

SKRIPSI
ANALISIS STRUKTUR ATAS PASCA GEMPA
BANGUNAN BERTINGKAT KANTOR WALI NAGARI MALAMPAH
KABUPATEN PASAMAN

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil



Oleh

FRANSISKO

181000222201053

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT

2022

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS STRUKTUR ATAS PASCA GEMPA BANGUNAN
BERTINGKAT KANTOR WALI NAGARI MALAMPAH
KABUPATEN PASAMAN**

Oleh :

FRANSISKO
181000222201053

Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing I



Deddy Kurniawan, ST. MT
NIDN. 1022018303

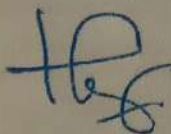
Dosen Pembimbing II



Elfania Bastian, ST. MT
NIDN. 1018118901

Diketahui Oleh :

Ketua Program Studi
Teknik Sipil



Helga Yermadona, S.Pd, MT
NIDN. 1013098502

Dekan Fakultas Teknik
UM Sumatera Barat



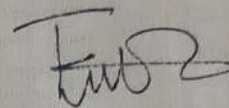
MASRIL, S.T., M.T
NIDN. 1005057407

LEMBARAN PERSETUJUAN TIM PENGUJI

Skripsi ini telah dipertahankan dan disempurnakan berdasarkan masukan dan koreksi Tim Penguji pada ujian tertutup 28 Agustus 2022 di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

Bukittinggi, 28 Agustus 2022

Mahasiswa



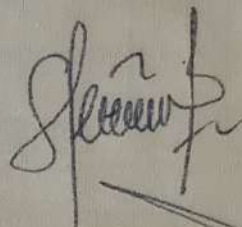
FRANSISKO

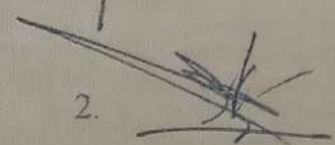
NIM. 181000222201053

Disetujui Tim Penguji Skripsi tanggal 28 Agustus 2022 :

1. Selpa Dewi, ST. MT

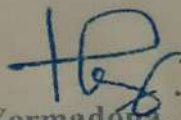
2. Zuheldi, ST. MT

1. 

2. 

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Helga Yermadona, S.Pd, MT

NIDN. 1013098502

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Fransisko
NIM : 181000222201053
Judul Skripsi : Analisis Struktur Atas Pasca Gempa Bangunan Bertingkat Kantor Wali Nagari Malampah Kabupaten Pasaman

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 sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Mumammadiyah Sumatera Barat.

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

Bukittinggi, 28 Agustus 2022

Yang Membuat Pernyataan



Fransisko

NIM. 181000222201053

ABSTRAK

Secara umum struktur bagian atas meliputi balok, kolom, pelat lantai yang berfungsi untuk mendukung beban-beban yang bekerja pada suatu bangunan. Perhitungan yang akan dilakukan pada Pembangunan Kantor Wali Nagari Malampah yaitu pelat lantai, balok dan kolom. Beban struktur (beban mati, beban hidup) berpedoman pada SNI 03-2847:2002 dan beban gempa berpedoman pada SNI 03-1726:2019, dimana portal dihitung dan dimodelkan menggunakan program SAP2000. Tujuan dari perhitungan ini yaitu untuk mendapatkan gambaran tentang prinsip dasar perencanaan dan meninjau ulang struktur gedung, membandingkan hasil perhitungan penulis dengan hasil perhitungan konsultan perencanaan. Dari hasil perhitungan diperoleh momen terbesar pada balok B2 sebesar 64,8586 kN-m dan momen terbesar pada kolom K1 (40 x 40 cm) sebesar 8,4235 kN-m. Untuk pelat lantai terdapat perbedaan penulangan yaitu: tebal pelat lantai 120 mm, tulangan \emptyset 10- 150 mm untuk arah x dan arah y penulis, pelat lantai 120 mm, tulangan \emptyset 10- 250 mm untuk arah x dan arah y perencana, kolom K1(40 x 40 cm) 16 D 19 dan kolom K2 (30 x 30 cm) 8 D 19 (sama dengan perencana), Untuk balok B1 Dan B2 terdapat perbedaan dimensi dan tulangan yaitu: balok B1 (30 x 45 cm) 4 D 19 penulis, balok B1 (30 x 50 cm) 5 D 19 perencana, untuk balok B2 (25 x 40 cm) 4 D 19 (sama dengan perencana).

Kata kunci : Struktur atas, Penulangan, Sap 2000



KATA PENGANTAR



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

Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan, bantuan dan doa dari berbagai pihak, Skripsi ini tidak 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 Sipil UMSB.
2. Ibuk Helga Yermadona, S.pd. MT selaku Ketua Prodi Teknik Sipil.
3. Bapak Deddy Kurniawan, ST. MT selaku Dosen Pembimbing I skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis.
4. Ibuk Elfania Bastian, ST. MT selaku Dosen Pembimbing II skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis.
5. Orang tua, kakak dan adik yang telah memberikan dukungan, doa dan kasih sayang.
6. Serta semua pihak yang namanya tidak dapat disebutkan satu persatu.

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

Bukittinggi, 28 Agustus 2022

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR NOTASI	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	3
1.4.1 Tujuan Penelitian	3
1.4.2 Manfaat Penelitian	3
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tinjauan Umum	4
2.2 Struktur Atas (<i>Upper Struktur</i>)	4
2.2.1 Kolom	5
2.2.2 Balok	9
2.2.3 Pelat	13
2.3 Pembebanan Struktur.....	18
2.3.1 Beban Mati	18
2.3.2 Beban Hidup	19
2.3.3 Beban Gempa	20
2.3.4 Beban Angin	27
2.4 Material.....	28

2.4.1 Baja Tulangan	28
2.4.2 Beton	30

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Umum	32
3.2 Lokasi Penelitian	32
3.3 Data Penelitian.....	33
3.3.1 Jenis dan Sumber Data	33
3.3.2 Teknik Pengumpulan Data.....	33
3.4 Metode Analisis Data	33
3.5 Bagan Alir Penelitian (<i>Flowchart</i>).....	34

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Preliminari Desain Penampang	35
4.1.1 Balok	35
4.1.2 Kolom	40
4.1.3 Pelat Lantai	43
4.2 Pembebanan.....	48
4.3 Perhitungan Momen Menggunakan <i>SAP2000</i>	52
4.4 Hasil Rekapitulasi Gaya Dalam.....	54
4.5 Perhitungan Penulangan Balok.....	55
4.6 Perhitungan Penulangan Kolom.....	61
4.7 Perhitungan Penulangan Pelat Lantai.....	69
4.8 Rekapitulasi Tulangan Balok, Kolom dan Pelat Lantai	72
4.9 Analisis Perbandingan Dimensi	73
4.10 Analisis Perbandingan Tulangan.....	73

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan.....	76
5.2 Saran	76

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Berat material konstruksi.....	18
Tabel 2.2	Beban hidup pada gedung.....	19
Tabel 2.3	Kategori resiko gedung dan non gedung untuk beban gempa.....	21
Tabel 2.4	Faktor keutamaan gempa.....	23
Tabel 2.5	Koefesien (ψ).....	25
Tabel 2.6	Percepatan puncak muka tanah (A_0).....	25
Tabel 2.7	Kombinasi beban untuk metode ultimit.....	25
Tabel 2.8	Faktor reduksi beban hidup untuk peninjauan gempa.....	26
Tabel 4.1	Preliminari desain penampang.....	35
Tabel 4.2	Tebal minimum (h).....	36
Tabel 4.3	Preliminari kolom lantai atap.....	40
Tabel 4.4	Kontrol kolom lantai atap.....	41
Tabel 4.5	Preliminari kolom lantai 1.....	41
Tabel 4.6	Kontrol kolom lantai 1.....	42
Tabel 4.7	Preliminari kolom lantai 2.....	42
Tabel 4.8	Kontrol Kolom Lantai 2.....	43
Tabel 4.9	Respons spektrum Pasaman.....	51
Tabel 4.10	Rekap gaya dalam kolom.....	54
Tabel 4.11	Rekap gaya dalam balok.....	54
Tabel 4.12	Rekap tulangan balok.....	72
Tabel 4.13	Rekap tulangan pelat.....	72
Tabel 4.14	Rekap tulangan kolom.....	72
Tabel 4.15	Rekap perbandingan dimensi balok.....	73
Tabel 4.16	Rekap perbandingan dimensi kolom.....	73
Tabel 4.17	Rekap perbandingan dimensi pelat lantai.....	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Jenis-jenis kolom dan penulangannya.....	6
Gambar 2.2	Bentang teoritis monolit.....	16
Gambar 2.3	Bentang teoritis tidak monolit.....	17
Gambar 2.4	Peta zona gempa wilayah Indonesia.....	20
Gambar 3.1	Peta lokasi proyek.....	32
Gambar 3.2	Flowchart penelitian.....	34
Gambar 4.1	Dimensi balok.....	35
Gambar 4.2	Dimensi pelat.....	44
Gambar 4.3	Pelat tepi konstruksi.....	45
Gambar 4.4	Grafik respons spektrum Pasaman.....	50
Gambar 4.5	Beban hidup.....	52
Gambar 4.6	Beban mati.....	53
Gambar 4.7	Beban gempa.....	53
Gambar 4.8	Hasil <i>run</i> momen.....	53
Gambar 4.9	Hasil <i>run</i> deformasi.....	54
Gambar 4.10	Diagram interaksi kolom K1 P vs M (40 x 40 cm).....	64
Gambar 4.11	Diagram Interaksi kolom K2 P vs M (30 x 30 cm).....	67
Gambar 4.12	Perbandingan tulangan balok B1.....	73
Gambar 4.13	Perbandingan tulangan balok B2.....	74
Gambar 4.14	Perbandingan tulangan kolom lantai 1 dan 2.....	74
Gambar 4.15	Perbandingan tulangan kolom lantai 2.....	74
Gambar 4.16	Perbandingan tulangan pelat lantai (penulis).....	75
Gambar 4.17	Perbandingan tulangan pelat lantai (perencana).....	75

DAFTAR NOTASI

A_c	=	Luas bidang kontak yang ditinjau terhadap geser horizontal
A_m	=	Percepatan respons maksimum atau faktor Respons Gempa Maksimum pada Spektrum Respons Gempa Rencana
A_g	=	Luas bruto penampang
A_o	=	Percepatan puncak muka tanah akibat pengaruh gempa rencana. A_p Luas penampang ujung tiang
A_r	=	Pembilangan dalam persamaan hiperbola Faktor Respons Gempa C
A_s	=	Luas tulangan tarik non-prategang, mm ²
$A's$	=	Luas tulangan tekan
$A_{s \min}$	=	Luas minimum tulangan lentur, mm ²
A_{st}	=	Luas total tulangan longitudinal (batang tulangan/baja profil), mm ²
A_s'	=	Luas tulangan tekan, mm ²
B	=	Lebar pondasi
b	=	Lebar muka tekan komponen struktur, mm
d	=	Jarak dari serat tekan terluar terhadap titik berat tulangan tarik
E_s	=	Modulus elastisitas tulangan
H	=	Tinggi total bangunan
H	=	Tinggi bangunan per lantai
DL	=	Dead Load (Beban mati)
LL	=	Live Load (Beban hidup)
E_c	=	Modulus elastisitas beton, MPa
f_c'	=	Kuat tekan beton, Mpa
f_y	=	Kuat leleh baja, Mpa
F_i	=	Beban gempa nominal statik ekuivalen
FK	=	Faktor keamanan (Safety factor)
I	=	Faktor keutamaan gedung
R	=	Faktor reduksi gempa

M_u	=	Momen terfaktor pada penampang, N-mm
P_u	=	Beban aksil terfaktor pada eksentrisitas yang diberikan $\leq [] P_n$
q_D	=	Quantitas beban mati
q_l	=	Quantitas beban hidup
T	=	Waktu getar alami struktur
V	=	Beban (gaya) geser dasar nominal statik ekuivalen akibat pengaruh gempa rencana
V_c	=	Kuat geser nominal yang dipikul oleh beton
V_u	=	Gaya geser terfaktor pada penampang, N
W_i	=	Berat lantai tingkat ke-I, termasuk beban hidup yang sesuai
w_u	=	Beban terfaktor per unit panjang dari balok atau per unit luas pelat
W_t	=	Berat total gedung, termasuk beban hidup yang sesuai
μ	=	Faktor daktilitas struktur gedung
β	=	Faktor yang didefinisikan
ρ	=	Rasio tulangan tarik non-prategang
ρ'	=	Rasio tulangan tekan non-prategang
ρ_p	=	Rasio tulangan prategang
D	=	Diameter tulangan ulir
\emptyset	=	Diameter tulangan
Ψ	=	Koefesien nilai untuk wilayah gempa
π	=	Nilai phi (3,14 atau 22/7)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan ilmu rekayasa struktur dibidang Teknik Sipil yang begitu pesat dalam beberapa tahun ini telah memunculkan beberapa standar perencanaan dengan berbagai revisinya terhadap peraturan-peraturan yang telah ada sebelumnya. Evaluasi struktur sesuai dengan peraturan terbaru perlu dilakukan mengingat dalam perencanaan, struktur harus memikul beban rancang secara aman tanpa kelebihan tegangan pada material dan mempunyai batas deformasi yang masih dalam daerah yang diizinkan. Kemampuan suatu struktur untuk memikul beban tanpa mengalami kelebihan tegangan ini diperoleh dengan menggunakan faktor keamanan dalam mendesain elemen struktur. Selain harus kuat dalam memikul beban rancang, struktur harus dirancang secara efisien agar desain struktur yang dirancang relatif lebih ekonomis (Surya 2012).

Indonesia merupakan daerah kategori rawan gempa, karena adanya pertemuan lempengan bumi di kawasan Indonesia, lempeng Indo-Australia dan Eurasia merupakan lempengan yang melewati Indonesia. Lempeng Indo-Australia bergerak relatif terhadap lempeng Eurasia dengan kecepatan 65 mm/tahun pada arah sekitar N10°E (Sih dan Natawidjaja 2000). Terjadinya gempa menghasilkan energi yang kuat yang menjalar di permukaan bumi dengan gelombang vertikal dan horizontal. Energi gempa tersebut dapat merobohkan bangunan struktural seperti gedung. Gedung yang tidak memiliki ketahanan yang kuat terhadap beban gempa dapat bergoyang bahkan sampai roboh atau runtuh dan membahayakan nyawa para penggunanya. Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung di Indonesia mengacu pada peraturan SNI 03-1726-2019 (BSN 2012) tentang “Tata Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung” sebagai salah satu penerapan dari adanya Peta Gempa Indonesia 2010.

Perencanaan struktur harus mengacu pada peraturan atau pedoman standar yang mengatur perencanaan dan pelaksanaan bangunan beton bertulang, yaitu Standar Tata Cara Perhitungan 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, 1999).

Dalam tugas akhir ini penulis akan meninjau ulang kekuatan struktur atas pada Proyek Pembangunan Kantor Wali Nagari Malampah dengan SNI Gempa 03-1726-2019 menggunakan program SAP 2000.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas maka permasalahan yang dirumuskan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Melakukan analisis pada struktur kantor wali nagari malampah yang mengalami kerusakan tingkat sedang setelah terjadinya gempa di Pasaman.
2. Analisis dilakukan hanya pada struktur atas (balok, kolom, pelat lantai).
3. Analisis menggunakan SNI 03-1726-2019 dan SNI 03-2847-2013 untuk mengetahui dimensi dan penulangan.

1.3 Batasan Masalah

Agar masalah dapat lebih sederhana, maka perlu dibuat batasan dalam tugas akhir ini. Adapun batasan masalah dalam tugas akhir ini antara lain:

1. Analisis menggunakan beban mati, beban hidup, beban gempa dan beban angin sesuai dengan beban minimum untuk perencanaan bangunan gedung dan struktur lain SNI 1727-2013.
2. Analisis gaya gempa yang digunakan adalah analisis gempa dinamis dengan menggunakan respons spektrum gempa berdasarkan SNI 03- 1726-2019.
3. Perhitungan analisis struktur dan pembebanan menggunakan software SAP 2000.

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.4.1 Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk menghitung ulang struktur bangunan kantor Wali Nagari Malampah setelah pasca gempa.
2. Meningkatkan kekuatan elemen struktur agar mampu menahan beban sehingga struktur bangunan tersebut dapat memenuhi standar kelayakan.

1.4.2 Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui bagaimana menganalisis struktur gedung bertingkat berdasarkan beban gempa dengan metode analisis SAP 2000.
2. Mengetahui mana saja bagian atau elemen struktur yang mengalami kondisi kritis.

1.5 Sistematika Penulisan

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

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini akan dibahas tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi dasar-dasar teori tentang penelitian yang akan dilakukan dengan mengacu beberapa sumber yang relevan dan persyaratan yang dibutuhkan untuk membantu penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini membahas tentang latar belakang lokasi pembangunan, pengumpulan data serta *flowchart*.

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini membahas perhitungan dan langkah-langkah dalam menganalisis permasalahan yang dianalisis dalam penelitian ini.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini berisikan tentang kesimpulan dan saran dari materi Yang diuraikan pada bab-bab sebelumnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Konstruksi suatu bangunan adalah suatu kesatuan dan rangkaian dari beberapa elemen yang direncanakan agar mampu menerima beban dari luar maupun berat sendiri tanpa mengalami perubahan bentuk yang melampaui batas persyaratan. Bangunan harus kokoh dan aman terhadap keruntuhan (kegagalan struktur) dan terhadap gaya-gaya yang disebabkan angin dan gempa bumi. Maka setiap elemen bangunan disesuaikan dengan kriteria dan persyaratan yang ditentukan, agar mutu bangunan yang dihasilkan sesuai dengan fungsi yang diinginkan. Fungsi utama dari struktur adalah dapat memikul secara aman dan efektif beban yang bekerja pada bangunan, serta menyalurkannya ke tanah melalui pondasi, beban yang bekerja terdiri dari beban vertikal dan beban horizontal.

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai langkah-langkah pengertian dan perhitungan struktur mulai dari struktur atas (*upper structure*), pembebanan struktur, material dan aplikasi yang digunakan. Metode yang digunakan SNI 03- 1726-2002 untuk perencanaan bangunan gedung dan SNI 03-1726-2019 untuk analisis dinamis respons spektrum gempa.

2.2 Struktur Atas (*Upper Structure*)

Struktur bangunan atas yaitu struktur bangunan yang berada diatas permukaan tanah, yang meliputi: struktur atap, struktur pelat lantai, struktur balok, struktur kolom dan struktur dinding geser. Struktur balok dan kolom menjadi satu kesatuan yang kokoh dan sering disebut sebagai kerangka (*portal*) dari suatu gedung. Pada struktur bangunan atas, kolom merupakan komponen struktur yang paling penting untuk diperhatikan, karena apabila kolom ini mengalami kegagalan maka dapat berakibat keruntuhan struktur bangunan atas dari gedung secara keseluruhan (Asroni, 2010).

2.2.1 Kolom

Kolom merupakan suatu struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan, sehingga keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya (*collapse*) lantai yang bersangkutan dan juga runtuh total (*total collapse*) seluruh struktur. (Sudarmoko, 1996).

1. Pengertian Kolom

Kolom adalah elemen vertikal dari rangka (*frame*) struktural yang memikul beban dari balok. Elemen ini merupakan elemen yang mengalami tekan dan pada umumnya disertai dengan momen lentur. Kolom merupakan salah satu unsur terpenting dalam peninjauan keamanan struktur. Beban tekan dan lentur, kolom meneruskan beban-beban dari elevasi atas ke elevasi yang lebih bawah hingga akhirnya sampai ke tanah melalui pondasi. (Nawy, 1998).

2. Fungsi Kolom

Fungsi kolom adalah sebagai penerus beban seluruh bangunan ke pondasi. Bila di umpamakan, kolom itu seperti rangka tubuh manusia yang memastikan sebuah bangunan berdiri. SK SNI T- 15-1991-03 mendefinisikan kolom adalah komponen stuktur bangunan yang tugas utamanya menyanggah beban aksial tekanan vertikal dengan bagian tinggi yang tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil. Kolom berfungsi sangat penting, agar bangunan tidak mudah roboh. Beban sebuah bangunan yang diterima kolom akan di distribusikan hingga ke pondasi.

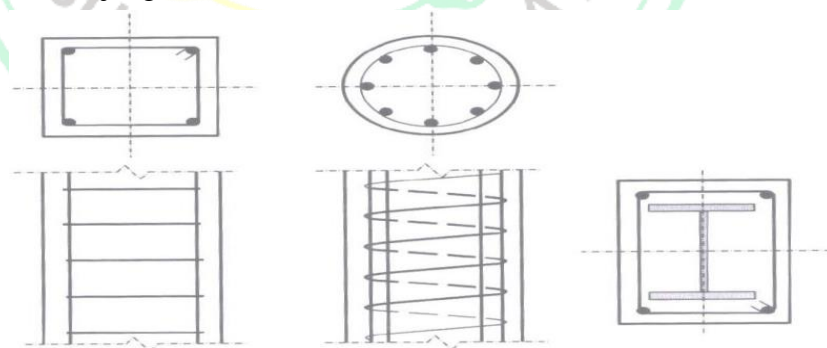
3. Jenis-jenis Kolom

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

- a. Kolom Ikat (*Tie Column*)
- b. Kolom Spiral (*Spiral Column*)
- c. Kolom Komposit (*Composite Coloumn*)

Dalam buku struktur beton bertulang (Istimawan Dipohusodo, 1994), ada tiga jenis kolom beton bertulang yang diperlihatkan pada gambar 2.1 yaitu:

- a. Kolom menggunakan pengikat sengkang lateral, kolom ini merupakan kolom beton yang ditulangi dengan batang tulangan pokok memanjang yang pada jarak spasi tertentu diikat dengan pengikat sengkang ke arah lateral. Tulangan ini berfungsi untuk memegang tulangan pokok memanjang agar tetap kokoh pada tempatnya.
- b. Kolom menggunakan pengikat spiral, bentuknya sama dengan yang pertama hanya saja sebagai pengikat tulangan pokok memanjang adalah tulangan spiral yang dililitkan keliling membentuk heliks menerus di sepanjang kolom. Fungsi dari tulangan spiral adalah memberi kemampuan kolom untuk menyerap deformasi cukup besar sebelum runtuh, sehingga mampu mencegah terjadinya kehancuran seluruh struktur sebelum proses redistribusi momen dan tegangan terwujud.
- c. Struktur kolom komposit merupakan komponen struktur tekan yang diperkuat pada arah memanjang dengan gelagar baja profil atau pipa, dengan atau tanpa diberi batang tulangan pokok memanjang.



Gambar 2.1 Jenis-jenis kolom dan penulangannya
Sumber : Buku perancangan struktur beton bertulang 2016

4. Perencanaan Kolom

Dalam menentukan tulangan pada kolom di mana ukuran penampang serta beban aksial dan momen yang berkerja telah

diketahui, lebih disarankan dengan menggunakan grafik-grafik. Pembagian tulangan pada kolom berpenampang persegi dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu pertama tulangan dipasang simetris pada dua sisi penampang, tegak lurus terhadap arah lentur dan $A_s = A'_s = 0,5 A_{st}$, sedangkan cara kedua tulangan dibagi sama rata pada sisi penampang dengan $A_s = A'_s = A_{st} = 0,25 A_{st}$. Penggunaan grafik terutama disarankan untuk penulangan pada seluruh sisi kolom dengan eksentrisitas yang pendek, berarti beban aksial relatif besar dan momen relatif kecil.

Pada sumbu vertikal dapat ditentukan menggunakan pers. 2.1 dibawah ini :

$$\frac{P_u}{\phi A_{gr} \cdot 0,85 \cdot f_c} \quad (2.1)$$

Dimana:

P_u = Gaya aksial terfaktor kolom

A_g = Luas bruto penampang

r = Besaran kedua sumbu

ϕ = Faktor reduksi kekuatan

F_c = Kuat tekan beton (MPa)

Pada sumbu horizontal dapat ditentukan menggunakan pers. 2.2 dibawah ini :

$$\frac{P_u}{\phi A_{gr} \cdot 0,85 \cdot f_c} \left[\frac{e_t}{h} \right] \quad (2.2)$$

Dimana :

e_t = Eksentrisitas gaya terhadap sumbu

h = Tebal atau tinggi total komponen

Dalam et telah diperhitungkan eksentrisitas yang dapat ditentukan pers. 2.3 dibawah ini :

$$e = \frac{M_U}{h} \quad (2.3)$$

Dimana :

e = Eksentrisitas

M_U = Momen terfaktor

h = Tebal atau tinggi total komponen

Besaran pada kedua sumbu dapat dihitung dan ditentukan, kemudian suatu nilai r dapat dibaca. Penulangan yang diperlukan adalah $\beta \cdot r$, dengan β bergantung pada mutu beton. Untuk kolom diperkenankan menganggap faktor reduksi kekuatan $\phi = 0,65$ untuk harga dapat ditentukan menggunakan pers. 2.4 dibawah ini :

$$P_u < 0,10 A_{gr} f_c \quad (2.4)$$

Untuk kolom dengan pengikat sengkang dapat ditentukan menggunakan pers. 2.5 dan 2.6 dibawah ini :

$$\phi = 0,80 - \frac{0,20\phi P_n}{0,1f'_c A_g} = 0,65 \quad (2.5)$$

Dimana :

P_n = Gaya aksial nominal

ϕ = Faktor reduksi kekuatan

$$P_n = \frac{\frac{A_s f_y}{e} + \frac{b h f_c}{3 h e}}{(d-d') + 0,5} + \frac{b h f_c}{d^2 + 1,18} \quad (2.6)$$

Dimana:

A_s = Luas tulangan persisi

f_y = Mutu baja

d = Tinggi kolom kurangi asumsi selimut

d' = Asumsi selimut beton

$b = h$ = Lebar dan tinggi kolom

Dengan menggunakan batang tulangan yang sudah ditentukan, jarak sengkang ditentukan nilai terkecil dari ketentuan-ketentuan berikut ini:

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

2.2.2 Balok

Balok adalah bagian dari struktural sebuah bangunan yang kaku dan dirancang untuk menanggung dan mentransfer beban menuju elemen-elemen kolom penopang yang memiliki fungsi sebagai rangka penguat horizontal bangunan akan beban-beban.

1. Pengertian Balok

Balok juga merupakan salah satu pekerjaan beton bertulang, balok merupakan bagian struktur yang digunakan sebagai dudukan lantai dan pengikat kolom lantai atas. Apabila suatu gelagar balok bentangan sederhana menahan beban yang mengakibatkan timbulnya momen lentur akan terjadi deformasi (regangan) lentur didalam balok tersebut, regangan-regangan balok tersebut mengakibatkan timbulnya tegangan yang harus ditahan oleh balok, tegangan tekan disebelah atas dan tegangan tarik dibagian bawah. Agar stabilitas terjamin batang balok sebagai bagian dari sistem yang menahan lentur harus kuat untuk menahan tegangan tekan dan tarik tersebut, tegangan baja dipasang didaerah tegangan tarik bekerja, didekat serat terbawah maka secara teoritis balok disebut sebagai bertulangan baja tarik saja (Dipohusodo, 1996).

2. Fungsi Balok

Dari hal yang sudah dijelaskan mengenai apa itu balok beton dapat diberi kesimpulan bahwa baik itu balok beton tulangan maupun yang bukan tulangan mempunyai fungsi atau tugas pokok yang berbeda. Hal itu pun sesuai dengan sifat bahan yang bersangkutan. Berikut ini adalah fungsi utama balok beton :

- a. Menahan beban/gaya tekan pada bangunan
- b. Menutup baja tulangan agar tidak mudah berkarat
- c. Menahan gaya tarik, meskipun kuat terhadap gaya tekan
- d. Mencegah keretakan pada beton agar tidak melebar.

3. Jenis-jenis Balok

a. 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 materialnya.

b. Balok kantilever

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

c. Balok 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 berotasi karena momen.

d. Balok teristisan

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

e. 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.

f. Bentangan tersuspensi

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

4. Perencanaan Tulangan Balok

a. Momen

Perhitungan momen dan gaya aksial pada balok dan kolom diselesaikan menggunakan Program SAP 2000.

b. Luas tulangan (A_s)

- 1) Mengubah beban atau momen yang bekerja menjadi beban rencana (W_u) atau momen rencana (M_u) termasuk berat sendiri.
- 2) Berdasarkan h yang diketahui, diperkirakan d dengan menggunakan hubungan $d=h-80 \text{ mm}$, dan kemudian hitunglah k yang diperlukan memakai pers. 2.7 berikut :

$$K = \frac{M_u}{\phi b d^2} \quad (2.7)$$

Dimana :

K = Faktor panjang efektif komponen struktur tekan

M_u = Momen terfaktor

ϕ = Faktor reduksi kekuatan

b = Lebar (m)

d = Tinggi efektif (m)

- 3) Menentukan rasio penulangan berdasarkan tabel luas penampang tulangan baja.
- 4) Menghitung A_s yang diperlukan dengan pers. 2.8 berikut :

$$A_s = p b d \quad (2.8)$$

Dimana:

A_s = Luas tulangan persisi

p = Selimut beton

b = Lebar balok

d = Tinggi efektif panamapang balok

c. Merencanakan dimensi penampang dan A_s

- 1) Memilih rasio penulangan yang diperlukan berdasarkan tabel, kecuali bila dimensi balok terlalu kecil atau memang

dikehendaki pengurangan penulangannya yang dapat ditentukan dengan pers. 2.9 berikut :

$$P_{min} \leq p \leq P_{max} \quad (2.9)$$

Dimana :

P_{min} = Rasio tulangan minimum

P_{max} = Rasio tulangan maksimum

- 2) Memperkirakan b dan kemudian menghitung d yang diperlukan menggunakan pers. 2.10 berikut :

$$d_{perlu} = \sqrt{\frac{Mu}{\phi bk}} \quad (2.10)$$

Dimana :

D = Tinggi efektif penampang balok

M_U = Momen terfaktor

ϕ = Faktor reduksi kekutan

d. Perencanaan tulangan geser

- 1) Untuk komponen-komponen struktur yang menahan geser dan lentur, persamaan 13.3-1 SK SNI 03-2847-2002 memberikan kapasitas kemampuan beton untuk menahan gaya geser adalah V_c yang dapat ditentukan dengan pers. 2.11 dan 2.12 berikut :

$$V_c = \left[\sqrt{\frac{f_u}{6}} \right] b_w d \quad (2.11)$$

Dimana:

V_c = Kuat geser nominal

F_u = Tegangan tarik

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} \quad (2.12)$$

Dimana :

V_s = Kuat geser nominal

V_u = Gaya geser terfaktor

- 2) Berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 11.3.3 koefisien reduksi (ϕ) = 0,75 dengan M_u adalah momen terfaktor yang

terjadi bersamaan dengan gaya geser terfaktor maksimum V_u pada penampang kritis, sedangkan batas atas faktor pengali dan V_c yang dapat ditentukan dengan pers. 2.13 dan 2.14 berikut :

$$\frac{V_u}{M_u} \leq 1,0 \quad (2.13)$$

Dimana :

V_u = Gaya geser terfaktor

M_u = Momen terfaktor

$$V_c \leq (0,30 \sqrt{f'_c}) b_w d \quad (2.14)$$

Dimana :

V_c = Kuat geser nominal

f'_c = Kuat tekan beton

- 3) Untuk sengkang yang tegak lurus terhadap sumbu aksial komponen struktur maka dapat ditentukan menggunakan pers. 2.15 berikut :

$$A_s = \frac{AsF_y d}{s} \quad (2.15)$$

Dimana :

A_s = Luas tulangan tarik

F_y = Tegangan leleh baja

S = Spasi tulangan geser

2.2.3 Pelat

Pelat adalah elemen horizontal struktur yang mendukung beban mati maupun beban hidup dan menyalurkannya ke rangka vertikal dari sistem struktur. Pelat merupakan struktur bidang permukaan yang lurus, datar atau melengkung yang tebalnya jauh lebih kecil dibanding dengan dimensi yang lain.

1. Pengertian Pelat Lantai

Pelat lantai adalah lantai yang tidak terletak di atas tanah langsung, merupakan lantai tingkat pembatas antara tingkat yang

satu dengan tingkat yang lain. Pelat lantai didukung oleh balok-balok yang bertumpu pada kolom-kolom bangunan. Ketebalan pelat lantai ditentukan oleh :

- a. Besar lendutan yang diinginkan
- b. Lebar bentangan atau jarak antara balok-balok pendukung
- c. Bahan material konstruksi dan pelat lantai

Pelat lantai harus direncanakan kaku, rata, lurus dan waterpass (mempunyai ketinggian yang sama dan tidak miring), pelat lantai dapat diberi sedikit kemiringan untuk kepentingan aliran air. Ketebalan pelat lantai ditentukan oleh beban yang harus didukung, besar lendutan yang diijinkan, lebar bentangan atau jarak antara balok-balok pendukung, bahan konstruksi dari pelat lantai.

Pelat lantai merupakan suatu struktur solid tiga dimensi dengan bidang permukaan yang lurus, datar dan tebalnya jauh lebih kecil dibandingkan dengan dimensinya yang lain. Struktur pelat bisa saja dimodelkan dengan elemen 3 dimensi yang mempunyai tebal h , panjang b , dan lebar a . Adapun fungsi dari pelat lantai adalah untuk menerima beban yang akan disalurkan ke struktur lainnya.

Pada pelat lantai merupakan beton bertulang yang diberi tulangan baja dengan posisi melintang dan memanjang yang diikat menggunakan kawat ikat, serta tidak menempel pada permukaan pelat baik bagian bawah maupun atas. Adapun ukuran diameter, jarak antar tulangan, posisi tulangan tambahan bergantung pada bentuk pelat, kemampuan yang diinginkan untuk pelat menerima lendutan yang diijinkan.

2. Fungsi Pelat Lantai

- a. Sebagai pemisah ruang bawah dan ruang atas
- b. Sebagai tempat berpijak penghuni di lantai atas
- c. Untuk menempatkan kabel listrik dan lampu pada ruang bawah
- d. Meredam suara dari ruang atas maupun dari ruang bawah
- e. Menambah kekakuan bangunan pada arah horizontal.

3. Jenis-jenis Pelat Lantai

a. Metode konvensional

Seluruh struktur pelat lantai dikerjakan ditempat, bekisting menggunakan *plywood* dengan perancah *scaffolding*. Ini merupakan cara lama yang paling banyak digunakan namun membutuhkan waktu lama serta biaya tinggi, kondisi ini kemudian menyebabkan banyak pekerja proyek berlomba-lomba melakukan inovasi untuk mendapatkan hasil yang lebih baik sekaligus biaya termurah.

b. Metode *half slab*

Disebut *half slab* karena separuh struktur plat lantai dikerjakan dengan sistem *precast*, bagian tersebut bisa dibuat dipabrik lalu dikirim ke lokasi proyek untuk dipasang. Selanjutnya dilakukan pemasangan besi tulangan bagian atas lalu dilakukan pengecoran separuh plat ditempat, kelebihanya yaitu adanya pengurangan waktu serta biaya pekerjaan bekisting. Namun tidak semua bagian plat gedung bisa dibuat dengan sistem *half slab*, contohnya area plat kantilever bagian pinggir biasanya tetap dipasang dengan sistem konvensional, area toilet juga sebaiknya dibuat secara konvensional untuk menghindari kebocoran.

c. Metode *full precast*

Bisa dibbilang bahwa ini merupakan sistem paling cepat, namun yang perlu diperhatikan jika menggunakan metode ini adalah segi kekuatan alat angkat misalnya kuat angkat ujung *tower crane* harus lebih besar dari total berat beton *precast*, dari segi waktu pengerjaan akan lebih cepat karena pengejaan beton *precast* dapat dilakukan di pabrik sejak dini lalu tinggal kirim ke lokasi proyek untuk di pasang.

d. Metode bondek

Tulangan bawah dihilangkan dan fungsinya digantikan oleh pelat bondek, dengan begini diharapkan ada penghematan

besi tulangan dan bekisting dibawahnya. Tulangan atas bisa dibuat dalam bentuk batangan atau diganti dengan besi *wiremesh* agar lebih cepat dalam pemasangan.

4. Perencanaan Pelat Lantai

Pelat direncanakan berdasarkan persyaratan ketebalan minimum dengan bantuan tebal minimum h dan ditambah dengan hasil dari faktor pengali bila memakai beton yang lain dari $f_y = 400$ MPa (Vis- Kusuma, 1993) yaitu sesuai dengan pers. 2.16 berikut :

$$0,4 + \frac{f_y}{700} \quad (2.16)$$

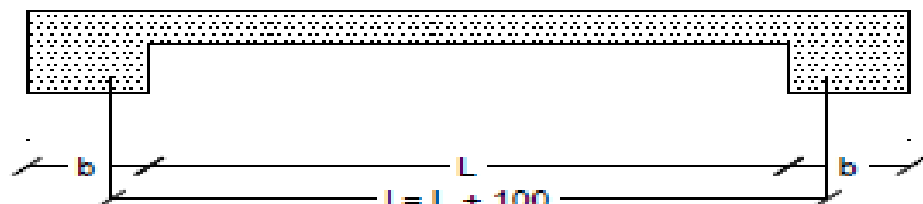
Dalam perhitungan perencanaan pelat beton bertulang digunakan pengertian bentang teoritis yang dinyatakan dengan l . Nilai ini dianggap sama dengan bentang bersih L antara kedua bidang permukaan tumpuan ditambah dengan setengah panjang perletakan a pada setiap ujung. Bila lebar balok lebih dari dua kali tebal keseluruhan pelat, dianggap $l = L + 100$ (seperti Gambar 2.2). jika perletakan pelat beton bertulang dibuat dari bahan yang lain dengan beton bertulang, sesuai ketentuan untuk bentang $l = l + h$. dengan L adalah bentang bersih dan h tebal total pelat. Apabila $(L+h)$ lebih besar dari jarak pusat ke pusat tumpuan, maka l boleh diambil jarak ke pusat tersebut seperti tampak pada Gambar (2.3). Dapat ditentukan menggunakan pers. 2.17 sebagai berikut :

$$l = L + (2 \times \frac{1}{2} b) \quad (2.17)$$

Dimana :

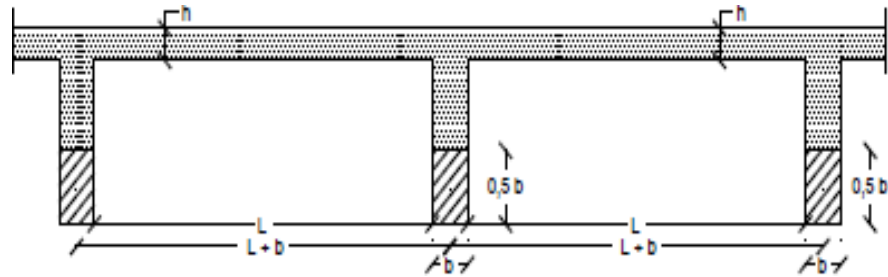
L = Panjang bentang

B = Lebar daerah komponen



Gambar 2.2 Bentang teoritis monolit

Sumber : (Vis-Kusuma, 1993)



Gambar 2.3 Bentang teoritis tidak monolit
 Sumber : (Vis-Kusuma, 1993)

Dengan memperkirakan batang tulangan yang akan dipakai sebagai tulangan tarik pokok dan selimut beton berdasarkan tebal minimum penutup beton pada tulangan terluar dalam mm (Vis-Kusuma, 1993) maka nilai d dapat ditentukan dengan pers. 2.18 sebagai berikut :

$$d = h - p - \frac{1}{2} \phi p \quad (2.18)$$

Dimana :

d = Tebal selimut beton

h = Tinggi pelat

p = Beban terpusat

ϕ = Faktor reduksi kekutan

Perencanaan menggunakan $M_u = M_R$ sebagai limit (batas) dengan $M_R = \phi b d^2 k$, maka dapat ditentukan menggunakan pers. 2.19 sebagai berikut :

$$K_{perlu} = \frac{M_u}{\phi b d^2} \quad (2.19)$$

Dimana :

K = Faktor panjang efektif komponen struktur tekan

M_u = Momen (kNmm)

$\phi = 0,8$

Dengan menggunakan persamaan tersebut dapat dihitung rasio baja ρ yang diperlukan, dan dengan demikian dapat dihitung pula A_s yang diperlukan yaitu menggunakan pers. 2.20 sebagai berikut :

$$A_s = p_{\min} b d . 106 \quad (2.20)$$

Dimana :

A_s = Rasio tulangan

P_{\min} = Rasio tulangan minimum

b = Lebar (mm)

2.3 Pembebanan Struktur

Pada desain gedung atau ruko menurut peraturan perencanaan pembebanan tahun 1983 untuk rumah dan gedung harus direncanakan kekuatannya terhadap pembebanan yang di akibatkan oleh beban hidup (L), beban mati (M), beban angin (W) dan beban gempa (E).

Secara garis besar SNI 1727-2002 dengan pedoman peraturan perencanaan pembebanan Indonesia tahun 1983 memiliki isi dan maksud yang sama, yaitu memperhitungkan kekuatan bangunan dengan pembebanan yang akan dianalisa, hanya pada SNI 1727-2013 lebih spesifik dan detail, tapi pada umumnya pembebanan-pembebanan yang dianalisa adalah sebagai berikut:

2.3.1 Beban Mati (*Dead Load*)

Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu bangunan yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari bangunan tersebut. (SNI 03-2847-2002).

Tabel 2.1 Berat material konstruksi

No	Nama Material	Berat Volume	Satuan
1	Air	10	kN/m ³
2	Adukan semen/spesi	22	kN/m ³
3	Beton	22	kN/m ³
4	Beton bertulang	24	kN/m ³
5	Dinding bata	2.5	kN/m ³
6	Plafond/langit-langit	0.11	kN/m ³
7	Pasir	16	kN/m ³
8	Keramik per cm tebal	0.24	kN/m ³
9	Penggantung langit-langit	0.07	kN/m ³

10	Plumbing	0.25	kN/m ³
11	Pelapis kedap air	0.14	kN/m ³

Sumber : PPPURG 1987

2.3.2 Beban Hidup (*Live Load*)

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat pemakaian dan penghunian suatu gedung, termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah dan atau beban akibat air hujan pada atap. (SNI 03-2847-2002).

Tabel 2.2 Beban hidup pada gedung

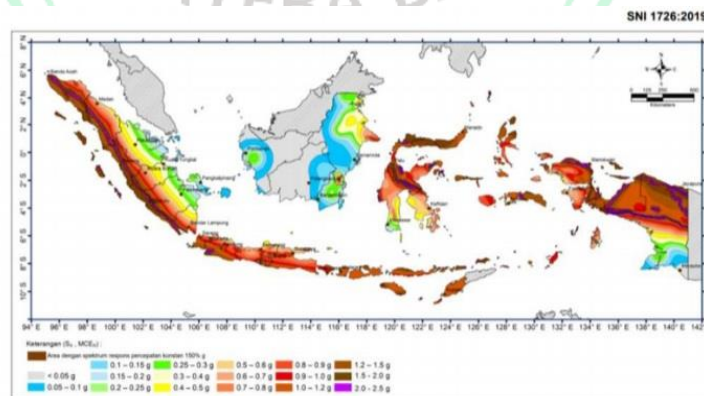
No	Jenis	Kg/m ²
1	Lantai dan tangga rumah tinggal	200
2	Lantai dan tangga sederhana rumah tinggal dan gudang yang tidak penting yang bukan untuk toko, pabrik atau bengkel	125
3	Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, toserba, restoran, hotel, rumah sakit	250
4	Lantai ruang olahraga	400
5	Lantai ruang dansa	500
6	Lantai dan balkon dalam dari ruang-ruang untuk pertemuan yang lain, dari pada yang disebut dalam a sampai e, seperti mesjid, gereja, ruang pagelaran, ruang rapat, bioskop dan panggung penonton.	400
7	Panggung penonton dengan tempat duduk tidak tetap atau untuk penonton berdiri	500
8	Tangga, bordes tangga dan gang yang disebut dalam c	300
9	Tangga, bordes tangga dan gang yang disebut dalam d,e,g	500
10	Lantai untuk pabrik, bengkel, gudang, perpustakaan, ruang arsip, toko buku, toko besi, ruang alat-alat dan ruang mesin, harus direncanakan terhadap beban hidup yang ditentukan sendiri	400

11	Lantai gedung parkir bertingkat	800
	Untuk lantai bawah	400
	Untuk lantai tingkat lainnya	
12	Balok-balok yang menjorok bebas keluar harus direncanakan	300

Sumber : PPIUG 1983

2.3.3 Beban Gempa (*Earthquake*)

Beban- beban yang bekerja pada struktur seperti beban mati, beban hidup, beban gempa dan beban angin 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). Beban gempa adalah semua beban statik ekuivalen 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 analisa 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 ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa (PPIUG 1983).



Gambar 2.4 Peta zona gempa wilayah Indonesia

Sumber : SNI 1726 : 2019

1. Penentuan Faktor Keutamaan Gedung

Berdasarkan SNI-1726-2019 dalam menentukan kategori resiko bangunan dan faktor keutamaan bangunan bergantung dari jenis pemanfaatan bangunan tersebut. Kategori resiko struktur untuk bangunan gedung dan non gedung diatur sesuai dengan Tabel 2.3. Pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan 12 dengan suatu faktor keutamaan I_e menurut Tabel 2.4. Khusus untuk struktur bangunan dengan kategori resiko IV, bila dibutuhkan pintu masuk untuk operasional dari struktur bangunan yang bersebelahan, maka struktur bangunan yang bersebelahan tersebut harus didesain sesuai dengan kategori resiko IV.

Tabel 2.3 Kategori resiko gedung dan non gedung untuk beban gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk tapi tidak dibatasi untuk antara lain: <ul style="list-style-type: none">• Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan dan perikanan• Fasilitas sementara• Gudang penyimpanan• Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori resiko I, III, IV termasuk tapi tidak dibatasi untuk : <ul style="list-style-type: none">• Perumahan• Rumah toko dan rumah kantor• Pasar• Gedung perkantoran• Gedung apartemen/ rumah susun• Pusat perbelanjaan/ mall• Bangunan industry• Fasilitas manufaktur	II

<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk tapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bioskop • Gedung pertemuan • Stadion • Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat • Fasilitas penitipan anak • Penjara • Bangunan untuk orang jompo <p>Gedung dan non gedung tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk tapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pusat pembangkit listrik biasa • Fasilitas penanganan air • Fasilitas penanganan limbah • Pusat telekomunikasi <p>Gedung dan non gedung tidak termasuk kategori risiko IV, (termasuk tetapi dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, bahan mudah meledak) mengandung bahan beracun peledak dimana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas disyaratkan instansi berwenang cukup menimbulkan bahaya bagi jika terjadi kebocoran.</p>	III
<p>Gedung dan non gedung ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk :</p>	IV

<ul style="list-style-type: none"> • Bangunan-bangunan monumental • Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan • Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat • Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat • Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat • Perlindungan darurat lainnya • Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat • Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat • Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat. • Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk kedalam kategori risiko IV 	
--	--

Sumber : SNI 1726 : 2019

Tabel 2.4 Faktor keutamaan gempa

Kategori Resiko	Faktor Keutamaan Gempa (Ie)
I dan II	1,00
III	1,25
IV	1,50

Sumber : SNI 1726 : 2019

2. 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 pers. 2.21 berikut :

$$T = 0,06 \times (H)^{3/4} \quad (2.21)$$

Dimana :

H = jumlah tingkat gedung

3. Faktor Respons Gempa

Untuk menentukan harga faktor respons gempa (C), dapat dihitung menurut pers. 2.22 berikut :

$$C = \psi \times A_0 \times I \quad (2.22)$$

Dimana :

C = faktor respon gempa

Ψ = koefisien ψ untuk faktor respons gempa vertikal C

A_0 = nilai dari 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 2.5 dan 2.6, sedangkan I adalah faktor keutamaan gedung juga menggunakan tabel yang berlandaskan kepada standar perencanaan ketahanan gempa untuk struktur gedung SNI 1726 : 2019 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.

Tabel 2.5 Koefesien (ψ)

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

Sumber : SNI 1726 : 2019

Tabel 2.6 Percepatan puncak muka tanah (A_0)

Wilayah Gempa	Percepatan Puncak Bantuan Dasar	Percepatan Puncak Muka Tanah A_s			
		Tanah Keras	Tanah Sedang	Tanah Lunak	Tanah Khusus
1	0,03	0,04	0,05	0,08	Diperlukan ekivalen khusus disetiap 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 : 2019

4. Kombinasi Beban Terfaktor

Dari perhitungan pembebanan dikombinasikan dan dimasukkan ke program pendukung serta kombinasi beban sesuai dengan SNI 03-1726-2019 dapat dilihat pada tabel 2.7 dibawah ini :

Tabel 2.7 Kombinasi beban untuk metode ultimit

Beban	Kombinasi Ultimit
Beban mati	1,4 D
Beban Hidup	1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr atau R)
Beban angin	1,2 D + 1,6 (Lr Atau R) + (L atau 0,5 W) 1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (Lr atau R) 0,9 D + 1,0 W
Beban Gempa	1,2 D + 1,0 E + L 0,9 D + 1,0 E

Sumber : SNI-1727-2013

5. Faktor Reduksi

Dalam peraturan pembebanan Indonesia untuk gedung (PPIUG) 1983 diatur mengenai nilai faktor reduksi (R) beban hidup yang digunakan sebagai sumber massa gempa dapat ditentukan melalui tabel 2.8 sebagai berikut :

Tabel 2.8 Faktor reduksi beban hidup untuk peninjauan gempa

Penggunaan Gedung	Koefisien	
	Perencanaan Portal	Peninjauan Gempa
Perumahan/Penghunian: <ul style="list-style-type: none"> • Rumah tempat tinggal • Asrama • Hotel • Rumah Sakit 	0,75	0,3
Pendidikan: <ul style="list-style-type: none"> • Sekolah • Ruang Kuliah 	0,90	0,5
Pendidikan: <ul style="list-style-type: none"> • Kantor • Bank 	0,60	0,30
Perdagangan: <ul style="list-style-type: none"> • Toko • Toserba • Pasar 	0,80	0,80
Penyimpanan: <ul style="list-style-type: none"> • Gudang • Perpustakaan • Ruang Arsip 	0,80	0,80
Industri: <ul style="list-style-type: none"> • Pabrik • Bengkel 	1,00	0,90
Tempat Kendaraan:	0,90	0,50

<ul style="list-style-type: none"> • Garasi • Gedung Parkir 		
Gang dan Tangga: <ul style="list-style-type: none"> • Perumahan / Penghunian • Pendidikan, Kantor • Pertemuan umum Perdagangan Penyimpanan Industri Tempat kendaraan 	0,75 0,75 0,90	0,30 0,30 0,50

Sumber : Peraturan pembebanan Indonesia untuk gedung (PPIUG, 1983)

2.3.4 Beban Angin (*Wind Load*)

Beban angin adalah semua beban yang bekerja pada gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara (PPIUG 1983). Beban angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif yang bekerja tegak lurus pada bidang yang ditinjau. Tekanan tiup harus diambil minimum 25 kg/m² kecuali daerah laut dan tepi laut sampai sejauh 5 km dari tepi pantai. Pada daerah tersebut tekanan hisap diambil minimum 40 kg/m². Sedangkan koefisien angin untuk gedung tertutup adalah :

1. Dinding vertikal
 - a. Di pihak angin = + 0,9
 - b. Di belakang angin = - 0,4
2. Atap segitiga dengan sudut kemiringan α
 - a. Di pihak angin :

$\alpha < 650$	= 0,0
$650 < \alpha < 900$	= + 0,9
 - b. Di belakang angin, untuk semua α = - 0,4

2.4 Material

Pengertian material adalah bahan baku yang diolah perusahaan industry dapat diperoleh dari pembelian lokal, impor atau pengolahan yang dilakukan sendiri. Dari beberapa pengertian tersebut dapat disimpulkan bahwa material adalah sebagai beberapa bahan yang dijadikan untuk membuat suatu produk atau barang jadi yang lebih bermanfaat.

2.4.1 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 diperlukan tulangan untuk menahan gaya tarik.

1. 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-tegangan didaerah elastis. Ketentuan SNI 03-2846-2002 menetapkan nilai $E_s=200.000$ 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 dikodekan berurutan dengan: huruf BJ, TP dan TD.

- a. BJ berarti Baja
- b. TP berarti Tulangan Polos
- c. 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 deformasi atau dipuntir. Baja beton yang dipakai dalam bangunan harus memenuhi norma persyaratan terhadap metode pengujian dan pemeriksaan untuk bermacam-macam mutu baja beton.

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. Disamping 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 leleh regangan pada beban maksimal, modulus elastisitas/konstanta material (E_s).

2. Baja 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.

3. Baja Tulangan Ulir

Berdasarkan SNI baja tulangan ulir lebih diutamakan pemakaiannya untuk batang tulangan struktur beton, hal ini dimaksudkan agar struktur beton bertulang tersebut memiliki keandalan terhadap efek gempa, karenaakan terdapat ikatan yang lebih baik antara beton dan tulangannya.

2.4.2 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 :

- a. Air
 - b. Semen –Portland
 - c. Agregat (pasir dan kerikil)
- 1) Sifat Dan Karateristik Beton
- a. Beton mempunyai tegangan tekan yang tinggi.
 - b. Tegangan tarik yang dimiliki oleh beton sangat rendah.
 - c. Beton juga tidak bisa diterapkan pada konstruksi yang menahan momen lengkung.
 - d. Jika dipaksakan memikul gaya tarik, beton akan mengalami keretakan.
 - e. Kekuatan beton dipengaruhi oleh banyaknya air dan semen
 - f. Beton akan mencapai kekuatan penuh setelah berumur 28 hari.
 - g. Beton merupakan material murah yang bisa dimanfaatkan untuk menahan beban tekan.
 - h. Beton memiliki tingkat kekakuan yang tinggi.
 - i. Beton mempunyai daya ketahanan yang baik terhadap api.
 - j. Beton tidak terlalu membutuhkan perawatan yang intensif.
 - k. Seiring berjalannya waktu, beton akan mengalami pengurangan volume akibat susut.

- l. Beton adalah bahan bangunan yang memiliki bobot termasuk sangat berat.
- m. Struktur yang terbuat dari beton mampu bertahan hingga mencapai lebih dari 50 tahun.
- n. Pada masa perkerasan, beton rentan sekali mengalami keretakan.
- o. Tulangan baja yang ditanamkan dalam beton akan meningkatkan kekuatan tariknya.

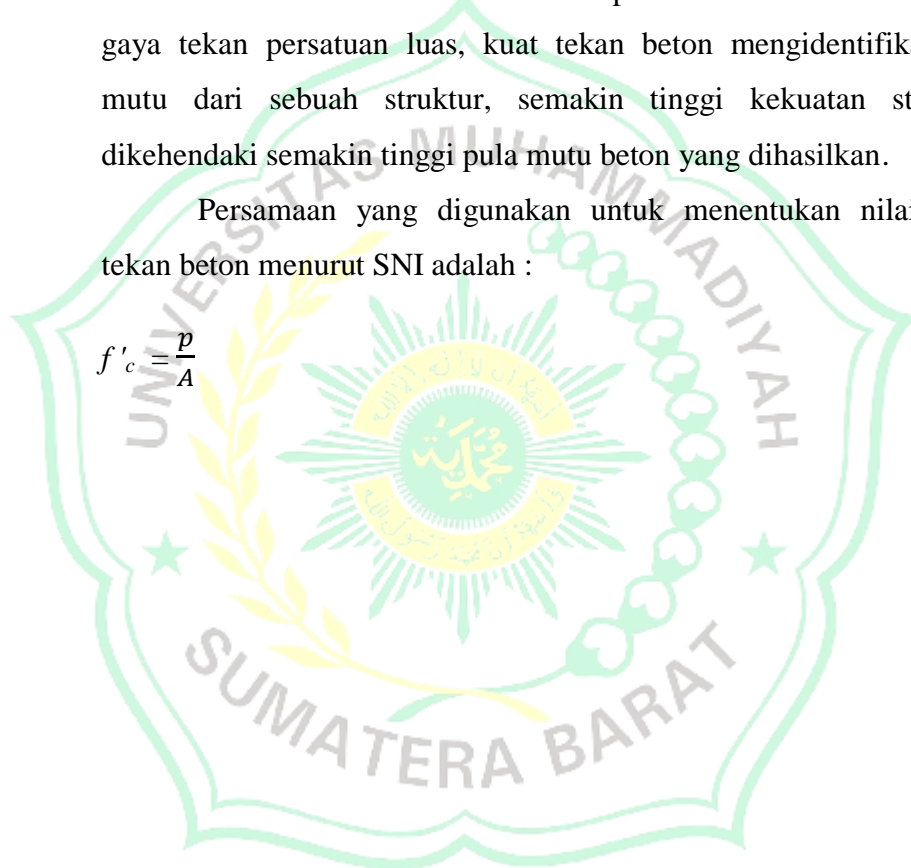
2) Mutu Beton

Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas, kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur, semakin tinggi kekuatan struktur dikehendaki semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan.

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

$$f'_c = \frac{p}{A}$$

(2.23)



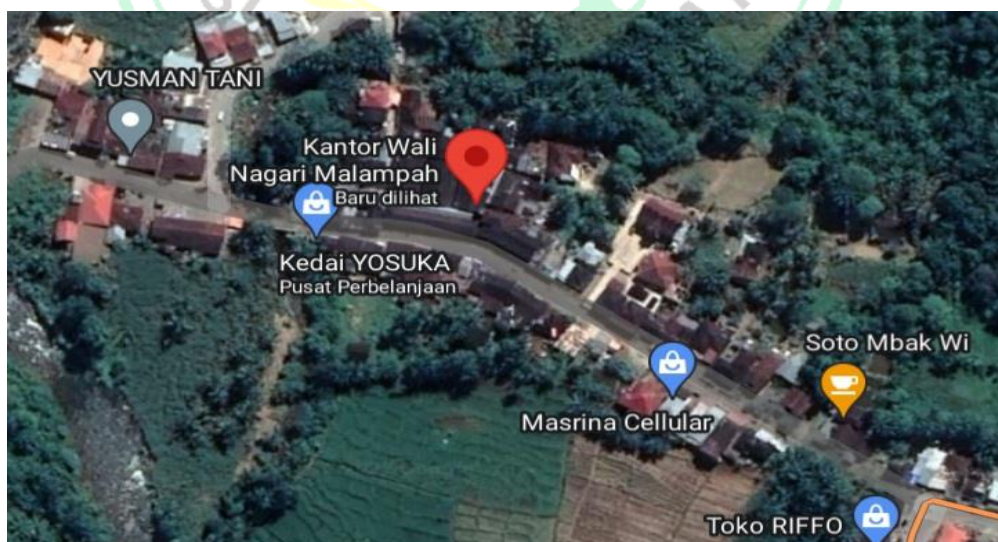
BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Umum

Metodologi penelitian adalah suatu ilmu pengetahuan yang menjelaskan sistematika penelitian berdasarkan fakta dan gejala yang terjadi secara objektif. Dalam metodologi penelitian terdapat 2 metode yaitu metode kualitatif dan metode kuantitatif. Metode kualitatif adalah metode penelitian dengan mengumpulkan data dari survey lapangan yang didapatkan oleh peneliti, sedangkan metode kuantitatif adalah metode penelitian yang datanya berupa angka, gambar, grafik dan tabel berdasarkan data yang diperoleh oleh peneliti. Dalam metode kuantitatif ini mengembangkan penelitian secara matematis. Berdasarkan penjelasan dari kedua metode tersebut maka dalam penelitian ini menggunakan metode kuantitatif.

3.2 Lokasi Penelitian

Dalam Objek penelitian ini lokasi penelitian penulis adalah Kabupaten Pasaman Nagari Malampah. Yang berlokasi pada Proyek Pembangunan Kantor Wali Nagari Malampah. Lokasi dari Proyek Pembangunan Kantor Wali Nagari Malampah digambarkan melalui *google maps* seperti pada gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Peta lokasi proyek
Sumber : *Google maps* (21 Maret 2022)

3.3 Data Penelitian

3.3.1 Jenis dan Sumber Data

1. Data Primer

Untuk merencanakan pembangunan gedung ini maka dilakukan penelitian dengan cara menganalisis data yang diperoleh lewat pengamatan langsung ke objek yang berkaitan dengan penelitian.

2. Data Sekunder

Data ini berbentuk naskah tertulis yang diperoleh melalui penelusuran dokumen yang relevan dengan masalah sehingga dapat mendukung penelitian ini.

3.3.2 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data ialah teknik atau cara yang dilakukan oleh peneliti untuk mengumpulkan data. Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan dalam rangka mencapai tujuan penelitian.

1. Teknik Observasi

Teknik ini digunakan untuk mengumpulkan data dengan cara mengamati secara langsung objek dan kondisi yang ada di lokasi penelitian sesuai dengan permasalahan-permasalahan penelitian.

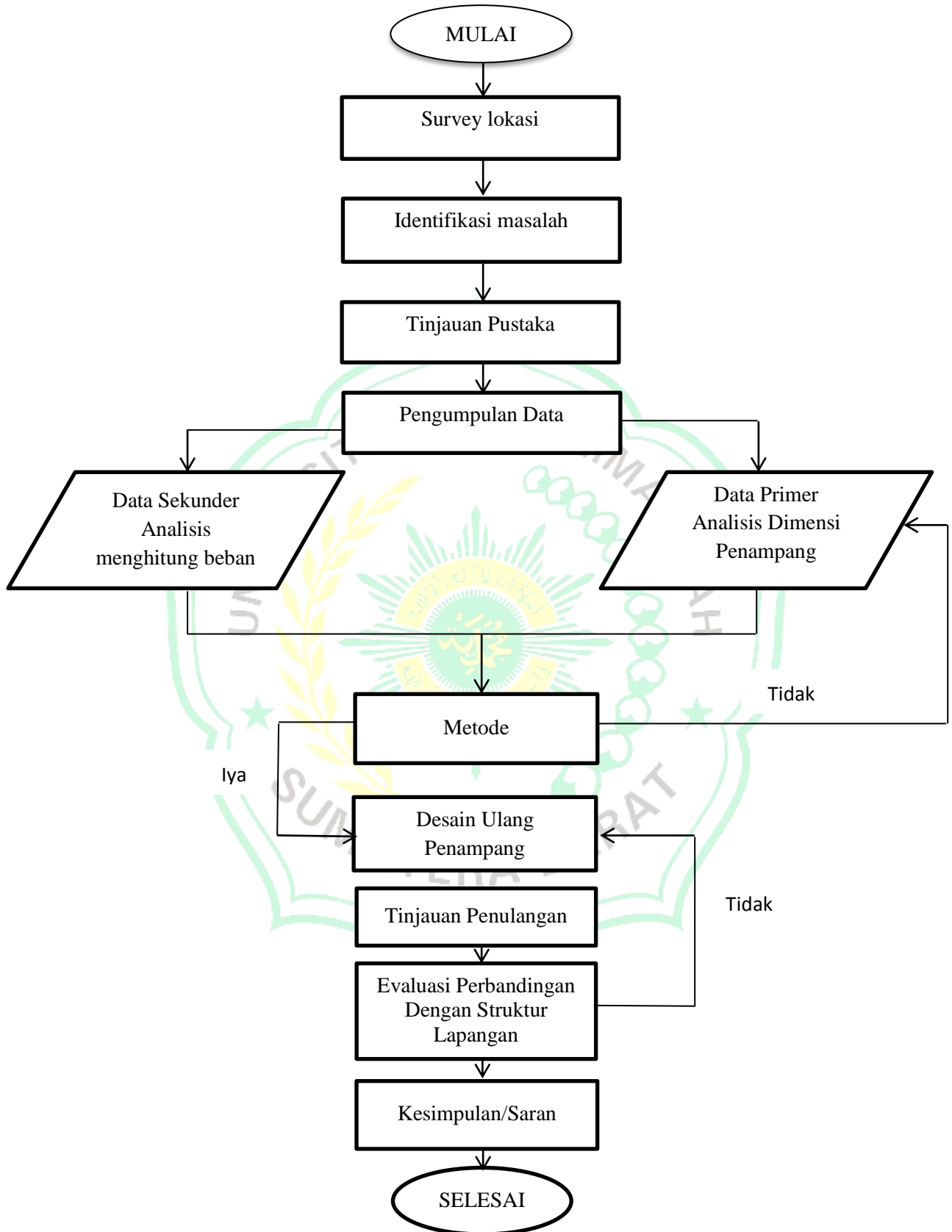
2. Studi Dokumen

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

3.4 Metode Analisis Data

Dalam metode analisis data ini penulis hanya melakukan tinjauan ulang dan evaluasi perbandingan kekuatan struktur atas pada Pembangunan Kantor Wali Nagari Malampah dengan menggunakan program SAP 2000.

3.5 Bagan Alir Penelitian (*flowchart*)



Gambar 3.2 Flowchart penelitian

BAB IV

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Preliminari Desain Penampang

1. Balok

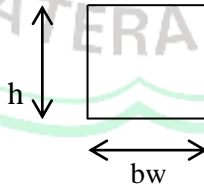
a. Balok B1 lantai 2

Tabel 4.1 Preliminari desain penampang

No	Input Data	Simbol	Panjang	Satuan
1	Panjang balok	B1	4500	Mm
		B2	7000	Mm
		B3	4500	Mm
	Balok terpanjang	Lpj	7000	Mm
	Balok terpendek	Lpd	3500	Mm
2	Tinggi kolom	H1	3600	Mm
		H2	3600	Mm
		H3	4750	Mm
3	Mutu beton	K	250	kg/cm ²
4	Mutu baja	Fy	400	Mpa

Sumber : Data prelim balok

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



Gambar 4.1 Dimensi balok
Sumber: google image balok

1) Tinggi balok

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

Tabel 4.2 Tebal minimum (h)

Komponen struktur	Tebal minimum, h			
	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 mutu 420 Mpa. Untuk kondisi lain, nilai diatas harus dimodifikasikan sebagai berikut:
 (a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (equilibrium density), w_c , diantara 1440 sampai 1840 Kg/m^3 , nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,0003w_c)$ tapi tidak kurang dari 1,09.
 (b) Untuk F_y selain 420 Mpa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + F_y/700)$.

Sumber: SNI 2847: 2013

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

$$h > 128,25 \text{ mm}$$

Nilai ini berlaku untuk $f_y = 400 \text{ MPa}$

untuk f_y selain 400 MPa, maka:

$$h > L_{pj}/16 (0,4 + f_y/700) \tag{4.1}$$

$$h > 273,214286 \text{ mm}$$

maka diambil nilai $h = 450 \text{ mm}$

2) Lebar badan balok (b_w)

$$1/2 h < b_w < 2/3 h \tag{4.2}$$

Dimana, $1/2 h = 225 \text{ mm}$ $2/3 h = 300$

$$225 < b_w < 300$$

Maka, $b_w = 300 \text{ mm}$

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

a) Gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur P_u , tidak boleh melebihi $A_g F_c'/10$

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

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

$$4500 \geq 1640 \quad \dots\dots\dots \quad \text{ok !!}$$

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

$$b_w/h \geq 0,3 \quad (4.4)$$

$$0,667 \geq 0,3 \quad \dots\dots\dots \quad \text{ok !!}$$

$$B_w \geq 250 \text{ mm} \quad (4.5)$$

$$300 \geq 250 \quad \dots\dots\dots \quad \text{ok !!}$$

d) Lebar komponen struktur bw, tidak boleh melebihi lebar komponen struktur penumpu c2, ditambah suatu jarak pada masing-masing sisi komponen struktur penumpu yang sama dengan yang lebih kecil dari (1) dan (2) :

(1) Lebar komponen struktur penumpu c2, dan

(2) 0,75x dimensi keseluruhan komponen struktur penumpu c1.

$$b_w \leq 2 \cdot c_2 \quad (4.6)$$

$$300 \leq 800 \quad \dots\dots\dots \quad \text{ok !!}$$

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

$$300 \leq 700 \quad \dots\dots\dots \quad \text{ok !!}$$

Maka dimensi balok yang digunakan dalam pemodelan adalah (450 x 300) mm.

b. Balok B2 lantai 2

1) Tinggi balok

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

$h > 437,5 \text{ mm}$, Nilai ini berlaku untuk $f_y = 400 \text{ Mpa}$ untuk f_y selain 400 MPa, maka :

$$h > L_{pj}/16 (0,4 + f_y/700) \quad (4.8)$$

$h > 425 \text{ mm}$ maka diambil nilai $h = 550 \text{ mm}$

2) Lebar badan balok (bw) :

$$1/2 h < b_w < 2/3 \quad (4.9)$$

dimana, $1/2 h = 275$ $2/3 h = 366,666667$

$$275 < b_w < 300$$

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

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

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

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

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

$$5500 \geq 2040 \quad \dots\dots\dots \text{ok !!}$$

c) Lebar komponen b_w , tidak boleh kurang dari yang lebih kecil

$$0.3 h \text{ dan } 250 \text{ mm}$$

$$b_w/h \geq 0,3 \quad (4.11)$$

$$0,636 \geq 0,3 \quad \dots\dots\dots \text{ok !!}$$

$$B_w \geq 250 \text{ mm} \quad (4.12)$$

$$300 \geq 250 \quad \dots\dots\dots \text{ok !!}$$

d) 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 (1) dan (2) :

(1) Lebar komponen struktur penumpu c_2 , dan

(2) 0,75 kali dimensi keseluruhan komponen struktur penumpu

c_1 Maka dimensi balok yang digunakan dalam pemodelan adalah:

$$b_w \leq 2 \cdot c_2 \quad (4.13)$$

$$300 \leq 800 \quad \dots\dots\dots \text{ok !!}$$

$$b_w \leq c_2 + \frac{3}{4} c_1 \quad (4.14)$$

$$300 \leq 700 \quad \dots\dots\dots \text{ok !!}$$

Maka dimensi balok yang digunakan dalam pemodelan adalah (550x350) mm.

c. Balok anak B3 lantai 2

1) Tinggi balok

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

$h > 437,5$ mm, Nilai ini berlaku untuk $f_y = 400$ MPa untuk f_y selain 400 MPa, maka :

$$h > L_{pj}/16 (0,4 + f_y/700) \quad (4.15)$$

$$h > 273,214286 \text{ mm}$$

maka di ambil nilai $h = 400$ mm

2) Lebar balok anak (bw) :

$$1/2 h < bw < 2/3 h \quad (4.16)$$

$$\text{dimana, } 1/2 h = 200 \quad 2/3 h = 266,666667$$

$$200 < bw < 266,666667$$

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

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

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

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

$$L_n \geq 4d \quad (4.17)$$

$$4000 \geq 1440 \quad \dots\dots\dots \text{ok !!}$$

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

$$bw/h \geq 0,3 \quad (4.18)$$

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

$$bw \geq 250 \text{ mm} \quad (4.19)$$

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

d) Lebar komponen struktur bw, tidak boleh melebihi lebar komponen struktur penumpu, c2, ditambah suatu jarak pada masing-masing sisi komponen struktur penumpu yang sama dengan yang lebih kecil dari (1) dan (2) :

(1) Lebar komponen struktur penumpu c2, dan

(2) 0.75x dimensi keseluruhan komponen struktur penumpu ci

$$B_w \leq 2 \cdot c_2 \quad (4.20)$$

$$250 \leq 800 \quad \text{.....ok !!}$$

$$B_w \leq c_2 + 3/4 c_1 \quad (4.21)$$

$$250 \leq 700 \quad \text{.....ok !!}$$

Maka dimensi balok yang digunakan dalam pemodelan adalah (400 x 250) mm

2. Kolom

a. Kolom lantai atap

Keterangan :

Dimensi balok = 0,55 m

= 0,35 m

Panjang balok = 7,00 m

Dimensi kolom = 0,40 m → 40 cm → 400 mm

= 0,40 m → 40 cm → 400 mm

Tinggi kolom = 5,10 m

Tabel 4.3 Preliminari kolom lantai atap

Jenis Beban	Tebal	Tinggi	Lebar	panjang	Luas	Beban			Berat	Kombinasi
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m ²)	(kg/m ³)	(kg/m ²)	(kg/m)	(kg)	PemBebanan
MATI										
a. Beban Balok		0.55	0.35	7		2400			3234.00	
b. Water proofing					0.00		14		0.00	
c. Spesi	0.02				0.00		21		0.00	
d. MEP					0.00		30		0.00	
e. Plafon					0.00		20		0.00	
f. Beban Dak Beton	0.12				0.00	2400			0.00	
										3880.8
HIDUP										
a. Beban hidup					0.00		96		0.00	
b. Beban hujan					0.00		20		0.00	
										0
TOTAL									3234.00	3880.8
LUAS KOLOM RENCANA									0.16	0.16

Sumber: Prelim kolom lantai atap

Maka diperoleh:

Tabel 4.4 Kontrol kolom lantai atap

Gaya berat (V)		3880,8	Kg
Luas rencana kolom (A)		160000	mm ²
F'c	K	250	kg/cm ²
	K	2.500	kg/mm ²
	S	2.075	kg/mm ²

Sumber: Prelim kolom lantai atap

$$\text{Gaya berat/luas} \quad V/A \leq fc' \quad (4.22)$$

$$0,02425 \leq 0,6225 \dots\dots\dots\text{ok !!}$$

b. Kolom lantai 1

Kolom tipe K 40 x 40 cm

Keterangan :

Tebal pelat= 0,12 m

Luas pelat = 15,75 m

Dimensi balok = 0,55 m

= 0,35 m

Panjang balok = 7,00 m

Dimensi kolom = 0,40 m → 40 cm → 400 mm

= 0,40 m → 40 cm → 400 mm

Tinggi kolom = 3,85 m

Tabel 4.5 Preliminari kolom lantai 1

Jenis Beban	Tebal	Tinggi	lebar	panjang	Luas (m ²)	Beban			Berat (kg)	Kombinasi PemBebanan
	(m)	(m)	(m)	(m)		(kg/m ³)	(kg/m ²)	(kg/m)		
MATI										
a. Beban Plat	0.12				15.75	2400			4536.00	
b. Beban Balok		0.55	0.35	7		2400			3234.00	
c. Beban Kolom		0.6	0.4	5.1		2400			2937.60	
d. Beban Spesi					15.75		21		661.50	
e. Plafon					15.75		20		315.00	
f. Beban Dinding		3.3		7			250		5775.00	
g. MEP					15.75		30		472.50	
h. Berat Keramik					15.75		24		378.00	
										21971.52
HIDUP										
a. Beban Orang					15.75		250		3937.50	
										6300
TOTAL									22247.1	28271.52
LUAS KOLOM RENCANA									0.16	0.16

Sumber: Prelim kolom lantai 1

Maka diperoleh :

Tabel 4.6 Kontrol kolom lantai 1

Gaya berat (V)		28271,52	Kg
Luas rencana kolom (A)		160000	mm ²
F'c	K	250	kg/cm ²
	K	2.500	kg/mm ²
	S	2.075	kg/mm ²

Sumber: Prelim kolom lantai 1

Gaya berat/luas $V/A \leq fc'$ (4.23)

$0,1766 \leq 0,6225$ oke !!

c. Kolom lantai 2

Kolom tipe K 30 x 30 cm Keterangan :

Tebal pelat= 0,12 m

Luas pelat = 15,75 m

Dimensi balok = 0,55 m

= 0,35 m

Panjang balok = 7,00 m

Dimensi kolom = 0,30 m → 30 cm → 300 mm

= 0,30 m → 30 cm → 300 mm

Tinggi kolom = 3,85 m

Tabel 4.7 Preliminari kolom lantai 2

Jenis Beban	Tebal (m)	Tinggi (m)	Lebar (m)	panjang (m)	Luas (m ²)	Beban			Berat (kg)	Kombinasi PemBebanan
						(kg/m ³)	(kg/m ²)	(kg/m)		
MATI										
a. Beban Plat	0.12				15.75	2400			4536.00	
b. Beban Balok		0.55	0.35	7		2400			3234.00	
c. Beban Kolom		0.6	0.4	3.85		2400			2217.60	
d. Beban Spesi					15.75		21		661.50	
e. Plafon					15.75		20		315.00	
f. Beban Dinding		3.3		7			250		5775.00	
g. MEP					15.75		30		472.50	
h. Berat Keramik					15.75		24		378.00	
										21107.52
HIDUP										
a. Beban Orang					15.75		250		3937.50	
										6300
TOTAL									21527.1	27407.52
LUAS KOLOM RENCANA									0.9	0.9

Sumber: Prelim kolom lantai 2

Maka diperoleh :

Tabel 4.8 Kontrol Kolom Lantai 2

Gaya berat (V)		27407,52	Kg
Luas rencana kolom (A)		90000	mm ²
F'c	K	250	kg/cm ²
	K	2.500	kg/mm ²
	S	2.075	kg/mm ²

Sumber: Prelim kolom lantai 2

$$\text{Gaya berat/luas } V/A \leq fc' \quad (4.24)$$

$$0,3045 \leq 0,6225 \dots\dots\dots\text{ok !!}$$

Dari hasil perhitungan di atas maka diperoleh ukuran kolom:

- | |
|---|
| <p>1. Kolom lantai 1
 Kolom 40 cm x 40 cm</p> <p>2. Kolom lantai 2
 Kolom 30 cm x 30 cm</p> |
|---|

3. Pelat 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.

$$Bw = 0,35 \text{ m} \quad \text{panjang balok} \quad B1 = 4500 \text{ mm}$$

$$B2 = 7000 \text{ mm}$$

$$Bw = 350 \text{ mm} \quad B3 = 4500 \text{ mm}$$

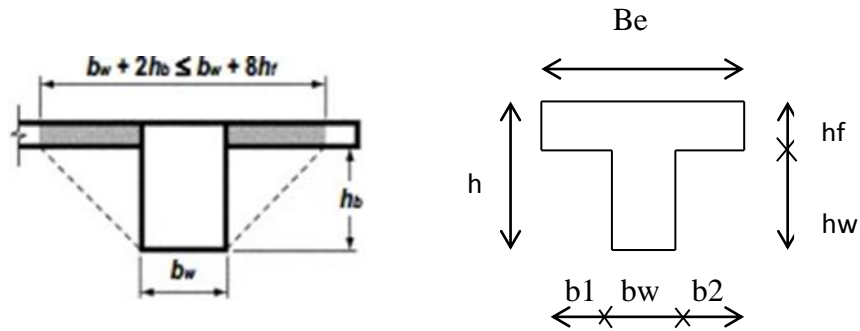
$$Lpj = 7000 \text{ mm}$$

$$Lpd = 3500 \text{ mm}$$

Diambil, hf = 120 mm fy = 400 Mpa

a. Perencanaan dimensi pelat balok

- 1) Untuk balok yang berada ditengah konstruksi



Gambar 4.2 Dimensi pelat

Sumber: SNI 2847: 2013

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

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

Aturan 1:

a) Untuk $h_w < 4 h_f$, maka $b_1 = b_2 = h_w$

b) Untuk $h_w > 4 h_f$, maka $b_1 = b_2 = 4h_f$ (4.25)

$$\begin{aligned} (1) \quad h_w &= h - h_f \\ &= 550 - 120 \text{ mm} \\ &= 430 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$(2) \quad b_1 = h_w : b_1 = 430 \text{ mm}$$

$$(3) \quad b_2 = b_1 : b_2 = 430 \text{ mm}$$

$$(4) \quad b_e = b_w + b_1 + b_2 \quad \dots \text{sesuai aturan 1}$$

$$b_e = 1210 \text{ mm}$$

Cek :

(5) Panjang bentang bersih balok adalah:

$$L_n = L \text{ balok} - b_w \quad L_n = 4150 \text{ mm}$$

$$L_n = 4,15 \text{ m}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 butir 8.12.2 halaman 63:

$$(6) \quad b_e < 1/4 L_{pj} : 1/4 L_{pj} = 1750 \text{ mm}$$

$$1210 < 1750 \text{ mm}$$

OK !!

$$(7) \quad b_1, b_2 < 8h_f : 8h_f = 960 \text{ mm}$$

$$430 < 960 \text{ mm}$$

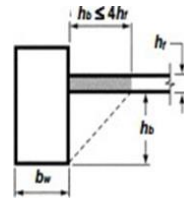
OK !!

$$(8) \quad b_1, b_2 < 1/2 L_n : 1/2 L_n = 2075 \text{ mm}$$

$$430 < 2075 \text{ mm}$$

OK !!

2) Untuk balok yang berada ditepi konstruksi



Gambar 4.3 Pelat tepi konstruksi

Sumber: google SNI 2847: 2013

Berdasarkan SNI 2847:2013 butir 8.12.3 halaman 63: (4.26)

$$Be1 = bw + b1 = 780 \text{ mm}$$

$$Hw = h - hf = 330 \text{ mm}$$

Cek :

Berdasarkan SNI 2847:2013 butir 8.12.3 halamn 63: (4.27)

$$hw < 1/12 Lpj : 1/12 Lpj = 583,33 \text{ mm}$$

$$430 < 583,33 \text{ mm} \quad \text{OK !!}$$

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

$$430 < 720 \text{ mm} \quad \text{OK !!}$$

$$hw < 1/2 Ln : 1/2 Ln = 2075 \text{ mm}$$

$$430 < 2075 \text{ mm} \quad \text{OK !!}$$

b. Cek tebal pelat 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 : $hf \geq 90 \text{ mm}$ (4.28)

Keterangan :

Ln = Panjang bentang bersih (mm), untuk sisi pelat dan balok,

L adalah jarak dari sisi ke sisi balok

Hf = panjang bentang terpanjang dikurang dengan lebar balok

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

α_m = nilai rata-rata dari kekakuan balok

$\alpha = I_{bp}/I_p$: dimana: I_{bp} = inersia balok

I_p = inersia Pelat

1) Menentukan momen inersia balok pelat (I_{bp})

Untuk balok yang berada ditengah konstruksi

a) $b_e = 1,21 \text{ m}$

$b_e = 1210 \text{ mm}$

b) $h_f = 0,12 \text{ m}$

$h_f = 120 \text{ mm}$

c) $h_w = 0,33 \text{ m}$

$h_w = 330 \text{ mm}$

$A_1 = h_w \cdot b_w = 115500 \text{ mm}^2$

$A_2 = h_f \cdot b_e = 145200 \text{ mm}^2$

Titik Berat

$A_1 \cdot \frac{1}{2} \cdot h_w = 19057500 \dots\dots\dots a$

$A_2 \cdot (\frac{h_f}{2} + h_w) = 56628000 \dots\dots\dots b$

$A_1 + A_2 = 260700 \dots\dots\dots c$

Jadi, $y = (a + b)/c = 290,3165 \text{ mm}$

$= 0,29032 \text{ m}$

$I_{x1} = (1/12 \cdot b_w \cdot h_w^3) = 898425000 \text{ mm}^4$

$Y_1 = \frac{1}{2} \cdot h_w = 165 \text{ mm}$

$I_{x2} = (1/12 \cdot b_e \cdot h_f^3) = 174240000 \text{ mm}^4$

$Y_2 = (\frac{1}{2} \cdot h_f) + h_w = 390 \text{ mm}$

$I_{bp1} = I_{x1} + (A_1 \cdot (y - y_1)^2) + I_{x2} + (A_2 \cdot (y_2 - y)^2)$

$= 4329326392 \text{ mm}^4 \quad (4.29)$

titik berat
$$y = \frac{\left(A_1 \cdot \frac{1}{2} \cdot h_w \right) + \left[A_2 \cdot \left(\frac{h_f}{2} + h_w \right) \right]}{(A_1) + (A_2)}$$

Untuk balok yang berada ditepi konstruksi

$$be_1 = 780 \text{ mm}$$

$$A_1 = h_w * b_w = 115500 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = h_f * be_1 = 93600 \text{ mm}^2$$

Titik Berat

$$A_1 * \frac{1}{2} * h_w = 19057500$$

$$A_2 (h_f/2 + h_w) = 36504000$$

$$A_1 + A_2 = 209100$$

$$\text{Jadi, } y = (a + b)/c = 265,7174$$

$$= 0,26572 \text{ m}$$

$$I_{x1} = (1/12 * b_w * h_w^3) = 898425000 \text{ mm}^4$$

$$Y_1 = \frac{1}{2} * h_w = 165 \text{ mm}$$

$$I_{x2} = (1/12 * be_1 * h_f^3) = 112320000 \text{ mm}^4$$

$$Y_2 = (\frac{1}{2} * h_f) + h_w = 390 \text{ mm}$$

$$I_{bp2} = I_{x1} + (A_1 * (y - y_1)^2) + I_{x2} + (A_2 * (y_2 - y)^2)$$

$$= 3628137396 \text{ mm}^4$$

(4.30)

2) Menentukan inersia pelat

Untuk balok yang berada ditepi konstruksi

$$I_{p1} = 1/12 (b_w/2 + L_1/2) * h_f^3 = 529200000 \text{ mm}^4$$

$$\alpha_1 = I_{bp2} / I_{p1} = 6,85589077$$

$$I_{p2} = 1/12 (b_w/2 + L_2/2) * h_f^3 = 277200000 \text{ mm}^4$$

$$\alpha_1 = I_{bp2} / I_{p2} = 13,0885187$$

Untuk balok yang berada ditengah konstruksi

$$I_{p3} = 1/12 (L_1/2 + L_1/2) * h_f^3 = 1008000000 \text{ mm}^4$$

$$\alpha_3 = I_{bp1} / I_{p4} = 4,29496666$$

$$I_{p4} = 1/12 (L_2/2 + L_2/2) * h_f^3 = 504000000 \text{ mm}^4$$

$$\alpha = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 / 4 = 8,20732737$$

$$\beta = L_{pj} - b_w / L_{pd} - b_w = 2,11111111$$

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

$$h_f = \frac{ln \cdot (0.8 + (f_y : 1400))}{36 + 9 \cdot \beta} \quad (4.31)$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm

$$81,92208 \text{ mm} < hf = 120 \text{ mm}$$

OK !!

Maka tebal pelat yang digunakan dalam pemodelan adalah: $hf = 120 \text{ mm}$.

4.2 Pembebanan

1. Beban Mati

a. Berat pelat lantai

Berat sendiri pelat :

Bv pelat	=	2400	Kg/m ²	0,40	960
Lantai 2					
Bv spesi	=	21	Kg/m ² /cm	2	42
Bv plafon	=	20	Kg/m ² /cm		20
Bv plumbing	=	25	Kg/m ² /cm		25
Bv kramik	=	24	Kg/m ² /cm		24
Total	=				111

b. Berat dak beton

Berat sendiri pelat :

Bv pelat	=	2400	Kg/m ²	0,40	960
Lantai 2					
Bv spesi	=	21	Kg/m ² /cm	2	42
Bv plafon	=	20	Kg/m ² /cm		20
Bv plumbing	=	25	Kg/m ² /cm		25
Total	=				87

c. Beban balok

Lantai 2

Balok 45 x 30 cm

$$\text{Tinggi gedung (H)} = 3,2 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi dinding (T)} = 2,85 \text{ m}$$

$$\text{Bv dinding} = 250 \text{ kg/m}^2$$

Berat dinding = 250 kg/m

Balok 30 x 20 cm

Tinggi gedung (H) = 3,2 m

Tinggi dinding (T) = 1 m

Bv dinding = 250 kg/m²

Berat dinding = 250 kg/m

d. Beban atap

Berat baja ringan = 10 kg/m²

Berat atap = 10 kg/m²

Luas atap 1 = 56,51 kg/m²

Luas atap 2 = 113,26 kg/m²

Luas total atap = 169,77 kg/m²

Beban atap 1 = 1130,27 kg

Beban persegi = 116,47 kg

Beban pada kolom = 20,18 kg

Beban atap 2 = 2265,20 kg

Beban persegi = 251,69 kg

Beban pada kolom = 25,17 kg

Beban pada kolom = 55,25 kg

2. Beban hidup

a. Berat pelat lantai

Lantai 2

Berat beban hidup berdasarkan SNI 1727:2013 dan PPIUG 1983

Ruangan = 250 kg/m²

Toilet = 200 kg/m²

b. Dak beton

Beban dak beton = Kg/m²/cm 96

Berat air hujan = Kg/m²/cm 20

Total = 116

3. Beban Mati Tangga

a. Pada pelat tangga

Bv spesi = 21 kg/m²/cm 2 42

Anak tangga	= 240	kg/m ² /cm	1	240
Handle	= 10	kg/m ² /cm	-	10
Bv keramik	= 24	kg/m ² /cm	1	24
Total	=			316

b. Pada bordes

Bv spesi	= 21	kg/m ² /cm	2	42
Bv keramik	= 24	kg/m ² /cm	1	24
Total	=			66

4. Beban hidup tangga = 300 kg/m²

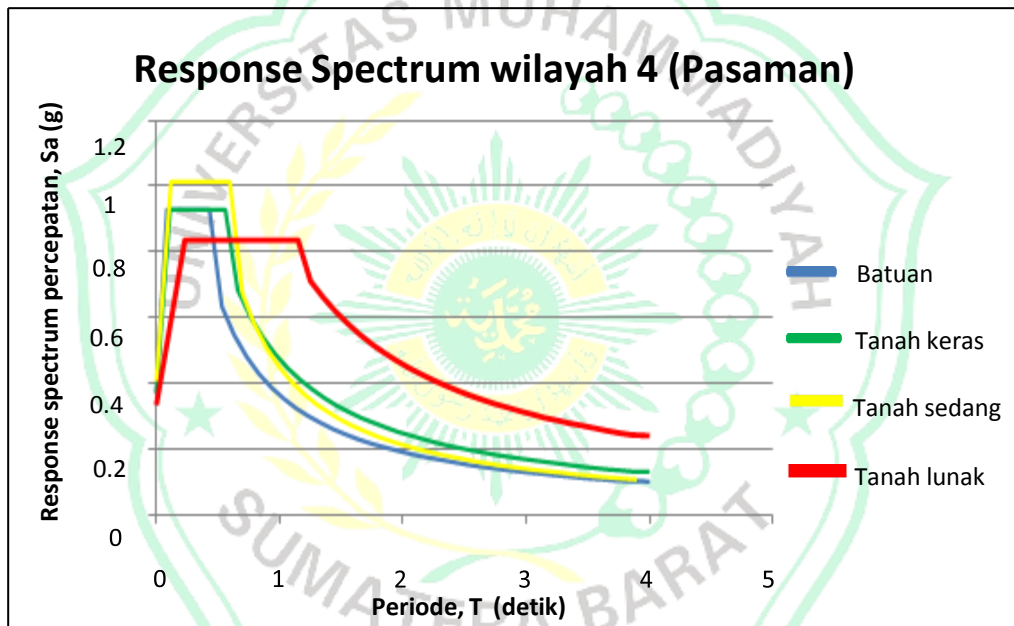
5. Beban Gempa

Respons Spektrum diambil dari data:

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

Wilayah gempa tanah sedang Kab.Pasaman Sumatera Barat

Lokasi: (Lat: 0.001373, Long: 100.2208



Gambar 4.4 Grafik respons spektrum Pasaman

Sumber: Desain spektrum Pekerjaan Umum

Data yang digunakan / diinputkan dalam program SAP 2000 sebagai beban gempa respons spektrum dapat dilihat pada tabel 4.9 dibawah ini.

Tabel 4.9 Respons spektrum Pasaman

Variabel	Tanah sedang
PGA (g)	0,612
SS (g)	1,528
S1 (g)	0,606
CRS	1,003
CR1	0,937
FPGA	1,000
FA	1,000
FV	1,000
PSA (g)	0,612
SMS (g)	1,528
SM1 (g)	0,606
SDS (g)	1,018
SD1 (g)	0,404
T0 (detik)	0,079
TS (detik)	0,397

Variabel	SA (g)
0	0,407
T0	1,018
TS	1,018
TS + 0	0,813
TS + 0.1	0,677
TS + 0.2	0,580
TS + 0.3	0,507
TS + 0.4	0,451
TS + 0.5	0,405
TS + 0.6	0,369
TS + 0.7	0,338
TS + 0.8	0,312
TS + 0.9	0,289
TS + 1	0,270
TS + 1.1	0,253
TS + 1.2	0,238
TS + 1.3	0,225
TS + 1.4	0,213
TS + 1.5	0,202
TS + 1.6	0,193
TS + 1.7	0,84
TS + 1.8	0,176
TS + 1.9	0,169
TS + 2	0,162
TS + 2.1	0,156
TS + 2.2	0,150
TS + 2.3	0,145
TS + 2.4	0,140
TS + 2.5	0,135
TS + 2.6	0,131
TS + 2.7	0,126
TS + 2.8	0,123
TS + 2.9	0,119
TS + 3	0,116
TS + 3.1	0,112
TS + 3.2	0,109
TS + 3.3	0,106
TS + 3.4	0,104
TS + 3.5	0,101
4	0,101

Sumber: Desain respons spektrum Pekerjaan Umum

4.3 Perhitungan Momen Menggunakan Software SAP 2000

1. Mendefinisikan Penampang dan Beban

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

Balok Lantai 2

Balok (B1) = 30 cm x 45 cm

Balok (B2) = 25 cm x 40 cm

Kolom Lantai 1 dan 2

Kolom (K1) = 40 cm x 40 cm

Kolom (K2) = 30 cm x 30 cm

Pelat lantai 2

Tebal = 12 cm

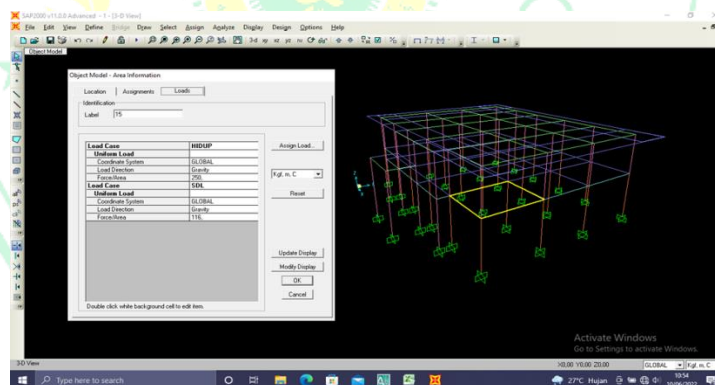
Dan untuk material yang di inputkan:

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

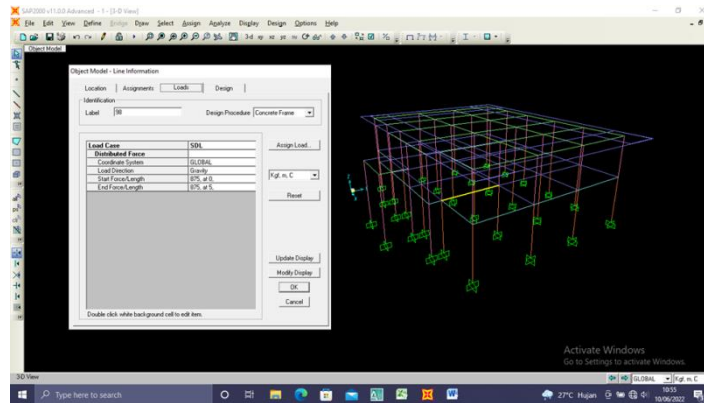
Baja(f_y) = 400 Mpa

2. Input Beban Hidup, Beban Mati dan Beban Gempa

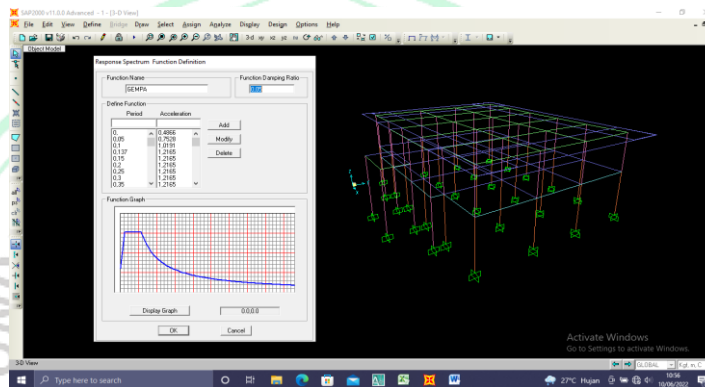
Beban – beban yang diinputkan sesuai dengan perhitungan pembebanan seperti gambar 4.9, 4.10 dan 4.11



Gambar 4.5 Beban hidup
Sumber: *Software SAP 2000*



Gambar 4.6 Beban mati
Sumber: *Software* SAP 2000

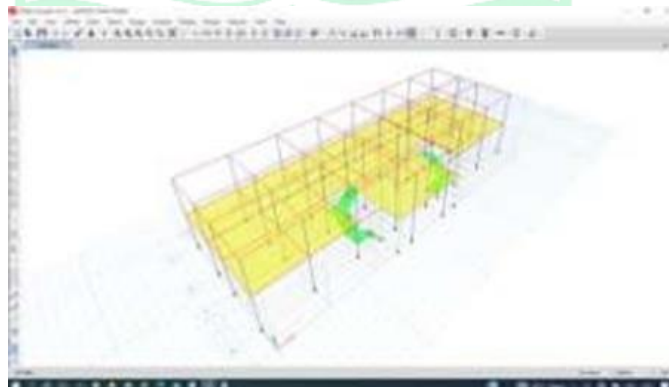


Gambar 4.7 Beban gempa
Sumber: *Software* SAP 2000

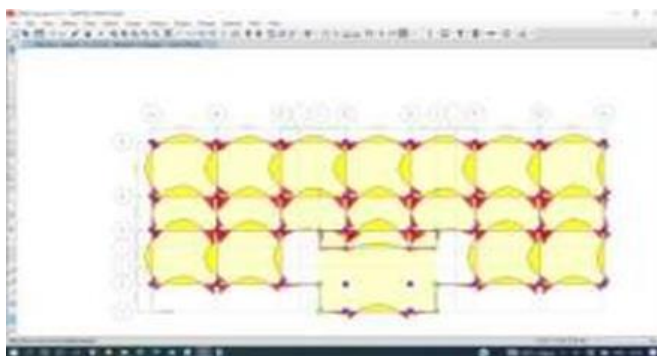
3. Hasil Running SAP 2000

Dari hasil Running aplikasi SAP 2000 didapatkan momen – momen yang digunakan pada perhitungan penulangan balok, kolom dan pelat lantai.

Momen dari hasil perhitungan menggunakan aplikasi SAP 2000 :



Gambar 4.8 hasil *run* momen
Sumber: *software* SAP 2000



Gambar 4.9 hasil *run* deformasi
Sumber: *software* SAP 2000

4.4 Hasil Rekapitulasi Gaya Dalam

1. Rekap Gaya Dalam Kolom

Berdasarkan analisis yang dilakukan diperoleh hasil gaya dalam kolom lantai 1, 2 dapat dilihat pada tabel 4.10 dibawah ini.

Tabel 4.10 Rekap gaya dalam kolom

KOLOM K1 40x40						
StepType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
MAX	-830,316	0,813	44,337	0,3697	95,5107	8,4235
MIN	-1820,168	-3,858	22,634	-0,5812	-81,8385	-7,0143
KOLOM K2 30x30						
StepType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
MAX	-135,859	-4,53	103,343	-3,9918	183,0359	16,4572
MIN	-354,539	-11,677	53,615	-9,2571	-178,6632	-24,4124

Sumber: Perhitungan momen kolom dengan *software* SAP2000

2. Rekap Gaya Dalam Balok

Berdasarkan analisis yang dilakukan diperoleh hasil gaya dalam balok lantai 2 dapat dilihat pada tabel 4.11 dibawah ini.

Tabel 4.11 Rekap gaya dalam balok

BALOK B1 30x45						
StepType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
MAX	4,838	92,873	-0,286	-2,445	1,7551	99,2354
MIN	0,192	-189,53	-0,616	-4,6489	-1,3266	-218,1762

BALOK B2 25x40						
StepType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
MAX	-84,189	44,895	7,575	3,2073	19,808	64,8586
MIN	-212,583	-114,935	-6,314	1,5363	-21,9621	-141,6227

Sumber: Perhitungan momen balok dengan *software* SAP2000

Keterangan :

P = Gaya aksial pada batang

V2 = Gaya geser pada arah sumbu lokal 2

V3 = Gaya geser pada arah sumbu lokal 3

T = Torsi/Puntir pada batang

M2 = Momen lentur memutar sumbu lokal 2

M3 = Momen lentur memutar sumbu lokal 3

4.5 Perhitungan Penulangan Balok

1. Balok B1 30 x 45 cm

a. Perencanaan tulangan lentur balok

Diketahui :

$$Mu = 99,235 \text{ kN. M} \quad fc' = 20,75 \text{ Mpa}$$

$$b = 300 \text{ mm} \quad Fy = 400 \text{ Mpa}$$

$$h = 450 \text{ mm} \quad \partial = 0.5$$

$$d' = 40 \text{ mm} \quad D = 19 \text{ mm}$$

$$d = 410 \text{ mm} \quad As1 = 283,529 \text{ mm}^2$$

$$\text{Rasio tulangan yang dibutuhkan :} \quad A\rho2 + B\rho + C = 0$$

dimana :

$$A = \frac{0,6 \times (1 - \partial)^2 \times fy^2}{fc'}$$

$$= 1137,35$$

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

$$= -380.49$$

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

$$= 3,07791$$

Dengan rumus abc, didapatkan nilai ρ

$$\rho_1 = 0,326244007$$

$$\rho_2 = 0,008295059$$

diambil nilai ρ terkecil dan positif

$$\rho = 0,0083$$

Luas tulangan yang dibutuhkan:

1) Tulangan tarik

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 1020,29 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

2) Tulangan tekan

$$\begin{aligned} A_s' &= \rho \times b \times d \\ &= 510,146 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan yang dibutuhkan:

3) Tulangan tarik

$$\begin{aligned} n &= A_s \\ A_s1 &= 3,59855 \approx 4 \text{ batang} \end{aligned}$$

4) Tulangan tekan

$$\begin{aligned} n' &= A_s' \\ A_s1 &= 1,79927 \approx 2 \text{ batang} \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan : 4 – D 19 untuk tulangan tarik

2 – D 19 untuk tulangan tekan

b. Perencanaan tulangan geser balok Data material balok:

$$\text{Kuat tekan beton} : f_c' = 20,75 \text{ MPa}$$

$$\text{Tegangan leleh baja} : f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{Faktor reduksi geser} : \phi_s = 0,90$$

Dimensi balok

$$\text{Panjang bentang} : L = 4500,00 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar balok} : b = 300,00 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi balok} : h = 450,00 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton} : d' = 40,00 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi efektif beton} : d = h - d' = 410 \text{ mm}$$

Gaya geser ultimit balok

Kuat geser ultimit balok : V_u (kN) = 89,83 (dari hasil analisa struktur)

Kuat geser ultimit balok : V_u (tumpuan) = 89,83 kN

Kuat geser ultimit balok : V_u (lapangan) = 44,91 kN

c. Tulangan untuk tumpuan

Tulangan geser balok:

Diameter sengkang d_s = 10,00 mm

Luas penampang sengkang $A_v = 2 \left[\frac{1}{4} \pi d_s^2 \right]$ (sengkang 2 kaki)
= 157,08 mm²

Jarak antar sengkang s = 100,00 mm

Jarak sengkang maksimum s_{max} = 205,00 mm

Kontrol jarak antar tulangan geser balok

$s \leq s_{max}$

100,00 mm \leq 205,00 mm.....OK

Kuat geser beton dan baja tulangan

Kuat geser beton $V_c = 1/6 [(\sqrt{f_c'}) / (b d)]$ = 93,38 kN

Kuat geser tulangan geser $V_s = (A_v f_y d) / s$ = 257,61 kN

Kuat geser nominal balok

Kuat geser nominal balok $V_n = V_c + V_s$ = 350,99 kN

Kuat geser rencana balok

Kuat geser rencana balok $V_r = \phi_s V_n$ = 315,89 kN

Gaya geser ultimit balok

Kuat geser ultimit balok $V_u = 89,83$ kN

Kontrol kuat geser rencana balok

$V_r \geq V_u$

315,89 \geq 89,83 kN.....OK

Maka tulangan geser yang dipakai adalah : Ø 10 – 100

d. Tulangan untuk lapangan

Tulangan geser balok:

Diameter sengkang d_s = 10,00 mm

Luas penampang sengkang $A_v = 2 \left[\frac{1}{4} \pi d_s^2 \right]$ (sengkang 2 kaki)
= 157,08 mm²

Jarak antar sengkang $s = 200,00 \text{ mm}$

Jarak S sengkang maksimum $s_{max} = 205,00 \text{ mm}$

Kontrol jarak antar tulangan geser balok

$$s \leq s_{max}$$

$$200,00 \text{ mm} \leq 205,00 \text{ mm} \dots \dots \dots \text{OK}$$

Kuat geser beton dan baja tulangan

$$\text{Kuat geser beton } V_c = 1/6 [(\sqrt{f_c'}) / (b d)] = 93,38 \text{ kN}$$

$$\text{Kuat geser tulangan geser } V = (A_v f_y d) / s = 128,81 \text{ kN}$$

Kuat geser nominal balok

$$\text{Kuat geser nominal balok } V_n = V_c + V_s = 222,19 \text{ kN}$$

Kuat geser rencana balok

$$\text{Kuat geser rencana balok } V_r = \phi_s V_n = 199,97 \text{ kN}$$

Gaya geser ultimit balok

$$\text{Kuat geser ultimit balok } V_u = 44,91 \text{ kN}$$

Kontrol kuat geser rencana balok

$$V_r \geq V_u$$

$$199,97 \text{ kN} \geq 44,91 \text{ kN} \dots \dots \dots \text{OK}$$

Maka tulangan geser yang dipakai adalah : $\emptyset 10 - 200$

2. Balok B2 25 x 40 cm

a. Perencanaan tulangan lentur balok Diketahui :

$$M_u = 64,8586 \text{ KN.M} \quad f_c' = 20,75 \text{ MPa}$$

$$B = 250 \text{ mm} \quad F_y = 400 \text{ MPa}$$

$$H = 400 \text{ mm} \quad \partial = 0.5$$

$$d' = 40 \text{ mm} \quad D = 19 \text{ mm}$$

$$D = 360 \text{ mm} \quad A_{s1} = 283,529 \text{ mm}^2$$

Rasio tulangan yang dibutuhkan : $A_p2 + B_p + C = 0$

dimana :

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

$$= 1137,3494$$

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

$$= -377,77778$$

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

$$= 4,5898341$$

Dengan rumus abc, didapatkan nilai ρ

$$\rho_1 = 0,319526517$$

$$\rho_2 = 0,012629791$$

diambil nilai ρ terkecil dan positif

$$\rho = 0,0126298$$

Luas tulangan yang dibutuhkan

1) Tulangan tarik

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

$$= 1136,6812 \text{ mm}^2$$

2) Tulangan tekan

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

$$= 568,34062 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan yang dibutuhkan:

3) Tulangan tarik

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

$$A_{s1} = 4,0090512 \approx 4 \text{ batang}$$

4) Tulangan tekan

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

$$A_{s1}' = 2,004526 \approx 2 \text{ batang}$$

Maka digunakan tulangan : 4 – D 19 untuk tulangan tarik
2 – D 19 untuk tulangan tekan

b. Perencanaan tulangan geser balok Data material balok:

Kuat tekan beton : $f_c' = 20,75 \text{ MPa}$

Tegangan leleh baja : $f_y = 400 \text{ MPa}$

Faktor reduksi geser : $\phi_s = 0,90$

Dimensi balok

Panjang bentang : $L = 4500,00 \text{ mm}$

Lebar balok: $b = 250,00 \text{ mm}$

Tinggi balok : $h = 400,00 \text{ mm}$

Selimit beton : $d' = 40,00 \text{ mm}$

Tinggi efektif beton : $d = h - d' = 360,00 \text{ mm}$

Gaya geser ultimit balok

Kuat geser ultimit balok : $V_u \text{ (kN)} = 89,83$ (dari hasil analisa struktur)

Kuat geser ultimit balok : $V_u \text{ (tumpuan)} = 89,83 \text{ kN}$

Kuat geser ultimit balok : $V_u \text{ (lapangan)} = 44,91 \text{ kN}$

c. Tulangan untuk tumpuan

Tulangan geser balok:

Diameter sengkang $d_s = 10,00 \text{ mm}$

Luas penampang sengkang $A_v = 2 \left[\frac{1}{4} \pi d_s^2 \right]$ (sengkang 2 kaki)
 $= 157,08 \text{ mm}^2$

Jarak antar sengkang $s = 100,00 \text{ mm}$

Jarak sengkang maksimum $s_{max} = 180,00 \text{ mm}$

Kontrol jarak antar tulangan geser balok

$s \leq s_{max}$

$100,00 \text{ mm} \leq 180,00 \text{ mm}$ OK

Kuat geser beton dan baja tulangan

Kuat geser beton $V_c = 1/6 [(\sqrt{f_c'}) / (b d)] = 68,33 \text{ kN}$

Kuat geser tulangan geser $V_s = (A_v f_y d) / s = 226,19 \text{ kN}$

Kuat geser nominal balok

Kuat geser nominal balok $V_n = V_c + V_s = 294,52 \text{ kN}$

Kuat geser rencana balok

Kuat geser rencana balok $V_r = \phi_s V_n = 265,07 \text{ kN}$

Gaya geser ultimit balok

Kuat geser ultimit balok $V_u = 89,83 \text{ kN}$

Kontrol kuat geser rencana balok

$V_r \geq V_u$

$265,07 \geq 89,83 \text{ kN}$ OK

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

d. Tulangan untuk lapangan

Tulangan geser balok:

Diameter sengkang $d_s = 10,00 \text{ mm}$

Luas penampang sengkang $A_v = 2 [1 \pi d_s^2]$ (sengkang 2 kaki)

$$\frac{\bar{d}}{4}$$

$$= 157,08 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak antar sengkang } s = 150,00 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak sengkang maksimum } s_{\max} = 180,00 \text{ mm}$$

Kontrol jarak antar tulangan geser balok

$$s \leq s_{\max}$$

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

Kuat geser beton dan baja tulangan

$$\text{Kuat geser beton } V_c = 1/6 [(\sqrt{f'_c}) / (b d)] = 68,33 \text{ kN}$$

$$\text{Kuat geser tulangan geser } V_s = (A_v f_y d) / s = 150,80 \text{ kN}$$

Kuat geser nominal balok

$$\text{Kuat geser nominal balok } V_n = V_c + V_s = 219,12 \text{ kN}$$

Kuat geser rencana balok

$$\text{Kuat geser rencana balok } V_r = \phi_s V_n = 197,21 \text{ kN}$$

Gaya geser ultimit balok

$$\text{Kuat geser ultimit balok } V_u = 44,91 \text{ kN}$$

Kontrol kuat geser rencana balok

$$V_r \geq V_u$$

$$197,21 \text{ kN} \geq 44,91 \text{ kN} \dots\dots\dots \text{OK}$$

Maka tulangan geser yang dipakai adalah : $\emptyset 10 - 150$

4.6 Perhitungan Penulangan Kolom

1. Kolom Lantai 1

a. Diagram interaksi P vs M kolom 40 x 40 cm

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

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

$$D = 19 \text{ mm (diameter tulangan)}$$

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

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$d = 550 \text{ mm}$$

$$d' = 50 \text{ mm}$$

$$n. \text{ tul} = 16 \text{ bh (jumlah tulangan)}$$

$$y = 300 \text{ mm}$$

Kapasitas maksimum (P_o) dari kolom

$$\begin{aligned} P_o &= 0,85 \times f_c (A_g - A_{st}) + A_{st} \times f_y \\ &= 0,85 \times f_c (160000 - 3969,402) + 3969,4 \times 400 \\ &= 4339749,531 \text{ N} \\ &= 4339,749531 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kekuatan nominal maksimum penampang kolom

$$\begin{aligned} P_n (\text{max}) &= 0,8 \times P_o \\ &= 0,8 \times 4339,749531 \\ &= 3471,7996 \text{ kN} \end{aligned}$$

Eksentrisitas minimum

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

Kekuatan rencana kolom

$$\begin{aligned} \phi P_n (\text{max}) &= \phi \times 0,8 \times P_o \\ &= 0,65 \times 0,8 \times P_o \\ &= 2256,6697 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kapasitas penampang pada kondisi seimbang (*balance*)

$$\begin{aligned} P_{nb} &= 0,85 \times f_c' \times a_b \times b + A_s' \times f_s' - A_s \times f_y \quad (f_s' = f_y) \\ &= 0,85 \times 20,75 \times \frac{0,85 \times 600 \times d \times 400}{600 + f_y} \\ &= 0,85 \times 20,75 \times \frac{0,85 \times 600 \times 550 \times 400}{600 + 400} \\ &= 1978927,5 \text{ N} \\ &= 1978,9275 \text{ kN} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} C_b &= \frac{600}{600 + f_y} \times d \\ &= \frac{600}{600 + 400} \times 550 \\ &= 330 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_b &= 0,85 \times C_b \\ &= 0,85 \times 330 \end{aligned}$$

$$= 280,5 \text{ mm}$$

$$f_s' = E_s \times \epsilon_s = 600 \times \left[\frac{c - d'}{c} \right]$$

$$= 600 \times \left[\frac{330 - 50}{330} \right]$$

$$= 509,09091$$

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

$$f_s = E_s \times \epsilon_s = 600 \times \left[\frac{d - c}{c} \right]$$

$$= 600 \times \left[\frac{550 - 330}{330} \right]$$

$$= 400$$

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

$$= 713073899,9 \text{ Nmm}$$

$$= 713,0738999 \text{ kNm}$$

Eksentrisitas pada kondisi seimbang

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

$$= 0,36033351 \text{ m}$$

$$= 360,333514 \text{ mm}$$

$$\phi \times P_{nb} = 1286,3029 \text{ kN}$$

$$\phi \times M_{nb} = 570,45912 \text{ kN}$$

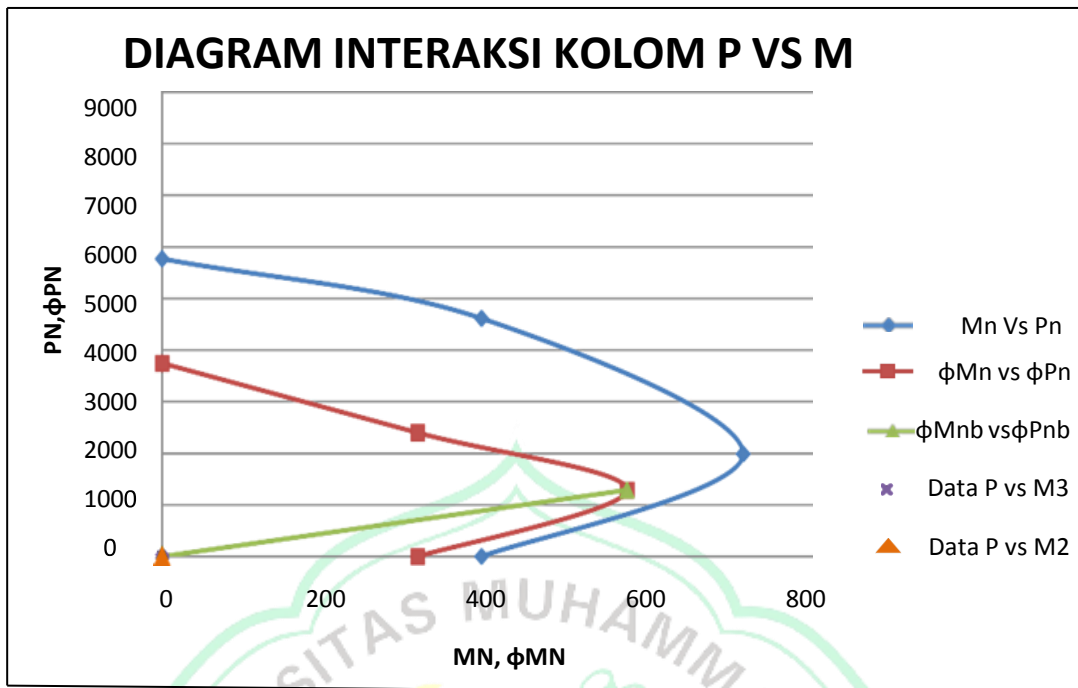
Kapasitas penampang pada kondisi momen murni (P = 0)

$$M_n = A_s \times f_y \left(\frac{d - 0,59 \times A_s \times f_y}{f_c' \times b} \right)$$

$$= 391,8336221 \text{ kN.m}$$

$$\phi M_n = 313,466898 \text{ kN.m}$$

Maka tulangan yang dipakai adalah: 16 D 19



Gambar 4.10 Diagram interaksi kolom K1 P vs M (40 x 40 cm)

Sumber : Prelim kolom

b. Kapasitas geser kolom 40 x 40 cm

Data material kolom:

Kuat tekan beton : f_c' = 20,75 Mpa

Tegangan leleh baja : f_y (BjTD - 40) = 400 MPa

Faktor reduksi geser : ϕ_s = 0.90

Dimensi kolom

Lebar kolom : b = 400,00 mm

Tinggi kolom : h = 400,00 mm

Selimut beton : d' = 50,00 mm

Tinggi efektif beton : $d = h - d'$ = 550,00 mm

Tulangan geser kolom

Diameter sengkang d_s = 10,00 mm

Luas penampang sengkang = $A_v = 2 \left[\frac{1}{4} \pi d_s^2 \right]$ (sengkang 2 kaki)

= 157,08 mm²

Jarak antar sengkang s = 150,00 mm²

Jarak sengkang s_{max} = 275,00 mm

Kontrol jarak antara tulangan geser kolom

$$s \leq s_{max}$$

$$150,00 \text{ mm} \leq 275,00 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{OK}$$

Kuat geser beton dan baja tulangan

$$\text{Kuat geser beton } V_c = 1/6 [(\sqrt{f'_c}) / (b d)] = 167,02 \text{ kN}$$

$$\text{Kuat geser tulangan geser } V_s = (A_v f_y d_s) / s = 230,38 \text{ kN}$$

Kuat geser nominal kolom

$$\text{Kuat geser nominal kolom } V_n = V_c + V_s = 397,67 \text{ kN}$$

Kuat geser rencana

$$\text{Kuat geser rencana kolom } V_r = \phi_s V_n = 357,67 \text{ kN}$$

$$\text{Gaya geser ultimit } V_u \text{ (dari hasil analisis struktur) } = 61,78 \text{ kN}$$

Kontrol kuat geser rencana kolom

$$V_r \geq V_u$$

$$357,67 \text{ kN} \geq 61,78 \text{ kN} \dots\dots\dots \text{OK}$$

Maka tulangan geser yang dipakai adalah : $\emptyset 10 - 150$

2. Kolom lantai 2

a. Diagram interaksi P vs M kolom 30 x 30 cm

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$h = 300 \text{ mm}$$

$$D = 19 \text{ mm (diameter tulangan)}$$

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

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$d = 350 \text{ mm}$$

$$d' = 50 \text{ mm}$$

$$n. \text{ tul} = 8 \text{ bh (jumlah tulangan)}$$

$$y = 200 \text{ mm}$$

Kapasitas maksimum (P_o) dari kolom

$$P_o = 0.85 \times f'_c (A_g - A_{st}) + A_{st} \times f_y$$

$$= 0.85 \times f'_c (90000 - 2268,2299) + 2268,23 \times 400$$

$$= 2454661,095 \text{ N}$$

$$= 2454,661095 \text{ kN}$$

Kekuatan nominal maksimum penampang kolom

$$P_n \text{ (max)} = 0,8 \times P_o$$

$$= 0,8 \times 2454,661095$$

$$= 1963,72887 \text{ kN}$$

Eksentrisitas minimum

$$e_{\min} = 0,1 \times h$$

$$= 0,1 \times 300$$

$$= 30 \text{ mm}$$

Kekuatan rencana kolom

$$\phi P_n (\max) = \phi \times 0,8 \times P_o$$

$$= 0,65 \times 0,8 \times P_o$$

$$= 1276,423 \text{ kN}$$

Kapasitas penampang pada kondisi seimbang (*balance*)

$$P_{nb} = 0,85 \times f_c' \times a_b \times b + A_s' \times f_s' - A_s \times f_y \quad (f_s' = f_y)$$

$$= 0,85 \times 20,75 \times \frac{0,85 \times 600 \times d \times 400}{600 + f_y}$$

$$= 0,85 \times 20,75 \times \frac{0,85 \times 600 \times 350 \times 400}{600 + 400}$$

$$= 1259317,5 \text{ N}$$

$$= 1259,3175 \text{ kN}$$

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

$$C_b = \frac{600}{600 + f_y} \times d$$

$$= \frac{600}{600 + 400} \times 350$$

$$= 210 \text{ mm}$$

$$A_b = 0,85 \times C_b$$

$$= 0,85 \times 210$$

$$= 178,5 \text{ mm}$$

$$f_s' = E_s \times \epsilon_s = 600 \times \left[\frac{c - d'}{c} \right]$$

$$= 600 \times \left[\frac{210 - 50}{210} \right]$$

$$= 457,142857$$

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

$$f_s = E_s \times \epsilon_s = 600 \times \left[\frac{d - c}{c} \right]$$

$$c = 600 \times \left[\frac{350 - 210}{210} \right]$$

$$= 400$$

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

$$= 275563206,9 \text{ Nmm}$$

$$= 275,5632069 \text{ kN.m}$$

Eksentrisitas pada kondisi seimbang

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

$$= 0,218819485 \text{ m}$$

$$= 218,8194851 \text{ mm}$$

$$\phi \times P_{nb} = 818,556375 \text{ kN}$$

$$\phi \times M_{nb} = 218,8194851 \text{ kN}$$

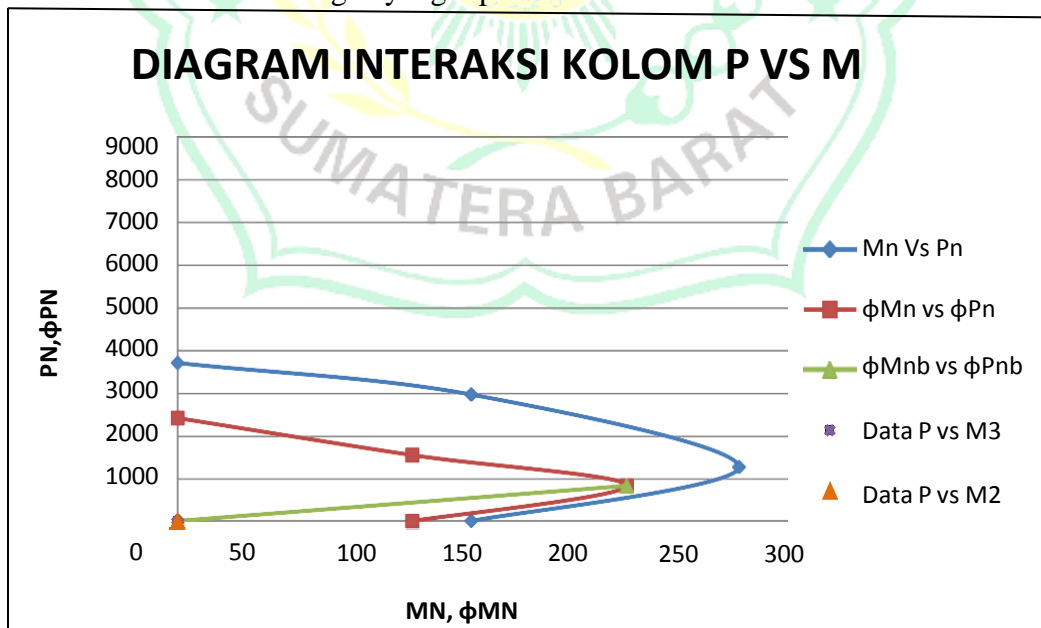
Kapasitas penampang pada kondisi momen murni (P = 0)

$$M_n = A_s \times f_y \left(\frac{d - 0,59 \times A_s \times f_y}{f_c' \times b} \right)$$

$$= 144,1473147 \text{ kN.m}$$

$$\phi M_n = 115,3178517 \text{ kN.m}$$

Maka tulangan yang dipakai adalah: 8 D 19



Gambar 4.11 Diagram Interaksi kolom K2 P vs M (30 x 30 cm)

Sumber : Prelim kolom

b. Kapasitas geser kolom 30 x 30 cm

Data material kolom:

Kuat tekan beton : f_c' = 20,75 Mpa

Tegangan leleh baja : f_y (BjTD – 40) = 400 Mpa

Faktor reduksi geser : ϕ_s = 0.90

Dimensi kolom

Lebar kolom : b = 300,00 mm

Tinggi kolom : h = 300,00 mm

Selimit beton : d' = 50,00 mm

Tinggi efektif beton : $d = h - d'$ = 350,00 mm

Tulangan geser kolom

Diameter sengkang d_s = 10,00 mm

Luas penampang sengkang = $A_v = 2 \left[\frac{1}{4} \pi d_s^2 \right]$ (sengkang 2 kaki)
 = 157,08 mm²

Jarak antar sengkang s = 100,00 mm²

Jarak sengkang maksimum s_{max} = 175,00 mm

Kontrol jarak antara tulangan geser kolom

$s \leq s_{max}$

100,00 mm \leq 175.00 mm..... OK

Kuat geser beton dan baja tulangan

Kuat geser beton $V_c = 1/6 [(\sqrt{f_c'}) / (b d)]$ = 106,29 kN

Kuat geser tulangan geser $V_s = (A_v f_y d_s) / s$ = 219,91 kN

Kuat geser nominal kolom

Kuat geser nominal kolom $V_n = V_c + V_s$ = 326,20 kN

Kuat geser rencana

Kuat geser rencana kolom $V_r = \phi_s V_n$ = 293,58 kN

Gaya geser ultimit V_u (dari hasil analisis struktur) = 61,78 kN

Kontrol kuat geser rencana kolom

$V_r \geq V_u$

293,58 kN \geq 61,78 kN..... OK

Maka tulangan geser yang dipakai adalah : Ø 10 – 100

4.7 Perhitungan Penulangan Pelat Lantai

1. Penulangan Pelat Lantai 2

a. Pembebanan pada pelat lantai Beban mati

Berat jenis beton = 2400 kg/m^3

Tebal pelat lantai = $0,12 \text{ m}$

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

Lantai keramik = 288 kg/m^2

MEP = 25 kg/m^2

Spesi tebal 2 cm = 42 kg/m^2

Plafond = 20 kg/m^2

Total = 687 kg/m^2

Beban hidup maksimum = 250 kg/m^2 diambil dari beban hidup maksimum

Beban ultimit = $1224,4 \text{ kg/m}^2$

Selimut beton (d) = 20 mm

Tebal pelat = 120 mm

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

f_y = 400 MPa

Tulangan pokok (\emptyset) = 10 mm

Tinggi efektif tulangan

d_x = 95 mm

d_y = 85 mm

Q_u = $1224,4 \text{ kg/m}^2$
= $12,011364 \text{ kN/m}^2$

Sisi pendek, L_x = $4,5 \text{ m}$

Sisi panjang, L_y = 7 m

L_y/L_x = $1,55$

Nilai koefisien momen berdasarkan grafik dan tabel perhitungan beton bertulang, (CUR seri beton 4) hal. 26 dengan "Cara Interpolasi".

$$C_x = 28$$

$$C_y = 20$$

Momen-momen yang bekerja pada pelat

$$M_u L_x = 6,810443388 \text{ KN.m}$$

$$M_u L_y = 11,77113672 \text{ KN.m}$$

Perencanaan tulangan yang bekerja pada pelat

$$M_u L_x = 6,810443388 \text{ KN.m}$$

$$M_u/\phi = 8,513054235 \text{ KN.m}$$

$$m = 22,6789511$$

Koefisien ketahanan (R_n) diambil nilai b tiap 1000 mm

$$R_n = 0,943274707 \text{ MPa}$$

Rasio tulangan

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

$$\rho_b = 0,022487813$$

$$\rho_{\max} = 0,016865859$$

$$\rho_{\text{aktual}} = 0,002424862$$

$$1,33 * \rho_{\text{aktual}} = 0,003225067$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0035$$

$$A_s \text{ perlu} = 332,5 \text{ mm}^2$$

Jarak antar tulangan

$$s = 236,0902256 \text{ mm}$$

Syarat

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

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

Maka dipilih s terkecil yaitu = 150 mm

Kontrol terhadap kapasitas momen (M_n)

$$A_s \text{ ada} = 523,3333333 \text{ mm}^2$$

$$A = 11,86865107 \text{ mm}$$

$$M_n = 1,86444E + 13 \text{ KN.m}$$

$$\text{Mu}/\phi = 8,51305435 \dots \text{Aman}$$

Perencanaan tulangan arah Muly = - Muty

$$\text{Mu Ly} = 11,77113672 \text{ KN.m}$$

$$\text{Mu}/\phi = 14,71399209 \text{ KN.m}$$

$$m = 22,6789511$$

Koefisien ketahanan (Rn) diambil nilai b tiap 1000 mm

$$Rn = 2,036528844$$

Rasio tulangan

$$\rho \text{ min} = 0,0035$$

$$\rho b = 0,022487813$$

$$\rho \text{ maks} = 0,016865859$$

$$\rho \text{ aktual} = 0,005425057$$

$$1,33 * \rho \text{ aktual} = 0,007215326$$

$$\rho \text{ pakai} = 0,005425057$$

$$\text{As perlu} = 461,1298427 \text{ mm}^2$$

Jarak antar tulangan

$$s = 170,2340485 \text{ mm}$$

Syarat

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

Maka dipilih s terkecil yaitu = 150 mm

Kontrol terhadap kapasitas momen (Mn)

$$\text{As ada} = 523,3333333 \text{ mm}^2$$

$$A = 11,86865107 \text{ mm}$$

$$Mn = 1,86444E + 13 \text{ KN. m}$$

$$\text{Mu}/\phi = 14,7139209 \text{ Aman}$$

Maka tulangan yang dipakai Arah x = Ø 10 – 150

Arah y = Ø 10 – 150

4.8 Rekapitulasi Tulangan Balok, Kolom dan Pelat Lantai

1. Tulangan Balok

Dari analisis yang dilakukan diperoleh hasil tulangan balok B1 dan B2 dapat dilihat pada tabel 4.12 dibawah ini.

Tabel : 4.12 Rekap tulangan balok

No	Tipe balok	Tulangan utama	Sengkang
1	Balok B1 (30 x 45cm)	Tulangan atas 4 D 19 Tulangan bawah 2 D 19	Tulangan tumpuan Ø 10 – 100 Tulangan lapangan Ø 10 – 200
2	Balok B2 (25 x 40 cm)	Tulangan atas 4 D 19 Tulangan bawah 2 D 19	Tulangan tumpuan Ø 10 – 100 Tulangan lapangan Ø 10 – 150

Sumber : Rekap penulangan

2. Tulangan Pelat Lantai

Dari analisis yang dilakukan diperoleh hasil tulangan pelat lantai 2 dapat dilihat pada tabel 4.13 dibawah ini.

Tabel 4.13 Rekap tulangan pelat

No	Nama	Tinggi	Atas	Bawah
1	Pelat lantai	120	Ø 10 – 150	Ø 10 – 150
2	Dak beton	120	Ø 10 – 150	Ø 10 – 150

Sumber : Rekap Penulangan

3. Tulangan Kolom Lantai 1 dan 2

Dari analisis yang dilakukan diperoleh hasil tulangan kolom lantai 1 dan 2 dapat dilihat pada tabel 4.14 dibawah ini.

Tabel : 4.14 Rekap tulangan kolom

No	Tipe kolom	Tulangan utama	Sengkang
1	Kolom K1 (40 x 40 cm)	16 D 19	Tulangan tumpuan Ø 10 – 150 Tulangan lapangan Ø 10 – 200
2	Kolom K2 (30 x 30 cm)	8 D 19	Tulangan tumpuan Ø 10 – 100 Tulangan lapangan Ø 10 – 150

Sumber : Rekap penulangan

4.9 Analisis Perbandingan Dimensi

1. Balok Lantai 2

Berdasarkan hasil analisis diperoleh perbandingan dimensi balok B1 dan B2 antara penulis dengan perencana dapat dilihat pada tabel 4.15 dibawah ini.

Tabel : 4.15 Rekap perbandingan dimensi balok

No	Tipe balok	Penulis	Perencana
1	Balok (B1)	30 x 45 cm	30 x 50 cm
2	Balok (B2)	25 x 40 cm	25 x 40 cm

Sumber : Analisis perbandingan dimensi

2. Kolom Lantai 1 dan 2

Berdasarkan hasil analisis diperoleh perbandingan dimensi kolom antara penulis dengan perencana dapat dilihat pada tabel 4.16

Tabel : 4.16 Rekap perbandingan dimensi kolom

No	Tipe Kolom	Penulis	Perencana
1	Kolom (K1)	40 x 40 cm	40 x 40 cm
2	Kolom (K2)	30 x 30 cm	30 x 30 cm

Sumber : Analisis perbandingan dimensi

3. Pelat Lantai 2

Berdasarkan hasil analisis diperoleh perbandingan dimensi pelat lantai antara penulis dengan perencana dapat dilihat pada tabel 4.17

Tabel : 4.17 Rekap perbandingan dimensi pelat lantai

No	Tipe	Penulis	Perencana
1	Pelat lantai	12 cm	12 cm
2	Dak beton	12 cm	12 cm

Sumber : Analisis perbandingan dimensi

4.10 Analisis Perbandingan Tulangan

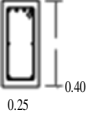
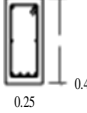


1. Balok Lantai 2

Berdasarkan analisis diperoleh perbandingan tulangan balok B1, B2 antara penulis dengan perencana dapat dilihat pada gambar 4.17, 4.18 dibawah ini.

	Penulis		Perencana		
	Balok B1 (30 x 45)		Balok B1 (30 x 50)		
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	
Tulangan Atas	4 D 19	2 D 19	Tulangan Atas	5 D 19	3 D 19
Tulangan Bawah	2 D 19	4 D 19	Tulangan Bawah	3 D 19	3 D 19
Tulangan Pinggang	2 D 10	2 D 10	Tulangan Pinggang	2 D 10	2 D 10
Sengkang	Ø 10 - 100	Ø 10 - 200	Sengkang	Ø 10 - 100	Ø 10 - 150
J. Pemasangan	1/4 L	1/2 L	J. Pemasangan	1/4 L	1/2 L
Selimit Beton	40 mm	40 mm	Selimit Beton	40 mm	40 mm

Gambar 4.12 Perbandingan tulangan balok B1

Sumber : Autocad

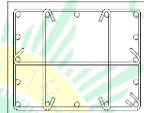
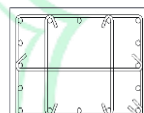
Penulis			Perencana		
Balok B2 (25 x 40)	Tumpuan	Lapangan	Balok B2 (25 x 40)	Tumpuan	Lapangan
					
Tulangan Atas	4 D 19	2 D 19	Tulangan Atas	4 D 19	2 D 19
Tulangan Bawah	2 D 19	4 D 19	Tulangan Bawah	3 D 19	3 D 19
Tulangan Pinggang	2 D 10	2 D 10	Tulangan Pinggang	2 D 10	2 D 10
Sengkang	Ø 10 - 100	Ø 10 - 150	Sengkang	Ø 10 - 100	Ø 10 - 150
J. Pemasangan	1/4 L	1/2 L	J. Pemasangan	1/4 L	1/2 L
Selimit Beton	35 mm	35 mm	Selimit Beton	35 mm	35 mm

Gambar 4.13 Perbandingan tulangan balok B2

Sumber : Autocad

2. Kolom Lantai 1

Berdasarkan analisis diperoleh perbandingan tulangan kolom antara penulis dengan perencana dapat dilihat pada gambar 4.19 dibawah

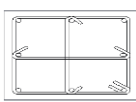
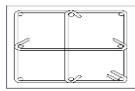
Kolom 40 x 40		Penulis	Perencana
		Tumpuan/Lapangan	Tumpuan/Lapangan
			
Tulangan Pokok		16 D 19	16 D 19
Sengkang	1/4 L	Ø 10 - 150	Ø 10 - 100
	1/2 L	Ø 10 - 200	Ø 10 - 150
Selimit Beton		50 mm	50 mm

Gambar 4.14 Perbandingan tulangan kolom lantai 1 dan 2

Sumber : Autocad

3. Kolom Lantai 2

Berdasarkan analisis diperoleh perbandingan tulangan kolom antara penulis dengan perencana dapat dilihat pada gambar 4.20 dibawah

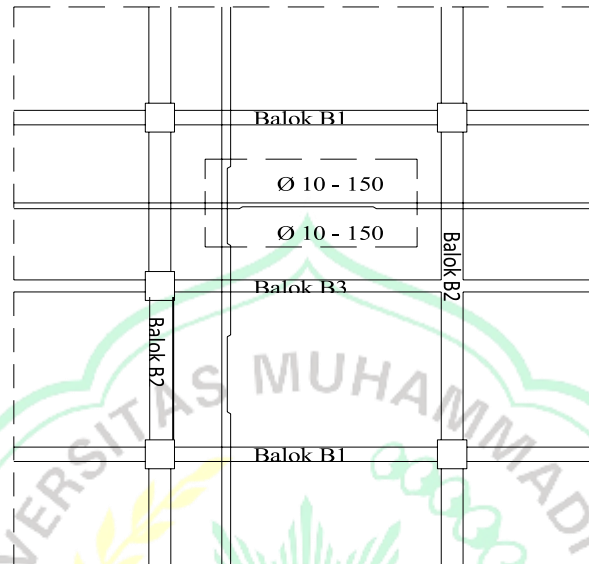
Kolom Lantai 2 (30x30)		Penulis	Perencana
		Tumpuan/Lapangan	Tumpuan/Lapangan
			
Tulangan Pokok		8 D 19	8 D 19
Sengkang	1/4 L	Ø 10 - 100	Ø 10 - 100
	1/2 L	Ø 10 - 150	Ø 10 - 150
Selimit Beton		50 mm	50 mm

Gambar 4.15 Perbandingan tulangan kolom lantai 2

Sumber : Autocad

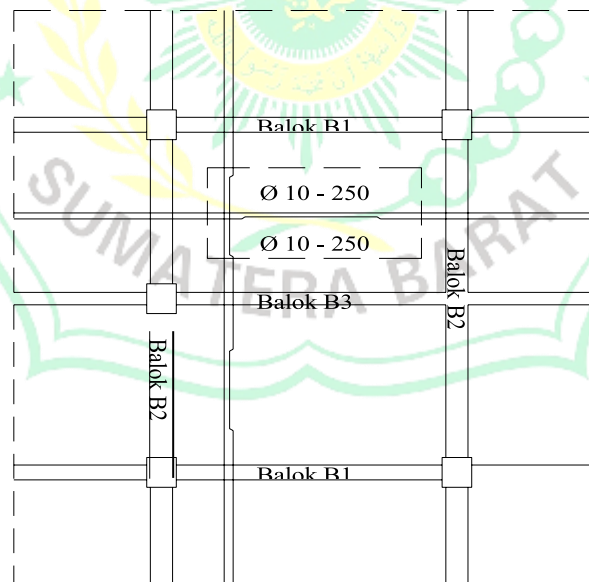
4. Pelat Lantai

Berdasarkan analisis diperoleh perbandingan tulangan pelat lantai antara penulis dengan perencana dapat dilihat pada gambar 4.21 dan 4.22 dibawah ini.



Gambar 4.16 Perbandingan tulangan pelat lantai (penulis)

Sumber : Autocad



Gambar 4.17 Perbandingan tulangan pelat lantai (perencana)

Sumber : Autocad

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis dan perhitungan struktur Pembangunan kantor wali nagari malampah, penulis dapat mengambil kesimpulan:

1. Balok B1

Tabel : 4.18 Rekap tulangan balok

Penulis			Perencana	
Balok B1 (30 x 45)			Balok B1 (30 x 50)	
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Tulangan Atas	4 D 19	2 D 19	5 D 19	3 D 19
Tulangan Bawah	2 D 19	4 D 19	3 D 19	3 D 19
Tulangan Pinggang	2 D 10	2 D 10	2 D 10	2 D 10
Sengkang	Ø 10 – 100	Ø 10 – 200	Ø 10 – 100	Ø 10 - 150

Sumber : rekap penulangan

2. Balok B2

Tabel : 4.19 Rekap tulangan balok

Penulis			Perencana	
Balok B2 (25 x 40)			Balok B2 (25 x 40)	
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Tulangan Atas	4 D 19	2 D 19	4 D 19	2 D 19
Tulangan Bawah	2 D 19	4 D 19	3 D 19	3 D 19
Tulangan Pinggang	2 D 10	2 D 10	2 D 10	2 D 10
Sengkang	Ø 10 – 100	Ø 10 – 150	Ø 10 – 100	Ø 10 – 150

Sumber : rekap penulangan

3. Kolom K1 dan K2

Tabel : 4.20 Rekap tulangan kolom

		Penulis	Perencana
Kolom K1 (40x40)		Tumpuan/Lapangan	Tumpuan/Lapangan
Tulangan Pokok		16 D 19	16 D 19
Sengkang	1/4 L	Ø 10 – 150	Ø 10 – 100
	1/2 L	Ø 10 – 200	Ø 10 – 150
Kolom K2 (30 x 30)			
Tulangan Pokok		8 D 19	8 D 19
Sengkang	1/4 L	Ø 10 - 100	Ø 10 – 100
	1/2 L	Ø 10 - 150	Ø 10 - 150

Sumber : rekap penulangan

4. Pelat lantai

Tabel : 4.21 Rekap tulangan pelat lantai

No	Nama	Tinggi	Atas	Bawah
1	Pelat lantai	120	Ø 10 – 150	Ø 10 – 150
2	Dak beton	120	Ø 10 – 150	Ø 10 – 150

Sumber : rekap penulangan

5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis dan tinjauan Pembangunan kantor wali nagari malampah, saran-saran yang dapat diberikan untuk pengembangan lebih lanjut antara lain:

1. Analisis dan tinjauan dilakukan dalam laporan hanya struktur atas gedung saja, tetapi tidak meninjau struktur bawah gedung. Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik dan lengkap perlu dilakukan studi lebih lanjut agar lebih forensik assessment.
2. Dalam melakukan analisis struktur dapat digunakan program bantu untuk mempercepat proses dari penyusunan, tetapi juga tidak boleh lupa prinsip dasar hitungan dan tidak bergantung sepenuhnya pada program tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Asroni A. 2010. *Balok dan Pelat Beton Bertulang*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Badan Standardisasi Nasional. 2019. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 03-1726-2019*. Jakarta (ID): BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. 2013. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*, SNI 2847:2013. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Bertulang untuk Bangunan Gedung SNI 03-2847-2002*. Jakarta (ID): BSN
- Departemen Pekerjaan Umum, 1983. *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Bangunan Gedung (PPIUG 1983)*, Bandung Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1987, *Pedoman Perencanaan Pembebanan Indonesia Untuk Rumah Dan Gedung (PPPURG 1987)*, Yayasan Badan Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. SNI 03-1726-2019 *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung*. Departemen Pemukiman Dan Prasarana Wilayah : Bandung.
- Dipohusodo, Istimawan. 1994. *Struktur Beton Bertulang*. Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Ferguson Phil. M, 1986, *Dasar-Dasar Beton Bertulang*, Edisi keempat, Erlangga Jakarta.
- Gideon Kusuma, Takim Andriono, 1993, *Desain Struktur Rangka Beton Bertulang Didaerah Rawan Gempa*, Erlangga, Jakarta.
- Hendra, A., Ishak, I., & Bastian, E. (2021). *Analisis Struktur Atas Gedung Sosial Budaya Pada Kawasan Islamic Centre Kota Padang Panjang*. *Ensiklopedia research and community Service Review*, 1(1), 130-136.
- Irfan, M., Ishak, I., & Priana, S. E. (2022). *Tinjauan Perencanaan Proyek Pembangunan Gedung/ruang Baru Puskesmas Mandiangin Kota Bukittinggi*. *Ensiklopedia and community Service Review*, 1(2), 172-178.
- Kia Wang, Chu, 1986, *Desain Beton Bertulang*, Jilid 1, Edisi Keempat, Erlangga, Jakarta.

- Priana, S. E., Carlo, N., & Yulius, M. N. (2014). *Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kinerja Mutu Pada Proyek Konstruksi Gedung Di Kota Padang Panjang*. Abstract of Undergraduate Research, Faculty of Post Graduate, Bung Hatta University, 5(3).
- Putri, A., Masril, M., & Bastian, E. (2021). *Analisis Struktur Pasca Kebakaran Gedung Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat*. *Ensiklopedia Research and Community Service Review*, 1(1), 179-187
- Rendi, R., Ishak, I., & Kurniawan, D. (2021). *Perencanaan Struktur Atas Gedung Fakultas Hukum Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat*. *Ensiklopedia Research and Community Service Review*, 1(1), 121-129.
- Saputri, R., Ishak, I., & Masril, M. (2022). *Perencanaan Ulang Pembangunan Masjid Wustha Payakumbuh*. *Ensiklopedia Research and Community Service Review*, 1(1), 121-129.
- Surya M. 2012. *Analisis dan Evaluasi Struktur Wing Fahutan IPB Bogor Terhadap Ketahanan Gempa Berdasarkan Peta Gempa 2019 [skripsi]*. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.

