

# HAKI\_RANCANG\_BANGUN\_BE RBASIS\_SAP\_2000-anita.pdf

*by*

---

**Submission date:** 05-Jul-2020 04:28PM (UTC+0700)

**Submission ID:** 1353570504

**File name:** HAKI\_RANCANG\_BANGUN\_BERBASIS\_SAP\_2000-anita.pdf (16.11M)

**Word count:** 36214

**Character count:** 156435



# **MODUL**

# **RANCANGAN**

# **BANGUNAN GEDUNG**

# **BERBASIS SAP 2000**



**Penyusun :**  
**Anita Intan Nura Diana**

## **4** **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena atas perkenan dan Rahmat-Nya kepada kami, sehingga “*Modul Rancangan Bangunan Gedung Berbasis SAP 2000*” ini dapat selesai tepat pada waktunya sesuai dengan yang diharapkan. Modul Rancangan Bangunan Gedung Berbasis SAP 2000 ini disusun agar mahasiswa dapat mengetahui secara praktis mengenai sistem perencanaan bangunan gedung 4 lantai dengan menggunakan program SAP 2000.

Dengan telah tersusunnya Modul Rancangan Bangunan Gedung Berbasis SAP 2000 ini, maka kami selaku penyusun mengucapkan terimakasih <sup>45</sup> semua pihak baik secara langsung maupun tidak langsung yang telah membantu sehingga modul ini dapat terselesaikan dengan baik.

Akhir kata, kami berharap semoga Modul Rancangan Bangunan Gedung Berbasis SAP 2000 ini dapat bermanfaat dan memberikan ilmu bagi mahasiswa secara khusus mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Wiraraja.

Sumenep, 05 Juli 2020

**Penyusun**

**DAFTAR ISI**

HALAMAN JUDUL.....	i
KATA PENGANTAR .....	ii
DAFTAR ISI .....	iii
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Manfaat Penulisan .....	2
<b>BAB 2 KRITERIA DESAIN</b>	
2.1 Filosofi Perancangan .....	3
2.2 Konsep Perancangan Struktur .....	4
2.3 Balok.....	5
2.3.1 Dimensi Balok.....	5
2.3.2 Penulangan Balok.....	6
2.4 Pelat Lantai .....	18
2.4.1 Dimensi Pelat .....	18
2.5 Kolom .....	25
2.6 Pembebanan.....	30
2.6.1 Beban Mati .....	30
2.6.2 Beban Hidup .....	32
2.6.3 Beban Gempa .....	34
2.6.4 Perencanaan Pondasi .....	42
<b>BAB 3 PEMODELAN DAN PEMBEBANAN STRUKTUR</b>	
3.1 Data-data Perencanaan .....	49
3.2 Perencanaan Dimensi Balok .....	49
3.3 Perencanaan Dimensi Pelat .....	52
3.4 Perencanaan Dimensi Kolom .....	57
3.5 Pembebanan.....	65
3.6 Perhitungan Gaya Gempa Ekuivalen (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dengan SNI 03-1726-2012).....	67



3.6.1	Menentukan Kategori Resiko Struktur Bangunan dan Faktor Keutamaan ( $I_e$ ) .....	67
3.6.2	Parameter Percepatan Gempa Berdasarkan Data Peta Gempa .....	69
3.6.3	Perhitungan Berat seismik Efektif ( $W_T$ ) .....	71
3.6.4	Batasan Periode Fundamental Struktur ( $T$ ) .....	78

#### **BAB 4 ANALISIS STRUKTUR**

4.1	3D Beban yang Bekerja pada Struktur Bangunan .....	84
4.1.1	3 Dimensi SAP .....	84
4.1.2	Beban Mati .....	85
4.1.3	Beban Hidup .....	86
4.1.4	Beban Gempa .....	87
4.1.5	Grafik Gaya-Gaya Dalam dan Lendutan pada Kolom .....	87
4.2	Analisis Struktur pada Kolom .....	92
4.2.1	Cek Kekuatan Struktur .....	92
4.2.2	Cek Gaya-gaya Dalam Ultimate .....	94
4.3	Analisis Struktur Pada Balok .....	99
4.3.1	Cek Kekuatan Struktur .....	99
4.3.2	Cek Gaya-gaya Dalam Ultimate .....	102

#### **BAB 5 DESAIN TULANGAN DAN CEK LENDUTAN**

5.1	Perencanaan Penulangan Balok .....	110
5.1.1	Balok Lantai 1 (Sloof) .....	110
5.1.2	Balok Lantai 2 .....	124
5.1.3	Balok Lantai 3 .....	138
5.1.4	Balok Lantai 4 .....	151
5.1.5	Balok Lantai Atap .....	163
5.2	Perencanaan Penulangan Balok .....	176
5.2.1	Perencanaan Penulangan Pelat Lantai 2, 3, dan 4 .....	176
5.2.2	Perencanaan Penulangan Pelat Lantai 1 .....	186
5.2.3	Perencanaan Penulangan Pelat Lantai Atap .....	195
5.3	Perencanaan Penulangan Kolom .....	204
5.3.1	Kolom Utama Lantai 1 .....	204
5.3.2	Kolom Utama Lantai 2 .....	212

5.3.3 Kolom Utama Lantai 3 .....	219
5.3.4 Kolom Utama Lantai 4.....	228
5.3.5 Kolom Praktis Lantai 1 .....	236
5.3.6 Kolom Praktis Lantai 2 .....	243
5.3.7 Kolom Praktis Lantai 3 .....	251
5.3.8 Kolom Praktis Lantai 4 .....	259
5.4 Perencanaan Penulangan Pondasi .....	267
5.5 Cek Batas Layan dan Batas Ultimate .....	274

**BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN**

<b>6.1 Kesimpulan</b> .....	277
<b>6.2 Saran</b> .....	278

<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	279
-----------------------------	-----

**LAMPIRAN**

# 5 BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Infrastruktur memegang peranan penting sebagai roda penggerak ekonomi di suatu daerah. Adanya pembangunan infrastruktur bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat pada daerah tertentu. Hal ini menjelaskan bahwa gerak laju dan pertumbuhan ekonomi di Indonesia tidak dapat dipisahkan dari ketersediaan infrastruktur seperti transportasi, telekomunikasi, sanitasi, dan energi. Oleh karena itu pembangunan di sektor ini menjadi fondasi pembangunan infrastruktur di Indonesia.

Salah satu pembangunan infrastruktur di Indonesia adalah pembangunan gedung-gedung bertingkat tinggi. Struktur bangunan merupakan bagian vital yang berfungsi untuk menopang beban sebuah bangunan yang memerlukan perhatian khusus. Pada perancangan gedung tingkat tinggi harus memperhitungkan beban-beban yang dominan pada daerah kawasan gedung yang akan dibangun. Selain beban tetap berupa beban mati dan beban hidup, beban yang harus diperhitungkan meliputi beban angin dan beban gempa.

Indonesia merupakan salah satu negara yang mengalami perkembangan teknologi yang cukup pesat. Perkembangan dalam dunia teknologi mempermudah menyelesaikan pekerjaan dalam berbagai hal, salah satunya di bidang perencanaan konstruksi. Salah satu program komputer yang dapat digunakan untuk analisa struktur adalah SAP 2000. Program komputer analisa struktur komersil seperti SAP 2000, berbeda dengan program komputer biasa seperti microsoft word, exel, autocad. SAP 2000 dapat membantu perhitungan yang cepat dan tepat dalam perencanaan konstruksi. Pada program komputer analisa struktur pengguna diharuskan memahami asumsi – asumsi perhitungan yang terdapat dalam program tersebut. Umumnya para developer sudah menyediakan manual program yang cukup lengkap.

Oleh karena itu diperlukan suatu materi sederhana yang bisa membantu meminimumkan kesalahan yang dipakai oleh pengguna. Pada materi tersebut

akan disajikan contoh penyelesaian program dengan hitungan pembandingan. Dalam hal ini kami akan menyelesaikan perencanaan struktur gedung beton bertulang 4 lantai menggunakan aplikasi SAP 2000.

#### **1.2 Rumusan Masalah**

Dari latar belakang diatas dapat ditarik beberapa rumusan masalah yaitu :

1. Bagaimana perhitungan manual struktur gedung beton bertulang 4 lantai?
2. Bagaimana cara mengoperasikan software SAP 2000 dalam perencanaan struktur gedung beton bertulang 4 lantai?

#### **1.3 Manfaat Penulisan**

Manfaat dari penulisan pelaporan tugas besar perancangan bangunan sipil ini adalah :

1. Mahasiswa mampu menyelesaikan perhitungan struktur gedung beton bertulang 4 lantai secara manual.
2. Mahasiswa mampu mengoperasikan software SAP2000 dalam merencanakan struktur gedung beton bertulang 4 lantai.
3. Mahasiswa dapat mengetahui hasil output dari SAP2000 untuk digunakan dalam penghitungan penulangan pada Balok, Kolom, dan Struktur bawah.



## BAB 2

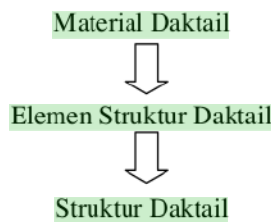
### KRITERIA DESAIN

#### 2.1 **Filosofi Perancangan**

Filosofi perancangan bangunan sipil pada umumnya adalah dapat menyalurkan beban struktur ke pondasi dengan baik.

Mekanisme penyaluran beban tadi bisa langsung berupa gaya aksial ataupun tidak langsung berupa momen, torsi dan geser. Semua mekanisme tadi menyalurkan gaya-gaya ke pondasi dan pondasi harus sanggup memikulnya. Pada dasarnya pondasi sanggup menerima beban sebesar apapun yang diberikan sehingga dicarilah suatu kompromi antara daya pikul dan settlement yang dianggap layak.

Untuk struktur gedung tahan gempa, bangunan harus dirancang dapat menahan beban gempa baik itu kecil, sedang maupun besar. Maka harus di desain agar mampu *berdeformasi dektail*. Tentang filosofi strutur gedung tahan gempa dapat dijelaskan dengan flow-chat berikut



Filosofi bangunan tahan gempa adalah bangunan yang mampu bertahan dan tidak runtuh jika terjadi gempa. Bangunan tahan gempa bukan berarti tidak boleh mengalami kerusakan sama sekali namun bangunan tahan gempa boleh mengalami kerusakan asalkan masih memenuhi persyaratan yang berlaku. Menurut Widodo(2012) filosofi bangunan tahan gempa adalah sebagai berikut :

1. Pada gempa kecil (*light, atau minorearthquake*) yang sering terjadi ,maka struktur utama bangunan harus tidak rusak dan berfungsi dengan baik. Kerusakan kecil yang masih dapat ditoleransi pada elemen non struktur masih dibolehkan.

2. Pada gempa menengah (*moderate earthquake*) yang relatif jarang terjadi, maka struktur utama bangunan boleh rusak/ retak ringan tapi masih dapat diperbaiki. Elemen non struktur dapat saja rusak tapi masih dapat diganti yang baru.
3. Pada gempa kuat (*strong earthquake*) yang jarang terjadi maka bangunan boleh rusak tetapi tidak boleh runtuh total (*totally collapse*). Kondisi seperti ini juga diharapkan pada gempa besar (*great earthquake*). Yang tujuannya adalah melindungi manusia / penghuni bangunan secara maksimum.

## 2.2 Konsep Perancangan Struktur

Pada dasarnya suatu struktur atau element struktur harus menemuai dua kriteria yaitu:

- kuat (strength)
- layak (serviceability)

Kuat mempunyai arti bahwa kemampuan layan suatu struktur atau elemen struktur harus lebih besar daripada beban yang bekerja pada struktur maupun elemen struktur.  $\Phi R \geq U$  (Kuat rencana harus lebih besar atau sama dengan kuat perlu) beban gaya yang bekerja ( $yL < \Phi R$ ),  $\Phi R > \mu$ ;  $\Phi R$ : kuat rencana,  $U$ : kuat perlu.

Fungsi Nilai  $\Phi$  (Reduction Factor) mempertimbangkan hal-hal berikut ini :

- a. Kemungkinan terjadinya penurunan kekuatan dari member (komponen struktur) yang direncanakan.
- b. Ketelitian dalam mendesain komponen struktur
- c. Tingkat duktilitas dan kestabilan dari komponen struktur yang dibebani

Pentingnya komponen struktur dalam suatu struktur bangunan

Dari pernyataan diatas dapat disimpulkan bahwa faktor reduksi adalah faktor keamanan untuk mengantisipasi adanya penyimpangan-penyimpangan yang sangat mungkin terjadi di lapangan oleh pelaksana

Layak berarti struktur / element struktur lendutan, simpangan, dan retaknya masih dalam toleransi yang ada. Kriteria tadi harus dipenuhi keduanya tidak boleh ada yang tidak memenuhi syarat.

## 2.3 Balok

### 2.3.1 Dimensi Balok

Balok adalah bagian dari struktural sebuah bangunan yang kaku dan dirancang untuk menanggung dan mentransfer beban menuju elemen – elemen kolom penopang. Selain itu ring balok juga berfungsi sebagai pengikat kolom agar terjadi pergerakan kolom-kolom tersebut tetap bersatu padu mempertahankan bentuk posisi semula. Balok dibagi menjadi 2 macam yaitu :

- a. Balok Induk adalah semua balok yang melintang tanpa topang pada seluruh lebar bangunan dan pada kedua ujungnya bertumpu pada kolom.

Dimana rumus yang digunakan adalah:

$$H = \frac{1}{12} \text{ s.d } \frac{1}{16} \times L$$

$$B = \frac{1}{2} \text{ s.d } \frac{2}{3} \times H$$

Jadi dimensi balok induk (B x H)

- b. Balok Anak adalah balok yang pada kedua ujungnya bertumpu pada balok induk, digunakan untuk memperkecil petak-petak lantai pada setiap ruangan. Dimana rumus yang digunakan adalah:

$$H = \frac{1}{12} \times L$$

$$B = \frac{1}{2} \times H$$

Jadi dimensi balok induk (B x H)

**1**  
Keterangan :

H = tinggi

B = lebar

L = panjang bentang

### 2.3.2 Penulangan Balok

Apabila momen terfaktor yang bekerja pada balok cukup kecil, sehingga luas tulangan baja yang dibutuhkan juga sedikit, maka dalam peraturan SNI 2847 : 2013 pasal 10.5.1 diisyaratkan perlunya memberikan tulangan minimum, yang besarnya dapat dihitung sebagai berikut:

$$A_{S \min} = \sqrt{\frac{f'c}{4fy}} b_w d \geq \frac{1.4}{fy} b_w d$$

Atau jika dinyatakan sebagai rasio tulangan minimum,

$$\rho_{\min} = \sqrt{\frac{f'c}{4fy}} \geq \frac{1.4}{fy}$$

keterangan :

$A_s$  : tulangan tarik

$f'c$  : <sup>3</sup>tegangan tekan beton yang diisyaratkan umur 28hari Mpa

$f_y$  : tegangan tarik baja

$b_w$  : lebar

$d$  : tinggi efektif penampang balok

(Buku <sup>4</sup>Perancangan Struktur BETON BERTULANG berdasarkan SNI 2847 : 2013 ; hal 42)

Tulangan Tekan Sudah Luluh

<sup>3</sup>Syarat batasan tulangan untuk  $A_{s1}$ . Adalah bahwa harus dipenuhi  $Q_1 (A_{s1}/bd) < Q_{maks}$  untuk penampang terkendali tarik dari balok bertulangan tunggal dapat dihitung diasumsikan tulangan tekan  $A_s'$  sudah leleh.

$$T_1 = C_c$$

$$A_{s1} f_y = 0,85 f'c a b$$

$$A_{s1} = A_s - A_s'$$

$$a = \frac{A_{s1} f_y}{0,85 f'c b}$$

keterangan :

$C_c$  : gayatekan beton, Kn

$a$  : tinggi balok



$b$  : lebar penampang balok

$A_s$  : tulangan tarik

$A_s'$  : tulangan tekan

Tulangan Tekan Belum Luluh

Tulangan baja tarik akan luluh sebelum beton mencapai regangan maksimumnya sebesar 0,003, dan regangan pada tulangan tekan  $\epsilon'_s$  belum mencapai  $\epsilon_y$  pada saat terjadi keruntuhan. Luluhnya tulangan tekan juga dipengaruhi oleh letaknya terhadap serat terluar  $d'$ . Semakin tinggi  $d'/c$  berarti tulangan tekan semakin dekat dengan sumbu netral, maka semakin kecil kemungkinan tulangan tekan mencapai kuat luluhnya.. Dengan menggunakan perbandingan segitiga diperoleh :

$$\epsilon'_s = 0,003 \left( \frac{c-d'}{c} \right)$$

Dengan memperhitungkan luas beton yang ditempati oleh tulangan baja, maka dapat dituliskan rumusan untuk besarnya gaya tekan pada tulangan  $C_s$  dan gaya tekan pada beton  $C_c$  sebagai berikut :

$$C_s = A_s' (f'_s - 0,85 f'_c) = A_s' \left[ 600 \left( \frac{c-d'}{c} \right) - 0,85 f'_c \right]$$

$$C_c = 0,85 f'_c \beta_1 c b$$

Karena  $T = A_s f_y = C_s + C_c$  maka :

$$A_s f_y = 0,85 f'_c \beta_1 c b + A_s' \left[ 600 \left( \frac{c-d'}{c} \right) - 0,85 f'_c \right]$$

Dengan diketahuinya,  $f'_s$ ,  $a$ ,  $C_c$ , dan  $C_s$  dapat dihitung, demikian pula dengan kuat momen rencana penampang

$$\phi M_n = \phi \left[ C_c \left( d - \frac{a}{2} \right) + C_s (d - d') \right]$$

Keterangan :

$C_c$  : gayatekan beton, Kn

$A_s$  : tulangan tarik

$f'_c$  : tegangan tekan beton yang diisyaratkan umur 28hari Mpa

$f_y$  : tegangan tarik baja

$M_n$  : momen nominal aktual

$\epsilon'_s$  : regangan tarik baja tulangan

$\beta_1$  : faktor pembentuk tegangan

(Buku Perancangan Struktur **BETON BERTULANG** berdasarkan SNI 2847 : 2013 ; hal 52 -53)

A. Desain penampang persegi bertulangan tunggal

<sup>3</sup> Dalam analisis maupun desain penampang beton, maka dalam SNI 2847 : 2013 pasal 10.2.7, diizinkan untuk menggunakan distribusi blok tegangan ekuivalen berbentuk empat persegi panjang untuk kuat lentur nominal. Model blok tegangan tersebut sering dikenal sebagai **blok tegangan Whitney** yang pertama kali diperkenalkan dalam jurnal ACI di tahun 1937. Blok tegangan tersebut didefinisikan sebagai berikut :

1. Tegangan tekan merata sebesar  $0,85 f_c'$  diasumsikan terdistribusi merata pada daerah tekan ekuivalen yang dibatasi oleh tepi penampang dan suatu garis lurus yang sejajar sumbu netral sejarak  $\alpha = \beta_1 c$  dari serat beton yang mengalami regangan tekanan maksimum

2. Jarak  $c$  dari serat dengan regangan tekan maksimum ke sumbu netral harus diukur tegak lurus sumbu

3. Faktor  $\beta_1$  dapat dihitung sebagai berikut :

a. Untuk kuat tekan beton  $f_c'$  kurang atau sama dengan 28 MPa

$$\beta_1 = 0,85$$

b. Untuk  $28 \text{ Mpa} < f_c' < 56 \text{ Mpa}$

$$0,85 - 0,05 \frac{f_c' - 28}{7}$$

c. Untuk  $f_c'$  lebih dari 56 Mpa

$$\beta_1 = 0,65$$

<sup>3</sup> Dalam SNI 2847:2013 Pasal 9.3 digunakan beberapa nilai faktor reduksi kekuatan  $\phi$ , sebagai berikut :

Untuk penampang terkendali tarik  $\phi = 0,90$

Untuk penampang terkendali tekan

a. dengan tulangan spiral  $\phi = 0,75$

b. tulangan non spiral  $\phi = 0,65$

untuk geser dan puntir  $\phi = 0,75$

untuk tumpu dan beton  $\phi = 0,65$

Rasio tulangan penampang persegi bertulangan tunggal :

$$Q_{\text{Balance}} = 0,85 \times \beta_1 \times \frac{f_c}{F_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$Q_{\text{Maks}} = \left( \frac{0,003 + f_y / E_s}{0,009} \right) Q_b$$

kuat momen rencana penampang persegi bertulangan tunggal :

$$\phi M_n = M_u = R_u b d^2$$

$$\text{dengan } R_u = \phi \rho f_y \left( 1 - \frac{\rho f_y}{1,7 f_c} \right) = \phi R_n$$

Apabila nilai b dan d sudah ada, maka sebaiknya harus diperiksa terlebih dahulu apakah tulangan tekan diperlukan atau tidak. Hal ini dapat diperiksa dengan urutan sebagai berikut:

- Hitung nilai  $Q_{\text{Maks}}$  dan  $R_{u \text{ Maks}} = \phi Q_{\text{maks}} [1 - (Q_{\text{maks}} f_y / 1,7 f_c)] f_y$
- Hitung nilai  $\phi M_{n \text{ maks}} = R_u b d^2$
- Jika  $M_u < \phi M_{n \text{ maks}}$ , maka tidak diperlukan tulangan tekan.

Nilai  $\rho$  dan  $A_s$  dapat dihitung.

- Jika  $M_u > \phi M_{n \text{ maks}}$ , maka diperlukan tulangan tekan.
- Jika  $\rho$  dan b diketahui, nilai  $R_u$  dapat dihitung :

$$R_u = \phi \rho f_y \left( 1 - \frac{\rho f_y}{1,7 f_c} \right)$$

(Buku <sup>4</sup> Perancangan Struktur BETON BERTULANG berdasarkan SNI 2847 : 2013 ; hal 70 -71)

## B. Spasi Tulangan dan Selimut Beton

Tulangan baja pada penampang balok suatu beton harus diletakkan sedemikian rupa sehingga jarak antar poros tulangan dalam satu lapis tidak kurang dari ukuran diameter tulangan <sup>20</sup>  $d_b$ , namun juga tidak kurang dari 25mm. Jika kebutuhan tulangan cukup banyak dan harus disusun lebih dari satu lapis, maka jarak antar lapis tulangan dalam arah vertikal tidak boleh kurang dari 25 mm. Persyaratan jarak antar tulangan ini tercantum pada SNI 2847 : 2013 Pasal 7.6

Dalam pasal 7.7 SNI 2847 : 2013 disebutkan bahwa

penampang balok dan kolom dianjurkan mengambil selimut beton setebal 40mm, sedangkan untuk pelat yang tidak berhubungan langsung dengan tanah dapat diambil selimut beton setebal 20 mm serta diameter tulangan geser diambil sebesar 10 mm.

Secara umum lebar minimum dari suatu balok beton dapat dituliskan dalam persamaan :

$$b_{\min} = n d_b + (n-1)s + 2(\text{diameter sengkang}) + 2(\text{selimut beton})$$

dengan :

n = jumlah tulangan baja dalam satu lapis

db = diameter tulangan baja yang digunakan

s = jarak antar tulangan baja (diambil nilai terbesar db atau 25mm)

Apabila diameter sengkang diambil sebesar 10 mm dan selimut beton diasumsikan sebesar 40mm, maka

$$b_{\min} = n d_b + (n-1)s + 100 \text{ mm}$$

Selanjutnya jika persamaan diatas diterapkan untuk penampang dalam

$$b_1 = 3 d_b + 2s + 100 \text{ mm}$$

$$b_2 = 4 d_b + 3s + 100 \text{ mm}$$

Selain lebar penampang, hal lain yang perlu ditentukan dalam perencanaan balok beton bertulang adalah tinggi penampang. Tinggi total balok diperoleh dari tinggi efektif d ditambah dengan jarak titik berat tulangan tarik ke serat tarik terluar dari penampang. Dengan memperhitungkan ketebalan selimut beton, ukuran diameter sengkang serta diameter dari tulangan tarik, maka tinggi minimum penampang balok beton dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} h_1 &= d_1 + \frac{d_b}{2} + 10 \text{ mm} + 40 \text{ mm} \\ &= d_1 + \frac{d_b}{2} + 50 \text{ mm} \quad (\text{untuk satu lapis tulangan}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_2 &= d_2 + \frac{s}{2} + d_b + 10 \text{ mm} + 40 \text{ mm} \\ &= d_2 + \frac{(25)}{2} + d_b + 50 \text{ mm} \\ &= d_2 + d_b + 62,5 \text{ mm} \quad (\text{untuk satu lapis tulangan}) \end{aligned}$$

(Buku *Perancangan Struktur BETON BERTULANG berdasarkan SNI 2847 : 2013 ; hal 72 -73*)



### C. Desain Penampang Persegi Bertulangan Rangkap

Suatu balok beton penampang persegi dapat didesain sedemikian rupa sehingga rasio tulangan sebesar  $Q_{\text{Maks}}$  maka dapat dihitung besarnya kuat momen rencana yang dapat dihasilkannya. Apabila momen lentur terfaktor yang bekerja masih lebih besar daripada kuat momen rencana tersebut sedangkan ukuran tinggi dan lebar balok dibatasi, maka dapat dipasang tulangan tekan. Penjelasan berikut akan menerangkan proses desain balok beton tulangan rangkap :

1. Hitung rasio tulangan seimbang,  $Q_b$  dan rasio tulangan maksimum  $Q_{\text{Maks}}$  dengan menggunakan rumus

$$Q_{\text{Balance}} = 0,85 \times \beta_1 \times \frac{f'_c}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$Q_{\text{Maks}} = \left( \frac{0,003 + f_y / E_s}{0,009} \right) Q_b$$

Hitung  $A_{s \text{ maks}} = A_{S1} = Q_{\text{Maks}} bd$  (luas tulangan tunggal maksimum)

2. Hitung  $R_{u \text{ maks}}$  menggunakan  $Q_{\text{Maks}}$  ( $\phi = 0,90$ )

$$R_{u \text{ maks}} = \phi Q_{\text{maks}} f_y \left( 1 - \frac{\rho_{\text{maks}} f_y}{1,7 f_c} \right)$$

3. Hitung kuat momen rencana balok bertulangan tunggal  $M_{u1}$ , menggunakan  $Q_{\text{Maks}}$  dan  $R_{u \text{ maks}}$

$$M_{u1} = R_{u \text{ maks}} b d^2$$

Jika  $M_{u1} < M_u$ , maka diperlukan tulangan tekan, dan dilanjutkan

Jika  $M_{u1} > M_u$ , maka tidak perlu dipasang tulangan tekan.

4. Hitung  $M_{u2} = M_u - M_{u1}$  kuat momen rencana yang dipikul oleh tulangan tekan.

5. Hitung  $A_{S2}$  dari hubungan  $M_{u2} = \phi A_{S2} f_y (d - d')$ , dan selanjutnya luas tulangan tarik total  $A_S$  adalah

$$A_S = A_{S1} + A_{S2}$$

6. Hitungan tegangan pada tulangan tekan sebagai berikut :

- a. Hitung  $f'_s = 600 (c - d') / c \leq f_y$

- b. Atau nilai  $\epsilon'_s$  dapat dihitung dari diagram regangan, dan  $f'_s = \epsilon'_s E_s$

E<sub>s</sub>. Jika  $\epsilon'_s \geq \epsilon_y$ , maka tulangan tekan sudah leleh dan  $f'_s = f'_y$

- c. Hitung  $A'_s$  dari  $M_{u2} = \phi A'_s f'_s (d - d')$ . Jika  $f'_s < f_y$  maka  $A'_s >$

$$A_{s2} \text{ dan } A'_{s2} = A_{s2} (f_y / f'_s)$$

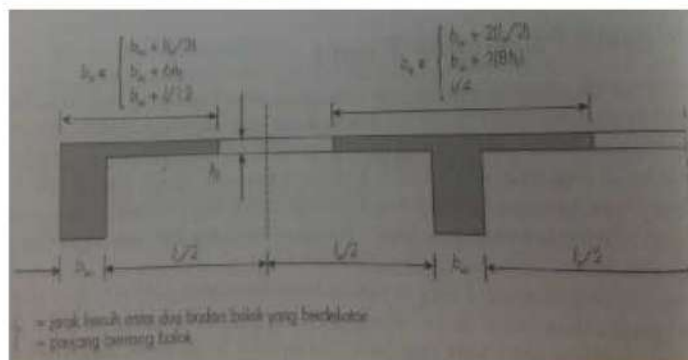
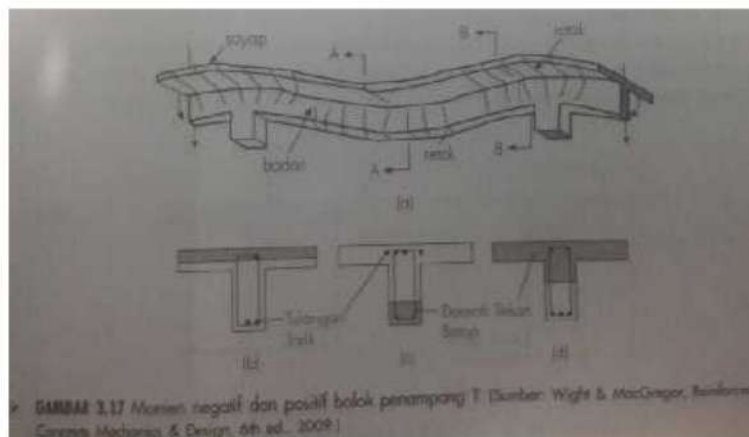
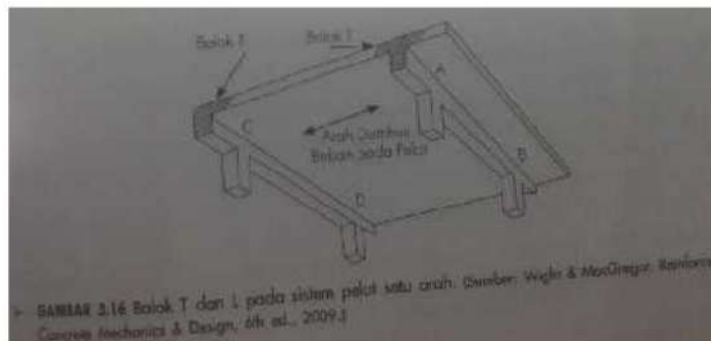
7. Pilih tulangan yang akan digunakan sebagai  $A_s$  dan  $A'_s$ , yang mencukupi untuk lebar balok,  $b$ . Pada beberapa kasus  $A_s$  dapat disusun dalam dua baris atau lebih.
8. Hitung tinggi total balok,  $h$  dan periksa bahwa  $\rho - \rho'(f'_s / f_y) < \rho_{\text{Maks}}$
9. Dapat dilakukan pemeriksaan akhir,  $\phi M_n > M_U$ . Sebagai catatan dalam langkah 1 nilai rasio tulangan  $\rho$  dapat diambil lebih kecil dari  $\rho_{\text{maks}}$  misalkan diambil  $\rho = 0,60 \rho_b$  atau  $\rho = 0,9 \rho_{\text{maks}}$  sehingga tulangan tarik yang pada akhirnya dipakai masih lebih kecil dari batasan  $\rho_{\text{maks}}$
10. Regangan pada tulangan dapat dihitung dengan persamaan :

$$\varepsilon_t = \frac{\phi M_n - U}{c} 0,003 \geq 0,005$$

#### D. Balok Penampang T dan L

<sup>15</sup> Pada balok tengah, sayap akan berbentuk di kedua sisi dari balok dan menghasilkan balok T. Sedangkan pada balok tepi, sayap hanya berbentuk di salah satu sisi balok sehingga menghasilkan balok L.

<sup>3</sup> Suatu balok penampang T yang mengalami lentur ditunjukkan pada gambar dibawah. Pada bagian lapangan (potongan A) terjadi momen positif, sisi bawah balok mengalami tarik dan sisi atas balok mengalami tekan. Maka sayap balok akan berfungsi daerah tekan beton. Pada kasus ini daerah tekan beton dapat berupa persegi atau dapat berupa penampang T. Seperti ditunjukkan pada gambar b dan d, dibagian tumpuan (potongan B) <sup>3</sup> terjadi momen negatif, sehingga sisi atas balok mengalami tarik dan sisi bawah balok mengalami tekan. Sehingga daerah tekan beton dapat dipastikan berupa penampang persegi.



Dalam analisis penampang balok T ataupun L, maka lebar sayap yang diperhitungkan dalam analisis dihitung berdasarkan lebar efektif  $b_e$  yang dalam SNI 2847 : 2013 Pasal 8.12 diatur sebagai berikut :

a. Untuk balok T, lebar total sayap tekan  $b_e$  dibatasi sebesar seperempat bentang balok, dan lebar sayap dari masing-masing sisi badan balok dibatasi sebesar :

- 8kali tebal pelat sayap

- <sup>2</sup> Setengah jarak bersih ke badan balok terdekat
- b. Untuk balok L, lebar sayap dari sisi badan balok dibatasi sebesar :
  - <sup>2</sup> 1/12 bentang balok
  - 6 kali tebal pelat sayap
  - Setengah jarak bersih ke badan balok terdekat
  - Cara analisis balok penampang T

#### E. <sup>7</sup> Desain Balok T

Dalam proses desain balok T yang memikul beban momen terfaktor  $M_u$ , tebal sayap,  $h_f$ , dan lebar sayap  $b$ , telah ditentukan pada saat proses desain pelat dilakukan. Lebar badan balok dapat diasumsikan pada rentang 200 mm hingga 500mm atau untuk umumnya diasumsikan sebesar 300 hingga 400mm. <sup>7</sup> Dengan demikian apabila  $M_u$ ,  $f'_c$ ,  $f_y$ , diketahui maka tinggal dua variabel yang perlu ditentukan yaitu  $d$  dan

$A_s$ . Berikut dijelaskan prosedur desain balok T.

- <sup>7</sup> 1. Jika  $d$  diketahui dan  $A_s$  harus dicari :
  - a. Periksa apakah penampang memenuhi syarat untuk dianggap penampang T, dengan mengasumsikan  $a = h_f$  dan hitung kuat momen yang disumbangkan oleh seluruh bagian sayap:
 
$$\phi M_{nf} = \phi (0,85 f'_c) b h_f (d - h_f / 2)$$
 Jika  $M_u > \phi M_{nf}$ , maka  $a > h_f$ . Jika  $M_u < \phi M_{nf}$ , maka  $a < h_f$ . Dan penampang dapat didesain seperti balok persegi
  - b. Jika  $a < h_f$ , maka hitung  $\rho$  dengan menggunakan dan  $A_s = \rho b d$ .  
periksa bahwa  $\rho_w \geq \rho_{min}$
  - c. Jika  $a < h_f$ , tentukan  $A_{sf}$  :
 
$$A_{sf} = 0,85 f'_c (b - b_w) h_f / f_y$$

$$M_{u2} = \phi A_{sf} A_{sf} (d - h_f / 2)$$
 Momen yang dipikul bagian badan adalah :
 
$$M_{u1} = M_u - M_{u2}$$
  - d. Hitung  $\rho_1 =$  menggunakan  $M_{u1}$ ,  $b_w$  dan  $d$  dan tentukan  $A_{s1} = \rho_1 b_w d$ 

$$A_s = A_{s1} + A_{sf}$$
  - e. Lalu periksa bahwa  $A_s \leq A_{s_{maks}}$



Jika  $a = h_f$ , maka  $A_s = \phi(0,85 f_c) b h_f / f_y$

2. Jika  $d$  dan  $A_s$  adalah dua besaran yang belum diketahui :

a. Asumsikan  $a = h_f$ , dan hitung luas tulangan yang diperlukan untuk memikul gaya tekan diseluruh penampang sayap :

$$A_{sf1} = \frac{0,85 f_c b h_f}{f_y}$$

b. hitung  $d$  berdasarkan pada  $A_{sf1}$  dan  $a = h_f$ , dari persamaan berikut :

$$Mu = \phi A_{sf1} A_{sf2} (d - h_f / 2)$$

c. Jika nilai  $d$  diperoleh maka  $A_s = A_{sf1}$  dan  $h = d + d_b / 2 + 50 \text{ mm}$  ( untuk 1 lapis tulangan ) atau  $h = d + d_b + 62,5 \text{ mm}$  ( untuk 2 lapis tulangan )

d. jika diambil nilai  $d_1$  lebih besar daripada nilai  $d$  perhitungan, penampang berlaku sebagai penampang persegi, dan nilai  $\rho$  dapat dihitung

e. Bila diambil nilai  $d_2$  yang lebih kecil daripada nilai perhitungan maka penampang akan berlaku sebagai penampang balok T.

(Buku *Perancangan Struktur BETON BERTULANG berdasarkan SNI 2847 : 2013 ; hal 82 -83*)

#### F. Desain Sengkang Vertikal Terhadap Gaya Geser

Tulangan geser diperlukan apabila  $V_u > \frac{1}{2} \phi V_c$ . Tulangan geser minimum dipakai apabila nilai  $V_u$  melebihi  $\frac{1}{2} \phi V_c$  tapi kurang dari  $\phi V_c$ . Biasanya dapat digunakan tulangan diameter 10mm yang diletakkan dengan jarak maksimum. Apabila nilai  $V_u > \phi V_c$ , maka tulangan geser harus dihitung dari persamaan untuk sengkang vertikal maka nilai  $\alpha = 90^\circ$ , sehingga :

$$V_s = \frac{A_v f_y t d}{s} \text{ atau } s = \frac{A_v f_y t d}{V_s}$$

Adapun prosedur dalam melakukan desain balok terhadap gaya geser sebagai berikut :

1. Hitung gaya geser ultimit  $V_u$ , dari beban terfaktor yang bekerja pada struktur. Nilai  $V_u$  yang diambil sebagai dasar desain adalah nilai  $V_u$  pada

lokasi penampang kritis, yaitu sejarak  $d$  dari muka tumpuan

2. Hitung nilai  $\phi V_c$  dari persamaan :

$$\phi V_c = \phi (0,17 \lambda \sqrt{f'c}) b_w d$$

$$\text{Atau } \phi V_c = \phi (0,16 \lambda \sqrt{f'c} + \rho_w \frac{V_u d}{M_u}) b_w d \quad \phi (0,29 \lambda \sqrt{f'c}) b_w d$$

Dengan  $\phi = 0,75$

3. Periksa nilai  $V_u$

a. Jika  $V_u < \frac{1}{2} \phi V_c$ , tidak dibutuhkan tulangan geser

b. Jika  $\frac{1}{2} \phi V_c < V_u \leq \phi V_c$ , dibutuhkan tulangan geser minimum. Dapat dipasang tulangan sengkang vertikal berdiameter 10mm dengan jarak maksimum ditentukan pada langkah 7

c. Jika  $V_u > \phi V_c$ , tulangan geser harus disediakan sesuai langkah 4 hingga 8.

4. Jika  $V_u > \phi V_c$ , hitung gaya geser yang harus dipikul tulangan geser:

$$V_u = \phi V_c + \phi V_s \quad \text{atau} \quad V_s = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi}$$

5. Hitung nilai  $V_{c1}$  dan  $V_{c2}$  berikut ini :

$$V_{c1} = 0,33 \sqrt{f'c} b_w d \quad V_{c2} = 0,66 \sqrt{f'c} b_w d$$

3  
Apabila  $V_s$  lebih kecil daripada  $V_{c2}$ , maka proses desain dapat dilanjutkan ke langkah berikutnya namun bila  $V_s$  lebih besar dari  $V_{c2}$  maka ukuran penampang harus diperbesar

6. Hitung jarak tulangan sengkang berdasarkan persamaan :

$$S_1 = \frac{A_v f_y t d}{V_s}$$

7. Tentukan 3 jarak maksimum tulangan sengkang sesuai dengan persyaratan dalam SNI 2847: 201 3. Jarak maksimum tersebut diambil dari nilai terkecil antara  $s_2$  dan  $s_3$  berikut ini :

a.  $s_2 = d/2 \leq 600$  mm jika  $V_s \leq V_{c1} = 0,33 \sqrt{f'c} b_w d$

$$s_2 = d/4 \leq 300 \text{ mm, jika } V_{c1} < V_s \leq V_{c2} (= 0,66 \sqrt{f'c} b_w d)$$

b.  $s_3 = A_v f_y t / 0,35 b_w \geq A_v f_y t / (0,062 \sqrt{f'c} b_w)$

$s_{maks}$  dipilih dari nilai terkecil antara  $s_2$  dan  $s_3$ .

8. Apabila nilai  $s_1$  yang dihitung dalam langkah 6 lebih kecil dari  $s_{maks}$  (

nilai terkecil antara  $s_2$  dan  $s_3$ ), maka gunakan jarak sengkang vertikal =  $s_1$   
 $> s_{maks}$  maka gunakan  $s_{maks}$  sebagai jarak antar tulangan sengkang.

9. Peraturan tidak mensyaratkan jarak minimum tulangan sengkang. Namun dalam kondisi normal, sebagai tujuan praktis dapat digunakan  $s_{min} = 75$  mm  $d \leq 500$  mm, dan  $s_{min} = 100$  mm  $d > 500$  mm. Jika nilai  $s$  yang diperoleh cukup kecil, maka dapat ditempuh jalan dengan memperbesar diameter tulangan sengkang dengan kaki lebih dari dua.

(Buku <sup>4</sup> *Perancangan Struktur BETON BERTULANG berdasarkan SNI 2847 : 2013 ; hal 103 -104*)

#### G. Desain Terhadap Torsi

Tulangan torsi dibutuhkan apabila :

$$T_u \geq \phi 0,083 \lambda \sqrt{f'_c} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

Apabila ternyata dibutuhkan tulangan torsi maka lanjut ke langkah selanjutnya

##### 1. Desain terhadap torsi :

- a. Periksa apakah momen torsi terfaktor,  $T_u$  merupakan torsi kesetimbangan atau torsi kompatibilitas. Untuk torsi kesetimbangan gunakan  $T_u$ . Untuk torsi kompatibilitas, momen torsi yang digunakan untuk desain dapat ditentukan berdasarkan nilai terkecil antara  $T_u$  dari beban terfaktor

$$T_{u2} = \phi 0,33 \lambda \sqrt{f'_c} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

- b. Periksa kecukupan dimensi penampang dengan menggunakan persamaan <sup>4</sup> berdasarkan SNI 2847 : 2013 pasal 11.5.3.1 memberikan batasan untuk untuk penampang balok yang memikul torsi dan gaya geser Untuk penampang pejal :

$$\sqrt{\left( \frac{V_u}{bwd} \right)^2 + \left( \frac{T_u Ph}{1,7 A_{oh}^2} \right)^2} \geq \phi \left[ \left( \frac{V_c}{bwd} \right) + 0,66 \sqrt{f'_c} \right]$$

- c. Tulangan sengkang tertutup  $A_t$  dihitung <sup>4</sup> berdasarkan SNI 2847 : 2013 pasal 11.5.3.6 yaitu :

$$T_n = \frac{1,40 A_t f_y t \cot \theta}{s}$$

Dengan :

$$T_n = T_u / \phi \quad \phi = 0,75$$

$A_t$  = luas satu buah kaki tulangan sengkang

$f_{yt}$  = kuat luluh tulangan sengkang  $\leq 400 \text{ Mpa}$

$s$  = jarak antar tulangan sengkang

$$A_o = 0,85 A_{oh}$$

$\square$  = 45<sup>o</sup> untuk balok beton non pra tegang

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 A_o f_{yt} \cot \theta}$$

- d. Perhitungan tulangan memanjang, yang dibutuhkan dihitung berdasarkan SNI 2847 : 2013 pasal 11.5.3.7 yaitu :

$$A_l = \left( \frac{A_t}{s} \right) p h \left( \frac{f_{yt}}{f_y} \right) \cot^2 \theta$$

- c. Tulangan memanjang minimal yang diperlukan untuk torsi diatur dalam SNI 2847 : 2013 pasal 11.5.5.5 :

$$A_{lmin} = \left( \frac{0,41 \sqrt{f'c} A_{cp}}{f_y} \right) - \left( \frac{A_t}{s} \right) p h \left( \frac{f_{yt}}{f_y} \right)$$

Persyaratan nilai  $A_{lmin}$  dalam persamaan diatas untuk menjamin bahwa tulangan torsi yang disediakan tidak kurang dari 1% volume beton yang memikul beban momen torsi.

## 2.4 Pelat Lantai

### 2.4.1 Dimensi Pelat

#### A. Definisi Pelat

Yang dimaksud pelat lantai adalah lantai yang tidak terletak diatas tanah langsung, jadi merupakan lantai tingkat pelat lantai ini didukung oleh balok-balok yang bertumpu pada kolom bangunan.

Fungsi pelat lantai adalah memisahkan ruang bawah dan ruang atas, sebagai tempat berpijak penghuni lantai diatas, untuk menempatkan kabel listrik dan lampu pada ruang bawah, meredam suara dari ruang atas maupun ruang bawah, serta menambah kekakuan bangunan pada arah horinzontal

Pada umumnya struktur pelat beton dalam suatu bangunan

gedung dapat diklarifikasikan dalam 3 kelompok atau jenis.

3  
a. Pelat satu arah

Jika sistem pelat hanya ditumpu di kedua sisinya maka pelat tersebut akan melentur atau mengalami lendutan dalam arah tegak lurus dari sisi tumpuan. Beban akan didistribusikan oleh pelat dalam satu arah saja yaitu ke arah tumpuan. Pelat jenis ini disebut juga dengan pelat satu arah. Apabila pelat tertumpu di keempat sisinya dan rasio bentang panjang terhadap bentang pendek lebih besar atau sama dengan 2, maka hampir 95% beban akan dilimpahkan dalam arah bentang pendek dan pelat akan menjadi sistem pelat satu arah, sistem pelat satu arah cocok digunakan pada bentangan 3-6 meter, dengan beban hidup sebesar 2,5 - 5 Kn/m<sup>2</sup>

b. Sistem pelat rusuk

Sistem pelat rusuk terdiri dari pelat beton dengan ketebalan 50 hingga 100 mm yang ditopang oleh sejumlah rusuk dengan jarak beraturan. Rusuk mempunyai lebar minimum 100 mm dan mempunyai tinggi tidak lebih dari 3,5 kali lebar minimumnya. Rusuk biasanya bersisi miring dan disusun dalam jarak tertentu yang tidak melebihi 750 mm. Sistem pelat rusuk cocok digunakan untuk struktur pelat dengan bentangan 6-9 m, serta memikul beban hidup sebesar 3,5 - 5,5 Kn/m<sup>2</sup>

c. Pelat dua arah

Apabila struktur pelat beton ditopang di keempat sisinya dan rasio antara bentang panjang terhadap bentang pendeknya kurang dari 2, maka pelat tersebut dikategorikan sebagai sistem pelat dua arah.

**B. Ketebalan Minimum pelat**

Menurut Sk SNI T-15-1991-03 ; Syarat two way slab bila ;

$$\frac{l_y}{l_x} \leq 2 : \text{ dengan } l_y = \text{ bentang terbesar}$$

$$l_y = \text{ bentang terkecil}$$

26  
SNI 2847 : 2013 pasal 9.5.3 menentukan ketebalan minimum pelat dua arah untuk mencegah terjadinya lendutan berlebih. Karena perhitungan lendutan dari pelat dua arah cukup rumit, dan untuk mencegah lendutan yang besar, maka ketebalan pelat dapat ditentukan menggunakan rumus



empiris sebagai berikut :

1. Untuk  $0,2 < \alpha f m < 2,0$

$$h = \frac{\text{Ln}\left(0,8 + \left(\frac{fy}{1400}\right)\right)}{36 + 5\beta (\alpha f m - 0,2)}$$

namun tidak kurang dari 125 mm.

2. Untuk  $\alpha f m > 2,0$

$$H_{\min} = \frac{\text{Ln}\left(0,8 + \left(\frac{fy}{1400}\right)\right)}{36 + 9 \times \beta}$$

$$H_{\max} = \frac{\text{Ln}\left(0,8 + \left(\frac{fy}{1400}\right)\right)}{36}$$

Nmun tidak kurang dari 90mm.

3. Untuk  $\alpha f m < 2,0$

$h$  = ketebalan minimum pelat tanpa balok

$$\beta = \frac{\text{Ln } y}{\text{Ln } x}$$

dengan :

$\text{Ln}$  : panjang bentang bersih dalam arah memanjang dari konstruksi dua arah, diukur dari muka tumpuan pada pelat tanpa balok dan muka ke muka balok atau tumpuan lain pada kasus lainnya (mm)

$\beta$  : rasio bentang terbersih dalam arah panjang terhadap arah pendek dari pelat dua arah

$\alpha f m$ : nilai rata-rata untuk semua balok pada tepi-tepi suatu pelat

$\alpha f$  : rasio kekuatan lentur penampang balok ( $E_{cb} I_b$ ) terhadap kekakuan lentur pelat ( $E_{cs} I_s$ ) yang dibatasi secara lateral oleh garis-garis sumbu tengah dari pelat-pelat yang bersebelahan pada tiap sisi balok

$$\alpha f = \frac{E_{cb} I_b}{E_{cs} I_s}$$

$I_b$  : momen inersia bruto dari penampang balok terhadap sumbu



berat, penampang balok mencakup pula bagian pelat pada setiap sisi balok sebesar proyeksi balok yang berada di atas atau dibawah pelat, namun tidak lebih dari kali tebal pelat

$I_s$ : momen inersia bruto dari penampang pelat.

Lebar efektif (Be) :

$$Be_1 = \frac{1}{4} \times L_0$$

$$Be_2 = H_f \times 8$$

$$Be_3 = \frac{1}{2} \times B_0$$

Keterangan :

Be : lebar efektif

$L_0$  : bentang terpanjang

$B_0$  : bentang terpendek

Menghitung luasan titik berat :

$$A1 (\text{Luas Pelat}) = Be \times h_f$$

$$A2 (\text{Luas Balok}) = \text{Lebar} \times \text{Panjang Balok}$$

$$Y1 (\text{Titik Berat Pelat}) = \text{tinggi balok} + (\frac{1}{2} \times \text{tebal pelat})$$

$$Y2 (\text{Titik Berat Pelat}) = \frac{1}{2} \times \text{tinggi balok}$$

Keterangan :

A1 : Luas Pelat

A2 : Luas Balok

Y1 : Titik Berat Pelat

Y2 : Titik Berat Pelat

Mencari titik berat

$$\bar{Y} = \frac{A1 \cdot Y1 + A2 \cdot Y2}{\Sigma A}$$

Menghitung jarak dari titik tengah ke titik berat

$$d1 = (\text{Tinggi balok} - \bar{Y}) + (\frac{1}{2} \times \text{tebal pelat})$$

$$d2 = \bar{Y} - (\frac{1}{2} \times \text{tinggi balok})$$

Mencari Momen Inersia

$$I_x = \frac{1}{12} B \cdot H^3 + (A \cdot d1^2) + \frac{1}{12} B \cdot H^3 + (A \cdot d2^2)$$

**1**  
Momen Inersia Pelat

Lebar pelat yang ditinjau = Lebar Pelat – Be2

$$\text{Momen Inersia Pelat} = \frac{1}{12} b \cdot t^3$$

$$\alpha m l = \frac{I_b}{I_s}$$

$$\alpha m = \frac{\alpha}{n}$$

Cek ketebalan pelat :



$$H \text{ Check} = \frac{L n + \left( 0,8 + \left( \frac{f_y}{1400} \right) \right)}{36 + 5\beta \left( \alpha m - 0,12 \left( 1 + \frac{1}{\beta} \right) \right)}$$

### C. Perhitungan Momen Pada Pelat Lantai

Perhitungan momen pada pelat lantai berdasarkan tabel ALI ASRONI

Tabel L.3.1 (Lanjutan)

l <sub>x</sub> / l <sub>y</sub>		1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,5
I	Mlx = + 0,001 ql <sub>x</sub> <sup>2</sup> X	44	52	59	66	73	79	84	88	93	97	100	103	106	109	110	112	125
	Mly = + 0,001 ql <sub>y</sub> <sup>2</sup> X	44	45	45	44	44	43	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	25
	Mlx = - 0,001 ql <sub>x</sub> <sup>2</sup> X	36	42	46	50	53	56	58	59	60	61	62	62	62	62	63	63	63
II	Mly = + 0,001 ql <sub>y</sub> <sup>2</sup> X	36	37	38	38	38	37	36	35	35	35	34	34	34	34	34	34	15
	Mlx = - 0,001 ql <sub>x</sub> <sup>2</sup> X	36	47	46	50	53	56	58	59	60	61	62	62	62	62	63	63	63
	Mly = - 0,001 ql <sub>y</sub> <sup>2</sup> X	36	37	38	38	38	37	36	35	35	35	34	34	34	34	34	34	34
III	Mlx = + 0,001 ql <sub>x</sub> <sup>2</sup> X	48	53	61	67	71	76	79	82	84	86	88	89	90	91	92	92	94
	Mly = + 0,001 ql <sub>y</sub> <sup>2</sup> X	48	50	51	51	51	51	51	50	50	49	49	49	49	49	49	47	19
	Mlx = - 0,001 ql <sub>x</sub> <sup>2</sup> X	48	55	61	67	71	76	79	82	84	86	88	89	90	91	92	92	94
IVA	Mly = - 0,001 ql <sub>y</sub> <sup>2</sup> X	48	50	51	51	51	51	51	50	50	49	49	49	49	49	49	47	19
	Mlx = + 0,001 ql <sub>x</sub> <sup>2</sup> X	22	28	34	41	48	52	52	58	74	80	85	89	91	97	100	103	125
	Mly = + 0,001 ql <sub>y</sub> <sup>2</sup> X	51	57	62	67	70	73	75	77	78	79	79	79	79	79	79	79	25
IVB	Mlx = - 0,001 ql <sub>x</sub> <sup>2</sup> X	51	57	62	67	70	73	75	77	78	79	79	79	79	79	79	79	25
	Mly = + 0,001 ql <sub>y</sub> <sup>2</sup> X	22	20	18	17	15	14	13	12	11	10	10	9	9	9	9	9	13
	Mlx = - 0,001 ql <sub>x</sub> <sup>2</sup> X	22	20	18	17	15	14	13	12	11	10	10	9	9	9	9	9	13
VA	Mly = - 0,001 ql <sub>y</sub> <sup>2</sup> X	22	20	18	17	15	14	13	12	11	10	10	9	9	9	9	9	13
	Mlx = + 0,001 ql <sub>x</sub> <sup>2</sup> X	11	38	45	53	59	64	72	78	83	86	92	96	100	105	108	115	155
	Mly = + 0,001 ql <sub>y</sub> <sup>2</sup> X	60	65	69	73	75	77	78	79	80	80	80	80	80	80	80	80	25
VB	Mlx = - 0,001 ql <sub>x</sub> <sup>2</sup> X	60	65	69	73	75	77	78	79	80	80	80	80	80	80	80	80	25
	Mly = + 0,001 ql <sub>y</sub> <sup>2</sup> X	60	65	69	73	75	77	78	79	80	80	80	80	80	80	80	80	25
	Mlx = - 0,001 ql <sub>x</sub> <sup>2</sup> X	60	65	69	73	75	77	78	79	80	80	80	80	80	80	80	80	25
VIA	Mly = + 0,001 ql <sub>y</sub> <sup>2</sup> X	28	45	53	59	65	69	73	77	80	82	85	86	87	88	89	90	54
	Mlx = - 0,001 ql <sub>x</sub> <sup>2</sup> X	43	46	48	50	51	51	51	51	50	50	49	49	49	49	49	49	19
	Mly = - 0,001 ql <sub>y</sub> <sup>2</sup> X	28	46	53	59	65	69	73	77	80	82	85	86	87	88	89	90	54
VIB	Mlx = + 0,001 ql <sub>x</sub> <sup>2</sup> X	43	46	48	50	51	51	51	51	50	50	49	49	49	49	49	49	56
	Mly = + 0,001 ql <sub>y</sub> <sup>2</sup> X	18	49	53	57	59	60	61	62	62	62	62	62	62	62	62	62	63
	Mlx = - 0,001 ql <sub>x</sub> <sup>2</sup> X	18	49	53	57	59	60	61	62	62	62	62	62	62	62	62	62	63
	Mly = - 0,001 ql <sub>y</sub> <sup>2</sup> X	18	49	53	57	59	60	61	62	62	62	62	62	62	62	62	62	63
	Mlx = + 0,001 ql <sub>x</sub> <sup>2</sup> X	13	48	51	55	57	58	60	61	62	62	62	62	62	62	62	62	63
	Mly = - 0,001 ql <sub>y</sub> <sup>2</sup> X	13	48	51	55	57	58	60	61	62	62	62	62	62	62	62	62	63

Keterangan :  - Terletak bebas  
 - Momen atau terjepit elastis

Tabel L.3.1 Momen di dalam Pelat yang Menumpu pada Keempat Tumpunya akibat Beban Terbagi Rata

		$l_x/l_y$	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6		
I		$M_{lx} = +0,001 q_b l_x^2 X$	44	42	39	36	33	30	27	24	21	18	15	12	9	6	3	0	0	0	
		$M_{ly} = +0,001 q_b l_y^2 X$	44	45	43	44	44	43	41	40	39	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28
II		$M_{lx} = +0,001 q_b l_x^2 X$	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	
		$M_{ly} = +0,001 q_b l_y^2 X$	21	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4
III		$M_{lx} = -0,001 q_b l_x^2 X$	57	59	64	69	73	76	79	81	82	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83
		$M_{ly} = -0,001 q_b l_y^2 X$	52	54	56	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57
IV		$M_{lx} = +0,001 q_b l_x^2 X$	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
		$M_{ly} = +0,001 q_b l_y^2 X$	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
V		$M_{lx} = -0,001 q_b l_x^2 X$	68	77	85	92	98	103	107	111	113	116	118	119	120	121	122	122	122	122	122
		$M_{ly} = -0,001 q_b l_y^2 X$	68	72	74	76	77	77	78	78	78	78	78	79	79	79	79	79	79	79	79
VI		$M_{lx} = +0,001 q_b l_x^2 X$	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
		$M_{ly} = +0,001 q_b l_y^2 X$	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
VII		$M_{lx} = -0,001 q_b l_x^2 X$	70	79	87	94	100	105	109	112	115	117	119	120	121	122	122	122	122	122	122
		$M_{ly} = -0,001 q_b l_y^2 X$	70	74	77	79	81	82	83	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84
VIII		$M_{lx} = +0,001 q_b l_x^2 X$	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13
		$M_{ly} = +0,001 q_b l_y^2 X$	31	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14
IX		$M_{lx} = -0,001 q_b l_x^2 X$	84	97	104	109	112	115	117	119	121	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122
		$M_{ly} = -0,001 q_b l_y^2 X$	84	88	91	93	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94
X		$M_{lx} = +0,001 q_b l_x^2 X$	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
		$M_{ly} = +0,001 q_b l_y^2 X$	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
XI		$M_{lx} = -0,001 q_b l_x^2 X$	84	92	96	100	104	108	111	114	117	119	120	121	122	122	122	122	122	122	122
		$M_{ly} = -0,001 q_b l_y^2 X$	84	88	91	93	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94
XII		$M_{lx} = +0,001 q_b l_x^2 X$	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
		$M_{ly} = +0,001 q_b l_y^2 X$	21	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4
XIII		$M_{lx} = -0,001 q_b l_x^2 X$	60	66	71	74	77	79	80	82	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83
		$M_{ly} = -0,001 q_b l_y^2 X$	55	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57

Keterangan : - Tertolak bebas  
 - Tertjepit penuh

9 Sumber : Buku Balok Pelat Beton Bertulang Ali Asroni )

D. Penulangan Pelat Lantai

Penulangan pelat lantai dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

Rencanakan tinggi efektif pada pelat :

d Efektif = Tinggi Balok – Selimut Beton

Untuk pelat digunakan :

$$q_{min} = \frac{1,4}{F_y}$$

$$q_{Balance} = \frac{0,85 \times \beta \times F_c}{F_y} \times \frac{600}{600 + F_y}$$

$$q_{Max} = 0,75 \times q_{Balance}$$

Penulangan lapangan untuk arah X dan arah Y dapat dihitung dengan rumus:

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

$$m = \frac{F_y}{0,85 \times F_c}$$

$$Q_{perlu} = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right)$$

2  $Q < Q_{Min}$

$Q < Q_{Max}$

$As = Q_{Min} \times b \times d_{efektif}$

Jumlah tulangan :  $\frac{As}{\text{Otulangan}}$

Jarak maksimum :  $2 \times h$

Keterangan :

Fy : kekuatan leleh tulangan

m : jumlah tulangan maksimum

As : luas tulangantarik

b : lebar

## 2.5 Kolom

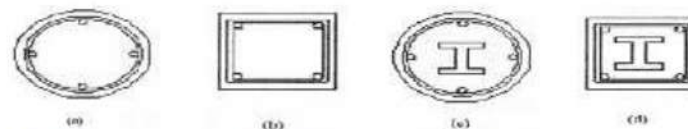
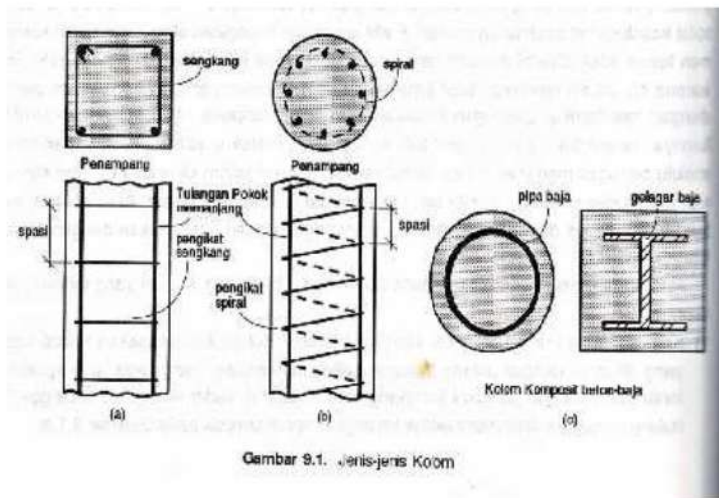
Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka struktur yang memikul beban dari balok. Kolom merupakan suatu elemen struktur elemen tekan yang memegang peranan dari suatu bangunan.

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.

Fungsi kolom adalah sebagai penerus beban seluruh bangunan ke pondasi. Bila diumpamakan kolom itu seperti rangka tubuh manusia yang memastikan sebuah bangunan berdiri. Kolom termasuk struktur utama untuk meneruskan berat bangunan dan beban lain seperti beban hidup, beban mati, beban angin dan beban gempa.

Berdasar jenis tulangan sengkang yang digunakan kolom dibagi menjadi 2 yaitu :

- a. Kolom dengan sengkang persegi (dapat juga ditambahkan sengkang ikat /kait) yang mengikat tulangan memanjang atau vertikal dari kolom dan disusun dengan jarak tertentu sepanjang tinggi kolom.
- b. Kolom dengan sengkang spiral untuk mengikat tulangan memanjang dan meningkatkan daktilitas kolom, secara umum tulangan sengkang pada kolom baik sengkang persegi maupun spiral berfungsi mencegah tekuk pada tulangan memanjang dan mencegah pecahnya selimut beton akibat tekan yang besar.



Lintang kolom: (a) kolom bulat tulangan spiral; (b) kolom segi empat; (c) kolom komposit bulat tulangan spiral; (d) kolom komposit segiempat

## A. Dimensi Kolom

### a.) <sup>23</sup> Beban Mati (DL)

**Pelat Atap** = luas lantai x tebal pelat x bj. bahan

**Plafond** = luas lantai x berat plafond

**Penggantung** = luas lantai x berat penggantung

**Balok Induk Memanjang** = panjang x dimensi x bj. Bahan

**Balok Induk Melintang** = panjang x dimensi x bj. Bahan

**Balok Anak Memanjang** = panjang x dimensi x bj. Bahan

**Balok Anak Melintang** = panjang x dimensi x bj. Bahan

Spesi = luas lantai x berat spesi

**DL** .....

b.) Beban Hidup (LL)

Atap = Luas lantai x beban hidup atap

**LL** ...

c.) Beban Terfaktor :

$W = 1,2 DL + 1,6 LL$

d.) Dimensi Kolom:

$$A = \frac{W}{\phi f_c}$$

#### B. Perencanaan Kolom

Sebuah kolom pendek mempunyai luas penampang beton  $A_g$ , lebar penampang  $b$ , tinggi penampang  $h$ , luas total tulangan pada kolom  $A_{st}$ , maka bentuk kurva hubungan antara beban aksial dan regangan aksial pada kolom beton dengan beban terpusat.

Kapasitas beban sentris maksimum diperoleh dengan menambah kontribusi beton yaitu  $(A_g - A_{st}) 0,85 f'_c$  dan kontribusi baja tulangan yaitu  $A_{st} f_y$ ,

dimana :

$A_g$  : luas penampang bruto

$A_{st}$  : luas total tulangan baja.

Kapasitas beban sentris maksimum yaitu :

$$P_o = (A_g - A_{st}) 0,85 f'_c + A_{st} f_y$$

Dalam SNI 2847: 2013 pasal 10.3.6 dinyatakan persamaan desain kolom dengan sengkang spiral dan persegi:

Kolom sengkang

$$\phi P_n = 0,80 \phi (A_g - A_{st}) 0,85 f'_c + A_{st} f_y$$



Kolom bulat/ spiral

$$\phi P_n = 0,85 \phi (A_g - A_{st}) 0,85 f'_c + A_{st} f_y$$

Dengan faktor reduksi kekuatan  $\phi$  untuk kolom sengkang sebesar 0,65 dan  $\phi$  untuk kolom bulat 0,70

Persyaratan detail penulangan kolom antara lain :

Secara praktis dilapangan dapat digunakan rasio tulangan memanjang  $\rho_g$  sebesar 1% hingga 8% terhadap luas penampang kolom beton.

Berdasarkan regangan yang terjadi pada baja tulangan yang tertarik, kondisi awal keruntuhan digolongkan menjadi dua yaitu :

- a. Keruntuhan tarik terjadi bila diawali dengan luluhnya tulangan tarik atau dimana besarnya beban ultimit penampang ( $P_u$ ) lebih kecil dari beban pada kondisi balanced ( $P_b$ ) dan eksentrisitas beban ultimit ( $e$ ) lebih besar dari eksentrisitas pada kondisi balanced

$$\text{dimana } P_u < P_b$$

$$e > e_b$$

- b. Keruntuhan tekan terjadi bila besarnya beban ultimit penampang ( $P_u$ ) lebih besar dari beban pada kondisi balanced ( $P_b$ ) dan eksentrisitas beban ultimit ( $e$ ) lebih kecil dari eksentrisitas pada kondisi balanced,

biasanya diawali dengan kehancuran beton

$$\text{dimana } P_u > P_b$$

$$e < e_b$$

Kapasitas penampang pada keruntuhan tarik adalah :

$$P_n = 0,85 f'_c b d \left[ \rho' m' - \rho m - (e'/d) + \left\{ (1 - (e'/d))^2 + 2 \rho (e'/d) (\rho m - \rho' m') + \rho' m' (1 - (d'/d)) \right\}^{1/2} \right]$$

Dimana :

$$m = f_y / (0,85 f'_c)$$

$$m' = m - 1$$

$$\rho = A_s / b d$$

$$P' = A_s' / b d$$

Kapasitas penampang pada keruntuhan tekan adalah :

Bila  $q \neq q'$

$$P_n = \frac{P_o}{1 + ((P_o/P_b) - 1) \cdot (e/eb)}$$

Kolom penampang persegi

$$e = \frac{Mu}{Pu}$$

$$q = q' = \frac{A_s}{b \cdot d}$$

$$A_s = q \cdot b \cdot d$$

$$A_s = A_s'$$

$$\text{Luas tulangan} = \pi \times \frac{1}{4} \times D^2$$

$$\rho_{akt} = \frac{A_s}{b \cdot d}$$

Luas tulangan total

$$A_{st} = 2 \times A_s$$

21  
Luas penampang kolom

$$A_e = b \cdot h$$

1  
Cek apakah eksentrisitas (e) lebih besar atau lebih kecil dari pada eksentrisitas balance ( $e_b$ )

$$d = h - \text{selimut beton}$$

12  
jarak dari serat tekan beyon terluar ke sumbu netral

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

Tinggi blok tegangan ekuivalen

$$\alpha b = \beta_1 \times C_b$$

15  
Nilai  $f'_s$  diambil sama dengan  $f_y$  apabila tulangan tekan sudah luluh

$$f'_s = 600 \left( \frac{c_2 - d'}{c_b} \right) \leq f_y$$

$$5 \quad \phi P_{nb} = 0,65 [0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a_b + A_s' \cdot f'_s - A_s \cdot f_y] \cdot 10^{-3}$$

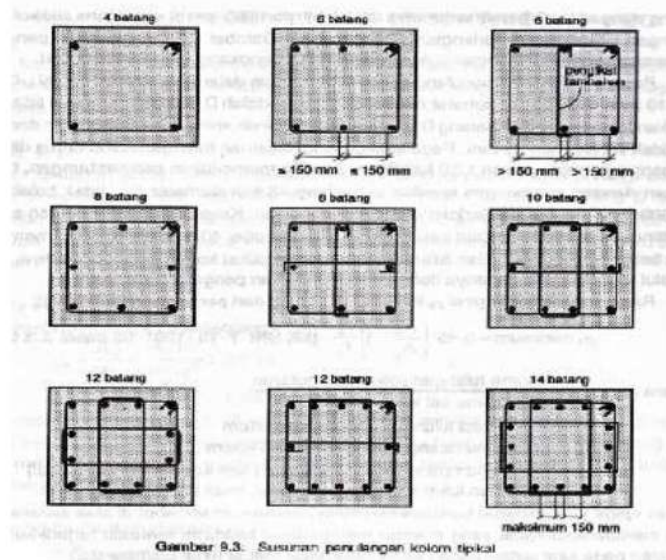
$$M_{nb} = N_{D1} + N_{D2}$$

$$= 0,65 \cdot [0,65 \cdot 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a_b \left( d - \frac{a_b}{2} \right) + 0,65 \cdot f'_s \cdot A_s' \cdot (d - d')] \cdot 10^{-6}$$

Nilai eksentrisitas

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

### C. Penulangan Kolom



Gambar 9.3. Susunan penulangan kolom tipikal

Persyaratan detail sengkang secara rinci diatur dalam SNI 2847:2013 PASAL 7.10.4. sengkang spiral harus memiliki diameter minimum 10mm dan jarak bersihnya tidak lebih dari 75 mm ,namun tidak kurang dari 25 mm. Untuk penyambungan batang spiral ulir tanpa lapisan dapat digunakan sambungan lewatan sepanjang  $48 d_b$  atau tidak kurang dari 300 mm. Sedangkan untuk batang spiral polos diambil sepanjang  $72 d_b$  atau 300 mm

Pasal 7.10.5.2 tulangan sengkang harus memiliki diameter minimum 10 mm untuk mengikat tulangan memanjang dengan diameter 32mm atau kurang sedangkan untuk tulangan memanjang dengan diameter diatas 32mm harus diikat dengan sengkang berdiameter minimum 13 mm.

Periksa rasio penulangan memanjang

$$\rho = \frac{A_{st}}{A_g}$$

Menghitung Kuat kolom maksimum :

$$\phi P_n = 0,80 \phi (A_g - A_{st}) 0,85 f'_c + A_{st} f_y$$

Pemeriksaan pengikat sengkang menggunakan batang tulangan D10 umumnya dapat diterima untuk penggunaan batang tulangan pokok memanjang sampai dengan D32.

Jarak spasi tulangan sengkang tidak boleh lebih besar dari nilai yang terkecil berikut ini :

48 kali diameter batang tulangan sengkang

16 kali diameter batang tulangan sengkang

Jarak bersih tulangan sengkang dapat dihitung dengan rumus :

$$\frac{1}{2}(\text{lebar} - 2(\text{selimut beton}) - 2(\phi_{\text{sengkang}}) - 3(\text{diameter tulangan}))$$

## 2.6 Pembebanan

Beban- beban yang bekerja pada struktur gedung adalah beban mati (*Dead Load*), beban hidup (*Live Load*), dan beban gempa (*Quake Load*).

### 2.6.1 Beban Mati

Beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen atau berat sendiri bahan bangunan komponen gedung..

#### **BAHAN BANGUNAN**

Baja 7.850 kg/m<sup>3</sup>

Batu Alam 2.600 kg/m<sup>3</sup>

Batu belah, batu bulat, batu gunung (berat tumpuk) 1.500 kg/m<sup>3</sup>

Batu karang (berat tumpuk) 700 kg/m<sup>3</sup>

Batu pecah 1.450 kg/m<sup>3</sup>

Besi tuang 7.250 kg/m<sup>3</sup>

Beton (1) 2.200 kg/m<sup>3</sup>

Beton bertulang (2) 2.400 kg/m<sup>3</sup>

Kayu (Kelas I) (3) 1.000 kg/m<sup>3</sup>

Kerikil, koral (kering udara sampai lembap, tanpa diayak) 1.650 kg/m<sup>3</sup>

Pasangan bata merah 1.700 kg/m<sup>3</sup>

Pasangan batu belah, batu belat, batu gunung 2.200 kg/m<sup>3</sup>

Pasangan batu cetak 2.200 kg/m<sup>3</sup>

Pasangan batu karang 1.450 kg/m<sup>3</sup>

Pasir (kering udara sampai lembap) 1.600 kg/m<sup>3</sup>

Pasir (jenuh air) 1.800 kg/m<sup>3</sup>

Pasir kerikil, koral (kering udara sampai lembap) 1.850 kg/m<sup>3</sup>

Tanah, lempung dan lanau (kering udara sampai lembap) 1.700 kg/m<sup>3</sup>

Tanah, lempung dan lanau (basah) 2.000 kg/m<sup>3</sup>

Tanah hitam 11.400 kg/m<sup>3</sup>

(Sumber Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung – 1983 )

## **KOMPONEN GEDUNG**

Adukan, per cm tebal :

- dari semen 21 kg/m<sup>2</sup>

- dari kapur, semen merah atau tras 17 kg/m<sup>2</sup>

Aspal, termasuk bahan-bahan mineral tambahan, per cm tebal 14 kg/m<sup>2</sup>

Dinding Pas. Bata merah :

- satu batu 450 kg/m<sup>2</sup>

- setengah batu 250 kg/m<sup>2</sup>

Dinding pasangan batako :

Berlubang :

- tebal dinding 20 cm (HB 20) 200 kg/m<sup>2</sup>

- tebal dinding 10 cm (HB 10) 120 kg/m<sup>2</sup>

Tanpa lubang

- tebal dinding 15 cm 300 kg/m<sup>2</sup>

- tebal dinding 10 cm 200 kg/m<sup>2</sup>

Langit-langit dan dinding (termasuk rusuk-rusuknya, tanpa penggantung langit-langit atau pengaku), terdiri dari :

- semen asbes (eternit dan bahan lain sejenis), dengan tebal maksimum 4 mm

- kaca, dengan tebal 3 – 4 mm 10 kg/m<sup>2</sup>

Lantai kayu sederhana dengan balok kayu, tanpa langit- 40 kg/m<sup>2</sup>

langit dengan bentang maksimum 5 m dan untuk beban hidup

maksimum 200 kg/m<sup>2</sup>

Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 7 kg/m<sup>2</sup>

5 m dan jarak s.k.s minimum 0,8 m

Penutup atap genting dengan reng dan usuk/kaso per m<sup>2</sup> 50 kg/m<sup>2</sup> bidang atap

Penutup atap sirap dengan reng dan usuk/kaso per m<sup>2</sup> 40 kg/m<sup>2</sup> bidang atap

Penutup atap seng gelombang (BWG 24) tanpa gordeng 10 kg/m<sup>2</sup>

Penutup lantai dari ubin semen portland, teraso dan beton, 24 kg/m<sup>2</sup> tanpa adukan, per cm tebal

Semen asbes gelombang (tebal 5 mm) 11 kg/m<sup>2</sup>

Catatan :

- (1) <sup>31</sup> Nilai ini tidak berlaku untuk beton pengisi
- (2) Untuk beton getar, beton kejut, beton mampat dan beton padat lain sejenis, berat sendirinya harus ditentukan sendiri.
- (3) Nilai ini adalah nilai rata-rata, untuk jenis kayu tertentu lihat Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia.

(Sumber Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung – 1983 )

### <sup>34</sup> 2.6.2 Beban Hidup

Beban Hidup pada lantai gedung, sudah termasuk perlengkapan ruang sesuai dengan kegunaan dan juga dinding pemisah ringan ( $q > 100 \text{ kg/m}^2$ ). Beban berat dari lemari arsip, alat dan mesin harus ditentukan tersendiri.

BEBAN HIDUP PADA LANTAI GEDUNG			
a.	Lantai dan tangga rumah tinggal, kecuali yang disebut dalam b.	200	kg/m <sup>2</sup>
b.	Lantai dan tangga rumah sederhana dan gudang-gudang tidak penting yang bukan untuk toko, pabrik atau bengkel.	125	kg/m <sup>2</sup>
c.	Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, toserba, restoran, hotel, asrama dan rumah sakit.	250	kg/m <sup>2</sup>
d.	Lantai ruang olah raga	400	kg/m <sup>2</sup>
e.	Lantai ruang dansa	500	kg/m <sup>2</sup>



f.	Lantai dan balkon dalam dari ruang-ruang untuk pertemuan yang lain dari pada yang disebut dalam a s/d e seperti masjid, gereja, ruang pagelaran, ruang rapat, bioskop dan panggung penonton.	400	kg/m <sup>2</sup>
g.	Panggung penonton dengan tempat duduk tidak tetap atau untuk penonton yang berdiri.	500	kg/m <sup>2</sup>
h.	Tangga, borécs tangga dan gang dari yang disebut dalam c.	300	kg/m <sup>2</sup>
i.	Tangga, bordes tangga dan gang dari yang disebut dalam d, e, f dan g.	500	kg/m <sup>2</sup>
j.	Lantai ruang pelengkap dari yang disebut dalam c, d, e, f dan g.	250	kg/m <sup>2</sup>
k.	Lantai untuk: pabrik, bengkel, gudang, perpustakaan, ruang arsip, toko buku, toko besi, ruang alat-alat dan ruang mesin, harus direncanakan terhadap beban hidup yang ditentukan tersendiri, <u>dengan minimum</u>	400	kg/m <sup>2</sup>
l.	Lantai gedung parkir bertingkat:		
	- untuk lantai bawah	800	kg/m <sup>2</sup>
	- untuk lantai tingkat lainnya	400	kg/m <sup>2</sup>
m.	Balkon-balkon yang menjorok bebas keluar harus direncanakan terhadap beban hidup dari lantai ruang yang berbatasan, <u>dengan minimum</u>	300	kg/m <sup>2</sup>

(Sumber Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung – 1983 )

<sup>6</sup> Beban Hidup pada atap gedung, yang dapat dicapai dan dibebani oleh orang, harus diambil minimum sebesar 100 kg/m<sup>2</sup> bidang datar. Atap dan/atau bagian atap yang tidak dapat dicapai dan dibebani oleh orang, harus diambil yang menentukan (terbesar) dari:

Beban terbagi rata air hujan

$$Wah = 40 - 0,8 A$$

dengan,

A = sudut kemiringan atap, derajat ( jika A > 50o dapat diabaikan).

Wah = beban air hujan, kg/m<sup>2</sup> (min. Wah atau 20 kg/m<sup>2</sup>)

Beban terpusat berasal dari seorang pekerja atau seorang pemadam kebakaran dengan peralatannya sebesar minimum 100 kg. Balok tepi atau gordeng tepi dari atap yang tidak cukup ditunjang oleh dinding atau penunjang lainnya dan pada kantilever harus ditinjau kemungkinan adanya beban hidup terpusat sebesar minimum 200 kg.

Reduksi Beban Hidup pada perencanaan balok induk dan portal (beban horisontal/gempa dan angin), dapat dikalikan dengan faktor reduksi.

KOEFSISIEN REDUKSI BEBAN HIDUP		
Penggunaan Gedung	Koefisien Reduksi beban Hidup	
	Peninjauan Beban Gravitasi	Peninjauan Beban Gempa
PERUMAHAN/HUNIAN		
Rumah tinggal, asrama, hotel, rumah sakit	0,75	0,30
PENDIDIKAN		
Sekolah, ruang kuliah	0,90	0,50
PERTEMUAN UMUM		
Masjid, gereja, bioskop, restoran, ruang dansa, ruang pagelaran	0,90	0,50
PERKANTORAN		
Kantor, bank	0,60	0,30
PERDAGANGAN		
Toko, pasar, pasar	0,80	0,80
PENYIMPANAN		
Gudang, perpustakaan, ruang arsip	0,80	0,80
INDUSTRI		
Pabrik, bengkel	1,0	0,90
TEMPAT KENDARAAN		
Garasi, gedung parkir	0,90	0,50
GANG DAN TANGGA		
- perumahan/hunian	0,75	0,30
pendidikan, kantor	0,75	0,50
- pertemuan umum, perdagangan, penyimpanan, industri, tempat kendaraan	0,90	0,50

55

(Sumber Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung – 1983 )

### 2.6.3 Beban Gempa

Gempa rencana dalam perancangan struktur gedung ini ditetapkan sebagai gempa yang kemungkinan terlewati besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2 persen.

#### A. Faktor Keutamaan dan Kategori Resiko Struktur Bangunan

Sesuai tabel 1 SNI 1726-2012, untuk berbagai resiko struktur bangunan gedung dan non gedung sesuai dengan tabel 1, pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan  $I_e$  menurut tabel 2.6

Tabel 1 Kategori Resiko Bangunan dan Non Gedung untuk beban gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia saat terjadi kegagalan, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk, antara lain :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan</li> <li>- Fasilitas sementara</li> <li>- Gedung penyimpanan</li> <li>- Rumah jaga dan struktur kecil lainnya</li> </ul>	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori resiko I,III,IV, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perumahan</li> <li>- Rumah toko dan rumah kantor</li> <li>- Pasar</li> <li>- Gedung perkantoran</li> <li>- Gedung apartemen/ rumah susun</li> <li>- Pusat perbelanjaan/ mall</li> <li>- Bangunan industri</li> <li>- Fasilitas manufaktur</li> <li>- pabrik</li> </ul>	II
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki resiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- bioskop</li> <li>- gedung pertemuan</li> <li>- stadion</li> <li>- fasilitas kesejatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat</li> <li>- fasilitas penitipan anak</li> <li>- penjara</li> <li>- Bangunan untuk orang jompo</li> </ul>	III
<p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk ke dalam kategori resiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	III
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bangunan-bangunan monumental</li> <li>- Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan</li> <li>- Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat.</li> <li>- Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya</li> <li>- Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat.</li> <li>- Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat.</li> </ul> <p>Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat</p> <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori resiko IV</p>	IV

Tabel 2 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori resiko	Faktor keutamaan gempa, $I_e$
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,5

B. <sup>1</sup> Kombinasi Beban dan pengaruh beban Gempa

Peninjauan dan penghitungan beban pada perancangan gedung ini berdasarkan pada Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung SNI 2847-2013 pasal 9.2.1 dan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 1726-2012 Pasal 4.2.2 dan Pasal 7.4.

1.  $1,4D$

2.  $1,2D + 1,6L + 0,5(Lr \text{ atau } R)$

3.  $1,2D + 1,6(Lr \text{ atau } R) + (1,0L \text{ atau } 0,5W)$

4.  $1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5(Lr \text{ atau } R)$

5.  $1,2D + 1,0E + 1,0L$

6.  $0,9D + 1,0W$

7.  $0,9D + 1,0E$

Dengan :

<sup>1</sup>  $U$  = kuat perlu

$D$  = beban mati

$L$  = beban hidup

$Lr$  = beban hidup pada atap

$R$  = beban hujan

$W$  = beban angin

$q$  = faktor redundansi

C. <sup>1</sup> Klasifikasi Situs

Dalam perumusan kriteria desain seismik suatu bangunan, <sup>1</sup> Dalam perumusan kriteria desain seismik suatu bangunan di permukaan tanah atau penentuan amplifikasi besaran percepatan gempa puncak dari batuan dasar ke permukaan tanah untuk suatu situs, maka situs tersebut harus diklasifikasikan terlebih dahulu. Profil tanah di situs harus diklasifikasikan sesuai dengan tabel 3 berdasarkan profil tanah lapisan 30 m paling atas.

Penetapan kelas situs harus melalui penyelidikan tanah di lapangan dan pengujian di laboratorium dengan minimal mengukur secara independen dua dari tiga parameter tanah yang tercantum dalam



tabel 3. kelas situs yang diberlakukan adalah kelas situs yang paling buruk dari hasil analisis.

Tabel 3 Klasifikasi Situs

Kelas Situs	$\bar{v}_s$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{ch}$	$\bar{s}_u$ (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	Tidak dapat dipakai	Tidak dapat dipakai
SB (batuan)	750 sampai 1500	Tidak dapat dipakai	Tidak dapat dipakai
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	$\geq 100$
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	<175	<15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ , 2. Kadar air, $w \geq 40$ , 3. Kuat geser miralir, $\bar{s}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik situs)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut : - rawan dan potensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - lempung sangat organik dan atau gambut (ketebalan, $H > 3$ m) - lempung berplastisitas sangat tinggi ( $H > 7,5$ m, $IP > 75$ ) lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{s}_u < 50$ kPa		

#### D. Parameter Percepatan Terpetakan

Setelah mengetahui klasifikasi situs dan mengetahui letak lokasi bangunan, langkah berikutnya adalah mengetahui parameter percepatan batuan dasar pada periode pendek ( $S_s$ ) dan percepatan batuan dasar pada periode 1 detik ( $S_1$ ). Kedua parameter ini bisa diambil dari peta gempa SNI 1726-2012.

#### E. Parameter Percepatan Gempa

Setelah mengetahui klasifikasi situs dan parameter percepatan batuan dasar, langkah berikutnya adalah menghitung koefisien atau parameter percepatan gempa berdasarkan kelas situs terdahulu dan nilai dari peta gempa supaya bisa didapatkan respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko tertarget (MCER).

Untuk menentukan respons spektral percepatan gempa MCER di permukaan tanah, diperlukan faktor amplifikasi sesimik pada periode 0,2 detik dan periode 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor

amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran perioda pendek ( $F_a$ ) dan faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran perioda 1 detik ( $F_v$ ). Parameter spektrum respons percepatan pada perioda pendek (SMS) dan perioda 1 detik (SM1) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dari persamaan :

$$S_{MS} = F_a S_S$$

$$S_{M1} = F_v S_I$$

Dengan nilai  $F_a$  dan  $F_v$  ditentukan oleh tabel 4 dan 5 .

Tabel 4 Koefisien Situs  $F_a$

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa ( $MCE_R$ ) terpetakan pada perioda pendek, $T=0,2$ detik, $S_s$				
	$S_s < 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS				

Tabel 5 Koefisien Situs  $F_v$

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa ( $MCE_R$ ) terpetakan pada perioda pendek, $T=1$ detik, $S_s$				
	$S_s < 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS				

#### F. Parameter Percepatan Spektral Desain

Parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek, SDS dan pada perioda 1 detik, SD1 harus ditentukan melalui persamaan:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS}$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1}$$

#### G. Kategori Desain Seismik (KDS)

Dari nilai SDS, SD1 dan kategori resiko gedung akan didapatkan dua kategori desain seismik. Nilai yang diambil adalah yang



paling besar dari kedua KDS tersebut. Nilai tersebut didapatkan harus dari nilai dalam tabel.

Tabel 6 : Kategori Desain Seismik berdasarkan Parameter Respons

Percepatan Periode Pendek,  $S_{DS}$

Nilai $S_{DS}$	Kategori Risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 < S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 < S_{DS} < 0,5$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Tabel 7 : Kategori Desain Seismik berdasarkan Parameter Respons

Percepatan Periode 1 detik  $S_{D1}$

Nilai $S_{D1}$	Kategori Risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,2$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

H. Sistem Struktur dan Parameter Struktur

Sistem struktur yang dipilih harus sesuai dengan batasan dan memperhatikan koefisien dalam jenis sistem struktur tersebut.

Tabel 8 Faktor  $R, C_d, Q_o$

No	Sistem pemilihan gaya gempa	R	C <sub>d</sub>	Q <sub>o</sub>	Batasan sistem struktur dan batasan rasio struktur, R, (%)					
					B	C	D	E	F	
1	Sistem rangka pemikul momen									
1	Rangka baja pemikul momen kelas	8	1	1,5	TR	TR	TR	TR	TR	
2	Rangka batang baja pemikul momen kelas	7	3	1,3	TB	TB	10	10	11	
3	Rangka baja pemikul momen moment-resisting	6,5	3	1	TD	TD	10	11	11	
4	Rangka baja pemikul momen kelas	3,5	3	3	TU	TU	11	11	11	
5	Model buktibatang pemikul momen kelas	3	3	1,2	TU	TU	10	10	10	
6	Ratun bertulang pemikul momen moment-resisting	8	1	4,4	TR	TR	11	11	11	
7	Ratun bertulang pemikul momen kelas	4	3	1,4	TR	TR	11	11	11	
8	Rangka baja dan beton komposit pemikul momen kelas	8	1	1,3	TR	TR	10	10	10	
9	Rangka baja dan beton komposit pemikul momen moment-resisting	7	3	1,2	TB	TB	11	11	11	
10	Rangka baja dan beton komposit bertulang pemikul momen kelas	6	3	1,3	10	10	10	11	11	
11	Rangka baja dan beton komposit pemikul momen kelas	7	3	1,2	TU	11	11	11	11	
12	Rangka baja dan beton pemikul momen kelas dengan pambatan	3,5	3	1,4	10	10	10	10	10	

I. Geser Dasar Seismik

Geser dasar seismik, V dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan persamaan :

$$V = C_s W \quad (2-15)$$

Dengan :

$C_s$  = koefisien respons seismik.

$W$  = berat seismik efektif (kN)

J. <sup>18</sup> Perhitungan Koefisien Respons Seismik

Koefisien respons seismik,  $C_s$  harus ditentukan sesuai dengan:

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

Dengan :

$S_{DS}$  = parameter percepatan spektrum respons desain dalam rentang Periode pendek

$R$  = faktor modifikasi respons yang ditentukan oleh sistem penahan gempa yang dipilih

$I_e$  = faktor keutamaan gempa yang ditentukan kategori risiko

Nilai  $C_s$  yang dihitung tidak perlu lebih dari

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

$C_s$  harus tidak kurang dari

$$C_s = 0,044 S_{DS} I_e > 0,01 \quad (2-18)$$

Untuk struktur yang berlokasi di daerah di mana  $S_1$  sama dengan atau lebih besar dari 0,6g, maka  $C_s$  harus tidak kurang dari

$$C_s = \frac{0,5 S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

Dengan :

$S_{D1}$  = parameter percepatan spektrum respons desain pada periode 1.0 detik

$T$  = perioda fundamental struktur (detik)

$S1$  = parameter percepatan spektrum respons maksimum

#### K. <sup>8</sup> Penentuan Periode

Perioda fundamental struktur,  $T$ , dalam arah yang ditinjau harus diperoleh menggunakan properti struktur dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam analisis yang teruji. Perioda fundamental struktur,  $T$ , tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada perioda yang dihitung ( $C_u$ ) dari tabel dan perioda fundamental pendekatan,  $T_a$  yang ditentukan sesuai persamaan. Sebagai alternatif, pada pelaksanaan analisis untuk menentukan perioda fundamental struktur,  $T$ , diijinkan secara langsung menggunakan perioda bangunan pendekatan,  $T_a$ , yang dihitung dengan persamaan berikut :

$$T_a = C_t h_n^x$$

<sup>1</sup> Dengan :

$h_n$  adalah ketinggian struktur, dalam (m), di atas sampai tingkat tertinggi struktur, dan nilai parameter perioda pendekatan  $C_t$  dan  $x$  ditentukan dalam

<sup>29</sup> Tabel 9 Koefisien Untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung

Parameter Percepatan respons spektral desain pada 1 detik $S_{D1}$	Koefisien $C_u$
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Tabel 10 Nilai Parameter Periode Pendekatan  $C_t$  dan  $x$

Tipe Struktur	$C_t$	$x$
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau berhubungan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa :		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 <sup>a</sup>	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 <sup>a</sup>	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 <sup>a</sup>	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 <sup>a</sup>	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 <sup>a</sup>	0,73

<sup>1</sup> Sebagai alternatif, diijinkan untuk menentukan perioda fundamental pendekatan ( $T_a$ ), dalam detik, dan persamaan (2-21) untuk struktur dengan ketinggian tidak melebihi 12 tingkat dengan sistem penahan gaya gempa

terdiri dari rangka penahan momen beton atau baja secara keseluruhan dan tinggi tingkat paling sedikit 3 m.

$$T_a = 0,1N$$

Dengan  $N$  adalah jumlah tingkat.

#### L. Distribusi Vertikal Gaya Gempa

Gaya gempa lateral ( $F_x$ ), dalam (kN), yang timbul di semua tingkat harus ditentukan dari persamaan:

$$F_x = C_{vx} V$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k}$$

1

Dengan :

$C_{vx}$  = faktor distribusi vertikal

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

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

$h_i$  dan  $h_x$  = tinggi dari dasar sampai tingkat  $i$  atau  $x$ , dalam meter

$k$  = eksponen yang terkait dengan perioda struktur berikut  
struktur dengan perioda 0,5 atau kurang,  $k=1$   
struktur dengan perioda 2,5 atau lebih,  $k=2$   
struktur dengan perioda 0,5 -2,5  
 $k = 2$ , atau interpolasi linear antara 1 dan 2.

48

## 2.6 Perencanaan Pondasi

### A. Definisi Pondasi

Pondasi adalah elemen struktur yang meneruskan reaksi terpusat dari kolom dan atau dinding ataupun beban-beban lateral dari dinding penahan tanah, ke tanah tanpa terjadinya penurunan tak sama (differential settlement) pada sistem strukturnya, juga tanpa terjadinya keruntuhan pada tanah.

1 Untuk merencanakan pondasi harus memperhatikan beberapa hal

diantaranya jenis tanah, kondisi tanah dan struktur tanah, karena sangat berkaitan dengan daya dukung tanah tersebut dalam memikul beban yang terjadi di atasnya. Penyelidikan atas tanah tersebut sangatlah perlu dilakukan agar mendapatkan parameter-parameter sebagai masukan dalam perencanaan, agar didapatkan pondasi yang aman, ekonomis dan efisien.

## B. Data Tanah

Penyelidikan tanah perlu dilakukan untuk mengetahui jenis dan karakteristik tanah ditempat akan dibangunnya gedung. Dengan adanya penyelidikan tanah maka dapat diketahui dan direncanakannya kekuatan tanah dalam menahan beban yang akan disalurkan atau yang lebih dikenal dengan daya dukung tanah terhadap beban pondasi

## C. Daya Dukung Tanah

### 1. Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal

Daya dukung pada pondasi tiang pancang ditentukan oleh dua hal, yaitu daya dukung perlawanan tanah dari unsur dasar tiang pondasi ( $Q_p$ ) dan daya dukung tanah dari unsur lekatan lateral tanah ( $Q_f$ ). Sehingga daya dukung total dari tanah dapat dirumuskan :  $Q_u = Q_p + Q_s$ .

Disamping peninjauan berdasarkan kekuatan tanah tempat pondasi tiang pancang di tanam, daya dukung suatu tiang juga harus ditinjau berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang tersebut. Hasil daya dukung yang menentukan dipakai sebagai daya dukung ijin tiang. Perhitungan daya dukung dapat ditinjau dari dua keadaan, yaitu :

- a. Daya dukung tiang pancang tunggal yang berdiri sendiri
  - b. Daya dukung tiang pancang dalam kelompok.
- ### 2. Daya Dukung Tiang Dari Hasil Sondir

Dari hasil sondir yang memberikan data-data dalam bentuk grafik hubungan antara besarnya conus dan hambatan pelekat pada suatu kedalaman. Dengan menggunakan grafik tersebut dapat ditentukan kedalaman dari pondasi tiang yang kemudian daya



dukungnya dapat ditentukan dengan perumusan :

$$Q_{all} = \frac{C.A}{SF_1} + \frac{JHP.P}{SF_2} \dots\dots\dots(\text{Teknik Pondasi 1, Joko Untung})$$

$$A = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$P = \pi D$$

Keterangan :

C : Nilai conus yang besarnya ditentukan diantaranya menurut Mayerhof :

Nilai C diambil harga rata-rata dari C yang berada 4D diatas tiang sampai 4D dibawah ujung tiang.

Van Der Veen :/

Nilai C diambil harga rata-rata dari C yang berada 3,75D diatas tiang sampai dengan D dibawah ujung tiang.

<sup>24</sup> A : Luas penampang tiang

JHP : Jumlah Hambatan Pelekat

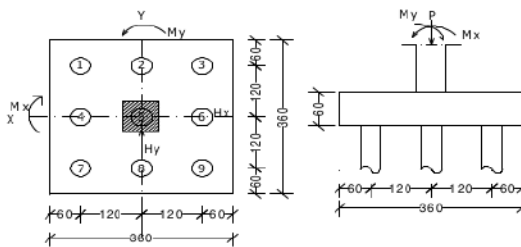
P : Keliling Penampang tiang pancang

SF1, SF2: Angka keamanan yang besarnya masing-masing 3 & 5

3. <sup>5</sup> Daya Dukung Tiang Kelompok

Untuk menentukan jumlah tiang yang diperlukan dalam menahan beban reaksi kolom dapat dihitung dengan pendekatan jumlah tiang perlu adalah beban aksial ultimate dasar kolom (out Put SAP) dibagi dengan daya dukung ijin satu tiang. Jumlah tiang

yang diperlukan  $\frac{P}{Q_{ult\text{tiang}}}$



Gambar Pengaturan jarak tiang pancang PC-1

<sup>1</sup> Dalam memikul beban aksial secara berkelompok, daya dukung pondasi tiang pancang mengalami penurunan akibat pelaksanaan pemancangan sehingga analisa kekuatan secara berkelompok harus dikalikan dengan efisiensi.

<sup>25</sup> Daya dukung pondasi kelompok menurut Converse Labarre adalah :

$$\text{Efisiensi : } (\eta) = 1 - \left\{ \arctg \left( \frac{D}{S} \right) \left( \frac{(m-1)n + (n-1)m}{90mn} \right) \right\}$$

Dimana :

D = diameter tiang pancang

S = jarak antar tiang pancang

m = jumlah tiang pancang dalam 1 baris = 3

n = jumlah baris tiang pancang dalam kolom = 3

$$Q_{ijin} = n \times n \times Q_{ijin \text{ 1tiang}}$$

<sup>4</sup> Momen yang bekerja pada poer akibat adanya gaya horisontal :

$$P_{maks} = \frac{\sum V}{n} \pm \frac{\overline{M_x} \cdot Y_{mak}}{\sum Y_i^2} \pm \frac{\overline{M_y} \cdot X_{mak}}{\sum x_i^2}$$

<sup>1</sup> Dimana :

Pi = Total beban yang bekerja pada tiang yang ditinjau

<sup>1</sup> YMaks = jarak maksimum tiang yang ditinjau dalam arah y

Xmaks = jarak maksimum tiang yang ditinjau dalam arah x

$\sum x_i^2$  = jumlah kuadrat jarak tiang pancang dalam arah x

$\sum y_i^2$  = jumlah kuadrat jarak tiang pancang dalam arah y

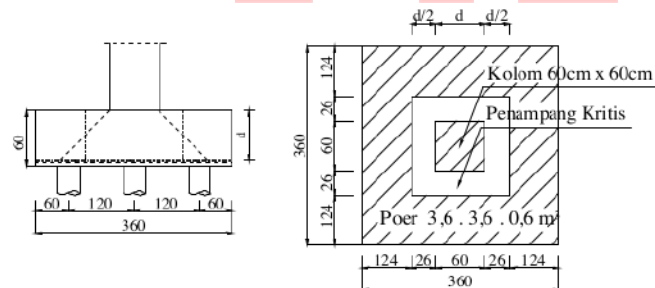
<sup>16</sup> D. Perhitungan Kontrol Geser Ponds

Dalam merencanakan tebal poer, harus memenuhi persyaratan bahwa kekuatan gaya geser nominal harus lebih besar dari geser ponds yang terjadi. Kuat geser yang disumbangkan beton diambil terkecil dari :

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f'_c} \times b_o \times d}{6} \quad \text{SNI 03-2847-2002 Ps.13.12.2.1.a}$$

$$V_c = \left(\frac{\alpha \times d}{b_o} + 2\right) \frac{\sqrt{f'_c} \times b_o \times d}{6} \quad \text{SNI 03-2847-2002Ps.13.12.2.1.b}$$

$$V_c = \frac{1}{3} \times \sqrt{f'_c} \times b_o \times d \quad \text{SNI 03 - 2847 - 2002 Ps.13.12.2.c}$$



Gambar Penampang kritis PC-1

dimana :

$$\beta_c = \text{rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek pada kolom}$$

$$b_o = \text{keliling dari penampang kritis pada poer}$$

$$= 2 (b_{\text{kolom}} + d) + 2 (h_{\text{kolom}} + d)$$

$$\alpha_s = 0,4 \text{ untuk kolom tengah}$$

$$\phi V_c > P_u$$

#### E. Perhitungan Penulangan Poer (Pilecap)

Pada penulangan lentur poer dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Beban yang bekerja adalah beban terpusat dari tiang sebesar P dan berat sendiri poer sebesar q. perhitungan gaya dalam pada poer diperoleh dengan mekanika statis tertentu.

Momen yang bekerja pada poer

$$M_u = (P_t \times x) - \left(\frac{1}{2} \times q_u \times x^2\right)$$

$$\rho_{\max} = 0,75 * \rho_b$$

$$\rho_b = \frac{0,85 * f_c * \beta_1}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y}\right)$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c}$$

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

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

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

#### F. Perencanaan Sloof Pondasi

Tegangan ijin tarik beton :

$$f_{r_{ijin}} = 0,70 \times \sqrt{f'_c}$$

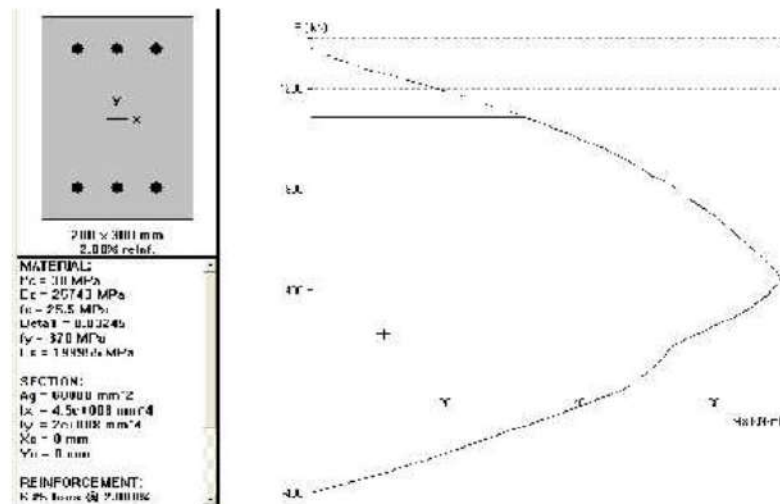
Tegangan tarik yang terjadi :

$$f_r = \frac{P_u}{\phi b h}$$

Penulangan lentur sloof

Penulangan sloof didasarkan pada kondisi pembebanan dimana beban yang diterima adalah beban aksial dan lentur sehingga penulangannya seperti penulangan pada kolom.

$$M_u = \frac{1}{10} \times q_u \cdot l^2$$



Gambar Diagram Interaksi Sloof

Penulangan Geser Sloof

$$V_u = \frac{1}{2} \times q_u \cdot l$$

$$V_c = 2 \times \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} b_w d \left[ 1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right]$$

Tabel faktor daya dukung Terzaghi

$\Phi$	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$	$N_c'$	$N_q'$	$N_\gamma'$
0	5,7	1,0	0,0	5,7	1	0
5	7,3	1,6	0,5	6,7	1,4	0,2
10	9,6	2,7	1,2	8	1,9	0,5
15	12,9	4,4	2,5	9,7	2,7	0,9
20	17,7	7,4	5,0	11,8	3,9	1,7
25	25,1	12,7	9,7	14,8	5,6	3,2
30	37,2	22,5	19,7	19	8,3	5,7
34	52,6	36,5	35,0	23,7	11,7	9
35	57,8	41,4	42,4	25,2	12,6	10,1
40	95,7	81,3	100,4	34,9	20,5	18,8
45	172,3	173,3	297,5	51,2	35,1	37,7
48	258,3	287,9	780,1	66,8	50,5	60,4
50	347,6	415,1	1153,2	81,3	65,6	87,1



## BAB 3

### PEMODELAN DAN PEMBEBANAN STRUKTUR

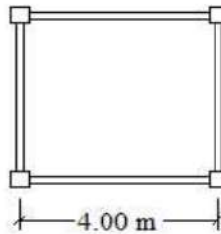
#### 3.1 Data-Data Perencanaan

1. Jumlah lantai : 4 Lantai
2. Luas tiap lantai :  $640 \text{ m}^2$
3. Tinggi tiap lantai : 4,5 m
4. Mutu bahan konstruksi
  - 1 Beton,  $f_c$  : 22 Mpa
  - Baja tulangan  
Deform,  $f_y$  : 360 MPa
5. Kondisi tanah  
Tegangan ijin :  $3,4 \text{ kg/cm}^2$   
Pada kedalaman : 2,25 m (dari muka tanah)
6. Fungsi bangunan : Pusat perbelanjaan
7. Zona gempa : Zona 4

#### 3.2 Perencanaan Dimensi Balok

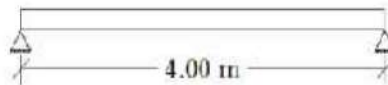
##### a. Dimensi Balok Utama

Diketahui dari gambar rencana, luas terbesar dari perencanaan adalah sebagai berikut :



Gambar 1. Luasan Ruang Terbesar Perencanaan

Berdasarkan bentang terpanjang :

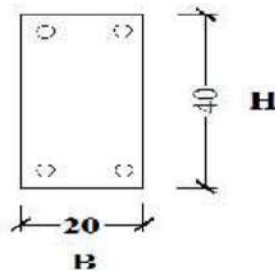


Gambar 2. Bentang Terpanjang Balok Utama

Perhitungan dimensi balok utama berdasarkan bentang terpanjang :  
Maka dimensi balok utama diperoleh :

$$\begin{aligned} H &= \frac{1}{12} L \\ &= \frac{1}{12} \times 400 \\ &= 33,33 \text{ cm} \text{ Jadi di ambil } 400 \text{ mm} = 40 \text{ cm} \end{aligned}$$

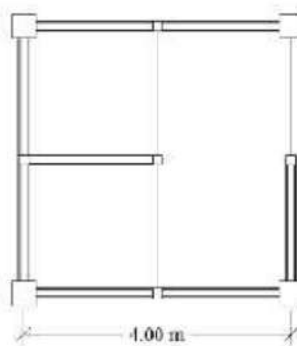
$$\begin{aligned} H &= \frac{1}{2} H \\ &= \frac{1}{2} \times 33,33 \\ &= 16,67 \text{ cm} \text{ Jadi di ambil } 200 \text{ mm} = 20 \text{ cm} \end{aligned}$$



Gambar 3. Dimensi Balok Utama

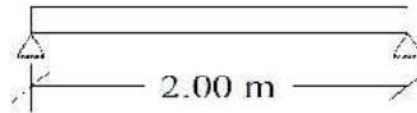
#### b. **Dimensi Balok Anak**

Diketahui dari gambar rencana, luas terbesar dari perencanaan adalah sebagai berikut :



Gambar 4. Luasan Ruang Terbesar Perencanaan

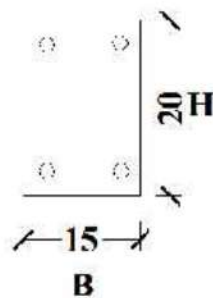
Berdasarkan bentang terpanjang :



Gambar 5. Bentang Terpanjang Balok Anak

Maka dimensi balok anak diperoleh :

- $H = \frac{1}{15} L$   
 $= \frac{1}{15} \times 200$   
 $= 13,33 \text{ cm}$  **Jadi di ambil 200 mm = 20 cm**
- $B = \frac{1}{2} H$   
 $= \frac{1}{2} \times 13,33$   
 $= 15 \text{ cm}$  **Jadi di ambil 150 mm = 15 cm**

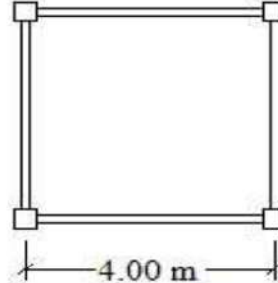


Gambar 4. Dimensi Balok Anak

Berdasarkan penghitungan dimensi balok diatas maka dimensi balok utama yang dipakai yaitu **20 cm x 40 cm** dan penghitungan dimensi balok anak yang dipakai yaitu **15 cm x 20 cm**.

### 3.3 Perencanaan Dimensi Pelat

Data awal yang diperlukan untuk perencanaan tebal plat, yaitu :



Dimensi balok induk 200 mm x 400 mm

$F_y = 360$  Mpa (Tulangan Ulir)

**1**  $L_n Y = \text{Panjang Bentang} - (2 \times 1/2 \text{ lebar balok})$

$$= 400 - (2 \times 1/2 \cdot 20)$$

$$= 380 \text{ cm} = 3800 \text{ mm}$$

$$L_n X = 400 - (2 \times 1/2 \cdot 20)$$

$$= 380 \text{ cm} = 3800 \text{ mm}$$

$$\beta = L_n Y / L_n X = 3800 / 3800 = 1,00 \leq 2 \rightarrow \text{TWO WAY SLAB}$$

Karena perencanaan merupakan two way slab, maka selanjutnya dihitung dengan rumus sebagai berikut Menurut (SNI-2847-13):

$$H_{min} = \frac{L_n \left( 0,8 + \left( \frac{f_y}{1400} \right) \right)}{36 + 9(\beta)}$$

$$= \frac{3800 \left( 0,8 + \left( \frac{360}{1400} \right) \right)}{36 + 9(1,00)}$$

$$= 89,27 \text{ mm} = 8,927 \text{ cm} \sim 10 \text{ cm}$$

$$H_{max} = \frac{L_n \left( 0,8 + \left( \frac{f_y}{1400} \right) \right)}{36}$$

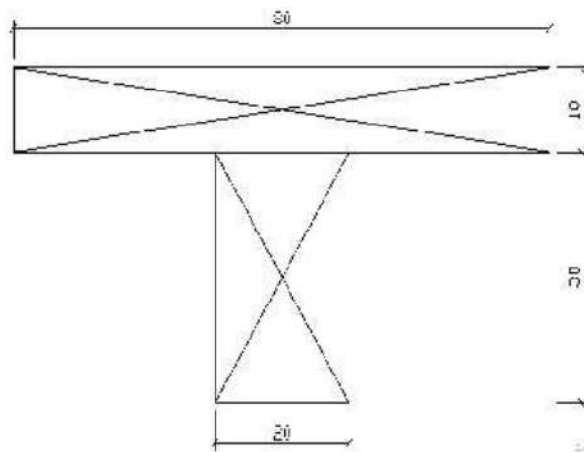
$$= \frac{3800 \left( 0,8 + \left( \frac{360}{1400} \right) \right)}{36}$$

$$= 111,59 \text{ mm} = 11,159 \text{ cm} \sim$$

$$= 12 \text{ cm}$$

Jadi, pelat yang dipakai dengan ukuran 10 cm

Lebar Efektif (Be) :



Gambar 5. Perencanaan Pelat dan Balok

$$\begin{aligned}
 Be_1 &= \frac{1}{4} L_u & L_u &= 3800 \text{ mm} & H_f &= 10 \text{ cm} \\
 &= \frac{1}{4} \times 3800 & B_o &= 3800 \text{ mm} & \beta &= 1 \\
 &= 950 \text{ mm} = 95 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Be_2 &= 8 \times H_f \\
 &= 8 \times 10 \\
 &= 80 \text{ mm} = 8 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Be_3 &= \frac{1}{2} B_o \\
 &= \frac{1}{2} \times 3800 \\
 &= 1900 \text{ mm} = 190 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Jadi nilai lebar efektif (be) = 80 cm



**1**  
Mencari Titik Berat :

$$\begin{aligned}
 A1 &= Be \times Hf & A2 &= 20 \times 30 \\
 &= 80 \times 10 & &= 600 \text{ cm}^2 \\
 &= 800 \text{ cm}^2 & &
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Y1 &= (10/2) + 30 & Y2 &= \frac{1}{2} \times 30 \\
 &= 35 \text{ cm} & &= 15 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bar{Y} &= \frac{A1 \cdot Y1 + A2 \cdot Y2}{\Sigma A} \\
 &= \frac{800 \cdot 35 + 600 \cdot 15}{800 + 600}
 \end{aligned}$$

$$= 26,43 \text{ cm} \dots \text{ di tinjau dari bawah}$$

$$\begin{aligned}
 d1 &= Y1 - \bar{Y} & d2 &= \bar{Y} - Y2 \\
 &= 35 - 26,43 & &= 26,43 - 15 \\
 &= 8,57 \text{ cm} & &= 11,43 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Mencari momen inersia

$$\begin{aligned}
 I_x &= 1/12 \cdot Be \cdot Hf^3 + (A1 \cdot d1^2) + 1/12 \cdot B \cdot H^3 + (A2 \cdot d2^2) \\
 &= 1/12 \cdot 80 \cdot (10)^3 + (800 \cdot (8,57)^2) + 1/12 \cdot 20 \cdot (30)^3 + (600 \cdot (11,43)^2) \\
 &= 6666,6 + 58755,92 + 45000 + 78386,94 \\
 &= 188809,46 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

Momen Inersia Pelat

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar plat} &= 4 \text{ m} \\
 &= 400 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Lebar pelat yang ditinjau :

$$= \text{Lebar Pelat} - be$$

$$= 400 - 80$$

$$= 320 \text{ cm}$$

Momen Inersia Pelat I

$$= \frac{1}{12} \cdot b \cdot t^3$$

$$= \frac{1}{12} \times 320 \times 10^3$$

$$= 26666,6 \text{ cm}^4$$

Lebar pelat yang ditinjau

$$= \text{Lebar Pelat} - b_e$$

$$= 400 - 80 = 320 \text{ cm}$$

Momen Inersia Pelat II

$$= \frac{1}{12} \cdot b \cdot t^3$$

$$= \frac{1}{12} \times 320 \times 10^3$$

$$= 26666,6 \text{ cm}^4$$

$$\alpha m 1 = \frac{I_t}{I_s}$$

$$= \frac{188809,46}{26666,6}$$

$$= 7,08$$

$$\alpha m 2 = \frac{I_t}{I_s}$$

$$= \frac{188809,46}{26666,6}$$

$$= 7,08$$

$$\alpha m = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + a_4}{4}$$

$$= \frac{7,08 + 7,08 + 7,08 + 7,08}{4}$$

$$= 7,08 > 2$$

Karena  $cm \geq 2$  maka Tebal Plat minimum 90 mm (SNI 03-2847-2013)

#### Check Ketebalan Pelat

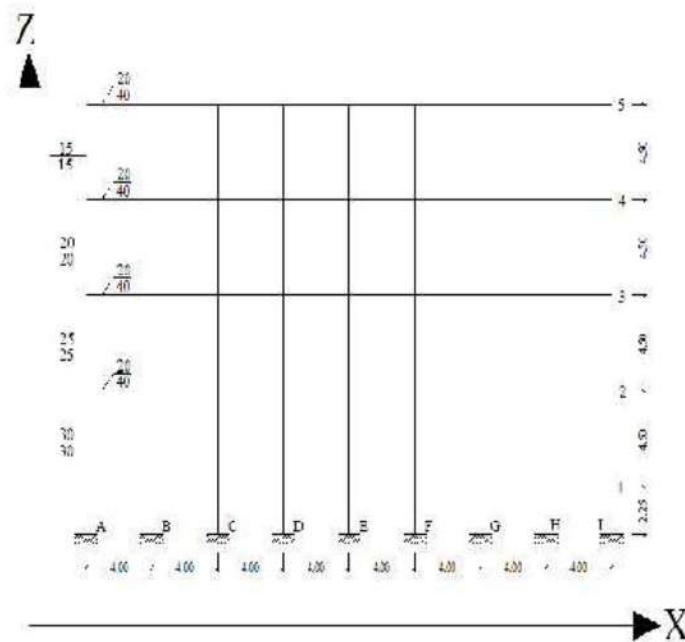
$$H \text{ Hitung} = \frac{L_n \left( 0,8 + \left( \frac{f_y}{1400} \right) \right)}{36 + 9\beta}$$

$$= \frac{3800 \left( 0,8 + \left( \frac{360}{1400} \right) \right)}{36 + 9(1)}$$

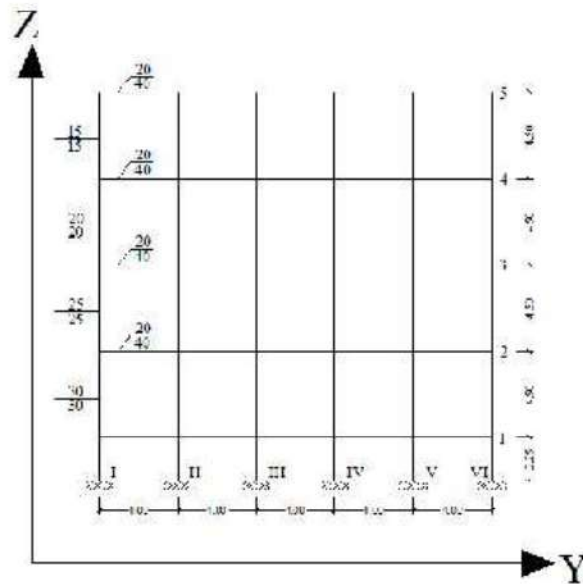
$$= 89,27 \text{ mm}$$

H desain = 100 mm > 89,27 mm .....(ok)

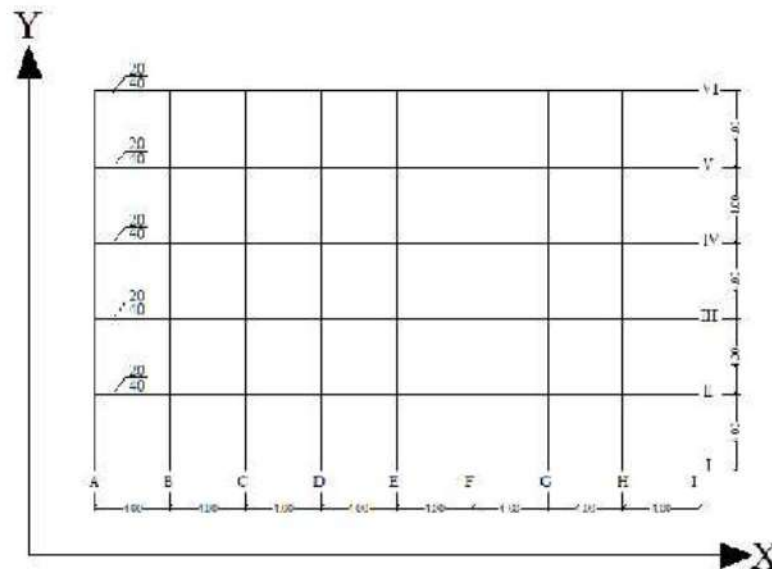
**1** Karena H desain > H check maka digunakan H desain sebagai tebal pelat rencana yaitu 100 mm = 10 cm



**2** Gambar Portal Arah X



Gambar Portal Arah Y

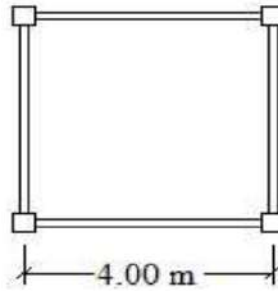


Gambar Denah Lantai 1 Sampai dengan Lantai 4 Typical

### 3.4 Perencanaan Dimensi kolom

Berdasar gambar rencana diketahui bahwa perencanaan ini harus ditinjau terhadap area terluas seperti gambar dibawah ini serta rencana

perhitungan dimensi kolom akan dihitung per lantai. Sehingga, hasil dimensi kolom tiap lantai berbeda-beda.



Gambar 5. Area Terluas

**1** Data pembebanan yang akan dipakai dalam perencanaan adalah sebagai berikut :

- Beban mati berdasarkan PPIUG 1983 tabel 2.1 sebagai berikut :

<b>1</b> Beton Bertulang	= 2400 kg/m <sup>3</sup>
Beton	= 2200 kg/m <sup>3</sup>
Keramik	= 24 kg/m <sup>2</sup>
Spesi per cm tebal	= 21 kg/m <sup>2</sup>
Plafond	= 11 kg/m <sup>2</sup>
Penggantung	= 7 kg/m <sup>2</sup>
<b>7</b> Dinding Setengah Bata	= 250 kg/m <sup>2</sup>

**4** - Beban hidup berdasarkan PPIUG 1983 tabel 2.1 sebagai berikut :

Lantai Atap	= 100 kg/m <sup>2</sup>
Lantai Ruang Mall	= 400 kg/m <sup>2</sup>

**16** - Data yang diperlukan untuk perhitungan dimensi kolom adalah sebagai berikut :

$f_c$	= 220 kg/m <sup>2</sup>
$\Phi$ Untuk tulangan sengkang	= 0,65
<b>23</b> Luas daerah yang dipikul satu kolom	= 4 m x 4 m
Tinggi Per lantai	= 4,5 m
Dimensi Balok Utama	= 0,2 x 0,4 m
Dimensi Balok Anak	= 015 x 0,2 m



$$\text{Tebal Pelat Atap} = 0,10 \text{ m}$$

$$\text{Tebal Pelat Lantai} = 0,10 \text{ m}$$

### 1. Dimensi Kolom Lantai 4

#### a. Beban Mati (DL)

$$\text{Pelat Atap} = 4 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 0,10 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 3840 \text{ kg}$$

$$\text{Plafond} = 4 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 11 \text{ kg/m}^2 = 176 \text{ kg}$$

$$\text{Penggantung} = 4 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 7 \text{ kg/m}^2 = 112 \text{ kg}$$

$$\text{Balok Induk Memanjang} = 4 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times 0,4 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 768 \text{ kg}$$

$$\text{Balok Induk Melintang} = 4 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times 0,4 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 768 \text{ kg}$$

$$\text{Balok Anak Memanjang} = 4 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 288 \text{ kg}$$

$$\text{Balok Anak Melintang} = 4 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 288 \text{ kg}$$

$$\text{Spesi} = 4 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 3 \times 21 \text{ kg/m}^2 = 1008 \text{ kg}$$

$$\text{DL} = 7248 \text{ kg}$$

#### b. Beban Hidup (LL)

$$\text{Atap} = 4 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 100 \text{ kg/m}^2 = 1600 \text{ kg}$$

$$\text{Hujan} = 4 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 1000 \text{ kg/m}^3 \times 0,05 \text{ m} = 800 \text{ kg}$$

$$\text{LL} = 2400 \text{ kg/m}^2$$

#### c. Beban Terfaktor :

$$\begin{aligned} W (Q_u) &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\ &= (1,2 \times 7248) + (1,6 \times 2400) \\ &= 12537,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

#### d. Dimensi Kolom Awal Lantai 4 :

Mutu beton yang digunakan :

$$22 \text{ Mpa} = 220 \text{ kg/cm}^2 \quad (1 \text{ Mpa} = 10 \text{ kg/cm}^2)$$

Faktor reduksi untuk tulangan sengkang persegi = 0,65

$$\begin{aligned} A &= \frac{W}{\phi f_c} \\ &= \frac{12537,6}{0,65 \times 220} \\ &= 87,676 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Karena kolom yang digunakan menggunakan persegi, maka :

$$S \times S = A$$

$$S^2 = \sqrt{87,676}$$

$$S = 9,364 \text{ cm} \longrightarrow 15 \text{ cm}$$

Jadi dimensi kolom lantai 4 yang digunakan = 15 cm x 15 cm (agar aman)

## 2. Dimensi Kolom Lantai 3

a. <sup>2</sup> Beban Mati (DL) :

$$\text{Pelat Lantai 4} = 4 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 0,10 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 3840 \text{ kg}$$

$$\text{Plafond} = 4 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 11 \text{ kg/m}^2 = 176 \text{ kg}$$

$$\text{Penggantung} = 4 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 7 \text{ kg/m}^2 = 112 \text{ kg}$$

$$\text{Balok Induk Memanjang} = 4 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times 0,4 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 768 \text{ kg}$$

$$\text{Balok Induk Melintang} = 4 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times 0,4 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 768 \text{ kg}$$

$$\text{Balok Anak Memanjang} = 4 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 288 \text{ kg}$$

$$\text{Balok Anak Melintang} = 4 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 288 \text{ kg}$$

$$\text{Spesi} = 4 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 3 \times 21 \text{ kg/m}^2 = 1008 \text{ kg}$$

$$\text{Dinding} = (4 \text{ m} + 4 \text{ m}) \times 250 \text{ kg/m}^2 \times 4,5 \text{ m} = 9000 \text{ kg}$$

$$\text{Keramik} = 4 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 24 \text{ kg/m}^2 = 384 \text{ kg}$$

$$\text{Kolom L.4} = 0,15 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 4,5 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 243 \text{ kg}$$

$$\text{Kolom praktis L.4} = 0,15 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 4,5 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 243 \text{ kg}$$

$$\square \text{ Berat Lantai Atap} = 7248 \text{ kg}$$

$$\text{DL} = \underline{24366 \text{ kg}}$$

b. Beban Hidup (LL) :

$$\text{Beban guna lantai Mall} = 4 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 400 \text{ kg/m}^2 = 6400 \text{ kg}$$

$$\square \text{ Berat Lantai Atap (LL L.4)} = \underline{2400 \text{ kg}}$$

$$\text{LL} = \underline{8800 \text{ kg}}$$

<sup>9</sup> c. Beban Terfaktor :

$$W = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$$

$$= (1,2 \times 24366) + (1,6 \times 8800)$$

$$= 29239,2 + 14080$$

$$= 43319,2 \text{ kg}$$

d. Dimensi Kolom Awal Lantai 3:

Mutu beton yang digunakan :

$$22 \text{ Mpa} = 220 \text{ kg/cm}^2 \text{ (1 Mpa} = 10 \text{ kg/cm}^2\text{)}$$

Faktor reduksi untuk tulangan sengkang persegi = 0,65

$$\begin{aligned} A &= \frac{W}{\phi f_c} \\ &= \frac{43319,2}{0,65 \times 220} \\ &= 302,931 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Karena kolom yang digunakan menggunakan persegi, maka :

$$S \times S = A$$

$$S^2 = \sqrt{302,931}$$

$$S = 17,405 \text{ cm} \longrightarrow 20 \text{ cm}$$

Jadi dimensi kolom lantai 3 yang digunakan = 20 cm x 20 cm  
(agar aman)

### 3. Dimensi Kolom Lantai 2

a. Beban Mati (DL) :

Pelat Lantai 3	= 4 m x 4 m x 0,10 m x 2400 kg/m <sup>3</sup>	= 3840 kg
Plafond	= 4 m x 4 m x 11 kg/m <sup>2</sup>	= 176 kg
Penggantung	= 4 m x 4 m x 7 kg/m <sup>2</sup>	= 112 kg
Balok Induk Memanjang	= 4 m x 0,2 m x 0,4 m x 2400 kg/m <sup>3</sup>	= 768 kg
Balok Induk Melintang	= 4 m x 0,2 m x 0,4 m x 2400 kg/m <sup>3</sup>	= 768 kg
Balok Anak Memanjang	= 4 m x 0,15 m x 0,2 m x 2400 kg/m <sup>3</sup>	= 288 kg

$$\begin{aligned}
 \text{Balok Anak Melintang} &= 4 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 288 \text{ kg} \\
 \text{Spesi} &= 4 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 3 \times 21 \text{ kg/m}^2 = 1008 \text{ kg} \\
 \text{Dinding} &= (4 \text{ m} + 4 \text{ m}) \times 250 \text{ kg/m}^2 \times 4,5 \text{ m} = 9000 \text{ kg} \\
 \text{Keramik} &= 4 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 24 \text{ kg/m}^2 = 384 \text{ kg} \\
 \text{Kolom L.3} &= 0,20 \text{ m} \times 0,20 \text{ m} \times 4,5 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 432 \text{ kg} \\
 \text{Kolom praktis L.3} &= 0,15 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 4,5 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 243 \text{ kg} \\
 \square \text{Berat Lantai (DL Lt.3)} &= 24366 \text{ kg} \\
 \text{DL} &= \underline{41673 \text{ kg}}
 \end{aligned}$$

b. Beban Hidup (LL) :

$$\text{Beban guna lantai Mall} = 4 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 400 \text{ kg/m}^2 = 6400 \text{ kg}$$

$$\square \text{Berat Lantai 3 (LL L.3)} = 8800 \text{ kg}$$

$$\text{LL} = \underline{15200 \text{ kg}}$$

c. Beban Terfaktor :

$$W = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$$

$$= (1,2 \times 41673) + (1,6 \times 15200)$$

$$= 50007,6 + 24320$$

$$= 74327,6 \text{ kg}$$

d. Dimensi Kolom Awal Lantai 2 :

<sup>23</sup> Mutu beton yang digunakan :

$$23 \text{ Mpa} = 220 \text{ kg/cm}^2 \quad (1 \text{ Mpa} = 10 \text{ kg/cm}^2)$$

Faktor reduksi untuk tulangan sengkang persegi = 0,65

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{W}{\Phi f_c} \\
 &= \frac{74327,6}{0,65 \times 220} \\
 &= 519,773 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Karena kolom yang digunakan menggunakan persegi, maka :

$$S \times S = A$$

$$S^2 = \sqrt{519,773}$$

$$S = 22,799 \text{ cm} \longrightarrow \overset{33}{25} \text{ cm}$$

Jadi dimensi kolom lantai 2 yang digunakan = 25 cm x 25 cm  
(agar aman)

#### 4. Dimensi Kolom Lantai 1

a. Beban Mati (DL) :

Pelat Lantai 2	= 4 m x 4 m x 0,10 m x 2400 kg/m <sup>3</sup>	= 3840 kg
Plafond	= 4 m x 4 m x 11 kg/m <sup>2</sup>	= 176 kg
Penggantung	= 4 m x 4 m x 7 kg/m <sup>2</sup>	= 112 kg
Balok Induk Memanjang	= 4 m x 0,2 m x 0,4 m x 2400 kg/m <sup>3</sup>	= 768 kg
Balok Induk Melintang	= 4 m x 0,2 m x 0,4 m x 2400 kg/m <sup>3</sup>	= 768 kg
Balok Anak Memanjang	= 4 m x 0,15 m x 0,2 m x 2400 kg/m <sup>3</sup>	= 288 kg
Balok Anak Melintang	= 4 m x 0,15 m x 0,2 m x 2400 kg/m <sup>3</sup>	= 288 kg
Spesi	= 4 m x 4 m x 3 x 21 kg/m <sup>2</sup>	= 1008 kg
Dinding	= (4 m + 4 m) x 250 kg/m <sup>2</sup> x 4,5 m	= 9000 kg
Keramik	= 4 m x 4 m x 24 kg/m <sup>2</sup>	= 384 kg
Kolom L.2	= 0,25 m x 0,25 m x 4,5 m x 2400 kg/m <sup>3</sup>	= 675 kg
Kolom praktis L.2	= 0,15 m x 0,15 m x 4,5 m x 2400 kg/m <sup>3</sup>	= 243 kg
□ Berat Lantai (DL Lt.2)		= 41673 kg
		<b>DL = 59223 kg</b>

b. Beban Hidup (LL) :

$$\text{Beban guna lantai Mall} = 4 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 400 \text{ kg/m}^2 = 6400 \text{ kg}$$

$$\square \text{ Berat Lantai 2 (LL L.2)} = 15200 \text{ kg}$$

$$\text{LL} = 21600 \text{ kg}$$

c. Beban Terfaktor :

$$\begin{aligned}
 W &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\
 &= (1,2 \times 59223) + (1,6 \times 21600) \\
 &= 71067,6 + 21601,6 \\
 &= 92669,2 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

d. Dimensi Kolom Awal Lantai 1 :

23 Mutu beton yang digunakan :

$$24 \text{ Mpa} = 220 \text{ kg/cm}^2 \quad (1 \text{ Mpa} = 10 \text{ kg/cm}^2)$$

Faktor reduksi untuk tulangan sengkang persegi = 0,65

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{W}{\phi f_c} \\
 &= \frac{92669,2}{0,65 \times 220} \\
 &= 665,029 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Karena kolom yang digunakan menggunakan persegi, maka :

$$S \times S = A$$

$$S^2 = \sqrt{648,036}$$

$$S = 25,457 \text{ cm} \longrightarrow 30 \text{ cm}$$

Jadi dimensi kolom lantai 1 yang digunakan = 30 cm x 30 cm (agar aman)

Berdasarkan perhitungan di atas diperoleh dimensi kolom awal sebagai berikut :

1. Dimensi kolom awal lantai 4 = 15 cm x 15 cm
2. Dimensi kolom awal lantai 3 = 20 cm x 20 cm
3. Dimensi kolom awal lantai 2 = 25 cm x 25 cm



4. Dimensi kolom awal lantai 1 = 30 cm x 30 cm

### 3.5 Pembebanan

Balok induk :

1. Balok induk lantai 1 = 20/40
2. Balok induk lantai 2 = 20/40
3. Balok induk lantai 3 = 20/40
4. Balok induk lantai 4 =  $(20 \times 40) / 15 = 54$   
= 15/54

Balok anak :

1. Balok anak lantai 1 = 15/30
2. Balok anak lantai 2 = 15/30
3. Balok anak lantai 3 = 15/30
4. Balok anak lantai 4 = 15/30

Data Pembebanan Berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 :

Pelat 2 Arah Two Way Slab

Tebal Pelat Atap	= 10 cm = 0,10 m
Tebal Pelat lantai	= 10 cm = 0,10 m
Tebal Spesi	= 3 cm = 0,03 m
Beban Spesi per cm tebal	= 21 kg/m <sup>2</sup> per cm tebal
Beban Keramik	= 24 kg/m <sup>2</sup>
Berat Plafond	= 11 kg/m <sup>2</sup>
Berat Penggantung	= 7 kg/m <sup>2</sup>
Beban Guna Untuk Pelat Lantai Mall	= 400 kg/m <sup>2</sup>
Beban Guna Untuk Pelat Atap	= 100 kg/m <sup>2</sup>

1. Pembebanan Untuk Pelat Atap

a). Beban mati

Plafond	= 11 kg/m <sup>2</sup>
Penggantung	= 7 kg/m <sup>2</sup>
Spesi = 3 x 21	= 63 kg/m <sup>2</sup>

$$\text{Berat total} = \frac{7}{81} \text{ kg/m}^2$$

## b). Beban Hidup

$$\text{Beban Guna Untuk Pelat Atap} = 100 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban air hujan} = 0,05 \text{ m} \times 1000 \text{ kg/m}^3 = 50 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat total} = 150 \text{ kg/m}^2$$

## 2. Pembebanan Untuk Pelat lantai 2, 3, dan 4

## a). Beban mati

$$\text{Keramik} = 24 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Spesi} = 3 \times 21 \text{ kg/m}^2 = 63 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Plafond} = 11 \text{ kg/m}^2 = 11 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Penggantung} = 7 \text{ kg/m}^2 = 7 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat total} = \frac{20}{105} \text{ kg/m}^2$$

## b). Beban Hidup

$$\text{Beban Guna Untuk Mall} = 400 \text{ kg/m}^2$$

$$= 400 \text{ kg/m}^2$$

## Pembebanan Untuk Pelat Lantai 1

## a). Beban mati

$$\text{Keramik} = 24 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Spesi} = 3 \times 21 \text{ kg/m}^2 = 63 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat total} = 87 \text{ kg/m}^2$$

## b). Beban Hidup

$$\text{Beban Guna Untuk Mall} = 400 \text{ kg/m}^2$$

$$= 400 \text{ kg/m}^2$$

## 3. Pembebanan Balok

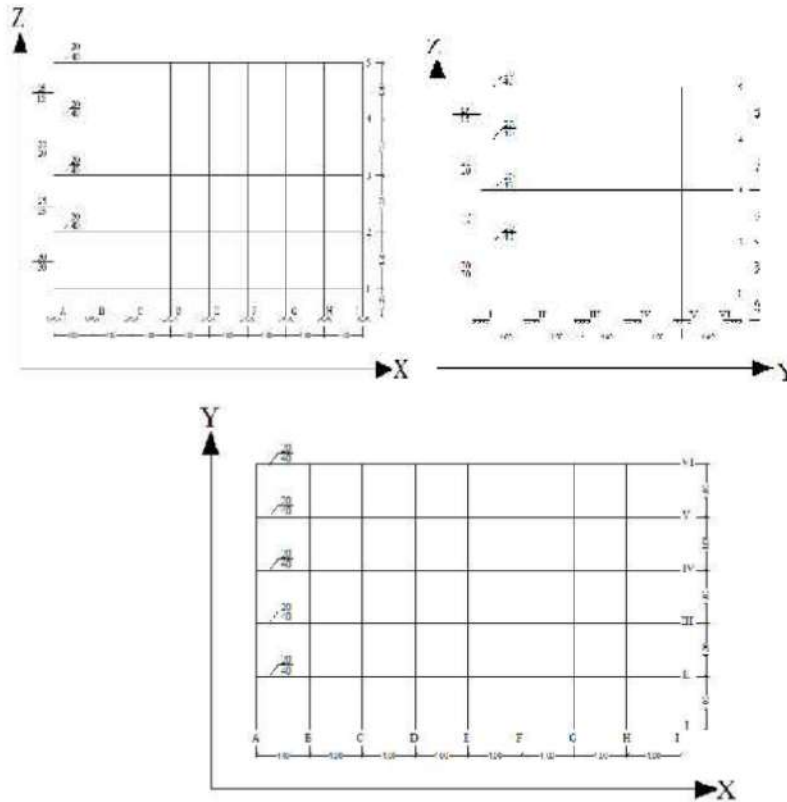
## a). Beban Mati

$$\text{Beban dinding} = 250 \text{ kg/m}^2 \times 4,5 \text{ m} = 1125 \text{ kg/m}$$

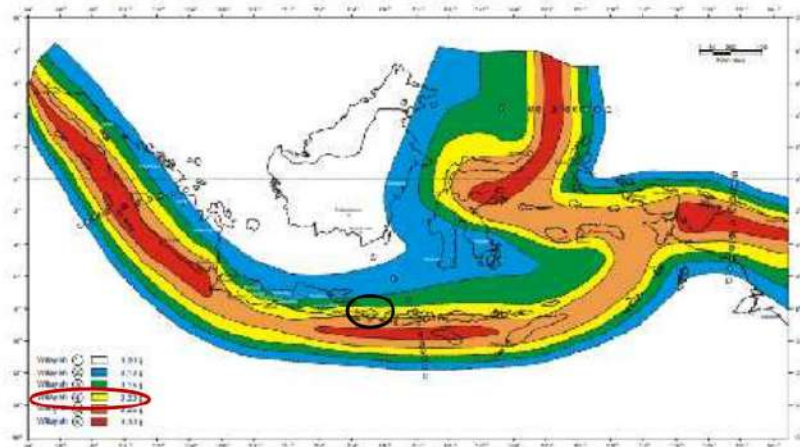
$$= 1125 \text{ kg/m}$$

**12** 3.6 Perhitungan Gaya Gempa ekuivalen (*Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) sesuai dengan SNI 03-1726-2012*)

**4** 3.6.1 Menentukan kategori Resiko Struktur Bangunan dan Faktor Keutamaan (Ie)



Dalam Perhitungan ini, direncanakan suatu bangunan pusat perbelanjaan (Mall) bertingkat 4 berada dalam zona 4 peta wilayah gempa Denpasar dengan kondisi tanah di asumsikan jenis tanah sedang.



Gambar 2.1. Wilayah Gempa Indonesia dengan percepatan puncak batuan dasar dengan periode ulang 500 tahun.

Lokasi Bangunan diasumsikan termasuk kelas situs SD (kondisi tanah sedang). Bangunan Berfungsi sebagai pusat perbelanjaan (Mall) dengan Kategori Risiko II (Pada Tabel 1 SNI 2012) dengan faktor Keutamaan Gempa ( $I_e$ ) = 1.0.

Tabel 3. Klasifikasi situs

Kelas situs	$\bar{V}_s$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{eq}$	$\sigma_v$ (kPa)
SA (batuan keras)	$>1500$	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	300 sampai 750	$>50$	$\geq 100$
SD (tanah sedang)	175 sampai 300	15 sampai 50	50 sampai 100

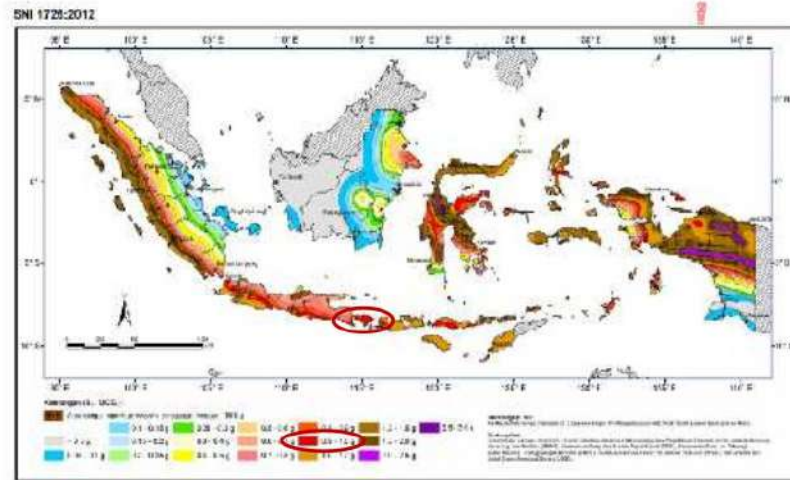
Tabel 1. Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa

Jenis pemantauan	Kategori risiko
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: - Fasilitas pertanian, perkuburan, pemerintahan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gedung penyimpanan - Rumah jaga dan struktur keal lainnya	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I, III, IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Perumahan : rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Kawasan industri - Fasilitas manufaktur - Pelabuhan	II

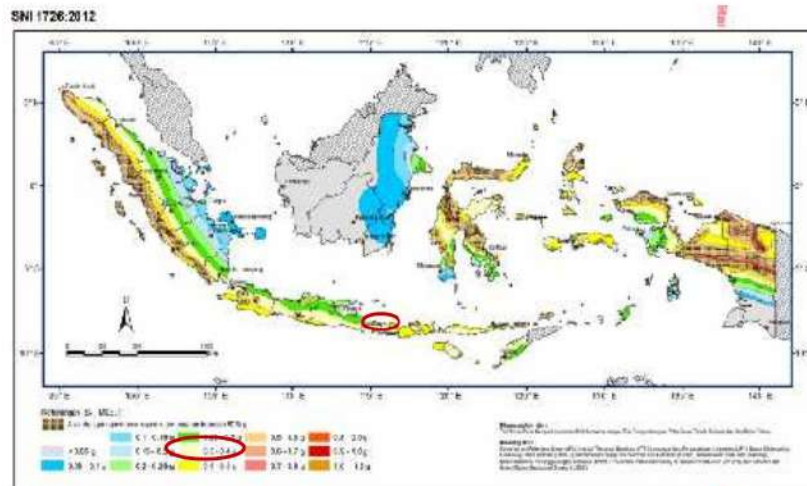
Tabel 2. Faktor keutamaan gempa ( $I_e$ )

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, $I_e$
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

### 3.6.2 Parameter Percepatan gempa berdasarkan data peta gempa



Gambar 9 - 8<sub>1</sub>, Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget(MCE<sub>t</sub>), kelas situs SB



Gambar 10 - 5<sub>1</sub>, Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget(MCE<sub>t</sub>), kelas situs SB

Untuk kota Denpasar, di peroleh <sup>3</sup> parameter respons spektral percepatan gempa untuk periode pendek  $S_s = 1 \text{ g}$  , dan parameter respons spektral percepatan gempa untuk periode 1 detik  $S_1 = 0,3 \text{ g}$

Sehingga di dapatkan:

<sup>14</sup> a. Faktor amplifier getaran terkait percepatan pada getaran pendek

(Fa) = 1,1 karena  $S_s = 1 \text{ g}$  tabel 4 pada SNI-1726-2012.

- 14 b. Faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran pada periode 1 detik ( $F_v$ ) = 1,8 karena  $S_1 \geq 0,3$  g <sup>10</sup> Tabel 4 pada SNI-1726-2012.

Tabel 4. Koefisien situs,  $F_a$ 

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE <sub>s</sub> ) terpetakan pada periode pendek, $T=0,2$ detik, $S_e$				
	$S_1 \leq 0,25$	$S_1=0,5$	$S_1=0,75$	$S_1=1,0$	$S_1 \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS <sup>a</sup>				

(a) Untuk nilai-nilai antara  $S_e$ , dapat dilakukan interpolasi linear.

(b) SS- Situs yang memerlukan inisinyar geoteknik khusus dan analisis respons situs spesifik. Lihat pasal 6.10.1.

Tabel 5. Koefisien situs,  $F_a$ 

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE <sub>s</sub> ) terpetakan pada periode pendek, $T=0,2$ detik, $S_e$				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1=0,2$	$S_1=0,3$	$S_1=0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,6	1,6	1,6	1,3
SD	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS <sup>a</sup>				

(a) Untuk nilai-nilai antara  $S_e$ , dapat dilakukan interpolasi linear.

(b) SS- Situs yang memerlukan inisinyar geoteknik khusus dan analisis respons situs spesifik. Lihat pasal 6.10.1.

- 14 c. Parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek

$$S_{MS} = F_a \times S_s = 1,1 \times 1 \text{ g} = 1,1 \text{ g}$$

- 14 d. Parameter Spectrum respons percepatan pada periode 1 detik

$$S_{M1} = F_v \times S_1 = 1,8 \times 0,3 \text{ g} = 0,54 \text{ g}$$

- 14 e. Parameter Percepatan Spektral desain untuk Periode Pendek

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} = \frac{2}{3} \times 1,1 \text{ g} = 0,73 \text{ g}$$

- 14 f. Parameter Percepatan Spektral desain untuk Periode 1 detik

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} = \frac{2}{3} \times 0,54 \text{ g} = 0,36 \text{ g}$$

- g. Kategori desain seismik

berdasarkan respons percepatan pada periode pendek  $0,5 < (S_{DS}) = 0,73$  maka di simpul bahwa kategori resiko (KDS) adalah <sup>46</sup> D Tabel 6 SNI-1726-2012.



Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik  $0,2 \leq (SD_1) = 0,36$  maka (KDS) adalah D  
**Tabel 7 SNI-1726-2012.**

**Tabel 6.** Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek.

Nilai $S_{DS}$	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,333$	B	C
$0,333 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

**Tabel 7.** Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik

Nilai $S_{D1}$	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

h. Sistem Struktur dan parameter sistem

Berdasarkan **Tabel 9 SNI-1726-2012** untuk sistem Penahan Gaya gempa yang saya gunakan adalah sistem-penahan gaya seismik yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus.Sistem Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen Khusus (SRPMK) atau arah ortogonal saja di gunakan koefisien modifikasi R di K<sub>DS</sub> D yaitu :

$R = 8,0$

$R_x = R_y = 8,0$

**Tabel 9.** Faktor  $R$ ,  $C_d$  dan  $D_0$  untuk sistem penahan gaya gempa (ditinjau untuk Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen)

Sistem penahan gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, $R$	Faktor kuantifikasi sistem, $D_0$	Faktor pembatasan defleksi, $C_d^a$	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur $h_n$ (m) ke Kategori desain seismik					
				B	C	D <sup>+</sup>	D <sup>+</sup>	D <sup>+</sup>	
Sistem rangka pemikul momen									
(C-5). Rangka beton bertulang pemikul momen khusus (Gambar 6)	0	3	3%	T3	T3	T3	T3	T3	T3
(C-6). Rangka beton bertulang pemikul momen khusus (Gambar 5)	5	3	4%	T8	T8	T1	T1	T1	T1
(C-7). Rangka beton bertulang pemikul momen biasa (gambar 4)	8	8	2,5%	T8	T1	T1	T1	T1	T1

a. Faktor pembatasan defleksi,  $C_d$ , untuk penggunaan dalam pasal 7.6.7 dan 7.6.8  
 c. T3 = Tabel 10.2 dan 10.3  
 d. Untuk pasal 7.2.5.4 untuk penggunaan sistem penahan gaya gempa yang dibatasi rumpuk batasan struktur maksimum 22 m atau kurang  
 e. Untuk pasal 7.2.5.4 untuk sistem penahan gaya gempa yang dibatasi rumpuk batasan struktur maksimum 40 m atau kurang

**3.6.3 Perhitungan berat seismik efektif (W<sub>T</sub>)**

- Luas bangunan = 32,0 m x 20,0 m
- <sup>25</sup>Tebal pelat atap = 10 cm = 0,10 m
- Tebal pelat Lantai = 10 cm = 0,10 m

- Dimensi balok induk	= 0,20 m x 0,4 <sup>50</sup> m
- Dimensi balok anak	= 0,15 m x 0,2 m
- Dimensi kolom LT.1	= 0,30 m x 0,30 m
- Dimensi kolom LT.2	= 0,25 m x 0,25 m
- Dimensi kolom LT.3	= 0,20 <sup>6</sup> m x 0,20 m
- Dimensi kolom LT.4	= 0,15 m x 0,15 m
- Dimensi kolom praktis	= 0,15 m x 0,15 m
- Jumlah kolom struktur	= 54 buah
- Jumlah kolom praktis	= 12 buah
- Tinggi kolom	= 4,5 m
- Tinggi dinding	= 4,5 m

Berdasarkan PPIUG 1983 tabel 2.1 :

Data perencanaan :

a. Tebal pelat lantai	= 10 cm
b. Tebal pelat atap	= 10 cm
c. Berat sendiri beton bertulang	= 2400 kg/m <sup>3</sup>
d. Berat penggantung	= 7 kg/m <sup>2</sup>
e. Berat plafond	= 11 kg/m <sup>2</sup>
f. Spesi	= 21 kg/m <sup>2</sup>
g. Tebal spesi	= 3 cm
h. Berat Dinding Setengah bata	= 250 kg/m <sup>2</sup>
i. Berat Keramik	= 24 kg/m <sup>2</sup>

### 1. Berat Lantai Atap

ΣL Balok Anak	= 22 m
ΣL Balok Induk	= 372 m
ΣL Dinding	= 226 m
BV <sup>33</sup> Beton	= 2400 kg/m <sup>3</sup>
Tebal Pelat	= 0,10 m
Tinggi Dinding	= 4,5 m
<sup>12</sup> Dimensi Kolom utama	= 0,15 m x 0,15 m
Dimensi Kolom Praktis	= 0,15 m x 0,15 m
Dimensi Balok induk	= 0,15 m x 0,54 m

Dimensi Balok anak	= $0,15 \text{ m} \times 0,20 \text{ m}$
Tebal Pelat	= $0,10 \text{ m}$
Luas Bangunan Per Lantai	= $640 \text{ m}^2$
Banyak kolom utama	= 54 buah
Banyak kolom praktis	= 12 buah

➤ Beban Mati

Pelat	= $640 \text{ m}^2 \times 0,10 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3$	= 153600 kg
Balok Induk	= $372 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 0,54 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^2$	= 72316,8 kg
Balok Anak	= $22 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 0,20 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^2$	= 1584 kg
Kolom Utama	= $54 \times 2,25 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3$	= 6561 kg
Kolom Praktis	= $12 \times 2,25 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3$	= 1458 kg
Dinding	= $226 \text{ m} \times 2,25 \text{ m} \times 250 \text{ kg/m}^2$	= 127125 kg
Spesi	= $640 \text{ m}^2 \times 21 \text{ kg/m}^2$	= 13440 kg
Penggantung	= $640 \text{ m}^2 \times 7 \text{ kg/m}^2$	= 4480 kg
Plafond	= $640 \text{ m}^2 \times 11 \text{ kg/m}^2$	= 7040 kg

$$\mathbf{W_m = 387604,8 \text{ kg}}$$

➤ Beban Hidup

Beban atap	= $100 \text{ kg/m}^2$
Koefisien Reduksi	= 0,8
Wh	= $(0,8 \times 640 \text{ m}^2 \times 100 \text{ kg/m}^2)$ = 51200 kg

$$\begin{aligned} \mathbf{Beban \ total \ WA} &= \mathbf{W_h + W_m} \\ &= \mathbf{51200 \text{ kg} + 387604,8 \text{ kg}} \\ &= \mathbf{438804,8 \text{ kg}} \end{aligned}$$

**2. Berat Lantai 4**

$\Sigma L$ Balok Anak	= 22 m
$\Sigma L$ Balok Induk	= 372 m
$\Sigma L$ Dinding	= 226 m
BV Beton	= $2400 \text{ kg/m}^3$
Tebal Plat	= $0,10 \text{ m}$
Tinggi Dinding	= $4,5 \text{ m}$

Dimensi Kolom utama atas	= 0,15 m x 0,15 m
Dimensi Kolom utama bawah	= 0,20 m x 0,20 m
Dimensi Kolom Praktis	= 0,15 m x 0,15 m
Dimensi Balok induk	= 0,15 m x 0,54 m
Dimensi Balok anak	= 0,15 m x 0,20 m
Tebal Pelat	= 0,10 m
Luas Bangunan Per Lantai	= 640 m <sup>2</sup>
Banyak kolom utama	= 54 buah
Banyak kolom praktis	= 12 buah

➤ Beban Mati

Pelat	= 640 m <sup>2</sup> x 0,10 m x 2400 kg/m <sup>3</sup>	= 153600 kg
Balok Induk	= 372 m x 0,15 m x 0,54 m x 2400 kg/m <sup>3</sup>	= 72316,8 kg
Balok Anak	= 22 m x 0,15 m x 0,20 m x 2400 kg/m <sup>3</sup>	= 1584 kg
Kolom Utama Atas	= 54 x 2,25 m x 0,15 m x 0,15 m x 2400 kg/m <sup>3</sup>	= 6561 kg
Kolom Utama Bawah	= 54 x 2,25 m x 0,20 m x 0,20 m x 2400 kg/m <sup>3</sup>	= 11664 kg
Kolom Praktis Atas	= 12 x 2,25 m x 0,15 m x 0,15 m x 2400 kg/m <sup>3</sup>	= 1458 kg
Kolom Praktis Bawah	= 12 x 2,25 m x 0,15 m x 0,15 m x 2400 kg/m <sup>3</sup>	= 1458 kg
Dinding Atas	= 226 m x 2,25 m x 250 kg/m <sup>2</sup>	= 127125 kg
Dinding Bawah	= 218 m x 2,25 m x 250 kg/m <sup>2</sup>	= 122625 kg
Spesi	= 640 m <sup>2</sup> x 21 kg/m <sup>2</sup>	= 13440 kg
Keramik	= 640 m <sup>2</sup> x 24 kg/m <sup>2</sup>	= 15360 kg
Penggantung	= 640 m <sup>2</sup> x 7 kg/m <sup>2</sup>	= 4480 kg
Plafond	= 640 m <sup>2</sup> x 11 kg/m <sup>2</sup>	= 7040 kg

$$W_m = 538711,8 \text{ kg}$$

➤ Beban Hidup

Beban guna lantai	= 400 kg/m <sup>2</sup>
Koefisien Reduksi	= 0,8
W <sub>h</sub>	= 0,8 x 640 m <sup>2</sup> x 400 kg/m <sup>2</sup>
	= 204800 kg
<b>Beban total W<sub>4</sub></b>	<b>= W<sub>h</sub> + W<sub>m</sub></b>

$$= 204800 \text{ kg} + 538711,8 \text{ kg}$$

$$= 743511,8 \text{ kg}$$

### 3. Berat Lantai 3

ΣL Balok Anak	= 22 m
ΣL Balok Induk	= 372 m
ΣL Dinding	= 218 m
BV Beton	= 2400 kg/m <sup>3</sup>
Tebal Plat	= 0,10 m
Tinggi Dinding	= 4,5 m
Dimensi Kolom utama atas	= 0,20 m x 0,20 m
Dimensi Kolom utama bawah	= 0,25 m x 0,25 m
Dimensi Kolom Praktis	= 0,15 m x 0,15 m
Dimensi Balok induk	= 0,20 m x 0,40 m
Dimensi Balok anak	= 0,15 m x 0,20 m
Tebal Pelat	= 0,10 m
Luas Bangunan Per Lantai	= 640 m <sup>2</sup>
Banyak kolom utama	= 54 buah
Banyak kolom praktis	= 12 buah

#### ➤ Beban Mati

Pelat	= 640 m <sup>2</sup> x 0,10 m x 2400 kg/m <sup>3</sup>	= 153600 kg
Balok Induk	= 372 m x 0,20 m x 0,40 m x 2400 kg/m <sup>3</sup>	= 71424 kg
Balok Anak	= 22 m x 0,15 m x 0,20 m x 2400 kg/m <sup>3</sup>	= 1584 kg
Kolom Utama Atas	= 54 x 2,25 m x 0,20 m x 0,20 m x 2400 kg/m <sup>3</sup>	= 11664 kg
Kolom Utama Bawah	= 54 x 2,25 m x 0,25 m x 0,25 m x 2400 kg/m <sup>3</sup>	= 18225 kg
Kolom Praktis Atas	= 12 x 2,25 m x 0,15 m x 0,15 m x 2400 kg/m <sup>3</sup>	= 1458 kg
Kolom Praktis Bawah	= 12 x 2,25 m x 0,15 m x 0,15 m x 2400 kg/m <sup>3</sup>	= 1458 kg
Dinding Atas	= 218 m x 2,25 m x 250 kg/m <sup>2</sup>	= 122625 kg
Dinding Bawah	= 238 m x 2,25 m x 250 kg/m <sup>2</sup>	= 133875 kg
Spesi	= 640 m <sup>2</sup> x 21 kg/m <sup>2</sup>	= 13440 kg
Keramik	= 640 m <sup>2</sup> x 24 kg/m <sup>2</sup>	= 15360 kg

Penggantung	$= 640 \text{ m}^2 \times 7 \text{ kg/m}^2$	$= 4480 \text{ kg}$
Plafond	$= 640 \text{ m}^2 \times 11 \text{ kg/m}^2$	$= 7040 \text{ kg}$
		<hr/>
<b>Wm</b>		<b><math>= 556233 \text{ kg}</math></b>

➤ **Beban Hidup**

Beban guna lantai	$= 400 \text{ kg/m}^2$
<sup>5</sup> Koefisien Reduksi	$= 0,8$
Wh	$= 0,8 \times 640 \text{ m}^2 \times 400 \text{ kg/m}^2$
	$= 204800 \text{ kg}$
<b>Beban total W3</b>	<b><math>= W_h + W_m</math></b>
	<b><math>= 204800 \text{ kg} + 556233 \text{ kg}</math></b>
	<b><math>= 761033 \text{ kg}</math></b>

**4. Berat Lantai 2**

ΣL Balok Anak	$= 22 \text{ m}$
ΣL Balok Induk	$= 372 \text{ m}$
ΣL Dinding	$= 238 \text{ m}$
BV Beton	$= 2400 \text{ kg/m}^3$
Tebal Pelat	$= 0,10 \text{ m}$
Tinggi Dinding	$= 4,5 \text{ m}$
Dimensi Kolom utama atas	$= 0,25 \text{ m} \times 0,25 \text{ m}$
Dimensi Kolom utama bawah	$= 0,30 \text{ m} \times 0,30 \text{ m}$
Dimensi Kolom Praktis	$= 0,15 \text{ m} \times 0,15 \text{ m}$
Dimensi Balok induk	$= 0,20 \text{ m} \times 0,40 \text{ m}$
Dimensi Balok anak	$= 0,15 \text{ m} \times 0,20 \text{ m}$
Tebal Pelat	$= 0,10 \text{ m}$
Luas Bangunan Per Lantai	$= 640 \text{ m}^2$
Banyak kolom utama	$= 54 \text{ buah}$
Banyak kolom praktis	$= 12 \text{ buah}$

➤ **Beban Mati**

Pelat	$= 640 \text{ m}^2 \times 0,10 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3$	$= 153600 \text{ kg}$
Balok Induk	$= 372 \text{ m} \times 0,20 \text{ m} \times 0,40 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3$	$= 71424 \text{ kg}$
Balok Anak	$= 54 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 0,20 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3$	$= 1584 \text{ kg}$



Kolom Utama Atas	= 54 x 2,25 m x 0,25 m x 0,25 m x 2400 kg/m <sup>3</sup>	= 18225 kg
Kolom Utama Bawah	= 54 x 2,25 m x 0,30 m x 0,30 m x 2400 kg/m <sup>3</sup>	= 26244 kg
Kolom Praktis Atas	= 12 x 2,25 m x 0,15 m x 0,15 m x 2400 kg/m <sup>3</sup>	= 1458 kg
Kolom Praktis Bawah	= 12 x 2,25 m x 0,15 m x 0,15 m x 2400 kg/m <sup>3</sup>	= 1458 kg
Dinding Atas	= 238 m x 2,25 m x 250 kg/m <sup>2</sup>	= 133875 kg
Dinding Bawah	= 234 m x 2,25 m x 250 kg/m <sup>2</sup>	= 131625 kg
Spesi	= 640 m <sup>2</sup> x 21 kg/m <sup>2</sup>	= 13440 kg
Keramik	= 640 m <sup>2</sup> x 24 kg/m <sup>2</sup>	= 15360 kg
Penggantung	= 640 m <sup>2</sup> x 7 kg/m <sup>2</sup>	= 4480 kg
Plafond	= 640 m <sup>2</sup> x 11 kg/m <sup>2</sup>	= 7040 kg
	<b>Wm</b>	<b>= 579813 kg</b>

➤ **Beban Hidup**

Beban guna lantai = 400 kg/m<sup>2</sup>

Koefisien Reduksi = 0,8

Wh = 0,8 x 640 m<sup>2</sup> x 400 kg/m<sup>2</sup>  
= 204800 kg

**Beban total W2 = Wh + Wm**

**= 204800 kg + 579813 kg**

**= 784613 kg**

**5. Berat Lantai 1**

ΣL Sloof Anak	= 22 m
ΣL Dinding	= 234 m
BV Beton	= 2400 kg/m <sup>3</sup>
Tebal Plat	= 0,10 m
Dinding	= 250 kg/m <sup>2</sup>
Tinggi Dinding	= 4,5 m
Dimensi Kolom utama	= 0,30 m x 0,30 m
Dimensi Kolom Praktis	= 0,15 m x 0,15 m
Dimensi Sloof induk	= 0,20 m x 0,40 m
Dimensi Sloof anak	= 0,15 m x 0,20 m
Banyak kolom utama	= 54 buah

Banyak kolom praktis = 12 buah

➤ **Beban Mati**

Pelat	= $640 \text{ m}^2 \times 0,10 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3$	= 153600 kg
Sloof Induk	= $372 \text{ m} \times 0,20 \text{ m} \times 0,40 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3$	= 71424 kg
Sloof Anak	= $22 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 0,30 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3$	= 1584 kg
Kolom Utama	= $54 \times (4,5/2 + 2,25/2) \text{ m} \times 0,30 \text{ m} \times 0,30 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3$	= 39366 kg
Kolom Praktis	= $12 \times (4,5/2 + 2,25/2) \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3$	= 2187 kg
Dinding	= $234 \text{ m} \times 2,25 \text{ m} \times 250 \text{ kg/m}^2$	= 131625 kg
Spesi	= $640 \text{ m}^2 \times 21 \text{ kg/m}^2$	= 13440 kg
		<b>Wm = 413226 kg</b>

➤ **Beban Hidup**

$$\begin{aligned} q_h \text{ lantai} &= 400 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Koefisien Reduksi} &= 0,8 \\ W_h &= 0,8 \times 640 \text{ m}^2 \times 400 \text{ kg/m}^2 \\ &= 204800 \text{ kg} \\ \text{Beban total W1} &= W_h + W_m \\ &= 204800 \text{ kg} + 413226 \text{ kg} \\ &= 618026 \text{ kg} \end{aligned}$$

**Berat Lantai Atap, 1, 2, 3, dan 4**

$$\begin{aligned} W_t &= W_A + W_1 + W_2 + W_3 + W_4 \\ &= 438804,8 + 618026 + 784613 + 761033 + 743511,8 \\ &= 3345988,6 \text{ kg} \\ &= 3345,9886 \text{ ton} \end{aligned}$$

**3.6.4 Batasan Periode fundamental struktur (T)**

Periode Fundamental Struktur (T), Tidak Boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan Atas Pada Periode yang di Hitung ( $C_u$ ) dari Tabel 14 dan Periode Fundamental Pendekatan ( $T_a$ ). Sebagai Alternatif pada Pelaksanaan analisis untuk menentukan perioda

fundamental struktur ( $T$ ), diijinkan secara langsung menggunakan periode bangunan Pendekatan ( $T_a$ ). Periode fundamental pendekatan ( $T_a$ ) dalam detik, harus di tentukan dari persamaan berikut :

Tabel 15 Nilai parameter periode pendekatan  $C_t$  dan  $x$

Tipe struktur	$C_t$	$x$
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan menocohkan rangka dari defleksi jika dikena gaya gempa.		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 "	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 "	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 "	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 "	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0489 "	0,75

$$\begin{aligned}
 T_a &= C_t \times h_n^x \\
 &= 0,0466 \times 20,25^{0,9} \\
 &= 0,699 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Tabel 14 Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung

Parameter percepatan responsa spektral desain pada 1 detik, $S_{D1}$	Koefisien $C_u$
$\leq 0,1$	1,4
0,2	1,4
0,3	1,5
3,5	1,6
$\geq 0,1$	1,7

$$S_{D1} = 0,36 \longrightarrow C_u = 1,4$$

$$\begin{aligned}
 T_{maks} &= C_u \times T_a \\
 &= 1,4 \times 0,699 \\
 &= 0,979 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

1 Periode fundamental struktur ( $T$ ) yang digunakan :

Jika  $T_c > C_u \times T_a$  gunakan  $T = C_u \times T_a$

Jika  $T_a < T_c < C_u \times T_a$  gunakan  $T = T_c$

Jika  $T_c < T_a$  gunakan  $T = T_a$

Dengan  $T_c =$  Periode fundamental struktur yang diperoleh dari program analisis struktur. Ambil dari nilai  $T = T_a$  di atas .  $T_x = T_y = 0,979$  detik.

8 Sebagai alternatif, diijinkan untuk menentukan perioda fundamental pendekatan  $T_a$ , dalam detik, dari persamaan berikut untuk struktur dengan ketinggian tidak melebihi 12 tingkat di mana sistem penahan gaya gempa terdiri dari rangka penahan momen beton atau baja secara keseluruhan dan tinggi tingkat paling sedikit 3 m.

$T_a = 0,1N$  ( dengan  $N = \text{jumlah tingkat}$  ).  $T_a = 0,1 \cdot 4 = 0,4$  detik.

### 3.6.4.1 Perhitungan Nilai Geser Seismik (V)

14 Geser dasar seismik  $V$ , dalam arah yang di tetapkan harus di tentukan sesuai dengan persamaan berikut :

$$V = C_s \times W$$

Dengan :

$C_s = \text{Koefisien Respons Seismik}$

$W = \text{Berat Seismik}$

Penentuan Nilai  $C_s$  Sebagai Berikut

$$C_s = \frac{S_{DS}}{T_c} = \frac{0,73}{1} = 0,091$$

$$\begin{aligned} C_{smin} &= 0,044 \times SDS \times I_e \\ &= 0,044 \times 0,73 \times 1 \\ &= 0,0321 > 0,01 \end{aligned}$$

$$C_{smax} = \frac{S_{DS}}{T_c} = \frac{0,73}{0,979} = 0,093$$

$$(C_s \text{ min} = 0,0321 > 0,01) < C_s = 0,091 < C_s \text{ maks} = 0,093$$

10 Jadi besaran geser dasar seismik untuk arah x dan y sebagai berikut

$$\begin{aligned} V &= C_s \times W \\ &= 0,091 \times 3345,9886 \text{ ton} \\ &= 304,485 \text{ ton} \end{aligned}$$

### 3.6.4.2 Distribusi Vertikal Gaya Gempa

Gaya gempa lateral ( $F_x$ ) (ton) yang timbul di semua tingkat harus di tentukan dari persamaan Berikut :

$$F_x = C_{vx} V$$

Dan

$$C_{vx} V = \frac{W_x h_x^k}{\sum_i^n w_i h_i^k}$$

Maka dapat Di hitung :

$T = 0,979$  detik, karena mempunyai periode antara 0,5 dan 2,5 maka harus di interpolasi :

$$T = \frac{0,979 - 0,5}{2,5 - 0,5} = \frac{k-1}{2-1} = k=1,2395$$

lantai ke	$h_i$ (m)	$h_i^k$	$W_i$ (t)	$W_i \times h_i^k$ (Tm)
5	20,25	41,621	438,8048	18263,495
4	15,75	30,481	743,5118	22662,983
3	11,25	20,086	761,033	15286,109
2	6,75	10,664	784,613	8367,113
1	2,25	2,732	618,026	1688,447
$\Sigma$			3345,9886	66268,147

- $$F_{\text{atap}} = \frac{W_{\text{atap}} h_{\text{atap}}^k}{\sum_i^n w_i h_i^k} \cdot V$$

$$= \frac{438,8048 \times 20,25^{1,2395}}{66268,147} \cdot 304,485$$

$$= 83,916 \text{ t}$$
- $$F_{L4} = \frac{W_{L4} h_{L4}^k}{\sum_i^n w_i h_i^k} \cdot V$$

$$= \frac{743,5118 \times 15,75^{1,2395}}{66268,147} \cdot 304,485$$

$$= 104,131 \text{ t}$$

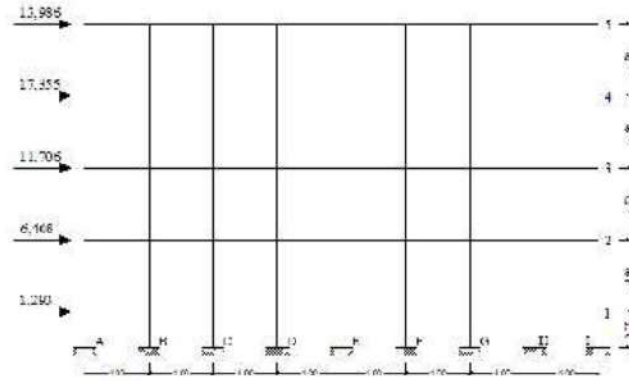
$$\begin{aligned}
 \bullet F_{L3} &= \frac{W_{L3} h_{L3}^3}{\sum_i^n w_i h_i^3} \cdot V \\
 &= \frac{761,033 \times 11,25^{1,2392}}{66268,147} \cdot 304,485 \\
 &= 70,237 \text{ t} \\
 \bullet F_{L2} &= \frac{W_{L2} h_{L2}^3}{\sum_i^n w_i h_i^3} \cdot V \\
 &= \frac{784,613 \times 6,75^{1,2392}}{66268,147} \cdot 304,485 \\
 &= 38,445 \text{ t} \\
 \bullet F_{L1} &= \frac{W_{L1} h_{L1}^3}{\sum_i^n w_i h_i^3} \cdot V \\
 &= \frac{618,026 \times 2,25^{1,2392}}{66268,147} \cdot 304,485 \\
 &= 7,759 \text{ t}
 \end{aligned}$$

Jadi di hasilkan <sup>43</sup> Distribusi Gaya Geser dasar horizontal total akibat gempa ke sepanjang tinggi gedung dalam arah X dan Y Untuk Tiap Portal sebagai Berikut :

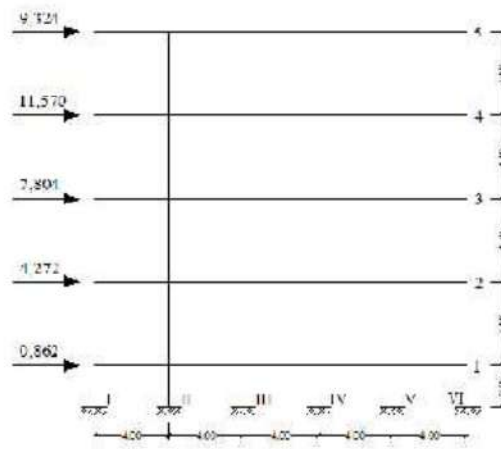
lantai ke	h <sub>i</sub> (m)	h <sub>i</sub> <sup>k</sup>	W <sub>i</sub> (t)	W <sub>i</sub> x h <sub>i</sub> <sup>k</sup> (Tm)	F <sub>i</sub> x-y (t)	Untuk Tiap Portal	
						1/6 Fix	1/9 Fiy
5	20,25	41,621	438,8048	18263,495	83,916	13,986	9,324
4	15,75	30,481	743,5118	22662,983	104,131	17,355	11,570
3	11,25	20,086	761,033	15286,109	70,237	11,706	7,804
2	6,75	10,664	784,613	8367,113	38,445	6,408	4,272
1	2,25	2,732	618,026	1688,447	7,759	1,293	0,862
Σ			3345,9886	66268,147			



Gambar Distribusi Gaya Geser dasar horizontal



DISTRIBUSI BEBAN GEMPA PORTAL ARAH-X



DISTRIBUSI BEBAN GEMPA PORTAL ARAH-Y

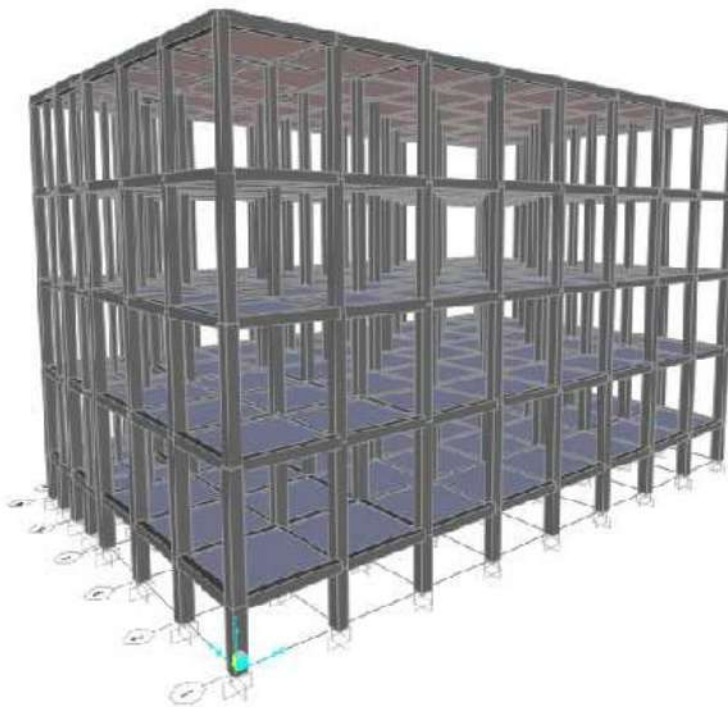
## BAB 4

### ANALISIS STRUKTUR

Dalam menganalisis struktur bangunan di gunakan aplikasi sap 2000 untuk mencari gaya-gaya dalam dan kekuatan struktur yang bekerja pada bangunan gedung. Dari aplikasi sap 2000 kita dapat mengetahui momen, gaya aksial, gaya geser, momen torsi dan lendutan pada struktur balok, kolom dan pondasi yang di perlukan untuk perhitungan dimensi tulangan.

#### 4.1 3D dan <sup>26</sup> Beban yang Bekerja Pada Struktur Bangunan

##### 4.1.1 3 Dimensi Sap



Gambar 3D SAP

#### 4.1.2 <sup>26</sup> Beban Mati

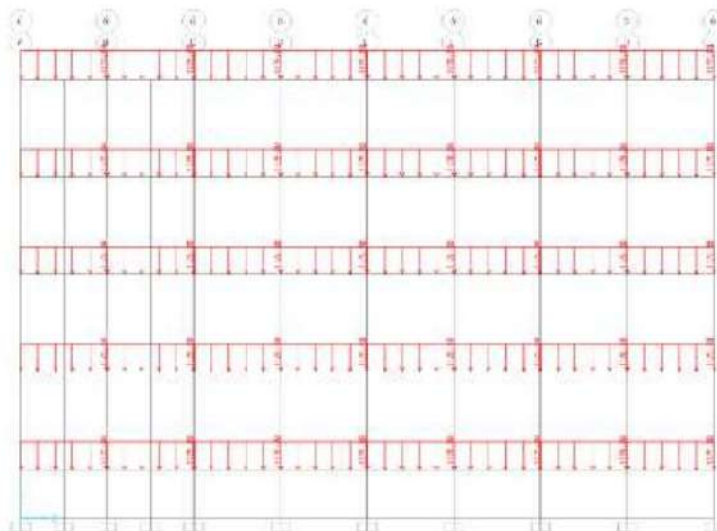
##### a. Pelat lantai diambil beban terbesar pada lantai 4 dan 3

Beban yang di input pada pelat sebesar  $105 \text{ kg/m}^2$

	P	B	C	D	E	F	G	H	I
4	2,052 - 105,000, -105,00	2,052 - 105,000, -105,00	2,052 - 105,000, -105,00	2,052 - 105,000, -105,00	2,052 - 105,000, -105,00	2,052 - 105,000, -105,00	2,052 - 105,000, -105,00	2,052 - 105,000, -105,00	2,052 - 105,000, -105,00
3	2,052 - 105,000, -105,00	2,052 - 105,000, -105,00	2,052 - 105,000, -105,00	2,052 - 105,000, -105,00	2,052 - 105,000, -105,00	2,052 - 105,000, -105,00	2,052 - 105,000, -105,00	2,052 - 105,000, -105,00	2,052 - 105,000, -105,00
2	2,052 - 105,000, -105,00	2,052 - 105,000, -105,00	2,052 - 105,000, -105,00	2,052 - 105,000, -105,00	2,052 - 105,000, -105,00	2,052 - 105,000, -105,00	2,052 - 105,000, -105,00	2,052 - 105,000, -105,00	2,052 - 105,000, -105,00
1	2,052 - 105,000, -105,00	2,052 - 105,000, -105,00	2,052 - 105,000, -105,00	2,052 - 105,000, -105,00	2,052 - 105,000, -105,00	2,052 - 105,000, -105,00	2,052 - 105,000, -105,00	2,052 - 105,000, -105,00	2,052 - 105,000, -105,00

##### b. Balok

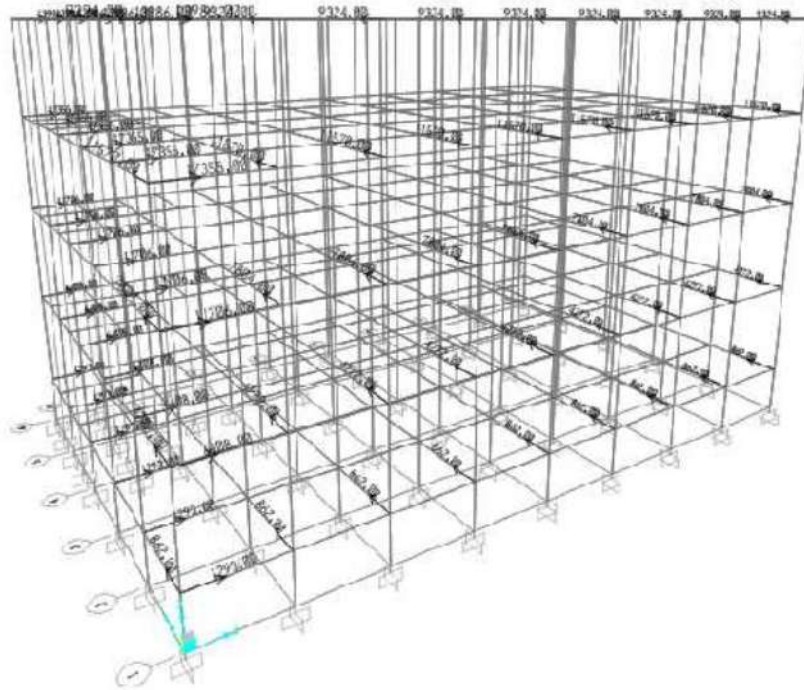
Balok di bebani oleh dinding sebesar  $1125 \text{ kg/m}$



Gambar Portal Arah-X

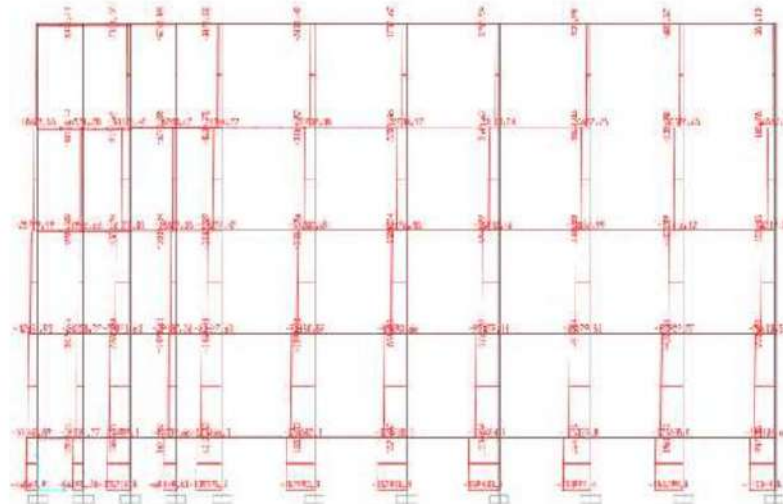


#### 4.1.4 Beban Gempa

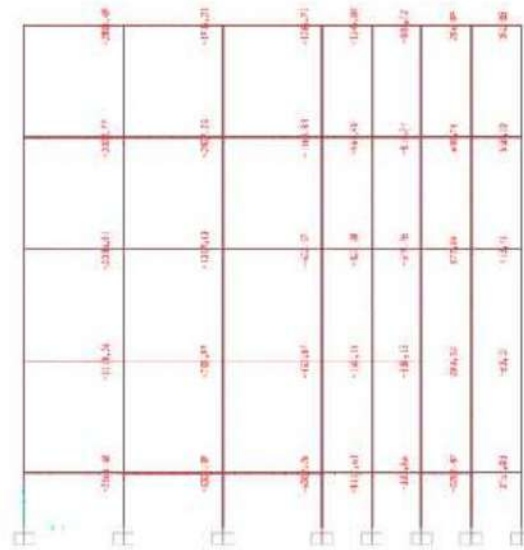


#### 4.1.5 Grafik Gaya – Gaya dalam dan lendutan Pada Kolom

##### a. Gaya Aksial

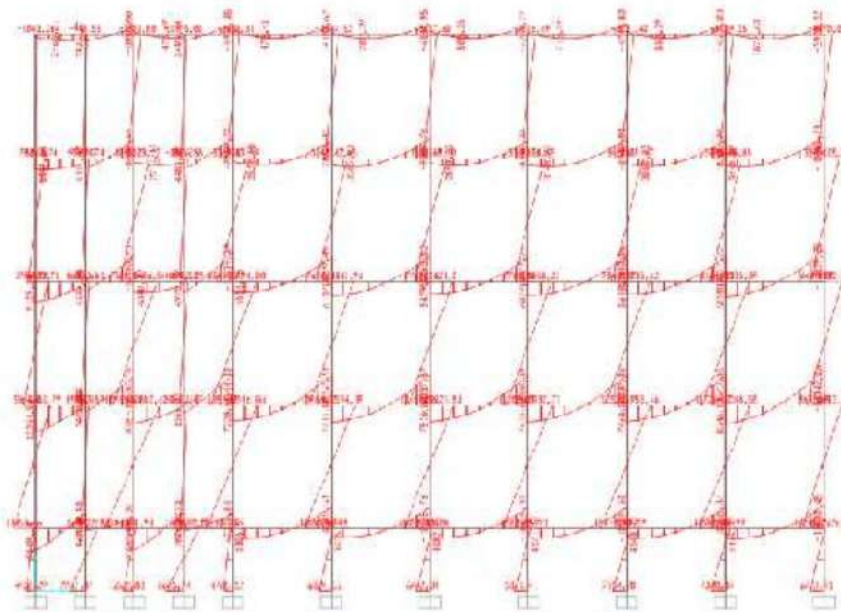


Gambar Gaya Aksial Portal Arah-X



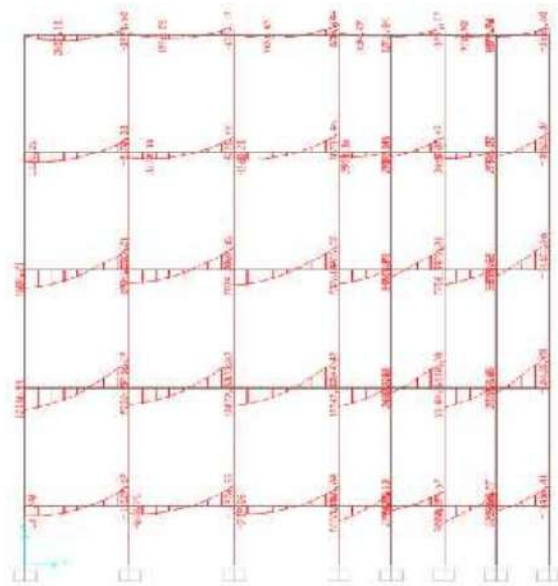
Gambar Gaya Aksial Portal Arah-Y

## b. Momen



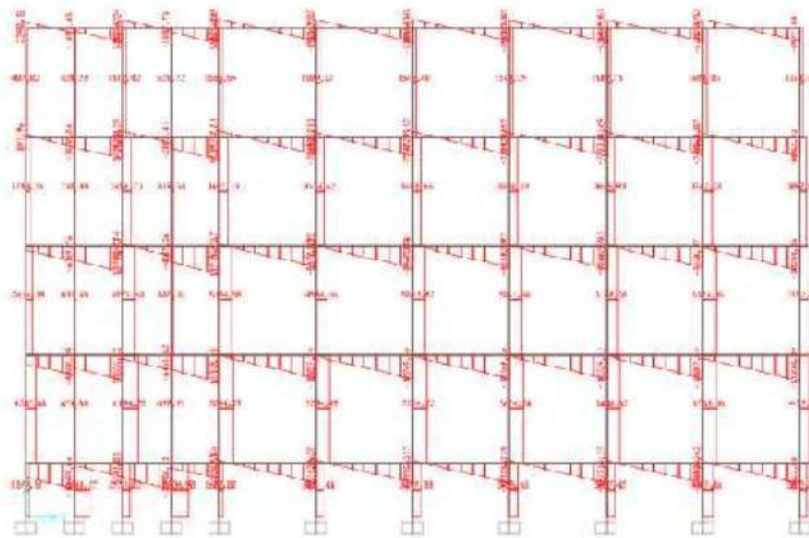
Gambar Momen Portal Arah-X



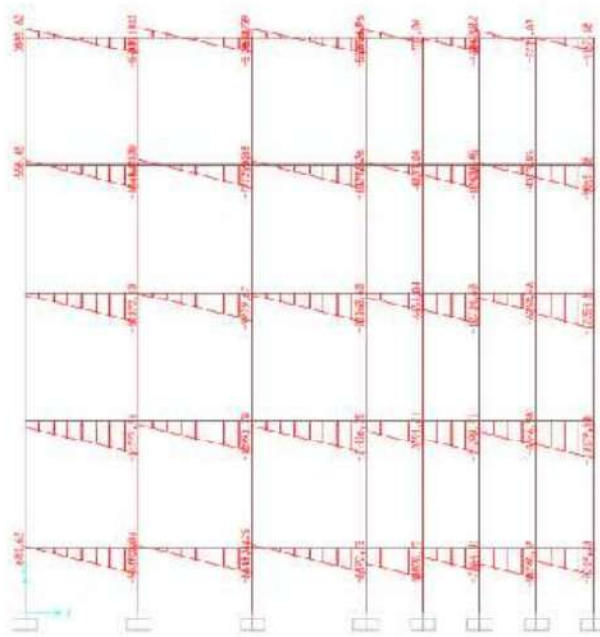


Gambar Momen Portal Arah-Y

c. Gaya Geser

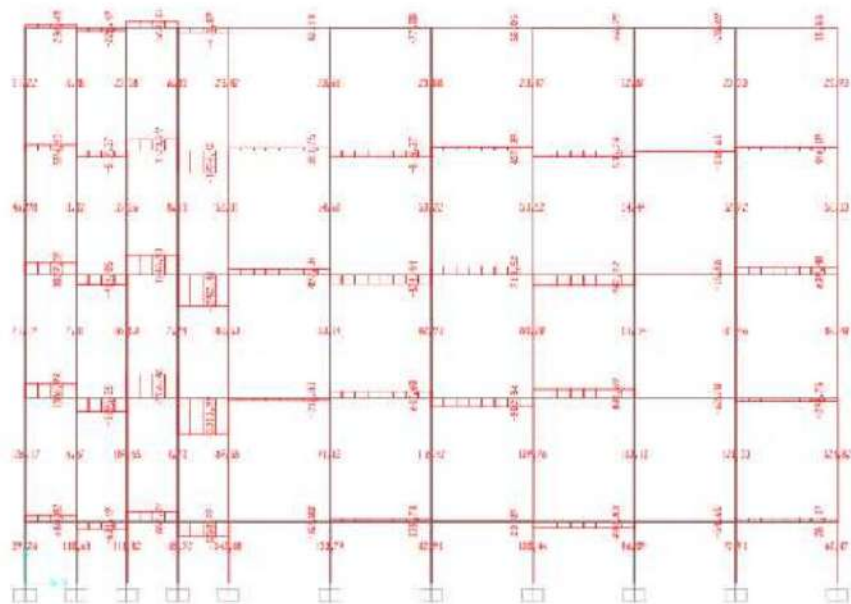


Gambar 54 Gaya Geser Portal Arah-X

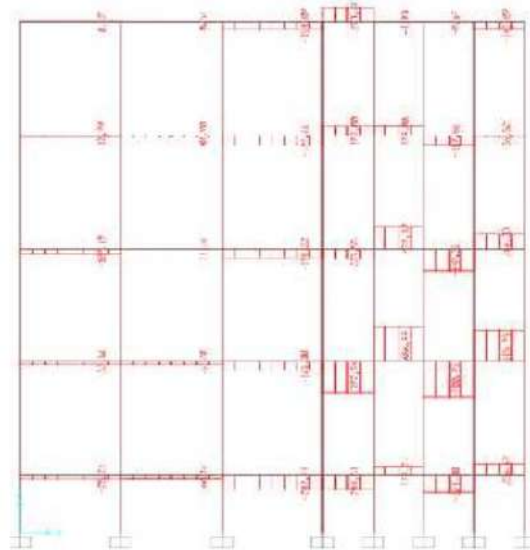


Gambar Gaya Geser Portal Arah-Y

d. Torsi

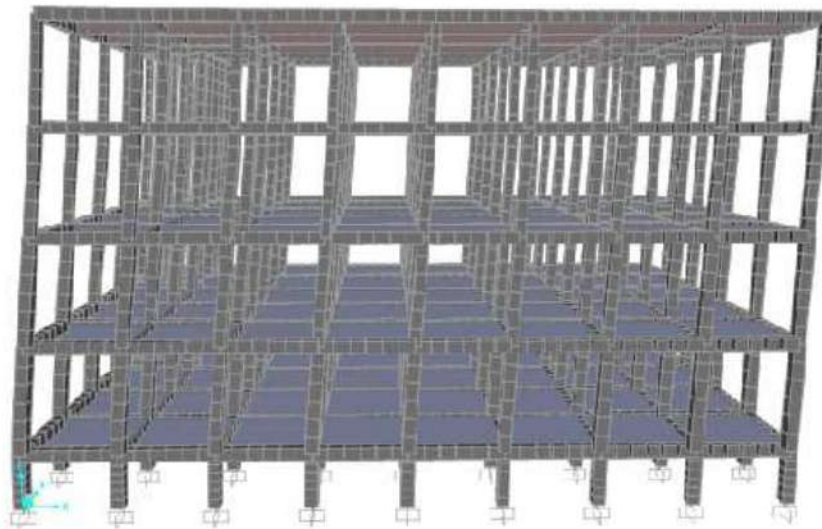


Gambar Torsi Portal Arah-X



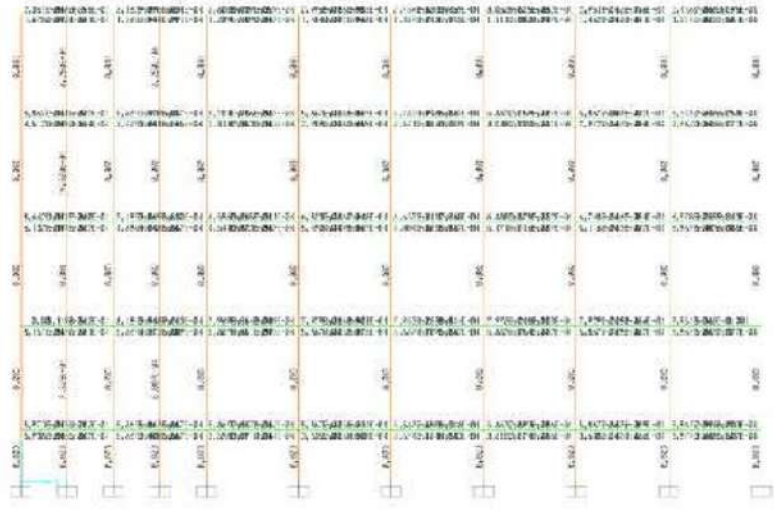
Gambar Torsi Portal Arah-Y

- e. Lendutan ( Deformasi) Untuk Combo Terbesar Beban Mati, Beban Hidup, dan Beban Gempa



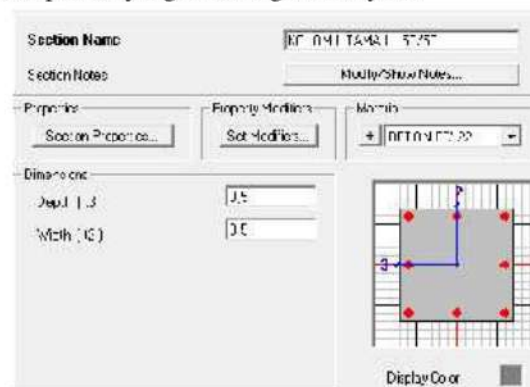
## 4.2 Analisis Struktur Pada Kolom

### 4.2.1 Cek Kekuatan Struktur

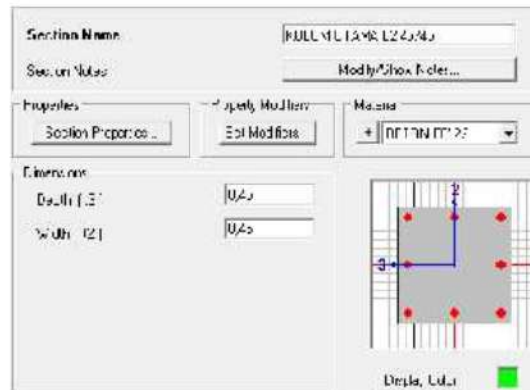


Gambar Kekuatan Struktur Portal Arah XZ

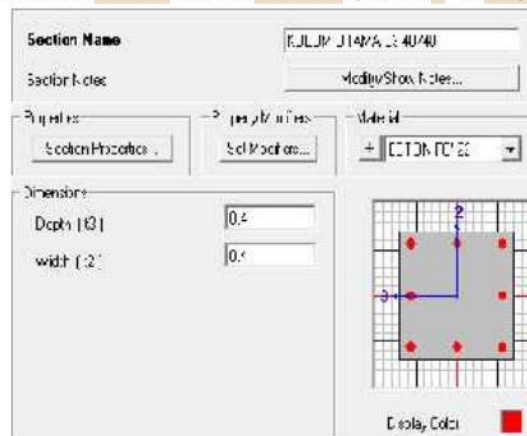
Dari hasil Pengecekan Sap 2000 data awal perencanaan kolom utama dan kolom praktis tidak aman (O/S), sehingga dilakukan penambahan dimensi agar aman. Gambar diatas adalah hasil pengecekan SAP 2000 yang telah dilakukan penambahan dimensi, sehingga menghasilkan kolom berwarna jingga yang menandakan kolom aman untuk di rencanakan. Berikut adalah dimensi kolom utama dan kolom praktis yang aman digunakan yaitu



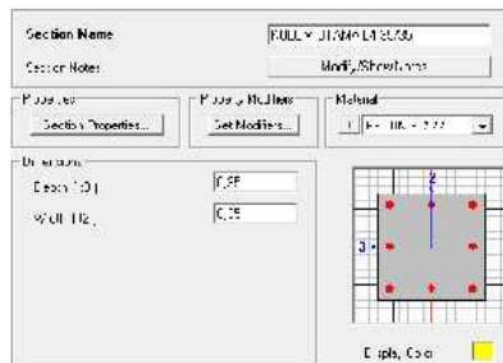
Gambar Kolom Utama Lantai 1 (50 cm x 50 cm)



Gambar Kolom Utama Lantai 2 (45 cm x 45 cm)



Kolom Utama Lantai 3 (40 cm x 40 cm)



Gambar Kolom Utama Lantai 4 (35 cm x 35 cm)



Kolom Praktis L1, L2, L3, dan L4 (25 cm x 25 cm)

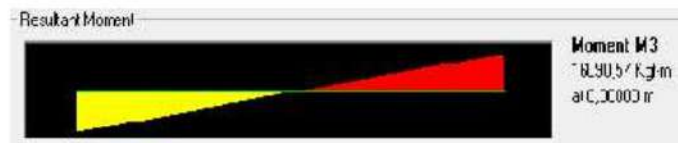
#### 4.2.2 Cek gaya-gaya dalam Ultimate

##### 1. Kolom Induk Lantai 1

Dari hasil sap 2000 di dapat gaya-gaya dalam ultimate yang di ambil nilai terbesar untuk kolom lantai 1 pada batang 359 yaitu :

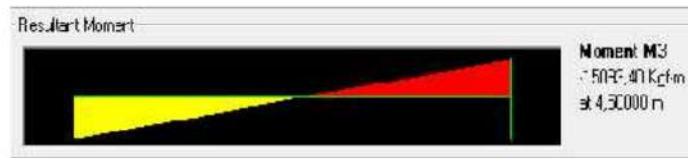


Gaya Aksial (PU) = 149062,91 Kg



Momen Ultimate Tumpuan 1 (MU1) = 16090,57 Kg.m





Momen Ultimate Tumpuan 2 (MU2) = 15093,40 Kg.m

## 2. Kolom Induk Lantai 2

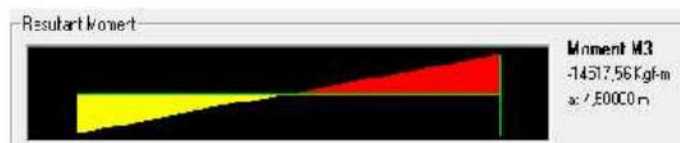
Dari hasil sap 2000 di dapat gaya-gaya dalam ultimate yang di ambil nilai terbesar untuk kolom lantai 2 pada batang 358 yaitu :



Gaya Aksial (PU) = 108459,63 Kg



Momen Ultimate Tumpuan 1 (MU1) = 13885,63 Kg.m



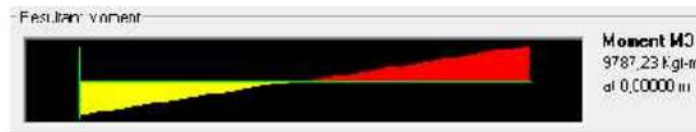
Momen Ultimate Tumpuan 2 (MU2) = 14517,56 Kg.m

## 3. Kolom Induk Lantai 3

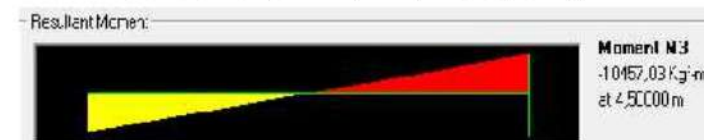
Dari hasil sap 2000 di dapat gaya-gaya dalam ultimate yang di ambil nilai terbesar untuk kolom lantai 3 pada batang 312 yaitu :



Gaya Aksial (PU) = 42588,48 Kg



Momen Ultimate Tumpuan 1 (MU1) = 9787,23 Kg.m



Momen Ultimate Tumpuan 2 (MU2) = 10457,03 Kg.m

#### 4. Kolom Induk Lantai 4

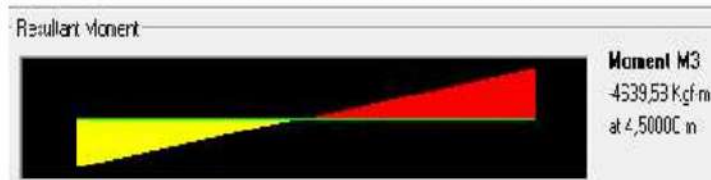
Dari hasil sap 2000 di dapat gaya-gaya dalam ultimate yang di ambil nilai terbesar untuk kolom lantai 4 pada batang 311 yaitu :



Gaya Aksial (PU) = 20365,30 Kg



Momen Ultimate Tumpuan 1 (MU1) = 4342,70 Kg.m



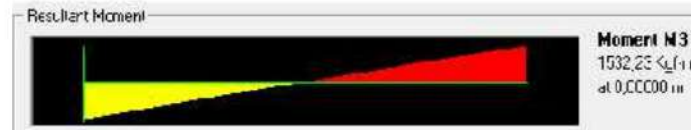
Momen Ultimate Tumpuan 2 (MU2) = 4639,58 Kg.m

#### 5. Kolom Praktis Lantai 1

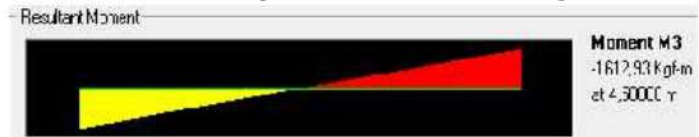
Dari hasil sap 2000 di dapat gaya-gaya dalam ultimate yang di ambil nilai terbesar untuk kolom praktis lantai 1 pada batang 584 yaitu :



Gaya Aksial (PU) = 3451,60 Kg



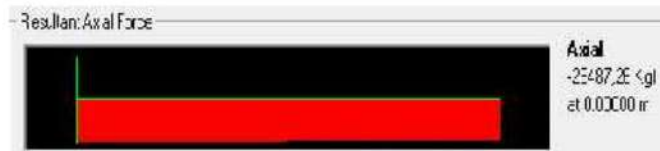
Momen Ultimate Tumpuan 1 (MU1) = 1532,23 Kg.m



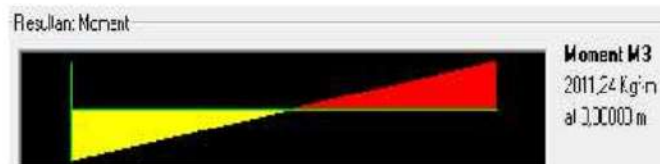
Momen Ultimate Tumpuan 2 (MU2) = 1612,93 Kg.m

#### 6. Kolom Praktis Lantai 2

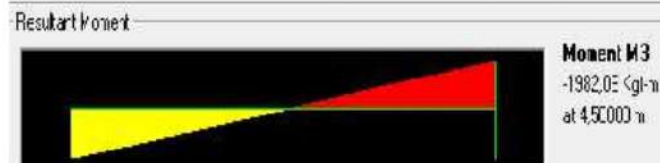
Dari hasil sap 2000 di dapat gaya-gaya dalam ultimate yang di ambil nilai terbesar untuk kolom praktis lantai 2 pada batang 603 yaitu :



Gaya Aksial (PU) = 3451,60 Kg



Momen Ultimate Tumpuan 1 (MU1) = 2011,24 Kg.m



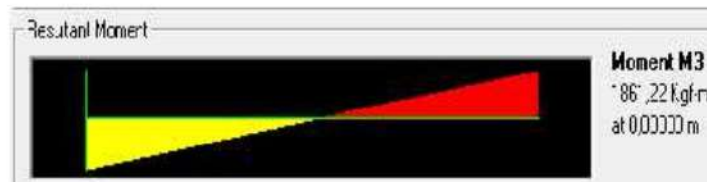
Momen Ultimate Tumpuan 2 (MU2) = 1982,09 Kg.m

### 7. Kolom Praktis Lantai 3<sup>4</sup>

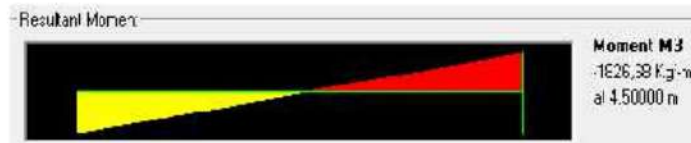
Dari hasil sap 2000 di dapat gaya-gaya dalam ultimate yang di ambil nilai terbesar untuk kolom praktis lantai 3 pada batang 602 yaitu :



Gaya Aksial (PU) = 18837,35 Kg



Momen Ultimate Tumpuan 1 (MU1) = 1861,22 Kg.m



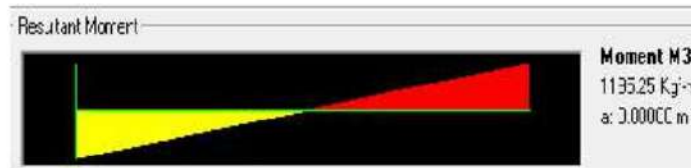
Momen Ultimate Tumpuan 2 (MU2) = 1826,68 Kg.m

### 8. Kolom Praktis Lantai 4

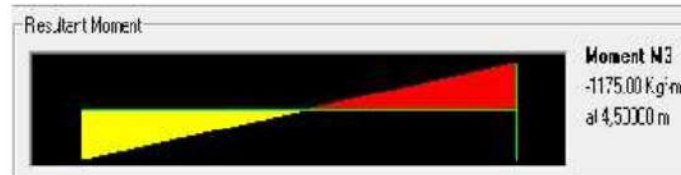
Dari hasil sap 2000 di dapat gaya-gaya dalam ultimate yang di ambil nilai terbesar untuk kolom praktis lantai 4 pada batang 601 yaitu :



Gaya Aksial (PU) = 8700,67 Kg



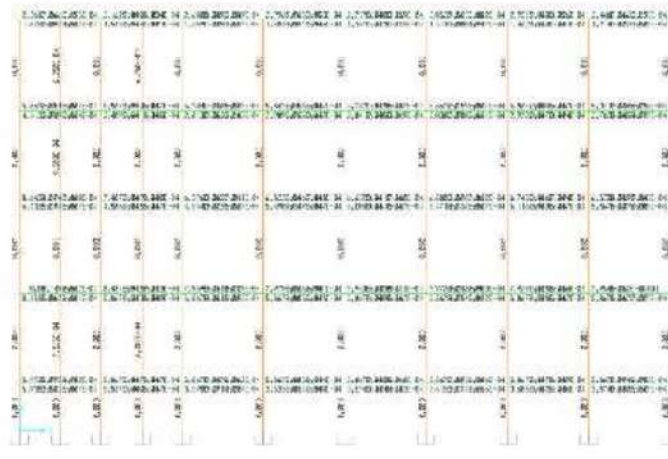
Momen Ultimate Tumpuan 1 (MU1) = 1195,25 Kg.m



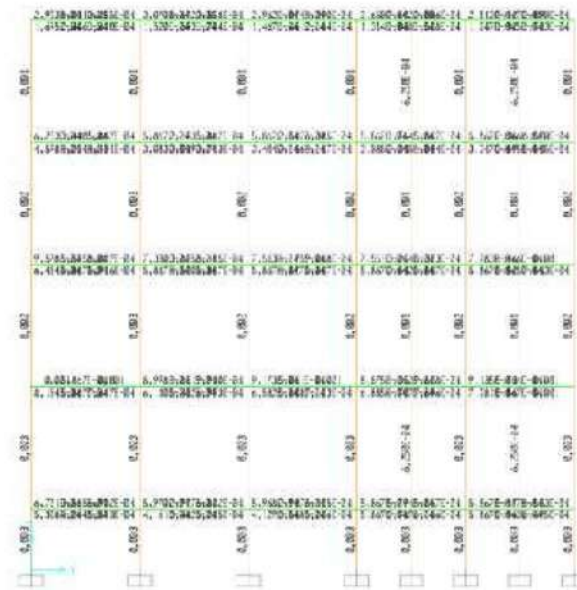
Momen Ultimate Tumpuan 2 (MU2) = 1175 Kg.m

### 4.3 Analisis Stuktur Pada Balok

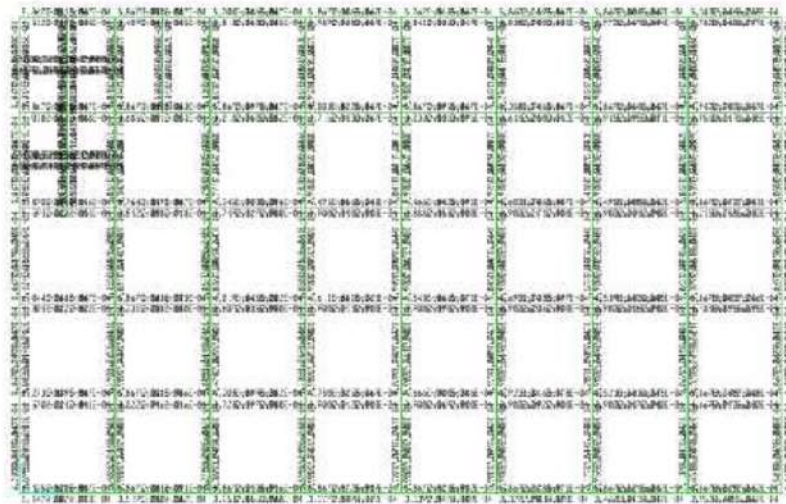
#### 4.3.1 Cek Kekuatan Struktur



Gambar Kekuatan Struktur Arah XZ

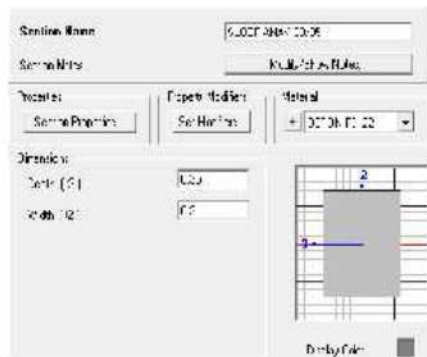
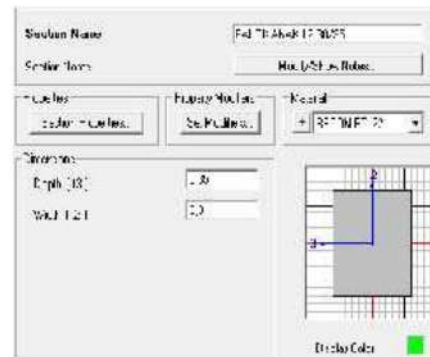


Gambar Kekuatan Struktur Arah YZ



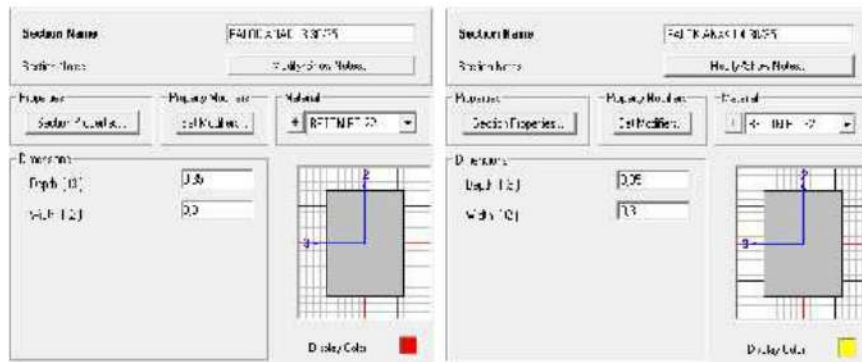
Gambar Kekuatan Struktur XY

Dari hasil Pengecekan Sap 2000 data awal perencanaan balok induk dan balok anak tidak aman (0/S), sehingga dilakukan penambahan dimensi agar aman. Gambar diatas adalah hasil pengecekan SAP 2000 yang telah dilakukan penambahan dimensi, sehingga menghasilkan balok berwarna hijau yang menandakan balok aman untuk di rencanakan. Berikut adalah dimensi balok induk dan balok anak yang aman digunakan yaitu :

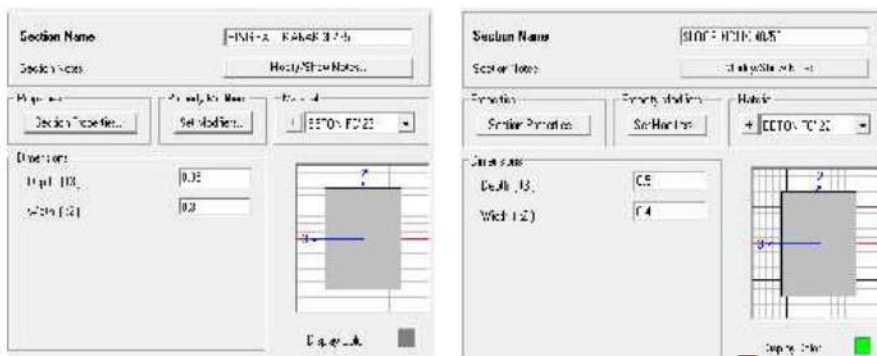
Gambar Sloof Anak <sup>2</sup> 30 cm x 35 cm

Gambar Balok Anak L2 30 cm x 35 cm

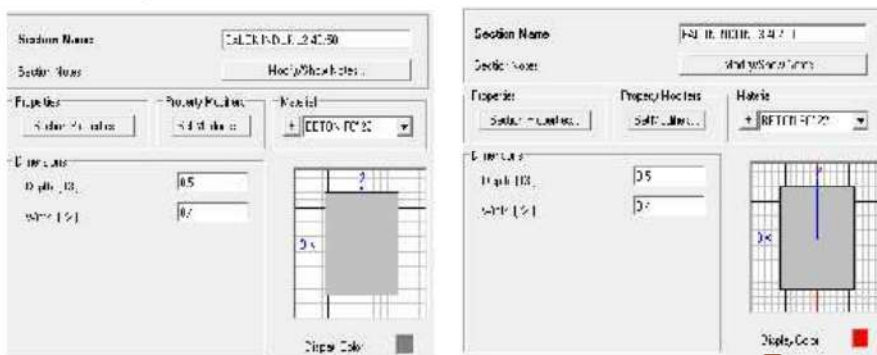




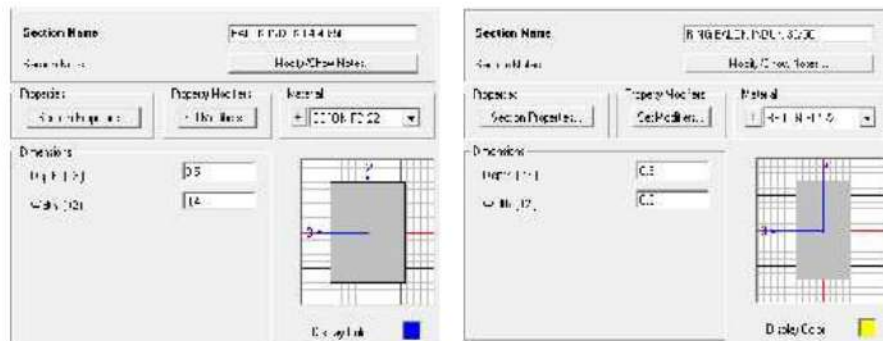
Gambar Balok Anak L3 30 cm x 35 cm Gambar Balok Anak L4 30 cm x 35 cm



Gambar Ring Balok Anak 30 cm x 35 cm Gambar Sloof Induk 40 cm x 50 cm



Gambar Balok Induk L2 40 cm x 50 cm Gambar Balok Induk L3 40 cm x 50 cm

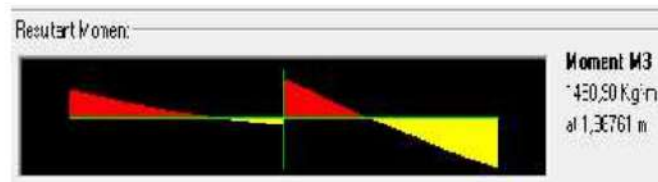


Gambar Balok Induk L4 40 cm x 50 cm Gambar Ring Balok Induk 30 cm x 50 cm

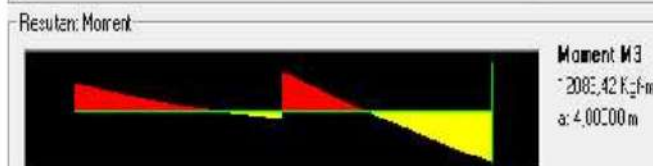
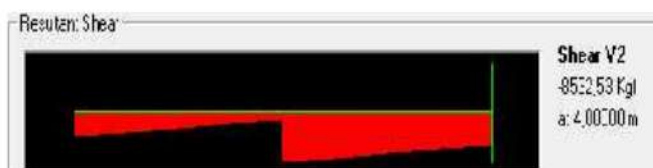
### 4.3.2 Cek gaya-gaya dalam Ultimate

#### 1) A. Balok Induk Lantai 1 (Sloof Induk)

Dari hasil sap 2000 di dapat gaya-gaya dalam ultimate yang di ambil nilai terbesar untuk sloof induk pada batang 28 yaitu :



$$\text{Momen ultimate Lapangan (MUL)} = 1480,90 \text{ Kg.m}$$



$$\text{Momen Ultimate Tumpuan (MUT)} = 12083,42 \text{ Kg.m}$$

$$\text{Gaya Geser} = 8532,53 \text{ Kg}$$



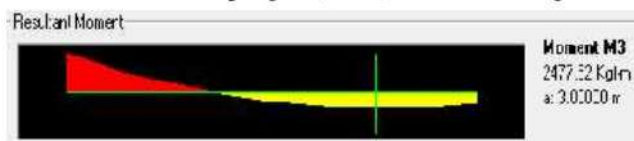
$$\text{Momen Torsi} = 40,07 \text{ kg.m}$$

#### B. Balok Anak Lantai 1 ( Sloof Anak)

Dari hasil SAP 2000 di dapat gaya-gaya dalam ultimate yang di ambil nilai terbesar untuk sloof anak lantai 1 pada batang 78 yaitu :



$$\text{Momen ultimate Lapangan (MUL)} = 34,39 \text{ Kg.m}$$



$$\text{Momen Ultimate Tumpuan (MUT)} = 2477,52 \text{ Kg.m}$$



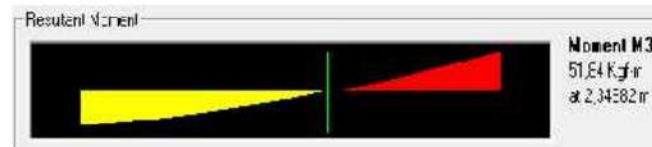
$$\text{Gaya Geser} = 125,25 \text{ Kg}$$



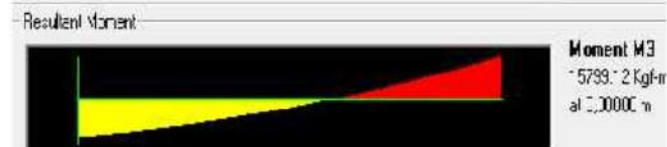
$$\text{Momen Torsi} = 19,41 \text{ Kg.m}$$

#### 2) A. Balok Induk Lantai 2

Dari hasil sap 2000 di dapat gaya-gaya dalam ultimate yang di ambil nilai terbesar untuk Balok Induk lantai 2 pada batang 116 yaitu:



Momen ultimate Lapangan (MUL) = 51,84 Kg.m



Momen Ultimate Tumpuan (MUT) = 15799,12 Kg.m

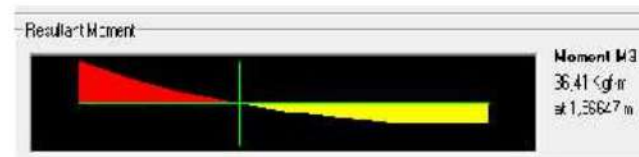
Gaya Geser = 3859,59 Kg



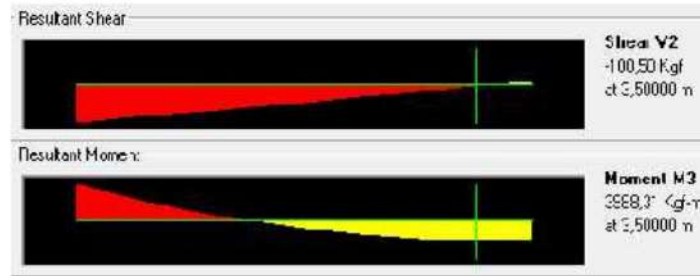
Momen Torsi = 90,13 Kg.m

#### B. Balok Anak Lantai 2

Dari hasil sap 2000 di dapat gaya-gaya dalam ultimate yang di ambil nilai terbesar untuk Balok induk lantai 2 pada batang 187 yaitu :



Momen ultimate Lapangan (MUL) = 36,41 Kg.m



$$\text{Momen Ultimate Tumpuan (MUT)} = 3988,31 \text{ Kg.m}$$

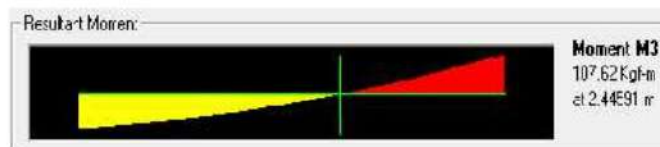
$$\text{Gaya Geser} = 188,58 \text{ Kg}$$



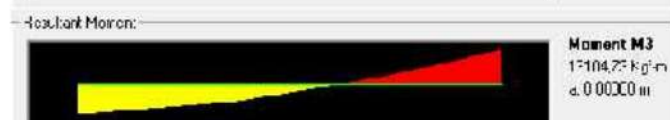
$$\text{Momen Torsi} = 25,31 \text{ Kg.m}$$

### 3) A. Balok Induk Lantai 3

Dari hasil sap 2000 di dapat gaya-gaya dalam ultimate yang di ambil nilai terbesar untuk Balok Induk lantai 3 pada batang 218 yaitu :



$$\text{Momen ultimate Lapangan (MUL)} = 107,62 \text{ Kg.m}$$



$$\text{Momen Ultimate Tumpuan (MUT)} = 13104,73 \text{ Kg.m}$$

$$\text{Gaya Geser} = 2359,52 \text{ Kg}$$



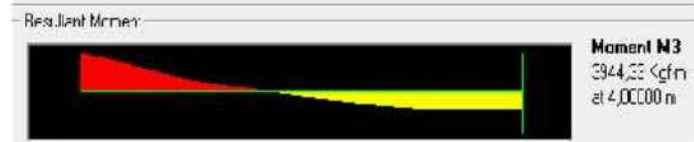
$$\text{Momen Torsi} = 81,3 \text{ kg.m}$$

#### B. Balok Anak Lantai 3

Dari hasil sap 2000 di dapat gaya-gaya dalam ultimate yang di ambil nilai terbesar untuk Balok Anak lantai 3 pada batang 614 yaitu :



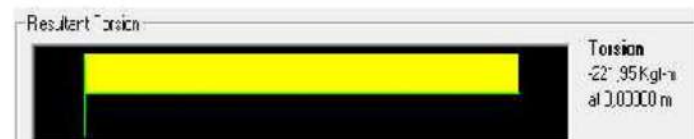
$$\text{Momen ultimate Lapangan (MUL)} = 39,51 \text{ Kg.m}$$



$$\text{Momen Ultimate Tumpuan (MUT)} = 3944,33 \text{ Kg.m}$$



$$\text{Gaya Geser} = 471,56 \text{ Kg}$$

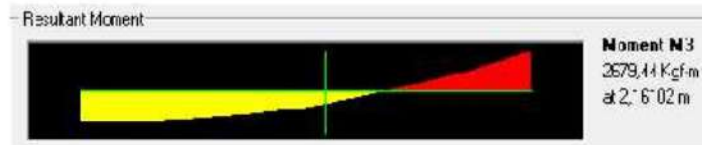


$$\text{Momen Torsi} = 221,95 \text{ kg.m}$$

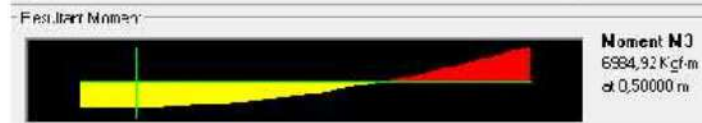
#### 4) A. Balok Induk Lantai 4

Dari hasil sap 2000 di dapat gaya-gaya dalam ultimate yang di ambil nilai terbesar untuk Balok Induk lantai 4 pada batang 645 yaitu :





Momen ultimate Lapangan (MUL) = 2679,44 Kg.m



Momen Ultimate Tumpuan (MUT) = 6984,92 Kg.m

Gaya Geser = 554,33 Kg



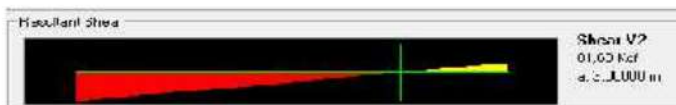
Momen Torsi = 132,94 Kg

#### B. Balok Anak Lantai 4

Dari hasil sap 2000 di dapat gaya-gaya dalam ultimate yang di ambil nilai terbesar untuk Balok Anak lantai 4 pada batang 727 yaitu :

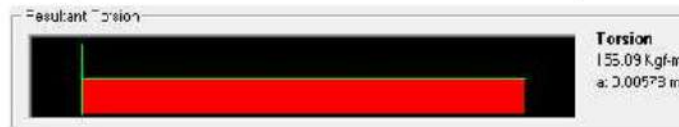


Momen ultimate Lapangan (MUL) = 524,84 Kg.m



Momen Ultimate Tumpuan (MUT) = 2475,71 Kg

Gaya Geser = 81,63 Kg.m



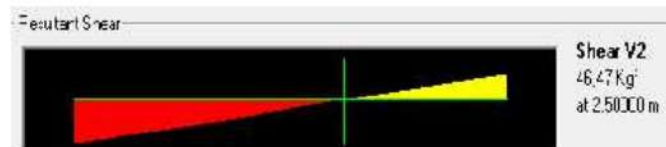
Momen Torsi = 156,09 Kg

#### 5) A. Balok Induk Lantai Atap (Ring Balok Induk)

Dari hasil sap 2000 di dapat gaya-gaya dalam ultimate yang di ambil nilai terbesar untuk Balok Induk lantai 4 pada batang 769 yaitu :



Momen ultimate Lapangan (MUL) = 2594,54 Kg.m



Momen Ultimate Tumpuan (MUT) = 2014,32 Kg.m

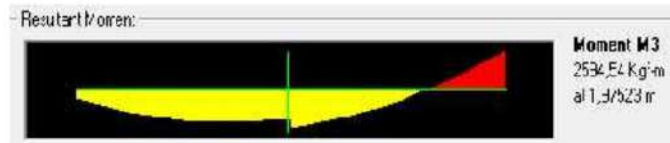
Gaya Geser = 46,47 Kg



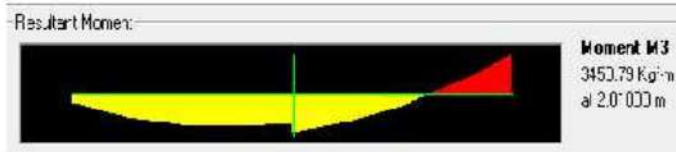
Momen Torsi = 75,87 Kg

#### B. Balok Anak Lantai Atap (Ring Balok Anak)

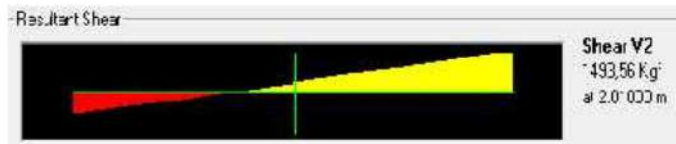
Dari hasil sap 2000 di dapat gaya-gaya dalam ultimate yang di ambil nilai terbesar untuk Balok Anak lantai 4 pada batang 826 yaitu :



Momen ultimate Lapangan (MUL) = 2594,54 Kg.m



Momen Ultimate Tumpuan (MUT) = 3450,79 Kg



Gaya Geser = 1493,56 Kg.m



Momen Torsi = 58,36 Kg

## BAB 5

### DESAIN TULANGAN DAN CEK LENDUTAN

#### 12 5.1 Perencanaan Penulangan Balok

##### 5.1.1 Balok Lantai 1 (sloof)

###### a. Balok induk (40 cm x 50 cm)

Data Perencanaan

Mu Lapangan (Batang 28) = 1480,90 Kg.m

Mu Tumpuan (Batang 28) = 12083,42 Kg.m

Gaya geser ( $V_u$ ) = 8532,53 Kg

Momen Torsi = 40,07 kg.m

2  
Mutu beton ( $f_c$ ) = 22 Mpa = 220 Kg/cm

Mutu baja ( $f_y$ ) = 360 Mpa = 3600 Kg/cm

Selimit beton ( $d'$ ) = 50 mm = 5 cm

Tinggi balok = 500 mm = 50 cm

Lebar balok = 400 mm = 40 cm

1  
Untuk  $f_c < 30$  Mpa  $\beta_1$  = 0,85

-(untuk balok) = 0,8

-(untuk tulangan geser) = 0,75

Tebal Pelat ( $h_f$ ) = 120 mm

Bentang Balok ( $L_o$ ) = 4000 mm

Jarak Bersih dari Balok-balok ( $B_o$ ) = 4000 mm

###### Batasan Penulangan

4  
 $p_{min}$  =  $1,4/f_y = 1,4/360 = 0,0038$

$p_{balance}$  =  $\frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + F_y} \right)$

=  $\frac{0,85 \times 0,85 \times 22}{360} \left( \frac{600}{600 + 360} \right)$

= 0,0442 x 0,625

= 0,0276

$$\begin{aligned}
 p_{\max} &= 0,75 \times p_{\text{balance}} \\
 &= 0,75 \times 0,0276 \\
 &= 0,0207
 \end{aligned}$$

### Lebar Efektif Balok (Be)

$$\begin{aligned}
 Be_1 &= 1/4 \cdot L_o = 1/4 \cdot 4000 = 1000 \text{ mm} \\
 Be_2 &= 8 \cdot hf = 8 \cdot 120 = 960 \text{ mm} \\
 Be_3 &= 1/2 \cdot B_o = 1/2 \cdot 4000 = 2000 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

### Cek apakah Balok T atau Balok L Persegi

Diasumsikan bahwa  $a = hf = 120 \text{ mm}$  ; lebar :  $be = 960$  (terkecil)

$$\begin{aligned}
 d \text{ Efektif} &= \text{Tinggi Balok} - \text{Selimut Beton} \\
 &= 500 - 50 \\
 &= 450 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

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

$$\phi = 0,8$$

$$\begin{aligned}
 MR_1 &= \phi \cdot C \cdot Z \\
 &= 0,8 \times 0,85 \times f_c' \times a \times be \times (d - 1/2 a) \\
 &= 0,8 \times 0,85 \times 22 \times 120 \times 960 \times (450 - (0,5 \times 120)) \cdot 10^{-4} \\
 &= 67212,288 \text{ Kg.m} \\
 &= 67212,288 \text{ Kg.m} > MuL = 1480,90 \text{ Kg.m} \square \text{ Balok T} \\
 &\quad \text{(persegi)}
 \end{aligned}$$

Diasumsikan bahwa  $a = hf = 120 \text{ mm}$  ; lebar :  $bw = 400$

$$\begin{aligned}
 MR_2 &= \phi \cdot C \cdot Z \\
 &= 0,8 \times 0,85 \times f_c' \times a \times bw \times (d - 1/2 a)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,8 \times 0,85 \times 22 \times 120 \times 400 \times (450 - (0,5 \times 120)) \cdot 10^{-4} \\
 &= 28005,12 \text{ Kg.m} \\
 &= 28005,12 \text{ Kg.m} > \text{MuL} = 1480,90 \text{ Kg.m} \square \text{ Balok T} \\
 &\text{(persegi)}
 \end{aligned}$$

### LAPANGAN

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{F_y}{0,85 \times F_c} \\
 &= \frac{360}{0,85 \times 22} = 19,251
 \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{1480,90 \cdot 10^4}{0,8 \times 400 \times 450^2} = 0,229 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{Hitung}} &= \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{19,251} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,251 \times 0,229}{360}} \right) = 0,00064
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{Hitung}} = 0,00064 < \rho_{\text{Min}} = 0,0038$$

$$\rho_{\text{Hitung}} = 0,00064 < \rho_{\text{Max}} = 0,0207$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \times b \times d \text{ efektif} \\
 &= 0,0038 \times 400 \times 450 \\
 &= 684 \text{ mm}^2 = 6,84 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Memakai tulangan utama D22

$$\begin{aligned}
 A\text{-D22} &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (22)^2 \\
 &= 379,94 \text{ mm}^2 \\
 n &= 684/379,94
 \end{aligned}$$



$$= 1,80028 \rightarrow 2 \text{ Buah}$$

Jadi tulangan utama bawah yang digunakan pada daerah Lapangan balok adalah 2D22, dengan menggunakan besi Ulir.

$$\begin{aligned} A_s' &= \frac{\rho_{\text{hitung}}}{\rho_{\text{Max}}} A_s \\ &= \frac{0,0038}{0,0207} \times 684 \\ &= 125,57 \text{ mm}^2 \square 1,2557 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Memakai tulangan D22

$$\begin{aligned} A\text{-D22} &= \frac{4}{4} \times 3,14 \times (22)^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2 \\ n &= 125,57/379,94 \\ &= 0,33 \rightarrow 2 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Jadi tulangan utama atas yang digunakan pada daerah Lapangan balok adalah 2D12, dengan menggunakan besi Ulir.

Kontrol Tulangan : (Jumlah Tul x □Tulangan) + (Jum. Jarak x Luas Antar Tul.) + (2 x Selimut Beton) < Lebar Balok

$$\text{Kontrol : } (2 \times 22) + (1 \times 30) + (2 \times 50) < 400$$

$$\text{Kontrol : } 174 \text{ mm} < 400 \text{ mm} \dots \dots \dots (\text{OKE})$$

#### TUMPUAN

$$\begin{aligned} m &= \frac{F_y}{0,85 \times F_c} \\ &= \frac{360}{0,85 \times 22} = 19,251 \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{12083,42 \cdot 10^4}{0,8 \times 400 \times 450^2} = 1,865 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned}
 q \text{ Hitung} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{Fy}}\right) \\
 &= \frac{1}{19,251} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,251 \times 1,865}{360}}\right) \\
 &= 0,00547
 \end{aligned}$$

$$q \text{ Hitung} = 0,00547 > q \text{ Min} = 0,0038$$

$$q \text{ Hitung} = 0,00547 < q \text{ Max} = 0,0207$$

$$\begin{aligned}
 \text{As} &= q \times b \times d \text{ efektif} \\
 &= 0,00547 \times 400 \times 450 \\
 &= 984,6 \text{ mm}^2 = 9,846 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Memakai tulangan Utama D22

$$\begin{aligned}
 A\text{-D22} &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2 \\
 &= 379,94 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n &= 984,6 / 379,94 \\
 &= 2,591 \rightarrow 3 \text{ Buah}
 \end{aligned}$$

Jadi tulangan utama bawah yang digunakan pada daerah Tumpuan balok adalah 3D22, dengan menggunakan besi Ulir.

$$\begin{aligned}
 \text{As}' &= \frac{\rho \text{ hitung}}{\rho \text{ Max}} \text{As} \\
 &= \frac{0,00547}{0,0207} \times 984,6 \\
 &= 260,182 \text{ mm}^2 \square 2,602 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Memakai tulangan D22

$$A\text{-D22} = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2$$

$$= 379,94 \text{ mm}^2$$

$$n = 260,182/379,94$$

$$= 0,685 \rightarrow 2 \text{ Buah}$$

Jadi tulangan utama atas yang digunakan pada daerah Tumpuan balok adalah 2D22, dengan menggunakan besi Ulir.

Kontrol Tulangan : (Jumlah Tul x □Tulangan) + (Jum. Jarak x

Luas Antar Tul.) + (2 x Selimut Beton) < Lebar Balok

$$\text{Kontrol : } (3 \times 22) + (2 \times 15) + (2 \times 50) < 400$$

$$\text{Kontrol : } 196 \text{ mm} < 400 \text{ mm} \dots\dots\dots (\text{ OKE } )$$

### PERENCANAAN TULANGAN GESER

**Balok (sloof) 40 x 50 cm**

$$V_u = 8532,53 \text{ Kg}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{F'_c} \cdot b_w \cdot d$$

$$= 1/6 \times \sqrt{220} \cdot 40 \cdot 45$$

$$= 4449,72 \text{ Kg}$$

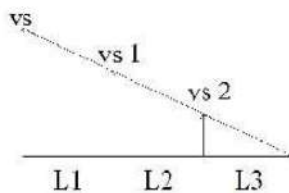
$$V_n = \frac{V_u}{\phi}$$

$$= \frac{8532,53}{0,75} = 11376,706 \text{ kg}$$

$$= 11376,706 \text{ Kg} > V_c = 4449,72 \text{ Kg} \text{ (Perlu Tulangan)}$$

**Geser**)

**Gaya gaya geser yang ditanggung tulangan**



$$L = \frac{1}{2} \times \text{Bentang}$$

$$= \frac{1}{2} \times 400$$

$$= 200 \text{ cm}$$

$$V_s = V_n - V_c$$

$$= 11376,706 - 4449,72$$

$$= 6926,987 \text{ Kg}$$

$$V_{s1} = V_s \times (L1 : \text{Bentang})$$

$$= 6926,987 (133,333 : 200)$$

$$= 4617,98 \text{ Kg}$$

$$V_{s2} = V_{s1} \times (L2 : \text{Bentang})$$

$$= 4617,98 \times (66,667 : 200)$$

$$= 1539,31 \text{ Kg}$$

#### Menghitung jarak tulangan sengkang

$$d = 45 \text{ cm}$$

$$f_y = 360 \text{ MPa} = 3600 \text{ kg/cm}^2$$

digunakan diameter sengkang  $\emptyset 6$

$$A_v = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$= 2 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 6^2$$

$$= 56,52 \text{ mm}^2 = 0,565 \text{ cm}^2 \text{ (2 kaki)}$$

di pakai sebagai Tulangan geser minimum

$$S1 = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s}$$

$$= \frac{0,565 \times 3600 \times 45}{6926,987} = 13,21 \text{ cm} \rightarrow 10 \text{ cm } (\emptyset 6)$$

$$S2 = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_{s1}}$$

$$= \frac{0,565 \times 3600 \times 45}{4617,98} = 19,82 \text{ cm} \rightarrow 15 \text{ cm } (\emptyset 6)$$

$$S3 = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s \times 2}$$

$$= \frac{0,565 \times 3600 \times 45}{1539,31} = 59,46 \text{ cm} \rightarrow 20 \text{ cm } (\emptyset 6)$$

### PERENCANAAN TULANGAN TORSI

$$T_u = 40,07 \text{ kg.m} = 0,393 \text{ Kn.m}$$

$$V_c = 4449,72 \text{ Kg}$$

$$V_u = 8532,53 \text{ Kg}$$

$$\emptyset \text{ Sengkang} = 6 \text{ mm}$$

#### 1. Momen Torsi Berfaktor

$$T_n \text{ Perlu} = \frac{T_u}{\phi} = \frac{0,393}{0,75} = 0,524 \text{ Kn.m}$$

Luas Luar Penampang Beton :

$$A_{cp} = b \times h$$

$$= 400 \times 500$$

$$= 200000$$

Keliling Luar Penampang Beton :

$$P_{cp} = 2(b + h)$$

$$= 2(400 + 500)$$

$$= 1800$$

Pengaruh Torsi diabaikan apabila  $T_u$  kurang dari :

$$T_u < \frac{\phi \sqrt{f_c}}{12} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$T_u < \frac{0,75 \sqrt{22}}{12} \left( \frac{200000^2}{1800} \right) \cdot 10^{-6}$$

0,393 Kn.m < 6,514 Kn.m (Maka Torsi dapat diabaikan).

#### 7 b. Balok Anak (30 cm x 35 cm)

Data Perencanaan

$$\text{Mu Lapangan (Batang 78)} = 34,39 \text{ Kg.m}$$

$$\text{Mu Tumpuan (Batang 78)} = 2477,52 \text{ Kg.m}$$

$$\text{Gaya geser (Vu)} = 125,25 \text{ Kg}$$

$$\text{Momen Torsi (Tu)} = 19,41 \text{ kg.m}$$

$$\text{Mutu beton (fc)} = 22 \text{ Mpa} = 220 \text{ Kg/cm}^2$$

Mutu baja ( $f_y$ )	= 360 Mpa	= 3600 Kg/cm
Selimut beton ( $d'$ )	= 50 mm	= 5 cm
Tinggi balok	= 350 mm	= 35 cm
Lebar balok	= 300 mm	= 30 cm
Untuk $f_c < 30$ Mpa $\beta_1$	= 0,85	
- (untuk balok)	= 0,8	
- (untuk tulangan geser)	= 0,75	
Tebal Pelat ( $h_f$ )	= 120 mm	
Bentang Balok ( $L_o$ )	= 4000 mm	
Jarak Bersih dari Balok-balok ( $B_o$ )	= 4000 mm	

#### Batasan Penulangan

$$p_{\min} = 1,4/f_y = 1,4/360 = 0,0038$$

$$p_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + F_y} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 0,85 \times 22}{360} \left( \frac{600}{600 + 360} \right)$$

$$= 0,0442 \times 0,625$$

$$= 0,0276$$

$$p_{\max} = 0,75 \times p_{\text{balance}}$$

$$= 0,75 \times 0,0276$$

$$= 0,0207$$

#### Lebar Efektif Balok ( $B_e$ )

$$B_{e1} = 1/4 \cdot L_o = 1/4 \cdot 4000 = 1000 \text{ mm}$$

$$B_{e2} = 8 \cdot h_f = 8 \cdot 120 = 960 \text{ mm}$$

$$B_{e3} = 1/2 \cdot B_o = 1/2 \cdot 4000 = 2000 \text{ mm}$$

#### Cek apakah Balok T atau Balok L Persegi)

Diasumsikan bahwa  $a = h_f = 120$  mm ; lebar :  $b_e = 960$  (terkecil)

$$d \text{ Efektif} = \text{Tinggi Balok} - \text{Selimut Beton}$$



$$= 350 - 50$$

$$= 300 \text{ mm}$$

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

$$\phi = 0,8$$

$$MR 1 = \phi C . Z$$

$$= 0,8 \times 0,85 \times f_c' \times a \times b \times (d - \frac{1}{2} a)$$

$$= 0,8 \times 0,85 \times 22 \times 120 \times 960 \times (300 - (0,5 \times 120)) \cdot 10^{-4}$$

$$= 41361,408 \text{ Kg.m}$$

$$= 41361,408 \text{ Kg.m} > MuL = 34,39 \text{ Kg.m} \square \text{ Balok T (persegi)}$$

Diasumsikan bahwa  $a = hf = 120 \text{ mm}$  ; lebar :  $bw = 300$

$$MR 2 = \phi C . Z$$

$$= 0,8 \times 0,85 \times f_c' \times a \times bw \times (d - \frac{1}{2} a)$$

$$= 0,8 \times 0,85 \times 22 \times 120 \times 300 \times (300 - (0,5 \times 120)) \cdot 10^{-4}$$

$$= 12925,44 \text{ Kg.m}$$

$$= 12925,44 \text{ Kg.m} > MuL = 34,39 \text{ Kg.m} \square \text{ Balok T (persegi)}$$

### LAPANGAN

$$m = \frac{F_y}{0,85 \times F_c}$$

$$= \frac{360}{0,85 \times 22} = 19,251$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{34,39 \cdot 10^4}{0,8 \times 300 \times 300^2} = 0,016 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{Hitung}} &= \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right) \\ &= \frac{1}{19,251} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,251 \times 0,016}{360}} \right) = 0,00004446 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{Hitung}} = 0,00004446 < \rho_{\text{Min}} = 0,0038$$

$$\rho_{\text{Hitung}} = 0,00004446 < \rho_{\text{Max}} = 0,0207$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \text{ efektif} \\ &= 0,0038 \times 300 \times 300 \\ &= 342 \text{ mm}^2 = 3,42 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Memakai tulangan utama D22

$$\begin{aligned} A\text{-D22} &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (22)^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2 \\ n &= 342/379,94 \\ &= 0,9 \rightarrow 2 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Jadi tulangan utama bawah yang digunakan pada daerah Lapangan balok adalah 2D22, dengan menggunakan besi Ulir.

$$\begin{aligned} A_s' &= \frac{\rho_{\text{hitung}}}{\rho_{\text{Max}}} A_s \\ &= \frac{0,0038}{0,0207} \times 342 \\ &= 62,78 \text{ mm}^2 \square 0,6278 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Memakai tulangan D22

$$A\text{-D22} = \frac{1}{4} \times 3,14 \times (22)^2$$

$$= 379,94 \text{ mm}^2$$

$$n = 62,78/379,94$$

$$= 0,33 \rightarrow 2 \text{ Buah}$$

Jadi tulangan utama atas yang digunakan pada daerah Lapangan balok adalah 2D22, dengan menggunakan besi Ulir.

Kontrol Tulangan : (Jumlah Tul x □Tulangan) + (Jum. Jarak x Luas Antar Tul.) + (2 x Selimut Beton) < Lebar Balok

$$\text{Kontrol : } (2 \times 22) + (1 \times 20) + (2 \times 50) < 300$$

$$\text{Kontrol : } 164 \text{ mm} < 300 \text{ mm} \dots \dots \dots (\text{OKE})$$

### TUMPUAN

$$m = \frac{F_y}{0,85 \times F_c}$$

$$= \frac{360}{0,85 \times 22} = 19,251$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{2477,52 \cdot 10^4}{0,8 \times 300 \times 300^2} = 1,147 \text{ Mpa}$$

$$q_{\text{Hitung}} = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{19,251} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,251 \times 1,147}{360}} \right)$$

$$= 0,0033$$

$$q_{\text{Hitung}} = 0,0033 > q_{\text{Min}} = 0,0038$$

$$q_{\text{Hitung}} = 0,0033 < q_{\text{Max}} = 0,0207$$

$$^2 \text{As} = \phi \times b \times d \text{ efektif}$$

$$= 0,0038 \times 300 \times 300$$

$$= 342 \text{ mm}^2 = 3,42 \text{ cm}^2$$

Memakai tulangan Utama D22

$$A-D22 = \frac{12}{4} \times 3,14 \times 22^2$$

$$= 379,94 \text{ mm}^2$$

$$n = 342/379,94$$

$$= 0,9 \rightarrow 2 \text{ Buah}$$

Jadi tulangan utama bawah yang digunakan pada daerah Tumpuan balok adalah 2D22, dengan menggunakan besi Ulir.

$$As' = \frac{\rho \text{ hitung}}{\rho \text{ Max}} As$$

$$= \frac{0,0038}{0,0207} \times 342$$

$$= 62,78 \text{ mm}^2 \square 0,6278 \text{ cm}^2$$

Memakai tulangan D22

$$A-D22 = \frac{8}{4} \times 3,14 \times 22^2$$

$$= 379,94 \text{ mm}^2$$

$$n = 62,78/379,94$$

$$= 0,332 \rightarrow 2 \text{ Buah}$$

Jadi tulangan utama atas yang digunakan pada daerah Tumpuan balok adalah 2D22, dengan menggunakan besi Ulir.

Kontrol Tulangan : (Jumlah Tul x □Tulangan) + (Jum. Jarak x

Luas Antar Tul.) + (2 x Selimut Beton) < Lebar Balok

Kontrol : (2 x 22) + (1 x 20) + (2 x 50) < 300

Kontrol : 164 mm < 300 mm.....( OKE )

### PERENCANAAN TULANGAN GESER

Balok anak (sloof anak) 30 cm x 35 cm

$$V_u = 125,25 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{F'_c} \cdot b_w \cdot d \\ &= \frac{1}{6} \times \sqrt{220} \cdot 30 \cdot 30 \\ &= 2224,86 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &= \frac{V_u}{\phi} \\ &= \frac{125,25}{0,75} = 167 \text{ kg} \end{aligned}$$

$= V_n = 167 \text{ kg} < V_c = 2224,86 \text{ kg}$  (*Tidak Perlu Tulangan Geser*)

### PERENCANAAN TULANGAN TORSI

$$T_u = 19,41 \text{ kg.m} = 0,19 \text{ Kn.m}$$

$$V_c = 2224,86 \text{ Kg}$$

$$V_u = 125,25 \text{ Kg}$$

$$\emptyset \text{ Sengkang} = 6 \text{ mm}$$

#### 2. Momen Torsi Berfaktor

$$T_n \text{ Perlu} = \frac{T_u}{\phi} = \frac{0,19}{0,75} = 0,253 \text{ Kn.m}$$

Luas Luar Penampang Beton :

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b \times h \\ &= 300 \times 350 \\ &= 105000 \end{aligned}$$

Keliling Luar Penampang Beton :

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2(b + h) \\ &= 2(300 + 350) \\ &= 1300 \end{aligned}$$

Pengaruh Torsi di abaikan apabila  $T_u$  kurang dari :

$$T_u < \frac{\phi \sqrt{f_c}}{12} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$T_u < \frac{0,75 \sqrt{22}}{12} \left( \frac{105000^2}{1300} \right) \cdot 10^{-6}$$

0,19 Kn.m < 2,486 Kn.m (Maka Torsi dapat diabaikan).

### 5.1.2 Balok Lantai 2

#### a. Balok induk (40 cm x 45 cm)

Data Perencanaan

Mu Lapangan (Batang 116)	= 51,84 Kg.m
Mu Tumpuan (Batang 116)	= 15799,12 Kg.m
Gaya geser (Vu)	= 3859,59 Kg
Momen Torsi (Tu)	= 90,13 kg.m
Mutu beton (fc)	= 22 Mpa = 220 Kg/cm
Mutu baja (fy)	= 360 Mpa = 3600 Kg/cm
Selimut beton (d')	= 50 mm = 5 cm
Tinggi balok	= 500 mm = 50 cm
Lebar balok	= 400 mm = 40 cm
Untuk fc < 30 Mpa β <sub>1</sub>	= 0,85
-(untuk balok)	= 0,8
-(untuk tulangan geser)	= 0,75
Tebal Pelat (hf)	= 120 mm
Bentang Balok (Lo)	= 4000 mm
Jarak Bersih dari Balok-balok (Bo)	= 4000 mm

#### Batasan Penulangan

$$p_{min} = 1,4/f_y = 1,4/360 = 0,0038$$

$$p_{balance} = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + F_y} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 0,85 \times 22}{360} \left( \frac{600}{600 + 360} \right)$$

$$= 0,0442 \times 0,625$$

$$= 0,0276$$

$$\begin{aligned}
 p_{\max} &= 0,75^4 \times p_{\text{balance}} \\
 &= 0,75 \times 0,0276 \\
 &= 0,0207
 \end{aligned}$$

### Lebar Efektif Balok (Be)

$$Be_1 = 1/12 \cdot L_o = 1/12 \cdot 4000 = 333,333 \text{ mm}$$

$$Be_2 = 6 \cdot hf = 6 \cdot 120 = 720 \text{ mm}$$

$$Be_3 = 1/2 \cdot B_o = 1/2 \cdot 4000 = 2000 \text{ mm}$$

### Cek apakah Balok L atau Balok L persegi

Diasumsikan bahwa  $a = hf = 120 \text{ mm}$  ; lebar :  $be = 333,33$  (terkecil)

$$\begin{aligned}
 d \text{ Efektif} &= \text{Tinggi Balok} - \text{Selimut Beton} \\
 &= 500 - 50 \\
 &= 450 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

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

$$\phi = 0,8$$

$$\begin{aligned}
 MR 1 &= \phi \cdot C \cdot Z \\
 &= 0,8 \times 0,85 \times f_c' \times a \times be \times (d - 1/2 a) \\
 &= 0,8 \times 0,85 \times 22 \times 120 \times 333,33 \times (450 - (0,5 \times 120)) \cdot 10^{-4} \\
 &= 23337,37 \text{ Kg.m} \\
 &= 23337,37 \text{ Kg.m} > MuL = 51,84 \text{ Kg.m} \quad \square \text{ Balok L} \\
 &\quad \text{(persegi)}
 \end{aligned}$$

Diasumsikan bahwa  $a = hf = 120 \text{ mm}$  ; lebar :  $bw = 400 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 MR 2 &= \phi \cdot C \cdot Z \\
 &= 0,8 \times 0,85 \times f_c' \times a \times bw \times (d - 1/2 a)
 \end{aligned}$$



$$= 0,8 \times 0,85 \times 22 \times 120 \times 400 \times (450 - (0,5 \times 120)) \cdot 10^{-4}$$

$$= 28005,12 \text{ Kg.m}$$

$$= 28005,12 \text{ Kg.m} > \text{MuL} = 51,84 \text{ Kg.m} \square \text{ Balok L (persegi)}$$

### LAPANGAN

$$m = \frac{F_y}{0,85 \times F_c}$$

$$= \frac{360}{0,85 \times 22} = 19,251$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{51,84 \cdot 10^4}{0,8 \times 400 \times 450^2} = 0,008 \text{ Mpa}$$

$$q_{\text{Hitung}} = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{19,251} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,251 \times 0,008}{360}} \right) = 0,000022227$$

$$q_{\text{Hitung}} = 0,000022227 < q_{\text{Min}} = 0,0038$$

$$q_{\text{Hitung}} = 0,000022227 < q_{\text{Max}} = 0,0207$$

$$A_s = q \times b \times d \text{ efektif}$$

$$= 0,0038 \times 400 \times 450$$

$$= 684 \text{ mm}^2 = 6,84 \text{ cm}^2$$

Memakai tulangan utama D22

$$A_{-D22} = \frac{1}{4} \times 3,14 \times (22)^2$$

$$= 379,94 \text{ mm}^2$$

$$n = 684/379,94$$

$$= 1,80028 \rightarrow 2 \text{ Buah}$$

Jadi tulangan utama bawah yang digunakan pada daerah Lapangan balok adalah 2D22, dengan menggunakan besi Ulir.

$$\begin{aligned} A_s' &= \frac{\rho_{\text{hitung}}}{\rho_{\text{Max}}} A_s \\ &= \frac{0,0038}{0,0207} \times 684 \\ &= 125,57 \text{ mm}^2 \square 1,2557 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Memakai tulangan D22

$$\begin{aligned} A\text{-D22} &= \frac{4}{4} \times 3,14 \times (22)^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2 \\ n &= 125,57/379,94 \\ &= 0,33 \rightarrow 2 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Jadi tulangan utama atas yang digunakan pada daerah Lapangan balok adalah 2D22, dengan menggunakan besi Ulir.

Kontrol Tulangan : (Jumlah Tul x □Tulangan) + (Jum. Jarak x Luas Antar Tul.) + (2 x Selimut Beton) < Lebar Balok

$$\text{Kontrol : } (2 \times 22) + (1 \times 30) + (2 \times 50) < 400$$

$$\text{Kontrol : } 174 \text{ mm} < 400 \text{ mm} \dots \dots \dots (\text{ OKE } )$$

#### TUMPUAN

$$\begin{aligned} m &= \frac{F_y}{0,85 \times F_c} \\ &= \frac{360}{0,85 \times 22} = 19,251 \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{15799,12 \cdot 10^4}{0,8 \times 400 \times 450^2} = 2,438 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{\text{Hitung}} = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{19,251} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,251 \times 2,438}{360}}\right)$$

$$= 0,0073$$

$$q \text{ Hitung} = 0,0073 > q \text{ Min} = 0,0038$$

$$q \text{ Hitung} = 0,0073 < q \text{ Max} = 0,0207$$

$$As = q \times b \times d \text{ efektif}$$

$$= 0,0073 \times 400 \times 450$$

$$= 1314 \text{ mm}^2$$

$$= 13,14 \text{ cm}^2$$

Memakai tulangan utama D22

$$A-D22 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times (22)^2$$

$$= 379,94 \text{ mm}^2$$

$$n = 1314/379,94$$

$$= 3,458 \rightarrow 4 \text{ Buah}$$

Jadi tulangan utama bawah yang digunakan pada daerah Tumpuan balok adalah 4D22, dengan menggunakan besi Ulir.

$$As' = \frac{\rho \text{ hitung}}{\rho \text{ Max}} As$$

$$= \frac{0,0073}{0,0207} \times 1314$$

$$= 463,39 \text{ mm}^2 \square 4,6339 \text{ cm}^2$$

Memakai tulangan D22

$$A-D22 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times (22)^2$$

$$= 379,94 \text{ mm}^2$$

$$n = 463,39/379,94$$

$$= 1,23 \rightarrow 2 \text{ Buah}$$

Jadi tulangan utama atas yang digunakan pada daerah Tumpuan balok adalah 2D22, dengan menggunakan besi Ulir.

Kontrol Tulangan : (Jumlah Tul x □Tulangan) + (Jum. Jarak x

Luas Antar Tul.) + (2 x Selimut Beton) < Lebar Balok

$$\text{Kontrol : } (4 \times 22) + (3 \times 10) + (2 \times 50) < 400$$

$$\text{Kontrol : } 218 \text{ mm} < 400 \text{ mm} \dots \dots \dots (\text{ OKE } )$$

### PERENCANAAN TULANGAN GESER

**Balok Induk 40 x 50 cm**

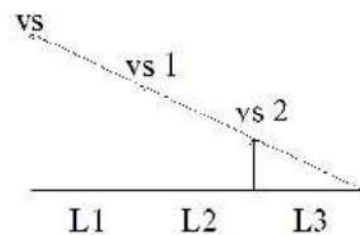
$$V_u = 3859,59 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{F'_c} \cdot b_w \cdot d \\ &= \frac{1}{6} \times \sqrt{220} \cdot 40 \cdot 45 \\ &= 4449,72 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &= \frac{V_u}{\phi} \\ &= \frac{3859,59}{0,75} = 5146,12 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$= 5146,12 \text{ kg} > V_c = 4449,72 \text{ kg} \text{ (Perlu Tulangan Geser)}$$

**Gaya gaya geser yang ditanggung tulangan**



$$L = \frac{1}{2} \times \text{Bentang}$$

$$= \frac{1}{2} \times 400$$

$$= 200 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 V_s &= V_n - V_c \\
 &= 5146,12 - 4449,72 \\
 &= 696,4 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{s1} &= V_s \times (L1 : \text{Bentang}) \\
 &= 696,4 \times (133,333 : 200) \\
 &= 464,27 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{s2} &= V_{s1} \times (L2 : \text{Bentang}) \\
 &= 464,27 \times (66,667 : 200) \\
 &= 154,78 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

#### 1 Menghitung jarak tulangan sengkang

$$d = 45 \text{ cm}$$

$$f_y = 360 \text{ mpa} = 3600 \text{ kg / cm}^2$$

digunakan diameter sengkang  $\emptyset 6$

$$\begin{aligned}
 A_v &= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\
 &= 2 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 6^2 \\
 &= 56,52 \text{ mm}^2 = 0,565 \text{ cm}^2 \text{ (2 kaki)}
 \end{aligned}$$

di pakai sebagai Tulangan geser minimum

$$\begin{aligned}
 S1 &= \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} \\
 &= \frac{0,5652 \times 3600 \times 45}{696,4} = 131,48 \text{ cm} \rightarrow 10 \text{ cm } (\emptyset 6)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S2 &= \frac{A_v \times f_y \times d}{V_{s1}} \\
 &= \frac{0,5652 \times 3600 \times 45}{464,24} = 197,23 \text{ cm} \rightarrow 15 \text{ cm } (\emptyset 6)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S3 &= \frac{A_v \times f_y \times d}{V_{s2}} \\
 &= \frac{0,5652 \times 3600 \times 45}{154,78} = 591,56 \text{ cm} \rightarrow 20 \text{ cm } (\emptyset 6)
 \end{aligned}$$

### PERENCANAAN TULANGAN TORSI

$$\begin{aligned} T_u &= 90,13 \text{ kg.m} = 0,884 \text{ Kn.m} \\ V_c &= 4449,72 \text{ Kg} \\ V_u &= 3859,59 \text{ Kg} \\ \emptyset \text{ Sengkang} &= 6 \text{ mm} \end{aligned}$$

#### 1. Momen Torsi Berfaktor

$$T_n \text{ Perlu} = \frac{T_u}{\phi} = \frac{0,884}{0,75} = 1,179 \text{ Kn.m}$$

Luas Luar Penampang Beton :

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b \times h \\ &= 400 \times 500 \\ &= 200000 \end{aligned}$$

Keliling Luar Penampang Beton :

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2(b + h) \\ &= 2(400 + 500) \\ &= 1800 \end{aligned}$$

Pengaruh Torsi di abaikan apabila  $T_u$  kurang dari :

$$T_u < \frac{\phi \sqrt{f_c}}{12} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$T_u < \frac{0,75 \sqrt{22}}{12} \left( \frac{200000^2}{1800} \right) \cdot 10^{-6}$$

$0,884 \text{ Kn.m} < 6,514 \text{ Kn.m}$  (Maka Torsi di abaikan).

#### 7 b. Balok Anak (30 cm x 35 cm)

Data Perencanaan

Mu Lapangan (Batang 187)	= 36,41 Kg.m	
Mu Tumpuan (Batang 187)	= 3988,31 Kg.m	
Gaya geser ( $V_u$ )	= 188,58 Kg	
Momen Torsi ( $T_u$ )	= 25,31 kg.m	
Mutu beton ( $f_c$ )	= 22 Mpa	= 220 Kg/cm
Mutu baja ( $f_y$ )	= 360 Mpa	= 3600 Kg/cm
Selimum beton ( $d'$ )	= 50 mm	= 5 cm

Tinggi balok	= 350 mm	= 35 cm
Lebar balok	= 300 mm	= 30 cm
1 Untuk $f_c < 30 \text{ Mpa } \beta_1$	= 0,85	
- (untuk balok)	= 0,8	
- (untuk tulangan geser)	= 0,75	
Tebal Pelat (hf)	= 120 mm	
Bentang Balok ( $L_o$ )	= 4000 mm	
Jarak Bersih dari Balok-balok ( $B_o$ )	= 4000 mm	

#### Batasan Penulangan

$$\begin{aligned}
 p_{\min} &= 1,4/f_y = 1,4/360 = 0,0038 \\
 p_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + F_y} \right) \\
 &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 22}{360} \left( \frac{600}{600 + 360} \right) \\
 &= 0,0442 \times 0,625 \\
 &= 0,0276 \\
 p_{\max} &= 0,75 \times p_{\text{balance}} \\
 &= 0,75 \times 0,0276 \\
 &= 0,0207
 \end{aligned}$$

#### Lebar Efektif Balok ( $B_e$ )

$$\begin{aligned}
 B_{e_1} &= 1/4 \cdot L_o = 1/4 \cdot 4000 = 1000 \text{ mm} \\
 B_{e_2} &= 8 \cdot hf = 8 \cdot 120 = 960 \text{ mm} \\
 B_{e_3} &= 1/2 \cdot B_o = 1/2 \cdot 4000 = 2000 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

#### Cek apakah Balok T atau Balok T persegi

Diasumsikan bahwa  $a = hf = 120 \text{ mm}$  ; lebar :  $b_e = 960$  (terkecil)

$$\begin{aligned}
 d \text{ Efektif} &= \text{Tinggi Balok} - \text{Selimut Beton} \\
 &= 350 - 50 \\
 &= 300 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



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

$$\phi = 0,8$$

$$\begin{aligned} \text{MR 1} &= \phi C \cdot Z \\ &= 0,8 \times 0,85 \times f_c' \times a \times b_e \times (d - \frac{1}{2} a) \\ &= 0,8 \times 0,85 \times 22 \times 120 \times 960 \times (300 - (0,5 \times 120)) \cdot 10^{-4} \\ &= 41361,408 \text{ Kg.m} \\ &= 41361,408 \text{ Kg.m} > \text{MuL} = 36,41 \text{ Kg.m} \square \text{Balok T} \\ &\quad \text{(persegi)} \end{aligned}$$

Diasumsikan bahwa  $a = hf = 120 \text{ mm}$  ;  $l_{\text{cbar}} : bw = 300$

$$\begin{aligned} \text{MR 2} &= \phi C \cdot Z \\ &= 0,8 \times 0,85 \times f_c' \times a \times bw \times (d - \frac{1}{2} a) \\ &= 0,8 \times 0,85 \times 22 \times 120 \times 300 \times (300 - (0,5 \times 120)) \cdot 10^{-4} \\ &= 12925,44 \text{ Kg.m} \\ &= 12925,44 \text{ Kg.m} > \text{MuL} = 36,41 \text{ Kg.m} \square \text{Balok T} \\ &\quad \text{(persegi)} \end{aligned}$$

#### LAPANGAN

$$\begin{aligned} m &= \frac{F_y}{0,85 \times F_c} \\ &= \frac{360}{0,85 \times 22} = 19,251 \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{36,41 \cdot 10^4}{0,8 \times 300 \times 300^2} = 0,0169 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} q_{\text{Hitung}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}}\right) \\ &= \frac{1}{19,251} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,251 \times 0,0169}{360}}\right) \\ &= 0,000047 \end{aligned}$$

$$q_{\text{Hitung}} = 0,000047 > q_{\text{Min}} = 0,0038$$

$$q_{\text{Hitung}} = 0,000047 < q_{\text{Max}} = 0,0207$$

$$\begin{aligned} A_s &= q \times b \times d \text{ efektif} \\ &= 0,0038 \times 300 \times 300 \\ &= 342 \text{ mm}^2 \\ &= 3,42 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Memakai tulangan Utama D22

$$\begin{aligned} A_{-D22} &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= 342 / 379,94 \\ &= 0,9 \rightarrow 2 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Jadi tulangan utama bawah yang digunakan pada daerah Lapangan balok adalah 2D22, dengan menggunakan besi Ulir.

$$\begin{aligned} A_s' &= \frac{\rho_{\text{hitung}}}{\rho_{\text{Max}}} A_s \\ &= \frac{0,0038}{0,0207} \times 342 \\ &= 62,78 \text{ mm}^2 \square 0,6278 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Memakai tulangan D22

$$A-D22 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2$$

$$= 379,94 \text{ mm}^2$$

$$n = 62,78/379,94$$

$$= 0,33 \rightarrow 2 \text{ Buah}$$

Jadi tulangan utama atas yang digunakan pada daerah Lapangan balok adalah 2D22, dengan menggunakan besi Ulir.

Kontrol Tulangan : (Jumlah Tul x  $\square$ Tulangan) + (Jum. Jarak x Luas Antar Tul.) + (2 x Selimut Beton) < Lebar Balok

$$\text{Kontrol} : (2 \times 22) + (1 \times 20) + (2 \times 50) < 300$$

$$\text{Kontrol} : 164 \text{ mm} < 300 \text{ mm} \dots \dots \dots (\text{OKE})$$

#### TUMPUAN

$$m = \frac{F_y}{0,85 \times F_c}$$

$$= \frac{360}{0,85 \times 22} = 19,251$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{3988,31 \cdot 10^4}{0,8 \times 300 \times 300^2} = 1,85 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{\text{Hitung}} = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{19,251} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,251 \times 1,85}{360}} \right)$$

$$= 0,0054$$

$$\rho_{\text{Hitung}} = 0,0054 > \rho_{\text{Min}} = 0,0038$$

$$q \text{ Hitung} = 0,0054 < q \text{ Max} = 0,0207$$

$$\begin{aligned} A_s &= q \times b \times d \text{ efektif} \\ &= 0,0054 \times 300 \times 300 \\ &= 486 \text{ mm}^2 \\ &= 4,86 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Memakai tulangan Utama D22

$$\begin{aligned} A\text{-D22} &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= 486/379,94 \\ &= 1,28 \rightarrow 2 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Jadi tulangan utama bawah yang digunakan pada daerah Tumpuan balok adalah 2D22, dengan menggunakan besi Ulir.

$$\begin{aligned} A_s' &= \frac{\rho \text{ hitung}}{\rho \text{ Max}} A_s \\ &= \frac{0,0054}{0,0207} \times 486 \\ &= 126,78 \text{ mm}^2 \square 1,2678 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Memakai tulangan Utama D22

$$\begin{aligned} A\text{-D22} &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= 126,78/379,94 \\ &= 0,003 \rightarrow 2 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Jadi tulangan utama atas yang digunakan pada daerah Tumpuan balok adalah 2D22, dengan menggunakan besi Ulir.

Kontrol Tulangan : (Jumlah Tul x □Tulangan) + (Jum. Jarak x Luas Antar Tul.) + (2 x Selimut Beton) < Lebar Balok

Kontrol : (2 x 22) + (1 x 20) + (2 x 50) < 300

Kontrol : 164 mm < 300 mm.....( OKE )

### PERENCANAAN TULANGAN GESER

**Balok Anak 30 cm x 35 cm**

$$V_u = 188,58 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{F'_c} \cdot b_w \cdot d \\ &= \frac{1}{6} \times \sqrt{220} \cdot 30 \cdot 30 \\ &= 2224,86 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &= \frac{V_u}{\phi} \\ &= \frac{188,58}{0,75} = 251,44 \text{ kg} \end{aligned}$$

= 251,44Kg < Vc = 2224,86 kg (*Tidak Perlu Tulangan Geser*)

### PERENCANAAN TULANGAN TORSI

$$T_u = 25,31 \text{ kg.m} = 0,248 \text{ Kn.m}$$

$$V_c = 2224,86 \text{ Kg}$$

$$V_u = 188,58 \text{ Kg}$$

$$\emptyset \text{ Sengkang} = 6 \text{ mm}$$

#### 1. Momen Torsi Berfaktor

$$T_n \text{ Perlu} = \frac{T_u}{\phi} = \frac{0,248}{0,75} = 0,331 \text{ Kn.m}$$

Luas Luar Penampang Beton :

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b \times h \\ &= 300 \times 350 \\ &= 105000 \end{aligned}$$

Keliling Luar <sup>4</sup> Penampang Beton :

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2(b \times h) \\ &= 2(300 + 350) \\ &= 1300 \end{aligned}$$

Pengaruh Torsi di abaikan apabila  $T_u$  kurang dari :

$$T_u < \frac{\phi \sqrt{f_c}}{12} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$T_u < \frac{0,75 \sqrt{22}}{12} \left( \frac{102000^2}{1300} \right) \cdot 10^{-6}$$

0,248 Kn.m < 2,486 Kn.m (Maka Torsi di abaikan).

### 5.1.3 Balok lantai 3

#### a. Balok induk (40 cm x 50 cm)

Data Perencanaan

Mu Lapangan (Batang 218)	= 107,62 Kg.m
Mu Tumpuan (Batang 218)	= 13104,73 Kg.m
Gaya geser ( $V_u$ )	= 2359,52 Kg
Momen Torsi ( $T_u$ )	= 81,3 kg.m
<sup>2</sup> Mutu beton ( $f_c$ )	= 22 Mpa = 220 Kg/cm
Mutu baja ( $f_y$ )	= 360 Mpa = 3600 Kg/cm
Selimut beton ( $d'$ )	= 50 mm = 5 cm
Tinggi balok	= 500 mm = 50 cm
Lebar balok	= 400 mm = 40 cm
<sup>1</sup> Untuk $f_c < 30$ Mpa $\beta_1$	= 0,85
- (untuk balok)	= 0,8
- (untuk tulangan geser)	= 0,75
Tebal Pelat ( $h_f$ )	= 120 mm
Bentang Balok ( $L_o$ )	= 4000 mm
Jarak Bersih dari Balok-balok ( $B_o$ )	= 4000 mm

#### Batasan Penulangan

$$p_{min} = 1,4/f_y = 1,4/360 = 0,0038$$

$$p_{balance} = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + F_y} \right)$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 22}{360} \left( \frac{600}{600 + 360} \right) \\
 &= 0,0442 \times 0,625 \\
 &= 0,0276 \\
 P_{\max} &= 0,75 \times P_{\text{balance}} \\
 &= 0,75 \times 0,0276 \\
 &= 0,0207
 \end{aligned}$$

#### Lebar Efektif Balok (Be)

$$Be_1 = 1/12 \cdot L_o = 1/12 \cdot 4000 = 333,333 \text{ mm}$$

$$Be_2 = 6 \cdot hf = 6 \cdot 120 = 720 \text{ mm}$$

$$Be_3 = 1/2 \cdot B_o = 1/2 \cdot 4000 = 2000 \text{ mm}$$

#### Cek apakah Balok L atau Balok L persegi

Diasumsikan bahwa  $a = hf = 120 \text{ mm}$  ; lebar :  $be = 333,33$   
(terkecil)

$$\begin{aligned}
 d \text{ Efektif} &= \text{Tinggi Balok} - \text{Selimut Beton} \\
 &= 500 - 50 \\
 &= 450 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

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

$$\phi = 0,8$$

$$\begin{aligned}
 MR_1 &= \phi \cdot C \cdot Z \\
 &= 0,8 \times 0,85 \times f_c' \times a \times be \times (d - 1/2 a) \\
 &= 0,8 \times 0,85 \times 22 \times 120 \times 333,33 \times (450 - (0,5 \times 120)) \cdot 10^{-4} \\
 &= 23337,37 \text{ Kg.m} \\
 &= 23337,37 \text{ Kg.m} > MuL = 107,62 \text{ Kg.m} \quad \square \text{ Balok L} \\
 &\text{(persegi)}
 \end{aligned}$$

Diasumsikan bahwa  $a = hf = 120 \text{ mm}$  ; lebar :  $bw = 400$

$$\begin{aligned}
 MR_2 &= \phi \cdot C \cdot Z \\
 &= 0,8 \times 0,85 \times f_c' \times a \times bw \times (d - 1/2 a) \\
 &= 0,8 \times 0,85 \times 22 \times 120 \times 400 \times (450 - (0,5 \times 120)) \cdot 10^{-4} \\
 &= 28005,12 \text{ Kg.m}
 \end{aligned}$$



$$= 28005,12 \text{ Kg.m} > \text{MuL} = 107,62 \text{ Kg.m} \square \text{ Balok L}$$

(persegi)

### LAPANGAN

$$m = \frac{F_y}{0,85 \times F_c}$$

$$= \frac{360}{0,85 \times 22} = 19,251$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{107,62 \cdot 10^4}{0,8 \times 400 \times 450^2} = 0,017 \text{ Mpa}$$

$$q_{\text{Hitung}} = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{19,251} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,251 \times 0,017}{360}} \right) = 0,000047$$

$$q_{\text{Hitung}} = 0,000047 < q_{\text{Min}} = 0,0038$$

$$q_{\text{Hitung}} = 0,000047 < q_{\text{Max}} = 0,0207$$

$$A_s = q \times b \times d \text{ efektif}$$

$$= 0,0038 \times 400 \times 450$$

$$= 684 \text{ mm}^2 = 6,84 \text{ cm}^2$$

Memakai tulangan utama D22

$$A_{-D22} = \frac{1}{4} \times 3,14 \times (22)^2$$

$$= 379,94 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{684}{379,94}$$

$$= 1,80028 \rightarrow 2 \text{ Buah}$$

Jadi tulangan utama bawah yang digunakan pada daerah Lapangan balok adalah 2D22, dengan menggunakan besi Ulir.

$$A_s' = \frac{\rho_{\text{hitung}}}{\rho_{\text{Max}}} A_s$$

$$= \frac{0,0038}{0,0207} \times 684$$

$$= 125,57 \text{ mm}^2 \square 1,2557 \text{ cm}^2$$

Memakai tulangan D22

$$A-D22 = \frac{4}{4} \times 3,14 \times (22)^2$$

$$= 379,94 \text{ mm}^2$$

$$n = 125,57 / 379,94$$

$$= 0,33 \rightarrow 2 \text{ Buah}$$

Jadi tulangan utama atas yang digunakan pada daerah Lapangan balok adalah 2D22, dengan menggunakan besi Ulir.

Kontrol Tulangan : (Jumlah Tul x □Tulangan) + (Jum. Jarak x Luas Antar Tul.) + (2 x Selimut Beton) < Lebar Balok

$$\text{Kontrol} : (2 \times 22) + (1 \times 30) + (2 \times 50) < 400$$

$$\text{Kontrol} : 174 \text{ mm} < 400 \text{ mm} \dots \dots \dots (\text{OKE})$$

#### TUMPUAN

$$m = \frac{F_y}{0,85 \times F_c}$$

$$= \frac{360}{0,85 \times 22} = 19,251$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{13104,73 \cdot 10^4}{0,8 \times 400 \times 450^2} = 2,022 \text{ Mpa}$$

$$q \text{ Hitung} = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{19,251} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,251 \times 2,022}{360}} \right)$$

$$= 0,00596$$

$$q \text{ Hitung} = 0,00596 > q \text{ Min} = 0,0038$$

$$q_{\text{Hitung}} = 0,00596 < q_{\text{Max}} = 0,0207$$

$$\begin{aligned} A_s &= q \times b \times d \text{ efektif} \\ &= 0,00596 \times 400 \times 450 \\ &= 1072,8 \text{ mm}^2 \\ &= 10,728 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Memakai tulangan Utama D22

$$\begin{aligned} A\text{-D22} &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= 1072,8 / 379,94 \\ &= 2,824 \rightarrow 3 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Jadi tulangan utama bawah yang digunakan pada daerah Tumpuan balok adalah 3D22, dengan menggunakan besi Ulir.

$$\begin{aligned} A_s' &= \frac{\rho_{\text{hitung}}}{\rho_{\text{Max}}} A_s \\ &= \frac{0,00596}{0,0207} \times 1072,8 \\ &= 308,88 \text{ mm}^2 \square 3,0888 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Memakai tulangan Utama D22

$$\begin{aligned} A\text{-D22} &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= 308,88 / 379,94 \\ &= 0,812 \rightarrow 2 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Jadi tulangan utama atas yang digunakan pada daerah Tumpuan balok adalah 2D22, dengan menggunakan besi Ulir.

Kontrol Tulangan : (Jumlah Tul x □Tulangan) + (Jum. Jarak x Luas Antar Tul.) + (2 x Selimut Beton) < Lebar Balok

$$\text{Kontrol : } (3 \times 22) + (2 \times 15) + (2 \times 50) < 400$$

$$\text{Kontrol : } 196 \text{ mm} < 400 \text{ mm} \dots\dots\dots (\text{OKE})$$

### PERENCANAAN TULANGAN GESER

#### Balok Induk 40 cm x 50 cm

$$V_u = 2359,52 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{F'_c} \cdot b_w \cdot d \\ &= \frac{1}{6} \times \sqrt{220} \cdot 40 \cdot 45 \\ &= 4449,72 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &= \frac{V_u}{\phi} \\ &= \frac{2359,52}{0,75} = 3188,54 \text{ kg} \\ &= 3188,54 < V_c = 4449,72 \text{ kg} \text{ (Tidak Perlu Tulangan Geser)} \end{aligned}$$

### PERENCANAAN TULANGAN TORSI

$$T_u = 81,3 \text{ kg.m} = 0,797 \text{ Kn.m}$$

$$V_c = 4449,72 \text{ Kg}$$

$$V_u = 2359,52 \text{ Kg}$$

$$\emptyset \text{ Sengkang} = 6 \text{ mm}$$

#### 1. Momen Torsi Berfaktor

$$T_n \text{ Perlu} = \frac{T_u}{\phi} = \frac{0,797}{0,75} = 1,062 \text{ Kn.m}$$

Luas Luar Penampang Beton :

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b \times h \\ &= 400 \times 500 \\ &= 200000 \end{aligned}$$

Keliling Luar Penampang Beton :

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 (b \times h) \\ &= 2(400 + 500) \\ &= 1800 \end{aligned}$$

Pengaruh Torsi di abaikan apabila  $T_u$  kurang dari :

$$T_u < \frac{\phi \sqrt{f_c}}{12} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$T_u < \frac{0,75 \sqrt{22}}{12} \left( \frac{200000^2}{1800} \right) \cdot 10^{-6}$$

0,797 Kn.m < 6,514 Kn.m (Maka Torsi di abaikan).

**7 b. Balok Anak (30 cm x 35 cm)**

Data Perencanaan

Mu Lapangan (Batang 614)	= 39,51 Kg.m
Mu Tumpuan (Batang 614)	= 3944,33 Kg.m
Gaya geser ( $V_u$ )	= 471,56 Kg
Momen Torsi ( $T_u$ )	= 221,95 kg.m
<b>2</b> Mutu beton ( $f_c$ )	= 22 Mpa = 220 Kg/cm
Mutu baja ( $f_y$ )	= 360 Mpa = 3600 Kg/cm
Selimit beton ( $d'$ )	= 50 mm = 5 cm
Tinggi balok	= 350 mm = 35 cm
Lebar balok	= 300 mm = 30 cm
<b>1</b> Untuk $f_c < 30$ Mpa $\beta_1$	= 0,85
- (untuk balok)	= 0,8
- (untuk tulangan geser)	= 0,75
Tebal Pelat ( $h_f$ )	= 120 mm
Bentang Balok ( $L_o$ )	= 4000 mm
Jarak Bersih dari Balok-balok ( $B_o$ )	= 4000 mm

**Batasan Penulangan**

$$\text{4 } P_{min} = 1,4/f_y = 1,4/360 = 0,0038$$

$$P_{balance} = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + F_y} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 0,85 \times 22}{360} \left( \frac{600}{600 + 360} \right)$$

$$= 0,0442 \times 0,625$$

$$= 0,0276$$

$$p_{\max} = 0,75 \times p_{\text{balance}}$$

$$= 0,75 \times 0,0276$$

$$= 0,0207$$

#### Lebar Efektif Balok (Be)

$$Be_1 = 1/4 \cdot Lo = 1/4 \cdot 4000 = 1000 \text{ mm}$$

$$Be_2 = 8 \cdot hf = 8 \cdot 120 = 960 \text{ mm}$$

$$Be_3 = 1/2 \cdot Bo = 1/2 \cdot 4000 = 2000 \text{ mm}$$

#### Cek apakah Balok L atau Balok T persegi

Diasumsikan bahwa  $a = hf = 120 \text{ mm}$  ; lebar :  $be = 960$  (terkecil)

d Efektif = Tinggi Balok – Selimut Beton

$$= 350 - 50$$

$$= 300 \text{ mm}$$

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

$$\phi = 0,8$$

$$MR 1 = \phi \cdot C \cdot Z$$

$$= 0,8 \times 0,85 \times f_c' \times a \times be \times (d - 1/2 a)$$

$$= 0,8 \times 0,85 \times 22 \times 120 \times 960 \times (300 - (0,5 \times 120)) \cdot 10^{-4}$$

$$= 41361,408 \text{ Kg.m}$$

$$= 41361,408 \text{ Kg.m} > MuL = 39,51 \text{ Kg.m} \square \text{ Balok T (persegi)}$$

Diasumsikan bahwa  $a = hf = 120 \text{ mm}$  ; lebar :  $b_w = 300$

$$\begin{aligned}
 MR_2 &= \phi C . Z \\
 &= 0,8 \times 0,85 \times f_c' \times a \times b_w \times (d - \frac{1}{2} a) \\
 &= 0,8 \times 0,85 \times 22 \times 120 \times 300 \times (300 - (0,5 \times 120)) \cdot 10^{-4} \\
 &= 12925,44 \text{ Kg.m} \\
 &= 12925,44 \text{ Kg.m} > MuL = 39,51 \text{ Kg.m} \square \text{ Balok T (persegi)}
 \end{aligned}$$

### LAPANGAN

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{F_y}{0,85 \times F_c} \\
 &= \frac{360}{0,85 \times 22} = 19,251
 \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{39,51 \cdot 10^4}{0,8 \times 300 \times 300^2} = 0,018 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{Hitung}} &= \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{19,251} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,251 \times 0,018}{360}} \right) \\
 &= 0,00005
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{Hitung}} = 0,00005 < \rho_{\text{Min}} = 0,0038$$

$$\rho_{\text{Hitung}} = 0,00005 < \rho_{\text{Max}} = 0,0207$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \times b \times d \text{ efektif} \\
 &= 0,0038 \times 300 \times 300 \\
 &= 342 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$



$$= 3,42 \text{ cm}^2$$

Memakai tulangan Utama D22

$$A-D22 = \frac{30}{4} \times 3,14 \times 22^2$$

$$= 379,94 \text{ mm}^2$$

$$n = 342/379,94$$

$$= 0,9 \rightarrow 2 \text{ Buah}$$

Jadi tulangan utama bawah yang digunakan pada daerah Lapangan balok adalah 2D22, dengan menggunakan besi Ulir.

$$As' = \frac{\rho \text{ hitung}}{\rho \text{ Max}} As$$

$$= \frac{0,0038}{0,0207} \times 342$$

$$= 62,78 \text{ mm}^2 \square 0,6278 \text{ cm}^2$$

Memakai tulangan D22

$$A-D22 = \frac{8}{4} \times 3,14 \times 22^2$$

$$= 379,94 \text{ mm}^2$$

$$n = 62,78/379,94$$

$$= 0,33 \rightarrow 2 \text{ Buah}$$

Jadi tulangan utama atas yang digunakan pada daerah Lapangan balok adalah 2D22, dengan menggunakan besi Ulir.

Kontrol Tulangan : (Jumlah Tul x □Tulangan) + (Jum. Jarak x Luas Antar Tul.) + (2 x Selimut Beton) < Lebar Balok

$$\text{Kontrol} : (2 \times 22) + (1 \times 20) + (2 \times 50) < 300$$

$$\text{Kontrol} : 164 \text{ mm} < 300 \text{ mm} \dots \dots \dots (\text{OKE})$$

**TUMPUAN**

$$m = \frac{F_y}{0,85 \times F_c}$$

$$= \frac{360}{0,85 \times 22} = 19,251$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{3944,33 \cdot 10^4}{0,8 \times 300 \times 300^2} = 1,826 \text{ Mpa}$$

$$q_{\text{Hitung}} = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{19,251} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,251 \times 1,826}{360}} \right)$$

$$= 0,0053$$

$$q_{\text{Hitung}} = 0,0053 > q_{\text{Min}} = 0,0038$$

$$q_{\text{Hitung}} = 0,0053 < q_{\text{Max}} = 0,0207$$

$$A_s = q \times b \times d \text{ efektif}$$

$$= 0,0053 \times 300 \times 300$$

$$= 477 \text{ mm}^2$$

$$= 4,77 \text{ cm}^2$$

Memakai tulangan Utama D22

$$A_{-D22} = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2$$

$$= 379,94 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{477}{379,94}$$

$$= 1,26 \rightarrow 2 \text{ Buah}$$

Jadi **tulangan** utama bawah yang digunakan pada daerah Tumpuan balok adalah 2D22, dengan menggunakan besi Ulir.

$$\begin{aligned} A_s' &= \frac{\rho_{\text{hitung}}}{\rho_{\text{Max}}} A_s \\ &= \frac{0,0053}{0,0207} \times 477 \\ &= 122,13 \text{ mm}^2 \square 1,2213 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Memakai tulangan Utama D22

$$\begin{aligned} AD22 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2 \\ n &= 122,13/379,94 \\ &= 0,321 \rightarrow 2 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Jadi **tulangan** utama atas yang digunakan pada daerah Tumpuan balok adalah 2D22, dengan menggunakan besi Ulir.

Kontrol Tulangan : (Jumlah Tul x □Tulangan) + (Jum. Jarak x

Luas Antar Tul.) + (2 x Selimut Beton) < Lebar Balok

Kontrol : (2 x 22) + (1 x 20) + (2 x 50) < 300

Kontrol : 166 mm < 300 mm.....( OKE )

### **PERENCANAAN TULANGAN GESER**

**Balok Anak 30 cm x 35 cm**

$$\begin{aligned} V_u &= 471,56 \text{ Kg} \\ V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{F_c} \cdot b_w \cdot d \\ &= 1/6 \times \sqrt{220} \cdot 30 \cdot 30 \\ &= 2224,86 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_n &= \frac{V_u}{\phi} \\
 &= \frac{471,56}{0,75} = 628,746 \text{ kg} \\
 &= 628,746 \text{ Kg} < V_c = 2224,86 \text{ kg} \text{ (*Tidak Perlu Tulangan Geser*)}
 \end{aligned}$$

### PERENCANAAN TULANGAN TORSI

$$\begin{aligned}
 T_u &= 221,95 \text{ kg.m} = 2,18 \text{ Kn.m} \\
 V_c &= 2224,86 \text{ Kg} \\
 V_u &= 471,56 \text{ Kg} \\
 \emptyset \text{ Sengkang} &= 6 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

#### 1. Momen Torsi Berfaktor

$$T_n \text{ Perlu} = \frac{T_u}{\phi} = \frac{2,18}{0,75} = 2,906 \text{ Kn.m}$$

Luas Luar Penampang Beton :

$$\begin{aligned}
 A_{cp} &= b \times h \\
 &= 300 \times 350 \\
 &= 105000
 \end{aligned}$$

Keliling Luar Penampang Beton :

$$\begin{aligned}
 P_{cp} &= 2(b + h) \\
 &= 2(300 + 350) \\
 &= 1300
 \end{aligned}$$

Pengaruh Torsi di abaikan apabila  $T_u$  kurang dari :

$$\begin{aligned}
 T_u &< \frac{\phi \sqrt{f_c}}{12} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\
 T_u &< \frac{0,75 \sqrt{22}}{12} \left( \frac{105000^2}{1300} \right) \cdot 10^{-6}
 \end{aligned}$$

2,18 Kn.m < 2,486 Kn.m (Maka Torsi di abaikan).

### 5.1.4 Balok Lantai 4

#### a. Balok induk (40 cm x 50 cm)

Data Perencanaan

$$\text{Mu Lapangan (Batang 645)} = 2679,44 \text{ Kg.m}$$

$$\text{Mu Tumpuan (Batang 645)} = 6984,92 \text{ Kg.m}$$

$$\text{Gaya geser (Vu)} = 554,33 \text{ Kg}$$

$$\text{Momen Torsi (Tu)} = 132,94 \text{ kg.m}$$

$$\text{Mutu beton (fc)} = 22 \text{ Mpa} = 220 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Mutu baja (fy)} = 360 \text{ Mpa} = 3600 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Selimut beton (d')} = 50 \text{ mm} = 5 \text{ cm}$$

$$\text{Tinggi balok} = 500 \text{ mm} = 50 \text{ cm}$$

$$\text{Lebar balok} = 400 \text{ mm} = 40 \text{ cm}$$

$$\text{Untuk } fc < 30 \text{ Mpa } \beta_1 = 0,85$$

$$\text{-(untuk balok)} = 0,8$$

$$\text{-(untuk tulangan geser)} = 0,75$$

$$\text{Tebal Pelat (hf)} = 120 \text{ mm}$$

$$\text{Bentang Balok (Lo)} = 4000 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak Bersih dari Balok-balok (Bo)} = 4000 \text{ mm}$$

#### Batasan Penulangan

$$p_{\min} = 1,4/fy = 1,4/360 = 0,0038$$

$$p_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times \beta_1 \times fc'}{fy} \left( \frac{600}{600 + Fy} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 0,85 \times 22}{360} \left( \frac{600}{600 + 360} \right)$$

$$= 0,0442 \times 0,625$$

$$= 0,0276$$

$$p_{\max} = 0,75 \times p_{\text{balance}}$$

$$= 0,75 \times 0,0276$$

$$= 0,0207$$

#### Lebar Efektif Balok (Be)

$$Be_1 = 1/12 \cdot Lo = 1/12 \cdot 4000 = 333,333 \text{ mm}$$

$$Be_2 = 6 \cdot hf = 6 \cdot 120 = 720 \text{ mm}$$

$$Be_3 = \frac{1}{2} \cdot Bo = \frac{1}{2} \cdot 4000 = 2000 \text{ mm}$$

### Cek apakah Balok T atau Balok L persegi

Diasumsikan bahwa  $a = hf = 120 \text{ mm}$  ; lebar :  $be = 333,33$   
(terkecil)

$$\begin{aligned} d \text{ Efektif} &= \text{Tinggi Balok} - \text{Selimut Beton} \\ &= 500 - 50 \\ &= 450 \text{ mm} \end{aligned}$$

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

$$\square = 0,8$$

$$MR 1 = \square \cdot C \cdot Z$$

$$= 0,8 \times 0,85 \times f_c' \times a \times be \times (d - \frac{1}{2} a)$$

$$= 0,8 \times 0,85 \times 22 \times 120 \times 333,33 \times (450 - (0,5 \times 120)) \cdot 10^{-4}$$

$$= 23337,37 \text{ Kg.m}$$

$$= 23337,37 \text{ Kg.m} > MuL = 107,62 \text{ Kg.m} \square \text{ Balok L}$$

(persegi)

Diasumsikan bahwa  $a = hf = 120 \text{ mm}$  ; lebar :  $bw = 400$

$$MR 2 = \square \cdot C \cdot Z$$

$$= 0,8 \times 0,85 \times f_c' \times a \times bw \times (d - \frac{1}{2} a)$$

$$= 0,8 \times 0,85 \times 22 \times 120 \times 400 \times (450 - (0,5 \times 120)) \cdot 10^{-4}$$

$$= 28005,12 \text{ Kg.m}$$

$$= 28005,12 \text{ Kg.m} > MuL = 107,62 \text{ Kg.m} \square \text{ Balok L}$$

(persegi)

### LAPANGAN

$$m = \frac{F_y}{0,85 \times F_c}$$

$$= \frac{360}{0,85 \times 22} = 19,251$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{2679,44 \cdot 10^4}{0,8 \times 400 \times 450^2} = 0,413 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{Hitung}} &= \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right) \\ &= \frac{1}{19,251} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,251 \times 0,413}{360}} \right) = 0,0012 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{Hitung}} = 0,0012 < \rho_{\text{Min}} = 0,0038$$

$$\rho_{\text{Hitung}} = 0,0012 < \rho_{\text{Max}} = 0,0207$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \text{ efektif} \\ &= 0,0038 \times 400 \times 450 \\ &= 684 \text{ mm}^2 = 6,84 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Memakai tulangan utama D22

$$\begin{aligned} A_{-D22} &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (22)^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2 \\ n &= 684/379,94 \\ &= 1,80028 \rightarrow 2 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Jadi tulangan utama bawah yang digunakan pada daerah Lapangan balok adalah 2D22, dengan menggunakan besi Ulir.

$$\begin{aligned} A_s' &= \frac{\rho_{\text{hitung}}}{\rho_{\text{Max}}} A_s \\ &= \frac{0,0038}{0,0207} \times 684 \\ &= 125,57 \text{ mm}^2 \square 1,2557 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Memakai tulangan D22

$$\begin{aligned} A_{-D22} &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (22)^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2 \\ n &= 125,57/379,94 \\ &= 0,33 \rightarrow 2 \text{ Buah} \end{aligned}$$



Jadi tulangan utama atas yang digunakan pada daerah Lapangan balok adalah 2D22, dengan menggunakan besi Ulir.

Kontrol Tulangan : (Jumlah Tul x □Tulangan) + (Jum. Jarak x Luas Antar Tul.) + (2 x Selimut Beton) < Lebar Balok

Kontrol : (2 x 22) + (1 x 30) + (2 x 50) < 400

Kontrol : 174 mm < 400 mm.....( OKE )

### TUMPUAN

$$m = \frac{F_y}{0,85 \times F_c}$$

$$= \frac{360}{0,85 \times 22} = 19,251$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{6984,92 \cdot 10^4}{0,8 \times 400 \times 450^2} = 1,078 \text{ Mpa}$$

$$q_{\text{Hitung}} = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{19,251} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,251 \times 1,078}{360}} \right)$$

$$= 0,003$$

$$q_{\text{Hitung}} = 0,0031 < q_{\text{Min}} = 0,0038$$

$$q_{\text{Hitung}} = 0,0031 < q_{\text{Max}} = 0,0207$$

$$A_s = q \times b \times d \text{ efektif}$$

$$= 0,0038 \times 400 \times 450$$

$$= 684 \text{ mm}^2$$

$$= 6,84 \text{ cm}^2$$

Memakai tulangan utama D22

$$A-D22 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times (22)^2$$

$$= 379,94 \text{ mm}^2$$

$$n = 684 / 379,94$$

$$= 1,80028 \rightarrow 2 \text{ Buah}$$

Jadi tulangan utama bawah yang digunakan pada daerah Tumpuan balok adalah 2D22, dengan menggunakan besi Ulir.

$$As' = \frac{\rho_{\text{hitung}}}{\rho_{\text{Max}}} As$$

$$= \frac{0,0038}{0,0207} \times 684$$

$$= 125,57 \text{ mm}^2 \square 1,2557 \text{ cm}^2$$

Memakai tulangan D22

$$A-D22 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times (22)^2$$

$$= 379,94 \text{ mm}^2$$

$$n = 125,57 / 379,94$$

$$= 0,33 \rightarrow 2 \text{ Buah}$$

Jadi tulangan utama atas yang digunakan pada daerah Tumpuan balok adalah 2DØ22, dengan menggunakan besi Ulir.

Kontrol Tulangan : (Jumlah Tul x □Tulangan) + (Jum. Jarak x Luas Antar Tul.) + (2 x Selimut Beton) < Lebar Balok

$$\text{Kontrol : } (2 \times 22) + (1 \times 30) + (2 \times 50) < 400$$

$$\text{Kontrol : } 174 \text{ mm} < 400 \text{ mm} \dots \dots \dots (\text{ OKE } )$$

### **PERENCANAAN TULANGAN GESER**

#### **Balok Induk 40 cm x 50 cm**

$$Vu = 554,33 \text{ Kg}$$

$$Vc = \frac{1}{6} \times \sqrt{F'c} \cdot bw \cdot d$$

$$= 1/6 \times \sqrt{220} \cdot 40 \cdot 45$$

$$\begin{aligned}
 &= 4449,72 \text{ Kg} \\
 V_n &= \frac{V_u}{\phi} \\
 &= \frac{554,33}{0,75} = 739,106 \text{ kg} \\
 &= 739,106 < V_c = 4449,72 \text{ kg (Tidak Perlu Tulangan Geser)}
 \end{aligned}$$

### PERENCANAAN TULANGAN TORSI

$$\begin{aligned}
 T_u &= 132,94 \text{ kg.m} = 1,3 \text{ Kn.m} \\
 V_c &= 4449,72 \text{ Kg} \\
 V_u &= 554,33 \text{ Kg} \\
 \emptyset \text{ Sengkang} &= 6 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

#### 1. Momen Torsi Berfaktor

$$T_n \text{ Perlu} = \frac{T_u}{\phi} = \frac{1,3}{0,75} = 1,73 \text{ Kn.m}$$

Luas Luar Penampang Beton :

$$\begin{aligned}
 A_{cp} &= b \times h \\
 &= 400 \times 500 \\
 &= 200000
 \end{aligned}$$

Keliling Luar Penampang Beton :

$$\begin{aligned}
 P_{cp} &= 2 (b + h) \\
 &= 2(400 + 500) \\
 &= 1800
 \end{aligned}$$

Pengaruh Torsi di abaikan apabila  $T_u$  kurang dari :

$$T_u < \frac{\phi \sqrt{f_c}}{12} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$T_u < \frac{0,75 \sqrt{22}}{12} \left( \frac{200000^2}{1800} \right) \cdot 10^{-6}$$

$1,73 \text{ Kn.m} < 6,514 \text{ Kn.m}$  (Maka Torsi di abaikan).

**7**  
**b. Balok Anak (30 cm x 35 cm)**

Data Perencanaan

Mu Lapangan (Batang 727) = 524,84 Kg.m

Mu Tumpuan (Batang 727) = 2475,71 Kg.m

Gaya geser (Vu) = 81,63 Kg

Momen Torsi (Tu) = 156,09 kg.m

Mutu beton ( $f_c$ ) = 22 Mpa = 220 Kg/cm

Mutu baja ( $f_y$ ) = 360 Mpa = 3600 Kg/cm

Selimit beton ( $d'$ ) = 50 mm = 5 cm

Tinggi balok = 350 mm = 35 cm

Lebar balok = 300 mm = 30 cm

**1**  
 Untuk  $f_c < 30$  Mpa  $\beta_1$  = 0,85

-(untuk balok) = 0,8

-(untuk tulangan geser) = 0,75

Tebal Pelat ( $h_f$ ) = 120 mm

Bentang Balok ( $L_o$ ) = 4000 mm

Jarak Bersih dari Balok-balok ( $B_o$ ) = 4000 mm

**Batasan Penulangan**

**4**  
 $p_{min} = 1,4/f_y = 1,4/360 = 0,0038$

$p_{balance} = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + F_y} \right)$   
 $= \frac{0,85 \times 0,85 \times 22}{360} \left( \frac{600}{600 + 360} \right)$

$= 0,0442 \times 0,625$

$= 0,0276$

$p_{max} = 0,75 \times p_{balance}$

$= 0,75 \times 0,0276$

$= 0,0207$

**Lebar Efektif Balok (Be)**

$$Be_1 = 1/4 \cdot L_o = 1/4 \cdot 4000 = 1000 \text{ mm}$$

$$Be_2 = 8 \cdot hf = 8 \cdot 120 = 960 \text{ mm}$$

$$Be_3 = 1/2 \cdot B_o = 1/2 \cdot 4000 = 2000 \text{ mm}$$

**Cek apakah Balok L atau Balok T persegi**

Diasumsikan bahwa  $a = hf = 120 \text{ mm}$  ; lebar :  $be = 960$  (terkecil)

$$d \text{ Efektif} = \text{Tinggi Balok} - \text{Selimut Beton}$$

$$= 350 - 50$$

$$= 300 \text{ mm}$$

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

$$\phi = 0,8$$

$$MR_1 = \phi \cdot C \cdot Z$$

$$= 0,8 \times 0,85 \times f_c' \times a \times be \times (d - 1/2 a)$$

$$= 0,8 \times 0,85 \times 22 \times 120 \times 960 \times (300 - (0,5 \times 120)) \cdot 10^{-4}$$

$$= 41361,408 \text{ Kg.m}$$

$$= 41361,408 \text{ Kg.m} > MuL = 524,84 \text{ Kg.m} \square \text{ Balok T (persegi)}$$

Diasumsikan bahwa  $a = hf = 120 \text{ mm}$  ; lebar :  $bw = 300$

$$MR_2 = \phi \cdot C \cdot Z$$

$$= 0,8 \times 0,85 \times f_c' \times a \times bw \times (d - 1/2 a)$$

$$= 0,8 \times 0,85 \times 22 \times 120 \times 300 \times (300 - (0,5 \times 120)) \cdot 10^{-4}$$

$$= 12925,44 \text{ Kg.m}$$

$$= 12925,44 \text{ Kg.m} > MuL = 524,84 \text{ Kg.m} \square \text{ Balok T (persegi)}$$

**LAPANGAN**

$$m = \frac{F_y}{0,85 \times F_c}$$

$$= \frac{360}{0,85 \times 22} = 19,251$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{524,84 \cdot 10^4}{0,8 \times 300 \times 300^2} = 0,243 \text{ Mpa}$$

$$q_{\text{Hitung}} = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{19,251} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,251 \times 0,243}{360}} \right)$$

$$= 0,00068$$

$$q_{\text{Hitung}} = 0,00068 < q_{\text{Min}} = 0,0038$$

$$q_{\text{Hitung}} = 0,00068 < q_{\text{Max}} = 0,0207$$

$$A_s = q \times b \times d \text{ efektif}$$

$$= 0,0038 \times 300 \times 300$$

$$= 342 \text{ mm}^2$$

$$= 3,42 \text{ cm}^2$$

Memakai tulangan Utama D22

$$A_{-D22} = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2$$

$$= 379,94 \text{ mm}^2$$

$$n = 342/379,94$$

$$= 0,9 \rightarrow 2 \text{ Buah}$$

Jadi tulangan utama bawah yang digunakan pada daerah Lapangan balok adalah 2D22, dengan menggunakan besi Ulir.

$$\begin{aligned} A_s' &= \frac{\rho_{\text{hitung}}}{\rho_{\text{Max}}} A_s \\ &= \frac{0,0038}{0,0207} \times 342 \\ &= 62,78 \text{ mm}^2 \approx 0,6278 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Memakai tulangan D22

$$\begin{aligned} A\text{-D22} &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2 \\ n &= 62,78 / 379,94 \\ &= 0,33 \rightarrow 2 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Jadi tulangan utama atas yang digunakan pada daerah Lapangan balok adalah 2D22, dengan menggunakan besi Ulir.

Kontrol Tulangan : (Jumlah Tul x  $\square$  Tulangan) + (Jum. Jarak x Luas Antar Tul.) + (2 x Selimut Beton) < Lebar Balok

$$\text{Kontrol : } (2 \times 22) + (1 \times 20) + (2 \times 50) < 300$$

$$\text{Kontrol : } 164 \text{ mm} < 300 \text{ mm} \dots \dots \dots (\text{ OKE } )$$

#### TUMPUAN

$$\begin{aligned} m &= \frac{F_y}{0,85 \times F_c} \\ &= \frac{340}{0,85 \times 24} = 19,251 \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{2475,71 \cdot 10^4}{0,8 \times 300 \times 300^2} = 1,146 \text{ Mpa}$$



$$\begin{aligned} \rho_{\text{Hitung}} &= \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right) \\ &= \frac{1}{19,251} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,251 \times 1,146}{360}} \right) \\ &= 0,0033 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{Hitung}} = 0,0033 < \rho_{\text{Min}} = 0,0038$$

$$\rho_{\text{Hitung}} = 0,0033 < \rho_{\text{Max}} = 0,0207$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \text{ efektif} \\ &= 0,0038 \times 300 \times 300 \\ &= 342 \text{ mm}^2 \\ &= 3,42 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Memakai tulangan Utama D22

$$\begin{aligned} A_{-D22} &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2 \\ n &= 342 / 379,94 \end{aligned}$$

$$= 0,9 \rightarrow 2 \text{ Buah}$$

Jadi tulangan utama bawah yang digunakan pada daerah Tumpuan balok adalah 2D22, dengan menggunakan besi Ulir.

$$\begin{aligned} A_s' &= \frac{\rho_{\text{hitung}}}{\rho_{\text{Max}}} A_s \\ &= \frac{0,0038}{0,0207} \times 342 \\ &= 62,78 \text{ mm}^2 \square 0,6278 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Memakai tulangan D22

$$\begin{aligned} A-D22 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2 \\ n &= 62,78/379,94 \\ &= 0,33 \rightarrow 2 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Jadi tulangan utama atas yang digunakan pada daerah Tumpuanbalok adalah 2D22, dengan menggunakan besi Ulir.

Kontrol Tulangan : (Jumlah Tul x □Tulangan) + (Jum. Jarak x Luas Antar Tul.) + (2 x Selimut Beton) < Lebar Balok

$$\text{Kontrol : } (2 \times 22) + (1 \times 20) + (2 \times 50) < 300$$

$$\text{Kontrol : } 164 \text{ mm} < 300 \text{ mm} \dots\dots\dots (\text{OKE})$$

#### PERENCANAAN TULANGAN GESER

**Balok Anak 30 x 35 cm**

$$V_u = 81,63 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{F'_c} \cdot b_w \cdot d \\ &= \frac{1}{6} \times \sqrt{220} \cdot 30 \cdot 30 \\ &= 2224,86 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &= \frac{V_u}{\phi} \\ &= \frac{81,63}{0,75} = 108,84 \text{ kg} \\ &= 108,84 \text{ Kg} < V_c = 2224,86 \text{ kg} \text{ (Tidak Perlu Tulangan Geser)} \end{aligned}$$

#### PERENCANAAN TULANGAN TORSI

$$T_u = 156,09 \text{ kg.m} = 1,53 \text{ Kn.m}$$

$$V_c = 2224,86 \text{ Kg}$$

$$V_u = 81,63 \text{ Kg}$$

Ø Sengkang = 6 mm

### 1. Momen Torsi Berfaktor

$$T_n \text{ Perlu} = \frac{T_u}{\phi} = \frac{1,53}{0,75} = 2,04 \text{ Kn.m}$$

Luas Luar Penampang Beton :

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b \times h \\ &= 300 \times 350 \\ &= 105000 \end{aligned}$$

Keliling Luar Penampang Beton :

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2(b + h) \\ &= 2(300 + 350) \\ &= 1300 \end{aligned}$$

Pengaruh Torsi di abaikan apabila  $T_u$  kurang dari :

$$T_u < \frac{\phi \sqrt{f_c}}{12} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$T_u < \frac{0,75 \sqrt{22}}{12} \left( \frac{105000^2}{1300} \right) \cdot 10^{-6}$$

1,53 Kn.m < 2,486 Kn.m (Maka Torsi di abaikan).

### 5.1.5 Balok Lantai Atap

#### a. Balok Induk Atap/Ring Balok Induk (30 cm x 50 cm)

Data Perencanaan

Mu Lapangan (Batang 769) = 2594,54 Kg.m

Mu Tumpuan (Batang 769) = 2014,32 Kg.m

Gaya geser ( $V_u$ ) = 46,47 Kg

Momen Torsi ( $T_u$ ) = 75,87 kg.m

Mutu beton ( $f_c$ ) = 22 Mpa = 220 Kg/cm

Mutu baja ( $f_y$ ) = 360 Mpa = 3600 Kg/cm

Selimit beton ( $d'$ ) = 50 mm = 5 cm

Tinggi balok = 500 mm = 50 cm

Lebar balok = 300 mm = 30 cm

Untuk  $f_c < 30 \text{ Mpa}$   $\beta_1$  = 0,85

- (untuk balok) = 0,8
- (untuk tulangan geser) = 0,75
- Tebal Pelat (hf) = 120 mm
- Bentang Balok (Lo) = 4000 mm
- Jarak Bersih dari Balok-balok (Bo) = 4000 mm

#### Batasan Penulangan

$$\begin{aligned}
 P_{\min} &= 1,4/f_y = 1,4/360 = 0,0038 \\
 P_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + F_y} \right) \\
 &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 22}{360} \left( \frac{600}{600 + 360} \right) \\
 &= 0,0442 \times 0,625 \\
 &= 0,0276 \\
 P_{\max} &= 0,75 \times P_{\text{balance}} \\
 &= 0,75 \times 0,0276 \\
 &= 0,0207
 \end{aligned}$$

#### Lebar Efektif Balok (Be)

$$\begin{aligned}
 Be_1 &= 1/4 \cdot Lo = 1/4 \cdot 4000 = 1000 \text{ mm} \\
 Be_2 &= 8 \cdot hf = 8 \cdot 120 = 960 \text{ mm} \\
 Be_3 &= 1/2 \cdot Bo = 1/2 \cdot 4000 = 2000 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

#### Cek apakah Balok T atau Balok L persegi

Diasumsikan bahwa  $a = hf = 120 \text{ mm}$  ; lebar :  $be = 960$  (terkecil)

$$\begin{aligned}
 d \text{ Efektif} &= \text{Tinggi Balok} - \text{Selimut Beton} \\
 &= 500 - 50 \\
 &= 450 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

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

$$\square = 0,8$$

$$\begin{aligned}
 MR_1 &= \square \cdot C \cdot Z \\
 &= 0,8 \times 0,85 \times f_c' \times a \times bc \times (d - 1/2 a) \\
 &= 0,8 \times 0,85 \times 22 \times 120 \times 960 \times (450 - (0,5 \times 120)) \cdot 10^{-4} \\
 &= 67212,288 \text{ Kg.m}
 \end{aligned}$$

$$= 67212,288 \text{ Kg.m} > \text{MuL} = 2594,54 \text{ Kg.m} \square \text{ Balok T} \\ \text{(persegi)}$$

Diasumsikan bahwa  $a = hf = 120 \text{ mm}$  ; lebar :  $bw = 300$

$$\text{MR 2} = \square C \cdot Z$$

$$= 0,8 \times 0,85 \times f_c' \times a \times bw \times (d - \frac{1}{2} a)$$

$$= 0,8 \times 0,85 \times 22 \times 120 \times 300 \times (450 - (0,5 \times 120)) \cdot 10^{-4}$$

$$= 21003,84 \text{ Kg.m}$$

$$= 21003,84 \text{ Kg.m} > \text{MuL} = 2594,54 \text{ Kg.m} \square \text{ Balok T} \\ \text{(persegi)}$$

### LAPANGAN

$$m = \frac{F_y}{0,85 \times F_c}$$

$$= \frac{360}{0,85 \times 22} = 19,251$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{2594,54 \cdot 10^4}{0,8 \times 300 \times 450^2} = 0,534 \text{ Mpa}$$

$$Q_{\text{Hitung}} = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{19,251} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,251 \times 0,534}{360}} \right) = 0,0015$$

$$Q_{\text{Hitung}} = 0,0015 < Q_{\text{Min}} = 0,0038$$

$$Q_{\text{Hitung}} = 0,0015 < Q_{\text{Max}} = 0,0207$$

$$\text{As} = \rho \times b \times d \text{ efektif}$$

$$= 0,0038 \times 300 \times 450$$

$$= 513 \text{ mm}^2 = 5,13 \text{ cm}^2$$

Memakai tulangan utama D22

$$A-D22 = \frac{16}{4} \times 3,14 \times (22)^2$$

$$= 379,94 \text{ mm}^2$$

$$n = 513/379,94$$

$$= 1,35 \rightarrow 2 \text{ Buah}$$

Jadi tulangan utama bawah yang digunakan pada daerah Lapangan balok adalah 2D22, dengan menggunakan besi Ulir.

$$As' = \frac{\rho_{hitung}}{\rho_{Max}} As$$

$$= \frac{0,0038}{0,0207} \times 513$$

$$= 94,17 \text{ mm}^2 \square 0,9417 \text{ cm}^2$$

Memakai tulangan D22

$$A-D22 = \frac{4}{4} \times 3,14 \times (22)^2$$

$$= 379,94 \text{ mm}^2$$

$$n = 94,17/ 379,94$$

$$= 0,25 \rightarrow 2 \text{ Buah}$$

Jadi tulangan utama atas yang digunakan pada daerah Lapangan balok adalah 2D22, dengan menggunakan besi Ulir.

Kontrol Tulangan : (Jumlah Tul x □Tulangan) + (Jum. Jarak x Luas Antar Tul.) + (2 x Selimut Beton) < Lebar Balok

$$\text{Kontrol : } (2 \times 22) + (1 \times 20) + (2 \times 50) < 400$$

$$\text{Kontrol : } 164 \text{ mm} < 300 \text{ mm} \dots\dots\dots (\text{ OKE } )$$

**TUMPUAN**

$$m = \frac{F_y}{0,85 \times F_c}$$

$$= \frac{360}{0,85 \times 22} = 19,251$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{2014,32 \cdot 10^4}{0,8 \times 300 \times 450^2} = 0,414 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{Hitung}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}}\right) \\ &= \frac{1}{19,251} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,251 \times 0,414}{360}}\right) \\ &= 0,0012 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{Hitung}} = 0,0012 < \rho_{\text{Min}} = 0,0038$$

$$\rho_{\text{Hitung}} = 0,0012 < \rho_{\text{Max}} = 0,0207$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \text{ efektif} \\ &= 0,0038 \times 300 \times 450 \\ &= 513 \text{ mm}^2 \\ &= 5,13 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Memakai tulangan utama D22

$$\begin{aligned} A_{-D22} &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (22)^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= 513/379,94 \\ &= 1,35 \rightarrow 2 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Jadi tulangan utama bawah yang digunakan pada daerah Tumpuan balok adalah 2D22, dengan menggunakan besi Ulir.

$$\begin{aligned} A_s' &= \frac{\rho_{\text{hitung}}}{\rho_{\text{Max}}} A_s \\ &= \frac{0,0038}{0,0207} \times 513 \\ &= 94,17 \text{ mm}^2 \square 0,9417 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$



Memakai tulangan D22

$$A-D22 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times (22)^2$$

$$= 379,94 \text{ mm}^2$$

$$n = 94,17/379,94$$

$$= 0,25 \rightarrow 2 \text{ Buah}$$

Jadi tulangan utama atas yang digunakan pada daerah Tumpuan balok adalah 2D22, dengan menggunakan besi Ulir.

Kontrol Tulangan : (Jumlah Tul x □Tulangan) + (Jum. Jarak x Luas Antar Tul.) + (2 x Selimut Beton) < Lebar Balok

$$\text{Kontrol : } (2 \times 22) + (1 \times 20) + (2 \times 50) < 400$$

$$\text{Kontrol : } 164 \text{ mm} < 400 \text{ mm} \dots\dots\dots (\text{ OKE } )$$

#### PERENCANAAN TULANGAN GESER

##### Balok Induk 30 cm x 50 cm

$$V_u = 46,67 \text{ Kg}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{F'_c} \cdot b_w \cdot d$$

$$= 1/6 \times \sqrt{220} \cdot 30 \cdot 45$$

$$= 3337,29 \text{ Kg}$$

$$V_n = \frac{V_u}{\phi}$$

$$= \frac{46,67}{0,75} = 62,23 \text{ kg}$$

$$= 62,23 < V_c = 3337,29 \text{ kg (Tidak Perlu Tulangan Geser)}$$

#### PERENCANAAN TULANGAN TORSI

$$T_u = 75,87 \text{ kg.m} = 0,74 \text{ Kn.m}$$

$$V_c = 3337,29 \text{ Kg}$$

$$V_u = 46,67 \text{ Kg}$$

$$\emptyset \text{ Sengkang} = 6 \text{ mm}$$

### 1. Momen Torsi Berfaktor

$$T_n \text{ Perlu} = \frac{T_u}{\phi} = \frac{0,74}{0,75} = 0,986 \text{ Kn.m}$$

Luas Luar Penampang Beton :

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b \times h \\ &= 300 \times 500 \\ &= 150000 \end{aligned}$$

Keliling Luar Penampang Beton :

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2(b + h) \\ &= 2(300 + 500) \\ &= 1600 \end{aligned}$$

Pengaruh Torsi di abaikan apabila  $T_u$  kurang dari :

$$T_u < \frac{\phi \sqrt{f_c}}{12} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$T_u < \frac{0,75 \sqrt{22}}{12} \left( \frac{150000^2}{1600} \right) \cdot 10^{-6}$$

0,74 Kn.m < 4,122 Kn.m (Maka Torsi di abaikan).

### b. Ring Balok Anak (30 cm x 35 cm)

Data Perencanaan

Mu Lapangan (Batang 826)	= 2594,54 Kg.m
Mu Tumpuan (Batang 826)	= 3450,79 Kg.m
Gaya geser ( $V_u$ )	= 1493,56 Kg
Momen Torsi ( $T_u$ )	= 58,36 kg.m
Mutu beton ( $f_c$ )	= 22 Mpa = 220 Kg/cm
Mutu baja ( $f_y$ )	= 360 Mpa = 3600 Kg/cm
Selimit beton ( $d'$ )	= 50 mm = 5 cm
Tinggi balok	= 350 mm = 35 cm
Lebar balok	= 300 mm = 30 cm
Untuk $f_c < 30 \text{ Mpa } \beta_1$	= 0,85
- (untuk balok)	= 0,8
- (untuk tulangan geser)	= 0,75
Tebal Pelat ( $h_f$ )	= 120 mm

Bentang Balok ( $L_o$ ) = 4000 mm

Jarak Bersih dari Balok-balok ( $B_o$ ) = 4000 mm

### Batasan Penulangan

$$p_{\min} = 1,4/f_y = 1,4/360 = 0,0038$$

$$p_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + F_y} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 0,85 \times 22}{360} \left( \frac{600}{600 + 360} \right)$$

$$= 0,0442 \times 0,625$$

$$= 0,0276$$

$$p_{\max} = 0,75 \times p_{\text{balance}}$$

$$= 0,75 \times 0,0276$$

$$= 0,0207$$

### Lebar Efektif Balok ( $B_e$ )

$$B_{e_1} = 1/4 \cdot L_o = 1/4 \cdot 4000 = 1000 \text{ mm}$$

$$B_{e_2} = 8 \cdot h_f = 8 \cdot 120 = 960 \text{ mm}$$

$$B_{e_3} = 1/2 \cdot B_o = 1/2 \cdot 4000 = 2000 \text{ mm}$$

### Cek apakah Balok L atau Balok T persegi

Diasumsikan bahwa  $a = h_f = 120 \text{ mm}$  ; lebar :  $b_e = 960$  (terkecil)

$d$  Efektif = Tinggi Balok – Selimut Beton

$$= 350 - 50$$

$$= 300 \text{ mm}$$

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

$$\phi = 0,8$$

$$MR_1 = \phi \cdot C \cdot Z$$

$$= 0,8 \times 0,85 \times f_c' \times a \times b_e \times (d - 1/2 a)$$

$$= 0,8 \times 0,85 \times 22 \times 120 \times 960 \times (300 - (0,5 \times 120)) \cdot 10^{-4}$$

$$= 41361,408 \text{ Kg.m}$$

$$= 41361,408 \text{ Kg.m} > \text{MuL} = 2594,54 \text{ Kg.m} \square \text{ Balok T (persegi)}$$

Diasumsikan bahwa  $a = hf = 120 \text{ mm}$  ; lebar :  $b_w = 300$

$$\text{MR 2} = \square C . Z$$

$$= 0,8 \times 0,85 \times f_c' \times a \times b_w \times (d - \frac{1}{2} a)$$

$$= 0,8 \times 0,85 \times 22 \times 120 \times 300 \times (300 - (0,5 \times 120)) \cdot 10^{-4}$$

$$= 12925,44 \text{ Kg.m}$$

$$= 12925,44 \text{ Kg.m} > \text{MuL} = 2594,54 \text{ Kg.m} \square \text{ Balok T (persegi)}$$

#### LAPANGAN

$$m = \frac{F_y}{0,85 \times F_c}$$

$$= \frac{360}{0,85 \times 22} = 19,251$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{2594,54 \cdot 10^4}{0,8 \times 300 \times 300^2} = 1,2 \text{ Mpa}$$

$$Q_{\text{Hitung}} = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{19,251} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,251 \times 1,2}{360}} \right)$$

$$= 0,0034$$

$$Q_{\text{Hitung}} = 0,0034 < Q_{\text{Min}} = 0,0038$$

$$q \text{ Hitung} = 0,0034 < q \text{ Max} = 0,0207$$

$$\begin{aligned} A_s &= q \times b \times d \text{ efektif} \\ &= 0,0038 \times 300 \times 300 \\ &= 342 \text{ mm}^2 \\ &= 3,42 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Memakai tulangan Utama D22

$$\begin{aligned} A\text{-D22} &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= 342/379,94 \\ &= 0,9 \rightarrow 2 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Jadi tulangan utama bawah yang digunakan pada daerah Lapangan balok adalah 2D22, dengan menggunakan besi Ulir.

$$\begin{aligned} A_s' &= \frac{\rho \text{ hitung}}{\rho \text{ Max}} A_s \\ &= \frac{0,0038}{0,0207} \times 342 \\ &= 62,78 \text{ mm}^2 \square 0,6278 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Memakai tulangan D22

$$\begin{aligned} A\text{-D22} &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= 62,78/379,94 \\ &= 0,33 \rightarrow 2 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Jadi tulangan utama atas yang digunakan pada daerah Lapangan balok adalah 2D22, dengan menggunakan besi Ulir.

Kontrol Tulangan : (Jumlah Tul x □Tulangan) + (Jum. Jarak x Luas Antar Tul.) + (2 x Selimut Beton) < Lebar Balok

$$\text{Kontrol} : (2 \times 22) + (1 \times 20) + (2 \times 50) < 300$$

$$\text{Kontrol} : 164 \text{ mm} < 300 \text{ mm} \dots \dots \dots (\text{OKE})$$

### TUMPUAN

$$m = \frac{F_y}{0,85 \times F_c}$$

$$= \frac{340}{0,85 \times 24} = 19,251$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{3420,79 \cdot 10^4}{0,8 \times 300 \times 300^2} = 1,598 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{\text{Hitung}} = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{19,251} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,251 \times 1,598}{360}} \right)$$

$$= 0,0046$$

$$\rho_{\text{Hitung}} = 0,0046 > \rho_{\text{Min}} = 0,0038$$

$$\rho_{\text{Hitung}} = 0,0046 < \rho_{\text{Max}} = 0,0207$$

$$A_s = \rho \times b \times d \text{ efektif}$$

$$= 0,0046 \times 300 \times 300$$

$$= 414 \text{ mm}^2$$

$$= 4,14 \text{ cm}^2$$

Memakai tulangan Utama D22

$$A\text{-D22} = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2$$

$$= 379,94 \text{ mm}^2$$

$$n = 414/379,94$$

$$= 1,09 \rightarrow 2 \text{ Buah}$$

Jadi tulangan utama bawah yang digunakan pada daerah Tumpuan balok adalah 2D22, dengan menggunakan besi Ulir.

$$As' = \frac{\rho_{\text{hitung}}}{\rho_{\text{Max}}} As$$

$$= \frac{0,0046}{0,0207} \times 414$$

$$= 92 \text{ mm}^2 \square 0,92 \text{ cm}^2$$

Memakai tulangan D22

$$A\text{-D22} = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2$$

$$= 379,94 \text{ mm}^2$$

$$n = 92/379,94$$

$$= 0,2422 \rightarrow 2 \text{ Buah}$$

Jadi tulangan utama atas yang digunakan pada daerah Tumpuanbalok adalah 2D22, dengan menggunakan besi Ulir.

Kontrol Tulangan : (Jumlah Tul x □Tulangan) + (Jum. Jarak xLuas Antar Tul.) + (2 x Selimut Beton) < Lebar Balok

$$\text{Kontrol} : (2 \times 22) + (1 \times 20) + (2 \times 50) < 300$$

$$\text{Kontrol} : 164 \text{ mm} < 300 \text{ mm} \dots\dots\dots(\text{ OKE })$$

### PERENCANAAN TULANGAN GESER

**Balok Anak 30 x 35 cm**

$$V_u = 1493,56 \text{ Kg}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{F'_c} \cdot b_w \cdot d$$



$$\begin{aligned}
 &= 1/6 \times \sqrt{220} \cdot 30 \cdot 30 \\
 &= 2224,86 \text{ Kg} \\
 V_n &= \frac{V_u}{\phi} \\
 &= \frac{1493,56}{0,75} = 1991,413 \text{ kg} \\
 &= 1991,413 \text{ Kg} < V_c = 2224,86 \text{ kg (Tidak Perlu Tulangan Geser)}
 \end{aligned}$$

### PERENCANAAN TULANGAN TORSI

$$\begin{aligned}
 T_u &= 58,36 \text{ kg.m} = 0,57 \text{ Kn.m} \\
 V_c &= 2224,86 \text{ Kg} \\
 V_u &= 1493,56 \text{ Kg} \\
 \emptyset \text{ Sengkang} &= 6 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

#### 1. Momen Torsi Berfaktor

$$T_n \text{ Perlu} = \frac{T_u}{\phi} = \frac{0,57}{0,75} = 0,76 \text{ Kn.m}$$

Luas Luar Penampang Beton :

$$\begin{aligned}
 A_{cp} &= b \times h \\
 &= 300 \times 350 \\
 &= 105000
 \end{aligned}$$

Keliling Luar Penampang Beton :

$$\begin{aligned}
 P_{cp} &= 2(b + h) \\
 &= 2(300 + 350) \\
 &= 1300
 \end{aligned}$$

Pengaruh Torsi di abaikan apabila  $T_u$  kurang dari :

$$T_u < \frac{\phi \sqrt{f_c}}{12} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$T_u < \frac{0,75 \sqrt{22}}{12} \left( \frac{105000^2}{1300} \right) \cdot 10^{-6}$$

$0,57 \text{ Kn.m} < 2,486 \text{ Kn.m}$  (Maka Torsi di abaikan).

Lantai	Diameter Tulangan						Jenis Tulangan
	Balok Induk			Balok Anak		Sengkang	
	Lapangan	Tumpuan	Sengkang	Lapangan	Tumpuan		
1	2D22	3D22	Ø6	2D22	2D22	Tanpa Tulangan Geser	Tulangan Bawah
	2D22	2D22		2D22	2D22		Tulangan Atas
2	2D22	4D22	Ø6	2D22	2D22	Tanpa Tulangan Geser	Tulangan Bawah
	2D22	2D22		2D22	2D22		Tulangan Atas
3	2D22	3D22	Tanpa Tulangan Geser	2D22	2D22	Tanpa Tulangan Geser	Tulangan Bawah
	2D22	2D22		2D22	2D22		Tulangan Atas
4	2D22	2D22	Tanpa Tulangan Geser	2D22	2D22	Tanpa Tulangan Geser	Tulangan Bawah
	2D22	2D22		2D22	2D22		Tulangan Atas
Atap	2D22	2D22	Tanpa Tulangan Geser	2D22	2D22	Tanpa Tulangan Geser	Tulangan Bawah
	2D22	2D22		2D22	2D22		Tulangan Atas

## 9 5.2 Perencanaan Penulangan Pelat

### 5.2.1 Perencanaan Penulangan Pelat Lantai 2, 3 dan 4

1 Data pembebanan yang akan dipakai dalam perencanaan adalah sebagai berikut :

a. 1 Beban Mati Berdasarkan SNI 03-1727-2002 tabel P3-1 diketahui :

Beton Bertulang = 2400 Kg/m<sup>3</sup>

Keramik = 24 Kg/m<sup>2</sup>

1 Tebal Spesi per cm = 21 Kg/m<sup>2</sup>

Plafond = 11 Kg/m<sup>2</sup>

Penggantung = 7 Kg/m<sup>2</sup>

4 b. Beban Hidup Berdasarkan SNI 03-1727-2002 tabel P3-4 diketahui :

Beban Guna Atap = 100 Kg/m<sup>2</sup>

Beban Guna Lantai = 400 Kg/m<sup>2</sup>

10 c. Data yang diperlukan untuk perhitungan penulangan pelat adalah sebagai berikut :

Tebal Atap = 100 cm = 10 cm

Tebal Pelat = 120 cm = 12 cm

Tebal Spesi = 3 cm

Tebal Keramik = 1 cm

$F'_c$	= 22 MPa	= 220 Kg/m <sup>2</sup>
$F_y$	= 360 MPa	= 3600 Kg/m <sup>2</sup>
Selimum Beton (d)	= 20 mm	= 2 cm
d	= 100 mm	
d (tinggi efektif)	= h – selimum beton	
	= 120 – 20	
	= 100 mm	
$\beta$ , (untuk pelat)	= 0,85	
$\Phi$	= 0,8	

#### Pembebanan Pada Pelat 2, 3, dan 4

- Beban Mati :

Pelat	= 0,12 x 2400	= 288 Kg/m <sup>2</sup>
Spesi	= 3 x 21	= 63 Kg/m <sup>2</sup>
Keramik	= 1 x 24	= 24 Kg/m <sup>2</sup>
Plafond	= 11	= 11 Kg/m <sup>2</sup>
Penggantung	= 7	= 7 Kg/m <sup>2</sup>
		<hr/>
	DL	= 393 Kg/m <sup>2</sup>

- Beban Hidup :

B. Guna Lantai	= 400 Kg/m <sup>2</sup>
LL	= 400 Kg/m <sup>2</sup>

- Beban Berfaktor :

$$\begin{aligned}
 U &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\
 &= (1,2 \times 393) + (1,6 \times 400) \\
 &= 1111,6 \text{ Kg/m}^2
 \end{aligned}$$

#### Penentuan dan perhitungan Momen pada Pelat

Pada konstruksi Mall yang saya desain ada 3 tipe Pelat yang berbeda yaitu ukuran 4 x 4, 4 x 2, dan 2 x 2. Dengan Perhitungan momen sebagai berikut dengan Perhitungan dan Ketentuan yang di dapatkan dari tabel Penentuan Momen Pelat dalam Buku Karangan Ali Asroni.

		$l_y / l_x$	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,5	
I	□	$M_{lx} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	44	52	59	66	73	78	84	88	93	97	100	103	106	108	110	112	112	125
		$M_{ly} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	44	45	45	44	43	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	32	25	
II	□	$M_{lx} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	35	42	46	50	53	56	58	59	60	61	62	62	62	63	63	63	63	63
		$M_{ly} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	35	37	38	38	37	36	36	35	35	34	34	34	34	34	34	34	34	34
III	□	$M_{lx} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	36	42	46	50	53	56	58	59	60	61	62	62	62	63	63	63	63	63
		$M_{ly} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	36	37	38	38	37	36	36	35	35	34	34	34	34	34	34	34	34	34
IV	□	$M_{lx} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	48	55	61	67	71	76	79	82	84	86	88	89	90	91	92	92	92	94
		$M_{ly} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	48	50	51	51	51	51	51	50	49	49	49	48	48	48	47	47	47	19
V	□	$M_{lx} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	40	45	49	53	56	58	59	60	61	62	62	62	62	63	63	63	63	63
		$M_{ly} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	40	40	40	39	38	37	36	35	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
VI	□	$M_{lx} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	22	28	34	41	48	55	62	68	74	80	85	89	93	97	100	103	103	125
		$M_{ly} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	51	57	62	67	70	73	75	77	78	79	79	79	79	79	79	79	79	79
VII	□	$M_{lx} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	51	57	62	67	70	73	75	77	78	79	79	79	79	79	79	79	79	79
		$M_{ly} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	51	51	51	51	51	51	50	49	49	49	48	48	48	47	47	47	47	47
VIII	□	$M_{lx} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	22	28	34	41	48	55	62	68	74	80	85	89	93	97	100	103	103	125
		$M_{ly} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	51	57	62	67	70	73	75	77	78	79	79	79	79	79	79	79	79	79
IX	□	$M_{lx} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	51	57	62	67	70	73	75	77	78	79	79	79	79	79	79	79	79	79
		$M_{ly} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	51	51	51	51	51	51	50	49	49	49	48	48	48	47	47	47	47	47
X	□	$M_{lx} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	31	38	45	53	59	66	72	78	83	88	92	96	99	102	105	108	108	129
		$M_{ly} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	60	65	69	73	76	77	78	79	79	80	80	80	80	80	80	80	80	80
XI	□	$M_{lx} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	60	65	69	73	76	77	78	79	79	80	80	80	80	80	80	80	80	80
		$M_{ly} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	60	60	60	59	58	57	56	55	54	54	53	53	53	53	53	53	53	53
XII	□	$M_{lx} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	60	66	71	76	79	82	85	87	88	89	90	91	91	92	92	93	94	94
		$M_{ly} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	31	30	28	27	25	24	22	21	20	19	18	17	17	16	16	15	15	12
XIII	□	$M_{lx} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	60	66	71	76	79	82	85	87	88	89	90	91	91	92	92	93	94	94
		$M_{ly} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	31	30	28	27	25	24	22	21	20	19	18	17	17	16	16	15	15	12
XIV	□	$M_{lx} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	18	26	33	40	45	50	55	60	65	70	75	80	83	86	87	88	89	96
		$M_{ly} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	43	46	48	48	47	46	45	44	43	42	41	40	40	39	38	38	38	38
XV	□	$M_{lx} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	18	26	33	40	45	50	55	60	65	70	75	80	83	86	87	88	89	96
		$M_{ly} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	43	46	48	48	47	46	45	44	43	42	41	40	40	39	38	38	38	38
XVI	□	$M_{lx} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	13	18	23	28	33	37	41	45	49	53	57	61	64	67	69	71	72	75
		$M_{ly} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	13	18	23	28	33	37	41	45	49	53	57	61	64	67	69	71	72	75
XVII	□	$M_{lx} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	13	18	23	28	33	37	41	45	49	53	57	61	64	67	69	71	72	75
		$M_{ly} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	13	18	23	28	33	37	41	45	49	53	57	61	64	67	69	71	72	75

Keterangan: □ — Terletak bebas  
 □ — Menerus atau terjepit elastis

- Perhitungan Momen untuk Pelat Ukuran 4 x 4

$l_y = 4 \text{ m}$   $l_x = 4 \text{ m}$

$\frac{l_y}{l_x} = \frac{4}{4}$

= 1 (Lihat Koefisien X tabel di atas)

$5 \text{ mlx}$

=  $0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot X$

=  $0,001 \cdot 1111,6 \text{ Kg/m}^2 \cdot 4^2 \text{ m} \cdot 36$

=  $640,2816 \text{ kgm}$

$5 \text{ mly}$

=  $0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot X$

=  $0,001 \cdot 1111,6 \text{ Kg/m}^2 \cdot 4^2 \text{ m} \cdot 36$

=  $640,2816 \text{ kgm}$

-mtx = mlx =  $640,2816 \text{ kgm}$

-mty = mly =  $640,2816 \text{ kgm}$

- Perhitungan Momen untuk Pelat Ukuran 4 x 2

$l_y = 4 \text{ m}$   $l_x = 2 \text{ m}$

$\frac{l_y}{l_x} = \frac{4}{2}$

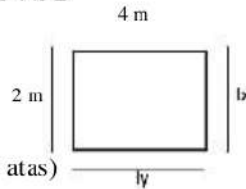
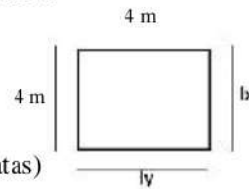
= 2 (Lihat Koefisien X tabel di atas)

$5 \text{ mlx}$

=  $0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot X$

=  $0,001 \cdot 1111,6 \text{ Kg/m}^2 \cdot 2^2 \text{ m} \cdot 62$

=  $275,6768 \text{ kgm}$



$$\begin{aligned}
 mly &= 0,001 \cdot W_u \cdot lx^2 \cdot X \\
 &= 0,001 \cdot 1111,6 \text{ Kg/m}^2 \cdot 2^2 \text{ m} \cdot 35 \\
 &= 155,624 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$-mtx = mlx = 275,6768 \text{ kgm}$$

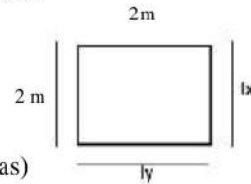
$$-mtx = mlx = 155,624 \text{ kgm}$$

- Perhitungan Momen untuk Pelat Ukuran 2 x 2

$$ly = 2 \text{ m} \quad lx = 2 \text{ m}$$

$$\frac{iy}{ix} = \frac{2}{2}$$

$$= 1 \text{ (Lihat Koefisien X tabel di atas)}$$



$$\begin{aligned}
 mly &= 0,001 \cdot W_u \cdot lx^2 \cdot X \\
 &= 0,001 \cdot 1111,6 \text{ Kg/m}^2 \cdot 2^2 \text{ m} \cdot 36 \\
 &= 160,0704 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 mly &= 0,001 \cdot W_u \cdot lx^2 \cdot X \\
 &= 0,001 \cdot 1111,6 \text{ Kg/m}^2 \cdot 2^2 \text{ m} \cdot 36 \\
 &= 160,0704 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$-mtx = mlx = 160,0704 \text{ kgm}$$

$$-mtx = mlx = 160,0704 \text{ kgm}$$

#### Perhitungan tulangan pelat

$$\begin{aligned}
 q_{\min} &= \frac{1,4}{F_y} \\
 &= \frac{1,4}{360} \\
 &= 0,0038
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_{\text{Balance}} &= \frac{0,85 \times \beta \times F_c}{F_y} \times \frac{600}{600 + F_y} \\
 &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 22}{360} \times \frac{600}{600 + 360} \\
 &= 0,0276
 \end{aligned}$$

$$q_{\text{Max}} = 0,75 \times q_{\text{Balance}}$$

$$= 0,75 \times 0,0276$$

$$= 0,0207$$

d Efektif = Tinggi Balok – Selimut Beton

$$= 120 - 20$$

$$= 100 \text{ mm}$$

b = 1000 mm

$\phi$  = 0,8

Pelat Type A, <sup>1</sup>Ukuran (4 m x 4 m)

**Lapangan X**

**Mu** = 640,2816 kgm

$$= 6,402816 \text{ kN.m}$$

$$= 6402816 \text{ N.mm}$$

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

$$= \frac{640282}{0,8 \times 1000 \times 100^2}$$

$$= \frac{64028216}{8000000}$$

$$= 0,8 \text{ Mpa}$$

M =  $\frac{Fy}{0,85 \times Fc}$

$$= \frac{360}{0,85 \times 22}$$

$$= 19,251 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{Hitung}} &= \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right) \\ &= \frac{1}{19,251} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,251 \times 0,8}{360}} \right) \\ &= 0,002 \end{aligned}$$

$\rho_{\text{Hitung}} = 0,002 < \rho_{\text{Min}} = 0,0038 < \rho_{\text{Max}} = 0,0207$ , Jadi di pakai  $\rho_{\text{Min}} = 0,0038$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\text{Hitung}} \times b \times d \text{ efektif} \\ &= 0,0038 \times 100 \times 10 \\ &= 3,8 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Jadi Di Pakai Tul. Bawah =  $\Phi 10 - 180$

#### Tumpuan X

$$\begin{aligned} M_u &= 640,2816 \text{ kgm} \\ &= 6,402816 \text{ kN.m} \\ &= 6402816 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} \\ &= \frac{6402816}{0,8 \times 1000 \times 100^2} \\ &= \frac{6402816}{8000000} \\ &= 0,8 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$M = \frac{F_y}{0,85 \times F_c}$$



$$= \frac{360}{0,85 \times 22}$$

$$= 19,251 \text{ Mpa}$$

$$q_{\text{Hitung}} = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{18,1} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,251 \times 0,8}{360}} \right)$$

$$= 0,002$$

$q_{\text{Hitung}} = 0,002 < q_{\text{Min}} = 0,0038 < q_{\text{Max}} = 0,0207$ , Jadi di pakai

$$q_{\text{Min}} = 0,0038$$

$$A_s = q_{\text{Hitung}} \times b \times d \text{ efektif}$$

$$= 0,0038 \times 100 \times 10$$

$$= 3,8 \text{ cm}^2$$

$$A_s' = 0,002 \times b \times h_f$$

$$= 0,002 \times 100 \times 12$$

$$= 2,4 \text{ cm}^2$$

sehingga : Di Pakai Tul. Bawah  $\Phi 10 - 180 = 3,93 \text{ cm}^2$

Di Pakai Tul Tul. Bagi  $\Phi 8 - 200 = 2,51 \text{ cm}^2$

- Lapangan y (di buat sama dengan lapangan x)

Pakai Tul. Bawah  $\Phi 10 - 200 = 3,93 \text{ cm}^2$

- Tumpuan y (di buat sama dengan Tuampuan x)

Di Pakai Tul. Bawah  $\Phi 10 - 200 = 3,93 \text{ cm}^2$

Di Pakai Tul Tul. Bagi  $\Phi 8 - 200 = 2,51 \text{ cm}^2$

Tabel Tulangan Pelat (mm<sup>2</sup> per meter)

Spasi (mm)	Diameter Nominal (mm)																	
	d-6	d-8	d-10	d-12	d-13	d-14	d-16	d-19	d-22	d-25	d-28	d-30	d-32	d-36	d-40	d-50	d-54	d-57
	P ϵ	P ϵ	P ϵ	P ϵ	ϵ	P ϵ	P ϵ	P ϵ	P ϵ	P ϵ	P ϵ	ϵ	P ϵ	P ϵ	P ϵ	P ϵ	ϵ	ϵ
30	565	1005	1371	2262	2535	3079	4021	5671	7503	9817	12315	15210	16085	20358	25133	32270	45304	51635
75	377	670	1047	1508	1776	2053	2681	3780	5058	6545	8210	9807	10723	13372	16755	23180	30536	34623
100	283	500	755	1131	1327	1539	2011	2835	3701	4909	6158	6605	8042	10175	12566	16635	22302	25518
125	275	480	628	905	1057	1232	1608	2268	2941	3927	4926	5284	6434	8143	10053	13008	18122	20414
150	188	335	524	754	885	1026	1340	1890	2534	3272	4105	4403	5362	6786	8378	10890	15268	17612
175	162	287	449	646	738	880	1149	1620	2122	2805	3519	3771	4596	5816	7181	11220	13387	14581
200	141	250	393	565	654	770	1005	1418	1931	2454	3079	3303	4021	5089	6283	8217	11451	12759
225	176	323	503	707	807	944	124	1760	2360	3182	3977	4236	5174	6494	8085	10597	14179	15541
250	113	201	314	452	511	616	804	1134	1521	1963	2463	2640	3217	4097	5007	6684	9161	10207
275	103	183	285	411	483	560	731	1031	1382	1785	2239	2402	2925	3701	4570	6140	8328	9279
300	94	168	262	377	442	513	670	945	1267	1636	2053	2202	2681	3392	4189	5545	7604	8504

Dengan cara Perhitungan yang sama di hitung juga tipe pelat B = 4 x 2 dan C = 2 x 2 pada program Excel dan didapatkan nilai sebagai berikut :

40  
Tabel Perhitungan Momen dan Ration Tulangan Pelat Lantai 2, 3, dan 4

Tipe Pelat	Ukuran Pelat (m)		ly	lx	ly/lx	5x (mlx)	x (mly)	x (mtx)	x (mty)	mlx	mly	mtx-	mty-	q Min	q Balance	q Max
A	4	x	4	4	1	36	36	36	36	640,2816	640,2816	640,2816	640,2816	0,0038	0,0276	0,0207
B	4	x	2	4	2	62	35	62	35	275,6768	155,624	275,6768	155,624	0,0038	0,0276	0,0207
C	2	x	2	2	1	36	36	36	36	160,0704	160,0704	160,0704	160,0704	0,0038	0,0276	0,0207

Tabel Perhitungan Tulangan Lapangan Pelat Lantai 2, 3, dan 4

TULANGAN LAPANGAN											
Lapangan X						Lapangan Y					
Rn (tx)	m	q Hitung	Cek	As	Tul. Bawah	Rn	m	q Hitung	Cek	As	Tul. Bawah
0,8	19,251	0,002273	<	3,8	□10 - 200	0,800	19,251	0,002226171	<	3,8	□10 - 200
0,345	19,251	0,000966	<	3,8	□10 - 200	0,195	19,251	0,000543201	<	3,8	□10 - 200
0,2	19,251	0,000559	<	3,8	□10 - 200	0,200	19,251	0,000558806	<	3,8	□10 - 200

Tabel Perhitungan Tulangan Tumpuan Pelat Lantai 2, 3, dan 4

<b>TULANGAN TUMPUAN</b>															
<b>Tumpuan x</b>						<b>Tumpuan Y</b>									
Rn	m	ρ Hitung	Cek	As	As'	Tul. Atas	Tul. Bagi	Rn.ty	M	ρ Hitung	Cek	As	As'	Tul. Atas	Tul. Bagi
0,8	19,251	0,002272928	<	3,8	2,4	□10 - 200	□8 - 200	0,800	19,251	0,002226171	<	3,8	2,4	□10 - 200	□8 - 200
0,345	19,251	0,000966197	<	3,8	2,4	□10 - 200	□8 - 200	0,195	19,251	0,000543201	<	3,8	2,4	□10 - 200	□8 - 200
0,2	19,251	0,000558806	<	3,8	2,4	□10 - 200	□8 - 200	0,200	19,251	0,000558806	<	3,8	2,4	□10 - 200	□8 - 200

### 5.2.2 Perencanaan Penulangan Pelat Lantai 1

Data pembebanan yang akan dipakai dalam perencanaan adalah sebagai berikut :

d. **Beban Mati** Berdasarkan SNI 03-1727-2002 tabel P3-1 diketahui :

$$\text{Beton Bertulang} = 2400 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Keramik} = 24 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Tebal Spesi per cm} = 21 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Plafond} = 11 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Penggantung} = 7 \text{ Kg/m}^2$$

e. **Beban Hidup** Berdasarkan SNI 03-1727-2002 tabel P3-4 diketahui :

$$\text{Beban Guna Atap} = 100 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Beban Guna Lantai} = 400 \text{ Kg/m}^2$$

f. Data yang diperlukan untuk perhitungan penulangan pelat adalah sebagai berikut :

$$\text{Tebal Atap} = 120 \text{ cm} = 12 \text{ cm}$$

$$\text{Tebal Pelat} = 150 \text{ cm} = 15 \text{ cm}$$

$$\text{Tebal Spesi} = 3 \text{ cm}$$

$$\text{Tebal Keramik} = 1 \text{ cm}$$

$$f'c = 22 \text{ MPa} = 220 \text{ Kg/m}^2$$

$$f_y = 360 \text{ MPa} = 3600 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Selimut Beton (d)} = 20 \text{ mm} = 2 \text{ cm}$$

$$d = 100 \text{ mm}$$

$$d \text{ (tinggi efektif)} = h - \text{selimut beton}$$

$$= 120 - 20$$

$$= 100 \text{ mm}$$

$$\beta, \text{ (untuk pelat)} = 0,85$$

$$\Phi = 0,8$$

#### Pembebanan Pada Pelat

- **Beban Mati :**

$$\text{Pelat} = 0,12 \times 2400 = 288 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Spesi} = 3 \times 21 = 63 \text{ Kg/m}^2$$

$$\frac{\text{Keramik} = 1 \times 24 = 24 \text{ Kg/m}^2}{\text{DL} = 375 \text{ Kg/m}^2}$$

- Beban Hidup :

B. Guna Lantai = 400 Kg/m<sup>2</sup>  
 LL = 400 Kg/m<sup>2</sup>

- Beban Berfaktor :

$$U = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$$

$$= (1,2 \times 375) + (1,6 \times 400)$$

$$= 1090 \text{ Kg/m}^2$$

**Penentuan dan Perhitungan Momen pada Pelat**

Pada kontruksi Mall yang saya desain ada 3 tipe Pelat yang berbeda yaitu ukuran 4 x 4, 4 x 2, dan 2 x 2. Dengan Perhitungan momen sebagai berikut dengan Perhitungan dan Ketentuan yang di dapatkan dari tabel Penentuan Momen Pelat dalam Buku Karangn Ali Asroni.

		l <sub>y</sub> / l <sub>x</sub>																	
		1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	>2,5	
I		M <sub>lx</sub> = + 0,001 . q . l <sub>x</sub> <sup>2</sup> . X	44	52	59	66	73	78	84	88	93	97	100	103	106	108	110	112	125
		M <sub>ly</sub> = + 0,001 . q . l <sub>x</sub> <sup>2</sup> . X	44	45	45	44	44	43	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	32
II		M <sub>lx</sub> = + 0,001 . q . l <sub>x</sub> <sup>2</sup> . X	36	42	46	50	53	56	58	59	60	61	62	62	62	63	63	63	63
		M <sub>ly</sub> = + 0,001 . q . l <sub>x</sub> <sup>2</sup> . X	36	37	38	38	38	37	36	36	35	35	35	34	34	34	34	34	34
III		M <sub>lx</sub> = + 0,001 . q . l <sub>x</sub> <sup>2</sup> . X	48	55	61	67	71	76	79	82	84	86	88	89	90	91	92	92	94
		M <sub>ly</sub> = + 0,001 . q . l <sub>x</sub> <sup>2</sup> . X	48	50	51	51	51	51	51	50	50	49	49	49	48	48	47	47	47
IV		M <sub>lx</sub> = + 0,001 . q . l <sub>x</sub> <sup>2</sup> . X	48	55	61	67	71	76	79	82	84	86	88	89	90	91	92	92	94
		M <sub>ly</sub> = + 0,001 . q . l <sub>x</sub> <sup>2</sup> . X	48	50	51	51	51	51	51	50	50	49	49	49	48	48	47	47	47
IVa		M <sub>lx</sub> = + 0,001 . q . l <sub>x</sub> <sup>2</sup> . X	22	28	34	41	48	55	62	68	74	80	85	89	93	97	100	103	125
		M <sub>ly</sub> = + 0,001 . q . l <sub>x</sub> <sup>2</sup> . X	51	57	62	67	70	73	75	77	78	79	79	79	79	79	79	79	79
IVb		M <sub>lx</sub> = + 0,001 . q . l <sub>x</sub> <sup>2</sup> . X	51	54	57	59	60	61	62	62	63	63	63	63	63	63	63	63	63
		M <sub>ly</sub> = + 0,001 . q . l <sub>x</sub> <sup>2</sup> . X	22	20	18	17	15	14	13	12	11	10	10	10	9	9	9	9	9
V		M <sub>lx</sub> = + 0,001 . q . l <sub>x</sub> <sup>2</sup> . X	31	38	45	53	59	66	72	78	83	88	92	96	99	102	105	108	125
		M <sub>ly</sub> = + 0,001 . q . l <sub>x</sub> <sup>2</sup> . X	60	65	69	73	75	77	78	79	79	80	80	80	80	79	79	79	79
Vb		M <sub>lx</sub> = + 0,001 . q . l <sub>x</sub> <sup>2</sup> . X	60	65	69	73	75	77	78	79	79	80	80	80	80	79	79	79	25
		M <sub>ly</sub> = + 0,001 . q . l <sub>x</sub> <sup>2</sup> . X	60	66	71	76	79	82	85	87	88	89	90	91	91	92	92	93	94
VI		M <sub>lx</sub> = + 0,001 . q . l <sub>x</sub> <sup>2</sup> . X	28	46	53	59	65	69	73	77	80	83	85	86	87	88	89	90	94
		M <sub>ly</sub> = + 0,001 . q . l <sub>x</sub> <sup>2</sup> . X	43	46	48	50	51	51	51	51	50	50	50	49	49	48	48	48	48
VIa		M <sub>lx</sub> = + 0,001 . q . l <sub>x</sub> <sup>2</sup> . X	28	46	53	59	65	69	73	77	80	83	85	86	87	88	89	90	94
		M <sub>ly</sub> = + 0,001 . q . l <sub>x</sub> <sup>2</sup> . X	43	46	48	50	51	51	51	51	50	50	50	49	49	48	48	48	48
VIb		M <sub>lx</sub> = + 0,001 . q . l <sub>x</sub> <sup>2</sup> . X	13	48	51	55	57	58	60	61	62	62	62	63	63	63	63	63	63
		M <sub>ly</sub> = + 0,001 . q . l <sub>x</sub> <sup>2</sup> . X	38	39	38	38	37	36	35	35	34	34	34	33	33	33	33	33	33

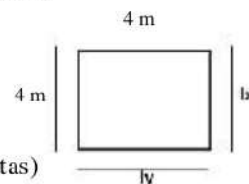
Keterangan : -- Terletak bebas  
 -- Menerus atau terjepit elastis

- Perhitungan Momen untuk Pelat Ukuran 4 x 4

l<sub>y</sub> = 4 m l<sub>x</sub> = 4 m

$$\frac{l_y}{l_x} = \frac{4}{4}$$

= 1 (Lihat Koefisien X tabel di atas)



$$\begin{aligned}
 \overset{47}{m_l x} &= 0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot X \\
 &= 0,001 \cdot 1090 \text{ Kg/m}^2 \cdot 4^2 \text{ m} \cdot 36 \\
 &= 627,84 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m_l y &= 0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot X \\
 &= 0,001 \cdot 1090 \text{ Kg/m}^2 \cdot 4^2 \text{ m} \cdot 36 \\
 &= 627,84 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$-m_{tx} = m_{lx} = 627,84 \text{ kgm}$$

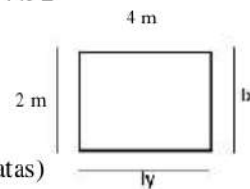
$$-m_{ty} = m_{ly} = 627,84 \text{ kgm}$$

- Perhitungan Momen untuk Pelat Ukuran 4 x 2

$$l_y = 4 \text{ m} \quad l_x = 2 \text{ m}$$

$$\frac{i_y}{i_x} = \frac{4}{2}$$

= 2 (Lihat Koefisien X tabel di atas)



$$\begin{aligned}
 \overset{47}{m_l x} &= 0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot X \\
 &= 0,001 \cdot 1090 \text{ Kg/m}^2 \cdot 2^2 \text{ m} \cdot 62 \\
 &= 270,32 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m_l y &= 0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot X \\
 &= 0,001 \cdot 1090 \text{ Kg/m}^2 \cdot 2^2 \text{ m} \cdot 35 \\
 &= 152,6 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$-m_{tx} = m_{lx} = 270,32 \text{ kgm}$$

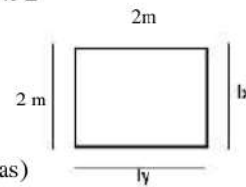
$$-m_{ty} = m_{ly} = 152,6 \text{ kgm}$$

- Perhitungan Momen untuk Pelat Ukuran 2 x 2

$$l_y = 2 \text{ m} \quad l_x = 2 \text{ m}$$

$$\frac{i_y}{i_x} = \frac{2}{2}$$

= 1 (Lihat Koefisien X tabel di atas)



$$\begin{aligned}
 m_l x &= 0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot X \\
 &= 0,001 \cdot 1090 \text{ Kg/m}^2 \cdot 2^2 \text{ m} \cdot 36 \\
 &= 156,96 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m_l y &= 0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot X \\
 &= 0,001 \cdot 1090 \text{ Kg/m}^2 \cdot 2^2 \text{ m} \cdot 36 \\
 &= 156,96 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$-m_{tx} = m_{lx} = 156,96 \text{ kgm}$$



$$-m_{tx} = m_{lx} = 156,96 \text{ kgm}$$

### Perhitungan tulangan pelat

$$q_{\min} = \frac{1,4}{F_y}$$

$$= \frac{1,4}{360}$$

$$= 0,0038$$

$$q_{\text{Balance}} = \frac{0,85 \times \beta \times F_c}{F_y} \times \frac{600}{600 + F_y}$$

$$= \frac{0,85 \times 0,85 \times 22}{360} \times \frac{600}{600 + 360}$$

$$= 0,0276$$

$$q_{\max} = 0,75 \times q_{\text{Balance}}$$

$$= 0,75 \times 0,0276$$

$$= 0,0207$$

$$d_{\text{Efektif}} = \text{Tinggi Balok} - \text{Selimut Beton}$$

$$= 120 - 20$$

$$= 100 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$\phi = 0,8$$

Pelat Type A, <sup>1</sup>Ukuran (4 m x 4 m)

### Lapangan X

$$M_u = 627,84 \text{ kgm}$$

$$= 6,2784 \text{ kN.m}$$

$$= 6278400 \text{ N.mm}$$

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

$$= \frac{6278400}{0,8 \times 1000 \times 100^2}$$

$$= \frac{6278400}{8000000}$$

$$= 0,7848 \text{ Mpa}$$

$$M = \frac{F_y}{0,85 \times F_c}$$

$$= \frac{360}{0,85 \times 22}$$

$$= 19,251 \text{ Mpa}$$

$$q_{\text{Hitung}} = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{19,251} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,251 \times 0,7848}{360}} \right)$$

$$= 0,002$$

$q_{\text{Hitung}} = 0,002 < q_{\text{Min}} = 0,0038 < q_{\text{Max}} = 0,0207$ , Jadi di pakai  
 $q_{\text{Min}} = 0,0038$

$$A_s = q_{\text{Hitung}} \times b \times d \text{ efektif}$$

$$= 0,0038 \times 100 \times 10$$

$$= 3,8 \text{ cm}^2$$

Jadi Di Pakai Tul. Bawah =  $\Phi 10 - 200$

**Tumpuan X**

$$\begin{aligned} \text{Mu} &= 627,84 \text{ kgm} \\ &= 6,2784 \text{ kN.m} \\ &= 6278400 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{\text{Mu}}{\phi \times b \times d^2} \\ &= \frac{6278400}{0,8 \times 1000 \times 100^2} \\ &= \frac{6278400}{8000000} \\ &= 0,7848 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{F_y}{0,85 \times F_c} \\ &= \frac{360}{0,85 \times 22} \\ &= 19,251 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{Hitung}} &= \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right) \\ &= \frac{1}{19,251} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,251 \times 0,7848}{360}} \right) \\ &= 0,002 \end{aligned}$$

$\rho_{\text{Hitung}} = 0,002 < \rho_{\text{Min}} = 0,0038 < \rho_{\text{Max}} = 0,0207$ , Jadi di pakai  
 $\rho_{\text{Min}} = 0,0038$

$$\begin{aligned} \text{As} &= \rho_{\text{Hitung}} \times b \times d \text{ efektif} \\ &= 0,0038 \times 100 \times 10 \end{aligned}$$



Dengan cara Perhitungan yang sama di hitung juga tipe pelat B = 4 x2 dan C= 2x2 pada program Exel dan didapatkan nilai sebagai berikut :

Tabel Perhitungan Momen dan Ration Tulangan Pelat Lantai 1

Tipe Pelat	Ukuran Pelat (m)	ly	lx	ly/lx	$\frac{5x}{(mly)}$	$\frac{x}{(mtx)}$	$\frac{x}{(mly)}$	$\frac{x}{(mtx)}$	x (mty)	mlx	mly	mtx-	mty-	q Min	q Balance	q Max
A	4 x 4	4	4	1	36	36	36	36	36	627,84	627,84	627,84	627,84	0,0038	0,0276	0,0207
B	4 x 2	4	2	2	62	35	62	62	35	270,32	152,6	270,32	152,6	0,0038	0,0276	0,0207
C	2 x 2	2	2	1	36	36	36	36	36	156,96	156,96	156,96	156,96	0,0038	0,0276	0,0207

Tabel Perhitungan Tulangan Lapangan Pelat Lantai 1

TULANGAN LAPANGAN											
Lapangan X						Lapangan Y					
Rn (tx)	m	q Hitung	Cek	As	Tul. Bawah	Rn	m	q Hitung	Cek	As	Tul. Bawah
0,785	19,251	0,002228	<	3,8	□10 - 200	0,785	19,251	0,002182857	<	3,8	□10 - 200
0,338	19,251	0,000947	<	3,8	□10 - 200	0,191	19,251	0,000532591	<	3,8	□10 - 200
0,196	19,251	0,000548	<	3,8	□10 - 200	0,196	19,251	0,000547889	<	3,8	□10 - 200

Tabel Perhitungan Tulangan Tumpuan Pelat Lantai 1

<b>TULANGAN TUMPUAN</b>															
<b>Tumpuan x</b>							<b>Tumpuan y</b>								
Rn	m	q Hitung	Cek	As	As'	Tul. Atas	Tul. Bagi	Rn.ty	m	q Hitung	Cek	As	As'	Tul. Atas	Tul. Bagi
0,785	19,251	0,002227772	<	3,8	2,4	□10 - 200	□8 - 200	0,785	19,251	0,002182857	<	3,8	2,4	□10 - 200	□8 - 200
0,338	19,251	0,000947248	<	3,8	2,4	□10 - 200	□8 - 200	0,191	19,251	0,000532591	<	3,8	2,4	□10 - 200	□8 - 200
0,196	19,251	0,000547889	<	3,8	2,4	□10 - 200	□8 - 200	0,196	19,251	0,000547889	<	3,8	2,4	□10 - 200	□8 - 200

### 5.2.3 Perencanaan Penulangan Pelat Atap

Data pembebanan yang akan dipakai dalam perencanaan adalah sebagai berikut :

g. **Beban Mati** Berdasarkan SNI 03-1727-2002 tabel P3-1 diketahui :

$$\text{Beton Bertulang} = 2400 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Keramik} = 24 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Tebal Spesi per cm} = 21 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Plafond} = 11 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Penggantung} = 7 \text{ Kg/m}^2$$

h. **Beban Hidup** Berdasarkan SNI 03-1727-2002 tabel P3-4 diketahui :

$$\text{Beban Guna Atap} = 100 \text{ Kg/m}^2$$

i. Data yang diperlukan untuk perhitungan penulangan pelat adalah sebagai berikut :

$$\text{Tebal Atap} = 100 \text{ cm} = 10 \text{ cm}$$

$$\text{Tebal Spesi} = 3 \text{ cm}$$

$$\text{Tebal Keramik} = 1 \text{ cm}$$

$$f'c = 22 \text{ MPa} = 220 \text{ Kg/m}^2$$

$$f_y = 360 \text{ MPa} = 3600 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Selimut Beton (d)} = 20 \text{ mm} = 2 \text{ cm}$$

$$d = 80 \text{ mm}$$

$$d \text{ (tinggi efektif)} = h - \text{selimut beton}$$

$$= 100 - 20$$

$$= 80 \text{ mm}$$

$$\beta_1 \text{ (untuk pelat)} = 0,85$$

$$\Phi = 0,8$$

#### Pembebanan Pada Pelat

- **Beban Mati :**

$$\text{Pelat} = 0,10 \times 2400 = 240 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Spesi} = 3 \times 21 = 63 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Plafond} = 11 = 11 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Penggantung} = 7 = 7 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{DL} = 321 \text{ Kg/m}^2$$

- Beban Hidup :

B. Guna Lantai = 100 Kg/m<sup>2</sup>

LL = 100 Kg/m<sup>2</sup>

- Beban Berfaktor :

U = 1,2 DL + 1,6 LL

= (1,2 x 321) + (1,6 x 100)

= 545,2 Kg/m<sup>2</sup>

**Penentuan dan Perhitungan Momen pada Pelat**

Pada kontruksi Mall yang saya desain ada 3 tipe Pelat yang berbeda yaitu ukuran 4 x 4, 4 x 2, dan 2 x 2. Dengan perhitungan momen sebagai berikut dengan Perhitungan dan Ketentuan yang di dapatkan dari tabel Penentuan Momen Pelat dalam Buku Karangan Ali Asroni.

		$l_y / l_x$	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	>2,5	
I		Mlx = + 0,001 . q . lx <sup>2</sup> . X	44	52	59	66	73	78	84	88	93	97	100	103	106	108	110	112	125	
		Mly = + 0,001 . q . lx <sup>2</sup> . X	44	45	45	44	44	43	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	32	25
		Mlx = - 0,001 . q . lx <sup>2</sup> . X	36	42	46	50	53	56	58	59	60	61	62	62	62	62	63	63	63	63
II		Mly = + 0,001 . q . lx <sup>2</sup> . X	36	37	38	38	38	37	36	35	35	35	35	34	34	34	34	34	34	15
		Mlx = - 0,001 . q . lx <sup>2</sup> . X	36	42	46	50	53	56	58	59	60	61	62	62	62	62	63	63	63	63
		Mly = - 0,001 . q . lx <sup>2</sup> . X	36	37	38	38	38	37	36	35	35	35	35	34	34	34	34	34	34	34
III		Mlx = + 0,001 . q . lx <sup>2</sup> . X	48	55	61	67	71	76	79	82	84	86	88	89	90	91	92	92	94	
		Mly = + 0,001 . q . lx <sup>2</sup> . X	48	50	51	51	51	51	51	50	50	49	49	49	48	48	47	47	47	19
		Mlx = - 0,001 . q . lx <sup>2</sup> . X	48	55	61	67	71	76	79	82	84	86	88	89	90	91	92	92	94	94
IV A		Mlx = + 0,001 . q . lx <sup>2</sup> . X	48	50	51	51	51	51	51	50	50	49	49	49	48	48	47	47	47	
		Mly = + 0,001 . q . lx <sup>2</sup> . X	51	57	62	67	70	73	75	77	78	79	79	79	79	79	79	79	79	79
		Mlx = - 0,001 . q . lx <sup>2</sup> . X	51	57	62	67	70	73	75	77	78	79	79	79	79	79	79	79	79	79
IV B		Mlx = + 0,001 . q . lx <sup>2</sup> . X	51	54	57	59	60	61	62	62	63	63	63	63	63	63	63	63	63	
		Mly = + 0,001 . q . lx <sup>2</sup> . X	22	20	18	17	15	14	13	12	11	10	10	9	9	9	9	9	9	
		Mlx = - 0,001 . q . lx <sup>2</sup> . X	51	54	57	59	60	61	62	62	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63
V A		Mlx = + 0,001 . q . lx <sup>2</sup> . X	31	38	45	53	59	66	72	78	83	88	92	96	99	102	105	108	125	
		Mly = + 0,001 . q . lx <sup>2</sup> . X	60	65	69	73	75	77	78	79	79	80	80	80	80	79	79	79	79	
		Mlx = - 0,001 . q . lx <sup>2</sup> . X	60	65	69	73	75	77	78	79	79	80	80	80	80	79	79	79	79	
V B		Mlx = + 0,001 . q . lx <sup>2</sup> . X	60	66	71	76	79	82	85	87	88	89	90	91	91	92	92	93	94	
		Mly = + 0,001 . q . lx <sup>2</sup> . X	31	30	28	27	25	24	22	21	20	19	18	17	17	16	16	15	15	
		Mlx = - 0,001 . q . lx <sup>2</sup> . X	60	66	71	76	79	82	85	87	88	89	90	91	91	92	92	93	94	
VI A		Mlx = + 0,001 . q . lx <sup>2</sup> . X	38	46	53	59	65	69	73	77	80	83	85	86	87	88	89	90	94	
		Mly = + 0,001 . q . lx <sup>2</sup> . X	43	46	48	50	51	51	51	50	50	50	49	49	48	48	48	48	48	
		Mlx = - 0,001 . q . lx <sup>2</sup> . X	38	46	53	59	65	69	73	77	80	83	85	86	87	88	89	90	94	
VI B		Mly = + 0,001 . q . lx <sup>2</sup> . X	43	46	48	50	51	51	51	50	50	50	49	49	48	48	48	48	48	
		Mlx = - 0,001 . q . lx <sup>2</sup> . X	43	46	48	50	51	51	51	50	50	50	49	49	48	48	48	48	48	
		Mlx = + 0,001 . q . lx <sup>2</sup> . X	13	48	51	55	57	58	60	61	62	62	62	62	63	63	63	63	63	
VII B		Mly = + 0,001 . q . lx <sup>2</sup> . X	38	39	38	38	37	36	36	35	35	34	34	34	33	33	33	33	33	
		Mlx = - 0,001 . q . lx <sup>2</sup> . X	13	48	51	55	57	58	60	61	62	62	62	62	63	63	63	63	63	
		Mly = - 0,001 . q . lx <sup>2</sup> . X	38	39	38	38	37	36	36	35	35	34	34	34	33	33	33	33	33	

Keterangan : -- Terletak bebas  
 -- Menerus atau terjepit elastis

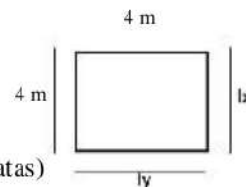
- Perhitungan Momen untuk Pelat Ukuran 4 x 4

ly = 4 m lx = 4 m

$\frac{i_y}{i_x} = \frac{4}{4}$

= 1 (Lihat Koefisien X tabel di atas)

mlx = 0,001 . Wu . lx<sup>2</sup> . X





$$= 0,001 \cdot 545,2 \text{ Kg/m}^2 \cdot 4^2 \text{ m} \cdot 36$$

$$= 314,0352 \text{ kgm}$$

$$\text{mly} = 0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot X$$

$$= 0,001 \cdot 545,2 \text{ Kg/m}^2 \cdot 4^2 \text{ m} \cdot 36$$

$$= 314,0352 \text{ kgm}$$

$$-mt_x = ml_x = 314,0352 \text{ kgm}$$

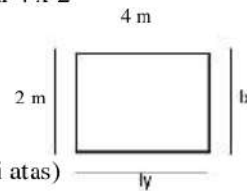
$$-mt_x = ml_x = 314,0352 \text{ kgm}$$

- Perhitungan Momen untuk Pelat Ukuran 4 x 2

$$l_y = 4 \text{ m } l_x = 2 \text{ m}$$

$$\frac{i_y}{i_x} = \frac{4}{2}$$

= 2 (Lihat Koefisien X tabel di atas)



$$ml_x = 0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot X$$

$$= 0,001 \cdot 545,2 \text{ Kg/m}^2 \cdot 2^2 \text{ m} \cdot 62$$

$$= 135,2096 \text{ kgm}$$

$$\text{mly} = 0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot X$$

$$= 0,001 \cdot 545,2 \text{ Kg/m}^2 \cdot 2^2 \text{ m} \cdot 35$$

$$= 76,328 \text{ kgm}$$

$$-mt_x = ml_x = 135,2096 \text{ kgm}$$

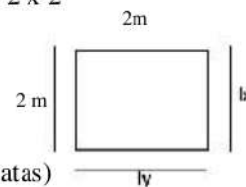
$$-mt_x = ml_x = 76,328 \text{ kgm}$$

- Perhitungan Momen untuk Pelat Ukuran 2 x 2

$$l_y = 2 \text{ m } l_x = 2 \text{ m}$$

$$\frac{i_y}{i_x} = \frac{2}{2}$$

= 1 (Lihat Koefisien X tabel di atas)



$$ml_x = 0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot X$$

$$= 0,001 \cdot 545,2 \text{ Kg/m}^2 \cdot 2^2 \text{ m} \cdot 36$$

$$= 78,5088 \text{ kgm}$$

$$\text{mly} = 0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot X$$

$$= 0,001 \cdot 574 \text{ Kg/m}^2 \cdot 2^2 \text{ m} \cdot 36$$

$$= 78,5088 \text{ kgm}$$

$$-mt_x = ml_x = 78,5088 \text{ kgm}$$

$$-mt_x = ml_x = 78,5088 \text{ kgm}$$

**Perhitungan tulangan pelat**

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{1,4}{F_y} \\ &= \frac{1,4}{360} \\ &= 0,0038 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{Balance}} &= \frac{0,85 \times \beta \times F_c}{F_y} \times \frac{600}{600 + F_y} \\ &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 22}{360} \times \frac{600}{600 + 360} \\ &= 0,0276 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{Max}} &= 0,75 \times \rho_{\text{Balance}} \\ &= 0,75 \times 0,0276 \\ &= 0,207 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_{\text{Efektif}} &= \text{Tinggi Balok} - \text{Selimut Beton} \\ &= 100 - 20 \\ &= 80 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$\phi = 0,8$$

Pelat Type A, <sup>1</sup>Ukuran (4 m x 4 m)

**Lapangan X**

$$\begin{aligned} M_u &= 314,0352 \text{ kgm} \\ &= 3,140352 \text{ kN.m} \\ &= 3140352 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} \\
 &= \frac{3140352}{0,8 \times 1000 \times 80^2} \\
 &= \frac{3140352}{5120000} \\
 &= 0,613 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M &= \frac{F_y}{0,85 \times F_c} \\
 &= \frac{360}{0,85 \times 22} \\
 &= 19,251 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{Hitung}} &= \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{19,251} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,251 \times 0,613}{360}} \right) \\
 &= 0,002
 \end{aligned}$$

$\rho_{\text{Hitung}} = 0,002 < \rho_{\text{Min}} = 0,0038 < \rho_{\text{Max}} = 0,0207$ , Jadi di pakai  
 $\rho_{\text{Min}} = 0,0038$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho_{\text{Hitung}} \times b \times d \text{ efektif} \\
 &= 0,0038 \times 100 \times 8 \\
 &= 3,04 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Jadi Di Pakai Tul. Bawah =  $\Phi 10 - 200$

### Tumpuan X

$$M_u = 314,0352 \text{ kgm}$$

$$= 3,140352 \text{ kN.m}$$

$$= 3140352 \text{ N.mm}$$

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

$$= \frac{3140352}{0,8 \times 1000 \times 100^2}$$

$$= \frac{3140352}{5120000}$$

$$= 0,613 \text{ Mpa}$$

$$M = \frac{F_y}{0,85 \times F_c}$$

$$= \frac{360}{0,85 \times 22}$$

$$= 19,251 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{\text{Hitung}} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}}\right)$$

$$= \frac{1}{19,251} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,251 \times 0,613}{360}}\right)$$

$$= 0,002$$

$\rho_{\text{Hitung}} = 0,002 < \rho_{\text{Min}} = 0,0038 < \rho_{\text{Max}} = 0,0207$ , Jadi di pakai

$\rho_{\text{Min}} = 0,0038$

$A_s = \rho_{\text{Hitung}} \times b \times d$  efektif

$$= 0,0038 \times 100 \times 8$$

$$= 3,04 \text{ cm}^2$$

$A_s' = \frac{6}{100} \times b \times h_f$



Dengan cara Perhitungan yang sama di hitung juga tipe pelat B = 4 x 2 dan C = 2 x 2 pada program Excel dan didapatkan nilai sebagai berikut :

Tabel Perhitungan Momen dan Ratio Tualngan Pelat Atap

Tipe Plat	Ukuran Pelat (m)	ly	lx	ly/lx	5 <sup>k</sup> (mlx)	x (mly)	x (mix)	mly	mtx-	mty-	Q Min	Q Balance	Q Max
A	4 x 4	4	4	1	36	36	36	314,0352	314,0352	314,0352	0,0038	0,0276	0,0207
B	4 x 2	4	2	2	62	35	62	135,2096	135,2096	76,328	0,0038	0,0276	0,0207
C	2 x 2	2	2	1	36	36	36	78,5088	78,5088	78,5088	0,0038	0,0276	0,0207

Tabel Perhitungan Tulangan Lapangan Pelat Atap

TULANGAN LAPANGAN											
Lapangan X						Lapangan Y					
Rn (tx)	m	Q Hitung	Cek	As	Tul. Bawah	Rn	m	Q Hitung	Cek	As	Tul. Bawah
0,613	19,251	0,002	<	3,04	□10 - 200	0,613	19,251	0,002	<	3,04	□10 - 200
0,264	19,251	0,00074	<	3,04	□10 - 200	0,149	19,251	0,00042	<	3,04	□10 - 200
0,153	19,251	0,00043	<	3,04	□10 - 200	0,153	19,251	0,00043	<	3,04	□10 - 200

Tabel Perhitungan Tulangan Tumpuan Pelat Atap

TULANGAN TUMPUAN															
Tumpuan x							Tumpuan Y								
Rn	m	ρ Hitung	Cek	As	As'	Tul. Atas	Tul. Bagi	Rn.ty	m	ρ Hitung	Cek	As	As'	Tul. Atas	Tul. Bagi
0,613	19,251	0,002	<	3,04	2	□10 - 200	□8 - 200	0,613	19,251	0,002	<	3,04	2	□10 - 200	□8 - 200
0,264	19,251	0,00074	<	3,04	2	□10 - 200	□8 - 200	0,149	19,251	0,00042	<	3,04	2	□10 - 200	□8 - 200
0,153	19,251	0,00043	<	3,04	2	□10 - 200	□8 - 200	0,153	19,251	0,00043	<	3,04	2	□10 - 200	□8 - 200

### 5.3 Perencanaan Penulangan Kolom

#### 5.3.1 Kolom Utama Lantai 1

Data

$$\text{Aksial (Pu) Batang (359)} = 149062,91 \text{ Kg.m} = 1461,81 \text{ Kn}$$

$$\text{Momen (Mu1)} = 16090,57 \text{ Kg.m} = 157,795 \text{ Kn}$$

$$\text{Momen (Mu2)} = 15093,40 \text{ Kg.m} = 148,0156 \text{ Kn}$$

$$\text{Dimensi Kolom} = 500 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}$$

$$F'c = 22 \text{ Mpa} = 220 \text{ Kg/m}^2$$

$$Fy = 360 \text{ MPa} = 3600 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Tinggi Kolom (h)} = 500 \text{ mm} = 50 \text{ cm}$$

$$\text{Lebar Kolom (b)} = 500 \text{ mm} = 50 \text{ cm}$$

$$\text{Selimut Beton (d')} = 40 \text{ mm} = 4 \text{ cm}$$

$$\text{Tinggi Efektif (d)} = 460 \text{ mm} = 46 \text{ cm}$$

$$\text{Standart Faktor Keamanan} = 3 \%$$

$$\text{Untuk } F'c \leq 30 \text{ MPa, } \beta = 0,85$$

$$\Phi, \square \text{ (untuk kolom sengkang)} = 0,65$$

$$\text{Kolom sengkang} = 0,85$$

Penyelesaian :

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

$$d = b - (\text{selimut beton})$$

$$= 500 \text{ mm} - 40 \text{ mm}$$

$$= 460 \text{ mm}$$

Pengecekan Jenis Kolom dalam SKSNI 2012 Kolom Di bedakan Menjadi 2 Yaitu Kolom Pendek dimana tidak ada bahaya tekuk dan Kolom Panjang di mana bahaya tekuk di perhitungkan.

Tinggi Kolom  $> 3 \times$  Dimensi kolom (500/500)

$$4,5 \text{ m} > 3 \times 1$$

$$4,5 \text{ m} > 3 \times 1$$

(Maka Di ketahui adalah Kolom Panjang Atau Kolom Langsing)

#### 1. Menghitung Kelangsingan dan Pembesaran Momen

##### a. Perhitungan Kekakuan

Elastisitas beton (SNI 2013 Pasal 8.5.1) :



$$E_c = 4700 \times \sqrt{f_c} \rightarrow E_c = 4700 \times \sqrt{22} = 22044,95 \text{ N/mm}^2$$

Inersia Penampang Utuh Kolom :

$$I_g = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{500 \times 500^3}{12} = 5.208.333.333,333 \text{ mm}^2$$

Panjang Nominal Kolom :

$$L_n(\text{kolom}) = 4500 - (0,5 \times 500) = 4250 \text{ mm}$$

Inersia Penampang Utuh Balok :

$$I_g = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{400 \times 500^3}{12} = 4.166.666.666,667 \text{ mm}^2$$

Panjang nominal Balok :

$$L_n(\text{Balok}) = 4000 - (0,5 \times (500 + 500)) = 3500 \text{ mm}$$

Untuk menghitung Nilai  $\beta_{dns}$  di perlukan Nilai Beban mati (DL) dan Beban Hidup (LL) pada Kolom lantai 1 yang di dapat dari

Perhitungan dimensi Kolom :

$$DL = 59223 \text{ kg} \quad LL = 21600 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \beta_{dns} &= \frac{1,2D}{1,2D + 1,6L} \\ &= \frac{1,2 \times 59223}{(1,2 \times 59223) + (1,6 \times 21600)} \\ &= 0,673 \end{aligned}$$

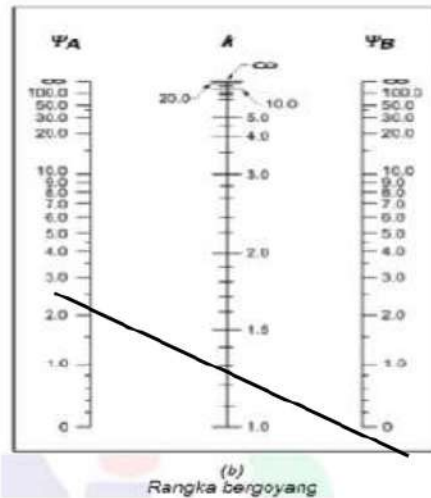
$$\begin{aligned} EI_{\text{Kolom}} &= \frac{0,7 E_c I_g}{1 + \beta_{dns}} \quad (\text{SNI 2847-2013 10.10.4.1}) \\ &= \frac{0,7 \times 22044,95 \times 5.208.333.333,333}{1 + 0,673} \\ &= 48,041 \cdot 10^{12} \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} EI_{\text{Balok}} &= \frac{0,35 E_c I_g}{1 + \beta_{dns}} \quad (\text{SNI 2847-2013 10.10.4.1}) \\ &= \frac{0,35 \times 22044,95 \times 4.166.666.666,667}{1 + 0,673} \\ &= 19,22 \cdot 10^{12} \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

### b. Menentukan Panjang Tekuk Kolom

Kolom Bagian Atas  $\Psi_B = 0$  Karena Tumpuan Jepit. Dalam perencanaan tidak menggunakan sistem pengaku sehingga memungkinkan adanya goyangan pada elemen struktur, maka digunakan Rangka Unbraced / Bergoyang.

$$\begin{aligned}\Psi_A &= \frac{\sum EI L_n(\text{kolom})}{\sum EI L_n(\text{Balok})} \\ &= \frac{(48,041 \times 10^{12})}{4250} \\ &= \frac{(19,22 \times 10^{12})}{3500} \\ &= 2,058\end{aligned}$$



<sup>12</sup> Dari grafik nomogram panjang efektif kolom tanpa pengaku (unbraced frame) diperoleh nilai faktor k sebesar 1,28

### c. Check terhadap faktor kelangsingan

Nilai Radius Girasi (r) untuk kolom Unbraced adalah:

$$\begin{aligned}r &= 0,3 \times h \quad (\text{SNI 2847 2013 10.10.1.2}) \\ &= 0,3 \times 500 \\ &= 150\end{aligned}$$

$$\frac{kL_u}{r} = \frac{1,28 \times 4250}{150} = 36,26 > 22 \text{ (Kelangsingan di Perhitungkan).}$$

**d. Perhitungan pembesaran momen**

$$\begin{aligned} EI_{\text{kolom}} &= \frac{0,4 E_c I_g}{(1 + \beta_{\text{dns}})} \\ &= \frac{0,4 \times 22044,95 \times 5.208.333.333,333}{1 + 0,673} \\ &= 27,45 \cdot 10^{12} \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban Kritis, } P_c &= \frac{\pi^2 \times EI}{(k \times L_n)^2} \\ &= \frac{3,14^2 \times 27,45 \cdot 10^{12}}{(1,4 \times 4250)^2} \\ &= 7644827,91 \text{ N} \\ &= 7644,83 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_m &= 0,6 + 0,4 \times \frac{M_1}{M_2} \\ &= 0,6 + 0,4 \times \frac{157,795}{148,0156} = 1,066 > 0,4 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Sehingga Pembesaran Momen  $\delta_s$  Dapat di hitung sebagai Berikut:

$$\begin{aligned} \delta_s &= \frac{1,066}{1 - \frac{P_U}{0,75 P_c}} \geq 1 \\ &= \frac{1,066}{1 - \frac{1461,81}{0,75 \times 7644,83}} \geq 1 \\ &= 1,43 \geq 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_c &= \delta_s \times M_2 \\
 &= 1,43 \times 148,0156 \text{ Kn.m} \\
 &= 211,662 \text{ Kn.m}
 \end{aligned}$$

Jadi momen yang di perbesar akibat Beban tekuk adalah 211,662 Kn.m

## 2. Perhitungan Penulangan, Eksentritas dan Kekuatan Penampang Kolom

Menghitung Gaya Aksial :

$$\begin{aligned}
 e &= \frac{M_u}{P_u} \\
 &= \frac{157,795 \cdot 10^3}{14611,81} \\
 &= 107,94 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

**Menentukan penulangan dan ukuran kolom**

Dalam perencanaan sebelumnya direncanakan **ukuran kolom 500 x 500 dengan Pg 3 %**

$$\rho = \rho' = \frac{A_s}{b \times d} = P_s = 3 \% \text{ (masing-masing)} = 1,5 \%$$

$$0,015 = \frac{A_s}{500 \times 460}$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= 0,015 \times 500 \times 460 \\
 &= 3450 \text{ mm}^2 \rightarrow 34,50 \text{ cm}^2 \text{ (Memakai besi ulir = 4D29)}
 \end{aligned}$$

$$A_s = A_s' = 3450 \text{ mm}^2$$

$$A_s = A_s' = 4D29$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \frac{n}{4} \pi D^2 \\
 &= \frac{4}{4} \times 3,14 \times 29^2 \\
 &= 2640,74 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\rho \text{ Aksial} = \frac{A_s}{b \times d}$$

$$= \frac{3434,75}{500 \times 460}$$

$$= 0,011$$

**Luas Tulangan Total :**

$$\begin{aligned} \text{As Total} &= 2 \times \text{As} \\ &= 2 \times 2640,74 \text{ mm}^2 \\ &= 5281,48 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ag} &= b \times h \\ &= 500 \times 500 \\ &= 250000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

**1** Cek apakah eksentrisitas (e) lebih besar atau lebih kecil dari pada eksentrisitas balance (eb) :

$$\begin{aligned} \text{Cb} &= \frac{600 \times d}{600 + F_y} \\ &= \frac{600 \times 460}{600 + 360} \\ &= \frac{276000}{960} \\ &= 287,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ab} &= \beta_1 \times \text{Cb} \\ &= 0,85 \times 287,5 \text{ mm} \\ &= 244,375 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f'_s &= 600 \times \frac{\text{Cb} - d}{\text{Cb}} \\ &= 600 \times \frac{287,5 - 40}{287,5} \\ &= 600 \times 0,86 \\ &= 516,52 \text{ MPa} > f_y = 360 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi P_{nb} &= 0,65 ( 0,85 \times f'_c \times b \times \text{ab} + \text{As}' \times f'_s - \text{As} \times f_y ) 10^{-3} \\ &= 0,65 ( 0,85 \times 22 \times 500 \times 244,375 + 2640,74 \times 516 \\ &\quad - 2640,74 \times 360 ) 10^{-3} \\ &= 1753,856 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Phi M_{nb} &= 0,65 (0,65 \times 0,85 \times f'_c \times b \times a_b \times (d - a_b/2) + 0,65 \times \\
 & \quad F_s \times A_s \times (d - d')) \times 10^{-6} \\
 &= 0,65 (0,65 \times 0,85 \times 22 \times 500 \times 244,375 \times (460 - \\
 & \quad 244,375/2) + 0,65 \times 516 \times 2640,74 \times (460 - 40)) \times 10^6 \\
 &= 568,157 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e_b &= \frac{M_{nb}}{P_{nb}} \\
 &= \frac{568,157 \times 10^7}{1753,856} \\
 &= 323,947 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$e_b = 323,947 \text{ mm} > e = 107,94 \text{ mm}$$

Karena  $e_b > e$ , maka keruntuhan kolom berupa keruntuhan tekan.

**Pemeriksaan kekakuan penampang Persamaan witney untuk kolom persegi gagal tekan menentukan :**

$$Q_n = \frac{A_s \times f_y}{d - d'} + 0,5 + \frac{A_g \times f'_c}{3 \times h \times c + 1,18 d^2}$$

$$Q_n = \frac{2640,74 \times 360}{460 - 40} + 0,5 + \frac{250000 \times 22}{3 \times 500 \times 107,94 + 1,18 \times 460^2}$$

$$= 4083281,449 \text{ mm}$$

$$= 4083,281 \text{ Kn} > P_n \text{ perlu} = 1461,81 \text{ Kn} \dots (\text{Aman})$$

$$\Phi P_n = 0,65 \times P_n$$

$$= 0,65 \times 4083,281 \text{ Kn}$$

$$= 2654,132 \text{ Kn} > P_u = 1461,81 \text{ Kn} \dots (\text{Aman})$$

$$MR = \Phi P_n \times e \times 10^{-3}$$

$$= 2654,132 \times 107,94 \times 10^{-3}$$

$$= 286,499 \text{ kN.m} > M_u = 157,794 \text{ kN.m} \dots (\text{Aman})$$

Berdasarkan perhitungan kebutuhan tulangan pokok pada kolom ditinjau (dimensi 500 x 500 mm), maka diperoleh tulangan pokok yang akan dipakai adalah 4D29

#### Perhitungan sengkang pada kolom :

Dari perhitungan diatas didapat  $A_{st} = 5281,48 \text{ mm}^2$  dan lebar kolom 500 mm didapat luas lintang kotor dari kolom  $A_g = 250000 \text{ mm}^2$ .

$$\begin{aligned} \text{Maka, } \rho_g &= \frac{A_{st}}{A_g} \\ &= \frac{5281,48}{250000} \\ &= 0,021 \end{aligned}$$

$$0,01 < \rho_g = 0,021 < 0,08$$

Pemeriksaan pemikat sengkang :

Penulangan sengkang menggunakan batang tulangan D10, umumnya dapat diterima untuk penggunaan batang tulangan jarak spasi tulangan sengkang tidak boleh lebih besar dari nilai terkecil berikut ini :

$$48 \text{ kali diameter batang tulangan sengkang} = 48(10) = 480 \text{ mm}$$

$$16 \text{ kali diameter batang tulangan memanjang} = 16(29) = 464 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar kolom} = 500 \text{ mm}$$

Dengan demikian jarak spasi tulangan sengkang 464 mm telah memenuhi syarat. Susunan tulangan sengkang ditetapkan secara pemeriksaan jarak bersih antara batang tulangan pokok memanjang sampai d lebih besar dari 150 mm. Apabila jarak bersih tersebut lebih besar dari 150 mm, maka sengkang memerlukan batang pengikat tambahan untuk memperkokoh kedudukan tulangan pokok sesuai dengan ketentuan SK SNI T – 15 – 1991 – 03 pasal 10 ayat 5.3.

$$\text{Jarak bersih} = \frac{1}{2}(500 - 2(40) - 2(10) - 4(29)) = 142 \text{ mm} < 150 \text{ mm}$$

Maka tidak diperlukan tulangan pengikat tambahan untuk kolom ini untuk memperkokoh kedudukan tulangan pokok.

### 5.3.2 Kolom Utama Lantai 2

Data

Aksial (Pu) Batang (358)	= 108459,63 Kg.m = 1063,626 Kn
Momen (Mu1)	= 13885,63 Kg.m = 136,172 Kn.m
Momen (Mu2)	= 14517,56 Kg.m = 142,369 Kn.m
Dimensi Kolom <sup>20</sup>	= 450 mm x 450 mm
F'c	= 22 MPa = 220 Kg/m <sup>2</sup>
Fy	= 360 MPa = 3600 Kg/m <sup>2</sup>
Tinggi Kolom (h)	= 450 mm = 45 cm
Lebar Kolom (b)	= 450 mm = 45 cm
Selimit Beton (d') <sup>36</sup>	= 40 mm = 4 cm
Tinggi Efektif (d)	= 410 mm = 41 cm
Standart Faktor Keamanan <sup>19</sup>	= 3 %
Untuk F'c ≤ 30 MPa. β	= 0,85
Φ, □ (untuk kolom sengkang)	= 0,65
Kolom sengkang	= 0,85

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}
 b &= 450 \text{ mm} \\
 d &= b - (\text{selimit beton}) \\
 &= 450 \text{ mm} - 40 \text{ mm} \\
 &= 410 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Pengecakan Jenis Kolom dalam SKSNI 2012 Kolom Di bedakan Menjadi 2 Yaitu Kolom Pendek dimana tidak ada bahaya tekuk dan Kolom Panjang di mana bahaya tekuk di perhitungkan.

Tinggi Kolom > 3 x Dimensi kolom (450/450)

$$4,5 \text{ m} > 3 \times 1$$

$$4,5 \text{ m} > 3 \times 1$$

(Maka Di ketahui adalah Kolom Panjang Atau Kolom Langsing)

#### 1. Menghitung Kelangsingan dan Pembesaran Momen

##### a. Perhitungan Kekakuan

Elastisitas beton (SNI 2013 Pasal 8.5.1) :

$$E_c = 4700 \times \sqrt{f'_c} \rightarrow E_c = 4700 \times \sqrt{22} = 22044,95 \text{ N/mm}^2$$



Inersia Penampang Utuh Kolom :

$$I_g = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{450 \times 450^3}{12} = 3.417.187.500 \text{ mm}^2$$

Panjang Nominal Kolom :

$$L_n(\text{kolom}) = 4500 - (0,5 \times 500) = 4250 \text{ mm}$$

Inersia Penampang Utuh Balok :

$$I_g = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{400 \times 500^3}{12} = 4.166.666.666.667 \text{ mm}^2$$

Panjang nominal Balok :

$$L_n(\text{Balok}) = 4000 - (0,5 \times (450 + 450)) = 3550 \text{ mm}$$

Untuk Menghitung Nilai  $\beta_{dns}$  di perlukan Nilai **Beban mati (DL)** dan **Beban Hidup (LL)** pada **Kolom lantai 2** yang di dapat dari Perhitungan dimensi Kolom :

$$DL = 41673 \text{ kg} \quad LL = 15200 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \beta_{dns} &= \frac{1,2D}{1,2D + 1,6L} \\ &= \frac{1,2 \times 41673}{(1,2 \times 41673) + (1,6 \times 15200)} \\ &= 0,673 \end{aligned}$$

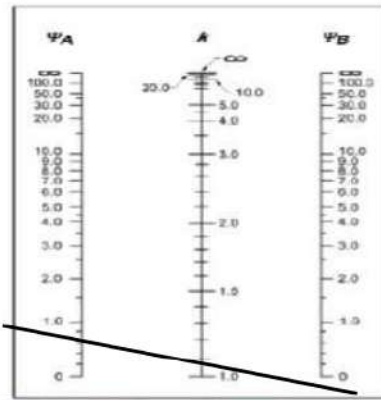
$$\begin{aligned} EI_{\text{kolom}} &= \frac{0,7 E_c I_g}{1 + \beta_{dns}} \quad (\text{SNI 2847-2013 10.10.4.1}) \\ &= \frac{0,7 \times 22044,95 \times 3.417.187.500}{1 + 0,673} \\ &= 31,52 \cdot 10^{12} \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} EI_{\text{Balok}} &= \frac{0,35 E_c I_g}{1 + \beta_{dns}} \quad (\text{SNI 2847-2013 10.10.4.1}) \\ &= \frac{0,35 \times 22044,95 \times 4.166.666.666,667}{1 + 0,673} \\ &= 38,43 \cdot 10^{12} \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

### b. Menentukan Panjang Tekuk Kolom

Kolom Bagian Atas  $\Psi_B = 0$  Karena Tumpuan Jepit. Dalam perencanaan tidak menggunakan sistem pengaku sehingga memungkinkan adanya goyangan pada elemen struktur, maka digunakan Rangka Unbraced / Bergoyang.

$$\begin{aligned}\Psi_A &= \frac{\sum EI/L_n(\text{kolom})}{\sum EI/L_n(\text{Balok})} \\ &= \frac{\left(\frac{31,52 \times 10^{12}}{4250}\right)}{\left(\frac{38,43 \times 10^{12}}{3550}\right)} \\ &= 0,685\end{aligned}$$



12 Dari grafik nomogram panjang efektif kolom tanpa pengaku (unbraced frame) diperoleh nilai faktor k sebesar 1,08

### c. Check terhadap faktor kelangsingan

27 Nilai Radius Girasi (r) untuk kolom Unbraced adalah:

$$\begin{aligned}r &= 0,3 \times h \quad (\text{SNI 2847 2013 10.10.1.2}) \\ &= 0,3 \times 450 \\ &= 135\end{aligned}$$

$$\frac{kL_e}{r} = \frac{1,08 \times 4250}{135} = 34 > 22 \quad (\text{Kelangsingan di Perhitungkan}).$$

**d. Perhitungan pembesaran momen**

$$\begin{aligned}
 EI_{\text{kolom}} &= \frac{0,4 E_c I_g}{(1 + \nu \beta_{\text{dns}})} \\
 &= \frac{0,4 \times 22044,95 \times 3.417.187.500}{1 + 0,673} \\
 &= 18,01 \cdot 10^{12} \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban Kritis, } P_c &= \frac{\pi^2 \times EI}{(k \times L_n)^2} \\
 &= \frac{3,14^2 \times 18,01 \cdot 10^{12}}{(1,08 \times 4250)^2} \\
 &= 7433604,793 \text{ N} \\
 &= 7433,605 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_m &= 0,6 + 0,4 \times \frac{M_1}{M_2} \\
 &= 0,6 + 0,4 \times \frac{136,172}{142,369} \\
 &= 0,98 > 0,4 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Sehingga Pembesaran Momen  $\delta_s$  Dapat di hitung sebagai Berikut:

$$\begin{aligned}
 \delta_s &= \frac{0,98}{1 - \frac{P_U}{0,75 P_c}} \geq 1 \\
 &= \frac{0,98}{1 - \frac{1063,626}{0,75 \times 7433,605}} \geq 1 \\
 &= 1,21 \geq 1
 \end{aligned}$$

$$M_c = \delta_s \times M_2$$

$$= 1,21 \times 142,369 \text{ Kn.m}$$

$$= 172,266 \text{ Kn.m}$$

Jadi momen yang di perbesar akibat Beban tekuk adalah 172,266 Kn.m

## 2. Perhitungan Penulangan Eksentritas dan Kekuatan Penampang Kolom

Menghitung Gaya Aksial :

$$\begin{aligned} e &= \frac{M_u}{P_u} \\ &= \frac{142,369 \cdot 10^3}{1063,625} \\ &= 133,852 \text{ mm} \end{aligned}$$

### - Menentukan penulangan dan ukuran kolom

Dalam perencanaan sebelumnya direncanakan **ukuran kolom 450 x 450 dengan Pg 3 %**

$$q = q' = \frac{A_s}{b \times d} = P_s = 3 \% \text{ (masing-masing)} = 1,5 \%$$

$$0,015 = \frac{A_s}{450 \times 410}$$

$$\begin{aligned} A_s &= 0,015 \times 450 \times 410 \\ &= 2767,5 \text{ mm}^2 \rightarrow 27,7 \text{ cm}^2 \text{ (Memakai besi Ulir 4D25)} \end{aligned}$$

$$A_s = A_s' = 2767,5 \text{ mm}^2$$

$$A_s = A_s' = 4D25$$

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{\pi}{4} D^2 \\ &= \frac{\pi}{4} \times 3,14 \times 25^2 \\ &= 1962,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q \text{ Aksial} &= \frac{A_s}{b \times d} \\ &= \frac{1962,5}{450 \times 410} \end{aligned}$$

$$= 0,01$$

- **Luas Tulangan Total :**

$$\begin{aligned} A_s \text{ Total} &= 2 \times A_s \\ &= 2 \times 1962,5 \text{ mm}^2 \\ &= 3925 \text{ mm}^2 \\ A_g &= b \times h \\ &= 450 \times 450 \\ &= 202500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- **Cek apakah eksentrisitas (e) lebih besar atau lebih kecil dari pada eksentrisitas balance (eb) :**

$$\begin{aligned} C_b &= \frac{600 \times d}{600 + F_y} \\ &= \frac{600 \times 410}{600 + 360} \\ &= \frac{246000}{960} \\ &= 256,25 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_b &= \beta_1 \times C_b \\ &= 0,85 \times 256,25 \text{ mm} \\ &= 217,8125 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f'_s &= 600 \times \frac{C_b - d}{C_b} \\ &= 600 \times \frac{256,25 - 410}{256,25} \\ &= 600 \times 0,8439 \\ &= 506,34 \text{ MPa} > f_y = 360 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi P_{nb} &= 0,65 (0,85 \times f'_c \times b \times a_b + A_s' \times f'_s - A_s \times f_y) \times 10^{-3} \\ &= 0,65 (0,85 \times 22 \times 450 \times 217,8125 + 19,625 \times 506,34 - \\ &\quad 2767,5 \times 360) \times 10^{-3} \\ &= 1378,057 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi M_{nb} &= 0,65 (0,65 \times 0,85 \times f'_c \times b \times a_b \times (d - a_b/2) + 0,65 \times \\ &\quad f_s \times A_s \times (d - d')) \times 10^{-6} \end{aligned}$$

$$= 0,65 (0,65 \times 0,85 \times 22 \times 450 \times 217,8125 \times (410 - 217,8125/2) + 0,65 \times 506,34 \times (410 - 40)10^{-6}$$

$$= 388,505 \text{ kN.m}$$

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

$$= \frac{388,505 \times 10^7}{1378,057}$$

$$= 281,923 \text{ mm}$$

$$e_b = 281,923 \text{ mm} > e = 133,852 \text{ mm}$$

Karena  $e_b < e$ , maka keruntuhan kolom berupa keruntuhan tekan.

**- Pemeriksaan kekakuan penampang Persamaan Whitney untuk kolom persegi gagal tekan menentukan :**

$$Q_n = \frac{A_s \times f_y}{d-d'} + 0,5 + \frac{A_g \times f_c}{3 \times h \times e} + 1,18$$

$$Q_n = \frac{1962,5 \times 360}{410 - 40} + 0,5 + \frac{122500 \times 22}{3 \times 450 \times 133,852} + 1,18$$

$$= 27954777,661 \text{ N}$$

$$= 2795,478 \text{ Kn} > P_n \text{ perlu} = 1063,625 \text{ Kn} \dots\dots\dots(\text{Aman})$$

$$\Phi P_n = 0,65 \times P_n$$

$$= 0,65 \times 2795,478 \text{ Kn}$$

$$= 1817,06 \text{ Kn} > P_u = 1063,625 \text{ Kn} \dots\dots\dots(\text{Aman})$$

$$MR = \Phi P_n \times e \times 10^{-3}$$

$$= 1817,06 \times 133,852 \times 10^{-3}$$

$$= 243,22 \text{ kN.m} > M_u = 142,369 \text{ kN.m} \dots\dots\dots(\text{Aman})$$

Berdasarkan perhitungan kebutuhan tulangan pokok pada kolom ditinjau (dimensi 450 x 450 mm ), maka diperoleh tulangan pokok yang akan dipakai adalah 4D25

- **Perhitungan sengkang pada kolom :**

Dari perhitungan diatas didapat  $A_{st} = 3925 \text{ mm}^2$  dan lebar kolom 350 mm didapat luas lintang kotor dari kolom  $A_g = 202500 \text{ mm}^2$ .

$$\begin{aligned} \text{Maka, } \rho_g &= \frac{A_{st}}{A_g} \\ &= \frac{3925}{202500} \\ &= 0,019 \end{aligned}$$

$$0,01 < \rho_g = 0,019 < 0,08$$

Pemeriksaan pemikat sengkang :

Penulangan sengkang menggunakan batang tulangan D10, umumnya dapat diterima untuk penggunaan batang tulangan jarak spasi tulangan sengkang tidak boleh lebih besar dari nilai terkecil berikut ini :

$$48 \text{ kali diameter batang tulangan sengkang} = 48(10) = 480 \text{ mm}$$

$$16 \text{ kali diameter batang tulangan memanjang} = 16(25) = 400 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar kolom} = 450 \text{ mm}$$

Dengan demikian jarak spasi tulangan sengkang 400 mm telah memenuhi syarat. Susunan tulangan sengkang ditetapkan secara pemeriksaan jarak bersih antara batang tulangan pokok memanjang sampai d lebih besar dari 150 mm. Apabila jarak bersih tersebut lebih besar dari 150 mm, maka sengkang memerlukan batang pengikat tambahan untuk memperkokoh kedudukan tulangan pokok sesuai dengan ketentuan SK SNI T - 15 - 1991 - 03 pasal 10 ayat 5.3.

$$\text{Jarak bersih} = \frac{1}{2}(450 - 2(40) - 2(10) - 4(25)) = 125 \text{ mm} < 150 \text{ mm}$$

Maka tidak diperlukan tulangan pengikat tambahan untuk kolom ini untuk memperkokoh kedudukan tulangan pokok.

### 5.3.3 Kolom Utama Lantai 3

Data

$$\text{Aksial (Pu) Batang (529)} = 42588,48 \text{ Kg.m} = 417,65 \text{ Kn}$$

$$\text{Momen (Mu1)} = 9787,23 \text{ Kg.m} = 95,979 \text{ Kn.m}$$

$$\text{Momen (Mu2)} = 10457,03 \text{ Kg.m} = 102,548 \text{ Kn.m}$$

Dimensi Kolom	= 400 mm x 400 mm
F'c	= 22 MPa = 220 Kg/m <sup>2</sup>
Fy	= 360 MPa = 3600 Kg/m <sup>2</sup>
Tinggi Kolom (h)	= 400 mm = 40 cm
Lebar Kolom (b)	= 400 mm = 40 cm
Selimit Beton (d')	= 40 mm = 4 cm
Tinggi Efektif (d)	= 360 mm = 36 cm
Standart Faktor Keamanan	= 3 %
Untuk F'c ≤ 30 MPa, β	= 0,85
Φ, □ (untuk kolom sengkang)	= 0,65
Kolom sengkang	= 0,85

Penyelesaian :

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

$$d = b - (\text{selimit beton})$$

$$= 400 \text{ mm} - 40 \text{ mm}$$

$$= 360 \text{ mm}$$

Pengecakan Jenis Kolom dalam SKSNI 2012 Kolom Di bedakan Menjadi 2 Yaitu Kolom Pendek dimana tidak ada bahaya tekuk dann Kolom Panjang di mana bahaya tekuk di perhitungkan.

Tinggi Kolom > 3 x Dimensi kolom (400/400)

$$4,5 \text{ m} > 3 \times 1$$

$$4,5 \text{ m} > 3 \times 1$$

(Maka Di ketahui adalah Kolom Panjang Atau Kolom Langsing)

## 1. Menghitung Kelangsingan dan Pembesaran Momen

### a. Perhitungan Kekakuan

Elastisitas beton (SNI 2013 Pasal 8.5.1) :

$$E_c = 4700 \times \sqrt{f'_c} \rightarrow E_c = 4700 \times \sqrt{22} = 22044,95 \text{ N/mm}^2$$

Inersia Penampang Utuh Kolom :



$$I_g = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{400 \times 400^3}{12} = 2.133.333.333,333 \text{ mm}^2$$

Panjang Nominal Kolom :

$$L_n(\text{kolom}) = 4500 - (0,5 \times 500) = 4250 \text{ mm}$$

Inersia Penampang Utuh Balok :

$$I_g = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{400 \times 500^3}{12} = 4.166.666.666,667 \text{ mm}^2$$

Panjang nominal Balok :

$$L_n(\text{Balok}) = 4000 - (0,5 \times (400 + 400)) = 3600 \text{ mm}$$

Untuk Menghitung Nilai  $\beta_{dns}$  di perlukan Nilai **Beban mati (DL)** dan **Beban Hidup (LL)** pada **Kolom lantai 3** yang di dapat dari Perhitungan dimensi Kolom :

$$DL = 24366 \text{ Kg} \quad LL = 8800 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned} \beta_{dns} &= \frac{1,2D}{1,2D + 1,6L} \\ &= \frac{1,2 \times 24366}{(1,2 \times 24366) + (1,6 \times 8800)} \\ &= 0,675 \end{aligned}$$

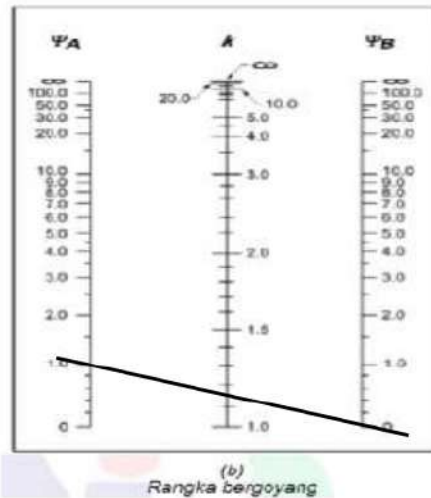
$$\begin{aligned} EI_{\text{kolom}} &= \frac{0,7 E_c I_g}{1 + \beta_{dns}} \quad (\text{SNI 2847-2013 10.10.4.1}) \\ &= \frac{0,7 \times 22044,95 \times 2.133.333.333,333}{1 + 0,675} \\ &= 19,65 \cdot 10^{12} \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} EI_{\text{Balok}} &= \frac{0,35 E_c I_g}{1 + \beta_{dns}} \quad (\text{SNI 2847-2013 10.10.4.1}) \\ &= \frac{0,35 \times 22044,95 \times 4.166.666.666,667}{1 + 0,675} \\ &= 19,19 \cdot 10^{12} \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

### b. Menentukan Panjang Tekuk Kolom

Kolom Bagian Atas  $\Psi_B = 0$  Karena Tumpuan Jepit. Dalam perencanaan tidak menggunakan sistem pengaku sehingga memungkinkan adanya goyangan pada elemen struktur, maka digunakan Rangka Unbraced / Bergoyang.

$$\begin{aligned}\Psi_A &= \frac{\sum EI L_n(\text{kolom})}{\sum EI L_n(\text{Balok})} \\ &= \frac{\left(\frac{19,65 \times 10^{12}}{4250}\right)}{\left(\frac{19,19 \times 10^{12}}{3600}\right)} \\ &= 0,87\end{aligned}$$



<sup>12</sup> Dari grafik nomogram panjang efektif kolom tanpa pengaku (unbraced frame) diperoleh nilai faktor k sebesar 1,15

### c. Check terhadap faktor kelangsingan

Nilai Radius Girasi (r) untuk kolom Unbraced adalah:

$$\begin{aligned}r &= 0,3 \times h \quad (\text{SNI 2847 2013 10.10.1.2}) \\ &= 0,3 \times 400 \\ &= 120\end{aligned}$$

$$\frac{k\ell_u}{r} = \frac{1,15 \times 4250}{120} = 40,729 > 22 \text{ (Kelangsingan di Perhitungkan).}$$

**d. Perhitungan pembesaran momen**

$$\begin{aligned} EI_{\text{kolom}} &= \frac{0,4 E_c I_g}{(1 + \beta_{\text{dns}})} \\ &= \frac{0,4 \times 22044,95 \times 2.133.333.333,333}{1 + 0,675} \\ &= 11,23 \cdot 10^{12} \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban Kritis, } P_c &= \frac{\pi^2 \times EI}{(k \times L_n)^2} \\ &= \frac{3,14^2 \times 11,23 \cdot 10^{12}}{(1,15 \times 4250)^2} \\ &= 4635168,34 \text{ N} \\ &= 4635,168 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_m &= 0,6 + 0,4 \times \frac{M_1}{M_2} \\ &= 0,6 + 0,4 \times \frac{95,979}{102,548} = 0,97 > 0,4 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Sehingga Pembesaran Momen  $\delta_s$  Dapat di hitung sebagai Berikut:

$$\begin{aligned} \delta_s &= \frac{0,97}{1 - \frac{P_U}{0,75 P_C}} \geq 1 \\ &= \frac{0,97}{1 - \frac{417,65}{0,75 \times 4635,168}} \geq 1 \end{aligned}$$

$$= 1,102 \geq 1$$

$$\begin{aligned} M_c &= \delta_s \times M_2 \\ &= 1,102 \times 102,548 \text{ Kn.m} \\ &= 113,008 \text{ Kn.m} \end{aligned}$$

Jadi momen yang di perbesar akibat Beban tekuk adalah 43,38498 Kn.m

- Menghitung Gaya Aksial :

$$\begin{aligned} e &= \frac{M_u}{P_u} \\ &= \frac{102,548 \cdot 10^4}{417,65} \\ &= 245,537 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Menentukan penulangan dan ukuran kolom

Dalam perencanaan sebelumnya direncanakan ukuran kolom 400 x 400 dengan  $P_g$  3 %

$$\rho = \rho' = \frac{A_s}{b \times d} = P_s = 3 \% \text{ (masing-masing)} = 1,5 \%$$

$$0,015 = \frac{A_s}{400 \times 360}$$

$$\begin{aligned} A_s &= 0,015 \times 400 \times 360 \\ &= 2160 \text{ mm}^2 \rightarrow 21,6 \text{ cm}^2 \text{ (Memakai besi Ulir 4D25)} \end{aligned}$$

$$A_s = A_s' = 2160 \text{ mm}^2$$

$$A_s = A_s' = 4D25$$

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{n}{4} \pi D^2 \\ &= \frac{4}{4} \times 3,14 \times 25^2 \\ &= 1962,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\rho \text{ Aksial} = \frac{A_s}{b \times d}$$

$$= \frac{1962,5}{400 \times 360}$$

$$= 0,014$$

- **Luas Tulangan Total :**

$$\begin{aligned} A_s \text{ Total} &= 2 \times A_s \\ &= 2 \times 1962,5 \text{ mm}^2 \\ &= 3925 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_g &= b \times h \\ &= 400 \times 400 \\ &= 160000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

**1** - **Cek apakah eksentrisitas (e) lebih besar atau lebih kecil dari pada eksentrisitas balance (eb) :**

$$\begin{aligned} C_b &= \frac{600 \times d}{600 + F_y} \\ &= \frac{600 \times 360}{600 + 360} \\ &= \frac{216000}{960} \\ &= 225 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_b &= \beta_1 \times C_b \\ &= 0,85 \times 225 \text{ mm} \\ &= 191,25 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f'_s &= 600 \times \frac{C_b - d}{C_b} \\ &= 600 \times \frac{225 - 40}{225} \\ &= 600 \times 0,822 \\ &= 493,33 \text{ MPa} > f_y = 340 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi P_{nb} &= 0,65 (0,85 \times f'_c \times b \times a_b + A_s' \times f'_s - A_s \times f_y) \cdot 10^{-3} \\ &= 0,65 (0,85 \times 22 \times 400 \times 191,25 + 1962,5 \times 493,33 - \\ &\quad 1962,5 \times 360) \cdot 10^{-3} \\ &= 1099,94 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Phi M_{nb} &= 0,65 (0,65 \times 0,85 \times f'_c \times b \times a_b \times (d - a_b/2) + 0,65 \times F_s \times A_s \times (d - d')) \times 10^{-6} \\
 &= 0,65 (0,65 \times 0,85 \times 22 \times 400 \times 191,25 \times (460 - 191,25/2) \\
 &\quad + 0,65 \times 493,33 \times 1962,5 (360 - 40)) \times 10^{-6} \\
 &= 290,686 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e_b &= \frac{M_{nb}}{P_{nb}} \\
 &= \frac{290,686 \times 10^3}{1099,94} \\
 &= 264,27 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$e_b = 264,27 \text{ mm} > e = 245,54 \text{ mm}$$

Karena  $e_b > e$ , maka keruntuhan kolom berupa keruntuhan Tekan.

**- Pemeriksaan kekutatan penampang Persamaan witney untuk kolom persegi gagal tekan menentukan :**

$$Q_n = \frac{A_s \times f_y}{d - d'} + 0,5 + \frac{A_g \times f_c}{\frac{3 \times h \times e}{d^2} + 1,18}$$

$$Q_n = \frac{1962,5 \times 360}{\frac{245,537}{360 - 40} + 0,5} + \frac{160000 \times 22}{\frac{3 \times 400 \times 245,537}{360^2} + 1,18}$$

$$= 1576743,3 \text{ N}$$

$$= 1576,743 \text{ Kn} > P_n \text{ perlu} = 417,65 \text{ Kn} \dots\dots\dots(\text{Aman})$$

$$\Phi P_n = 0,65 \times P_n$$

$$= 0,65 \times 1576,743 \text{ Kn}$$

$$= 1024,883 \text{ Kn} > P_u = 417,65 \text{ Kn} \dots\dots\dots(\text{Aman})$$

$$MR = \Phi P_n \times e \times 10^{-3}$$

$$= 1024,883 \times 245,537 \times 10^{-3}$$

$$= 251,646 \text{ kN.m} > M_u = 102,548 \text{ kN.m} \dots\dots\dots(\text{Aman})$$

Berdasarkan perhitungan kebutuhan tulangan pokok pada kolom ditinjau (dimensi 400 x 400 mm), maka diperoleh tulangan pokok yang akan dipakai adalah 4D25.

- **Perhitungan sengkang pada kolom :**

Dari perhitungan diatas didapat  $A_{st} = 3925 \text{ mm}^2$  dan lebar kolom 300 mm didapat luas lintang kotor dari kolom  $A_g = 160000 \text{ mm}^2$ .

$$\begin{aligned} \text{Maka, } \rho_g &= \frac{A_{st}}{A_g} \\ &= \frac{3925}{160000} \\ &= 0,025 \end{aligned}$$

$$0,01 < \rho_g = 0,025 < 0,08$$

Pemeriksaan pemikat sengkang :

Penulangan sengkang menggunakan batang tulangan D10, umumnya dapat diterima untuk penggunaan batang tulangan jarak spasi tulangan sengkang tidak boleh lebih besar dari nilai terkecil berikut ini :

$$48 \text{ kali diameter batang tulangan sengkang} = 48(10) = 480 \text{ mm}$$

$$16 \text{ kali diameter batang tulangan memanjang} = 16(25) = 400 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar kolom} = 400 \text{ mm}$$

Dengan demikian jarak spasi tulangan sengkang 400 mm telah memenuhi syarat. Susunan tulangan sengkang ditetapkan secara pemeriksaan jarak bersih antara batang tulangan pokok memanjang sampai d lebih besar dari 150 mm. Apabila jarak bersih tersebut lebih besar dari 150 mm, maka sengkang memerlukan batang pengikat tambahan untuk memperkokoh kedudukan tulangan pokok sesuai dengan ketentuan SK SNI T – 15 – 1991 – 03 pasal ayat 10 ayat 5.3.

$$\text{Jarak bersih} = \frac{1}{2}(400 - 2(40) - 2(10) - 4(25)) = 100 \text{ mm} < 150 \text{ mm}$$

Maka tidak diperlukan tulangan pengikat tambahan untuk kolom ini untuk memperkokoh kedudukan tulangan pokok.

### 5.3.4 Kolom Utama Lantai 4

Data

Aksial (Pu) Batang (311)	= 20365,30 Kg.m = 199,715 Kn
Momen (Mu1)	= 4342,70 Kg.m = 42,587 Kn.m
Momen (Mu2)	= 4639,58 Kg.m = 45,499 Kn.m
Dimensi Kolom	= 350 mm x 350 mm
F'c	= 22 MPa = 220 Kg/m <sup>2</sup>
Fy	= 360 MPa = 3600 Kg/m <sup>2</sup>
Tinggi Kolom (h)	= 350 mm = 35 cm
Lebar Kolom (b)	= 350 mm = 35 cm
<sup>36</sup> Selimit Beton (d')	= 40 mm = 4 cm
Tinggi Efektif (d)	= 310 mm = 31 cm
Standart Faktor Keamanan	= 3 %
<sup>19</sup> Untuk F'c ≤ 30 MPa, β	= 0,85
Φ, □ (untuk kolom sengkang)	= 0,65
Kolom sengkang	= 0,85

Penyelesaian :

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

$$d = b - (\text{selimit beton})$$

$$= 350 \text{ mm} - 40 \text{ mm}$$

$$= 310 \text{ mm}$$

Pengecakan Jenis Kolom dalam SKSNI 2012 Kolom Di bedakan Menjadi 2 Yaitu Kolom Pendek dimana tidak ada bahaya tekuk dann Kolom Panjang di mana bahaya tekuk di perhitungkan.

Tinggi Kolom > 3 x Dimensi kolom (350/350)

$$4,5 \text{ m} > 3 \times 1$$

$$4,5 \text{ m} > 3 \times 1$$

(Maka Di ketahui adalah Kolom Panjang Atau Kolom Langsing)



## 2. Menghitung Kelangsingan dan Pembesaran Momen

### a. Perhitungan Kekakuan

Elastisitas beton (SNI 2013 Pasal 8.5.1) :

$$E_c = 4700 \times \sqrt{f_c} \rightarrow E_c = 4700 \times \sqrt{22} = 22044,95 \text{ N/mm}^2$$

Inersia Penampang Utuh Kolom :

$$I_g = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{350 \times 350^3}{12} = 1.250.520.833,333 \text{ mm}^2$$

Panjang Nominal Kolom :

$$L_{n(\text{kolom})} = 4500 - (0,5 \times 500) = 4250 \text{ mm}$$

Inersia Penampang Utuh Balok :

$$I_g = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{400 \times 500^3}{12} = 4.166.666.666,667 \text{ mm}^2$$

Panjang nominal Balok :

$$L_{n(\text{Balok})} = 4000 - (0,5 \times (350 + 350)) = 3650 \text{ mm}$$

Untuk Menghitung Nilai  $\beta_{dns}$  di perlukan Nilai **Beban mati**

(DL) dan **Beban Hidup (LL)** pada **Kolom lantai 4** yang di dapat dari Perhitungan dimensi Kolom :

$$DL = 7248 \text{ kg} \quad LL = 2400 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \beta_{dns} &= \frac{1,2D}{1,2D + 1,6L} \\ &= \frac{1,2 \times 24366}{(1,2 \times 7248) + (1,6 \times 2400)} \\ &= 0,694 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} EI_{\text{kolom}} &= \frac{0,7 E_c I_g}{1 + \beta_{dns}} \quad (\text{SNI 2847-2013 10.10.4.1}) \\ &= \frac{0,7 \times 22044,95 \times 1.250.520.833,333}{1 + 0,694} \\ &= 11,39 \cdot 10^{12} \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$EI_{\text{Balok}} = \frac{0,35 E_c I_g}{1 + \beta_{dns}} \quad (\text{SNI 2847-2013 10.10.4.1})$$

$$= \frac{0,35 \times 22044,95 \times 4.166.666.666,667}{1 + 0,694}$$

$$= 18,98 \cdot 10^{12} \text{ N/mm}^2$$

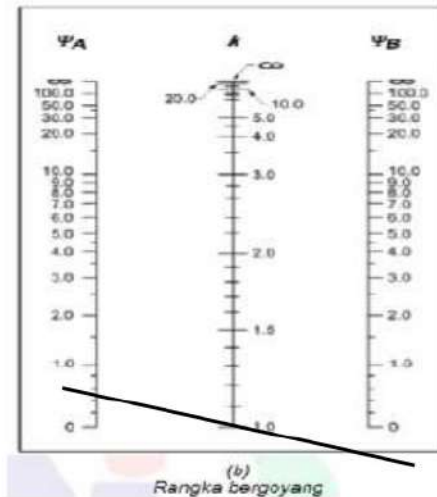
**b. Menentukan Panjang Tekuk Kolom**

Kolom Bagian Atas  $\Psi_B = 0$  Karena Tumpuan Jepit. Dalam perencanaan tidak menggunakan sistem pengaku sehingga memungkinkan adanya goyangan pada elemen struktur, maka digunakan Rangka Unbraced / Bergoyang.

$$\Psi_A = \frac{\sum EI L_n(\text{kolom})}{\sum EI L_n(\text{Balok})}$$

$$= \frac{\left( \frac{11,39 \times 10^{12}}{4250} \right)}{\left( \frac{18,98 \times 10^{12}}{3650} \right)}$$

$$= 0,52$$



<sup>12</sup> Dari grafik nomogram panjang efektif kolom tanpa pengaku (unbraced frame) diperoleh nilai faktor k sebesar 1,0

**c. Check terhadap faktor kelangsingan**

<sup>27</sup> Nilai Radius Girasi (r) untuk kolom Unbraced adalah:

$$r = 0,3 \times h \quad (\text{SNI 2847 2013 10.10.1.2})$$

$$= 0,3 \times 350$$

$$= 105$$

$$\frac{kE_u}{r} = \frac{1,0 \times 4250}{105} = 40,48 > 22 \text{ (Kelangsingan di}$$

Perhitungan).

#### d. Perhitungan pembesaran momen

$$EI_{\text{kolom}} = \frac{0,4 E_c I_g}{(1 + \beta_{\text{dns}})}$$

$$= \frac{0,4 \times 22044,95 \times 1.250.520.833,333}{1 + 0,694}$$

$$= 6,51 \cdot 10^{12} \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Beban Kritis, } P_c = \frac{\pi^2 \times EI}{(k \times L_n)^2}$$

$$= \frac{3,14^2 \times 6,51 \cdot 10^{12}}{(1,0 \times 4250)^2}$$

$$= 3553549,95 \text{ N}$$

$$= 3553,549 \text{ kN}$$

$$C_m = 0,6 + 0,4 \times \frac{M_1}{M_2}$$

$$= 0,6 + 0,4 \times \frac{42,587}{45,499} = 0,97 > 0,4 \text{ (OK)}$$

Sehingga Pembesaran Momen  $\delta_s$  Dapat di hitung sebagai Berikut:

$$\delta_s = \frac{0,97}{1 - \frac{P_u}{0,75 P_c}} \geq 1$$

$$= \frac{0,97}{1 - \frac{199,715}{0,75 \times 3553,549}} \geq 1$$

$$= 1,05 \geq 1$$

$$\begin{aligned} M_c &= \delta_s \times M_2 \\ &= 1,05 \times 45,499 \text{ Kn.m} \\ &= 113,008 \text{ Kn.m} \end{aligned}$$

Jadi momen yang di perbesar akibat Beban tekuk adalah 47,774 Kn.m

**- Menghitung Gaya Aksial :**

$$\begin{aligned} e &= \frac{M_u}{P_u} \\ &= \frac{45,499 \cdot 10^2}{199,72} \\ &= 227,82 \text{ mm} \end{aligned}$$

**- Menentukan penulangan dan ukuran kolom**

Dalam perencanaan sebelumnya direncanakan <sup>5</sup> ukuran kolom 350 x 350 dengan  $P_g$  3 %

$$\rho = \rho' = \frac{A_s}{b \times d} = P_s = 3 \% \text{ (masing-masing)} = 1,5 \%$$

$$0,015 = \frac{A_s}{350 \times 310}$$

$$\begin{aligned} A_s &= 0,015 \times 350 \times 310 \\ &= 1627,5 \text{ mm}^2 \rightarrow 16,28 \text{ cm}^2 \text{ (Memakai besi Ulir 4D22)} \end{aligned}$$

$$A_s = A_s' = 1627,5 \text{ mm}^2$$

$$A_s = A_s' = 4D22$$

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{\pi}{4} D^2 \\ &= \frac{4}{4} \times 3,14 \times 22^2 \\ &= 1519,76 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{Aksial}} &= \frac{A_s}{b \times d} \\ &= \frac{1519,76}{350 \times 310} \\ &= 0,014 \end{aligned}$$

- **Luas Tulangan Total :**

$$\begin{aligned} A_s \text{ Total} &= 2 \times A_s \\ &= 2 \times 1519,76 \text{ mm}^2 \\ &= 3039,52 \text{ mm}^2 \\ A_g &= b \times h \\ &= 350 \times 350 \\ &= 122500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- **Cek apakah eksentrisitas (e) lebih besar atau lebih kecil dari pada eksentrisitas balance (eb) :**

$$\begin{aligned} C_b &= \frac{600 \times d}{600 + F_y} \\ &= \frac{600 \times 310}{600 + 360} \\ &= \frac{186000}{960} \\ &= 193,75 \text{ mm} \\ a_b &= \beta_1 \times C_b \\ &= 0,85 \times 193,75 \text{ mm} \\ &= 164,69 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f'_s &= 600 \times \frac{C_b - d}{C_b} \\ &= 600 \times \frac{193,75 - 40}{193,75} \\ &= 600 \times 0,794 \\ &= 476,13 \text{ MPa} > f_y = 360 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi P_{nb} &= 0,65 (0,85 \times f'_c \times b \times a_b + A_s' \times f'_s - A_s \times f_y) 10^{-3} \\ &= 0,65 (0,85 \times 22 \times 350 \times 164,69 + 1519,76 \times 476,13 - \\ &\quad 1519,76 \times 360) 10^{-3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 815,34 \text{ kN} \\
 \Phi M_{nb} &= 0,65 (0,65 \times 0,85 \times f'_c \times b \times a_b \times (d - a_b/2) + 0,65 \times F_s \times A_s \times (d - d')) \times 10^{-6} \\
 &= 0,65 (0,65 \times 0,85 \times 22 \times 350 \times 164,69 \times (310 - 164,69/2) \\
 &\quad + 0,65 \times 476,13 \times 1519,76 \times (310 - 40)) \times 10^{-6} \\
 &= 186,22 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e_b &= \frac{M_{nb}}{P_{nb}} \\
 &= \frac{186,22 \times 10^3}{815,34} \\
 &= 228,396 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$e_b = 228,396 \text{ mm} > e = 227,82 \text{ mm}$$

Karena  $e_b > e$ , maka keruntuhan kolom berupa keruntuhan Tekan.

**- Pemeriksaan kekakuan penampang Persamaan witney untuk kolom persegi gagal tekan menentukan :**

$$Q_n = \frac{A_s \times f_y}{d - d'} + \frac{A_g \times f'_c}{\frac{3 \times h \times e}{d^2} + 1,18}$$

$$Q_n = \frac{1519,76 \times 360}{310 - 40} + \frac{122500 \times 22}{\frac{3 \times 350 \times 227,82}{360^2} + 1,18}$$

$$= 1141647,686 \text{ N}$$

$$= 1141,648 \text{ Kn} > P_n \text{ perlu} = 199,72 \text{ Kn} \dots\dots\dots(\text{Aman})$$

$$\begin{aligned}
 \Phi P_n &= 0,65 \times P_n \\
 &= 0,65 \times 1141,648 \text{ Kn}
 \end{aligned}$$

$$= 742,047 \text{ Kn} > P_u = 199,72 \text{ Kn} \dots\dots\dots(\text{Aman})$$

$$\begin{aligned}
 MR &= \Phi P_n \times e \times 10^{-3} \\
 &= 742,047 \times 227,82 \times 10^{-3}
 \end{aligned}$$

$$= 169,057 \text{ kN.m} > M_u = 45,499 \text{ kN.m} \dots\dots\dots(\text{Aman})$$

Berdasarkan perhitungan kebutuhan tulangan pokok pada kolom ditinjau (dimensi 350 x 350 mm), maka diperoleh tulangan pokok yang akan dipakai adalah 4D22.

- **Perhitungan sengkang pada kolom :**

Dari perhitungan diatas didapat  $A_{st} = 3039,52 \text{ mm}^2$  dan lebar kolom 300 mm didapat luas lintang kotor dari kolom  $A_g = 122500 \text{ mm}^2$ .

$$\begin{aligned} \text{Maka, } \rho_g &= \frac{A_{st}}{A_g} \\ &= \frac{3039,52}{122500} \\ &= 0,025 \end{aligned}$$

$$0,01 < \rho_g = 0,025 < 0,08$$

Pemeriksaan pemikat sengkang :

Penulangan sengkang menggunakan batang tulangan D10, umumnya dapat diterima untuk penggunaan batang tulangan jarak spasi tulangan sengkang tidak boleh lebih besar dari nilai terkecil berikut ini :

$$48 \text{ kali diameter batang tulangan sengkang} = 48(10) = 480 \text{ mm}$$

$$16 \text{ kali diameter batang tulangan memanjang} = 16(22) = 352 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar kolom} = 350 \text{ mm}$$

Dengan demikian jarak spasi tulangan sengkang 352 mm telah memenuhi syarat. Susunan tulangan sengkang ditetapkan secara pemeriksaan jarak bersih antara batang tulangan pokok memanjang sampai d lebih besar dari 150 mm. Apabila jarak bersih tersebut lebih besar dari 150 mm, maka sengkang memerlukan batang pengikat tambahan untuk memperkokoh kedudukan tulangan pokok sesuai dengan ketentuan SK SNI T – 15 – 1991 – 03 pasal 10 ayat 5.3.

$$\text{Jarak bersih} = \frac{1}{2}(350-2(40)-2(10)-4(22)) = 81 \text{ mm} < 150 \text{ mm}$$

Maka tidak diperlukan tulangan pengikat tambahan untuk kolom ini untuk memperkokoh kedudukan tulangan pokok.

### 5.3.5 Kolom Praktis Lantai 1

Data

Aksial (Pu) Batang (184)	= 34591,60 Kg.m = 339,228 Kn
Momen (Mu1)	= 1532,23 Kg.m = 15,026 Kn
Momen (Mu2)	= 1612,93 Kg.m = 15,817 Kn
Dimensi Kolom	= 250 mm x 250 mm
F'c	= 22 MPa = 220 Kg/m <sup>2</sup>
Fy	= 360 MPa = 3600 Kg/m <sup>2</sup>
Tinggi Kolom (h)	= 250 mm = 25 cm
Lebar Kolom (b)	= 250 mm = 25 cm
Selimit Beton (d')	= 40 mm = 4 cm
Tinggi Efektif (d)	= 210 mm = 21 cm
Standart Faktor Keamanan	= 3 %
Untuk F'c ≤ 30 MPa, β	= 0,85
Φ, □ (untuk kolom sengkang)	= 0,65
Kolom sengkang	= 0,85

Penyelesaian :

$$b = 250 \text{ mm}$$

$$d = b - (\text{selimit beton})$$

$$= 250 \text{ mm} - 40 \text{ mm}$$

$$= 210 \text{ mm}$$

Pengecakan Jenis Kolom dalam SKSNI 2012 Kolom Di bedakan Menjadi 2 Yaitu Kolom Pendek dimana tidak ada bahaya tekuk dann Kolom Panjang di mana bahaya tekuk di perhitungkan.

Tinggi Kolom > 3 x Dimensi kolom (250/250)

$$4,5 \text{ m} > 3 \times 1$$

$$4,5 \text{ m} > 3 \times 1$$

(Maka Di ketahui adalah Kolom Panjang Atau Kolom Langsing)



## 1. Menghitung Kelangsingan dan Pembesaran Momen

### a. Perhitungan Kekakuan

2 Elastisitas beton (SNI 2013 Pasal 8.5.1) :

$$E_c = 4700 \times \sqrt{f_c} \rightarrow E_c = 4700 \times \sqrt{22} = 22044,95 \text{ N/mm}^2$$

Inersia Penampang Utuh Kolom :

$$I_g = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{250 \times 250^3}{12} = 325.520.833,333 \text{ mm}^2$$

Panjang Nominal Kolom :

$$L_{n(\text{kolom})} = 4500 - (0,5 \times 350) = 4325 \text{ mm}$$

Inersia Penampang Utuh Balok :

$$I_g = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{300 \times 350^3}{12} = 1.071.875.000 \text{ mm}^2$$

Panjang nominal Balok :

$$L_{n(\text{Balok})} = 4000 - (0,5 \times (250 + 250)) = 3750 \text{ mm}$$

$$\beta_{dns} = 0,25$$

$$EI_{\text{Kolom}} = \frac{0,7 E_c I_g}{1 + \beta_{dns}} \quad (\text{SNI 2847-2013 10.10.4.1})$$

$$= \frac{0,7 \times 22044,95 \times 325.520.833,333}{1 + 0,25}$$

$$= 4,02 \cdot 10^{12} \text{ N/mm}^2$$

$$EI_{\text{Balok}} = \frac{0,35 E_c I_g}{1 + \beta_{dns}} \quad (\text{SNI 2847-2013 10.10.4.1})$$

$$= \frac{0,35 \times 22044,95 \times 1.071.875.000}{1 + 0,25}$$

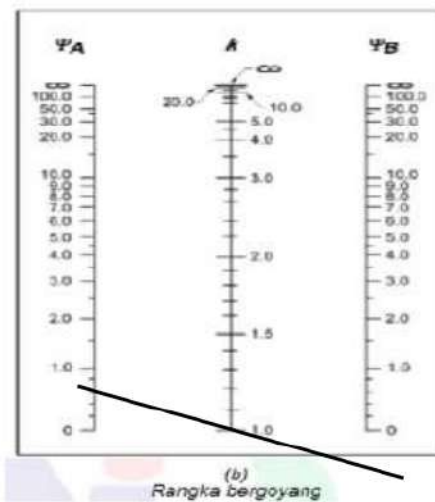
$$= 6,62 \cdot 10^{12} \text{ N/mm}^2$$

### b. Menentukan Panjang Tekuk Kolom

Kolom Bagian Atas  $\Psi_B = 0$  Karena Tumpuan Jepit. Dalam perencanaan tidak menggunakan sistem pengaku sehingga

memungkinkan adanya goyangan pada elemen struktur, maka digunakan Rangka Unbraced / Bergoyang.

$$\begin{aligned}\Psi_A &= \frac{\sum EI L_n(\text{kolom})}{\sum EI L_n(\text{Balok})} \\ &= \frac{4,02 \times 10^{12}}{4325} \\ &= \frac{6,62 \times 10^{12}}{3750} \\ &= 0,53\end{aligned}$$



12 Dari grafik nomogram panjang efektif kolom tanpa pengaku (unbraced frame) diperoleh nilai faktor k sebesar 1,0

27 c. Check terhadap faktor kelangsingan

Nilai Radius Girasi (r) untuk kolom Unbraced adalah:

$$\begin{aligned}r &= 0,3 \times h \quad (\text{SNI 2847 2013 10.10.1.2}) \\ &= 0,3 \times 250 \\ &= 75\end{aligned}$$

$$\frac{kL_u}{r} = \frac{1,0 \times 4325}{75} = 57,67 > 22 \text{ (Kelangsingan di Perhitungkan).}$$

**d. Perhitungan pembesaran momen**

$$\begin{aligned}
 EI_{\text{kolom}} &= \frac{0,4 E_c I_g}{(1 + \beta_{\text{dns}})} \\
 &= \frac{0,4 \times 22044,95 \times 325.520.833,333}{1 + 0,25} \\
 &= 2,296. 10^{12} \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban Kritis, } P_c &= \frac{\pi^2 \times EI}{(k \times L_n)^2} \\
 &= \frac{3,14^2 \times 2,296. 10^{12}}{(1,0 \times 4325)^2} \\
 &= 1210205,04 \text{ N} \\
 &= 1210,205 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_m &= 0,6 + 0,4 \times \frac{M_1}{M_2} \\
 &= 0,6 + 0,4 \times \frac{15,026}{15,817} = 0,98 > 0,4 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Sehingga Pembesaran Momen  $\delta_s$  Dapat di hitung sebagai Berikut:

$$\begin{aligned}
 \delta_s &= \frac{0,98}{1 - \frac{P_U}{0,75 P_c}} \geq 1 \\
 &= \frac{0,98}{1 - \frac{339,288}{0,75 \times 1210,205}} \geq 1 \\
 &= 1,57 \geq 1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_c &= \delta_s \times M_2 \\
 &= 1,57 \times 15,817 \text{ Kn.m}
 \end{aligned}$$

$$= 24,83 \text{Kn.m}$$

Jadi momen yang di perbesar akibat Beban tekuk adalah 24,83 Kn.m

- **Menghitung Gaya Aksial :**

$$e = \frac{M_u}{P_u}$$

$$= \frac{15,817 \cdot 10^3}{339,228}$$

$$= 46,628 \text{ mm}$$

- **Menentukan penulangan dan ukuran kolom**

Dalam perencanaan sebelumnya direncanakan ukuran kolom 250 x 250 dengan  $P_g$  3 %

$$\rho = \rho' = \frac{A_s}{b \times d} = P_s = 3 \% \text{ (masing-masing)} = 1,5 \%$$

$$0,015 = \frac{A_s}{250 \times 210}$$

$$A_s = 0,015 \times 250 \times 210$$

$$= 787,5 \text{ mm}^2 \rightarrow 78,8 \text{ cm}^2 \text{ (Memakai besi Ulir 4D16)}$$

$$A_s = A_s' = 787,5 \text{ mm}^2$$

$$A_s = A_s' = 4D16$$

$$A_s = \frac{\pi}{4} n D^2$$

$$= \frac{4}{4} \times 3,14 \times 16^2$$

$$= 803,854 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{\text{Aksial}} = \frac{A_s}{b \times d}$$

$$= \frac{803,84}{250 \times 210}$$

$$= 0,015$$

- **Luas Tulangan Total :**

$$A_s \text{ Total} = 2 \times A_s$$

$$= 2 \times 803,84$$

$$\begin{aligned}
 &= 1607,68 \text{ mm}^2 \\
 A_g &= b \times h \\
 &= 250 \times 250 \\
 &= 62500 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

1. Cek apakah eksentrisitas (e) lebih besar atau lebih kecil dari pada eksentrisitas balance (eb) :

$$\begin{aligned}
 C_b &= \frac{600 \times d}{600 + F_y} \\
 &= \frac{600 \times 210}{600 + 360} \\
 &= \frac{126000}{960}
 \end{aligned}$$

$$= 131,25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 a_b &= \beta_1 \times C_b \\
 &= 0,85 \times 131,25 \text{ mm} \\
 &= 111,563 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f'_s &= 600 \times \frac{C_b - d}{C_b} \\
 &= 600 \times \frac{131,25 - 40}{131,25}
 \end{aligned}$$

$$= 600 \times 0,6952$$

$$= 417,14 \text{ MPa} > f_y = 340 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}
 \Phi P_{nb} &= 0,65 (0,85 \times f'_c \times b \times a_b + A_s' \times f'_s - A_s \times f_y) 10^{-3} \\
 &= 0,65 (0,85 \times 22 \times 250 \times 111,563 + 803,84 \times 417,14 - \\
 &\quad 803,84 \times 360) 10^{-3} \\
 &= 368,867 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Phi M_{nb} &= 0,65 (0,65 \times 0,85 \times f'_c \times b \times a_b \times (d - a_b/2) + 0,65 \times \\
 &\quad F_s \times A_s \times (d - d')) 10^{-6} \\
 &= 0,65 (0,65 \times 0,85 \times 22 \times 250 \times 111,563 \times (210 - \\
 &\quad 111,563/2) + 0,65 \times 417,14 \times 803,84 (210 - 40)) 10^{-6} \\
 &= 58,967 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

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

$$= \frac{58,067 \times 10^2}{368,867}$$

$$= 157,42 \text{ mm}$$

$$e_b = 157,42 \text{ mm} > e = 46,628 \text{ mm}$$

5 Karena  $e_b > e$ , maka keruntuhan kolom berupa keruntuhan tekan.

- Pemeriksaan kekakuan penampang Persamaan witney untuk kolom persegi gagal tekan menentukan :

$$Q_n = \frac{A_s \times f_y}{d-d'} + 0,5 \frac{A_g \times f_c}{\frac{3 \times h \times e}{d^2} + 1,18}$$

$$Q_n = \frac{803,84 \times 360}{40,028 - 40} + 0,5 \frac{62500 \times 22}{\frac{3 \times 250 \times 46,628}{210^2} + 1,18}$$

$$= 1070655,216 \text{ N}$$

$$= 1070,655 \text{ Kn} > P_n \text{ perlu} = 339,228 \text{ Kn} \dots\dots\dots(\text{Aman})$$

$$\Phi P_n = 0,65 \times P_n$$

$$= 0,65 \times 1070,655 \text{ Kn}$$

$$= 695,926 \text{ Kn} > P_u = 339,228 \text{ Kn} \dots\dots\dots(\text{Aman})$$

$$MR = \Phi P_n \times e \times 10^{-3}$$

$$= 695,926 \times 46,628 \times 10^{-3}$$

$$32,449 \text{ kN.m} > M_u = 15,817 \text{ Kn} \dots\dots\dots(\text{Aman})$$

Berdasarkan perhitungan kebutuhan tulangan pokok pada kolom ditinjau (dimensi 250 x 250 mm ), maka diperoleh tulangan pokok yang akan dipakai adalah 4D16.

- Perhitungan sengkang pada kolom :

Dari perhitungan diatas didapat  $A_{st} = 1607,68 \text{ mm}^2$  dan lebar kolom 250 mm didapat luas lintang kotor dari kolom  $A_g = 62500 \text{ mm}^2$ .

$$\begin{aligned} \text{Maka, } \rho_g &= \frac{A_{st}}{A_g} \\ &= \frac{1607,68}{62500} \\ &= 0,026 \end{aligned}$$

$$0,01 < \rho_g = 0,026 < 0,08$$

Pemeriksaan pemikat sengkang :

Penulangan sengkang menggunakan batang tulangan D10, umumnya dapat diterima untuk penggunaan batang tulangan jarak spasi tulangan sengkang tidak boleh lebih besar dari nilai terkecil berikut ini :

$$48 \text{ kali diameter batang tulangan sengkang} = 48(10) = 480 \text{ mm}$$

$$16 \text{ kali diameter batang tulangan memanjang} = 16(16) = 256 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar kolom} = 250 \text{ mm}$$

Dengan demikian jarak spasi tulangan sengkang 256 mm telah memenuhi syarat. Susunan tulangan sengkang ditetapkan secara pemeriksaan jarak bersih antara batang tulangan pokok memanjang sampai d lebih besar dari 150 mm. Apabila jarak bersih tersebut lebih besar dari 150 mm, maka sengkang memerlukan batang pengikat tambahan untuk memperkokoh kedudukan tulangan pokok sesuai dengan ketentuan SK SNI T - 15 - 1991 - 03 pasal 10 ayat 5.3.

$$\text{Jarak bersih} = \frac{1}{2}(250 - 2(40) - 2(10) - 4(16)) = 43 \text{ mm} < 150 \text{ mm}$$

Maka tidak diperlukan tulangan pengikat tambahan untuk kolom ini untuk memperkokoh kedudukan tulangan pokok.

### 5.3.6 Kolom Praktis Lantai 2

Data

$$\text{Aksial (Pu) Batang (603)} = 34591,60 \text{ Kg.m} = 339,228 \text{ Kn}$$

$$\text{Momen (Mu1)} = 2011,24 \text{ Kg.m} = 19,724 \text{ Kn}$$

$$\text{Momen (Mu2)} = 1982,809 \text{ Kg.m} = 19,348 \text{ Kn}$$

$$\text{Dimensi Kolom} = 250 \text{ mm} \times 250 \text{ mm}$$

$$F'c = 22 \text{ MPa} = 220 \text{ Kg/m}^2$$

$$F_y = 360 \text{ MPa} = 3600 \text{ Kg/m}^2$$

Tinggi Kolom (h)	= 250 mm	= 25 cm
Lebar Kolom (b)	= 250 mm	= 25 cm
Selimit Beton (d')	= 40 mm	= 4 cm
Tinggi Efektif (d)	= 210 mm	= 21 cm
Standart Faktor Keamanan	= 3 %	
Untuk $F'c \leq 30$ MPa, $\beta$	= 0,85	
$\Phi, \square$ (untuk kolom sengkang)	= 0,65	
Kolom sengkang	= 0,85	

Penyelesaian :

$$b = 250 \text{ mm}$$

$$d = b - (\text{selimit beton})$$

$$= 250 \text{ mm} - 40 \text{ mm}$$

$$= 210 \text{ mm}$$

Pengecakan Jenis Kolom dalam SKSNI 2012 Kolom Di bedakan Menjadi 2 Yaitu Kolom Pendek dimana tidak ada bahaya tekuk dann Kolom Panjang di mana bahaya tekuk di perhitungkan.

Tinggi Kolom  $> 3 \times$  Dimensi kolom (250/250)

$$4,5 \text{ m} > 3 \times 1$$

$$4,5 \text{ m} > 3 \times 1$$

(Maka Di ketahui adalah Kolom Panjang Atau Kolom Langsing)

### 1. Menghitung Kelangsingan dan Pembesaran Momen

#### a. Perhitungan Kekakuan

Elastisitas beton (SNI 2013 Pasal 8.5.1) :

$$E_c = 4700 \times \sqrt{f'_c} \rightarrow E_c = 4700 \times \sqrt{22} = 22044,95 \text{ N/mm}^2$$

Inersia Penampang Utuh Kolom :

$$I_g = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{250 \times 250^3}{12} = 325.520.833,333 \text{ mm}^2$$

Panjang Nominal Kolom :

$$L_n(\text{kolom}) = 4500 - (0,5 \times 350) = 4325 \text{ mm}$$



Inersia Penampang Utuh Balok :

$$I_g = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{300 \times 350^3}{12} = 1.071.875.000 \text{ mm}^2$$

Panjang nominal Balok :

$$L_n(\text{Balok}) = 4000 - (0,5 \times (250 + 250)) = 3750 \text{ mm}$$

$$\beta_{dns} = 0,25$$

$$EI_{\text{kolom}} = \frac{0,7 E_c I_g}{1 + \beta_{dns}} \quad (\text{SNI 2847-2013 10.10.4.1})$$

$$= \frac{0,7 \times 22044,95 \times 325.520.833,333}{1 + 0,25}$$

$$= 4,02 \cdot 10^{12} \text{ N/mm}^2$$

$$EI_{\text{Balok}} = \frac{0,35 E_c I_g}{1 + \beta_{dns}} \quad (\text{SNI 2847-2013 10.10.4.1})$$

$$= \frac{0,35 \times 22044,95 \times 1.071.875.000}{1 + 0,25}$$

$$= 6,62 \cdot 10^{12} \text{ N/mm}^2$$

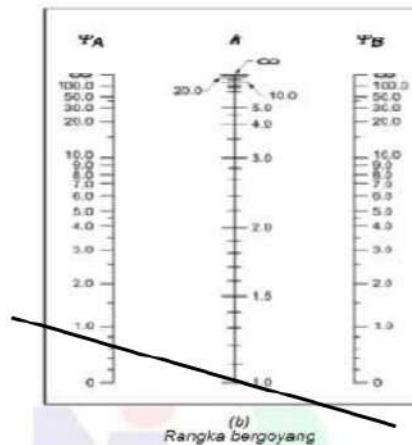
#### b. Menentukan Panjang Tekuk Kolom

Kolom Bagian Atas  $\Psi_B = 0$  Karena Tumpuan Jepit. Dalam perencanaan tidak menggunakan sistem pengaku sehingga memungkinkan adanya goyangan pada elemen struktur, maka digunakan Rangka Unbraced / Bergoyang.

$$\Psi_A = \frac{\sum EI L_n(\text{kolom})}{\sum EI L_n(\text{Balok})}$$

$$= \frac{\left( \frac{4,02 \times 10^{12}}{4325} \right)}{\left( \frac{6,62 \times 10^{12}}{3750} \right)}$$

$$= 0,53$$



12

Dari grafik nomogram panjang efektif kolom tanpa pengaku (unbraced frame) diperoleh nilai faktor  $k$  sebesar 1,0

27

c. **Check terhadap faktor kelangsingan**

Nilai Radius Girasi ( $r$ ) untuk kolom Unbraced adalah:

$$\begin{aligned} r &= 0,3 \times h \quad (\text{SNI 2847 2013 10.10.1.2}) \\ &= 0,3 \times 250 \\ &= 75 \end{aligned}$$

$$\frac{k\ell_u}{r} = \frac{1,0 \times 4325}{75} = 57,67 > 22 \quad (\text{Kelangsingan di Perhitungkan}).$$

d. **Perhitungan pembesaran momen**

$$\begin{aligned} EI_{\text{kolom}} &= \frac{0,4 E_c I_g}{(1 + \beta_{\text{dns}})} \\ &= \frac{0,4 \times 22044,95 \times 325.520.833,333}{1 + 0,25} \\ &= 2,296 \cdot 10^{12} \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Beban Kritis, } P_c = \frac{\pi^2 \times EI}{(k \times L_n)^2}$$

$$= \frac{3,14^2 \times 2,296 \cdot 10^{12}}{(1,0 \times 4325)^2}$$

$$= 1210205,03 \text{ N}$$

$$= 1210,205 \text{ kN}$$

$$C_m = 0,6 + 0,4 \times \frac{M_1}{M_2}$$

$$= 0,6 + 0,4 \times \frac{19,724}{19,348} = 1,01 > 0,4 \text{ (OK)}$$

Sehingga Pembesaran Momen  $\delta_s$  Dapat di hitung sebagai Berikut:

$$\delta_s = \frac{1,01}{1 - \frac{P_U}{0,75 P_C}} \geq 1$$

$$= \frac{1,01}{1 - \frac{339,288}{0,75 \times 1210,205}} \geq 1$$

$$= 1,61 \geq 1$$

$$M_c = \delta_s \times M_2$$

$$= 1,61 \times 19,348 \text{ Kn.m}$$

$$= 31,295 \text{ Kn.m}$$

Jadi momen yang di perbesar akibat Beban tekuk adalah 31,295 Kn.m

- Menghitung Gaya Aksial :

$$e = \frac{M_u}{P_u}$$

$$= \frac{19,724 \cdot 10^3}{339,228}$$

$$= 58,142 \text{ mm}$$

- **Menentukan penulangan dan ukuran kolom**

Dalam perencanaan sebelumnya direncanakan **ukuran kolom 250 x 250 dengan  $P_g$  3 %**

$$\rho = \rho' = \frac{A_s}{b \times d} = P_s = 3 \% \text{ (masing-masing)} = 1,5 \%$$

$$0,015 = \frac{A_s}{250 \times 210}$$

$$\begin{aligned} A_s &= 0,015 \times 250 \times 210 \\ &= 787,5 \text{ mm}^2 \rightarrow 78,8 \text{ cm}^2 \text{ (Memakai besi Ulir 4D16)} \end{aligned}$$

$$A_s = A_s' = 787,5 \text{ mm}^2$$

$$A_s = A_s' = 4D16$$

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{n}{4} \pi D^2 \\ &= \frac{4}{4} \times 3,14 \times 16^2 \\ &= 803,84 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ Aksial} &= \frac{A_s}{b \times d} \\ &= \frac{803,84}{250 \times 210} \\ &= 0,015 \end{aligned}$$

- **Luas Tulangan Total :**

$$\begin{aligned} A_s \text{ Total} &= 2 \times A_s \\ &= 2 \times 803,84 \\ &= 1607,68 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_g &= b \times h \\ &= 250 \times 250 \\ &= 62500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- **Cek apakah eksentrisitas (e) lebih besar atau lebih kecil dari pada eksentrisitas balance (eb) :**

$$\begin{aligned} C_b &= \frac{600 \times d}{600 + F_y} \\ &= \frac{600 \times 210}{600 + 360} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{126000}{960} \\
 &= 131,25 \text{ mm} \\
 ab &= \beta_1 \times C_b \\
 &= 0,85 \times 131,25 \text{ mm} \\
 &= 111,563 \text{ mm} \\
 f'_s &= 600 \times \frac{C_b - d}{C_b} \\
 &= 600 \times \frac{131,25 - 40}{131,25} \\
 &= 600 \times 0,6952 \\
 &= 417,14 \text{ MPa} > f_y = 340 \text{ MPa} \\
 \Phi P_{nb} &= 0,65 (0,85 \times f'_c \times b \times ab + A_s' \times f'_s - A_s \times f_y) 10^{-3} \\
 &= 0,65 (0,85 \times 22 \times 250 \times 111,563 + 803,84 \times 417,14 - \\
 &\quad 803,84 \times 360) 10^{-3} \\
 &= 368,867 \text{ kN} \\
 \Phi M_{nb} &= 0,65 (0,65 \times 0,85 \times f'_c \times b \times a_b \times (d - a_b/2) + 0,65 \times \\
 &\quad F_s \times A_s \times (d - d')) 10^{-6} \\
 &= 0,65 (0,65 \times 0,85 \times 22 \times 250 \times 111,563 \times (210 - \\
 &\quad 111,563/2) + 0,65 \times 417,14 \times 803,84 (210 - 40)) 10^{-6} \\
 &= 58,967 \text{ kN.m} \\
 eb &= \frac{M_{nb}}{P_{nb}} \\
 &= \frac{58,067 \times 10^2}{368,867} \\
 &= 157,42 \text{ mm} \\
 eb &= 157,42 \text{ mm} > e = 58,142 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

5 Karena  $eb > e$ , maka keruntuhan kolom berupa keruntuhan tekan.

- Pemeriksaan kekakuan penampang Persamaan witney untuk kolom persegi gagal tekan menentukan :

$$Q_n = \frac{A_s \times f_y}{d-d'} + \frac{A_g \times f_c}{\frac{3 \times h \times e}{d^2} + 1,18}$$

$$Q_n = \frac{803,84 \times 360}{\frac{58,142}{210 - 40} + 0,5} + \frac{62500 \times 22}{\frac{3 \times 250 \times 58,142}{210^2} + 1,18}$$

$$= 977664,88\text{N}$$

$$= 977,665 > P_n \text{ perlu} = 339,228 \text{ Kn} \dots\dots\dots(\text{Aman})$$

$$\Phi P_n = 0,65 \times P_n$$

$$= 0,65 \times 977,665 \text{ Kn}$$

$$= 635,482 \text{ Kn} > P_u = 339,228 \text{ Kn} \dots\dots\dots(\text{Aman})$$

$$MR = \Phi P_n \times e \times 10^{-3}$$

$$= 635,482 \times 58,142 \times 10^{-3}$$

$$= 36,948 \text{ kN.m} > M_u = 19,724 \text{ Kn} \dots\dots\dots(\text{Aman})$$

Berdasarkan perhitungan kebutuhan tulangan pokok pada kolom ditinjau (dimensi 250 x 250 mm), maka diperoleh tulangan pokok yang akan dipakai adalah 4D16.

#### - Perhitungan sengkang pada kolom :

Dari perhitungan diatas didapat  $A_{st} = 1607,68 \text{ mm}^2$  dan lebar kolom 250 mm didapat luas lintang kotor dari kolom  $A_g = 62500 \text{ mm}^2$ .

$$\begin{aligned} \text{Maka, } \rho_g &= \frac{A_{st}}{A_g} \\ &= \frac{1607,68}{62500} \\ &= 0,026 \end{aligned}$$

$$0,01 < \rho_g = 0,026 < 0,08$$

Pemeriksaan pemikat sengkang :

Penulangan sengkang menggunakan batang tulangan D10, umumnya dapat diterima untuk penggunaan batang tulangan jarak spasi tulangan sengkang tidak boleh lebih besar dari nilai terkecil berikut ini :

$$48 \text{ kali diameter batang tulangan sengkang} = 48(10) = 480 \text{ mm}$$

$$16 \text{ kali diameter batang tulangan memanjang} = 16(16) = 256 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar kolom} = 250 \text{ mm}$$

Dengan demikian jarak spasi tulangan sengkang 256 mm telah memenuhi syarat. Susunan tulangan sengkang ditetapkan secara pemeriksaan jarak bersih antara batang tulangan pokok memanjang sampai d lebih <sup>2</sup> besar dari 150 mm. Apabila jarak bersih tersebut lebih besar dari 150 mm, maka sengkang memerlukan batang pengikat tambahan untuk memperkokoh kedudukan tulangan pokok sesuai dengan ketentuan SK SNI T – 15 – 1991 – 03 pasal 10 ayat 5.3.

$$\text{Jarak bersih} = \frac{1}{2}(250-2(40)-2(10)-4(16)) = 43 \text{ mm} < 150 \text{ mm}$$

Maka tidak diperlukan tulangan pengikat tambahan untuk kolom ini untuk memperkokoh kedudukan tulangan pokok.

### 5.3.7 Kolom Praktis Lantai 3

Data

$$\text{Aksial (Pu) Batang (602)} = 18837,35 \text{ Kg.m} = 184,731 \text{ Kn}$$

$$\text{Momen (Mu1)} = 1861,22 \text{ Kg.m} = 18,252 \text{ Kn}$$

$$\text{Momen (Mu2)} = 1826,68 \text{ Kg.m} = 17,914 \text{ Kn}$$

$$\text{Dimensi Kolom} = 250 \text{ mm} \times 250 \text{ mm}$$

$$F'c = 22 \text{ MPa} = 220 \text{ Kg/m}^2$$

$$Fy = 360 \text{ MPa} = 3600 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Tinggi Kolom (h)} = 250 \text{ mm} = 25 \text{ cm}$$

$$\text{Lebar Kolom (b)} = 250 \text{ mm} = 25 \text{ cm}$$

$$\text{Selimut Beton (d')} = 40 \text{ mm} = 4 \text{ cm}$$

$$\text{Tinggi Efektif (d)} = 210 \text{ mm} = 21 \text{ cm}$$

$$\text{Standart Faktor Keamanan} = 3 \%$$

$$\text{Untuk } F'c \leq 30 \text{ MPa, } \beta = 0,85$$

$$\Phi, \square \text{ (untuk kolom sengkang)} = 0.65$$

$$\text{Kolom sengkang} = 0,85$$

Penyelesaian :

$$b = 250 \text{ mm}$$

$$d = b - (\text{selimut beton})$$

$$= 250 \text{ mm} - 40 \text{ mm}$$

$$= 210 \text{ mm}$$

Pengecakan Jenis Kolom dalam SKSNI 2012 Kolom Di bedakan Menjadi 2 Yaitu Kolom Pendek dimana tidak ada bahaya tekuk dann Kolom Panjang di mana bahaya tekuk di perhitungkan.

Tinggi Kolom  $> 3 \times$  Dimensi kolom (250/250)

$$4,5 \text{ m} > 3 \times 1$$

$$4,5 \text{ m} > 3 \times 1$$

(Maka Di ketahui adalah Kolom Panjang Atau Kolom Langsing)

### 1. Menghitung Kelangsingan dan Pembesaran Momen

#### a. Perhitungan Kekakuan

2 Elastisitas beton (SNI 2013 Pasal 8.5.1) :

$$E_c = 4700 \times \sqrt{f_c} \rightarrow E_c = 4700 \times \sqrt{22} = 22044,95 \text{ N/mm}^2$$

Inersia Penampang Utuh Kolom :

$$I_g = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{250 \times 250^3}{12} = 325.520.833,333 \text{ mm}^2$$

Panjang Nominal Kolom :

$$L_n(\text{kolom}) = 4500 - (0,5 \times 350) = 4325 \text{ mm}$$

Inersia Penampang Utuh Balok :

$$I_g = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{300 \times 350^3}{12} = 1.071.875.000 \text{ mm}^2$$

Panjang nominal Balok :

$$L_n(\text{Balok}) = 4000 - (0,5 \times (250 + 250)) = 3750 \text{ mm}$$

$$\beta_{dns} = 0,25$$

$$EI_{\text{kolom}} = \frac{0,7 E_c I_g}{1 + \beta_{dns}} \quad (\text{SNI 2847-2013 10.10.4.1})$$

$$= \frac{0,7 \times 22044,95 \times 325.520.833,333}{1 + 0,25}$$

$$= 4,02 \cdot 10^{12} \text{ N/mm}^2$$

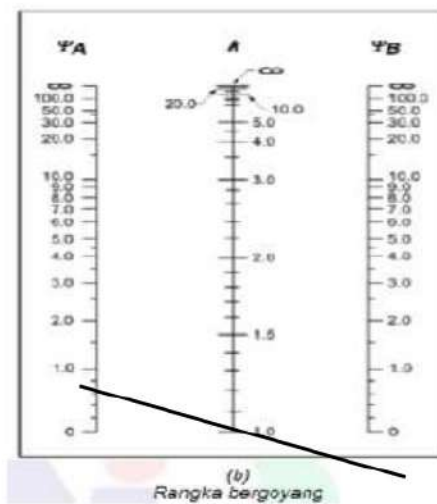


$$\begin{aligned}
 EI_{\text{Balok}} &= \frac{0,35 E_c I_g}{1 + \beta_{\text{dns}}} \quad (\text{SNI 2847-2013 10.10.4.1}) \\
 &= \frac{0,35 \times 22044,95 \times 1.071.875.000}{1 + 0,25} \\
 &= 6,62 \cdot 10^{12} \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

**b. Menentukan Panjang Tekuk Kolom**

Kolom Bagian Atas  $\Psi_B = 0$  Karena Tumpuan Jepit. Dalam perencanaan tidak menggunakan sistem pengaku sehingga memungkinkan adanya goyangan pada elemen struktur, maka digunakan Rangka Unbraced / Bergoyang.

$$\begin{aligned}
 \Psi_A &= \frac{\sum EI L_n(\text{kolom})}{\sum EI L_n(\text{Balok})} \\
 &= \frac{\left( \frac{4,02 \times 10^{12}}{4325} \right)}{\left( \frac{6,62 \times 10^{12}}{3750} \right)} \\
 &= 0,53
 \end{aligned}$$



<sup>12</sup> Dari grafik nomogram panjang efektif kolom tanpa pengaku (unbraced frame) diperoleh nilai faktor k sebesar 1,0

27  
 c. **Check terhadap faktor kelangsingan**

Nilai Radius Girasi ( $r$ ) untuk kolom Unbraced adalah:

$$\begin{aligned} r &= 0,3 \times h \quad (\text{SNI 2847 2013 10.10.1.2}) \\ &= 0,3 \times 250 \\ &= 75 \end{aligned}$$

$$\frac{k\ell_u}{r} = \frac{1,0 \times 4325}{75} = 57,67 > 22 \quad (\text{Kelangsingan di Perhitungkan}).$$

d. **Perhitungan pembesaran momen**

$$\begin{aligned} EI_{\text{kolom}} &= \frac{0,4 E_c I_g}{(1 + \beta_{\text{dns}})} \\ &= \frac{0,4 \times 22044,95 \times 325.520.833,333}{1 + 0,25} \\ &= 2,296 \cdot 10^{12} \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban Kritis, } P_c &= \frac{\pi^2 \times EI}{(k \times L_n)^2} \\ &= \frac{3,14^2 \times 2,296 \cdot 10^{12}}{(1,0 \times 4325)^2} \\ &= 1210205,03 \text{ N} \\ &= 1210,205 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_m &= 0,6 + 0,4 \times \frac{M_1}{M_2} \\ &= 0,6 + 0,4 \times \frac{18,252}{17,914} = 1,01 > 0,4 \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

Sehingga Pembesaran Momen  $\delta_s$  Dapat di hitung sebagai Berikut:

$$\delta_s = \frac{1,01}{1 - \frac{PU}{0,75 PC}} \geq 1$$

$$= \frac{1,01}{1 - \frac{184,731}{0,75 \times 1210,205}} \geq 1$$

$$= 1,23 \geq 1$$

$$M_c = \delta_s \times M_2$$

$$= 1,23 \times 17,914 \text{ Kn.m}$$

$$= 22,034 \text{ Kn.m}$$

Jadi momen yang di perbesar akibat Beban tekuk adalah 22,034 Kn.m

- Menghitung Gaya Aksial :

$$e = \frac{Mu}{Pu}$$

$$= \frac{18,252 \cdot 10^3}{184,73}$$

$$= 98,805 \text{ mm}$$

- Menentukan penulangan dan ukuran kolom

Dalam perencanaan sebelumnya direncanakan ukuran kolom 250 x 250 dengan  $P_g$  3 %

$$\rho = \rho' = \frac{A_s}{b \times d} = P_s = 3 \% \text{ (masing-masing)} = 1,5 \%$$

$$0,015 = \frac{A_s}{250 \times 210}$$

$$A_s = 0,015 \times 250 \times 210$$

$$= 787,5 \text{ mm}^2 \rightarrow 78,8 \text{ cm}^2 \text{ (Memakai besi Ulir 4D16)}$$

$$A_s = A_s' = 787,5 \text{ mm}^2$$

$$A_s = A_s' = 4D16$$

$$A_s = \frac{\pi}{4} n D^2$$

$$= \frac{4}{4} \times 3,14 \times 16^2$$

$$= 803,854 \text{ mm}^2$$

$$\rho \text{ Aksial} = \frac{A_s}{b \times d}$$

$$= \frac{803,84}{250 \times 210}$$

$$= 0,015$$

- **Luas Tulangan Total :**

$$A_s \text{ Total} = 2 \times A_s$$

$$= 2 \times 803,84$$

$$= 1607,68 \text{ mm}^2$$

$$A_g = b \times h$$

$$= 250 \times 250$$

$$= 62500 \text{ mm}^2$$

- **1** Cek apakah eksentrisitas (e) lebih besar atau lebih kecil dari pada eksentrisitas balance (eb) :

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

$$= \frac{600 \times 210}{600 + 360}$$

$$= \frac{126000}{960}$$

$$= 131,25 \text{ mm}$$

$$9 \text{ ab} = \beta_1 \times C_b$$

$$= 0,85 \times 131,25 \text{ mm}$$

$$= 111,563 \text{ mm}$$

$$f's = 600 \times \frac{C_b - d}{C_b}$$

$$= 600 \times \frac{131,25 - 40}{131,25}$$

$$= 600 \times 0,6952$$

$$= 417,14 \text{ MPa} > f_y = 340 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}\Phi P_{nb} &= 0,65 (0,85 \times f'_c \times b \times a_b + A_s' \times f_s - A_s \times f_y) 10^{-3} \\ &= 0,65 (0,85 \times 22 \times 250 \times 111,563 + 803,84 \times 417,14 - \\ &\quad 803,84 \times 360) 10^{-3} \\ &= 368,867 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Phi M_{nb} &= 0,65 (0,65 \times 0,85 \times f'_c \times b \times a_b \times (d - a_b/2) + 0,65 \times \\ &\quad F_s \times A_s \times (d - d')) 10^{-6} \\ &= 0,65 (0,65 \times 0,85 \times 22 \times 250 \times 111,563 \times (210 - \\ &\quad 111,563/2) + 0,65 \times 417,14 \times 803,84 (210 - 40)) 10^{-6} \\ &= 58,967 \text{ kN.m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}e_b &= \frac{M_{nb}}{P_{nb}} \\ &= \frac{58,067 \times 10^2}{368,867} \\ &= 157,42 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$e_b = 157,42 \text{ mm} > e = 98,805 \text{ mm}$$

Karena  $e_b > e$ , maka keruntuhan kolom berupa keruntuhan tekan.

**- Pemeriksaan kekakuan penampang Persamaan Whitney untuk kolom persegi gagal tekan menentukan :**

$$Q_n = \frac{A_s \times f_y}{d - d'} + 0,5 \frac{A_g \times f_c}{\frac{3 \times h \times e}{d^2} + 1,18}$$

$$Q_n = \frac{803,84 \times 360}{210 - 40} + 0,5 \frac{62500 \times 22}{\frac{3 \times 250 \times 98,805}{210^2} + 1,18}$$

$$= 748358,02 \text{ N}$$

$$= 748,358 \text{ Kn} > P_n \text{ perlu} = 184,73 \text{ Kn} \dots\dots\dots(\text{Aman})$$

$$\Phi P_n = 0,65 \times P_n$$

$$= 0,65 \times 748,358 \text{ Kn}$$

$$= 486,433 \text{ Kn} > P_u = 339,228 \text{ Kn} \dots\dots\dots(\text{Aman})$$

$$MR = \Phi P_n \times e \times 10^{-3}$$

$$= 486,433 \times 98,805 \times 10^{-3}$$

$$= 48,062 \text{ kN.m} > \text{Mu} = 18,252 \text{ Kn.m} \dots \dots \dots (\text{Aman})$$

Berdasarkan perhitungan kebutuhan tulangan pokok pada kolom ditinjau (dimensi 250 x 250 mm), maka diperoleh tulangan pokok yang akan dipakai adalah 4D16.

- **Perhitungan sengkang pada kolom :**

Dari perhitungan diatas didapat  $A_{st} = 1607,68 \text{ mm}^2$  dan lebar kolom 250 mm didapat luas lintang kotor dari kolom  $A_g = 62500 \text{ mm}^2$ .

$$\begin{aligned} \text{Maka, } \rho_g &= \frac{A_{st}}{A_g} \\ &= \frac{1607,68}{62500} \\ &= 0,026 \end{aligned}$$

$$0,01 < \rho_g = 0,026 < 0,08$$

Pemeriksaan pemikat sengkang :

Penulangan sengkang menggunakan batang tulangan D10, umumnya dapat diterima untuk penggunaan batang tulangan jarak spasi tulangan sengkang tidak boleh lebih besar dari nilai terkecil berikut ini :

$$48 \text{ kali diameter batang tulangan sengkang} = 48(10) = 480 \text{ mm}$$

$$16 \text{ kali diameter batang tulangan memanjang} = 16(16) = 256 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar kolom} = 250 \text{ mm}$$

Dengan demikian jarak spasi tulangan sengkang 256 mm telah memenuhi syarat. Susunan tulangan sengkang ditetapkan secara pemeriksaan jarak bersih antara batang tulangan pokok memanjang sampai d lebih besar dari 150 mm. Apabila jarak bersih tersebut lebih besar dari 150 mm, maka sengkang memerlukan batang pengikat tambahan untuk memperkokoh kedudukan tulangan pokok sesuai dengan ketentuan **SK SNI T – 15 – 1991 – 03** pasal 10 ayat 5.3.

$$\text{Jarak bersih} = \frac{1}{2}(250 - 2(40) - 2(10) - 4(16)) = 43 \text{ mm} < 150 \text{ mm}$$

Maka tidak diperlukan tulangan pengikat tambahan untuk kolom ini untuk memperkokoh kedudukan tulangan pokok.

### 5.3.8 Kolom Praktis Lantai 4

Data

Aksial (Pu) Batang (601)	= 8700,67 Kg.m = 85,324 Kn
Momen (Mu1)	= 1195,25 Kg.m = 11,721 Kn
Momen (Mu2)	= 1175 Kg.m = 11,523 Kn
Dimensi Kolom	= 250 mm x 250 mm
F'c	= 22 MPa = 220 Kg/m <sup>2</sup>
Fy	= 360 MPa = 3600 Kg/m <sup>2</sup>
Tinggi Kolom (h)	= 250 mm = 25 cm
Lebar Kolom (b)	= 250 mm = 25 cm
Selimit Beton (d')	= 40 mm = 4 cm
Tinggi Efektif (d)	= 210 mm = 21 cm
Standart Faktor Keamanan	= 3 %
Untuk F'c ≤ 30 MPa. β	= 0,85
Φ, □ (untuk kolom sengkang)	= 0,65
Kolom sengkang	= 0,85

Penyelesaian :

$$b = 250 \text{ mm}$$

$$d = b - (\text{selimit beton})$$

$$= 250 \text{ mm} - 40 \text{ mm}$$

$$= 210 \text{ mm}$$

Pengecakan Jenis Kolom dalam SKSNI 2012 Kolom Di bedakan Menjadi 2 Yaitu Kolom Pendek dimana tidak ada bahaya tekuk dann Kolom Panjang di mana bahaya tekuk di perhitungkan.

Tinggi Kolom > 3 x Dimensi kolom (250/250)

$$4,5 \text{ m} > 3 \times 1$$

$$4,5 \text{ m} > 3 \times 1$$

(Maka Di ketahui adalah Kolom Panjang Atau Kolom Langsing)

## 1. Menghitung Kelangsingan dan Pembesaran Momen

### a. Perhitungan Kekakuan

<sup>2</sup> Elastisitas beton (SNI 2013 Pasal 8.5.1) :

$$E_c = 4700 \times \sqrt{f_c} \rightarrow E_c = 4700 \times \sqrt{22} = 22044,95 \text{ N/mm}^2$$

Inersia Penampang Utuh Kolom :

$$I_g = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{250 \times 250^3}{12} = 325.520.833,333 \text{ mm}^2$$

Panjang Nominal Kolom :

$$L_{n(\text{kolom})} = 4500 - (0,5 \times 350) = 4325 \text{ mm}$$

Inersia Penampang Utuh Balok :

$$I_g = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{300 \times 350^3}{12} = 1.071.875.000 \text{ mm}^2$$

Panjang nominal Balok :

$$L_{n(\text{Balok})} = 4000 - (0,5 \times (250 + 250)) = 3750 \text{ mm}$$

$$\beta_{dns} = 0,25$$

$$EI_{\text{Kolom}} = \frac{0,7 E_c I_g}{1 + \beta_{dns}} \quad (\text{SNI 2847-2013 10.10.4.1})$$

$$= \frac{0,7 \times 22044,95 \times 325.520.833,333}{1 + 0,25}$$

$$= 4,02 \cdot 10^{12} \text{ N/mm}^2$$

$$EI_{\text{Balok}} = \frac{0,35 E_c I_g}{1 + \beta_{dns}} \quad (\text{SNI 2847-2013 10.10.4.1})$$

$$= \frac{0,35 \times 22044,95 \times 1.071.875.000}{1 + 0,25}$$

$$= 6,62 \cdot 10^{12} \text{ N/mm}^2$$

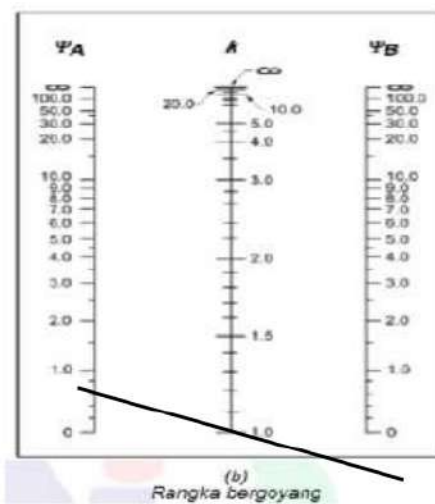
### b. Menentukan Panjang Tekuk Kolom

Kolom Bagian Atas  $\Psi_B = 0$  Karena Tumpuan Jepit. Dalam perencanaan tidak menggunakan sistem pengaku sehingga



memungkinkan adanya goyangan pada elemen struktur, maka digunakan Rangka Unbraced / Bergoyang.

$$\begin{aligned}\Psi_A &= \frac{\sum EI L_n(\text{kolom})}{\sum EI L_n(\text{Balok})} \\ &= \frac{4,02 \times 10^{12}}{4325} \\ &= \frac{6,62 \times 10^{12}}{3750} \\ &= 0,53\end{aligned}$$



12 Dari grafik nomogram panjang efektif kolom tanpa pengaku (unbraced frame) diperoleh nilai faktor k sebesar 1,0

27 c. **Check terhadap faktor kelangsingan**

Nilai Radius Girasi (r) untuk kolom Unbraced adalah:

$$\begin{aligned}r &= 0,3 \times h \quad (\text{SNI 2847 2013 10.10.1.2}) \\ &= 0,3 \times 250 \\ &= 75\end{aligned}$$

$$\frac{kL_u}{r} = \frac{1,0 \times 4325}{75} = 57,67 > 22 \text{ (Kelangsingan di Perhitungkan).}$$

**d. Perhitungan pembesaran momen**

$$\begin{aligned}
 EI_{\text{kolom}} &= \frac{0,4 E_c I_g}{(1 + \beta_{\text{dns}})} \\
 &= \frac{0,4 \times 22044,95 \times 325.520.833,333}{1 + 0,25} \\
 &= 2,296 \cdot 10^{12} \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban Kritis, } P_c &= \frac{\pi^2 \times EI}{(k \times L_n)^2} \\
 &= \\
 &= 121205,03 \text{ N} \\
 &= 1210,205 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_m &= 0,6 + 0,4 \times \frac{M_1}{M_2} \\
 &= 0,6 + 0,4 \times \frac{11,721}{11,523} = 1,01 > 0,4 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Sehingga Pembesaran Momen  $\delta_s$  Dapat di hitung sebagai Berikut:

$$\begin{aligned}
 \delta_s &= \frac{1,01}{1 - \frac{P_U}{0,75 P_c}} \geq 1 \\
 &= \frac{1,01}{1 - \frac{85,324}{0,75 \times 1210,205}} \geq 1 \\
 &= 1,1 \geq 1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_c &= \delta_s \times M_2 \\
 &= 1,1 \times 11,523 \text{ Kn.m} \\
 &= 12,68 \text{ Kn.m}
 \end{aligned}$$

Jadi momen yang di perbesar akibat Beban tekuk adalah 12,68  
Kn.m

- **Menghitung Gaya Aksial :**

$$e = \frac{M_u}{P_u}$$

$$= \frac{11,721 \cdot 10^3}{85,324}$$

$$= 137,37 \text{ mm}$$

- **Menentukan penulangan dan ukuran kolom**

Dalam perencanaan sebelumnya direncanakan **ukuran kolom 250 x 250 dengan Pg 3 %**

$$q = q' = \frac{A_s}{b \times d} = P_s = 3 \% \text{ (masing-masing)} = 1,5 \%$$

$$0,015 = \frac{A_s}{250 \times 210}$$

$$A_s = 0,015 \times 250 \times 210$$

$$= 787,5 \text{ mm}^2 \rightarrow 78,8 \text{ cm}^2 \text{ (Memakai besi Ulir 4D16)}$$

$$A_s = A_s' = 787,5 \text{ mm}^2$$

$$A_s = A_s' = 4D16$$

$$A_s = \frac{n}{4} \pi D^2$$

$$= \frac{4}{4} \times 3,14 \times 16^2$$

$$= 803,854 \text{ mm}^2$$

$$q \text{ Aksial} = \frac{A_s}{b \times d}$$

$$= \frac{803,84}{250 \times 210}$$

$$= 0,015$$

- **Luas Tulangan Total :**

$$A_s \text{ Total} = 2 \times A_s$$

$$= 2 \times 803,84$$

$$= 1607,68 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} A_g &= b \times h \\ &= 250 \times 250 \\ &= 62500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- 1 - Cek apakah eksentrisitas (e) lebih besar atau lebih kecil dari pada eksentrisitas balance (eb) :

$$\begin{aligned} C_b &= \frac{600 \times d}{600 + F_y} \\ &= \frac{600 \times 210}{600 + 360} \\ &= \frac{126000}{960} \\ &= 131,25 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_b &= \beta_1 \times C_b \\ &= 0,85 \times 131,25 \text{ mm} \\ &= 111,563 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f'_s &= 600 \times \frac{C_b - d}{C_b} \\ &= 600 \times \frac{131,25 - 40}{131,25} \\ &= 600 \times 0,6952 \\ &= 417,14 \text{ MPa} > f_y = 340 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi P_{nb} &= 0,65 (0,85 \times f'_c \times b \times a_b + A_s' \times f'_s - A_s \times f_y) 10^{-3} \\ &= 0,65 (0,85 \times 22 \times 250 \times 111,563 + 803,84 \times 417,14 - \\ &\quad 803,84 \times 360) 10^{-3} \\ &= 368,867 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi M_{nb} &= 0,65 (0,65 \times 0,85 \times f'_c \times b \times a_b \times (d - a_b/2) + 0,65 \times \\ &\quad F_s \times A_s \times (d - d')) 10^{-6} \\ &= 0,65 (0,65 \times 0,85 \times 22 \times 250 \times 111,563 \times (210 - \\ &\quad 111,563/2) + 0,65 \times 417,14 \times 803,84 (210 - 40)) 10^{-6} \\ &= 58,967 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

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

$$= \frac{58,067 \times 10^2}{368,867}$$

$$= 157,42 \text{ mm}$$

$$e_b = 157,42 \text{ mm} > e = 137,37 \text{ mm}$$

Karena  $e_b > e$ , maka keruntuhan kolom berupa keruntuhan tekan.

**- Pemeriksaan kekakuan penampang Persamaan witney untuk kolom persegi gagal tekan menentukan :**

$$Q_n = \frac{A_s \times f_y}{d-d} + 0,5 + \frac{A_g \times f_c}{3 \times h \times e + 1,18 d^2}$$

$$Q_n = \frac{803,84 \times 360}{210-40} + 0,5 + \frac{62500 \times 22}{3 \times 250 \times 137,37 + 1,18 \times 210^2}$$

$$= 612261,923 \text{ N}$$

$$= 612,262 \text{ Kn} > P_n \text{ perlu} = 85,324 \text{ Kn} \dots\dots\dots(\text{Aman})$$

$$\Phi P_n = 0,65 \times P_n$$

$$= 0,65 \times 612,262 \text{ Kn}$$

$$= 397,97 \text{ Kn} > P_u = 85,324 \text{ Kn} \dots\dots\dots(\text{Aman})$$

$$MR = \Phi P_n \times e \times 10^{-3}$$

$$= 397,97 \times 137,37 \times 10^{-3}$$

$$= 54,671 \text{ kN.m} > M_u = 11,721 \text{ Kn.m} \dots\dots\dots(\text{Aman})$$

Berdasarkan perhitungan kebutuhan tulangan pokok pada kolom ditinjau (dimensi 250 x 250 mm ), maka diperoleh tulangan pokok yang akan dipakai adalah 4D16.

**- Perhitungan sengkang pada kolom :**

Dari perhitungan diatas didapat  $A_{st} = 1607,68 \text{ mm}^2$  dan lebar kolom 250 mm didapat luas lintang kotor dari kolom  $A_g = 62500 \text{ mm}^2$ .

$$\text{Maka, } = Q_g = \frac{A_{st}}{A_g}$$

$$= \frac{1607,68}{62500}$$

$$= 0,026$$

$$0,01 < Q_g = 0,026 < 0,08$$

Pemeriksaan pemikat sengkang :

Penulangan sengkang menggunakan batang tulangan D10, umumnya dapat diterima untuk penggunaan batang tulangan jarak spasi tulangan sengkang tidak boleh lebih besar dari nilai terkecil berikut ini :

$$48 \text{ kali diameter batang tulangan sengkang} = 48(10) = 480 \text{ mm}$$

$$16 \text{ kali diameter batang tulangan memanjang} = 16(16) = 256 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar kolom} = 250 \text{ mm}$$

Dengan demikian jarak spasi tulangan sengkang 256 mm telah memenuhi syarat. Susunan tulangan sengkang ditetapkan secara pemeriksaan jarak bersih antara batang tulangan pokok memanjang sampai d lebih besar dari 150 mm. Apabila jarak bersih tersebut lebih besar dari 150 mm, maka sengkang memerlukan batang pengikat tambahan untuk memperkokoh kedudukan tulangan pokok sesuai dengan ketentuan SK SNI T – 15 – 1991 – 03 pasal 10 ayat 5.3.

$$\text{Jarak bersih} = \frac{1}{2}(250-2(40)-2(10)-4(16)) = 43 \text{ mm} < 150 \text{ mm}$$

Maka tidak diperlukan tulangan pengikat tambahan untuk kolom ini untuk memperkokoh kedudukan tulangan pokok.

Tabel Rekapitulasi Penulangan Kolom

Lantai	Diameter Tulangan				Jenis Tulangan
	Kolom Utama	Sengkang	Kolom Praktis	Sengkang	
1	4Ø29	Ø10	4Ø16	Ø10	Tulangan pokok
2	4Ø25	Ø10	4Ø16	Ø10	Tulangan pokok
3	4Ø25	Ø10	4Ø16	Ø10	Tulangan pokok
4	4Ø22	Ø10	4Ø16	Ø10	Tulangan pokok

#### 5.4. Perencanaan Penulangan Pondasi

Data Perencanaan

Gaya Aksial ( $P_u$ ) (285) = 117085,39 Kg = 1148,215 kN

Momen Ultimate ( $M_u$ ) = 12218,38 Kg = 119,821 kN

Gaya Geser = 7642,96 kg = 74,952 kN

4  
Mutu beton ( $f'_c$ ) = 22 Mpa

Mutu Baja ( $f_y$ ) = 360 Mpa

Bj Beton = 2400 Kg/m<sup>2</sup>

Tebal Pelat Pondasi = 35 cm = 0,35 m

Kedalaman Pondasi ( $D_f$ ) = 2,25 m = 225 cm

sudut gesek tanah ( $\phi$ ) = 25°

Safe Faktor (SF) = 2,5

Tegangan izin ( $\sigma$ ) = 3,4 kg/cm<sup>2</sup>

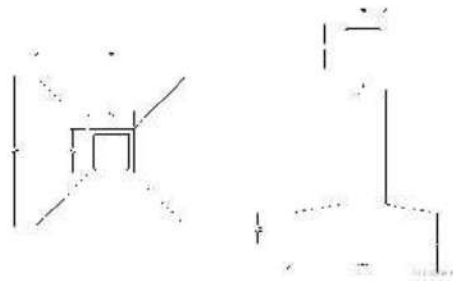
Berat Volume tanah ( $\gamma$ ) = 1,46 Ton/m<sup>2</sup> = 0,00146 Kg/cm<sup>2</sup>

kohesi tanah (C) = 0,312 Kg/m<sup>2</sup>

$E_v$  = 3900 Ton/m<sup>2</sup> (modulus elastisitas tanah)

$P_c'$  = 80 KN/m<sup>2</sup> (tekanan pra konsolidasi)

$M_v$  = 0,00003 m<sup>2</sup>/KN (kocf.kemampatan)



### 1. Kapasitas Dukung Tanah

Karena  $\phi < 25^\circ$ , maka digunakan rumus terzhagi untuk Kondisi Local Shear failur

Dari Tabel Terzhagi untuk Kondisi Local Shear failur di peroleh :

$\phi =$	$25^\circ$
$N_c =$	$14,8$
$N_q =$	$5,6$
$N_{\phi'} =$	$3,2$

Mengecek Kapasitas daya dukung ultimate :

$$q = D_f \times \phi'$$

$$= 225 \times 0,00146$$

$$= 0,329$$

$$q'_{ult} = (C \times N_c) + (q \times N_q) + (0,5 \times b \times \phi' \times N_{\phi'})$$

$$= (0,312 \times 14,8) + (0,329 \times 5,6) + (0,5 \times 190 \times 0,00146 \times 3,2)$$

$$= 6,904 \text{ kg/cm}^2$$

Daya dukung tanah yang di izinkan

$$q'_{all} = \frac{q'_{ult}}{S_f}$$

$$= \frac{6,904}{2,5}$$

$$= 2,762$$

### 2. Kontrol Tegangan Tanah :

$$\text{Luas Dasar FootPlat} = B_x = 190 \text{ cm}, B_y = 190 \text{ cm}$$



$$\begin{aligned}
 \text{Tahanan Momen Arah x (Wx)} &= \frac{1}{6} \times B_y \times B_x^2 \\
 &= \frac{1}{6} \times 190 \times 190^2 \\
 &= 1143166,67 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tahanan Momen Arah y (Wy)} &= \frac{1}{6} \times B_x \times B_y^2 \\
 &= \frac{1}{6} \times 190 \times 190^2 \\
 &= 1143166,67 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi Tanah di atas Foot Plat (z)} &= D_f - h \\
 &= 225 - 35 \\
 &= 190 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Tegangan Sebenarnya Yang terjadi pada Pondasi :

$$\begin{aligned}
 \sigma_{\max} &= \frac{P_u}{A} + \frac{M_{ux}}{W_x} + \frac{M_{uy}}{W_y} \\
 &= \frac{117089,39}{36100} + \frac{12218,38}{1143166,67} + \frac{12218,38}{1143166,67} \\
 &= 3,26 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{\text{izin}} = 3,4 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_{\min} &= \frac{P_u}{A} - \frac{M_{ux}}{W_x} - \frac{M_{uy}}{W_y} \\
 &= \frac{117089,68}{36100} - \frac{12218,38}{1143166,67} - \frac{12218,38}{1143166,67} \\
 &= 3,22 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{\text{izin}} = 3,4 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Jadi di pakai =  $3,26 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{\text{izin}} = 3,4 \text{ kg/cm}^2$  (Tanah Aman)

### 3. Kontrol Tegangan Geser :

Tebal Pondasi = 350 mm

Selimut Beton = 75 mm

$$\begin{aligned}\text{Tebal Tinggi Efektif} &= 350 - 75 \\ &= 275\text{mm} = 27,5 \text{ cm}\end{aligned}$$

1 Gaya Geser Terfaktor yang Bekerja Pada Penampang Kritis

$$V_u = \sigma \times L \times G'$$

$$V_u = \text{Gaya Geser}$$

$$\sigma = 3,26 \text{ Kg/cm}^2$$

2  $G'$  = Daerah Pembebanan Diperhitungkan untuk Geser Satu Arah

$$G' = L - \left( \frac{L}{2} + \frac{L.\text{Kolom}}{2} + d \right)$$

$$G' = 1900 - \left( \frac{1900}{2} + \frac{500}{2} + 275 \right)$$

$$G' = 425 \text{ mm} = 42,5 \text{ cm}$$

$$V_u = \sigma \times L \times G'$$

$$V_u = 3,26 \times 190 \times 42,5$$

$$V_u = 26324,5 \text{ kg}$$

$$\Phi V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c} \times b \times d$$

$$\Phi V_c = 0,75 \times \frac{1}{6} \sqrt{22} \times 1900 \times 275$$

$$\Phi V_c = 306342,779 \text{ N}$$

$$= 31238,27 \text{ Kg}$$

$$= 31238,27 \text{ Kg} > V_u = 26324,5 \text{ Kg} \quad (\text{OKE})$$

Kontrol Geser 2 Arah :

$$B' = L.\text{Kolom} + 2 \left( \frac{1}{2} \right) \times d$$

$$B' = 500 + \left(2 \times \frac{1}{2}\right) \times 275$$

$$B' = 775 \text{ mm} = 77,5 \text{ cm}$$

52 Gaya Geser yang Bekerja Pada Penampang Kritis

$$V_u = \sigma (L^2 - B'^2)$$

Dimana :

$\sigma$  = Tegangan Izin tanah

$$\sigma = 3,26 \text{ Kg/cm}^2$$

$B'$  = Lebar Penampang Kritis Pondasi

$$B' = 77,5 \text{ cm}$$

$L$  = Panjang Pondasi

$$L = 190 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} V_u &= 3,26 (190^2 - 77,5^2) \\ &= 98105,625 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Besaran  $V_c$  :

23 Rasio Sisi panjang Terhadap Sisi Pendek Kolom :

$$\beta_c = \frac{\text{Sisi Panjang}}{\text{Sisi Lebar}}$$

$$= \frac{190}{190}$$

$$\beta_c = 1$$

Lebar Bidang Geser arah x

$$(b_o) = 4 \times B'$$

$$= 4 \times B'$$

$$= 4 \times 77,5$$

$$= 310 \text{ cm} = 3100 \text{ mm}$$

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_c'} b_o d}{6} \quad (1)$$

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{1}\right) \frac{\sqrt{22} \times 3100 \times 275}{6}$$

$$= 1999289,72 \text{ N}$$

$$= 203870,41 \text{ Kg}$$

$$V_c = \left(\frac{a_s d}{b_o} + 2\right) \frac{\sqrt{f_c'} b_o \times c}{12} \quad (2)$$

$$= \left(\frac{50 \times 275}{3100} + 2\right) \frac{\sqrt{22} \times 3100 \times 275}{12}$$

$$= 2144399,46 \text{ N}$$

$$= 218667,88 \text{ Kg}$$

$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} b_o \times c \quad (3)$$

$$V_c = \frac{1}{3} (\sqrt{22} \times 3100 \times 275)$$

$$V_c = 1332859,81 \text{ N}$$

$$= 135913,88 \text{ Kg}$$

Jadi  $V_c$  yang Dipakai Adalah Yang Terbesar = 135913,88 Kg

$$\square V_c = 0,75 \times V_c$$

$$\square V_c = 0,75 \times 135913,88$$

$$\square V_c = 101935,41 \text{ kg} > V_u = 98105,625 \text{ Kg} \quad (\text{OKE})$$

#### 4. Menentukan Pebeesian Pondasi :

$$\sigma_u = 3,26 \text{ kg/cm}^2$$

$$q = \sigma_u \times 1m'$$

$$q = 3,26 \text{ kg/cm}^2 \times 100 \text{ cm}$$

$$q = 326 \text{ Kg/cm}$$

$$= 32600 \text{ Kg/m}$$

$$Mu = \frac{1}{2} \times q \times L^2$$

$$Mu = \frac{1}{2} \times 32600 \times \left( \frac{1,9}{2} - \frac{0,5}{2} \right)^2$$

$$Mu = 7987 \text{ Kg.m}$$

Bila dipakai tulangan dengan D22 dengan jarak 200

$$As = 0,25 \times 3,14 \times 22^2 \times \left( \frac{1900}{200} + 1 \right)$$

$$As = 3989,37 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c \times b}$$

$$a = \frac{3989,37 \times 360}{0,85 \times 22 \times 1900}$$

$$a = 40,42 \text{ mm}$$

$$\phi Mn = \phi \times As \times f_y \times \left( d - \frac{1}{2} a \right)$$

$$\phi Mn = 0,8 \times 3989,37 \times 360 \times \left( 275 - \frac{1}{2} \times 40,42 \right)$$

$$\phi Mn = 292738055,7 \text{ N.mm}$$

$$= 29850,97 \text{ Kgm} > Mu = 7987 \text{ Kg.m (OKE)}$$

Jadi digunakan pondasi :

- ukuran 190 cm x 190 cm
- selimut beton 75 mm
- pembesian tulangan □22 – 200
- tebal pelat pondasi 35 cm
- tulangan sengkang Ø10

### 5.5. Cek Batas Layan dan Batas Ultimit pada Bangunan

Data perencanaan

- $R = 8,0$  (dari bab sebelumnya)
- Tinggi per lantai = 4,5 m
 

$= L1$	$= 2,25 \text{ m}$	$= 2250 \text{ mm}$
$= L2 = 2,25 + 4,5$	$= 6,75 \text{ m}$	$= 6750 \text{ mm}$
$= L3 = 6,75 + 4,5$	$= 11,25 \text{ m}$	$= 11250 \text{ mm}$
$= L4 = 11,25 + 4,5$	$= 15,75 \text{ m}$	$= 15750 \text{ mm}$
$= L5 = 15,75 + 4,5$	$= 20,25 \text{ m}$	$= 20250 \text{ mm}$
- $\zeta_s$  (batas layan arah X) □ Comb 3 , dengan nilai U2 terbesar pada SAP 2000 ( xz)
 

$L5 = 3,65 \text{ mm}$
$L4 = 3,02 \text{ mm}$
$L3 = 2,03 \text{ mm}$
$L2 = 0,97 \text{ mm}$
$L1 = 0,09 \text{ mm}$
- $\zeta_s$  (batas layan arah Y) □ Comb 3 , dengan nilai U2 terbesar pada SAP 2000 ( yz)
 

$L5 = 4,73 \text{ mm}$
$L4 = 3,89 \text{ mm}$
$L3 = 2,63 \text{ mm}$
$L2 = 1,3 \text{ mm}$
$L1 = 0,2 \text{ mm}$
- $\zeta_m$  (batas ultimit arah X) □ Comb 3 , dengan nilai U2 terbesar pada SAP 2000 ( xz)
 

$L5 = 3,65 \text{ mm}$
------------------------

$$L4 = 3,02 \text{ mm}$$

$$L3 = 2,03 \text{ mm}$$

$$L2 = 0,97 \text{ mm}$$

$$L1 = 0,09 \text{ mm}$$

- $\zeta_m$  (batas ultimit arah Y)  $\square$  Comb 3 , dengan nilai U2 terbesar pada SAP 2000 ( yz)

$$L5 = 4,73 \text{ mm}$$

$$L4 = 3,89 \text{ mm}$$

$$L3 = 2,63 \text{ mm}$$

$$L2 = 1,3 \text{ mm}$$

$$L1 = 0,2 \text{ mm}$$

#### a. Cek Batas Layan Pada Bangunan

$$\begin{aligned} \text{Syarat kinerja batas} &= \frac{0,03}{R} \times h \text{ per lantai} \\ &= \frac{0,03}{8} \times 2250 \\ &= 8,438 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Drift antar tingkat} &= \zeta_{s-i} - \text{drift } \zeta_s \text{ Lantai-i} \\ \zeta_{s-3} &= 2,03 - (0,09 + 0,88) \\ &= 1,06 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tabel Analisis  $\zeta_s$  akibat gempa pada SRPMK Arah X

Lantai ke	$h_i$ (mm)	$\zeta_s$ (mm)	Drift $\zeta_s$ , antar tingkat (mm)	Syarat drift antar tingkat (mm)	Keterangan
1	2250	0,09	0,09	8,438	Oke
2	6750	0,97	0,88	16,875	Oke
3	11250	2,03	1,06	16,875	Oke
4	15750	3,02	0,99	16,875	Oke
5	20250	3,65	0,63	16,875	Oke

19  
Tabel Analisis  $\zeta_s$  akibat gempa pada SRPMK Arah Y

Lantai ke	$h_i$ (mm)	$\zeta_s$ (mm)	Drift $\zeta_s$ , antar tingkat (mm)	Syarat drift antar tingkat (mm)	Keterangan
1	2250	0,2	0,2	8,438	Oke
2	6750	1,3	1,1	16,875	Oke
3	11250	2,63	1,33	16,875	Oke
4	15750	3,89	1,26	16,875	Oke
5	20250	4,73	0,84	16,875	Oke

### b. Cek Batas Ultimit Pada Bangunan

Syarat kinerja batas =  $0,02 \times h$  (per lantai)

$$= 0,02 \times 2250$$

$$= 45$$

21  
Drift  $\zeta_m$ , antar tingkat dihitung :

$$\zeta_m = 0,7 \cdot R \cdot \zeta_m \text{ (antar tingkat)}$$

12  
Tabel Analisis  $\zeta_m$  akibat gempa pada SRPMK Arah X

Lantai ke	$H_i$ (mm)	$\zeta_m$ (mm)	Drift $\zeta_m$ , antar tingkat (mm)	Syarat drift $\zeta_m$ (mm)	Keterangan
1	2250	0,09	0,504	45	Oke
2	6750	0,97	5,432	90	Oke
3	11250	2,03	11,368	90	Oke
4	15750	3,02	16,912	90	Oke
5	20250	3,65	20,44	90	Oke

19  
Tabel Analisis  $\zeta_m$  akibat gempa pada SRPMK Arah Y

Lantai ke	$H_i$ (mm)	$\zeta_m$ (mm)	Drift $\zeta_m$ , antar tingkat (mm)	Syarat drift $\zeta_m$ (mm)	Keterangan
1	2250	0,2	1,12	45	Oke
2	6750	1,3	7,28	90	Oke
3	11250	2,63	14,728	90	Oke
4	15750	3,89	21,784	90	Oke
5	20250	4,73	26,488	90	Oke



## BAB 6

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan perhitungan manual, kemudian hasil tersebut dimasukkan ke dalam aplikasi SAP 2000, Tetapi setelah di cek strukturnya, bangunan yang kami rencanakan terdapat struktur yang tidak kuat yakni Pada Kolom Utama (Lantai 1, 2, 3, dan 4), Balok Induk (Lantai 1, 2, 3, dan 4), Balok Anak (Lantai 1, 2, 3, dan 4), Kolom Pratis (Lantai 1, 2, 3, dan 4), dan Pelat Lantai. Untuk mengatasi masalah diatas solusi yang kami lakukan yaitu memperbesar ukuran sebelumnya yaitu sebagai berikut :

- Kolom Utama lantai 1 dari 30 cm x 30 cm menjadi 50 cm x 50 cm
- Kolom Utama lantai 2 dari 25 cm x 25 cm menjadi 45 cm x 45 cm
- Kolom Utama lantai 3 dari 20 cm x 20 cm menjadi 40 cm x 40 cm
- Kolom Utama lantai 4 dari 15 cm x 15 cm menjadi 35 cm x 35 cm
- Kolom Praktis (lantai 1, 2, 3, dan 4) dari 15 cm x 15 cm menjadi 25 cm x 25 cm
- Balok Induk (lantai 1, 2, dan 3) dari 20 cm x 40 cm menjadi 40 cm x 50 cm
- Balok Induk Lantai 4 dari 15 cm x 54 cm menjadi 30 cm x 50 cm
- Balok Anak (lantai 1, 2, 3, dan 4) dari 20 cm x 30 cm menjadi 30 cm x 35 cm
- Pelat Lantai 1, 2, 3, dan 4 dari 10 cm menjadi 12 cm

Kemudian, dilakukan pengecekan ulang pada struktur bangunan dan menghasilkan struktur yang kuat. Hasil dari SAP 2000 kemudian di export ke excel yang menghasilkan gaya aksial, gaya geser Momen dan Torsi. Gaya aksial, gaya geser momen, dan torsi tersebut digunakan untuk menghitung penulangan balok, kolom dan pondasi.

**6.2. Saran**

Diharapkan untuk mahasiswa teliti dalam melakukan perhitungan serta pengkonversian satuan, dan sering membaca referensi yang berkaitan dengan beton bertulang serta aplikasi SAP 2000.

## 12 DAFTAR PUSTAKA

Asroni, Ali.2010. *Kolom Fondasi & Balok T Beton Bertulang*. Yogyakarta. Graha Ilmu.

Asroni, Ali. 2010. *Balok dan Pelat Beton Bertulang*. Yogyakarta. Graha Ilmu.

Departemen Pendidikan Umum. 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SK SNI 03 – 2847 – 2002)*. Bandung : Yayasan LPMB.

14  
Dipohusodo, Istimawan(1994). *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.

4  
Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. 1983. *Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung*. Bandung : Yayasan LPMB.

2  
Standar Nasional Indonesia, 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-gedung* , SNI – 1726 – 2012. Badan Standarisasi Nasional, Bandung.

Standar Nasional Indonesia, 2013. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*, SNI – 2847 – 2013. Badan Standarisasi Nasional, Bandung.

21  
Standar Nasional Indonesia, 2019. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-gedung* , SNI – 1726 – 2019. Badan Standarisasi Nasional, Bandung.



UNIVERSITAS WIRARAJA SUMENEP  
 FAKULTAS TEKNIK  
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
 Jl. Raya Sumenep Pamebasan KM 5 Pamebas, Sumenep

PERANCANGAN BANGUNAN SIPIL

CATATANREVISI

DI BUAT OLEH

NAMA MAHASISWA NPM

ARIFAH ESTIQOMAH 717.51.0680

MCH. ADI SUWARNO 717.51.0683

DI PERIKSA OLEH

DOSEN PENGAMPUH TANDA TANGAN

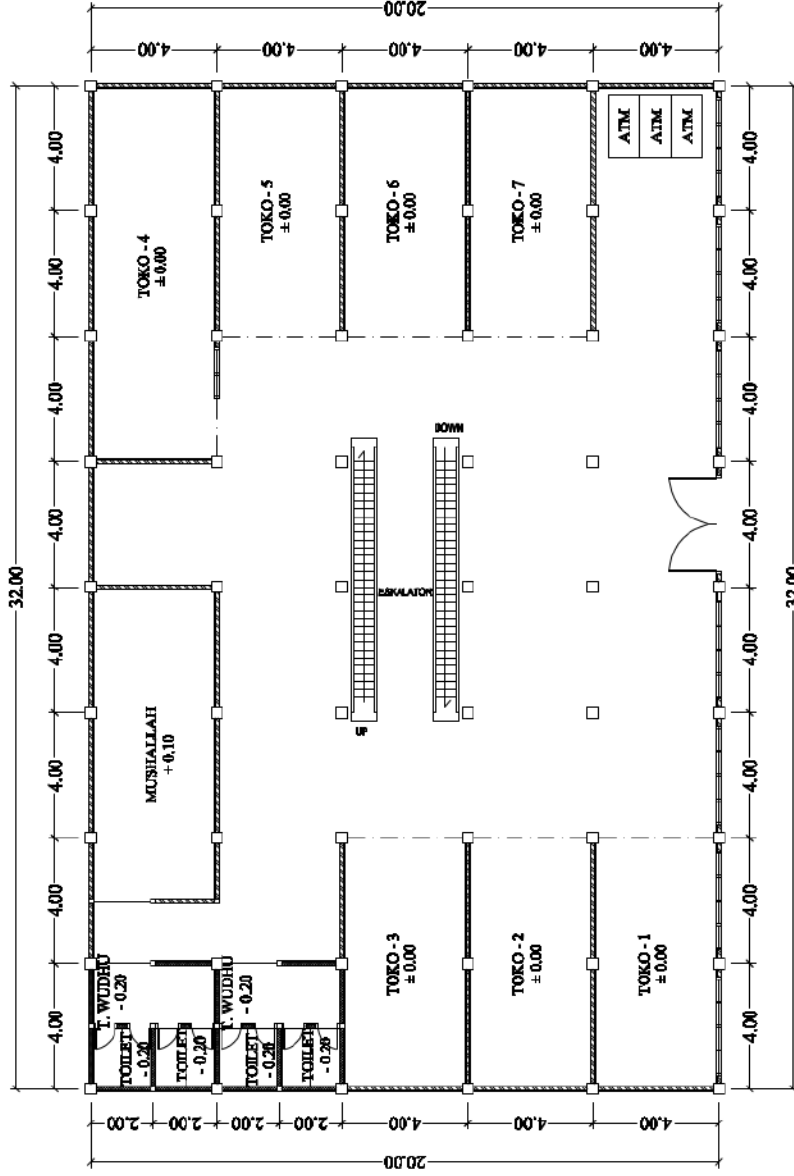
ANITA INTAN NURA  
 DIANA, MT

NAMA GAMBAR SKALA

DENAH ARSITEKTUR 1 : 200

NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

1 27



DENAH LANTAI 1  
 SKALA 1 : 200



UNIVERSITAS WIRARAJA SUMENEP  
 FAKULTAS TEKNIK  
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
 Jl. Raya Sumenep Pamebasan KM 5 Pamebas, Sumenep

PERANCANGAN BANGUNAN SIPIL

CATATANREVISI

DI BUAT OLEH

NAMA MAHASISWA NPM

ARIFAH ESTIQOMAH 717.51.0680

MCH. ADI SUWARNO 717.51.0683

DI PERIKSA OLEH

DOSEN PENGAMPUH TANDA TANGAN

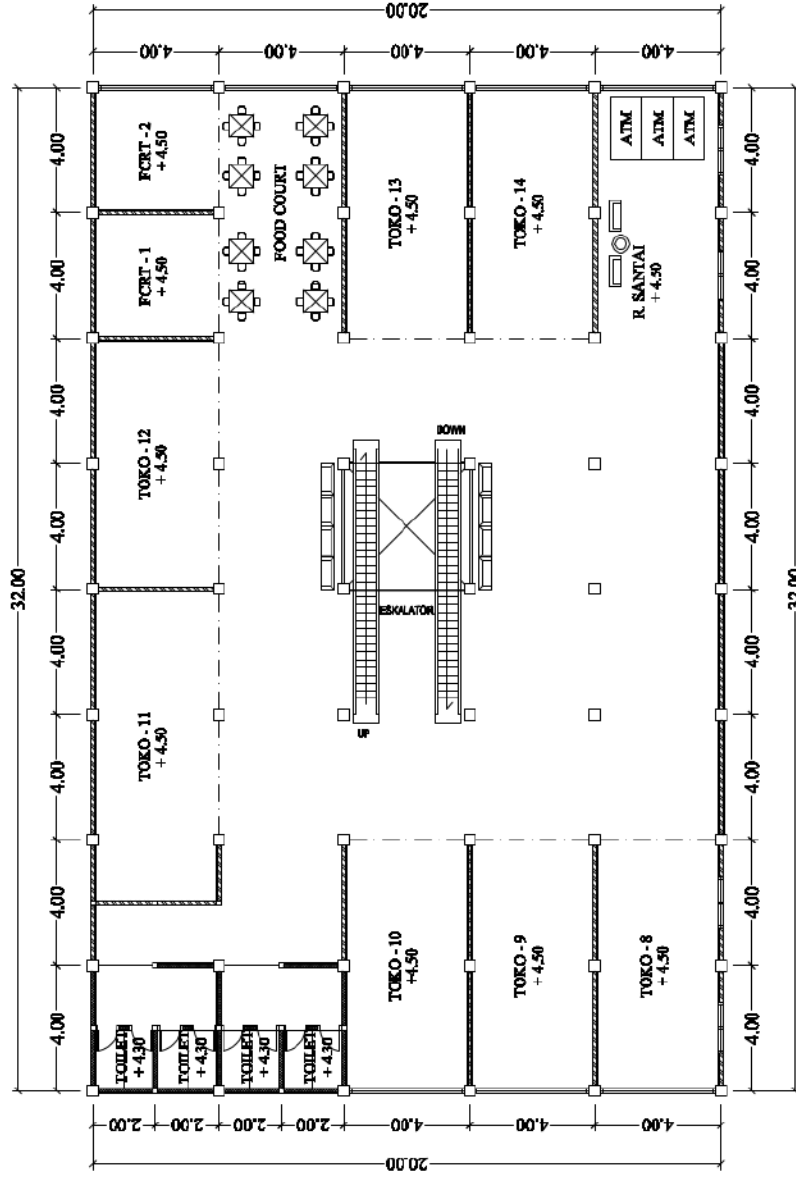
ANITA INTAN NURA  
 DIANA, MT

NAMA GAMBAR SKALA

DENAH ARSITEKTUR 1 : 200

NO. LEMBAR 2

JUMLAH LEMBAR 27



DENAH LANTAI 2  
 SKALA 1 : 200



UNIVERSITAS WIRARAJA SUMENEP  
 FAKULTAS TEKNIK  
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
 Jl. Raya Sumenep Pematenean, Km 5 Probeseh, Sumenep

PERANCANGAN BANGUNAN SIPIL

CATATANREVISI

DI BUAT OLEH

NAMA MAHASISWA NPM

ARIFAH ESTIQOMAH 717.51.0680

MCH. ADI SUWARNO 717.51.0693

DI PERIKSA OLEH

DOSEN PENGAMPUH TANDA TANGAN

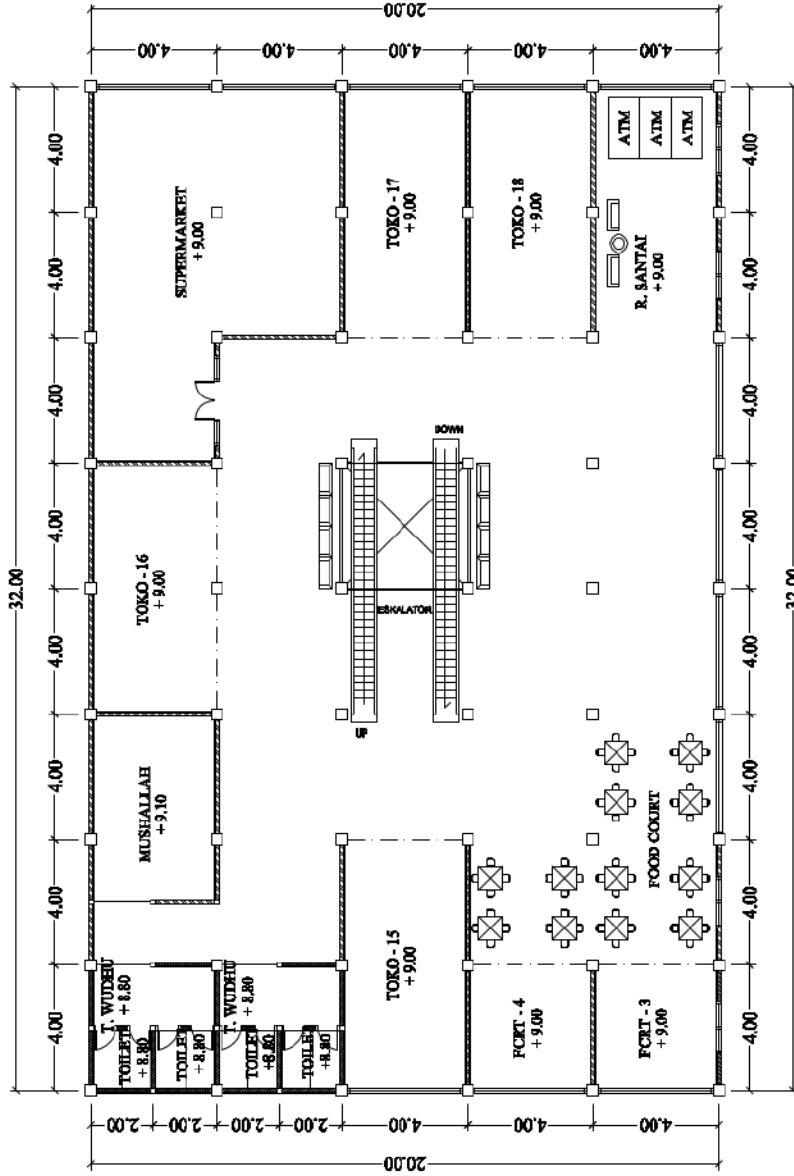
ANITA INTAN MURA  
 DIANA, MT

NAMA GAMBAR SKALA

DENAH ARSITEKTUR 1 : 200

NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

3 27



DENAH LANTAI 3  
 SKALA 1 : 200



UNIVERSITAS WIRARAJA SUMENEP  
 FAKULTAS TEKNIK  
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
 Jl. Raya Sumenep Pambasan KM 5 Probese, Sumenep

PERANCANGAN BANGUNAN SIPIL

CATATANREVISI

DI BUAT OLEH

NAMA MAHASISWA NPM

ARIFAH ESTIQOMAH 717.51.0680

MCH. ADI SUWARNO 717.51.0693

DI PERIKSA OLEH

DOSEN PENGAMPUH TANDA TANGAN

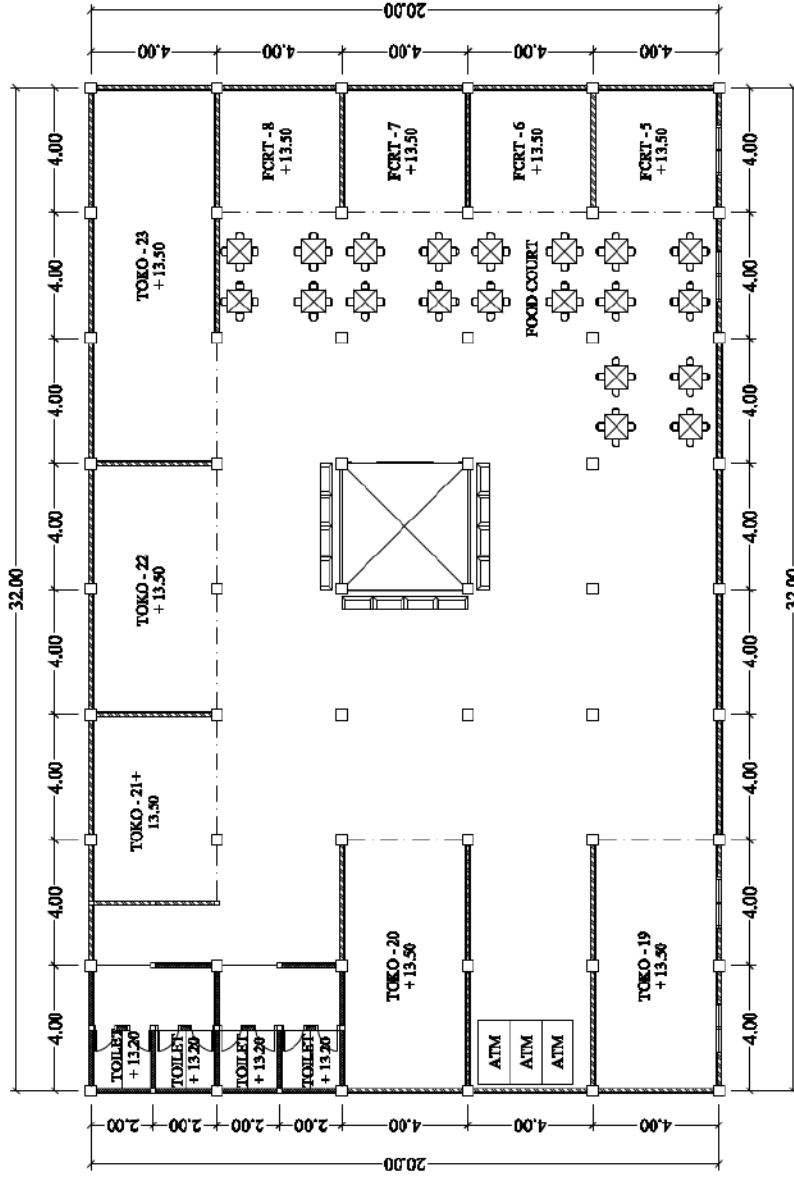
ANITA INTAN MURA  
 DIANA, MT

NAMA GAMBAR SKALA

DENAH ARSITEKTUR 1 : 200

NO. LEMBAR 4

JUMLAH LEMBAR 27



DENAH LANTAI 4  
 SKALA 1 : 200



UNIVERSITAS WIRARAJA SUMENEP  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
Jl. Raya Sumenep Pamebasan KM 5 Pamebas, Sumenep

PERANCANGAN BANGUNAN SIPIL

CATATANREVISI

DI BUAT OLEH

NPM

717.51.0680

717.51.0683

DI PERIKSA OLEH

TANDA TANGAN

ANITA INTAN NURA  
DIANA, MT

SKALA

1 : 200

JUMLAH LEMBAR

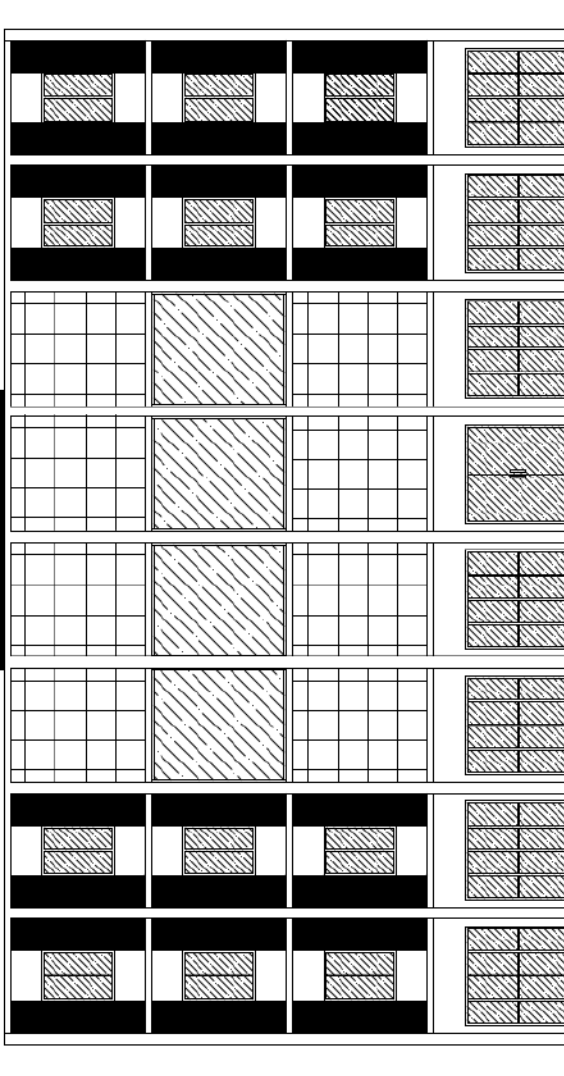
27

NO. LEMBAR

5

DENAH  
ARSITEKTUR

# AGT MALL



TAMPAK DEPAN

SKALA 1 : 200





UNIVERSITAS WIRARAJA SUMENEP  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
Jl. Raya Sumenep Pamebasan, Km 5 Pameas, Sumenep

PERANCANGAN BANGUNAN SIPIL

CATATANREVISI

DI BUAT OLEH

NAMA MAHASISWA NPM

ARIFAH ESTIQOMAH 717.51.0680

MCH. ADI SUWARNO 717.51.0603

DI PERIKSA OLEH

DOSEN PENGAMPUH TANDA TANGAN

ANITA INTAN NURA  
DIANA, MT

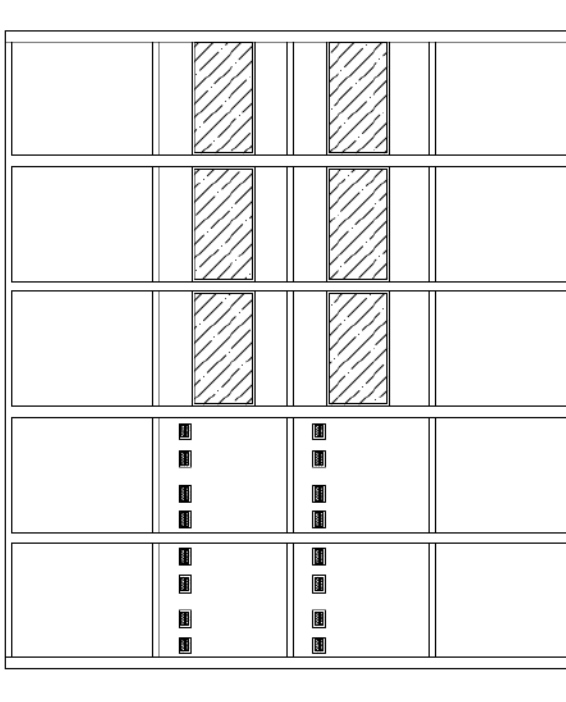
NAMA GAMBAR SKALA

1 : 200

DENAH  
ARSITEKTUR

NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

6 27



TAMPAK SAMPIING KANAN  
SKALA 1 : 200



**UNIVERSITAS WIRARAJA SUMENEP**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
Jl. Raya Sumenep Pamebasan, Km 5 Pamebas, Sumenep

**PERANCANGAN BANGUNAN SIPIL**

CATATANREVISI

DI BUAT OLEH

NAMA MAHASISWA  
NPM

ARIFAH ESTIQOMAH  
717.51.0680

MCH. ADI SUWARNO  
717.51.0603

DI PERIKSA OLEH

DOSEN PENGAMPUH  
TANDA TANGAN

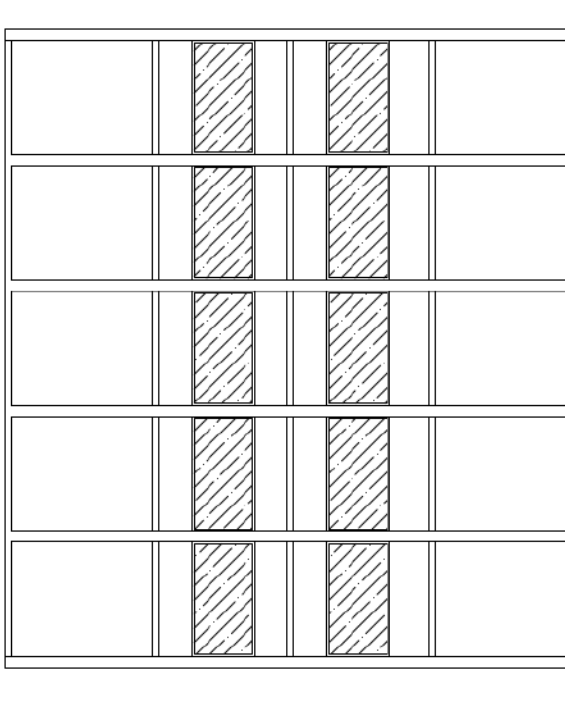
ANITA INTAN NURA  
DIANA, MT

NAMA GAMBAR  
SKALA

DENAH  
ARSITEKTUR  
1 : 200

NO. LEMBAR  
Jumlah Lembar

7  
27



TAMPAK SAMPING KIRI  
SKALA 1 : 200



UNIVERSITAS WIRARAJA SUMENEP  
 FAKULTAS TEKNIK  
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
 Jl. Raya Sumenep Pambasan, Km 5 Pabean, Sumenep

PERANCANGAN BANGUNAN SIPIL

CATATANREVISI

DI BUAT OLEH

NAMA MAHASISWA	NPM
ARIFAH ESTIQOMAH	717.51.0680
MCH. ADI SUWARNO	717.51.0693

DI PERIKSA OLEH

DOSEN PENGAMPUH	TANDA TANGAN
ANITA INTAN NURA DIANA, MT	

NAMA GAMBAR

SKALA

DENAH STRUKTUR

1 : 250

NO. LEMBAR

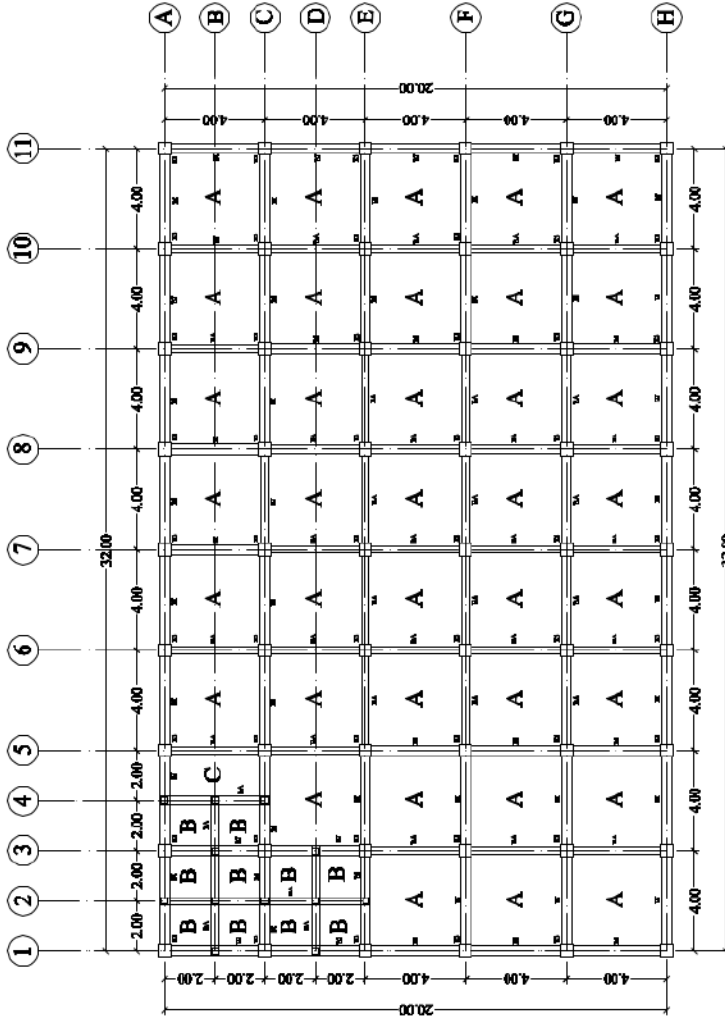
8

JUMLAH LEMBAR

27

KODE	KETERANGAN
K1	Kolom L1
KP	Kolom Praktis
BU	Slabof Ujung
BA	Slabof Anak
A	Luas Pelat A
B	Luas Pelat B
C	Luas Pelat C

KODE	UKURAN
K1	0,50 m x 0,50 m
KP	0,25 m x 0,25 m
BU	0,4 m x 0,5 m
BA	0,3 m x 0,35 m
A	4 m x 4 m
B	2 m x 2 m
C	2 m x 4 m



DENAH STRUKTUR L.1  
 SKALA 1 : 250



UNIVERSITAS WIRARAJA SUMENEP  
 FAKULTAS TEKNIK  
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
 Jl. Raya Sumenep Pambasan, Km 5 Pamban, Sumenep

PERANCANGAN BANGUNAN SIPIL

CATATANREVISI

DI BUAT OLEH

NAMA MAHASISWA NPM

ARIFAH ESTIQOMAH 717.51.0680

MCH. ADI SUWARNO 717.51.0693

DI PERIKSA OLEH

DOSEN PENGAMPUH TANDA TANGAN

ANITA INTAN NURA  
 DIANA, MT

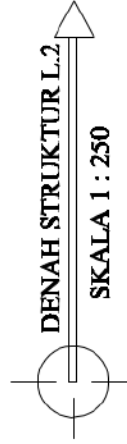
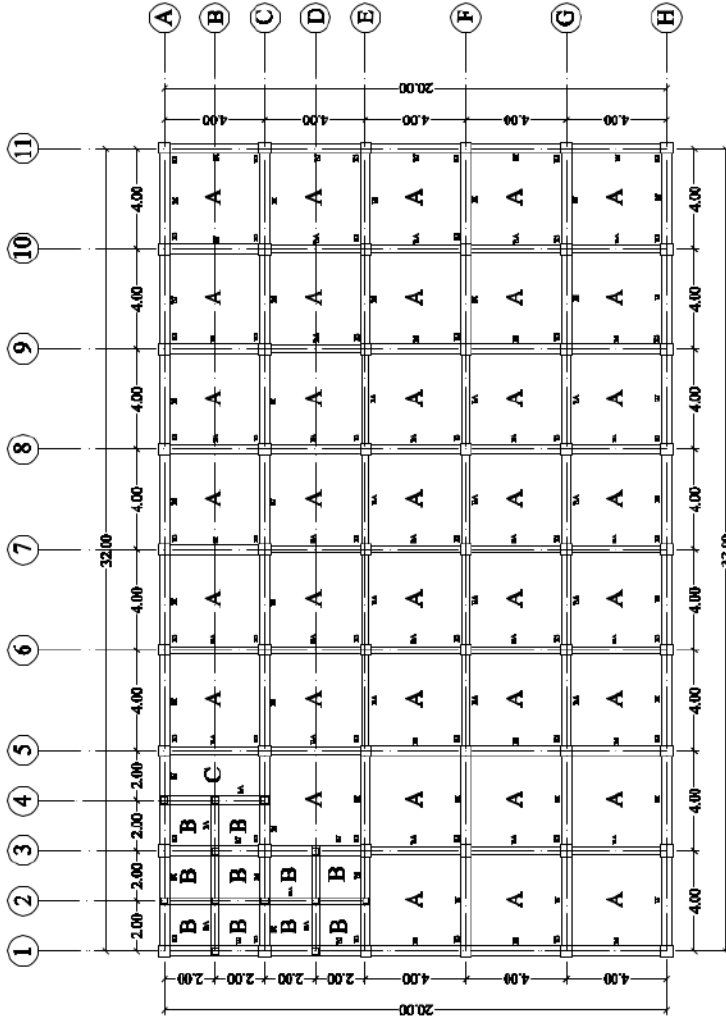
NAMA GAMBAR SKALA

DENAH STRUKTUR 1 : 250

NO. LEMBAR 9 JUMLAH LEMBAR 27

KODE	KETERANGAN
K2	Kolom L2
KP	Kolom Praktis
BU	Slabof Ujung
BA	Slabof Anak
A	Luas Pelat A
B	Luas Pelat B
C	Luas Pelat C

KODE	UKURAN
K1	0,45 m x 0,45 m
KP	0,25 m x 0,25 m
BI	0,4 m x 0,5 m
BA	0,3 m x 0,35 m
A	4 m x 4 m
B	2 m x 2 m
C	2 m x 4 m





UNIVERSITAS WIRARAJA SUMENEP  
 FAKULTAS TEKNIK  
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
 Jl. Raya Sumenep Pambasan, Km 5 Pabean, Sumenep

PERANCANGAN BANGUNAN SIPIL

CATATANREVISI

DI BUAT OLEH

NAMA MAHASISWA NPM

ARIFAH ESTIQOMAH 717.51.0680

MCH. ADI SUWARNO 717.51.0693

DI PERIKSA OLEH

DOSSEN PENGAMPUH TANDA TANGAN

ANITA INTAN MURA  
 DIANA, MT

NAMA GAMBAR SKALA

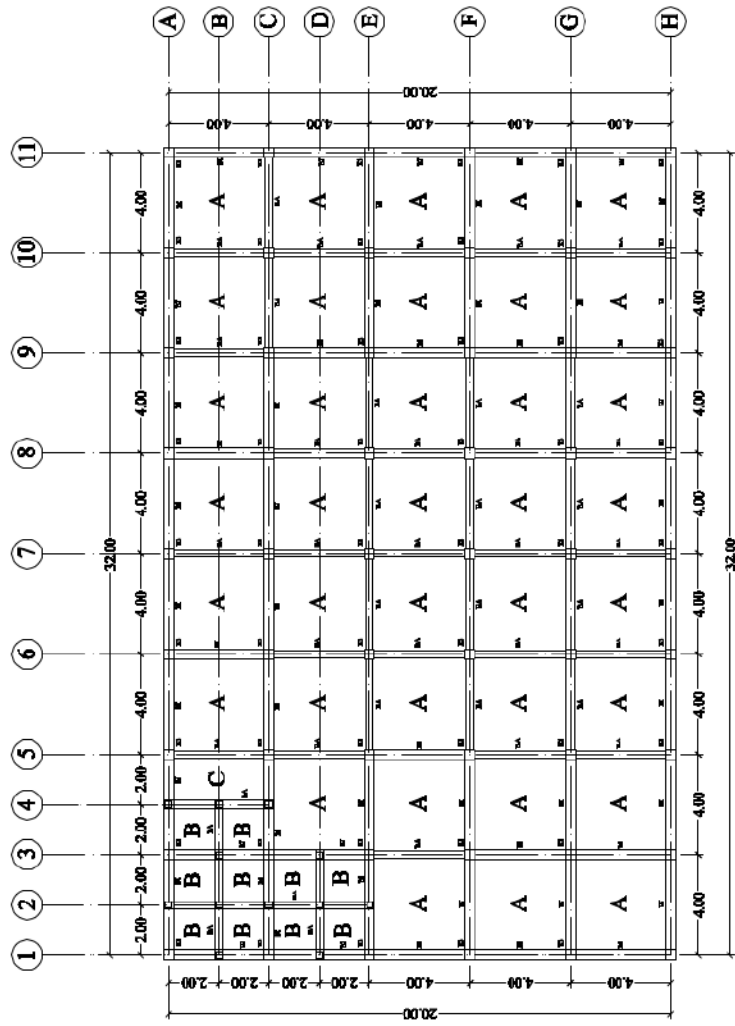
DENAH STRUKTUR 1 : 250

NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

10 27

KODE	KETERANGAN
K3	Kolom L3
KP	Kolom Praktis
BU	Sloof Umum
BA	Sloof Anak
A	Luas Pelat A
B	Luas Pelat B
C	Luas Pelat C

KODE	UKURAN
K1	0,40 m x 0,40 m
KP	0,25 m x 0,25 m
BI	0,4 m x 0,5 m
BA	0,30 m x 0,35 m
A	4 m x 4 m
B	2 m x 2 m
C	2 m x 4 m



DENAH STRUKTUR L.3  
 SKALA 1 : 250



UNIVERSITAS WIRARAJA SUMENEP  
 FAKULTAS TEKNIK  
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
 Jl. Raya Sumenep Pambasan, Km 5 Pabean, Sumenep

PERANCANGAN BANGUNAN SIPIL

CATATANREVISI

DI BUAT OLEH

NAMA MAHASISWA	NPM
ARIFAH ESTIQOMAH	717.51.0680
MCH. ADI SUWARNO	717.51.0693

DI PERIKSA OLEH

DOSEN PENGAMPUH	TANDA TANGAN
ANITA INTAN MURA DIANA, MT	

NAMA GAMBAR

SKALA

DENAH STRUKTUR

1 : 250

NO. LEMBAR

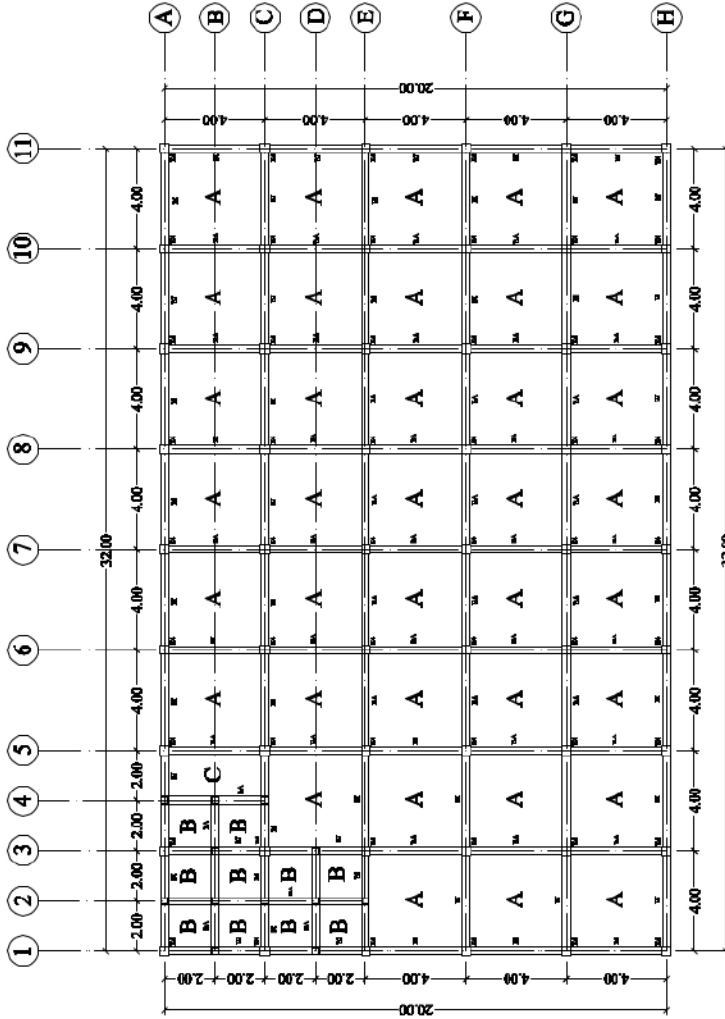
11

JUMLAH LEMBAR

27

KODE	KETERANGAN
K3	Kolom L3
KP	Kolom Praktis
BU	Sloof Umum
BA	Sloof Anak
A	Luas Pelat A
B	Luas Pelat B
C	Luas Pelat C

KODE	UKURAN
K1	0,40 m x 0,40 m
KP	0,25 m x 0,25 m
BI	0,30 m x 0,50 m
BA	0,30 m x 0,35 m
A	4 m x 4 m
B	2 m x 2 m
C	2 m x 4 m



DENAH STRUKTUR L.4

SKALA 1 : 250



UNIVERSITAS WIRARAJA SUMENEP  
 FAKULTAS TEKNIK  
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
 Jl. Raya Sumenep Pambasan, Km 5 Pabean, Sumenep

PERANCANGAN BANGUNAN SIPIL

CATATANREVISI

DI BUAT OLEH

NPM

NAMA MAHASISWA

717.51.0680

ARIFAH ESTIQOMAH

717.51.0693

MCH. ADI SUWARNO

DI PERIKSA OLEH

TANDA TANGAN

DOSEN PENGAMPUH  
 ANITA INTAN MURA  
 DIANA, MT

SKALA

1 : 250

DENAH STRUKTUR

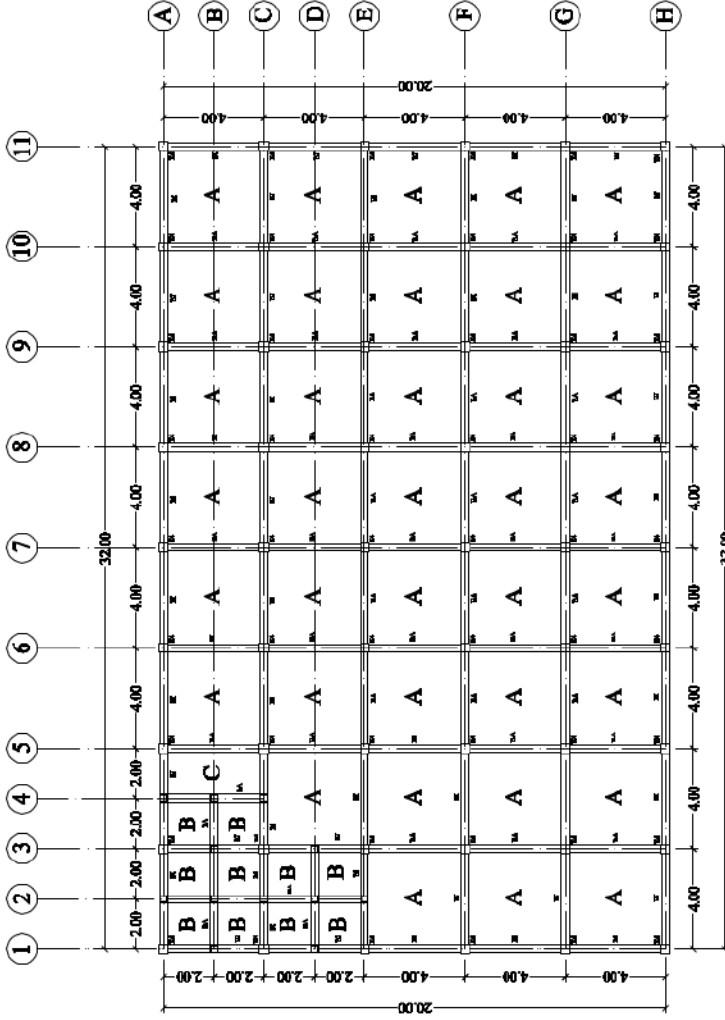
NO. LEMBAR

27

12

SKALA 1 : 250

DENAH STRUKTUR ATAP



KODE	KETERANGAN
K3	Kolom L3
KP	Kolom Praktis
BU	Sloof Umum
BA	Sloof Anak
A	Luas Pelat A
B	Luas Pelat B
C	Luas Pelat C

KODE	UKURAN
K1	0,40 m x 0,40 m
KP	0,25 m x 0,25 m
BI	0,30 m x 0,50 m
BA	0,30 m x 0,35 m
A	4 m x 4 m
B	2 m x 2 m
C	2 m x 4 m



UNIVERSITA WIRARAJA SUMENEP  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
Jl. Raya Sumenep Pamekasan 128 8 Pamekasan, Sumenep

PERANCANGAN BANGUNAN SIPIL

CATATANREVISI

DI BUAT OLEH

NPM

ARIFAH ESTIQOMAH 717.51.0980

MOH. ADI SUWARNO 717.51.0903

DI PERIKSA OLEH

TANDA TANGAN

DOSEN PENGAMPUH  
ANITA INTAN NURA  
DIANA, MT

SKALA

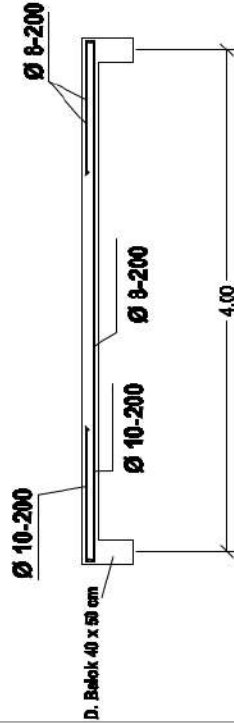
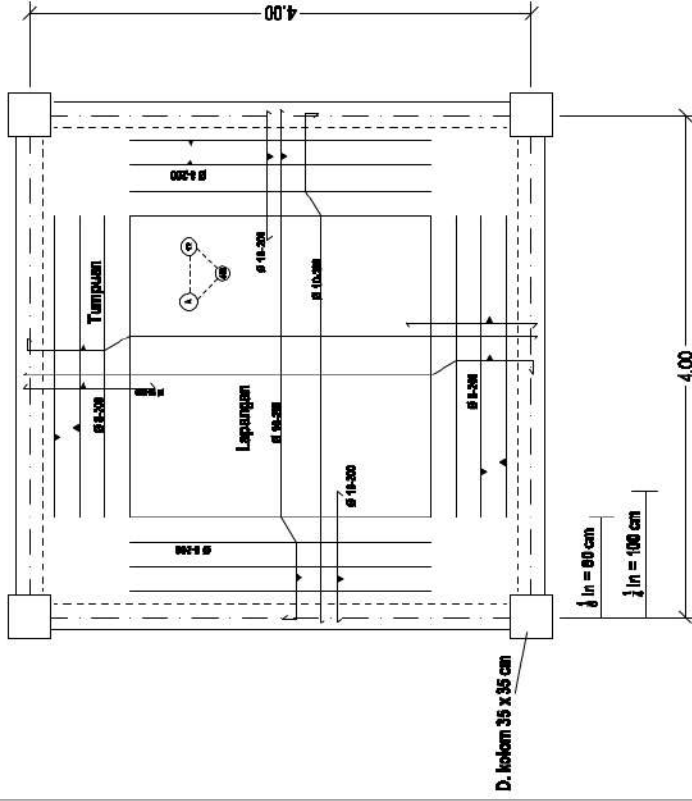
DETAIL  
PENULANGAN  
PELAT LANTAI  
1 : 75

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

13

27



POTONGAN PELAT A

DETAIL PELAT TYPE A  
SKALA 1:75





**UNIVERSITA WIRARAJA SUMENEP**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
 Jl. Raya Sumenep Pamekasan 12818 Pamekasan, Sumenep

**PERANCANGAN BANGUNAN SIPIL**

CATATANREVISI

DI BUAT OLEH

NPM

717.51.0980

717.51.0983

DI PERIKSA OLEH

TANDA TANGAN

ANITA INTAN NURA  
 DIANA, MT

NAMA GAMBAR

SKALA

**DETAIL  
 PENULANGAN  
 PELAT LANTAI**

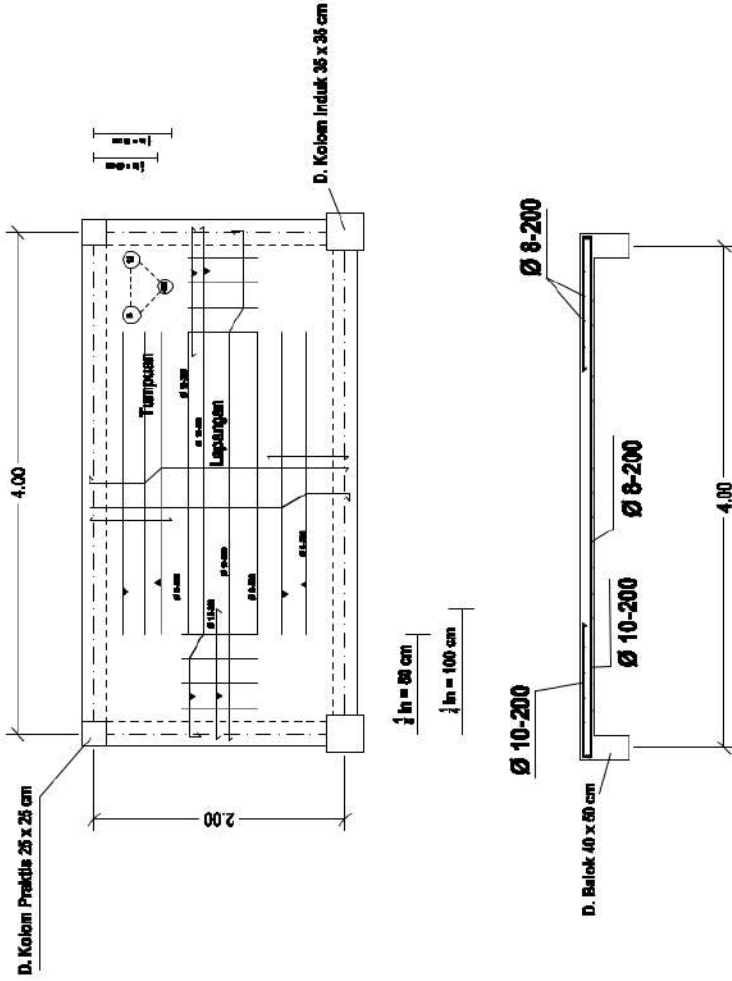
1 : 75

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

14

27



**POTONGAN PELAT B**

**DETAIL PELAT TYPE B**  
 SKALA 1:75



UNIVERSITA WIRARAJA SUMENEP  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
Jl. Raya Sumenep Pambasan I/II & Pabasan, Sumenep

PERANCANGAN BANGUNAN SIPIL

CATATANREVISI

DI RIJAT OLEH

NAMA MAHASISWA NPM

ARIFAH ESTIQOMAH 717.51.0980

MOH. ADI SUWARNO 717.51.0983

DI PERIKSA OLEH

DOSEN PENGAMPUH TANDA TANGAN

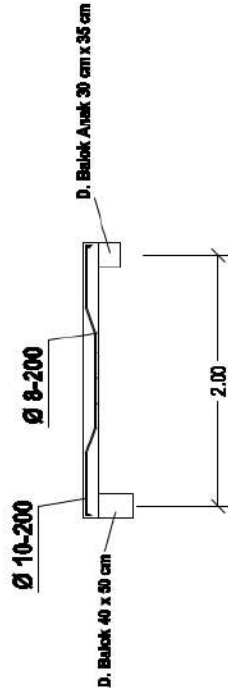
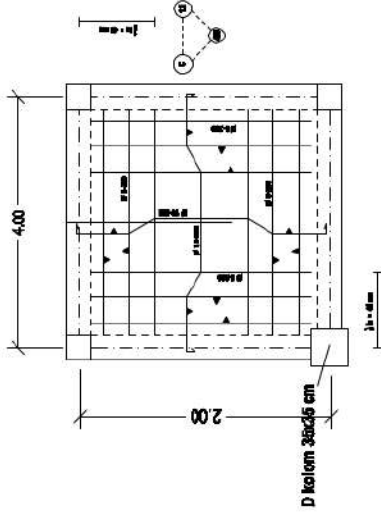
ANITA INTAN NURA  
DIANA, MT

NAMA GAMBAR SKALA

DETAIL  
PENULANGAN  
PELAT LANTAI 1 : 75

NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

15 27



### POTONGAN PELAT C

DETAIL PELAT TYPE C  
SKALA 1:75



**UNIVERSITAS WIRARAJA SUMENEP**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
Jl. Raya Sumenep Pambonan KM 8 Pamban, Sumenep

**PERANCANGAN BANGUNAN SIPIL**

CATATANREVISI

DI BUAT OLEH

NAMA MAHASISWA  
ARIFAH ESTIQOMAH

NPM  
717.51.0880

MOH. ADI SUWARNO

717.51.0903

DI PERIKSA OLEH

DOSEN PENGAMPUH  
ANITA INTAN NURA

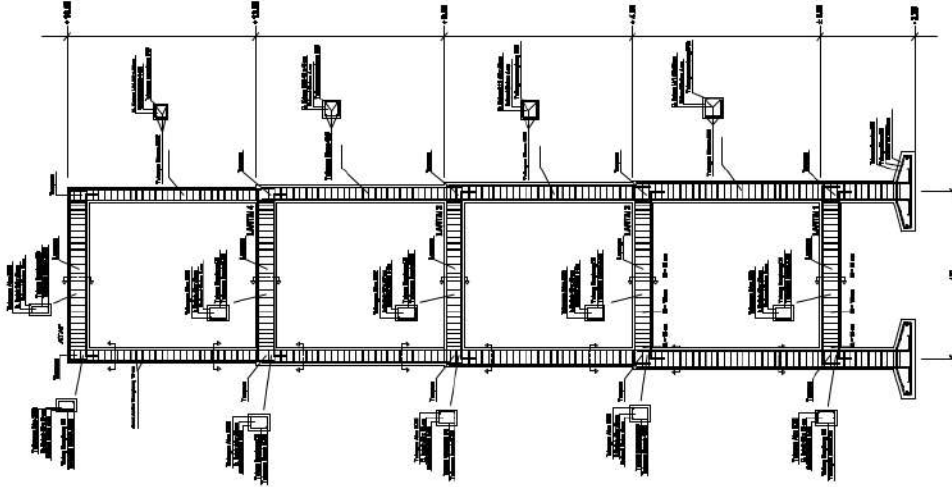
DIANA, MT

NAMA GAMBAR  
DETAIL PENJULANGAN

SKALA  
1 : 30

NO. LEMBAR  
16

JUMLAH LEMBAR  
27



DETAIL PENJULANGAN LANTAI 1-5  
SKALA 1:30



UNIVERSITAS WIRARAJA SUMENEP  
 FAKULTAS TEKNIK  
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
 Jl. Raya Sumenep Pamekasan 128 8 Pamek., Sumenep

PERANCANGAN BANGUNAN SIPIL

CATATANREVISI

DI BUAT OLEH

NPM

717.51.0980

ARIFAH ESTIQOMAH

717.51.0983

MOH. ADI SUWARNO

DI PERIKSA OLEH

TANDA TANGAN

ANITA INTAN NURA  
 DIANA, MT

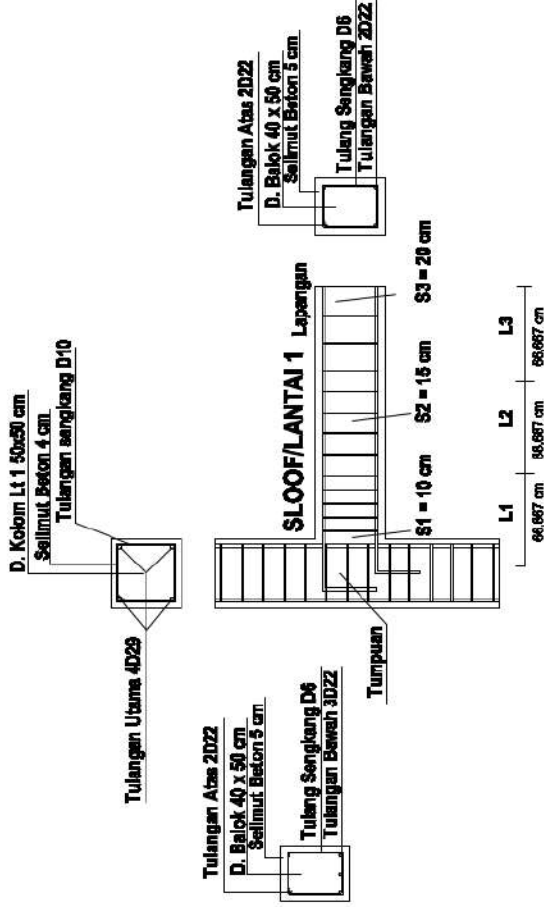
SKALA

1 : 30

JUMLAH LEMBAR

27

17



Kolom Balok Lt. 1

SKALA 1:30



UNIVERSITAS WIRARAJA SUMENEP  
 FAKULTAS TEKNIK  
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
 Jl. Raya Sumenep Pambanran 128 8 Pabean, Sumenep

PERANCANGAN BANGUNAN SIPIL

CATATANREVISI

DI BUAT OLEH

NAMA MAHASISWA NPM

ARIFAH ESTIQOMAH 717.51.0980

MOH. ADI SUWARNO 717.51.0983

DI PERIKSA OLEH

DOSEN PENGAMPUH TANDA TANGAN

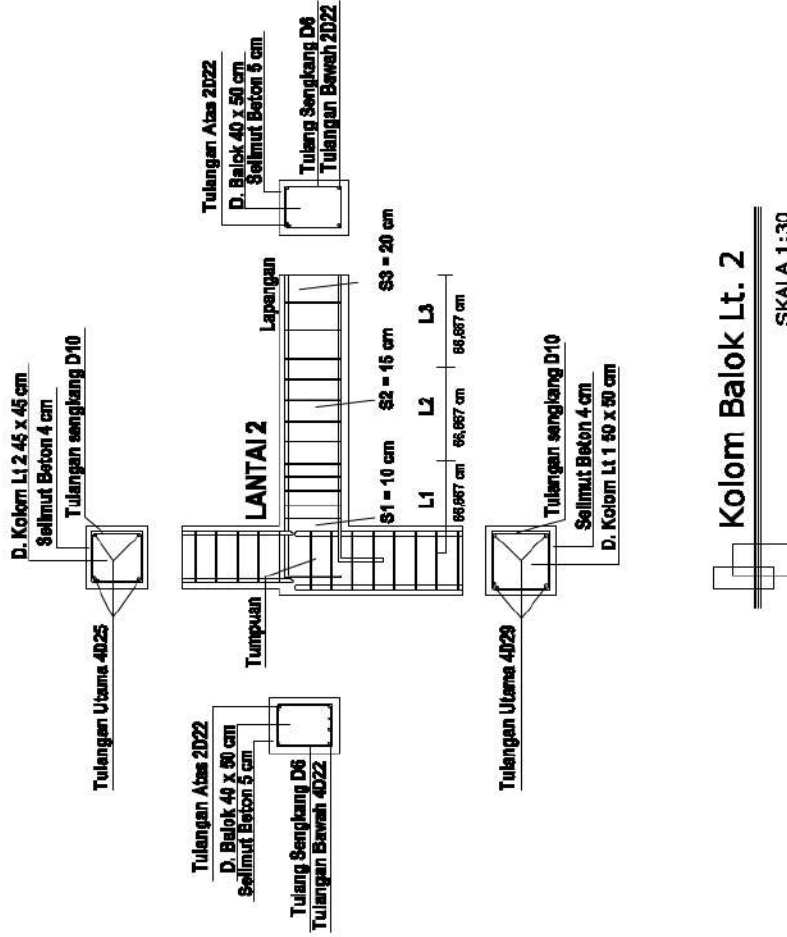
ANITA INTAN NURA  
 DIANA, MT

NAMA GAMBAR SKALA

PENULANGAN  
 KOLOM INDIUK  
 DAN  
 BALOK INDIUK  
 1 : 30

NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

18 27



Kolom Balok Lt. 2

SKALA 1:30



**UNIVERSITA WIRARAJA SUMENEP**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
 Jl. Raya Sumenep Pamekasan 128 8 Pamek., Sumenep

**PERANCANGAN BANGUNAN SIPIL**

CATATANREVISI

DI BUAT OLEH

NPM

717.51.0980

ARIFAH ESTIQOMAH

717.51.0983

MOH. ADI SUWARNO

DI PERIKSA OLEH

TANDA TANGAN

ANITA INTAN NURA  
DIANA, MT

SKALA

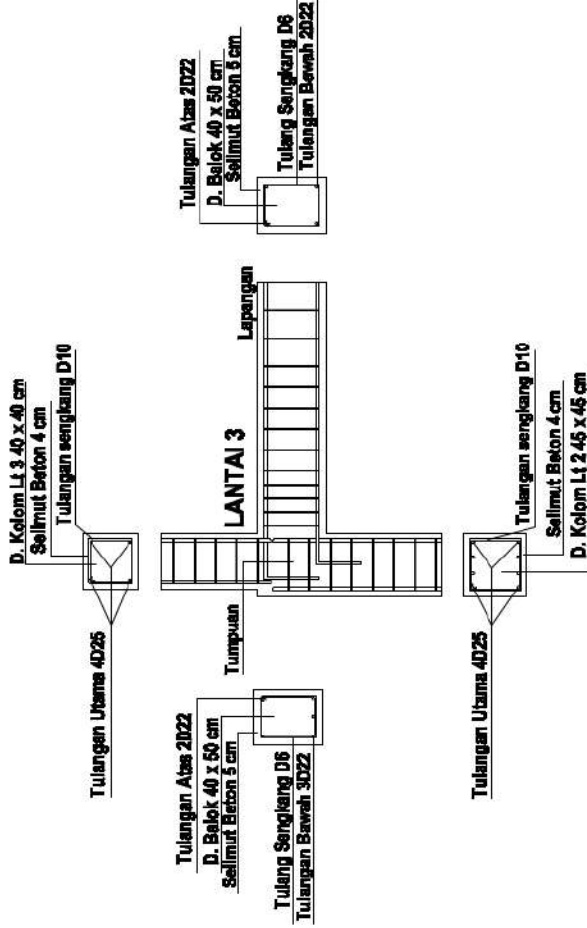
1 : 30

JUMLAH LEMBAR

27

NO. LEMBAR

19



**Kolom Balok Lt. 3**  
 SKALA 1:30



**UNIVERSITAS WIRARAJA SUMENEP**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
 Jl. Raya Sumenep Pamekasan 128 9 Pamek., Sumenep

**PERANCANGAN BANGUNAN SIPIL**

CATATANREVISI

DI BUAT OLEH

NAMA MAHASISWA NPM

ARIFAH ESTIQOMAH 717.51.0980

MOH. ADI SUWARNO 717.51.0983

DI PERIKSA OLEH

DOSEN PENGAMPUH TANDA TANGAN

ANITA INTAN NURA  
 DIANA, MT

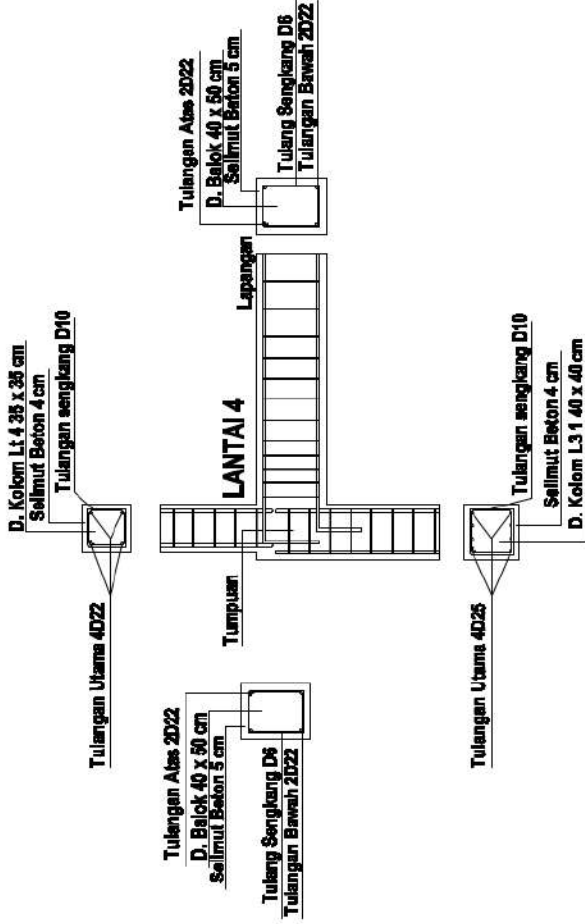
NAMA GAMBAR SKALA

PENULANGAN  
 KOLOM INDIUK  
 DAN  
 BALOK INDIUK

1 : 30

NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

20 27



**Kolom Balok Lt. 4**

SKALA 1:30



**UNIVERSITA WIRARAJA SUMENEP**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
Jl. Raya Sumenep Pamekasan 128 8 Pamek, Sumenep

**PERANCANGAN BANGUNAN SIPIL**

CATATANREVISI

DI BUAT OLEH

NAMA MAHASISWA NPM

ARIFAH ESTIQOMAH 717.5.1.0680

MOH. ADI SUWARNO 717.5.1.0903

DI PERIKSA OLEH

DOSEN PENGAMPUH TANDA TANGAN

ANITA INTAN NURA  
DIANA, MT

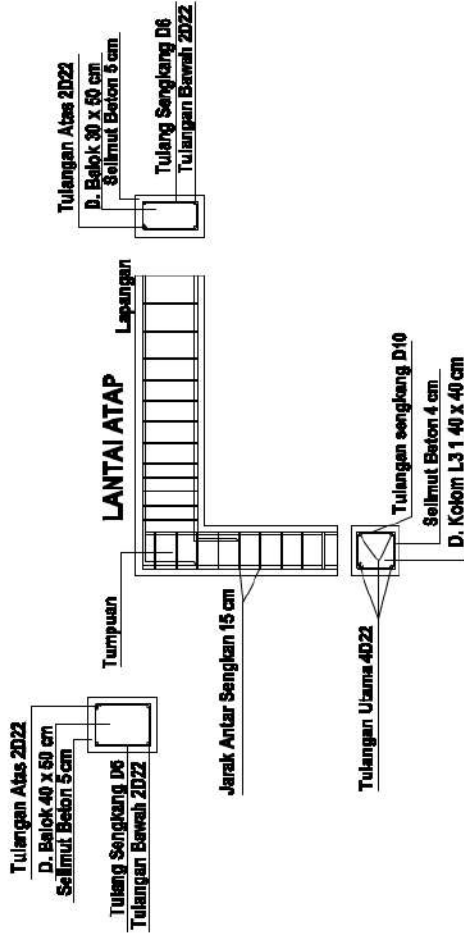
NAMA GAMBAR SKALA

PENULANGAN  
KOLOM INDIUK  
DAN  
BALOK INDIUK 1 : 30

NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

21

27



**Kolom Balok Lt. Atap**

SKALA 1:30





**UNIVERSITA WIRARAJA SUMENEP**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
*Jl. Raya Sumenep Pambonan 128 8 Pabean, Sumenep*

**PERANCANGAN BANGUNAN SIPIL**

CATATANREVISI

DI BUAT OLEH

NPM

717.51.0680

717.51.0683

DI PERIKSA OLEH

TANDA TANGAN

ANITA INTAN NURA  
 DIANA, MT

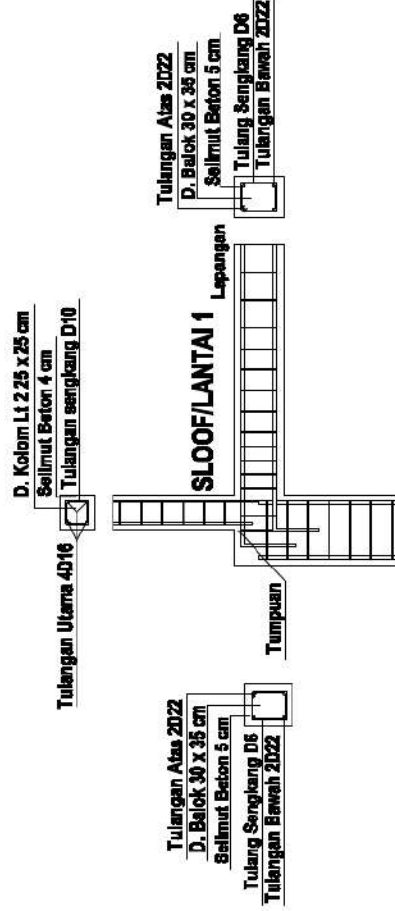
SKALA

1 : 30

JUMLAH LEMBAR

27

22



**Kolom Balok Lt. 1**

SKALA 1:30



**UNIVERSITA WIRARAJA SUMENEP**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
 Jl. Raya Sumenep Pambasan 128 8 Pabean, Sumenep

**PERANCANGAN BANGUNAN SIPIL**

CATATANREVISI

DI BUAT OLEH

NPM

717.51.0880

ARIFAH ESTIQOMAH

717.51.0903

MOH. ADI SUWARNO

DI PERIKSA OLEH

TANDA TANGAN

DOSEN PENGAMPUH  
 ANITA INTAN NURA  
 DIANA, MT

SKALA

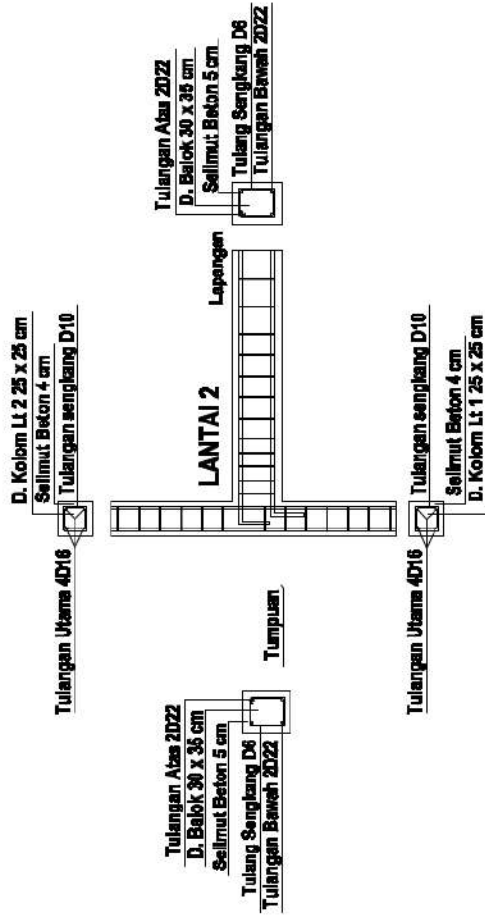
1 : 30

PENULANGAN  
 KOLOM PRAKTIS  
 DAN  
 BALOK ANAK

JUMLAH LEMBAR

27

23



**Kolom Balok Lt. 2**

SKALA 1:30



**UNIVERSITA WIRARAJA SUMENEP**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
Jl. Raya Sumenep Pamekasan 128 8 Pamek., Sumenep

**PERANCANGAN BANGUNAN SIPIL**

CATATANREVISI

DI BUAT OLEH

NPM

717.51.0980

717.51.0983

DI PERIKSA OLEH

TANDA TANGAN

ANITA INTAN NURA  
DIANA, MT

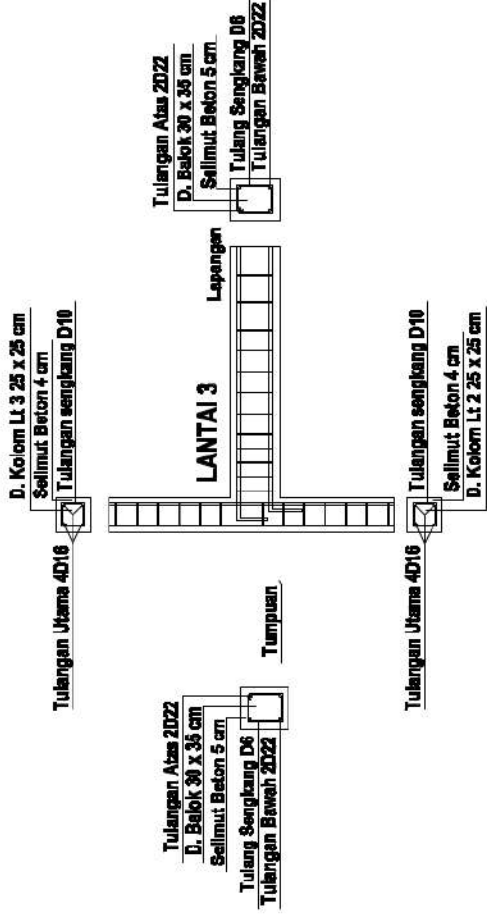
SKALA

1 : 30

JUMLAH LEMBAR

27

24



**Kolom Balok Lt. 3**

SKALA 1:30



**UNIVERSITAS WIRARAJA SUMENEP**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
Jl. Raya Sumenep Pambasan 128 8 Pabean, Sumenep

**PERANCANGAN BANGUNAN SIPIL**

CATATANREVISI

DI BUAT OLEH

NAMA MAHASISWA NPM

ARIFAH ESTIQOMAH 717.51.0980

MOH. ADI SUWARNO 717.51.0903

DI PERIKSA OLEH

DOSEN PENGAMPUH TANDA TANGAN

ANITA INTAN NURA  
DIANA, MT

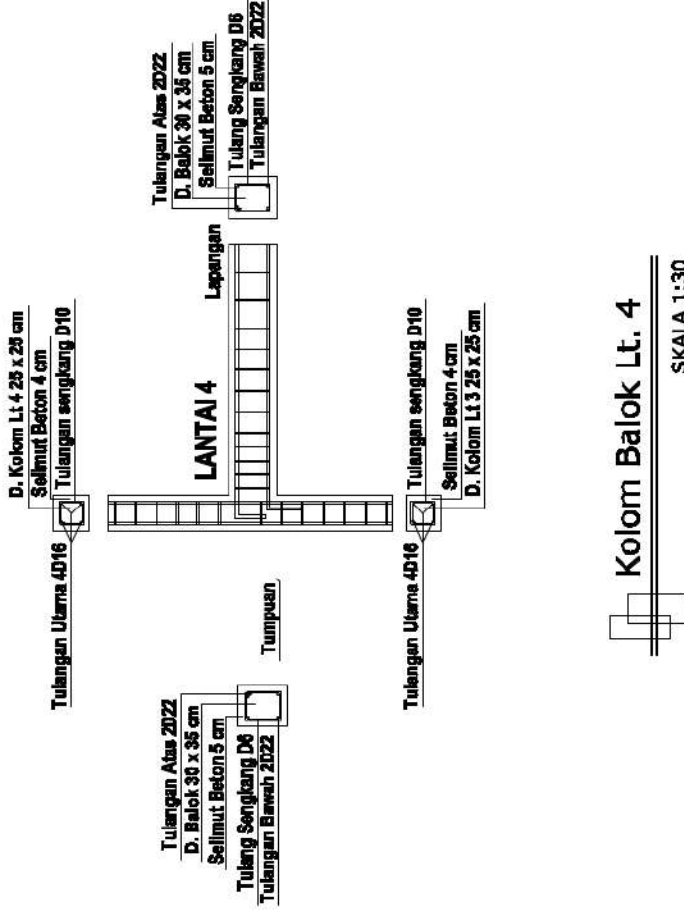
NAMA GAMBAR SKALA

PENULANGAN  
KOLOM PRAKTIS  
DAN  
BALOK ANAK  
1 : 30

NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

25

27





**UNIVERSITA WIRARAJA SUMENEP**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
Jl. Raya Sumenep Pambonan 128 8 Pabean, Sumenep

**PERANCANGAN BANGUNAN SIPIL**

CATATANREVISI

DI BUAT OLEH

NAMA MAHASISWA

NPM

ARIFAH ESTIQOMAH

717.51.0980

MOH. ADI SUWARNO

717.51.0983

DI PERIKSA OLEH

DOSEN PENGAMPUH

TANDA TANGAN

ANITA INTAN NURA  
DIANA, MT

NAMA GAMBAR

SKALA

PENULANGAN  
KOLOM PRAKTIS  
DAN  
BALOK ANAK

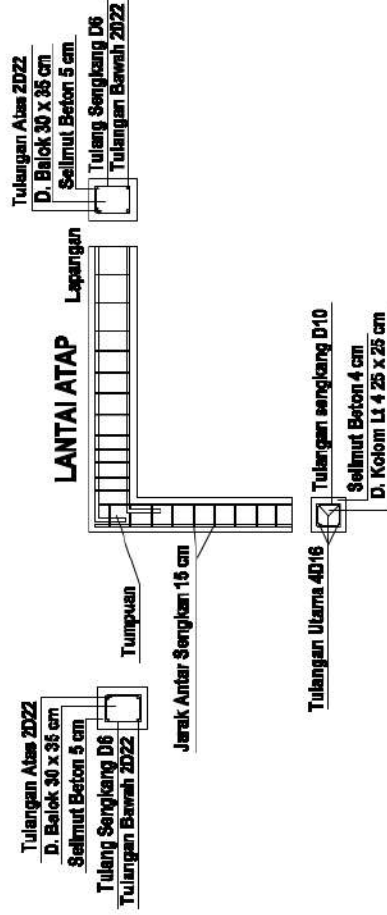
1 : 30

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

26

27



**Kolom Balok Lt. Atap**

SKALA 1:30



UNIVERSITA WIRARAJA SUMENEP  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
Jl. Raya Sumenep Pambasan 128 8 Pabasan, Sumenep

PERANCANGAN BANGUNAN SIPIL

CATATANREVISI

DI BUAT OLEH

NPM

717.51.0880

717.51.0883

DI PERIKSA OLEH

TANDA TANGAN

ANITA INTAN NURA  
DIANA, MT

SKALA

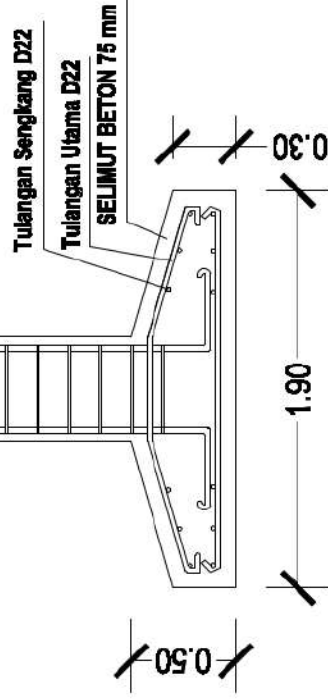
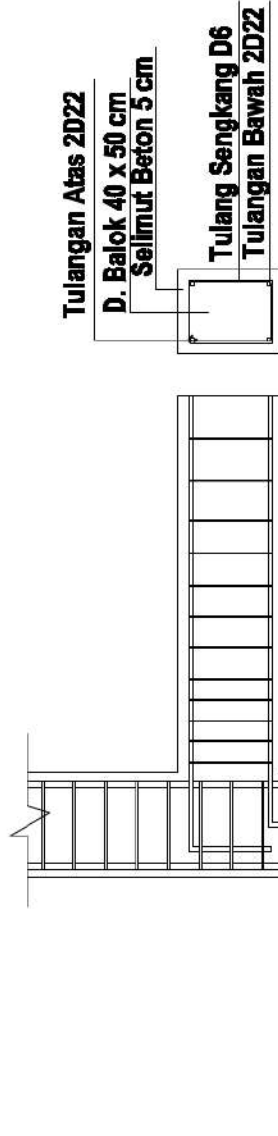
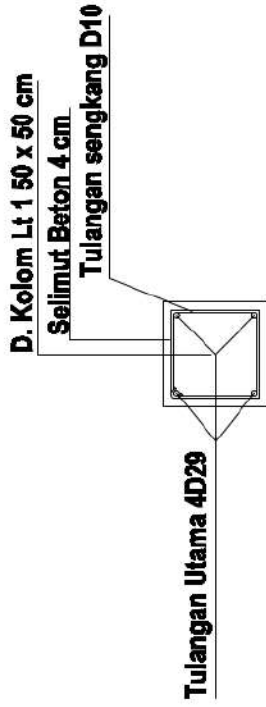
1 : 30

NO. LEMBAR

27

JUMLAH LEMBAR

27



**Detail Pondasi**  
SKALA 1:30

## ORIGINALITY REPORT

24%

SIMILARITY INDEX

22%

INTERNET SOURCES

2%

PUBLICATIONS

10%

STUDENT PAPERS

## PRIMARY SOURCES

1

[es.scribd.com](https://es.scribd.com)

Internet Source

3%

2

[www.scribd.com](https://www.scribd.com)

Internet Source

3%

3

[eprints.umm.ac.id](https://eprints.umm.ac.id)

Internet Source

2%

4

[repository.its.ac.id](https://repository.its.ac.id)

Internet Source

2%

5

[id.scribd.com](https://id.scribd.com)

Internet Source

2%

6

[www.slideshare.net](https://www.slideshare.net)

Internet Source

1%

7

Submitted to Universitas 17 Agustus 1945  
Surabaya

Student Paper

1%

8

[id.123dok.com](https://id.123dok.com)

Internet Source

1%

9

Submitted to Universitas International Batam

1%

10

Submitted to Politeknik Negeri Bandung

Student Paper

1%

11

docslide.us

Internet Source

1%

12

pt.scribd.com

Internet Source

1%

13

kampuzsipil.blogspot.com

Internet Source

<1%

14

lib.unnes.ac.id

Internet Source

<1%

15

Submitted to LL Dikti IX Turnitin Consortium

Student Paper

<1%

16

docplayer.info

Internet Source

<1%

17

www.sipilkusipilmu.com

Internet Source

<1%

18

Submitted to Universitas Merdeka Malang

Student Paper

<1%

19

eprints.uny.ac.id

Internet Source

<1%

20

edoc.site

Internet Source

<1%



---

21	Submitted to Sultan Agung Islamic University Student Paper	<1%
22	fr.scribd.com Internet Source	<1%
23	dokumen.tips Internet Source	<1%
24	Submitted to Universitas Negeri Surabaya The State University of Surabaya Student Paper	<1%
25	digilib.its.ac.id Internet Source	<1%
26	Submitted to Universitas Lancang Kuning Student Paper	<1%
27	media.neliti.com Internet Source	<1%
28	khumaidy.blogspot.com Internet Source	<1%
29	eprints.itn.ac.id Internet Source	<1%
30	idoc.pub Internet Source	<1%
31	abstrak.ta.uns.ac.id Internet Source	<1%

---

32	Catherine A. Tauber, David K. Faulkner. " (Neuroptera: Chrysopidae: Nothochrysinæ): Larval Description and Support for Generic Relationships ", Psyche: A Journal of Entomology, 2015 Publication	<1%
33	es.slideshare.net Internet Source	<1%
34	sipilengineer.blogspot.com Internet Source	<1%
35	ejpp.balitbang.pemkomedan.go.id Internet Source	<1%
36	Submitted to Universitas Andalas Student Paper	<1%
37	www.digilib.its.ac.id Internet Source	<1%
38	dwiichellymerdha.blogspot.com Internet Source	<1%
39	jurnal.poliupg.ac.id Internet Source	<1%
40	www.neliti.com Internet Source	<1%
41	bloganaksmkteknikgambarangunan.blogspot.com Internet Source	<1%

42 Submitted to Sriwijaya University <1 %  
Student Paper

---

43 www.gunadarma.ac.id <1 %  
Internet Source

---

44 journal.uta45jakarta.ac.id <1 %  
Internet Source

---

45 eprints.binus.ac.id <1 %  
Internet Source

---

46 Submitted to Universitas Atma Jaya Yogyakarta <1 %  
Student Paper

---

47 repositori.umsu.ac.id <1 %  
Internet Source

---

48 repository.warmadewa.ac.id <1 %  
Internet Source

---

49 F Hamdi, H A Imran. "Mechanical degradation of normal concrete due to seawater intrusion", IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2019 <1 %  
Publication

---

50 Submitted to University of West London <1 %  
Student Paper

---

51 Submitted to Universitas Brawijaya <1 %  
Student Paper

---

Submitted to Unika Soegijapranata

52

Student Paper

<1%

---

53

[tkarang-oneda.blogspot.com](http://tkarang-oneda.blogspot.com)

Internet Source

<1%

---

54

[adoc.tips](http://adoc.tips)

Internet Source

<1%

---

55

[repository.usu.ac.id](http://repository.usu.ac.id)

Internet Source

<1%

---

56

[iswahyudiblogspotcom.blogspot.com](http://iswahyudiblogspotcom.blogspot.com)

Internet Source

<1%

---

Exclude quotes Off

Exclude matches < 10 words

Exclude bibliography Off