

**SKRIPSI**

**PERENCANAAN ULANG PEMBANGUNAN MASJID WUSTHA  
PAYAKUMBUH**

*Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil*



**OLEH :**

**RIKI SAPUTRA**  
**17.10.002.22201.077**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT  
2021**



**HALAMAN PENGESAHAN**

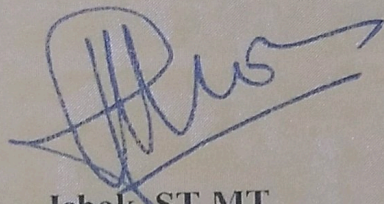
**PERENCANAAN ULANG PEMBANGUNAN MASJID  
WUSTHA PAYAKUMBUH**

Oleh :

RIKI SAPUTRA  
171000222201077

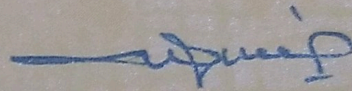
Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing I



Ishak, ST.MT  
NIDN. 10.1004.7301

Dosen Pembimbing II

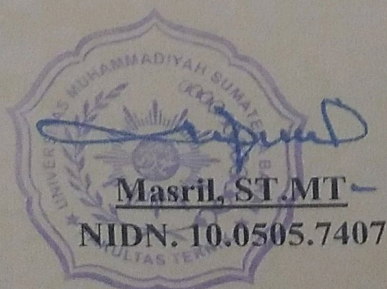


Masril, ST.MT  
NIDN 10.0505.7407

Diketahui Oleh :

Dekan Fakultas Teknik

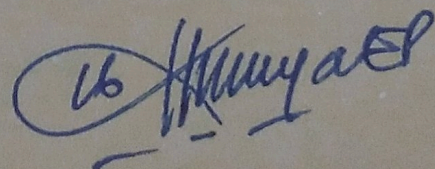
UM Sumatera Barat



Masril, ST.MT  
NIDN. 10.0505.7407

Ketua Program Studi

Teknik Sipil



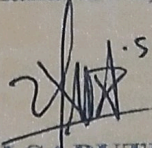
Ir. Surya Eka Priana, MT, IPP  
NIDN 10.1602.6603



## LEMBAR PERSETUJUAN TIM PENGUJI

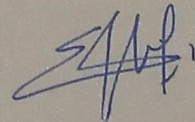
Skripsi ini sudah dipertahankan dan disempurnakan berdasarkan masukan dan koreksi Tim Penguji pada ujian tertutup tanggal 28 Agustus 2021 di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

Bukittinggi, 28 Agustus 2021  
Mahasiswa,

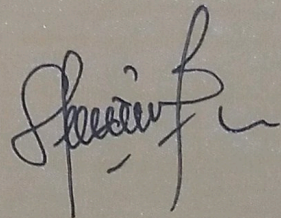
  
**RIKI SAPUTRA**  
171000222201077

Disetujui Tim Penguji Skripsi tanggal 28 Agustus 2021 :

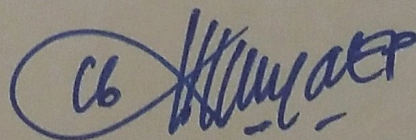
1. Elfania Bastian, ST., M.T.

1. 

2. Selpa Dewi, ST., MT.

2. 

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Teknik Sipil



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



## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Riki Saputra

NIM : 17.10.002.22201.077

Judul Skripsi : Perencanaan Ulang Pembangunan Masjid Wustha Payakumbuh

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa penulisan Skripsi ini berdasarkan 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 dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Bukittinggi, 28 Agustus 2021

Mahasiswa



Riki Saputra

17.10.002.22201.077



## ABSTRAK

Masjid sebagai bangunan tempat beribadah umat islam yang mana merupakan bangunan dengan fungsi publik harus dirancang sedemikian rupa demi kenyamanan dan keamanan bangunan baik itu dari segi desain maupun struktur bangunan yang kuat dan kokoh. Sebagai tempat beribadah terutama shalat, yang memerlukan ruang yang luas dengan tidak banyak tiang (kolom) ditengah ruang yang dikhawatirkan memustuskan shaf shalat. Oleh karena itu diperlukan ketelitian dalam proses pembangunan Masjid terutama perhitungan pembebanan bangunan struktur bangunan sehingga aman bagi keselamatan pengguna. Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan dimensi elemen struktur, perhitungan tulangan struktur. Adapun data-data elemen struktur yang digunakan adalah dari hasil desain pendahuluan (*Preliminary Design*). Dalam analisisnya dibantu program SAP2000 Versi 11 dengan pemilihan sistem struktur sistem jaringan (*Grid System*). Berdasarkan hasil perhitungan *Preliminary design* diperoleh data untuk penggunaan struktur atas lantai 1 sampai dengan lantai 3 dimana didapat penampang kolom induk ukuran 60x60 cm, kolom teras ukuran 30x60 cm, balok induk ukuran 40x60 cm, balok anak ukuran 30x50 cm. Perencanaan pelat lantai dan juga dak beton yang dilakukan dengan *Preliminary design* didapatkan tebal 12 cm. Perencanaan untuk pondasi dengan menggunakan pondasi sumuran dengan kedalaman 4 meter, dan dengan menggunakan buis beton diameter 1 meter.

**Kata Kunci :** *Preliminary design*, SAP2000, Struktur Gedung, Masjid, Pondasi.



## KATA PENGANTAR



Puji dan syukur penulis persembahkan kepada Allah SWT untuk semua berkat rahmat dan karunia-Nya yang telah diberikan hingga penulisan skripsi ini dapat diselesaikan sebagaimana mestinya, yang diberi judul “ PERENCANAAN ULANG PEMBANGUNAN MASJID WUSTHA PAYAKUMBUH”. Skripsi ini merupakan kewajiban setiap mahasiswa yang akan menyelesaikan perkuliahan di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat dalam upaya memperoleh gelar sarjana teknik.

Didalam penyusunan skripsi ini penulis mendapatkan banyak bantuan dari berbagai pihak dimana pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih diantaranya kepada:

1. Orang tua, kakak, dan adik serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan moril, doa dan kasih sayang.
2. Bapak Masril, S.T, M.T selaku dekan Fakultas Teknik UMSB.
3. Bapak Ir. Surya Eka Priana, M.T., IPP selaku ketua Prodi Teknik Sipil.
4. Bapak Ishak, S.T, M.T selaku pembimbing I Skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis.
5. Bapak Masril, ST. MT. selaku dosen pembimbing II Skripsi yang juga telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis.
6. Bapak dan Ibuk Dosen serta staf pengajar pada Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat (UMSB).
7. Abang, sahabat, dan rekan-rekan Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat atas semangat, kritikan, dan masukan – masukan yang membangun.
8. Semua pihak yang Namanya tidak dapat disebutkan satu persatu.

Demikian skripsi ini dirangkum agar dapat menambah ilmu dan pengetahuan bagi para pembaca serta banyak memberi manfaat bagi rekan-rekan mahasiswa lainnya, walaupun penulis dengan sadar memahami bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membantu dalam memperbaiki kekurangan demi kesempurnaan skripsi ini.

Wassalam

Penulis



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>ABSTRAK</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iv
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan dan Manfaat Penulisan .....	2
1.5 Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Tinjauan umum .....	5
2.2 Struktur bawah .....	5
2.2.1 Jenis dan fungsi pondasi .....	6
2.3 Struktur atas .....	7
2.3.1 Kolom .....	8
2.3.1.1 Pengertian Kolom .....	8
2.3.1.2 Fungsi Kolom .....	8
2.3.1.3 Jenis-jenis kolom .....	9
2.3.2 Balok .....	10
2.3.2.1 Pengertian Balok .....	10
2.3.2.2 Fungsi Balok .....	10
2.3.2.3 Jenis-jenis Balok .....	10



2.3.3	Pelat Lantai.....	11
2.3.3.1	Pengertian Balok.....	10
2.3.3.2	Pengertian Pelat Lantai.....	11
2.3.3.3	Fungsi pelat lantai.....	12
2.3.3.4	Jenis-jenis pelat lantai.....	12
2.4	Material.....	14
2.4.1	Beton.....	14
2.4.1.1	Sifat & karakteristik beton.....	15
2.4.1.2	Mutu beton.....	16
2.4.2	Baja Tulangan.....	16
2.4.2.1	Sifat Fisik Baja Tulangan.....	16
2.4.2.2	Tulangan Polos.....	18
2.4.2.3	Tulangan Ulir.....	19
2.5	Pembebanan.....	19
2.5.1	Beban Mati.....	19
2.5.2	Beban Hidup.....	22
2.5.3	Beban Gempa.....	23
2.5.4	Beban Hujan.....	28
2.5.5	Beban Angin.....	28
2.5.6	Kombinasi Pembebanan.....	28

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1	Tinjauan umum.....	30
3.2	Studi Kasus Penelitian.....	30
3.3	Data Struktur.....	31
3.4	Data Gambar.....	31
3.5	Flowchart.....	32

### **BAB IV PERHITUNGAN STRUKTUR**

4.1	Pembahasan.....	33
4.2	Kriteria Desain.....	34
4.3	Analisa Struktur.....	34

4.3.1	Beban Mati ( <i>dead load</i> ).....	34
4.3.2	Beban Hidup ( <i>live load</i> ) .....	35
4.3.3	Beban Gempa ( <i>earth quake load</i> ) .....	35
4.3.4	Beban Hujan ( <i>rain load</i> ).....	35
4.3.5	Beban Angin ( <i>wind load</i> ).....	36
4.4	Desain Pendahuluan ( <i>Preliminary Design</i> ).....	36
4.4.1	Balok Induk( <i>beam</i> ).....	36
4.4.2	Balok Anak 1 .....	39
4.4.3	Pelat Lantai ..	41
4.4.4	Kolom ( <i>coloum</i> ) .....	47
4.5	Perhitungan Momen.....	55
4.5.1	Hasil Running pada Program SAP2000.....	57
4.6	Perhitungan Struktur Tulangan.....	57
4.6.1	Perhitungan Tulangan Balok Dan Kolom.....	62
4.6.2	Perhitungan Tulangan Pelat Dak dan Pelat Lantai.....	91
4.6.3	Analisa Daya Dukung Pondasi.....	99
4.6.4	Daya Dukung Pondasi Sumuran.....	101
<b>BAB V PENUTUP</b>		
5.1	Kesimpulan.....	105
5.2	Saran.....	106
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>107</b>
<b>LAMPIRAN</b>		



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Mutu Beton.....	16
Tabel 2.2	Mutu Baja.....	17
Tabel 2.3	Baja Tulangan Polos (BJTP).....	19
Tabel 2.4	Baja Tulangan Ulir (BJTD).....	19
Tabel 2.5	Berat Bahan Bangunan .....	20
Tabel 2.6	Berat Komponen Bangunan .....	21
Tabel 2.7	Beban Hidup pada Lantai Gedung.....	22
Tabel 2.8	Koefesien Wilayah Gempa ( $\psi$ ) .....	25
Tabel 2.9	Percepatan Puncak Muka Tanah ( $A_0$ ) .....	26
Tabel 2.10	Faktor Keutamaan Gedung (I).....	26
Tabel 2.11	Faktor Reduksi Beban Hidup untuk Peninjauan Gempa.....	27
Tabel 4.1	<i>Preliminary</i> struktur balok induk, data yang dimasukkan .....	36
Tabel 4.2	Standar tebal minimum struktur balok dan pelat .....	37
Tabel 4.3	<i>Preliminary</i> struktur balok anak 1, data yang diinput .....	39
Tabel 4.5	Perhitungan Struktur Kolom Lantai 3 .....	48
Tabel 4.6	Perhitungan Struktur Kolom Lantai 2 .....	49
Tabel 4.7	Perhitungan Struktur Kolom Lantai 1 .....	50
Tabel 4.8	Perhitungan Struktur Kolom Anak Lantai 3 .....	52
Tabel 4.9	Perhitungan Struktur Kolom Anak Lantai 2 .....	53
Tabel 4.10	Perhitungan Struktur Kolom Anak Lantai 1 .....	54
Tabel 4.11	Hasil <i>Preliminary Design</i> .....	55
Tabel 4.12	Rekap Struktur Lantai 1 .....	57
Tabel 4.13	Rekap Struktur Lantai 2 .....	58
Tabel 4.14	Rekap Struktur Lantai 3 .....	59
Tabel 4.15	Hasil Perhitungan penulangan kolom dan balok lantai 2 dan 3 ....	90
Tabel 4.16	Pembebanan pada Lantai 3 .....	99
Tabel 4.17	Pembebanan pada Lantai 2 .....	100
Tabel 4.18	Pembebanan pada Lantai 1 .....	100
Tabel 5.1	Daftar penampang struktur Masjid.....	104
Tabel 5.2	Hasil dimensi sumuran .....	105

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Macam-macam struktur kolom dan penulangannya.....	9
Gambar 2.2	Jenis pelat berdasarkan tumpuan.....	12
Gambar 2.3	Jenis pelat berdasarkan perletakannya.....	13
Gambar 2.4	Jenis pelat berdasarkan penulangannya .....	14
Gambar 2.5	Peta zona gempa pada wilayah SUMBAR.....	23
Gambar 2.6	Daftar zona gempa pada wilayah SUMBAR.....	25
Gambar 3.1	Denah Lokasi Pembangunan .....	30
Gambar 3.2	Bagan Penelitian.....	32
Gambar 4.1	Grafik spectrum Payakumbuh (tanah keras C).....	35
Gambar 4.2	Dimensi pelat lantai .....	41
Gambar 4.3	Type perhitungan balok pada tepi konstruksi.....	42
Gambar 4.4	Penampang pelat.....	44
Gambar 4.5	Menginput beban mati pada program SAP2000 .....	56
Gambar 4.6	Menginput beban hidup pada program SAP2000 .....	56
Gambar 4.7	Menginput beban gempa pada program SAP2000.....	56
Gambar 4.8	Desain tulangan lentur balok 40/60 P.7 m lantai 1 .....	63
Gambar 4.9	Desain tulangan geser balok 40/60 P.7 m lantai 1 .....	65
Gambar 4.10	Desain tulangan lentur balok 40/60 P.5 m lantai 1 .....	67
Gambar 4.11	Desain tulangan geser balok 40/60 P.5 m lantai 1 .....	69
Gambar 4.12	Desain tulangan lentur balok 30/50 P.3,5 m lantai 1 .....	71
Gambar 4.13	Desain tulangan geser balok 30/50 P.3,5 m lantai 1 .....	73
Gambar 4.14	Desain tulangan lentur balok 30/40 P.5 m lantai 1 .....	75
Gambar 4.15	Desain tulangan geser balok 30/50 P.5 m lantai 1 .....	77



Gambar 4.16 Desain tulangan lentur balok 30/50 P.1,6 m lantai 1 .....	79
Gambar 4.17 Desain tulangan geser balok 30/40 P.1,6 m lantai 1 .....	81
Gambar 4.18 Grafik diagram interaksi kolom P vs M lantai 1 .....	85
Gambar 4.19 Desain penulangan kolom 60/60 tinggi 4 m lantai 1 .....	85
Gambar 4.20 Grafik diagram interaksi kolom P vs M lantai 1 .....	89
Gambar 4.21 Desain penulangan kolom 30/60 tinggi 4 m lantai 1 .....	89
Gambar 4.22 Desain penulangan pelat dak.....	94
Gambar 4.23 Desain penulangan pelat lantai.....	98
Gambar 4.24 Tabel uji penetrasi tanah dengan sondir.....	101



## DAFTAR NOTASI

A	=	Luas penampang pondasi
As	=	Tulangan tarik ( $m^2$ )
As'	=	Tulangan tekan ( $m^2$ )
Ao	=	Nilai percepatan muka tanah
B	=	Diameter sumuran yang digunakan (m)
be	=	Keliling tegangan penampang geser
bw	=	Lebar penampang (m')
C	=	Faktor respon gempa
D	=	Kedalaman pondasi sumuran (m)
DL	=	Beban mati ( <i>Dead Load</i> ) kg/m
d	=	Tebal efektif poer
ds	=	Diameter Sengkang
d'	=	Selimit beton (m')
E	=	Beban gempa
Eb	=	Eksentrisitas kondisi seimbang
Ec	=	Modulus elastisitas beton
Es	=	Modulus elatisitas baja
Emin	=	Eksentrisitas minimum
fc'	=	Kuat tekan beton (Mpa)
fu	=	Batas putus baja (Mpa)
fy	=	Batas leleh baja (Mpa)
FK	=	Faktor keamanan = 2
H	=	Jumlah tingkat Gedung (m')
h	=	Tinggi penampang (m')
I	=	Faktor keutamaan gedung
Ibp	=	Inersia balok
Ip	=	Inersia pelat
L	=	Kedalaman pondasi
LL	=	Beban hidup ( <i>Live Load</i> ) kg/m
Ln	=	Bentang bersih (m')



$L_{pd}$	=	Bentang terpendek (m')
$L_{pj}$	=	Bentang terpanjang (m')
$M$	=	Momen yang bekerja pada poer (t m)
$M_n$	=	Kapasitas penampang kondisi momen murni
$M_u$	=	Momen ultimate (momen perlu)
$P$	=	Gaya normal yang bekerja pada poer (t)
$P_n$	=	Kuat tekan rencana
$P_{nb}$	=	Kapasitas penampang dalam keadaan seimbang ( balance )
$P_{n(max)}$	=	Kekuatan nominal maksimum
$P_0$	=	Kapasitas maksimum
$q_c$	=	Nilai Konus hasil penyelidikan tanah dengan sondir (t/m <sup>2</sup> )
$q_u$	=	Daya dukung ujung (t)
$q_u'$	=	Daya dukung ultimit pada pada pembebanan vertikal-eksentris
$Q_{all}$	=	Daya dukung izin
$R$	=	Faktor reduksi
$R_e$	=	Faktor reduksi akibat pembebanan eksentris
$S$	=	Jarak (m')
$S_{max}$	=	Jarak maksimum (m')
$T$	=	Waktu (s)
$U$	=	Kuat perlu
$V_c$	=	Kuat geser beton
$V_n$	=	Kuat geser nominal
$V_r$	=	Kuat geser rencana
$V_s$	=	Kuat geser tulangan
$V_u$	=	Kuat geser ultimate
$W$	=	Angin ( <i>wind</i> )
$y$	=	Jarak titik berat poer (m)
$\zeta$	=	Koefisien wilayah gempa
$\alpha$	=	Nilai Korelasi
$\tau$	=	Tahanan geser tanah
$\Psi$	=	Koefisien untuk menghitung respon gempa vertical
$\phi$	=	Sudut gesek dalam tanah

- $\beta$  = Perbandingan antar bentang  
 $\alpha_m$  = Nilai rata-rata  
 $\alpha$  = Kekakuan pelat  
 $\varphi$  = Faktor reduksi geser  
 $\sigma$  = Tegangan Normal  
 $\Pi$  = Poisson ratio



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Masjid sebagai bangunan tempat beribadah umat islam yang mana merupakan bangunan dengan fungsi publik harus dirancang sedemikian rupa demi kenyamanan dan keamanan bangunan baik itu dari segi desain maupun struktur bangunan yang kuat dan kokoh. Dalam proses pembangunan Masjid banyak sekali aspek yang perlu diperhatikan, mulai dari aspek perencanaan konsep, kekuatan dari struktur Masjid serta perencanaan ruang yang sesuai dengan kaidah Masjid sebagai tempat beribadah terutama shalat, yang memerlukan ruang yang luas dengan tidak banyak tiang (kolom) ditengah ruang yang dikhawatirkan memustuskan shaf shalat. Oleh karena itu diperlukan ketelitian dalam proses pembangunan Masjid terutama perhitungan pembebanan bangunan struktur bangunan sehingga aman bagi keselamatan pengguna.

Struktur suatu bangunan terdiri dari struktur atas (*upper structure*) dan struktur bawah (*lower structure*). Struktur atas suatu gedung adalah seluruh bagian gedung yang berada diatas muka tanah (SNI 2002). Struktur atas ini terdiri atas kolom, pelat, balok dan tangga. Setiap komponen tersebut memiliki fungsi yang berbeda-beda. Struktur bawah gedung adalah pondasi dan struktur bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah atau bagian bangunan yang terletak dibawah permukaan tanah yang berfungsi sebagai pemikul beban diatasnya.

Dalam hal yang melatar belakangi penulis untuk melakukan perencanaan ulang pembangunan Masjid Wustha Payakumbuh, adalah adanya perubahan fungsi serta *design* dari Masjid tersebut dimana Masjid yang tadinya di rencanakan dari dua lantai menjadi tiga lantai.



## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut maka dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut :

1. Berapa dimensi pondasi, kolom, balok, pelat yang mampu memikul beban bangunan Masjid ?
2. Bagaimana menentukan penggunaan tulangan kolom, balok dan pelat lantai ?
3. Bagaimana gambar detail tulangan struktur (kolom, balok dan pelat lantai) dari hasil perhitungan perencanaan yang dilakukan?

## 1.3 Batasan Masalah

Untuk menghasilkan pemahaman dalam pembahasan ini maka batasan masalah dalam perencanaan ini, yaitu :

1. Menghitung struktur Masjid yang direncanakan ulang untuk mengetahui kapasitas penampang yang dibutuhkan dengan menggunakan *prelime design* terlebih dahulu kemudian dilanjutkan dengan *software* SAP 2000.
2. Menentukan penggunaan tulangan (kolom, balok dan pelat lantai) yang akan direncanakan berdasarkan dari hasil Output SAP 2000
3. Menggambarkan detail tulangan (kolom, balok dan pelat lantai) yang direncanakan

## 1.4 Tujuan Penulisan

Maksud dari penulisan skripsi ini adalah dapat memahami langsung system dan metoda terhadap perhitungan dimensi komponen struktur seperti kolom, balok dan pelat lantai yang efektif, efisien sesuai dengan umur rencana sehingga bangunan tersebut dapat berfungsi sebagaimana mestinya.

Adapun tujuan penulisan skripsi yang ingin dicapai adalah:

1. Untuk menghitung pembebanan yang bekerja pada struktur yang akan direncanakan seperti beban mati (*dead load*), beban hidup (*live load*) dan beban gempa (*earthquake load*).

2. Mengetahui besarnya kapasitas penampang dan tulangan yang dibutuhkan oleh masing-masing struktur (Gideon dan Takim 1993).
3. Pengajuan perencanaan apabila struktur yang dihitung ini disetujui oleh Konsultan Perencana maupun pengurus Masjid Wustha Payakumbuh

### **1.5 Manfaat Penulisan**

Penulisan skripsi ini bermanfaat sebagai berikut :

1. Mampu untuk menghitung pembebanan yang bekerja pada bangunan Masjid tersebut
2. Mampu menghitung kapasitas penampang dan tulangan yang dibutuhkan
3. Mampu memberikan kontribusi dalam perencanaan pembangunan Masjid ini

### **1.6 Sistematika Penulisan**

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

#### **1. BAB I : PENDAHULUAN**

Pembahasan bab ini diuraikan mengenai latar belakang permasalahan, rumusan masalah, batasan masalah, maksud, tujuan, manfaat, metode pengumpulan data dan sistematika penulisan.

#### **2. BAB II : TINJAUAN PUSTAKA**

Pembahasan bab ini menguraikan tentang uraian umum, pengertian pondasi, kolom, balok dan pengertian pelat pada perencanaan gedung, dasar perhitungan serta beban yang bekerja.

#### **3. BAB III : METODOLOGI PENELITIAN**

Pembahasan bab ini menjelaskan tentang latar belakang, lokasi pembangunan, serta *flowchart* penyusunan skripsi.

#### **4. BAB IV : PERHITUNGAN STRUKTUR**

Pembahasan bab ini berisikan tentang penerapan konstruksi dalam menentukan pondasi, dimensi serta penulangan : pelat lantai, balok dan kolom, yang akan digunakan pada Masjid Wustha Payakumbuh.

## 5. PENUTUP

Pembahasan BAB ini berisi mengenai kesimpulan yang didapat dari pembahasan dan saran-saran.





## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Tinjauan Umum

Suatu bangunan yang berlantai banyak sangat rawan terhadap keruntuhan jika tidak direncanakan dengan baik. Oleh karena itu, diperlukan suatu perencanaan struktur yang tepat dan teliti agar dapat memenuhi kriteria kekuatan (*Strenght*), kenyamanan (*Serviceability*), keselamatan (*Safety*), dan umur rencana bangunan (*Durability*). Struktur bangunan pada umumnya terdiri dari struktur bawah (*Lower structure*) dan struktur atas (*Upper structure*). Struktur bawah (*Lower structure*) yang dimaksud adalah pondasi dan struktur bangunan yang berada di bawah permukaan tanah, sedangkan yang dimaksud dengan struktur atas (*Upper structure*) adalah struktur bangunan yang berada di atas permukaan tanah seperti kolom, balok, Pelat, tangga. Setiap komponen tersebut memiliki fungsi yang berbeda-beda di dalam sebuah struktur.

#### 2.2. Struktur Bawah

Yang dimaksud struktur bawah adalah pondasi dan struktur bangunan yang berada dibawah permukaan tanah. Pondasi adalah bagian terendah dari bangunan yang meneruskan beban yang dipikul oleh bangunan ke tanah atau batuan yang berada dibawahnya. Pondasi secara garis besar dibagi atas 2 bagian yaitu pondasi dangkal ( shallow foundation ) dan pondasi dalam ( deep foundation ), tergantung dari letak tanah kerasnya dan perbandingan kedalaman dengan lebar pondasi.

Pondasi dapat dikatakan pondasi dangkal apabila kedalamannya kurang atau sama dengan lebar pondasi (  $D \leq B$  ) dan dapat digunakan jika lapisan tanah kerasnya terletak dekat dengan permukaan tanah sedangkan pondasi dalam digunakan jika lapisan tanah kerasnya berada jauh dari permukaan tanah.

### 2.2.1 Jenis Dan Fungsi Pondasi

Untuk menentukan jenis, ukuran dan konstruksi pondasi harus memperhatikan jenis bangunan, beban bangunan, kondisi tanah, dan faktor-faktor lain yang mempengaruhinya. Dikarenakan fungsi pondasi adalah meneruskan beban yang ada pada bangunan ke tanah sebagai pendukung bangunan, maka pondasi perlu diperhitungkan dengan sebaik-baiknya.

Berdasarkan kemungkinan beban yang harus dipikul pondasi dibagi atas :

#### 1. Pondasi dangkal

Pondasi dangkal ini digunakan apabila lapisan tanah pada dasar pondasi mampu mendukung beban terletak relatif dekat dengan permukaan tanah.

Pondasi dangkal terbagi atas :

- a. Pondasi telapak
- b. Pondasi memanjang
- c. Pondasi rakit

#### 2. Pondasi dalam

Pondasi dalam digunakan apabila lapisan tanah dasar yang mampu mendukung beban terletak jauh dari permukaan tanah, terbagi atas :

- a. Pondasi sumuran
- b. Pondasi tiang

Pemilihan jenis pondasi yang tepat perlu memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- a. Bila tanah pendukung pondasi terletak pada kedalaman 2-3 meter dibawah permukaan tanah, dalam kondisi ini bangunan bisa menggunakan pondasi telapak.
- b. Apabila tanah pendukung pondasi terletak pada kedalaman 10 meter dibawah permukaan tanah, dalam kondisi ini bisa menggunakan pondasi tiang apung.

- c. Bila tanah pendukung pondasi terletak pada kedalaman 20 meter dibawah permukaan tanah, maka pada kondisi ini apabila penurunannya diizinkan dapat menggunakan tiang geser dan apabila tidak boleh terjadi penurunannya, biasanya menggunakan tiang pancang, akan tetapi bila terdapat batu besar pada lapisan pemakaian caisson lebih menguntungkan.
- d. Bila tanah pendukung pondasi terletak pada kedalaman 30 meter dibawah permukaan tanah dapat menggunakan caisson terbuka, tiang baja atau tiang yang dicor ditempat, akan tetapi bila tekanan atmosfer yang bekerja kurang dari  $3 \text{ kg/cm}^2$  maka digunakan caisson tekanan.
- e. Apabila tanah pendukung pondasi terletak pada kedalaman sekitar 40 meter dibawah permukaan tanah, dalam kondisi ini maka menggunakan tiang baja dan tiang beton yang dicor ditempat (*Bowles J.E, 1993*).

### 2.3. Struktur Atas(*Upper structure*)

Struktur atas suatu gedung adalah seluruh bagian struktur gedung yang berada di atas muka tanah (SNI 2002). Struktur atas ini terdiri atas kolom, pelat, balok, dinding geser dan tangga, yang masing-masing mempunyai peran yang sangat penting. Masjid Wustha Payakumbuh terdiri dari 3 lantai, dalam pengerjaan skripsi ini penulis akan membahas struktur atas yang terdiri dari:

1. Kolom
2. Balok
3. Pelat lantai



## **2.3.1 Kolom**

### **2.3.1.1 Pengertian Kolom**

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)

Keruntuhan pada struktur kolom merupakan suatu hal yang harus diperhatikan baik secara ekonomis maupun dari segi keselamatan manusia/pengguna. Karena itu, didalam merencanakan kolom perlu perhatian khusus yaitu dengan memberikan faktor keamanan (*safety factor*) yang lebih besar daripada elemen struktur lainnya seperti balok dan pelat, terlebih lagi keruntuhan tekan yang terjadi pada kolom tidak memberikan peringatan awal yang cukup jelas.

### **2.3.1.2 Fungsi Kolom**

Fungsi kolom adalah sebagai penerus beban seluruh bangunan ke pondasi. Perumpamaannya, kolom diibaratkan sebagai rangka tubuh manusia yang berfungsi untuk memastikan semua komponen tubuh dapat berdiri. Kolom termasuk struktur utama untuk meneruskan berat bangunan dan beban lain seperti beban hidup (manusia dan barang-barang), serta beban hembusan angin. SK SNI T-15-1991-03 mendefinisikan kolom adalah komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menyangga beban aksial tekan vertikal dengan bagian tinggi yang tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil.

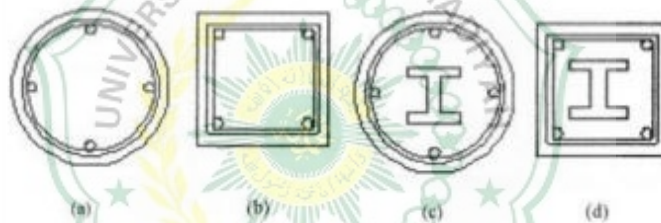
Kolom berfungsi sangat penting, agar bangunan tidak mudah roboh. Beban sebuah bangunan dimulai dari atap. Struktur atap akan meneruskan beban yang diterimanya ke kolom. Seluruh beban yang diterima kolom didistribusikan ke permukaan tanah di bawahnya. Struktur dalam kolom dibuat dari baja dan beton. Keduanya merupakan gabungan antara material yang tahan terhadap gaya tarik dan tekan. Baja adalah material yang tahan tarikan, sedangkan beton adalah material yang tahan tekanan. Gabungan kedua material ini dalam struktur beton

memungkinkan kolom atau bagian struktural lain seperti sloof dan balok dapat menahan gaya tekan dan gaya tarik pada bangunan.

### 2.3.1.3 Jenis – Jenis Kolom

Jenis kolom berdasarkan bentuk dan macam penulangannya dapat dibagi menjadi empat katagori yang diperlihatkan pada gambar 2.1. yaitu :

- a. Kolom bundar dengan tulangan memanjang dan sengkang yang berbentuk spiral.
- b. Kolom segi empat atau bujur sangkar dengan tulangan memanjang dan sengkang persegi.
- c. Kolom komposit spiral yaitu gabungan antara beton bertulang dan baja profil sebagai pengganti tulangan di dalamnya.
- d. Kolom komposit segi empat yaitu gabungan antara beton bertulang dan profil baja sebagai pengganti tulangan didalamnya.



Gambar 2.1. Macam kolom dan penulangannya

(a) Kolom bundar bertulangan spiral, (b) Kolom persegi bertulangan sengkang, (c) Kolom komposit spiral, (d) Kolom komposit segi empat

(Sumber: <https://www.slideshare.net/MiraPemayun/struktur-beton-bertulang/tgl.21-Mei-21>)

Kolom segi empat bersengkang merupakan jenis kolom yang paling banyak digunakan karena murah dan mudah dalam pembuatannya. Walaupun demikian kolom bundar dengan penulangan spiral terkadang digunakan juga, terutama untuk kolom yang memerlukan daktilitas cukup tinggi untuk daerah rawan gempa.

## **2.3.2. Balok**

### **2.3.2.1 Pengertian Balok**

Balok 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.

### **2.3.2.2 Fungsi Balok**

Fungsi balok antara lain :

1. Meneruskan beban dinding ke kolom
2. Sebagai pengikat kolom
3. Menambah kekuatan lentur pada pelat
4. Menambah kekuatan horizontal pada struktur

### **2.3.2.3 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 teritisasi 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 kontinu 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.

### 2.3.3. Pelat lantai

#### 2.3.3.1 Pengertian Pelat Lantai

Pelat lantai adalah lantai yang tidak terletak di atas tanah langsung, merupakan lantai tingkat pembatas antara tingkat yang satu dengan tingkat yang lain. Pelat lantai didukung oleh balok-balok yang bertumpu pada kolom-kolom bangunan. Ketebalan pelat lantai ditentukan oleh :

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

Pelat lantai direncanakan kaku, rata, lurus dan *waterpass* (mempunyai ketinggian yang sama dan tidak miring), pelat lantai dapat diberi sedikit kemiringan untuk kepentingan aliran air.

Pelat lantai merupakan suatu struktur solid tiga dimensi dengan bidang permukaan yang lurus, datar dan ketebalnya jauh lebih kecil dibandingkan dengan dimensinya yang lain. Struktur pelat dapat 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.

Material yang digunakan pada pelat lantai adalah 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 diijinkan.

### 2.3.3.2 Fungsi Pelat Lantai

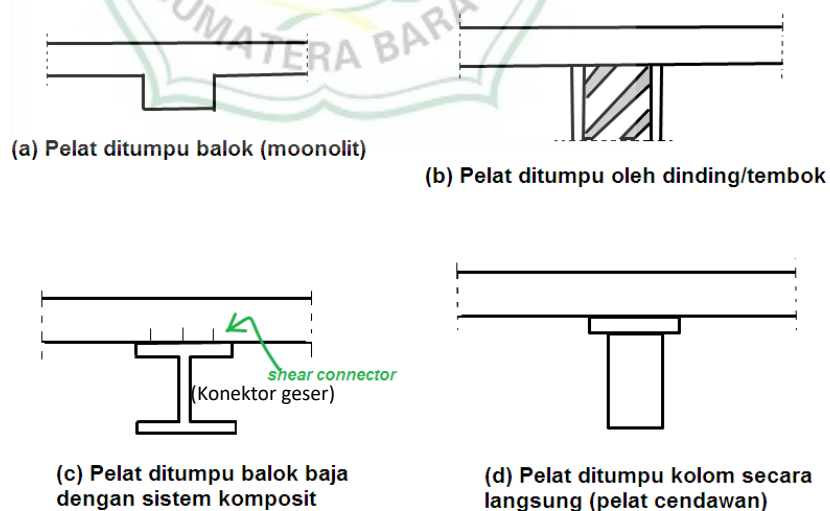
Adapun fungsi pelat lantai adalah sebagai berikut :

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

### 2.3.3.3 Jenis – jenis Pelat Lantai

Ada berbagai jenis Pelat lantai berdasarkan tumpuannya, perletakkannya dan system penulangannya. Jenis – jenis Pelat lantai berdasarkan tumpuannya seperti yang dijelaskan pada gambar 2.2 berikut:

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



Gambar 2.2 Jenis Pelat berdasarkan tumpuan

(Sumber: SNI 2847:2013)

Jenis – jenis Pelat lantai berdasarkan perletakannya adalah yang terdapat pada gambar 2.3 :

1. Terletak bebas

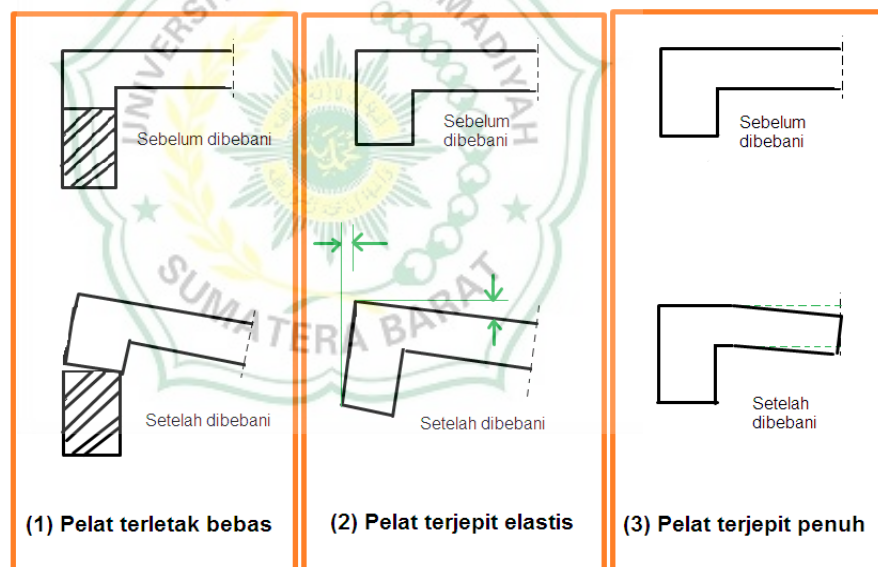
Jika pelat diletakan begitu saja diatas balok, atau antara pelat dan balok tidak dicor bersama-sama sehingga pelat dapat berotasi bebas pada tumpuan tersebut.

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.



Gambar 2.3 Jenis Pelat berdasarkan perletakannya

(Sumber: SNI 2847 : 2013)

Jenis – jenis Pelat lantai berdasarkan system penulangannya sesuai yang dijelaskan pada gambar 2.4 seperti berikut:

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

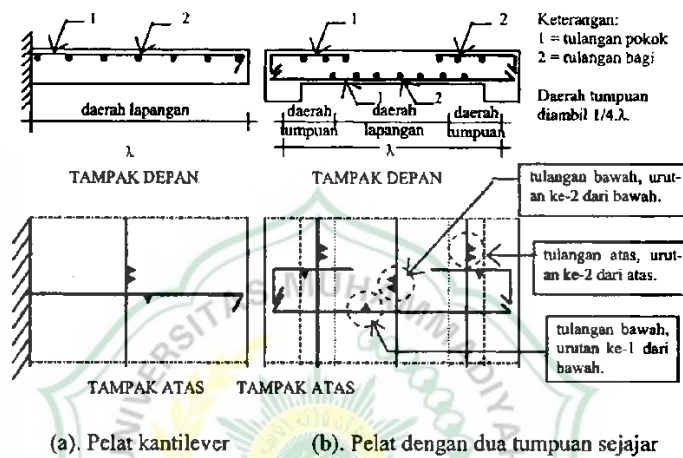
Konstruksi pelat satu arah dengan tulangan pokok satu arah ini dijumpai jika Pelat beton lebih dominan menahan beban yang



berupa momen lentur padabentang 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 sitem penulangan Pelat yang di pakai adalah pelat dua arah ini.



(a). Pelat kantilever (b). Pelat dengan dua tumpuan sejajar  
Gambar 2.4 Jenis Pelat berdasarkan penulangannya  
(Sumber: SNI 2847 :2013)

2.4 Material

Pada umumnya untuk gedung seperti masjid, material yang di pakai dalam konstruksinya terdiri dari beton dan baja saja.

2.4.1. 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 (halus dan kasar)

Bahan-bahan 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).

#### **2.4.1.1 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 dan rangkak.
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 mengalami keretakan.
15. Tulangan baja yang ditanamkan dalam beton akan meningkatkan kekuatan tariknya.

Sumber : Kardiyono Tjokrodimuljo, 1992, Teknologi Beton, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Gajah Mada

### 2.4.1.2 Mutu Beton

Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasikan mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi kekuatan struktur dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan (Mulyono, 2004).

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

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

Keterangan:  $f'_c$  = kuat tekan beton (MPa)

A = luas bidang desak benda uji ( $mm^2$ )

P = beban tekan (N)

Tabel 2.1. Mutu Beton

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

### 2.4.2. Baja Tulangan

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

#### 2.4.2.1 Sifat Fisik Baja Tulangan

Sifat fisik batang tulangan baja yang penting untuk digunakan dalam perhitungan perencanaan beton bertulang adalah tegangan leleh ( $f_y$ ) dan modulus elastisitas ( $E_s$ ). Tegangan leleh baja ditentukan melalui prosedur pengujian standar sesuai SII 0136-84. Tegangan leleh adalah



tegangan baja pada saat mana meningkatnya tegangan, tidak disertai lagi dengan peningkatan regangannya.

Modulus elastisitas baja ditentukan berdasarkan kemiringan awal kurva tegangan – regangan di daerah elastis. Ketentuan SNI 03-2846-2002 menetapkan nilai  $E_s = 200.000 \text{ MPa}$ .

Baja tulangan untuk konstruksi beton bertulang ada bermacam macam jenis dan mutu tergantung dari pabrik yang membuatnya. Ada dua jenis baja tulangan, tulangan polos (*Plain bar*) dan tulangan ulir (*Deformed bar*). Sebagian besar baja tulangan yang ada di Indonesia berupa tulangan polos untuk baja lunak dan tulangan ulir untuk baja keras.

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

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

Tabel 2.2. Mutu Baja

Simbol Mutu	Tegangan Leleh Minimum (kN/cm <sup>2</sup> )	Kekuatan tarik Minimum (kN/cm <sup>2</sup> )	Perpanjangan Minimum (%)
BJTP – 24	24	39	24
BJTP – 30	30	45	20
BJTD – 30	30	45	20
BJTD – 35	35	50	20
BJTD - 40	40	57	16

Sumber : SNI 2052-2014

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

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  $2400\text{kg/cm}^2$  ( 240 MPa )

Secara umum berdasarkan SNI 03-2847-2002 tentang Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung, baja tulangan yang digunakan harus tulangan ulir. Baja polos diperkenankan untuk tulangan spiral atau tendon. Di samping mutu baja beton BJTP 24 dan BJTD 40 seperti yang ditabelkan itu, mutu baja yang lain dapat juga spesial dipesan (misalnya BJTP 30). Tetapi perlu juga diingat, bahwa waktu didapatnya lebih lama dan harganya jauh lebih mahal. Guna menghindari kesalahan pada saat pemasangan, lokasi penyimpanan baja yang spesial dipesan itu perlu dipisahkan dari baja Bj.Tp 24 dan Bj.Td 40 yang umum dipakai. Sifat-sifat fisik baja beton dapat ditentukan melalui pengujian tarik. Sifat fisik tersebut adalah: kuat tarik ( $f_y$ ), batas luluh/leleh, regangan pada beban maksimal, modulus elastisitas/ konstanta material ( $E_s$ ).

#### **2.4.2.2 Tulangan Polos**

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

Tabel 2.3. Baja Tulangan Polos

Diameter ( mm )	Berat ( kg / m)	Luas penampang ( cm <sup>2</sup> )
6	0,222	0,282
8	0,395	0,502
10	0,617	0,785
12	0,888	1,131
16	1,578	2,011

Sumber : SNI 2052-2014

### 2.4.2.3 Tulangan Ulir

Tabel 2.4. Baja Tulangan Ulir

Diameter ( mm )	Berat ( kg / m)	Keliling ( cm )	Luas penampang ( cm <sup>2</sup> )
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 2052-2014

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 tulangnya.

## 2.5 Pembebanan

Pembebanan dapat berasal 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 pembebanan.

### 2.5.1 Beban Mati (*Dead Load*)

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

Tabel 2.5. Berat bahan bangunan

Bahan Bangunan	Kg/m <sup>3</sup>
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
Bahan Bangunan	Kg/m <sup>3</sup>
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 : SNI 2052-2014



Tabel 2.6 berat komponen bangunan

Komponen Gedung	Kg/m <sup>2</sup>
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 <sup>2</sup>	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 : SNI 2052-2014

### 2.5.2 Beban Hidup (*Live Load*)

Beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna bangunan termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat dipindahkan, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut. Khusus pada atap kedalaman beban hidup dapat termasuk beban yang berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun tekanan jatuh (energi kinetik) butiran air.

Tabel 2.7. Beban hidup pada lantai gedung

	Jenis	Kg/m <sup>2</sup>
a.	Lantai dan tangga rumah tinggal kecuali yang disebut dalam b	200
b.	Lantai dan tangga sederhana rumah tinggal dan gudang yang tidak penting yang bukan untuk toko, pabrik atau bengkel	125
c.	Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, toserba, restoran, hotel, rumah sakit	250
d.	Lantai ruang olahraga	400
e.	Lantai ruang dansa	500
f.	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
g.	Panggung penonton dengan tempat duduk tidak tetap atau untuk penonton berdiri	500
h.	Tangga, bordes tangga dan gang yang disebut dalam c	300
i.	Tangga, bordes tangga dan gang yang disebut dalam d,e,g	500
j.	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

k.	Lantai gedung parkir bertingkat - untuk lantai bawah - untuk lantai tingkat lainnya	800 400
l.	Balkon-balkon yang menjorok bebas keluar harus direncanakan terhadap beban hidup dari lantai ruang yang berbatasan, dengan minimum	300

Sumber : SNI 2052-2014

### 2.5.3 Beban Gempa (*Earthquake Load*)

Beban gempa adalah semua beban static ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari pergerakan tanah akibat gempa itu. Dalam hal pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan berdasarkan suatu analisa dinamik, maka yang diartikan dengan beban gempa di sini adalah gaya-gaya di dalam struktur tersebut yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa itu. Adalah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa (*PPIUG 1983*).



Gambar 2.5 Peta zona gempa pada wilayah Sumatera Barat  
Sumber : Asrurifak Workshop PRB Gempa ITS/ 19.10.2017

#### a. Waktu Getar Alami

Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental dari struktur gedung harus

dibatasi yang bergantung pada koefisien ( $\zeta$ ) untuk wilayah gempa tempat struktur gedung berada dan jumlah tingkatnya ( $n$ ) menurut persamaan:

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

Dimana:  $H$  = Jumlah tingkat gedung

#### b. Faktor Respon Gempa

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

$$C = \psi \times A_0 \times I$$

Dimana :

$C$  = Faktor Respon Gempa

$\psi$  = Koefisien  $\psi$  untuk menghitung faktor respons gempa vertikal  $C$

$A_0$  = nilai dari Percepatan Puncak Muka Tanah

$I$  = Faktor Keutamaan gedung

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

Untuk menentukan jenis tanah menggunakan Tabel Percepatan Puncak Batuan Dasar dan Percepatan Puncak Muka Tanah ( $A_0$ ) untuk masing-masing Wilayah Gempa Indonesia.



Tabel 2.8. Koefesien ( $\psi$ )

Wilayah Gempa	Koefesien ( $\psi$ )
1	0,5
2	0,5
3	0,5
4	0,6
5	0,7
6	0,8

Sumber: SNI – 1726 – 2012

Berdasarkan analisis *Hazard* kegempaan di Indonesia untuk perencanaan struktur bangunan tahan gempa, analisis kerentanan bangunan gedung pada wilayah rawan gempa surat edaran Menteri Pekerjaan Umum nomor: 12/SE/M/2010 tentang Pemberlakuan Peta Zonasi Gempa Indonesia.

339	SULAWESI TENGGARA	KAB. BUTON UTARA	4
340	SULAWESI TENGGARA	KOTA KENDARI	4
341	SUMATRA BARAT	KAB. LIMA PULUH KOTA	4
342	SUMATRA BARAT	KAB. PASAMAN BARAT	4
343	SUMATRA BARAT	KAB. SAWAHLUNTO SIJUNJUNG	4
344	SUMATRA BARAT	KAB. TANAH DATAR	4
345	SUMATRA BARAT	KOTA PAYAKUMBUH	4
346	SUMATRA BARAT	KOTA SAWAHLUNTO	4
347	SUMATRA SELATAN	KAB. EMPAT LAWANG	4
348	SUMATRA SELATAN	KAB. MUSI RAWAS	4

Gambar 2.6 Daftar Zona Gempa Sumatera Barat

Sumber : akademiasuransi 2013-01 daftar zona gempa Indonesia

Tabel 2.9. Percepatan Puncak Muka Tanah ( $A_0$ )

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

Sumber : SNI 1726-2012

**c. Faktor Keutamaan Gedung**

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

Tabel 2.10. Faktor Keutamaan Gedung ( $I$ )

Kategori Gedung	Faktor Keutamaan		
	$I_1$	$I_2$	$I_3$
Gedung umum seperti untuk perumahan, 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	1,4	1,0	1,4

bersih, pembangkit tenaga listrik, pusat penyelamatan dalam keadaan darurat, fasilitas radio dan televisi			
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

#### d. Faktor Reduksi

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

Tabel 2.11.Faktor Reduksi Beban Hidup Untuk Peninjauan Gempa

Penggunaan Gedung	Koefesien	
	Perencanaan Portal	Peninjauan Gempa
Perumahan/Penghunian: - Rumah tempat tinggal - Asrama - Hotel - Rumah Sakit	0,75	0,3
Pendidikan: - Sekolah - Ruang Kuliah	0,90	0,5
Pelayanan: - Kantor - Bank	0,60	0,30
Pertemuan Umum - Masjid - Gereja - Bioskop	0,90	0,50
Penyimpanan: - Gudang	0,80	0,80

- Perpustakaan - Ruang Arsip		
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	0,75 0,75 0,90	0,30 0,30 0,50

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

#### 2.5.4. Beban Hujan

Beban hujan merupakan beban yang harus dipikul oleh struktur gedung pada bagian atap ataupun dak beton. Beban Hujan merupakan beban air yang jauh langsung dari langit dan air yang mengalir dari atap tersebut sampai mencapai permukaan tanah, beban hujan yang terdapat pada SNI 1727:2013 adalah sebesar 20Kg/m

#### 2.5.5. Beban Angin

Beban angin merupakan jenis beban hidup yang ditanggung oleh struktur bangunan secara horizontal. Beban angin tidak selalu menghantam gedung, angin yang akan berpengaruh ke gedung adalah angin yang bertiup langsung ke arah gedung tersebut. Dalam SNI 1727:2013 beban angin adalah 25 Kg/m pada daerah yang jauh dari tepi pantai dan 40 Kg/m pada daerah tepi pantai.

#### 2.5.6. 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.

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.



## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Tinjauan Umum

Dalam Perencanaan ulang pembangunan Masjid Wustha Payakumbuh ini, penulis mengambil data dari dokumen perencanaan sebelumnya maupun data-data langsung dari lapangan.

#### 3.2 Studi Kasus Penelitian

Studi kasus penelitian ini adalah Masjid Wustha Kota Payakumbuh. Masjid yang di rencanakan ini terletak di jalan padang, parik rantang, Kota Payakumbuh,. Untuk denah lokasi pembangunan Masjid Wustha yang direncanakan kembali ini ditunjukkan pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Denah Lokasi Pembangunan

Sumber :*Google Maps*

### 3.3. Data Struktur

Adapun data-data struktur yang digunakan pada Pembangunan Masjid Wustha ini adalah sebagai berikut:

#### 1. Spesifikasi Bangunan

- Nama Bangunan : Masjid Wustha.
- Luas Bangunan :  $\pm 378 \text{ M}^2$ .
- Jumlah Tingkat : 3 lantai
- Bentuk Bangunan : Persegi panjang.
- Kegunaan Bangunan : Tempat Ibadah.

#### 2. Spesifikasi Bahan & Dimensi Struktur

Bahan struktur dan mutu bahan yang dipakai dalam perencanaan struktur gedung ini adalah :

##### a. Struktur Bawah (*Lower Structure*)

Pondasi yang digunakan adalah pondasi sumuran

##### b. Struktur Atas (*Upper Structure*)

Bahan struktur atas yang dipakai pada gedung ini adalah dari beton bertulang.

##### c. Mutu beton yang dipakai dalam perencanaan adalah $f'_c$ 24.90 Mpa, (K.300).

##### d. Mutu baja tulangan yang dipakai adalah

1. Tulangan polos, menggunakan mutu baja dengan  $f_y$  240 Mpa.
2. Tulangan deform/ulir, menggunakan  $f_y$  400 Mpa.

##### e. Modulus Elastisitas bahan:

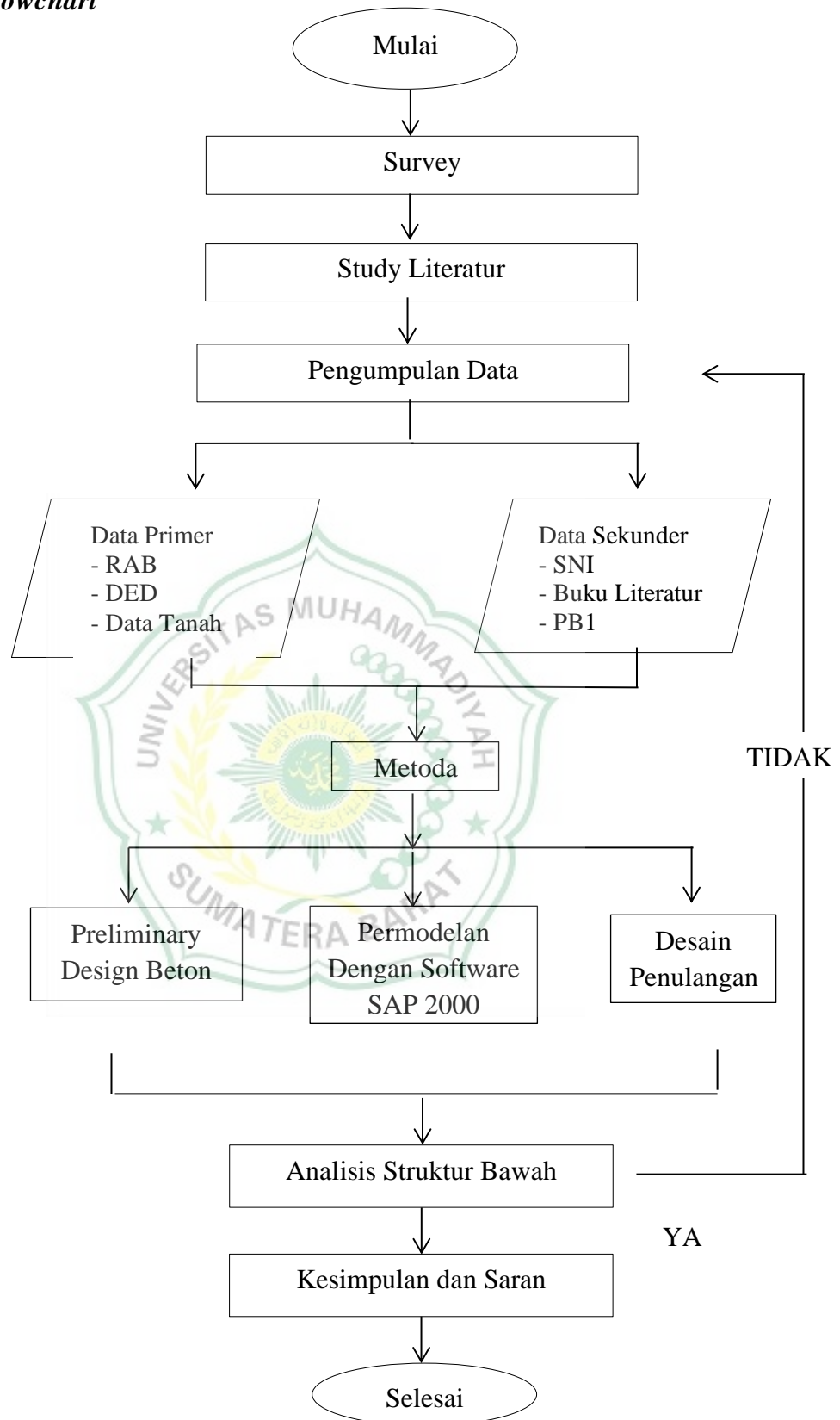
Beton :  $E_c = 4700\sqrt{f'_c} \text{ Mpa} = 23.500 \text{ Mpa}$

Baja : 200.000 Mpa

### 3.4 Data Gambar

Gambar perencanaan (Arsitektur&Struktur) dapat dilihat pada **lampiran**, terdiri dari gambar denah masing-masing lantai, tampak, potongan dan detail lainnya

### 3.5 Flowchart





## BAB IV

### PERHITUNGAN STRUKTUR

#### 4.1. Pembahasan

Analisis konstruksi gedung ini dilakukan dengan menggunakan permodelan struktur 3D dengan bantuan *software* SAP2000. Kolom, balok dari struktur gedung dimodelkan sebagai elemen *frame* sedangkan pelat lantai dimodelkan sebagai elemen *shell*.

Alasan penulis memakai bantuan *software* SAP2000 ini mengacu kepada beberapa jurnal yang telah ditulis oleh para ahli struktur sebagai berikut :

**a. Wiryanto Dewobroto (2013) dalam Jurnal Metoda Cross dan SAP2000, teliti mana?**

“Program SAP2000 disusun memakai metode elemen yang secara otomatis memperhitungkan deformasi aksial dan deformasi geser dalam analisisnya”.

**b. Fakhri Hamdi (2016) dalam Jurnal Analisis dan Evaluasi Struktur Atas Gedung Fakultas Ekonomi dan Manajemen IPB Terhadap Faktor GeMPa Berdasarkan SNI 1727:2013**

“SAP2000 merupakan salah satu program analisis struktur yang lengkap namun sangat mudah untuk dioperasikan, SAP2000 tidak membatasi kapasitas analisis sehingga dapat diaplikasikan untuk bentuk paling kompleks sekalipun”.

Oleh karena itu penulis lebih memilih untuk menggunakan bantuan program SAP2000 dalam perencanaan ulang pembangunan Masjid Wustha Payakumbuh tersebut. Untuk analisis terhadap beban geMPa, struktur gedung dimodelkan sebagai struktur bangunan geser (*shear building*), dimana lantai-lantai dari bangunan dianggap sebagai diafragma kaku. Dengan model ini, massa-massa dari setiap bangunan dipusatkan pada titik berat lantai (model massa terpusat / *lump mass model*).

Dari hasil analisis struktur, akan diperoleh besarnya reaksi perletakan untuk proses perhitungan struktur bawah (pondasi sumuran), selain itu dari hasil analisis struktur juga akan diperoleh besarnya tegangan dan gaya-gaya dalam yang terjadi pada elemen *shell* yang akan digunakan untuk mendesain tulangan pelat lantai, dan reaksi desain ditampilkan dengan bantuan *software* SAP2000.

#### 4.2. Kriteria Desain

Untuk perhitungan struktur digunakan kriteria desain untuk material beton bertulang dengan parameter-parameter perencanaan sebagai berikut :

1. Berat jenis beton bertulang : 2400 kg/m<sup>3</sup>
2. Modulus elastisitas beton :  $4700\sqrt{f_c'}(24,9)$  MPa
3. Angka Poisson beton : 0,20
4. Angka Poisson baja : 0,30
5. Mutu beton : K-300 ( $f_c' = 24,9$  MPa)
6. Mutu tulangan baja : Tulangan Ulir ( $F_y = 400$  MPa) Tulangan Polos ( $F_y = 240$  MPa)

#### 4.3. Analisa Struktur

##### 4.3.1. Beban Mati (*Dead Load*)

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

Selain berat sendiri elemen struktural, pada beban mati juga terdapat beban lain yang berasal dari elemen arsitektural bangunan, yaitu :

- a. Beban lantai (spesi + keramik) : 45 kg/m<sup>2</sup>
- b. Beban plafond : 20 kg/m<sup>2</sup>
- c. Beban dinding (batu bata) : 250 kg/m<sup>2</sup>

#### 4.3.2. Beban Hidup (*Live Load*)

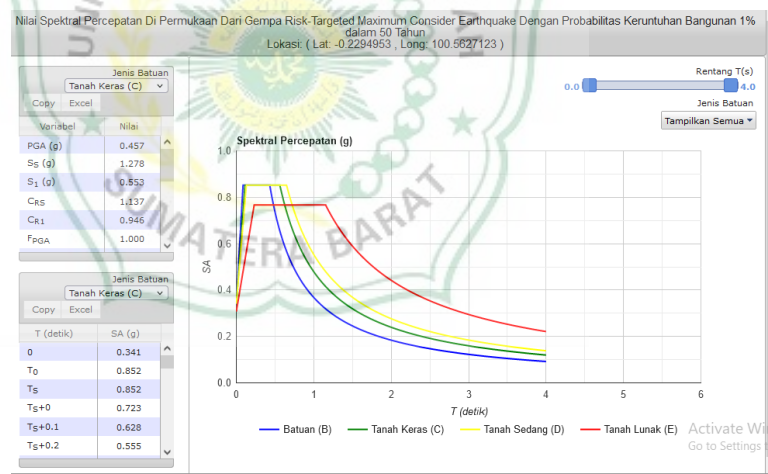
Beban hidup pada lantai Masjid diambil sebesar  $400 \text{ kg/m}^2$ , karna Masjid ini adalah tipe gedung pertemuan, sesuai dengan standar Tata Cara Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah Dan Gedung 1987, terhadap beban gedung sesuai dengan fungsionalnya.

Beban hidup pada lantai Gedung, sesuai (SNI-1727-2013 & PPIURG 1987)

- a. Masjid :  $400 \text{ kg/m}^2$
- b. Toilet / WC :  $200 \text{ kg/m}^2$

#### 4.3.3. Beban GeMPa (*Earth Quake Load*)

Analisis struktur terhadap beban gempa mengacu pada Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung (SNI 03-1726.2002). Analisis struktur terhadap beban gempa pada gedung dilakukan dengan Metode Analisis Dinamik Spektrum Respon.



Gambar 4.1 Grafik Spektrum Payakumbuh (tanah keras 'C')

Sumber: [puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain\\_spektra\\_indonesia\\_2021](http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2021).

#### 4.3.4. Beban Hujan (*Rain Load*)

Analisis struktur terhadap beban hujan mengacu pada Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur lain (SNI 1727:2013). Setiap bagian dari suatu atap harus dirancang mampu menahan beban dari semua air hujan yang terkumpul,

apabila system drainase primer untuk bagian tersebut tertutup ditambah beban merata yang disebabkan oleh kenaikan air di atas lubang masuk system drainase sekunder pada aliran rencananya.

Dimana :  $R=5,2(d_s+d_h)$  (8.3-1)

Dalam SI :  $R=0,0098(d_s+d_h)$

Pada perencanaan ulang pembangunan Masjid Wustha Payakumbuh ini penulis mengasumsikan beban hujan sebesar 20Kg/m.

#### 4.3.5. Beban Angin (*Wind Load*)

Penentuan beban angin terhadap struktur bangunan Masjid Wustha Payakumbuh ini mengacu kepada Analisa Pembebanan (SNI 1727:2013), dimana ketentuan untuk beban angin pada daerah perkotaan / daratan yang jauh dari pinggir pantai adalah 25 Kg/m dan pada daerah pinggir pantai 40Kg/m. Masjid Wustha Payakumbuh ini dibangun di tengah kota yang jauh dari pinggir pantai, maka penulis mengambil kesimpulan bahwa beban angin yang akan diterima oleh gedung tersebut sebesar 25Kg/m.

#### 4.4. Desain Pendahuluan (*Preliminary Design*)

##### 4.4.1. Balok Induk (*Main Beam*)

Tabel 4.1 Prelim balok Induk, beberapa data yang akan dimasukkan

No.	Input Data	Simbol	Panjang	Satuan
1	Panjang Balok	L1	7000	mm
		L2	5000	mm
		L3	-	mm
	Balok Terpanjang	Lpj	7000	mm
	Balok Terpendek	Lpd	5000	mm
2	Tinggi Kolom	H1	4000	mm
		H2	6000	mm
		H3	4000	mm
3	Mutu Beton	K	300	Kg/cm <sup>2</sup>



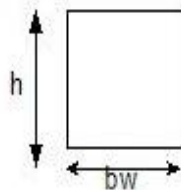
4	Mutu Baja	Fy	400	MPa
---	-----------	----	-----	-----

Sumber : Preliminary Design Balok

### Perencanaan Dimensi Balok

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

#### 1. Tinggi Balok (h)



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

Tabel 4.2 Standar tebal minimum struktur balok dan pelat,

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

**CATATAN:**  
 Panjang bentang dalam mm.  
 Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan tulangan Mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasi sebagai berikut:  
 (a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (*equilibrium density*),  $w_c$ , di antara 1440 sampai 1840 kg/m<sup>3</sup>, 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  $(0,4 + f_y/700)$ .

a. Balok Induk :

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

$$h \geq 437,5 \text{ mm}$$

Nilai ini berlaku untuk  
Fy = 420 MPa

Untuk Fy selain 420 MPa, maka :

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

$$h \geq 425 \text{ mm}$$

Maka diambil nilai **h = 600 mm**

#### 2. Lebar Badan Balok (bw)

a. Balok Induk :

$$\frac{1}{2} h \leq bw \leq \frac{2}{3} h$$

dimana,  $\frac{1}{2} h = 300$

$\frac{2}{3} h = 400 \text{ mm}$

$$300 \leq bw \leq 400 \text{ mm}$$

Maka,  **$bw = 400$**

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

b. Gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur Pu, tidak boleh melebihi  **$Ag.Fc'/10$**

c. Bentang bersih untuk komponen struktur, Ln tidak boleh kurang dari 4 kali tinggi efektif

$$Ln \geq 4d$$

$$6600 \geq 2240 \quad \dots\dots\dots \text{Ok !!}$$

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

1)  $bw / h \geq 0,3$

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

2)  $bw \geq 250 \text{ mm}$

$$400 \geq 250 \quad \dots\dots\dots \text{Ok !!}$$

e. Lebar komponen struktur bw , tidak boleh melebihi lebar komponen struktur penumpu, c2, ditambah suatu jarak pada masing-masing sisi komponen struktur penumpu yang sama dengan yang lebih kecil dari a dan b :

1) Lebar komponen struktur penumpu c2, dan

2) 0.75 kali dimensi keseluruhan komponen struktur penumpu , c1

$$bw \leq 2.c2$$

$$400 \leq 800 \quad \dots\dots\dots \text{Ok !!}$$

$$bw \leq c2 + \frac{3}{4} c1$$

$$400 \leq 700 \dots\dots\dots \text{Ok !!}$$

Maka dimensi balok yang digunakan dalam permodelan adalah,

<b>Balok Induk : (600 x 400) mm</b>
-------------------------------------

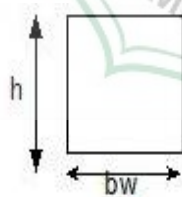
**4.4.2. Balok Anak 1 (Secondary Beam 1)**

Tabel 4.3 Prelim balok anak 1, beberapa data yang akan dimasukkan

No.	Input Data	Simbol	Panjang	Satuan
1	Panjang Balok	L1	5000	mm
		L2	5000	mm
		L3	-	mm
	Balok Terpanjang	Lpj	5000	mm
	Balok Terpendek	Lpd	5000	mm
2	Tinggi Kolom	H1	4000	mm
		H2	6000	mm
		H3	4000	mm
3	Mutu Beton	K	300	Kg/cm <sup>2</sup>
4	Mutu Baja	Fy	400	MPa

Sumber : Preliminary Design Balok

**1. Tinggi Balok (h)**



a. Balok Anak 1 :

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

$$h \geq 312,5 \text{ mm}$$

Nilai ini berlaku untuk $F_y = 420 \text{ MPa}$
--

Untuk  $F_y$  selain 420 MPa, maka :

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

$$h \geq 303,5714 \text{ mm}$$

Maka diambil nilai  $h = 500 \text{ mm}$

## 2. Lebar Badan Balok (bw)

a. Balok Anak 1 :

$$\frac{1}{2} h \leq bw \leq \frac{2}{3} h$$

dimana,  $\frac{1}{2} h = 250$

$$\frac{2}{3} h = 333,33333 \text{ mm}$$

$$250 \leq bw \leq 333,33333 \text{ mm}$$

Maka,  $bw = 300$

b. Gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur Pu, tidak boleh melebihi  $A_g F_c' / 10$

c. Bentang bersih untuk komponen struktur, Ln tidak boleh kurang dari 4 kali tinggi efektif

$$L_n \geq 4d$$

$$4700 \geq 1840 \quad \dots\dots\dots \text{Ok !!}$$

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

$$1) bw / h \geq 0,3$$

$$0,600 \geq 0,3 \quad \dots\dots\dots \text{Ok !!}$$

$$2) bw \geq 250 \text{ mm}$$

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

e. 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 :

1) Lebar komponen struktur penumpu  $c_2$ , dan

2) 0.75 kali dimensi keseluruhan komponen struktur penumpu,  $c_1$

$$bw \leq 2.c_2$$

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

$$b_w \leq c_2 + \frac{3}{4} c_1$$

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

Maka dimensi balok yang digunakan dalam permodelan adalah, **Balok Anak 1: (500 x 300) mm**

#### 4.4.3. Pelat Lantai (floor plates)

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

$$b_w = 0,4 \text{ m}$$

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

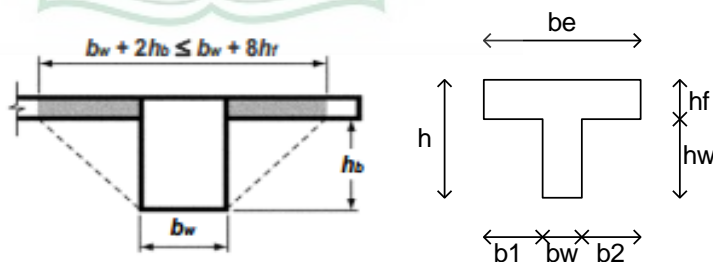
$$\text{diambil, } h_f = 120 \text{ mm}$$

$$f_y = 240 \text{ MPa}$$

<b>Panjang Balok</b>	
L1	7000 mm
L2	5000 mm
Lpj	7000 mm
Lpd	5000 mm

#### 1. Perencanaan Dimensi Pelat Balok

- a. Untuk balok yang berada ditengah konstruksi



Gambar 4.2 Dimensi pelat lantai

Sumber : SNI 2847:2013

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

Lebar sayap ;

$$\mathbf{b_e = b_w + b_1 + b_2}$$



Aturan 1:

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

a.  $hw = h - hf$   
 $= 600 - 120$   
 $= 480 \text{ mm}$

b.  $h1 = hw ; b1 = 480 \text{ mm}$  .....sesuai aturan 1

c.  $b2 = b1 ; b2 = 480 \text{ mm}$

d.  $be = bw + b1 + b2$

**$be = 1360 \text{ mm}$**

Cek :

a. Panjang bentang bersih balok adalah :

$Ln = L_{balok} - bw$   
 $Ln = 5600 \text{ mm}$   
 $Ln = 5,6 \text{ m}$

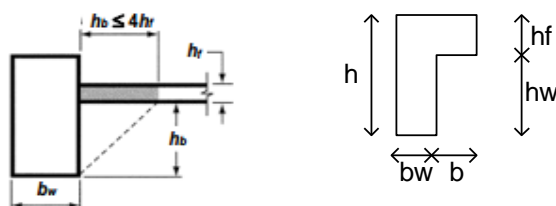
Bedasarkan SNI 2847:2013 b..utir 8.12.2 halaman 63

$Be \leq \frac{1}{4} Lpj ; \frac{1}{4} Lpj = 1750 \text{ mm}$   
 $1360 \leq 1750 \text{ mm}$  ..... **OK !!**

$B1,b2 \leq 8hf ; 8hf = 960 \text{ mm}$   
 $480 \leq 960 \text{ mm}$  .....**OK !!**

$b1,b2 \leq \frac{1}{2} Ln ; \frac{1}{2} Ln = 2800 \text{ mm}$   
 $480 \leq 2800 \text{ mm}$  .....**OK !!**

b. Untuk balok yang berada ditepi konstruksi



Gambar 4.3 tipe perhitungan balok yang berada di tepi konstruksi

Sumber : SNI 2847:2013

Berdasarkan SNI 2847 2013 butir 8.12.3 halaman 63,

$$be = bw + bl = 880 \text{ mm}$$

$$hw = h - hf = 480 \text{ mm}$$

**Cek :**

Berdasarkan SNI 2847 2013 butir 8.12.3 halaman 63

$$hw \leq 1/12 L_{pj} \quad ; \quad 1/12 L_{pj} = 583,33 \text{ mm}$$

$$480 \leq 583,33 \text{ mm} \quad \dots\dots\dots \text{OK !!}$$

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

$$480 \leq 720 \text{ mm} \quad \dots\dots\dots \text{OK !!}$$

$$hw \leq 1/2 L_n \quad ; \quad 1/2 L_n = 2800 \text{ mm}$$

$$480 \leq 2800 \text{ mm} \quad \dots\dots\dots \text{OK !!}$$

**2. Cek Tebal Pelat**

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

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

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

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

Jika,  $\alpha_m < 2$ , maka ;  $hf \geq 90 \text{ mm}$

Keterangan :

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

$h_f$  = panjang bentang terpanjang dikurang dengan lebar balok

$\beta$  = perbandingan antara bentang bersih dari sisi terpanjang dengan bentang bersih terpendek

$\alpha_m$  = nilai rata-rata dari kekakuan balok

$\alpha$  =  $l_{bp} / l_p$  ; dimana :  $l_{bp}$  = inersia balok

$l_p$  = inersia pelat

$\alpha$ .....Kekakuan pelat

Pembagian nilainya berdasarkan panjang bentang balok.

### a. Menentukan Momen Inersia Balok Pelat ( $l_{bp}$ )

1) Untuk balok yang berada ditengah konstruksi

a)  $be = 1,36 \text{ m}$

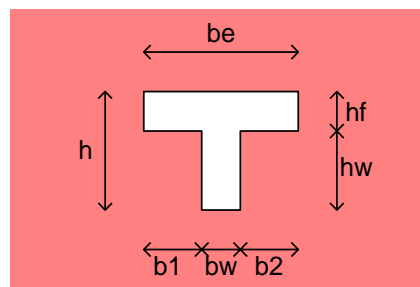
$be = 1360 \text{ mm}$

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

$hf = 120 \text{ mm}$

c)  $hw = 0,48 \text{ m}$

$hw = 480 \text{ mm}$



Gambar 4.4 penampang pelat

d)  $A_1 = hw \cdot bw$        $A_1 = 192000 \text{ mm}^2$

e)  $A_2 = hf \cdot be$        $A_2 = 163200 \text{ mm}^2$

### Titik Berat

titik berat

$$y := \frac{\left( A_1 \cdot \frac{1}{2} \cdot hw \right) + \left[ A_2 \cdot \left( \frac{hf}{2} + hw \right) \right]}{(A_1) + (A_2)}$$

$$\begin{aligned} \text{a) } A_1 \cdot \frac{1}{2} \cdot hw &= 46080000 \dots \quad \text{a} \\ A_2(hf/2+hw) &= 88128000 \dots \quad \text{b} \\ A_1+A_2 &= 355200 \dots \quad \text{c} \\ \text{Jadi, } y=(a+b)/c &= 377,8378 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\mathbf{0,377838 \text{ m}}$$

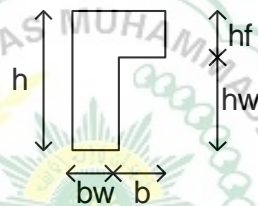
$$\begin{aligned} \text{b) } I_{x1} &= (1/12 \cdot bw \cdot hw^3) = 3686400000 \text{ mm}^4 \\ y_1 &= \frac{1}{2} h \cdot w = 240 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c) } I_{x2} &= (1/12 \cdot be \cdot hf^3) = 195840000 \text{ mm}^4 \\ y_2 &= (1/2 \cdot hf) + hw = 540 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d) } I_{bp1} &= I_{x1} + (A_1 \cdot (y-y_1)^2) + I_{x2} + (A_2 \cdot (y_2-y)^2) \\ &= \mathbf{11821699459 \text{ mm}^4} \end{aligned}$$

2) Untuk balok yang berada di tepi konstruksi

$$be_1 = 830 \text{ mm}$$



$$\text{a) } A_1 = hw \cdot bw \quad A_1 = 192000 \text{ mm}^2$$

$$\text{b) } A_2 = hf \cdot be_1 \quad A_2 = 105600 \text{ mm}^2$$

**Titik Berat**

titik berat

$$y = \frac{\left( A_1 \cdot \frac{1}{2} \cdot hw \right) + \left[ A_2 \cdot \left( \frac{hf}{2} + hw \right) \right]}{(A_1) + (A_2)}$$

$$\begin{aligned} \text{a) } A_1 \cdot \frac{1}{2} \cdot hw &= 46080000 \dots \quad \text{a} \\ A_2(hf/2+hw) &= 57024000 \dots \quad \text{b} \\ A_1+A_2 &= 297600 \dots \quad \text{c} \\ \text{Jadi, } y=(a+b)/c &= 346,4516 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\mathbf{= 0,3464516 \text{ m}}$$

$$\begin{aligned} \text{b) } I_{x1} &= (1/12 \cdot bw \cdot hw^3) = 3686400000 \text{ mm}^4 \\ y_1 &= \frac{1}{2} h \cdot w = 240 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c) } I_{x2} &= (1/12 \cdot be \cdot hf^3) = 126720000 \text{ mm}^4 \\ y_2 &= (1/2 \cdot hf) + hw = 540 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$d) I_{p2} = I_{x1} + (A1 \cdot (y-y1)^2) + I_{x2} + (A2 \cdot (y2-y)^2) \\ = 9944732903 \text{ mm}^4$$

**b. Menentukan Inersia Pelat**

1) Untuk balok yang berada di tepi konstruksi

a)  $I_{p1} = 1/12(bw/2+L1/2) \cdot hf^3 = 532800000 \text{ mm}^4$

$\alpha_1 = I_{p2}/I_{p1} = 18,6650392$

b)  $I_{p2} = 1/12(bw/2+L2/2) \cdot hf^3 = 38800000 \text{ mm}^4$

$\alpha_2 = I_{p2}/I_{p2} = 25,5780167$

2) Untuk balok yang berada di tengah konstruksi

a)  $I_{p3} = 1/12(L1/2+L1/2) \cdot hf^3 = 1008000000 \text{ mm}^4$

$\alpha_3 = I_{p1}/I_{p3} = 11,7278764$

b)  $I_{p4} = 1/12(L2/2+L2/2) \cdot hf^3 = 720000000 \text{ mm}^4$

$\alpha_4 = I_{p1}/I_{p4} = 16,419027$

$\alpha = (\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4)/4 = 18,0974899$

$\beta = (L_{pj} - bw)/(L_{pd} - bw) = 1,43478261$

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

Digunakan rumus:

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

Jika,  $\alpha < 2$  maka ;  $hf \geq 90 \text{ mm}$

Digunakan rumus:

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

Untuk  $\alpha$  lebih besar dari 2.0, ketebalan pelat minimum harus memenuhi

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

.....Dalam m

Dan tidak boleh kurang dari 90 mm



$$111,218 \text{ mm} \leq hf = 120 \text{ mm} \dots\dots\dots\text{OK !!}$$

Maka tebal pelat yang digunakan dalam permodelan adalah

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

#### 4.4.4. Kolom (*Caloum*)

Perhitungan kolom sebaiknya dimulai dari lantai paling atas, karna momen / beban yang telah dihitung pada lantai atas akan diteruskan pada kolom struktur yang berada dibawahnya, saMPai seterusnya ke lantai paling bawah.

##### 4.4.4.1. Kolom Induk

###### 1. Lantai 3

Data yang diperoleh :

- a. Tebal Pelat : 0,12 m'
- b. Luas Pelat : 35,0 m<sup>2</sup>
- c. Dimensi Balok (h) : 0,60 m'  
(b) : 0,40 m'
- d. Panjang Balok : 7.0 m'
- e. Dimensi Kolom (h) : 0,60 m'  
(b) : 0,60 m'
- f. Tinggi Kolom : 4,00 m'

Tabel 4.5 Perhitungan dimensi struktur kolom lantai 3 dengan beban mati dan beban hidup.

Jenis Beban	Tebal	Tinggi	Lebar	Panjang	Luas	Beban			Berat	Kombinasi Pembebanan	
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m <sup>2</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>2</sup> )	(kg/m)	(kg)		
<b>A. Mati</b>											
a.	Beban Dak Beton	0,12				35,00	2400			10080,00	
b.	Balok B1 60x40		0,6	0,4	7		2400			4032,00	
c.	Balok B2 50x30		0,5	0,3	5		2400			1800,00	
d.	Beban Spesi	0,02				35,00		21		14,70	
e.	Beban Dinding		3,4		5			250		4250,00	
f.	Plafond					35,00		20		700,00	
g.	Waterproofing					35,00		13		455,00	
h.	MEP					35,00		30		1050,00	
i.	Kubah Masjid										
	a. Bahan Enamel	0,10	2,8		7		2400			4704	
j.	Menara Masjid										
	a. Kolom 20x30		0,20	0,30	9		2400			1296,00	
	b. Balok 20x30		0,20	0,30	7		2400			1008,00	
	c. Dinding bata		9,60		7			250		8400,00	
											37789,70
<b>B. Hidup</b>											
a.	Beban Hidup					35,00		100		3500,00	
b.	Beban Hujan					35,00		20		700,00	
c.	Beban Angin					35,00		25		875,00	
											8120,00
											Total
											42864,70
											45909,70
											Luas Kolom Rencana
											0,36
											0,36

Maka Diperoleh :

Gaya Berat (V)		88774,40	Kg
Luas Rencana Kolom (A)		360000	mm <sup>2</sup>
Fc'	K	300,00	Kg/cm <sup>2</sup>
	K	3,000	Kg/mm <sup>2</sup>
	S	2,490	Kg/mm <sup>2</sup>

Gaya berat / Luas	V/A	≤	Fc'
	0,2466	≤	0,747 .....OK !!

## 2. Lantai 2

Data yang diperoleh :

- a. Tebal Pelat : 0,12 m'
- b. Luas Pelat : 35,0 m<sup>2</sup>
- c. Dimensi Balok (h) : 0,60 m'  
(b) : 0,40 m'
- d. Panjang Balok : 7,0 m'
- e. Dimensi Kolom (h) : 0,60 m'  
(b) : 0,60 m'
- f. Tinggi Kolom : 6,00 m'

Tabel 4.6 Perhitungan dimensi struktur kolom lantai 2 dengan beban mati dan beban hidup.

Jenis Beban	Tebal	Tinggi	Lebar	Panjang	Luas	Beban			Berat	Kombinasi Pembebanan			
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m <sup>2</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>2</sup> )	(kg/m)	(kg)				
<b>C. Mati</b>													
a.	Beban Plat Lantai 3	0,12				35,00	2400			10080,00			
b.	Balok B1 60x40		0,6	0,4	7		2400			4032,00			
c.	Balok B2 50x30		0,5	0,3	5		2400			1800,00			
d.	Beban Kolom Lantai 3		4	0,6	0,6		2400			3456,00			
e.	Beban Spesi	0,02				35,00		21		14,70			
f.	Beban Dinding		5,4		7			250		9450,00			
g.	Plafond					35,00		20		700,00			
h.	Beban Keramik					35,00		24		840,00			
i.	MEP					35,00		30		1050,00			
											37707,24		
<b>D. Hidup</b>													
a.	Beban Hidup					35,00		400		14000,00			
b.	Beban Hujan					35,00		20		700,00			
c.	Beban Angin					35,00		25		875,00			
											24920,00		
											Total	46997,7	62627,24
											Luas Kolom Rencana	0,36	0,36

Maka Diperoleh :

Gaya Berat (V)		151401,64	Kg
Luas Rencana Kolom (A)		360000	mm <sup>2</sup>
Fc'	K	300,000	Kg/cm <sup>2</sup>
	K	3,000	Kg/mm <sup>2</sup>
	S	2,490	Kg/mm <sup>2</sup>

Gaya berat / Luas	$V/A \leq Fc'$	
	$0,42056 \leq 0,747 \dots\dots\dots OK !!$	

### 3. Lantai 1

Data yang diperoleh :

Data yang diperoleh :

- a. Tebal Pelat : 0,12 m'
- b. Luas Pelat : 35,0 m<sup>2</sup>
- c. Dimensi Balok (h) : 0,60 m'
- (b) : 0,40 m'
- d. Panjang Balok : 7,0 m'
- e. Dimensi Kolom (h) : 0,60 m'
- (b) : 0,60 m'
- f. Tinggi Kolom : 4,00 m'

Tabel 4.7 Perhitungan dimensi struktur lantai 1 dengan beban mati dan beban hidup.

Jenis Beban	Tebal	Tinggi	Lebar	Panjang	Luas	Beban			Berat	Kombinasi Pembebanan			
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m <sup>2</sup> )	(kg/m <sup>2</sup> )	(kg/m <sup>2</sup> )	(kg/m)	(kg)				
<b>E. Mati</b>													
a.	Beban Plat Lantai 2	0,12				35,00	2400			10080,00			
b.	Balok B1 60x40		0,6	0,4	7		2400			4032,00			
c.	Balok B2 50x30		0,5	0,3	5		2400			1800,00			
d.	Beban Kolom Lantai 2		6	0,6	0,6		2400			5184,00			
e.	Beban Spesi	0,02				35,00		21		14,70			
f.	Beban Dinding		5,4		7			250		9450,00			
g.	Plafond					35,00		20		700,00			
h.	Beban Keramik					35,00		24		840,00			
i.	MEP					35,00		30		1050,00			
											35580,84		
<b>F. Hidup</b>													
a.	Beban Hidup					35,00		400		14000,00			
b.	Beban Hujan					35,00		20		700,00			
c.	Beban Angin					35,00		25		875,00			
											24920,00		
											Total	45225,7	60500,84
											Luas Kolom Rencana	0,36	0,36

Maka Diperoleh :

Gaya Berat (V)		211902,48	Kg
Luas Rencana Kolom (A)		360000	mm <sup>2</sup>
Fc'	K	300,000	Kg/cm <sup>2</sup>
	K	3,000	Kg/mm <sup>2</sup>
	S	2,490	Kg/mm <sup>2</sup>

Gaya berat / Luas	$V/A \leq Fc'$
	$0,58862 \leq 0,747 \dots\dots\dots\text{OK !!}$

Persyaratan yang harus dipenuhi untuk komponen struktur yang menerima kombinasi lentur dan beban aksial (Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus / SRPMK ) SNI 2847:2013 pasal 21.61

- Gaya tekan aksial terfaktor akibat sebarang kombinasi beban yang melebihi  $\mathbf{Ag.Fc'/10}$
- Dimensi penampang terpendek, diukur pada garis lurus yang melalui pusat geometri, tidak boleh kurang dari 300 mm
 

Sisi terpendek	$\geq$	300
600	$\geq$	300 \dots\dots\dots\text{OK !!}

- c. Rasio dimensi penampang terpendek terhadap dimensi tegak lurus tidak boleh kurang dari 0,4

$$S. \text{ Pendek} / S. \text{ Panjang} \geq 0.4$$

$$100 \geq 0.4 \quad \text{.....OK !!}$$

Maka dimensi kolom yang digunakan untuk permodelan adalah

<b>KOLOM LANTAI 1</b>	:	<b>( 600 x 600 ) mm</b>
<b>KOLOM LANTAI 2</b>	:	<b>( 600 x 600 ) mm</b>
<b>KOLOM LANTAI 3</b>	:	<b>( 600 x 600 ) mm</b>

#### 4.4.4.2. Kolom Anak

##### 1. Lantai 3

Data yang diperoleh :

- a. Tebal Pelat : 0,12 m'
- b. Luas Pelat : 11,55 m<sup>2</sup>
- c. Dimensi Balok (h) : 0,60 m'
- (b) : 0,40 m'
- d. Panjang Balok : 3,50 m'
- e. Dimensi Kolom (h) : 0,30 m'
- (b) : 0,60 m'
- f. Tinggi Kolom : 4,00 m'



Tabel 4.8 Perhitungan dimensi struktur kolom lantai 3 dengan beban mati dan beban hidup.

Jenis Beban	Tebal	Tinggi	Lebar	Panjang	Luas	Beban			Berat	Kombinasi Pembebanan
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m <sup>2</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m)	(kg)	
<b>G. Mati</b>										
a.	Beban Dak Beton	0,12				11,55	2400			3326,40
b.	Balok B1 60x40		0,6	0,4	3,5		2400			2016,00
c.	Balok B2 50x30		0,5	0,3	1,6		2400			576,00
d.	Beban Spesi	0,02				11,55		21		4,85
e.	Beban Dinding		3,4		3,5			250		2975,00
f.	Plafond					11,55		20		231,00
g.	Waterproofing					11,55		13		150,15
h.	MEP					11,55		30		346,50
i.	Menara Masjid									
a.	Kolom 20x30		0,20	0,30	9		2400			1296,00
b.	Balok 20x30		0,20	0,30	7		2400			1008,00
c.	Dinding bata		9,60		7			250		8400,00
										20329,90
<b>H. Hidup</b>										
a.	Beban Hidup					11,55		100		1155,00
b.	Beban Hujan					11,55		20		231,00
c.	Beban Angin					11,55		25		288,75
										2679,6
										22004,651
										23009,50
										0,18
										0,18

Maka Diperoleh :

Gaya Berat (V)		23009,50	Kg
Luas Rencana Kolom (A)		180000	mm <sup>2</sup>
Fc'	K	300,00	Kg/cm <sup>2</sup>
	K	3,000	Kg/mm <sup>2</sup>
	S	2,490	Kg/mm <sup>2</sup>

Gaya berat / Luas	V/A	≤	Fc'
	0,1278	≤	0,747 .....OK !!

## 2. Lantai 2

Data yang diperoleh :

- g. Tebal Pelat : 0,12 m'
- h. Luas Pelat : 11,55 m<sup>2</sup>
- i. Dimensi Balok (h) : 0,60 m'
- (b) : 0,40 m'
- j. Panjang Balok : 3,50 m'
- k. Dimensi Kolom (h) : 0,30 m'
- (b) : 0,60 m'
- l. Tinggi Kolom : 6,00 m'

Tabel 4.9 Perhitungan dimensi struktur kolom lantai 2 dengan beban mati dan beban hidup.

Jenis Beban	Tebal	Tinggi	Lebar	Panjang	Luas	Beban			Berat	Kombinasi Pembebanan
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m <sup>2</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>2</sup> )	(kg/m)	(kg)	
<b>I. Mati</b>										
a. Beban Dak Beton	0,12				11,55	2400			3326,40	
b. Balok B1 60x40		0,6	0,4	3,5		2400			2016,00	
c. Balok B2 50x30		0,5	0,3	1,6		2400			576,00	
d. Beban Kolom Lantai 3		6	0,3	0,6		2400			2592,00	
e. Beban Spesi	0,02				11,55		21		4,85	
f. Beban Dinding		5,4		3,5			250		4725,00	
g. Plafond					11,55		20		231,00	
h. MEP					11,55		30		346,50	
i. Beban Keramik					11,55		24		277,20	
										16913,9412
<b>J. Hidup</b>										
a. Beban Hidup					11,55		400		4620,00	
b. Beban Hujan					11,55			20	231,00	
c. Beban Angin					11,55			25	288,75	
										8223,6
									19234,701	25137,5412
									Luas Kolom Rencana	0,18

Maka Diperoleh :

Gaya Berat (V)		48147,0422	Kg
Luas Rencana Kolom (A)		180000	mm <sup>2</sup>
Fc'	K	300,000	Kg/cm <sup>2</sup>
	K	3,000	Kg/mm <sup>2</sup>
	S	2,490	Kg/mm <sup>2</sup>

Gaya berat / Luas	V/A	≤	Fc'
	0,2675	≤	0,747 .....OK !!

### 3. Lantai 1

Data yang diperoleh :

- a. Tebal Pelat : 0,12 m'
- b. Luas Pelat : 11,55 m<sup>2</sup>
- c. Dimensi Balok (h) : 0,60 m'
- (b) : 0,40 m'
- d. Panjang Balok : 3,50 m'
- e. Dimensi Kolom (h) : 0,30 m'
- (b) : 0,60 m'
- f. Tinggi Kolom : 4,00 m'

Tabel 4.10 Perhitungan dimensi struktur lantai 1 dengan beban mati dan beban hidup.

Jenis Beban	Tebal	Tinggi	Lebar	Panjang	Luas	Beban			Berat	Kombinasi Pembebanan	
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m <sup>2</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>2</sup> )	(kg/m)	(kg)		
<b>K. Mati</b>											
a.	Beban Plat Lantai 2	0,12				11,55	2400			3326,40	
b.	Balok B1 60x40		0,6	0,4	3,5		2400			2016,00	
c.	Balok B2 50x30		0,5	0,3	5		2400			576,00	
d.	Beban Kolom Lantai 2		6	0,3	0,6		2400			2592,00	
e.	Beban Spesi	0,02				11,55		21		4,85	
f.	Beban Dinding		3,4		3,5			250		2975,00	
g.	Plafond					11,55		20		231,00	
h.	Beban Keramik					11,55		24		277,20	
i.	MEP					11,55		30		346,50	
											14813,9412
<b>L. Hidup</b>											
a.	Beban Hidup					11,55		400		4620,00	
b.	Beban Hujan					11,55		20		231,00	
c.	Beban Angin					11,55		25		288,75	
											8223,6
										Total	17484,701
										Luas Kolom Rencana	0,18
											23037,5412
											0,18

Maka Diperoleh :

Gaya Berat (V)		71184,5834	Kg
Luas Rencana Kolom (A)		180000	mm <sup>2</sup>
Fc'	K	300,000	Kg/cm <sup>2</sup>
	K	3,000	Kg/mm <sup>2</sup>
	S	2,490	Kg/mm <sup>2</sup>

Gaya berat / Luas	$V/A \leq Fc'$
	$0,3955 \leq 0,747 \dots\dots\dots\text{OK !!}$

Persyaratan yang harus dipenuhi untuk komponen struktur yang menerima kombinasi lentur dan beban aksial (Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus / SRPMK ) SNI 2847:2013 pasal 21.61

d. Gaya tekan aksial terfaktor akibat sebarang kombinasi beban yang melebihi  $Ag.Fc'/10$

e. Dimensi penampang terpendek, diukur pada garis lurus yang melalui pusat geometri, tidak boleh kurang dari 300 mm

Sisi terpendek  $\geq 300$

300  $\geq 300 \dots\dots\dots\text{OK !!}$

- f. Rasio dimensi penampang terpendek terhadap dimensi tegak lurus tidak boleh kurang dari 0,4

$$S. \text{ Pendek} / S. \text{ Panjang} \geq 0.4$$

$$0,5 \geq 0.4 \quad \text{.....OK !!}$$

Maka dimensi kolom yang digunakan untuk permodelan adalah

<b>KOLOM LANTAI 1</b>	:	<b>( 600 x 300 ) mm</b>
<b>KOLOM LANTAI 2</b>	:	<b>( 600 x 300 ) mm</b>
<b>KOLOM LANTAI 3</b>	:	<b>( 600 x 300 ) mm</b>

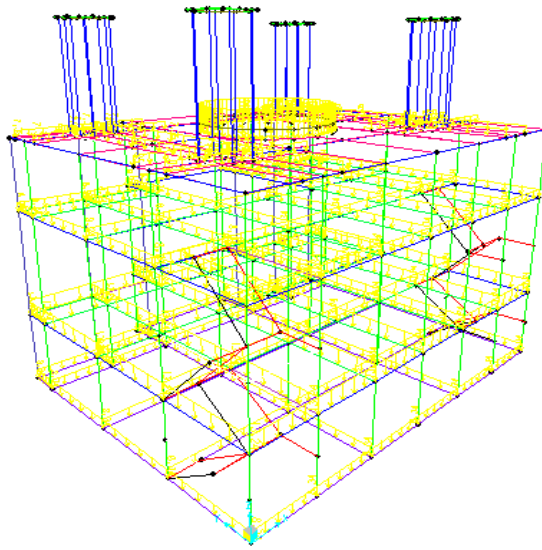
Maka dari *Preliminary Design* dapat diperoleh data sebagai berikut :

Tabel. 4.11 Hasil Preliminary Design

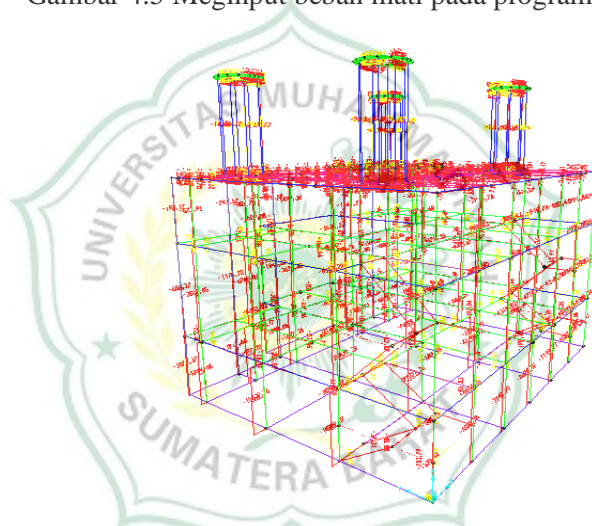
Lantai 1 s/d Lantai 3	
a. Balok	
	Balok B1. 40 x 60 cm
	Balok B2. 30 x 50 cm
b. Kolom	
	Kolom K1. 60 x 60 cm
	Kolom K2. 30 x 60 cm
c. Pelat lantai	tebal 12 cm
d. Dak beton	tebal 12 cm

#### 4.5. Perhitungan Momen

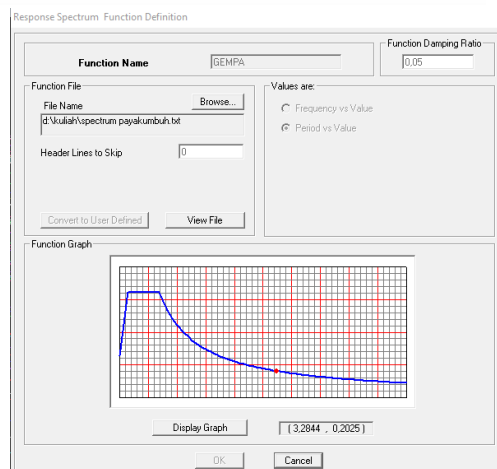
Perhitungan momen pada gedung ini menggunakan program analisa perhitungan SAP 2000 dengan menggambarkan struktur dan memasukkan momen pada masing-masing frame/ penampang yang telah di desain terlebih dahulu pada *Preliminary design*. Momen/beban lalu di-input ke frame/ penampang balok. Mengapa hanya pada balok yang di-inputkan momen, karena pada baloklah terkumpul semua momen-momen, seperti beban mati pada pelat, penutup lantai, atap, beban hidup dari fungsional gedung dan beban gempa dari wilayah gempa daerah gedung itu sendiri.



Gambar 4.5 Meginput beban mati pada program SAP 2000.



Gambar 4.6 Meginput beban hidup pada program SAP 2000.



Gambar 4.7 Meginput beban geMPa pada program SAP 2000.



#### 4.5.1. Hasil Running Momen pada Program SAP 2000

Dari hasil Running aplikasi SAP2000 didapatkan momen – momen yang nantinya digunakan pada perhitungan penulangan balok, kolom dan plat lantai. Rekap momen dari hasil perhitungan menggunakan aplikasi SAP2000 dapat dilihat pada table 4.12 dan gambar dari hasil running dapat dilihat pada lampiran.

#### 4.6. Perhitungan Struktur Tulangan

Pada perhitungan struktur tulangan data diperoleh terlebih dahulu pada analisa program SAP 2000, dengan cara memasukkan momen/ beban yang bekerja pada struktur gedung, seperti beban hidup dan beban mati. Momen/ beban lalu di-*input* ke frame/ penaMPang balok. Dari hasil running yang diperoleh dari program SAP2000, data yang didapat untuk diinputkan pada perhitungan struktur tulangan yaitu nilai  $V2 = Vu$ , dan nilai  $M3 = Mu$ .

Hasil running yang diperoleh dari program SAP2000 dapat dilihat pada table dibawah ini :

Tabel 4.12. Rekap Struktur Lantai 1

##### KOLOM K1 60x60 CM

	<b>P</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>T</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
MAX	-372,625	5,968	-9,289	0,4135	73,3581	16,4674
MIN	-683,745	-5,844	-27,163	-0,4196	-35,2938	-16,1581

##### KOLOM K2 30x60 CM

	<b>P</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>T</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
MAX	-98,159	6,093	1,827	-0,0829	3,7121	13,6863
MIN	-226,349	0,933	-1,663	-0,3491	-3,62	-11,1494

##### BALOK B1 40x60 CM – BENTANG 7 M

	<b>P</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>T</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
MAX	10,701	207,227	0,821	16,5857	0,8956	261,6368
MIN	4,486	-207,244	-0,824	-16,5777	-2,003	-309,706

**BALOK B1 40x60 CM - BENTANG 5 M**

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
MAX	-9,882	89,977	-0,669	4,2898	0,7411	39,8019
MIN	-15,9	-86,676	-1,211	1,699	-5,3136	-76,0654

**BALOK B1 40x60 CM - BENTANG 3,5 M**

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
MAX	-2,229	48,613	0,649	-0,9784	1,5768	13,5345
MIN	-5,054	-48,603	0,355	-2,8865	-0,7006	-34,739

**BALOK B1 40x60 CM - BENTANG 1,6 M**

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
MAX	0,465	28,062	-0,00783	-12,9197	-0,2215	6,4544
MIN	-0,515	-46,158	-0,268	-23,8635	-0,8173	-26,2478

**BALOK B1 35x50 CM - BENTANG 5 M**

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
MAX	-9,148	70,821	0,227	0,498	-0,0033	30,9282
MIN	-15,851	-93,122	0,125	-1,3601	-1,1613	-102,123

**BALOK B2 30x50 CM - BENTANG 3,5 M**

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
MAX	0,961	21,747	-0,166	-0,1985	-0,1198	4,5164
MIN	0,522	-47,583	-0,308	-0,813	-0,7167	-24,71

Tabel 4.13. Rekap Struktur Lantai 2

**KOLOM K1 60x60 CM**

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
MAX	-296,105	16,079	11,427	0,5982	41,0437	72,7802
MIN	-555,241	4,873	-1,559	-1,4174	-29,4032	-23,6953

**KOLOM K2 30x60 CM**

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
MAX	-51,933	5,753	1,639	0,1853	4,8681	17,4629
MIN	-143,448	0,516	-1,213	-0,2103	-4,9658	-17,0579

**BALOK B1 40x60 CM – BENTANG 7 M**

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
MAX	75,076	134,716	39,945	23,9611	30,1464	162,2191
MIN	14,657	-189,654	-30,173	-22,2206	-39,7568	-247,083

**BALOK B1 40x60 CM - BENTANG 5 M**

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
MAX	25,748	107,202	0,089	6,4002	0,7051	48,2685
MIN	16,098	-110,378	0,027	2,5225	0,1534	-91,6893

**BALOK B1 40x60 CM - BENTANG 3,5 M**

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
MAX	9,257	30,91	0,16	0,366	1,2057	11,1257
MIN	5,651	-39,081	-0,063	-1,554	0,3391	-34,1368

**BALOK B1 40x60 CM - BENTANG 1,6 M**

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
MAX	-0,195	45,075	-0,772	6,4874	1,3819	28,2293
MIN	-1,537	-8,38	-1,629	3,4487	-1,2259	-19,7282

**BALOK B2 35x50 CM - BENTANG 5 M**

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
MAX	24,46	79,644	0,13	-0,6223	0,6793	25,2616
MIN	14,972	-57,9	0,062	-2,0562	0,0038	-89,8903

**BALOK B2 30x50 CM - BENTANG 3,5 M**

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
MAX	1,703	28,281	-0,221	1,0904	0,5952	8,2056
MIN	0,401	-31,484	-0,395	-0,1753	-0,0625	-9,9487

Tabel 4.14. Rekap Struktur Lantai 3

**KOLOM K1 60x60 CM**

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
MAX	-367,024	-21,457	-16,214	-0,8144	88,8444	117,6808
MIN	-620,106	-34,891	-32,053	-2,6395	-41,4585	-21,8838

**KOLOM K2 30x60 CM**

	<b>P</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>T</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
MAX	-34,809	2,194	3,522	0,046	6,5146	10,9914
MIN	-89,834	-4,918	0,517	-0,1558	-7,575	-8,6807

**BALOK B1 40x60 CM – BENTANG 7 M**

	<b>P</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>T</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
MAX	-27,301	149,559	0,513	22,0773	0,3087	164,4238
MIN	-60,665	-144,749	-0,025	-22,3435	-0,2392	-218,558

**BALOK B1 40x60 CM - BENTANG 5 M**

	<b>P</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>T</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
MAX	-12,318	112,854	16,4	35,528	5,9722	66,873
MIN	-42,257	-128,696	-8,95	-25,7571	-2,0129	-125,897

**BALOK B1 40x60 CM - BENTANG 3,5 M**

	<b>P</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>T</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
MAX	-11,2	13,89	0,004657	2,4957	0,1283	4,0094
MIN	-20,946	-18,748	-0,055	1,3551	-0,0831	-18,7499

**BALOK B1 40x60 CM - BENTANG 1,6 M**

	<b>P</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>T</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
MAX	0,08	10,798	1,201	-0,6946	0,5025	3,7794
MIN	-1,647	-23,876	-1,095	-10,2084	-0,7927	-15,9694

**BALOK B2 35x50 CM - BENTANG 5 M**

	<b>P</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>T</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
MAX	-7,616	31,607	0,27	1,1072	0,0605	40,3592
MIN	-17,546	-51,422	-0,325	-0,0644	-0,115	-34,0238

**BALOK B2 30x50 CM - BENTANG 3,5 M**

	<b>P</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>T</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
MAX	5,318	12,118	0,981	1,4697	0,3688	7,4387
MIN	-1,1	-41,063	-0,149	-0,3114	-0,0719	-29,528

**BALOK B3 20x30 CM - BENTANG 3,5 M**

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
MAX	-2,819	34,395	0,379	8,7254	0,0754	13,8581
MIN	-7,93	-23,849	-0,492	-0,0298	-0,0652	-30,192

**BALOK B3 20x30 CM - BENTANG 5 M**

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
MAX	-2,1	40,983	0,411	3,3381	0,1163	12,576
MIN	-5,622	-32,095	-0,449	-2,8477	-0,0923	-25,2349

**KOLOM K3 20x30 CM (Menara)**

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
MAX	-2,591	0,057	-0,156	0,0471	2,06	1,5621
MIN	-17,937	-0,355	-0,86	0,0293	-3,1514	-0,5765





#### 4.6.1. Perhitungan Tulangan Balok dan Kolom

##### 1. Tulangan Lentur Balok ( L : 700 cm ) Lantai 1

###### a. Balok B1.40 / 60

Diketahui :

$$\begin{aligned} \text{Mu} &= 309,706 \text{ kN/m (rekap SAP2000)} & f_c' &= 24,9 \text{ Mpa} \\ b &= 400 \text{ mm} & f_y &= 400 \text{ Mpa} \\ h &= 600 \text{ mm} & \partial &= 0,5 \\ d' &= 40 \text{ mm} & D &= 19 \text{ mm} \\ d &= 560 \text{ mm} & \text{As1} &= 285,529 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Rasio tulangan yang dibutuhkan :

$$\boxed{A\rho^2 + B\rho + C = 0}$$

Dimana :

$$A = 0,59 \times (1 - \partial)^2 / f_c' \times f_y^2$$

$$= 947,7912$$

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

$$= -385,7143$$

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

$$= 3,086197$$

Dengan rumus a b c, didapatkan nilai  $\rho$

$$\rho_1 = 0,398796189$$

$$\rho_2 = 0,00816507$$

Diambil nilai  $\rho$  terkecil dan positif

$$\rho = 0,008165$$

Luas Tulangan yang dibutuhkan :

Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} \text{As} &= \rho \times b \times d \\ &= 1828,976 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan tekan

$$\begin{aligned} \text{As}' &= \partial \times \rho \times b \times d \\ &= 914,4879 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan yang dibutuhkan :

Tulangan Tarik

$$n = A_s$$

$$= A_{s1}$$

$$= 6,45076 \approx 6 \text{ batang}$$

Tulangan tekan

$$n = A_{s'}$$

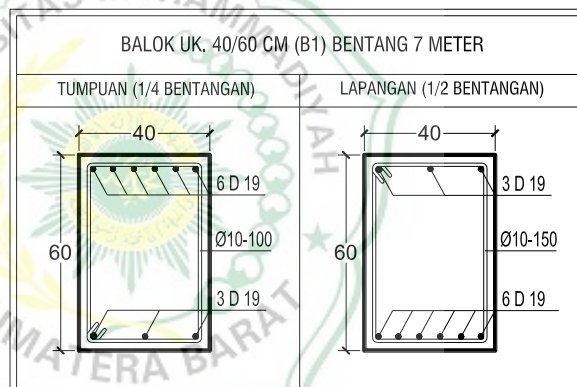
$$= A_{s1}$$

$$= 3,22538 \approx 3 \text{ batang}$$

**Maka digunakan tulangan :**

**6 - D 19 untuk tulangan tarik**

**4 - D 19 untuk tulangan tekan**



Gambar. 4.8 Hasil penggambaran tulangan lentur balok 40 /60 cm bentang 700 cm

## b. Perhitungan Tulangan Geser Balok

Data Material Balok

Kuat tekan beton :  $f_c'$  24,9 (MPa)

Tegangan leleh baja :  $f_y$  (BjTs – 24) 240,00 (MPa)

Faktor reduksi Geser :  $\phi_s$  0,75

Dimensi Balok

Panjang bentang : L 7000,0 (mm)

Lebar balok : b 400,0 (mm)

Tinggi balok : h 600,0 (mm)

Selimut beton	: $d'$	40,0 (mm)
Tinggi efektif beton	: $d = h - d'$	560,0 (mm)
Gaya Geser Ultimate Balok		
Kuat geser ultimit balok : $V_u$		207,23 (kN)
	(dari hasil analisa SAP 2000)	
Kuat geser ultimit balok : $V_u$	(tumpuan)	207,23 (kN)
Kuat geser ultimit balok : $V_u$	(lapangan)	103,61 (kN)

**c. Tulangan untuk Tumpuan**

1. Tulangan geser balok

Diameter sengkang	: $d_s$	10,00 (mm)
Luas penampang sengkang: $A_v = 1(1/4 \pi d_s^2)$		157,08 (mm <sup>2</sup> )
Jarak antar sengkang	: $s$	100,00 (mm)
Jarak sengkang maksimum: $s_{max}$		280,00 (mm)

2. Kontrol Jarak antar Tulangan Geser Balok

$$s \leq s_{max}$$

$$100,00 \text{ mm} \leq 280,00 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{OK !!}$$

3. Kontrol Geser Beton dan Baja Tulangan

Kuat geser beton	: $V_c = 1/6[(\sqrt{f_c'})/(bd)]$	186,29 (kN)
Kuat geser tualangan geser	: $V_s = (A_v \cdot F_y \cdot d)/s$	211,12 (kN)

4. Kuat Geser Nominal Balok

Kuat geser nominal balok:  $V_n = V_c + V_s$       397,41 (kN)

5. Kuat Geser Rencana Balok

Kuat geser rencana balok:  $V_r = \phi_s \cdot V_n$       298,06 (kN)

6. Gaya Geser Ultimate Balok

Kuat geser ultimate balok:  $V_u$       207,23 (kN)

**KONTROL KUAT GESER RENCANA BALOK**

$$V_r \leq V_u$$

$$298,06 \text{ kN} \leq 207,23 \text{ kN} \dots\dots\dots \text{OK !!}$$

**d. Tulangan untuk Lapangan**

**Maka tulangan geser yang dipakai pada daerah tumpuan adalah : Ø 10 - 100**

1. Tulangan geser balok

Diameter sengkang :  $d_s$  10,00 (mm)

Luas penampang sengkang :  $A_v = 1(1/4 \pi d_s^2)157,08$  (mm<sup>2</sup>)

Jarak antar sengkang :  $s$  150,00 (mm)

Jarak sengkang maksimum :  $s_{max}$  280,00 (mm)

2. Kontrol Jarak antar Tulangan Geser Balok

$$s \leq s_{max}$$

$$150,00 \text{ mm} \leq 280,00 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{OK !!}$$

3. Kontrol Geser Beton dan Baja Tulangan

Kuat geser beton :  $V_c = 1/6[(\sqrt{f_c'})/(bd)] 186,29$  (kN)

Kuat geser tualangan geser:  $V_s = (A_v \cdot F_y \cdot d)/s$  140,74 (kN)

4. Kuat Geser Nominal Balok

Kuat geser nominal balok :  $V_n = V_c + V_s 327,04$  (kN)

5. Kuat Geser Rencana Balok

Kuat geser rencana balok :  $V_r = \phi_s \cdot V_n$  245,28 (kN)

6. Gaya Geser Ultimate Balok

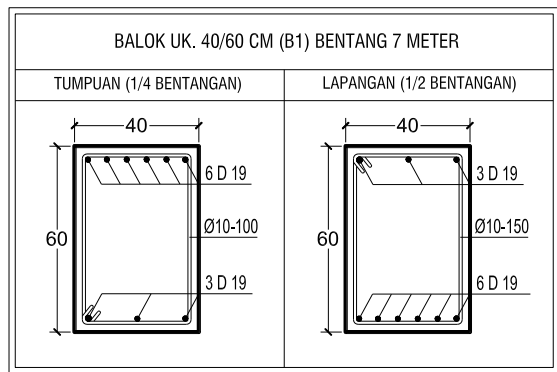
Kuat geser ultimate balok :  $V_u$  103,61 (kN)

KONTROL KUAT GESER RENCANA BALOK

$$V_r \leq V_u$$

$$245,28 \text{ kN} \leq 103,61 \text{ kN} \dots\dots\dots \text{OK !!}$$

**Maka tulangan geser yang dipakai pada daerah tumpuan adalah : Ø 10 - 150**



Gambar. 4.9 Desain tulangan geser balok 40 /60 cm, P.7,00 m.

## 2. Tulangan Lentur Balok ( L : 500 cm ) Lantai 1

### a. Balok B1.40 / 60

Diketahui :

$$\begin{aligned} \text{Mu} &= 76,0654 \text{ kN/m (rekapSAP2000)} & f_c' &= 24,9 \text{ Mpa} \\ b &= 400 \text{ mm} & f_y &= 400 \text{ Mpa} \\ h &= 600 \text{ mm} & \partial &= 0,5 \\ d' &= 40 \text{ mm} & D &= 19 \text{ mm} \\ d &= 560 \text{ mm} & A_{s1} &= 283,529 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Rasio tulangan yang dibutuhkan :

$$\boxed{A\rho^2 + B\rho + C = 0}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} A &= 0,6 \times (1 - \partial)^2 / f_c' \times f_y^2 \\ &= 947,7912 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B &= -\{ (1 - \partial) \times f_y \} + \{ \partial \times f_y \times (1 - d'/d) \} \\ &= -385,714 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C &= \frac{\text{Mu}}{\phi \times b \times d^2} \\ &= 0,757986 \end{aligned}$$

Dengan rumus a b c, didapatkan nilai  $\rho$

$$\rho_1 = 0,404986528$$

$$\rho_2 = 0,001974731$$

Diambil nilai  $\rho$  terkecil dan positif

$$\rho = 0,001975$$

Luas Tulangan yang dibutuhkan :

Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 442,3397 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan tekan

$$\begin{aligned} A_{s'} &= \partial \times \rho \times b \times d \\ &= 221,1698 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan yang dibutuhkan :

Tulangan Tarik

$$n = A_s$$



$$= A_{s1}$$

$$= 3,560123 \approx 4 \text{ batang}$$

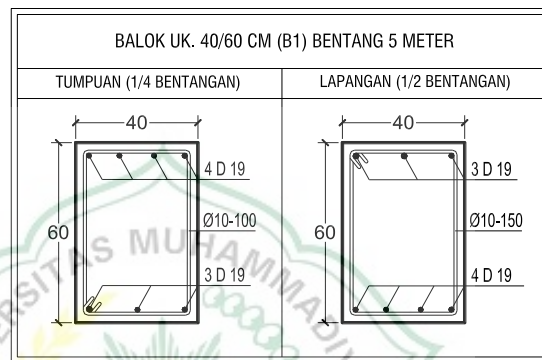
Tulangan tekan

$$n = A_{s'}$$

$$= A_{s1}$$

$$= 2,780061 \approx 3 \text{ batang}$$

**Maka digunakan tulangan : 4 - D 19 untuk tulangan tarik**  
**3 - D 19 untuk tulangan tekan**



Gambar. 4.10. Desain tulangan lentur balok 40/60 cm, P.5,00 m.

### b. Perhitungan Tulangan Geser Balok

#### 1. Data Material Balok

Kuat tekan beton	: $f_c'$	24,9 (MPa)
Tegangan leleh baja	: $f_y$ (BjTs – 24)	240,00 (MPa)
Faktor reduksi Geser	: $\phi_s$	0,75

#### 2. Dimensi Balok

Panjang bentang	: L	5000,0 (mm)
Lebar balok	: b	400,0 (mm)
Tinggi balok	: h	600,0 (mm)
Selimit beton	: $d'$	40,0 (mm)
Tinggi efektif beton	: $d = h - d'$	560,0 (mm)

#### 3. Gaya Geser Ultimate Balok

Kuat geser ultimit balok	: $V_u$	89,98 (kN)
	(dari hasil analisa SAP 2000)	
Kuat geser ultimit balok	: $V_u$ (tumpuan)	89,98 (kN)

Kuat geser ultimit balok :  $V_u$  (lapangan) 44,99 (kN)

**c. Tulangan untuk Tumpuan**

1. Tulangan geser balok

Diameter sengkang :  $d_s$  10,00 (mm)  
Luas penampang sengkang:  $A_v = 1(1/4 \pi d_s^2)$  157,08 (mm<sup>2</sup>)  
Jarak antar sengkang :  $s$  100,00 (mm)  
Jarak sengkang maksimum:  $s_{max}$  280,00 (mm)

2. Kontrol Jarak antar Tulangan Geser Balok

$$s \leq s_{max}$$
$$100,00 \text{ mm} \leq 280,00 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{OK !!}$$

3. Kontrol Geser Beton dan Baja Tulangan

Kuat geser beton :  $V_c = 1/6[(\sqrt{f_c'})/(bd)]$  186,29 (kN)  
Kuat geser tualangan geser:  $V_s = (A_v \cdot F_y \cdot d)/s$  211,12 (kN)

4. Kuat Geser Nominal Balok

Kuat geser nominal balok :  $V_n = V_c + V_s$  397,41 (kN)

5. Kuat Geser Rencana Balok

Kuat geser rencana balok :  $V_r = \phi_s \cdot V_n$  298,06 (kN)

6. Gaya Geser Ultimate Balok

Kuat geser ultimate balok :  $V_u$  89,98 (kN)

**KONTROL KUAT GESER RENCANA BALOK**

$$V_r \leq V_u$$
$$298,06 \text{ kN} \leq 89,98 \text{ kN} \dots\dots\dots \text{OK !!}$$

**Maka tulangan geser yang dipakai pada daerah tumpuan adalah : Ø 10 - 100**

**d. Tulangan untuk Lapangan**

1. Tulangan geser balok

Diameter sengkang :  $d_s$  8,00 (mm)  
Luas penampang sengkang:  $A_v = 1(1/4 \pi d_s^2)$  100,53 (mm<sup>2</sup>)  
Jarak antar sengkang :  $s$  150,00 (mm)  
Jarak sengkang maksimum :  $s_{max}$  280,00 (mm)

2. Kontrol Jarak antar Tulangan Geser Balok

$$s \leq S_{max}$$

$$150,00 \text{ mm} \leq 280,00 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{OK !!}$$

3. Kontrol Geser Beton dan Baja Tulangan

Kuat geser beton :  $V_c = 1/6[(\sqrt{f_c'})/(bd)] 186,29 \text{ (kN)}$

Kuat geser tualangan geser:  $V_s = (A_v \cdot F_y \cdot d)/s \quad 90,08 \text{ (kN)}$

4. Kuat Geser Nominal Balok

Kuat geser nominal balok :  $V_n = V_c + V_s \quad 267,37 \text{ (kN)}$

5. Kuat Geser Rencana Balok

Kuat geser rencana balok :  $V_r = \phi_s \cdot V_n \quad 207,28 \text{ (kN)}$

6. Gaya Geser Ultimate Balok

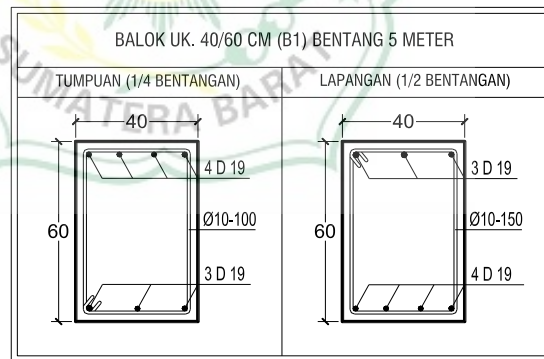
Kuat geser ultimate balok :  $V_u \quad 44,99 \text{ (kN)}$

KONTROL KUAT GESER RENCANA BALOK

$$V_r \leq V_u$$

$$207,28 \text{ kN} \leq 44,99 \text{ kN} \dots\dots\dots \text{OK !!}$$

**Maka tulangan geser yang dipakai pada daerah tumpuan adalah : Ø 10 - 150**



Gambar. 4.11. Desain tulangan geser balok 40 /60 cm, P.5,00 m.

3. Tulangan Lentur Balok ( L : 350 cm ) Lantai 1

a. Balok B1. 40/60

Diketahui :

$M_u = 34,379 \text{ kN /m}$	$f_c' = 24,9$	Mpa
$b = 400 \text{ mm}$	$f_y = 400$	Mpa
$h = 600 \text{ mm}$	$\delta = 0,5$	

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

$$d = 560 \text{ mm} \qquad A_{s1} = 283,529 \text{ mm}^2$$

Rasio tulangan yang dibutuhkan :

$$\boxed{A\rho^2 + B\rho + C = 0}$$

Dimana :

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

$$= 947,7912$$

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

$$= -385,714$$

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

$$= 0,346171$$

Dengan rumus a b c, didapatkan nilai  $\rho$

$$\rho_1 = 0,406061789$$

$$\rho_2 = 0,00089947$$

Diambil nilai  $\rho$  terkecil dan positif

$$\rho = 0,000899$$

Luas Tulangan yang dibutuhkan :

Tulangan Tarik

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

$$= 201,4812 \text{ mm}^2$$

Tulangan tekan

$$A_{s'} = \partial \times \rho \times b \times d$$

$$= 100,7406 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan yang dibutuhkan :

Tulangan Tarik

$$n = A_s$$

$$= A_{s1}$$

$$= 2,71062 \approx 3 \text{ batang}$$

Tulangan tekan

$$n = A_{s'}$$

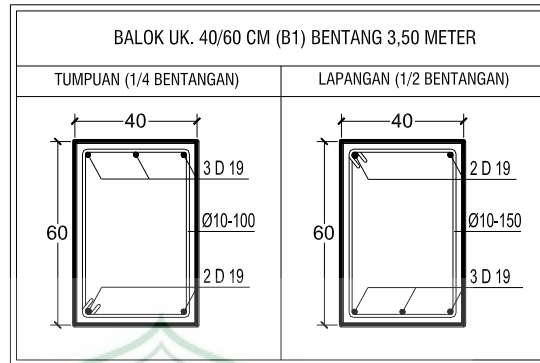
$$= A_s l$$

$$= 1,35531 \approx 2 \text{ batang}$$

**Maka digunakan tulangan :**

**3 - D 19 untuk tulangan tarik**

**2 - D 19 untuk tulangan tekan**



Gambar. 4.12 Hasil penggambaran tulangan lentur balok 40/60 cm bentang 350 cm

**b. Perhitungan Tulangan Geser Balok**

Data Material Balok :

Kuat tekan beton :  $f_c'$  24,90 (MPa)

Tegangan leleh baja :  $f_y$  (BjTs – 24) 240,00 (MPa)

Faktor reduksi Geser :  $\phi_s$  0,75

Dimensi Balok

Panjang bentang : L 3500,0 (mm)

Lebar balok : b 400,0 (mm)

Tinggi balok : h 600,0 (mm)

Selimut beton :  $d'$  40,0 (mm)

Tinggi efektif beton :  $d = h - d'$  560,0 (mm)

Gaya Geser Ultimate Balok

Kuat geser ultimit balok :  $V_u$  48,61 (kN)

Kuat geser ultimit balok :  $V_u$  (tumpuan) 48,61 (kN)

Kuat geser ultimit balok :  $V_u$  (lapangan) 23,31 (kN)

**c. Tulangan untuk Tumpuan**

1) Tulangan geser balok



Diameter sengkang	: ds	10,00 (mm)
Luas penampang sengkang	: $A_v = 1(1/4 \pi ds^2)$	157,08 (mm <sup>2</sup> )
Jarak antar sengkang	: s	100,00 (mm)
Jarak sengkang maksimum	: $s_{max}$	280,00 (mm)

2) Kontrol Jarak antar Tulangan Geser Balok

$$s \leq s_{max}$$

$$100,00 \text{ mm} \leq 230,00 \text{ mm} \dots\dots\dots \mathbf{OK !!}$$

3) Kontrol Geser Beton dan Baja Tulangan

Kuat geser beton	: $V_c = 1/6[(\sqrt{f_c'})/(bd)]$	186,29 (kN)
Kuat geser tualangan geser	: $V_s = (A_v \cdot F_y \cdot d)/s$	211,12 (kN)

4) Kuat Geser Nominal Balok

Kuat geser nominal balok	: $V_n = V_c + V_s$	397,41 (kN)
--------------------------	---------------------	-------------

5) Kuat Geser Rencana Balok

Kuat geser rencana balok	: $V_r = \phi_s \cdot V_n$	298,06 (kN)
--------------------------	----------------------------	-------------

6) Gaya Geser Ultimate Balok

Kuat geser ultimate balok	: $V_u$	48,61 (kN)
---------------------------	---------	------------

KONTROL KUAT GESER RENCANA BALOK

$$V_r \leq V_u$$

$$298,06 \text{ kN} \leq 48,61 \text{ kN} \dots\dots\dots \mathbf{OK !!}$$

**Maka tulangan geser yang dipakai pada daerah tumpuan adalah : Ø 10 - 100**

**d. Tulangan untuk Lapangan**

1) Tulangan geser balok

Diameter sengkang	: ds	8,00 (mm)
Luas penampang sengkang	: $A_v = 1(1/4 \pi ds^2)$	100,53 (mm <sup>2</sup> )
Jarak antar sengkang	: s	150,00 (mm)
Jarak sengkang maksimum	: $s_{max}$	280,00 (mm)

2) Kontrol Jarak antar Tulangan Geser Balok

$$s \leq s_{max}$$

$$150,00 \text{ mm} \leq 280,00 \text{ mm} \dots\dots\dots \mathbf{OK !!}$$

3) Kontrol Geser Beton dan Baja Tulangan

Kuat geser beton :  $V_c = 1/6[(\sqrt{f'c})/(bd)] 186,29$  (kN)

Kuat geser tualangan geser :  $V_s = (A_v \cdot F_y \cdot d)/s 90,08$  (kN)

4) Kuat Geser Nominal Balok

Kuat geser nominal balok :  $V_n = V_c + V_s 276,37$  (kN)

5) Kuat Geser Rencana Balok

Kuat geser rencana balok :  $V_r = \phi_s \cdot V_n 207,28$  (kN)

6) Gaya Geser Ultimate Balok

Kuat geser ultimate balok :  $V_u 24,31$  (kN)

KONTROL KUAT GESER RENCANA BALOK

$$V_r \leq V_u$$

$$207,28 \text{ kN} \leq 24,31 \text{ kN} \dots\dots\dots \text{OK !!}$$

**Maka tulangan geser yang dipakai pada daerah tumpuan adalah : Ø 10 - 150**



Gambar. 4.13 Desain tulangan geser balok 40 /60 cm, P.3,50 m.

**4. Tulangan Lentur Balok ( L : 500 cm ) Lantai 1**

**a. Balok B2.30 / 50**

Diketahui :

$M_u$	=	102,123 kN/m	$f'c$	=	24,9	Mpa
$b$	=	300 mm	$f_y$	=	400	Mpa
$h$	=	500 mm	$\delta$	=	0,5	
$d'$	=	40 mm	$D$	=	16	mm
$d$	=	460 mm	$A_{s1}$	=	201,062	mm <sup>2</sup>

Rasio tulangan yang dibutuhkan :

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

Dimana :

$$\begin{aligned} A &= 0,59 \times (1 - \partial)^2 / f_c' \times f_y^2 \\ &= 947,79116 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B &= - \{ (1 - \partial) \times f_y \} + \{ \partial \times f_y \times (1 - d'/d) \} \\ &= -382,79116 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C &= \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} \\ &= 2,0109286 \end{aligned}$$

Dengan rumus a b c, didapatkan nilai  $\rho$

$$\rho_1 = 0,398358491$$

$$\rho_2 = 0,005326107$$

Diambil nilai  $\rho$  terkecil dan positif

$$\rho = 0,0053261$$

Luas Tulangan yang dibutuhkan :

Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 735,00283 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan tekan

$$\begin{aligned} A_s' &= \partial \times \rho \times b \times d \\ &= 367,50142 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan yang dibutuhkan :

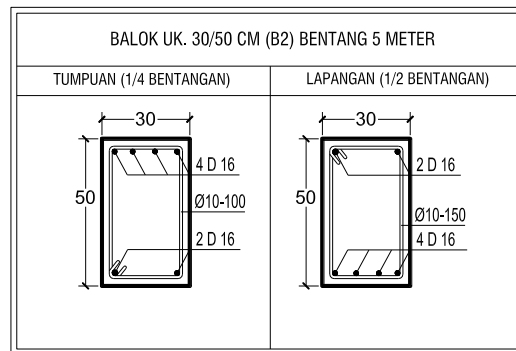
Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} n &= A_s / A_s1 \\ &= 3,6556042 \approx 4 \text{ batang} \end{aligned}$$

Tulangan tekan

$$\begin{aligned} n &= A_s' / A_s1 \\ &= 1,8278021 \approx 2 \text{ batang} \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan : 4 - D 16 untuk tulangan tarik  
2 - D 16 untuk tulangan tekan



Gambar. 4.14. Desain tulangan lentur balok 30/50 cm, P.5,00 m.

## b. Perhitungan Tulangan Geser Balok

### 1. Data Material Balok :

Kuat tekan beton	: $f_c'$	24,9	(MPa)
Tegangan leleh baja	: $f_y$ (BjTs – 24)	240,00	
Faktor reduksi Geser	: $\phi_s$	0,75	

### 2. Dimensi Balok

Panjang bentang	: L	5000,0	(mm)
Lebar balok	: b	300,0	(mm)
Tinggi balok	: h	500,0	(mm)
Selimut beton	: $d'$	40,0	(mm)
Tinggi efektif beton	: $d = h - d'$	460,0	(mm)

### 3. Gaya Geser Ultimate Balok

Kuat geser ultimit balok	: $V_u$	70,82	(kN)
--------------------------	---------	-------	------

(dari hasil analisa SAP 2000)

Kuat geser ultimit balok	: $V_u$ (tumpuan)	70,82	(kN)
--------------------------	-------------------	-------	------

Kuat geser ultimit balok	: $V_u$ (lapangan)	35,41	(kN)
--------------------------	--------------------	-------	------

## c. Tulangan untuk Tumpuan

### 1. Tulangan geser balok

Diameter sengkang	: $d_s$	10,00	(mm)
Luas penampang sengkang:	$A_v = 1(1/4 \pi d_s^2)$	157,08	(mm <sup>2</sup> )
Jarak antar sengkang	: s	100,00	(mm)
Jarak sengkang maksimum:	$s_{max}$	230,00	(mm)

### 2. Kontrol Jarak antar Tulangan Geser Balok

$$s \leq S_{max}$$

$$150,00 \text{ mm} \leq 230,00 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{OK !!}$$

3. Kontrol Geser Beton dan Baja Tulangan

Kuat geser beton :  $V_c = 1/6[(\sqrt{f_c'})/(bd)]$  114,77 (kN)

Kuat geser tualangan geser:  $V_s = (A_v \cdot F_y \cdot d)/s$  173,42 (kN)

4. Kuat Geser Nominal Balok

Kuat geser nominal balok :  $V_n = V_c + V_s$  288,19 (kN)

5. Kuat Geser Rencana Balok

Kuat geser rencana balok :  $V_r = \phi_s \cdot V_n$  216,14 (kN)

6. Gaya Geser Ultimate Balok

Kuat geser ultimate balok :  $V_u$  70,82 (kN)

KONTROL KUAT GESER RENCANA BALOK

$$V_r \leq V_u$$

$$216,14 \text{ kN} \leq 70,82 \text{ kN} \dots\dots\dots \text{OK !!}$$

**Maka tulangan geser yang dipakai pada daerah tumpuan adalah : Ø 10 - 100**

**d. Tulangan untuk Lapangan**

1. Tulangan geser balok

Diameter sengkang :  $d_s$  10,00 (mm)

Luas penampang sengkang:  $A_v = 1(1/4 \pi d_s^2)$  157,08 (mm<sup>2</sup>)

Jarak antar sengkang :  $s$  150,00 (mm)

Jarak sengkang maksimum :  $s_{max}$  230,00 (mm)

2. Kontrol Jarak antar Tulangan Geser Balok

$$s \leq S_{max}$$

$$150,00 \text{ mm} \leq 230,00 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{OK !!}$$

3. Kontrol Geser Beton dan Baja Tulangan

Kuat geser beton :  $V_c = 1/6[(\sqrt{f_c'})/(bd)]$  114,77 (kN)

Kuat geser tualangan geser:  $V_s = (A_v \cdot F_y \cdot d)/s$  115,61 (kN)

4. Kuat Geser Nominal Balok

Kuat geser nominal balok :  $V_n = V_c + V_s$  230,38 (kN)

5. Kuat Geser Rencana Balok

Kuat geser rencana balok :  $V_r = \phi_s \cdot V_n$                       172,79 (kN)

6. Gaya Geser Ultimate Balok

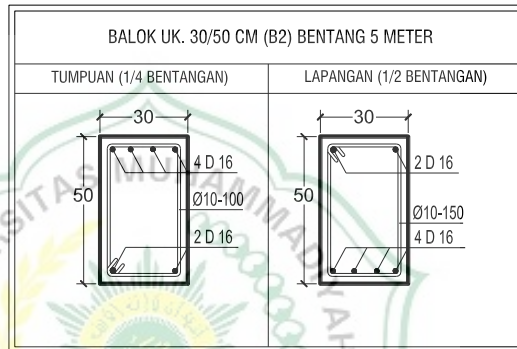
Kuat geser ultimate balok :  $V_u$                                       35,41 (kN)

KONTROL KUAT GESER RENCANA BALOK

$$V_r \geq V_u$$

$$172,79 \text{ kN} \geq 35,41 \text{ kN} \dots\dots\dots \text{OK !!}$$

**Maka tulangan geser yang dipakai pada daerah tumpuan adalah : Ø 10 - 150**



Gambar. 4.15. Desain tulangan geser balok 30 /50 cm, P.5,00 m.

5. Tulangan Lentur Balok ( L : 160 cm ) Lantai 1

a. Balok B2.30 / 50

Diketahui :

- $M_u = 24,71 \text{ kN m}$                                        $f_c' = 24,9 \text{ Mpa}$
- $b = 300 \text{ mm}$      $f_y = 400 \text{ Mpa}$
- $h = 400 \text{ mm}$      $\delta = 0,5$
- $d' = 40 \text{ mm}$      $D = 16 \text{ mm}$
- $d = 460 \text{ mm}$      $A_{s1} = 201,062 \text{ mm}^2$

Rasio tulangan yang dibutuhkan :

$$A_p^2 + B_p + C = 0$$

Dimana :

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

$$= 947,791116$$

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



$$= -382,6087$$

$$C = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2}$$
$$= 0,4865706$$

Dengan rumus a b c, didapatkan nilai  $\rho$

$$\rho_1 = 0,402408848$$

$$\rho_2 = 0,00127575$$

Diambil nilai  $\rho$  terkecil dan positif

$$\rho = 0,0012758$$

Luas Tulangan yang dibutuhkan :

Tulangan Tarik

$$A_s = \rho \times b \times d$$
$$= 176,05353 \text{ mm}^2$$

Tulangan tekan

$$A_s' = \phi \times \rho \times b \times d$$
$$= 88,026767 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan yang dibutuhkan :

Tulangan Tarik

$$n = \frac{A_s}{A_s1}$$
$$= \frac{176,05353}{88,026767} \approx 2 \text{ batang}$$

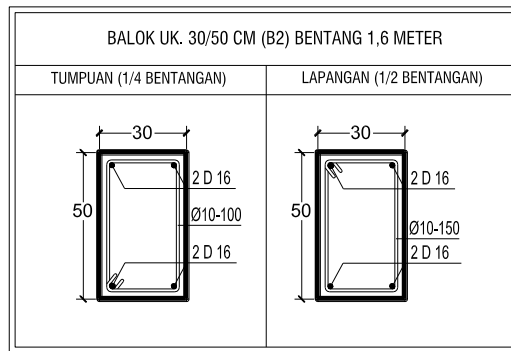
Tulangan tekan

$$n = \frac{A_s'}{A_s1}$$
$$= \frac{88,026767}{200} \approx 2 \text{ batang}$$

**Maka digunakan tulangan :**

**2 - D 16 untuk tulangan tarik**

**2 - D 16 untuk tulangan tekan**



Gambar. 4.16 Hasil penggambaran tulangan lentur balok 30 /50 cm bentang 160 cm

### b. Perhitungan Tulangan Geser Balok

Data Material Balok :

Kuat tekan beton :  $f_c'$  24,90 (MPa)

Tegangan leleh baja :  $f_y$  (BjTs – 24) 240,00 (MPa)

Faktor reduksi Geser :  $\phi_s$  0,75

Dimensi Balok

Panjang bentang : L 1600,0 (mm)

Lebar balok : b 300,0 (mm)

Tinggi balok : h 400,0 (mm)

Selimut beton :  $d'$  40,0 (mm)

Tinggi efektif beton :  $d = h - d'$  460,0 (mm)

Gaya Geser Ultimate Balok

Kuat geser ultimit balok :  $V_u$  21,75 (kN)

(dari hasil analisa SAP 2000)

Kuat geser ultimit balok :  $V_u$  (tumpuan) 21,75 (kN)

Kuat geser ultimit balok :  $V_u$  (lapangan) 10,87 (kN)

### c. Tulangan untuk Tumpuan

#### 1. Tulangan geser balok

Diameter sengkang :  $d_s$  10,00 (mm)

Luas penampang sengkang:  $A_v = 1(1/4 \pi d_s^2)$  157,08 (mm<sup>2</sup>)

Jarak antar sengkang : s 100,00 (mm)

Jarak sengkang maksimum:  $S_{max}$  230,00 (mm)

2. Kontrol Jarak antar Tulangan Geser Balok

$$s \leq S_{max}$$
$$150,00 \text{ mm} \leq 180,00 \text{ mm} \dots\dots\dots \mathbf{OK !!}$$

3. Kontrol Geser Beton dan Baja Tulangan

Kuat geser beton :  $V_c = 1/6[(\sqrt{f_c'})/(bd)]$  114,77 (kN)

Kuat geser tualangan geser :  $V_s = (A_v \cdot F_y \cdot d)/s$  173,42 (kN)

4. Kuat Geser Nominal Balok

Kuat geser nominal balok :  $V_n = V_c + V_s$  288,19 (kN)

5. Kuat Geser Rencana Balok

Kuat geser rencana balok :  $V_r = \phi_s \cdot V_n$  216,14 (kN)

6. Gaya Geser Ultimate Balok

Kuat geser ultimate balok :  $V_u$  21,75 (kN)

KONTROL KUAT GESER RENCANA BALOK

$$V_r \leq V_u$$
$$216,14 \text{ kN} \leq 21,75 \text{ kN} \dots\dots\dots \mathbf{OK !!}$$

**Maka tulangan geser yang dipakai pada daerah tumpuan adalah : Ø 10 - 100**

d. Tulangan untuk Lapangan

1. Tulangan geser balok

Diameter sengkang :  $d_s$  10,00 (mm)

Luas penampang sengkang :  $A_v = 1(1/4 \pi d_s^2)$  157,08 (mm<sup>2</sup>)

Jarak antar sengkang :  $s$  150,00 (mm)

Jarak sengkang maksimum :  $S_{max}$  230,00 (mm)

2. Kontrol Jarak antar Tulangan Geser Balok

$$s \leq S_{max}$$
$$150,00 \text{ mm} \leq 230,00 \text{ mm} \dots\dots\dots \mathbf{OK !!}$$

3. Kontrol Geser Beton dan Baja Tulangan

Kuat geser beton :  $V_c = 1/6[(\sqrt{f_c'})/(bd)]$  114,77 (kN)

Kuat geser tualangan geser :  $V_s = (A_v \cdot F_y \cdot d)/s$  115,61 (kN)

4. Kuat Geser Nominal Balok

Kuat geser nominal balok :  $V_n = V_c + V_s$  230,38 (kN)

5. Kuat Geser Rencana Balok

Kuat geser rencana balok :  $V_r = \phi_s \cdot V_n$  172,79 (kN)

6. Gaya Geser Ultimate Balok

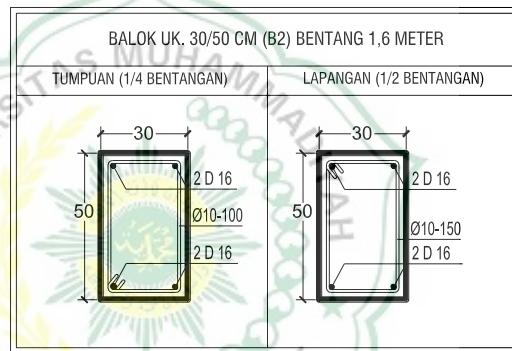
Kuat geser ultimate balok :  $V_u$  10,87 (kN)

KONTROL KUAT GESER RENCANA BALOK

$$V_r \leq V_u$$

$$172,79 \text{ kN} \leq 10,87 \text{ kN} \dots\dots\dots \text{OK !!}$$

**Maka tulangan geser yang dipakai pada daerah tumpuan adalah : Ø 10 - 150**



Gambar. 4.17 Desain tulangan geser balok 30 /50 cm, P.1,60 m.

6. Kolom Lantai 1 ( T : 400 cm )

a. Kolom Uk. 60/60 cm

1. Data Material Kolom :

- Kuat tekan beton :  $f_c'$  24,9 (MPa)
- Tegangan leleh baja :  $f_y$  (BjTs – 24) 240,00 (MPa)
- Faktor reduksi Geser :  $\phi_s$  0,75

2. Dimensi Kolom

- Lebar kolom :  $b$  600,0 (mm)
- Tinggi kolom :  $h$  600,0 (mm)
- Selimut beton :  $d'$  40,0 (mm)
- Tinggi efektif beton :  $d = h - d'$  570,0 (mm)

3. Tulangan Geser Kolom

Diameter sengkang	: ds	10,00 (mm)
Luas penampang sengkang	: $A_v = 2(1/4.\pi.ds^2)$	157,08 (mm <sup>2</sup> )
Jarak antar sengkang	: s	125,00 (mm)
Jarak sengkang maksimum	: $S^{\max}$	285,00 (mm)

4. Kontrol Jarak antar Tulangan Geser Kolom

$$s \leq S_{\max}$$

$$125,00 \text{ mm} \leq 285,00 \text{ mm} \dots\dots\dots \mathbf{OK !!}$$

5. Kuat Geser Beton dan Baja Tulangan

Kuat geser beton :  $V_c = 1/6[(\sqrt{f_c'})/(bd)]$  284,43 (kN)

Kuat geser tulangan geser:  $V_s = (A_v . F_y . d)/s$  171,91 (kN)

6. Kuat Geser Nominal Kolom

Kuat geser nominal kolom:  $V_n = V_c + V_s$  456,34 (kN)

7. Kuat Geser Rencana Kolom

Kuat geser rencana kolom:  $V_r = \phi_s . V_n$  342,25 (kN)

8. Gaya Geser Ultimate Kolom

Kuat geser ultimate kolom :  $V_u$  5,97 (kN)  
(dari hasil analisis struktur)

KONTROL KUAT GESER RENCANA KOLOM

$$V_r \geq V_u$$

$$342,25 \text{ kN} \geq 5,97 \text{ kN} \dots\dots\dots \mathbf{OK !!}$$

**Maka tulangan geser yang dipakai pada daerah tumpuan adalah : Ø 10 - 125**

**b. Kapasitas Kolom Lantai 1**

Diketahui data sebagai berikut,

b	=	600	mm
h	=	600	mm
D	=	19	mm (diameter tulangan)
F <sub>c</sub> '	=	24,9	MPa
F <sub>y</sub>	=	400	MPa
d	=	570	mm
d'	=	30	mm
n.tul	=	16	bh (jumlah tulangan)

$$y = 300 \text{ mm (h/2)}$$

1. Kapasitas maksimum ( $P_o$ ) dari kolom

$$\begin{aligned} P_o &= 0,85 \times f_c' (A_g - A_{st}) + A_{st} \times f_y \\ &= 0,85 \times f_c' (360000 - 4536,46) + 4536,46 \times 400 \\ &= 9337969,745 \text{ N} \\ &= 9337,969745 \text{ kN} \end{aligned}$$

2. Kekuatan nominal maksimum penampang kolom

$$\begin{aligned} P_n (\text{max}) &= 0,8 \times P_o \\ &= 0,8 \times 9337,9697 \\ &= 7470,3758 \text{ kN} \end{aligned}$$

Eksentrisitas minimum

$$\begin{aligned} E_{\min} &= 0,1 \times h \\ &= 0,1 \times 600 \\ &= 60 \text{ mm} \end{aligned}$$

3. Kuat Tekan Rencana Kolom

$$\begin{aligned} \phi P_n (\text{max}) &= \phi \times 0,8 \times P_o \\ &= 0,65 \times 0,8 \times P_o \\ &= 4855,7443 \text{ kN} \end{aligned}$$

4. Kapasitas penampang pada kondisi seimbang (balance)

$$\begin{aligned} P_{nb} &= 0,85 \times f_c' \times a_b \times b + A_s' + f_s' - A_s \times f_y \\ &= (f_s' = f_y) \\ &= 0,85 \times 24,9 \times \frac{0,85 \times 600 \times d \times 600}{600 + f_y} \\ &= 0,85 \times 24,9 \times \frac{0,85 \times 600 \times 570 \times 600}{600 + 400} \\ &= 3691599,3 \text{ N} \\ &= 3691,5993 \text{ kN} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} c_b &= \frac{600}{600 + f_y} \times d \\ &= \frac{600}{600 + 400} \times 710 \\ &= 342 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$a_b = 0,85 \times c_b$$



$$= 0,85 \times 342$$

$$= 290,7 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} f_s' &= E_s \times \epsilon_s' = 600 \times \left[ \frac{c - d'}{c} \right] \\ &= 600 \times \left[ \frac{342 - 30}{342} \right] \\ &= 547,36842 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} f_s &= E_s \times \epsilon_s = 600 \times \left[ \frac{d - c}{c} \right] \\ &= 600 \times \left[ \frac{570 - 342}{342} \right] \\ &= 400 \end{aligned}$$

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

$$= 1060843489 \text{ Nmm}$$

$$= 1060,843489 \text{ kNm}$$

Eksentrisitas pada kondisi seimbang

$$\begin{aligned} e_b &= \frac{M_{nb}}{P_{nb}} \\ &= 0,28736691 \text{ m} \\ &= 287,366911 \text{ mm} \end{aligned}$$

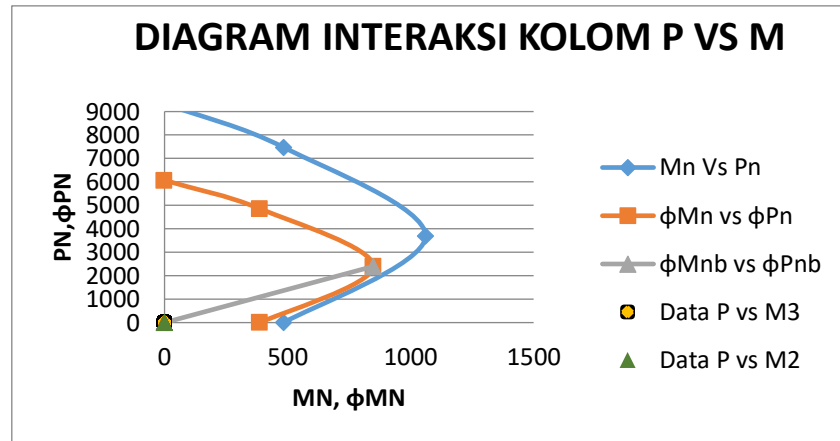
$$\phi \times P_{nb} = 2399,54 \text{ kN}$$

$$\phi \times M_{nb} = 848,6748 \text{ kNm}$$

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

$$\begin{aligned} M_n &= A_s \times f_y \left( d - \frac{0,59 \times A_s \times f_y}{f_c' \times b} \right) \\ &= 484,6480206 \text{ kNm} \end{aligned}$$

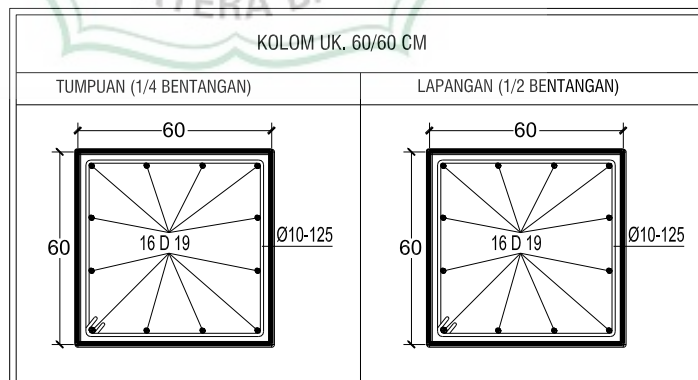
$$\phi M_n = 387,718416 \text{ kNm}$$



Gambar. 4.18. Grafik diagram interaksi kolom P vs M.

Dari diagram diatas dapat disimpulkan bahwa dengan perencanaan kolom ukuran 60x60cm dan jumlah tulangan 16 bh dengan diameter 19 ulir telah memadai untuk memikul beban yang bekerja pada kolom tersebut. Terlihat dari garis yang berwarna merah ( $\phi M_n$  vs  $\phi P_n$ ) merupakan beban yang harus dipikul oleh kolom dan garis yang berwarna biru ( $M_n$  vs  $P_n$ ) adalah daya dukung kolom terhadap beban, maka dengan dimensi kolom 60x60 cm dan tulangan D19 dengan jumlah 16 buah kolom tersebut telah mampu memikul beban yang bekerja pada gedung tersebut.

**Maka tulangan lentur yang dipakai pada kolom 60/60 cm adalah 16 – D19**



Gambar. 4.19. Desain penulangan kolom 60/60 dengan tinggi 4,00 m.

## 7. Kolom Lantai 1 ( T : 400 cm )

### a. Kolom Uk. 30/60 cm

#### 1. Data Material Kolom :

Kuat tekan beton	: $f_c'$	24,9 (MPa)
Tegangan leleh baja	: $f_y$ (BjTs – 24)	240,00 (MPa)
Faktor reduksi Geser	: $\phi_s$	0,75

#### 2. Dimensi Kolom

Lebar kolom	: $b$	300,0 (mm)
Tinggi kolom	: $h$	600,0 (mm)
Selimit beton	: $d'$	30,0 (mm)
Tinggi efektif beton	: $d = h - d'$	570,0 (mm)

#### 3. Tulangan Geser Kolom

Diameter sengkang	: $d_s$	10,00 (mm)
Luas penampang sengkang	: $A_v = 2(1/4 \cdot \pi \cdot d_s^2)$	157,08 (mm <sup>2</sup> )
Jarak antar sengkang	: $s$	150,00 (mm)
Jarak sengkang maksimum	: $S^{\max}$	285,00 (mm)

#### 4. Kontrol Jarak antar Tulangan Geser Kolom

$$s \leq S_{\max}$$
$$125,00 \text{ mm} \leq 285,00 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{OK !!}$$

#### 5. Kuat Geser Beton dan Baja Tulangan

Kuat geser beton	: $V_c = 1/6[(\sqrt{f_c'})/(bd)]$	142,21 (kN)
Kuat geser tulangan geser:	$V_s = (A_v \cdot F_y \cdot d)/s$	143,26 (kN)

#### 6. Kuat Geser Nominal Kolom

$$\text{Kuat geser nominal kolom: } V_n = V_c + V_s \quad 285,47 \text{ (kN)}$$

#### 7. Kuat Geser Rencana Kolom

$$\text{Kuat geser rencana kolom: } V_r = \phi_s \cdot V_n \quad 214,10 \text{ (kN)}$$

#### 8. Gaya Geser Ultimate Kolom

$$\text{Kuat geser ultimate kolom : } V_u \quad 6,09 \text{ (kN)}$$

(dari hasil analisis struktur)

#### KONTROL KUAT GESER RENCANA KOLOM

$$V_r \geq V_u$$
$$214,10 \text{ kN} \geq 6,09 \text{ kN} \dots\dots\dots \text{OK !!}$$

**Maka tulangan geser yang dipakai pada daerah tumpuan adalah : Ø 10 - 150**

## b. Kapasitas Kolom Lantai 1

Diketahui data sebagai berikut,

$$\begin{aligned}b &= 300 \text{ mm} \\h &= 600 \text{ mm} \\D &= 16 \text{ mm} \quad (\text{diameter tulangan}) \\F_c' &= 24,9 \text{ MPa} \\F_y &= 400 \text{ MPa} \\d &= 570 \text{ mm} \\d' &= 30 \text{ mm} \\n.tul &= 1 \quad bh \quad (\text{jumlah tulangan}) \\y &= 300 \text{ mm} \quad (h/2)\end{aligned}$$

### 6. Kapasitas maksimum ( $P_o$ ) dari kolom

$$\begin{aligned}P_o &= 0,85 \times f_c' (A_g - A_{st}) + A_{st} \times f_y \\&= 0,85 \times f_c' (180000 - 2835,28) + 4536,46 \times 400 \\&= 4883806,091 \text{ N} \\&= 4883,806091 \text{ kN}\end{aligned}$$

### 7. Kekuatan nominal maksimum penampang kolom

$$\begin{aligned}P_n (\text{max}) &= 0,8 \times P_o \\&= 0,8 \times 4883,806 \\&= 3907,0449 \text{ kN}\end{aligned}$$

Eksentrisitas minimum

$$\begin{aligned}E_{\min} &= 0,1 \times h \\&= 0,1 \times 600 \\&= 60 \text{ mm}\end{aligned}$$

### 8. Kuat Tekan Rencana Kolom

$$\begin{aligned}\phi P_n (\text{max}) &= \phi \times 0,8 \times P_o \\&= 0,65 \times 0,8 \times P_o \\&= 2539,5792 \text{ kN}\end{aligned}$$

### 9. Kapasitas penampang pada kondisi seimbang (balance)

$$\begin{aligned}P_{nb} &= 0,85 \times f_c' \times a_b \times b + A_s' + f_s' - A_s \times f_y \\&= (f_s' = f_y) \\&= 1845799,65 \text{ N}\end{aligned}$$

$$= 1845,79965 \text{ kN}$$

$$\mathbf{Mnb} = \mathbf{Pnb} \times \mathbf{e_b}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{c_b} &= \frac{600}{600 + f_y} \times \mathbf{d} \\ &= \frac{600}{600 + 400} \times 710 \\ &= 342 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{a_b} &= 0,85 \times \mathbf{c_b} \\ &= 0,85 \times 342 \\ &= 290,7 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{f_s'} &= \mathbf{E_s} \times \mathbf{E's} = 600 \times \left[ \frac{\mathbf{c} - \mathbf{d'}}{\mathbf{c}} \right] \\ &= 600 \times \left[ \frac{342 - 30}{342} \right] \\ &= 547,36842 \end{aligned}$$

$$\mathbf{f_s'} \geq \mathbf{f_y} \quad \mathbf{f_s'} = \mathbf{f_y} = 400$$

$$\begin{aligned} \mathbf{f_s} &= \mathbf{E_s} \times \mathbf{E's} = 600 \times \left[ \frac{\mathbf{d} - \mathbf{c}}{\mathbf{c}} \right] \\ &= 600 \times \left[ \frac{570 - 342}{342} \right] \\ &= 400 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{Mnb} &= 0,85 \times \mathbf{f_c'} \times \mathbf{a_b} \times \mathbf{b} \times \left( \mathbf{y} - \mathbf{a_b}/2 \right) + \mathbf{A_s'} \times \mathbf{f_s'} \times \\ &\quad \left( \mathbf{h}/2 - \mathbf{d'} \right) + \mathbf{A_s} \times \mathbf{f_s} \left( \mathbf{d} - \mathbf{y} \right) \\ &= 591663951,8 \text{ Nmm} \\ &= 591,6639518 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Eksentrisitas pada kondisi seimbang

$$\begin{aligned} \mathbf{e_b} &= \frac{\mathbf{Mnb}}{\mathbf{Pnb}} \\ &= 0,32054614 \text{ m} \\ &= 320,54614 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\phi \times \mathbf{Pnb} = 1199,77 \text{ kN}$$

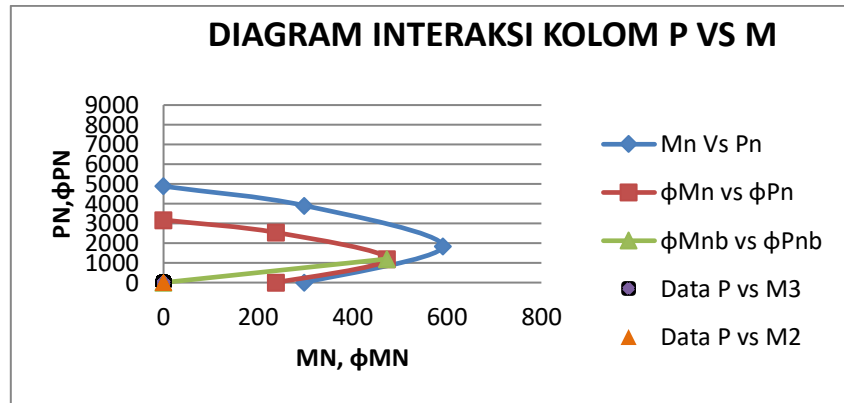
$$\phi \times \mathbf{Mnb} = 473,312 \text{ kNm}$$

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

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

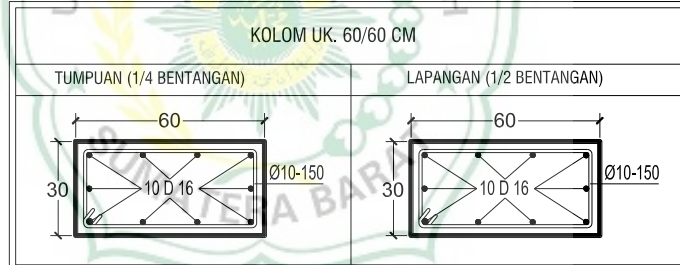
$$= 297,825576 \text{ kNm}$$

$$\phi \mathbf{Mn} = 238,260461 \text{ kNm}$$



Gambar. 4.20. Grafik diagram interaksi kolom P vs M.

Dari diagram diatas dapat disimpulkan bahwa dengan perencanaan kolom ukuran 30x60cm dan jumlah tulangan 10bh dengan diameter 16 ulir telah memadai untuk memikul beban yang bekerja pada kolom tersebut. Terlihat dari garis yang berwarna merah ( $\phi M_n$  vs  $\phi P_n$ ) merupakan beban yang harus dipikul oleh kolom dan garis yang berwarna biru ( $M_n$  vs  $P_n$ ) adalah daya dukung kolom terhadap beban, maka dengan dimensi kolom 30x60 cm dan tulangan D16 dengan jumlah 10 buah kolom tersebut telah mampu memikul beban yang bekerja pada gedung tersebut.



Gambar. 4.21. Desain penulangan kolom 30/60 dengan tinggi 4,00 m.



Tabel. 4.19 Hasil perhitungan penulangan kolom dan balok pada lantai 2 – lantai 3

No.	Type Penampang	Bentangan (L)	Tulangan Lentur		Tulangan Geser	
			Tulangan Tarik	Tulangan Tekan	Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan
<b>A. Lantai 2</b>						
1.	Balok B1 40/60 cm	7 m	6 D19	3 D19	Ø10-100	Ø10-150
		5 m	4 D19	3 D19	Ø10-100	Ø10-150
		3,5 m	3 D19	2 D19	Ø10-100	Ø10-150
2.	Balok B2 30/50 cm	5 m	4 D16	2 D16	Ø10-100	Ø10-150
		1,6 m	2 D16	2 D16	Ø10-100	Ø10-150
3.	Kolom K1 60/60 cm	6 m	-	16 D19	Ø10-125	Ø10-125
4.	Kolom K2 30/60 cm	6 m	-	10 D16	Ø10-150	Ø10-150
<b>B. Lantai 3</b>						
1.	Balok B1 40/60 cm	7 m	5 D19	3 D19	Ø10-100	Ø10-150
		5 m	3 D19	2 D19	Ø10-100	Ø10-150
		3,5 m	2 D19	2 D19	Ø10-100	Ø10-150
2.	Balok B2 30/50 cm	5 m	2 D16	2 D16	Ø10-100	Ø10-150
		1,6 m	2 D16	2 D16	Ø10-100	Ø10-150
3.	Balok B3 20/30 cm	5 m	3 D13	2 D13	Ø10-100	Ø10-120
		3,5 m	3 D13	2 D13	Ø10-100	Ø10-120
4.	Kolom K1 60/60 cm	4 m	-	16 D19	Ø10-125	Ø10-125
5.	Kolom K2 30/60 cm	4 m	-	10 D16	Ø10-150	Ø10-150
6.	Kolom K3 20/30 cm	6 m	-	6 D12	Ø10-125	Ø10-125

Sumber : Perhitungan tulangan

Metode perhitungan tulangan balok dan kolom lantai 2 sampai lantai 3 sama dengan perhitungan pada lantai 1.

#### 4.6.2. Perhitungan Tulangan Pelat Dak dan Pelat Lantai

##### A. Pembebanan pada Pelat Dak

###### Beban Mati

Berat Jenis Beton	=	2400	kg/m <sup>3</sup>
Tebal Pelat Lantai	=	0,12	m
Waterproofing	=	14	kg/m <sup>2</sup>
MEP	=	25	kg/m <sup>2</sup>
Spesi per cm tebal	=	21	kg/m <sup>2</sup>
Plafond	=	20	kg/m <sup>2</sup>

###### Beban Mati pada Pelat Lantai

Beton	=	288	kg/m <sup>2</sup>
Waterproofing	=	14	kg/m <sup>2</sup>
MEP	=	25	kg/m <sup>2</sup>
Spesi tebal 2 cm	=	42	kg/m <sup>2</sup>
Plafond	=	20	kg/m <sup>2</sup>
<b>Total</b>	=	<b>389</b>	<b>kg/m<sup>2</sup></b>

**Beban Hidup** = **100** kg/m<sup>2</sup>

--> ambil beban hidup maksimum

**Beban Ultimate (Qu)** = **658,8** kg/m<sup>2</sup>

Selimit Beton (d)	=	30	mm
Tebal Plat	=	120	mm
fc'	=	24,9	Mpa
fy	=	240	Mpa
Tulangan Pokok, D	=	10	mm

###### Tinggi efektif tulangan

dx	=	85	mm
dy	=	75	mm

Qu	=	658,8	kg/m <sup>2</sup>
	=	6,462828	kN/m <sup>2</sup>

Sisi pendek, Lx	=	5	m
Sisi panjang, Ly	=	7	m

Ly/Lx	=	1,4
-------	---	-----

Nilai Koefisien Momen berdasarkan Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang (CUR Seri Beton 4) hal. 26 dengan "Cara Interpolasi"

$$\begin{aligned} C_x &= 34 \\ C_y &= 18 \end{aligned}$$

Momen-momen yang Bekerja pada Pelat

$$\begin{aligned} M_{ulx} &= 7,27068 \text{ kN.m} \\ M_{uly} &= 8,23364 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} M_{ulx} &= 7,27068 \text{ kNm} \\ M_u/\phi &= 9,08835 \text{ kNm} \\ m &= 11,3394 \end{aligned}$$

Koefisien Ketahanan ( $R_n$ ) diambil nilai b tiap 1000 mm

$$R_n = 1,25790 \text{ Mpa}$$

Rasio Tulangan

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= 0,00583 \\ \rho_b &= 0,05354 \\ \rho_{\max} &= 0,04015 \\ \rho_{\text{aktual}} &= 0,00540 \\ 1,33 * \rho_{\text{aktual}} &= 0,00719 \\ \rho_{\text{pakai}} &= \mathbf{0,00540} \\ A_s \text{ perlu} &= 459,597 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak antar Tulangan

$$s = 170,801 \text{ mm}$$

Syarat

$$\begin{aligned} s \leq 2h & \text{ OK} \\ s \leq 210 & \text{ OK} \end{aligned}$$

**Maka dipilih s terkecil yaitu 170 mm**

Kontrol terhadap kapasitas momen ( $M_n$ )

$$\begin{aligned} A_s \text{ ada} &= 459,597 \text{ mm}^2 \\ a &= 5,2115 \text{ mm} \\ M_n &= 9,0884E+12 \text{ kNm} \\ M_u/\phi &= 9,08835188 \end{aligned} \quad \mathbf{Aman}$$

**Perencanaan Tulangan Arah Muly = - Muty**

Muly	=	8,23364287	kNm
Mu/φ	=	10,2920536	kNm
m	=	11,33947555	

Koefisien Ketahanan (Rn) diambil nilai b tiap 1000 mm

Rn	=	1,82969842	Mpa
----	---	------------	-----

Rasio Tulangan

ρ min	=	0,00583333	
ρb	=	0,05354241	
ρ maks	=	0,04015681	
ρ aktual	=	0,00798527	
1.33*ρ aktual	=	0,01062041	

<b>ρ pakai</b>	<b>=</b>	<b>0,00798527</b>	
----------------	----------	-------------------	--

As perlu	=	598,895382	mm <sup>2</sup>
----------	---	------------	-----------------

Jarak antar Tulangan

s	=	131,074646	mm
---	---	------------	----

Syarat

s ≤ 2h	=	OK	
--------	---	----	--

s ≤ 210	=	OK	
---------	---	----	--

**Maka dipilih s terkecil yaitu 130 mm**

Kontrol terhadap kapasitas momen (Mn)

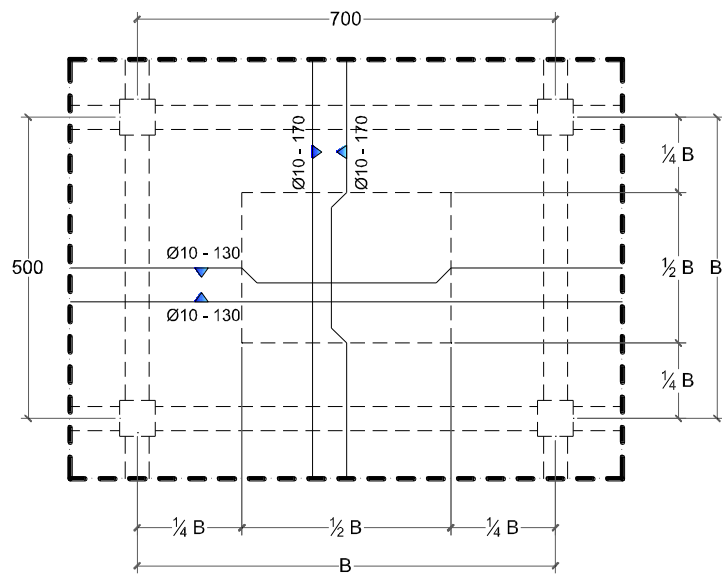
As ada	=	598,895382	mm <sup>2</sup>
--------	---	------------	-----------------

a	=	6,79115954	mm
---	---	------------	----

Mn	=	1,1843E+13	kNm
----	---	------------	-----

Mu/φ	=	10,2920536	<b>Aman</b>
------	---	------------	-------------

Maka tulangan yang dipakai	=	Arah x =	Ø 10	-	170
	=	Arah y =	Ø 10	-	130



Gambar 4.22. Desain penulangan pelat dak.



## B. Pembebanan pada Pelat Lantai

### Beban Mati

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

### Beban Mati pada Pelat Lantai

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

**Beban Hidup** = **400 kg/m<sup>2</sup>**

--> ambil beban hidup maksimum

**Beban Ultimate (Qu)** = **1118,8 kg/m<sup>2</sup>**

Selimut Beton (d)	=	30	mm
Tebal Plat	=	120	mm
fc'	=	24,9	Mpa
fy	=	240	Mpa
Tulangan Pokok, D	=	10	mm

Tinggi efektif tulangan

dx	=	85	mm
dy	=	75	mm

Qu	=	1118,8	kg/m <sup>2</sup>
	=	10,975428	kN/m <sup>2</sup>

Sisi pendek, Lx = 5 m

Sisi panjang, Ly = 7 m

Ly/Lx = 1,4

Nilai Koefisien Momen berdasarkan Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang (CUR Seri Beton 4) hal. 26 dengan "Cara Interpolasi"



$$\begin{aligned} C_x &= 34 \\ C_y &= 18 \end{aligned}$$

Momen-momen yang Bekerja pada Pelat

$$\begin{aligned} M_{lx} &= 9,3291138 \text{ kN.m} \\ M_{ly} &= 9,6803275 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

**Perencanaan Tulangan Arah  $M_{lx} = - M_{tx}$**

$$\begin{aligned} M_{lx} &= 9,3291138 \text{ kNm} \\ M_u/\phi &= 11,6613923 \text{ kNm} \\ m &= 11,3394755 \end{aligned}$$

Koefisien Ketahanan ( $R_n$ ) diambil nilai  $b$  tiap 1000 mm

$$R_n = 1,61403353 \text{ Mpa}$$

Rasio Tulangan

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= 0,00583 \\ \rho_b &= 0,05354 \\ \rho_{\max} &= 0,04016 \\ \rho_{\text{aktual}} &= 0,00700 \\ 1,33 \cdot \rho_{\text{aktual}} &= 0,00931 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = \mathbf{0,00700}$$

$$A_s \text{ perlu} = 595,273008 \text{ mm}^2$$

Jarak antar Tulangan

$$s = 131,872265 \text{ mm}$$

Syarat

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

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

**Maka dipilih  $s$  terkecil yaitu  $\mathbf{130}$  mm**

Kontrol terhadap kapasitas momen ( $M_n$ )

$$\begin{aligned} A_s \text{ ada} &= 595,273008 \text{ mm}^2 \\ a &= 6,75008372 \text{ mm} \\ M_n &= 1,1661E+13 \text{ kNm} \\ M_u/\phi &= 11,6613923 \end{aligned}$$

**Aman**

**Perencanaan Tulangan Arah  $M_{ly} = - M_{ty}$**

$$\begin{aligned} Muly &= 9,6803275 \text{ kNm} \\ Mu/\phi &= 12,1004094 \text{ kNm} \\ m &= 11,3394755 \end{aligned}$$

Koefisien Ketahanan ( $R_n$ ) diambil nilai  $b$  tiap 1000 mm

$$R_n = 2,15118389 \text{ Mpa}$$

Rasio Tulangan

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= 0,005833333 \\ \rho_b &= 0,053542411 \\ \rho_{\max} &= 0,040156808 \\ \rho_{\text{aktual}} &= 0,00947194 \\ 1.33 \cdot \rho_{\text{aktual}} &= 0,01259768 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,00947194$$

$$A_s \text{ perlu} = 710,395646 \text{ mm}^2$$

Jarak antar Tulangan

$$s = 110,501803 \text{ mm}$$

Syarat

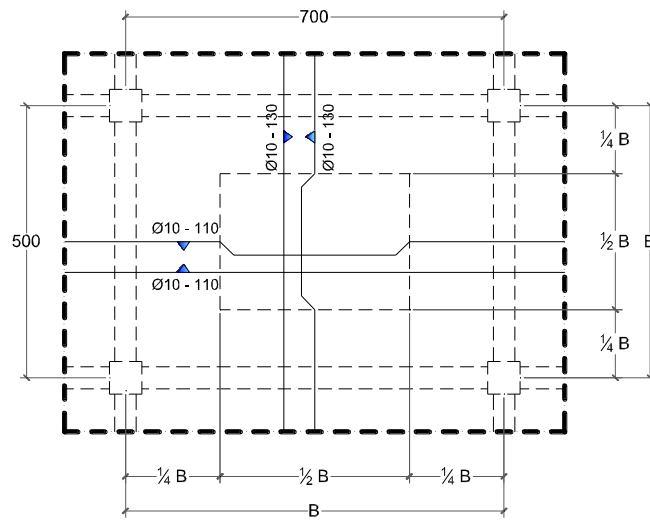
$$\begin{aligned} s \leq 2h & \text{ OK} \\ s \leq 240 & \text{ OK} \end{aligned}$$

**Maka dipilih  $s$  terkecil yaitu 110 mm**

Kontrol terhadap kapasitas momen ( $M_n$ )

$$\begin{aligned} A_s \text{ ada} &= 710,395646 \text{ mm}^2 \\ a &= 8,05551405 \text{ mm} \\ M_n &= 1,3917E+13 \text{ kNm} \\ Mu/\phi &= 12,1004094 \end{aligned} \quad \textbf{Aman}$$

Maka tulangan yang dipakai	=	Arah x =	Ø 10	-	130
	=	Arah y =	Ø 10	-	110



Gambar 4.23. Desain penulangan pelat lantai.



#### 4.6.3. Analisa Daya Dukung Pondasi

Asumsi-asumsi yang digunakan dalam perencanaan gedung ini

a. Beban mati yang digunakan :

1. Beton bertulang =  $2400 \text{ kg/m}^3$
2. Spesi dengan tebal 3 cm =  $2100 \text{ kg/m}^3$
3. Pasangan bata merah tebal setengah batu =  $250 \text{ kg/m}^2$
4. Plafon dan pengantung =  $20 \text{ kg/m}^2$
5. Lantai Keramik =  $24 \text{ kg/m}^2$

b. Beban hidup yang digunakan pada gedung :

1. Beban hidup lantai (Masjid) =  $400 \text{ kg/m}^2$
2. Beban hidup dak =  $120 \text{ kg/m}^2$

#### 1. Perhitungan Pembebanan

a. Pembebanan lantai 3

Tabel 4.20 Pembebanan pada lantai 3

Jenis Beban	Tebal (m)	tinggi (m)	lebar (m)	panjang (m)	Luas (m <sup>2</sup> )	Beban		Berat (kg)
						(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>2</sup> )	
<b>MATI</b>								
1 Beban Dak Beton	0,12				423,45	2400		121.955
2 Balok B1 60x40		0,6	0,4	150,4		2400		86.630
3 Balok B2 50x30		0,5	0,3	70,8		2400		25.488
4 Kolom 60x60		92	0,6	0,6		2400		79.488
5 Kolom 30x60		24	0,3	0,6		2400		10.368
6 Beban Spesi	0,02				423,45		21	178
7 Beban Dinding		3,4		846,907			250	719.871
8 Plafon					423,45		20	8.469
9 Waterproofing					423,45		13	5.505
10 MEP					423,45		30	12.704
11 Beban Kubah Masjid								
a. Enamel	0,10	2,8		7		2400		4.704
12 Menara Masjid								
a. Kolom 20/30		0,2	0,3	72		2400		10.368
b. Balok 20/30		0,2	0,3	76		2400		10.944
c. Beban Dinding / Bata		9,6		38			250	45.600
<b>HIDUP</b>								
1 Beban Orang					423,45		100	42.345
							<b>TOTAL</b>	<b>1.184.617</b>

b. Pembebanan lantai 2

Tabel 4.21 Pembebanan pada lantai 2

Jenis Beban	Tebal	tinggi	lebar	panjang	Luas (m <sup>2</sup> )	Beban			Berat
	(m)	(m)	(m)	(m)		(kg/m <sup>2</sup> )	(kg/m <sup>2</sup> )	(kg/m)	(kg)
<b>MATI</b>									
1	Beban Dak Beton	0,12			423,45	2400			121.955
2	Balok B1 60x40		0,6	0,4	150,4	2400			86.630
3	Balok B2 50x30		0,5	0,3	70,8	2400			25.488
4	Kolom 60x60		92	0,6	0,6	2400			79.488
5	Kolom 30x60		24	0,3	0,6	2400			10.368
6	Beban Spesi	0,02			423,45		21		178
7	Beban Dinding		3,4		846,907		250		719.871
8	Plafon				423,45		20		8.469
9	MEP				423,45		30		12.704
<b>HIDUP</b>									
1	Beban Orang				423,45		400		169.381
								<b>TOTAL</b>	<b>1.234.532</b>

c. Pembebanan lantai 1

Tabel 4.22 Pembebanan pada lantai 1

Jenis Beban	Tebal	tinggi	lebar	panjang	Luas (m <sup>2</sup> )	Beban			Berat
	(m)	(m)	(m)	(m)		(kg/m <sup>2</sup> )	(kg/m <sup>2</sup> )	(kg/m)	(kg)
<b>MATI</b>									
1	Beban Dak Beton	0,12			423,45	2400			121.955
2	Balok B1 60x40		0,6	0,4	150,4	2400			86.630
3	Balok B2 50x30		0,5	0,3	70,8	2400			25.488
4	Kolom 60x60		92	0,6	0,6	2400			79.488
5	Kolom 30x60		24	0,3	0,6	2400			10.368
6	Sloof 30x50		0,5	0,3	150,4	2400			54.144
7	Beban Spesi	0,02			423,45		21		178
8	Beban Dinding		3,4		846,907		250		719.871
9	Plafon				423,45		20		8.469
10	MEP				423,45		30		12.704
<b>HIDUP</b>									
1	Beban Orang				423,45		400		169.381
								<b>TOTAL</b>	<b>1.288.676</b>

Jadi, berat sendiri Masjid ini adalah :



$$= 1.184.617 + 1.235.532 + 1.288.676$$

$$= 3.707.825 / 29 \text{ titik Pondasi} = \mathbf{127.856 \text{ untuk 1 Titik Pondasi}}$$

### 4.6.3. Daya Dukung Pondasi Sumuran

#### A. Data Tanah

##### 1. Data Sondir Tanah

 <b>LABORATORIUM PENGUJIAN TANAH</b> <b>JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK</b> <b>UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT</b> 						
Laporan No	:27/LS-FTUMSB/X-2020			Dikerjakan	: Team sondir FT UM SB Bkt	
Pekerjaan	:Panitia Pembangunan Masjid Wustha			Dihitung	: Muhammad. Taufiq, ST	
				Diperiksa	: Deddy Kurniawan, ST. MT	
<b>UJI PENETRASI LAPANGAN DENGAN SONDIR</b>						
Kedalaman MT (m)	Perlawanan Penetrasi Konus(PK) (Kg/cm2)	Jumlah Perlawanan (JP) (Kg/cm2)	Hambatan Lekat HL = JP-PK (kg/cm2)	HL x 20/10 (Kg/cm2)	Jumlah Hambatan Lekat (JHL) (Kg/cm2)	Hambatan Setempat HS = HL/10 (Kg/cm2)
0,00	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0
40	0	0	0	0	0	0
60	5	7	2	4	2	0,4
80	5	7	2	4	4	0,4
1 m	5	10	5	10	9	1
20	5	10	5	10	14	1
40	5	10	5	10	19	1
60	5	10	5	10	24	1
80	5	10	5	10	29	1
2 m	10	15	5	10	34	1
20	10	15	5	10	39	1
40	10	15	5	10	44	1
60	10	15	5	10	49	1
80	10	20	10	20	54	2
3 M	25	40	15	30	64	3
20	50	65	15	30	69	3
40	80	85	5	10	69	1
60	80	85	5	10	74	1
80	100	110	10	20	79	2
4 M	100	110	10	20	84	2
20	120	125	10	20	89	2
40	120	130	10	20	94	2
60	145	155	10	20	94	2
80	145	155	10	20	94	2
5 M	150	160	10	20	94	2
Keterangan :			No titik	: Tiga (3)	No Alat	
			Muka Tanah	: 0,00	Sondir	
			M. A. T		Manometer	
			Kedalaman		Sondir datar	
*) Jumlah Hambatan Setempat setiap 20 cm						

Gambar. 4.24. Tabel uji penetrasi tanah dengan sondir.

Sumber : Panitia Pembangunan Masjid Wustha

##### 2. Dasar Pemilihan data

- Bacaan manometer konus cenderung stabil atau naik.
- Diasumsikan lapisan memiliki ketebalan yang cukup.
- Diambil nilai terbesar antara kedua data sondir.

- Maka diambil data sondir 3 sebagai berikut :

$$\text{Kedalaman tanah} = 3,00 \quad \text{m}$$

$$\text{Nilai konus, } q_c = 25,00 \text{ Kg/cm}^2 = 250.000 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Hambatan lekat, } h_l = 15,00 \text{ kg/cm}^2 = 150.000 \text{ Kg/m}^2$$



## B. DATA STRUKTUR

$$\text{Beban bangunan, } P_b = 127.856 \text{ kg} = 12.785,60 \text{ kN}$$

$$\text{Berat sendiri sumuran, } P_s = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times W_s \times L$$

$$W_s = \text{Berat isi sumuran} = 2.200 \text{ kg/m}^3$$

$$D = \text{diameter sumuran} = 1.18 \text{ m}$$

$$L = \text{Kedalaman} = 3,00 \text{ m}$$

$$P_s = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times W_s \times L$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 1,18^2 \times 2.200 \times 3$$

$$= 7.214,02 \text{ kg}$$

$$\text{Total berat struktur, } P = P_b + P_s$$

$$= 127.856 + 7.214,02 \text{ Kg}$$

$$= 135.070,07 \text{ kg}$$

$$= 135,07 \text{ ton}$$

## C. DATA RENCANA SUMURAN

$$\text{Diameter sumuran, } D = 1,18 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman sumuran, } L = 3,00 \text{ m}$$

## D. PERHITUNGAN DAYA DUKUNG PONDASI

Persyaratan teknis :

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

$$Q_{all} = (Q_b / FK_b) + (Q_s / FK_s)$$

Dimana :

$$Q_{ult} = \text{Daya dukung batas} \quad (\text{kg/m}^2)$$

$$Q_b = A_h \times q_c \quad (\text{kg})$$

$$A_h = \text{Luas penampang sumuran} \quad (\text{m}^2)$$

$$q_c = \text{Nilai konus} \quad (\text{kg/m}^2)$$

$$Q_s = A_s \times q_b \quad (\text{kg})$$

$$A_s = \text{Luas selimut sumuran} \quad (\text{m}^2)$$

$$Q_{all} = \text{Daya dukung izin} \quad (\text{kg/m}^2)$$

$$FK_b = \text{Faktor keamanan} \quad Q_b = 3$$

$$FK_s = \text{Faktor keamanan} \quad Q_s = 5$$

$$\begin{aligned} \mathbf{A_h} &= \frac{1}{4} \times \pi \times \mathbf{D^2} \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 1,18^2 \\ &= 1,09 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{Q_b} &= \mathbf{A_h} \times \mathbf{q_c} \\ &= 1,09 \times 250.000 \\ &= 273.258,50 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{A_s} &= \pi \times \mathbf{D} \times \mathbf{L} \\ &= 3,14 \times 1,18 \times 3,00 \\ &= 11,12 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{Q_s} &= \mathbf{A_s} \times \mathbf{Q_b} \\ &= 11,12 \times 273.258,50 \text{ kg} \\ &= 3.037.432 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{Q_{ult}} &= \mathbf{Q_b} + \mathbf{Q_s} \\ &= 273.258,50 + 3.037.432 \\ &= 3.310.690 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{Q_{all}} &= (\mathbf{Q_b} / 3) + (\mathbf{Q_s} / 5) \\ &= 91.086,17 + 3.037.432,18 \\ &= 698.572,60 \text{ kg} \\ &= 698,572 \text{ ton} \end{aligned}$$

Kontrol daya dukung :

<b>P</b>	<b>≤</b>	<b>Q<sub>all</sub></b>
<b>135,070 ton</b>	<b>≤</b>	<b>698,572 ton OK !!</b>

#### 4.6.5. Perhitungan Penurunan Pondasi

$$S_c = \frac{C_c \times H_c}{1 + e_0} \times \log \frac{P_0 + \Delta P}{P_0}$$

Dimana :

$S_c$  = penurunan konsolidasi

$C_c$  = koefisien pemampatan

$E_0$  = angka pori

$P_0$  = tegangan efektif

$\Delta P$  = beban ultimit

$H_c$  = lapisan tanah

$$S_c = \frac{0,05 \times 10}{1 + 0,5} \times \log \frac{200 + 683,745}{200}$$

$$S_c = \frac{0,5}{1,5} \times \log 4,41$$

$$S_c = 0,033 \times \log 4,41$$

$$S_c = 0,021 \text{ m}$$

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

Syarat :

$$S \text{ ijin} \geq S_c$$

$$2,5 \text{ cm} \geq 2,1 \text{ cm} \dots\dots\dots \text{OK !!}$$



## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Dalam pembahasan skripsi ini maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dari Perencanaan dan perhitungan tulangan pada penampang struktur yang dihitung, penulis menyimpulkan dimensi penampang struktur yang diperoleh sudah cukup aman dan dapat dilaksanakan pembangunan.
2. Hasil perhitungan tulangan yang diperoleh penulis sesuai dengan tabel berikut,

*Tabel. 5.1 Daftar penampang struktur Masjid.*

NO.	DATA PERHITUNGAN
1	Lantai 1 <ul style="list-style-type: none"><li>- Balok Utama 40 x 60 cm</li><li>- Balok Anak 30 x 50 cm</li><li>- Kolom K1 60 x 60 cm</li><li>- Kolom K2 30 x 60 cm</li></ul>
	Pelat lantai tebal 12 cm
2	Lantai 2 <ul style="list-style-type: none"><li>- Balok Utama 40 x 60 cm</li><li>- Balok Anak 30 x 50 cm</li><li>- Kolom K1 60 x 60 cm</li><li>- Kolom K2 30 x 60 cm</li></ul>
	Pelat lantai tebal 12 cm
3	LANTAI 3 <ul style="list-style-type: none"><li>- Balok Utama 40 x 60 cm</li><li>- Balok Anak 30 x 50 cm</li><li>- Kolom K1 60 x 60 cm</li><li>- Kolom K2 30 x 60 cm</li></ul>
	Dak Beton tebal 12 cm

3. Dari perhitungan kapasitas daya dukung pondasi sumuran yang dihitung berdasarkan data sondir maka dapat diperoleh hasil-hasil perhitungan sebagai berikut :

*Tabel 5.2 Hasil Dimensi Sumuran*

NO	Perencanaan
1.	Diameter Sumuran 100 cm
2.	Kedalaman Sumuran 300 cm
3.	Tebal Buis Beton Sumuran 9 cm
4.	Mutu Beton K- 300

## 5.2 Saran

1. Pada program SAP2000, untuk menginputkan beban-beban yang diasumsikan akan dipikul oleh struktur bangunan, penulis menyarankan agar lebih teliti sehingga hasil yang diperoleh lebih akurat secara analisis, maupun logika.
2. Sebelum melakukan pekerjaan sebaiknya struktur tanah yang ada benar di uji dengan seksama, juga diperhatikan kegunaan dari bangunan itu sendiri karena pondasi adalah struktur bangunan yang sangat vital untuk menahan beban ultimate.
3. Saran umum dari penulisan yaitu untuk lebih memahami dan memperdalam pengetahuan tentang momen atau pengetahuan lainnya tentang ilmu teknik sipil, sebaiknya dalam perkuliahan mata kuliah teknik pondasi sedapat mungkin mengadakan pratikum atau studi lapangan (khususnya untuk jenis pondasi dalam).
4. Sebelum merencanakan suatu bangunan gedung sebaiknya didahului dengan studi kelayakan agar pada perhitungan struktur nantinya dapat diperoleh hasil perencanaan yang memuaskan baik dari segi mutu, biaya, maupun waktu.

## DAFTAR PUSTAKA

- Apriani, Widya, 2016, dalam Jurnal *Pelatihan SAP2000 Dalam Perencanaan Konstruksi Gedung Beton Bertulang dan Baja Tahan Gempa Berdasarkan SNI 03-1726-2012* , Padang.
- Badan Standarisasi Nasional. 2014. *Baja Tulangan Beton*, SK SNI 2052 : 2013.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lantai*, SK SNI 1727 : 2013.
- Badan Standarisasi Nasional. 2011. *Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Selinder*, SK SNI 1974 : 2013.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1991. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Bangunan Gedung*, SK SNI T-15-1991-03. Bandung. Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan
- Departemen Pekerjaan Umum. 2002. *Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung*, SNI-1726. 2002. Jakarta. Yayasan Badan Penerbit PU
- Dipohusodo, Istimawan. 1999. *Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03*. Jakarta. Gramedia
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. 1984. *Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia*. Bandung. Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan
- Dewobroto, Wiryanto. 2013. dalam Jurnal *Metoda Cross dan SAP2000, teliti mana?* , Universitas Semarang, Semarang.
- Gideon Kusuma, Takim Andriono, 1993, *Desain Struktur Rangka Beton Bertulang di Daerah Rawan Gempa*, Erlangga, Jakarta.



Hamdi, Fakhрил, 2016. dalam Jurnal *Analisis dan Evaluasi Struktur Atas Gedung Fakultas Ekonomi dan Manajemen IPB Terhadap Faktor Gempa Berdasarkan SNI 1727:2013*, Universitas IPB, Bandung.

Masagala, Algazt Arsyad. 2016. Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa Berlantai 4: Studi Kasus gedung Baru Kampus I Universitas Teknologi Yogyakarta dalam *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik Volume 19 No. 1* (hlm 80-89).

Peraturan Beton Bertulang Indonesia, 1971.

Purnomo, Endi, 2010, *Kajian Struktur Balok Dan Plat Beton Bertulang “Gedung Layanan Akademik Fakultas Teknik Uny” Berdasarkan Sni 03-2847-2002*, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.

Sutanto, Febri. 2016. *Analisa Perhitungan Struktur Bangunan Gedung Head Office Dan Showroom Yamaha Pontianak*, Pontianak.

Tjokrodinuljo, Kardiyono, Ir, ME, 1992, *TEKNOLOGI BETON*, Buku ajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta

