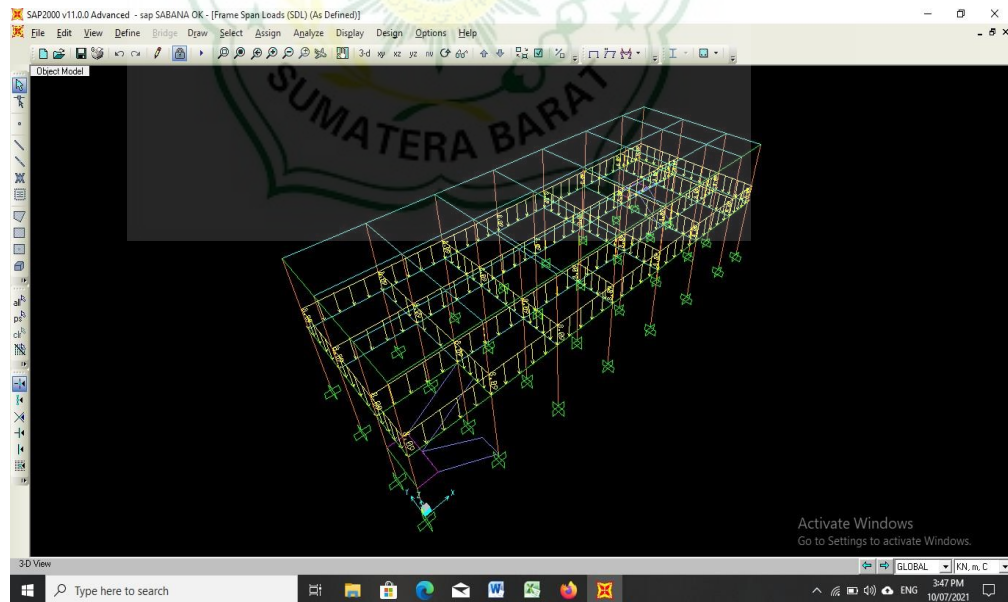
Beban – beban yang diinputkan sesuai dengan perhitungan pembebanan pada poin 4.2.

1. Beban Hidup



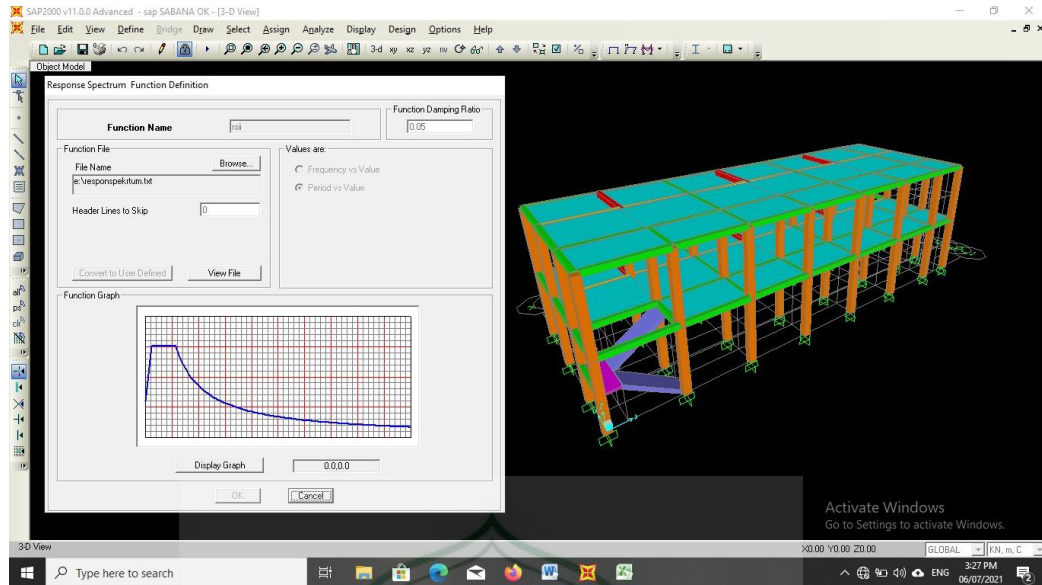
Gambar 4.7 Beban Hidup
(Sumber : Aplikasi SAP2000)

2. Beban Mati



Gambar 4.8 Beban Mati
(Sumber : Aplikasi SAP2000)

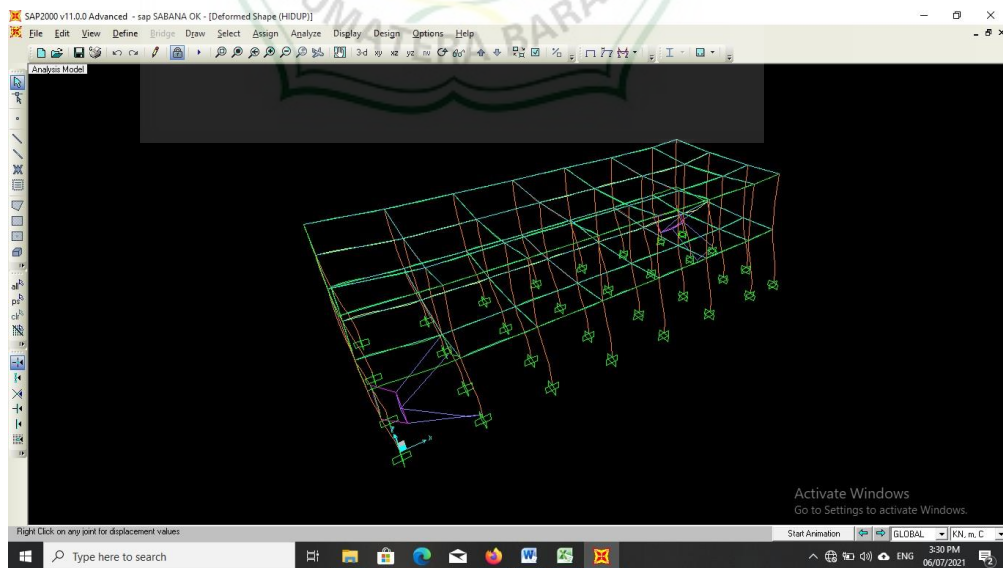
3. Beban Gempa



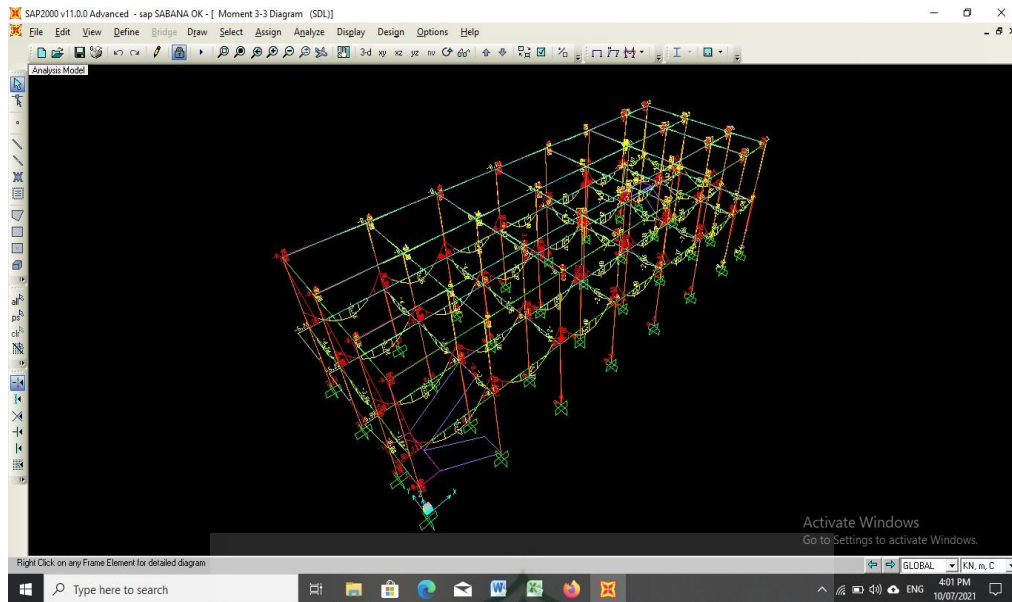
Gambar 4.9 Beban Gempa
(Sumber : Aplikasi SAP2000)

4.3.4. Hasil Running SAP2000

Dari hasil Running aplikasi SAP2000 didapatkan momen – momen yang nantinya digunakan pada perhitungan penulangan balok, kolom dan plat lantai.



Gambar 4.10 Hasil Running SAP2000
(Sumber : Aplikasi SAP2000)



Gambar 4.11 Hasil Running Berupa Grafik SAP2000
(Sumber : Aplikasi SAP2000)

Rekap momen dari hasil perhitungan menggunakan aplikasi SAP2000 :

Balok B1 35 cm x 25 cm

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Max	44,10	629,42	190,93	9,523	646,31	228,22
Min	-8748,27	-573,6	-306,04	-7,380	-579,49	-592,96

Balok B2 30 cm x 25 cm

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Max	63,034	618,48	0,868	1,524	1,641	188,48
Min	-64,835	-559,31	-0,214	-2,015	-2,718	-569,319

Kolom Lantai 1

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Max	-1,2806	169,814	236,108	123,682	567,299	418,421
Min	-1,7429	-240,581	-212,72	-7,227	-473,899	584,891

Kolom Lantai 2

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Max	-5,542	193,57	190,93	9,523	646,31	428,22
Min	-8,748	-197,83	-306,04	-7,380	-579,49	-396,08

4.4. Perhitungan Penulangan

4.4.1. Balok

1. Balok Anak 35cm x 25cm

Tulangan Geser

Data Material Balok

Kuat Tekan Beton	:	f_c'	(MPa)	20,75
Tegangan Leleh Baja	:	f_y (BjTS-30)	(MPa)	400,00
Faktor Reduksi Geser	:	ϕ_s		0,75

Dimensi Balok

Panjang Bentang	(mm)	3500,00
Lebar Balok	(mm)	250,00
Tinggi Balok	(mm)	350,00
Selimit Beton	(mm)	40,00
Tinggi Efektif Beton	$= h - d'$ (mm)	310,00

Gaya Geser Ultimate Balok

Kuat Geser Ultimit Balok	: V_u (kN)	190,93 (Dari Hasil
--------------------------	--------------	---------------------

Analisa Struktur)

Kuat Geser Ultimit Balok	: V_u (Tumpuan) (kN)	190,93
Kuat Geser Ultimit Balok	: V_u (Lapangan) (kN)	95,47

Tulangan untuk Tumpuan

Tulangan Geser Balok

Diameter Sengkang	:	d_s	(mm)	12,00
Luas Penampang Sengkang	:	$A_v = 2 [1/4 \pi d_s^2]$		
(sengkang 2 kaki)			(mm ²)	226,19

Jarak antar Sengkang	:	s	(mm)	100,00
Jarak Sengkang Maksimum	:	s _{max}	(mm)	155,00

Kontrol Jarak Antar Tulangan Geser Balok

$$s \leq s_{max}$$

$$100,00 \text{ mm} \leq 155,00 \text{ mm} \quad \dots \text{ OK !!}$$

Kuat Geser Beton dan Baja Tulangan

Kuat Geser Beton	:	$V_c = 1/6 [(\sqrt{f_c'}) / (b d)]$	(kN)	58,84
Kuat Geser Tulangan Geser	:	$V_s = (A_v f_y d) / s$	(kN)	280,48

Kuat Geser Nominal Balok

Kuat Geser Nominal Balok : $V_n = V_c + V_s$ (kN) 339,32

Kuat Geser Rencana Balok

Kuat Geser Rencana Balok : $V_r = \phi_s V_n$ (kN) 254,49

Gaya Geser Ultimate Balok

Kuat Geser Ultimit Balok : V_u (kN) 190,93

Kontrol Kuat Geser Rencana Balok

$$V_r \geq V_u$$

$$254,49 \text{ kN} \geq 190,93 \text{ kN} \dots \text{ OK !!}$$

Maka tulangan geser yang dipakai adalah : Ø12 - 100

Tulangan untuk Lapangan

Tulangan Geser Balok

Diameter Sengkang	:	d _s	(mm)	12,00
Luas Penampang Sengkang	:	$A_v = 2 [1/4 \pi d_s^2]$	(sengkang 2 kaki)	

(mm²) 226,19

Jarak antar Sengkang	:	s	(mm)	150,00
----------------------	---	---	------	--------

Jarak Sengkang Maksimum	:	s _{max}	(mm)	155,00
-------------------------	---	------------------	------	--------

Kontrol Jarak Antar Tulangan Geser Balok

$$s \leq s_{max}$$

$$150,00 \text{ mm} \leq 155,00 \text{ mm} \quad \dots \text{ OK !!}$$

Kuat Geser Beton dan Baja Tulangan

$$\text{Kuat Geser Beton : } V_c = 1/6 [(\sqrt{f_c'}) / (b d)] \quad (\text{kN}) \quad 58,84$$

$$\text{Kuat Geser Tulangan Geser : } V_s = (A_v f_y d) / s \quad (\text{kN}) \quad 186,99$$

Kuat Geser Nominal Balok

$$\text{Kuat Geser Nominal Balok } V_n = V_c + V_s \quad (\text{kN}) \quad 245,83$$

Kuat Geser Rencana Balok

$$\text{Kuat Geser Rencana Balok : } V_r = \phi \quad (\text{kN}) \quad 184,37$$

Gaya Geser Ultimate Balok

$$\text{Kuat Geser Ultimit Balok : } V_u \quad (\text{kN}) \quad 95,47$$

Kontrol Kuat Geser Rencana Balok

$$V_r \geq V_u$$

$$184,37 \text{ kN} \geq 95,47 \text{ kN} \quad \dots \text{ OK !!}$$

Maka tulangan geser yang dipakai adalah : $\emptyset 12 - 150$

Tulangan Lentur

Diketahui:

M_u	=	328,22	kN m	f_c'	=	24,9	MPa
b	=	250	mm	f_y	=	420	MPa
h	=	350	mm	δ	=	0,5	
d'	=	4	mm	D	=	19	mm
d	=	346	mm	A_{s1}	=	283,529	mm ²

Rasio tulangan yang dibutuhkan : $A_p \rho^2 + B_p + C = 0$

dimana :

$$A = \frac{0,59 \times (1 - \delta)^2 \times f_y^2}{f_c'}$$

$$= 995,7731$$

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

$$= -407,63$$

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

$$= 9,531725$$

dengan rumus abc, didapatkan nilai ρ

$$\rho_1 = 0,3844622828$$

$$\rho_2 = 0,024897559$$

diambil nilai ρ terkecil dan positif

$$\rho = 0,02489 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan yang dibutuhkan

* tulangan tarik

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

$$= 2153,639 \text{ mm}^2$$

* tulangan tekan

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

$$= 1076,819 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan yang dibutuhkan

* tulangan tarik

$$= A_s$$

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

$$= 7,59584 \approx 7 \text{ batang}$$

* tulangan tekan

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

$$= 3,79792 \approx 4 \text{ batang}$$

Maka digunakan tulangan :

- 7 - D 19 untuk tulangan tarik
- 4 - D 19 untuk tulangan tekan

2. Balok Anak 30cm x 25cm

Tulangan Geser

Dta Mterial Blok	-			
Kat Tkan Bton :	f_c'	(MPa)		20,75
Tgangn Lleh Bja :	f_y	(BjTS-30)	(MPa)	400,00
Faktor Reduksi Geser :	ϕ_s			0,75

Dimensi Balok

Panjang Bentang	(mm)			3500,00
Lebar Balok	(mm)			250,00
Tinggi Balok	(mm)			300,00
SImut Bton	(mm)			40,00
Tinggi Efektif Beton = $h - d'$	(mm)			260,00

Gaya Geser Ultimate Balok

Kuat Geser Ultimit Balok : V_u (kN) 63,03 (Dari Hasil

Analisa Struktur)

Kuat Geser Ultimit Balok : V_u (Tumpuan) (kN) 63,03

Kuat Geser Ultimit Balok : V_u (Lapangan) (kN) 31,52

Tulangan untuk Tumpuan

Tulangan Geser Balok

Diameter Sengkang :	d_s	(mm)		12,00
Luas Penampang Sengkang :	A_v	= $2 [1/4 \pi d_s^2]$		
(sengkang 2 kaki)		(mm ²)		226,19
Jarak antar Sengkang :	s	(mm)		100,00
Jarak Sengkang Maksimu :	s_{max}	(mm)		130,00

Kontrol Jarak Antar Tulangan Geser Balok

$$\begin{aligned} s &\leq s_{max} \\ 100,00 \text{ mm} &\leq 130,00 \text{ mm} \quad \dots \text{ OK !!} \end{aligned}$$

Kuat Geser Beton dan Baja Tulangan

Kuat Geser Beton	: $V_c = 1/6 [(\sqrt{f_c'}) / (b d)]$	(kN)	49,35
Kuat Geser Tulangan Geser:	$V_s = (A_v f_y d) / s$	(kN)	235,24
Kuat Geser Nominal Balok			
Kuat Geser Nominal Balok	: $V_n = V_c + V_s$	(kN)	284,59
Kuat Geser Rencana Balok			
Kuat Geser Rencana Balok	: $V_r = \phi_s V_n$	(kN)	231,44
Gaya Geser Ultimate Balok			
Kuat Geser Ultimit Balok	: V_u	(kN)	63,03
Kontrol Kuat Geser Rencana Balok			

$$V_r \geq V_u$$

$$213,44 \text{ kN} \geq 63,03 \text{ kN... OK !!}$$

Maka tulangan geser yang dipakai adalah : Ø12 - 100

Tulangan untuk Lapangan

Tulangan Geser Balok

Diameter Sengkang	: d_s	(mm)	12,00
-------------------	---------	------	-------

Luas Penampang Sengkang	: $A_v = 2 [1/4 \pi d_s^2]$	(sengkang 2 kaki)	
		(mm ²)	226,19

Jarak antar Sengkang	: s	(mm)	125,00
----------------------	-------	------	--------

Jarak Sengkang Maksimum	: s_{max}	(mm)	130,00
-------------------------	-------------	------	--------

Kontrol Jarak Antar Tulangan Geser Balok

$$s \leq s_{max}$$

$$125,00 \text{ mm} \leq 130,00 \text{ mm} \dots \text{OK !!}$$

Kuat Geser Beton dan Baja Tulangan

Kuat Geser Beton	: $V_c = 1/6 [(\sqrt{f_c'}) / (b d)]$	(kN)	49,35
------------------	---	------	-------

Kuat Geser Tulangan Geser	: $V_s = (A_v f_y d) / s$	(kN)	188,19
---------------------------	---------------------------	------	--------

Kuat Geser Nominal Balok

Kuat Geser Nominal Balok	: $V_n = V_c + V_s$	(kN)	237,54
--------------------------	---------------------	------	--------

Kuat Geser Rencana Balok

Kuat Geser Rencana Balok : $V_r = \varphi$ (kN) 178,16

Gaya Geser Ultimate Balok

Kuat Geser Ultimit Balok : V_u (kN) 31,52

Kontrol Kuat Geser Rencana Balok

$$V_r \geq V_u$$

$$178,16 \text{ kN} \geq 31,52 \text{ kN} \quad \dots \text{ OK !!}$$

Maka tulangan geser yang dipakai adalah : $\emptyset 12 - 125$

Tulangan Lentur

Diketahui:

M_u	=	188,48	kN m	f_c'	=	24,9	MPa
b	=	250	mm	f_y	=	420	MPa
h	=	300	mm	δ	=	0,5	
d'	=	4	mm	D	=	16	mm
d	=	260	mm	A_{s1}	=	283,529	mm ²

Rasio tulangan yang dibutuhkan : $A_p^2 + B\rho$

+ C = 0 dimana :

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

$$= 1044,94$$

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

$$= -417,162$$

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

$$= 10,75614$$

dengan rumus abc, didapatkan nilai ρ

$$\rho_1 = 0,37151424$$

$$\rho_2 = 0,027707015$$

diambil nilai ρ terkecil dan positif

$$\rho = 0,027707$$

Luas tulangan yang dibutuhkan

* tulangan tarik

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 2050,319 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

* tulangan tekan

$$\begin{aligned} A_s' &= \partial \times \rho \times b \times d \\ &= 1025,16 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan yang dibutuhkan

* tulangan tarik

$$\begin{aligned} &= A_s \\ &= \frac{A_s}{A_{s1}} \\ &= 7,231433 \approx 7 \text{ batang} \end{aligned}$$

* tulangan tekan

$$\begin{aligned} n' &= \frac{A_s'}{A_{s1}} \\ &= 3,615717 \approx 4 \text{ batang} \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan :

- 7 - D 16 untuk tulangan tarik
- 4 - D 16 untuk tulangan tekan

4.1.1. Kolom

1. Kolom Lantai 1 40cm

x 40cm Data Material

Kolom

Kuat Tekan Beton	:	f_c'	(MPa)	20,75
Tegangan Leleh Baja	:	f_y	(BjTS-30) (MPa)	400,00

Faktor Reduksi Geser	:	ϕ_s		0,75
Dimensi Kolom				
Lebar Kolom	:	b	(mm)	400,00
Tinggi Kolom	:	h	(mm)	400,00
Selimit Beton	:	d'	(mm)	40,00
Tinggi Efektif Beton	:	d = h - d'	(mm)	360,00

Tulangan Keser Kolom

Diameter Sengkang	:	ds	(mm)	10,00
Luas Penampang Sengkang		$A_v = 2 [1/4 \pi ds^2]$	(sengkang 2 kaki)	
			(mm ²)	157,08
Jarak antar Sengkang	:	s	(mm)	150,00
Jarak Sengkang Maksimum:		s _{max}	(mm)	180,00

Kontrol Jarak Antar Tulangan Geser Kolom

$$s \leq s_{max}$$

$$150,00 \text{ mm} \leq 180,00 \text{ mm} \dots \text{OK !!}$$

Kuat Geser Beton dan Baja Tulangan

Kat Gser Beton	:	$V_c = 1/6 [(\sqrt{f_c'}) / (b d)]$	(kN)	109,33
Kat Gser Tulangan Geser		$V_s = (A_v f_y d_s) /$	(kN)	150,80
Kuat Geser Nominal Kolom				
Kuat Geser Nominal Kolom		$V_n = V_c + V_s$	(kN)	260,12
Kuat Geser Rencana Kolom				
Kuat Geser Rencana Kolom		$V_r = \phi_s V_n$	(kN)	195,09
Gaya Geser Ultimate Kolom				
Kuat Geser Ultimit Kolom	:	V_u	(dari hasil analisis struktur)	
			(kN)	15,00

Kontrol Kuat Geser Rencana Kolom

$$V_r \geq V_u$$

$$195,09 \text{ kN} \geq 15,00 \text{ kN} \dots \text{OK !!}$$

Maka tulangan geser yang dipakai adalah: Ø10 - 150

Tulangan Utama Kolom

b	=	400	mm	
h	=	400	mm	
D	=	19	mm	(Diameter Tulangan)
f _c	=	20,75	Mpa	
f _y	=	400	MPa	
d	=	360	mm	
d'	=	40	mm	
n.tul	=	12	bh	(Jumlah Tulangan)
y	=	200	mm	

a. kapasitas maksimum (P_o) dari kolom

$$\begin{aligned}
 &= 0,85 \times f'_c (G_a - \text{Sat}) + \text{Sat} \times f_y' \\
 &= 0,85 \times f_c (160000 - 5670,575) + 5670,575 \times 400 \\
 &= 4122929,08 \quad \text{N} \\
 &= 4122,92908 \quad \text{Nk}
 \end{aligned}$$

b. kekuatan nominal maksimum penampang kolom (P_{n(max)})

$$\begin{aligned}
 &= 0,8 \times P_o \\
 &= 0,8 * 4122,9291 \\
 &= 3298,3433 \quad \text{Nk}
 \end{aligned}$$

eksentrisitas minimum (e_{min})

$$\begin{aligned}
 &= 0,8 \times h \\
 &= 0,8 \times 400 \\
 &= 40 \quad \text{mm}
 \end{aligned}$$

kuat tekan rencana kolom φP_n (max)

$$\begin{aligned}
 &= \phi \times 0,8 \times P_o \\
 &= 0,65 \times 0,8 \times P_o \\
 &= 2143,9231 \quad \text{kN}
 \end{aligned}$$

d. kapasitas penampang pada kondisi seimbang (balance) P_{nb}

$$\begin{aligned}
 &= 0,85 \times f_c' \times a_b \times b + A_s' \times f_s' - A_s \times f_y \\
 &= 0,85 \times 20,8 \times \frac{0,85 \times 600 \times d}{600 + f_y} \times 400 \\
 &= 0,85 \times 20,75 \times \frac{0,85 \times 600 \times 360}{600 + 400} \times 400 \\
 &= 1295298 \quad \text{N} \\
 &= 1295,298 \quad \text{kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{nb} &= \frac{P_{nb} \times e_b C_b}{500 + y_f} \times d \\
 &= \frac{1295,298 \times 360}{500 + 400} \times 360 \\
 &= 216 \quad \text{mm} \\
 A_b &= 0,85 \times C_b \\
 &= 0,85 \times 216 \\
 &= 183,6 \quad \text{mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_s' &= E_s \times \epsilon_s = 600 \times \frac{[c - d']}{c} \\
 &= 600 \times \frac{[216 - 40]}{216} \\
 &= 488,88889
 \end{aligned}$$

$$f_s' \geq f_y \rightarrow f_s' = f_y = 400$$

$$\begin{aligned}
 F_s &= E_s \times \epsilon'_s = \\
 &= 600 \times \left[\frac{d - c}{c} \right] \\
 &= 600 \times \left[\frac{360 - 216}{216} \right] \\
 &= 400
 \end{aligned}$$

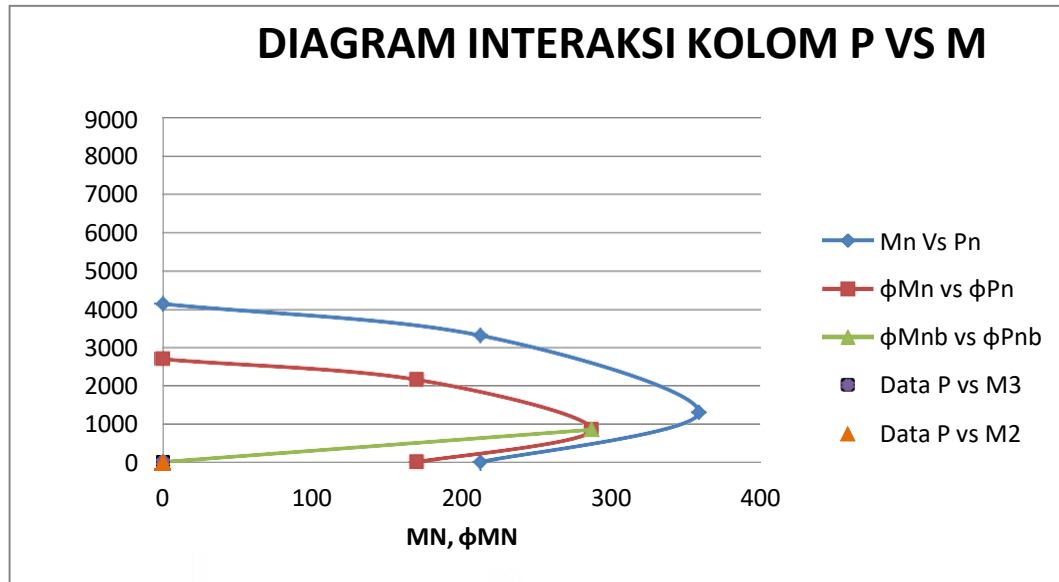
$$\begin{aligned}
 M_{nb} &= 0,85 * c f' * b a * b * \\
 &\quad \left(y - \frac{b a}{2} \right) + A_s' * x \\
 &\quad f_s' * \left(\frac{h}{2} - d' \right) \\
 &\quad + A_s * s f * \left(d - y \right) \\
 &= 357901313,6 \quad \text{Nmm} \\
 &= 357,9013136 \quad \text{kNm}
 \end{aligned}$$

Eksentrisitas pada kondisi seimbang

$$\begin{aligned}
 e_b &= \frac{M_{nb}}{P_{nb}} \\
 &= \frac{0,27630809 \quad \text{m}}{276,308088 \quad \text{mm}} \\
 \phi &\times P_{nb} = 841,9437 \quad \text{kN} \\
 \phi &\times M_{nb} = 286,3211 \quad \text{kNm}
 \end{aligned}$$

e. Kapasitas penampang pada kondisi momen murni (P=0)

$$\begin{aligned}
 N_m &= S_a \times Y_f \left(D - \frac{0,6}{f_c'} \frac{A_s}{x} \frac{f_y}{B} \right) \\
 &= 212,0540781 \quad \text{kNm} \\
 \phi M_n &= 169,64326 \quad \text{kNm}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.12 Diagram Interaksi Kolom Pvs M
Maka tulangan yang dipakai adalah : 12 D-19

4.4.3 Plat Lantai

Pembebanan pada plat 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
 = 878,8 kg / m²
 Selimut Beton (d) = 40 mm
 Tebal Plat = 120 mm
 fc' = 20,8 Mpa
 fy = 240 Mpa
 Tulangan Pokok, D = 10 mm
 Tinggi efektif tulangan
 dx = 75 mm
 dy = 65 mm
 Qu = 878,8 kg/m²
 = 8,621028 kN/m²
 Sisi pendek , Lx = 4 m
 Sisi panjang, Ly = 3,5 m
 Ly/Lx = 1,7

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

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

————— = Terletak bebas
 ————— = Terjepit penuh

Gambar 4.13 Momen Pada Plat
 (Sumber : SNI Pembebanan Gedung 1983)

Nilai Koefisien Momen berdasarkan Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang.

$$C_x = 38$$

$$C_y = 14$$

Momen-momen yang Bekerja pada Pelat

$$M_{ulx} = 0,64011133 \text{ kN.m}$$

$$M_{uly} = 2,9570126 \text{ kN.m}$$

Perencanaan Tulangan Arah $M_{ulx} = - M_{utx}$

$$M_{ulx} = 0,64011133 \text{ kNm}$$

$$M_u/\phi = 0,80013916 \text{ kNm}$$

$$m = 13,6073707$$

$$= 0,00583333$$

$$\rho_b = 0,04461868$$

$$\rho_{maks} = 0,03346401$$

$$\rho_{aktual} = 0,00059511$$

$$1.33 * \rho_{aktual} = 0,00079149$$

$$\rho_{pakai} = 0,00583333$$

$$A_s \text{ perlu} = 437,5 \text{ mm}^2$$

Jarak antar Tulangan

$$s = 179,428571 \text{ mm}$$

Syarat

$$s \leq 2h \quad \text{OK}$$

$$s \leq 240 \quad \text{OK}$$

Maka dipilih s terkecil yaitu

150 mm

Kontrol terhadap kapasitas momen (M_n)

Kontrol terhadap kapasitas momen (M_n)

$$\begin{aligned} A_s \text{ ada} &= 523,333333 \text{ mm}^2 \\ a &= 7,12119064 \text{ mm} \\ M_n &= 8,9728E+12 \text{ kNm} \\ M_u/\phi &= 0,80013916 \text{ KNm} \quad \text{Aman} \end{aligned}$$

Perencanaan Tulangan Arah Muly = - Muty

$$\begin{aligned} M_{uly} &= 2,9570126 \text{ kNm} \\ M_u/\phi &= 3,69626576 \text{ kNm} \\ m &= 13,6073707 \text{ KNm} \end{aligned}$$

Koefisien Ketahanan (R_n) diambil nilai b tiap 1000 mm

$$R_n = 0,00583333 \text{ MPa}$$

Rasio Tulangan

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= 0,00583333 \text{ mm}^2 \\ \rho_b &= 0,04461868 \text{ mm}^2 \\ \rho_{\text{maks}} &= 0,03346401 \text{ mm}^2 \\ \rho_{\text{aktual}} &= 0,00374042 \text{ mm}^2 \\ 1,33 * \rho_{\text{aktual}} &= 0,00497476 \text{ mm}^2 \\ \rho_{\text{pakai}} &= 0,00583333 \text{ mm}^2 \\ A_s \text{ perlu} &= 379,166667 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak antar Tulangan

$$s = 207,032967 \text{ mm}$$

Syarat

$$\begin{aligned} s &\leq 2h && \text{OK} \\ s &\leq 240 && \text{OK} \end{aligned}$$

Maka dipilih s terkecil yaitu 150 mm

Kontrol terhadap kapasitas momen (M_n)

$$\begin{aligned} A_s \text{ ada} &= 523,333333 \text{ mm}^2 \\ a &= 7,12119064 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$M_n = 8,9728E+12 \text{ kNm}$$

$$M_u/\phi = 3,69626576 \text{ Aman}$$

Maka tulangan yang dipakai

$$= \text{Arah x} = \text{Ø10} - 150$$

$$= \text{Arah y} = \text{Ø10} - 150$$

4.5 Rekap Penulangan Balok, Kolom Dan Plat Lantai

4.5.1 Balok

BALOK INDUK 35X25			Tumpuan (P)			Lapangan (L)		
Dimensi B : 250 mm H : 350 mm Mutu Beton = K 300 Mutu Besi = D (Besi Ulir) > 12 fy 390 MPa = d (Besi Polos) < 12 fy 240 MPa								
Tulangan Geser (mm)			Tulangan Lentur / Longitudinal (mm)					
			Tumpuan (T)			Lapangan (L)		
Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	A	T	B	A	T	B
d12 - 100	d12 - 150	Ø12 - 100	7 D 19	2 d 12	4 D 19	4 D 19	2 d 12	7 D 19

Gambar 4.14 Balok induk lantai 2 35cm x 25cm bentang 350cm
(Sumber : Autocad)

BALOK ANAK 30X25			Tumpuan (P)			Lapangan (L)		
Dimensi B : 250 mm H : 300 mm Mutu Beton = K 300 Mutu Besi = D (Besi Ulir) > 12 fy 390 MPa = d (Besi Polos) < 12 fy 240 MPa								
Tulangan Geser (mm)			Tulangan Lentur / Longitudinal (mm)					
Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan (T)			Lapangan (L)		
			A	T	B	A	T	B
d12 - 100	d12 - 150	Ø12 - 100	7 D 16	2 d 12	4 D 16	4 D 16	2 d 12	7 D 16

Gambar 4.15 Balok Anak lantai 2 30cm x 25cm
bentang 350cm(Sumber : Autocad)

4.5.2 Kolom

TYPE KOLOM 40 X 40			Tumpuan (P)			Lapangan (L)		
Dimensi B : 400 mm H : 400 mm Mutu Beton = K 250 Mutu Besi = D (Besi Ulir) > 12 fy 390 MPa = d (Besi Polos) < 12 fy 240 MPa								
Tulangan Geser (mm)			Tulangan Lentur / Longitudinal (mm)					
Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan (T)			Lapangan (L)		
			A	T	B	A	T	B
d10 - 100	d10 - 125	d10 - 100	4 D 19	4 D 19	4 D 19	4 D 19	4 D 19	4 D 19

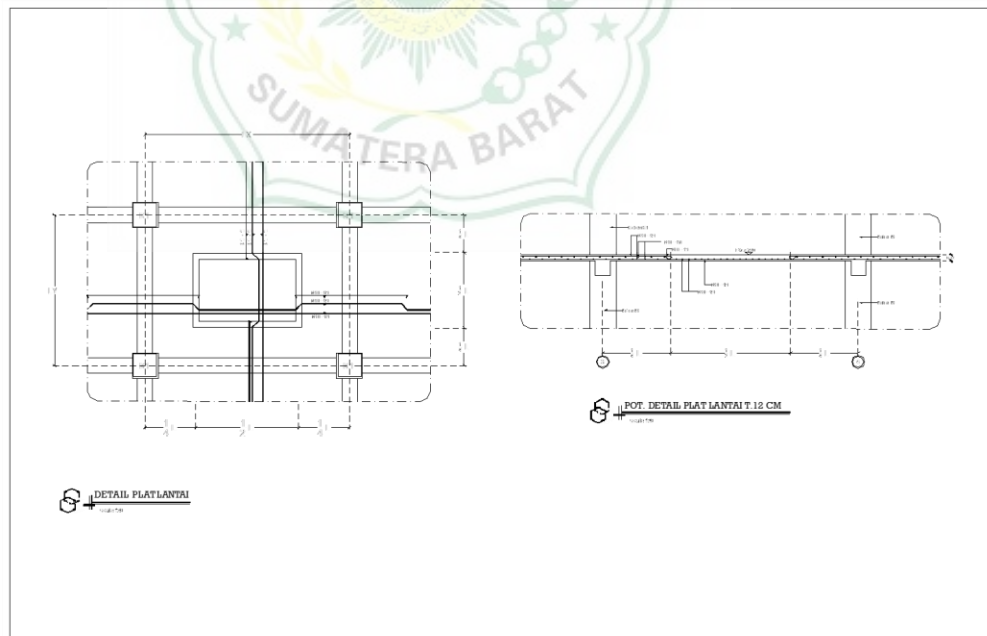
Gambar 4.16 Kolom lantai 1 40cm x 40cm Tinggi
360cm(Sumber : Autocad)

TYPE KOLOM 40 X 40		Tumpuan (P)	Lapangan (L)					
Dimensi B : 400 mm H : 400 mm Mutu Beton = K 250 Mutu Besi = D (Besi Ulir) > 12 fy 390 MPa = d (Besi Polos) < 12 fy 240 MPa								
Tulangan Geser (mm)		Tulangan Lentur / Longitudinal (mm)						
Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan (T)			Lapangan (L)		
			A	T	B	A	T	B
d10 - 100	d10 - 125	d10 - 100	4 D 19	4 D 19	4 D 19	4 D 19	4 D 19	4 D 19

Gambar 4.17 Kolom lantai 2 40cm x 40cm Tinggi 360cm

(Sumber : Autocad)

4.5.3. Plat Lantai



Gambar 4.18 Penulangan plat lantai

(Sumber : Autocad)

Tabel 4.10 Rekap penulangan Balok

No	Nama	entang (c)	h (mm)	x	b (mm)	Tulangan	Sengkang
1	Balok Induk Lantai 2	350	250		250	Tulangan atas = 7 D 19 Tulangan bawah = 4 D 19	Sengkang = tulangan geser tulangan geser Ø12- 100 Ø12 - 150
2	Balok Anak Lantai 2	300	250		250	Tulangan atas = 7 D 16 Tulangan bawah = 4 D 16	Sengkang = tulangan geser tulangan geser Ø12 - 100 Ø12 - 125

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 4.11 Rekap penulangan Kolom

No	Nama	Tinggi	h	x	b	Tulangan	Sengkang
1	Kolom Lantai 1	400	400		400	12 D-19	Ø10 - 150
2	Kolom Lantai 2	400	400		400	12 D-19	Ø10 - 150

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 4.12 Rekap penulangan Plat Lantai

No	Nama	Tinggi	h	x	b	Tulangan	Bawah
1	Pelat Lantai	120	400		400		Ø10 - 150

(Sumber : Hasil Perhitungan)

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari pembahasan yang sudah penulis lakukan maka dapat disimpulkan:

1. Dimensi Blok

- a. B Induk Lantai 2 = 35 * 25 cm
- b. B Anak Lantai 2 = 30 x 25 cm

2. Dimensi Kolom

- a. Kolom Lantai 1 = 40cm * 40 cm
- b. Kolom Lantai 2 = 40cm * 40 cm

3. Dimensi Plat

- a. Tebal Plat = 120 mm
- b. Mutu Beton = K-250 kg/cm²
- c. Mutu Baja = 400 Mpa

Berdasarkan dari hasil di atas, faktor keamanan terhadap design struktur sudah sangat besar terbukti dengan hasil perencanaan yang sudah menggunakan SNI penulangan terbaru SNI 1727-2013 dan SNI gempa terbaru SNI1726:2012.

5.2 Saran

1. Model yang digunakan pada studi ini adalah gedung yang beraturan, untuk pengembangan selanjutnya perlu dilakukan analisis terhadap gedung yang tidak beraturan, sehingga dapat dimaksimalkan analisis terhadap struktur dengan menggunakan SNI terbaru.
2. Model yang digunakan pada studi ini adalah bangunan yang telah dibangun 4 tahun sebelum studi ini dilakukan, agar perbedaan faktor keamanan SNI yang baru dikeluarkan dapat dilihat dengan jelas maka perlu dicari bangunan yang telah didesign menggunakan SNI yang berjarak 10 tahun

3. Dalam merencanakan sebuah konstruksi perlu diperhatikan efisiensi biaya karena terlihat pada subyek yang dianalisis pada studi ini tulangan yang dipakai terlalu berlebih dari standar perhitungan yang dilakukan.



DAFTAR PUSTAKA

- Ali Asroni, 2017. *Balok dan Pelat beton bertulang*. Graha Ilmu:Surakarta
- Dipohusodo, 1994. *Struktur Beton Bertulang*. PT. Gramedia Pustaka Utama:Jakarta
- DPMB, 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia N.I.-2*, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan:Bandung
- DPU, 2002. *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung, SNI-1726-2002*. Departemen Pekerjaan Umum:Bandung
- Gideon dan Takim, 1993. *Desain Struktur Beton Bertulang Didaerah Rawan Gempa*. Erlangga:Jakartaa
- Nawy, 1998. *Beton Bertulang*. Refika Aditama:Bandung
- Sudarmoko, 1996. *Kolom Struktur Beton Bertulang*. Erlangga:Jakarta
- SNI 1726:2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*
- Tjokrodimuljo,1992. *Teknologi Beton*. Andi:Yogyakarta
- Wang, Chu Kia, 1986. *Disain Beton Bertulang*, Erlangga:Jakarta
- Alfianto, R.(2017). *Analisa Perhitungan Bangunan Dengan Metode SAP2000 (Studi Kasus)*. Skripsi. Medan. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
- Anonim, (2002), *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung*. SNI 1726-2002. Jakarta.
- Dipohusodo, Istimawan. (1994). *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: Gramedia pustaka utama.
- Gideon Kusuma, Takim Andriono,1993, *Desain Struktur Rangka Beton Bertulang di daerah Gempa*, Erlangga, Jakarta.

Hardianto, W. Dan Hanintyo, A.B. (2014). *Perencanaan Struktur Gedung Kuliah di Yogyakarta*. Jurnal Karya Teknik Sipil, Volume 3, Nomor 4, Tahun 2014. Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

Ilham, M. (2013). *Analisis Struktur Gedung Dengan Software SAP2000 V9.2.0*.

Julianto Rachman, A. (2016). *Perencanaan Ulang Struktur Atas Gedung Laboratorium Sosio Enterpreneurship Universitas Brawijaya Menggunakan Struktura Portal Baja Dengan Penahan Gempa Sistem Bresing Kosentrasi*. Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Malang.

Mulyono, T. (2004) *Teknologi Beton*, Andri, Yogyakarta.

Nasution, 2009. "Jenis Kolom Beton".

Setiawan, Agus (2012). Studi Perbandingan Gaya Geser Dasar Seismik Berdasarkan SNI-03-1726-2002 dan SNI-03-1726-2012 Studi Kasus Struktur Gedung Grand Edge Semarang. *Jurnal Teknik Sipil Dan Perencanaan*, 16(2), 95-104.

Tjokrodimuljo, K (2004). *Teknologi Bahan Kntruksi*, Buku Ajar, Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada Yogyakarta.

Wahyudi, Rahim, 1999. "Kombinasi Pembebanan Strukutr". Jurusan Teknik Sipil, Universitas Teknik Bandung.

Wang, Ferguson, 1986, "Jenis Kolom"