

SKRIPSI
ANALISIS STRUKTUR PASCA KEBAKARAN GEDUNG
PASCA SARJANA UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH
SUMATERA BARAT

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



Disusun oleh:

ANNISA PUTRI
17.10.002.22201.011

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT
2021

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

ANALISIS STRUKTUR PASCA KEBAKARAN GEDUNG PASCASARJANA UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT

Oleh :

ANNISA PUTRI
NPM 17.10.002.22201.011

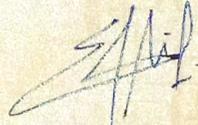
Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing I



MASRIL, ST.MT
NIDN. 10.0505.7407

Dosen Pembimbing II



ELFANIA BASTIAN, ST.MT
NIDN 10.1811.8901

Diketahui Oleh :

Dekan Fakultas Teknik
UM Sumatera Barat



MASRIL, ST.MT
NIDN. 10.0505.7407

Ketua Program Studi
Teknik Sipil



Ir. SURYA EKA PRIANA, M.T, IPP
NIDN 10.1602.6603



LEMBARAN PERSETUJUAN TIM PENGUJI

Skripsi ini telah dipertahankan dan disempurnakan berdasarkan masukan dan koreksi Tim Penguji pada ujian tertutup tanggal 22 Agustus 2021 di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat

Bukittinggi, 22 Agustus 2021

Mahasiswa,

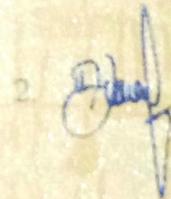
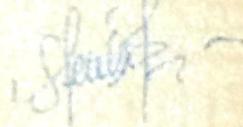


Annisa Putri

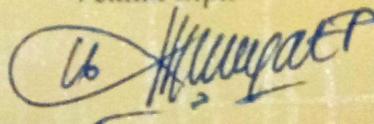
171000222201011

Disetujui Tim Penguji Skripsi tanggal 22 Agustus 2021,

1. Selpa Dewi, S.T.,M.T
2. Deddy Kurniawan, S.T.,M.T



Mengetahui,
Ketua Program Studi
Teknik Sipil



Ir. Surya Eka Priana M.T., IPP
NIDN. 1016026603

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Annisa Putri

NIM : 17100222201011

Judul Skripsi : Analisis Struktur Pasca Kebakaran Gedung Pascasarjana
Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat

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

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

Bukittinggi, 22 Agustus 2021

Yang membuat pernyataan,



Annisa Putri

NIM. 171000222201011

ABSTRAK

Perkuatan atau *retrofitting* struktur secara umum dapat diartikan sebagai penambahan komponen-komponen struktur baru kepada sistem yang lama sehingga terjadi peningkatan kinerja struktur. Ketika sebuah bangunan terbakar, belum tentu bangunan tersebut tidak bisa di pakai kembali, maka dari itu bangunan tersebut tidak harus dirobohkan, karena jika struktur bangunan masih bisa digunakan lebih baik diberi perkuatan (*retrofitting*), menganalisis struktur yang diberi perkuatan menggunakan bantuan program SAP2000. Cara ini dilakukan karena lebih efisien, baik dari segi waktu maupun biaya, dari pada harus membangun kemabali bangunan tersebut. Dari analisis Struktur Pasca Kebakaran Gedung Pascasarjana masih tergolong aman dan masih bisa dipakai Kembali dengan hasil perhitungan kolom sebelum dilakukan perkuatan memiliki Gaya berat / Luas sebesar 0.74 kg/mm^2 sedangkan kolom setelah dilakukan perkuatan Gaya berat/Luas sebesar 0.3 kg mm^2 sehingga hal ini membuktikan bahwa kolom dengan perkuatan lebih efisien digunakan pada struktur yang telah terbakar dalam menahan beban. Konstruksi perkuatan struktur, merupakan salah satu solusi agar dapat memperkecil biaya pada pembangunan tanpa harus merobohkan bangunan lama.

Kata Kunci : Perkuatan struktur yang telah terbakar (*retrofitting*),SAP200 V11.



KATA PENGANTAR

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

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

1. Orang tua, kakak dan adik serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan moril, do'a dan kasih sayang,
2. Bapak **Masril, S.T, M.T** selaku dekan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat,
3. Bapak **Hariyadi, S.Kom., M.Kom** selaku Wakil Dekan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat,
4. Bapak **Deddy Kurniawan, S.T, M.T** selaku Ketua Prodi Teknik Sipil,
5. Ibu **Elfania Bastian, S.T, M.T** selaku Dosen Pembimbing Akademik,
6. Bapak **Masril, S.T, M.T** selaku Dosen Pembimbing I skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis,
7. Ibu **Elfania Bastian, S.T, M.T** selaku Dosen Pembimbing II skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis,
8. Bapak/Ibu Tenaga Kependidikan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat,
9. Semua pihak yang namanya tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

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, 11 Juli 2021

Penulis

(ANNISA PUTRI)



DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR NOTASI	viii
BAB I	PENDAHULUAN
1.2 Latar Belakang	1
1.3 Rumusan Masalah.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Tujuan dan Manfaat Penelitian	2
1.6 Sistematika Penulisan.....	2
BAB II	TINJAUAN PUSTAKA
2.1 Konsep Perbaikan Struktur	4
2.2 Struktur Bawah.....	5
2.2.1 Pondasi	5
2.3 Struktur Atas.....	8
2.3.1 Kolom.....	8
2.3.2 Balok	11
2.3.3 Pelat.....	15
2.4 Material.....	22
2.5 Pembebanan.....	28
2.5.1 Beban Mati (<i>Dead Load</i>)	28
2.5.2 Beban Hidup (<i>Live Load</i>).....	30
2.5.3 Beban Gempa (<i>Earthquake</i>).....	30

	2.6 Kombinasi Pembebanan	34
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	
	3.1 Lokasi Penelitian.....	38
	3.2 Data Penelitian	38
	3.3 Metode Analisis Data.....	39
	3.4 Data-Data di Lapangan	40
	3.5 Flowchart	41
BAB IV	ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	
	4.1 Preliminary Desain Penampang Fc'Kebakaran	42
	4.1.1 Balok	42
	4.1.2 Kolom.....	45
	4.1.3 Pelat Lantai	49
	4.2 Evaluasi Dimensi Kolom Fc'Perkuatan.....	54
	4.3 Hasil Analisis Perkuatan Kolom.....	58
	4.4 Pembebanan	59
	4.4.1 Beban Mati	59
	4.4.2 Beban Hidup	60
	4.4.3 Beban Gempa.....	60
	4.5 Perhitungan Momen Menggunakan Aplikasi SAP2000	63
	4.5.1 Menggambar Grid Bangunan.....	63
	4.5.2 Input Beban Hidup , Mati, Beban Gempa.....	63
	4.5.3 Hasil Running SAP 2000 Perkuatan	65
	4.6 Perhitungan Penulangan Kolom Perkuatan	65
	4.7 Gambar Penampang Kolom Perkuatan.....	71
BAB V	PENUTUP	
	5.1 Kesimpulan	72

5.2 Saran72

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

No. Tabel	Halaman
Tabel 2.2 Mutu Baja.....	25
Tabel 2.3 Baja Tulangan Polos.....	26
Tabel 2.4 Baja Tulangan Ulir.....	26
Tabel 2.5 Berat Sendiri Bahan Bangunan.....	28
Tabel 2.6 Berat Komponen Bangunan.....	29
Tabel 2.7 Beban Hidup Pada Lantai Gedung.....	30
Tabel 2.8 Koefesien.....	32
Tabel 2.9 Percepatan Puncak Muka Tanah.....	32
Tabel 2.10 Faktor Keutamaan Gedung.....	33
Tabel 2.11 Faktor Reduksi Beban Hidup Untuk Peninjauan Gempa.....	33
Tabel 3.1 Data Kolom.....	40
Tabel 3.2 Data Balok dan Pelat Lantai.....	40
Tabel 4.1 Tabel Minimum.....	43
Tabel 4.2 Tabel Preliminari Kolom Lantai 2.....	46
Tabel 4.3 Tabel Preliminari Kolom Lantai.....	47
Tabel 4.4 Tabel Preliminari Kolom Lantai 2.....	55
Tabel 4.5 Tabel Preliminari Kolom Lantai 1.....	56
Tabel 4.6 Perbandingan Hasil Perhitungan Gaya Berat/Luas.....	57
Tabel 4.7 Grafik Respon Spektrum Untuk Kota Padang.....	59
Tabel 4.8 Rekap Momen.....	63
Tabel 4.9 Rekap Tulangan Kolom lantai 1.....	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jenis Kolom Berdasarkan Bentuk Dan Komposisi Material.....	9
Gambar 2.2 Jenis Pelat Berdasarkan Tumpuan.....	20
Gambar 2.3 Jenis Pelat Berdasarkan Peletakannya.....	21
Gambar 2.4 Jenis Pelat Berdasarkan Penulangannya	22
Gambar 2.5 Zona Gempa Pada Wilayah Sumatera.....	31
Gambar 3.1 Lokasi Gedung	38
Gambar 3.2 Flowchart Penyusunan Skripsi	41
Gambar 4.1 Dimensi Balok.....	42
Gambar 4.2 Dimensi Pelat	49
Gambar 4.3 Pelat Tepi Konstruksi.....	50
Gambar 4.4 Pelat Lantai.....	52
Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Gaya Berat/Luas	59
Gambar 4.6 Grid Gedung SAP2000.....	63
Gambar 4.7 Grid Gedung SAP2000.....	63
Gambar 4.8 Grid Gedung SAP2000.....	64
Gambar 4.9 Grid Gedung SAP2000.....	64
Gambar 4.10 Diagram Interaksi Kolom L1 P vs M.....	70

DAFTAR NOTASI

b	= Lebar penampang melintang kolom
h	= Tinggi penampang melintang kolom
p	= Rasio penulangan
σ	= Tegangan
V_c	= kuat geser nominal yang disumbangkan beton
V_u	= kuat geser terfaktor pada penampang
V_n	= kuat geser nominal
V_s	= kuat geser nominal yang disumbangkan tulang geser
A_v	= luas tulangan geser pada daerah sejarak S
d	= jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulang Tarik
f_y	= mutu baja
C	= Faktor Respon Gempa
Ψ	= Koefisien ψ untuk menghitung faktor respons gempa vertikal C
A_0	= nilai dari Percepatan Puncak Muka Tanah
I	= Faktor Keutamaan gedung
V_n	= Gaya geser nominal
V_c	= gaya geser nominal beton
V_s	= Gaya geser nominal tulangan geser
Φ	= Untuk geser dan torsi diambil sebesar
V/A	= Gaya berat/Luas
M_u	= momen terfaktor pada penampang
MDL	= momen akibat beban mati
MLL	= momen akibat beban hidup

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagian besar pembangunan gedung di Indonesia merupakan struktur rangka beton bertulang (SRBB), yang dimana komponen strukturnya telah mengalami perubahan bentuk (*Deformasi*) akibat beban yang bekerja. Adanya faktor seperti kesalahan desain, pelaksanaan konstruksi yang tidak sesuai rencana, perubahan fungsi bangunan dan kelalaian manusia, sehingga memberikan dampak tidak baik bahkan menyebabkan bangunan tersebut mengalami kerusakan, oleh sebab itu perlu dilakukan perkuatan struktur bangunan.

Pembangunan proyek konstruksi di Indonesia saat ini cukup berkembang khususnya di Sumatera Barat. Hal ini dapat dilihat dari banyaknya proyek pembangunan seperti perumahan, pertokoan, hotel, sekolah, kampus, rumah sakit dan lain sebagainya. Pembangunan proyek tersebut banyak mengalami perubahan di bandingkan dengan yang sebelumnya, perubahan pembangunan tersebut dapat terjadi karena bangunannya mengalami kerusakan akibat beberapa faktor, misalnya kebakaran yang terjadi di sebuah Gedung kampus di Kota Padang tepatnya di gedung Pascasarjana UM Sumbar yang terletak di Jln. Pasir Kandang No.4 Kecamatan Koto Tangah kota Padang Sumatera Barat.

Struktur Gedung Pascasarjana UM Sumbar merupakan struktur beton bertulang bertingkat 2, dengan jumlah lantai 2 tidak termasuk plat dak. Penyebab utama kebakaran adalah akibat kelalaian manusia, baik kelalaian pada tahap perencanaan, pelaksanaan maupun tahap pemanfaatan. Ketika sebuah bangunan terbakar, belum tentu bangunan tersebut tidak bisa di pakai kembali, maka dari itu bangunan tersebut tidak harus dirobohkan, karena jika struktur bangunan masih bisa digunakan lebih baik diberi perkuatan (*retrofitting*), cara ini dilakukan karena lebih efisien, baik dari segi waktu maupun biaya, dari pada harus membangun kemabali bangunan tersebut. Bahkan juga dapat memperbaiki bangunan yang rusak, memperkuat bangunan, tanpa harus membongkar total bangunan yang sudah ada. Kebakaran yang terjadi pada tanggal 30 April 2020 di gedung

Pascasarjana UM Sumbar telah mengakibatkan berbagai kerusakan baik sarana maupun prasarana. Agar proses belajar dapat dijalankan secepatnya diperlukan tindakan rehabilitasi pada bangunan. Oleh karena itu penulis mengambil permasalahan dalam bidang bangunan dengan judul “**Analisis Struktur Pasca Kebakaran Gedung Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat**”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dengan latar belakang diatas maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah melakukan analisis pada struktur Gedung Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat setelah kebakaran.

1.3 Batasan Masalah

Ruang lingkup Analisis atau penelitian ini di batasi pada:

1. Menghitung ulang struktur bangunan Gedung Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat setelah kebakaran.
2. Menganalisis struktur yang diperbaiki berupa perkuatan pada kolom lantai satu bangunan Gedung Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat, dengan bantuan program SAP2000.
3. Tidak melakukan peninjauan ulang *Daktilitas* baja.

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dan manfaat penelitian ini adalah untuk menghitung ulang struktur bangunan Gedung Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat setelah kebakaran dan meningkatkan kekuatan elemen struktur agar mampu menahan beban sehingga struktur bangunan tersebut dapat difungsikan kembali.

1.5 Sistematika Penulisan

Dalam sistematika penulisan skripsi ini penulis berusaha menyajikan dengan sederhana, masing-masing bab yang meliputi Pendahuluan, Tinjauan pustaka, Metode penelitian, Analisis data dan Pembahasan serta Kesimpulan dan Saran.

Diawali dengan pengertian umum dari pokok bahasan yang akan di uraikan tujuan dan mamfaat pokok pikiran yang di maksut.

Dalam hal ini penulis membagi atas beberapa bab yang disusun secara sistematis, dengan susunan sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

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

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab II ini akan membahas mengenai pengertian umum perhitungan stuktur gedung, dan gambaran secara umum terhadap bangunan yang menampilkan lokasi dan situasi proyek, data-data umum proyek, data teknik dari proyek tersebut serta dasar dasar perhitungan.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab III ini akan dibahas mengenai metode pengumpulan data data dan *Flowchart* penyusunan skripsi

BAB IV : ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Dalam bab IV ini berisikan tentang hasil dari perhitungan yang telah dilakukan baik berupa tabel maupun gambar-gambar grafik dan juga pembahasan dari hasil perhitungan.

BAB V : PENUTUP

Pada bab V ini berisi kesimpulan yang didapat dari pembahasan di atas dan saran.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konsep Perbaikan Struktur

Perbaikan atau *retrofitting* struktur secara umum dapat diartikan sebagai penambahan komponen-komponen struktur baru kepada sistem yang lama sehingga terjadi peningkatan kinerja struktur. Konteks *retrofitting* dapat pula didefinisikan sebagai perbaikan struktur terkait dengan kemampuan aktual di dalam operasional struktur (Apriani, 2012). Menurut Tumialan (2001), metode *retrofit* konvensional dapat dibagi menurut masalah yang dihadapi, yaitu perbaikan kerusakan atau peningkatan mutu struktur.

Menurut EI-Dakhkhni (2004), metode *retrofit* lain yaitu dengan konsep penambahan massa dan kekakuan sehingga menyebabkan portal kolom-balok berada pada taraf kapasitas gaya yang lebih besar. Metode ini dianggap tidak praktis dan penggunaannya terbatas pada jenis struktur tertentu karena membutuhkan keahlian dalam pelaksanaan, dan biaya tinggi. Namun, terkadang dalam perbaikan terdapat pilihan lebih dari satu material yang dapat digunakan dengan hasil yang sama, jika ini terjadi maka pilihan terakhir terhadap material atau kombinasi material mesti dilakukan dengan mempertimbangkan kemudahan, penerapan biaya, ketersediaan keterampilan buruh dan peralatan.

Pada umumnya tiga hal harus diperhitungkan dalam mempertimbangkan pemilihan material yang akan digunakan: kondisi perbaikan, sifat-sifat material perbaikan, dan keterampilan serta peralatan yang dibutuhkan untuk melakukan pekerjaan perbaikan (Isneini, 2009). Pemilihan material baja tulangan sebagai perkuatan adalah salah satu alasan mudah didapat serta penerapan yang efisien waktu dan biaya.

Sulendra (2005) telah melakukan pengujian pada sambungan kolom-balok yang diperkuat dengan pemasangan *jacketting* pada bagian kolom. Metode ini meningkatkan kemampuan menahan beban geser sampai 80% dari kemampuan awalnya, serta meningkatkan daktilitas kolom, kekakuan, kekuatan, dan disipasi

energi secara signifikan. Chaimahawan dan Pimanmas (2009) melakukan pengujian pada sambungan kolom balok yang diperkuat dengan ekspansi planar segi empat dan segitiga. Kolom-balok beton didesain seperti pada struktur umumnya yang telah ada di Thailand. Metode perkuatan ini terbukti efektif untuk meningkatkan kekakuan, kekuatan, disipasi energi, dan daktilitas, dengan performa yang seimbang, namun perkuatan segiempat lebih efektif untuk menunda keretakan beton pada zona kompresi.

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

Perencanaan struktur atas harus mengacu pada peraturan atau pedoman standar yang mengatur perencanaan dan pelaksanaan bangunan beton bertulang, yaitu Standar Tata Cara Penghitungan Struktur Beton nomor : SK SNI T-15-1991-03, Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983, Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia untuk Gedung tahun 1983, dan lain-lain (Istimawan, 1999).

2.2 Struktur Bawah

2.2.1 Pondasi

Struktur bawah adalah pondasi bangunan dan struktur bangunan yang berada dibawah permukaan tanah. Pondasi merupakan bagian terendah dari bangunan yang berfungsi meneruskan beban bangunan ke tanah dasar atau batuan yang berada di bawahnya. Pondasi bangunan dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu pondasi dangkal (*shallow foundation*) dan pondasi dalam (*deep foundation*), ditentukan dari letak tanah kerasnya dan perbandingan antara kedalaman dengan lebar pondasi. Pondasi dangkal dimana kedalamannya kurang atau sama dengan lebar pondasi ($D \leq B$) dan dapat dipakai jika lapisan tanah

kerasnya terletak dekat dengan permukaan tanah. Sedangkan pondasi dalam digunakan apabila lapisan tanah keras jauh dari permukaan tanah.

1. Fungsi dan Jenis-Jenis Pondasi

Dalam menentukan jenis, ukuran dan konstruksi pondasi terlebih dahulu harus memperhatikan jenis bangunan, beban bangunan, kondisi tanah dan faktor-faktor lain yang berpengaruh secara langsung maupun tidak langsung. Hal tersebut karena fungsi dari pondasi itu sendiri merupakan perantara untuk meneruskan beban struktur yang ada di atas muka tanah dan gaya-gaya lain yang bekerja terhadap tanah, serta sebagai pendukung suatu bangunan. Oleh sebab itu, perlu perhitungan yang matang dan tidak hanya berdasarkan kebiasaan setempat. Karena kondisi ini sering ditemui, banyak yang memilih pondasi suatu gedung hanya didasari dari kebiasaan setempat. Pondasi dibedakan berdasarkan kemungkinan besar beban yang harus dipikul oleh suatu pondasi, diantaranya:

a. Pondasi Dangkal

Pondasi dangkal disebut juga pondasi langsung, pondasi ini dipakai apabila lapisan tanah pada dasar pondasi mampu mendukung beban yang bekerja terletak tidak dalam atau berada relatif dekat dengan permukaan tanah. Pondasi dangkal merupakan pondasi yang mendukung beban secara langsung. Pondasi dangkal ini biasa digunakan pada bangunan yang tidak terlalu tinggi, seperti bangunan dua sampai tiga tingkat. Pondasi dangkal dapat dibedakan menjadi:

- 1) Pondasi telapak
- 2) Pondasi memanjang
- 3) Pondasi rakit

b. Pondasi Dalam

Pondasi dalam merupakan pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batuan yang terletak jauh dari permukaan tanah, seperti:

c. Pondasi sumuran (*pier foundation*)

Pondasi sumuran merupakan pondasi peralihan antara pondasi dangkal dengan pondasi tiang pancang, pondasi ini dipakai apabila tanah dasar yang kuat terletak pada kedalaman yang relatif dalam, dimana pada pondasi sumuran nilai kedalaman (D_f) dibagi lebar (B) $D_f/B \leq 4$, sedangkan untuk pondasi dangkal $D_f/B \leq 1$.

d. Pondasi tiang (*pile foundation*)

Pondasi tiang ini digunakan apabila tanah pondasi pada kedalaman yang normal tidak mampu mendukung beban bangunan dan tanah kerasnya terletak pada kedalaman yang sangat dalam. Pondasi tiang umumnya memiliki diameter lebih kecil dan lebih panjang dibandingkan dengan pondasi sumuran.

Jenis-jenis pondasi tiang:

- 1) Pondasi tiang kayu
- 2) Pondasi tiang beton
- 3) Pondasi tiang bor
- 4) Pondasi tiang baja profil

Jenis pondasi dalam ini biasanya digunakan pada bangunan bertingkat tinggi, seperti gedung pencakar langit dan gedung-gedung tinggi lainnya.

Pemilihan jenis pondasi yang tepat perlu memperhatikan apakah pondasi yang dipilih sesuai dengan berbagai keadaan tanah:

1. Apabila tanah pendukung pondasi berada pada permukaan tanah atau kedalaman 2-3 meter di bawah permukaan tanah, dalam kondisi ini bisa dipakai pondasi telapak.
2. Apabila tanah pendukung pondasi berada pada kedalaman sekitar 10 meter di bawah permukaan tanah, dalam hal ini bisa menggunakan pondasi tiang apung.
3. Apabila tanah pendukung pondasi terletak pada kedalaman 20 meter di bawah permukaan tanah, maka pada kondisi ini jika diizinkan terjadinya penurunan dapat menggunakan tiang geser dan jika tidak diizinkan terjadinya penurunan, lebih baik menggunakan tiang pancang. Tetapi jika terdapat batu besar pada lapisan antara, pemakaian *caison* lebih menguntungkan.
4. Apabila tanah pendukung pondasi terletak pada kedalaman 30 meter di bawah permukaan tanah maka dapat menggunakan *caison* terbuka, tiang baja atau tiang yang dicor di tempat. Tetapi jika tekanan *atmosfer* yang bekerja ternyata kurang dari 3 kg/cm^2 maka digunakan *caison* tekanan.

5. Apabila tanah pendukung pondasi terletak pada kedalaman sekitar 40 meter di bawah permukaan tanah, maka dalam kondisi ini lebih baik menggunakan tiang baja dan tiang beton yang dicor ditempat (*Bowles J.E, 1993*).

Untuk mempelajari perilaku tanah pada saat permulaan pembebanan sampai mencapai keruntuhan, dilakukan tinjauan terhadap suatu pondasi kaku pada kedalaman dasar pondasi yang tidak lebih dari lebar pondasinya, penambahan beban pondasi dilakukan secara berangsur-angsur.

2.3 Struktur Atas

Struktur atas suatu gedung adalah seluruh bagian struktur gedung yang berada diatas muka tanah (SNI 2002). Struktur atas ini terdiri dari kolom, pelat, balok, dinding geser dan tangga, yang masing-masing mempunyai peran yang sangat penting. Gedung Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat terdiri dari 2 lantai, dalam penulisan skripsi ini penulis akan menghitung analisa struktur pada bangunan Gedung pasca sarjana setelah kebakaran, yang terdiri terdiri dari:

2.3.1. 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).

A. Pengertian Kolom

Kolom dapat didefinisikan sebagai komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menyangga beban aksial tekan vertikal dengan bagian tinggi yang tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil. Kolom merupakan bagian vertikal dari suatu struktur rangka yang menerima. 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).

B. 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

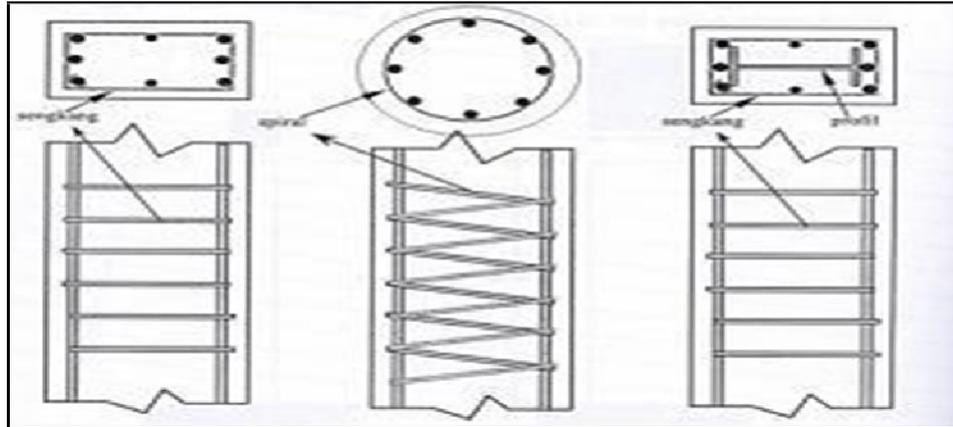
komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menyanggah beban aksial tekanan vertikal dengan bagian tinggi yang tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil.

Fungsi kolom sangat penting, agar bangunan tidak mudah roboh. Beban sebuah bangunan dimulai dari atap. Beban atap akan meneruskan beban yang diterimanya ke kolom. Seluruh beban yang diterima kolom akan didistribusikan hingga ke pondasi.

C. Jenis – jenis kolom

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

- 1) 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.
- 2) 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.
- 3) 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 Kolom Berdasarkan Bentuk Dan Komposisi Material
(Sumber: Istimawan, Dipohusodo, 1994)

D. Perencanaan penampang kolom

Bila suatu penampang beton harus menahan tidak hanya beban lentur M tetapi juga gaya normal (gaya aksial) P , maka distribusi tegangan internal menjadi lebih kompleks. Dari teori elastis diketahui bahwa tegangan-tegangan yang ditimbulkan oleh M dan P boleh dijumlahkan sehingga memperoleh tegangan resultan, tegangan yang ditimbulkan gaya normal sehingga apabila kita ingin mendapatkan harga b dan h dapat digunakan rumus:

$$\sigma_p = p / (b \cdot h) \quad b \cdot h = p / \sigma_p \quad \dots (2.1)$$

Dimana:

b = Lebar penampang melintang kolom

h = Tinggi penampang melintang kolom

p = Rasio penulangan

σ = Tegangan

E. Kapasitas Kolom

Kapasitas suatu kolom yang mengalami beban aksial murni (*Axial Load only*) terjadi apabila kolom hanya menahan beban sentris pada penampangnya (tanpa eksentrisitas). Pada kondisi ini gaya luar akan ditahan oleh penampang kolom yang secara matematis dirumuskan dalam persamaan:

$$P_o = \{0,85 \cdot f_c'(A_g - A_{st}) + A_{st} \cdot f_y\} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana:

f_c' = Kuat tekan beton yang disyaratkan (MPa).

A_g = Luas penampang kolom.

A_{st} = Luas tulangan total.

f_y = Kuat tarik tulangan baja yang diizinkan (MPa).

Namun kekuatan yang dihitung dengan rumus diatas jarang sekali bisa diperoleh pada suatu kolom karena normalnya selalu ada momen pada kolom yang akan mereduksi kapasitas aksial kolom. Momen tersebut bisa saja terjadi akibat:

- a. Tidak konsentrisnya as kolom dari satu lantai terhadap lantai berikutnya.
- b. Mengimbangi momen pada balok.
- c. Penulangan yang tidak sentris yang mengakibatkan tidak berhimpitnya titik berat geometrinya dengan titik berat penampang.

Untuk memperhitungkan efek dari momen yang tidak diharapkan tersebut, maka kapasitas aksial kolom harus dikalikan dengan 0,85 untuk kolom dengan spiral dan 0,8 untuk kolom dengan sengkang, sehingga:

$$P_n = 0,85 * P_o \text{ (kolom dengan spiral)} \dots\dots\dots (2.3)$$

$$P_n = 0,80 * P_o \text{ (kolom dengan sengkang)} \dots\dots\dots (2.4)$$

2.3.2. Balok

A. Pengertian Balok

Balok beton adalah bagian dari struktur yang berfungsi sebagai penyalur momen menuju struktur kolom. Balok dikenal sebagai elemen lentur, yaitu elemen struktur yang dominan memikul gaya dalam berupa momen lentur dan gaya geser.

Menurut Prof Widodo beton memiliki sifat rangka yang terjadi pada beton yang dibebani secara tetap dalam jangka waktu yang lama. Oleh karena itu pada balok beton dikenal istilah *short-term (immediate) deflection* dan *long-term deflection* yang membuat lendutan. Lendutan adalah fungsi dari kekakuan yaitu perkalian antara modulus elastisitas beton E_c dengan inersia penampang I . lendutan itu harus dibatasi, karena berkaitan dengan kenyamanan dan seni dalam arsitektur. SNI 03-2847-2013 dengan tegas menyebut dalam butir 9.5 terhadap kontrol lendutan.

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

1) Tinggi balok

$$h > L_{pj} / 16 \quad \text{Pers. (2.5)}$$

2) Lebar Badan Balok (bw)

$$1/2 h < bw < 2/3 \quad \text{Pers. (2.6)}$$

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

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

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

$$L_n \geq 4d \quad \text{Pers. (2.7)}$$

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

$$bw / h \geq 0,3 \quad \text{Pers. (2.8)}$$

$$bw \geq 250 \text{ mm} \quad \text{Pers. (2.9)}$$

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

a. Lebar komponen struktur penumpu c_2 , dan

b. 0.75 kali dimensi keseluruhan komponen struktur penumpu, c_1

$$bw \leq 2 \cdot c_2 \quad \text{Pers. (2.10)}$$

$$bw \leq c_2 + 3/4 c_1 \quad \text{Pers. (2.11)}$$

B. Fungsi Balok

Balok pada stuktur bangunan merupakan stuktur melintang yang menopan beban horizontal selain itu balok juga berfungsi yaitu:

- 1) Menambah kekuatan lentur pada pelat
- 2) Menambah kekuatan horizontal pada stuktur bangunan
- 3) Meneruskan beban dinding ke kolom
- 4) Sebagai pengikat kolom

C. Jenis – jenis balok

Beberapa jenis balok antara lain:

- 1) 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.
- 2) Kantilever adalah balok yang diproyeksikan atau struktur kaku lainnya didukung hanya pada satu ujung tetap.
- 3) Balok teritisan adalah balok sederhana yang memanjang melewati salah satu kolom tumpuannya.
- 4) Balok dengan ujung-ujung tetap (dikaitkan kuat) menahan translasi dan rotasi.
- 5) Bentangan tersuspensi adalah balok sederhana yang ditopang oleh teristisan dari dua bentang dengan konstruksi sambungan pin pada momen nol.
- 6) Balok kontiniu memanjang secara menerus melewati lebih dari dua kolom tumpuan untuk menghasilkan kekakuan yang lebih besar dan momen yang lebih kecil dari serangkaian balok tidak menerus dengan panjang dan beban yang sama.

D. Perhitungan Penulangan Balok

Balok merupakan batang horizontal dari rangka struktur yang memikul beban tegak lurus sepanjang batang tersebut biasanya terdiri dari dinding, plat atau atap bangunan dan menyalurkannya pada tumpuan atau struktur dibawahnya.

Adapun urutan-urutan dalam menganalisis balok:

- 1) Gaya lintang design balok maksimum

$$U = 1,2 + 1,6 l \quad \text{Pers. (2.12)}$$

Keterangan :

U = gaya geser terfaktor pada penampang

D = beban mati terfaktor per unit luas

L = beban hidup terfaktor per unit luas

- 2) Momen design balok maksimum

$$Mu = 1,2 M_{DL} + 1,6 M_{LL} \quad \text{Pers. (2.13)}$$

(Istimawan hal.22)

Keterangan :

Mu = momen terfaktor pada penampang

MDL = momen akibat beban mati

MLL = momen akibat beban hidup

- 3) Penulangan lentur lapangan dan tumpuan.

- a) Penulangan lentur lapangan

(1) Tentukan $b_{eff} = h - p - \emptyset$ Sengkang $- \frac{1}{2} \emptyset$ tulangan

$$K = \frac{Mu}{\emptyset b^2 d^2} \rightarrow \text{didapat nilai } \rho \text{ dari table}$$

$$As = \rho b d$$

(Gideon hal.54)

(2) Pilih tulangan dengan dasar As terpasang $\geq As$ direncanakan

- b) Penulangan lentur pada tumpuan

(1) $K = \frac{Mu}{\emptyset b^2 b_{eff}^2} \rightarrow \text{didapat nilai } \rho \text{ dari tabel}$

$$As = \rho b d$$

(Gideon hal.54)

(2) Pilih tulangan dengan dasar As terpasang $\geq As$ direncanakan

Keterangan :

As = luas tulangan Tarik non – prategang

ρ = rasio penulangan tarik non-prategang

B_{eff} = lebar efektif balok

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan Tarik

c) Tulangan geser rencana

$$(1) V_c = 0.17 \lambda \sqrt{f_c' b_w d} \quad \text{Pers. (2.14)}$$

(SNI 2847 – 2013 hal.89 pasal 11.2.1 butir 1)

$$(2) V \leq \phi V_c \text{ (tidak perlu tulang geser)} \quad \text{Pers. (2.15)}$$

(Istimawan hal.113)

$$(3) V_u \leq \phi V_n \quad \text{Pers. (2.16)}$$

$$(4) V_n = V_c + V_s \quad \text{Pers. (2.17)}$$

$$(5) V_u \leq \phi V_c + \phi V_s \quad \text{Pers. (2.18)}$$

$$(6) S_{perlu} = \frac{A_v f_y d}{V_s} \quad \text{Pers. (2.19)}$$

(istimawan hal.122)

Dimana :

V_c = kuat geser nominal yang disumbangkan beton

V_u = kuat geser terfaktor pada penampang

V_n = kuat geser nominal

V_s = kuat geser nominal yang disumbangkan tulang geser

A_v = luas tulangan geser pada daerah sejarak S

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan Tarik

f_y = mutu baja

a. Balok terbagi dalam beberapa macam yaitu:

- 1) Balok kayu menopang papan atau dek *structural*. Balok dapat ditopang oleh balok induk, tiang, atau dinding penopang beban.
- 2) Balok baja Balok baja menopang dek baja atau papan beton pracetak. Balok dapat ditopang oleh balok induk (*girder*), kolom, atau dinding penopang beban.
- 3) Balok beton Pelat beton yang dicor di tempat dikategorikan menurut bentangan dan bentuk cetaknya.

2.3.3. Pelat

A. Pengertian Pelat

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 :

1. Besar lendutan yang diinginkan. Lebar bentangan atau jarak antara balok-balok pendukung.
2. 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 bendrat, 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 diizinkan.

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.

1) Perencanaan Dimensi Pelat Balok

a) Untuk balok yang berada di tengah konstruksi

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

$$be = bw + b1 + b2 \quad \text{Pers. (2.20)}$$

1. Untuk $hw < 4hf$, maka $b1=b2=hw$

2. Untuk $hw > 4hf$, maka $b1=b2=4hf$ Pers. (2.21)

a. $hw = h - hf$

b. $b1 = hw : b1$

c. $b2 = b1 : b2$

d. $be = bw + b1 + b2$

Cek :

e. Panjang bentang bersih balok adalah :

$$Ln = L \text{ balok} - bw$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 butir 8.12.2 halaman 63 :

f. $be < 1/4 Lpj : 1/4 Lpj = 1000 \text{ m}$

g. $b1, b2 < 8hf : 8hf = 2000 \text{ mm}$

h. $b1, b2 < 1/2 Ln : 1/2 Ln = 1850 \text{ mm}$

b) Untuk balok yang berada di tepi konstruksi

Berdasarkan SNI 2847 2013 butir 8.12.3 halaman 63 :

$$be1 = bw + b1 \quad \text{Pers. (2.22)}$$

$$hw = h - hf$$

Cek :

Berdasarkan SNI 2847 2013 butir 8.12.3 halaman 63

$$hw < 1/12 Lpj : 1/12 Lpj \quad \text{Pers. (2.23)}$$

$$hw < 6 hf : 6 hf$$

$$hw < 1/2 Ln : 1/2 Ln$$

2) 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, h_f , harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

$$h_f = (l_n \cdot (0.8 + (f_y:1400))) / (36 + 5 \cdot \beta \cdot (c_m - 0.2))$$

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

$$h_f = (l_n \cdot (0.8 + (f_y:1400))) / (36 + 9 \cdot \beta)$$

jika, $\alpha_m > 2$, maka ; $h_f \geq 90$ mm Pers. (2.24)

Keterangan :

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

h_f = Panjang bentang terpanjang dikurang dengan lebar balok

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

c_m = nilai rata-rata dari kekakuan balok

α = I_{bp}/I_p ;

dimana: I_{bp} = inersia balok

I_p = inersia Pelat

a) Menentukan momen inersia balok Pelat (I_{bp})

$$A1 = h \cdot w \cdot b_w$$

$$A2 = h_f \cdot b_e$$

Titik Berat

$$A1 \cdot \frac{1}{2} \cdot h \dots\dots\dots a$$

$$A2 \cdot (h_f/2 + h) \dots\dots\dots b$$

$$A1 + A2 \dots\dots\dots c$$

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

$$I_{x1} = (1/12 \cdot b_w \cdot h \cdot h^3)$$

$$y1 = 1/2 \cdot h$$

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

$$y_2 = (1/2 \cdot h_f) + h_w$$

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

Pers. (2.25)

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

Untuk balok yang berada di tepi konstruksi

Titik Berat

$$A_1 \cdot 1/2 \cdot h_w \dots\dots\dots a$$

$$A_2(h_f/2 + h_w) \dots\dots\dots b$$

$$A_1 + A_2 \dots\dots\dots c$$

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

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

$$y_1 = 1/2 \cdot h_w$$

$$I_{x2} = (1/12 \cdot b_{e1} \cdot h_f^3)$$

$$y_2 = (1/2 \cdot h_f) + h_w$$

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

b) Menentukan inersia Pelat

Untuk balok yang berada di tepi konstruksi

$$I_{p1} = 1/12(b_w/2 + L_1/2) \cdot h_f^3$$

$$\alpha_1 = I_{bp2} / I_{p1}$$

$$I_{p2} = 1/12(b_w/2 + L_2/2) \cdot h_f^3$$

$$\alpha_2 = I_{bp2} / I_{p2}$$

Untuk balok yang berada di tengah konstruksi

$$I_{p3} = 1/12(L_1/2 + L_1/2) \cdot h_f^3$$

$$\alpha_3 = I_{bp1} / I_{p3}$$

$$I_{p4} = 1/12(L_2/2 + L_2/2) \cdot h_f^3$$

$$\alpha_4 = I_{bp1} / I_{p4}$$

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

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

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

$$hf = \frac{(ln.(0.8 + (fy:1400)))}{(36 + 9.\beta)} \text{an tidak boleh kurang dari 90 mm}$$

B. Fungsi Pelat Lantai

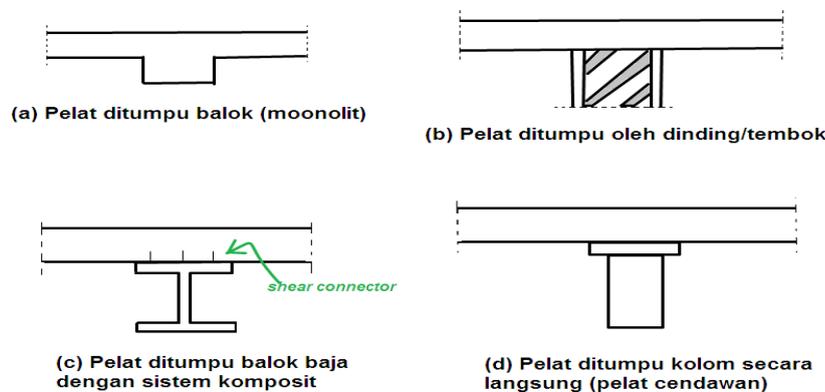
Adapun fungsi pelat lantai adalah sebagai berikut :

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

C. Jenis – jenis Pelat Lantai

Ada berbagai jenis pelat lantai berdasarkan tumpuannya, perletakannya dan sistem penulangannya. Jenis – jenis pelat lantai berdasarkan tumpuannya yang diperlihatkan pada gambar 2.2 yaitu:

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



Gambar 2.2 Jenis pelat berdasarkan tumpuan

(Sumber: Balok dan Pelat beton bertulang Ali Asroni, 2017)

D. Jenis – jenis pelat lantai berdasarkan perletakannya

1. Terletak bebas

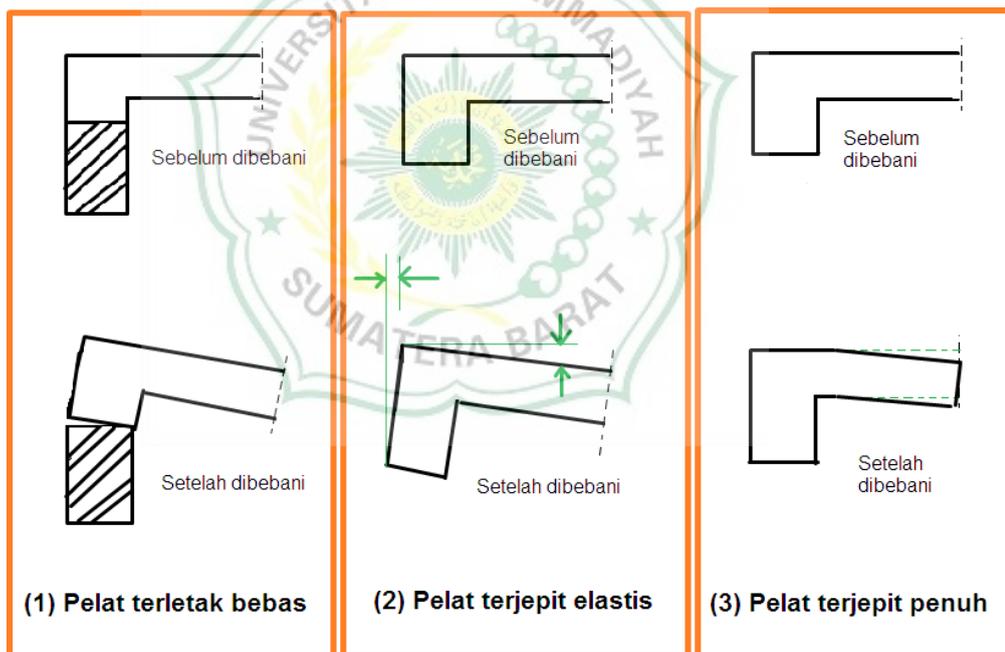
Jika pelat diletakan begitu saja diatas balok, atau antara pelat dan balok tidak dicor bersama-sama sehingga pelat dapat berotasi bebas pada tumpuan tersebut.

2. Terjepit elastis

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

3. Terjepit penuh

Jika pelat dan balok dicor bersama-sama secara monolit, dan ukuran balok cukup besar sehingga mampu untuk mencegah terjadinya rotasi pelat seperti diperlihatkan pada gambar 2.3 berikut.



Gambar 2.3 Jenis pelat berdasarkan perletakannya

(Sumber: Balok dan Pelat beton bertulang Ali Asroni, 2017)

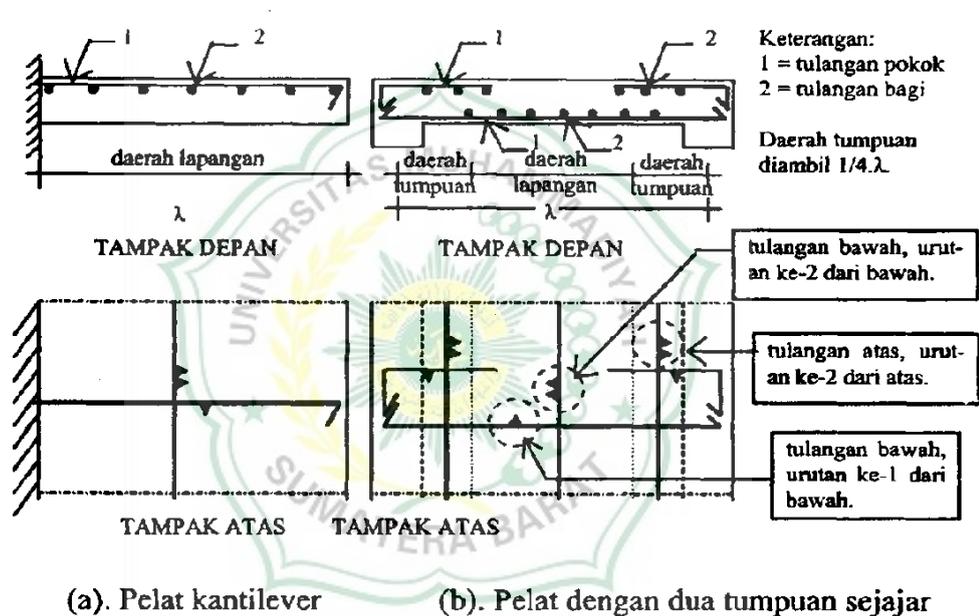
E. Jenis – jenis pelat lantai berdasarkan sistem penulangannya

1. Penulangan pelat satu arah (*one way slab*)

Konstruksi pelat satu arah dengan tulangan pokok satu arah ini akan dijumpai jika pelat beton lebih dominan menahan beban yang berupa momen lentur pada bentang satu arah saja. Contoh pelat satu arah adalah pelat Kantilever (*Luifel*) dan pelat yang ditumpu oleh 2 tumpuan sejajar.

2. Penulangan pelat dua arah (*two way slab*)

Konstruksi pelat dua arah dengan tulangan pokok dua arah ini akan dijumpai jika pelat beton menahan beban yang berupa momen lentur pada bentang dua arah. Pada tinjauan pelat lantai ini sistem penulangan pelat yang di pakai adalah pelat dua arah ini. Contoh pelat dua arah adalah pelat yang ditumpu oleh 4 sisi yang saling sejajar seperti diperlihatkan pada gambar 2.2 berikut.



Gambar 2.4 Jenis pelat berdasarkan penulangannya
 (Sumber: Balok dan Pelat beton bertulang Ali Asroni, 2017)

2.4 Material

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

A. Beton

1. Pengertian beton

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

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

Yang setelah dicampur merata (warnanya seragam) menghasilkan suatu campuran yang plastis (antara cair dan padat) sehingga dapat dituang ke dalam cetakan, untuk membentuknya menjadi bentuk yang diinginkan setelah menjadi keras / padat (Tjokrodimuljo,1992).

2. Sifat dan Karakteristik Beton

Sifat dan karakteristik beton antara lain sebagai berikut :

- 1) Beton mempunyai tegangan tekan yang tinggi.
- 2) Tegangan tarik yang dimiliki oleh beton sangat rendah.
- 3) Beton juga tidak bisa diterapkan pada konstruksi yang menahan momen lengkung.
- 4) Jika dipaksakan memikul gaya tarik, beton akan mengalami keretakan.
- 5) Kekuatan beton dipengaruhi oleh banyaknya air dan semen yang dipakai.
- 6) Beton akan mencapai kekuatan penuh setelah berumur 28 hari.
- 7) Beton merupakan material murah yang bisa dimanfaatkan untuk menahan beban tekan.
- 8) Beton memiliki tingkat kekakuan yang tinggi.
- 9) Beton mempunyai daya ketahanan yang baik terhadap api.
- 10) Beton tidak terlalu membutuhkan perawatan yang intensif.
- 11) Seiring berjalannya waktu, beton akan mengalami pengurangan volume akibat susut.

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

3. 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 (Mulyono, 2004).

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

$$f'_c = \frac{P}{A} \quad \dots(2.26)$$

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

Tabel 2.1. Mutu Beton

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

(Sumber: SNI 1726:2012)

B. Baja Tulangan

1. Pengertian baja tulangan

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

2. Sifat Fisik Baja Tulangan

Sifat fisik batang tulangan baja yang penting untuk digunakan dalam perhitungan perencanaan beton bertulang adalah tegangan leleh (f_y) dan modulus *elastisitas* (E_s). Tegangan leleh baja ditentukan melalui prosedur pengujian standar sesuai SII 0136-84. Tegangan leleh adalah tegangan baja pada saat mana meningkatnya tegangan, tidak disertai lagi dengan peningkatan regangannya. Modulus elastisitas baja ditentukan berdasarkan kemiringan awal kurva tegangan – regangan di daerah elastis. Ketentuan SNI 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 rangkaian las (*wire mesh*) yang berupa batang-batang baja yang dianyam dengan teknik pengelasan. Baja beton dikodekan berurutan dengan: huruf BJ, TP dan TD.

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

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

Tabel 2.2. Mutu baja

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

(Sumber : SNI 1726:2012)

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

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

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

a) Tulangan Polos

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

Tabel 2.3. Baja Tulangan Polos

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

(Sumber : SNI 1726-2012)

b) Baja Tulangan Ulir

Tabel 2.4. Baja Tulangan Ulir

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

(Sumber : SNI 1726:2012)

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, karena akan terdapat ikatan yang lebih baik antara beton dan tulangannya.

Persamaan yang digunakan untuk menentukan nilai penulangan sebagai berikut:

c) Penulangan balok

$$\text{Rasio tulangan yang dibutuhkan : } A_p^2 + B_p + C = 0 \quad \text{Pers. (2.27)}$$

dimana :

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

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

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

Luas tulangan yang dibutuhkan

a) tulangan tarik

$$A_s = \rho \times b \times d \quad \text{Pers. (2.28)}$$

b) tulangan tekan

$$A_s' = \rho' \times b \times d \quad \text{Pers. (2.29)}$$

4) Penulangan kolom

Kapasitas maksimum (P_o) dari kolom

$$P_o = 0.85 \times f_c (A_g - A_{st}) + A_{st} \times f_y \quad \text{Pers. (2.30)}$$

Kekuatan nominal maksimum penampang kolom

$$P_n (\text{max}) = 0.8 \times P_o \quad \text{Pers. (2.31)}$$

Eksentrisitas minimum

$$e_{\text{min}} = 0.1 \times h \quad \text{Pers. (2.32)}$$

Kekuatan rencana kolom

$$\phi P_n (\text{max}) = \phi \times 0.8 \times P_o \quad \text{Pers. (2.33)}$$

Kapasitas penampang pada kondisi seimbang (*balance*)

$$P_{nb} = 0.85 \times f_c' \times a_b \times b + A_s' \times f_s' - A_s \times f_y \quad (f_s' = f_y)$$

Pers. (2.34)

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

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

$$a_b = 0.85 \times C_b$$

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

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

$$M_{nb} = 0.85 \times f_c' \times a_b \times b \times (y - a_b/2) + A_s' \times f_s' \times (h/2 - d') + A_s \times f_s (d - y) \quad \text{Pers. (2.35)}$$

$$e_b = \frac{M_{nb}}{P_{nb}} \quad \text{Pers. (2.36)}$$

Kapasitas penampang pada kondisi momen murni ($P=0$)

$$M_n = A_s \times f_y \left(\frac{d - 0.59 \times A_s \times f_y}{f_c' \times b} \right) \quad \text{Pers. (2.37)}$$

3.5. Pembebanan

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

2.5.1 Beban Mati (*Dead Load*)

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

Berat sendiri dari bahan-bahan bangunan gedung yang harus ditinjau dalam menentukan beban mati suatu gedung harus diambil dari tabel berat sendiri bahan bangunan dan komponen gedung berdasarkan PPPURG 1987.

Tabel 2.5. Berat sendiri bahan bangunan

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

(Sumber : PPPURG 1987)

Tabel 2.6. Berat Komponen Bangunan

Komponen Gedung	Kg/m ²
Adukan per cm tebal:	
- dari semen	21
- dari kapur semen merah atau tras	17
Aspal per cm tebal	14
Dinding pasangan bata merah	
- satu batu	450
- setengah batu	250
Dinding pasangan batako	
Berlubang:	
- 20cm	200
- 10cm	120
Tanpa lubang	
- 15	300
- 10	200
Langit-langit dan dinding terdiri dari:	
- semen asbes	11
- kaca 3-5mm	10
Lantai kayu sederhana dengan balok kayu tanpa langit-langit bentang maksimum 5m beban hidup 200kg/m ²	40
Penggantung langit-langit dari kayu	7
Penutup atap genting dengan reng dan usuk	50
Penutup atas sirap	40
Penutup atap seng gelombang	10
Penutup lantai dari ubin	24
Semen asbes gelombang	11

(Sumber :PPPURG 1987)

2.5.2 Beban Hidup (*Live Load*)

Beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati.

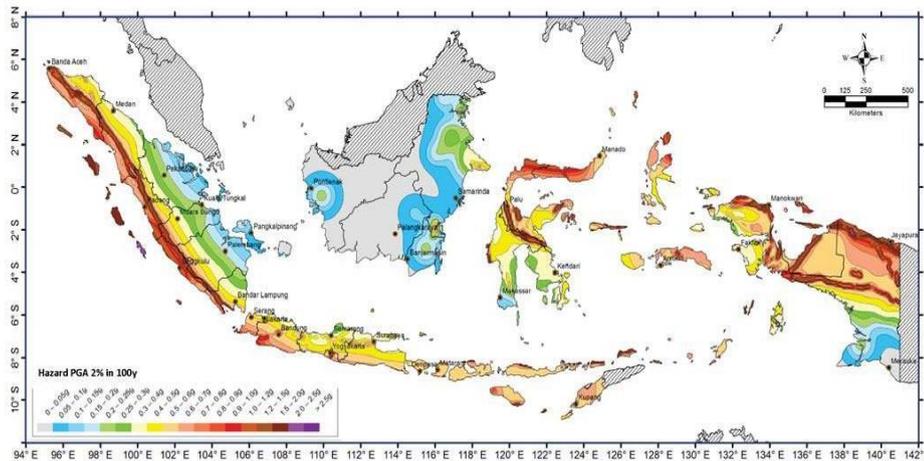
Tabel 2.7. Beban Hidup pada Lantai Gedung

JENIS	Kg/m ²
Lantai dan tangga rumah tinggal	200
Lantai dan tangga sederhana rumah tinggal dan gudang yang tidak penting yang bukan untuk took, pabrik atau bengkel	125
Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, toserba, restoran, hotel, rumah sakit	250
Lantai ruang olahraga	400
Lantai ruang dansa	500
Lantai dan balkon dalam dari ruang-ruang untuk pertemuan yang lain, daripada yang disebut dalam a sampai e, seperti masjid, gereja, ruang pagelaran, ruang rapat, bioskop dan panggung penonton	400
Panggung penonton dengan tempat duduk tidak tetap atau untuk penonton berdiri	500
Tangga, bordes tangga dan gang yang disebut dalam c	300
Tangga, bordes tangga dan gang yang disebut dalam d,e,g	500
Lantai untuk pabrik, bengkel, gudang, perpustakaan, ruang arsip, toko buku, toko besi, ruang alat-alat dan ruang mesin, harus diencanakan terhadap beban hidup yang ditentukan sendiri	400
Balok-balok yang menjorok bebas keluar harus direncanakan terhadap beban hidup dari lantai ruang yang berbatasan, dengan minimum	300

(Sumber :PPIUG 1983)

2.5.3 Beban Gempa (*Earthquake*)

Beban gempa ialah semua beban statik *ekivalen* yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari pergerakan tanah akibat gempa itu. Dalam hal pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan berdasarkan suatu 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 *ekivalen* yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa (PPIUG 1983)



Gambar 2.5 Zona Gempa Pada Wilayah Sumatera
(Sumber: zona wilayah gempa SNI 1726:2017)

1. Waktu Getar Alami

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

$$T = 0,06 \times (H)^{3/4} \dots\dots\dots (2.38)$$

Dimana :

H = Jumlah tingkat gedung

2. Faktor Respon Gempa

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

$$C = \psi \times A_0 \times I \dots\dots\dots (2.39)$$

Dimana :

C = Faktor Respon Gempa

Ψ = Koefisien ψ untuk menghitung faktor respons gempa vertikal C

A_0 = nilai dari Percepatan Puncak Muka Tanah

I = Faktor Keutamaan gedung

Kofisien ψ bergantung pada Wilayah Gempa tempat struktur gedung itu berada dan ditetapkan menurut Peta wilayah gempa Indonesia, dan A_0 adalah percepatan puncak muka tanah yang dapat dilihat menggunakan tabel, sedangkan I

adalah Faktor Keutamaan gedung juga menggunakan tabel yang berlandaskan kepada Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Gedung SNI – 1726 : 2012, dan 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 2.8. Koefesien (ψ)

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

(Sumber :SNI 1726 : 2012)

Tabel 2.9. Percepatan Puncak Muka Tanah (A_0)

Wilayah Gempa	Percepatan Puncak Batuan Dasar	Percepatan Puncak Muka Tanah A_0			
		Tanah Keras	Tanah Sedang	Tanah Lunak	Tanah Khusus
1	0,03	0,04	0,05	0,08	Diperlukan Ekiivalen 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 : 2012)

3. Faktor Keutamaan Gedung

Tingkat kepentingan sesuatu struktur terhadap bahaya gempa dapat berbeda-beda tergantung pada fungsinya. Faktor keutamaan (I) dipakai untuk

memperbesar beban gempa rencana agar struktur mampu memikul beban gempa dengan periode ulang yang lebih panjang atau dengan kata lain dengan tingkat kerusakan yang lebih kecil. Faktor untuk berbagai jenis gedung harus di ambil berdasarkan table berikut:

Tabel 2.10. Faktor Keutamaan Gedung

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

(Sumber : SNI 1726: 2012)

4. Faktor Reduksi

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

Tabel 2.11. Faktor Reduksi Beban Hidup Untuk Peninjauan Gempa

Penggunaan Gedung	Koefisien	
	Perencanaan Portal	Peninjauan Gempa
Perumahan/Penghunian: - Rumah tempat tinggal - Asrama - Hotel - Rumah Sakit	0,75	0,3
Pendidikan: - Sekolah - Ruang Kuliah	0,90	0,5
Pendidikan: - Kantor - Bank	0,60	0,30
Perdagangan: - Toko - Toserba - Pasar	0,80	0,80
Penyimpanan: - Gudang - Perpustakaan - Ruang Arsip	0,80	0,80
Industri: - Pabrik - Bengkel	1,00	0,90
Tempat Kendaraan: - Garasi - Gedung Parkir	0,90	0,50
Gang dan Tangga: - Perumahan / Penghunian - Pendidikan, Kantor - Pertemuan umum Perdagangan Penyimpanan Industri Tempat kendaraan	0,75 0,75 0,90	0,30 0,30 0,50

(Sumber :Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG) 1983)

2.6 Kombinasi Pembebanan

Struktur dapat dijamin keamanannya dengan cara memberikan kapasitas kekuatan atau kuat rencana yang lebih besar dari kuat perlu. Kekuatan suatu komponen struktur yang diperlukan untuk muatan beban terfaktor dengan berbagai

kombinasi pembebanan efek beban disebut dengan kuat perlu. (Wahyudi dan Rahim, 1999)

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

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

$$U = 1,2 D + 1,6 L \quad \dots\dots(2.40)$$

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

$$U = 0,75 (1,2 + 1,6 + 1,6) \dots\dots\dots (2.41)$$

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

$$U = 0,9 D + 1,3 W \dots\dots\dots (2.42)$$

Bila ketahanan struktur terhadap beban gempa E turut pula diperhitungkan

$$U = 1,05 (D + L_r \pm E) \dots\dots\dots (2.43)$$

Dimana :

L_r = beban hidup yang telah direduksi atau

$$U = 0,9 (D \pm E) \dots\dots\dots (2.44)$$

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

$$U = 1,2 D + 1,6 L + 1,6 H \dots\dots\dots (2.45)$$

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

$$U = 0,9 D + 1,6 H \dots\dots\dots (2.46)$$

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

$$U = 0,75 (1,2 D + 1,6 T + 1,6 L) \dots\dots\dots (2.47)$$

Dengan nilai U harus lebih besar dari,

$$U = 1,2 (D + T) \dots\dots\dots (2.48)$$

4) Pembebanan Struktur

$$\phi .P_{maks} = 0,80 . \phi [0,85 . f'c (A_g - A_{st}) + f_y . A_{st}] \dots\dots\dots (2.49)$$

dimana :

A_g = Luas bruto penampang kolom

A_{st} = Luas tulangan memanjang kolom

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

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

5) Perancangan Tulangan Struktur

Untuk menentukan luas tulangan yang harus disediakan, berikut :

a) Menghitung $M_u = P_u / \phi$

b) Memilih diagram yang sesuai

Dengan harga k_1 dan k_2 dari diagram tersebut akan didapatkan harga ρ , sehingga luas tulangan akan diperoleh yaitu $A_s = \rho . b . h$

$A_s = A_c$: Luas penampang beton

ρ = Rasio penulangan

B = Lebar penampang melintang kolom, mm

H = Tinggi penampang melintang kolom, mm

6) Menetapkan ukuran dan jumlah tulangan yang digunakan.

a) Kontrol Kekuatan Biaksial

Beberapa metoda untuk menganalisis kolom lentur biaksial

Metoda beban berlawanan dari Bresler :

$$1/P_n = 1/P_x + 1/P_y - 1/P_o \dots\dots\dots (2.50)$$

$$\phi . P_n > P_u$$

Dimana:

P_x = Gaya aksial yang terjadi akibat e_y

P_y = Gaya aksial yang terjadi akibat e_x

P_o = Gaya aksial nominal kolom.

b) Penulangan Gaya Geser

Tulangan geser mempunyai tiga fungsi utama yaitu :

- (1)Memiliki sebagian besar gaya geser yang bekerja.
- (2)Melawan retak miring dan ikut menjaga terpeliharanya lekatan antar agregat.
- (3)Mengikat batang tulangan memanjang agar tetap berada pada tempatnya.

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

$$V_u = \phi \cdot V_n \dots\dots\dots (2.38)$$

$$V_n = V_c + V_s \dots\dots\dots (2.39)$$

V_u = Gaya geser terfaktor pada penampang yang ditinjau

$$V_n = C \cdot (q \text{ rancang} \cdot \frac{1}{2} l_a) \dots\dots\dots (2.40)$$

dimana :

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

V_n = Gaya geser nominal

V_c = gaya geser nominal beton

V_s = Gaya geser nominal tulangan geser

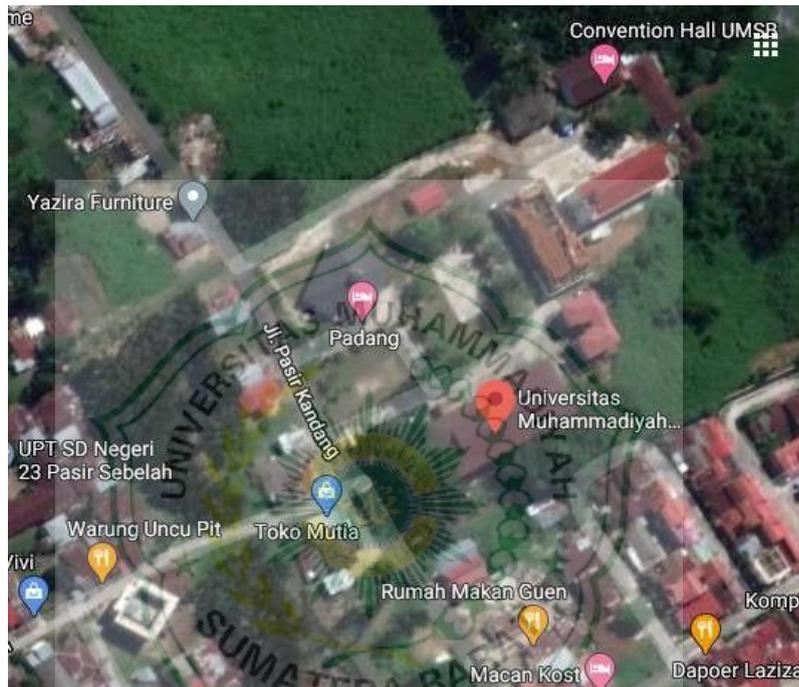
Φ = Untuk geser dan torsi diambil sebesar 0,6

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi dari pembangunan Gedung Pasca Sarjana Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat (UMSB) ini beralamat di Jl.Pasir Kandang No.4 Kec.Koto Tangah, Kota Padang, Sumatera Barat.



Gambar 3.1 Lokasi Gedung
Sumber : *Google Maps*, 5 Maret 2021

3.2 Data Penelitian

1. Jenis dan Sumber Data

Data penelitian yang digunakan pada renovasi pembangunan Gedung kampus Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat kota Padang sebagai berikut :

Nama Pekerjaan	: Renovasi Pembangunan Gedung kampus Pascasarjana UMSB
Lokasi Proyek	: Jl.Pasir Kandang No.4 Kec.Koto Tangah Kota Padang
Pemilik Proyek	: Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat
Jenis Proyek	: Swakelola
Sumber Dana	: UMSB
Nilai Kontrak	: Rp. 4.358.000.000
Waktu Pelaksanaan	: 150 Hari Kalender

2. Teknik Pengumpulan Data

Dalam penelitian skripsi ini penulis mendapatkan data-data dari gedung yang di tinjauan berupa data kolom, balok, pelat lantai dan data mutu beton (*hammer test*) setelah Gedung tersebut terbakar, yang di dapat dari data proyek maupun tinjauan langsung ke lapangan. Setelah itu penulis mulai menganalisis dan mengevaluasi struktur atas gedung dengan menghitung *preliminari* desain penampang, mendesain gedung dengan aplikasi SAP2000 serta menghitung penulangan pada stuktur atas pada Gedung Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

3.3 Metode Analisis Data

Dalam penelitian ini penulis menggunakan metode kualitatif, dimana penulis melakukan *survey* ke lapangan untuk mengumpulkan data – data yang valid. Pada saat *survey* penulis melakukan evaluasi stuktur atas pada Gedung Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat setelah kebakaran.

3.5 Data-Data di Lapangan

1. Kolom

Tabel 2.1 Data Kolom

No	Nama Kolom	Jenis besi	Tulangan Pokok (D)	Tulangan Sengkang (D)	Ukuran (cm)	Mutu (K)	Tebal Selimut beton
1.	Tipe K-1	Ulir	13cm	10cm	50x30	340	4cm
2.	Tipe K-2	Polos	∅12cm	∅ 10cm	50x30	340	4cm

(Sumber : Data Proyek 2021)

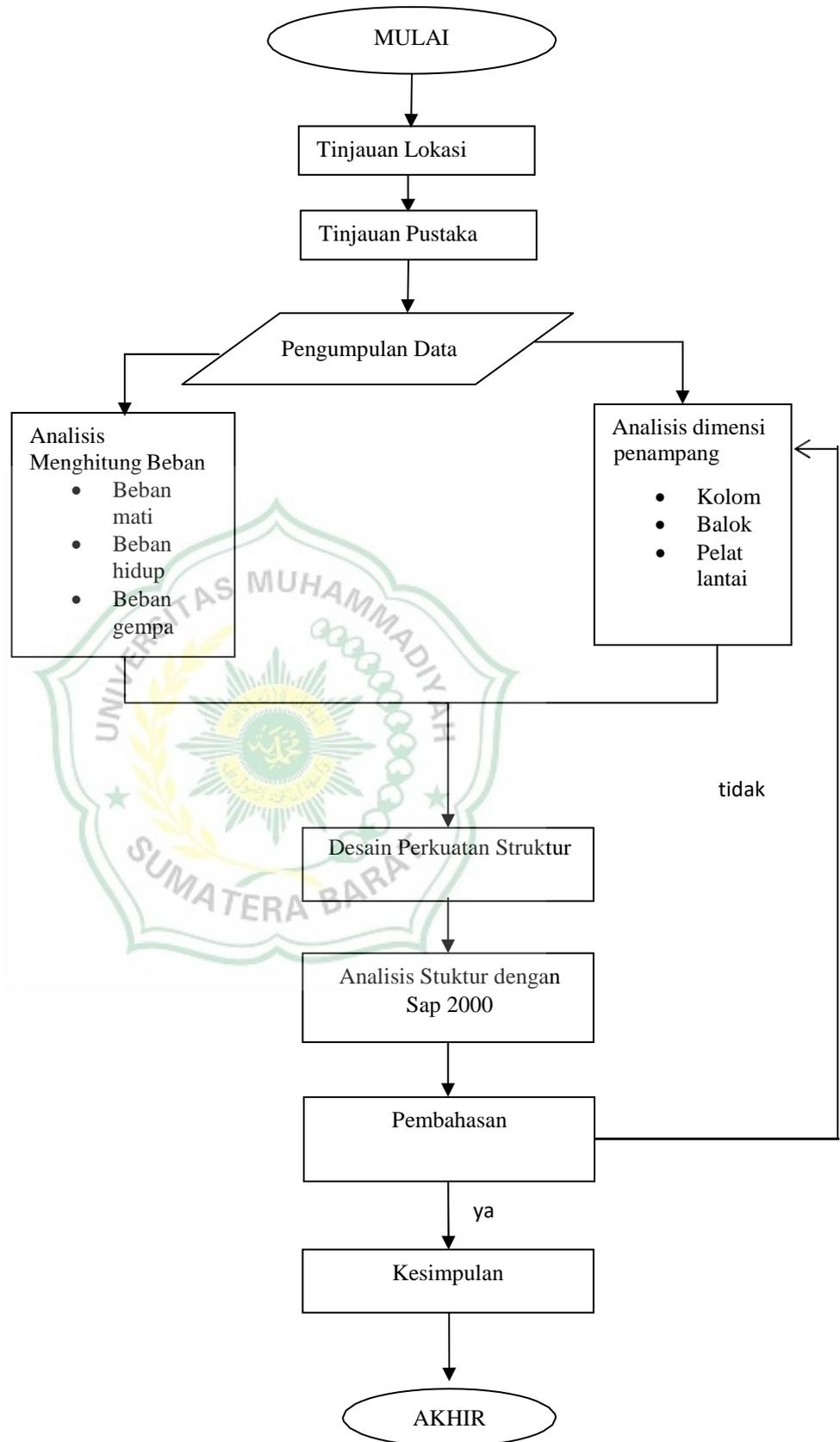
2. Balok dan Pelat Lantai

Tabel 2.2 Data balok dan pelat lantai

No	Nama Balok	Jenis Besi	Tulangan pokok (D)	Tulangan Sengkang (D)	Ukuran (cm)	Mutu (K)	Tebal Selimut beton
1.	B-1	Ulir	12mm	10mm	45x30	254	4cm
2.	B-2	Ulir	12mm	10mm	20x30	254	4cm
3.	Pelat Lantai	Ulir	Tulangan atas 10mm	Tulangan bawah 10mm	Tebal 12cm	254	4cm

(Sumber : Data Proyek 2021)

3.6 Flowchart



Gambar 3.2 Flowchart Penyusunan Skripsi

BAB IV

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Preliminary Desain Penampang Fc' Kebakaran

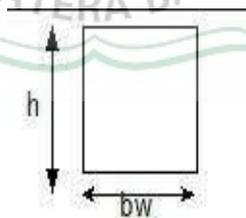
4.1.1. Balok

Balok induk (45 x 30) lantai 2

Penginputan Data Preliminary

- | | | |
|---------------------|-------|--------------------------|
| a. Panjang Balok | L1 | : 7100 mm |
| | L2 | : 2500 mm |
| b. Balok Terpanjang | (Lpj) | : 7100 mm |
| c. Balok Terpendek | (Lpd) | : 2500 mm |
| d. Tinggi Kolom | H1 | : 4000 mm |
| | H2 | : 4000 mm |
| e. Mutu Beton | K | : 254 Kg/cm ² |
| f. Mutu Baja | Fy | : 400 MPa |

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



Gambar 4.1 Dimensi Balok

Sumber: *google image* Balok

1) Tinggi Balok (h)

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) dapat dilihat pada table 4.1 sebagai berikut :

Table 4.1 Tabel Minimum (h)

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

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

(Sumber: SNI 2847: 2013)

a) Balok Induk (h)

Untuk menentukan nilai h digunakan pers (2.4) halaman No.8

$$h \geq L_{pj} / 16$$

$$h \geq 443,75 \text{ mm, Nilai ini berlaku untuk } F_y = 400 \text{ MPa}$$

untuk F_y selain 400 MPa, maka :

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

$$h \geq 7100/16(0,4+400/700) \text{ mm}$$

$$h \geq 431,0714286 \text{ mm}$$

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

2) Lebar Badan Balok (bw)

a) Balok Induk (bw)

Untuk menentukan nilai bw digunakan pers (2.5) halaman No.8

$$1/2h \leq bw \leq 2/3h$$

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

$$2/3h = 300$$

$$225 \leq bw \leq 300$$

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

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

Untuk memenuhi persyaratan yang harus dipenuhi menggunakan pers (2.6), pers (2.7), pers (2.8), pers (2.9), pers (2.10) halaman No.9

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

$$L_n \geq 4d$$

$$(7100-300) \geq (4 \times (450-40-5))$$

$$6800 \geq 1620 \dots\dots\dots \text{Ok !!}$$

3. Lebar komponen b_w , tidak boleh kurang dari yang lebih kecil 0,3 dan 250 mm

- a. $b_w/h \geq 0,3$
 $0,667 \geq 0,3 \dots\dots\dots \text{Ok !!}$
- b. $b_w > 250 \text{ mm}$
 $300 \geq 250 \dots\dots\dots \text{Ok !!}$

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

- a. Lebar komponen penumpu c_2 , dan
- b. $0,75$ kali dimensi keseluruhan komponen struktur penumpu, c_1

$$b_w \leq 2.c_2$$

$$300 \leq 800 \dots\dots\dots \text{Ok !!}$$

$$B_w \leq c_2 + 3/4 c_1$$

$$300 \leq 700 \dots\dots\dots \text{Ok !!}$$

Maka dimensi balok yang digunakan dalam permodelan adalah :
Balok 450 x 300 mm

4.1.2. Kolom

a. Kolom Lantai 2

Keterangan :

Tebal pelat = 0,12 m

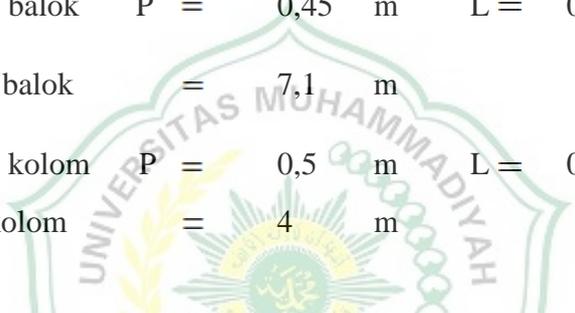
Luas pelat = 19,20 m²

Dimensi balok P = 0,45 m L = 0,3 m

Panjang balok = 7,1 m

Dimensi kolom P = 0,5 m L = 0,3 m

Tinggi kolom = 4 m



Tabel 4.2 Preliminari Kolom Lantai 2

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			0,45	0,3	7,1		2400			2300,40
b. Water proofing					19,20		14			268,80
c. Spesi	0,02				19,20		21			806,40
d. MEP					19,20		30			576,00
e. Plafon					19,20		20			384,00
f. Beban Dak Beton	0,12				19,20	2400				5529,60
										11838,24
● HIDUP										
a. Beban hidup					19,20		250			4800,00
b. Beban hujan					19,20		20			384,00
										8294,4
								TOTAL	15049,20	20132,64
								LUAS KOLOM RENCANA	0,15	0,15

(Sumber : Prelim Kolom Lantai 2)

Maka diperoleh :

Gaya Berat (V) = 20132,64 kg

Luas Rencana Kolom (A) = 150000 mm²

Maka diperoleh,

$$\begin{aligned} \text{Gaya Berat (V)} &= 112045,9 \text{ kg} \\ \text{Luas Rencana Kolom (A)} &= 150000 \text{ mm}^2 \\ \text{fc}' &= 340,000 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 3,400 \text{ kg/mm}^2 \\ &= 4,096 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

Gaya Berat / Luas :

$$\begin{aligned} V/A &\leq \text{fc}' \\ 112045,9/150000 &\leq 4,096 \times 0,3 \\ 0,702759 \text{ kg/mm}^2 &\leq 1,228916 \text{ kg/m} \dots\dots\dots \text{OK !!} \end{aligned}$$

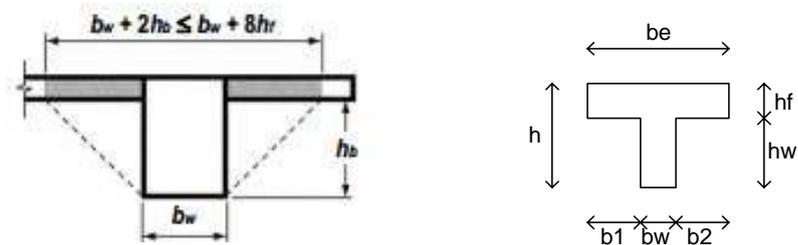
4.1.3. Pelat Lantai

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.

$$\begin{aligned} \text{bw} &= 0,3 \text{ m} = 300 \text{ mm} \\ \text{Panjang Balok} & \quad \text{L1} \quad 7100 \text{ mm} \\ & \quad \text{L2} \quad 2500 \text{ mm} \\ & \quad \text{Lpj} \quad 7100 \text{ mm} \\ & \quad \text{Lpd} \quad 2500 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{diambil,} \quad \text{hf} &= 120 \text{ mm} \\ \text{fy} &= 400 \text{ MPa} \end{aligned}$$

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



Gambar 4.2 Dimensi Pelat
(Sumber: SNI 2847: 2013)

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

Lebar sayap ; $be = bw + b1 + b2$

aturan 1:

1. Untuk $hw < 4hf$, maka $b1=b2=hw$
2. Untuk $hw > 4hf$, maka $b1=b2=4hf$ ditentukan menggunakan (Pers.2.11)

halaman No.11

- a. $hw = h - hf$
 $= 400 - 120 \text{ mm}$
 $= 330 \text{ mm}$
- b. $b1 = hw : b1 = 330 \text{ mm}$
- c. $b2 = b1 : b2 = 330 \text{ mm}$
- d. $be = bw + b1 + b2$
 $be = 300 + 330 + 330 \text{ mm}$
 $be = 960 \text{ mm}$

Cek :

e. Panjang bentang bersih balok adalah :

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

$$L_n = 7100 - 300 \text{ mm}$$

$$L_n = 6800 \text{ mm} = 6,8 \text{ m}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 butir 8.12.2 halaman 63 :

f. b_e	\leq	$1/4 L_{pj} : 1/4 L_{pj} = 1775 \text{ mm}$	
960	\leq	1775 mm OK !!
g. $b_{1,b2}$	\leq	$8h_f : 8h_f = 960 \text{ mm}$	
330	\leq	960 mm OK !!
h. $b_{1,b2}$	\leq	$1/2 L_n : 1/2 L_n = 6800 \text{ mm}$	
330	\leq	6800 mm OK !!

2) Untuk balok yang berada di tepi konstruksi



Gambar 4.3 Pelat Tepi Konstruksi
(Sumber: google SNI 2847: 2013)

Berdasarkan SNI 2847 2013 butir 8.12.3 halaman 63

Untuk menentukan digunakan Pers.(2.12) halaman No.12

$$b_{e1} = b_w + b_1 = 630 \text{ mm}$$

$$h_w = h - h_f = 330 \text{ mm}$$

Cek :

Berdasarkan SNI 2847 2013 butir 8.12.3 halaman 63

Untuk menentukan digunakan Pers.(2.13) halaman No.12

$$h_w \leq 1/12 L_{pj} : 1/12 L_{pj} = 591,67 \text{ mm}$$

$$330 \leq 591,67 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{OK !!}$$

$$\begin{aligned}
 h_w &\leq 6 h_f : 6 h_f &&= 720 \text{ mm} \\
 330 &\leq 720 \text{ mm} &&\dots\dots\dots \text{OK !!} \\
 h_w &\leq 1/2 L_n : 1/2 L_n &&= 3400 \text{ mm} \\
 330 &\leq 3400 \text{ mm} &&\dots\dots\dots \text{OK !!}
 \end{aligned}$$

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, h_f , harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

$$h_f = \frac{l_n \cdot (0.8 + (f_y:1400))}{36 + 5 \cdot \beta \cdot (c_m - 0.2)}$$

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

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

Jika, $\alpha m > 2$, maka ; $h_f \geq 90 \text{ mm}$

Keterangan :

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

H_f = Panjang bentang terpanjang dikurang dengan lebar balok

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

α_m = Nilai rata-rata dari kekakuan balok

α = b_p/l_p ; dimana: l_{bp} = inersia balok

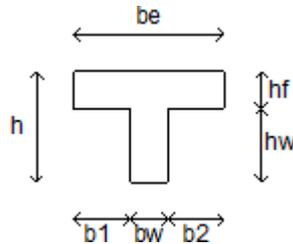
l_p = inersia Pelat

a) Menentukan momen inersia balok Pelat (l_{bp})

Untuk balok yang berada di tengah konstruksi

$$\begin{aligned}
 (1) \text{ be} &= 0,96 \text{ m} \\
 \text{be} &= 960 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (2)hf &= 0,12 \text{ m} \\
 hf &= 120 \text{ mm} \\
 (3)hw &= 0,33 \text{ m} \\
 hw &= 330 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.4 Pelat Lantai
 Sumber: *google image* Pelat

$$\begin{aligned}
 A1 &= hw \cdot bw = 99000 \text{ mm}^2 \\
 A2 &= hf \cdot be = 115200 \text{ mm}^2 \\
 \text{Titik Berat} & \\
 A1 \cdot \frac{1}{2} \cdot hw &= 16335000 \text{a} \\
 A2 \cdot \left(\frac{hf}{2} + hw\right) &= 44928000 \text{b} \\
 A1 + A2 &= 214200 \text{c} \\
 \text{Jadi, } y &= \frac{(a+b)}{c} = 286,0084 \text{ mm} \\
 &= 0,286008 \text{ m} \\
 Ix1 &= \frac{1}{12} \cdot bw \cdot hw^3 = 898425000 \text{ mm}^4 \\
 y1 &= \frac{1}{2} \cdot hw = 165 \text{ mm} \\
 Ix2 &= \frac{1}{12} \cdot be \cdot hf^3 = 138240000 \text{ mm}^4 \\
 y2 &= \left(\frac{1}{2} \cdot hf\right) + hw = 390 \text{ mm} \\
 Ibp1 &= Ix1 + (A1 \cdot (y - y1)^2) + Ix2 + (A2 \cdot (y2 - y)^2) \text{ Pers.(2.14)} \\
 &= 3732127185 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

titik berat

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

Untuk balok yang berada di tepi konstruksi

$$\begin{aligned} b e_1 &= 630 \text{ mm} \\ A_1 &= h w . b w = 99000 \text{ mm}^2 \\ A_2 &= h f . b e_1 = 75600 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Titik Berat

$$\begin{aligned} A_1 * 1/2 * h w &= 16335000 \dots\dots\dots a \\ A_2 (h f / 2 + h w) &= 29484000 \dots\dots\dots b \\ A_1 + A_2 &= 174600 \dots\dots\dots c \\ \text{Jadi, } y &= (a + b) / c = 262,4227 \text{ mm} \\ &= 0,262423 \text{ m} \end{aligned}$$

$$I_{x1} = (1/12 . b w . h w^3) = 898425000 \text{ mm}^4$$

$$y_1 = 1/2 . h w = 165 \text{ mm}$$

$$I_{x2} = (1/12 . b e_1 . h f^3) = 90720000 \text{ mm}^4$$

$$y_2 = (1/2 . h f) + h w = 390 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{bp2} &= I_{x1} + (A_1 * (y - y_1)^2) + I_{x2} + (A_2 * (y_2 - y)^2) \quad \text{Pers.(2.14)} \\ &= 3159235206 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

b) Menentukan inersia Pelat

Untuk balok yang berada di tepi konstruksi

$$I_{p1} = 1/12 (b w / 2 + L_1 / 2) . h f^3 = 201600000 \text{ mm}^4$$

$$\alpha_1 = I_{bp2} / I_{p1} = 15,6708096 \text{ mm}^4$$

$$I_{p2} = 1/12 (b w / 2 + L_2 / 2) . h f^3 = 201600000 \text{ mm}^4$$

$$\alpha_2 = I_{bp2} / I_{p2} = 15,6708096 \text{ mm}^4$$

Untuk balok yang berada di tengah konstruksi

$$I_{p3} = 1/12 (L_1 / 2 + L_1 / 2) * h f^3 = 691200000 \text{ mm}^4$$

$$\alpha_3 = I_{bp1} / I_{p3} = 5,39948956 \text{ mm}^4$$

$$I_{p4} = 1/12 (L_2 / 2 + L_2 / 2) * h f^3 = 360000000 \text{ mm}^4$$

$$\alpha_4 = I_{bp1} / I_{p4} = 10,36702 \text{ mm}^4$$

$$\alpha = (\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4) / 4 = 11,7770322 \text{ mm}^4$$

$$\beta = (L_{pj} - b_w) / (L_{pd} - b_w) = 3,09090909 \text{ mm}^4$$

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

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

dan tidak boleh kurang dari 90 mm

$$h_f = \frac{6.8 \cdot (0.8 + (400 : 1400))}{36 + 9 \cdot 3.09090909}$$

$$h_f = 115,6857957 \text{ mm}$$

diambil,

$$120 \text{ mm} \geq 90 \text{ mm}$$

4.2 Evaluasi Dimensi Kolom Fc' Perkuatan

1. Kolom Lantai 2

Keterangan :

Tebal pelat = 0,12 m

Luas pelat = 19,20 m²

Dimensi balok P = 0,45 m L = 0,3 m

Panjang balok = 7,1 m

Dimensi kolom P = 0,5 m L = 0,3 m

Tinggi kolom = 4 m

Tabel 4.4 Preliminari Kolom Lantai 2

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		0,45	0,3	7,1		2400			2300,40	
b. Water proofing					19,20		14		268,80	
c. Spesi	0,02				19,20		21		806,40	
d. MEP					19,20		30		576,00	
e. Plafon					19,20		20		384,00	
f. Beban Dak Beton	0,12				19,20	2400			5529,60	
										11838,24
● HIDUP										
a. Beban hidup					19,20		250		4800,00	
b. Beban hujan					19,20		20		384,00	
										8294,4
									TOTAL	15049,20
									LUAS KOLOM RENCANA	0,15
										20132,64

(Sumber : Prelim Kolom Lantai 2)

Maka diperoleh :

Gaya Berat (V) = 20132,64 kg

Luas Rencana Kolom (A) = 150000 mm²

fc' K = 340,000 kg/cm²

K = 3,400 kg/mm²

S = 2,379 kg/mm²

Gaya Berat / Luas :

V/A ≤ fc'

20132,64/150000 ≤ 2,379 x 0,3

0,1342176 kg/mm² ≤ 0,8217 kg/m OK !!

2. Kolom.Lantai 1

Keterangan :

Tebal pelat = 0,12 m

Luas pelat = 19,20 m²

Dimensi balok P = 0,45 m L = 0,3 m

$$\text{Panjang balok} = 7,1 \text{ m}$$

$$\text{Dimensi kolom } P = 0,7 \text{ m } L = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi kolom} = 4 \text{ m}$$

Tabel 4.5 Preliminari Kolom Lantai 1

Jenis Beban	Tebal	tinggi	lebar	panjang	Luas	Beban			Berat	Kombinasi
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m ²)	(kg/m ³)	(kg/m ²)	(kg/m)	(kg)	PemBebanan
MATI										
a. Beban Plat	0,12				19,2	2400			5529,60	
b. Beban Balok		0,45	0,3	7,1		2400			2300,40	
c. Beban Kolom		0,7	0,5	4		2400			3360,00	
d. Beban Spesi					19,2		21		806,40	
e. Plafon					19,2		20		384,00	
f. Beban Dinding		3,55		7,1			250		6301,25	
g. MEP					19,20		30		576,00	
h. Berat Keramik					19,2		24		460,80	
										23662,14
HIDUP										
a. Beban Orang					19,2		250		4800,00	
										7680
										TOTAL
									24518,45	31342,14
									0,35	0,35
										LUAS KOLOM RENCANA

(Sumber : Prelim Kolom Lantai 1)

Maka diperoleh :

$$\text{Gaya Berat (V)} = 114349,9 \text{ kg}$$

$$\text{Luas Rencana Kolom (A)} = 350000 \text{ mm}^2$$

$$f_c' \quad K = 300,000 \text{ kg/cm}^2$$

$$K = 3,000 \text{ kg/mm}^2$$

$$S = 3,614 \text{ kg/mm}^2$$

Gaya Berat / Luas :

$$V/A \leq f_c'$$

$$114349,9/350000 \leq 3,614 \times 0,3$$

$$0,326714 \text{ kg/mm}^2 \leq 1,08434 \text{ kg/m} \dots\dots\dots \text{OK !!}$$

Dari hasil perhitungan di atas maka diperoleh ukuran dimensi kolom perkuatan sebagai berikut :

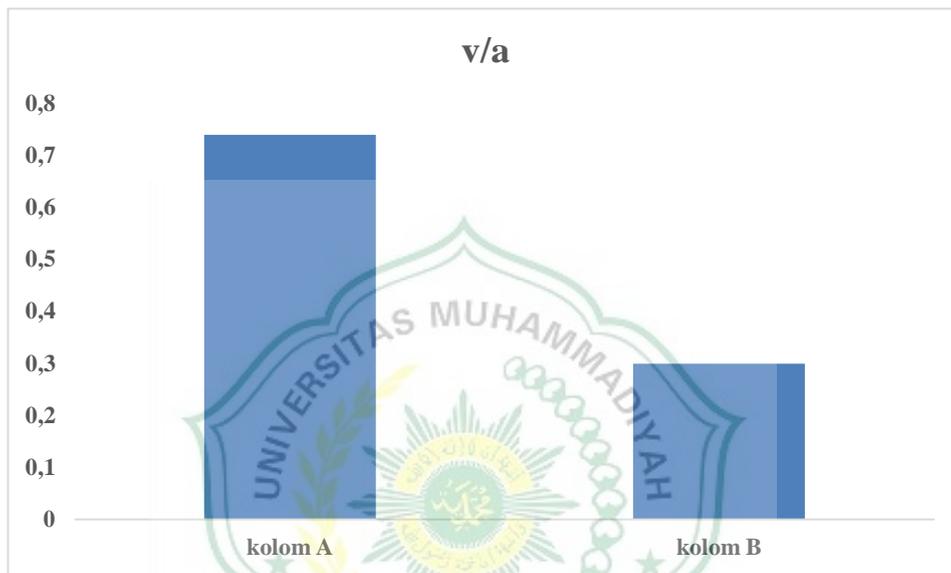
1. Kolom Lantai 1 70 cm x 50 cm
2. Kolom Lantai 2 50 cm x 30 cm

4.3 Hasil Analisis Perkuatan Kolom

Tabel 4.6 Perbandingan Hasil Perhitungan Gaya berat/Luas (V/A)

	Kolom A	kolom B
V/A	0,74	0,3

(Sumber : Evaluasi Dimensi Perkuatan)



Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Gaya berat/Luas V/A

(Sumber : Hasil Analisis Data)

Analisis dilakukan dengan perbandingan nilai v/a dan perhitungan (kolom A) kolom awal dengan (kolom B) kolom yang di beri perkuatan, hasil perbandingan tergambar pada (Gambar 4.5). Dimana hasil menunjukan bahwa (kolom B) kolom dengan perkuatan memiliki nilai (Gaya berat/Luas) lebih kecil dibandingkan (kolom A) kolom awal. Sehingga hal ini membuktikan bahwa (kolom B) kolom dengan perkuatan lebih efisien digunakan pada struktur yang telah terbakar dalam menahan beban.

4.4 Pembebanan

4.4.1 Beban Mati

a. Berat Pelat lantai

Berat sendiri pelat :

			Tebal	qu (Kg/m ²)	
Bv Pelat	=	2400 Kg/m ²	0,12		288
			Tebal	qu (Kg/m ²)	
BV Spesi	=	21 Kg/m ² /cm	2 cm		42
BV Plafon	=	20 Kg/m ² /cm	1 cm		20
BV MEP	=	25 Kg/m ²	-		25
BV Keramik	=	24 Kg/m ² /cm	1 cm		24
Total	=				111

b. Beban Dinding

Lantai 2

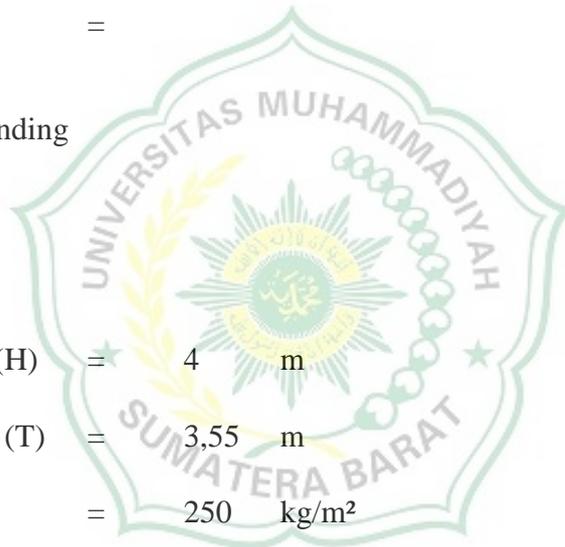
Balok 45 x 30

Tinggi gedung (H) = 4 m

Tinggi Dinding (T) = 3,55 m

BV dinding = 250 kg/m²

berat dinding = 887,5 kg/m



4.4.2 Beban Hidup

Lantai 2

Berat beban hidup berdasarkan SNI 1727:2013 dan PPIUG 1983

R. Kuliah = 250 kg/m²

Toilet = 200 kg/m²

4.4.3 Beban Gempa

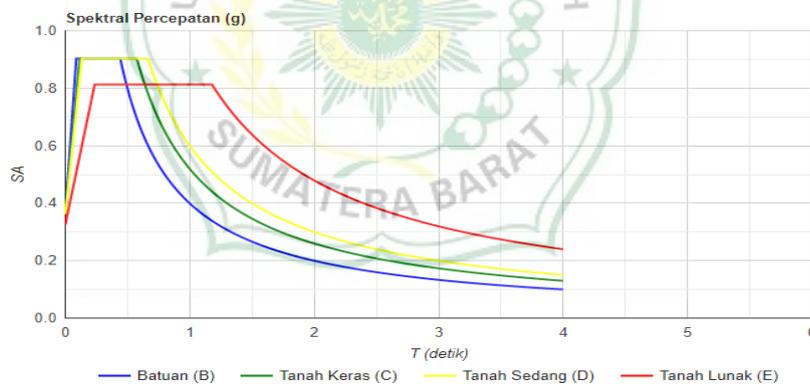
Beban Gempa Respon Spektrum :

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

Lokasi Gempa Padang Sumatera Barat

Lokasi : (Lat : -0,856596, Long : 100.332647)

Tabel 4.7 Grafik Respon Spektrum Untuk Kota Padang

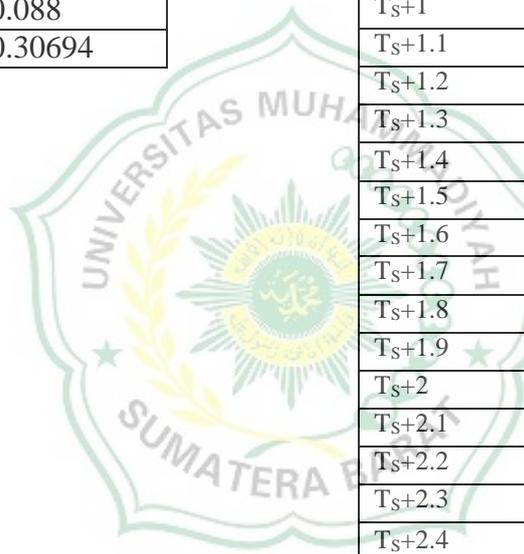


(Sumber: Desain Spektra Pekerjaan Umum)

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

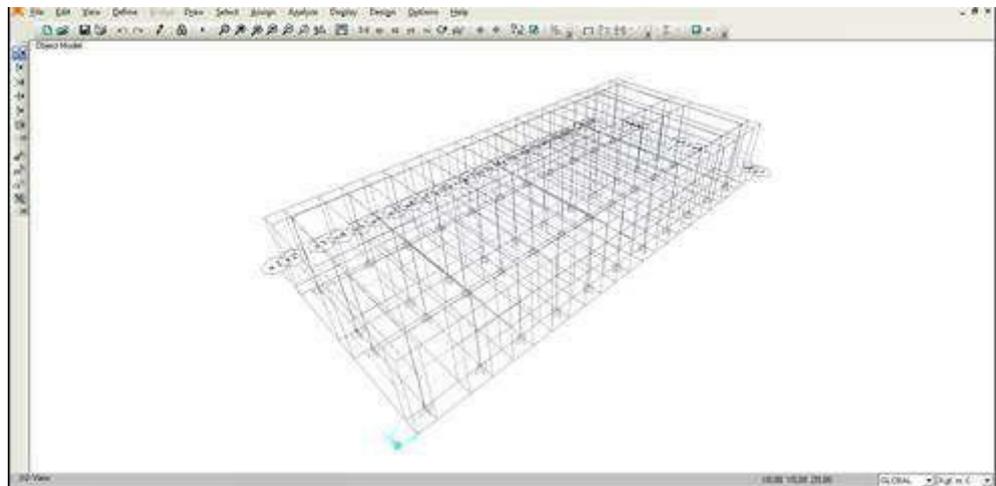
Variabel	Nilai
PGA (g)	0.34792
S _s (g)	1.355
S ₁ (g)	0.41597
C _{RS}	1.084
C _{R1}	0.65903
F _{PGA}	1.000
F _A	1.000
F _V	1.000
PSA (g)	0.34792
S _{MS} (g)	1.355
S _{M1} (g)	0.41597
S _{DS} (g)	0.62708
S _{D1} (g)	0.27708
T ₀ (detik)	0.088
T _s (detik)	0.30694

T(detik)	SA(g)
0	0.250
T ₀	0.627
T _s	0.627
T _s +0	0.511
T _s +0.1	0.431
T _s +0.2	0.373
T _s +0.3	0.329
T _s +0.4	0.294
T _s +0.5	0.265
T _s +0.6	0.243
T _s +0.7	0.222
T _s +0.8	0.206
T _s +0.9	0.192
T _s +1	0.179
T _s +1.1	0.168
T _s +1.2	0.159
T _s +1.3	0.150
T _s +1.4	0.143
T _s +1.5	0.135
T _s +1.6	0.129
T _s +1.7	0.123
T _s +1.8	0.118
T _s +1.9	0.113
T _s +2	0.109
T _s +2.1	0.104
T _s +2.2	0.101
T _s +2.3	0.097
T _s +2.4	0.094
T _s +2.5	0.090
T _s +2.6	0.088
T _s +2.7	0.085
T _s +2.8	0.082
T _s +2.9	0.080
T _s +3	0.078
T _s +3.1	0.076
T _s +3.2	0.074
T _s +3.3	0.072
T _s +3.4	0.701
4	0.069



4.5 Perhitungan Momen Menggunakan Aplikasi SAP2000

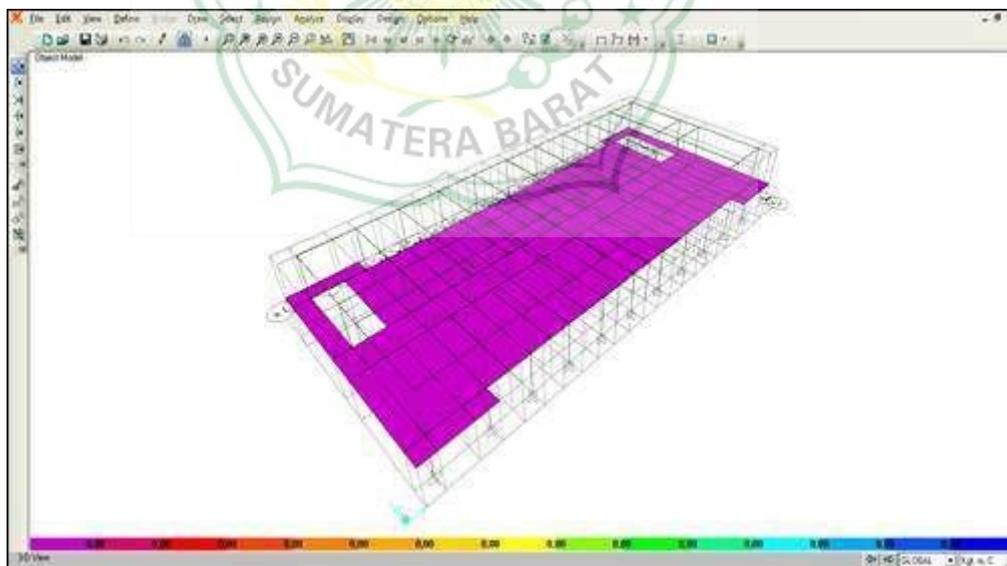
4.5.1 Menggambar Grid Bangunan



Gambar 4.6 Grid Gedung SAP2000
(Sumber Aplikasi SAP2000)

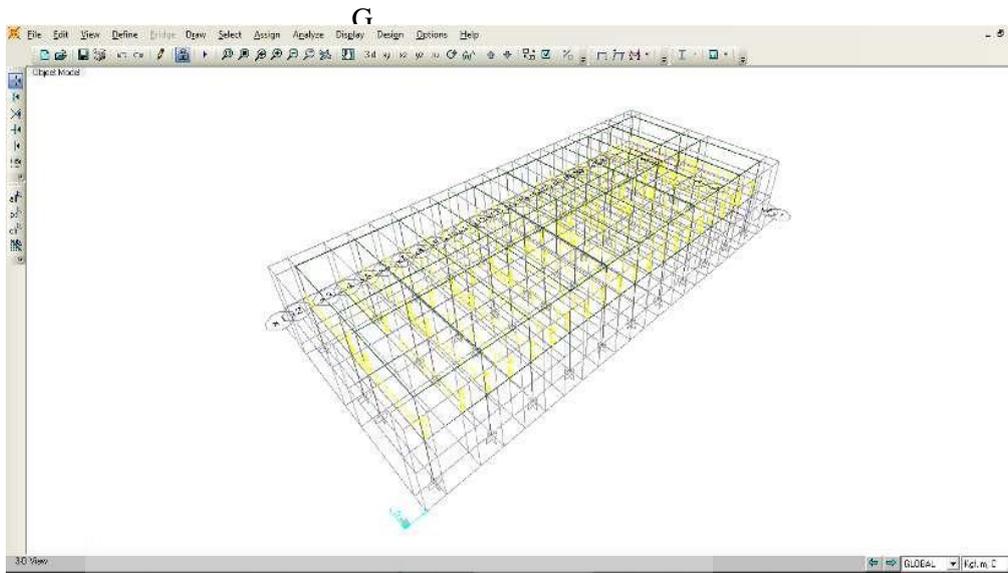
4.5.2 Input Beban Hidup, Mati, Beban Gempa

a. Beban Hidup



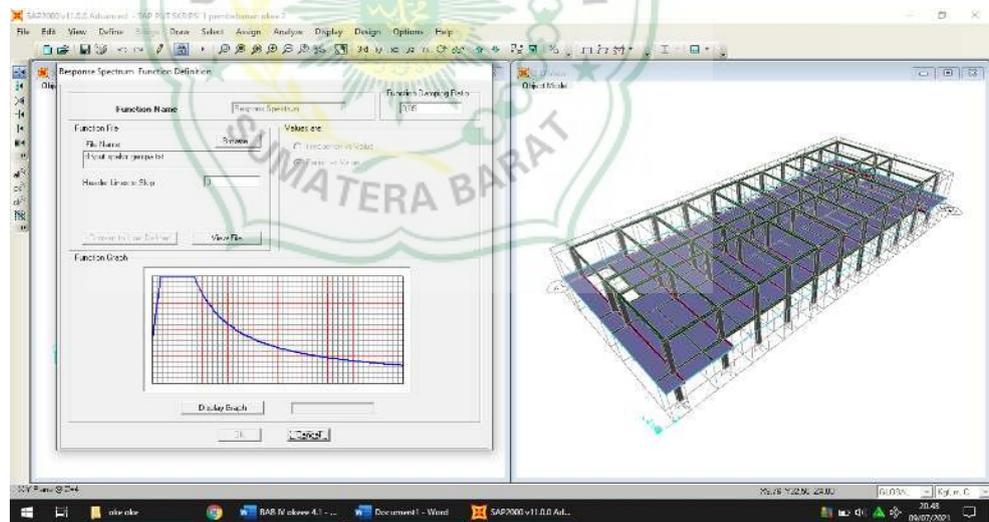
Gambar 4.7 Grid Gedung SAP2000
(Sumber Aplikasi SAP2000)

b. Beban Mati



Gambar 4.8 Grid Gedung SAP2000
(Sumber Aplikasi SAP2000)

c. Beban Gempa



Gambar 4.9 Grid Gedung SAP2000
(Sumber Aplikasi SAP2000)

4.5.3 Hasil Running SAP2000 Perkuatan

Dari Hasil Running SAP2000 Didapatkan momen -momen yang nantinya digunakan pada perhitungan penulangan kolom yang telah diberi perkuatan.

Rekap momen dari hasil perhitungan menggunakan aplikasi SAP2000 :
Kolom Lantai 1

Tabel 4.8 Rekap Momen

KOLOM LANTAI 1						
	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
MAX	-716.12	14.643	38.102	0.1765	49.6324	18.342
MIN	-909,436	14.601	34.869	0.1414	-102.7751	-40.2284

(Sumber: Perhitungan Momen)

4.6 Perhitungan Penulangan Kolom Perkuatan

Kolom lantai 1 70 cm x 30 cm

1. Kapasitas Geser Kolom

a. Data Material Kolom

Kuat Tekan Beton : f_c' = 24,9 MPa

Tegangan Leleh Baja : f_y (BjTS-30) = 400,00 MPa

Faktor Reduksi Geser : ϕ_s = 0,75

b. Dimensi Kolom

Lebar Kolom : b = 500,00 mm

Tinggi Kolom : h = 700,00 mm

Selimut Beton : d' = 40,00 mm

Tinggi Efektif Beton : $d = h - d'$ = 660,00 mm

c. Tulangan Geser Kolom

Diameter Sengkang : d_s = 10,00 mm

Luas Penampang Sengkang : A_v

$2 [1/4 \pi d_s^2](\text{sengkang 2 kaki})$ = 157,08 mm²

Jarak antar Sengkang : s = 150 mm

Jarak Sengkang Maksimum : s_{max} = 300,00 mm

d. Kontrol Jarak Antar Tulangan Geser Kolom

$$s \leq s_{max}$$
$$150,00 \text{ mm} \leq 300,00 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{OK !!}$$

e. Kuat Geser Beton dan Baja Tulangan

Kuat Geser Beton :

$$V_c = 1/6 [(\sqrt{f_c'}) / (b d)] (kN) = 292,17 \text{ kN}$$

Kuat Geser Tulangan Geser :

$$V_s = (A_v f_y d_s) / s = 276,46 \text{ kN}$$

f. Kuat Geser Nominal Kolom

Kuat Geser Nominal Kolom :

$$V_n = V_c + V_s = 568,63 \text{ kN}$$

g. Kuat Geser Rencana Kolom

Kuat Geser Rencana Kolom :

$$V_r = \phi_s \cdot V_n = 426,48 \text{ kN}$$

h. Gaya Geser Ultimate Kolom

Kuat Geser Ultimit Kolom :

$$V_u \text{ (dari hasil analisis struktur)} = 14,64 \text{ kN}$$

i. Kontrol Kuat Geser Rencana Kolom

$$V_r \geq V_u$$
$$426,48 \text{ kN} \geq 14,64 \text{ kN} \dots\dots\dots \text{OK !!}$$

Maka tulangan geser yang dipakai adalah : Ø10 - 150

2. Diagram Interksi P vs M Kolom

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

$$h = 700 \text{ mm}$$

$$D = 16 \text{ mm} \quad (\text{Diameter Tulangan})$$

$$f_c = 24,9 \text{ MPa}$$

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

$$d = 660 \text{ mm}$$

$$d' = 40 \text{ mm}$$

$$n.tul = 14 \text{ bh} \quad (\text{jumlah tulangan})$$

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

a. Kapasitas maksimum (P_o) dari kolom

Untuk menentukan nilai kapasitas maksimum digunakan Pers. (2.30) halaman No.30 dimana :

$$\begin{aligned} P_o &= 0,85 \times f_c (A_g - A_{st}) + A_{st} \times f_y \\ &= 0,85 \times f_c (350000 - 2814.87) + 2814.87 \times 400 \\ &= 8474120,147 \text{ N} \\ &= 8474,120141 \text{ kN} \end{aligned}$$

b. Kekuatan nominal maksimum penampang kolom

Untuk menentukan nilai kekuatan nominal maksimum penampang kolom digunakan Pers. (2.31) halaman No.30 dimana :

$$\begin{aligned} P_n(\text{max}) &= 0,8 \times P_o \\ &= 0,8 \times 8474.12 \\ &= 6779.3 \text{ kN} \end{aligned}$$

c. Eksentrisitas minimum

Untuk menentukan nilai *eksisting* minimum digunakan Pers. (2.32) halaman No.30 dimana :

$$\begin{aligned} e_{\text{min}} &= 0,1 \times h \\ &= 0,1 \times 700 \\ &= 70 \text{ mm} \end{aligned}$$

d. Kekuatan rencana kolom

e. Untuk menentukan nilai *eksisting* minimum digunakan Pers. (2.33) halaman No.30 dimana :

$$\begin{aligned} \phi P_n (\text{max}) &= \phi \times 0,8 \times P_o \\ &= 0,7 \times 0,8 \times 8474.12 \\ &= 4406.54 \text{ kN} \end{aligned}$$

f. Kapasitas penampang pada kondisi seimbang (*Balance*)

Untuk menentukan nilai eksisting minimum digunakan Pers. (2.34) halaman

No.30 dimana :

$$\begin{aligned}
 P_{nb} &= 0,85 \times f_c' \times a_b \times b + A_s' \times f_s' - A_s \times f_y \\
 &= 0,85 \times 25 \times \underline{0,85 \times 600 \times d} \times 500 \\
 &\qquad\qquad\qquad 600 + f_y \\
 &= 0,85 \times 20,75 \times \underline{0,85 \times 600 \times 660} \times 500 \\
 &\qquad\qquad\qquad 600 + 400 \\
 &= 3562069.5 \quad \text{N} \\
 &= 3562.0695 \quad \text{kN} \\
 M_{nb} &= P_{nb} \times e_b \\
 C_b &= \frac{600}{f_y} \times d \times 600 + \\
 &\qquad\qquad\qquad 600 \times 660 \\
 &= \frac{600}{396} + \frac{400}{396} \\
 a_b &= 0,85 \times C_b \\
 &= 0,85 \times 396 \\
 &= 336.6 \text{ mm} \\
 f_s' &= E_s \times \frac{\epsilon_s}{c} \left[\frac{d - d'}{c} \right] \\
 &= 600 \times \left[\frac{396 - 40}{396} \right] \\
 &= 539,3939 \\
 f_s' &\geq f_y \rightarrow f_s' = f_y = 400 \\
 f_s &= E_s \times \frac{\epsilon_s}{c} \left[\frac{d - c}{c} \right] \\
 &= 600 \times \left[\frac{660 - 396}{396} \right]
 \end{aligned}$$

$$= 400$$

$$\begin{aligned} M_{nb} &= 0,85 \times f_c' \times a_b \times b \times (y - a_b/2) + A_s' \times f_s' \times (h/2 - d') \\ &+ A_s \times f_s \times (d - y) \quad \dots\dots (2.35) \\ &= 0,85 \times 24,9 \times 336,6 \times 500 \times (350 - 336,6/2) + 600 \times 539,39 \times \\ &(700/2 - 40) + 600 \times 400 (660 - 350) \\ &= 996271538,3 \text{ N/mm} \\ &= 996,2715383 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Eksentrisitas pada kondisi seimbang

Untuk menentukan nilai rasio penulangan digunakan Pers. (2.36) halaman

No.31 dimana :

$$\begin{aligned} e_b &= \frac{M_{nb}}{P_{nb}} \\ &= \frac{996,271383}{3562,0695} \\ &= 0,27968897 \text{ m} \\ &= 279,688967 \text{ mm} \\ \phi \times P_{nb} &= 2315,345 \text{ kN} \\ \phi \times M_{nb} &= 797,0172 \text{ kNm} \end{aligned}$$

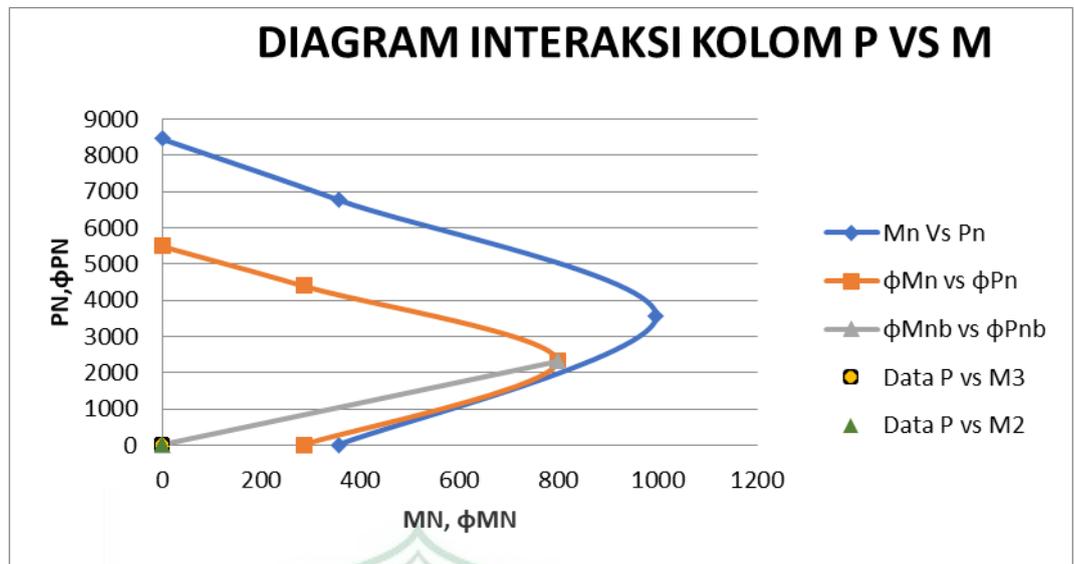
g. Kapasitas penampang pada kondisi momen murni (P=0)

Untuk menentukan nilai rasio penulangan digunakan Pers. (2.37) halaman

No.31 dimana :

$$\begin{aligned} M_n &= A_s \times f_y \left(d - \frac{0,59 \times A_s \times f_y}{f_c' \times b} \right) \\ &= 600 \times 400 \left(660 - \frac{0,59 \times 600 \times 400}{24,9 \times 500} \right) \\ &= 356,5428446 \text{ kNm} \\ \phi M_n &= 285,234276 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Maka Tulangan yang dipakai untuk kolom perkuatan adalah 14 D - 16



Gambar 4. 10 Diagram Interaksi Kolom L1 P vs M



4.7 Gambar Penampang Kolom Perkuatan

Keterangan	Kolom 50/70 (K1)
Sketsa gambar	
Tulangan Atas	4 D 16
Tulangan Tengah	6 D 16
Tulangan Bawah	4 D 16
Sengkang	Ø10 - 15

Tabel : 4.5 Rekap Tulangan Kolom Lantai 1

Nama	Tinggi	H	B	Tulangan	Sengkang
Kolom Lantai 1	400	70cm	50cm	14 D-16	Ø 10 - 15

(Sumber : Rekap Penulangan)

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis perkuatan kolom yang telah dilakukan pada Struktur Pasca Kebakaran Gedung Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat Dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Untuk menganalisis pembebanan struktur Pasca Kebakaran Gedung Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat Kota Padang harus mengacu pada SNI 1727 : 2013, PPIUG 1983 dan persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung SNI 2847-2019
2. Struktur Bangunan yang di perkuat hanya dilakukan pada kolom lantai dasar. Hal ini berdasarkan hasil evaluasi kolom lantai dasar sudah tidak memenuhi kapasitas dalam menahan beban.
3. Dari analisis Struktur Pasca Kebakaran Gedung Pascasarjana masih tergolong aman dan masih bisa dipakai Kembali dengan hasil perhitungan kolom sebelum dilakukan perkuatan memiliki Gaya berat / Luas sebesar 0.74 kg/mm^2 sedangkan kolom setelah dilakukan perkuatan Gaya berat/Luas sebesar 0.3 kg mm^2 sehingga hal ini membuktikan bahwa kolom dengan perkuatan lebih efisien digunakan pada struktur yang telah terbakar dalam menahan beban.

5.2 Saran

Dari Hasil Analisis Struktur Pasca Kebakaran Gedung Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat Kota Padang penulis dapat memberi saran sebagai berikut :

1. Sebaiknya perlu dilakukanya perluasan penampang kolom lantai dasar.
2. Perlu diperhatikan keefektifan struktur agar biaya pembangunan bisa lebih irit.
3. Konstruksi perkuatan struktur, merupakan salah satu solusi agar dapat memperkecil biaya pada pembangunan tanpa harus merobohkan bangunan lama.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriani Widya. (2013). *Analisis Buckling Restrained Braces System sebagai Retrofitting pada Bangunan Beton Bertulang Akibat Gempa Kuat*. Depok: Jurnal Sains dan Teknologi Vol. 12 No. 2, September, (2013).
- Asroni, Ali. (2017). *Teori dan Desain Balok Plat Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847-(2013)*. Surakarta: Muhammadiyah University Press.
- Bowles, J.E., (1993). *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah, Edisi Kedua*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Chaimahawan, P., Pimanmas, A, (2009). *Seismic retrofit of substandard beam-column joint by planar joint expansion, Material and Structures 42*, pp 443 – 459.
- Dipohusodo, Istimawan. (1999). *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Dipohusodo, Istimawan. (1994). *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: Gramedia pustaka utama.
- El-Dakhkhni, W. W., Hamid, A. A., Elgaaly, M. (2004). *Seismic Retrofit of Concrete Masonry-Infill Steel Frames with Glass Fiber Reinforced Polymer*. Journal of Structural Engineering, ASCE, vol. 130 no. 9, September, (2004)
- Isneini, Mohd. (2009). *Kerusakan dan Perkuatan Struktur Beton Bertulang*. Lampung: Jurnal Teknik Sipil.
- Kusuma, Gideon dan Vis, W.C, dan Andriaano, Takim., (1993). *Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Masril, ST, MT. Elfania Bastian ST, MT. *Analisis Perilaku Struktur Atas Gedung Asrama Pusdiklat IPDN Baso*. Bukittinggi: Rang Teknik Journal. Vol. 2 No. 1, 2019

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

Nawy, Edward G., (1998), *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Cetakan kedua, Bandung: PT. Refika Aditama.

SNI-03-2847-(2002). *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional BSN.

SNI-2847-(2013). *Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional BSN.

Sudarmoko, (1996). *Diagram Perancangan Kolom Beton Bertulang*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.

Sulendra I.K., (2005), *Kerusakan Akibat Gempa dan Metode Perbaikan Elemen Struktur Pasca Gempa*, *Jurnal SMA Tek* vol.3 No. 1, 12-20.

Tumialan, J. G., A. Nanni., (2002). *Strengthening of Masonry Walls with FRP Bars*. *Composites Fabricator Magazine*, March (2002). Arlington, VA.

Tjokrodimuljo, Kardiyono. (1992). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Fakultas Teknik UGM.



PROJECT NAME

LOCATION

REVISION LIST

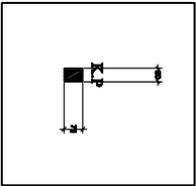
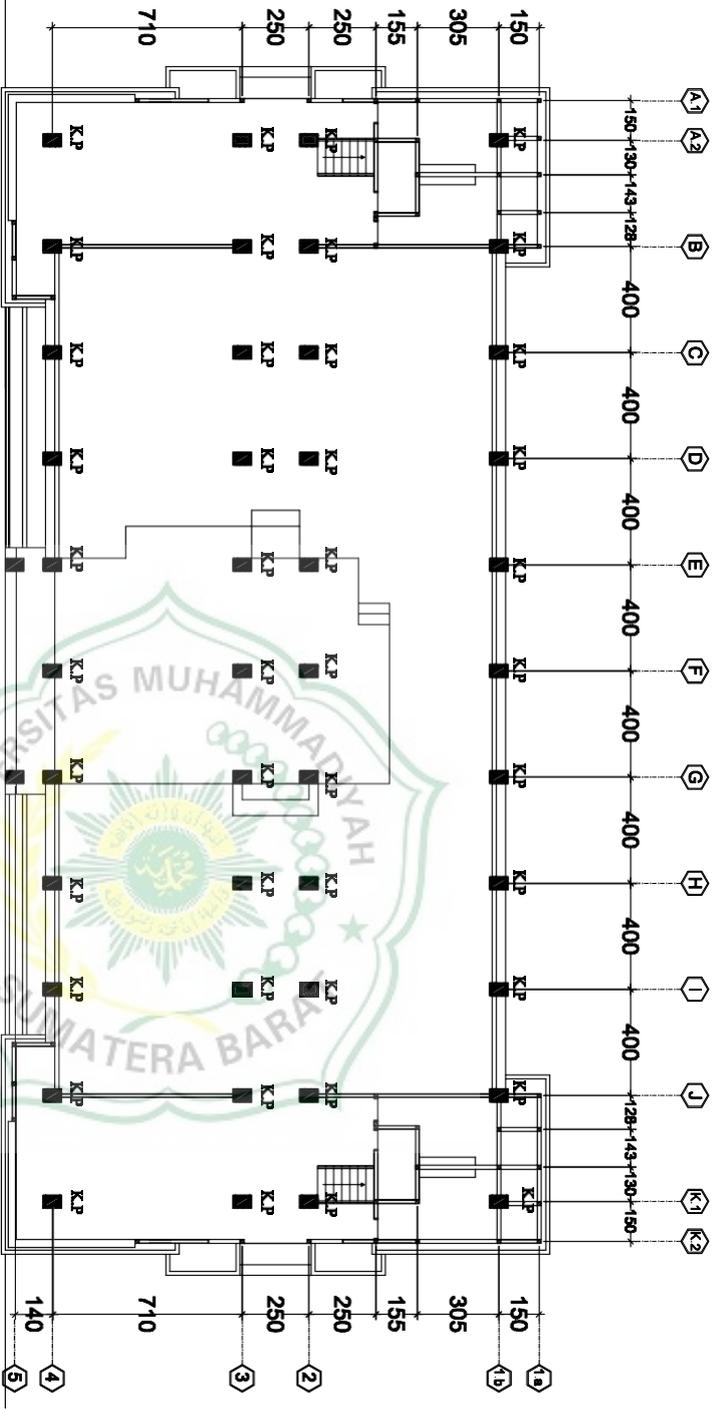
NO DATE NOTES

DRAWING TITLE

DRAW SCALE PAPER SIZE

CHECKING BY APPROVED

DRAWN BY APPROVED



D *Denah Perkuatan Kolom Lantai 1 (K.P)*

SKALA 1 : 200

PROJECT NAME

LOCATION

REVISION LIST

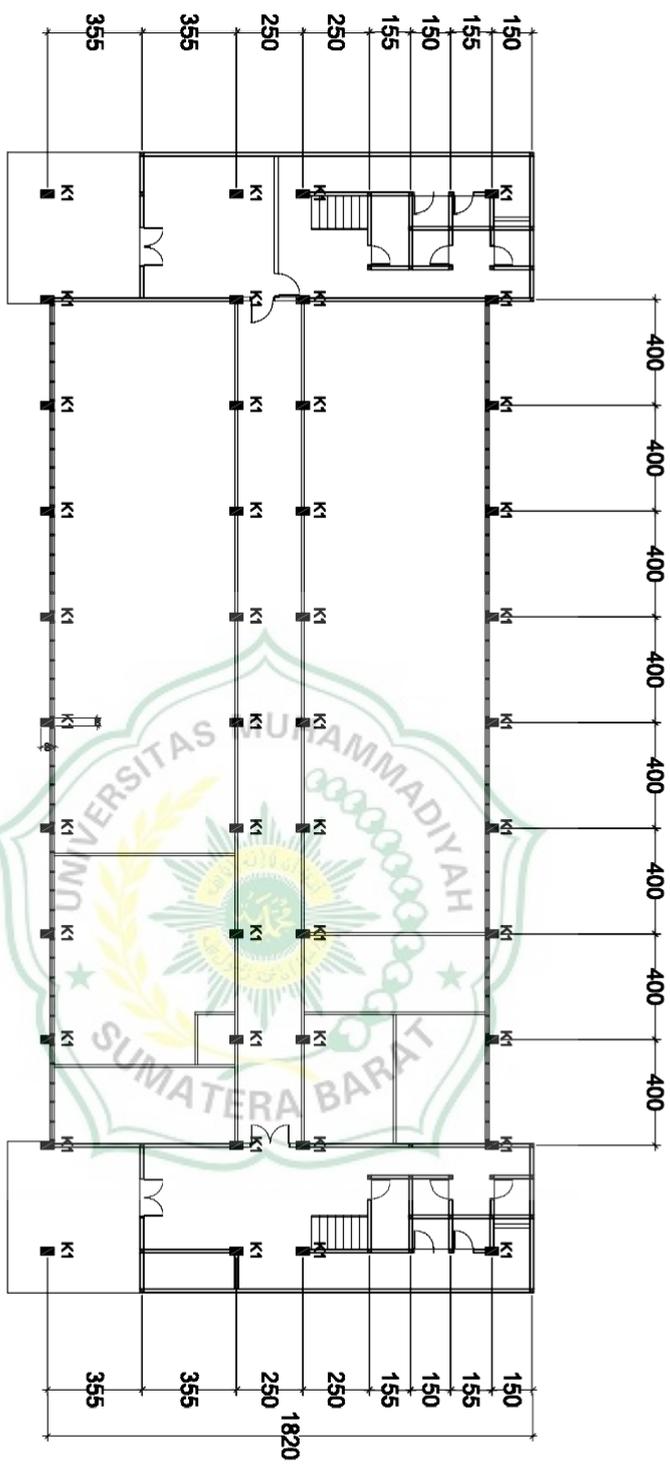
NO	DATE	NOTES

DRAWING TITLE

DRAW SCALE	PAPER SIZE

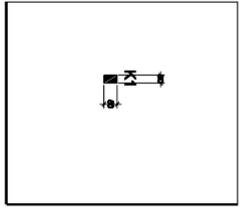
CHECKING BY	APPROVED

DRAWING BY	APPROVED



D *Denah Kolom Lantai 1 Eksisting (K1)*

SKALA 1 : 200



PROJECT NAME

LOCATION

REVISION LIST

NO	DATE	NOTES

DRAWING TITLE

DRAWING SCALE

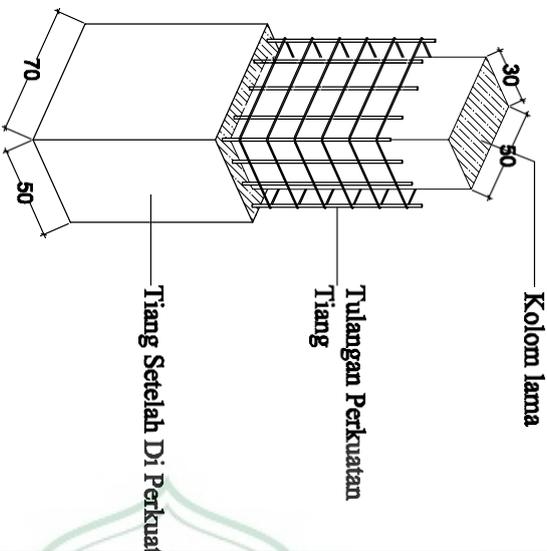
PAPER SIZE

CHECKED BY

APPROVED

DRAWN BY

APPROVED



L *Detail Perkuatan Kolom K1*
SKALA 1 : 25

Keterangan	Kolom 50/70 (K1)
Sketsa gambar	
Tulangan Atas	4 D 16
Tulangan Tengah	6 D 16
Tulangan Bawah	4 D 16
Sengkang	Ø10 - 15