



REPUBLIK INDONESIA
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC00202021853, 9 Juli 2020

Pencipta

Nama : Anita Intan Nura Diana, ST., MT

Alamat : Perum Batuan Blok K/3 RT 012 RW 002 Desa Batuan Kecamatan
Batuan Kabupaten Sumenep, Sumenep, Jawa Timur, 69451

Kewarganegaraan : Indonesia

Pemegang Hak Cipta

Nama : UNIVERSITAS WIRARAJA

Alamat : JL. Raya Sumenep-Pamekasan, KM. 5 Patean, Sumenep, Sumenep,
Jawa Timur, 69451

Kewarganegaraan : Indonesia

Jenis Ciptaan : Modul

Judul Ciptaan : Modul Rancangan Bangunan Gedung Berbasis SAP 2000

Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia : 7 Juli 2020, di Sumenep

Jangka waktu perlindungan : Berlaku selama 50 (lima puluh) tahun sejak Ciptaan tersebut pertama kali dilakukan Pengumuman.

Nomor pencatatan : 000193498

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.

Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.



a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL

Dr. Freddy Harris, S.H., LL.M., ACCS.
NIP. 196611181994031001



MODUL **RANCANGAN** **BANGUNAN GEDUNG** **BERBASIS SAP 2000**



Penyusun :
Anita Intan Nura Diana

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 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
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Manfaat Penulisan	2
BAB 2 KRITERIA DESAIN	
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
BAB 3 PEMODELAN DAN PEMBEBANAN STRUKTUR	
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 Ultimite.....	274

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan.....	277
6.2 Saran	278

DAFTAR PUSTAKA	279
-----------------------------	------------

LAMPIRAN

BAB 1

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, excel, 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 pembanding. 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 1 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.

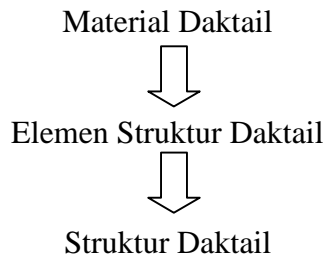
BAB 2 KRITERIA DESAIN

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 duktail*. Tentang filosofi struktur gedung tahan gempa dapat dijelaskan dengan flow-chart 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 menemui 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 ($yL < R$), $R > \mu$; R : kuat rencana, U : kuat perlu.

Fungsi Nilai ϕ (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:

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

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

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)

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:

$$A_{S \min} = \sqrt{\frac{f'c}{4f_y}} b_w d \geq \frac{1,4}{f_y} b_w d$$

Atau jika dinyatakan sebagai rasio tulangan minimum,

$$\min = \sqrt{\frac{f'c}{4f_y}} \geq \frac{1,4}{f_y}$$

keterangan :

A_s : tulangan tarik

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

f_y : tegangan tarik baja

b_w : lebar

d : tinggi efektif penampang balok

(Buku Perancangan Struktur BETON BERTULANG berdasarkan SNI 2847 : 2013 ; hal 42)

Tulangan Tekan Sudah Luluh

Syarat batasan tulangan untuk A_{s1} . Adalah bahwa harus dipenuhi $\rho_1 (A_{s1}/bd) < \rho_{maks}$ untuk penampang terkendali tarik dari balok bertulangan tunggal dapat dihitung diasumsikan tulangan tekan A_s' sudah leleh.

$$T_1 = C_c$$

$$A_{s1} \cdot f_y = 0,85 f'c ab$$

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

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

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 ϵ'_s belum mencapai ϵ_y pada saat terjadi keruntuhan. Luluhnya tulangan tekan juga dipengaruhi oleh letaknya terhadap derat 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 :

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

$$C_c = 0,85 f'_c \cdot cb$$

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

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

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

ϵ'_s : regangan tarik baja tulangan

α_1 : faktor pembentuk tegangan

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

A. Desain penampang persegi bertulangan tunggal

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 $a = \alpha_1 c$ 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 α_1 dapat dihitung sebagai berikut :

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

$$\alpha_1 = 0,85$$

- 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

$$\alpha_1 = 0,65$$

Dalam SNI 2847:2013 Pasal 9.3 digunakan beberapa nilai faktor reduksi kekuatan ϕ , 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 bertulang tunggal :

$$\text{Balance} = 0,85 \times 1 \times \frac{f_c}{F_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

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

kuat momen rencana penampang persegi bertulangan tunggal :

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

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

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 $M_{u \text{ Maks}}$ dan $R_{u \text{ Maks}} = \phi \text{ maks} [1 - (M_{u \text{ Maks}} f_y / 1,7 f'c)] f_y$
- 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 ρ dan A_s dapat dihitung.
- Jika $M_u > \phi M_{n \text{ maks}}$, maka diperlukan tulangan tekan.
- Jika ρ dan b diketahui, nilai R_u dapat dihitung :

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

(Buku 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 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

d_b = diameter tulangan baja yang digunakan

s = jarak antar tulangan baja (diambil nilai terbesar d_b 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 :

$$h_1 = d_1 + d_b/2 + 10 \text{ mm} + 40 \text{ mm}$$

$$= d_1 + d_b/2 + 50 \text{ mm} \quad (\text{untuk satu lapis tulangan})$$

$$h = d_2 + s/2 + d_b + 10 \text{ mm} + 40 \text{ mm}$$

$$= d_2 + (25/2) + d_b + 50 \text{ mm}$$

$$= d_2 + d_b + 62,5 \text{ mm} \quad (\text{untuk satu lapis tulangan})$$

(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 ρ_{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, ρ_b dan rasio tulangan maksimum ρ_{Maks} dengan menggunakan rumus

$$\rho_{Balance} = 0,85 \times \rho_1 \times \frac{f'_c}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{Maks} = \left(\frac{0,003 + f_y / E_s}{0,009} \right) \rho_b$$

Hitung $A_{s \text{ maks}} = A_{S1} = \rho_{Maks} b d$ (luas tulangan tunggal maksimum)

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

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

3. Hitung kuat momen rencana balok bertulangan tunggal M_{u1} , menggunakan ρ_{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 ϵ'_s dapat dihitung dari diagram regangan, dan $f'_s = \epsilon'_s E_s$

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 $A'_s >$

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

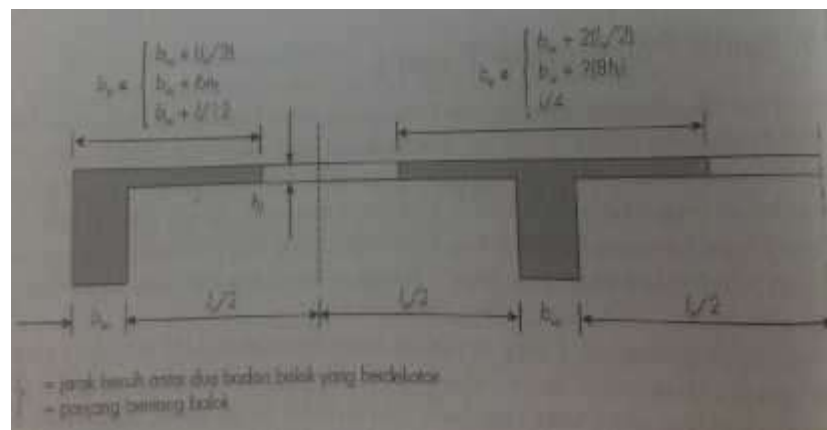
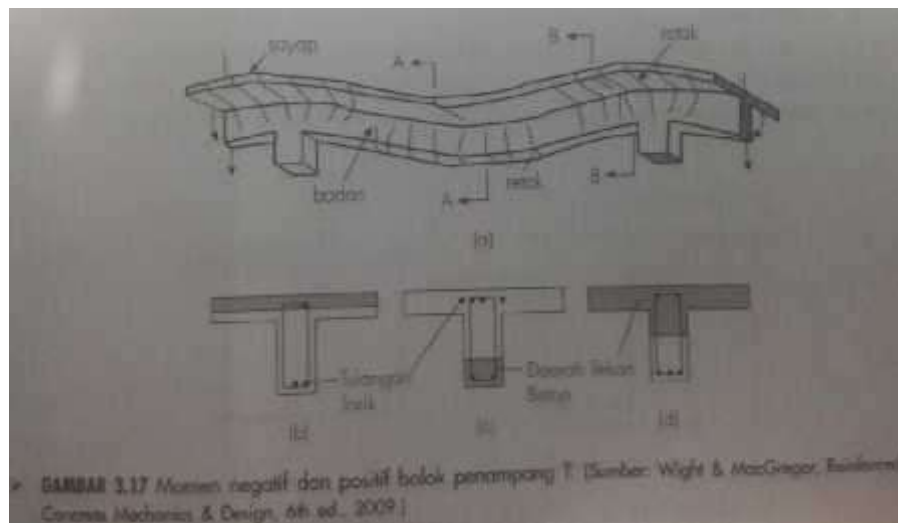
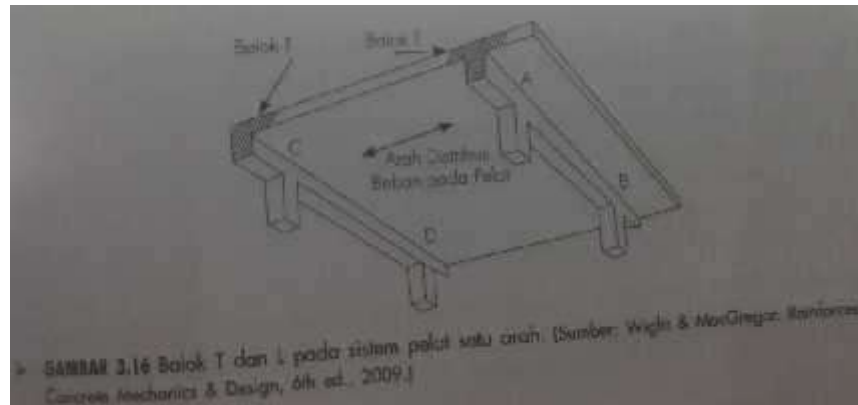
7. Pilih tulangan yang akan digunakan sebagai A_S dan A'_S ., yang mencukupi untuk lebar balok, b . Pada beberapa kasus A_S dapat disusun dalam dua baris atau lebih.
8. Hitung tinggi total balok, h dan periksa bahwa $(f'_s / f_y) < \rho_{maks}$
9. Dapat dilakukan pemeriksaan akhir, $\phi M_n > M_U$.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

$$\epsilon_t = \frac{M_U - U}{E} 0,003 \geq 0,005$$

D. Balok Penampang T dan L

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.

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) 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

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

E. 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. 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.

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 ρ 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 $A_s \leq A_{s_{\max}}$

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 :

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

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

$$M_u = \phi A_{sft} A_{sf} (d - h_f/2)$$

- c. Jika nilai d diperoleh maka $A_s = A_{sft}$ 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 ρ 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 ϕV_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 ϕV_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

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

$$V_{c1} = 0,33 \sqrt{f'_c} b_w d$$

$$V_{c2} = 0,66 \sqrt{f'_c} b_w d$$

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 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 :

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

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

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

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 Perancangan Struktur BETON BERTULANG berdasarkan SNI 2847 : 2013 ; hal 103 -104)

G. Desain Terhadap Torsi

Tulangan torsi dibutuhkan apabila :

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

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

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

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

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

- c. Tulangan sengkang tertutup A_t dihitung berdasarkan SNI 2847 : 2013 pasal 11.5.3.6 yaitu :

$$T_n = \frac{2 A_o A_t f_y t \cot \theta}{s}$$

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

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

= 45^u untuk balok beton non pra tegang

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

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

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

- e. 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.

a. Pelat satu arah

Jika sistem pelat hanya ditumpu dikedua 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^2

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^2

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 ;

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

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

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

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

dengan :

Ln : panjang bentang bersih dalam arah memanjang dari kontruksi dua arah, diukur dari muka tumpuan pada pelat tanpa balok dan muka ke muka balok atau tumpuan lain pada kasus lainnya (mm)

β : 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 pela

αf : 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 tipa 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

L0 : bentang terpanjang

B0 : bentang terpendek

Menghitung luasan titik berat :

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

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

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

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

Keterangan :

A1 : Luas Pelat

A2 : Luas Balok

Y1 : Titik Berat Pelat

Y2 : Titik Berat Pelat

Mencari titik berat

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

Menghitung jarak dari titik tengah ke titik berat

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

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

Mencari Momen Inersia

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

Momen Inersia Pelat

Lebar pelat yang ditinjau = Lebar Pelat – Be2

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

$$mI = \frac{Ib}{Is}$$

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

Cek ketebalan pelat :

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

C. Perhitungan Momen Pada Pelat Lantai

Perhitungan momen pada pelat lanta berdasarkan tabel ALI ASRONI

Tabel L.3.1 (Lanjutan)

		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	2.5	
I		Mlx = + 0,001 q _u l _x ² X	44	52	59	66	73	78	84	88	93	97	100	103	106	108	110	112	
		Mly = + 0,001 q _u l _y ² X	44	45	45	44	44	43	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	25
II		Mlx = + 0,001 q _u l _x ² X	36	42	46	50	53	56	58	59	60	61	62	62	63	63	63	63	
		Mly = + 0,001 q _u l _y ² X	36	37	38	38	38	37	36	36	35	35	35	34	34	34	34	34	15
III		Mlx = + 0,001 q _u l _x ² X	48	53	61	67	71	76	79	82	84	86	88	89	90	91	92	94	
		Mly = + 0,001 q _u l _y ² X	48	50	51	51	51	51	50	50	49	49	49	48	48	48	47	47	19
IVA		Mlx = + 0,001 q _u l _x ² X	48	55	61	67	71	76	79	82	84	86	88	89	90	91	92	94	
		Mly = + 0,001 q _u l _y ² X	48	50	51	51	51	51	50	50	49	49	49	49	49	48	48	47	56
IVB		Mlx = + 0,001 q _u l _x ² X	22	28	34	41	48	55	62	68	74	80	85	89	93	97	100	103	
		Mly = + 0,001 q _u l _y ² X	22	20	18	17	15	14	13	12	11	10	10	10	9	9	9	9	13
VA		Mlx = + 0,001 q _u l _x ² X	51	57	62	67	70	73	75	77	78	79	79	79	79	79	79	79	
		Mly = + 0,001 q _u l _y ² X	51	57	62	67	70	73	75	77	78	79	79	79	79	79	79	79	79
VB		Mlx = + 0,001 q _u l _x ² X	51	54	57	59	60	61	62	62	63	63	63	63	63	63	63	63	
		Mly = + 0,001 q _u l _y ² X	22	20	18	17	15	14	13	12	11	10	10	10	9	9	9	9	13
VIA		Mlx = + 0,001 q _u l _x ² X	51	54	57	59	60	61	62	62	63	63	63	63	63	63	63	63	
		Mly = + 0,001 q _u l _y ² X	51	54	57	59	60	61	62	62	63	63	63	63	63	63	63	63	63
VIB		Mlx = + 0,001 q _u l _x ² X	51	54	57	59	60	61	62	62	63	63	63	63	63	63	63	63	
		Mly = + 0,001 q _u l _y ² X	51	54	57	59	60	61	62	62	63	63	63	63	63	63	63	63	63

Keterangan : - Terletak bebas
 - Menekan atau terjepit elasis

Tabel L.3.1 Momen di dalam Pelat yang Menumpu pada Keempat Tepinya akibat Beba Terbagi Rata

		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		$M_{lx} = +0,001 q_x l_x^2 X$	44	52	59	66	73	78	84	88	93	97	100	103	105	108	110	112	125
	$M_{ly} = +0,001 q_y l_y^2 X$	44	45	45	44	44	43	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	34
II		$M_{lx} = +0,001 q_x l_x^2 X$	21	23	23	21	24	26	27	28	29	30	31	31	31	31	32	32	32
	$M_{ly} = +0,001 q_y l_y^2 X$	21	21	20	19	18	17	16	14	13	12	12	11	11	11	11	10	10	8
III		$M_{lx} = +0,001 q_x l_x^2 X$	22	24	25	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
	$M_{ly} = +0,001 q_y l_y^2 X$	28	33	35	42	43	48	51	53	55	57	58	59	59	59	59	61	61	62
IV		$M_{lx} = +0,001 q_x l_x^2 X$	28	28	28	27	26	25	23	23	22	21	19	18	17	16	16	13	13
	$M_{ly} = +0,001 q_y l_y^2 X$	68	77	85	92	98	103	107	111	113	116	118	119	120	121	122	122	122	125
V		$M_{lx} = +0,001 q_x l_x^2 X$	22	28	34	42	48	55	62	68	74	80	85	89	93	97	100	103	125
	$M_{ly} = +0,001 q_y l_y^2 X$	70	79	87	94	100	105	109	112	115	117	119	119	120	121	122	123	123	125
VI		$M_{lx} = +0,001 q_x l_x^2 X$	32	34	36	38	39	40	41	41	42	42	42	42	42	42	42	42	42
	$M_{ly} = +0,001 q_y l_y^2 X$	22	20	18	17	15	14	13	12	11	10	10	9	9	9	9	9	9	8
VII		$M_{lx} = +0,001 q_x l_x^2 X$	31	38	45	53	60	66	72	78	83	88	92	96	99	102	103	108	125
	$M_{ly} = +0,001 q_y l_y^2 X$	37	39	41	41	42	42	41	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	25
VIII		$M_{lx} = +0,001 q_x l_x^2 X$	31	30	28	27	25	24	23	21	20	19	18	17	16	16	15	13	13
	$M_{ly} = +0,001 q_y l_y^2 X$	64	62	58	54	50	46	42	37	33	29	26	23	20	18	16	14	12	12
IX		$M_{lx} = +0,001 q_x l_x^2 X$	21	26	31	36	40	43	46	49	51	52	55	56	57	58	59	60	63
	$M_{ly} = +0,001 q_y l_y^2 X$	26	27	28	28	27	26	25	23	22	21	21	20	20	19	19	18	17	17
X		$M_{lx} = +0,001 q_x l_x^2 X$	21	20	19	18	17	15	14	13	12	12	11	11	10	10	10	10	8
	$M_{ly} = +0,001 q_y l_y^2 X$	60	66	71	74	77	79	80	82	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83
XI		$M_{lx} = +0,001 q_x l_x^2 X$	55	57	57	57	58	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57
	$M_{ly} = +0,001 q_y l_y^2 X$	55	57	57	57	58	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57

Keterangan : - Terjepit bebas
 - Terjepit penuh

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 :

$$d \text{ Efektif} = \text{Tinggi Balok} - \text{Selimut Beton}$$

Untuk pelat digunakan :

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

$$\text{Balance} = \frac{0,85 \times \beta \times F'c}{F_y} \times \frac{600}{600 + F_y}$$

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

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

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

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

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

< Min

< Max

$$A_s = \text{Min} \times b \times d \text{ efektif}$$

Jumlah tulangan : $\frac{As}{Dtulangan}$

Jarak maksimum : $2 \times h$

Keterangan :

Fy : kekuatan leleh tulangan
 m : jumlah tulangan maksimum
 As : luas tulangantarik
 b : lebar

2.5 Kolom

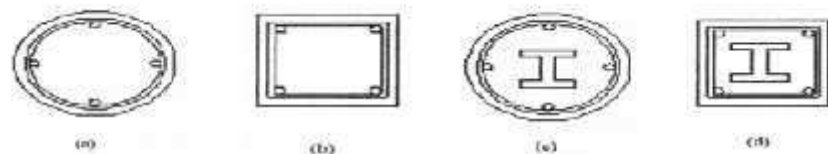
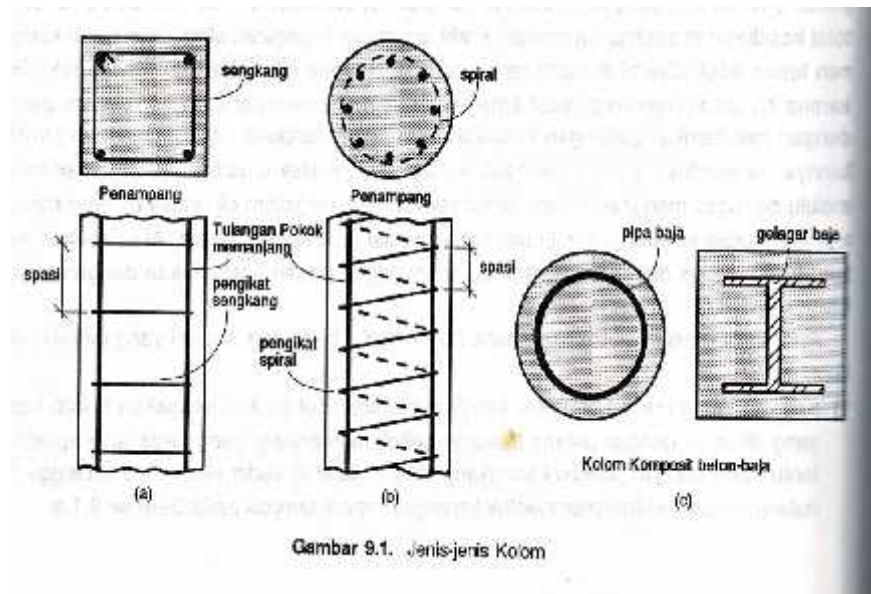
Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka struktur yang memikul beban dari balok. Kolom merupakan suatu elemen struktur elemen tekan yang memegang peranan dari suatu bangunan.

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.



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

A. Dimensi Kolom

a.) 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

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

Kolom bulat/ spiral

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

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

Persyaratan detail penulangan kolom antara lain :

Secara praktis dilapangan dapat digunakan rasio tulangan memanjang ρ_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 :

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

Dimana :

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

$$m' = m - 1$$

$$e = A_s / b.d$$

$$e' = A_s' / b.d$$

Kapasitas penampang pada keruntuhan tekan adalah :

Bila

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

Kolom penampang persegi

$$e = \frac{M_u}{P_u}$$

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

$$A_s = \dots \cdot b \cdot d$$

$$A_s = A_s'$$

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

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

Luas tulangan total

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

Luas penampang kolom

$$A_g = b \cdot h$$

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

d = h – selimut beton

jarak dari serat tekan beyon terluar ke sumbu netral

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

Tinggi blok tegangan ekuivalen

$$ab = \beta_1 \times C_b$$

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

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

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

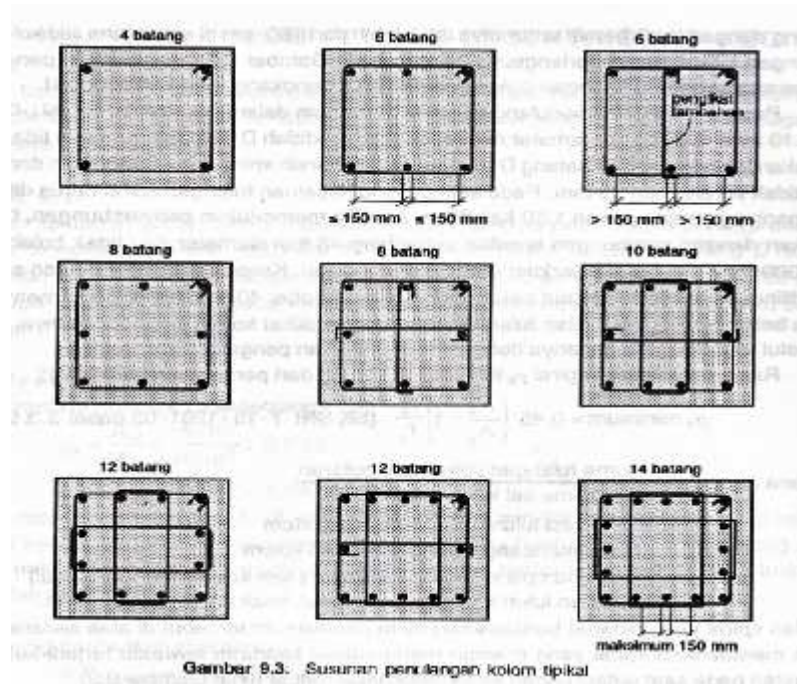
$$M_{nb} = N_{D1} + N_{D2}$$

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

Nilai eksentrisitas

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

C. Penulangan Kolom



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 :

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

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 :

$$\frac{1}{4} (\text{lebar} - 2(\text{selimut beton}) - 2(\varnothing \text{sengkang}) - 3(\text{diameter tulangan}))$$

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/m³

Batu Alam 2.600 kg/m³

Batu belah, batu bulat, batu gunung (berat tumpuk) 1.500 kg/m³

Batu karang (berat tumpuk) 700 kg/m³

Batu pecah 1.450 kg/m³

Besi tuang 7.250 kg/m³

Beton (1) 2.200 kg/m³

Beton bertulang (2) 2.400 kg/m³

Kayu (Kelas I) (3) 1.000 kg/m³

Kerikil, koral (kering udara sampai lembap, tanpa diayak) 1.650 kg/m³

Pasangan bata merah 1.700 kg/m³

Pasangan batu belah, batu belat, batu gunung 2.200 kg/m³

Pasangan batu cetak 2.200 kg/m³

Pasangan batu karang 1.450 kg/m³

Pasir (kering udara sampai lembap) 1.600 kg/m³

Pasir (jenuh air) 1.800 kg/m³

Pasir kerikil, koral (kering udara sampai lembap) 1.850 kg/m³

Tanah, lempung dan lanau (kering udara sampai lembap) 1.700 kg/m³

Tanah, lempung dan lanau (basah) 2.000 kg/m³

Tanah hitam 11.400 kg/m³

(Sumber Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung – 1983)

KOMPONEN GEDUNG

Adukan, per cm tebal :

- dari semen 21 kg/m²

- dari kapur, semen merah atau tras 17 kg/m²

Aspal, termasuk bahan-bahan mineral tambahan, per cm tebal 14 kg/m²

Dinding Pas. Bata merah :

- satu batu 450 kg/m²

- setengah batu 250 kg/m²

Dinding pasangan batako :

Berlubang :

- tebal dinding 20 cm (HB 20) 200 kg/m²

- tebal dinding 10 cm (HB 10) 120 kg/m²

Tanpa lubang

- tebal dinding 15 cm 300 kg/m²

- tebal dinding 10 cm 200 kg/m²

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/m²

Lantai kayu sederhana dengan balok kayu, tanpa langit- 40 kg/m²

langit dengan bentang maksimum 5 m dan untuk beban hidup

maksimum 200 kg/m²

Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 7 kg/m²

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

Penutup atap genting dengan reng dan usuk/kaso per m² 50 kg/m² bidang atap

Penutup atap sirap dengan reng dan usuk/kaso per m² 40 kg/m² bidang atap

Penutup atap seng gelombang (BWG 24) tanpa gordeng 10 kg/m²

Penutup lantai dari ubin semen portland, teraso dan beton, 24 kg/m² tanpa adukan, per cm tebal

Semen asbes gelombang (tebal 5 mm) 11 kg/m²

Catatan :

- (1) Nilai ini tidak berlaku untuk beton pengisi
- (2) Untuk beton getas, 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)

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 ²
b.	Lantai dan tangga rumah sederhana dan gudang-gudang tidak penting yang bukan untuk toko, pabrik atau bengkel.	125	kg/m ²
c.	Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, toserba, restoran, hotel, asrama dan rumah sakit.	250	kg/m ²
d.	Lantai ruang olah raga	400	kg/m ²
e.	Lantai ruang dansa	500	kg/m ²

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 ²
g.	Panggung penonton dengan tempat duduk tidak tetap atau untuk penonton yang berdiri.	500	kg/m ²
h.	Tangga, bordes tangga dan gang dari yang disebut dalam e.	300	kg/m ²
i.	Tangga, bordes tangga dan gang dari yang disebut dalam d, e, f dan g.	500	kg/m ²
j.	Lantai ruang pelengkap dari yang disebut dalam c, d, e, f dan g.	250	kg/m ²
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 ²
l.	Lantai gedung parkir bertingkat:		
	- untuk lantai bawah	800	kg/m ²
	- untuk lantai tingkat lainnya	400	kg/m ²
m.	Balkon-balkon yang menjorok bebas keluar harus direncanakan terhadap beban hidup dari lantai ruang yang berbatasan, <u>dengan minimum</u>	300	kg/m ²

(Sumber Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung – 1983)

Beban Hidup pada atap gedung, yang dapat dicapai dan dibebani oleh orang, harus diambil minimum sebesar 100 kg/m² 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

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

dengan,

A = sudut kemiringan atap, derajat (jika $A > 50^\circ$ dapat diabaikan).

W_h = beban air hujan, kg/m² (min. W_h atau 20 kg/m²)

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 ataupun 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

(Sumber Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung – 1983)

2.6.3 Beban Gempa

Gempa rencana dalam perancangan struktur gedung ini ditetapkan sebagai gempa yang kemungkinan terlewatinya 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"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	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"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Rangunan industri - Fasilitas manufaktur - pabrik 	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"> - bioskop - gedung pertemuan - stadion - fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - fasilitas penitipan anak - penjara - Bangunan untuk orang jompo 	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"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat. - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat. - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat. - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat <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. 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. $1,4 D$
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 :

U = kuat perlu

D = beban mati

L = beban hidup

Lr = beban hidup pada atap

R = beban hujan

W = beban angin

= faktor redundansi

C. Klasifikasi Situs

Dalam perumusan kriteria desain seismik suatu bangunan. 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	≥ 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 niralir, $S_u < 25$ 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 $S_u < 50$ kPa		

D. Parameter Percepatan Terpetakan

Setelah mengetahui klasifikasi situs dan mengetahui letak lokasi bangunan, langkah berikutnya adalah mengetahui parameter percepatan batuan dasar pada perioda pendek (S_s) dan percepatan batuan dasar pada perioda 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 perioda 0,2 detik dan perioda 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				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
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				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
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 ketegori 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 Resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,5$	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 Resiko	
	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 , Ω_0

No	Sistem penahan gaya seismik	R	C_d	Ω_0	Batasan sistem struktur dan batasan tingkat struktur, k_c (m) Kategori desain seismik				
					B	C	D	E	F
	Sistem rangka pemikul momen								
1	Rangka baja pemikul momen biasa	8	1	1,5	TR	TR	TR	TR	TR
2	Rangka batang baja pemikul momen biasa	7	1	1,5	TB	TB	10	10	11
3	Rangka baja pemikul momen malarang	4,0	1	1	TB	TB	10	11	11
4	Rangka baja pemikul momen biasa	3,5	1	1	TU	TU	11	11	11
5	Ukiran bertulang pemikul momen biasa	8	1	1,5	TU	TU	10	10	TU
6	Beton bertulang pemikul momen malarang	5	1	1,5	TR	TR	11	11	11
7	Beton bertulang pemikul momen biasa	4	1	1,5	TR	TR	11	11	11
8	Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	8	1	1,5	TR	TR	TR	TR	TR
9	Rangka baja dan beton komposit pemikul momen malarang	4	1	1,5	TB	TB	11	11	11
10	Rangka baja dan beton komposit bertulang pemikul momen	8	1	1,5	10	10	10	11	11
11	Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	1	1,5	TU	11	11	11	11
12	Rangka baja dan beton pemikul momen lainnya dengan pembatas	3,5	1	1,5	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. 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

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

C_s harus tidak kurang dari

$$C_s = 0,044 S_{D1} I_e > 0,01 \quad (2-18)$$

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. Penentuan Periode

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

$$T_a = C_t h_n^x$$

Dengan :

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

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 ^a	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0166 ^a	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 ^a	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 ^a	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 ^a	0,75

Sebagai alternatif, diijinkan untuk menentukan periode fundamental pendekatan (T_a), dalam detik, dan persamaan (2-21) untuk struktur dengan ketinggian tidak melebihi 12 tingkat dengan sistem penahan gaya gempa

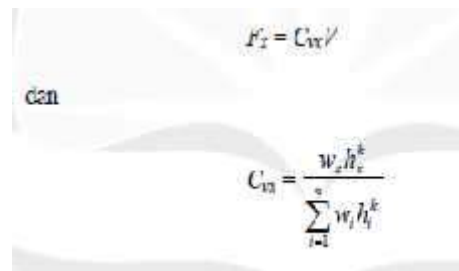
terdiri dari rangka penahan momen beton atau baja secara keseluruhan dan tinggi tingkat paling sedikit 3 m.

$$T_a = 0,1N$$

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:



$$F_x = C_{vx} V$$

$$C_{ix} = \frac{w_i h_i^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k}$$

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.

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.

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 :

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

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

$$P = D$$

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.

A : Luas penampang tiang

JHP : Jumlah Hambatan Pelekat

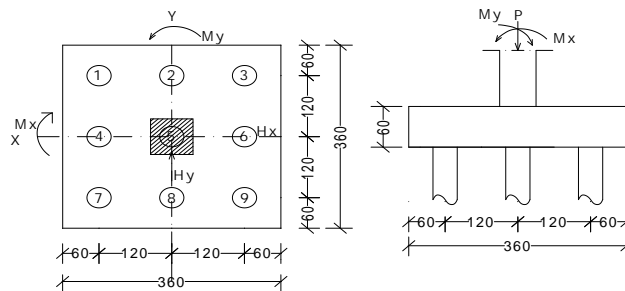
P : Keliling Penampang tiang pancang

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

3. 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 $\frac{P}{Q_{ult\ 1tiang}}$



Gambar Pengaturan jarak tiang pancang PC-1

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.

Daya dukung pondasi kelompok menurut Converse Labarre adalah :

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

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

$$Q_{ijin} = \sum x \cdot n \cdot Q_{ijin \text{ 1tiang}}$$

Momen yang bekerja pada poer akibat adanya gaya horisontal :

$$P_{maks} = \frac{\sum V}{n} \pm \frac{\overline{M}_x \cdot Y_{maks}}{\sum Y_i^2} \pm \frac{\overline{M}_y \cdot X_{maks}}{\sum x_i^2}$$

Dimana :

Pi = Total beban yang bekerja pada tiang yang ditinjau

YMaks = jarak maksimum tiang yang ditinjau dalam arah y

Xmaks = jarak maksimum tiang yang ditinjau dalam arah x

xi2 = jumlah kuadrat jarak tiang pancang dalam arah x

yi2 = jumlah kuadrat jarak tiang pancang dalam arah y

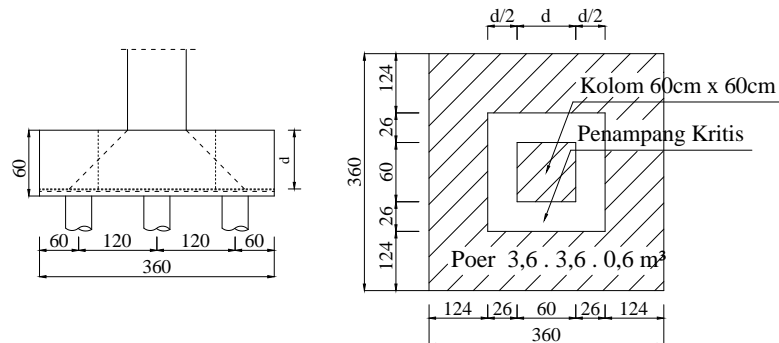
D. Perhitungan Kontrol Geser Ponds

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 :

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

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

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



Gambar Penampang kritis PC-1

dimana :

S_c = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek pada kolom

b_o = keliling dari penampang kritis pada poer
 $= 2 (b_{kolom} + d) + 2 (h_{kolom} + d)$

α_s = 0,4 untuk kolom tengah

$w V_c > P_u$

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

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

$$\dots_{\max} = 0,75 * \dots b$$

$$\dots b = \frac{0,85 * f_c * S_1 \left(\frac{600}{600 + f_y}\right)}{f_y}$$

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

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

$$R_n = \frac{Mu}{wbd^2}$$

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

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

F. Perencanaan Sloof Pondasi

Tegangan ijin tarik beton :

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

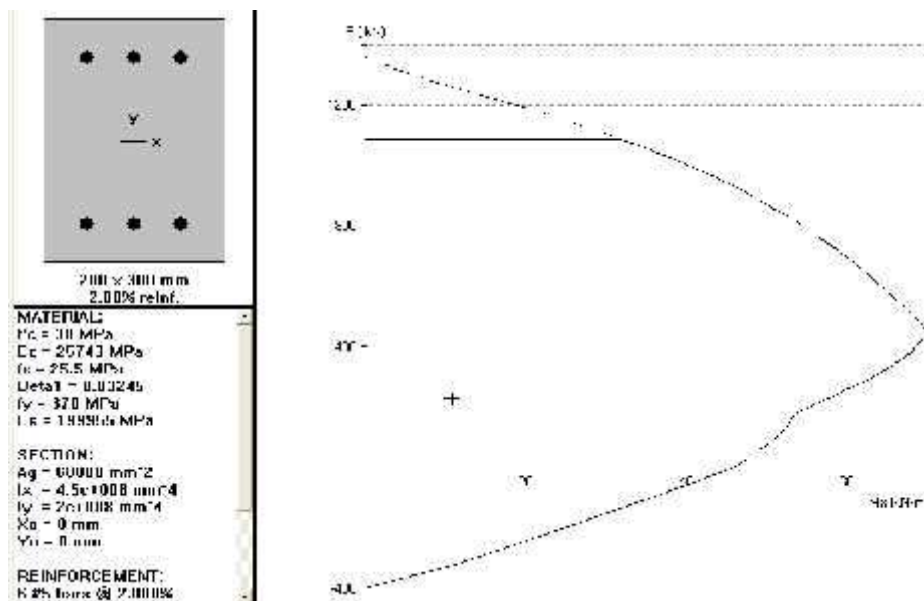
Tegangan tarik yang terjadi :

$$f_r = \frac{Pu}{wbh}$$

Penulangan lentur sloof

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

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



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

Φ	N_c	N_q	N_γ	N_c'	N_q'	N_γ'
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

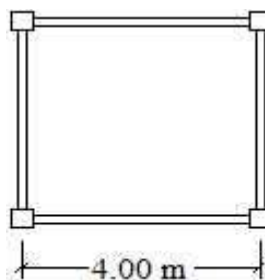
3.1 Data-Data Perencanaan

1. Jumlah lantai : 4 Lantai
2. Luas tiap lantai : 640 m^2
3. Tinggi tiap lantai : 4,5 m
4. Mutu bahan konstruksi
 - 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

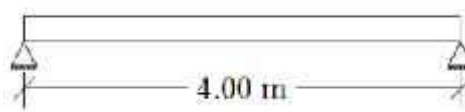
a. Dimensi Balok Utama

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 :

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

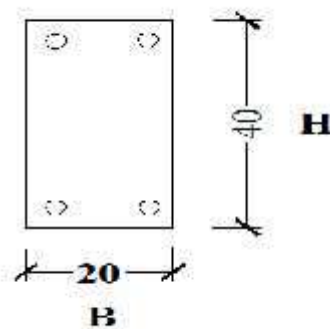
$$= \frac{1}{12} \times 400$$

$$= 33,33 \text{ cm Jadi di ambil } 400 \text{ mm} = 40 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{1}{2} \times 33,33$$

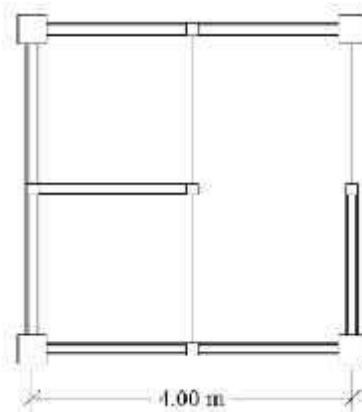
$$= 16,67 \text{ cm Jadi di ambil } 200 \text{ mm} = 20 \text{ cm}$$



Gambar 3. Dimensi Balok Utama

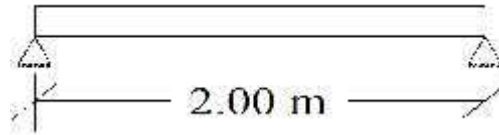
b. Dimensi Balok Anak

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



Gambar 4. Luasan Ruang Terbesar Perencanaan

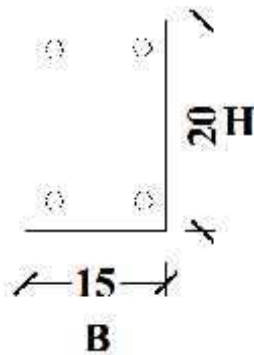
Berdasarkan bentang terpanjang :



Gambar 5. Bentang Terpanjang Balok Anak

Maka dimensi balok anak diperoleh :

$$\begin{aligned}
 - \quad H &= \frac{1}{15} L \\
 &= \frac{1}{15} \times 200 \\
 &= 13,33 \text{ cm} \text{ Jadi di ambil } 200 \text{ mm} = 20 \text{ cm} \\
 - \quad B &= \frac{1}{2} H \\
 &= \frac{1}{2} \times 13,33 \\
 &= 6,665 \text{ cm} \text{ Jadi di ambil } 150 \text{ mm} = 15 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

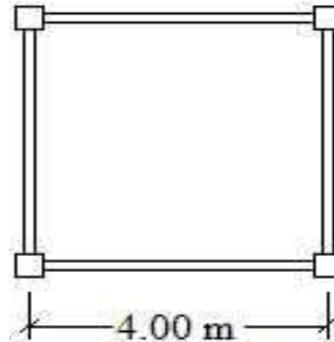


Gambar 4. Dimensi Balok Anak

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)

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

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

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

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

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

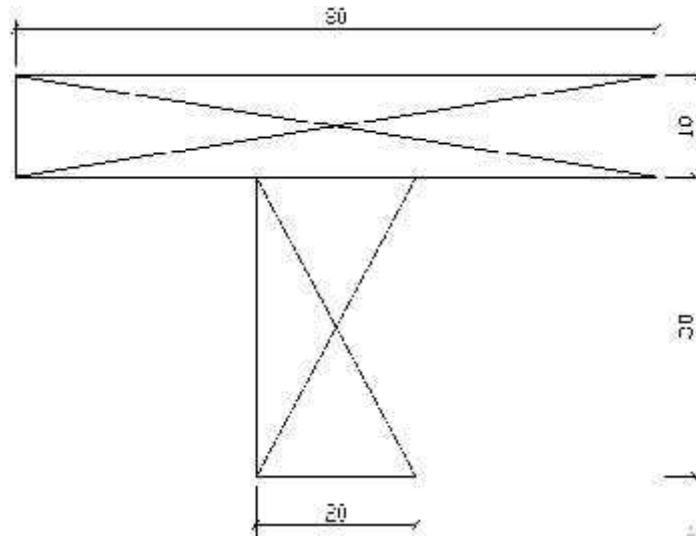
$\beta = Ln Y / Ln X = 3800 / 3800 = 1,00 \quad 2 \rightarrow \text{TWO WAY SLAB}$

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

$$\begin{aligned}
 H_{min} &= \frac{Ln \left(0,8 + \left(\frac{F_y}{1400} \right) \right)}{36 + 9(\beta)} & H_{max} &= \frac{Ln \left(0,8 + \left(\frac{F_y}{1400} \right) \right)}{36} \\
 &= \frac{3800 \left(0,8 + \left(\frac{360}{1400} \right) \right)}{36 + 9(1,00)} & &= \frac{3800 \left(0,8 + \left(\frac{360}{1400} \right) \right)}{36} \\
 &= 89,27 \text{ mm} = 8,927 \text{ cm} \sim 10 \text{ cm} & &= 111,59 \text{ mm} = 11,159 \text{ cm} \sim \\
 & & &= 12 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Jadi, pelat yang dipakai dengan ukuran 10 cm

Lebar Efektif (Be) :



Gambar 5. Perencanaan Pelat dan Balok

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

$$\begin{aligned}
 Be_2 &= 8 \times H_f \\
 &= 8 \times 100 \\
 &= 800 \text{ mm} = 80 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

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

Jadi nilai lebar efektif (be) = 80 cm

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

$$= 1/12 \cdot b \cdot t^3$$

$$= 1/12 \times 320 \times 10^3$$

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

Lebar pelat yang ditinjau

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

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

Momen Inersia Pelat II

$$= 1/12 \cdot b \cdot t^3$$

$$= 1/12 \times 320 \times 10^3$$

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

$$m_1 = \frac{I_t}{I_s}$$

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

$$= 7,08$$

$$m_2 = \frac{I_t}{I_s}$$

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

$$= 7,08$$

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

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

$$= 7,08 > 2$$

Karena $m > 2$ maka Tebal Plat minimum 90 mm (SNI 03-2847-2013)

Check Ketebalan Pelat

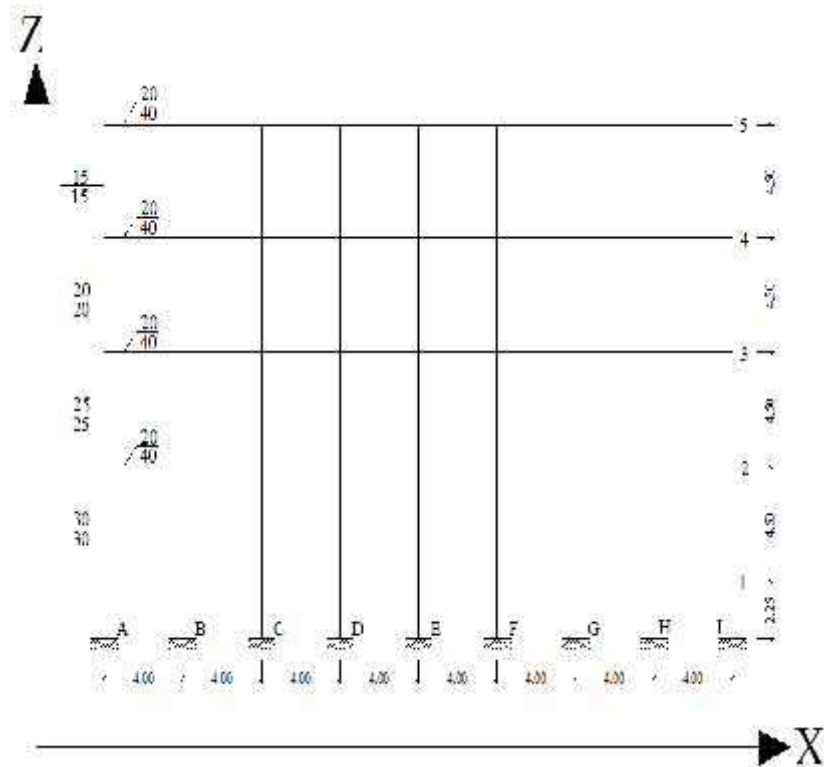
$$H_{\text{Hitung}} = \frac{L_n \left(0,8 + \left(\frac{f_y}{1400} \right) \right)}{36 + 9\beta}$$

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

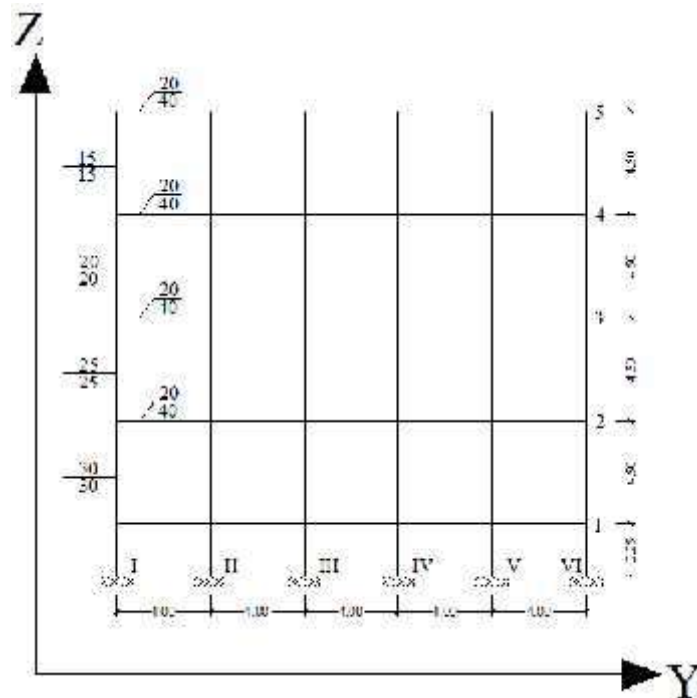
$$= 89,27 \text{ mm}$$

$$H_{\text{desain}} = 100 \text{ mm} > 89,27 \text{ mm} \dots\dots\dots(\text{ok})$$

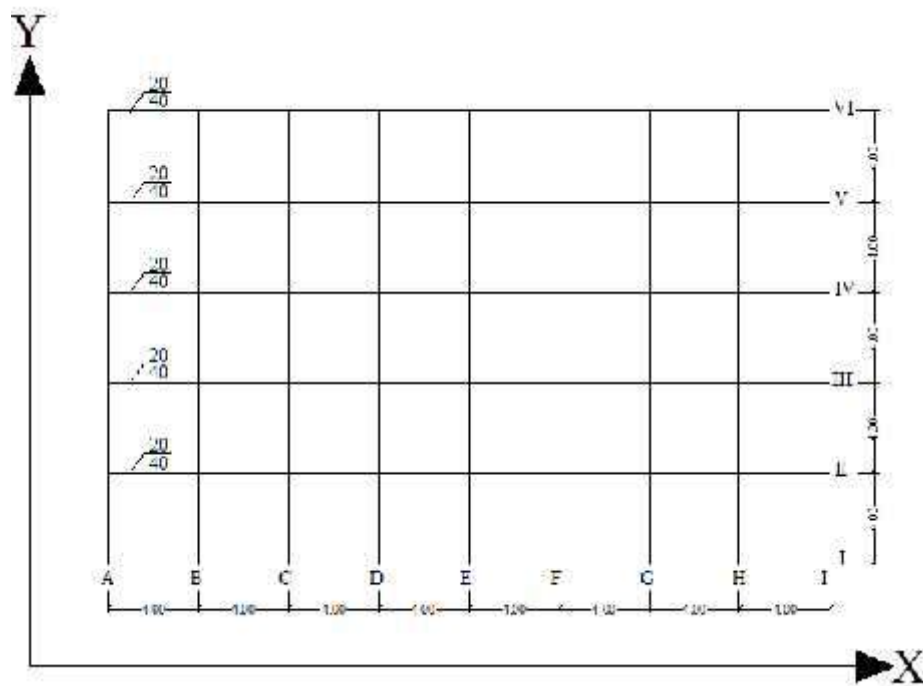
Karena $H_{\text{desain}} > H_{\text{check}}$ maka digunakan H_{desain} sebagai tebal pelat rencana yaitu 100 mm = 10 cm



Gambar Portal Arah X



Gambar Portal Arah Y

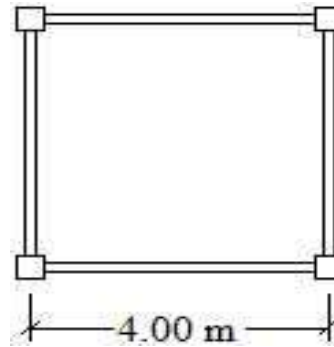


Gambar Denah Lantai 1 Sampai dengan Lantai 4 Typical

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

Data pembebanan yang akan dipakai dalam perencanaan adalah sebagai berikut :

- Beban mati berdasarkan PPIUG 1983 tabel 2.1 sebagai berikut :

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

- Beban hidup berdasarkan PPIUG 1983 tabel 2.1 sebagai berikut :

Lantai Atap	=	100 kg/m ²
Lantai Ruang Mall	=	400 kg/m ²

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

f_c	=	220 kg/m ²
Φ Untuk tulangan sengkang	=	0,65
Luas daerah yang dipikul satu kolom	=	4 m x 4 m
Tinggi Perlantai	=	4,5 m
Dimensi Balok Utama	=	0,2 x 0,4 m
Dimensi Balok Anak	=	015 x 0,2 m

Tebal Pelat Atap	=	0,10 m
Tebal Pelat Lantai	=	0,10 m

1. Dimensi Kolom Lantai 4

a. Beban Mati (DL)

Pelat Atap	= 4 m x 4m x 0,10 m x 2400 kg/m ³	= 3840 kg
Plafond	= 4 m x 4m x 11 kg/m ²	= 176 kg
Penggantung	= 4 m x 4 m x 7 kg/m ²	= 112 kg
Balok Induk Memanjang	= 4 m x 0,2 m x 0,4 m x 2400 kg/m ³	= 768 kg
Balok Induk Melintang	= 4 m x 0,2 m x 0,4 m x 2400 kg/m ³	= 768 kg
Balok Anak Memanjang	= 4 m x 0,15 x 0,2 m x 2400 kg/m ³	= 288 kg
Balok Anak Melintang	= 4 m x 0,15 m x 0,2 m x 2400kg/m ³	= 288 kg
Spesi	= 4 m x 4 m x 3 x 21 kg/m ²	= 1008 kg
		DL = 7248 kg

b. Beban Hidup (LL)

Atap	= 4 m x 4 m x 100 kg/m ²	= 1600 kg
Hujan	= 4 m x 4 m x 1000 kg/m ³ x 0,05 m	= 800 kg
		LL = 2400 kg/m²

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. Beban Mati (DL) :

Pelat Lantai 4	= 4 m x 4 m x 0,10 m x 2400 kg/m ³	= 3840 kg
Plafond	= 4 m x 4 m x 11 kg/m ²	= 176 kg
Penggantung	= 4 m x 4 m x 7 kg/m ²	= 112 kg
Balok Induk Memanjang	= 4 m x 0,2 m x 0,4 m x 2400 kg/m ³	= 768 kg
Balok Induk Melintang	= 4 m x 0,2 m x 0,4 m x 2400 kg/m ³	= 768 kg
Balok Anak Memanjang	= 4 m x 0,15 m x 0,2 m x 2400 kg/m ³	= 288 kg
Balok Anak Melintang	= 4 m x 0,15 m x 0,2 m x 2400 kg/m ³	= 288 kg
Spesi	= 4 m x 4 m x 3 x 21 kg/m ²	= 1008 kg
Dinding	= (4 m + 4 m) x 250 kg/m ² x 4,5 m	= 9000 kg
Keramik	= 4 m x 4 m x 24 kg/m ²	= 384 kg
Kolom L.4	= 0,15 m x 0,15 m x 4,5 m x 2400 kg/m ³	= 243 kg
Kolom praktis L.4	= 0,15 m x 0,15 m x 4,5 m x 2400 kg/m ³	= 243 kg
Berat Lantai Atap		= 7248 kg
		DL = 24366 kg

b. Beban Hidup (LL) :

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

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

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

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

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

b. Beban Hidup (LL) :

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

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

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

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 :

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

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

$$= \frac{74327,6}{0,65 \times 220}$$

$$= 519,773 \text{ cm}^2$$

Karena kolom yang digunakan menggunakan persegi, maka :

$$S \times S = A$$

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

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

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

b. Beban Hidup (LL) :

Beban guna lantai Mall	= 4 m x 4m x 400 kg/m ²	= 6400 kg
Berat Lantai 2 (LL L.2) =		= 15200 kg
	LL	= 21600 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 :

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 :

$$S \times S = A$$

$$S^2 = \sqrt{665,029}$$

$$S = 25,757 \text{ cm} \longrightarrow 30 \text{ cm}$$

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 ² per cm tebal
Beban Keramik	= 24 kg/m ²
Berat Plafond	= 11 kg/m ²
Berat Peggantung	= 7 kg/m ²
Beban Guna Untuk Pelat Lantai Mall	= 400 kg/m ²
Beban Guna Untuk Pelat Atap	= 100 kg/m ²

1. Pembebanan Untuk Pelat Atap

a). Beban mati

Plafond	= 11 kg/m ²
Peggantung	= 7 kg/m ²
Spesi = 3 x 21	= 63 kg/m ²

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

b). Beban Hidup

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

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

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

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

a). Beban mati

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

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

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

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

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

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

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

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

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

b). Beban Hidup

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

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

3. Pembebanan Balok

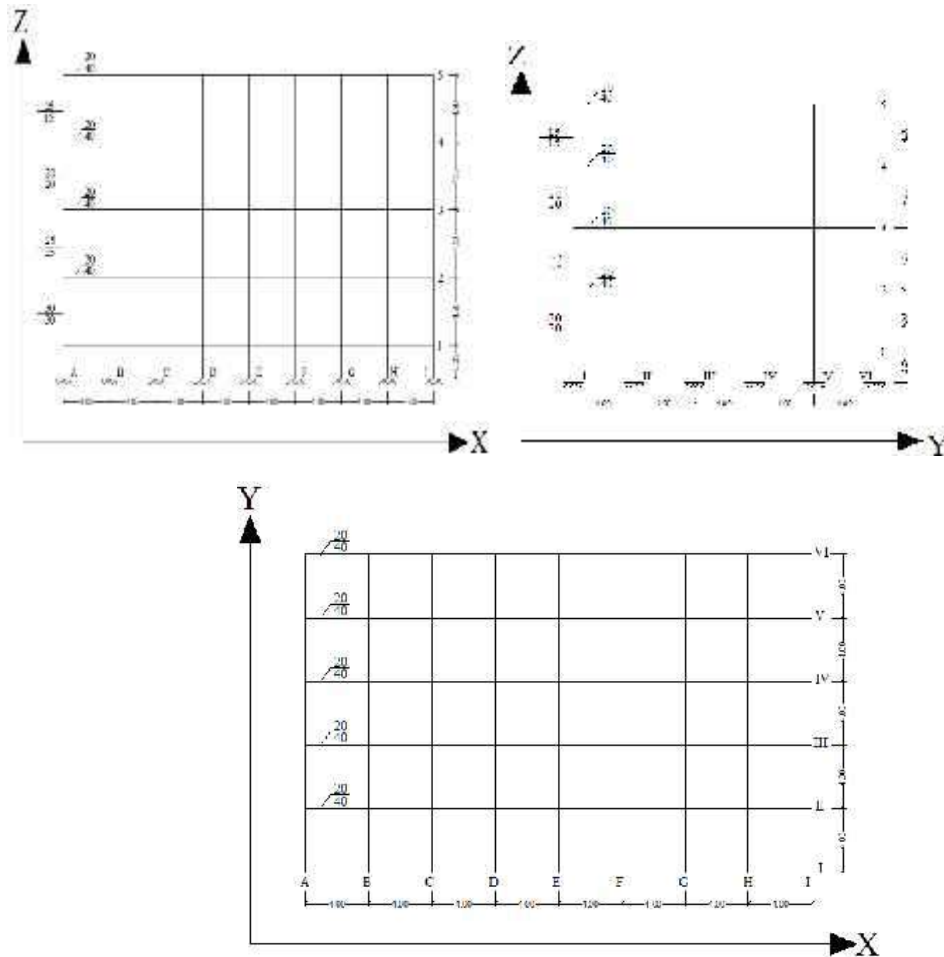
a). Beban Mati

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

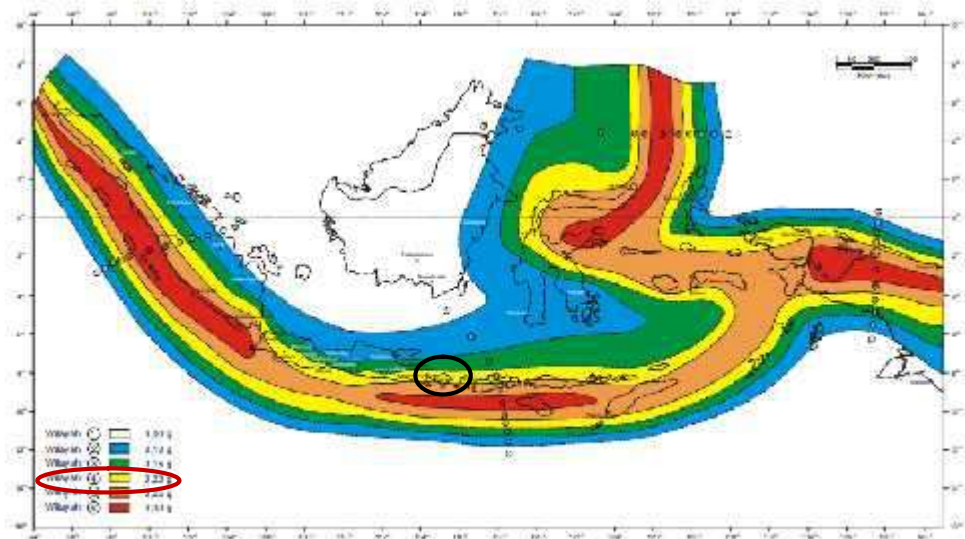
$$= 1125 \text{ kg/m}$$

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

3.6.1 Menentukan kategori Resiko Struktur Bangunan dan Faktor Keutamaan (I_e)



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} (m/detik)	N atau N_d	s_v (kPa)
SA (batuan keras)	>1300	N/A	N/A
SR (batuan)	750 sampai 1300	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	<350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100

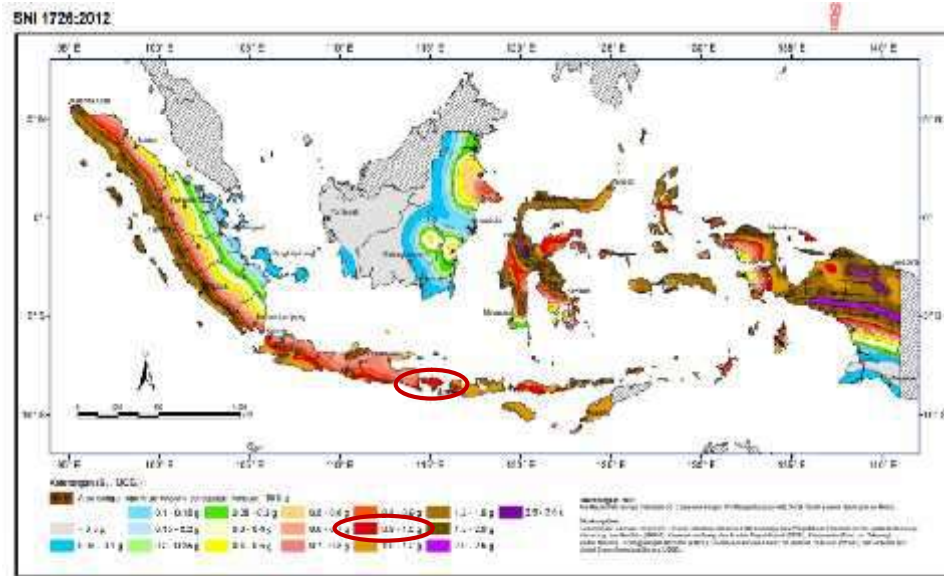
Tabel 1. Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa

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, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah toko dan struktur kecil 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 - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik	II

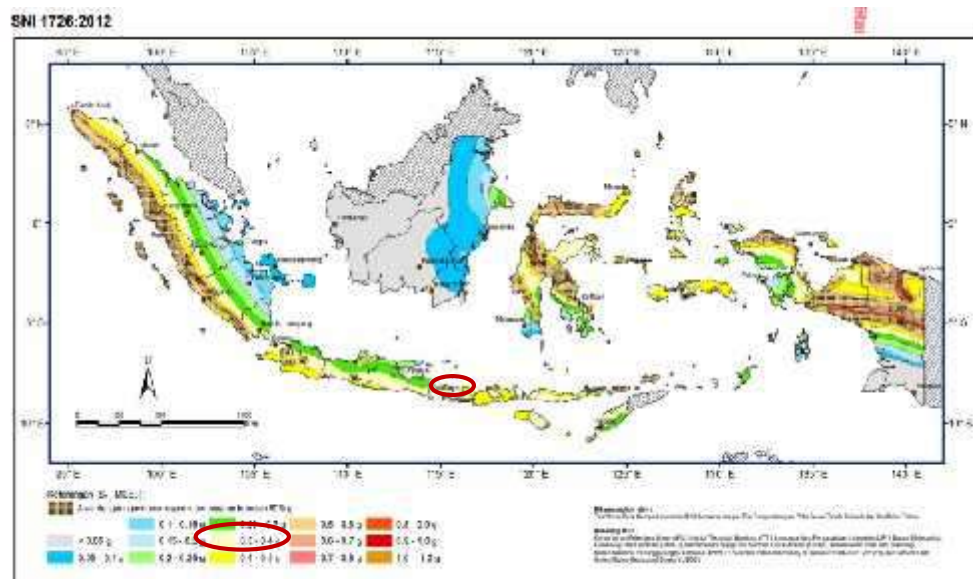
Tabel 2. Faktor keutamaan gempa (I_e)

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 - S_s Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget(NCE), kelas situs SB



Gambar 10 - S_s Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget(NCE), kelas situs SB

Untuk kota Denpasar, di peroleh 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:

- Faktor amplifier getaran terkait percepatan pada getaran pendek (F_a) = 1,1 karena $S_s = 1 \text{ g}$ tabel 4 pada SNI-1726-2012.

- b. Faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran pada periode 1 detik (F_v) = 1,8 karena $S_1 = 0,3$ g **Tabel 4 pada SNI-1726-2012.**

Tabel 4. Koefisien situs, F_a

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_g) 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
SE	SS ^b				

(a) Untuk nilai nilai antara S_1 dapat dilakukan interpolasi linear

(b) SS- Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs spesifik, lihat pasal 6.10.1.

Tabel 5. Koefisien situs, F_a

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_g) 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	1,8	2,1	1,3
SD	2,4	3,0	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SE	SS ^b				

(a) Untuk nilai nilai antara S_1 dapat dilakukan interpolasi linear

(b) SS- Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs spesifik, lihat pasal 6.10.1.

- c. Parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek

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

- d. Parameter Spectrum respons percepatan pada periode 1 detik

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

- e. Parameter Percepatan Spektral desain untuk Periode Pendek

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

- 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 D **Tabel 6 SNI-1726-2012.**

Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik $(SD_1) = 0,36$ 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
$0,167 < S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 < S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 < S_{DS}$	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
$0,067 < S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 < S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 < S_{D1}$	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_{DS} 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 (Gubah untuk Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen)

Sistem penahan gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R	Faktor kuantitatif sistem, D_0	Faktor pembesaran defleksi, C_d	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur h_n (m): Kategori desain seismik					
				B	C	D*	E*	F*	
C. Sistem rangka pemikul momen									
(C.3) Rangka beton bertulang pemikul momen khusus (Gambar 6)	8	3	5%	TB	TC	TD	TE	TF	
(C.6) Rangka beton bertulang pemikul momen menengah (Gambar 5)	5	3	4%	TR	TS	TT	TU	TV	
(C.7) Rangka beton bertulang pemikul momen biasa (Gambar 4)	3	3	2%	TR	TS	TT	TU	TV	

* Faktor pembesaran defleksi, C_d , untuk penggunaan batasan pasal 7.2.6.1, 7.2.6.2 dan 7.2.6.3
 a. TB = Tabel 10.2.6.1 dan 11.1. Tabel 10.2.6.2
 b. TC = Tabel 7.2.5.4 untuk penahanan sistem penahan gaya gempa yang dibatasi sampai batasan struktur ke-1
 c. TD = Tabel 7.2.5.4 untuk penahanan sistem penahan gaya gempa yang dibatasi sampai batasan struktur ke-2
 d. TE = Tabel 7.2.5.4 untuk penahanan sistem penahan gaya gempa yang dibatasi sampai batasan struktur ke-3
 e. TF = Tabel 7.2.5.4 untuk penahanan sistem penahan gaya gempa yang dibatasi sampai batasan struktur ke-4
 f. TR = Tabel 7.2.5.4 untuk penahanan sistem penahan gaya gempa yang dibatasi sampai batasan struktur ke-5
 g. TS = Tabel 7.2.5.4 untuk penahanan sistem penahan gaya gempa yang dibatasi sampai batasan struktur ke-6
 h. TT = Tabel 7.2.5.4 untuk penahanan sistem penahan gaya gempa yang dibatasi sampai batasan struktur ke-7
 i. TU = Tabel 7.2.5.4 untuk penahanan sistem penahan gaya gempa yang dibatasi sampai batasan struktur ke-8
 j. TV = Tabel 7.2.5.4 untuk penahanan sistem penahan gaya gempa yang dibatasi sampai batasan struktur ke-9

3.6.3 Perhitungan berat seismik efektif (W_T)

- Luas bangunan = 32,0 m x 20,0 m
- 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 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 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 ³
d. Berat penggantung	= 7 kg/m ²
e. Berat plafond	= 11 kg/m ²
f. Spesi	= 21 kg/m ²
g. Tebal spesi	= 3 cm
h. Berat Dinding Setengah bata	= 250 kg/m ²
i. Berat Keramik	= 24 kg/m ²

1. Berat Lantai Atap

L Balok Anak	= 22 m
L Balok Induk	= 372 m
L Dinding	= 226 m
BV Beton	= 2400 kg/m ³
Tebal Pelat	= 0,10 m
Tinggi Dinding	= 4,5 m
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 m x 0,20 m
Tebal Pelat	= 0,10 m
Luas Bangunan Per Lantai	= 640 m ²
Banyak kolom utama	= 54 buah
Banyak kolom praktis	= 12 buah

➤Beban Mati

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

Wm = 387604,8 kg

➤Beban Hidup

Beban atap	= 100 kg/m ²
Koefisien Reduksi	= 0,8
Wh	= (0,8 x 640 m ² x 100 kg/m ²)
	= 51200 kg

Beban total WA

= Wh + Wm

= 51200 kg + 387604,8 kg

= 438804,8 kg

2. Berat Lantai 4

L Balok Anak	= 22 m
L Balok Induk	= 372 m
L Dinding	= 226 m
BV Beton	= 2400 kg/m ³
Tebal Plat	= 0,10 m
Tinggi Dinding	= 4,5 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 ²
Banyak kolom utama	= 54 buah
Banyak kolom praktis	= 12 buah

➤ **Beban Mati**

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

Wm = 538711,8 kg

➤ **Beban Hidup**

Beban guna lantai	= 400 kg/m ²
Koefisien Reduksi	= 0,8
Wh	= 0,8 x 640 m ² x 400 kg/m ² = 204800 kg

Beban total W4 = Wh + Wm

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

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

3. Berat Lantai 3

L Balok Anak	= 22 m
L Balok Induk	= 372 m
L Dinding	= 218 m
BV Beton	= 2400 kg/m ³
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 0,40m
Dimensi Balok anak	= 0,15 m x 0,20 m
Tebal Pelat	= 0,10 m
Luas Bangunan Per Lantai	= 640 m ²
Banyak kolom utama	= 54 buah
Banyak kolom praktis	= 12 buah

➤Beban Mati

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

Penggantung	$= 640 \text{ m}^2 \times 7 \text{ kg/m}^2$	$= 4480 \text{ kg}$
Plafond	$= 640 \text{ m}^2 \times 11 \text{ kg/m}^2$	$= 7040 \text{ kg}$

Wm = 556233 kg

➤ **Beban Hidup**

Beban guna lantai	$= 400 \text{ kg/m}^2$
Koefisien Reduksi	$= 0,8$
Wh	$= 0,8 \times 640 \text{ m}^2 \times 400 \text{ kg/m}^2$ $= 204800 \text{ kg}$
Beban total W3	$= \text{Wh} + \text{Wm}$ $= 204800 \text{ kg} + 556233 \text{ kg}$ $= 761033 \text{ kg}$

4. Berat Lantai 2

L Balok Anak	$= 22 \text{ m}$
L Balok Induk	$= 372 \text{ m}$
L 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 ³	= 18225 kg
Kolom Utama Bawah	= 54 x 2,25 m x 0,30 m x 0,30 m x 2400 kg/m ³	= 26244 kg
Kolom Praktis Atas	= 12 x 2,25 m x 0,15 m x 0,15 m x 2400 kg/m ³	= 1458 kg
Kolom Praktis Bawah	= 12 x 2,25 m x 0,15 m x 0,15 m x 2400 kg/m ³	= 1458 kg
Dinding Atas	= 238 m x 2,25 m x 250 kg/m ²	= 133875 kg
Dinding Bawah	= 234 m x 2,25 m x 250 kg/m ²	= 131625 kg
Spesi	= 640 m ² x 21 kg/m ²	= 13440 kg
Keramik	= 640 m ² x 24 kg/m ²	= 15360 kg
Penggantung	= 640 m ² x 7 kg/m ²	= 4480 kg
Plafond	= 640 m ² x 11 kg/m ²	= 7040 kg

Wm = 579813 kg

➤ **Beban Hidup**

Beban guna lantai = 400 kg/m²

Koefisien Reduksi = 0,8

Wh = 0,8 x 640 m² x 400 kg/m²
= 204800 kg

Beban total W2 = Wh + Wm
= 204800 kg + 579813 kg
= 784613 kg

5. Berat Lantai 1

L Sloof Anak	= 22 m
L Dinding	= 234 m
BV Beton	= 2400 kg/m ³
Tebal Plat	= 0,10 m
Dinding	= 250 kg/m ²
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

$$\text{Banyak kolom praktis} = 12 \text{ buah}$$

➤ **Beban Mati**

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

➤ **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 α

Tipe struktur	C_t	α
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilindungi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan menocgah rangka dari defleksi jika dikera gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 ⁿ	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ⁿ	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 ⁿ	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 ⁿ	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0489 ⁿ	0,75

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

Tabel 14 Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung

Parameter percepatan 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

$$\begin{aligned}
 S_{D1} &= 0,36 \longrightarrow C_u = 1,4 \\
 T_{maks} &= C_u \times T_a \\
 &= 1,4 \times 0,699 \\
 &= 0,979 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

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.**

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.

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

3.6.4.1 Perhitungan Nilai Geser Seismik (V)

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

$$V = C_s \times W$$

Dengan :

$C_s =$ Koefisien Respons Seismik

$W =$ Berat Seismik

Penentuan Nilai C_s Sebagai Berikut

$$C_s = \frac{S_{DS}}{T(L)} = \frac{0,73}{1} = 0,091$$

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

$$C_{smax} = \frac{S_{DS}}{T(L)} = \frac{0,73}{0,979} = 0,093$$

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

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

$$C_{vx} V = \frac{W_i h_i^k}{\sum_i^p w_i h_i^k}$$

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
			3345,9886	66268,147

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

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

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

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

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

$$\begin{aligned}
 \bullet F_{L3} &= \frac{W_{L3} h_{L3}^3}{\sum W_i h_i^3} \cdot V \\
 &= \frac{761,033 \times 11,25^{12392}}{66268,147} \cdot 304,485 \\
 &= 70,237 \text{ t}
 \end{aligned}$$

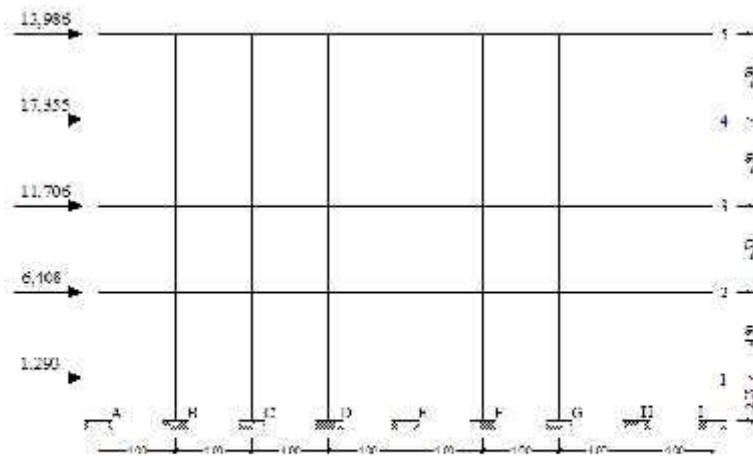
$$\begin{aligned}
 \bullet F_{L2} &= \frac{W_{L2} h_{L2}^3}{\sum W_i h_i^3} \cdot V \\
 &= \frac{784,613 \times 6,75^{12392}}{66268,147} \cdot 304,485 \\
 &= 38,445 \text{ t}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bullet F_{L1} &= \frac{W_{L1} h_{L1}^3}{\sum W_i h_i^3} \cdot V \\
 &= \frac{618,026 \times 2,25^{12392}}{66268,147} \cdot 304,485 \\
 &= 7,759 \text{ t}
 \end{aligned}$$

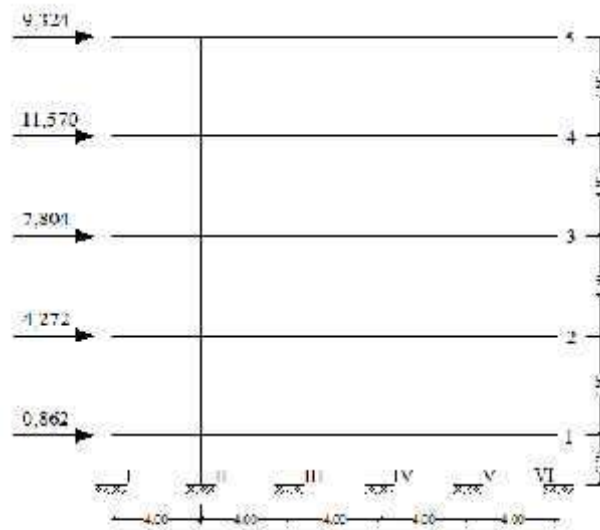
Jadi di hasilkan Distribusi Gaya Geser dasar horizontal total akibat gempa ke sepanjang tinggi gedung dalam arah X dan Y Untuk Tiap Portal sebagai Berikut :

lantai ke	hi (m)	hi ^k	Wi (t)	Wi x hi ^k (Tm)	Fi 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
			3345,9886	66268,147			

Gambar Distribusi Gaya Geser dasar horizontal



DISTRIBUSI BEBAN GEMPA
PORTAL ARAH-X



DISTRIBUSI BEBAN GEMPA
PORTAL ARAH-Y

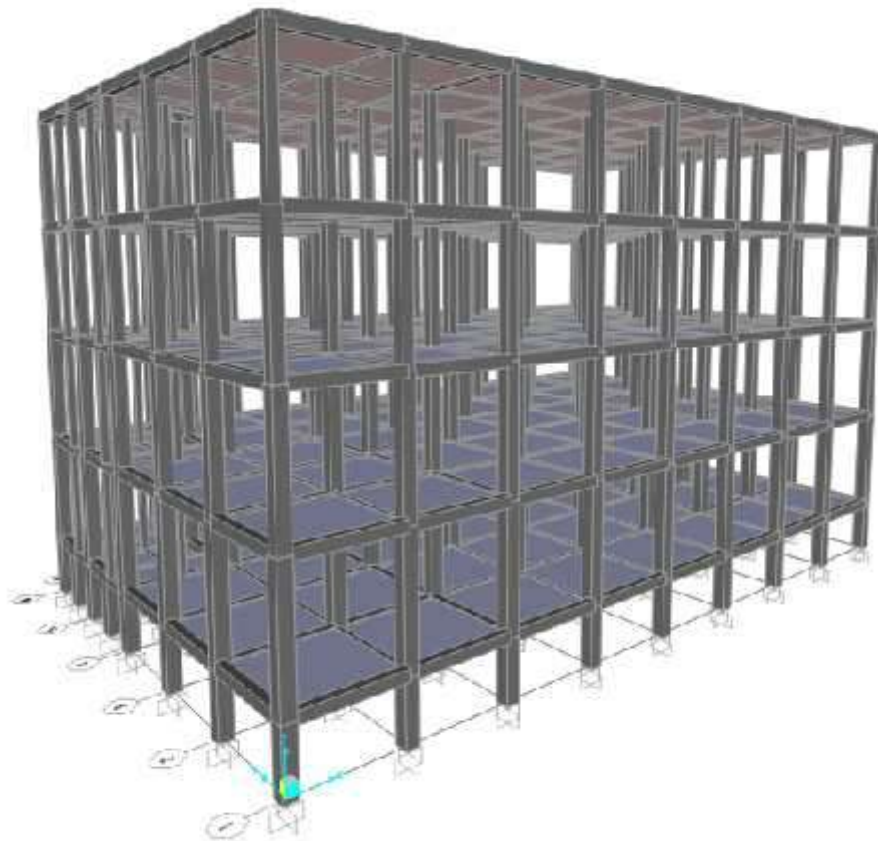
BAB 4

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 Beban yang Bekerja Pada Struktur Bangunan

4.1.1 3 Dimensi Sap



Gambar 3D SAP

4.1.2 Beban Mati

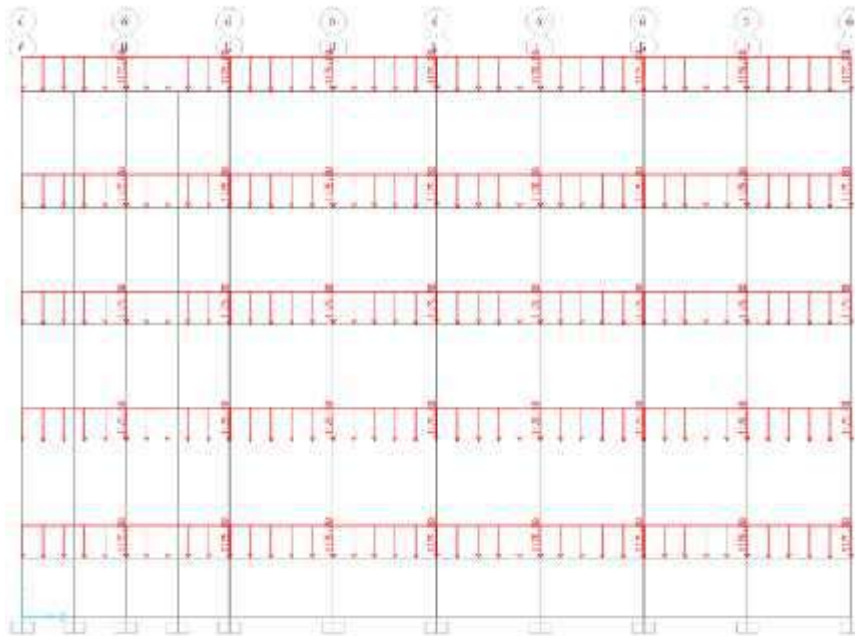
a. Pelat lantai diambil beban terbesar pada lantai 4 dan 3

Beban yang di input pada pelat sebesar 105 kg/m^2

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
7	7,100 -105,000	7,100 -105,000	7,100 -105,000	7,100 -105,000	7,100 -105,000	7,100 -105,000	7,100 -105,000	7,100 -105,000	7,100 -105,000
6	7,100 -105,000	7,100 -105,000	7,100 -105,000	7,100 -105,000	7,100 -105,000	7,100 -105,000	7,100 -105,000	7,100 -105,000	7,100 -105,000
5	7,100 -105,000	7,100 -105,000	7,100 -105,000	7,100 -105,000	7,100 -105,000	7,100 -105,000	7,100 -105,000	7,100 -105,000	7,100 -105,000
4	7,100 -105,000	7,100 -105,000	7,100 -105,000	7,100 -105,000	7,100 -105,000	7,100 -105,000	7,100 -105,000	7,100 -105,000	7,100 -105,000
3	7,100 -105,000	7,100 -105,000	7,100 -105,000	7,100 -105,000	7,100 -105,000	7,100 -105,000	7,100 -105,000	7,100 -105,000	7,100 -105,000
2	7,100 -105,000	7,100 -105,000	7,100 -105,000	7,100 -105,000	7,100 -105,000	7,100 -105,000	7,100 -105,000	7,100 -105,000	7,100 -105,000
1	7,100 -105,000	7,100 -105,000	7,100 -105,000	7,100 -105,000	7,100 -105,000	7,100 -105,000	7,100 -105,000	7,100 -105,000	7,100 -105,000

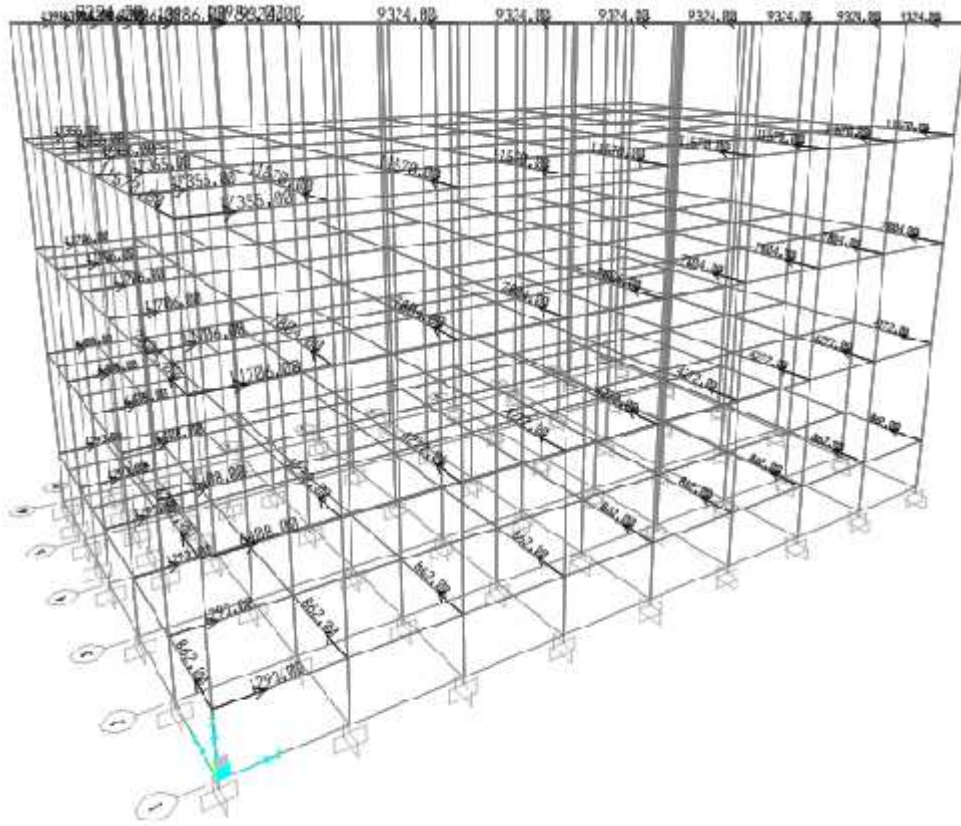
b. Balok

Balok di bebani oleh dinding sebesar 1125 kg/m



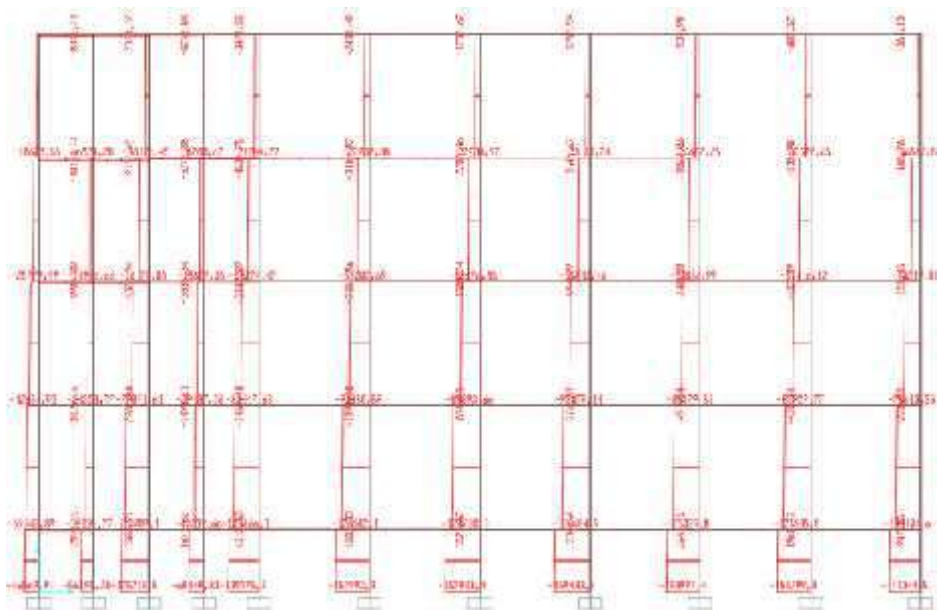
Gambar Portal Arah-X

4.1.4 Beban Gempa

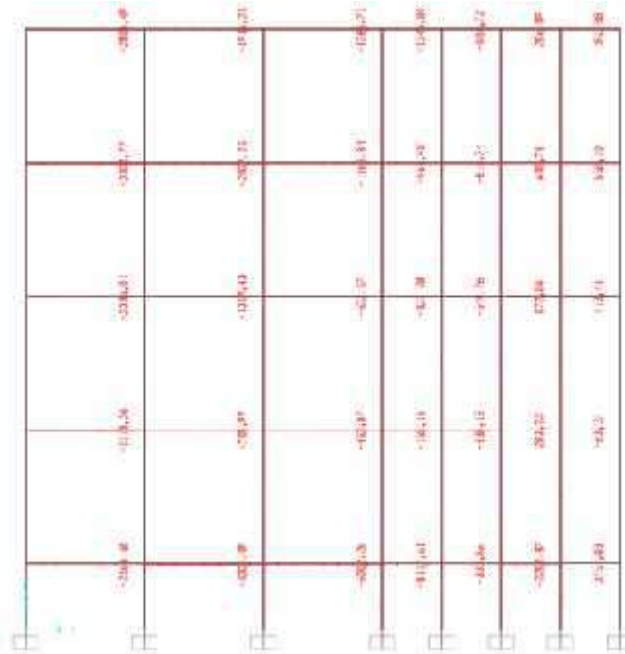


4.1.5 Grafik Gaya – Gaya dalam dan lendutan Pada Kolom

a. Gaya Aksial

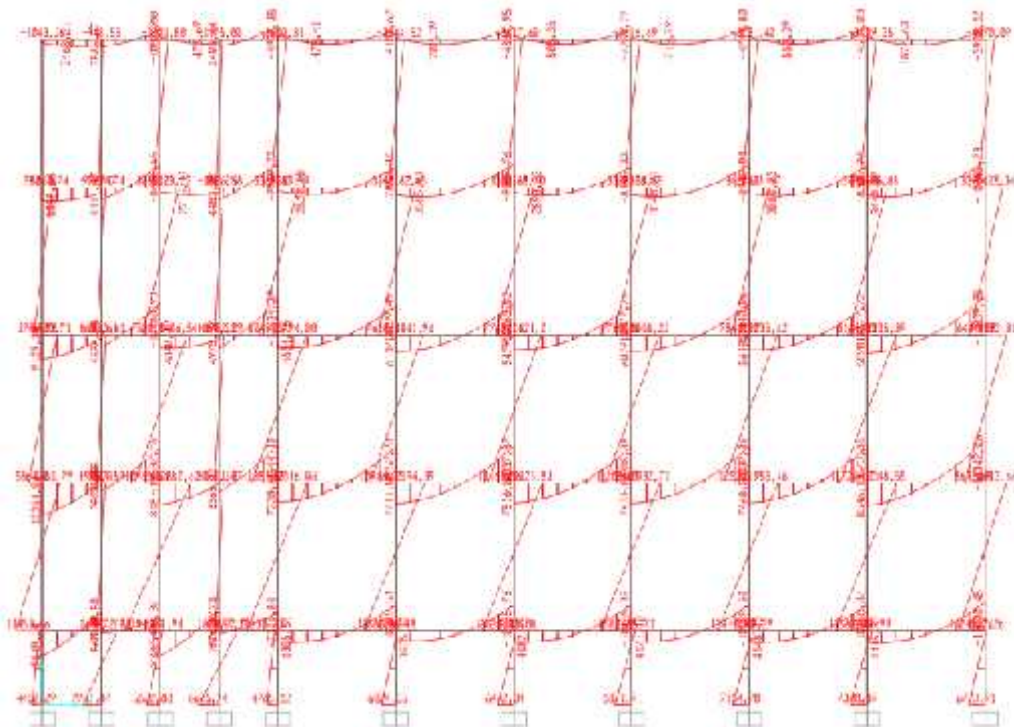


Gambar Gaya Aksial Portal Arah-X

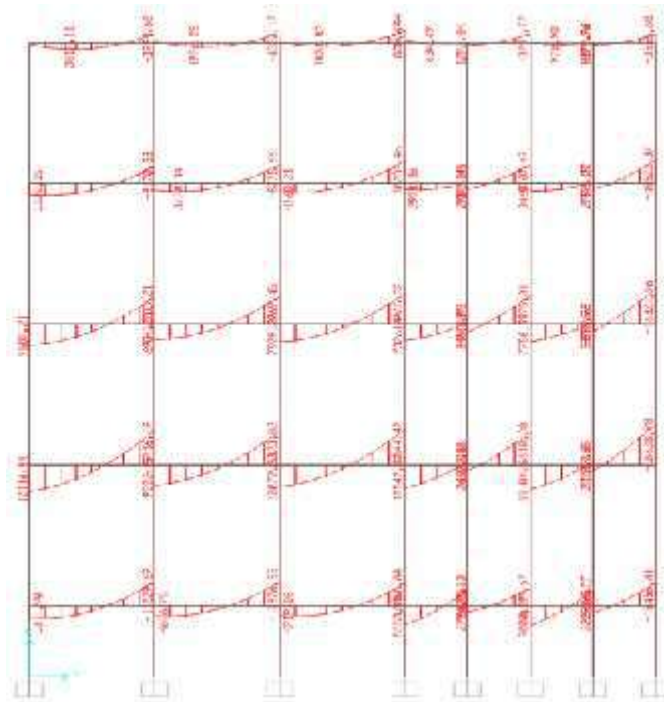


Gambar Gaya Aksial Portal Arah-Y

b. Momen

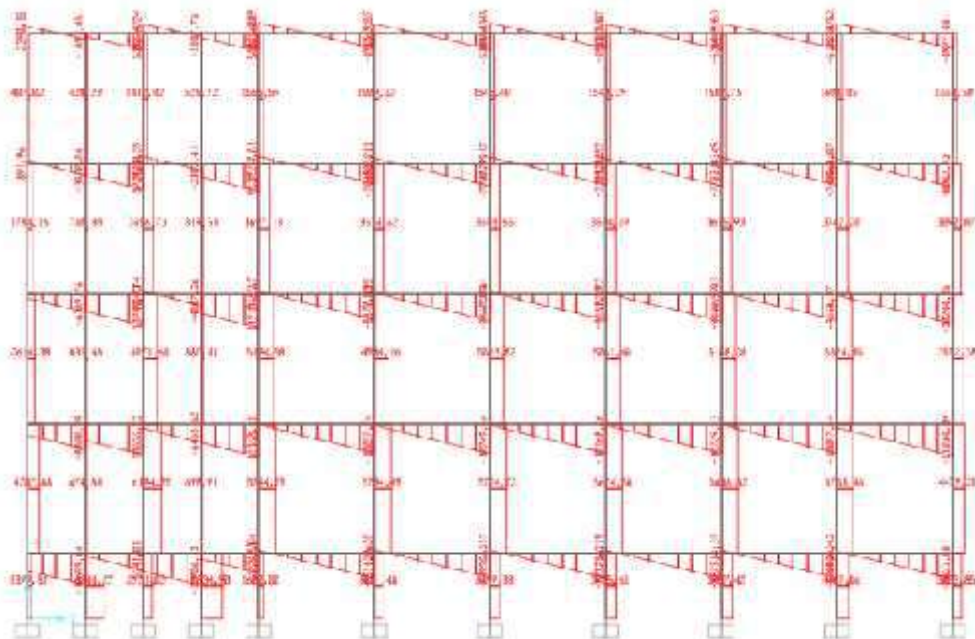


Gambar Momen Portal Arah-X

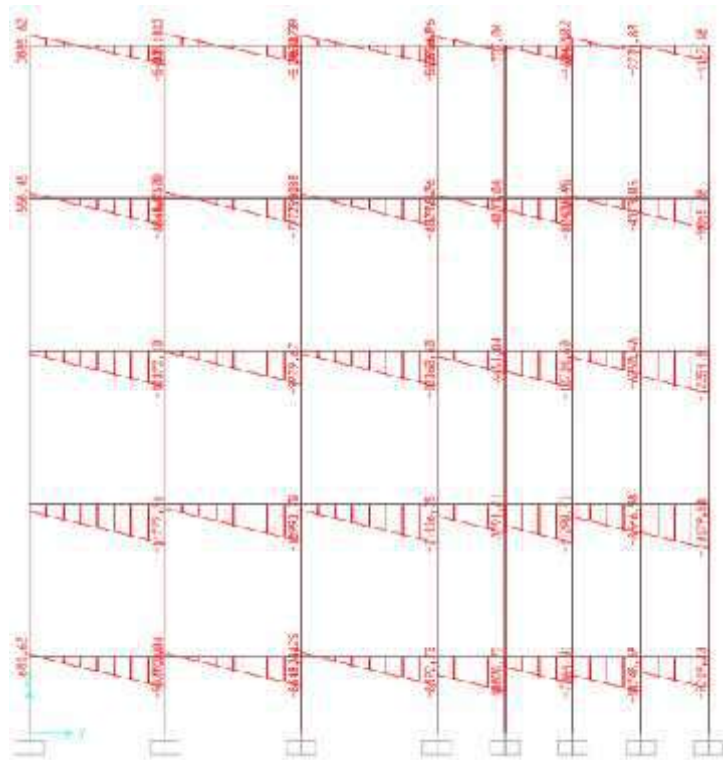


Gambar Momen Portal Arah-Y

c. Gaya Geser

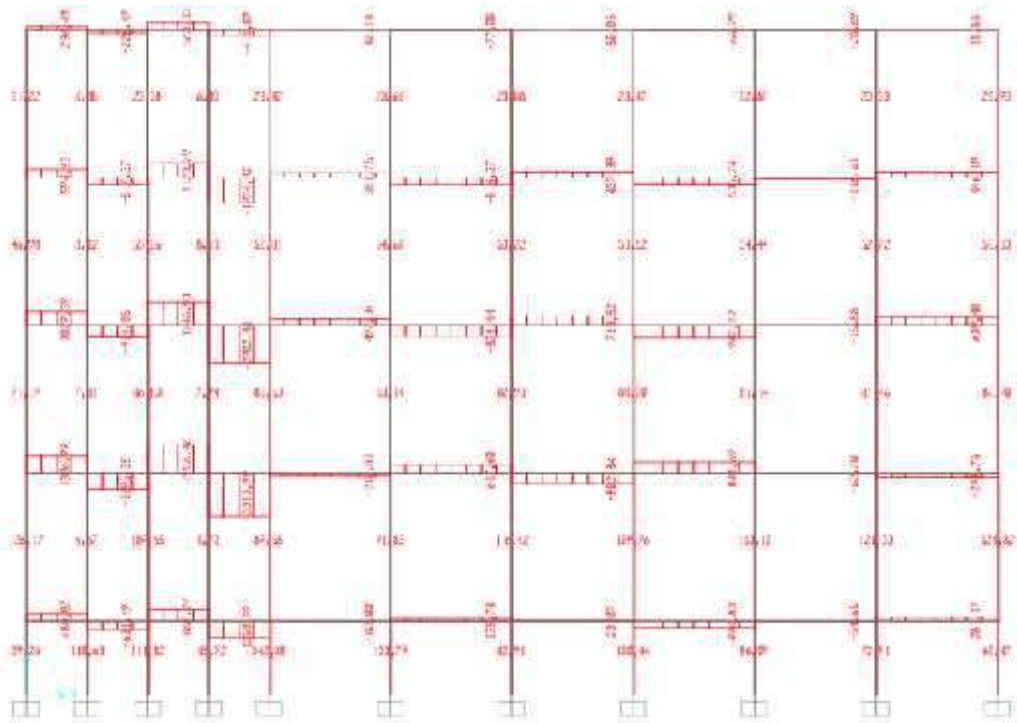


Gambar Gaya Geser Portal Arah-X

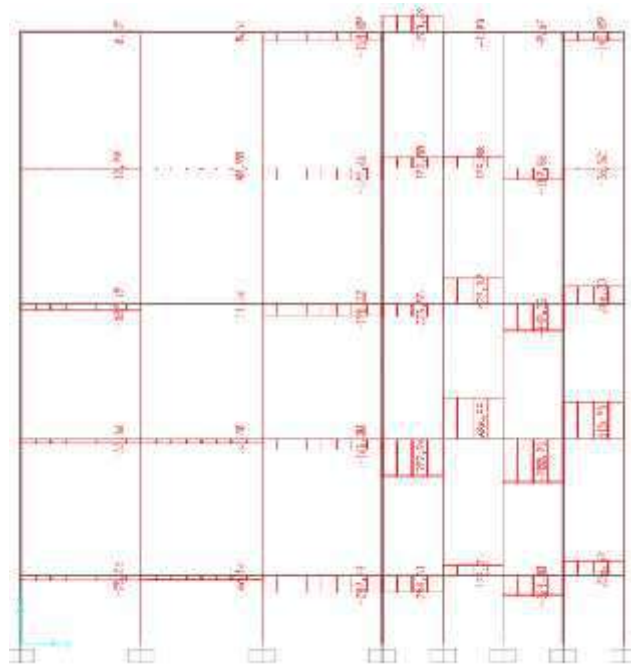


Gambar Gaya Geser Portal Arah-Y

d. Torsi

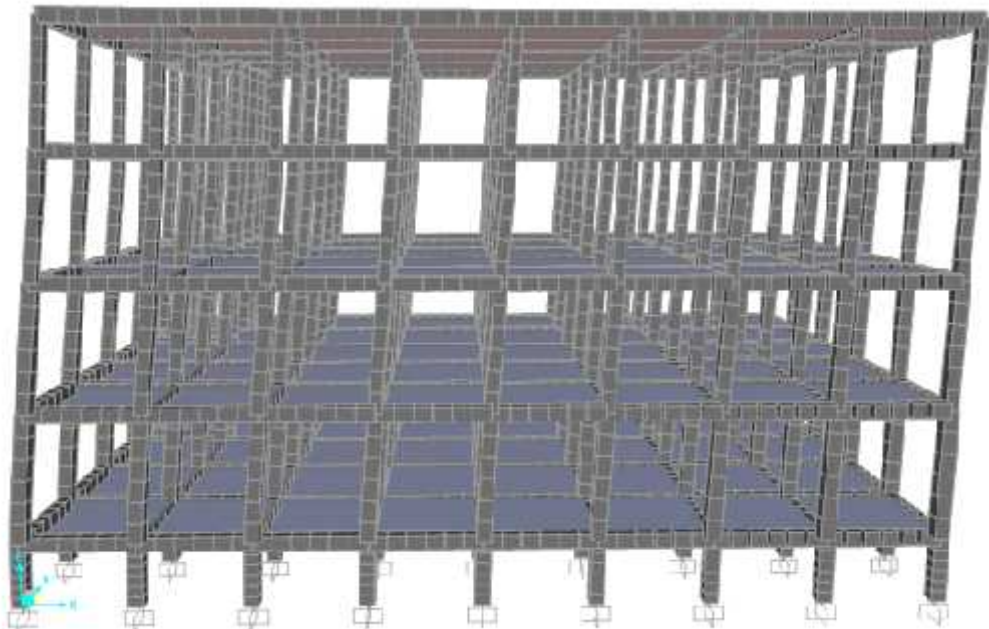


Gambar Torsi Portal Arah-X



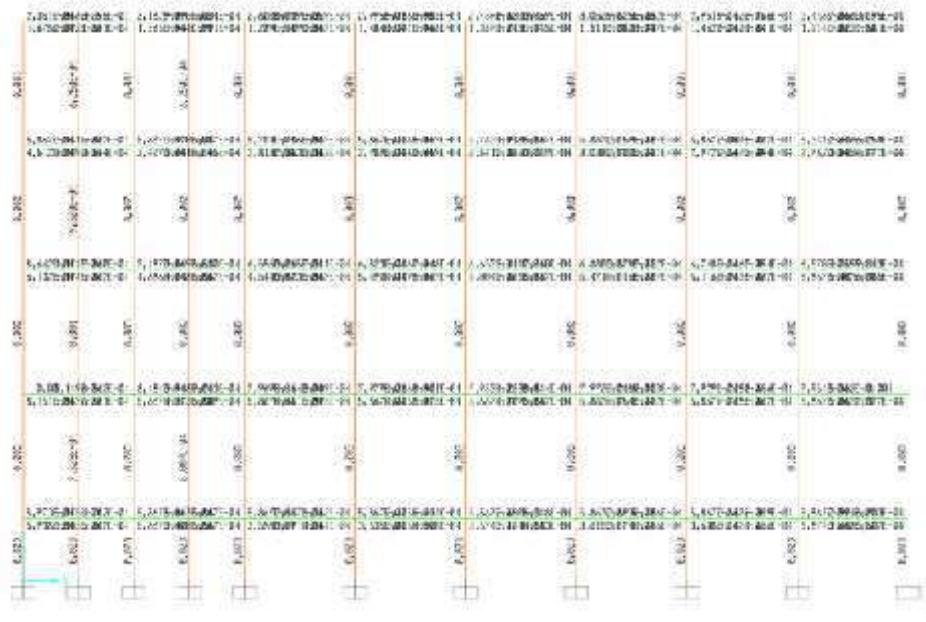
Gambar Torsi Portal Arah-Y

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



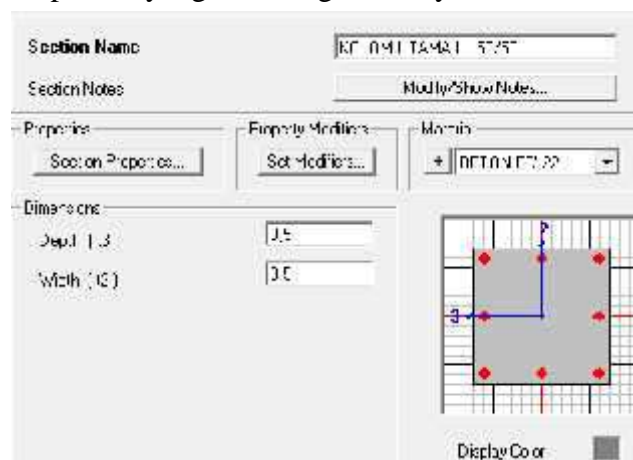
4.2 Analisis Struktur Pada Kolom

4.2.1 Cek Kekuatan Struktur

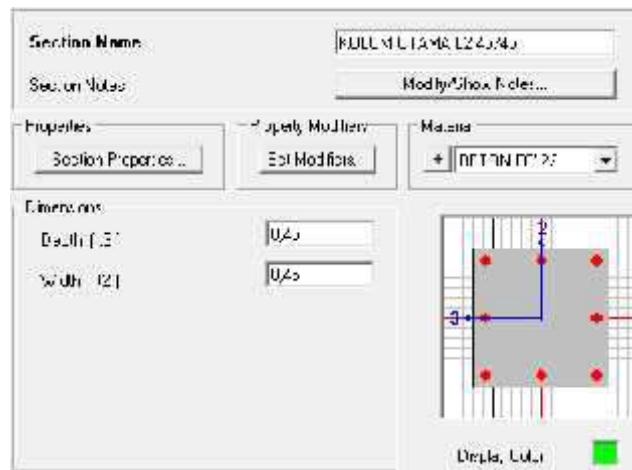


Gambar Kekuatan Struktur Portal Arah XZ

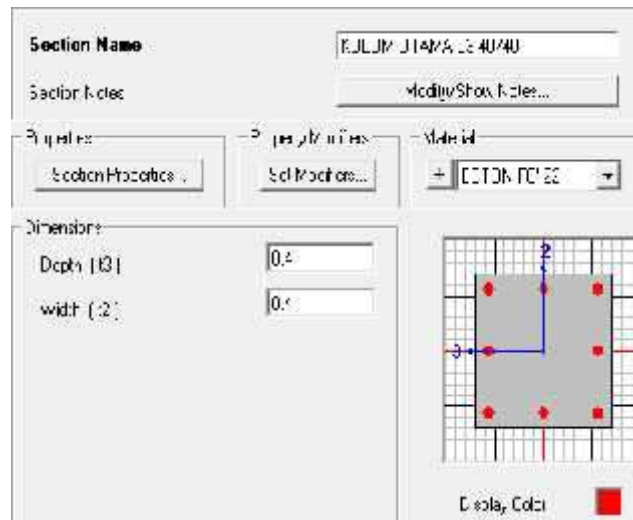
Dari hasil Pengecekan Sap 2000 data awal perencanaan kolom utama dan kolom praktis tidak aman (0/S), sehingga dilakukan penambahan dimensi agar aman. Gambar diatas adalah hasil pengecekan SAP 2000 yang telah dilakukan penambahan dimensi, sehingga menghasilkan kolom berwarna jingga yang menandakan kolom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



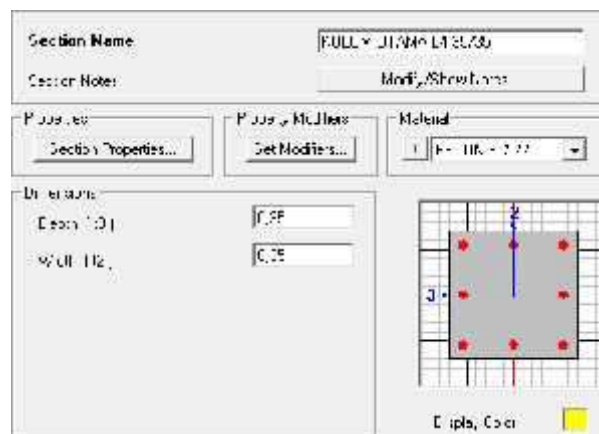
Gambar Kolom Utama Lantai 1 (50 cm x 50 cm)



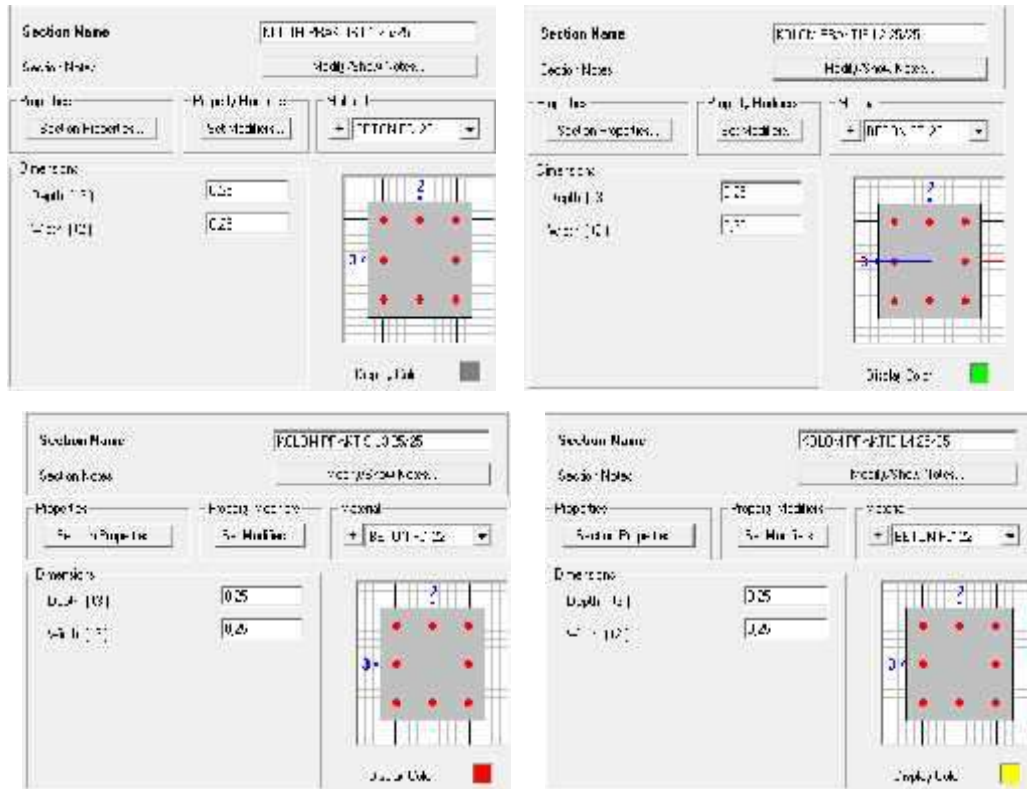
Gambar Kolom Utama Lantai 2 (45 cm x 45 cm)



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)

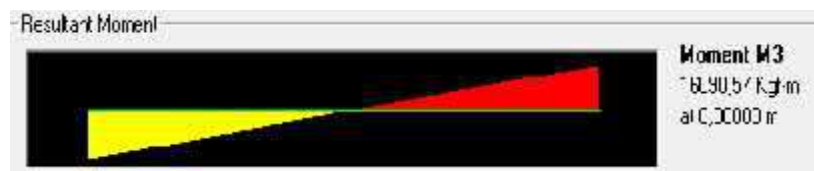
4.2.2 Cek gaya-gaya dalam Ultimate

1. Kolom Induk Lantai 1

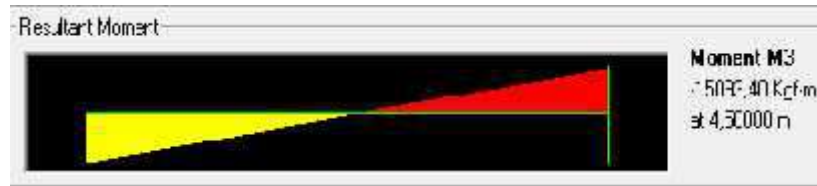
Dari hasil sap 2000 di dapat gaya-gaya dalam ultimate yang di ambil nilai terbesar untuk kolom lantai 1 pada batang 359 yaitu :



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

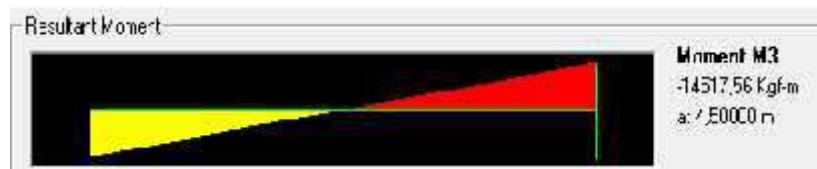
Dari hasil sap 2000 di dapat gaya-gaya dalam ultimate yang di ambil nilai terbesar untuk kolom lantai 2 pada batang 358 yaitu :



Gaya Aksial (PU) = 108459,63 Kg



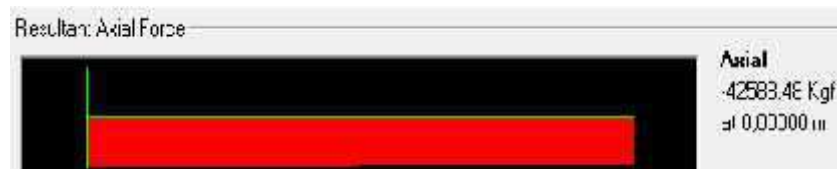
Momen Ultimate Tumpuan 1 (MU1) = 13885,63 Kg.m



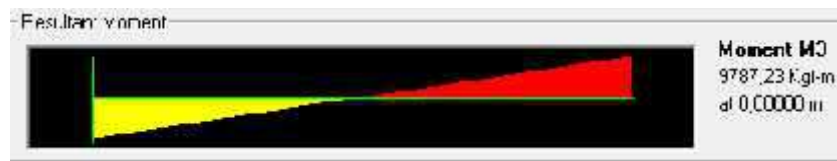
Momen Ultimate Tumpuan 2 (MU2) = 14517,56 Kg.m

3. Kolom Induk Lantai 3

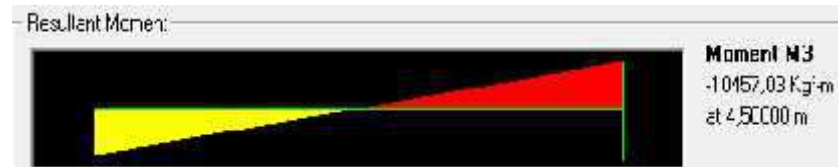
Dari hasil sap 2000 di dapat gaya-gaya dalam ultimate yang di ambil nilai terbesar untuk kolom lantai 3 pada batang 312 yaitu :



Gaya Aksial (PU) = 42588,48 Kg



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



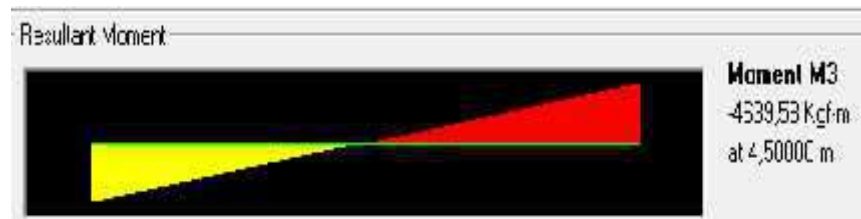
Momen Ultimate Tumpuan 2 (MU2) = 10457,03 Kg.m

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 :



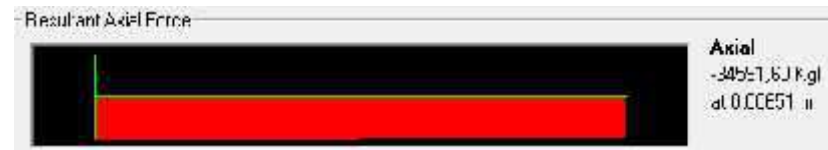
Momen Ultimate Tumpuan 1 (MU1) = 4342,70 Kg.m



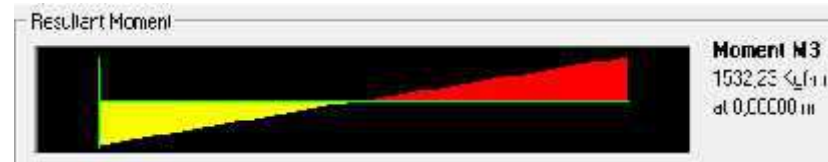
Momen Ultimate Tumpuan 2 (MU2) = 4639,58 Kg.m

5. Kolom Praktis Lantai 1

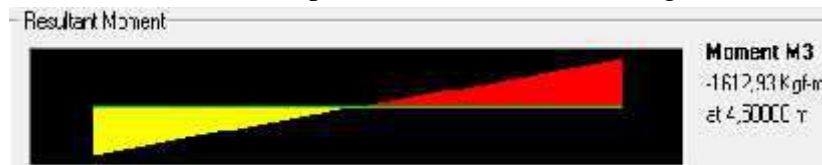
Dari hasil sap 2000 di dapat gaya-gaya dalam ultimate yang di ambil nilai terbesar untuk kolom praktis lantai 1 pada batang 584 yaitu :



Gaya Aksial (PU) = 34591,60 Kg



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



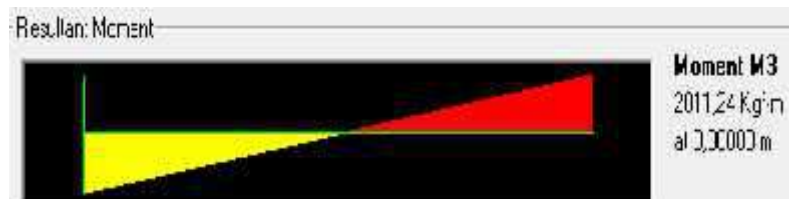
Momen Ultimate Tumpuan 2 (MU2) = 1612,93 Kg.m

6. Kolom Praktis Lantai 2

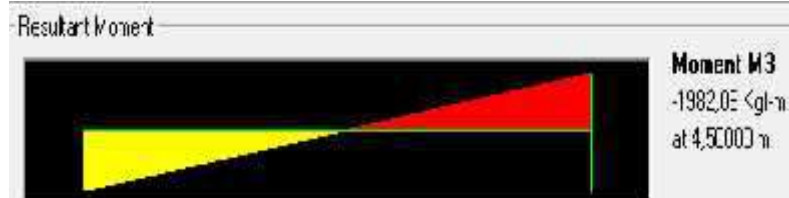
Dari hasil sap 2000 di dapat gaya-gaya dalam ultimate yang di ambil nilai terbesar untuk kolom praktis lantai 2 pada batang 603 yaitu :



Gaya Aksial (PU) = 34591,60 Kg



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



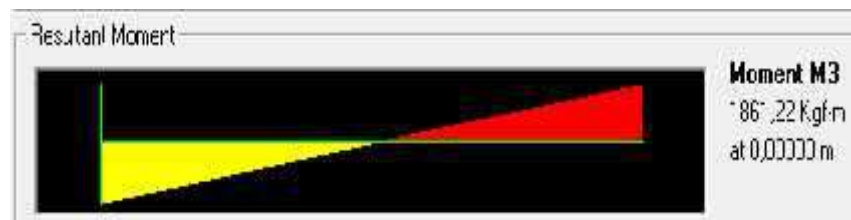
Momen Ultimate Tumpuan 2 (MU2) = 1982,09 Kg.m

7. Kolom Praktis Lantai 3

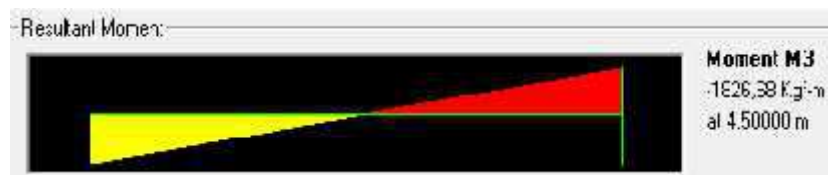
Dari hasil sap 2000 di dapat gaya-gaya dalam ultimate yang di ambil nilai terbesar untuk kolom praktis lantai 3 pada batang 602 yaitu :



$$\text{Gaya Aksial (PU)} = 18837,35 \text{ Kg}$$



$$\text{Momen Ultimate Tumpuan 1 (MU1)} = 1861,22 \text{ Kg.m}$$



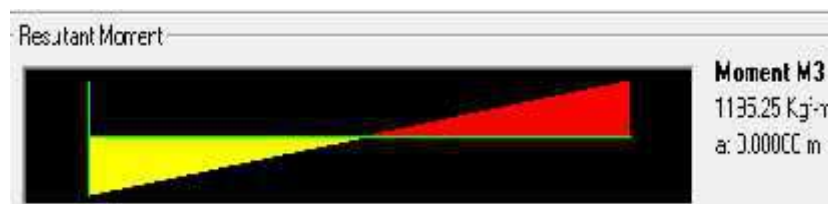
$$\text{Momen Ultimate Tumpuan 2 (MU2)} = 1826,68 \text{ Kg.m}$$

8. Kolom Praktis Lantai 4

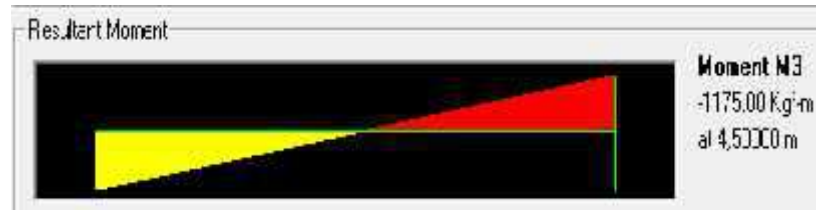
Dari hasil sap 2000 di dapat gaya-gaya dalam ultimate yang di ambil nilai terbesar untuk kolom praktis lantai 4 pada batang 601 yaitu :



$$\text{Gaya Aksial (PU)} = 8700,67 \text{ Kg}$$



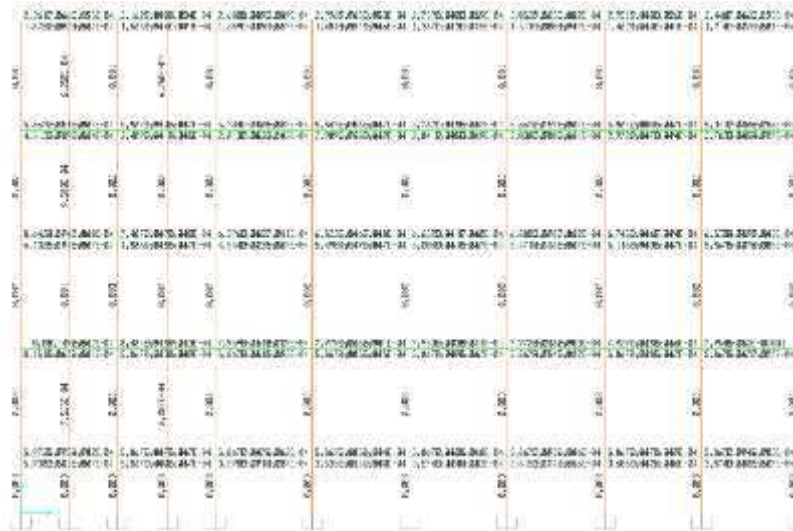
$$\text{Momen Ultimate Tumpuan 1 (MU1)} = 1195,25 \text{ Kg.m}$$



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

4.3 Analisis Struktur Pada Balok

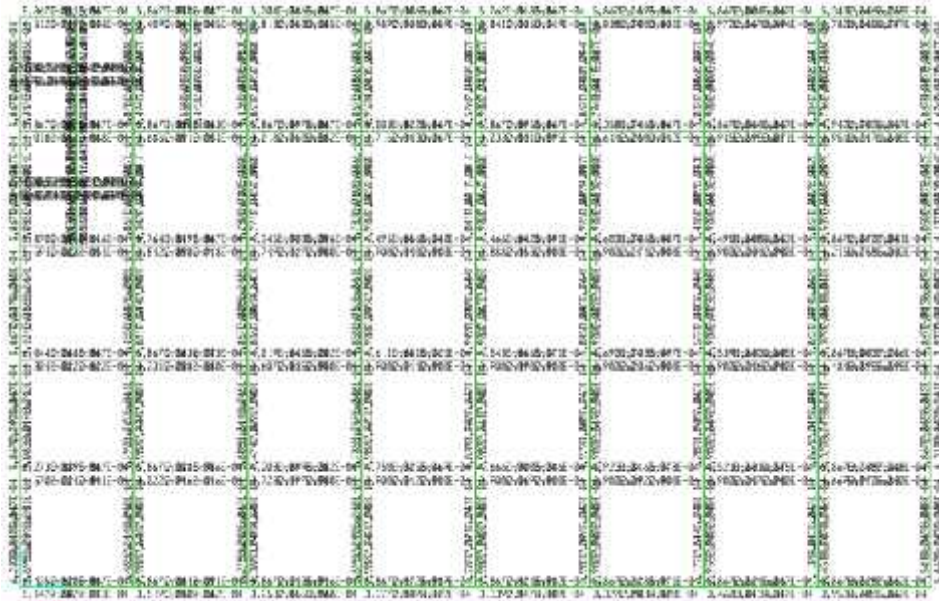
4.3.1 Cek Kekuatan Struktur



Gambar Kekuatan Struktur Arah XZ

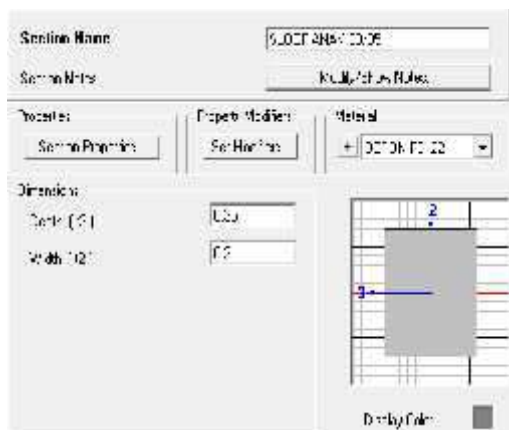


Gambar Kekuatan Struktur Arah YZ

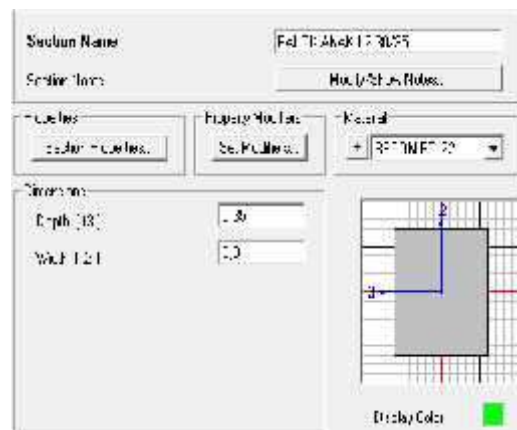


Gambar Kekuatan Struktur XY

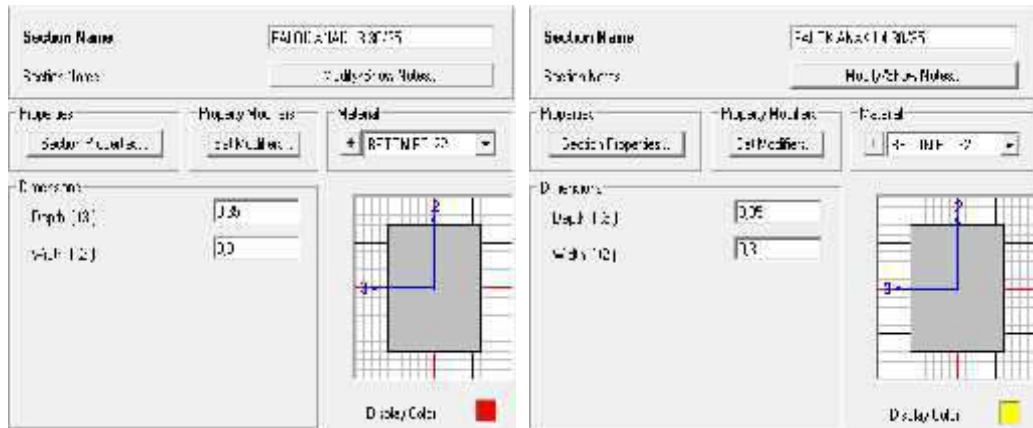
Dari hasil Pengecekan Sap 2000 data awal perencanaan balok induk dan balok anak tidak aman (0/S), sehingga dilakukan penambahan dimensi agar aman. Gambar diatas adalah hasil pengecekan SAP 2000 yang telah dilakukan penambahan dimensi, sehingga menghasilkan balok berwarna hijau yang menandakan balok aman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



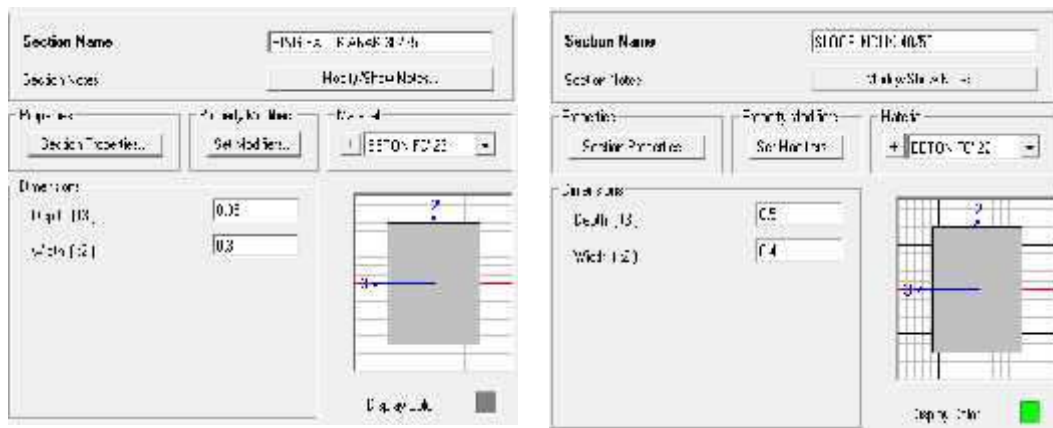
Gambar Sloof Anak 30 cm x 35 cm



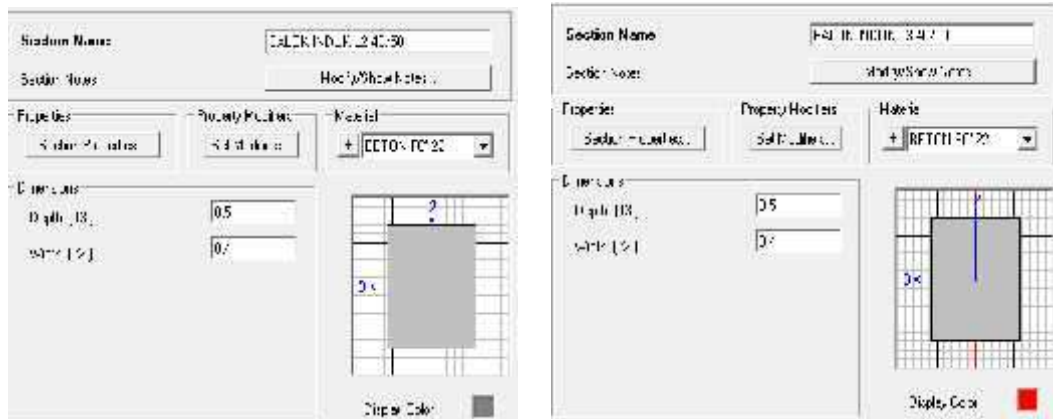
Gambar Balok Anak L2 30 cm x 35 cm



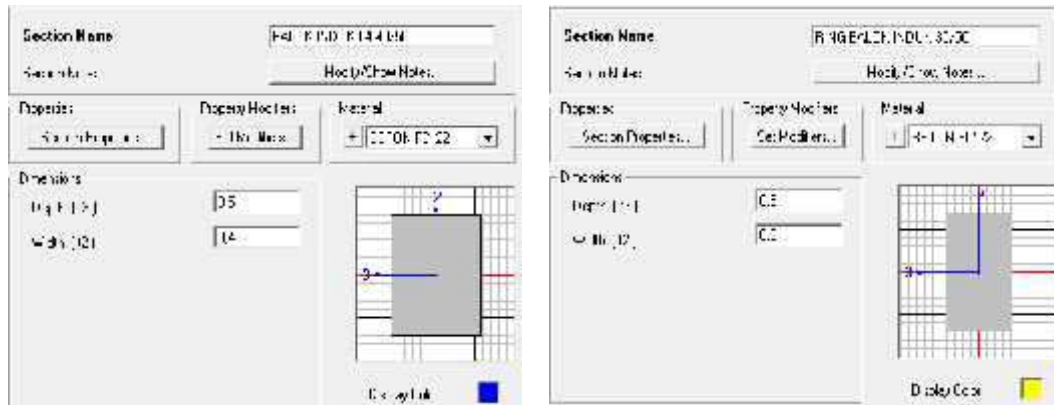
Gambar Balok Anak L3 30 cm x 35 cm Gambar Balok Anak L4 30 cm x 35 cm



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

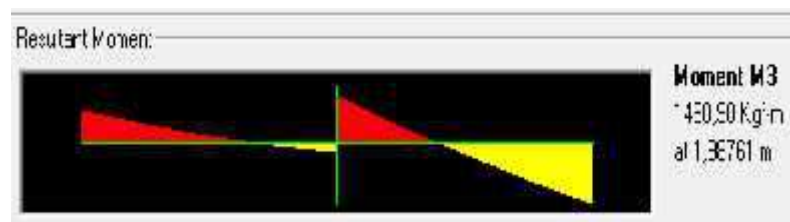


Gambar Balok Induk L4 40 cm x 50 cm Gambar Ring Balok Induk 30 cm x 50 cm

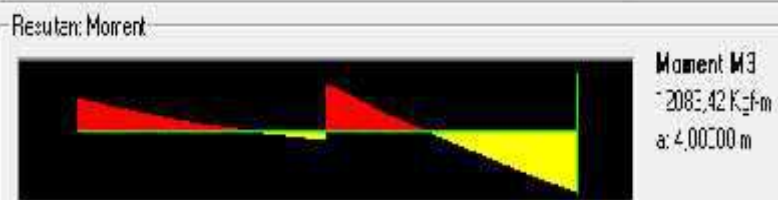
4.3.2 Cek gaya-gaya dalam Ultimate

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 :



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



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

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



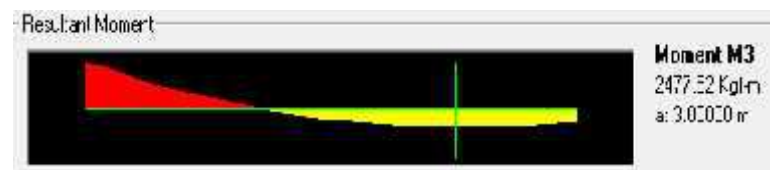
$$\text{Momen Torsi} = 40,07 \text{ kg.m}$$

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 :



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



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



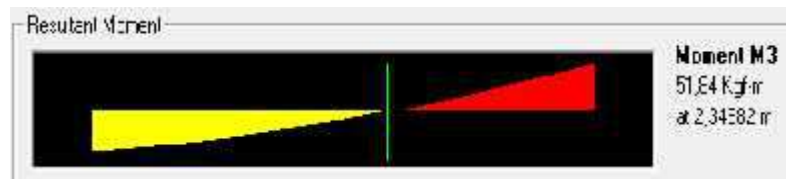
$$\text{Gaya Geser} = 125,25 \text{ Kg}$$



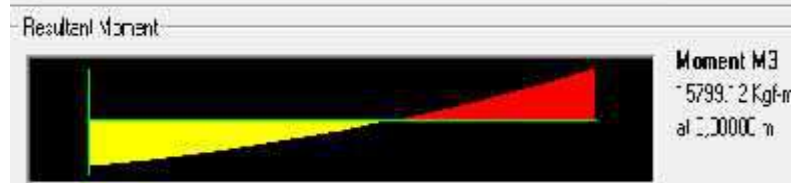
$$\text{Momen Torsi} = 19,41 \text{ Kg.m}$$

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

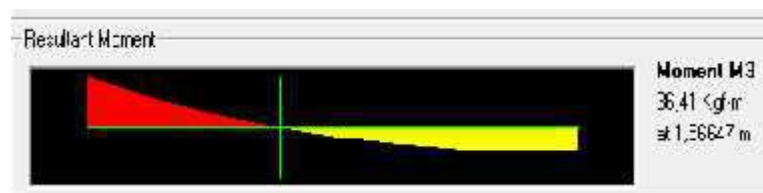
Gaya Geser = 3859,59 Kg



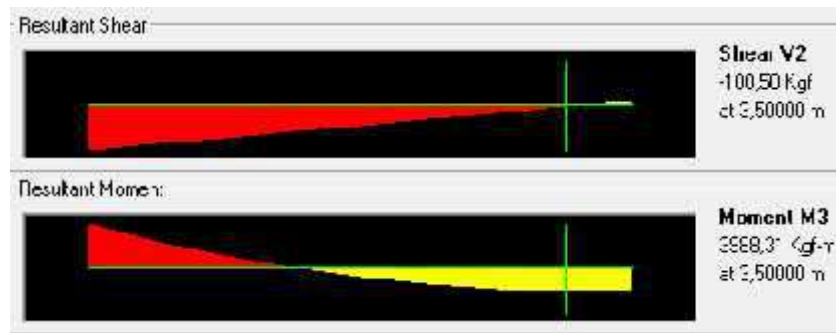
Momen Torsi = 90,13 Kg.m

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



Momen Ultimate Tumpuan (MUT) = 3988,31 Kg.m

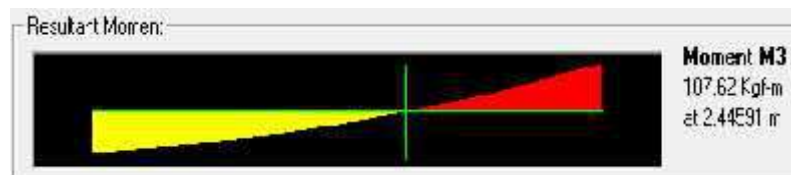
Gaya Geser = 188,58 Kg



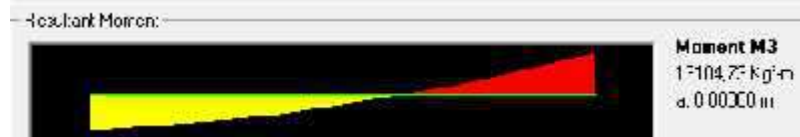
Momen Torsi = 25,31 Kg.m

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 :



Momen ultimate Lapangan (MUL) = 107,62 Kg.m



Momen Ultimate Tumpuan (MUT) = 13104,73 Kg.m

Gaya Geser = 2359,52 Kg



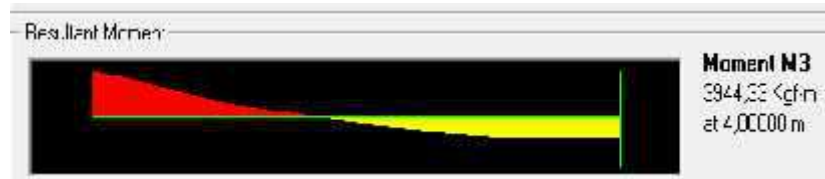
$$\text{Momen Torsi} = 81,3 \text{ kg.m}$$

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 :



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



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



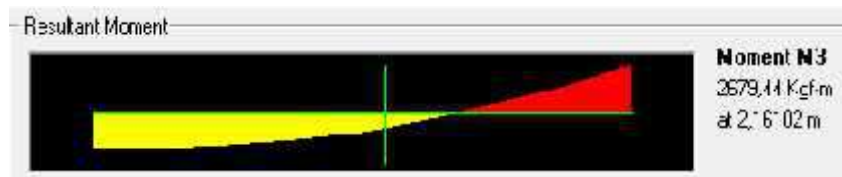
$$\text{Gaya Geser} = 471,56 \text{ Kg}$$



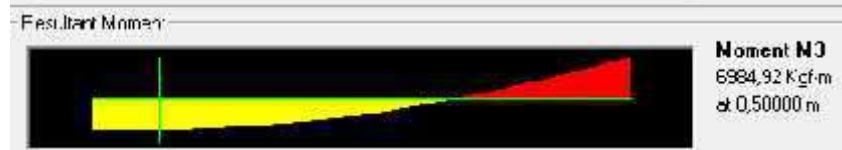
$$\text{Momen Torsi} = 221,95 \text{ kg.m}$$

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



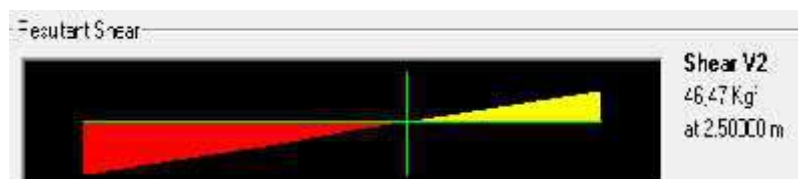
Momen Torsi = 156,09 Kg

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 :

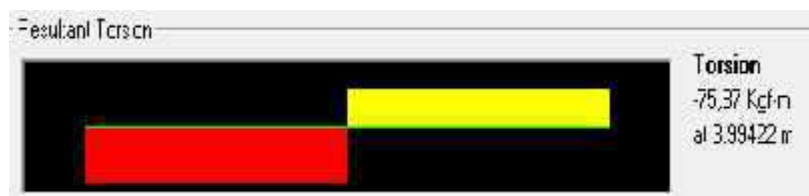


Momen ultimate Lapangan (MUL) = 2594,54 Kg.m



Momen Ultimate Tumpuan (MUT) = 2014,32 Kg.m

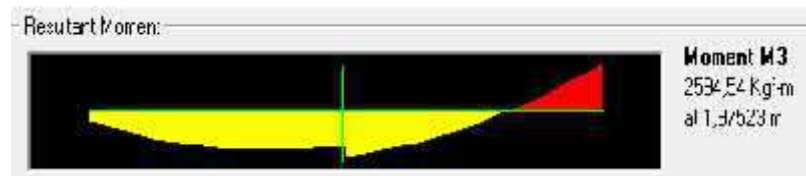
Gaya Geser = 46,47 Kg



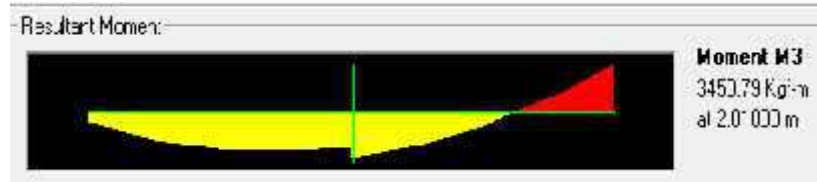
Momen Torsi = 75,87 Kg

B. Balok Anak Lantai Atap (Ring Balok Anak)

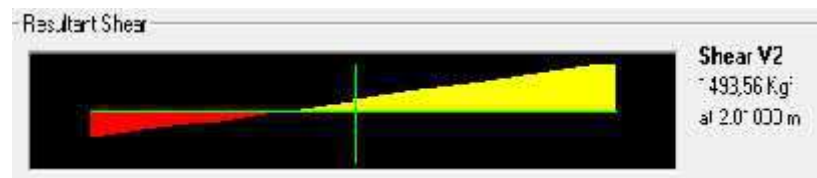
Dari hasil sap 2000 di dapat gaya-gaya dalam ultimate yang di ambil nilai terbesar untuk Balok Anak lantai 4 pada batang 826 yaitu :



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

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 (Vu)	= 8532,53 Kg
Momen Torsi	= 40,07 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 $f_c < 30 \text{ Mpa}$	$\beta_1 = 0,85$
- (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

$$\rho_{\min} = 1,4/f_y = 1,4/360 = 0,0038$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + F_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 22}{360} \left(\frac{600}{600 + 360} \right) \\ &= 0,0442 \times 0,625 \\ &= 0,0276 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{\max} &= 0,75 \times p_{\text{balance}} \\
 &= 0,75 \times 0,0276 \\
 &= 0,0207
 \end{aligned}$$

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)

$$\begin{aligned}
 d \text{ Efektif} &= \text{Tinggi Balok} - \text{Selimut Beton} \\
 &= 500 - 50 \\
 &= 450 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

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

$$\phi = 0,8$$

$$\begin{aligned}
 MR_1 &= \phi \cdot C \cdot Z \\
 &= 0,8 \times 0,85 \times f_c' \times a \times be \times (d - 1/2 a) \\
 &= 0,8 \times 0,85 \times 22 \times 120 \times 960 \times (450 - (0,5 \times 120)) \cdot 10^{-4} \\
 &= 67212,288 \text{ Kg.m} \\
 &= 67212,288 \text{ Kg.m} > MuL = 1480,90 \text{ Kg.m} \quad \text{Balok T} \\
 &\quad \text{(persegi)}
 \end{aligned}$$

Diasumsikan bahwa $a = hf = 120 \text{ mm}$; lebar : $bw = 400$

$$\begin{aligned}
 MR_2 &= \phi \cdot C \cdot Z \\
 &= 0,8 \times 0,85 \times f_c' \times a \times bw \times (d - 1/2 a)
 \end{aligned}$$

$$= 0,8 \times 0,85 \times 22 \times 120 \times 400 \times (450 - (0,5 \times 120)) \cdot 10^{-4}$$

$$= 28005,12 \text{ Kg.m}$$

$$= 28005,12 \text{ Kg.m} > \text{MuL} = 1480,90 \text{ Kg.m} \quad \text{Balok T} \\ \text{(persegi)}$$

LAPANGAN

$$m = \frac{F_y}{0,85 \times F_c} \\ = \frac{360}{0,85 \times 22} = 19,251$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{1480,90 \cdot 10^4}{0,8 \times 400 \times 450^2} = 0,229 \text{ Mpa}$$

$$\text{Hitung} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right) \\ = \frac{1}{19,251} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,251 \times 0,229}{360}} \right) = 0,00064$$

$$\text{Hitung} = 0,00064 < \text{Min} = 0,0038$$

$$\text{Hitung} = 0,00064 < \text{Max} = 0,0207$$

$$\text{As} = \rho \times b \times d \text{ efektif} \\ = 0,0038 \times 400 \times 450 \\ = 684 \text{ mm}^2 = 6,84 \text{ cm}^2$$

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.

$$\begin{aligned} A_s' &= \frac{\rho_{\text{hitung}}}{\rho_{\text{Max}}} A_s \\ &= \frac{0,0038}{0,0207} \times 684 \\ &= 125,57 \text{ mm}^2 \quad 1,2557 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

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 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

$$\begin{aligned} m &= \frac{F_y}{0,85 \times F_c} \\ &= \frac{360}{0,85 \times 22} = 19,251 \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{12083,42 \cdot 10^4}{0,8 \times 400 \times 450^2} = 1,865 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \text{Hitung} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}}\right) \\ &= \frac{1}{19,251} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,251 \times 1,865}{360}}\right) \\ &= 0,00547 \end{aligned}$$

$$\text{Hitung} = 0,00547 > \text{Min} = 0,0038$$

$$\text{Hitung} = 0,00547 < \text{Max} = 0,0207$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \text{ efektif} \\ &= 0,00547 \times 400 \times 450 \\ &= 984,6 \text{ mm}^2 = 9,846 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Memakai tulangan Utama D22

$$\begin{aligned} A-D22 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= 984,6 / 379,94 \\ &= 2,591 \longrightarrow 3 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Jadi tulangan utama bawah yang digunakan pada daerah Tumpuan balok adalah 3D22, dengan menggunakan besi Ulir.

$$\begin{aligned} A_s' &= \frac{\rho_{\text{hitung}}}{\rho_{\text{Max}}} A_s \\ &= \frac{0,00547}{0,0207} \times 984,6 \\ &= 260,182 \text{ mm}^2 \quad 2,602 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Memakai tulangan D22

$$A-D22 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2$$

$$= 379,94 \text{ mm}^2$$

$$n = 260,182/379,94$$

$$= 0,685 \longrightarrow 2 \text{ Buah}$$

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

$$V_u = 8532,53 \text{ Kg}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{F_c} \cdot b_w \cdot d$$

$$= 1/6 \times \sqrt{220} \cdot 40 \cdot 45$$

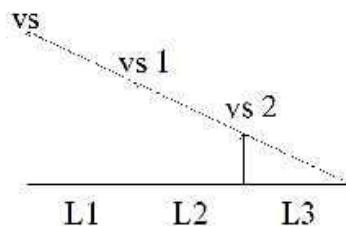
$$= 4449,72 \text{ Kg}$$

$$V_n = \frac{V_u}{\phi}$$

$$= \frac{8532,53}{0,75} = 11376,706 \text{ kg}$$

$$= 11376,706 \text{ Kg} > V_c = 4449,72 \text{ kg} \text{ (Perlu Tulangan Geser)}$$

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

$$S1 = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s}$$

$$= \frac{0,565 \times 3600 \times 45}{6926,987} = 13,21 \text{ cm} \rightarrow 10 \text{ cm } (\emptyset 6)$$

$$S2 = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_{s1}}$$

$$= \frac{0,565 \times 3600 \times 45}{4617,98} = 19,82 \text{ cm} \rightarrow 15 \text{ cm } (\emptyset 6)$$

$$\begin{aligned}
 S3 &= \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s^2} \\
 &= \frac{0,565 \times 3600 \times 45}{1539,31} = 59,46 \text{ cm} \rightarrow 20 \text{ cm } (\emptyset 6)
 \end{aligned}$$

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 :

$$\begin{aligned}
 A_{cp} &= b \times h \\
 &= 400 \times 500 \\
 &= 200000
 \end{aligned}$$

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 :

$$\begin{aligned}
 T_u &< \frac{\phi \sqrt{f_c}}{12} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\
 T_u &< \frac{0,75 \sqrt{22}}{12} \left(\frac{200000^2}{1800} \right) \cdot 10^{-6}
 \end{aligned}$$

$0,393 \text{ Kn.m} < 6,514 \text{ Kn.m}$ (Maka Torsi dapat di abaikan).

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
Selimit 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

$$p_{min} = 1,4/f_y = 1,4/360 = 0,0038$$

$$p_{balance} = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + F_y} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 0,85 \times 22}{360} \left(\frac{600}{600 + 360} \right)$$

$$= 0,0442 \times 0,625$$

$$= 0,0276$$

$$p_{max} = 0,75 \times p_{balance}$$

$$= 0,75 \times 0,0276$$

$$= 0,0207$$

Lebar Efektif Balok (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)

$$d \text{ Efektif} = \text{Tinggi Balok} - \text{Selimit Beton}$$

$$= 350 - 50$$

$$= 300 \text{ mm}$$

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

$$\phi = 0,8$$

$$MR 1 = \phi \cdot C \cdot Z$$

$$= 0,8 \times 0,85 \times f_c' \times a \times b_e \times (d - \frac{1}{2} a)$$

$$= 0,8 \times 0,85 \times 22 \times 120 \times 960 \times (300 - (0,5 \times 120)) \cdot 10^{-4}$$

$$= 41361,408 \text{ Kg.m}$$

$$= 41361,408 \text{ Kg.m} > MuL = 34,39 \text{ Kg.m} \text{ Balok T} \\ \text{(persegi)}$$

Diasumsikan bahwa $a = hf = 120 \text{ mm}$; lebar : $b_w = 300$

$$MR 2 = \phi \cdot C \cdot Z$$

$$= 0,8 \times 0,85 \times f_c' \times a \times b_w \times (d - \frac{1}{2} a)$$

$$= 0,8 \times 0,85 \times 22 \times 120 \times 300 \times (300 - (0,5 \times 120)) \cdot 10^{-4}$$

$$= 12925,44 \text{ Kg.m}$$

$$= 12925,44 \text{ Kg.m} > MuL = 34,39 \text{ Kg.m} \text{ Balok T} \\ \text{(persegi)}$$

LAPANGAN

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

$$= \frac{360}{0,85 \times 22} = 19,251$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{34,39 \cdot 10^4}{0,8 \times 300 \times 300^2} = 0,016 \text{ Mpa}$$

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

$$= \frac{1}{19,251} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,251 \times 0,016}{360}}\right) = 0,00004446$$

$$\text{Hitung} = 0,00004446 < \text{Min} = 0,0038$$

$$\text{Hitung} = 0,00004446 < \text{Max} = 0,0207$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \text{ efektif} \\ &= 0,0038 \times 300 \times 300 \\ &= 342 \text{ mm}^2 = 3,42 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Memakai tulangan utama D22

$$\begin{aligned} A\text{-D22} &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (22)^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2 \\ n &= 342/379,94 \\ &= 0,9 \longrightarrow 2 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Jadi tulangan utama bawah yang digunakan pada daerah Lapangan balok adalah 2D22, dengan menggunakan besi Ulir.

$$\begin{aligned} A_s' &= \frac{\rho \text{ hitung}}{\rho \text{ Max}} A_s \\ &= \frac{0,0038}{0,0207} \times 342 \\ &= 62,78 \text{ mm}^2 \quad 0,6278 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Memakai tulangan D22

$$A\text{-D22} = \frac{1}{4} \times 3,14 \times (22)^2$$

$$= 379,94 \text{ mm}^2$$

$$n = 62,78/379,94$$

$$= 0,33 \longrightarrow 2 \text{ Buah}$$

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

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

$$= \frac{360}{0,85 \times 22} = 19,251$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{2477,52 \cdot 10^4}{0,8 \times 300 \times 300^2} = 1,147 \text{ Mpa}$$

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

$$= \frac{1}{19,251} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,251 \times 1,147}{360}} \right)$$

$$= 0,0033$$

$$\text{Hitung} = 0,0033 > \text{Min} = 0,0038$$

$$\text{Hitung} = 0,0033 < \text{Max} = 0,0207$$

$$A_s = \rho \times b \times d \text{ efektif}$$

$$= 0,0038 \times 300 \times 300$$

$$= 342 \text{ mm}^2 = 3,42 \text{ cm}^2$$

Memakai tulangan Utama D22

$$A-D22 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2$$

$$= 379,94 \text{ mm}^2$$

$$n = 342/379,94$$

$$= 0,9 \longrightarrow 2 \text{ Buah}$$

Jadi tulangan utama bawah yang digunakan pada daerah Tumpuan balok adalah 2D22, dengan menggunakan besi Ulir.

$$As' = \frac{\rho_{\text{hitung}}}{\rho_{\text{Max}}} As$$

$$= \frac{0,0038}{0,0207} \times 342$$

$$= 62,78 \text{ mm}^2 \quad 0,6278 \text{ cm}^2$$

Memakai tulangan D22

$$A-D22 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2$$

$$= 379,94 \text{ mm}^2$$

$$n = 62,78/379,94$$

$$= 0,332 \longrightarrow 2 \text{ Buah}$$

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

$$\text{Kontrol} : (2 \times 22) + (1 \times 20) + (2 \times 50) < 300$$

$$\text{Kontrol} : 164 \text{ mm} < 300 \text{ mm} \dots\dots\dots (\text{OKE})$$

PERENCANAAN TULANGAN GESER

Balok anak (sloof anak) 30 cm x 35 cm

$$V_u = 125,25 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{F_c} \cdot b_w \cdot d \\ &= \frac{1}{6} \times \sqrt{220} \cdot 30 \cdot 30 \\ &= 2224,86 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &= \frac{V_u}{\phi} \\ &= \frac{125,25}{0,75} = 167 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$= V_n = 167 \text{ kg} < V_c = 2224,86 \text{ kg} \text{ (Tidak Perlu Tulangan Geser)}$$

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 di abaikan).

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 $f_c < 30 \text{ Mpa}$ β_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

p_{min} = $1,4/f_y = 1,4/360 = 0,0038$

$$p_{balance} = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + F_y} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 0,85 \times 22}{360} \left(\frac{600}{600 + 360} \right)$$

$$= 0,0442 \times 0,625$$

$$= 0,0276$$

$$\begin{aligned}
 P_{\max} &= 0,75 \times p_{\text{balance}} \\
 &= 0,75 \times 0,0276 \\
 &= 0,0207
 \end{aligned}$$

Lebar Efektif Balok (Be)

$$\begin{aligned}
 Be_1 &= 1/12 \cdot L_o = 1/12 \cdot 4000 = 333,333 \text{ mm} \\
 Be_2 &= 6 \cdot hf = 6 \cdot 120 = 720 \text{ mm} \\
 Be_3 &= 1/2 \cdot B_o = 1/2 \cdot 4000 = 2000 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Cek apakah Balok L atau Balok L persegi

Diasumsikan bahwa $a = hf = 120 \text{ mm}$; lebar : $be = 333,33$ (terkecil)

$$\begin{aligned}
 d \text{ Efektif} &= \text{Tinggi Balok} - \text{Selimut Beton} \\
 &= 500 - 50 \\
 &= 450 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

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

$$\phi = 0,8$$

$$\begin{aligned}
 MR_1 &= \phi \cdot C \cdot Z \\
 &= 0,8 \times 0,85 \times f_c' \times a \times be \times (d - 1/2 a) \\
 &= 0,8 \times 0,85 \times 22 \times 120 \times 333,33 \times (450 - (0,5 \times 120)) \cdot 10^{-4} \\
 &= 23337,37 \text{ Kg.m} \\
 &= 23337,37 \text{ Kg.m} > MuL = 51,84 \text{ Kg.m} \quad \text{Balok L} \\
 &\quad \text{(persegi)}
 \end{aligned}$$

Diasumsikan bahwa $a = hf = 120 \text{ mm}$; lebar : $bw = 400 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 MR_2 &= \phi \cdot C \cdot Z \\
 &= 0,8 \times 0,85 \times f_c' \times a \times bw \times (d - 1/2 a)
 \end{aligned}$$

$$= 0,8 \times 0,85 \times 22 \times 120 \times 400 \times (450 - (0,5 \times 120)) \cdot 10^{-4}$$

$$= 28005,12 \text{ Kg.m}$$

$$= 28005,12 \text{ Kg.m} > \text{MuL} = 51,84 \text{ Kg.m} \text{ Balok L} \\ \text{(persegi)}$$

LAPANGAN

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

$$= \frac{360}{0,85 \times 22} = 19,251$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{51,84 \cdot 10^4}{0,8 \times 400 \times 450^2} = 0,008 \text{ Mpa}$$

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

$$= \frac{1}{19,251} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,251 \times 0,008}{360}} \right) = 0,000022227$$

$$\text{Hitung} = 0,000022227 < \text{Min} = 0,0038$$

$$\text{Hitung} = 0,000022227 < \text{Max} = 0,0207$$

$$A_s = \rho \times b \times d \text{ efektif}$$

$$= 0,0038 \times 400 \times 450$$

$$= 684 \text{ mm}^2 = 6,84 \text{ cm}^2$$

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.

$$\begin{aligned} A_s' &= \frac{\rho_{\text{hitung}}}{\rho_{\text{Max}}} A_s \\ &= \frac{0,0038}{0,0207} \times 684 \\ &= 125,57 \text{ mm}^2 \quad 1,2557 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

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

$$\text{Kontrol : } (2 \times 22) + (1 \times 30) + (2 \times 50) < 400$$

$$\text{Kontrol : } 174 \text{ mm} < 400 \text{ mm} \dots \dots \dots (\text{ OKE })$$

TUMPUAN

$$\begin{aligned} m &= \frac{F_y}{0,85 \times F_c} \\ &= \frac{360}{0,85 \times 22} = 19,251 \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{15799,12 \cdot 10^4}{0,8 \times 400 \times 450^2} = 2,438 \text{ Mpa}$$

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

$$= \frac{1}{19,251} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,251 \times 2,438}{360}}\right)$$

$$= 0,0073$$

$$\text{Hitung} = 0,0073 > \text{Min} = 0,0038$$

$$\text{Hitung} = 0,0073 < \text{Max} = 0,0207$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \text{ efektif} \\ &= 0,0073 \times 400 \times 450 \\ &= 1314 \text{ mm}^2 \\ &= 13,14 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Memakai tulangan utama D22

$$\begin{aligned} A-D22 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (22)^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2 \\ n &= 1314/379,94 \\ &= 3,458 \longrightarrow 4 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Jadi tulangan utama bawah yang digunakan pada daerah Tumpuan balok adalah 4D22, dengan menggunakan besi Ulir.

$$\begin{aligned} A_s' &= \frac{\rho \text{ hitung}}{\rho \text{ Max}} A_s \\ &= \frac{0,0073}{0,0207} \times 1314 \\ &= 463,39 \text{ mm}^2 \quad 4,6339 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Memakai tulangan D22

$$\begin{aligned} A-D22 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (22)^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2 \\ n &= 463,39/379,94 \\ &= 1,23 \longrightarrow 2 \text{ Buah} \end{aligned}$$

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 : (4 x 22) + (3 x 10) + (2 x 50) < 400

Kontrol : 218 mm < 400 mm.....(OKE)

PERENCANAAN TULANGAN GESER

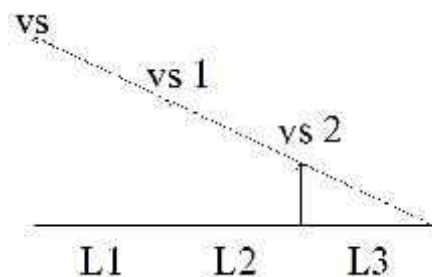
Balok Induk 40 x 50 cm

$$V_u = 3859,59 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{F_c'} \cdot b_w \cdot d \\ &= \frac{1}{6} \times \sqrt{220} \cdot 40 \cdot 45 \\ &= 4449,72 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &= \frac{V_u}{\phi} \\ &= \frac{3859,59}{0,75} = 5146,12 \text{ kg} \\ &= 5146,12 \text{ kg} > V_c = 4449,72 \text{ kg} \text{ (Perlu Tulangan Geser)} \end{aligned}$$

Gaya gaya geser yang ditanggung tulangan



$$\begin{aligned} L &= \frac{1}{2} \times \text{Bentang} \\ &= \frac{1}{2} \times 400 \\ &= 200 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_s &= V_n - V_c \\
 &= 5146,12 - 4449,72 \\
 &= 696,4 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{s1} &= V_s \times (L1 : \text{Bentang}) \\
 &= 696,4 \times (133,333 : 200) \\
 &= 464,27 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{s2} &= V_{s1} \times (L2 : \text{Bentang}) \\
 &= 464,27 \times (66,667 : 200) \\
 &= 154,78 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Menghitung jarak tulangan sengkang

$$d = 45 \text{ cm}$$

$$f_y = 360 \text{ mpa} = 3600 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

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).

b. Balok Anak (30 cm x 35 cm)

Data Perencanaan

$$\begin{aligned} \text{Mu Lapangan (Batang 187)} &= 36,41 \text{ Kg.m} \\ \text{Mu Tumpuan (Batang 187)} &= 3988,31 \text{ Kg.m} \\ \text{Gaya geser (Vu)} &= 188,58 \text{ Kg} \\ \text{Momen Torsi (Tu)} &= 25,31 \text{ kg.m} \\ \text{Mutu beton (fc)} &= 22 \text{ Mpa} = 220 \text{ Kg/cm} \\ \text{Mutu baja (fy)} &= 360 \text{ Mpa} = 3600 \text{ Kg/cm} \\ \text{Selimut beton (d')} &= 50 \text{ mm} = 5 \text{ cm} \end{aligned}$$

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 (hf)	= 120 mm	
Bentang Balok (Lo)	= 4000 mm	
Jarak Bersih dari Balok-balok (Bo)	= 4000 mm	

Batasan Penulangan

$$p_{\min} = 1,4/f_y = 1,4/360 = 0,0038$$

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

$$= \frac{0,85 \times 0,85 \times 22}{360} \left(\frac{600}{600 + 360} \right)$$

$$= 0,0442 \times 0,625$$

$$= 0,0276$$

$$p_{\max} = 0,75 \times p_{\text{balance}}$$

$$= 0,75 \times 0,0276$$

$$= 0,0207$$

Lebar Efektif Balok (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 T atau Balok T persegi

Diasumsikan bahwa $a = hf = 120 \text{ mm}$; lebar : $be = 960$ (terkecil)

$$d \text{ Efektif} = \text{Tinggi Balok} - \text{Selimut Beton}$$

$$= 350 - 50$$

$$= 300 \text{ mm}$$

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

$$\phi = 0,8$$

$$MR_1 = \phi \cdot C \cdot Z$$

$$= 0,8 \times 0,85 \times f_c' \times a \times b_e \times (d - \frac{1}{2} a)$$

$$= 0,8 \times 0,85 \times 22 \times 120 \times 960 \times (300 - (0,5 \times 120)) \cdot 10^{-4}$$

$$= 41361,408 \text{ Kg.m}$$

$$= 41361,408 \text{ Kg.m} > MuL = 36,41 \text{ Kg.m} \text{ Balok T} \\ \text{(persegi)}$$

Diasumsikan bahwa $a = hf = 120 \text{ mm}$; lebar : $b_w = 300$

$$MR_2 = \phi \cdot C \cdot Z$$

$$= 0,8 \times 0,85 \times f_c' \times a \times b_w \times (d - \frac{1}{2} a)$$

$$= 0,8 \times 0,85 \times 22 \times 120 \times 300 \times (300 - (0,5 \times 120)) \cdot 10^{-4}$$

$$= 12925,44 \text{ Kg.m}$$

$$= 12925,44 \text{ Kg.m} > MuL = 36,41 \text{ Kg.m} \text{ Balok T} \\ \text{(persegi)}$$

LAPANGAN

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

$$= \frac{360}{0,85 \times 22} = 19,251$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{36,41 \cdot 10^4}{0,8 \times 300 \times 300^2} = 0,0169 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \text{Hitung} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{F_y}}\right) \\ &= \frac{1}{19,251} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,251 \times 0,0169}{360}}\right) \\ &= 0,000047 \end{aligned}$$

$$\text{Hitung} = 0,000047 > \text{Min} = 0,0038$$

$$\text{Hitung} = 0,000047 < \text{Max} = 0,0207$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \text{ efektif} \\ &= 0,0038 \times 300 \times 300 \\ &= 342 \text{ mm}^2 \\ &= 3,42 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Memakai tulangan Utama D22

$$\begin{aligned} A-D22 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2 \\ n &= 342 / 379,94 \\ &= 0,9 \longrightarrow 2 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Jadi tulangan utama bawah yang digunakan pada daerah Lapangan balok adalah 2D22, dengan menggunakan besi Ulir.

$$\begin{aligned} A_s' &= \frac{\rho \text{ hitung}}{\rho \text{ Max}} A_s \\ &= \frac{0,0038}{0,0207} \times 342 \\ &= 62,78 \text{ mm}^2 \quad 0,6278 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Memakai tulangan D22

$$\begin{aligned} A-D22 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2 \\ n &= 62,78/379,94 \\ &= 0,33 \longrightarrow 2 \text{ Buah} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} m &= \frac{F_y}{0,85 \times F_c} \\ &= \frac{360}{0,85 \times 22} = 19,251 \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{3988,31 \cdot 10^4}{0,8 \times 300 \times 300^2} = 1,85 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \text{Hitung} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right) \\ &= \frac{1}{19,251} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,251 \times 1,85}{360}} \right) \\ &= 0,0054 \end{aligned}$$

$$\text{Hitung} = 0,0054 > \text{ Min} = 0,0038$$

$$\text{Hitung} = 0,0054 < \text{Max} = 0,0207$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \text{ efektif} \\ &= 0,0054 \times 300 \times 300 \\ &= 486 \text{ mm}^2 \\ &= 4,86 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Memakai tulangan Utama D22

$$\begin{aligned} A-D22 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2 \\ n &= 486/379,94 \\ &= 1,28 \longrightarrow 2 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Jadi tulangan utama bawah yang digunakan pada daerah Tumpuan balok adalah 2D22, dengan menggunakan besi Ulir.

$$\begin{aligned} A_s' &= \frac{\rho_{\text{hitung}}}{\rho_{\text{Max}}} A_s \\ &= \frac{0,0054}{0,0207} \times 486 \\ &= 126,78 \text{ mm}^2 \quad 1,2678 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Memakai tulangan Utama D22

$$\begin{aligned} A-D22 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2 \\ n &= 126,78/379,94 \\ &= 0,003 \longrightarrow 2 \text{ Buah} \end{aligned}$$

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

$$\text{Kontrol : } (2 \times 22) + (1 \times 20) + (2 \times 50) < 300$$

$$\text{Kontrol : } 164 \text{ mm} < 300 \text{ mm} \dots \dots \dots (\text{ OKE })$$

PERENCANAAN TULANGAN GESER

Balok Anak 30 cm x 35 cm

$$V_u = 188,58 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{F'_c} \cdot b_w \cdot d \\ &= \frac{1}{6} \times \sqrt{220} \cdot 30 \cdot 30 \\ &= 2224,86 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &= \frac{V_u}{\phi} \\ &= \frac{188,58}{0,75} = 251,44 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$= 251,44 \text{ Kg} < V_c = 2224,86 \text{ kg} (\textit{Tidak Perlu Tulangan Geser})$$

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 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 :

$$T_u < \frac{\phi \sqrt{f_c}}{12} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$T_u < \frac{0,75 \sqrt{22}}{12} \left(\frac{105000^2}{1300} \right) \cdot 10^{-6}$$

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
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
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)

$$\begin{aligned}
 Be_1 &= 1/12 \cdot L_o = 1/12 \cdot 4000 = 333,333 \text{ mm} \\
 Be_2 &= 6 \cdot hf = 6 \cdot 120 = 720 \text{ mm} \\
 Be_3 &= 1/2 \cdot B_o = 1/2 \cdot 4000 = 2000 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Cek apakah Balok L atau Balok L persegi

Diasumsikan bahwa $a = hf = 120 \text{ mm}$; lebar : $be = 333,33$ (terkecil)

$$\begin{aligned}
 d \text{ Efektif} &= \text{Tinggi Balok} - \text{Selimut Beton} \\
 &= 500 - 50 \\
 &= 450 \text{ mm} \\
 B &= 400 \text{ mm} \\
 &= 0,8
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 MR_1 &= \rho \cdot C \cdot Z \\
 &= 0,8 \times 0,85 \times f_c' \times a \times be \times (d - 1/2 a) \\
 &= 0,8 \times 0,85 \times 22 \times 120 \times 333,33 \times (450 - (0,5 \times 120)) \cdot 10^{-4} \\
 &= 23337,37 \text{ Kg.m} \\
 &= 23337,37 \text{ Kg.m} > MuL = 107,62 \text{ Kg.m} \quad \text{Balok L} \\
 &\quad \text{(persegi)}
 \end{aligned}$$

Diasumsikan bahwa $a = hf = 120 \text{ mm}$; lebar : $bw = 400$

$$\begin{aligned}
 MR_2 &= \rho \cdot C \cdot Z \\
 &= 0,8 \times 0,85 \times f_c' \times a \times bw \times (d - 1/2 a) \\
 &= 0,8 \times 0,85 \times 22 \times 120 \times 400 \times (450 - (0,5 \times 120)) \cdot 10^{-4} \\
 &= 28005,12 \text{ Kg.m}
 \end{aligned}$$

$$= 28005,12 \text{ Kg.m} > \text{MuL} = 107,62 \text{ Kg.m} \text{ Balok L} \\ \text{(persegi)}$$

LAPANGAN

$$m = \frac{F_y}{0,85 \times F_c} \\ = \frac{360}{0,85 \times 22} = 19,251$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{107,62 \cdot 10^4}{0,8 \times 400 \times 450^2} = 0,017 \text{ Mpa}$$

$$\text{Hitung} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right) \\ = \frac{1}{19,251} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,251 \times 0,017}{360}} \right) = 0,000047$$

$$\text{Hitung} = 0,000047 < \text{Min} = 0,0038$$

$$\text{Hitung} = 0,000047 < \text{Max} = 0,0207$$

$$A_s = \rho \times b \times d \text{ efektif} \\ = 0,0038 \times 400 \times 450 \\ = 684 \text{ mm}^2 = 6,84 \text{ cm}^2$$

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.

$$A_s' = \frac{\rho_{\text{hitung}}}{\rho_{\text{Max}}} A_s$$

$$= \frac{0,0038}{0,0207} \times 684$$

$$= 125,57 \text{ mm}^2 \quad 1,2557 \text{ cm}^2$$

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 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

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

$$= \frac{360}{0,85 \times 22} = 19,251$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{13104,73 \cdot 10^4}{0,8 \times 400 \times 450^2} = 2,022 \text{ Mpa}$$

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

$$= \frac{1}{19,251} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,251 \times 2,022}{360}} \right)$$

$$= 0,00596$$

$$\text{Hitung} = 0,00596 > \text{Min} = 0,0038$$

$$\text{Hitung} = 0,00596 < \text{Max} = 0,0207$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \text{ efektif} \\ &= 0,00596 \times 400 \times 450 \\ &= 1072,8 \text{ mm}^2 \\ &= 10,728 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Memakai tulangan Utama D22

$$\begin{aligned} A-D22 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2 \\ n &= 1072,8/379,94 \\ &= 2,824 \longrightarrow 3 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Jadi tulangan utama bawah yang digunakan pada daerah Tumpuan balok adalah 3D22, dengan menggunakan besi Ulir.

$$\begin{aligned} A_s' &= \frac{\rho_{\text{hitung}}}{\rho_{\text{Max}}} A_s \\ &= \frac{0,00596}{0,0207} \times 1072,8 \\ &= 308,88 \text{ mm}^2 \quad 3,0888 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Memakai tulangan Utama D22

$$\begin{aligned} A-D22 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2 \\ n &= 308,88/379,94 \\ &= 0,812 \longrightarrow 2 \text{ Buah} \end{aligned}$$

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

$$V_u = 2359,52 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{F'_c} \cdot b_w \cdot d \\ &= \frac{1}{6} \times \sqrt{220} \cdot 40 \cdot 45 \\ &= 4449,72 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &= \frac{V_u}{\phi} \\ &= \frac{2359,52}{0,75} = 3188,54 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$= 3188,54 < V_c = 4449,72 \text{ kg} \text{ (Tidak Perlu Tulangan Geser)}$$

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 :

$$T_u < \frac{\phi \sqrt{f_c}}{12} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$T_u < \frac{0,75 \sqrt{22}}{12} \left(\frac{200000^2}{1800} \right) \cdot 10^{-6}$$

$0,797 \text{ Kn.m} < 6,514 \text{ Kn.m}$ (Maka Torsi di abaikan).

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
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	= 350 mm = 35 cm
Lebar balok	= 300 mm = 30 cm
Untuk $f_c < 30 \text{ Mpa}$	$\lambda = 1$
- (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

$$p_{min} = 1,4/f_y = 1,4/360 = 0,0038$$

$$p_{balance} = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + F_y} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 0,85 \times 22}{360} \left(\frac{600}{600 + 360} \right)$$

$$= 0,0442 \times 0,625$$

$$= 0,0276$$

$$p_{\max} = 0,75 \times p_{\text{balance}}$$

$$= 0,75 \times 0,0276$$

$$= 0,0207$$

Lebar Efektif Balok (Be)

$$Be_1 = 1/4 \cdot L_o = 1/4 \cdot 4000 = 1000 \text{ mm}$$

$$Be_2 = 8 \cdot hf = 8 \cdot 120 = 960 \text{ mm}$$

$$Be_3 = 1/2 \cdot B_o = 1/2 \cdot 4000 = 2000 \text{ mm}$$

Cek apakah Balok L atau Balok T persegi

Diasumsikan bahwa $a = hf = 120 \text{ mm}$; lebar : $be = 960$ (terkecil)

$$d \text{ Efektif} = \text{Tinggi Balok} - \text{Selimut Beton}$$

$$= 350 - 50$$

$$= 300 \text{ mm}$$

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

$$\phi = 0,8$$

$$MR_1 = \phi \cdot C \cdot Z$$

$$= 0,8 \times 0,85 \times f_c' \times a \times be \times (d - 1/2 a)$$

$$= 0,8 \times 0,85 \times 22 \times 120 \times 960 \times (300 - (0,5 \times 120)). 10^{-4}$$

$$= 41361,408 \text{ Kg.m}$$

$$= 41361,408 \text{ Kg.m} > MuL = 39,51 \text{ Kg.m} \text{ Balok T} \\ \text{(persegi)}$$

Diasumsikan bahwa $a = hf = 120 \text{ mm}$; lebar : $b_w = 300$

$$\begin{aligned}
 MR_2 &= . C . Z \\
 &= 0,8 \times 0,85 \times f_c' \times a \times b_w \times (d - \frac{1}{2} a) \\
 &= 0,8 \times 0,85 \times 22 \times 120 \times 300 \times (300 - (0,5 \times 120)) \cdot 10^{-4} \\
 &= 12925,44 \text{ Kg.m} \\
 &= 12925,44 \text{ Kg.m} > MuL = 39,51 \text{ Kg.m} \quad \text{Balok T (persegi)}
 \end{aligned}$$

LAPANGAN

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{F_y}{0,85 \times F_c} \\
 &= \frac{360}{0,85 \times 22} = 19,251
 \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{39,51 \cdot 10^4}{0,8 \times 300 \times 300^2} = 0,018 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Hitung} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{19,251} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,251 \times 0,018}{360}} \right) \\
 &= 0,00005
 \end{aligned}$$

$$\text{Hitung} = 0,00005 < \text{Min} = 0,0038$$

$$\text{Hitung} = 0,00005 < \text{Max} = 0,0207$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \times b \times d \text{ efektif} \\
 &= 0,0038 \times 300 \times 300 \\
 &= 342 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$= 3,42 \text{ cm}^2$$

Memakai tulangan Utama D22

$$A-D22 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2$$

$$= 379,94 \text{ mm}^2$$

$$n = 342/379,94$$

$$= 0,9 \longrightarrow 2 \text{ Buah}$$

Jadi tulangan utama bawah yang digunakan pada daerah Lapangan balok adalah 2D22, dengan menggunakan besi Ulir.

$$As' = \frac{\rho_{\text{hitung}}}{\rho_{\text{Max}}} As$$

$$= \frac{0,0038}{0,0207} \times 342$$

$$= 62,78 \text{ mm}^2 \quad 0,6278 \text{ cm}^2$$

Memakai tulangan D22

$$A-D22 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2$$

$$= 379,94 \text{ mm}^2$$

$$n = 62,78/379,94$$

$$= 0,33 \longrightarrow 2 \text{ Buah}$$

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

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

$$= \frac{360}{0,85 \times 22} = 19,251$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{3944,33 \cdot 10^4}{0,8 \times 300 \times 300^2} = 1,826 \text{ Mpa}$$

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

$$= \frac{1}{19,251} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,251 \times 1,826}{360}} \right)$$

$$= 0,0053$$

$$\text{Hitung} = 0,0053 > \text{Min} = 0,0038$$

$$\text{Hitung} = 0,0053 < \text{Max} = 0,0207$$

$$A_s = \rho \times b \times d \text{ efektif}$$

$$= 0,0053 \times 300 \times 300$$

$$= 477 \text{ mm}^2$$

$$= 4,77 \text{ cm}^2$$

Memakai tulangan Utama D22

$$A_{-D22} = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2$$

$$= 379,94 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{477}{379,94}$$

$$= 1,26 \longrightarrow 2 \text{ Buah}$$

Jadi tulangan utama bawah yang digunakan pada daerah Tumpuan balok adalah 2D22, dengan menggunakan besi Ulir.

$$\begin{aligned} A_s' &= \frac{\rho_{\text{hitung}}}{\rho_{\text{Max}}} A_s \\ &= \frac{0,0053}{0,0207} \times 477 \\ &= 122,13 \text{ mm}^2 \quad 1,2213 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Memakai tulangan Utama D22

$$\begin{aligned} AD22 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2 \\ n &= 122,13/379,94 \\ &= 0,321 \longrightarrow 2 \text{ Buah} \end{aligned}$$

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

$$\text{Kontrol : } (2 \times 22) + (1 \times 20) + (2 \times 50) < 300$$

$$\text{Kontrol : } 166 \text{ mm} < 300 \text{ mm} \dots\dots\dots (\text{ OKE })$$

PERENCANAAN TULANGAN GESER

Balok Anak 30 cm x 35 cm

$$V_u = 471,56 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{F_c} \cdot b_w \cdot d \\ &= \frac{1}{6} \times \sqrt{220} \cdot 30 \cdot 30 \\ &= 2224,86 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_n &= \frac{V_u}{\phi} \\
 &= \frac{471,56}{0,75} = 628,746 \text{ kg} \\
 &= 628,746 \text{ Kg} < V_c = 2224,86 \text{ kg} \text{ (*Tidak Perlu Tulangan Geser*)}
 \end{aligned}$$

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 :

$$T_u < \frac{\phi \sqrt{f_c}}{12} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$T_u < \frac{0,75 \sqrt{22}}{12} \left(\frac{105000^2}{1300} \right) \cdot 10^{-6}$$

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

$$\text{Mu Lapangan (Batang 645)} = 2679,44 \text{ Kg.m}$$

$$\text{Mu Tumpuan (Batang 645)} = 6984,92 \text{ Kg.m}$$

$$\text{Gaya geser (Vu)} = 554,33 \text{ Kg}$$

$$\text{Momen Torsi (Tu)} = 132,94 \text{ kg.m}$$

$$\text{Mutu beton (fc)} = 22 \text{ Mpa} = 220 \text{ Kg/cm}$$

$$\text{Mutu baja (fy)} = 360 \text{ Mpa} = 3600 \text{ Kg/cm}$$

$$\text{Selimut beton (d')} = 50 \text{ mm} = 5 \text{ cm}$$

$$\text{Tinggi balok} = 500 \text{ mm} = 50 \text{ cm}$$

$$\text{Lebar balok} = 400 \text{ mm} = 40 \text{ cm}$$

$$\text{Untuk } f_c < 30 \text{ Mpa } \beta_1 = 0,85$$

$$\text{-(untuk balok)} = 0,8$$

$$\text{-(untuk tulangan geser)} = 0,75$$

$$\text{Tebal Pelat (hf)} = 120 \text{ mm}$$

$$\text{Bentang Balok (Lo)} = 4000 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak Bersih dari Balok-balok (Bo)} = 4000 \text{ mm}$$

Batasan Penulangan

$$p_{\min} = 1,4/f_y = 1,4/360 = 0,0038$$

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

$$= \frac{0,85 \times 0,85 \times 22}{360} \left(\frac{600}{600 + 360} \right)$$

$$= 0,0442 \times 0,625$$

$$= 0,0276$$

$$p_{\max} = 0,75 \times p_{\text{balance}}$$

$$= 0,75 \times 0,0276$$

$$= 0,0207$$

Lebar Efektif Balok (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)

$$\begin{aligned} d \text{ Efektif} &= \text{Tinggi Balok} - \text{Selimut Beton} \\ &= 500 - 50 \\ &= 450 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B &= 400 \text{ mm} \\ &= 0,8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} MR_1 &= \rho \cdot C \cdot Z \\ &= 0,8 \times 0,85 \times f_c' \times a \times be \times (d - \frac{1}{2} a) \\ &= 0,8 \times 0,85 \times 22 \times 120 \times 333,33 \times (450 - (0,5 \times 120)) \cdot 10^{-4} \\ &= 23337,37 \text{ Kg.m} \\ &= 23337,37 \text{ Kg.m} > MuL = 107,62 \text{ Kg.m} \quad \text{Balok L} \\ &\text{(persegi)} \end{aligned}$$

Diasumsikan bahwa $a = hf = 120 \text{ mm}$; lebar : $bw = 400$

$$\begin{aligned} MR_2 &= \rho \cdot C \cdot Z \\ &= 0,8 \times 0,85 \times f_c' \times a \times bw \times (d - \frac{1}{2} a) \\ &= 0,8 \times 0,85 \times 22 \times 120 \times 400 \times (450 - (0,5 \times 120)) \cdot 10^{-4} \\ &= 28005,12 \text{ Kg.m} \\ &= 28005,12 \text{ Kg.m} > MuL = 107,62 \text{ Kg.m} \quad \text{Balok L} \\ &\text{(persegi)} \end{aligned}$$

LAPANGAN

$$\begin{aligned} m &= \frac{F_y}{0,85 \times F_c} \\ &= \frac{360}{0,85 \times 22} = 19,251 \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{2679,44 \cdot 10^4}{0,8 \times 400 \times 450^2} = 0,413 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \text{Hitung} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}}\right) \\ &= \frac{1}{19,251} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,251 \times 0,413}{360}}\right) = 0,0012 \end{aligned}$$

$$\text{Hitung} = 0,0012 < \text{Min} = 0,0038$$

$$\text{Hitung} = 0,0012 < \text{Max} = 0,0207$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \text{ efektif} \\ &= 0,0038 \times 400 \times 450 \\ &= 684 \text{ mm}^2 = 6,84 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

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.

$$\begin{aligned} A_s' &= \frac{\rho_{\text{hitung}}}{\rho_{\text{Max}}} A_s \\ &= \frac{0,0038}{0,0207} \times 684 \\ &= 125,57 \text{ mm}^2 \quad 1,2557 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

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

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

$$= \frac{360}{0,85 \times 22} = 19,251$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{6984,92 \cdot 10^4}{0,8 \times 400 \times 450^2} = 1,078 \text{ Mpa}$$

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

$$= \frac{1}{19,251} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,251 \times 1,078}{360}} \right)$$

$$= 0,003$$

$$\text{Hitung} = 0,0031 < \text{Min} = 0,0038$$

$$\text{Hitung} = 0,0031 < \text{Max} = 0,0207$$

$$A_s = \rho \times b \times d \text{ efektif}$$

$$= 0,0038 \times 400 \times 450$$

$$= 684 \text{ mm}^2$$

$$= 6,84 \text{ cm}^2$$

Memakai tulangan utama D22

$$\begin{aligned} A-D22 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (22)^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= 684 / 379,94 \\ &= 1,80028 \rightarrow 2 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Jadi tulangan utama bawah yang digunakan pada daerah Tumpuan balok adalah 2D22, dengan menggunakan besi Ulir.

$$\begin{aligned} A_s' &= \frac{\rho_{\text{hitung}}}{\rho_{\text{Max}}} A_s \\ &= \frac{0,0038}{0,0207} \times 684 \\ &= 125,57 \text{ mm}^2 \quad 1,2557 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Memakai tulangan D22

$$\begin{aligned} A-D22 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (22)^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= 125,57 / 379,94 \\ &= 0,33 \rightarrow 2 \text{ Buah} \end{aligned}$$

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

$$V_u = 554,33 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{F_c} \cdot b_w \cdot d \\ &= \frac{1}{6} \times \sqrt{220} \cdot 40 \cdot 45 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 4449,72 \text{ Kg} \\
 V_n &= \frac{V_u}{\phi} \\
 &= \frac{554,33}{0,75} = 739,106 \text{ kg} \\
 &= 739,106 < V_c = 4449,72 \text{ kg (Tidak Perlu Tulangan Geser)}
 \end{aligned}$$

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 :

$$\begin{aligned}
 T_u &< \frac{\phi \sqrt{f_c}}{12} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\
 T_u &< \frac{0,75 \sqrt{22}}{12} \left(\frac{200000^2}{1800} \right) \cdot 10^{-6}
 \end{aligned}$$

$1,73 \text{ Kn.m} < 6,514 \text{ Kn.m}$ (Maka Torsi di abaikan).

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 (fc)	= 22 Mpa = 220 Kg/cm
Mutu baja (fy)	= 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 $fc < 30 \text{ Mpa}$	$\beta_1 = 0,85$
-(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

$$p_{\min} = 1,4/f_y = 1,4/360 = 0,0038$$

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

$$= \frac{0,85 \times 0,85 \times 22}{360} \left(\frac{600}{600 + 360} \right)$$

$$= 0,0442 \times 0,625$$

$$= 0,0276$$

$$p_{\max} = 0,75 \times p_{\text{balance}}$$

$$= 0,75 \times 0,0276$$

$$= 0,0207$$

Lebar Efektif Balok (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)

$$d \text{ Efektif} = \text{Tinggi Balok} - \text{Selimut Beton}$$

$$= 350 - 50$$

$$= 300 \text{ mm}$$

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

$$\phi = 0,8$$

$$MR 1 = \phi \cdot C \cdot Z$$

$$= 0,8 \times 0,85 \times f_c' \times a \times be \times (d - 1/2 a)$$

$$= 0,8 \times 0,85 \times 22 \times 120 \times 960 \times (300 - (0,5 \times 120)). 10^{-4}$$

$$= 41361,408 \text{ Kg.m}$$

$$= 41361,408 \text{ Kg.m} > MuL = 524,84 \text{ Kg.m} \text{ Balok T} \\ \text{(persegi)}$$

Diasumsikan bahwa $a = hf = 120 \text{ mm}$; lebar : $bw = 300$

$$MR 2 = \phi \cdot C \cdot Z$$

$$= 0,8 \times 0,85 \times f_c' \times a \times bw \times (d - 1/2 a)$$

$$= 0,8 \times 0,85 \times 22 \times 120 \times 300 \times (300 - (0,5 \times 120)). 10^{-4}$$

$$= 12925,44 \text{ Kg.m}$$

$$= 12925,44 \text{ Kg.m} > MuL = 524,84 \text{ Kg.m} \text{ Balok T} \\ \text{(persegi)}$$

LAPANGAN

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

$$= \frac{360}{0,85 \times 22} = 19,251$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{524,84 \cdot 10^4}{0,8 \times 300 \times 300^2} = 0,243 \text{ Mpa}$$

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

$$= \frac{1}{19,251} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,251 \times 0,243}{360}} \right)$$

$$= 0,00068$$

$$\text{Hitung} = 0,00068 < \text{Min} = 0,0038$$

$$\text{Hitung} = 0,00068 < \text{Max} = 0,0207$$

$$A_s = \rho \times b \times d \text{ efektif}$$

$$= 0,0038 \times 300 \times 300$$

$$= 342 \text{ mm}^2$$

$$= 3,42 \text{ cm}^2$$

Memakai tulangan Utama D22

$$A-D22 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2$$

$$= 379,94 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{342}{379,94}$$

$$= 0,9 \longrightarrow 2 \text{ Buah}$$

Jadi tulangan utama bawah yang digunakan pada daerah Lapangan balok adalah 2D22, dengan menggunakan besi Ulir.

$$\begin{aligned} A_s' &= \frac{\rho_{\text{hitung}}}{\rho_{\text{Max}}} A_s \\ &= \frac{0,0038}{0,0207} \times 342 \\ &= 62,78 \text{ mm}^2 \quad 0,6278 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Memakai tulangan D22

$$\begin{aligned} A\text{-D22} &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2 \\ n &= 62,78/379,94 \\ &= 0,33 \longrightarrow 2 \text{ Buah} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} m &= \frac{F_y}{0,85 \times F_c} \\ &= \frac{340}{0,85 \times 24} = 19,251 \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{2475,71 \cdot 10^4}{0,8 \times 300 \times 300^2} = 1,146 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \text{Hitung} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}}\right) \\ &= \frac{1}{19,251} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,251 \times 1,146}{360}}\right) \\ &= 0,0033 \end{aligned}$$

$$\text{Hitung} = 0,0033 < \text{Min} = 0,0038$$

$$\text{Hitung} = 0,0033 < \text{Max} = 0,0207$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \text{ efektif} \\ &= 0,0038 \times 300 \times 300 \\ &= 342 \text{ mm}^2 \\ &= 3,42 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Memakai tulangan Utama D22

$$\begin{aligned} A-D22 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2 \\ n &= 342 / 379,94 \\ &= 0,9 \longrightarrow 2 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Jadi tulangan utama bawah yang digunakan pada daerah Tumpuan balok adalah 2D22, dengan menggunakan besi Ulir.

$$\begin{aligned} A_s' &= \frac{\rho \text{ hitung}}{\rho \text{ Max}} A_s \\ &= \frac{0,0038}{0,0207} \times 342 \\ &= 62,78 \text{ mm}^2 \quad 0,6278 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Memakai tulangan D22

$$\begin{aligned} A-D22 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2 \\ n &= 62,78/379,94 \\ &= 0,33 \longrightarrow 2 \text{ Buah} \end{aligned}$$

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

$$V_u = 81,63 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{F'_c} \cdot b_w \cdot d \\ &= \frac{1}{6} \times \sqrt{220} \cdot 30 \cdot 30 \\ &= 2224,86 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &= \frac{V_u}{\phi} \\ &= \frac{81,63}{0,75} = 108,84 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$= 108,84 \text{ Kg} < V_c = 2224,86 \text{ kg} \text{ (*Tidak Perlu Tulangan Geser*)}$$

PERENCANAAN TULANGAN TORSI

$$T_u = 156,09 \text{ kg.m} = 1,53 \text{ Kn.m}$$

$$V_c = 2224,86 \text{ Kg}$$

$$V_u = 81,63 \text{ Kg}$$

$$\emptyset \text{ Sengkang} = 6 \text{ mm}$$

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 :

$$T_u < \frac{\phi \sqrt{f_c}}{12} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$T_u < \frac{0,75 \sqrt{22}}{12} \left(\frac{105000^2}{1300} \right) \cdot 10^{-6}$$

$1,53 \text{ Kn.m} < 2,486 \text{ Kn.m}$ (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 $f_c < 30 \text{ Mpa}$	$\lambda = 1$ = 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)

$$\begin{aligned}
 d \text{ Efektif} &= \text{Tinggi Balok} - \text{Selimut Beton} \\
 &= 500 - 50 \\
 &= 450 \text{ mm} \\
 B &= 300 \text{ mm} \\
 &= 0,8
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 MR_1 &= \rho \cdot C \cdot Z \\
 &= 0,8 \times 0,85 \times f_c' \times a \times be \times (d - 1/2 a) \\
 &= 0,8 \times 0,85 \times 22 \times 120 \times 960 \times (450 - (0,5 \times 120)) \cdot 10^{-4} \\
 &= 67212,288 \text{ Kg.m}
 \end{aligned}$$

$$= 67212,288 \text{ Kg.m} > \text{MuL} = 2594,54 \text{ Kg.m} \quad \text{Balok T} \\ \text{(persegi)}$$

Diasumsikan bahwa $a = hf = 120 \text{ mm}$; lebar : $b_w = 300$

$$\text{MR 2} = \rho \cdot C \cdot Z$$

$$= 0,8 \times 0,85 \times f_c' \times a \times b_w \times (d - \frac{1}{2} a)$$

$$= 0,8 \times 0,85 \times 22 \times 120 \times 300 \times (450 - (0,5 \times 120)) \cdot 10^{-4}$$

$$= 21003,84 \text{ Kg.m}$$

$$= 21003,84 \text{ Kg.m} > \text{MuL} = 2594,54 \text{ Kg.m} \quad \text{Balok T} \\ \text{(persegi)}$$

LAPANGAN

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

$$= \frac{360}{0,85 \times 22} = 19,251$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{2594,54 \cdot 10^4}{0,8 \times 300 \times 450^2} = 0,534 \text{ Mpa}$$

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

$$= \frac{1}{19,251} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,251 \times 0,534}{360}} \right) = 0,0015$$

$$\text{Hitung} = 0,0015 < \text{Min} = 0,0038$$

$$\text{Hitung} = 0,0015 < \text{Max} = 0,0207$$

$$A_s = \rho \times b \times d \text{ efektif}$$

$$= 0,0038 \times 300 \times 450$$

$$= 513 \text{ mm}^2 = 5,13 \text{ cm}^2$$

Memakai tulangan utama D22

$$\begin{aligned} A-D22 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (22)^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= 513/379,94 \\ &= 1,35 \longrightarrow 2 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Jadi tulangan utama bawah yang digunakan pada daerah Lapangan balok adalah 2D22, dengan menggunakan besi Ulir.

$$\begin{aligned} A_s' &= \frac{\rho_{\text{hitung}}}{\rho_{\text{Max}}} A_s \\ &= \frac{0,0038}{0,0207} \times 513 \\ &= 94,17 \text{ mm}^2 \quad 0,9417 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Memakai tulangan D22

$$\begin{aligned} A-D22 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (22)^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= 94,17/ 379,94 \\ &= 0,25 \longrightarrow 2 \text{ Buah} \end{aligned}$$

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

$$\text{Kontrol : } (2 \times 22) + (1 \times 20) + (2 \times 50) < 400$$

$$\text{Kontrol : } 164 \text{ mm} < 300 \text{ mm} \dots\dots\dots (\text{ OKE })$$

TUMPUAN

$$\begin{aligned} m &= \frac{F_y}{0,85 \times F_c} \\ &= \frac{360}{0,85 \times 22} = 19,251 \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{2014,32 \cdot 10^4}{0,8 \times 300 \times 450^2} = 0,414 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \text{Hitung} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}}\right) \\ &= \frac{1}{19,251} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,251 \times 0,414}{360}}\right) \\ &= 0,0012 \end{aligned}$$

$$\text{Hitung} = 0,0012 < \text{Min} = 0,0038$$

$$\text{Hitung} = 0,0012 < \text{Max} = 0,0207$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \text{ efektif} \\ &= 0,0038 \times 300 \times 450 \\ &= 513 \text{ mm}^2 \\ &= 5,13 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Memakai tulangan utama D22

$$\begin{aligned} A-D22 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (22)^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2 \\ n &= 513/379,94 \\ &= 1,35 \longrightarrow 2 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Jadi tulangan utama bawah yang digunakan pada daerah Tumpuan balok adalah 2D22, dengan menggunakan besi Ulir.

$$\begin{aligned} A_s' &= \frac{\rho_{\text{hitung}}}{\rho_{\text{Max}}} A_s \\ &= \frac{0,0038}{0,0207} \times 513 \\ &= 94,17 \text{ mm}^2 \quad 0,9417 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Memakai tulangan D22

$$\begin{aligned} A-D22 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (22)^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= 94,17/379,94 \\ &= 0,25 \longrightarrow 2 \text{ Buah} \end{aligned}$$

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

$$\text{Kontrol : } (2 \times 22) + (1 \times 20) + (2 \times 50) < 400$$

$$\text{Kontrol : } 164 \text{ mm} < 400 \text{ mm} \dots\dots\dots (\text{ OKE })$$

PERENCANAAN TULANGAN GESER

Balok Induk 30 cm x 50 cm

$$V_u = 46,67 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{F'_c} \cdot b_w \cdot d \\ &= \frac{1}{6} \times \sqrt{220} \cdot 30 \cdot 45 \\ &= 3337,29 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &= \frac{V_u}{\phi} \\ &= \frac{46,67}{0,75} = 62,23 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$= 62,23 < V_c = 3337,29 \text{ kg } (\textit{Tidak Perlu Tulangan Geser})$$

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
Selimut beton (d')	= 50 mm = 5 cm
Tinggi balok	= 350 mm = 35 cm
Lebar balok	= 300 mm = 30 cm
Untuk $f_c < 30 \text{ Mpa}$	$\lambda = 1$
-(untuk balok)	= 0,8
-(untuk tulangan geser)	= 0,75
Tebal Pelat (h_f)	= 120 mm

$$\text{Bentang Balok (Lo)} = 4000 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak Bersih dari Balok-balok (Bo)} = 4000 \text{ mm}$$

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 (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)

$$d \text{ Efektif} = \text{Tinggi Balok} - \text{Selimut Beton}$$

$$= 350 - 50$$

$$= 300 \text{ mm}$$

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

$$\phi = 0,8$$

$$MR_1 = \phi \cdot C \cdot Z$$

$$= 0,8 \times 0,85 \times f_c' \times a \times be \times (d - 1/2 a)$$

$$= 0,8 \times 0,85 \times 22 \times 120 \times 960 \times (300 - (0,5 \times 120)) \cdot 10^{-4}$$

$$= 41361,408 \text{ Kg.m}$$

$$= 41361,408 \text{ Kg.m} > \text{MuL} = 2594,54 \text{ Kg.m} \text{ Balok T} \\ \text{(persegi)}$$

Diasumsikan bahwa $a = hf = 120 \text{ mm}$; lebar : $b_w = 300$

$$\text{MR 2} = . C . Z$$

$$= 0,8 \times 0,85 \times f_c' \times a \times b_w \times (d - \frac{1}{2} a)$$

$$= 0,8 \times 0,85 \times 22 \times 120 \times 300 \times (300 - (0,5 \times 120)) \cdot 10^{-4}$$

$$= 12925,44 \text{ Kg.m}$$

$$= 12925,44 \text{ Kg.m} > \text{MuL} = 2594,54 \text{ Kg.m} \text{ Balok T} \\ \text{(persegi)}$$

LAPANGAN

$$m = \frac{F_y}{0,85 \times F_c} \\ = \frac{360}{0,85 \times 22} = 19,251$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{2594,54 \cdot 10^4}{0,8 \times 300 \times 300^2} = 1,2 \text{ Mpa}$$

$$\text{Hitung} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right) \\ = \frac{1}{19,251} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,251 \times 1,2}{360}} \right) \\ = 0,0034$$

$$\text{Hitung} = 0,0034 < \text{Min} = 0,0038$$

$$\text{Hitung} = 0,0034 < \text{Max} = 0,0207$$

$$\begin{aligned} A_s &= x b x d \text{ efektif} \\ &= 0,0038 x 300 x 300 \\ &= 342 \text{ mm}^2 \\ &= 3,42 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Memakai tulangan Utama D22

$$\begin{aligned} A-D22 &= \frac{1}{4} x 3,14 x 22^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2 \\ n &= 342/379,94 \\ &= 0,9 \longrightarrow 2 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Jadi tulangan utama bawah yang digunakan pada daerah Lapangan balok adalah 2D22, dengan menggunakan besi Ulir.

$$\begin{aligned} A_s' &= \frac{\rho_{\text{hitung}}}{\rho_{\text{Max}}} A_s \\ &= \frac{0,0038}{0,0207} x 342 \\ &= 62,78 \text{ mm}^2 \quad 0,6278 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Memakai tulangan D22

$$\begin{aligned} A-D22 &= \frac{1}{4} x 3,14 x 22^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2 \\ n &= 62,78/379,94 \\ &= 0,33 \longrightarrow 2 \text{ Buah} \end{aligned}$$

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

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

$$= \frac{340}{0,85 \times 24} = 19,251$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{3450,79 \cdot 10^4}{0,8 \times 300 \times 300^2} = 1,598 \text{ Mpa}$$

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

$$= \frac{1}{19,251} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,251 \times 1,598}{360}} \right)$$

$$= 0,0046$$

$$\text{Hitung} = 0,0046 > \text{Min} = 0,0038$$

$$\text{Hitung} = 0,0046 < \text{Max} = 0,0207$$

$$A_s = \rho \times b \times d \text{ efektif}$$

$$= 0,0046 \times 300 \times 300$$

$$= 414 \text{ mm}^2$$

$$= 4,14 \text{ cm}^2$$

Memakai tulangan Utama D22

$$A-D22 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2$$

$$= 379,94 \text{ mm}^2$$

$$n = 414/379,94$$

$$= 1,09 \longrightarrow 2 \text{ Buah}$$

Jadi tulangan utama bawah yang digunakan pada daerah Tumpuan balok adalah 2D22, dengan menggunakan besi Ulir.

$$As' = \frac{\rho_{\text{hitung}}}{\rho_{\text{Max}}} As$$

$$= \frac{0,0046}{0,0207} \times 414$$

$$= 92 \text{ mm}^2 \quad 0,92 \text{ cm}^2$$

Memakai tulangan D22

$$A-D22 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2$$

$$= 379,94 \text{ mm}^2$$

$$n = 92/379,94$$

$$= 0,2422 \longrightarrow 2 \text{ Buah}$$

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

$$\text{Kontrol : } (2 \times 22) + (1 \times 20) + (2 \times 50) < 300$$

$$\text{Kontrol : } 164 \text{ mm} < 300 \text{ mm} \dots\dots\dots (\text{ OKE })$$

PERENCANAAN TULANGAN GESER

Balok Anak 30 x 35 cm

$$Vu = 1493,56 \text{ Kg}$$

$$Vc = \frac{1}{6} \times \sqrt{F'c} \cdot bw \cdot d$$

$$\begin{aligned}
 &= 1/6 \times \sqrt{220} \cdot 30 \cdot 30 \\
 &= 2224,86 \text{ Kg} \\
 V_n &= \frac{V_u}{\phi} \\
 &= \frac{1493,56}{0,75} = 1991,413 \text{ kg} \\
 &= 1991,413 \text{ Kg} < V_c = 2224,86 \text{ kg} \text{ (*Tidak Perlu Tulangan Geser*)}
 \end{aligned}$$

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

5.2 Perencanaan Penulangan Pelat

5.2.1 Perencanaan Penulangan Pelat Lantai 2, 3 dan 4

Data pembebanan yang akan dipakai dalam perencanaan adalah sebagai berikut :

a. Beban Mati Berdasarkan SNI 03-1727-2002 tabel P3-1 diketahui :

Beton Bertulang = 2400 Kg/m³

Keramik = 24 Kg/m²

Tebal Spesi per cm = 21 Kg/m²

Plafond = 11 Kg/m²

Penggantung = 7 Kg/m²

b. Beban Hidup Berdasarkan SNI 03-1727-2002 tabel P3-4 diketahui :

Beban Guna Atap = 100 Kg/m²

Beban Guna Lantai = 400 Kg/m²

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

$$\begin{aligned}
 F'_c &= 22 \text{ MPa} & = 220 \text{ Kg/m}^2 \\
 F_y &= 360 \text{ MPa} & = 3600 \text{ Kg/m}^2 \\
 \text{Selimut Beton (d)} &= 20 \text{ mm} & = 2 \text{ cm} \\
 d &= 100 \text{ mm} \\
 d \text{ (tinggi efektif)} &= h - \text{selimut beton} \\
 &= 120 - 20 \\
 &= 100 \text{ mm} \\
 \gamma_c \text{ , (untuk pelat)} &= 0,85 \\
 &= 0,8
 \end{aligned}$$

Pembebanan Pada Pelat 2, 3, dan 4

- Beban Mati :

$$\begin{aligned}
 \text{Pelat} &= 0,12 \times 2400 = 288 \text{ Kg/m}^2 \\
 \text{Spesi} &= 3 \times 21 & = 63 \text{ Kg/m}^2 \\
 \text{Keramik} &= 1 \times 24 & = 24 \text{ Kg/m}^2 \\
 \text{Plafond} &= 11 & = 11 \text{ Kg/m}^2 \\
 \text{Penggantung} &= 7 & = 7 \text{ Kg/m}^2 \\
 \hline
 \text{DL} &= 393 \text{ Kg/m}^2
 \end{aligned}$$

- Beban Hidup :

$$\begin{aligned}
 \text{B. Guna Lantai} &= 400 \text{ Kg/m}^2 \\
 \text{LL} &= 400 \text{ Kg/m}^2
 \end{aligned}$$

- 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	125
		$M_{ly} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	44	45	45	44	44	43	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	25
II		$M_{lx} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	36	42	46	50	53	56	58	59	60	61	62	62	62	63	63	63	63
		$M_{ly} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	36	37	38	38	38	37	36	36	35	35	35	34	34	34	34	34	34
III		$M_{lx} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	48	55	61	67	71	76	79	82	84	86	88	89	90	91	92	92	94
		$M_{ly} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	48	50	51	51	51	51	50	50	49	49	49	48	48	47	47	47	47
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	94
		$M_{ly} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	48	50	51	51	51	51	50	50	49	49	49	48	48	47	47	47	47
IVa		$M_{lx} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	22	28	34	41	48	55	62	68	74	80	85	89	93	97	100	103	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
IVb		$M_{lx} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	22	20	18	17	15	14	13	12	11	10	10	9	9	9	9	9	13
		$M_{ly} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	51	54	57	59	60	61	62	62	63	63	63	63	63	63	63	63	63
V		$M_{lx} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	31	38	45	53	59	66	72	78	83	88	92	96	99	102	105	108	125
		$M_{ly} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	60	65	69	73	75	77	78	79	80	80	80	80	80	79	79	79	79
Va		$M_{lx} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	60	65	69	73	75	77	78	79	80	80	80	80	80	80	80	80	80
		$M_{ly} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	60	65	69	73	75	77	78	79	80	80	80	80	80	79	79	79	79
Vb		$M_{lx} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	60	66	71	76	79	82	85	87	88	89	90	91	91	92	92	93	94
		$M_{ly} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	31	30	28	27	25	24	22	21	20	19	18	17	17	16	16	15	13
Vb		$M_{lx} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	60	66	71	76	79	82	85	87	88	89	90	91	91	92	92	93	94
		$M_{ly} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	31	30	28	27	25	24	22	21	20	19	18	17	17	16	16	15	13
VI		$M_{lx} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	43	46	48	50	51	51	51	50	50	50	50	49	49	48	48	48	54
		$M_{ly} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	38	46	53	59	65	69	73	77	80	83	85	86	87	88	89	90	94
VIa		$M_{lx} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	43	46	48	50	51	51	51	50	50	50	50	49	49	48	48	48	56
		$M_{ly} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	38	46	53	59	65	69	73	77	80	83	85	86	87	88	89	90	94
VIb		$M_{lx} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	13	48	51	55	57	58	60	61	62	62	62	63	63	63	63	63	63
		$M_{ly} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	38	39	38	38	37	36	36	35	35	34	34	34	33	33	33	33	33
VIb		$M_{lx} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	13	48	51	55	57	58	60	61	62	62	62	63	63	63	63	63	63
		$M_{ly} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	38	39	38	38	37	36	36	35	35	34	34	34	33	33	33	33	33

Keterangan : -- Terletak bebas
 -- Menerus atau terjepit elasis

- 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)

$$\begin{aligned} m_{lx} &= 0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot X \\ &= 0,001 \cdot 1111,6 \text{ Kg/m}^2 \cdot 4^2 \text{ m} \cdot 36 \\ &= 640,2816 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m_{ly} &= 0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot X \\ &= 0,001 \cdot 1111,6 \text{ Kg/m}^2 \cdot 4^2 \text{ m} \cdot 36 \\ &= 640,2816 \text{ kgm} \end{aligned}$$

-mtx = m_{lx} = 640,2816 kgm

-mtx = m_{lx} = 640,2816 kgm

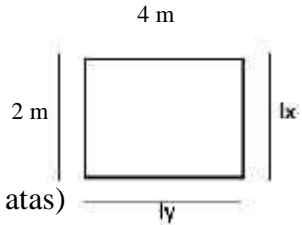
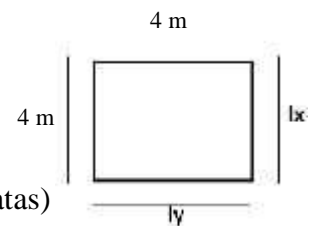
- Perhitungan Momen untuk Pelat Ukuran 4 x 2

$l_y = 4 \text{ m}$ $l_x = 2 \text{ m}$

$$\frac{l_y}{l_x} = \frac{4}{2}$$

= 2 (Lihat Koefisien X tabel di atas)

$$\begin{aligned} m_{lx} &= 0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot X \\ &= 0,001 \cdot 1111,6 \text{ Kg/m}^2 \cdot 2^2 \text{ m} \cdot 62 \\ &= 275,6768 \text{ kgm} \end{aligned}$$



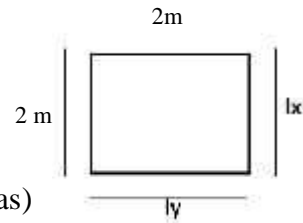
$$\begin{aligned}
 mly &= 0,001 \cdot Wu \cdot lx^2 \cdot X \\
 &= 0,001 \cdot 1111,6 \text{ Kg/m}^2 \cdot 2^2 \text{ m} \cdot 35 \\
 &= 155,624 \text{ kgm} \\
 -mtx &= mlx = 275,6768 \text{ kgm} \\
 -mtx &= mlx = 155,624 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

- Perhitungan Momen untuk Pelat Ukuran 2 x 2

$$ly = 2 \text{ m} \quad lx = 2 \text{ m}$$

$$\frac{iy}{ix} = \frac{2}{2}$$

= 1 (Lihat Koefisien X tabel di atas)



$$\begin{aligned}
 mlx &= 0,001 \cdot Wu \cdot lx^2 \cdot X \\
 &= 0,001 \cdot 1111,6 \text{ Kg/m}^2 \cdot 2^2 \text{ m} \cdot 36 \\
 &= 160,0704 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 mly &= 0,001 \cdot Wu \cdot lx^2 \cdot X \\
 &= 0,001 \cdot 1111,6 \text{ Kg/m}^2 \cdot 2^2 \text{ m} \cdot 36 \\
 &= 160,0704 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$-mtx = mlx = 160,0704 \text{ kgm}$$

$$-mtx = mlx = 160,0704 \text{ kgm}$$

Perhitungan tulangan pelat

$$\min = \frac{1,4}{Fy}$$

$$= \frac{1,4}{360}$$

$$= 0,0038$$

$$\text{Balance} = \frac{0,85 \times \beta \times Fc}{Fy} \times \frac{600}{600 + Fy}$$

$$= \frac{0,85 \times 0,85 \times 22}{360} \times \frac{600}{600 + 360}$$

$$= 0,0276$$

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

$$= 0,75 \times 0,0276$$

$$= 0,0207$$

$$d \text{ Efektif} = \text{Tinggi Balok} - \text{Selimut Beton}$$

$$= 120 - 20$$

$$= 100 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$\phi = 0,8$$

Pelat Type A, Ukuran (4 m x 4 m)

Lapangan X

$$M_u = 640,2816 \text{ kgm}$$

$$= 6,402816 \text{ kN.m}$$

$$= 6402816 \text{ N.mm}$$

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

$$= \frac{640282}{0,8 \times 1000 \times 100^2}$$

$$= \frac{64028216}{8000000}$$

$$= 0,8 \text{ Mpa}$$

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

$$= \frac{360}{0,85 \times 22}$$

$$= 19,251 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Hitung} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{Fy}} \right) \\
 &= \frac{1}{19,251} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,251 \times 0,8}{360}} \right) \\
 &= 0,002
 \end{aligned}$$

Hitung = 0,002 < Min = 0,0038 < Max = 0,0207, Jadi di pakai
Min = 0,0038

$$\begin{aligned}
 \text{As} &= \text{Hitung} \times b \times d \text{ efektif} \\
 &= 0,0038 \times 100 \times 10 \\
 &= 3,8 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Jadi Di Pakai Tul. Bawah = 10 – 180

Tumpuan X

$$\begin{aligned}
 \text{Mu} &= 640,2816 \text{ kgm} \\
 &= 6,402816 \text{ kN.m} \\
 &= 6402816 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rn} &= \frac{\text{Mu}}{\phi \times b \times d^2} \\
 &= \frac{6402816}{0,8 \times 1000 \times 100^2} \\
 &= \frac{6402816}{8000000} \\
 &= 0,8 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\text{M} = \frac{Fy}{0,85 \times Fc}$$

$$= \frac{360}{0,85 \times 22}$$

$$= 19,251 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \text{Hitung} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{F_y}}\right) \\ &= \frac{1}{18,1} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,251 \times 0,8}{360}}\right) \\ &= 0,002 \end{aligned}$$

Hitung = 0,002 < Min = 0,0038 < Max = 0,0207, Jadi di pakai
Min = 0,0038

$$\begin{aligned} \text{As} &= \text{Hitung} \times b \times d \text{ efektif} \\ &= 0,0038 \times 100 \times 10 \\ &= 3,8 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As}' &= 0,002 \times b \times hf \\ &= 0,002 \times 100 \times 12 \\ &= 2,4 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

sehingga : Di Pakai Tul. Bawah $10 - 180 = 3,93 \text{ cm}^2$

Di Pakai Tul Tul. Bagi $8 - 200 = 2,51 \text{ cm}^2$

- Lapangan y (di buat sama dengan lapangan x)

Pakai Tul. Bawah $10 - 200 = 3,93 \text{ cm}^2$

- Tumpuan y (di buat sama dengan Tuampuan x)

Di Pakai Tul. Bawah $10 - 200 = 3,93 \text{ cm}^2$

Di Pakai Tul Tul. Bagi $8 - 200 = 2,51 \text{ cm}^2$

Tabel Tulangan Pelat (mm^2 per meter)

Spesi (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-29	d-32	d-36	d-40	d-50	d-54	d-57
	P	P	P	P	ϵ	P	P	P	P	P	P	ϵ	P	P	P	P	ϵ	ϵ
50	565	1005	1371	2262	2555	3079	4021	5671	7503	9817	12315	13210	16085	20358	25133	32270	45504	51635
75	377	670	1047	1508	1770	2053	2581	3780	5058	6545	8210	8907	10723	13572	16755	21180	30536	34023
100	283	503	785	1131	1327	1539	2011	2835	3801	4909	6158	6505	8042	10179	12566	16035	22902	25518
125	226	402	628	905	1052	1232	1608	2268	3041	3927	4926	5284	6434	8141	10053	12708	18122	20414
150	188	335	524	754	885	1026	1340	1890	2534	3272	4105	4403	5362	6786	8378	10690	15268	17012
175	162	287	449	646	738	880	1149	1620	2172	2805	3519	3774	4596	5816	7181	11220	13087	14581
200	141	251	393	560	654	770	1005	1418	1901	2454	3079	3303	4021	5089	6283	9817	11451	12759
225	126	223	343	503	590	684	894	1260	1680	2187	2737	2936	3574	4534	5585	8777	10179	11341
250	113	201	314	452	531	616	804	1134	1521	1963	2463	2649	3217	4077	5027	7854	9161	10207
275	103	183	285	411	483	560	731	1031	1382	1785	2239	2402	2925	3701	4570	7140	8328	9279
300	94	168	262	377	442	513	670	945	1257	1636	2053	2202	2681	3393	4189	6348	7634	8506

Dengan cara Perhitungan yang sama di hitung juga tipe pelat B = 4 x 2 dan C = 2 x 2 pada program Exel dan didapatkan nilai sebagai berikut :

Tabel Perhitungan Momen dan Ration Tulangan Pelat Lantai 2, 3, dan 4

Tipe Pelat	Ukuran Pelat (m)			ly	lx	ly/lx	x (mlx)	x (mly)	x (mtx)	x (mty)	mlx	mly	mtx-	mty-	Min	Balance	Max
A	4	x	4	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	2	62	35	62	35	275,6768	155,624	275,6768	155,624	0,0038	0,0276	0,0207
C	2	x	2	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	Hitung	Cek	As	Tul. Bawah	Rn	m	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

TULANGAN TUMPUAN															
Tumpuan x								Tumpuan Y							
Rn	m	Hitung	Cek	As	As'	Tul. Atas	Tul. Bagi	Rn.ty	M	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 :

Beton Bertulang	= 2400 Kg/m ³
Keramik	= 24 Kg/m ²
Tebal Spesi per cm	= 21 Kg/m ²
Plafond	= 11 Kg/m ²
Penggantung	= 7 Kg/m ²

e. Beban Hidup Berdasarkan SNI 03-1727-2002 tabel P3-4 diketahui :

Beban Guna Atap	= 100 Kg/m ²
Beban Guna Lantai	= 400Kg/m ²

f. Data yang diperlukan untuk perhitungan penulangan pelat adalah sebagai berikut :

Tebal Atap	= 120 cm	= 12 cm
Tebal Pelat	= 150 cm	= 15 cm
Tebal Spesi	= 3 cm	
Tebal Keramik	= 1 cm	
F'c	= 22 MPa	= 220 Kg/m ²
Fy	= 360 MPa	= 3600 Kg/m ²
Selimut Beton (d)	= 20 mm	= 2 cm
d	= 100 mm	
d (tinggi efektif)	= h – selimut beton	
	= 120 – 20	
	= 100 mm	
, (untuk pelat)	= 0,85	
	= 0,8	

Pembebanan Pada Pelat

- Beban Mati :

Pelat	= 0,12 x 2400 = 288 Kg/m ²
Spesi	= 3 x 21 = 63 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/m²
 LL = 400 Kg/m²

- 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 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 ² .X	44	52	59	66	73	78	84	88	93	97	100	103	106	108	110	112	125
		Mly = + 0,001 q.ly ² .X	44	45	45	44	44	43	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	25
II		Mlx = + 0,001 q.ly ² .X	36	42	46	50	53	56	58	59	60	61	62	62	62	63	63	63	63
		Mly = + 0,001 q.lx ² .X	36	37	38	38	38	37	36	36	35	35	35	34	34	34	34	34	34
III		Mlx = - 0,001 q.ly ² .X	36	42	46	50	53	56	58	59	60	61	62	62	62	63	63	63	63
		Mly = - 0,001 q.lx ² .X	36	37	38	38	38	37	36	36	35	35	35	34	34	34	34	34	34
IV		Mlx = + 0,001 q.ly ² .X	48	55	61	67	71	76	79	82	84	86	88	89	90	91	92	92	94
		Mly = + 0,001 q.lx ² .X	48	50	51	51	51	51	50	50	49	49	49	48	48	48	47	47	19
V		Mlx = - 0,001 q.ly ² .X	48	55	61	67	71	76	79	82	84	86	88	89	90	91	92	92	94
		Mly = - 0,001 q.lx ² .X	48	50	51	51	51	51	50	50	49	49	49	48	48	48	47	47	56
IVa		Mlx = + 0,001 q.ly ² .X	22	28	34	41	48	55	62	68	74	80	85	89	93	97	100	103	125
		Mly = + 0,001 q.lx ² .X	51	57	62	67	70	73	75	77	78	79	79	79	79	79	79	79	79
IVb		Mlx = - 0,001 q.ly ² .X	51	57	62	67	70	73	75	77	78	79	79	79	79	79	79	79	75
		Mly = - 0,001 q.lx ² .X	51	54	57	59	60	61	62	62	63	63	63	63	63	63	63	63	63
V		Mlx = + 0,001 q.ly ² .X	22	20	18	17	15	14	13	12	11	10	10	10	9	9	9	9	13
		Mly = + 0,001 q.lx ² .X	51	54	57	59	60	61	62	62	63	63	63	63	63	63	63	63	63
Va		Mlx = - 0,001 q.ly ² .X	31	38	45	53	59	66	72	78	83	88	92	96	99	102	105	108	125
		Mly = - 0,001 q.lx ² .X	60	65	69	73	75	77	78	79	79	80	80	80	80	79	79	79	75
Vb		Mlx = + 0,001 q.ly ² .X	60	65	69	73	75	77	78	79	79	80	80	80	80	79	79	79	75
		Mly = + 0,001 q.lx ² .X	60	66	71	76	79	82	85	87	88	89	90	91	91	91	92	92	93
VI		Mlx = - 0,001 q.ly ² .X	31	38	45	53	59	66	72	78	83	88	92	96	99	102	105	108	125
		Mly = - 0,001 q.lx ² .X	60	66	71	76	79	82	85	87	88	89	90	91	91	91	92	92	93
VIa		Mlx = + 0,001 q.ly ² .X	38	46	53	59	65	69	73	77	80	83	85	86	87	88	89	90	94
		Mly = + 0,001 q.lx ² .X	43	46	48	50	51	51	51	50	50	50	49	49	49	48	48	48	45
VIb		Mlx = - 0,001 q.ly ² .X	38	46	53	59	65	69	73	77	80	83	85	86	87	88	89	90	94
		Mly = - 0,001 q.lx ² .X	43	46	48	50	51	51	51	50	50	50	49	49	49	48	48	48	45
VII		Mlx = + 0,001 q.ly ² .X	13	48	51	55	57	58	60	61	62	62	62	63	63	63	63	63	63
		Mly = + 0,001 q.lx ² .X	13	39	38	38	37	36	36	35	35	34	34	34	34	33	33	33	33
VIIb		Mlx = - 0,001 q.ly ² .X	13	48	51	55	57	58	60	61	62	62	62	63	63	63	63	63	63
		Mly = - 0,001 q.lx ² .X	13	39	38	38	37	36	36	35	35	34	34	34	34	33	33	33	33

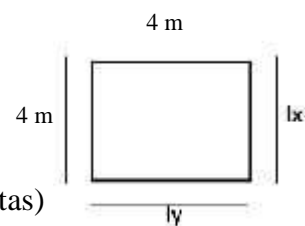
Keterangan : - Terletak bebas
 - Menerus atau terjepit elastis

- Perhitungan Momen untuk Pelat Ukuran 4 x 4

$$l_y = 4 \text{ m } l_x = 4 \text{ m}$$

$$\frac{l_y}{l_x} = \frac{4}{4}$$

$$= 1 \text{ (Lihat Koefisien X tabel di atas)}$$



$$\begin{aligned}
 mlx &= 0,001 \cdot Wu \cdot lx^2 \cdot X \\
 &= 0,001 \cdot 1090 \text{ Kg/m}^2 \cdot 4^2 \text{ m} \cdot 36 \\
 &= 627,84 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 mly &= 0,001 \cdot Wu \cdot lx^2 \cdot X \\
 &= 0,001 \cdot 1090 \text{ Kg/m}^2 \cdot 4^2 \text{ m} \cdot 36 \\
 &= 627,84 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$-mtx = mlx = 627,84 \text{ kgm}$$

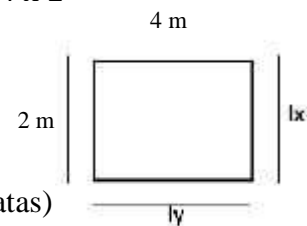
$$-mtx = mlx = 627,84 \text{ kgm}$$

- Perhitungan Momen untuk Pelat Ukuran 4 x 2

$$ly = 4 \text{ m} \quad lx = 2 \text{ m}$$

$$\frac{ly}{lx} = \frac{4}{2}$$

= 2 (Lihat Koefisien X tabel di atas)



$$\begin{aligned}
 mlx &= 0,001 \cdot Wu \cdot lx^2 \cdot X \\
 &= 0,001 \cdot 1090 \text{ Kg/m}^2 \cdot 2^2 \text{ m} \cdot 62 \\
 &= 270,32 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 mly &= 0,001 \cdot Wu \cdot lx^2 \cdot X \\
 &= 0,001 \cdot 1090 \text{ Kg/m}^2 \cdot 2^2 \text{ m} \cdot 35 \\
 &= 152,6 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$-mtx = mlx = 270,32 \text{ kgm}$$

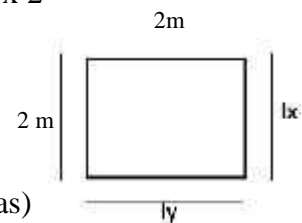
$$-mtx = mlx = 152,6 \text{ kgm}$$

- Perhitungan Momen untuk Pelat Ukuran 2 x 2

$$ly = 2 \text{ m} \quad lx = 2 \text{ m}$$

$$\frac{ly}{lx} = \frac{2}{2}$$

= 1 (Lihat Koefisien X tabel di atas)



$$\begin{aligned}
 mlx &= 0,001 \cdot Wu \cdot lx^2 \cdot X \\
 &= 0,001 \cdot 1090 \text{ Kg/m}^2 \cdot 2^2 \text{ m} \cdot 36 \\
 &= 156,96 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 mly &= 0,001 \cdot Wu \cdot lx^2 \cdot X \\
 &= 0,001 \cdot 1090 \text{ Kg/m}^2 \cdot 2^2 \text{ m} \cdot 36 \\
 &= 156,96 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$-mtx = mlx = 156,96 \text{ kgm}$$

$$-m_{tx} = m_{lx} = 156,96 \text{ kgm}$$

Perhitungan tulangan pelat

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

$$= \frac{1,4}{360}$$

$$= 0,0038$$

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

$$= \frac{0,85 \times 0,85 \times 22}{360} \times \frac{600}{600 + 360}$$

$$= 0,0276$$

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

$$= 0,75 \times 0,0276$$

$$= 0,0207$$

$$d \text{ Efektif} = \text{Tinggi Balok} - \text{Selimut Beton}$$

$$= 120 - 20$$

$$= 100 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$\phi = 0,8$$

Pelat Type A, Ukuran (4 m x 4 m)

Lapangan X

$$M_u = 627,84 \text{ kgm}$$

$$= 6,2784 \text{ kN.m}$$

$$= 6278400 \text{ N.mm}$$

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

$$= \frac{6278400}{0,8 \times 1000 \times 100^2}$$

$$= \frac{6278400}{8000000}$$

$$= 0,7848 \text{ Mpa}$$

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

$$= \frac{360}{0,85 \times 22}$$

$$= 19,251 \text{ Mpa}$$

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

$$= \frac{1}{19,251} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,251 \times 0,7848}{360}} \right)$$

$$= 0,002$$

Hitung = 0,002 < Min = 0,0038 < Max = 0,0207, Jadi di pakai
Min = 0,0038

$$A_s = \text{Hitung} \times b \times d \text{ efektif}$$

$$= 0,0038 \times 100 \times 10$$

$$= 3,8 \text{ cm}^2$$

$$\text{Jadi Di Pakai Tul. Bawah} = 10 - 200$$

Tumpuan X

$$\begin{aligned} \text{Mu} &= 627,84 \text{ kgm} \\ &= 6,2784 \text{ kN.m} \\ &= 6278400 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{\text{Mu}}{\phi \times b \times d^2} \\ &= \frac{6278400}{0,8 \times 1000 \times 100^2} \\ &= \frac{6278400}{8000000} \\ &= 0,7848 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{F_y}{0,85 \times F_c} \\ &= \frac{360}{0,85 \times 22} \\ &= 19,251 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Hitung} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right) \\ &= \frac{1}{19,251} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,251 \times 0,7848}{360}} \right) \\ &= 0,002 \end{aligned}$$

Hitung = 0,002 < Min = 0,0038 < Max = 0,0207, Jadi di pakai
Min = 0,0038

$$\begin{aligned} \text{As} &= \text{Hitung} \times b \times d \text{ efektif} \\ &= 0,0038 \times 100 \times 10 \end{aligned}$$

= 3,8 cm²

Jadi Di Pakai Tul. Bawah = 10 – 200

As' = 0,002 x b x hf

= 0,002 x 100 x 12

= 2,4 cm²

sehingga : Di Pakai Tul. Bawah 10 – 200 = 3,93 cm²

Di Pakai Tul Tul. Bagi 8 – 200 = 2,51 cm²

- Lapangan y (di buat sama dengan lapangan x)

Pakai Tul. Bawah 10 – 200 = 3,93 cm²

- Tumpuan y (di buat sama dengan Tumpuan x)

Di Pakai Tul. Bawah 10 – 200 = 3,93 cm²

Di Pakai Tul Tul. Bagi 8 – 200 = 2,51 cm²

Tabel Tulangan Pelat (mm² per meter)

Spesi (mm)	Diameter Nominal (mm)																		
	d-4	d-6	d-8	d-10	d-12	d-13	d-14	d-16	d-19	d-22	d-25	d-28	d-29	d-32	d-36	d-40	d-50	d-54	d-57
	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
50	565	1005	1571	2262	2555	3079	4021	5671	7503	9817	12315	13210	16085	20358	25133	39270	45804	51035	
75	377	670	1047	1508	1770	2053	2581	3780	5058	6545	8210	8907	10723	13572	16755	25180	30536	34023	
100	283	500	785	1137	1327	1539	2011	2835	3801	4909	6158	6605	8042	10179	12566	19635	22902	25518	
125	226	402	628	905	1052	1232	1608	2268	3041	3927	4926	5284	6414	8143	10053	15208	18122	20414	
150	188	335	524	754	885	1026	1340	1890	2534	3272	4105	4403	5362	6786	8378	13090	15268	17012	
175	162	287	449	646	738	880	1149	1620	2172	2805	3519	3771	4596	5816	7181	11220	13387	14581	
200	141	251	393	565	654	770	1005	1418	1931	2454	3079	3303	4021	5089	6283	9817	11451	12759	
225	126	223	343	503	590	684	894	1260	1680	2182	2737	2938	3574	4394	5385	8277	10179	11341	
250	113	201	314	482	531	616	804	1134	1521	1963	2463	2649	3217	4077	5007	7894	9161	10207	
275	103	183	285	411	483	560	731	1031	1382	1785	2239	2402	2925	3701	4570	7140	8328	9279	
300	94	168	262	377	442	513	675	945	1267	1636	2053	2202	2681	3393	4189	6345	7634	8506	

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	x (mlx)	x (mly)	x (mtx)	x (mty)	mlx	mly	mtx-	mty-	Min	Balance	Max
A	4	x	4	4	4	1	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	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	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	Hitung	Cek	As	Tul. Bawah	Rn	m	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

TULANGAN TUMPUAN															
Tumpuan x								Tumpuan Y							
Rn	m	Hitung	Cek	As	As'	Tul. Atas	Tul. Bagi	Rn.ty	m	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 :

Beton Bertulang	= 2400 Kg/m ³
Keramik	= 24 Kg/m ²
Tebal Spesi per cm	= 21 Kg/m ²
Plafond	= 11 Kg/m ²
Penggantung	= 7 Kg/m ²

h. Beban Hidup Berdasarkan SNI 03-1727-2002 tabel P3-4 diketahui :

Beban Guna Atap	= 100 Kg/m ²
-----------------	-------------------------

i. Data yang diperlukan untuk perhitungan penulangan pelat adalah sebagai berikut :

Tebal Atap	= 100 cm	= 10 cm
Tebal Spesi	= 3 cm	
Tebal Keramik	= 1 cm	
F ['] c	= 22 MPa	= 220 Kg/m ²
Fy	= 360 MPa	= 3600 Kg/m ²
Selimut Beton (d)	= 20 mm	= 2 cm
d	= 80 mm	
d (tinggi efektif)	= h – selimut beton	
	= 100 – 20	
	= 80 mm	
, (untuk pelat)	= 0,85	
	= 0,8	

Pembebanan Pada Pelat

- Beban Mati :

Pelat	= 0,10 x 2400	= 240 Kg/m ²
Spesi	= 3 x 21	= 63 Kg/m ²
Plafond	= 11	= 11 Kg/m ²
Penggantung	= 7	= 7 Kg/m ²
		<hr/>
	DL	= 321 Kg/m ²

- Beban Hidup :

B. Guna Lantai = 100 Kg/m²

LL = 100 Kg/m²

- Beban Berfaktor :

U = 1,2 DL + 1,6 LL

= (1,2 x 321) + (1,6 x 100)

= 545,2 Kg/m²

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_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	>2,5
I		Mlx = + 0,001 . q . lx ² . X	44	52	59	66	73	78	84	88	93	97	100	103	106	108	110	112	125
		Mly = + 0,001 . q . ly ² . X	44	45	45	44	44	43	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	25
II		Mlx = + 0,001 . q . lx ² . X	36	42	46	50	53	56	58	59	60	61	62	62	62	63	63	63	63
		Mly = + 0,001 . q . ly ² . X	36	37	38	38	38	37	36	36	35	35	35	34	34	34	34	34	34
III		Mlx = - 0,001 . q . lx ² . X	36	42	46	50	53	56	58	59	60	61	62	62	62	62	63	63	63
		Mly = - 0,001 . q . ly ² . X	36	37	38	38	38	37	36	36	35	35	35	34	34	34	34	34	34
IV		Mlx = + 0,001 . q . lx ² . X	48	55	61	67	71	76	79	82	84	86	88	89	90	91	92	92	94
		Mly = + 0,001 . q . ly ² . X	48	50	51	51	51	51	51	50	50	49	49	49	48	48	47	47	19
IVa		Mlx = - 0,001 . q . lx ² . X	48	55	61	67	71	76	79	82	84	86	88	89	90	91	92	92	94
		Mly = - 0,001 . q . ly ² . X	48	50	51	51	51	51	51	50	50	49	49	49	48	48	47	47	56
IVb		Mlx = + 0,001 . q . lx ² . X	22	28	34	41	48	55	62	68	74	80	85	89	93	97	100	103	125
		Mly = + 0,001 . q . ly ² . X	51	57	62	67	70	73	75	77	78	79	79	79	79	79	79	79	79
IVc		Mlx = - 0,001 . q . lx ² . X	51	57	62	67	70	73	75	77	78	79	79	79	79	79	79	79	79
		Mly = - 0,001 . q . ly ² . X	51	54	57	59	60	61	62	62	63	63	63	63	63	63	63	63	63
V		Mlx = + 0,001 . q . lx ² . X	31	38	45	53	59	66	72	78	83	88	92	96	99	102	105	108	125
		Mly = + 0,001 . q . ly ² . X	60	65	69	73	75	77	78	79	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Va		Mlx = - 0,001 . q . lx ² . X	60	65	69	73	75	77	78	79	80	80	80	80	80	80	80	80	80
		Mly = - 0,001 . q . ly ² . X	60	65	69	73	75	77	78	79	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Vb		Mlx = + 0,001 . q . lx ² . X	60	66	71	76	79	82	85	87	88	89	90	91	91	92	92	93	94
		Mly = + 0,001 . q . ly ² . X	31	30	28	27	25	24	22	21	20	19	18	17	17	16	16	15	12
Vc		Mlx = - 0,001 . q . lx ² . X	60	66	71	76	79	82	85	87	88	89	90	91	91	92	92	93	94
		Mly = - 0,001 . q . ly ² . X	31	30	28	27	25	24	22	21	20	19	18	17	17	16	16	15	12
VI		Mlx = + 0,001 . q . lx ² . X	38	46	53	59	65	69	73	77	80	83	85	86	87	88	89	90	94
		Mly = + 0,001 . q . ly ² . X	43	46	48	50	51	51	51	50	50	50	50	49	49	48	48	48	19
VIa		Mlx = - 0,001 . q . lx ² . X	43	46	48	50	51	51	51	50	50	50	50	49	49	48	48	48	19
		Mly = - 0,001 . q . ly ² . X	38	46	53	59	65	69	73	77	80	83	85	86	87	88	89	90	94
VIb		Mlx = + 0,001 . q . lx ² . X	38	46	53	59	65	69	73	77	80	83	85	86	87	88	89	90	94
		Mly = - 0,001 . q . ly ² . X	43	46	48	50	51	51	51	50	50	50	50	49	49	48	48	48	19
VII		Mlx = + 0,001 . q . lx ² . X	13	48	51	55	57	58	60	61	62	62	62	63	63	63	63	63	63
		Mly = + 0,001 . q . ly ² . X	38	39	38	38	37	36	35	35	34	34	34	34	33	33	33	33	33
VIIa		Mlx = - 0,001 . q . lx ² . X	13	48	51	55	57	58	60	61	62	62	62	63	63	63	63	63	63
		Mly = - 0,001 . q . ly ² . X	38	39	38	38	37	36	35	35	34	34	34	34	33	33	33	33	33

Keterangan : = Terletak bebas
 = Menerus atau terjepit elastis

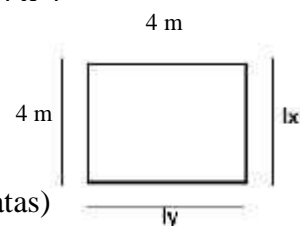
- Perhitungan Momen untuk Pelat Ukuran 4 x 4

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 . lx² . X



$$= 0,001 \cdot 545,2 \text{ Kg/m}^2 \cdot 4^2 \text{ m} \cdot 36$$

$$= 314,0352 \text{ kgm}$$

$$\text{mly} = 0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot X$$

$$= 0,001 \cdot 545,2 \text{ Kg/m}^2 \cdot 4^2 \text{ m} \cdot 36$$

$$= 314,0352 \text{ kgm}$$

$$-\text{mtx} = \text{mlx} = 314,0352 \text{ kgm}$$

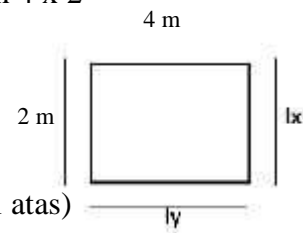
$$-\text{mtx} = \text{mlx} = 314,0352 \text{ kgm}$$

- Perhitungan Momen untuk Pelat Ukuran 4 x 2

$$l_y = 4 \text{ m} \quad l_x = 2 \text{ m}$$

$$\frac{i_y}{i_x} = \frac{4}{2}$$

$$= 2 \text{ (Lihat Koefisien X tabel di atas)}$$



$$\text{mlx} = 0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot X$$

$$= 0,001 \cdot 545,2 \text{ Kg/m}^2 \cdot 2^2 \text{ m} \cdot 62$$

$$= 135,2096 \text{ kgm}$$

$$\text{mly} = 0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot X$$

$$= 0,001 \cdot 545,2 \text{ Kg/m}^2 \cdot 2^2 \text{ m} \cdot 35$$

$$= 76,328 \text{ kgm}$$

$$-\text{mtx} = \text{mlx} = 135,2096 \text{ kgm}$$

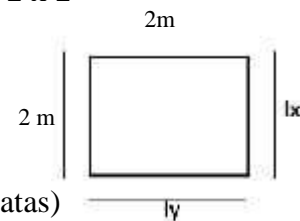
$$-\text{mtx} = \text{mlx} = 76,328 \text{ kgm}$$

- Perhitungan Momen untuk Pelat Ukuran 2 x 2

$$l_y = 2 \text{ m} \quad l_x = 2 \text{ m}$$

$$\frac{i_y}{i_x} = \frac{2}{2}$$

$$= 1 \text{ (Lihat Koefisien X tabel di atas)}$$



$$\text{mlx} = 0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot X$$

$$= 0,001 \cdot 545,2 \text{ Kg/m}^2 \cdot 2^2 \text{ m} \cdot 36$$

$$= 78,5088 \text{ kgm}$$

$$\text{mly} = 0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot X$$

$$= 0,001 \cdot 574 \text{ Kg/m}^2 \cdot 2^2 \text{ m} \cdot 36$$

$$= 78,5088 \text{ kgm}$$

$$-\text{mtx} = \text{mlx} = 78,5088 \text{ kgm}$$

$$-\text{mtx} = \text{mlx} = 78,5088 \text{ kgm}$$

Perhitungan tulangan pelat

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

$$= \frac{1,4}{360}$$

$$= 0,0038$$

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

$$= \frac{0,85 \times 0,85 \times 22}{360} \times \frac{600}{600 + 360}$$

$$= 0,0276$$

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

$$= 0,75 \times 0,0276$$

$$= 0,207$$

$$d \text{ Efektif} = \text{Tinggi Balok} - \text{Selimut Beton}$$

$$= 100 - 20$$

$$= 80 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$\phi = 0,8$$

Pelat Type A, Ukuran (4 m x 4 m)

Lapangan X

$$M_u = 314,0352 \text{ kgm}$$

$$= 3,140352 \text{ kN.m}$$

$$= 3140352 \text{ N.mm}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} \\
 &= \frac{3140352}{0,8 \times 1000 \times 80^2} \\
 &= \frac{3140352}{5120000} \\
 &= 0,613 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M &= \frac{F_y}{0,85 \times F_c} \\
 &= \frac{360}{0,85 \times 22} \\
 &= 19,251 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Hitung} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{19,251} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,251 \times 0,613}{360}} \right) \\
 &= 0,002
 \end{aligned}$$

Hitung = 0,002 < Min = 0,0038 < Max = 0,0207, Jadi di pakai
Min = 0,0038

$$\begin{aligned}
 A_s &= \text{Hitung} \times b \times d \text{ efektif} \\
 &= 0,0038 \times 100 \times 8 \\
 &= 3,04 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Jadi Di Pakai Tul. Bawah = 10 – 200

Tumpuan X

$$M_u = 314,0352 \text{ kgm}$$

$$= 3,140352 \text{ kN.m}$$

$$= 3140352 \text{ N.mm}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} \\ &= \frac{3140352}{0,8 \times 1000 \times 100^2} \\ &= \frac{3140352}{5120000} \\ &= 0,613 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M &= \frac{F_y}{0,85 \times F_c} \\ &= \frac{360}{0,85 \times 22} \\ &= 19,251 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Hitung} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right) \\ &= \frac{1}{19,251} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19,251 \times 0,613}{360}} \right) \\ &= 0,002 \end{aligned}$$

Hitung = 0,002 < Min = 0,0038 < Max = 0,0207, Jadi di pakai
Min = 0,0038

$$\begin{aligned} A_s &= \text{Hitung} \times b \times d \text{ efektif} \\ &= 0,0038 \times 100 \times 8 \\ &= 3,04 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A_s' = 0,002 \times b \times h_f$$

$$= 0,002 \times 100 \times 10$$

$$= 2 \text{ cm}^2$$

sehingga : Di Pakai Tul. Bawah $10 - 200 = 3,93 \text{ cm}^2$

Di Pakai Tul Tul. Bagi $8 - 200 = 2,51 \text{ cm}^2$

- Lapangan y (di buat sama dengan lapangan x)

Pakai Tul. Bawah $10 - 200 = 3,93 \text{ cm}^2$

- Tumpuan y (di buat sama dengan Tumpuan x)

Di Pakai Tul. Bawah $10 - 200 = 3,93 \text{ cm}^2$

Di Pakai Tul Tul. Bagi $8 - 200 = 2,51 \text{ cm}^2$

Tabel Tulangan Pelat (mm^2 per meter)

Spesi (mm)	Diameter Nominal (mm)																	
	d-5	d-8	d-10	d-12	d-13	d-14	d-16	d-19	d-22	d-25	d-28	d-29	d-32	d-36	d-40	d-50	d-54	d-57
	P S	P S	P S	P S	S	P S	P S	P S	P S	P S	P S	S	P S	P S	P S	P S	P S	S
50	565	1005	1371	2262	2555	3079	4021	5671	7593	9817	12315	13280	16085	20358	25133	32270	45504	51035
75	377	670	1047	1508	1770	2053	2581	3780	5058	6545	8210	8907	10723	11572	16755	26180	30536	34023
100	283	503	785	1137	1327	1539	2011	2835	3801	4909	6158	6608	8042	10179	12566	19635	22902	25518
125	226	402	628	905	1062	1232	1608	2268	3041	3927	4926	5284	6414	8147	10053	15708	18122	20414
150	188	335	524	754	883	1026	1340	1890	2534	3272	4105	4403	5362	6786	8378	13090	15268	17012
175	162	287	449	646	758	880	1149	1620	2172	2809	3519	3771	4596	5816	7181	11220	13087	14581
200	141	251	394	565	654	770	1005	1418	1901	2494	3079	3303	4021	5089	6283	9817	11451	12759
225	126	223	349	503	592	684	894	1260	1680	2182	2737	2938	3574	4534	5585	8277	10179	11341
250	113	201	314	452	531	616	804	1134	1521	1963	2463	2649	3217	4077	5027	7854	9161	10207
275	103	183	285	411	483	560	731	1031	1382	1785	2239	2402	2925	3701	4570	7140	8328	9279
300	94	168	262	377	442	513	675	945	1267	1636	2053	2202	2681	3393	4189	6345	7634	8506

Dengan cara Perhitungan yang sama di hitung juga tipe pelat B = 4 x 2 dan C = 2 x 2 pada program Exel dan didapatkan nilai sebagai berikut :

Tabel Perhitungan Momen dan Ratio Tulangan Pelat Atap

Tipe Plat	Ukuran Pelat (m)			ly	lx	ly/lx	x (mlx)	x (mly)	x (mtx)	x (mty)	mlx	mly	mtx-	mty-	Min	Balance	Max
	4	x	4														
A	4	x	4	4	4	1	36	36	36	36	314,0352	314,0352	314,0352	314,0352	0,0038	0,0276	0,0207
B	4	x	2	4	2	2	62	35	62	35	135,2096	76,328	135,2096	76,328	0,0038	0,0276	0,0207
C	2	x	2	2	2	1	36	36	36	36	78,5088	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	Hitung	Cek	As	Tul. Bawah	Rn	m	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	Hitung	Cek	As	As'	Tul. Atas	Tul. Bagi	Rn.ty	m	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

Aksial (Pu) Batang (359)	= 149062,91 Kg.m = 1461,81 Kn
Momen (Mu1)	= 16090,57 Kg.m = 157,795 Kn
Momen (Mu2)	= 15093,40 Kg.m = 148,0156 Kn
Dimensi Kolom	= 500 mm x 500 mm
F'c	= 22 Mpa = 220 Kg/m ²
Fy	= 360 MPa = 3600 Kg/m ²
Tinggi Kolom (h)	= 500 mm = 50 cm
Lebar Kolom (b)	= 500 mm = 50 cm
Selimut Beton (d')	= 40 mm = 4 cm
Tinggi Efektif (d)	= 460 mm = 46 cm
Standart Faktor Keamanan	= 3 %
Untuk F'c 30 MPa,	= 0,85
, (untuk kolom sengkang)	= 0,65
Kolom sengkang	= 0,85

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}
 b &= 500 \text{ mm} \\
 d &= b - (\text{selimut beton}) \\
 &= 500 \text{ mm} - 40 \text{ mm} \\
 &= 460 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

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 x 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 β_{dns} di perlukan Nilai Beban mati (DL) dan Beban Hidup (LL) pada Kolom lantai 1 yang di dapat dari Perhitungan dimensi Kolom :

$$DL = 59223 \text{ kg} \quad LL = 21600 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \beta_{dns} &= \frac{1,2D}{1,2D + 1,6L} \\ &= \frac{1,2 \times 59223}{(1,2 \times 59223) + (1,6 \times 21600)} \\ &= 0,673 \end{aligned}$$

$$EI_{\text{kolom}} = \frac{0,7 E_c I_g}{1 + \beta_{dns}} \quad (\text{SNI 2847-2013 10.10.4.1})$$

$$\begin{aligned} &= \frac{0,7 \times 22044,95 \times 5.208.333.333,333}{1 + 0,673} \\ &= 48,041 \cdot 10^{12} \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

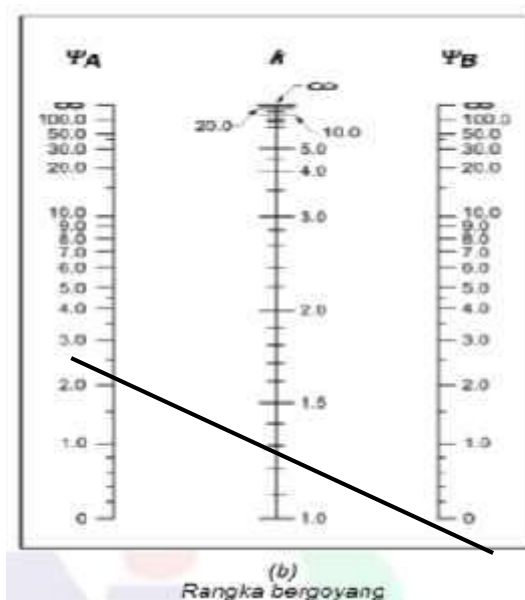
$$EI_{\text{Balok}} = \frac{0,35 E_c I_g}{1 + \beta_{dns}} \quad (\text{SNI 2847-2013 10.10.4.1})$$

$$\begin{aligned} &= \frac{0,35 \times 22044,95 \times 4.166.666.666,667}{1 + 0,673} \\ &= 19,22 \cdot 10^{12} \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

b. Menentukan Panjang Tekuk Kolom

Kolom Bagian Atas $B = 0$ Karena Tumpuan Jepit. Dalam perencanaan tidak menggunakan sistem pengaku sehingga memungkinkan adanya goyangan pada elemen struktur, maka digunakan Rangka Unbraced / Bergoyang.

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{\sum EI/Ln(\text{kolom})}{\sum EI/Ln(\text{Balok})} \\
 &= \frac{\left(\frac{48,041 \times 10^{12}}{4250}\right)}{\left(\frac{19,22 \times 10^{12}}{3500}\right)} \\
 &= 2,058
 \end{aligned}$$



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:

$$\begin{aligned}
 r &= 0,3 \times h \quad (\text{SNI 2847 2013 10.10.1.2}) \\
 &= 0,3 \times 500 \\
 &= 150
 \end{aligned}$$

$$\frac{kE_u}{L} = \frac{1,28 \times 4250}{150} = 36,26 > 22 \text{ (Kelangsingan di Perhitungkan).}$$

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 s Dapat di hitung sebagai Berikut:

$$\begin{aligned} s &= \frac{1,066}{1 - \frac{P_u}{0,75 P_c}} \cdot 1 \\ &= \frac{1,066}{1 - \frac{1461,81}{0,75 \times 7644,83}} \cdot 1 \\ &= 1,43 \cdot 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_c &= s \times M_2 \\
 &= 1,43 \times 148,0156 \text{ Kn.m} \\
 &= 211,662 \text{ Kn.m}
 \end{aligned}$$

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 P_g 3 %

$$\rho' = \frac{A_s}{b \times d} = P_g = 3 \% \text{ (masing-masing)} = 1,5 \%$$

$$0,015 = \frac{A_s}{500 \times 460}$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= 0,015 \times 500 \times 460 \\
 &= 3450 \text{ mm}^2 \rightarrow 34,50 \text{ cm}^2 \text{ (Memakai besi ulir = 4D29)}
 \end{aligned}$$

$$A_s = A_s' = 3450 \text{ mm}^2$$

$$A_s = A_s' = 4D29$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \frac{n}{4} \pi D^2 \\
 &= \frac{4}{4} \times 3,14 \times 29^2 \\
 &= 2640,74 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Aksial} = \frac{A_s}{b \times d}$$

$$= \frac{3434,75}{500 \times 460}$$

$$= 0,011$$

Luas Tulangan Total :

$$\begin{aligned} \text{As Total} &= 2 \times \text{As} \\ &= 2 \times 2640,74 \text{ mm}^2 \\ &= 5281,48 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ag} &= b \times h \\ &= 500 \times 500 \\ &= 250000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek apakah eksentrisitas (e) lebih besar atau lebih kecil dari pada eksentrisitas balance (eb) :

$$\text{Cb} = \frac{600 \times d}{600 + F_y}$$

$$= \frac{600 \times 460}{600 + 360}$$

$$= \frac{276000}{960}$$

$$= 287,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{ab} &= 1 \times \text{Cb} \\ &= 0,85 \times 287,5 \text{ mm} \\ &= 244,375 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$f's = 600 \times \frac{\text{Cb} - d}{\text{Cb}}$$

$$= 600 \times \frac{287,5 - 40}{287,5}$$

$$= 600 \times 0,86$$

$$= 516,52 \text{ MPa} > f_y = 360 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \text{Pnb} &= 0,65 (0,85 \times f'c \times b \times \text{ab} + \text{As}' \times f's - \text{As} \times f_y) 10^{-3} \\ &= 0,65 (0,85 \times 22 \times 500 \times 244,375 + 2640,74 \times 516 \\ &\quad - 2640,74 \times 360) 10^{-3} \\ &= 1753,856 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{nb} &= 0,65 (0,65 \times 0,85 \times f'_c \times b \times a_b \times (d - a_b/2) + 0,65 \times F_s \times A_s \times (d - d')) 10^{-6} \\
 &= 0,65 (0,65 \times 0,85 \times 22 \times 500 \times 244,375 \times (460 - 244,375/2) + 0,65 \times 516 \times 2640,74 \times (460 - 40)) 10^{-6} \\
 &= 568,157 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e_b &= \frac{M_{nb}}{P_{nb}} \\
 &= \frac{568,157 \times 10^4}{1753,856} \\
 &= 323,947 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$e_b = 323,947 \text{ mm} > e = 107,94 \text{ mm}$$

Karena $e_b > e$, maka keruntuhan kolom berupa keruntuhan tekan.

Pemeriksaan kekakuan penampang Persamaan witney untuk kolom persegi gagal tekan menentukan :

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{A_s \times f_y}{d - d'} + 0,5 + \frac{A_g \times f'_c}{3 \times h \times e + 1,18 d^2} \\
 n &= \frac{2640,74 \times 360}{460 - 40} + 0,5 + \frac{250000 \times 22}{3 \times 500 \times 107,94 + 1,18 \cdot 460^2} \\
 &= 4083281,449 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$= 4083,281 \text{ Kn} > P_n \text{ perlu} = 1461,81 \text{ Kn} \dots (\mathbf{Aman})$$

$$P_n = 0,65 \times P_n$$

$$= 0,65 \times 4083,281 \text{ Kn}$$

$$= 2654,132 \text{ Kn} > P_u = 1461,81 \text{ Kn} \dots \dots \dots (\mathbf{Aman})$$

$$MR = P_n \times e \times 10^{-3}$$

$$= 2654,132 \times 107,94 \times 10^{-3}$$

$$= 286,499 \text{ kN.m} > M_u = 157,794 \text{ kN.m} \dots \dots \dots (\mathbf{Aman})$$

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	= 450 mm x 450 mm
F'c	= 22 MPa = 220 Kg/m ²
Fy	= 360 MPa = 3600 Kg/m ²
Tinggi Kolom (h)	= 450 mm = 45 cm
Lebar Kolom (b)	= 450 mm = 45 cm
Selimut Beton (d')	= 40 mm = 4 cm
Tinggi Efektif (d)	= 410 mm = 41 cm
Standart Faktor Keamanan	= 3 %
Untuk F'c 30 MPa,	= 0,85
, (untuk kolom sengkang)	= 0,65
Kolom sengkang	= 0,85

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}
 b &= 450 \text{ mm} \\
 d &= b - (\text{selimut beton}) \\
 &= 450 \text{ mm} - 40 \text{ mm} \\
 &= 410 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

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 β_{dns} di perlukan Nilai Beban mati (DL) dan Beban Hidup (LL) pada Kolom lantai 2 yang di dapat dari Perhitungan dimensi Kolom :

$$DL = 41673 \text{ kg} \quad LL = 15200 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \beta_{dns} &= \frac{1,2D}{1,2D + 1,6L} \\ &= \frac{1,2 \times 41673}{(1,2 \times 41673) + (1,6 \times 15200)} \\ &= 0,673 \end{aligned}$$

$$EI_{\text{kolom}} = \frac{0,7 E_c I_g}{1 + \beta_{dns}} \quad (\text{SNI 2847-2013 10.10.4.1})$$

$$= \frac{0,7 \times 22044,95 \times 3.417.187.500}{1 + 0,673}$$

$$= 31,52 \cdot 10^{12} \text{ N/mm}^2$$

$$EI_{\text{Balok}} = \frac{0,35 E_c I_g}{1 + \beta_{dns}} \quad (\text{SNI 2847-2013 10.10.4.1})$$

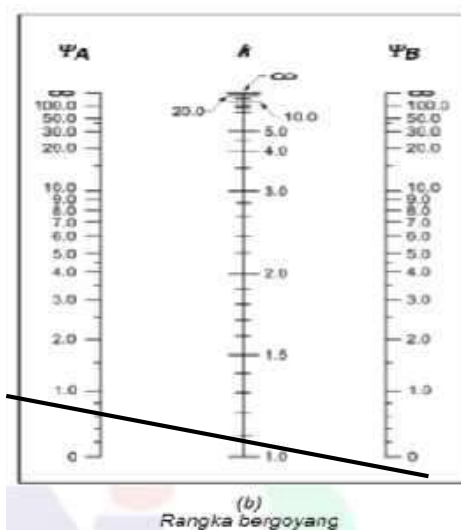
$$= \frac{0,35 \times 22044,95 \times 4.166.666.666,667}{1 + 0,673}$$

$$= 38,43 \cdot 10^{12} \text{ N/mm}^2$$

b. Menentukan Panjang Tekuk Kolom

Kolom Bagian Atas $B = 0$ Karena Tumpuan Jepit. Dalam perencanaan tidak menggunakan sistem pengaku sehingga memungkinkan adanya goyangan pada elemen struktur, maka digunakan Rangka Unbraced / Bergoyang.

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{\sum EI/L_n(\text{kolom})}{\sum EI/L_n(\text{Balok})} \\
 &= \frac{\left(\frac{31,52 \times 10^{12}}{4250} \right)}{\left(\frac{38,43 \times 10^{12}}{3550} \right)} \\
 &= 0,685
 \end{aligned}$$



Dari grafik nomogram panjang efektif kolom tanpa pengaku (unbraced frame) diperoleh nilai faktor k sebesar 1,08

c. Check terhadap faktor kelangsingan

Nilai Radius Girasi (r) untuk kolom Unbraced adalah:

$$\begin{aligned}
 r &= 0,3 \times h \quad (\text{SNI 2847 2013 10.10.1.2}) \\
 &= 0,3 \times 450 \\
 &= 135
 \end{aligned}$$

$$\frac{kL_u}{I} = \frac{1,08 \times 4250}{135} = 34 > 22 \quad (\text{Kelangsingan di}$$

Perhitungan).

d. Perhitungan pembesaran momen

$$EI_{kolom} = \frac{0,4 E_c I_g}{(1 + \nu \beta_{dns})}$$

$$= \frac{0,4 \times 22044,95 \times 3.417.187.500}{1 + 0,673}$$

$$= 18,01 \cdot 10^{12} \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Beban Kritis, } P_c = \frac{\pi^2 \times EI}{(k \times L_n)^2}$$

$$= \frac{3,14^2 \times 18,01 \cdot 10^{12}}{(1,08 \times 4250)^2}$$

$$= 7433604,793 \text{ N}$$

$$= 7433,605 \text{ kN}$$

$$C_m = 0,6 + 0,4 \times \frac{M_1}{M_2}$$

$$= 0,6 + 0,4 \times \frac{136,1/2}{142,369}$$

$$= 0,98 > 0,4 \text{ (OK)}$$

Sehingga Pembesaran Momen s Dapat di hitung sebagai Berikut:

$$s = \frac{0,98}{1 - \frac{P_U}{0,75 P_c}} \cdot 1$$

$$= \frac{0,98}{1 - \frac{1063,626}{0,75 \times 7433,605}} \cdot 1$$

$$= 1,21 \cdot 1$$

$$M_c = s \times M_2$$

$$= 1,21 \times 142,369 \text{ Kn.m}$$

$$= 172,266 \text{ Kn.m}$$

Jadi momen yang di perbesar akibat Beban tekuk adalah 172,266 Kn.m

2. Perhitungan Penulangan Eksentritas dan Kekuatan Penampang Kolom

Menghitung Gaya Aksial :

$$e = \frac{M_u}{P_u}$$

$$= \frac{142,369 \cdot 10^3}{1063,625}$$

$$= 133,852 \text{ mm}$$

- Menentukan penulangan dan ukuran kolom

Dalam perencanaan sebelumnya direncanakan ukuran kolom 450 x 450 dengan P_g 3 %

$$\rho = \frac{A_s}{b \times d} = P_s = 3 \% \text{ (masing-masing)} = 1,5 \%$$

$$0,015 = \frac{A_s}{450 \times 410}$$

$$A_s = 0,015 \times 450 \times 410$$

$$= 2767,5 \text{ mm}^2 \rightarrow 27,7 \text{ cm}^2 \text{ (Memakai besi Ulir 4D25)}$$

$$A_s = A_s' = 2767,5 \text{ mm}^2$$

$$A_s = A_s' = 4D25$$

$$A_s = \frac{\pi}{4} n D^2$$

$$= \frac{4}{4} \times 3,14 \times 25^2$$

$$= 1962,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Aksial} = \frac{A_s}{b \times d}$$

$$= \frac{1962,5}{450 \times 410}$$

$$= 0,01$$

- **Luas Tulangan Total :**

$$\begin{aligned} A_s \text{ Total} &= 2 \times A_s \\ &= 2 \times 1962,5 \text{ mm}^2 \\ &= 3925 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_g &= b \times h \\ &= 450 \times 450 \\ &= 202500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- **Cek apakah eksentrisitas (e) lebih besar atau lebih kecil dari pada eksentrisitas balance (eb) :**

$$\begin{aligned} C_b &= \frac{600 \times d}{600 + F_y} \\ &= \frac{600 \times 410}{600 + 360} \\ &= \frac{246000}{960} \\ &= 256,25 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_b &= 1 \times C_b \\ &= 0,85 \times 256,25 \text{ mm} \\ &= 217,8125 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f'_s &= 600 \times \frac{C_b - d}{C_b} \\ &= 600 \times \frac{256,25 - 410}{256,25} \\ &= 600 \times 0,8439 \\ &= 506,34 \text{ MPa} > f_y = 360 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{nb} &= 0,65 (0,85 \times f'_c \times b \times a_b + A_s' \times f'_s - A_s \times f_y) 10^{-3} \\ &= 0,65 (0,85 \times 22 \times 450 \times 217,8125 + 19,625 \times 506,34 - \\ &\quad 2767,5 \times 360) 10^{-3} \\ &= 1378,057 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{nb} &= 0,65 (0,65 \times 0,85 \times f'_c \times b \times a_b \times (d - a_b/2) + 0,65 \times \\ &\quad F_s \times A_s \times (d - d')) 10^{-6} \end{aligned}$$

$$= 0,65 (0,65 \times 0,85 \times 22 \times 450 \times 217,8125 \times (410 - 217,8125/2) + 0,65 \times 506,34 \times (410 - 40)10^{-6}$$

$$= 388,505 \text{ kN.m}$$

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

$$= \frac{388,505 \times 10^3}{1378,057}$$

$$= 281,923 \text{ mm}$$

$$e_b = 281,923 \text{ mm} > e = 133,852 \text{ mm}$$

Karena $e_b < e$, maka keruntuhan kolom berupa keruntuhan tekan.

- **Pemeriksaan kekuatan penampang Persamaan witney untuk kolom persegi gagal tekan menentukan :**

$$n = \frac{A_s \times f_y}{\frac{e}{d-d'} + 0,5} + \frac{A_g \times f_c}{\frac{3 \times h \times e}{d^2} + 1,18}$$

$$n = \frac{1962,5 \times 360}{\frac{133,852}{410-40} + 0,5} + \frac{122500 \times 22}{\frac{3 \times 450 \times 133,852}{410^2} + 1,18}$$

$$= 27954777,661 \text{ N}$$

$$= 2795,478 \text{ Kn} > P_n \text{ perlu} = 1063,625 \text{ Kn} \dots\dots\dots(\mathbf{Aman})$$

$$P_n = 0,65 \times P_n$$

$$= 0,65 \times 2795,478 \text{ Kn}$$

$$= 1817,06 \text{ Kn} > P_u = 1063,625 \text{ Kn} \dots\dots\dots(\mathbf{Aman})$$

$$MR = P_n \times e \times 10^{-3}$$

$$= 1817,06 \times 133,852 \times 10^{-3}$$

$$= 243,22 \text{ kN.m} > M_u = 142,369 \text{ kN.m} \dots\dots\dots(\mathbf{Aman})$$

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 ²
Fy	= 360 MPa = 3600 Kg/m ²
Tinggi Kolom (h)	= 400 mm = 40 cm
Lebar Kolom (b)	= 400 mm = 40 cm
Selimut Beton (d')	= 40 mm = 4 cm
Tinggi Efektif (d)	= 360 mm = 36 cm
Standart Faktor Keamanan	= 3 %
Untuk F'c 30 MPa,	= 0,85
, (untuk kolom sengkang)	= 0,65
Kolom sengkang	= 0,85

Penyelesaian :

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

$$d = b - (\text{selimut beton})$$

$$= 400 \text{ mm} - 40 \text{ mm}$$

$$= 360 \text{ mm}$$

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 δ_{ns} di perlukan Nilai Beban mati (DL) dan Beban Hidup (LL) pada Kolom lantai 3 yang di dapat dari Perhitungan dimensi Kolom :

$$DL = 24366 \text{ Kg} \quad LL = 8800 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned} \delta_{ns} &= \frac{1,2D}{1,2D + 1,6L} \\ &= \frac{1,2 \times 24366}{(1,2 \times 24366) + (1,6 \times 8800)} \\ &= 0,675 \end{aligned}$$

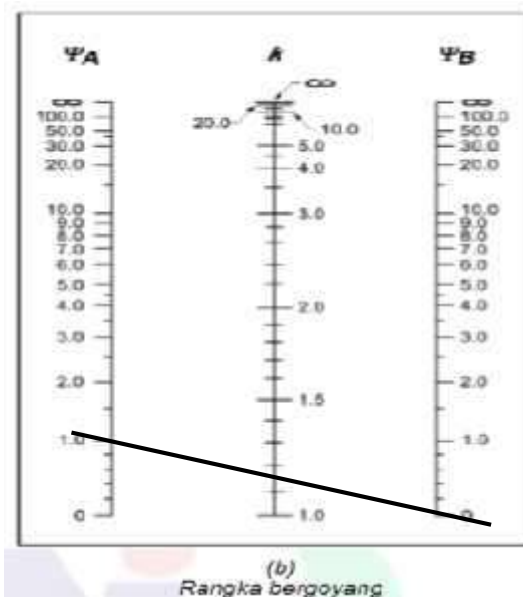
$$\begin{aligned} EI_{\text{kolom}} &= \frac{0,7 E_c I_g}{1 + \beta_{\delta_{ns}}} \quad (\text{SNI 2847-2013 10.10.4.1}) \\ &= \frac{0,7 \times 22044,95 \times 2.133.333.333,333}{1 + 0,675} \\ &= 19,65 \cdot 10^{12} \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} EI_{\text{Balok}} &= \frac{0,35 E_c I_g}{1 + \beta_{\delta_{ns}}} \quad (\text{SNI 2847-2013 10.10.4.1}) \\ &= \frac{0,35 \times 22044,95 \times 4.166.666.666,667}{1 + 0,675} \\ &= 19,19 \cdot 10^{12} \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

b. Menentukan Panjang Tekuk Kolom

Kolom Bagian Atas $B = 0$ Karena Tumpuan Jepit. Dalam perencanaan tidak menggunakan sistem pengaku sehingga memungkinkan adanya goyangan pada elemen struktur, maka digunakan Rangka Unbraced / Bergoyang.

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{\sum EI/L_n(\text{kolom})}{\sum EI/L_n(\text{Balok})} \\
 &= \frac{\left(\frac{19,65 \times 10^{12}}{4250}\right)}{\left(\frac{19,19 \times 10^{12}}{3600}\right)} \\
 &= 0,87
 \end{aligned}$$



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:

$$\begin{aligned}
 r &= 0,3 \times h \quad (\text{SNI 2847 2013 10.10.1.2}) \\
 &= 0,3 \times 400 \\
 &= 120
 \end{aligned}$$

$$\frac{kE_u}{L} = \frac{1,15 \times 4250}{120} = 40,729 > 22 \text{ (Kelangsingan di Perhitungkan).}$$

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 s Dapat di hitung sebagai Berikut:

$$\begin{aligned} s &= \frac{0,97}{1 - \frac{P_u}{0,75 P_c}} \cdot 1 \\ &= \frac{0,97}{1 - \frac{417,65}{0,75 \times 4635,168}} \cdot 1 \end{aligned}$$

$$= 1,102 \quad 1$$

$$\begin{aligned} M_c &= s \times M_2 \\ &= 1,102 \times 102,548 \text{ Kn.m} \\ &= 113,008 \text{ Kn.m} \end{aligned}$$

Jadi momen yang di perbesar akibat Beban tekuk adalah 43,38498 Kn.m

- Menghitung Gaya Aksial :

$$\begin{aligned} e &= \frac{M_u}{P_u} \\ &= \frac{102,548 \cdot 10^3}{417,65} \\ &= 245,537 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Menentukan penulangan dan ukuran kolom

Dalam perencanaan sebelumnya direncanakan ukuran kolom 400 x 400 dengan P_g 3 %

$$\rho = \frac{A_s}{b \times d} = P_s = 3 \% \text{ (masing-masing)} = 1,5 \%$$

$$0,015 = \frac{A_s}{400 \times 360}$$

$$\begin{aligned} A_s &= 0,015 \times 400 \times 360 \\ &= 2160 \text{ mm}^2 \rightarrow 21,6 \text{ cm}^2 \text{ (Memakai besi Ulir 4D25)} \end{aligned}$$

$$A_s = A_s' = 2160 \text{ mm}^2$$

$$A_s = A_s' = 4D25$$

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{n}{4} \pi D^2 \\ &= \frac{4}{4} \times 3,14 \times 25^2 \\ &= 1962,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Aksial} = \frac{A_s}{b \times d}$$

$$= \frac{1962,5}{400 \times 360}$$

$$= 0,014$$

- **Luas Tulangan Total :**

$$\begin{aligned} A_s \text{ Total} &= 2 \times A_s \\ &= 2 \times 1962,5 \text{ mm}^2 \\ &= 3925 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_g &= b \times h \\ &= 400 \times 400 \\ &= 160000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- **Cek apakah eksentrisitas (e) lebih besar atau lebih kecil dari pada eksentrisitas balance (eb) :**

$$\begin{aligned} C_b &= \frac{600 \times d}{600 + F_y} \\ &= \frac{600 \times 360}{600 + 360} \\ &= \frac{216000}{960} \\ &= 225 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_b &= 1 \times C_b \\ &= 0,85 \times 225 \text{ mm} \\ &= 191,25 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f'_s &= 600 \times \frac{C_b - d}{C_b} \\ &= 600 \times \frac{225 - 40}{225} \\ &= 600 \times 0,822 \\ &= 493,33 \text{ MPa} > f_y = 340 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{nb} &= 0,65 (0,85 \times f'_c \times b \times a_b + A_s' \times f'_s - A_s \times f_y) 10^{-3} \\ &= 0,65 (0,85 \times 22 \times 400 \times 191,25 + 1962,5 \times 493,33 - \\ &\quad 1962,5 \times 360) 10^{-3} \\ &= 1099,94 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{nb} &= 0,65 (0,65 \times 0,85 \times f'_c \times b \times a_b \times (d - a_b/2) + 0,65 \times F_s \times \\
 & \quad A_s \times (d - d')) 10^{-6} \\
 &= 0,65 (0,65 \times 0,85 \times 22 \times 400 \times 191,25 \times (460 - 191,25/2) \\
 & \quad + 0,65 \times 493,33 \times 1962,5 (360 - 40) 10^{-6} \\
 &= 290,686 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e_b &= \frac{M_{nb}}{P_{nb}} \\
 &= \frac{290,686 \times 10^3}{1099,94} \\
 &= 264,27 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$e_b = 264,27 \text{ mm} > e = 245,54 \text{ mm}$$

Karena $e_b > e$, maka keruntuhan kolom berupa keruntuhan Tekan.

- **Pemeriksaan kekutan penampang Persamaan witney untuk kolom persegi gagal tekan menentukan :**

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{A_s \times f_y}{\frac{\epsilon}{d-d} + 0,5} + \frac{A_g \times f_c}{\frac{3 \times h \times e}{d^2} + 1,18} \\
 n &= \frac{1962,5 \times 360}{\frac{245,537}{360-40} + 0,5} + \frac{160000 \times 22}{\frac{3 \times 400 \times 245,537}{360^2} + 1,18} \\
 &= 1576743,3 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$= 1576,743 \text{ Kn} > P_n \text{ perlu} = 417,65 \text{ Kn} \dots\dots\dots(\mathbf{Aman})$$

$$\begin{aligned}
 P_n &= 0,65 \times P_n \\
 &= 0,65 \times 1576,743 \text{ Kn} \\
 &= 1024,883 \text{ Kn} > P_u = 417,65 \text{ Kn} \dots\dots\dots(\mathbf{Aman})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 MR &= P_n \times e \times 10^{-3} \\
 &= 1024,883 \times 245,537 \times 10^{-3} \\
 &= 251,646 \text{ kN.m} > M_u = 102,548 \text{ kN.m} \dots\dots\dots(\mathbf{Aman})
 \end{aligned}$$

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 ²
Fy	= 360 MPa = 3600 Kg/m ²
Tinggi Kolom (h)	= 350 mm = 35 cm
Lebar Kolom (b)	= 350 mm = 35 cm
Selimut Beton (d')	= 40 mm = 4 cm
Tinggi Efektif (d)	= 310 mm = 31 cm
Standart Faktor Keamanan	= 3 %
Untuk F'c 30 MPa,	= 0,85
, (untuk kolom sengkang)	= 0,65
Kolom sengkang	= 0,85

Penyelesaian :

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

$$d = b - (\text{selimut beton})$$

$$= 350 \text{ mm} - 40 \text{ mm}$$

$$= 310 \text{ mm}$$

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 β_{dns} di perlukan Nilai Beban mati (DL) dan Beban Hidup (LL) pada Kolom lantai 4 yang di dapat dari Perhitungan dimensi Kolom :

$$DL = 7248 \text{ kg} \quad LL = 2400 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \beta_{dns} &= \frac{1,2D}{1,2D + 1,6L} \\ &= \frac{1,2 \times 24366}{(1,2 \times 7248) + (1,6 \times 2400)} \\ &= 0,694 \end{aligned}$$

$$EI_{\text{kolom}} = \frac{0,7 E_c I_g}{1 + \beta_{dns}} \quad (\text{SNI 2847-2013 10.10.4.1})$$

$$= \frac{0,7 \times 22044,95 \times 1.250.520.833,333}{1 + 0,694}$$

$$= 11,39 \cdot 10^{12} \text{ N/mm}^2$$

$$EI_{\text{Balok}} = \frac{0,35 E_c I_g}{1 + \beta_{dns}} \quad (\text{SNI 2847-2013 10.10.4.1})$$

$$= \frac{0,35 \times 22044,95 \times 4.166.666.666,667}{1 + 0,694}$$

$$= 18,98 \cdot 10^{12} \text{ N/mm}^2$$

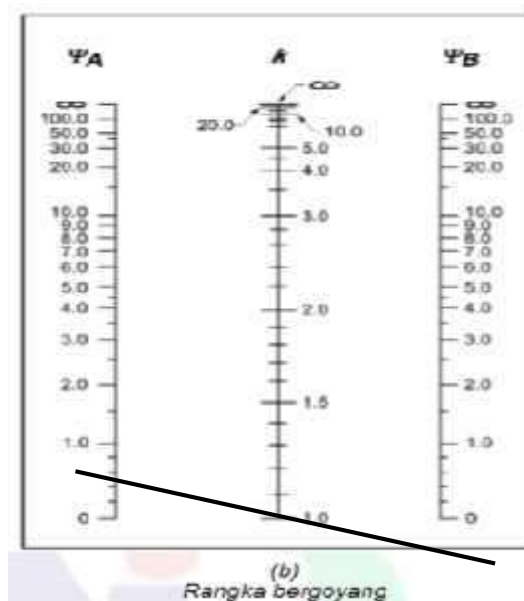
b. Menentukan Panjang Tekuk Kolom

Kolom Bagian Atas $B = 0$ Karena Tumpuan Jepit. Dalam perencanaan tidak menggunakan sistem pengaku sehingga memungkinkan adanya goyangan pada elemen struktur, maka digunakan Rangka Unbraced / Bergoyang.

$$A = \frac{\sum EI/Ln(\text{kolom})}{\sum EI/Ln(\text{Balok})}$$

$$= \frac{\left(\frac{11,39 \times 10^{12}}{4250} \right)}{\left(\frac{18,98 \times 10^{12}}{3650} \right)}$$

$$= 0,52$$



Dari grafik nomogram panjang efektif kolom tanpa pengaku (unbraced frame) diperoleh nilai faktor k sebesar 1,0

c. Check terhadap faktor kelangsingan

Nilai Radius Girasi (r) untuk kolom Unbraced adalah:

$$r = 0,3 \times h \quad (\text{SNI 2847 2013 10.10.1.2})$$

$$= 0,3 \times 350$$

$$= 105$$

$$\frac{kL_u}{i} = \frac{1,0 \times 4250}{105} = 40,48 > 22 \text{ (Kelangsingan di Perhitungkan).}$$

d. Perhitungan pembesaran momen

$$\begin{aligned} EI_{\text{kolom}} &= \frac{0,4 E_c I_g}{(1 + \beta_{\text{dns}})} \\ &= \frac{0,4 \times 22044,95 \times 1.250.520.833,333}{1 + 0,694} \\ &= 6,51 \cdot 10^{12} \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban Kritis, } P_c &= \frac{\pi^2 \times EI}{(k \times L_n)^2} \\ &= \frac{3,14^2 \times 6,51 \cdot 10^{12}}{(1,0 \times 4250)^2} \\ &= 3553549,95 \text{ N} \\ &= 3553,549 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_m &= 0,6 + 0,4 \times \frac{M_1}{M_2} \\ &= 0,6 + 0,4 \times \frac{42,587}{45,499} = 0,97 > 0,4 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Sehingga Pembesaran Momen s Dapat di hitung sebagai Berikut:

$$s = \frac{0,97}{1 - \frac{P_u}{0,75 P_c}} = 1$$

$$= \frac{0,97}{1 - \frac{199,715}{0,75 \times 3553,549}} \quad 1$$

$$= 1,05 \quad 1$$

$$\begin{aligned} M_c &= s \times M_2 \\ &= 1,05 \times 45,499 \text{ Kn.m} \\ &= 113,008 \text{ Kn.m} \end{aligned}$$

Jadi momen yang diperbesar akibat beban tekuk adalah 47,774 Kn.m

- Menghitung Gaya Aksial :

$$\begin{aligned} e &= \frac{M_u}{P_u} \\ &= \frac{45,499 \cdot 10^4}{199,72} \\ &= 227,82 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Menentukan penulangan dan ukuran kolom

Dalam perencanaan sebelumnya direncanakan ukuran kolom 350 x 350 dengan P_g 3 %

$$\rho' = \frac{A_s}{b \times d} = P_s = 3 \% \text{ (masing-masing)} = 1,5 \%$$

$$0,015 = \frac{A_s}{350 \times 310}$$

$$\begin{aligned} A_s &= 0,015 \times 350 \times 310 \\ &= 1627,5 \text{ mm}^2 \rightarrow 16,28 \text{ cm}^2 \text{ (Memakai besi Ulir 4D22)} \end{aligned}$$

$$A_s = A_s' = 1627,5 \text{ mm}^2$$

$$A_s = A_s' = 4D22$$

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{\pi}{4} D^2 \\ &= \frac{\pi}{4} \times 4 \times 22^2 \\ &= 1519,76 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Aksial} &= \frac{A_s}{b \times d} \\ &= \frac{1519,76}{350 \times 310} \\ &= 0,014 \end{aligned}$$

- **Luas Tulangan Total :**

$$\begin{aligned} A_s \text{ Total} &= 2 \times A_s \\ &= 2 \times 1519,76 \text{ mm}^2 \\ &= 3039,52 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_g &= b \times h \\ &= 350 \times 350 \\ &= 122500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- **Cek apakah eksentrisitas (e) lebih besar atau lebih kecil dari pada eksentrisitas balance (eb) :**

$$\begin{aligned} C_b &= \frac{600 \times d}{600 + F_y} \\ &= \frac{600 \times 310}{600 + 360} \\ &= \frac{186000}{960} \\ &= 193,75 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_b &= 1 \times C_b \\ &= 0,85 \times 193,75 \text{ mm} \\ &= 164,69 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f'_s &= 600 \times \frac{C_b - d}{C_b} \\ &= 600 \times \frac{193,75 - 40}{193,75} \\ &= 600 \times 0,794 \\ &= 476,13 \text{ MPa} > f_y = 360 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{nb} &= 0,65 (0,85 \times f'_c \times b \times a_b + A_s' \times f'_s - A_s \times f_y) 10^{-3} \\ &= 0,65 (0,85 \times 22 \times 350 \times 164,69 + 1519,76 \times 476,13 - \\ &\quad 1519,76 \times 360) 10^{-3} \end{aligned}$$

$$= 815,34 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} M_{nb} &= 0,65 (0,65 \times 0,85 \times f'_c \times b \times a_b \times (d - a_b/2) + 0,65 \times F_s \times \\ &A_s \times (d - d')) 10^{-6} \\ &= 0,65 (0,65 \times 0,85 \times 22 \times 350 \times 164,69 \times (310 - 164,69/2) \\ &\quad + 0,65 \times 476,13 \times 1519,76 (310 - 40) 10^{-6} \\ &= 186,22 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e_b &= \frac{M_{nb}}{P_{nb}} \\ &= \frac{186,22 \times 10^3}{815,34} \\ &= 228,396 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$e_b = 228,396 \text{ mm} > e = 227,82 \text{ mm}$$

Karena $e_b > e$, maka keruntuhan kolom berupa keruntuhan Tekan.

- **Pemeriksaan kekutan penampang Persamaan witney untuk kolom persegi gagal tekan menentukan :**

$$n = \frac{A_s \times f_y}{\frac{e}{d-d'} + 0,5} + \frac{A_g \times f_c}{\frac{3 \times h \times e}{d^2} + 1,18}$$

$$n = \frac{1519,76 \times 360}{\frac{227,82}{310-40} + 0,5} + \frac{122500 \times 22}{\frac{3 \times 350 \times 227,82}{360^2} + 1,18}$$

$$= 1141647,686 \text{ N}$$

$$= 1141,648 \text{ Kn} > P_n \text{ perlu} = 199,72 \text{ Kn} \dots\dots\dots(\mathbf{Aman})$$

$$\begin{aligned} P_n &= 0,65 \times P_n \\ &= 0,65 \times 1141,648 \text{ Kn} \end{aligned}$$

$$= 742,047 \text{ Kn} > P_u = 199,72 \text{ Kn} \dots\dots\dots(\mathbf{Aman})$$

$$MR = P_n \times e \times 10^{-3}$$

$$= 742,047 \times 227,82 \times 10^{-3}$$

$$= 169,057 \text{ kN.m} > M_u = 45,499 \text{ kN.m} \dots\dots\dots(\mathbf{Aman})$$

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 ²
Fy	= 360 MPa = 3600 Kg/m ²
Tinggi Kolom (h)	= 250 mm = 25 cm
Lebar Kolom (b)	= 250 mm = 25 cm
Selimut Beton (d')	= 40 mm = 4 cm
Tinggi Efektif (d)	= 210 mm = 21 cm
Standart Faktor Keamanan	= 3 %
Untuk F'c 30 MPa,	= 0,85
, (untuk kolom sengkang)	= 0,65
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 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

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 :

$$L_n(\text{Balok}) = 4000 - (0,5 \times (250 + 250)) = 3750 \text{ mm}$$

$$\text{dns} = 0,25$$

$$EI_{\text{kolom}} = \frac{0,7 E_c I_g}{1 + \beta_{\text{dns}}} \quad (\text{SNI 2847-2013 10.10.4.1})$$

$$= \frac{0,7 \times 22044,95 \times 325.520.833,333}{1 + 0,25}$$

$$= 4,02 \cdot 10^{12} \text{ N/mm}^2$$

$$EI_{\text{Balok}} = \frac{0,35 E_c I_g}{1 + \beta_{\text{dns}}} \quad (\text{SNI 2847-2013 10.10.4.1})$$

$$= \frac{0,35 \times 22044,95 \times 1.071.875.000}{1 + 0,25}$$

$$= 6,62 \cdot 10^{12} \text{ N/mm}^2$$

b. Menentukan Panjang Tekuk Kolom

Kolom Bagian Atas $B = 0$ Karena Tumpuan Jepit. Dalam perencanaan tidak menggunakan sistem pengaku sehingga

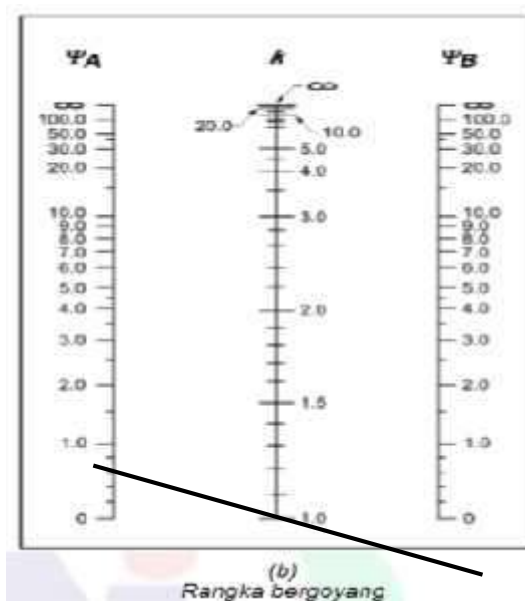
memungkinkan adanya goyangan pada elemen struktur, maka digunakan Rangka Unbraced / Bergoyang.

$$A = \frac{\sum EI/L_n(\text{kolom})}{\sum EI/L_n(\text{Balok})}$$

$$= \frac{4,02 \times 10^{12}}{4325}$$

$$= \frac{6,62 \times 10^{12}}{3750}$$

$$= 0,53$$



Dari grafik nomogram panjang efektif kolom tanpa pengaku (unbraced frame) diperoleh nilai faktor k sebesar 1,0

c. Check terhadap faktor kelangsingan

Nilai Radius Girasi (r) untuk kolom Unbraced adalah:

$$r = 0,3 \times h \quad (\text{SNI 2847 2013 10.10.1.2})$$

$$= 0,3 \times 250$$

$$= 75$$

$$\frac{kL_u}{r} = \frac{1,0 \times 4325}{75} = 57,67 > 22 \quad (\text{Kelangsingan di}$$

Perhitungan).

d. Perhitungan pembesaran momen

$$EI_{kolom} = \frac{0,4 E_c I_g}{(1 + \beta_{dns})}$$

$$= \frac{0,4 \times 22044,95 \times 325.520.833,333}{1 + 0,25}$$

$$= 2,296. 10^{12} \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Beban Kritis, } P_c = \frac{\pi^2 \times EI}{(k \times L_n)^2}$$

$$= \frac{3,14^2 \times 2,296. 10^{12}}{(1,0 \times 4325)^2}$$

$$= 1210205,04 \text{ N}$$

$$= 1210,205 \text{ kN}$$

$$C_m = 0,6 + 0,4 \times \frac{M_1}{M_2}$$

$$= 0,6 + 0,4 \times \frac{15,026}{15,817} = 0,98 > 0,4 \text{ (OK)}$$

Sehingga Pembesaran Momen s Dapat di hitung sebagai Berikut:

$$s = \frac{0,98}{1 - \frac{P_U}{0,75 P_c}} \geq 1$$

$$= \frac{0,98}{1 - \frac{339,288}{0,75 \times 1210,205}} \geq 1$$

$$= 1,57 \geq 1$$

$$M_c = s \times M_2$$

$$= 1,57 \times 15,817 \text{ Kn.m}$$

$$= 24,83 \text{Kn.m}$$

Jadi momen yang di perbesar akibat Beban tekuk adalah 24,83 Kn.m

- Menghitung Gaya Aksial :

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

$$= \frac{15,817 \cdot 10^3}{339,228}$$

$$= 46,628 \text{ mm}$$

- Menentukan penulangan dan ukuran kolom

Dalam perencanaan sebelumnya direncanakan ukuran kolom 250 x 250 dengan P_g 3 %

$$\rho = \frac{As}{b \times d} = P_s = 3 \% \text{ (masing-masing)} = 1,5 \%$$

$$0,015 = \frac{As}{250 \times 210}$$

$$As = 0,015 \times 250 \times 210$$

$$= 787,5 \text{ mm}^2 \rightarrow 78,8 \text{ cm}^2 \text{ (Memakai besi Ulir 4D16)}$$

$$As = As' = 787,5 \text{ mm}^2$$

$$As = As' = 4D16$$

$$As = \frac{n}{4} \pi D^2$$

$$= \frac{4}{4} \times 3,14 \times 16^2$$

$$= 803,854 \text{ mm}^2$$

$$\text{Aksial} = \frac{As}{b \times d}$$

$$= \frac{803,84}{250 \times 210}$$

$$= 0,015$$

- Luas Tulangan Total :

$$As \text{ Total} = 2 \times As$$

$$= 2 \times 803,84$$

$$\begin{aligned}
 &= 1607,68 \text{ mm}^2 \\
 Ag &= b \times h \\
 &= 250 \times 250 \\
 &= 62500 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- **Cek apakah eksentrisitas (e) lebih besar atau lebih kecil dari pada eksentrisitas balance (eb) :**

$$\begin{aligned}
 Cb &= \frac{600 \times d}{600 + Fy} \\
 &= \frac{600 \times 210}{600 + 360} \\
 &= \frac{126000}{960}
 \end{aligned}$$

$$= 131,25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 ab &= 1 \times Cb \\
 &= 0,85 \times 131,25 \text{ mm} \\
 &= 111,563 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f's &= 600 \times \frac{Cb - d}{Cb} \\
 &= 600 \times \frac{131,25 - 40}{131,25} \\
 &= 600 \times 0,6952 \\
 &= 417,14 \text{ MPa} > fy = 340 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Pnb &= 0,65 (0,85 \times f'c \times b \times ab + As' \times f's - As \times fy) 10^{-3} \\
 &= 0,65 (0,85 \times 22 \times 250 \times 111,563 + 803,84 \times 417,14 - \\
 &\quad 803,84 \times 360) 10^{-3} \\
 &= 368,867 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mnb &= 0,65 (0,65 \times 0,85 \times f'c \times b \times ab \times (d - ab/2) + 0,65 \times \\
 &\quad Fs \times As \times (d - d')) 10^{-6} \\
 &= 0,65 (0,65 \times 0,85 \times 22 \times 250 \times 111,563 \times (210 - \\
 &\quad 111,563/2) + 0,65 \times 417,14 \times 803,84 (210 - 40)) 10^{-6} \\
 &= 58,967 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 eb &= \frac{Mnb}{Pnb} \\
 &= \frac{58,067 \times 10^4}{368,867} \\
 &= 157,42 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$eb = 157,42 \text{ mm} > e = 46,628 \text{ mm}$$

Karena $eb > e$, maka keruntuhan kolom berupa keruntuhan tekan.

- **Pemeriksaan kekakuan penampang Persamaan Whitney untuk kolom persegi gagal tekan menentukan :**

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{A_s \times f_y}{\frac{e}{d-d'} + 0,5} + \frac{A_g \times f_c}{\frac{3 \times h \times e}{d^2} + 1,18} \\
 n &= \frac{803,84 \times 360}{\frac{46,628}{210-40} + 0,5} + \frac{62500 \times 22}{\frac{3 \times 250 \times 46,628}{210^2} + 1,18} \\
 &= 1070655,216 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$= 1070,655 \text{ Kn} > P_n \text{ perlu} = 339,228 \text{ Kn} \dots\dots\dots(\text{Aman})$$

$$P_n = 0,65 \times P_u$$

$$= 0,65 \times 1070,655 \text{ Kn}$$

$$= 695,926 \text{ Kn} > P_u = 339,228 \text{ Kn} \dots\dots\dots(\text{Aman})$$

$$MR = P_n \times e \times 10^{-3}$$

$$= 695,926 \times 46,628 \times 10^{-3}$$

$$32,449 \text{ kN.m} > M_u = 15,817 \text{ Kn} \dots\dots\dots(\text{Aman})$$

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 $A_g = 62500 \text{ mm}^2$.

$$\begin{aligned} \text{Maka, } g &= \frac{A_{st}}{A_g} \\ &= \frac{1607,68}{62500} \\ &= 0,026 \end{aligned}$$

$$0,01 < g = 0,026 < 0,08$$

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

$$\text{Aksial (Pu) Batang (603)} = 34591,60 \text{ Kg.m} = 339,228 \text{ Kn}$$

$$\text{Momen (Mu1)} = 2011,24 \text{ Kg.m} = 19,724 \text{ Kn}$$

$$\text{Momen (Mu2)} = 1982,809 \text{ Kg.m} = 19,348 \text{ Kn}$$

$$\text{Dimensi Kolom} = 250 \text{ mm} \times 250 \text{ mm}$$

$$F'c = 22 \text{ MPa} = 220 \text{ Kg/m}^2$$

$$Fy = 360 \text{ MPa} = 3600 \text{ Kg/m}^2$$

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 $F'_c = 30$ MPa,	= 0,85	
, (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 :

$$I_g = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{300 \times 330^3}{12} = 1.071.875.000 \text{ mm}^2$$

Panjang nominal Balok :

$$L_n(\text{Balok}) = 4000 - (0,5 \times (250 + 250)) = 3750 \text{ mm}$$

$$\beta_{dns} = 0,25$$

$$EI_{\text{kolom}} = \frac{0,7 E_c I_g}{1 + \beta_{dns}} \quad (\text{SNI 2847-2013 10.10.4.1})$$

$$= \frac{0,7 \times 22044,95 \times 1.071.875.000}{1 + 0,25}$$

$$= 4,02 \cdot 10^{12} \text{ N/mm}^2$$

$$EI_{\text{Balok}} = \frac{0,35 E_c I_g}{1 + \beta_{dns}} \quad (\text{SNI 2847-2013 10.10.4.1})$$

$$= \frac{0,35 \times 22044,95 \times 1.071.875.000}{1 + 0,25}$$

$$= 6,62 \cdot 10^{12} \text{ N/mm}^2$$

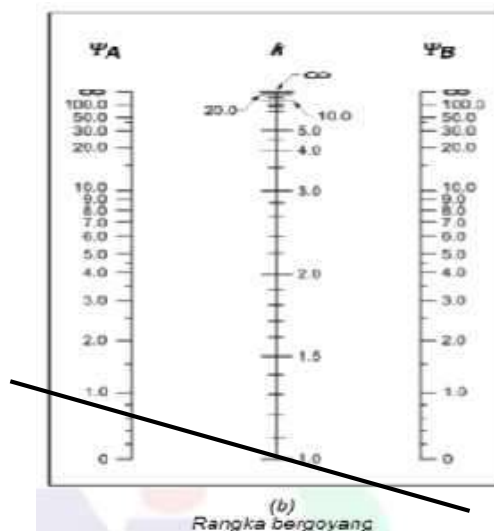
b. Menentukan Panjang Tekuk Kolom

Kolom Bagian Atas $B = 0$ Karena Tumpuan Jepit. Dalam perencanaan tidak menggunakan sistem pengaku sehingga memungkinkan adanya goyangan pada elemen struktur, maka digunakan Rangka Unbraced / Bergoyang.

$$A = \frac{\sum EI/L_n(\text{kolom})}{\sum EI/L_n(\text{Balok})}$$

$$= \frac{\left(\frac{4,02 \times 10^{12}}{4325} \right)}{\left(\frac{6,62 \times 10^{12}}{3750} \right)}$$

$$= 0,53$$



Dari grafik nomogram panjang efektif kolom tanpa pengaku (unbraced frame) diperoleh nilai faktor k sebesar 1,0

c. Check terhadap faktor kelangsingan

Nilai Radius Girasi (r) untuk kolom Unbraced adalah:

$$\begin{aligned} r &= 0,3 \times h \quad (\text{SNI 2847 2013 10.10.1.2}) \\ &= 0,3 \times 250 \\ &= 75 \end{aligned}$$

$$\frac{kL_u}{r} = \frac{1,0 \times 4325}{75} = 57,67 > 22 \quad (\text{Kelangsingan di Perhitungkan}).$$

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 η_s Dapat di hitung sebagai Berikut:

$$\eta_s = \frac{1,01}{1 - \frac{P_U}{0,75 P_C}} \geq 1$$

$$= \frac{1,01}{1 - \frac{339,288}{0,75 \times 1210,205}} \geq 1$$

$$= 1,61 \geq 1$$

$$M_c = \eta_s \times M_2$$

$$= 1,61 \times 19,348 \text{ Kn.m}$$

$$= 31,295 \text{ Kn.m}$$

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 %

$$= \rho = \frac{A_s}{b \times d} = P_s = 3 \% \text{ (masing-masing)} = 1,5 \%$$

$$0,015 = \frac{A_s}{250 \times 210}$$

$$\begin{aligned} A_s &= 0,015 \times 250 \times 210 \\ &= 787,5 \text{ mm}^2 \rightarrow 78,8 \text{ cm}^2 \text{ (Memakai besi Ulir 4D16)} \end{aligned}$$

$$A_s = A_s' = 787,5 \text{ mm}^2$$

$$A_s = A_s' = 4D16$$

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{n}{4} \pi D^2 \\ &= \frac{4}{4} \times 3,14 \times 16^2 \\ &= 803,84 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Aksial} &= \frac{A_s}{b \times d} \\ &= \frac{803,84}{250 \times 210} \\ &= 0,015 \end{aligned}$$

- **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) :**

$$\begin{aligned} C_b &= \frac{600 \times d}{600 + F_y} \\ &= \frac{600 \times 210}{600 + 360} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{126000}{960} \\
 &= 131,25 \text{ mm} \\
 ab &= 1 \times Cb \\
 &= 0,85 \times 131,25 \text{ mm} \\
 &= 111,563 \text{ mm} \\
 f's &= 600 \times \frac{Cb - d}{Cb} \\
 &= 600 \times \frac{131,25 - 40}{131,25} \\
 &= 600 \times 0,6952 \\
 &= 417,14 \text{ MPa} > f_y = 340 \text{ MPa} \\
 Pnb &= 0,65 (0,85 \times f'c \times b \times ab + A_s' \times f's - A_s \times f_y) 10^{-3} \\
 &= 0,65 (0,85 \times 22 \times 250 \times 111,563 + 803,84 \times 417,14 - \\
 &\quad 803,84 \times 360) 10^{-3} \\
 &= 368,867 \text{ kN} \\
 Mnb &= 0,65 (0,65 \times 0,85 \times f'c \times b \times a_b \times (d - a_b/2) + 0,65 \times \\
 &\quad F_s \times A_s \times (d - d')) 10^{-6} \\
 &= 0,65 (0,65 \times 0,85 \times 22 \times 250 \times 111,563 \times (210 - \\
 &\quad 111,563/2) + 0,65 \times 417,14 \times 803,84 (210 - 40)) 10^{-6} \\
 &= 58,967 \text{ kN.m} \\
 eb &= \frac{Mnb}{Pnb} \\
 &= \frac{58,067 \times 10^2}{368,867} \\
 &= 157,42 \text{ mm} \\
 eb &= 157,42 \text{ mm} > e = 58,142 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Karena $eb > e$, maka keruntuhan kolom berupa keruntuhan tekan.

- **Pemeriksaan kekutatan penampang Persamaan witney untuk kolom persegi gagal tekan menentukan :**

$$n = \frac{A_s \times f_y}{\epsilon \times d - d'} + \frac{A_g \times f_c}{\frac{3 \times h \times \epsilon}{d^2} + 1,18}$$

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{803,84 \times 360}{\frac{58,142}{210-40} + 0,5} + \frac{62500 \times 22}{\frac{3 \times 250 \times 58,142}{210^2} + 1,18} \\
 &= 977664,88\text{N} \\
 &= 977,665 > P_n \text{ perlu} = 339,228 \text{ Kn} \dots\dots\dots(\mathbf{Aman}) \\
 P_n &= 0,65 \times P_n \\
 &= 0,65 \times 977,665 \text{ Kn} \\
 &= 635,482 \text{ Kn} > P_u = 339,228 \text{ Kn} \dots\dots\dots(\mathbf{Aman}) \\
 MR &= P_n \times e \times 10^{-3} \\
 &= 635,482 \times 58,142 \times 10^{-3} \\
 &= 36,948 \text{ kN.m} > M_u = 19,724 \text{ Kn} \dots\dots\dots(\mathbf{Aman})
 \end{aligned}$$

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 $A_g = 62500 \text{ mm}^2$.

$$\begin{aligned}
 \text{Maka, } g &= \frac{A_{st}}{A_g} \\
 &= \frac{1607,68}{62500} \\
 &= 0,026
 \end{aligned}$$

$$0,01 < g = 0,026 < 0,08$$

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.

5.3.7 Kolom Praktis Lantai 3

Data

$$\text{Aksial (Pu) Batang (602)} = 18837,35 \text{ Kg.m} = 184,731 \text{ Kn}$$

$$\text{Momen (Mu1)} = 1861,22 \text{ Kg.m} = 18,252 \text{ Kn}$$

$$\text{Momen (Mu2)} = 1826,68 \text{ Kg.m} = 17,914 \text{ Kn}$$

$$\text{Dimensi Kolom} = 250 \text{ mm} \times 250 \text{ mm}$$

$$F'c = 22 \text{ MPa} = 220 \text{ Kg/m}^2$$

$$Fy = 360 \text{ MPa} = 3600 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Tinggi Kolom (h)} = 250 \text{ mm} = 25 \text{ cm}$$

$$\text{Lebar Kolom (b)} = 250 \text{ mm} = 25 \text{ cm}$$

$$\text{Selimut Beton (d')} = 40 \text{ mm} = 4 \text{ cm}$$

$$\text{Tinggi Efektif (d)} = 210 \text{ mm} = 21 \text{ cm}$$

$$\text{Standart Faktor Keamanan} = 3 \%$$

$$\text{Untuk } F'c = 30 \text{ MPa,} = 0,85$$

$$, \text{ (untuk kolom sengkang)} = 0,65$$

$$\text{Kolom sengkang} = 0,85$$

Penyelesaian :

$$b = 250 \text{ mm}$$

$$d = b - (\text{selimut beton})$$

$$= 250 \text{ mm} - 40 \text{ mm}$$

$$= 210 \text{ mm}$$

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 (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 :

$$L_{n(\text{Balok})} = 4000 - (0,5 \times (250 + 250)) = 3750 \text{ mm}$$

$$\text{dns} = 0,25$$

$$EI_{\text{kolom}} = \frac{0,7 E_c I_g}{1 + \beta_{\text{dns}}} \quad (\text{SNI 2847-2013 10.10.4.1})$$

$$= \frac{0,7 \times 22044,95 \times 325.520.833,333}{1 + 0,25}$$

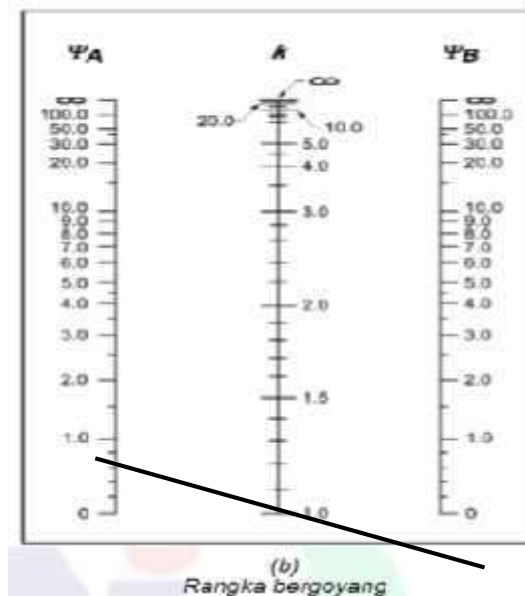
$$= 4,02 \cdot 10^{12} \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 EI_{\text{Balok}} &= \frac{0,35 E_c I_g}{1 + \beta_{\text{dns}}} \quad (\text{SNI 2847-2013 10.10.4.1}) \\
 &= \frac{0,35 \times 22044,95 \times 1.071.875.000}{1 + 0,25} \\
 &= 6,62 \cdot 10^{12} \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

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.

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{\sum EI/L_n(\text{kolom})}{\sum EI/L_n(\text{Balok})} \\
 &= \frac{\left(\frac{4,02 \times 10^{12}}{4325} \right)}{\left(\frac{6,62 \times 10^{12}}{3750} \right)} \\
 &= 0,53
 \end{aligned}$$



Dari grafik nomogram panjang efektif kolom tanpa pengaku (unbraced frame) diperoleh nilai faktor k sebesar 1,0

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 δ_s Dapat di hitung sebagai Berikut:

$$s = \frac{1,01}{1 - \frac{P_U}{0,75 P_C}} = 1$$

$$= \frac{1,01}{1 - \frac{184,731}{0,75 \times 1210,205}} = 1$$

$$= 1,23$$

$$M_c = s \times M_2$$

$$= 1,23 \times 17,914 \text{ Kn.m}$$

$$= 22,034 \text{ Kn.m}$$

Jadi momen yang diperbesar akibat beban tekuk adalah 22,034 Kn.m

- Menghitung Gaya Aksial :

$$e = \frac{M_u}{P_u}$$

$$= \frac{18,252 \cdot 10^3}{184,73}$$

$$= 98,805 \text{ mm}$$

- Menentukan penulangan dan ukuran kolom

Dalam perencanaan sebelumnya direncanakan ukuran kolom 250 x 250 dengan P_g 3 %

$$\rho = \frac{A_s}{b \times d} = P_s = 3 \% \text{ (masing-masing)} = 1,5 \%$$

$$0,015 = \frac{A_s}{250 \times 210}$$

$$A_s = 0,015 \times 250 \times 210$$

$$= 787,5 \text{ mm}^2 \rightarrow 78,8 \text{ cm}^2 \text{ (Memakai besi Ulir 4D16)}$$

$$A_s = A_s' = 787,5 \text{ mm}^2$$

$$A_s = A_s' = 4D16$$

$$A_s = \frac{\pi}{4} n D^2$$

$$= \frac{4}{4} \times 3,14 \times 16^2$$

$$= 803,854 \text{ mm}^2$$

$$\text{Aksial} = \frac{A_s}{b \times d}$$

$$= \frac{803,84}{250 \times 210}$$

$$= 0,015$$

- **Luas Tulangan Total :**

$$A_s \text{ Total} = 2 \times A_s$$

$$= 2 \times 803,84$$

$$= 1607,68 \text{ mm}^2$$

$$A_g = b \times h$$

$$= 250 \times 250$$

$$= 62500 \text{ mm}^2$$

- **Cek apakah eksentrisitas (e) lebih besar atau lebih kecil dari pada eksentrisitas balance (eb) :**

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

$$= \frac{600 \times 210}{600 + 360}$$

$$= \frac{126000}{960}$$

$$= 131,25 \text{ mm}$$

$$a_b = 1 \times C_b$$

$$= 0,85 \times 131,25 \text{ mm}$$

$$= 111,563 \text{ mm}$$

$$f'_s = 600 \times \frac{C_b - d}{C_b}$$

$$= 600 \times \frac{131,25 - 40}{131,25}$$

$$= 600 \times 0,6952$$

$$= 417,14 \text{ MPa} > f_y = 340 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}
 P_{nb} &= 0,65 (0,85 \times f'_c \times b \times a_b + A_{s'} \times f'_s - A_s \times f_y) 10^{-3} \\
 &= 0,65 (0,85 \times 22 \times 250 \times 111,563 + 803,84 \times 417,14 - \\
 &\quad 803,84 \times 360) 10^{-3} \\
 &= 368,867 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{nb} &= 0,65 (0,65 \times 0,85 \times f'_c \times b \times a_b \times (d - a_b/2) + 0,65 \times \\
 &\quad F_s \times A_s \times (d - d')) 10^{-6} \\
 &= 0,65 (0,65 \times 0,85 \times 22 \times 250 \times 111,563 \times (210 - \\
 &\quad 111,563/2) + 0,65 \times 417,14 \times 803,84 (210 - 40)) 10^{-6} \\
 &= 58,967 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e_b &= \frac{M_{nb}}{P_{nb}} \\
 &= \frac{58,067 \times 10^2}{368,867} \\
 &= 157,42 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$e_b = 157,42 \text{ mm} > e = 98,805 \text{ mm}$$

Karena $e_b > e$, maka keruntuhan kolom berupa keruntuhan tekan.

- **Pemeriksaan kekutan penampang Persamaan witney untuk kolom persegi gagal tekan menentukan :**

$$n = \frac{A_s \times f_y}{\frac{e}{d-d'} + 0,5} + \frac{A_g \times f_c}{\frac{3 \times h \times e}{d^2} + 1,18}$$

$$n = \frac{803,84 \times 360}{\frac{98,805}{210-40} + 0,5} + \frac{62500 \times 22}{\frac{3 \times 250 \times 98,805}{210^2} + 1,18}$$

$$= 748358,02 \text{ N}$$

$$= 748,358 \text{ Kn} > P_n \text{ perlu} = 184,73 \text{ Kn} \dots\dots\dots(\text{Aman})$$

$$P_n = 0,65 \times P_n$$

$$= 0,65 \times 748,358 \text{ Kn}$$

$$= 486,433 \text{ Kn} > P_u = 339,228 \text{ Kn} \dots\dots\dots(\text{Aman})$$

$$MR = P_n \times e \times 10^{-3}$$

$$= 486,433 \times 98,805 \times 10^{-3}$$

$$= 48,062 \text{ kN.m} > \text{Mu} = 18,252 \text{ Kn.m} \dots \dots \dots (\text{Aman})$$

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 memperkuat kedudukan tulangan pokok.

5.3.8 Kolom Praktis Lantai 4

Data

$$\text{Aksial (Pu) Batang (601)} = 8700,67 \text{ Kg.m} = 85,324 \text{ Kn}$$

$$\text{Momen (Mu1)} = 1195,25 \text{ Kg.m} = 11,721 \text{ Kn}$$

$$\text{Momen (Mu2)} = 1175 \text{ Kg.m} = 11,523 \text{ Kn}$$

$$\text{Dimensi Kolom} = 250 \text{ mm} \times 250 \text{ mm}$$

$$F'c = 22 \text{ MPa} = 220 \text{ Kg/m}^2$$

$$Fy = 360 \text{ MPa} = 3600 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Tinggi Kolom (h)} = 250 \text{ mm} = 25 \text{ cm}$$

$$\text{Lebar Kolom (b)} = 250 \text{ mm} = 25 \text{ cm}$$

$$\text{Selimut Beton (d')} = 40 \text{ mm} = 4 \text{ cm}$$

$$\text{Tinggi Efektif (d)} = 210 \text{ mm} = 21 \text{ cm}$$

$$\text{Standart Faktor Keamanan} = 3 \%$$

$$\text{Untuk } F'c = 30 \text{ MPa,} = 0,85$$

$$, \text{ (untuk kolom sengkang)} = 0,65$$

$$\text{Kolom sengkang} = 0,85$$

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

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 :

$$L_n(\text{Balok}) = 4000 - (0,5 \times (250 + 250)) = 3750 \text{ mm}$$

$$d_{ns} = 0,25$$

$$EI_{\text{kolom}} = \frac{0,7 E_c I_g}{1 + \beta_{d_{ns}}} \quad (\text{SNI 2847-2013 10.10.4.1})$$

$$= \frac{0,7 \times 22044,95 \times 325.520.833,333}{1 + 0,25}$$

$$= 4,02 \cdot 10^{12} \text{ N/mm}^2$$

$$EI_{\text{Balok}} = \frac{0,35 E_c I_g}{1 + \beta_{d_{ns}}} \quad (\text{SNI 2847-2013 10.10.4.1})$$

$$= \frac{0,35 \times 22044,95 \times 1.071.875.000}{1 + 0,25}$$

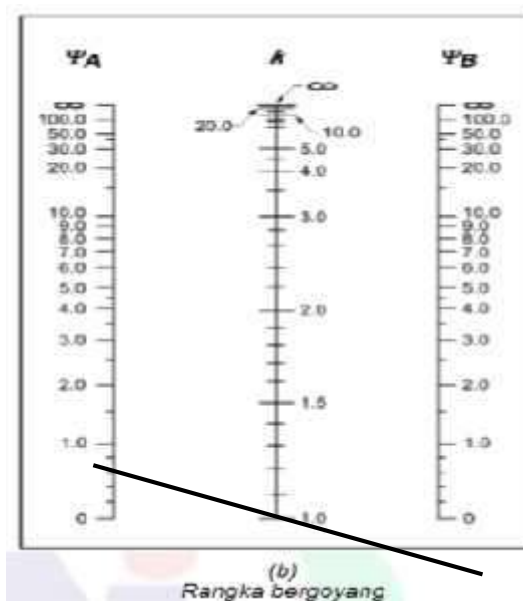
$$= 6,62 \cdot 10^{12} \text{ N/mm}^2$$

b. Menentukan Panjang Tekuk Kolom

Kolom Bagian Atas $B = 0$ Karena Tumpuan Jepit. Dalam perencanaan tidak menggunakan sistem pengaku sehingga

memungkinkan adanya goyangan pada elemen struktur, maka digunakan Rangka Unbraced / Bergoyang.

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{\sum EI/L_n(\text{kolom})}{\sum EI/L_n(\text{Balok})} \\
 &= \left(\frac{4,02 \times 10^{12}}{4325} \right) \\
 &= \left(\frac{6,62 \times 10^{12}}{3750} \right) \\
 &= 0,53
 \end{aligned}$$



Dari grafik nomogram panjang efektif kolom tanpa pengaku (unbraced frame) diperoleh nilai faktor k sebesar 1,0

c. Check terhadap faktor kelangsingan

Nilai Radius Girasi (r) untuk kolom Unbraced adalah:

$$\begin{aligned}
 r &= 0,3 \times h \quad (\text{SNI 2847 2013 10.10.1.2}) \\
 &= 0,3 \times 250 \\
 &= 75
 \end{aligned}$$

$$\frac{kL_u}{r} = \frac{1,0 \times 4325}{75} = 57,67 > 22 \quad (\text{Kelangsingan di}$$

Perhitungan).

d. Perhitungan pembesaran momen

$$EI_{kolom} = \frac{0,4 E_c I_g}{(1 + \beta_{dns})}$$

$$= \frac{0,4 \times 22044,95 \times 325.520.833,333}{1 + 0,25}$$

$$= 2,296 \cdot 10^{12} \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Beban Kritis, } P_c = \frac{\pi^2 \times EI}{(k \times L_n)^2}$$

$$=$$

$$= 121205,03 \text{ N}$$

$$= 1210,205 \text{ kN}$$

$$C_m = 0,6 + 0,4 \times \frac{M_1}{M_2}$$

$$= 0,6 + 0,4 \times \frac{11,721}{11,523} = 1,01 > 0,4 \text{ (OK)}$$

Sehingga Pembesaran Momen s Dapat di hitung sebagai Berikut:

$$s = \frac{1,01}{1 - \frac{P_u}{0,75 P_c}} \geq 1$$

$$= \frac{1,01}{1 - \frac{83,324}{0,75 \times 1210,205}} \geq 1$$

$$= 1,1 \geq 1$$

$$M_c = s \times M_2$$

$$= 1,1 \times 11,523 \text{ Kn.m}$$

$$= 12,68 \text{ Kn.m}$$

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 P_g 3 %

$$\rho = \frac{A_s}{b \times d} = P_g = 3 \% \text{ (masing-masing)} = 1,5 \%$$

$$0,015 = \frac{A_s}{250 \times 210}$$

$$A_s = 0,015 \times 250 \times 210 = 787,5 \text{ mm}^2 \rightarrow 78,8 \text{ cm}^2 \text{ (Memakai besi Ulir 4D16)}$$

$$A_s = A_s' = 787,5 \text{ mm}^2$$

$$A_s = A_s' = 4D16$$

$$A_s = \frac{n}{4} \pi D^2 = \frac{4}{4} \times 3,14 \times 16^2 = 803,854 \text{ mm}^2$$

$$\text{Aksial} = \frac{A_s}{b \times d} = \frac{803,84}{250 \times 210} = 0,015$$

- 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) :**

$$\begin{aligned}
 C_b &= \frac{600 \times d}{600 + F_y} \\
 &= \frac{600 \times 210}{600 + 360} \\
 &= \frac{126000}{960} \\
 &= 131,25 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a_b &= 1 \times C_b \\
 &= 0,85 \times 131,25 \text{ mm} \\
 &= 111,563 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f'_s &= 600 \times \frac{C_b - d}{C_b} \\
 &= 600 \times \frac{131,25 - 40}{131,25} \\
 &= 600 \times 0,6952 \\
 &= 417,14 \text{ MPa} > f_y = 340 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{nb} &= 0,65 (0,85 \times f'_c \times b \times a_b + A_s' \times f'_s - A_s \times f_y) 10^{-3} \\
 &= 0,65 (0,85 \times 22 \times 250 \times 111,563 + 803,84 \times 417,14 - \\
 &\quad 803,84 \times 360) 10^{-3} \\
 &= 368,867 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{nb} &= 0,65 (0,65 \times 0,85 \times f'_c \times b \times a_b \times (d - a_b/2) + 0,65 \times \\
 &\quad F_s \times A_s \times (d - d')) 10^{-6} \\
 &= 0,65 (0,65 \times 0,85 \times 22 \times 250 \times 111,563 \times (210 - \\
 &\quad 111,563/2) + 0,65 \times 417,14 \times 803,84 (210 - 40)) 10^{-6} \\
 &= 58,967 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

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

$$= \frac{58,067 \times 10^7}{368,867}$$

$$= 157,42 \text{ mm}$$

$$e_b = 157,42 \text{ mm} > e = 137,37 \text{ mm}$$

Karena $e_b > e$, maka keruntuhan kolom berupa keruntuhan tekan.

- **Pemeriksaan kekakuan penampang Persamaan witney untuk kolom persegi gagal tekan menentukan :**

$$n = \frac{A_s \times f_y}{\frac{e}{d-d} + 0,5} + \frac{A_g \times f_c}{\frac{3 \times h \times e}{d^2} + 1,18}$$

$$n = \frac{803,84 \times 360}{\frac{137,37}{210-40} + 0,5} + \frac{62500 \times 22}{\frac{3 \times 250 \times 137,37}{210^2} + 1,18}$$

$$= 612261,923 \text{ N}$$

$$= 612,262 \text{ Kn} > P_n \text{ perlu} = 85,324 \text{ Kn} \dots\dots\dots(\text{Aman})$$

$$P_n = 0,65 \times P_n$$

$$= 0,65 \times 612,262 \text{ Kn}$$

$$= 397,97 \text{ Kn} > P_u = 85,324 \text{ Kn} \dots\dots\dots(\text{Aman})$$

$$MR = P_n \times e \times 10^{-3}$$

$$= 397,97 \times 137,37 \times 10^{-3}$$

$$= 54,671 \text{ kN.m} > M_u = 11,721 \text{ Kn.m} \dots\dots\dots(\text{Aman})$$

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 $A_g = 62500 \text{ mm}^2$.

$$\text{Maka, } g = \frac{A_{st}}{A_g}$$

$$= \frac{1607,68}{62500}$$

$$= 0,026$$

$$0,01 < g = 0,026 < 0,08$$

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

$$\text{Gaya Aksial (Pu) (285)} = 117085,39 \text{ Kg} = 1148,215 \text{ kN}$$

$$\text{Momen Ultimate (Mu)} = 12218,38 \text{ Kg} = 119,821 \text{ kN}$$

$$\text{Gaya Geser} = 7642,96 \text{ kg} = 74,952 \text{ kN}$$

$$\text{Mutu beton (f'c)} = 22 \text{ Mpa}$$

$$\text{Mutu Baja (fy)} = 360 \text{ Mpa}$$

$$\text{Bj Beton} = 2400 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Tebal Pelat Pondasi} = 35 \text{ cm} = 0,35 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman Pondasi (Df)} = 2,25 \text{ m} = 225 \text{ cm}$$

$$\text{sudut gesek tanah (} \phi \text{)} = 25^\circ$$

$$\text{Safe Faktor (SF)} = 2,5$$

$$\text{Tegangan izin(} \sigma \text{)} = 3,4 \text{ kg/cm}^2$$

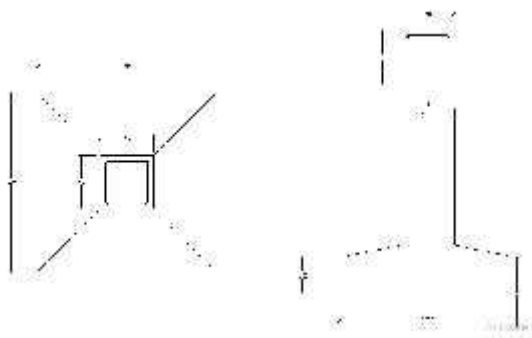
$$\text{Berat Volume tanah (} \gamma \text{)} = 1,46 \text{ Ton/m}^2 = 0,00146 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{kohesi tanah (C)} = 0,312 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Ev} = 3900 \text{ Ton/m}^2 \text{ (modulus elastisitas tanah)}$$

$$\text{Pc'} = 80 \text{ KN/m}^2 \text{ (tekanan pra konsolidasi)}$$

$$\text{Mv} = 0,00003 \text{ m}^2/\text{KN} \text{ (koef.kemampatan)}$$



1. Kapasitas Dukung Tanah

Karena $25^\circ < 28^\circ$, maka digunakan rumus terzhagi untuk Kondisi Local Shear failur

Dari Tabel Terzhagi untuk Kondisi Local Shear failur di peroleh :

ϕ	25°
N_c	$14,8$
N_q	$5,6$
$N_{\gamma'}$	$3,2$

Mengecek Kapasitas daya dukung ultimate :

$$q = D_f \times \gamma'$$

$$= 225 \times 0,00146$$

$$= 0,329$$

$$q'_{ult} = (C \times N_c) + (q \times N_q) + (0,5 \times b \times \gamma' \times N_{\gamma'})$$

$$= (0,312 \times 14,8) + (0,329 \times 5,6) + (0,5 \times 190 \times 0,00146 \times 3,2)$$

$$= 6,904 \text{ kg/cm}^2$$

Daya dukung tanah yang di izinkan

$$q'_{all} = \frac{q'_{ult}}{SF}$$

$$= \frac{6,904}{2,5}$$

$$= 2,762$$

2. Kontrol Tegangan Tanah :

Luas Dasar FootPlat

$$= B_x = 190 \text{ cm}, B_y = 190 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Tahanan Momen Arah x (Wx)} &= 1/6 \times B_y \times B_x^2 \\ &= 1/6 * 190 \times 190^2 \\ &= 1143166,67 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tahanan Momen Arah y (Wy)} &= 1/6 \times B_x \times B_y^2 \\ &= 1/6 * 190 \times 190^2 \\ &= 1143166,67 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi Tanah di atas Foot Plat (z)} &= D_f - h \\ &= 225 - 35 \\ &= 190 \text{ cm} \end{aligned}$$

Tegangan Sebenarnya Yang terjadi pada Pondasi :

$$\begin{aligned} \max &= \frac{P_u}{A} + \frac{M_{ux}}{W_x} + \frac{M_{uy}}{W_y} \\ &= \frac{117089,39}{36100} + \frac{12218,38}{1143166,67} + \frac{12218,38}{1143166,67} \\ &= 3,26 \text{ kg/cm}^2 < I_{zin} = 3,4 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \min &= \frac{P_u}{A} - \frac{M_{ux}}{W_x} - \frac{M_{uy}}{W_y} \\ &= \frac{117089,68}{36100} - \frac{12218,38}{1143166,67} - \frac{12218,38}{1143166,67} \\ &= 3,22 \text{ kg/cm}^2 < I_{zin} = 3,4 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Jadi di pakai = $3,26 \text{ kg/cm}^2 < I_{zin} = 3,4 \text{ kg/cm}^2$ (Tanah Aman)

3. Kontrol Tegangan Geser :

$$\text{Tebal Pondasi} = 350 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut Beton} = 75 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{Tebal Tinggi Efektif} &= 350 - 75 \\ &= 275\text{mm} = 27,5 \text{ cm}\end{aligned}$$

Gaya Geser Terfaktor yang Bekerja Pada Penampang Kritis

$$V_u = \dots \times L \times G'$$

V_u = Gaya Geser

$$= 3,26 \text{ Kg/cm}^2$$

G' = Daerah Pembebanan Diperhitungkan untuk Geser Satu Arah

$$G' = L - \left(\frac{L}{2} + \frac{L.\text{Kolom}}{2} + d \right)$$

$$G' = 1900 - \left(\frac{1900}{2} + \frac{200}{2} + 275 \right)$$

$$G' = 425 \text{ mm} = 42,5 \text{ cm}$$

$$V_u = \dots \times L \times G'$$

$$V_u = 3,26 \times 190 \times 42,5$$

$$V_u = 26324,5 \text{ kg}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c} \times b \times d$$

$$V_c = 0,75 \times \frac{1}{6} \sqrt{22} \times 1900 \times 275$$

$$V_c = 306342,779 \text{ N}$$

$$= 31238,27 \text{ Kg}$$

$$= 31238,27 \text{ Kg} > V_u = 26324,5 \text{ Kg} \quad (\text{OKE})$$

Kontrol Geser 2 Arah :

$$B' = L.\text{Kolom} + 2 \left(\frac{1}{2} \right) \times d$$

$$B' = 500 + \left(2 \left(\frac{1}{2}\right) \times 275\right)$$

$$B' = 775 \text{ mm} = 77,5 \text{ cm}$$

Gaya Geser yang Bekerja Pada Penampang Kritis

$$V_u = (L^2 - B^2)$$

Dimana :

= Tegangan Izin tanah

$$= 3,26 \text{ Kg/cm}^2$$

B' = Lebar Penampang Kritis Pondasi

$$B' = 77,5 \text{ cm}$$

L = Panjang Pondasi

$$L = 190 \text{ cm}$$

$$V_u = 3,26 (190^2 - 77,5^2)$$

$$= 98105,625 \text{ Kg}$$

Besaran V_c :

Rasio Sisi panjang Terhadap Sisi Pendek Kolom :

$$c = \frac{\text{Sisi Panjang}}{\text{Sisi Lebar}}$$

$$= \frac{190}{190}$$

$$c = 1$$

Lebar Bidang Geser arah x

$$(b_o) = 4 \times B'$$

$$= 4 \times B'$$

$$= 4 \times 77,5$$

$$= 310 \text{ cm} = 3100 \text{ mm}$$

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_c'} b_o d}{6} \quad (1)$$

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{1}\right) \frac{\sqrt{22} \times 3100 \times 275}{6}$$

$$= 1999289,72 \text{ N}$$

$$= 203870,41 \text{ Kg}$$

$$V_c = \left(\frac{as d}{b_o} + 2\right) \frac{\sqrt{f_c'} b_o x d}{12} \quad (2)$$

$$= \left(\frac{50 \times 275}{3100} + 2\right) \frac{\sqrt{22} \times 3100 \times 275}{12}$$

$$= 2144399,46 \text{ N}$$

$$= 218667,88 \text{ Kg}$$

$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} b_o x d \quad (3)$$

$$V_c = \frac{1}{3} (\sqrt{22} \times 3100 \times 275)$$

$$V_c = 1332859,81 \text{ N}$$

$$= 135913,88 \text{ Kg}$$

Jadi V_c yang Dipakai Adalah Yang Terbesar = 135913,88 Kg

$$V_c = 0,75 \times V_c$$

$$V_c = 0,75 \times 135913,88$$

$$V_c = 101935,41 \text{ kg} > V_u = 98105,625 \text{ Kg} \quad (\text{OKE})$$

4. Menentukan Pebesian Pondasi :

$$u = 3,26 \text{ kg/cm}^2$$

$$q = u \times 1\text{m}^3$$

$$q = 3,26 \text{ kg/cm}^2 \times 100 \text{ cm}$$

$$q = 326 \text{ Kg/cm}$$

$$= 32600 \text{ Kg/m}$$

$$Mu = \frac{1}{2} \times q \text{ Lb}^2$$

$$Mu = \frac{1}{2} \times 32600 \times \left(\frac{1,9}{2} - \frac{0,5}{2} \right)^2$$

$$Mu = 7987 \text{ Kg.m}$$

Bila dipakai tulangan dengan D22 dengan jarak 200

$$As = 0,25 \times 3,14 \times 22^2 \times \left(\frac{1900}{200} + 1 \right)$$

$$As = 3989,37 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times fc \times b}$$

$$a = \frac{3989,37 \times 360}{0,85 \times 22 \times 1900}$$

$$a = 40,42 \text{ mm}$$

$$Mn = \phi \times As \times fy \times \left(d - \frac{1}{2} a \right)$$

$$Mn = 0,8 \times 3989,37 \times 360 \times \left(275 - \frac{1}{2} \times 40,42 \right)$$

$$Mn = 292738055,7 \text{ N.mm}$$

$$= 29850,97 \text{ Kgm} > Mu = 7987 \text{ Kg.m (OKE)}$$

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 m	= 2250 mm
= L2 = 2,25 + 4,5	= 6,75 m	= 6750 mm
= L3 = 6,75 + 4,5	= 11,25 m	= 11250 mm
= L4 = 11,25 + 4,5	= 15,75 m	= 15750 mm
= L5 = 15,75 + 4,5	= 20,25 m	= 20250 mm
- s (batas layan arah X) Comb 3 , dengan nilai U2 terbesar pada SAP 2000 (xz)

L5 = 3,65 mm
L4 = 3,02 mm
L3 = 2,03 mm
L2 = 0,97 mm
L1 = 0,09 mm
- s (batas layan arah Y) Comb 3 , dengan nilai U2 terbesar pada SAP 2000 (yz)

L5 = 4,73 mm
L4 = 3,89 mm
L3 = 2,63 mm
L2 = 1,3 mm
L1 = 0,2 mm
- m (batas ultimit arah X) Comb 3 , dengan nilai U2 terbesar pada SAP 2000 (xz)

L5 = 3,65 mm

$$L4 = 3,02 \text{ mm}$$

$$L3 = 2,03 \text{ mm}$$

$$L2 = 0,97 \text{ mm}$$

$$L1 = 0,09 \text{ mm}$$

- m (batas ultimit arah Y) Comb 3 , dengan nilai U2 terbesar pada SAP 2000 (yz)

$$L5 = 4,73 \text{ mm}$$

$$L4 = 3,89 \text{ mm}$$

$$L3 = 2,63 \text{ mm}$$

$$L2 = 1,3 \text{ mm}$$

$$L1 = 0,2 \text{ mm}$$

a. Cek Batas Layan Pada Bangunan

$$\begin{aligned} \text{Syarat kinerja batas} &= \frac{0,03}{R} \times h \text{ per lantai} \\ &= \frac{0,03}{8} \times 2250 \\ &= 8,438 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Drift antar tingkat} &= s_i - \text{drift } s \text{ Lantai-i} \\ s-3 &= 2,03 - (0,09 + 0,88) \\ &= 1,06 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tabel Analisis s akibat gempa pada SRPMK Arah X

Lantai ke	hi (mm)	s (mm)	Drift 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

Tabel Analisis geser akibat gempa pada SRPMK Arah Y

Lantai ke	hi (mm)	s (mm)	Drift geser, 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)

$$= 0,02 \times 2250$$

$$= 45$$

Drift geser, antar tingkat dihitung :

$$\Delta = 0,7 \cdot R \cdot \Delta_m \text{ (antar tingkat)}$$

Tabel Analisis geser akibat gempa pada SRPMK Arah X

Lantai ke	Hi	Δ_m	Drift geser, antar tingkat (mm)	Syarat drift geser (mm)	Keterangan
	(mm)	(mm)			
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

Tabel Analisis geser akibat gempa pada SRPMK Arah Y

Lantai ke	Hi	Δ_m	Drift geser, antar tingkat (mm)	Syarat drift geser (mm)	Keterangan
	(mm)	(mm)			
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.

DAFTAR PUSTAKA

- Asroni, Ali.2010. *Kolom Fondasi & Balok T Beton Bertulang*. Yogyakarta. Grahailmu.
- Asroni, Ali. 2010. *Balok dan Pelat Beton Bertulang*. Yogyakarta. Grahailmu.
- Departemen Pendidikan Umum. 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SK SNI 03 – 2847 – 2002)*. Bandung : Yayasan LPMB.
- Dipohusodo, Istimawan(1994). *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. 1983. *Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung*. Bandung : Yayasan LPMB.
- 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.
- 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 Pamekasan KM 5 Patsan, Sumenep

PERANCANGAN BANGUNAN SIPIL

CATATAN/REVISI

DI BUAT OLEH

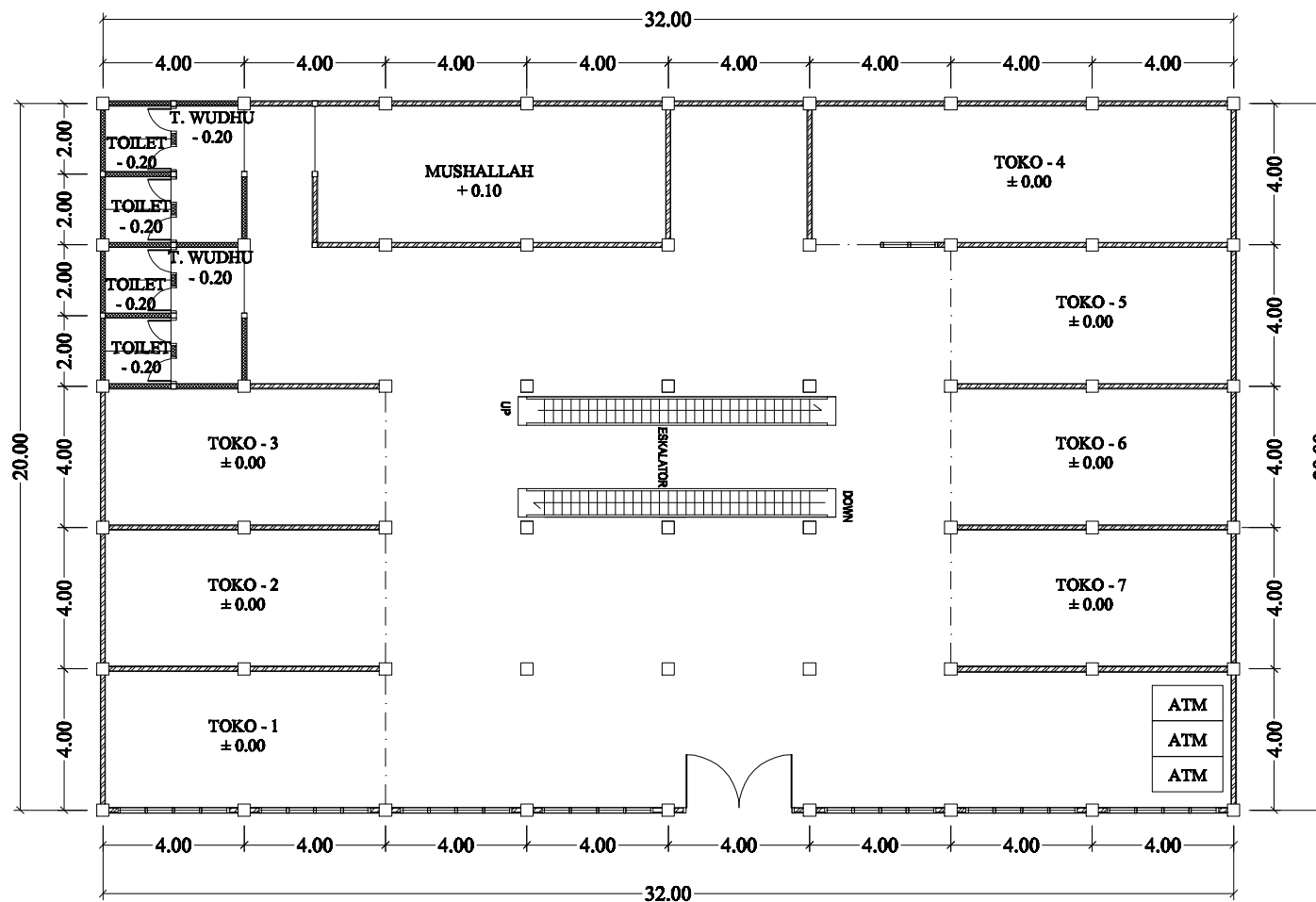
NAMA MAHASISWA	NPM
ARIFAH ESTIQOMAH	717.5.1.0890
MOH. ADI SUWARNO	717.5.1.0903

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 Pamekasan KM 5 Patsan, Sumenep

PERANCANGAN BANGUNAN SIPIL

CATATAN/REVISI

DI BUAT OLEH

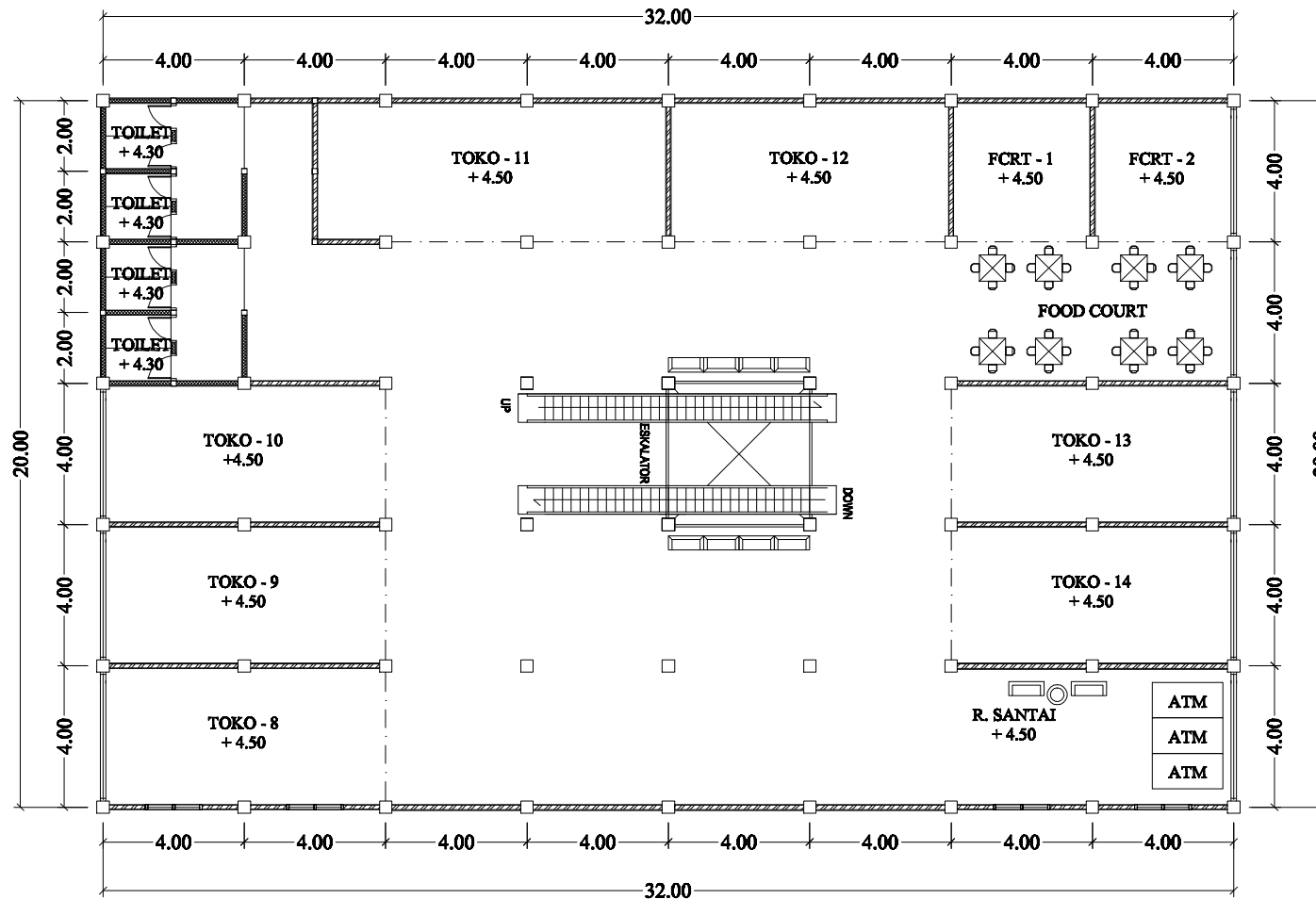
NAMA MAHASISWA	NPM
ARIFAH ESTIQOMAH	717.5.1.0890
MOH. ADI SUWARNO	717.5.1.0903

DI PERIKSA OLEH

DOSEN PENGAMPUH	TANDA TANGAN
ANITA INTAN NURA DIANA, MT	
NAMA GAMBAR	SKALA
DENAH ARSITEKTUR	1 : 200
NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR

2

27



DENAH LANTAI 2
SKALA 1 : 200



UNIVERSITAS WIRARAJA SUMENEP
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
 Jl. Raya Sumenep Pamekasan KM 5 Patsan, Sumenep

PERANCANGAN BANGUNAN SIPIL

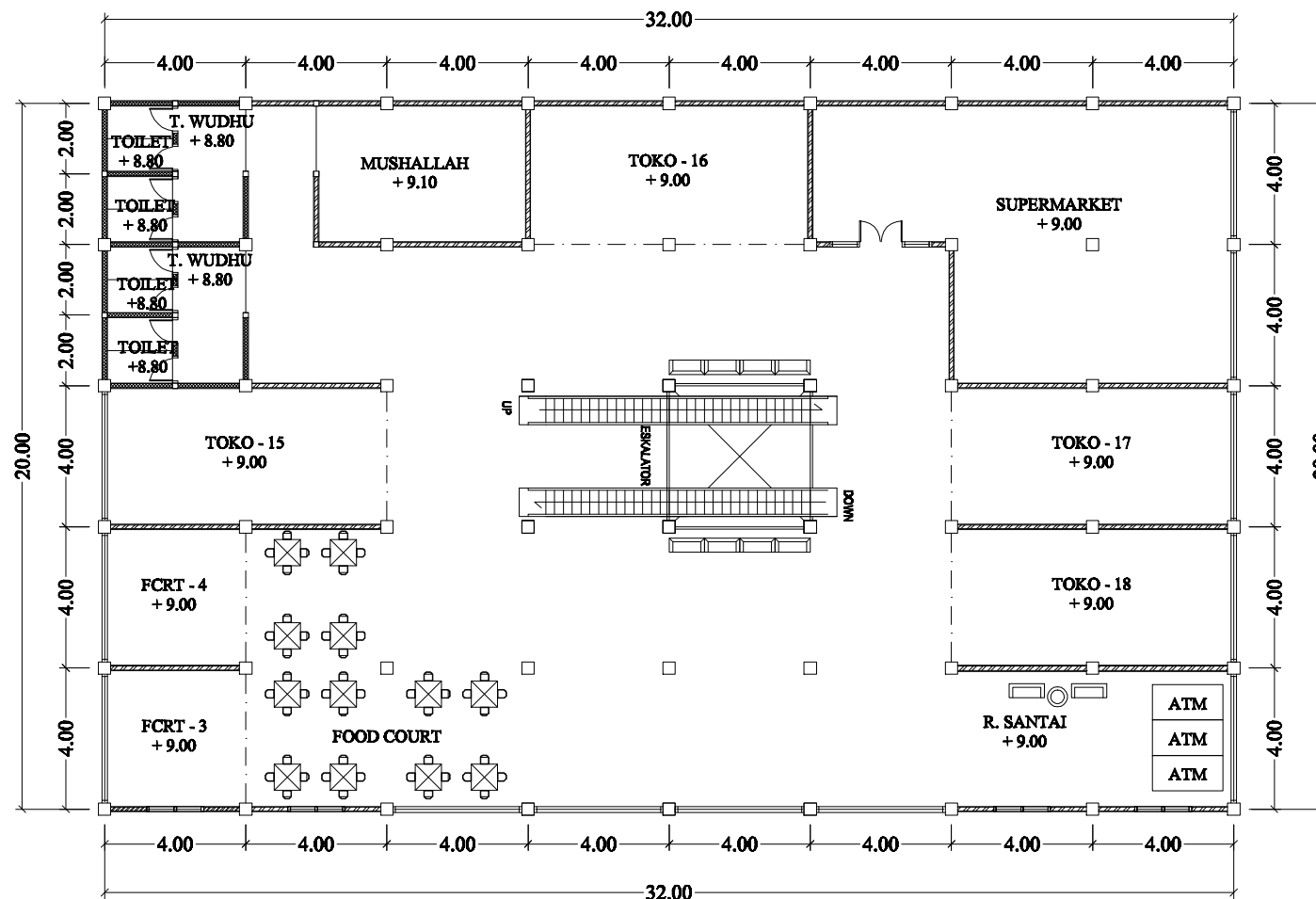
CATATAN/REVISI

DI BUAT OLEH

NAMA MAHASISWA	NPM
ARIFAH ESTIQOMAH	717.5.1.0890
MOH. ADI SUWARNO	717.5.1.0903

DI PERIKSA OLEH

DOSEN PENGAMPUH	TANDA TANGAN
ANITA INTAN NURA 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 Pamekasan KM 5 Patsan, Sumenep

PERANCANGAN BANGUNAN SIPIL

CATATAN/REVISI

DI BUAT OLEH

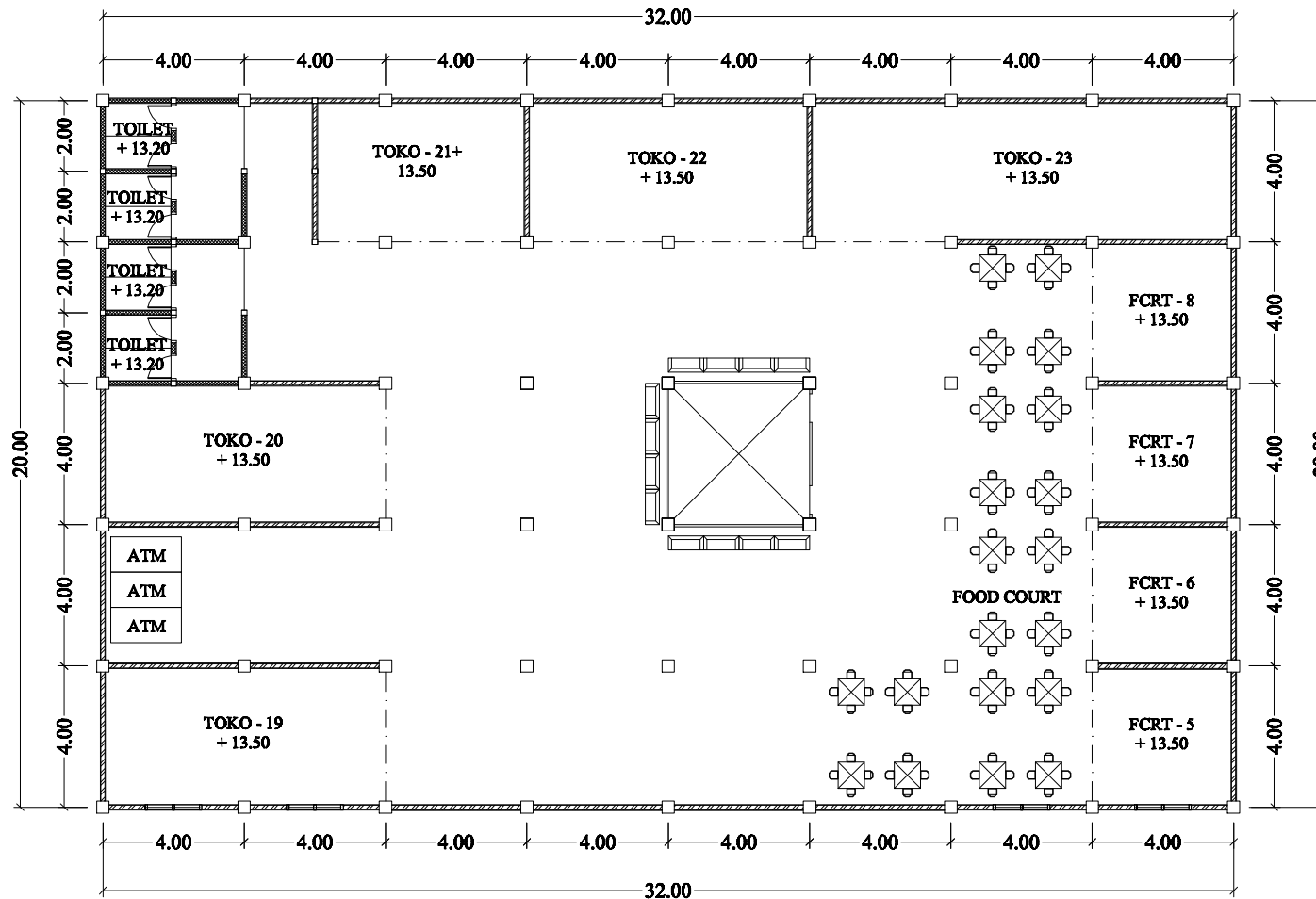
NAMA MAHASISWA	NPM
ARIFAH ESTIQOMAH	717.5.1.0890
MOH. ADI SUWARNO	717.5.1.0903

DI PERIKSA OLEH

DOSEN PENGAMPUH	TANDA TANGAN
ANITA INTAN NURA DIANA, MT	
NAMA GAMBAR	SKALA
DENAH ARSITEKTUR	1 : 200
NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR

4

27




DENAH LANTAI 4
SKALA 1 : 200




UNIVERSITAS WIRARAJA SUMENEP
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
Jl. Raya Sumenep Pamekasan KM 5 Patsan, Sumenep

PERANCANGAN BANGUNAN SIPIL

CATATAN/REVISI

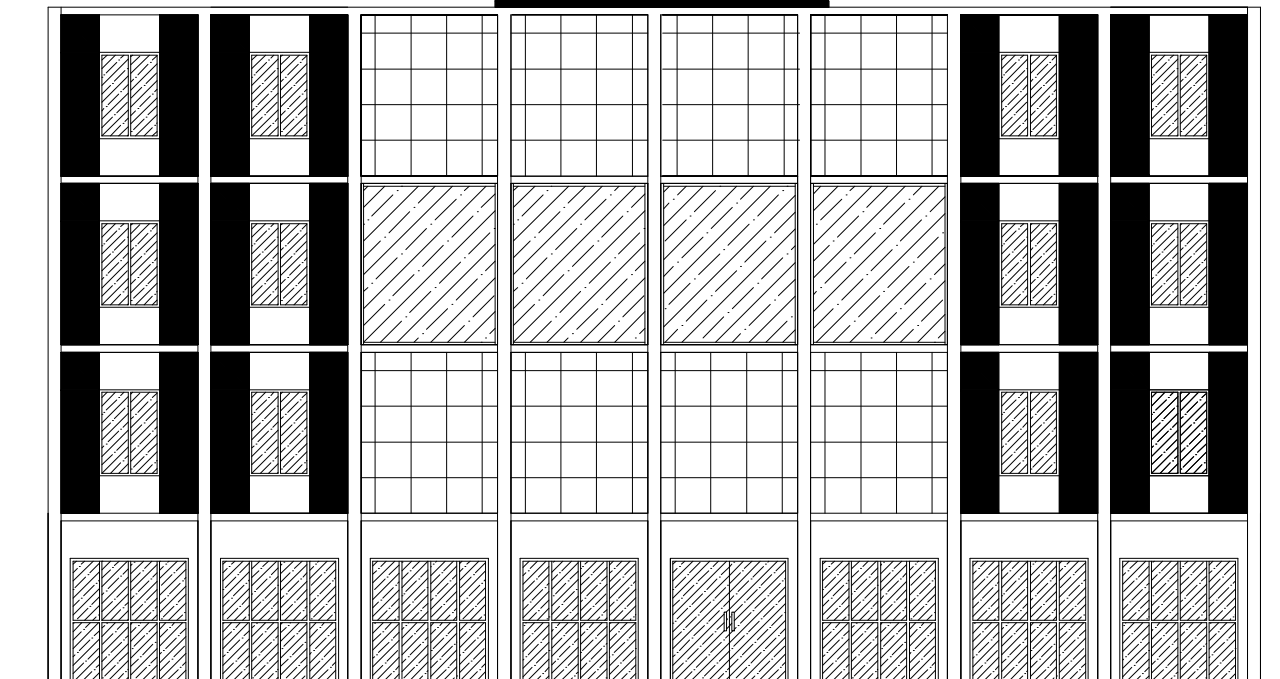
DI BUAT OLEH

NAMA MAHASISWA	NPM
ARIFAH ESTIQOMAH	717.5.1.0890
MOH. ADI SUWARNO	717.5.1.0803

DI PERIKSA OLEH

DOSEN PENGAMPUH	TANDA TANGAN
ANITA INTAN NURA DIANA, MT	
NAMA GAMBAR	SKALA
DENAH ARSITEKTUR	1 : 200
NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
5	27

AGT MALL





UNIVERSITAS WIRARAJA SUMENEP
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
Jl. Raya Sumenep Pamekasan KM 5 Patsan, Sumenep

PERANCANGAN BANGUNAN SIPIL

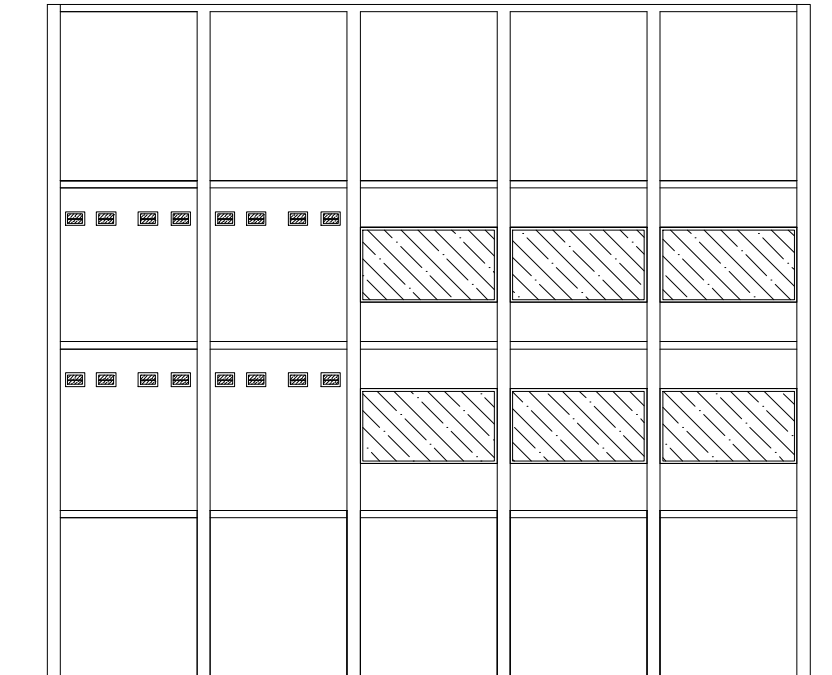
CATATAN/REVISI

DI BUAT OLEH

NAMA MAHASISWA	NPM
ARIFAH ESTIQOMAH	717.5.1.0890
MOH. ADI SUWARNO	717.5.1.0903

DI PERIKSA OLEH

DOSEN PENGAMPUH	TANDA TANGAN
ANITA INTAN NURA DIANA, MT	
NAMA GAMBAR	SKALA
DENAH ARSITEKTUR	1 : 200
NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
6	27



TAMPAK SAMPING KANAN

SKALA 1 : 200



UNIVERSITAS WIRARAJA SUMENEP
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
Jl. Raya Sumenep Pamekasan KM 5 Patean, Sumenep

PERANCANGAN BANGUNAN SIPIL

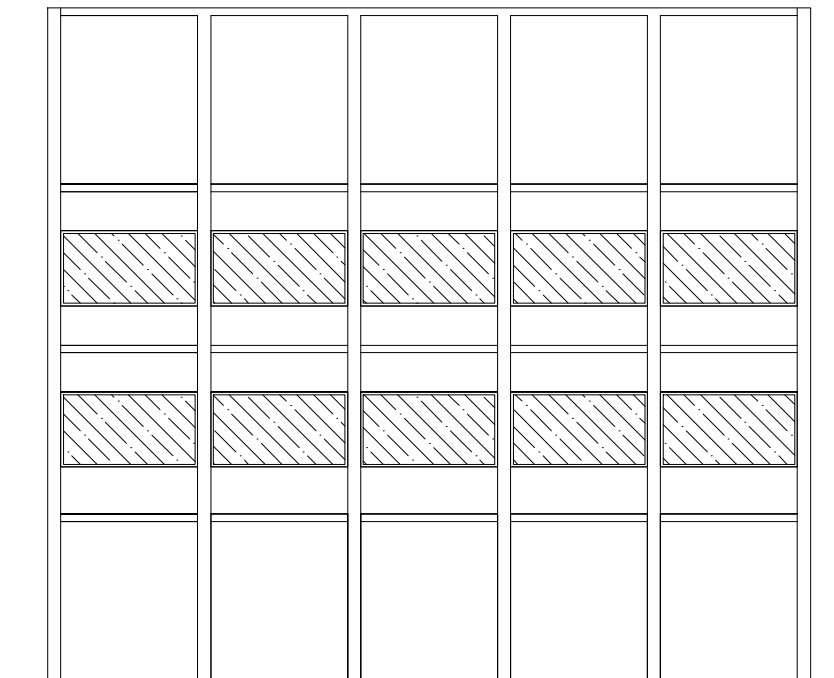
CATATAN/REVISI

DI BUAT OLEH

NAMA MAHASISWA	NPM
ARIFAH ESTIQOMAH	717.5.1.0890
MOH. ADI SUWARNO	717.5.1.0903

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 Pamekasan KM 5 Patsan, Sumenep

PERANCANGAN BANGUNAN SIPIL

CATATAN/REVISI

DI BUAT OLEH

NAMA MAHASISWA	NPM
ARIFAH ESTIQOMAH	717.5.1.0890

MOH. ADI SUWARNO	717.5.1.0903
------------------	--------------

DI PERIKSA OLEH

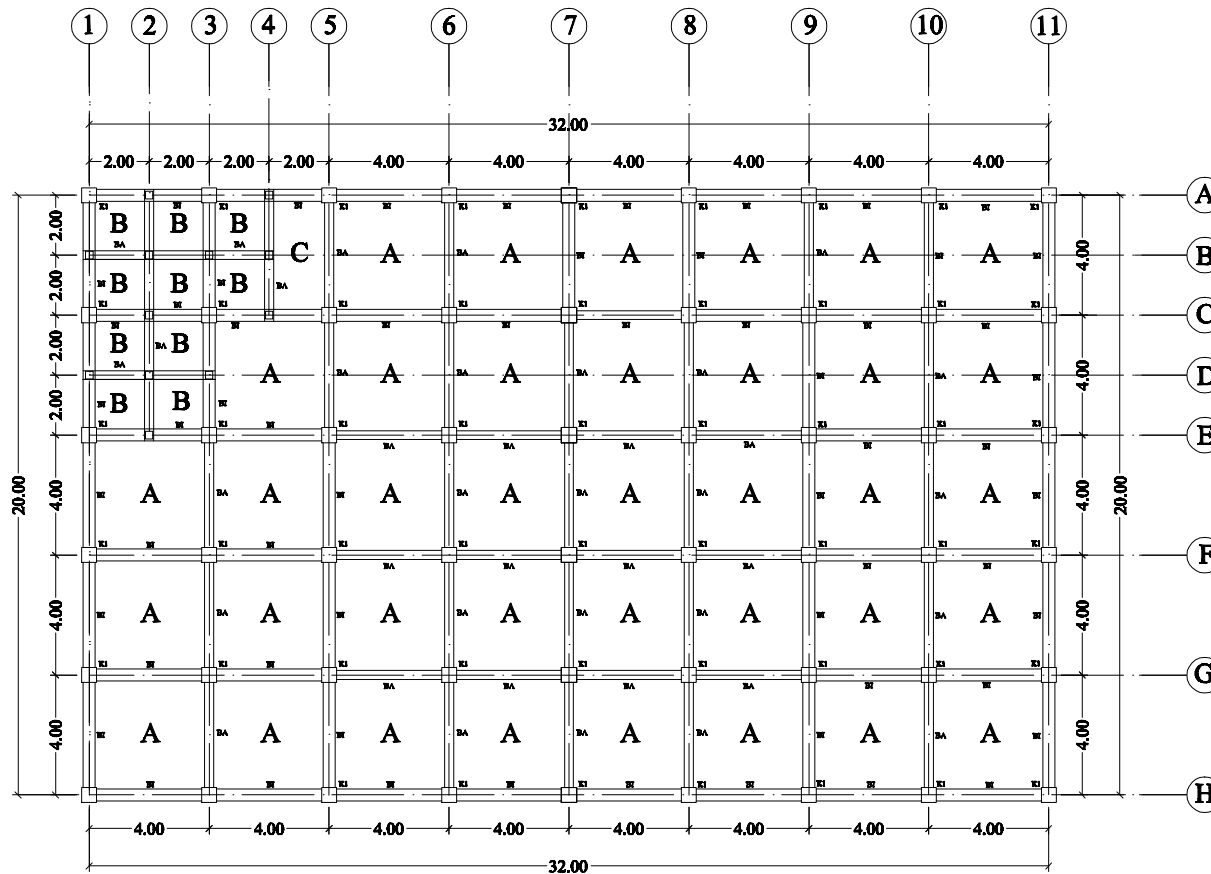
DOSEN PENGAMPUH	TANDA TANGAN
ANITA INTAN NURA DIANA, MT	

NAMA GAMBAR	SKALA
DENAH STRUKTUR	1 : 250

NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
8	27

KODE	KETERANGAN
K1	Kolom L.1
KP	Kolom Praktis
BU	Sloof Utama
BA	Sloof 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 Pamekasan KM 5 Patsan, Sumenep

PERANCANGAN BANGUNAN SIPIL

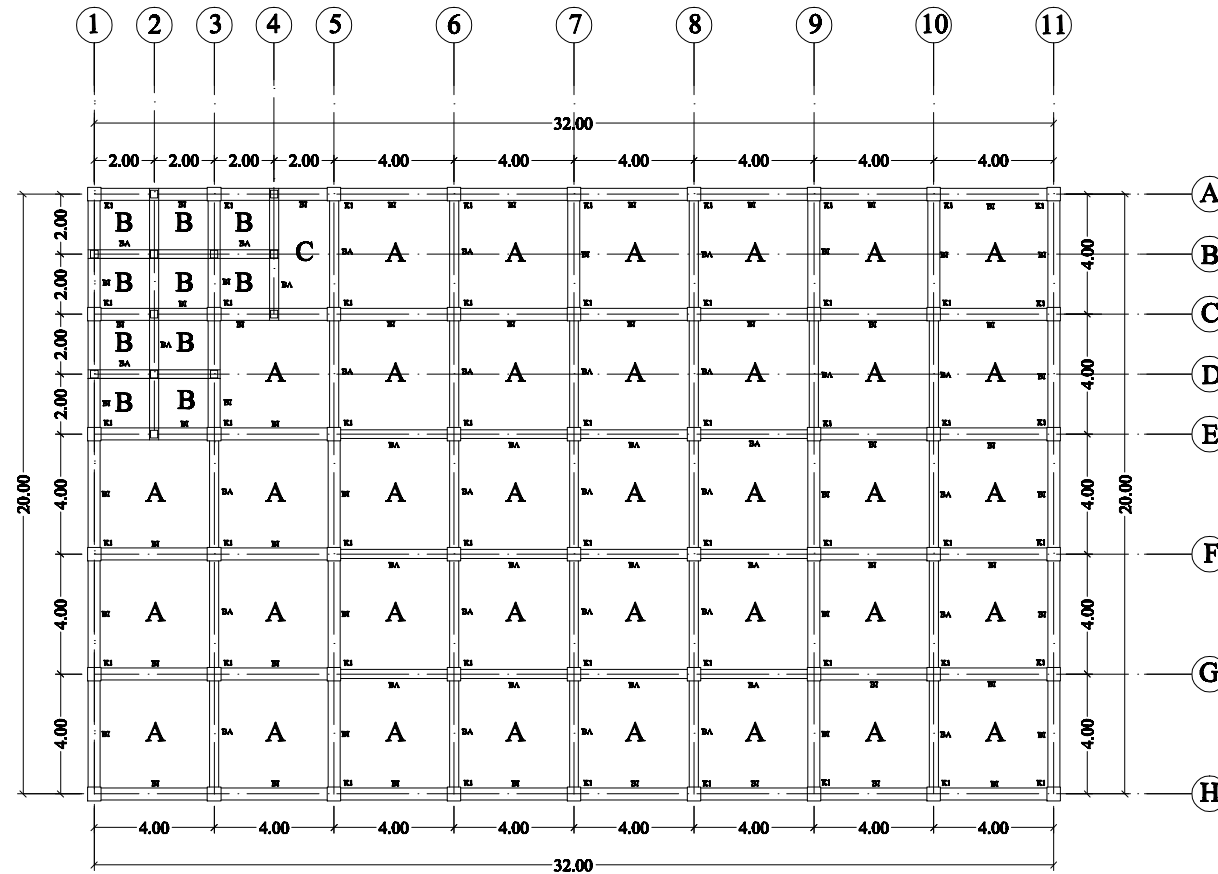
CATATAN/REVISI

DI BUAT OLEH

NAMA MAHASISWA	NPM
ARIFAH ESTIQOMAH	717.5.1.0890
MOH. ADI SUWARNO	717.5.1.0903

DI PERIKSA OLEH

DOSEN PENGAMPUH	TANDA TANGAN
ANITA INTAN NURA DIANA, MT	
NAMA GAMBAR	SKALA
DENAH STRUKTUR	1 : 250
NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
9	27



KODE	KETERANGAN
K2	Kolom L.2
KP	Kolom Praktis
BU	Sloof Utama
BA	Sloof 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

DENAH STRUKTUR L.2
SKALA 1 : 250



UNIVERSITAS WIRARAJA SUMENEP
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
 Jl. Raya Sumenep Pamekasan KM 5 Patsan, Sumenep

PERANCANGAN BANGUNAN SIPIL

CATATAN/REVISI

DI BUAT OLEH

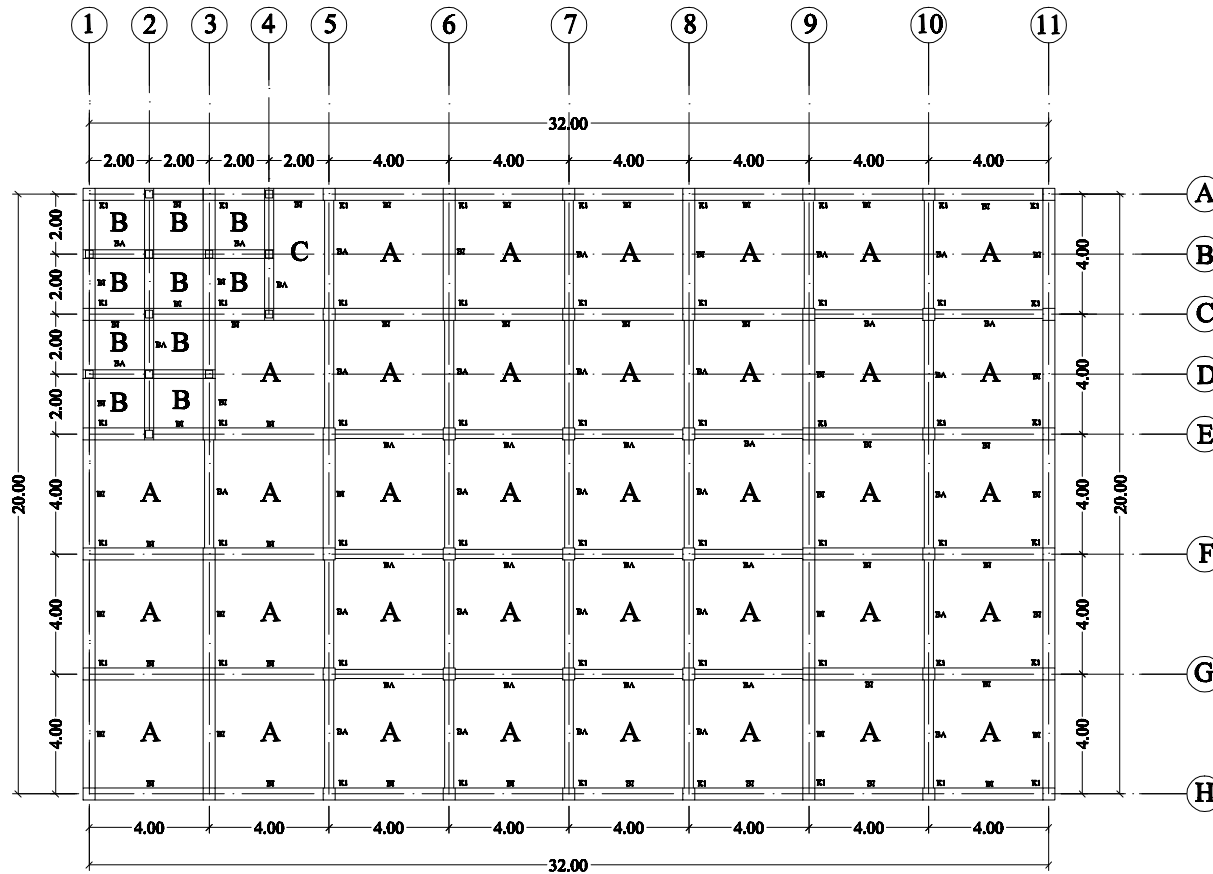
NAMA MAHASISWA	NPM
ARIFAH ESTIQOMAH	717.5.1.0890
MOH. ADI SUWARNO	717.5.1.0903

DI PERIKSA OLEH

DOSEN PENGAMPUH	TANDA TANGAN
ANITA INTAN NURA DIANA, MT	
NAMA GAMBAR	SKALA
DENAH STRUKTUR	1 : 250
NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
10	27

KODE	KETERANGAN
K3	Kolom L.3
KP	Kolom Praktis
BU	Sloof Utama
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 Pamekasan KM 5 Patsan, Sumenep

PERANCANGAN BANGUNAN SIPIL

CATATAN/REVISI

DI BUAT OLEH

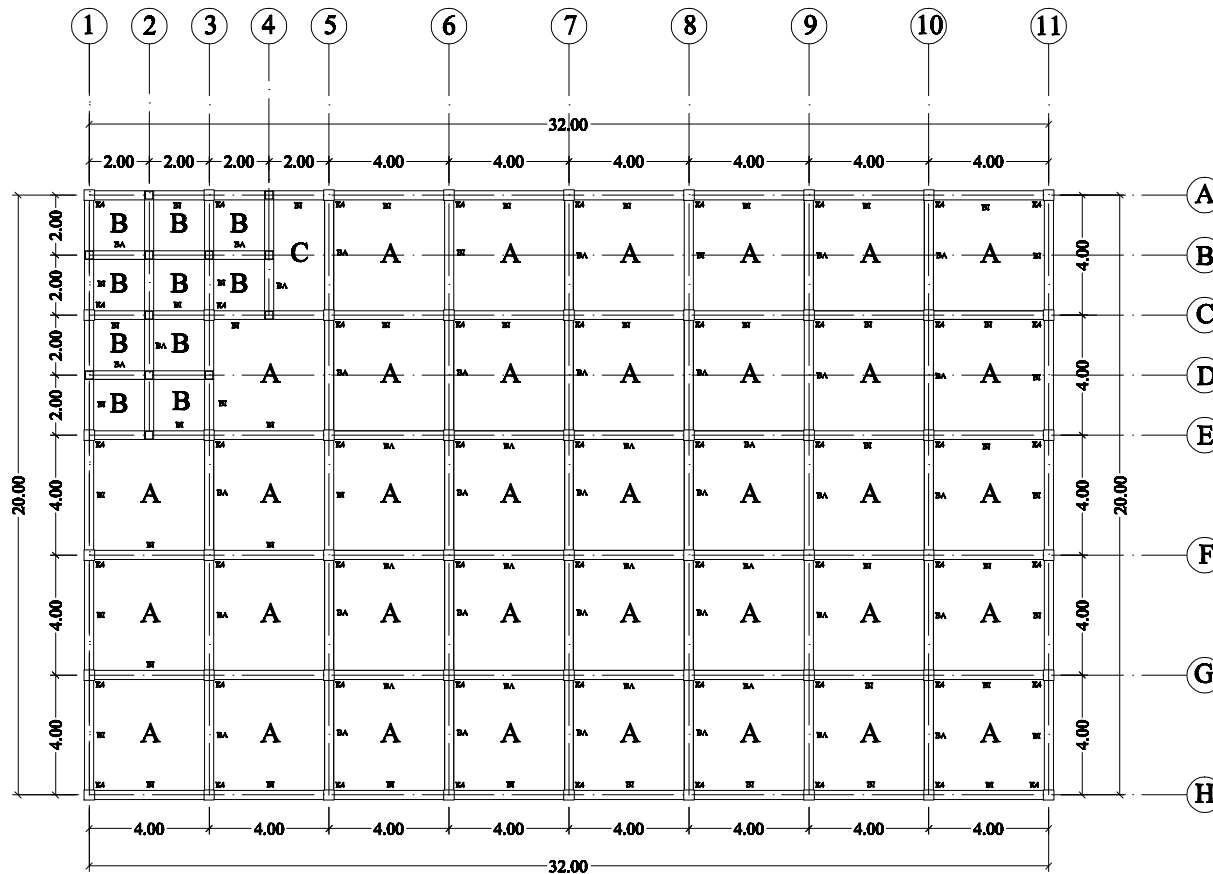
NAMA MAHASISWA	NPM
ARIFAH ESTIQOMAH	717.5.1.0890
MOH. ADI SUWARNO	717.5.1.0903

DI PERIKSA OLEH

DOSEN PENGAMPUH	TANDA TANGAN
ANITA INTAN NURA DIANA, MT	
NAMA GAMBAR	SKALA
DENAH STRUKTUR	1 : 250
NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
11	27

KODE	KETERANGAN
K3	Kolom L.3
KP	Kolom Praktis
BU	Sloof Utama
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 Pamekasan KM 5 Patsan, Sumenep

PERANCANGAN BANGUNAN SIPIL

CATATAN/REVISI

DI BUAT OLEH

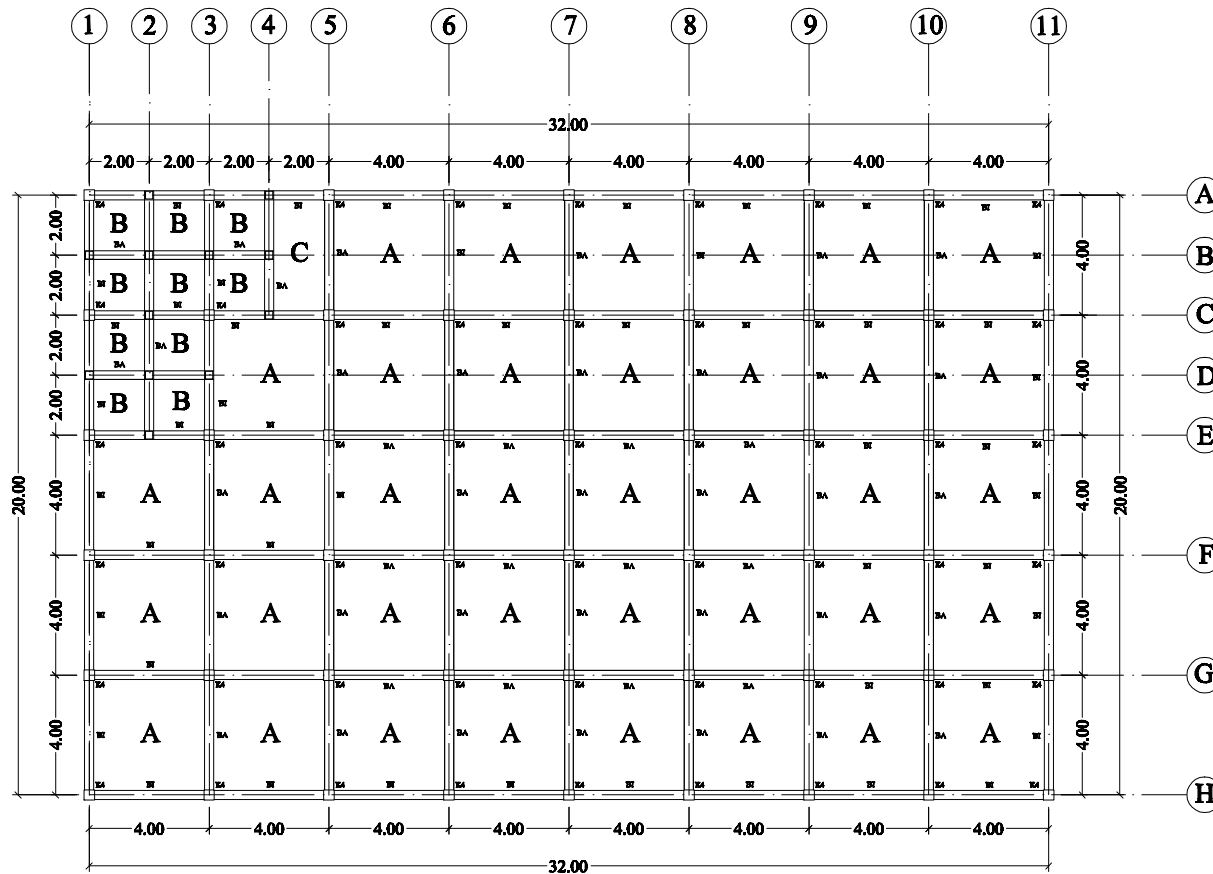
NAMA MAHASISWA	NPM
ARIFAH ESTIQOMAH	717.5.1.0890
MOH. ADI SUWARNO	717.5.1.0903

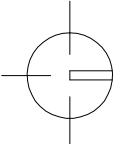
DI PERIKSA OLEH

DOSEN PENGAMPUH	TANDA TANGAN
ANITA INTAN NURA DIANA, MT	
NAMA GAMBAR	SKALA
DENAH STRUKTUR	1 : 250
NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR

KODE	KETERANGAN
K3	Kolom L.3
KP	Kolom Praktis
BU	Sloof Utama
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 ATAP
SKALA 1 : 250



UNIVERSITA WIRARAJA SUMENEP
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
 Jl. Raya Sumenep Pamekasan KM 5 Palsan, Sumenep

PERANCANGAN BANGUNAN SIPIL

CATATAN/REVISI

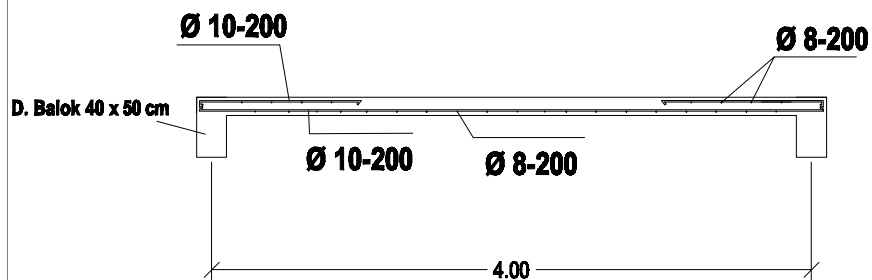
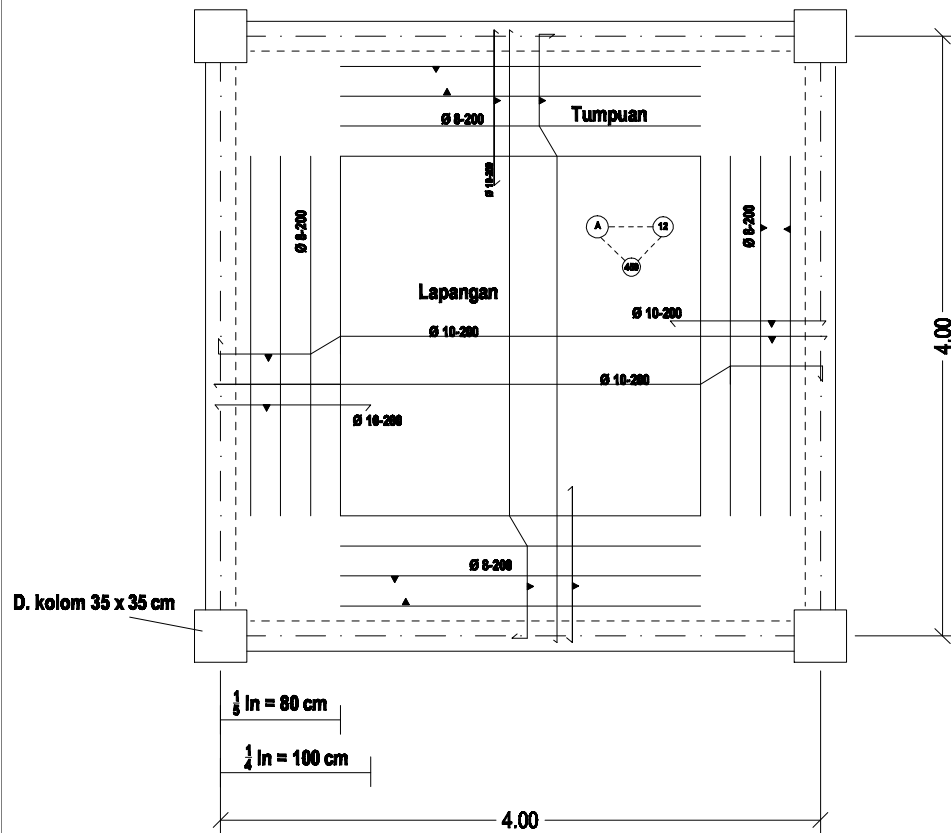
DI BUAT OLEH

NAMA MAHASISWA	NPM
ARIFAH ESTIQOMAH	717.5.1.0890
MOH. ADI SUWARNO	717.5.1.0903

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

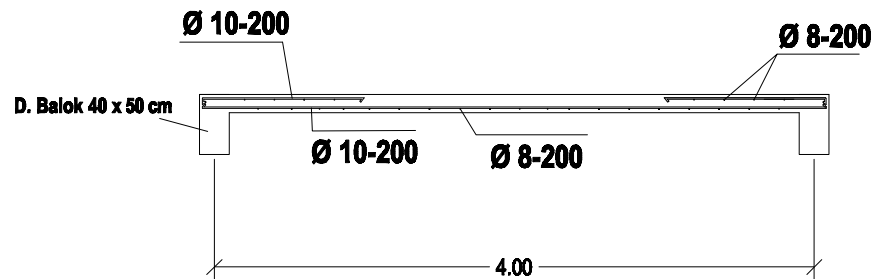
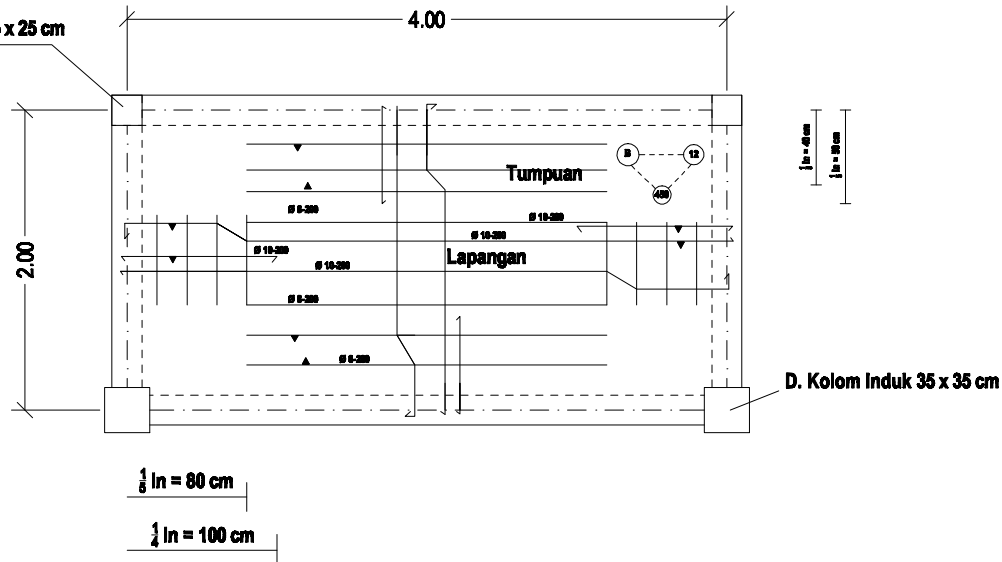
13	27
-----------	-----------



POTONGAN PELAT A

DETAIL PELAT TYPE A
SKALA 1:75

D. Kolom Praktis 25 x 25 cm



POTONGAN PELAT B



UNIVERSITA WIRARAJA SUMENEP
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
 Jl. Raya Sumenep Pamakasan KM 5 Palsan, Sumenep

PERANCANGAN BANGUNAN SIPIL

CATATAN/REVISI

DI BUAT OLEH

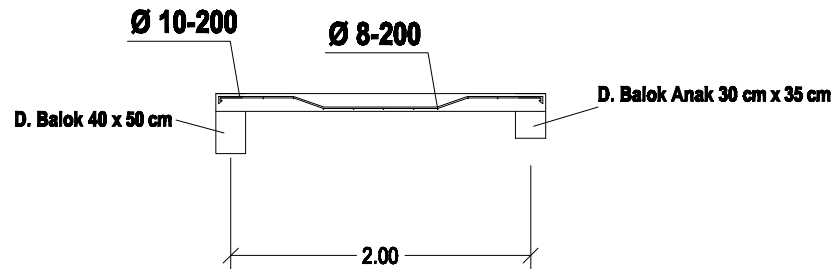
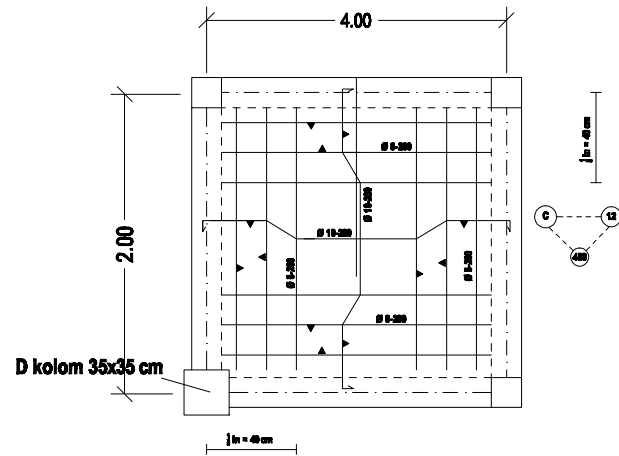
NAMA MAHASISWA	NPM
ARIFAH ESTIQOMAH	717.5.1.0890
MOH. ADI SUWARNO	717.5.1.0903

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

14

27



POTONGAN PELAT C

DETAIL PELAT TYPE C
SKALA 1:75



UNIVERSITA WIRARAJA SUMENEP
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
Jl. Raya Sumenep Pamakasan KM 5 Palsan, Sumenep

PERANCANGAN BANGUNAN SIPIL

CATATAN/REVISI

DI BUAT OLEH

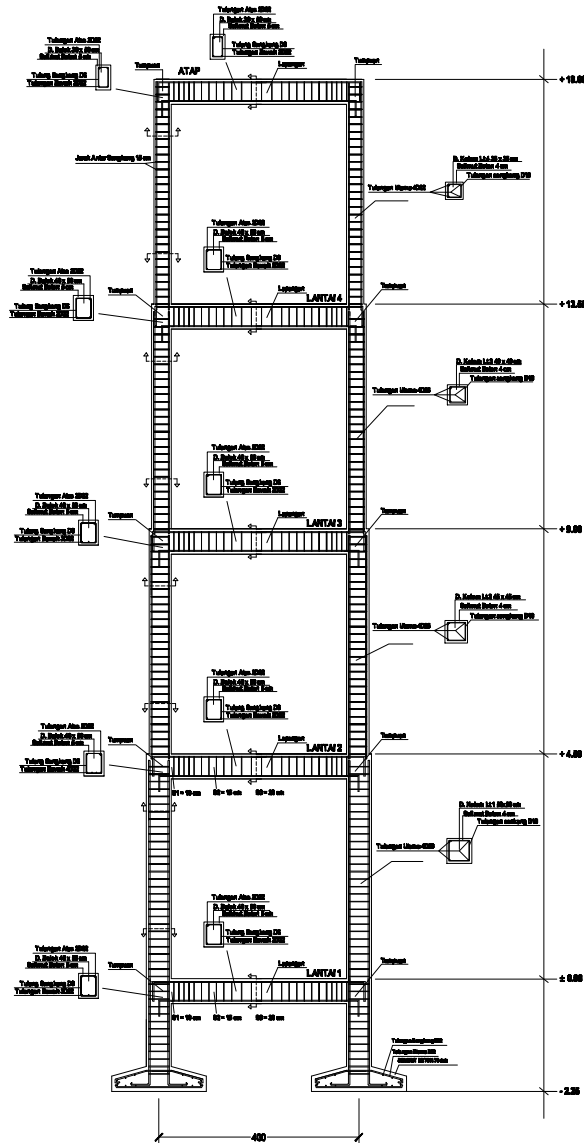
NAMA MAHASISWA	NPM
ARIFAH ESTIQOMAH	717.5.1.0890
MOH. ADI SUWARNO	717.5.1.0903

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



DETAIL PENULANGAN LANTAI 1-5
SKALA 1:30



UNIVERSITA WIRARAJA SUMENEP
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
Jl. Raya Sumenep Pamakasan KM 5 Palsan, Sumenep

PERANCANGAN BANGUNAN SIPIL

CATATAN/REVISI

DI BUAT OLEH

NAMA MAHASISWA	NPM
ARIFAH ESTIQOMAH	717.5.1.0890
MOH. ADI SUWARNO	717.5.1.0903

DI PERIKSA OLEH

DOSEN PENGAMPUH	TANDA TANGAN
ANITA INTAN NURA DIANA, MT	
NAMA GAMBAR	SKALA
DETAIL PENULANGAN	1 : 30
NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
16	27



UNIVERSITA WIRARAJA SUMENEP
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
 Jl. Raya Sumenep Pamokasan KM 5 Patas, Sumenep

PERANCANGAN BANGUNAN SIPIL

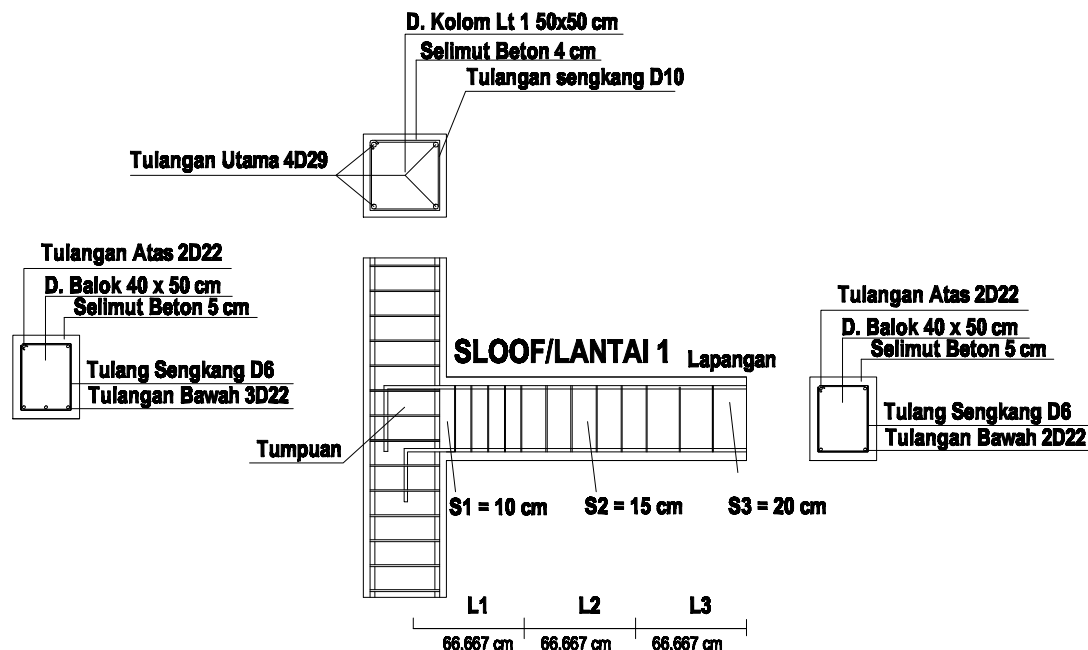
CATATAN/REVISI

DI BUAT OLEH

NAMA MAHASISWA	NPM
ARIFAH ESTIQOMAH	717.5.1.0890
MOH. ADI SUWARNO	717.5.1.0903

DI PERIKSA OLEH

DOSEN PENGAMPUH	TANDA TANGAN
ANITA INTAN NURA DIANA, MT	
NAMA GAMBAR	SKALA
PENULANGAN KOLOM INDUK DAN BALOK INDUK	1 : 30
NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR



Kolom Balok Lt. 1
 SKALA 1:30

17

27



UNIVERSITA WIRARAJA SUMENEP
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
 Jl. Raya Sumenep Pamakasan KM 5 Palsan, Sumenep

PERANCANGAN BANGUNAN SIPIL

CATATAN/REVISI

DI BUAT OLEH

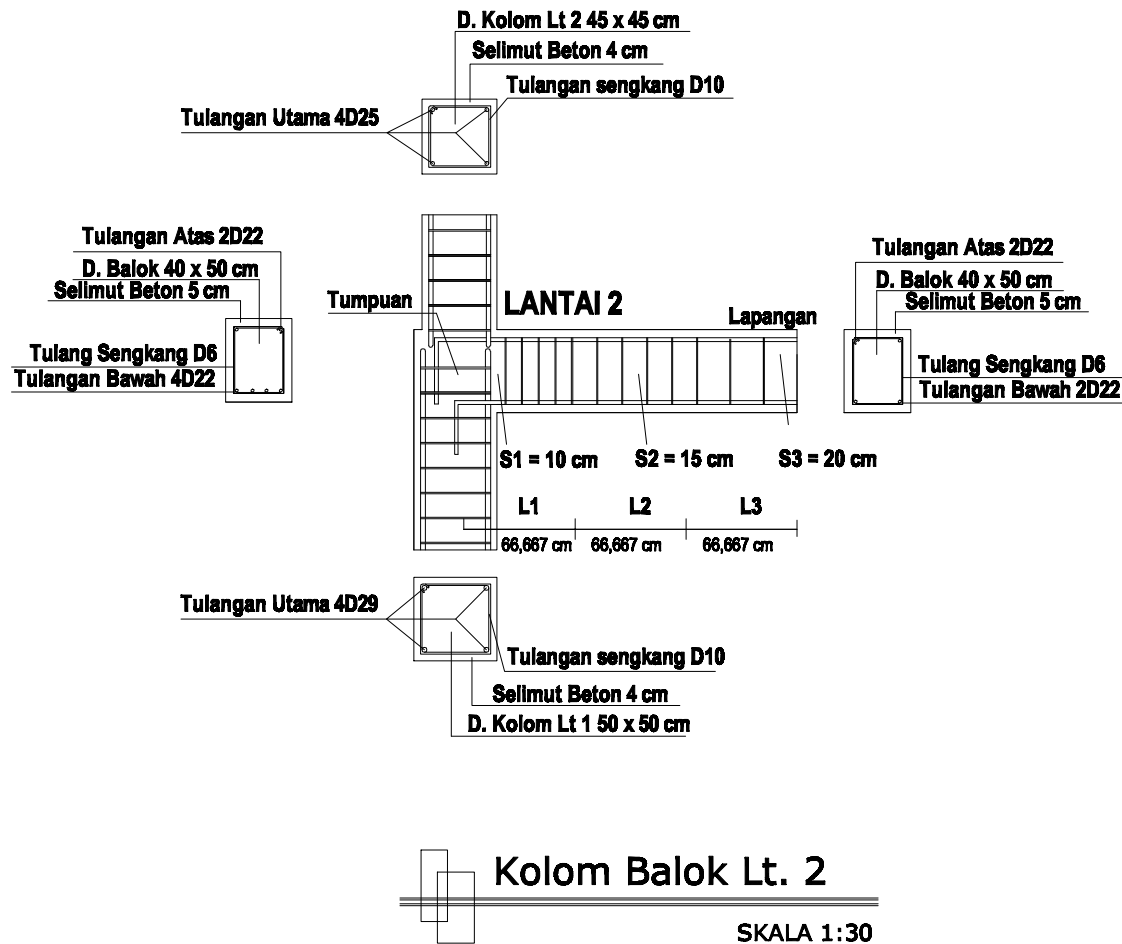
NAMA MAHASISWA	NPM
ARIFAH ESTIQOMAH	717.5.1.0890
MOH. ADI SUWARNO	717.5.1.0903

DI PERIKSA OLEH

DOSEN PENGAMPUH	TANDA TANGAN
ANITA INTAN NURA DIANA, MT	
NAMA GAMBAR	SKALA
PENULANGAN KOLOM INDUK DAN BALOK INDUK	1 : 30
NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR

18

27





UNIVERSITA WIRARAJA SUMENEP
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
 Jl. Raya Sumenep Pamekasan KM 5 Palsan, Sumenep

PERANCANGAN BANGUNAN SIPIL

CATATAN/REVISI

DI BUAT OLEH

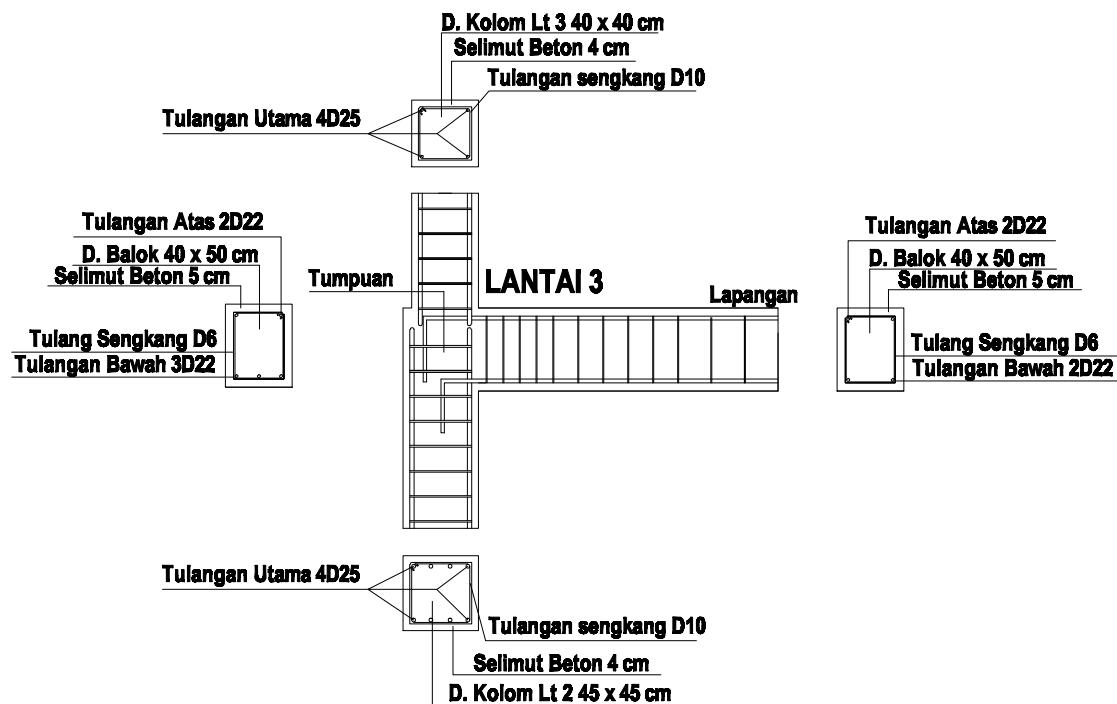
NAMA MAHASISWA	NPM
ARIFAH ESTIQOMAH	717.5.1.0890
MOH. ADI SUWARNO	717.5.1.0903

DI PERIKSA OLEH

DOSEN PENGAMPUH	TANDA TANGAN
ANITA INTAN NURA DIANA, MT	
NAMA GAMBAR	SKALA
PENULANGAN KOLOM INDUK DAN BALOK INDUK	1 : 30
NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR

19

27



Kolom Balok Lt. 3
 SKALA 1:30



UNIVERSITA WIRARAJA SUMENEP
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
 Jl. Raya Sumenep Pamakason KM 5 Palsan, Sumenep

PERANCANGAN BANGUNAN SIPIL

CATATAN/REVISI

DI BUAT OLEH

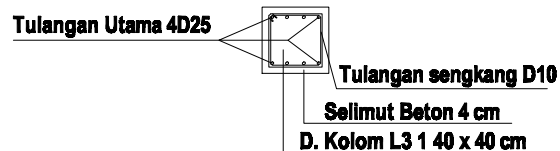
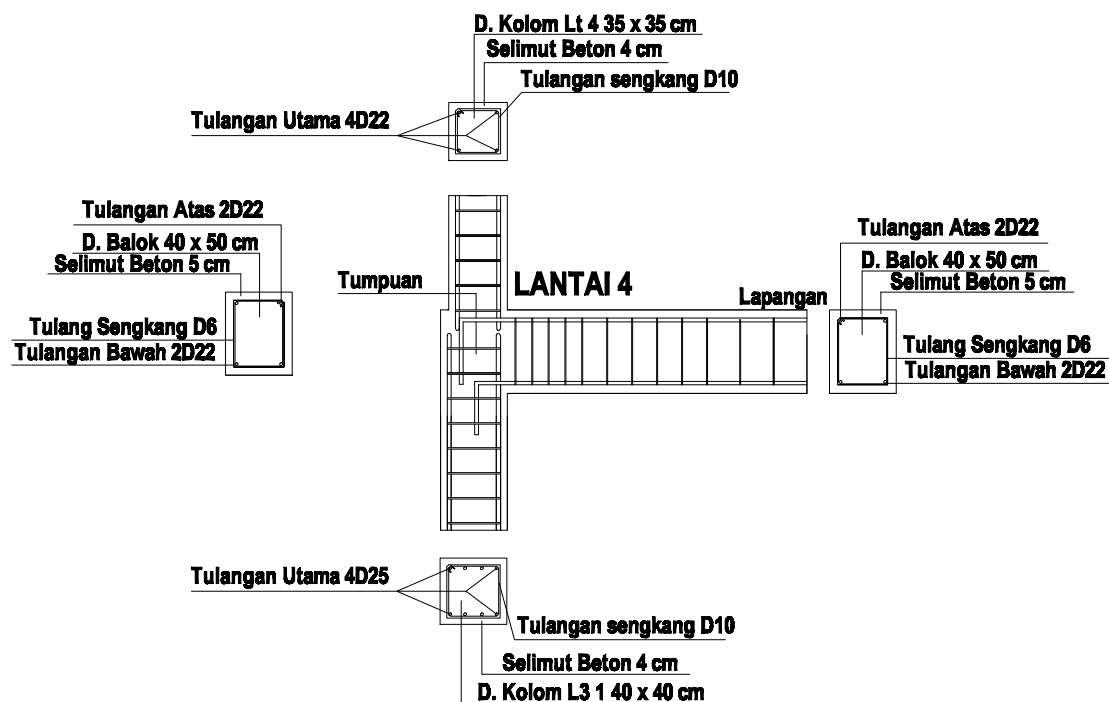
NAMA MAHASISWA	NPM
ARIFAH ESTIQOMAH	717.5.1.0890
MOH. ADI SUWARNO	717.5.1.0903

DI PERIKSA OLEH

DOSEN PENGAMPUH	TANDA TANGAN
ANITA INTAN NURA DIANA, MT	
NAMA GAMBAR	SKALA
PENULANGAN KOLOM INDUK DAN BALOK INDUK	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 KM 5 Palsan, Sumenep

PERANCANGAN BANGUNAN SIPIL

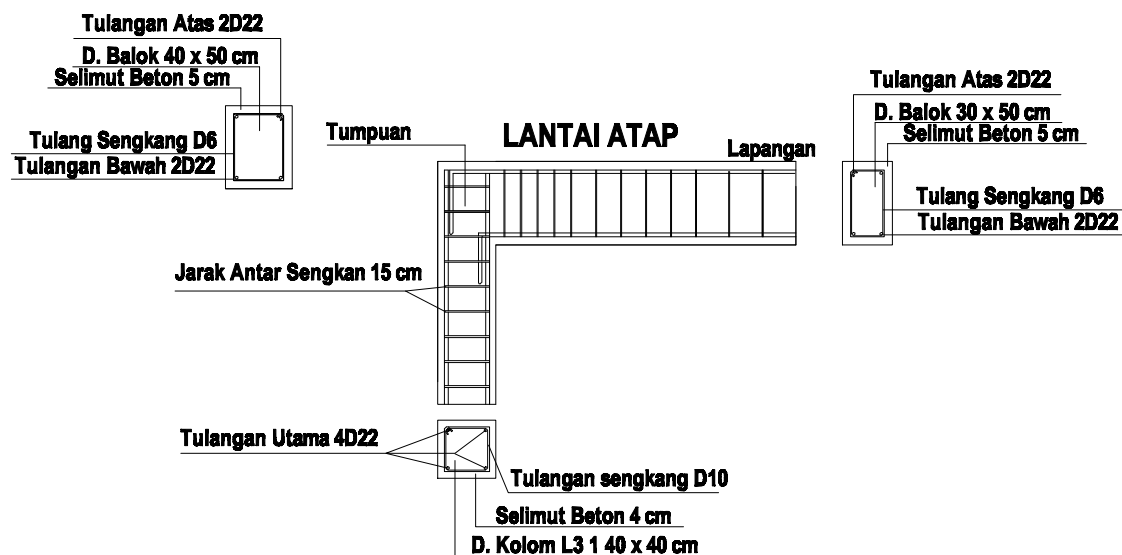
CATATAN/REVISI

DI BUAT OLEH

NAMA MAHASISWA	NPM
ARIFAH ESTIQOMAH	717.5.1.0890
MOH. ADI SUWARNO	717.5.1.0903

DI PERIKSA OLEH

DOSEN PENGAMPUH	TANDA TANGAN
ANITA INTAN NURA DIANA, MT	
NAMA GAMBAR	SKALA
PENULANGAN KOLOM INDUK DAN BALOK INDUK	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 Pamekasan KM 5 Palsan, Sumenep

PERANCANGAN BANGUNAN SIPIL

CATATAN/REVISI

DI BUAT OLEH

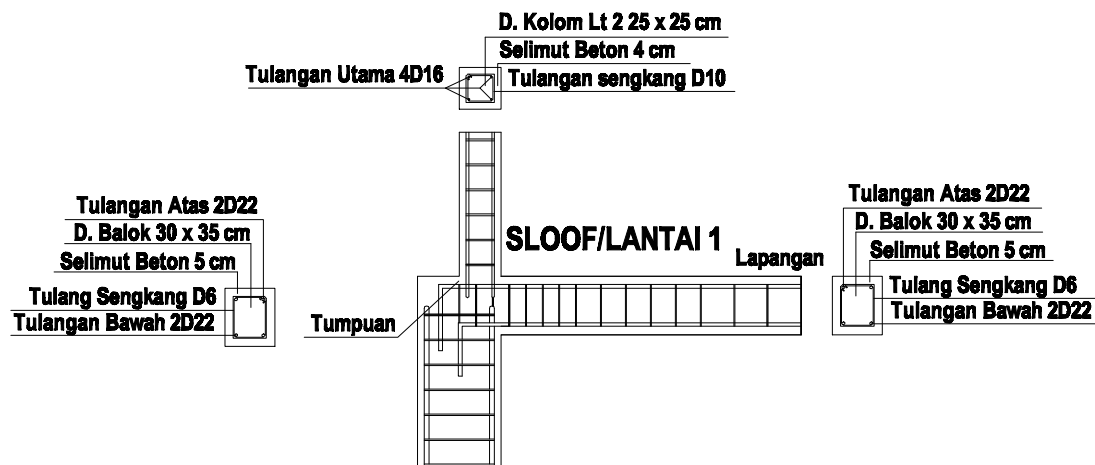
NAMA MAHASISWA	NPM
ARIFAH ESTIQOMAH	717.5.1.0890
MOH. ADI SUWARNO	717.5.1.0903

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

22

27





UNIVERSITA WIRARAJA SUMENEP
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
Jl. Raya Sumenep Pamokasan KM 5 Palsan, Sumenep

PERANCANGAN BANGUNAN SIPIL

CATATAN/REVISI

DI BUAT OLEH

NAMA MAHASISWA	NPM
ARIFAH ESTIQOMAH	717.5.1.0890
MOH. ADI SUWARNO	717.5.1.0903

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
23	27





UNIVERSITA WIRARAJA SUMENEP
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
Jl. Raya Sumenep Pamekasan KM 5 Palsan, Sumenep

PERANCANGAN BANGUNAN SIPIL

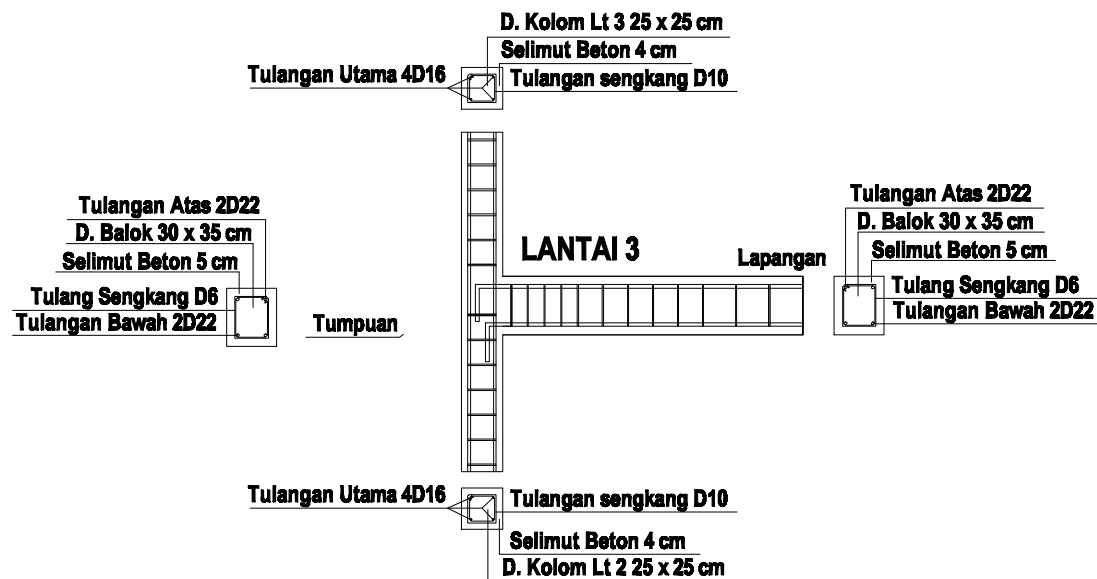
CATATAN/REVISI

DI BUAT OLEH

NAMA MAHASISWA	NPM
ARIFAH ESTIQOMAH	717.5.1.0890
MOH. ADI SUWARNO	717.5.1.0903

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
24	27





UNIVERSITA WIRARAJA SUMENEP
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
Jl. Raya Sumenep Pamakasan KM 5 Palsan, Sumenep

PERANCANGAN BANGUNAN SIPIL

CATATAN/REVISI

DI BUAT OLEH

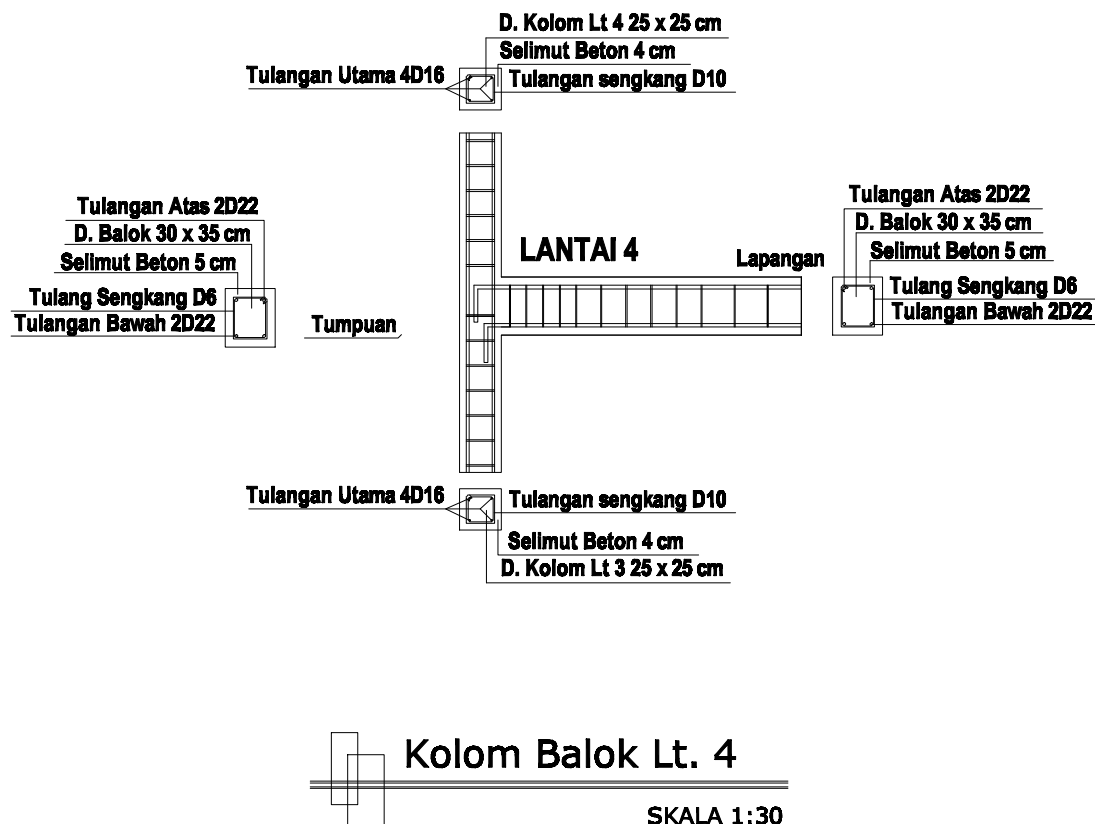
NAMA MAHASISWA	NPM
ARIFAH ESTIQOMAH	717.5.1.0890
MOH. ADI SUWARNO	717.5.1.0903

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 Pamakasan KM 5 Palsan, Sumenep

PERANCANGAN BANGUNAN SIPIL

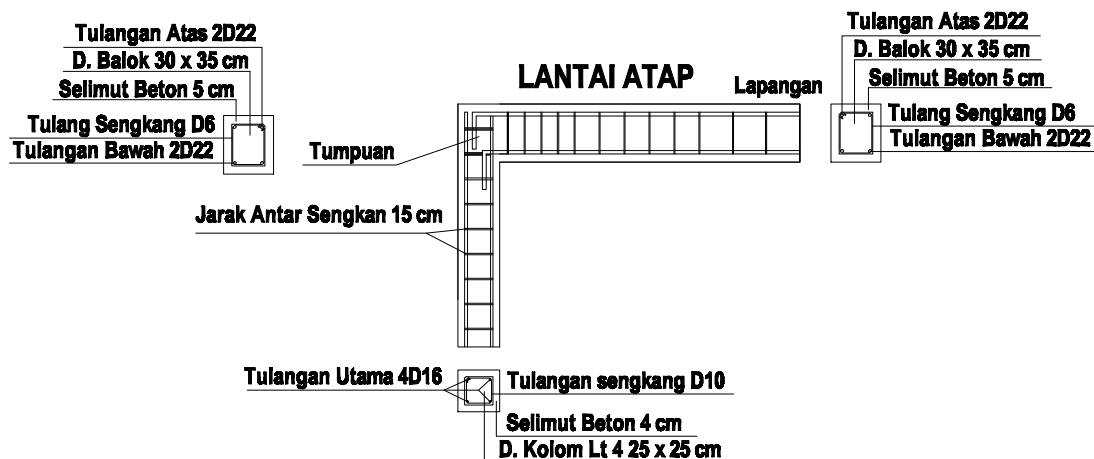
CATATAN/REVISI

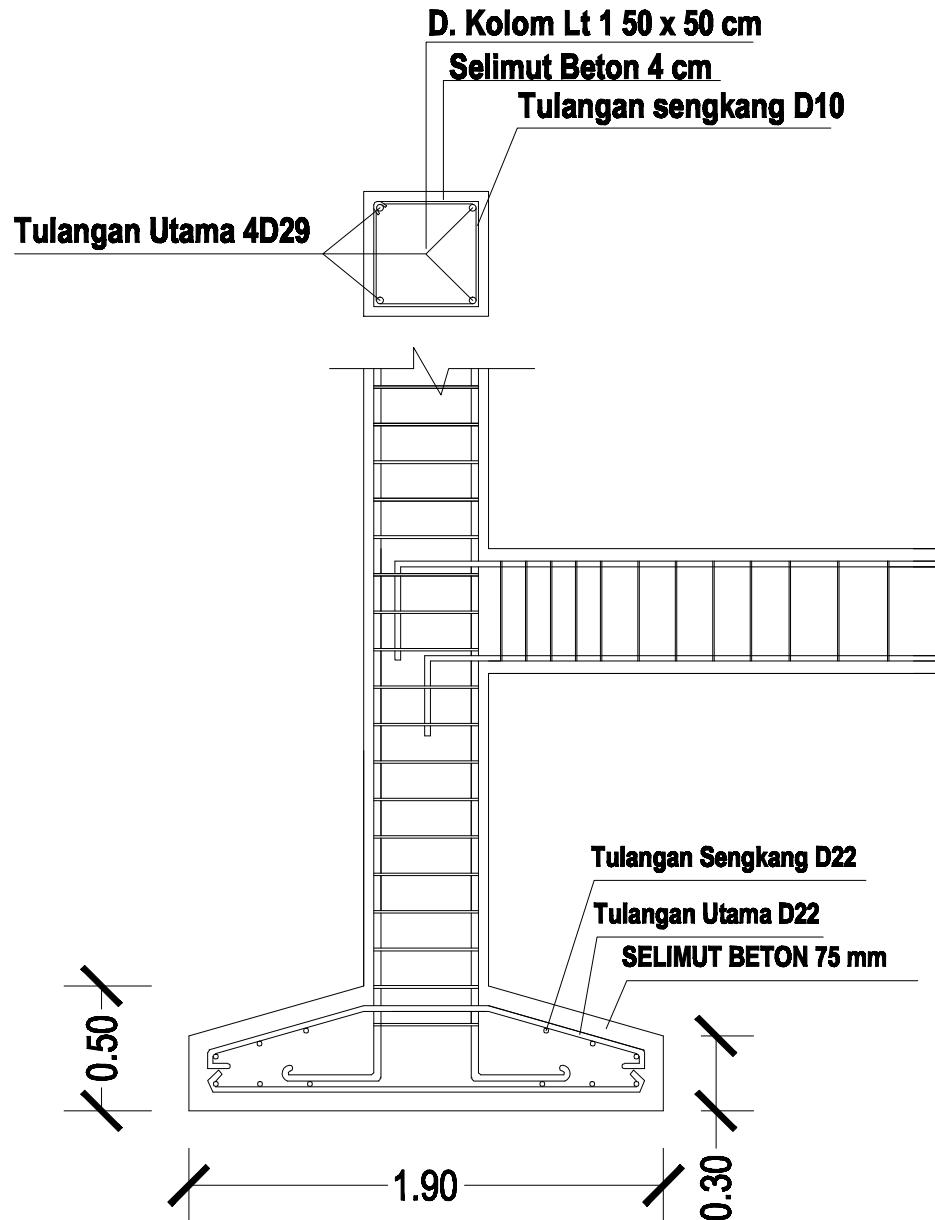
DI BUAT OLEH

NAMA MAHASISWA	NPM
ARIFAH ESTIQOMAH	717.5.1.0890
MOH. ADI SUWARNO	717.5.1.0903

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
26	27





UNIVERSITA WIRARAJA SUMENEP
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
 Jl. Raya Sumenep Pamekasan KM 5 Palsan, Sumenep

PERANCANGAN BANGUNAN SIPIL

CATATAN/REVISI

DI BUAT OLEH

NAMA MAHASISWA	NPM
ARIFAH ESTIQOMAH	717.5.1.0890
MOH. ADI SUWARNO	717.5.1.0903

DI PERIKSA OLEH

DOSEN PENGAMPUH	TANDA TANGAN
ANITA INTAN NURA DIANA, MT	
NAMA GAMBAR	SKALA
DETAIL PENULANGAN	1 : 30
NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR

27

27