

PERPUSTAKAAN FTSP UII  
 HADJAH/BELE  
 TGL. TERIMA : 16 Februari 2007  
 NO. JUDUL : 002223  
 NO. INV. : 920012223001  
 NO. INDIK. :

TUGAS AKHIR

**EFEK MUTU BETON ( $f'c$ ) TERHADAP DIMENSI  
 KOLOM PADA STRUKTUR BETON BERTINGKAT  
 BANYAK**

*THE EFFECT OF CONCRETE QUALITY ON THE COLUMN DIMENSION  
 OF MULTI STORIED CONCRETE STRUCTURE*



R.  
 693 59  
 Kur  
 e  
 1

Disusun Oleh :

xvi, 72. bhl; lang: 28

Nama : Abi Teguh Kurniawan  
 No. Mhs : 01 511 260

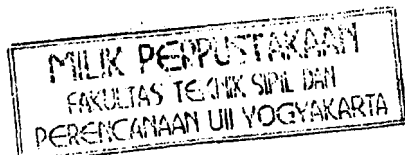
Nama : Mokhammad Asfar Ghofaro E  
 No. Mhs : 01 511 280



• Beton - Struktur  
 • Beton - Kolom  
 • Beton Bertulang

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
 JOGJAKARTA  
 2006**

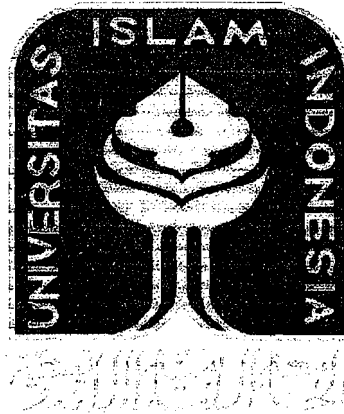
Ghofaro E, M.S.  
 prenel



**TUGAS AKHIR**

**EFEK MUTU BETON ( $f'c$ ) TERHADAP DIMENSI  
KOLOM PADA STRUKTUR BETON BERTINGKAT  
BANYAK**

*THE EFFECT OF CONCRETE QUALITY ON THE COLUMN DIMENSION  
OF MULTI STORIED CONCRETE STRUCTURE*



**Disusun Oleh :**

**Nama : Abi Teguh Kurniawan**  
**No. Mhs : 01 511 260**

**Nama : Mokhammad Asfar Ghofaro E**  
**No. Mhs : 01 511 280**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
JOGJAKARTA  
2006**

*“Jika dirimu dilanda kesusahan  
bisikkanlah harapan yang menjanjikan kepadanya  
maka dengan janji itu dirimu akan menjadi senang*

*Perisailah dirimu dengan harapan agar tidak putus asa  
hingga kecemasanmu lenyap dimakan waktu*

*Tutupilah kesedihanmu dari teman-temanmu  
karena di antara teman-temanmu  
ada orang-orang yang dengki dan senang  
dengan penderitaan orang lain*

*Buanglah pikiran yang buruk terhadap segala sesuatu  
karena hal ini akan membuat yang bersangkutan  
mati sebelum waktunya*

*Kecemasan itu tidak selamanya mengungkung seseorang  
sebagaimana kegembiraan pun tidak selamanya menghiasinya*

*Andaikata jiwa ini tidak pernah menyalahi akal  
niscaya terasa tidak jernih kehidupan ini  
bagi orang-orang yang waspada”*

*(Ali bin Syibl)*

*Kami persembahkan karya ini  
Sebagai rasa syukur serta terima kasih  
Atas apa yang telah kami dapatkan selama ini*

*Kepada  
Bapak dan Ibu kami tercinta  
Terima kasih atas segala yang telah diberikan pada kami  
Curahan Doa dan Cintamu adalah kekuatan bagi kami*

*Kepada  
Keluarga kami  
Atas segala dukungan yang telah diberikan*

*Kepada  
Para Dosen Teknik Sipil  
Terima kasih atas ilmu yang telah anda berikan  
Semoga dapat bermanfaat bagi kami*

*Kepada  
Teman-teman  
Yang telah memberikan kenangan terindah selama ini*

*Salam hormat dari kami,  
(Abi Teguh K & M Asfar GE)*

## KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah rabbil'alamin, segala puji kehadiran Allah SWT yang telah memberikan berkah, taufik dan hidayah-Nya kepada penyusun, sehingga berkat ridho-Nya tugas Akhir dengan judul "Efek Mutu Beton ( $f'c$ ) terhadap Dimensi Kolom Pada Struktur Beton Bertingkat Banyak" dapat terselesaikan.

Tugas Akhir dimaksudkan untuk memenuhi syarat mengambil gelar sarjana strata satu pada Jurusan Teknik Sipil. Dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini tentunya tidak lepas dari segala hambatan dan rintangan, namun berkat bantuan moril maupun spiritual dari berbagai pihak akhirnya laporan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

Untuk itu tidak berlebihan kiranya jika penyusun mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Ruzardi, MS, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UII.
2. Bapak Ir. H. Faisol AM, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan UII.
3. Bapak Ir. H. Suharyatmo, MT, selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir.
4. Bapak Ir. H. Kadir Aboe, MS, selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir.
5. Bapak Ir. Fatkhurrahman NS, MT, selaku Dosen Penguji Tugas Akhir.
6. Teman-teman angkatan 2001 dan juga angkatan atas yang selalu berbagi suka dan duka selama kuliah.
7. Teman-teman kost yang telah berbagi suka dan duka bersama.
8. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu yang telah membantu kami.

Kami menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna, Oleh karena itu kami menerima kritik dan saran dari pembaca. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penyusun dan yang membacanya. Akhir kata, semoga Allah SWT selalu melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua. Amien Ya Robbal'amin.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Jogyakarta, Mei 2006

Penyusun

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>KATA MUTIARA</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	iv
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiii
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	xiv
<b>ABSTRAKSI</b> .....	xvi
<b>I. BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang Masalah .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan Penelitian .....	2
1.4. Manfaat Penelitian .....	2
1.5. Batasan Masalah .....	3
<b>II. BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1. Tinjauan Penelitian Terdahulu .....	5
2.2. Keaslian Penelitian .....	6
<b>III. BAB III LANDASAN TEORI</b> .....	7
3.1. Pendahuluan .....	7
3.2. Analisis Struktur Pelat .....	7
3.3. Analisis Beban Gempa .....	10
3.4. Perencanaan Balok .....	12
3.4.1. Perencanaan Balok Tulangan Rangkap .....	15
3.4.2. Perencanaan Geser Balok .....	17
3.5. Perencanaan Kolom .....	19

<b>IV. BAB IV METODE PENELITIAN</b> .....	21
4.1. Data Daerah Penelitian.....	21
4.2. Data Struktur.....	21
4.3. Analisis Penelitian.....	22
4.4. Model Struktur.....	22
4.5. Tahapan Analisis.....	23
<b>V. BAB V ANALISIS DAN DESAIN STRUKTUR</b> .....	25
5.1. Data Perencanaan.....	25
5.1.1. Parameter Bahan.....	25
5.1.2. Asumsi Yang Digunakan.....	25
5.2. Perhitungan Gaya-Gaya Yang Bekerja Pada Struktur.....	25
5.2.1. Perhitungan Beban Akibat Beban Gravitasi.....	25
5.2.2. Perhitungan Beban Akibat Beban Gempa.....	29
5.3. Perencanaan.....	35
5.3.1. Perencanaan Pelat.....	35
5.3.2. Perencanaan Balok Induk.....	42
5.3.3. Perencanaan Kolom.....	49
<b>VI. BAB VI PEMBAHASAN</b> .....	60
6.1. Momen Kolom Akibat Beban Mati.....	60
6.2. Momen Kolom Akibat Beban Hidup.....	61
6.3. Momen Kolom Akibat Beban Gempa.....	62
6.4. Gaya Aksial Kolom Akibat Beban Mati.....	63
6.5. Gaya Aksial Kolom Akibat Beban Hidup.....	64
6.6. Gaya Aksial Kolom Akibat Beban Gempa.....	65
6.7. Momen Rencana Kolom.....	65
6.8. Gaya Aksial Rencana Kolom.....	66
6.9. Mutu Beton Vs Dimensi Kolom.....	66
6.10. Mutu Beton Vs Jumlah Tulangan.....	67
6.11. Simpangan.....	68



<b>VII. BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>70</b>
7.1. Kesimpulan .....	70
7.2. Saran .....	71
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>72</b>
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Distribusi Tegangan Regangan Balok Bertulang Rangkap.....	17
Gambar 3.2 Momen Lentur Pada Kedua Ujung Balok.....	17
Gambar 4.1 Tampak Atas Model Struktur.....	23
Gambar 4.2 Portal Memanjang Struktur.....	23
Gambar 4.3 Portal Melintang Struktur.....	23
Gambar 5.1 Distribusi Beban Pelat.....	26
Gambar 5.2 Beban Trapesium.....	27
Gambar 5.3 Beban Mati Trapesium.....	27
Gambar 5.4 Beban Hidup Trapesium.....	27
Gambar 5.5 Beban Segitiga.....	28
Gambar 5.6 Beban Mati Segitiga.....	28
Gambar 5.7 Beban Hidup Segitiga.....	28
Gambar 5.8 Grafik Koefisien Gempa Dasar Wilayah Gempa 3.....	30
Gambar 5.9 Distribusi Luasan Arah X.....	32
Gambar 5.10 Distribusi Luasan Arah Y.....	33
Gambar 5.11 Bagian Tepi Arah X.....	34
Gambar 5.12 Bagian Tengah Arah X.....	34
Gambar 5.13 Bagian Tepi Arah Y.....	34
Gambar 5.14 Bagian Tengah Arah Y.....	34
Gambar 5.15 Grafik Mn-Pn.....	56
Gambar 5.16 Kebutuhan Tulangan Kolom 500x750mm.....	58
Gambar 5.17 Kebutuhan Tulangan Kolom 440x660mm.....	58
Gambar 5.18 Kebutuhan Tulangan Kolom 410x620mm.....	59
Gambar 5.19 Kebutuhan Tulangan Kolom 390x580mm.....	59
Gambar 6.1 Grafik Momen Kolom Akibat Beban Mati pada kolom A-2.....	60
Gambar 6.2 Grafik Momen Kolom Akibat Beban Mati pada kolom B-2.....	60
Gambar 6.3 Grafik Momen Kolom Akibat Beban Hidup pada kolom A-2.....	61
Gambar 6.4 Grafik Momen Kolom Akibat Beban Hidup pada kolom B-2.....	61

Gambar 6.5 Grafik Momen Kolom Akibat Beban Gempa pada kolom A-2.	62
Gambar 6.6 Grafik Momen Kolom Akibat Beban Gempa pada kolom B-2.	62
Gambar 6.7 Grafik Gaya Aksial Kolom Akibat Beban Mati pada kolom A-2.....	63
Gambar 6.8 Grafik Gaya Aksial Kolom Akibat Beban Mati pada kolom B-2.....	63
Gambar 6.9 Grafik Gaya Aksial Kolom Akibat Beban Hidup pada kolom A-2.....	64
Gambar 6.10 Grafik Gaya Aksial Kolom Akibat Beban Hidup pada kolom B-2.....	64
Gambar 6.11 Grafik Gaya Aksial Kolom Akibat Beban Gempa pada kolom A-2.....	65
Gambar 6.12 Grafik Momen Rencana Kolom.....	65
Gambar 6.13 Grafik Gaya Aksial Rencana Kolom.....	66
Gambar 6.14 Grafik Mutu Beton Vs Dimensi Kolom.....	66
Gambar 6.15 Grafik Kebutuhan Tulangan Dengan Luasan yang berbeda.....	67
Gambar 6.16 Grafik Kebutuhan Tulangan Dengan Luasan yang Sama (500x750)mm.....	67
Gambar 6.17 Grafik Simpangan Tingkat Total.....	68
Gambar 6.18 Grafik Simpangan Antar Tingkat.....	68

## DAFTAR TABEL

Tabel 5.1	Distribusi Gaya Gempa.....	31
Tabel 5.2	Hasil Hitungan Distribusi Gaya Geser per Luasan Arah X....	32
Tabel 5.3	Hasil Hitungan Distribusi Gaya Geser per Luasan Arah Y....	33
Tabel 5.4	Hasil Hitungan Penulangan Pelat.....	41
Tabel 5.5	Perhitungan Grafik Mn-Pn dengan Ast 1%.....	56

## ABSTRAKSI

Desain struktur merupakan salah satu bagian dari proses perencanaan bangunan. Proses ini dibedakan menjadi dua bagian : Pertama, desain umum yang merupakan peninjauan secara garis besar keputusan-keputusan desain seperti geometri atau bentuk bangunan. Kedua, desain terinci yang antara lain meninjau tentang penentuan besar penampang balok, kolom, dan elemen struktur lainnya. Desain tentang penentuan penampang kolom dipengaruhi gaya aksial yang bekerja pada kolom tersebut, sehingga pada gedung bertingkat banyak akan ditemui dimensi kolom yang berukuran besar, sehingga mengambil banyak ruang dari bangunan untuk kolom itu sendiri. Salah satu cara untuk mengurangi dimensi kolom yaitu dengan meningkatkan mutu beton. Mutu beton yang dipakai dalam analisis yaitu 20 MPa, 30 MPa, 40 MPa, 50 MPa. Dengan meningkatkan mutu beton ( $f'c$ ) maka dimensi kolom akan berkurang demikian juga dengan kebutuhan jumlah tulangan, dimensi kolom yang berkurang akan menyebabkan mengecilnya gaya aksial yang bekerja pada kolom.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Perkembangan dunia konstruksi bangunan dewasa ini telah banyak dilakukan dan pembangunan gedung bertingkat tinggi menjadi salah satu alternatif pemecahan masalah akibat dari keterbatasan dan mahalnya lahan. Sehingga mengakibatkan pembangunan gedung bertingkat tinggi berkembang sangat pesat, terutama dikota-kota besar.

Desain struktur merupakan salah satu bagian dari proses perencanaan bangunan. Proses ini dibedakan menjadi dua bagian : Pertama, desain umum yang merupakan peninjauan secara garis besar keputusan-keputusan desain seperti geometri atau bentuk bangunan. Kedua, desain terinci yang antara lain meninjau tentang penentuan besar penampang balok, kolom, dan elemen struktur lainnya.

Perencanaan bangunan menggunakan beton bertulang masih banyak digunakan untuk perencanaan bangunan gedung, beton bertulang merupakan kombinasi kekuatan tekan dari beton dan kekuatan tarik dari baja yang mengakibatkan kedua bahan ini sangat baik untuk memikul beban-beban yang bekerja. Selain itu beton memiliki kelebihan diantaranya mudah dibentuk, tahan terhadap korosi dan cuaca, mudah perawatan serta harga relatif murah.

Perencanaan struktur yang baik harus memperhatikan fungsi struktur, biaya, keamanan serta nilai estetika dari struktur tersebut. Tetapi peningkatan harga-harga bahan bangunan semakin lama semakin mahal, sehingga diperlukan cara-cara untuk menghematnya. Dengan didapatkan dimensi kolom yang sesuai dengan perencanaan struktur maka akan dapat menghemat biaya yang keluar.

Kolom adalah batang vertikal dari rangka (*frame*) struktur yang memikul gaya aksial dari struktur. Kolom meneruskan beban dari elevasi atas ke elevasi yang lebih bawah hingga akhirnya sampai tanah melalui pondasi. Gaya aksial kolom pada struktur bertingkat banyak sangatlah besar sehingga mempengaruhi pada dimensi kolom yang akan membesar pula, dan salah satu cara untuk

memperkecil dimensi kolom adalah dengan meningkatkan mutu beton ( $f'c$ ) tersebut.

Keruntuhan pada kolom merupakan kondisi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya (*collapse*) lantai yang bersangkutan dan juga runtuh total (*total collapse*) seluruh struktur. Selain itu keruntuhan kolom struktur merupakan hal yang harus dihindari karena akan merugikan dari segi ekonomis.

Maka dari itu diperlukannya perencanaan kolom dengan menggunakan nilai mutu beton ( $f'c$ ) yang tepat dan optimal sehingga menghasilkan desain struktur yang baik.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan penjelasan latar belakang diatas maka dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana dari penggunaan mutu beton ( $f'c$ ) terhadap dimensi kolom?
2. Berapakah perbandingan perubahan dimensi kolom dengan pemakaian mutu beton ( $f'c$ ) yang berbeda?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Sesuai dengan judul dan latar belakang masalah, maka sasaran utama dalam studi ini adalah untuk mengetahui pengaruh perbedaan mutu beton ( $f'c$ ) terhadap dimensi kolom pada gedung bertingkat banyak. Sehingga didapatkan perbandingan dimensi kolom dengan mutu beton yang berbeda.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efek perbedaan mutu beton terhadap dimensi kolom sehingga dapat menjadi acuan untuk pemilihan mutu beton yang akan digunakan pada bangunan beton bertulang bertingkat banyak terhadap efisiensi dimensi kolom.

### 1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini dititik beratkan sesuai dengan tujuan penelitian. Agar pembahasan tidak meluas, maka diberikan batasan-batasan masalah yang meliputi hal-hal sebagai berikut:

1. Model struktur yang dianalisis adalah struktur portal beton bertulang 12 lantai dengan jumlah portal 5.
2. Fungsi bangunan sebagai bangunan perkantoran.
3. Bangunan dengan tingkat daktilitas penuh.
4. Lokasi bangunan di wilayah gempa III diatas tanah keras.
5. Pembebanan struktur menggunakan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1983).
6. Analisis pembebanan struktur hanya diperhitungkan terhadap beban hidup ( $w_D$ ), beban mati ( $w_L$ ), dan beban gempa ( $w_E$ ).
7. Beban gempa menggunakan beban horisontal menggunakan metode statik ekuivalen yang mengacu pada Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Untuk Gedung (PPTGUG 1987).
8. Tumpuan portal dianggap jepit, sehingga rotasi pada pondasi tidak diperhitungkan.
9. Perencanaan elemen struktur menggunakan konsep desain kapasitas dan mengacu pada Standar Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SKSNI T-15-03-1991-03).
10. Kombinasi mutu beton ( $f'c$ ) untuk kolom yang digunakan adalah 20 MPa, 30 MPa, 40 MPa dan 50 MPa, sedangkan untuk balok dan pelat adalah 30 MPa dengan Ast mengacu pada  $f'c = 20$  Mpa.
11. Mutu baja ( $f_y$ ) yang digunakan :
  - a. Untuk diameter tulangan  $\leq 12$  mm digunakan mutu baja BJTP 30.
  - b. Untuk diameter tulangan  $> 12$  mm digunakan mutu baja BJTD 40.
12. Analisis struktur menggunakan program bantu SAP2000 ver7.42 dan Microsoft Excel 2003.
13. Perhitungan yang dilakukan hanya pada hitungan perancangan struktur, hitungan RAB tidak diperhitungkan.



14. Perencanaan kolom dengan sistem *two faces* (dua muka).
15. Dimensi kolom yang diperhitungkan adalah dimensi kolom lantai dasar, dan lantai berikutnya dan seterusnya mengikuti dimensi kolom lantai dasar.
16. Digunakan dimensi dengan mutu beton ( $f'c$ ) 20 MPa sebagai pembanding dikarenakan dimensi dianggap berkurang setiap kenaikan mutu beton.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjauan Penelitian Terdahulu**

Pada penelitian ini dicantumkan beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan yang digunakan sebagai tinjauan pustaka, antara lain :

##### **1. Gusti Andri Wahyudi (1998)**

Penelitian ini berjudul “Analisa Penulangan Tahan Gempa Pada Beton Bertulang Konvensional Dengan Konsep *Strong Coloum Weak Beam*”. Penelitian ini menganalisa sistem penulangan pada elemen struktur balok dan kolom suatu portal yang mengalami beban gempa dasar, sehingga mengakibatkan terbentuknya sendi plastis pada ujung–ujung balok dan ujung bawah kolom dasar.

Hasil yang didapat dari penelitian ini adalah ketinggian dari suatu gedung yang mencapai 10 tingkat atau 40 meter tidak akan mempengaruhi besarnya gaya lateral yang bekerja, bila struktur bangunan tersebut dibangun diatas tanah lunak dan direncanakan dengan analisa beban statik ekuivalen.

##### **2. Mochamad Rizqon K dan Sri Purwantono (2003)**

Penelitian ini berjudul “Perilaku Beton Box Dengan Variasi Mutu Beton”. Penelitian ini menganalisa perilaku dan kekuatan struktur beton box terhadap variasi mutu beton sehingga didapatkan kekuatan stuktur yang optimal.

Hasil yang didapat pada penelitian ini adalah semakin tinggi mutu beton yang digunakan, maka beban yang dapat ditahan semakin besar.

##### **3. Ade Ilham (2005)**

Penelitian ini berjudul “Beton Kinerja Tinggi Sebagai Andalan Pembangunan Masa Depan”. Penelitian ini menganalisa perbandingan workabilitas, kekuatan dan durabilitas antara Beton Kinerja Tinggi (BKT) dengan Beton Normal.

Hasil yang didapat pada penelitian ini adalah Beton Kinerja Tinggi (BKT) mempunyai sifat workabilitas, kekuatan dan durabilitas jauh lebih tinggi dibanding beton normal, sehingga BKT dapat digunakan untuk membentuk elemen struktur yang lebih ramping dan bentang panjang.

## **2.2 Keaslian Penelitian**

Berdasarkan penelitian–penelitian terdahulu yang kami ketahui, penelitian yang menyangkut efek kombinasi mutu beton ( $f'c$ ) dengan Ast mengacu pada  $f'c=20$  MPa, terhadap perencanaan dimensi kolom beton bertulang belum pernah dilakukan, oleh karena itu perlu dilakukan penelitian ini dengan kombinasi mutu beton 20 MPa, 30 MPa, 40 MPa dan 50 MPa.

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Pendahuluan**

Beton bertulang adalah suatu bahan bangunan yang kuat, tahan lama, dan dapat dibuat dalam berbagai bentuk dan ukuran. Kolom adalah batang vertikal dari rangka (*frame*) struktur yang memikul beban dari balok. Kolom meneruskan beban dari elevasi atas ke elevasi yang lebih bawah hingga akhirnya sampai tanah melalui pondasi. Dalam kenyataannya, unsur struktur tekan dengan beban aksial murni (eksentrisitas sama dengan nol) merupakan hal yang sangat mustahil. Umumnya kolom memikul beban aksial dan momen yang dapat ditimbulkan oleh kekangan ujung akibat ketidaktepatan letak dan ukuran kolom atau karena eksentrisitas yang terjadi akibat ketidaktepatan letak dan ukuran kolom, beban yang tidak simetris akibat perbedaan tebal plat disekitar kolom atau karena ketidak sempurnaan lainnya (Sudarmoko 1994).

Suatu penampang beton bertulang harus menahan tidak hanya beban momen lentur  $M$  tetapi juga gaya normal (gaya aksial)  $P$ , maka distribusi tegangan internal menjadi lebih kompleks. Dari teori elastisitas diketahui bahwa tegangan – tegangan yang ditimbulkan  $M$  dan  $P$  boleh dijumlahkan sehingga memperoleh tegangan resultan (Vis & Gideon 1993).

#### **3.2 Analisis Struktur Pelat**

Didalam Analisis pelat dibedakan menjadi 2 jenis yaitu pelat dengan tulangan satu arah dan pelat dengan tulangan dua arah.

##### **1. Menentukan Tebal Minimum Pelat ( $h$ )**

- Tegangan leleh baja ( $f_y$ ) : dalam satuan MPa
- Mutu beton rencana ( $f'_c$ ) : dalam satuan MPa

Pada SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.2.5 butir 3.3 memberikan pendekatan empiris mengenai batasan defleksi dilakukan dengan tebal pelat minimum sebagai berikut:

$$\frac{Ln\left(0.8 + \frac{f_y}{1500}\right)}{36 + 9\beta} \leq h \leq \frac{Ln\left(0.8 + \frac{f_y}{1500}\right)}{36} \dots\dots\dots(3.1)$$

$$\text{Sehingga diambil } h : \frac{Ln\left(0.8 + \frac{f_y}{1500}\right)}{36 + 5\beta \left[ \alpha_m - 0,12 \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \right]} \dots\dots\dots(3.2)$$

Dengan :

H = Ketebalan Pelat (mm)

Ln = Panjang terpanjang tulangan (mm)

Fy = Mutu baja tulangan (MPa)

$\beta$  =  $I_y/I_x$  (rasio bentang bersih arah memanjang terhadap arah memendek)

$\alpha_m$  = Rasio kekakuan balok terhadap pelat

Syarat tebal minimum pelat:

- Untuk  $\alpha_m$  kurang dari 2,0 digunakan nilai h minimal 120 mm.
- Untuk  $\alpha_m$  lebih dari atau sama dengan 2,0 digunakan nilai h minimal 90 mm.

## 2. Menentukan Momen Lentur Terjadi

Perencanaan dan analisis pelat dua arah untuk beban gravitasi dilakukan dengan menggunakan metode *koefisien momen*. Besar momen lentur dalam arah bentang panjang:

$$M_{tx} = 0,001 \cdot q_u \cdot L_x \cdot c_{tx} \dots\dots\dots(3.3)$$

$$M_{lx} = 0,001 \cdot q_u \cdot L_x \cdot c_{lx} \dots\dots\dots(3.4)$$

$$M_{ty} = 0,001 \cdot q_u \cdot L_x \cdot c_{ty} \dots\dots\dots(3.5)$$

$$M_{ly} = 0,001 \cdot q_u \cdot L_x \cdot c_{ly} \dots\dots\dots(3.6)$$

Dimana :

- qu = Beban merata
- Lx = Panjang bentang pendek
- c<sub>tx</sub> = koefisien momen tumpuan arah x
- c<sub>lx</sub> = koefisien lapangan arah x

$c_y$  = koefisien momen tumpuan arah y

$c_x$  = koefisien lapangan arah y

Nilai koefisien momen (c) diambil dari tabel 13.3.1 dan 13.3.2 PBI 1971

### 3. Menentukan Tinggi Manfaat (d) arah x dan y

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \beta_1 \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \dots\dots\dots(3.7)$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \rho_b \dots\dots\dots(3.8)$$

$$\rho_b = \frac{1,4}{f_y} \dots\dots\dots(3.9)$$

dengan nilai  $\beta_1$  :

$$f'_c \leq 30 \text{ MPa} \longrightarrow \beta_1 = 0,85$$

$$f'_c = 40 \text{ MPa} \longrightarrow \beta_1 = 0,77$$

$$f'_c = 50 \text{ MPa} \longrightarrow \beta_1 = 0,69$$

Pada pelat dua arah, tulangan momen positif untuk kedua arah dipasang saling tegak lurus. Karena momen positif arah bentang pendek (x) lebih besar dari bentang panjang (y), maka tulangan bentang pendek diletakkan pada lapis bawah agar memberikan d (tinggi manfaat) yang besar.

$$d_x = h - P_b - \frac{1}{2} \phi_{tul} \dots\dots\dots(3.10)$$

$$d_y = h - P_b - \frac{1}{2} \phi_{tul} \dots\dots\dots(3.11)$$

Untuk tulangan  $d_x - d_y - d_x$

### 4. Menentukan Luas Tulangan (As) arah x dan y

$$R_n = \frac{M_u / \phi}{b \cdot d^2} \dots\dots\dots(3.12)$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} \dots\dots\dots(3.13)$$

$$\rho_{ada} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \dots\dots\dots(3.14)$$

- Jika  $\rho_{ada} > \rho_{maks}$  .....tebal minimum (h) harus diperbesar
- Jika  $\rho_{min} < \rho_{ada} < \rho_{maks}$  .....dipakai nilai :  $\rho_{pakai} = \rho_{ada}$
- Jika  $\rho_{ada} < \rho_{min}$  dan  $1,33 \rho_{ada} > \rho_{min}$ ..... dipakai nilai :  $\rho_{perlu} = \rho_{min}$
- Jika  $\rho_{ada} < \rho_{min}$  dan  $1,33 \rho_{ada} < \rho_{min}$   
dipakai nilai :  $\rho_{perlu} = 1,33 \rho_{pakai}$

Setelah didapat nilai  $\rho_{perlu}$  maka:

$$As_{Perlu} = \rho_{perlu} \cdot b \cdot d \geq As_{susut/bagi} = 0,002 \cdot b \cdot h$$

Nilai lebar pelat (b), diambil tiap 1 meter (1000 mm)

Jarak antar tulangan:  $s \leq \frac{A_1 \cdot b}{As_{perlu}}$  .....(3.15)

$$s \leq 2h$$
 ..... (3.16)

$$s \leq 250 \text{ mm}$$
 ..... (3.17)

Diambil jarak tulangan (s) yang terkecil, sehingga didapatkan nilai:

$$As_{ada} = \frac{A_1 \cdot b}{s}$$
 .....(3.18)

**5. Kontrol Kapasitas Momen Lentur (Mn) Pelat yang Terjadi**

$$a = \frac{As_{ada} \cdot fy}{0,85 \cdot f'c \cdot b}$$
 ..... (3.19)

$$Mn = As_{ada} \cdot fy \cdot (d - a/2) \geq Mu / \phi$$
 ..... (3.20)

Bila  $\rho_{perlu} = 1,33 \cdot \rho_{ada}$ , maka :

$$Mn = As_{ada} \cdot fy \cdot (d - a/2) \geq 1,33 \cdot Mu / \phi$$

Untuk tulangan susut/bagi digunakan seluas,  $As_{susut/bagi} = 0,002 \cdot b \cdot h$

**3.3 Analisis Beban Gempa**

Beban gempa merupakan beban yang sangat tidak dapat diperkirakan baik besarnya maupun arahnya. Agar gaya – gaya gempa yang diperhitungkan tidak terlalu besar, arahnya cukup dapat diperkirakan, dan distribusi gaya – gayanya

dapat dilakukan secara sederhana, ketentuan – ketentuan dibawah ini sangat perlu untuk diperhatikan dalam perencanaan struktur beton didaerah gempa.

1. Tata letak struktur
2. Desain kapasitas
3. Pendetailan.

Dengan memenuhi ketiga syarat – syarat ini maka perencanaan struktur beton didaerah gempa dapat dilakukan dengan sederhana, aman dan ekonomis.

#### 1. Gaya Geser Dasar (V)

Gaya geser dasar merupakan gaya geser horisontal yang besarnya dipengaruhi oleh persamaan :

$$V = C . I . K Wt \quad \dots\dots\dots(3.21)$$

- Dimana : C = Koefisien gempa dasar  
 I = Faktor keutamaan gedung  
 K = Faktor jenis gedung  
 Wt = Berat total struktur

#### 2. Koefisien Gempa Dasar (C)

Koefisien gempa dasar dipengaruhi kondisi wilayah gempa, waktu getar alami struktur (T) dan kondisi tanah setempat. (C) dapat dicari dengan gambar wilayah gempa. Waktu getar struktur (T) dapat didekati dengan persamaan sebagai berikut :

$$T = 0,06 \times H^{3/4} \quad \dots\dots\dots(3.22)$$

- Dimana : T = waktu getar alami struktur (det).  
 H = Tinggi struktur (meter).

#### 3. Faktor Keutamaan Gedung (I)

Faktor keutamaan digunakan untuk memperbesar beban rencana agar struktur dapat memikul beban gempa dengan periode ulang yang panjang atau struktur mempunyai tingkat kerusakan yang lebih kecil.

#### 4. Faktor Jenis Struktur (K)

Faktor jenis struktur K dimaksudkan agar struktur mempunyai kekuatan lateral yang cukup untuk menjamin daktilitas yang dituntut tidak lebih besar dari daktilitas yang tersedia pada saat terjadi gempa kuat.



### 5. Berat Total Bangunan (Wt)

Merupakan berat total dari struktur bangunan yang direncanakan di tambah dengan beban hidup.

#### Distribusi Gaya Geser Horisontal (Fi)

Distribusi gaya horisontal akibat beban gempa (Fi) tergantung pada perbandingan tinggi total struktur (H) terhadap lebar struktur (B) pada arah yang ditinjau. Adapun distribusinya adalah sebagai berikut.

1. Struktur bangunan yang memiliki nilai  $H/B < 3$ , gaya horisontal untuk masing – masing lantai dapat dihitung dengan persamaan:

$$F_i = \frac{W_i \cdot h_i}{\sum W_i \cdot h_i} \cdot V \quad \dots\dots\dots(3.23)$$

2. Struktur bangunan gedung yang memiliki nilai  $H/B \geq 3$ , maka 90% beban didistribusikan berupa gaya horisontal akibat beban gempa (Fi) untuk masing – masing lantai dihitung dan 10% beban lainnya ditambahkan pada tingkat paling atas atau atap. Yang dihitung melalui persamaan berikut:

$$F_n = 0.1 \cdot V + \frac{W_n \cdot h_n}{\sum W_i \cdot h_i} \cdot 0.9 \cdot V \quad \dots\dots\dots(3.24)$$

Untuk lantai selain atap dihitung dengan persamaan berikut :

$$F_i = \frac{W_i \cdot h_i}{\sum W_i \cdot h_i} \cdot 0.9 \cdot V \quad \dots\dots\dots(3.25)$$

Dengan Fi gaya horisontal akibat gempa tingkat ke-1, Fn gaya horisontal akibat beban gempa pada atap, hi tinggi lantai ke-i, hn tinggi atap, V gaya geser dasar, Wi berat lantai ke-i dan Wn adalah berat atap.

### 3.4 Perencanaan Balok

Pada perencanaan ini digunakan metode kekuatan batas (ultimit), dimana beban kerja dikalikan faktor beban yang disebut beban terfaktor. Dari beban terfaktor ini, dimensi struktur direncanakan sedemikian rupa sehingga didapat kuat penampang yang pada saat runtuh besarnya kira – kira lebih kecil sedikit dari

kuat batas runtuh sesungguhnya. Kekuatan pada saat runtuh disebut kuat batas (ultimit) dan beban bekerja saat runtuh disebut beban ultimit. Kuat rencana penampang didapat dari perkalian kuat nominal/teoritis dengan faktor kapasitas.

**Langkah-langkah perencanaan elemen balok adalah sebagai berikut:**

**1. Menentukan mutu beton dan baja tulangan**

- Tegangan leleh baja ( $f_y$ ) : dalam satuan MPa
- Kuat desak rencana beton ( $f'c$ ) : dalam satuan MPa

Didapat nilai faktor tegangan beton ( $\beta_1$ ), sama dengan : (SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.3.3 butir 7.3)

$$f'c \leq 30 \text{ MPa} \longrightarrow \beta_1 = 0,85$$

$$f'c > 30 \text{ MPa} \longrightarrow \beta_1 = 0,85 - 0,008 \cdot (f'c - 30) \geq 0,65 \dots \dots \dots (3.26)$$

**2. Menentukan nilai rasio tulangan ( $\rho$ )**

Dalam menentukan nilai rasio tulangan ( $\rho$ ), beton dalam keadaan regangan seimbang, yaitu pada saat regangan beton mencapai maksimum  $\epsilon_{cu} = 0,003$  bersamaan regangan baja mencapai leleh  $\epsilon_s = \epsilon_y = f_y/\epsilon_s$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'c}{f_y} \cdot \beta_1 \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \dots \dots \dots (3.27)$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \rho_b \dots \dots \dots (3.28)$$

Dalam perencanaan dipakai nilai  $\rho$ ,  $\rho_{pakai} = \rho_{maks} > \rho_{min} \dots \dots \dots (3.29)$

dengan nilai  $\beta_1$  :

$$f'c \leq 30 \text{ MPa} \longrightarrow \beta_1 = 0,85$$

$$f'c = 40 \text{ MPa} \longrightarrow \beta_1 = 0,77$$

$$f'c = 50 \text{ MPa} \longrightarrow \beta_1 = 0,69$$

Dimana :  $\rho_b$  = rasio tulangan terhadap luas efektif dalam keadaan seimbang

$\rho_{maks}$  = rasio tulangan maksimum

$\rho_{pakai}$  = rasio tulangan yang dipakai dalam perencanaan

$\rho_{min}$  = rasio tulangan minimum

### 3. Menentukan tinggi efektif (d) dan lebar (b) penampang beton

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} \dots\dots\dots (3.30)$$

$$R_n = \rho \cdot f_y \cdot \left(1 - \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot m\right) \dots\dots\dots (3.31)$$

$$b \cdot d^2 = \frac{M_u / \theta}{R_n} \dots\dots\dots (3.32)$$

karena nilai  $\frac{M_u / \theta}{R_n}$  diketahui, maka  $d_{perlu}$  dan b penampang beton

dapat dicari dengan coba – coba (*trial and error*). Untuk mendapatkan nilai  $d_{perlu}$  dan b penampang beton yang proporsional digunakan perbandingan  $b/d_{perlu} = 1,2 - 3,0$

Pada beton tulangan sebelah dipakai nilai  $d_1$ :

- $d_1 = 50 - 70$  mm  $\longrightarrow$  untuk tulangan tarik 1 lapis
- $d_1 = 71 - 100$  mm  $\longrightarrow$  untuk tulangan tarik 2 lapis

Dimana : m = Perbandingan isi dari tulangan memanjang dari bentuk yang tertutup

$R_n$  = Koefisien tahanan untuk perencanaan kuat

d = tinggi efektif penampang, diukur dari serat atas ke pusat tulangan tarik (mm)

$d_e$  = tebal selimut beton, diukur dari serat bawah ke pusat tulangan tarik (mm)

$M_u$  = momen lentur ultimit akibat beban luar (Nmm)

$\theta$  = faktor reduksi kekuatan, diambil nilai 0,80 (lentur tanpa aksial)

H = tinggi total penampang

Setelah nilai  $d_{\text{perlu}}$  didapat, maka :

$$h = d_{\text{ada}} + d_c$$

nilai  $d_c$  diatas, tergantung dari banyaknya tulangan tarik yang digunakan.

**Jika nilai  $d_{\text{ada}}$  lebih besar ( $>$ )  $d_{\text{perlu}}$ , maka digunakan tulangan sebelah.**

**Jika nilai  $d_{\text{ada}}$  lebih kecil ( $<$ )  $d_{\text{perlu}}$ , maka digunakan tulangan rangkap.**

### 3.4.1 Perencanaan Balok Penampang Persegi Menahan Lentur Tulangan Rangkap

Balok lentur tulangan rangkap direncanakan, **jika nilai  $d_{\text{ada}}$  lebih kecil ( $<$ )  $d_{\text{perlu}}$ .** Langkah – langkah perencanaannya sebagai berikut :

#### 1. Menentukan $As_1$ dan $Mn_1$

$$As_1 = \rho_1 \cdot b \cdot d_{\text{ada}} \quad \dots\dots\dots(3.33)$$

$$\text{Diambil } \rho_1 = \rho_{\text{awal}} = \rho_{\text{maks}}$$

$$c = \frac{600}{600 + f_y} \cdot d \quad \dots\dots\dots(3.34)$$

$$a = c \cdot \beta \quad \dots\dots\dots(3.35)$$

$$Mn_1 = As_1 \cdot f_y \cdot (d - \frac{a}{2}) < \frac{Mu}{\phi} \quad \dots\dots\dots(3.36)$$

#### 2. Menentukan $Mn_2$

$$\frac{Mu}{\phi} \leq Mn = Mn_1 + Mn_2$$

$$Mn_2 = \frac{Mu}{\phi} - Mn_1 \quad \dots\dots\dots(3.37)$$

Dimana :

$Mn_1$  = kuat momen pas.kopel gaya beton tekan dan tul.baja tarik(Nmm).

$Mn_2$  = kuat momen pas.kopel tul.baja tekan dan baja tarik tambahan (Nmm).

### 3. Menentukan $As' = As_2$ dan $As$

Tegangan baja desak :

$$f's = 600 \cdot \left( 1 - \frac{0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1 \cdot d'}{(\rho - \rho') \cdot fy \cdot d} \right) \dots\dots\dots(3.38)$$

jika  $f's \geq fy$ , maka baja desak sudah leleh, sehingga dipakai :  $f's = fy$

jika  $f's < fy$ , maka baja desak belum leleh, sehingga dipakai :  $f's = f's$

$$As' = \frac{Mn_2}{f's \cdot (d - d')} \dots\dots\dots(3.39)$$

$$n = \frac{As'}{As} \quad n \text{ bilangan bulat}$$

$$n \geq 2 \text{ batang}$$

$$As = As_1 + As', \quad As' = As_2 \dots\dots\dots(3.40)$$

Dimana:  $n$  = Jumlah tulangan yang dipakai (buah).

$As_1$  = Luas penampang tulangan baja tarik ( $mm^2$ ).

$As_2$  = Luas penampang tulangan baja tarik tambahan ( $mm^2$ ).

$As'$  = Luas penampang tulangan baja tekan ( $mm^2$ ).

$\rho_1$  = Rasio tulangan yang dipakai dalam perencanaan.

### 4. Kontrol kapasitas lentur

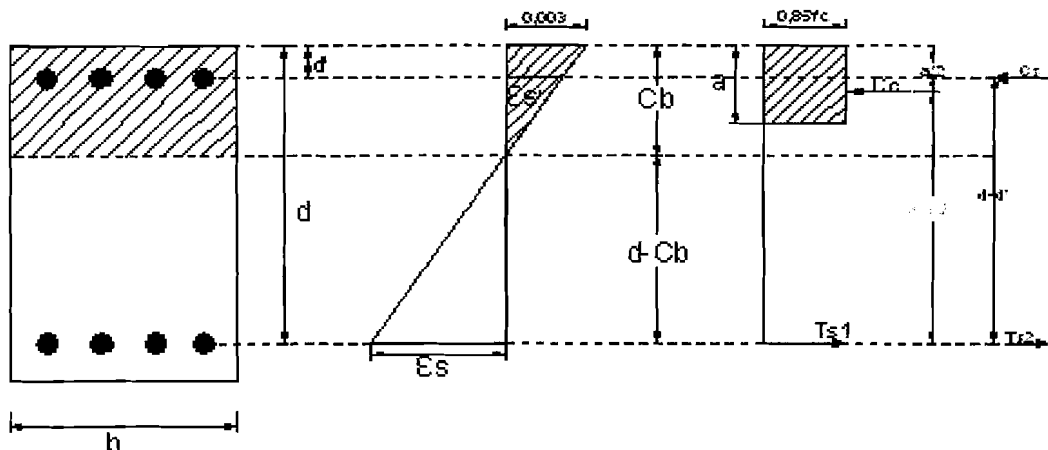
$$As_{baru} = As \text{ ada} - As' \text{ ada} \dots\dots\dots(3.41)$$

$$\rho = \frac{As_{baru}}{h \cdot d_{ada}} \dots\dots\dots(3.42)$$

$$a = \frac{As \cdot fy - As' \cdot (fy - 0,85 \cdot f'c)}{0,85 \cdot f'c \cdot b} \dots\dots\dots(3.43)$$

$$Mn = 0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b \cdot (d - \frac{a}{2}) \dots\dots\dots(3.44)$$

$$\text{Rasio} = \frac{Mn \cdot \phi}{Mu} \approx 1 \dots\dots\dots(3.45)$$



Gambar 3.1 Distribusi Tegangan Regangan Balok Bertulang Rangkap

**3.4.2 Perencanaan Geser Balok**

Langkah – langkah perencanaan tulangan geser balok sebagai berikut :

**1. Menentukan tegangan geser beton (Vc)**

Tegangan geser beton biasanya dinyatakan dalam fungsi dari  $\sqrt{f'c}$  dan kapasitas beton dalam menerima geser menurut SK SNI T-15-1991-03 adalah sebesar :

$$V_c = \left( \frac{1}{6} \times \sqrt{f'c} \right) \times b \times d \text{ (Newton)} \dots\dots\dots(3.46)$$

Sedangkan kekuatan minimal tulangan geser vertikal menahan geser dinyatakan dalam :

$$V_{smin} = \frac{1}{3} \times b \times d \text{ (Newton)} \dots\dots\dots(3.47)$$

**2. Menentukan jarak sengkang**

Berdasarkan kriteria jarak sengkang pada SK SNI T-15-1991-03, adalah sebagai berikut :

- Bila  $V_u \leq 0,5 \cdot \Phi V_c$  .....(3.48)

Geser tidak diperhitungkan

- Bila  $0,5 \cdot V_c < \frac{V_u}{\Phi} \leq V_c$  .....(3.49)

Perlu tulangan geser kecuali untuk struktur sebagai berikut :  
struktur pelat (lantai, atap, pondasi), balok  $\leq 2,5 \cdot h_f$

Tulangan geser dengan jarak :

$$s \leq \frac{A_v \times f_y \times d}{V_{s_{\min}}} \dots\dots\dots(3.50)$$

$$\leq \frac{d}{2} \dots\dots\dots(3.51)$$

$$\leq 600 \text{ mm.}$$

▪ Bila  $V_c < \frac{V_u}{\Phi} \leq (V_c + V_{s_{\min}})$  .....(3.52)

Maka perlu tulangan geser, dengan jarak sengkang :

$$s \leq \frac{A_v \times f_y \times d}{V_{s_{\min}}} \dots\dots\dots(3.53)$$

$$\leq \frac{d}{2} \dots\dots\dots(3.54)$$

$$\leq 600 \text{ mm.}$$

▪ Bila  $(V_c + V_{s_{\min}}) < \frac{V_u}{\Phi} \leq 3.V_c$  .....(3.55)

Maka perlu tulangan geser, dengan jarak sengkang :

$$s \leq \frac{A_v \times f_y \times d}{\left(\frac{V_u}{\Phi} - V_c\right)} \dots\dots\dots(3.56)$$

$$\leq \frac{d}{2} \dots\dots\dots(3.57)$$

$$\leq 600 \text{ mm.}$$

▪ Bila  $3.V_c < \frac{V_u}{\Phi} \leq 5.V_c$  .....(3.58)

$$s \leq \frac{A_v \times f_y \times d}{\left(\frac{V_u}{\Phi} - V_c\right)} \dots\dots\dots(3.59)$$

$$\leq \frac{d}{2} \dots\dots\dots(3.60)$$

$$\leq 600 \text{ mm.}$$

**3.5 Perencanaan Kolom**

Kolom sebagai bagian struktur menempati posisi penting dalam sistem struktur, kegagalan kolom dapat berarti keruntuhan total struktur. Oleh karena itu perencanaan kolom harus diperhitungkan secara cermat dengan memberikan cadangan kekuatan yang lebih daripada komponen struktur lainnya.

**1. Momen kolom.**

Untuk momen rencana pada kolom maka nilai momen ultimit dihitung berdasarkan terjadinya kapasitas lentur sendi plastis kedua ujung balok sebagai berikut :

$$M_{U.K} = \frac{h'}{h} \cdot 0,7 \cdot \omega_d \cdot \alpha_{ka} \left[ \frac{l}{li} M_{kap,ki} + \frac{l}{la} M_{kap,ka} \right] \dots\dots\dots(3.61)$$

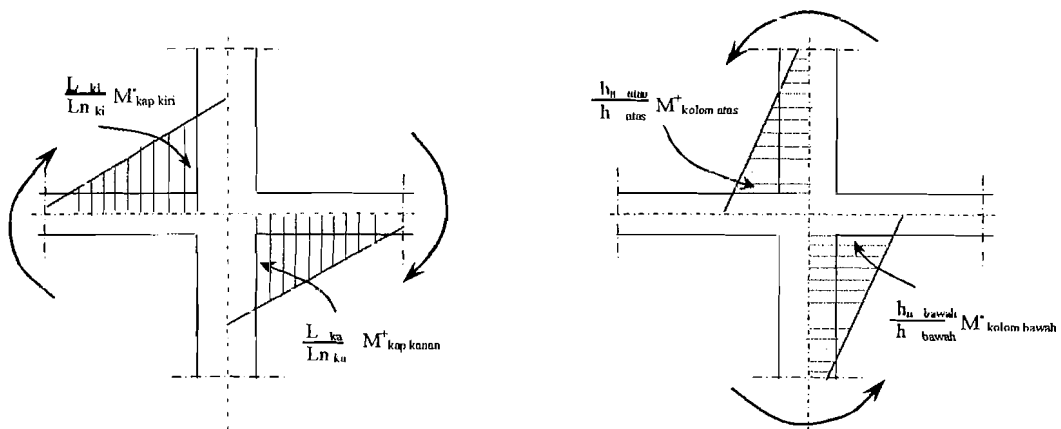
dengan :

$$\alpha_{atas} = \frac{k_{atas}}{k_{atas} + k_{bawah}} \dots\dots\dots(3.62)$$

$$\alpha_{bawah} = \frac{k_{bawah}}{k_{atas} + k_{bawah}} \dots\dots\dots(3.63)$$

tetapi harus lebih kecil dari :

$$M_{U.K} < 1,05 \left[ M_{D.K} + M_{L.K} + \frac{4}{K} M_{E.K} \right] \dots\dots\dots(3.63)$$



Gambar 3.2 Momen Lentur Pada Kedua Ujung Balok.



**2. Gaya aksial rencana kolom.**

Setelah momen ultimit kolom maka yang harus dilakukan berikutnya adalah gaya aksial yang bekerja pada kolom.

$$P_{U,K} = R_{V,0,7} \sum_{i=1}^n \left[ \frac{(\sum M_{Kap})_i}{li} + \frac{(\sum M_{Kap})_a}{la} \right] + 1,05.P_{g,k} \dots\dots\dots(3.64)$$

$$\sum M_{Kap} = \sum_i^n M_{Kap} \dots\dots\dots(3.65)$$

tetapi harus lebih kecil :

$$P_{U,K} < 1,05 \left( P_{g,k} + \frac{4}{K} . P_{E,K} \right) \dots\dots\dots(3.66)$$

Dengan :

$P_U$  = Aksial terfaktor

$P_{g,k}$  = ( $V_D + V_L$ )

$V_D$  = Aksial akibat beban mati

$V_L$  = Aksial akibat beban hidup

$P_{E,k}$  = Aksial akibat beban gempa

$R_V$  = Faktor reduksi yang nilainya tergantung dari jumlah lantai

1,0                    untuk  $1 < n \leq 4$

$1,1 - 0,025 n$     untuk  $4 < n \leq 20$

0,6                    untuk  $n > 20$

$n$         = Jumlah lantai bangunan

**3. Gaya geser rencana kolom.**

Kuat geser kolom portal berdasarkan terjadinya sendi-sendi plastis pada ujung-ujung balok yang bertemu pada kolom dihitung dengan persamaan :

$$V_{U,K} = 1,05 \left( V_{D,k} + V_{L,k} + \frac{4}{K} V_{E,k} \right) \dots\dots\dots(3.67)$$

Dengan :

$V_{D,k}$         = gaya geser kolom akibat beban mati.

$V_{L,k}$         = gaya geser kolom akibat beban hidup.

$V_{E,k}$         = gaya geser kolom akibat beban gempa.

## **BAB IV**

### **METODE PENELITIAN**

Metode penelitian merupakan tatacara pelaksanaan penelitian dalam rangka mencari solusi dari suatu permasalahan yang akan dilaksanakan secara bertahap, yaitu : analisis, pembahasan dan penarikan kesimpulan.

#### **4.1 Data Daerah Penelitian**

Pada studi penelitian ini daerah yang digunakan adalah daerah wilayah gempa 3 dan struktur model diasumsikan dibangun diatas tanah keras.

#### **4.2 Data Struktur**

Model struktur beton bertulang yang digunakan memiliki data lebih kurang sebagai berikut :

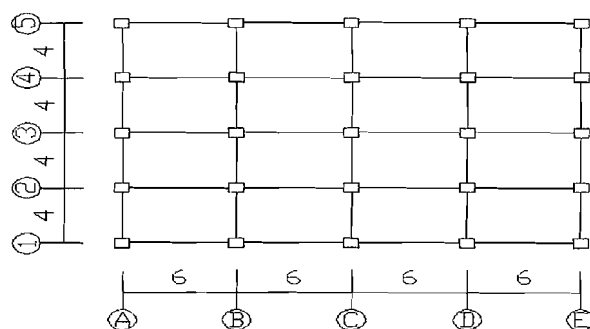
1. Model struktur yang dianalisis adalah struktur beton bertulang 12 lantai.
2. Tinggi kolom yang direncanakan adalah 4,5 meter.
3. Tebal pelat atap 100 mm dan pelat lantai 120 mm.
4. Model struktur berada diatas tanah keras.
5. Struktur direncanakan sebagai bangunan perkantoran dengan beban hidup ( $w_L$ ) 250 kg/m<sup>2</sup> (PPI 1983).
6. Kombinasi mutu beton ( $f'c$ ) untuk kolom yang akan dianalisa dalam penelitian ini adalah 20 MPa, 30 MPa, 40 MPa, 50 MPa.
7. Untuk diameter tulangan  $\leq$  12 mm menggunakan mutu baja ( $f_y$ ) 300 MPa dan untuk diameter tulangan  $>$  12 mm menggunakan mutu baja ( $f_y$ ) 400 MPa.
8. Perencanaan kolom dengan sistem *two faces* (dua muka).

### 4.3 Analisis Penelitian

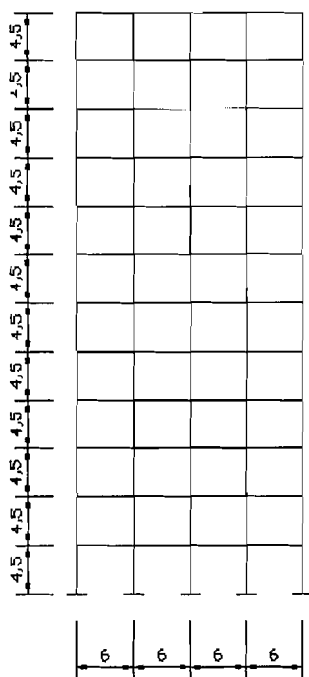
Dalam studi penelitian ini untuk analisis pembahasan menggunakan *software computer* SAP2000 ver7.42 sebagai program bantu. Perhitungan dimensi kolom dengan cara *trial and error* dengan mengacu pada diagram Mn dan Pn pada mutu beton ( $f'c$ ) 20 MPa, sehingga didapatkan dimensi asumsi untuk mutu beton ( $f'c$ ) 30, 40 dan 50 MPa, kemudian diperhitungkan kembali.

### 4.4 Model Struktur

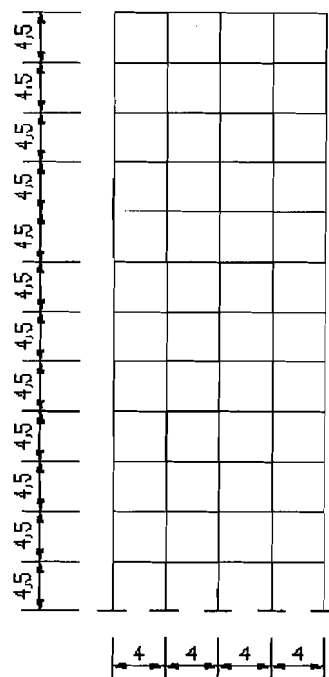
Model struktur yang digunakan adalah bangunan 15 lantai seperti gambar dibawah ini :



Gambar 4.1 Tampak atas model struktur



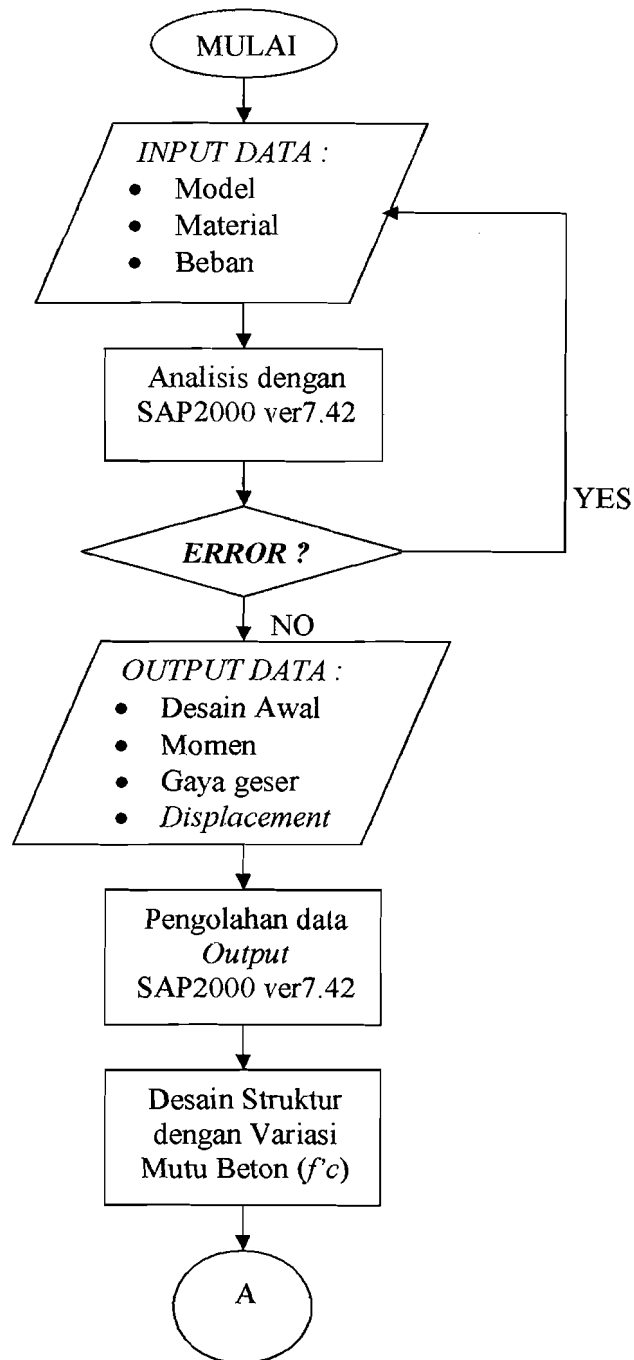
Gambar 4.2 Portal memanjang struktur

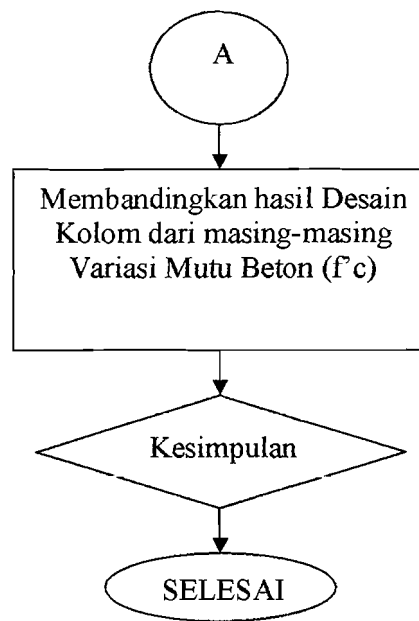


Gambar 4.3 Portal melintang struktur

#### 4.5 Tahapan Analisis

Pengolahan data dilakukan dengan langkah-langkah sesuai bagan dibawah ini, analisis menggunakan *softwear* dengan pendekatan 3 dimensi.





## BAB V

### ANALISIS DAN DESAIN STRUKTUR

#### 5.1 Data Perencanaan

Data perencanaan memuat data-data yang diperlukan dalam proses analisis.

##### 5.1.1 Parameter Bahan

- $f_y$  = kuat leleh baja karakteristik = 400 MPa.
- $f'_c$  (kuat desak beton karakteristik) untuk kolom yang digunakan adalah 20 MPa, 30 MPa, 40 MPa dan 50 MPa, sedangkan untuk balok dan pelat adalah 30 MPa.
- $E$  = modulus elastisitas beton =  $4700 \sqrt{f'_c}$

##### 5.1.2 Asumsi yang digunakan

- a. Tebal pelat atap = 100 mm.
- b. Tebal pelat lantai = 120 mm.
- c. Dimensi kolom = 500 x 750 mm<sup>2</sup>.
- d. Dimensi balok induk = 300 x 500 mm<sup>2</sup>.
- e. Tinggi antar tingkat = 4,5 meter.
- f. Berat volume beton = 24 kN/m<sup>3</sup>.
- g. Tata guna ruang sebagai perkantoran dengan beban hidup lantai 2,5 kN/m<sup>2</sup> dan beban hidup atap 1 kN/m<sup>2</sup>.

#### 5.2 Perhitungan Gaya-Gaya Yang Bekerja Pada Struktur

##### 5.2.1 Perhitungan Beban Akibat Beban Gravitasi

Pada bab ini dilakukan perhitungan terhadap portal arah X dan Y.

###### 5.2.1.1 Beban Pelat

###### A. Pembebanan Pada Balok Atap

- 1) Beban mati pelat atap ( $w_D$ )

- Pelat Atap (100mm) =  $0,10 \text{ m} \times 24 \text{ kN/m}^3 = 2,40 \text{ kN/m}^2$
  - Lapisan kedap air (20mm) =  $0,02 \text{ m} \times 21 \text{ kN/m}^3 = 0,42 \text{ kN/m}^2$
  - Gantungan+Plafon =  $(0,11 + 0,07) \text{ kN/m}^2 = 0,18 \text{ kN/m}^2$
- $w_D = 3,00 \text{ kN/m}^2$
- Berat sendiri balok induk dihitung langsung dengan SAP 2000.

2) Beban hidup pelat atap ( $w_L$ )

$$w_L = 1,00 \text{ kN/m}^2$$

**B. Pembebanan Pada Balok Lantai**

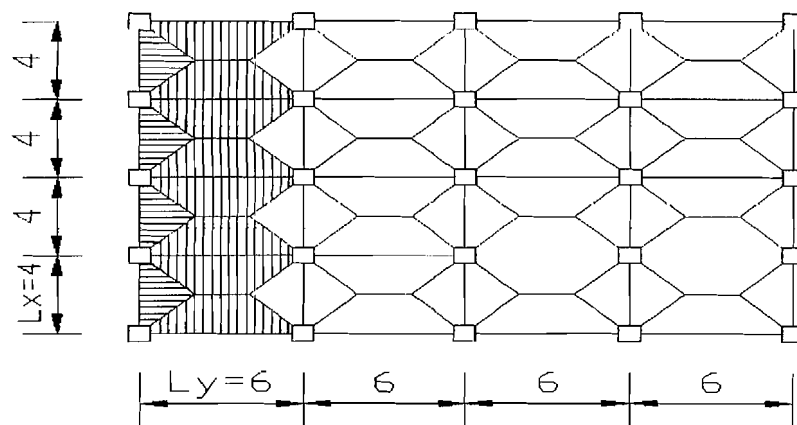
1) Beban mati pelat lantai ( $w_D$ )

- Pelat Lantai (120mm) =  $0,12 \text{ m} \times 24 \text{ kN/m}^3 = 2,88 \text{ kN/m}^2$
  - Pasir (5cm) =  $0,05 \text{ m} \times 18 \text{ kN/m}^3 = 0,90 \text{ kN/m}^2$
  - Keramik (1cm) =  $1,00 \times 0,24 \text{ kN/m}^2 = 0,24 \text{ kN/m}^2$
  - Spesi (2cm) =  $2,00 \times 0,24 \text{ kN/m}^2 = 0,48 \text{ kN/m}^2$
  - Gantungan+Plafon =  $(0,11 + 0,07) \text{ kN/m}^2 = 0,18 \text{ kN/m}^2$
- $w_D = 4,68 \text{ kN/m}^2$
- Berat sendiri balok induk dihitung langsung dengan SAP 2000.

2) Beban hidup pelat lantai ( $w_L$ )

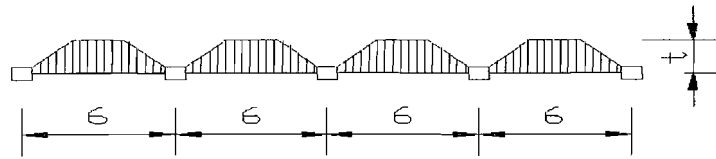
$$w_L = 2,50 \text{ kN/m}^2 \text{ (Untuk Perkantoran)}$$

**5.2.1.2 Distribusi Beban Pelat**



Gambar 5.1 Distribusi Beban Pelat

## a. Perhitungan beban trapesium



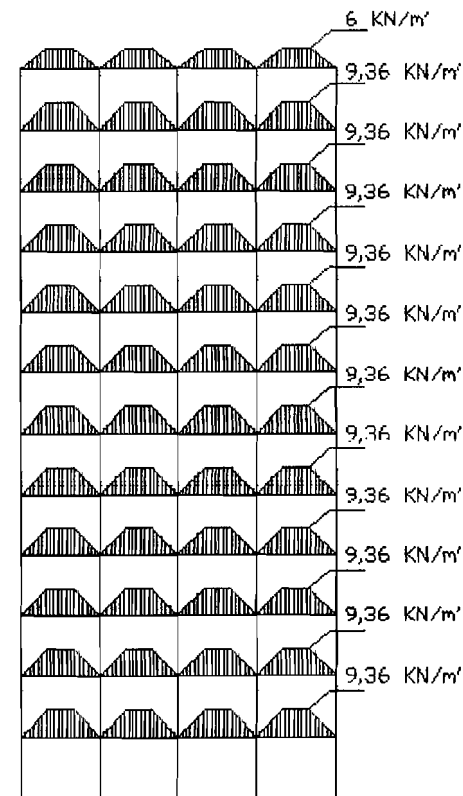
Gambar 5.2 Beban Trapesium

Untuk Atap :

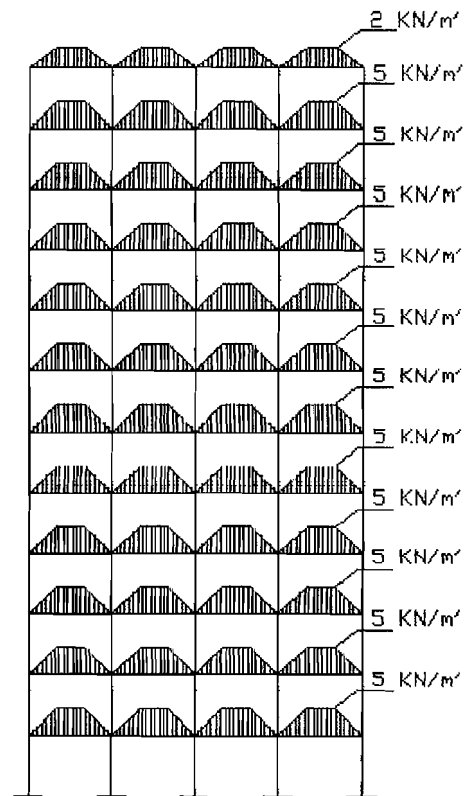
- $t = \frac{1}{2} \times Lx = \frac{1}{2} \times 4 = 2 \text{ m.}$
- $q_D = t \times w_D = 2 \times 3 = 6 \text{ kN/m.}$
- $q_L = t \times w_L = 2 \times 1 = 2 \text{ kN/m.}$

Untuk Lantai :

- $t = \frac{1}{2} \times Lx = \frac{1}{2} \times 4 = 2 \text{ m.}$
- $q_D = t \times w_D = 2 \times 4,68 = 9,36 \text{ kN/m.}$
- $q_L = t \times w_L = 2 \times 2,5 = 5 \text{ kN/m.}$



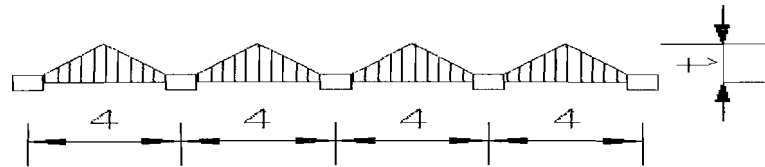
Gambar 5.3 Beban Mati Trapesium



Gambar 5.4 Beban Hidup Trapesium



## b. Perhitungan beban segitiga



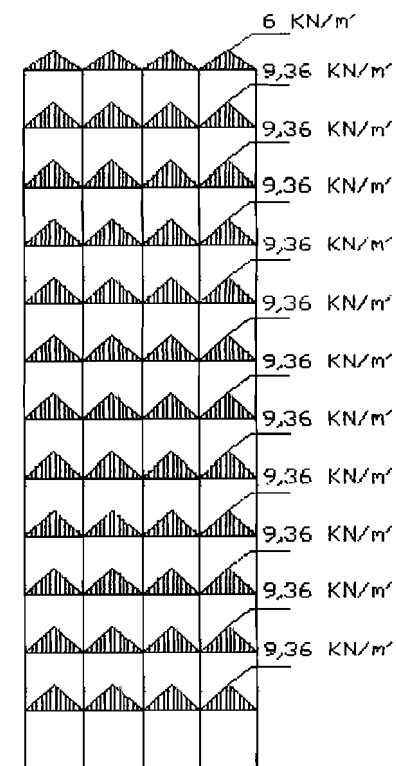
Gambar 5.5 Beban Segitiga

Untuk Atap :

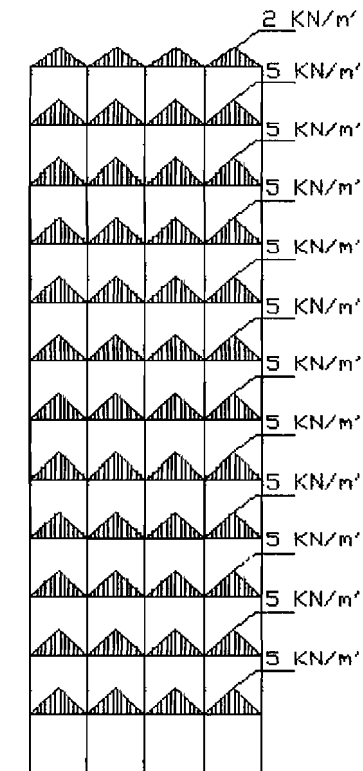
- $t = \frac{1}{2} \times L_x = \frac{1}{2} \times 4 = 2 \text{ m}$ .
- $q_D = t \times w_D = 2 \times 3 = 6 \text{ kN/m}$ .
- $q_L = t \times w_L = 2 \times 1 = 2 \text{ kN/m}$ .

Untuk Lantai :

- $t = \frac{1}{2} \times L_x = \frac{1}{2} \times 4 = 2 \text{ m}$ .
- $q_D = t \times w_D = 2 \times 4,68 = 9,36 \text{ kN/m}$ .
- $q_L = t \times w_L = 2 \times 2,5 = 5 \text{ kN/m}$ .



Gambar 5.6 Beban Mati Segitiga



Gambar 5.7 Beban Hidup Segitiga

## 5.2.2 Perhitungan Beban Akibat Beban Gempa

Perhitungan distribusi gaya geser horizontal akibat beban gempa ( $F_i$ ) diawali dengan menghitung berat total bangunan ( $w_t$ ), menentukan waktu getar bangunan ( $T$ ), koefisien gempa dasar ( $C$ ), faktor keutamaan ( $I$ ), faktor jenis struktur ( $K$ ), dan gaya geser dasar ( $V$ ).

### 5.2.2.1 Berat Total Bangunan

#### 1. Atap

- Pelat Atap =  $P.L.w_D$  atap.jumlah =  $6 \times 4 \times 3 \times 16$  = 1152 kN
  - Kolom =  $b.h.t.bj.jumlah$  =  $0,75 \times 0,5 \times 2,25 \times 24 \times 25$  = 506,25 kN
  - Balok Induk =  $b.h.bj.panjang$  =  $0,3 \times 0,5 \times 24 \times 200$  = 720 kN
  - Beban berguna tereduksi (untuk kantor = 0,3) :  
 $= P \times L \times w_L$  atap  $\times$  jumlah  $\times$  reduksi =  $6 \times 4 \times 1 \times 16 \times 0,3$  = 115,2 kN
- Jumlah = 2493,45 kN

#### 2. Untuk Lantai 3 sampai 12

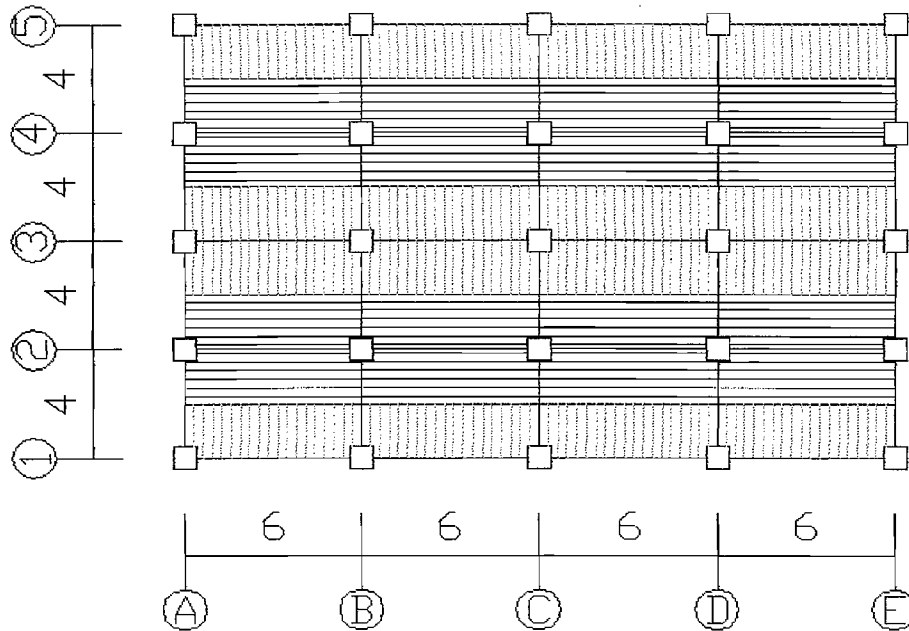
- Pelat Lantai =  $P.L.w_D$  lantai.jumlah =  $6 \times 4 \times 4,68 \times 16$  = 1797,12 kN
  - Kolom =  $b.h.t.bj.jumlah$  =  $0,75 \times 0,5 \times 4,5 \times 24 \times 25$  = 1012,5 kN
  - Balok Induk =  $b.h.bj.panjang$  =  $0,3 \times 0,5 \times 24 \times 200$  = 720 kN
  - Tembok =  $(H_T - H_B).panjang.w_T$  =  $(4,5 - 0,5) \times 200 \times 2,5$  = 2000 kN
  - Beban berguna tereduksi (untuk kantor = 0,3) :  
 $= P \times L \times w_L$  lantai  $\times$  jumlah  $\times$  reduksi =  $6 \times 4 \times 2,5 \times 16 \times 0,3$  = 288 kN
- Jumlah = 5817,62 kN

#### 3. Lantai 2

- Pelat Lantai =  $P.L.w_D$  lantai.jumlah =  $6 \times 4 \times 4,68 \times 16$  = 1797,12 kN
  - Kolom =  $b.h.t.bj.jumlah$  =  $0,75 \times 0,5 \times 6,75 \times 24 \times 25$  = 1518,75 kN
  - Balok Induk =  $b.h.bj.panjang$  =  $0,3 \times 0,5 \times 24 \times 200$  = 720 kN
  - Tembok =  $(H_T - H_B).panjang.w_T$  =  $(4,5 - 0,5) \times 200 \times 2,5$  = 2000 kN
  - Beban berguna tereduksi (untuk kantor = 0,3) :  
 $= P \times L \times w_L$  lantai  $\times$  jumlah  $\times$  reduksi =  $6 \times 4 \times 2,5 \times 16 \times 0,3$  = 288 kN
- Jumlah = 6323,87 kN

### Distribusi Gaya Geser Horizontal per Luasan

Portal Arah X

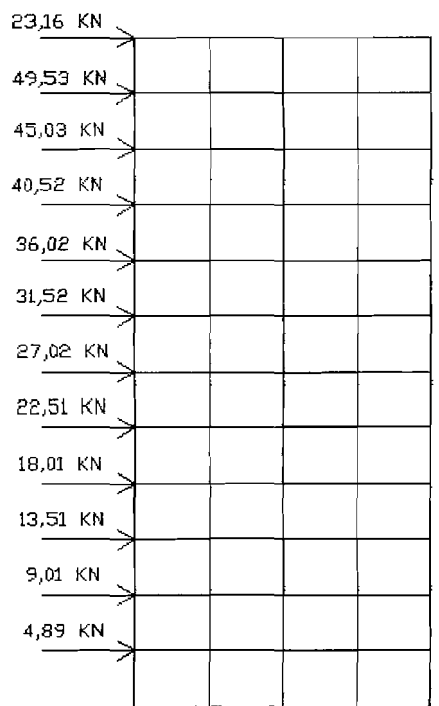


Gambar 5.9 Distribusi Luasan Arah X

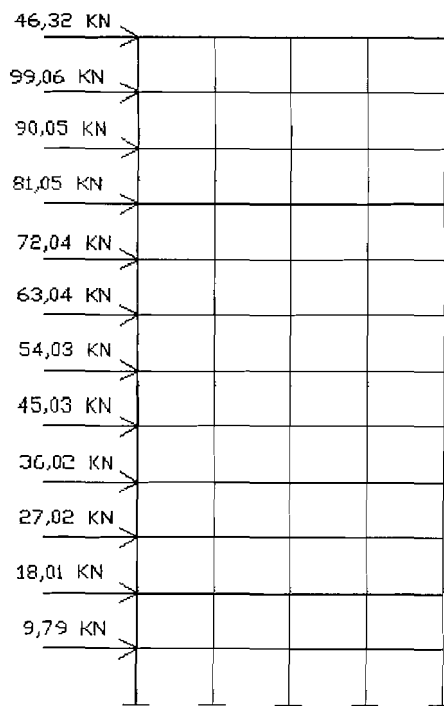
Tabel 5.2 Hasil Hitungan Distribusi Gaya Geser per Luasan Arah X

As	Luas	Atap kN	Lt-12 kN	Lt-11 kN	Lt-10 kN	Lt-9 kN	Lt-8 kN
1	48	23.16	49.53	45.03	40.52	36.02	31.52
2	96	46.32	99.06	90.05	81.05	72.04	63.04
3	96	46.32	99.06	90.05	81.05	72.04	63.04
4	96	46.32	99.06	90.05	81.05	72.04	63.04
5	48	23.16	49.53	45.03	40.52	36.02	31.52
$\Sigma$	384	185	396	360	324	288	252

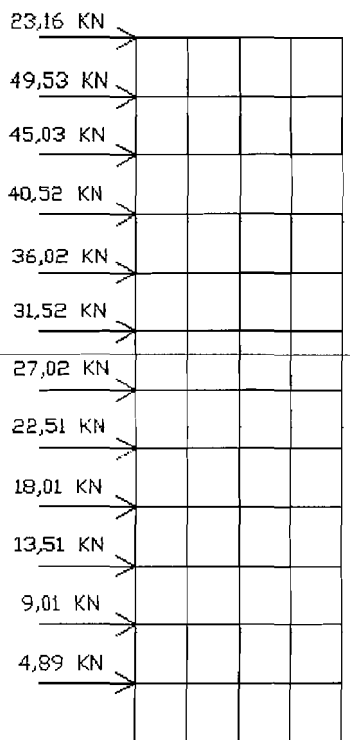
As	Lt-7 kN	Lt-6 kN	Lt-5 kN	Lt-4 kN	Lt-3 kN	Lt-2 kN	Total kN
1	27.02	22.51	18.01	13.51	9.01	4.89	
2	54.03	45.03	36.02	27.02	18.01	9.79	
3	54.03	45.03	36.02	27.02	18.01	9.79	
4	54.03	45.03	36.02	27.02	18.01	9.79	
5	27.02	22.51	18.01	13.51	9.01	4.89	
$\Sigma$	216	180	144	108	72	39	2566



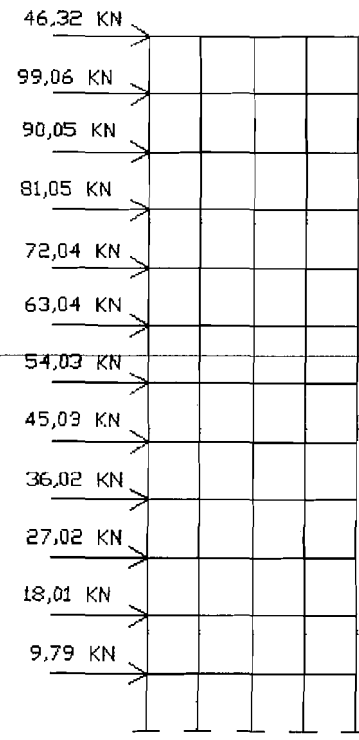
Gambar 5.11 Bagian Tepi Arah X



Gambar 5.12 Bagian Tengah Arah X



Gambar 5.13 Bagian Tepi Arah Y



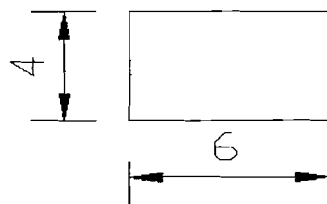
Gambar 5.14 Bagian Tengah Arah Y

### 5.3 Perencanaan

Dalam perencanaan hanya diambil salah satu perwakilan dari beberapa elemen bangunan yang dihitung. Sedangkan data-data perencanaan diambil dari data-data analisis SAP2000.

#### 5.3.1 Perencanaan Pelat

Contoh perencanaan memakai perencanaan pelat lantai.



$$L_x = 4 \text{ m.}$$

$$L_y = 6 \text{ m.}$$

$$\text{Tebal pelat lantai} = 120 \text{ mm.}$$

$$w_D \text{ Lantai} = 4,68 \text{ KN/m}^2; \quad w_L \text{ Lantai} = 2,5 \text{ kN/m}^2$$

$$q_u \text{ lantai} = 1,2 \times w_D + 1,6 \times w_L \\ = 1,2 \times 4,68 + 1,6 \times 2,5$$

$$q_u \text{ lantai} = 9,616 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{l_y}{l_x} = \frac{6}{4} = 1,5 < 2 \text{ tulangan dua arah}$$

Berdasarkan PBI 71, dari Tabel 13.3.1 (terjepit penuh) hal 202 didapat:

$$- C_{lx} = 36 \quad - C_{tx} = 76$$

$$- C_{ly} = 17 \quad - C_{ty} = 57$$

- $M_{tx} = -0,001 \times q_u \text{ lantai} \times L_x^2 \times C_{tx}$   
 $= -0,001 \times 9,616 \times 4^2 \times 76 = -11,6931 \text{ kNm}$
- $M_{ty} = -0,001 \times q_u \text{ lantai} \times L_x^2 \times C_{ty}$   
 $= -0,001 \times 9,616 \times 4^2 \times 57 = -8,7698 \text{ kNm}$
- $M_{lx} = 0,001 \times q_u \text{ lantai} \times L_x^2 \times C_{lx}$   
 $= 0,001 \times 9,616 \times 4^2 \times 36 = 5,5388 \text{ kNm}$
- $M_{ly} = 0,001 \times q_u \text{ lantai} \times L_x^2 \times C_{ly}$   
 $= 0,001 \times 9,616 \times 4^2 \times 17 = 2,6156 \text{ kNm}$

- $dx = h - pb - \frac{1}{2} \cdot \text{Øtul} = 120 - 20 - \frac{1}{2} \cdot 10 = 95 \text{ mm}$
- $dy = h - pb - 1\frac{1}{2} \cdot \text{Øtul} = 120 - 20 - 1\frac{1}{2} \cdot 10 = 85 \text{ mm}$
- $dx = dy = dx = 95 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{300} \times \left( \frac{600}{600 + 300} \right) \\ &= 0,0482 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{mak}} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,0361$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{300} = 0,0047$$

#### a. Tulangan Lx

$$R_n = \frac{Mu/\phi}{b \cdot d^2} = \frac{5,5388 \cdot 10^6 / 0,8}{1000 \cdot 95^2} = 0,7671 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{300}{0,85 \cdot 30} = 11,7647$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,7647} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,7647 \times 0,7671}{300}} \right) \\ &= 0,002597 \end{aligned}$$

$$1,33 \cdot \rho_{\text{perlu}} = 1,33 \cdot 0,002597 = 0,003454$$

Karena  $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}} = 0,0047$  dan  $1,33 \cdot \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}}$ , maka  $\rho_{\text{pakai}} = 0,003454$

$$A_s_{\text{perlu}} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d = 0,003454 \times 1000 \times 95 = 328,101 \text{ mm}^2$$

$$A_s_{\text{susut}} = 0,002 \times b \times h = 0,002 \times 1000 \times 120 = 240 \text{ mm}^2$$

$$A_s_{\text{perlu}} > A_s_{\text{susut}} \rightarrow \text{Ok}$$

Dipakai tulangan  $\emptyset$  10 mm.

$$A_1\emptyset = 0,25 \times \pi \times \emptyset_{tul}^2 = 0,25 \times \pi \times 10^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$S \leq \frac{A_1\phi \cdot b}{A_s} = \frac{78,5 \cdot 1000}{328,101} = 239,47 \text{ mm}$$

$$S \leq 2 \cdot h = 2 \cdot 120 = 240 \text{ mm}$$

$$S \leq 250 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan  $P_{10} - 200 \text{ mm}$

Kontrol Kapasitas :

$$A_{s \text{ ada}} = \frac{A_1\phi \cdot b}{S} = \frac{78,5 \cdot 1000}{200} = 392,857 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_{s \text{ ada}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{392,857 \cdot 300}{0,85 \cdot 30 \cdot 1000} = 4,622 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= A_{s \text{ ada}} \cdot f_y \cdot \left( d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 392,857 \cdot 300 \cdot \left( 95 - \frac{4,622}{2} \right) \\ &= 10,924 \text{ kNm} > \frac{M_u}{\phi} = 6,924 \text{ kNm} \rightarrow \text{Ok} \end{aligned}$$

**b. Tulangan tx**

$$R_n = \frac{M_u / \phi}{b \cdot d^2} = \frac{11,6931 \cdot 10^6 / 0,8}{1000 \cdot 95^2} = 1,6195 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{300}{0,85 \cdot 30} = 11,7647$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{ada}} &= \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,7647} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,7647 \times 1,6195}{300}} \right) \\ &= 0,0056 \end{aligned}$$

$$1,33 \cdot \rho_{\text{perlu}} = 1,33 \cdot 0,0056 = 0,007424$$

Karena  $\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{min}} = 0,0047$  dan  $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}} = 0,0361$ , maka  $\rho_{\text{pakai}} = 0,0056$

$$A_{S \text{ perlu}} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d = 0,0056 \times 1000 \times 95 = 530,264 \text{ mm}^2$$

$$A_{S \text{ susut}} = 0,002 \times b \times h = 0,002 \times 1000 \times 120 = 240 \text{ mm}^2$$

$$A_{S \text{ perlu}} > A_{S \text{ susut}} \rightarrow \text{Ok}$$

Dipakai tulangan  $\emptyset 10 \text{ mm}$ .

$$A_{1\emptyset} = 0,25 \times \pi \times \emptyset_{\text{tul}}^2 = 0,25 \times \pi \times 10^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$S \leq \frac{A_{1\emptyset} \cdot b}{A_S} = \frac{78,5 \cdot 1000}{530,264} = 148,17 \text{ mm}$$

$$S \leq 2 \cdot h = 2 \cdot 120 = 240 \text{ mm}$$

$$S \leq 250 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan  $P_{10} - 140 \text{ mm}$

Kontrol Kapasitas :

$$A_{S \text{ ada}} = \frac{A_{1\emptyset} \cdot b}{S} = \frac{78,5 \cdot 1000}{140} = 561,225 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_{S \text{ ada}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{561,225 \cdot 300}{0,85 \cdot 30 \cdot 1000} = 6,603 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= A_{S \text{ ada}} \cdot f_y \cdot \left( d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 561,225 \cdot 300 \cdot \left( 95 - \frac{6,603}{2} \right) \\ &= 15,439 \text{ kNm} > \frac{M_u}{\phi} = 14,616 \text{ kNm} \rightarrow \text{Ok} \end{aligned}$$

### Tulangan Susut

$$A_{S \text{ SUSUT}} = 0,002 \times b \times h = 0,002 \times 1000 \times 120 = 240 \text{ mm}^2$$

$$\text{Pakai } D_{\text{tul}} \emptyset 8 \rightarrow A_{1\emptyset} = 1/4 \times \pi \times 8^2 = 50,265 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A_{1\emptyset} \times b}{A_{S \text{ susut}}} = \frac{50,265 \times 1000}{240} = 209,438 \text{ mm} > 200 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} = 200 \text{ mm} \rightarrow P_8 - 200$$



Kontrol:

$$AS_{ada} = \frac{A_{1\phi} \times b}{S_{pakai}} = \frac{50,265 \times 1000}{200} = 251,33 \text{ mm}^2 \} AS_{SUSUT} = 240 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{AMAN}$$

### c. Tulangan Ly

$$Rn = \frac{Mu/\phi}{b \cdot d^2} = \frac{2,6156 \cdot 10^6 / 0,8}{1000 \cdot 85^2} = 0,4525 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fc'} = \frac{300}{0,85 \cdot 30} = 11,7647$$

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{11,7647} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,7647 \times 0,4525}{300}} \right) \\ &= 0,0015 \end{aligned}$$

$$1,33 \cdot \rho_{perlu} = 1,33 \cdot 0,0015 = 0,002024$$

Karena  $\rho_{perlu} < \rho_{min} = 0,0047$  dan  $1,33 \cdot \rho_{perlu} < \rho_{min}$ , maka  $\rho_{pakai} = 0,002024$

$$AS_{perlu} = \rho_{perlu} \times b \times d = 0,002024 \times 1000 \times 85 = 172,064 \text{ mm}^2$$

$$AS_{susut} = 0,002 \times b \times h = 0,002 \times 1000 \times 120 = 240 \text{ mm}^2$$

$$AS_{perlu} > AS_{susut} \rightarrow \text{Ok}$$

Dipakai tulangan  $\emptyset 10 \text{ mm}$ .

$$A_{1\phi} = 0,25 \times \pi \times \emptyset_{tul}^2 = 0,25 \times \pi \times 10^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$S \leq \frac{A_{1\phi} \cdot b}{AS} = \frac{78,5 \cdot 1000}{172,064} = 456,64 \text{ mm}$$

$$S \leq 2 \cdot h = 2 \cdot 120 = 240 \text{ mm}$$

$$S \leq 250 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan P<sub>10</sub> – 200 mm

Kontrol Kapasitas :

$$AS_{ada} = \frac{A_{1\phi} \cdot b}{S} = \frac{78,5 \cdot 1000}{200} = 392,857 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_s \text{ ada} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{392,857 \cdot 300}{0,85 \cdot 30 \cdot 1000} = 4,622 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= A_s \text{ ada} \cdot f_y \cdot \left( d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 392,857 \cdot 300 \cdot \left( 85 - \frac{4,622}{2} \right) \\ &= 9,7455 \text{ kNm} > \frac{M_u}{\phi} = 3,2694 \text{ kNm} \rightarrow \text{Ok} \end{aligned}$$

#### d. Tulangan ty

$$R_n = \frac{M_u / \phi}{b \cdot d^2} = \frac{8,7698 \cdot 10^6 / 0,8}{1000 \cdot 95^2} = 1,2147 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{300}{0,85 \cdot 30} = 11,7647$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{ada}} &= \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,7647} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,7647 \times 1,2147}{300}} \right) \\ &= 0,0042 \end{aligned}$$

$$1,33 \rho_{\text{perlu}} = 1,33 \cdot 0,0042 = 0,00552$$

Karena  $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}} = 0,0047$  dan  $1,33 \cdot \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{min}}$ , maka  $\rho_{\text{pakai}} = 0,0047$

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d = 0,0047 \times 1000 \times 95 = 443,33 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ susut}} = 0,002 \times b \times h = 0,002 \times 1000 \times 120 = 240 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ perlu}} > A_{s \text{ susut}} \rightarrow \text{Ok}$$

Dipakai tulangan  $\emptyset 10 \text{ mm}$ .

$$A_1 \emptyset = 0,25 \times \pi \times \emptyset_{\text{tul}}^2 = 0,25 \times \pi \times 10^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$S \leq \frac{A_1 \emptyset \cdot b}{A_s} = \frac{78,5 \cdot 1000}{530,264} = 177,23 \text{ mm}$$

$$S \leq 2 \cdot h = 2 \cdot 120 = 240 \text{ mm}$$

$$S \leq 250 \text{ mm}$$

**Maka dipakai tulangan P<sub>10</sub> – 170 mm**

Kontrol Kapasitas :

$$A_s \text{ ada} = \frac{A_1 \phi \cdot b}{S} = \frac{78,5 \cdot 1000}{170} = 462,185 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_s \text{ ada} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{462,185 \cdot 300}{0,85 \cdot 30 \cdot 1000} = 5,4375 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= A_s \text{ ada} \cdot f_y \cdot \left( d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 462,185 \cdot 300 \cdot \left( 95 - \frac{5,4375}{2} \right) \\ &= 12,795 \text{ kNm} > \frac{M_u}{\phi} = 10,962 \text{ kNm} \rightarrow \text{Ok} \end{aligned}$$

**Tulangan Susut**

$$A_s \text{ SUSUT} = 0,002 \times b \times h = 0,002 \times 1000 \times 120 = 240 \text{ mm}^2$$

$$\text{Pakai } D_{\text{tul}} \text{ } \phi_8 \rightarrow A_{1\phi} = 1/4 \times \pi \times 8^2 = 50,265 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A_{1\phi} \times b}{A_s \text{ susut}} = \frac{50,265 \times 1000}{240} = 209,438 \text{ mm} > 200 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} = 200 \text{ mm} \rightarrow \text{P}_8 - \text{200}$$

Kontrol:

$$A_s \text{ ada} = \frac{A_{1\phi} \times b}{S_{\text{pakai}}} = \frac{50,265 \times 1000}{200} = 251,33 \text{ mm}^2 > A_s \text{ SUSUT} = 240 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{AMAN}$$

Tabel 5.4 Hasil Hitungan penulangan pelat

	Lapangan X	Tumpuan X	Lapangan Y	Tumpuan Y
Atap	P <sub>8</sub> – 200	P <sub>8</sub> – 140	P <sub>8</sub> – 200	P <sub>8</sub> – 140
Lantai	P <sub>10</sub> – 200	P <sub>10</sub> – 140	P <sub>10</sub> – 200	P <sub>10</sub> – 170
Tul.Susut		P <sub>8</sub> – 200		P <sub>8</sub> – 200

### 5.3.2 Perencanaan Balok Induk

#### a. Desain Balok

Contoh analisa diambil dari perhitungan SAP2000 dari lantai 3

$$M_u = 319,88 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{400} \times \left( \frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,0325 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{mak}} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,0244$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,75 \cdot \rho_{\text{mak}} = 0,75 \cdot 0,0244 = 0,0183$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 30} = 15,686$$

$$\begin{aligned} R_n &= \rho \cdot f_y \cdot \left( 1 - \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot m \right) = 0,0183 \cdot 400 \left( 1 - \frac{1}{2} \cdot 0,0244 \cdot 15,686 \right) \\ &= 6,27 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\frac{M_u}{0,8} = \frac{319,88}{0,8} = 399,85 \text{ kNm}$$

$$bd^2 = \frac{M_u / \phi}{R_n} = \frac{399,85 \cdot 10^6}{6,27} = 63812591,41 \text{ mm}$$

b	250	350	400
d	505,22	426,9	399,41

Dipakai : b = 250 mm ; h = 450.

$$d = (h - ds)$$

$$= 450 - 80 = 370 \text{ mm} < 505,22 \text{ mm} \text{ ----- Tulangan Rangkap}$$

$$c = \frac{600}{600 + f_y} \cdot d = \frac{600}{600 + 400} \cdot 370 = 222 \text{ mm}$$

$$a = c \cdot \beta = 222 \times 0,85 = 188,7 \text{ mm}$$

$$As_1 = \rho \cdot b \cdot d = 0,0183 \cdot 250 \cdot 370 = 1691,67 \text{ mm}^2$$

$$Ts_1 = As_1 \cdot fy = 2225,07 \cdot 400 = 676666,41 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} Mn_1 &= As_1 \cdot fy \left( d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 1691,67 \cdot 400 \cdot \left( 370 - \frac{188,7}{2} \right) \cdot 10^6 \\ &= 186,52 \text{ kNm} < \frac{Mu}{\phi} = 399,85 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$Mn_2 = \frac{Mu}{\phi} - Mn_1 = 399,85 - 186,52 = 213,33 \text{ kNm}$$

$$T_2 = Cs = \left( \frac{Mn_2}{d - d'} \right) \cdot 1000 = \left( \frac{213,33}{370 - 60} \right) \cdot 1000 = 688,15 \text{ kNm}$$

$$\epsilon_{s'} = \left( \frac{c - d'}{c} \right) \cdot \epsilon_{cu} = \left( \frac{222 - 60}{222} \right) \cdot 0,003 = 0,0022$$

$$\epsilon_y = \frac{fy}{Es} = \frac{400}{200000} = 0,002$$

$$\epsilon_s = \left( \frac{d - c}{d} \right) \cdot \epsilon_{cu} = \left( \frac{365 - 85}{365} \right) \cdot 0,003 = 0,002$$

### Tulangan Desak

Karena  $\epsilon_s > \epsilon_y$ , maka  $f's = fy = 400 \text{ Mpa}$ .

$$As' = \frac{Cs}{f's} = \frac{688,15 \cdot 10^3}{400} = 1720,39 \text{ mm}^2$$

$$As_2 = \frac{T_2}{fy} = \frac{688,15 \cdot 10^3}{400} = 1720,39 \text{ mm}^2$$

Coba Tulangan D 22  $\rightarrow A_1\emptyset = 380,133 \text{ mm}^2$

$$N = \frac{As'}{A_1\emptyset} = \frac{1720,39}{380,133} = 4,52 \approx 5 \text{ batang} \text{ ---- } \mathbf{5 D22}$$

**Tulangan Tarik**

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 1691,67 + 1720,39 = 3412,05 \text{ mm}^2$$

$$\text{Coba Tulangan D 22} \rightarrow A_1\emptyset = 380,133 \text{ mm}^2$$

$$N = \frac{A_s}{A_1\emptyset} = \frac{3412,05}{380,133} = 8,96 \approx 9 \text{ batang} \text{ ---- } \mathbf{9 \text{ D22}}$$

**Cek Kontrol :**

$$A_s \text{ ada} = n \cdot A_1\emptyset = 9 \cdot 380,133 = 3421,2 \text{ mm}^2$$

$$A_s' \text{ ada} = n \cdot A_1\emptyset = 5 \cdot 380,133 = 1900,67 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\text{baru}} = A_s \text{ ada} - A_s' \text{ ada} = 3421,2 - 1900,67 = 1520,53 \text{ mm}^2$$

$$\rho = \frac{A_{s\text{baru}}}{b \cdot d} = \frac{1520,53}{250 \cdot 370} = 0,0167$$

Kontrol Kapasitas

$$C_c/a = 0,85 \cdot f_c \cdot b$$

$$= 0,85 \cdot 30 \cdot 250 = 6375$$

$$C_s = A_s' (f_y - 0,85 \cdot f_c) = 1900,67 (400 - 0,85 \cdot 30) = 711,8 \text{ N}$$

$$T = A_s \cdot f_y = 3421,20 \cdot 400 = 1368,5 \text{ N}$$

$$a = \frac{T - C_s}{C_c} = \frac{(1368,5 - 711,8) \cdot 10^3}{6375} = 103,00 \text{ mm}$$

$$C_c = 6375 \cdot 103,00 / 1000 = 656,68 \text{ N}$$

$$M_n = C_c \left( d - \frac{a}{2} \right) = 656,68 \cdot \left( 370 - \frac{103,00}{2} \right)$$

$$= 429,81 \text{ kNm} > M_u/\theta = 399,85 \text{ kNm}$$

$$\text{Rasio} = \frac{M_n \cdot \phi}{M_u} = 429,81 \cdot 0,8 / 319,88 = 1,07 \text{ AMAN}$$

**b. Momen Kapasitas**

Dari hasil hitungan desain balok diatas didapat :

$$E_s = 200000 \text{ Mpa} ; \epsilon_{cu} = 0,003$$

$$b = 250 \text{ mm.}$$

$$h = 450 \text{ mm.}$$

$$d = 370 \text{ mm.}$$

$$d' = 60 \text{ mm.}$$

**Momen Kapasitas Negatif** (dianggap tulangan desak sudah luluh )

- D tulangan Tarik = 22 mm

Jumlah tulangan = 9 batang

$$A_s = n \times A_1 \emptyset = 9 \times (\frac{1}{4} \times \pi \times 22^2) = 3421,20 \text{ mm}^2$$

- D tulangan desak = 22 mm

Jumlah tulangan = 5 batang

$$A_s' = n \times A_1 \emptyset = 5 \times (\frac{1}{4} \times \pi \times 22^2) = 1900,66 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} cb &= \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \times d \\ &= \left( \frac{600}{600 + 400} \right) \times 370 \\ &= 222 \end{aligned}$$

$$ab = 0,85 \times cb = 0,85 \times 222 = 188,7$$

$$A_{sb} = \frac{0,85 \times f_c' \times b \times ab}{f_y} = \frac{0,85 \times 30 \times 250 \times 188,7}{400} = 3007,41 \text{ mm}^2$$

$$0,75 \times A_{sb} = 0,75 \times 3007,41 = 2255,55 \text{ mm}^2$$

$$A_s - A_s' = 3421,20 - 1900,66 = 1520,53 \text{ mm}^2 < 0,75 \times A_{sb} = 2255,55 \text{ mm}^2 \quad \text{OK}$$

$$\begin{aligned} a &= \left( \frac{A_s - A_s'}{0,85 \times f_c' \times b} \right) \times f_y = \left( \frac{1520,53}{0,85 \times 30 \times 250} \right) \times 400 \\ &= 95,41 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$c = \frac{a}{0,85} = \frac{95,41}{0,85} = 112,24 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s = \left( \frac{c - d'}{c} \right) \times \epsilon_{cu} = \left( \frac{112,24 - 60}{112,24} \right) \times 0,003 = 0,0014$$



$$f's = \epsilon's \times E_s = 0,0014 \times 200000$$

$$= 279,26 \text{ MPa} < f_y = 400 \text{ MPa, maka baja belum luluh}$$

Dengan Pers.Keseimbangan:  $cc + cs - Ts = 0$

$$0,85.f'c.0,85.b.c^2 + (As'.600 - As.fy).c + 600.As'.d' = 0$$

$$0,85.30.0,85.250.c^2 + (1900,66.600 - 3421,20.400).c + 600.1900,66.60 = 0$$

$$5418,75.c^2 - 228084.c + 68423760 = 0$$

Didapat :  $c_1 = 152,5$  dan  $c_2 = -110,41$

Dpakai :  $c = 152,5$

$$a = 0,85 \times c = 0,85 \times 152,5 = 129,62 \text{ mm}$$

$$f's = \left( \frac{c - d'}{c} \right) \times 600 = \left( \frac{152,5 - 60}{152,5} \right) \times 600$$

$$= 285,24 \text{ MPa} < f_y = 400 \text{ MPa, maka dipakai } f's$$

$$M_{nak}^- = 0,85.f'c.a.b.(d - a/2) + As'.f's.(d - d')$$

$$= 0,85.30.129,62.250.(370 - 129,62/2) + 1900,66.285,24.(370 - 60)$$

$$= 409409980 \text{ Nmm} = 409,41 \text{ kNm.}$$

$$M_{Kap}^- = 1,25 \times M_{nak}^- = 1,25 \times 409,41 = 511,76 \text{ kNm}$$

### Momen Kapasitas Positif

- D tulangan Tarik = D tulangan desak = 22 mm
- Jumlah tulangan tarik = Jumlah tulangan desak = 5 batang

$$As' = As = n \times A_1 \emptyset = 5 \times (\frac{1}{4} \times \pi \times 22^2) = 1900,66 \text{ mm}^2$$

Dengan Pers.Keseimbangan:  $cc + cs - Ts = 0$

$$0,85.f'c.0,85.b.c^2 + (As'.600 - As.fy).c + 600.As'.d' = 0$$

$$0,85.30.0,85.250.c^2 + (1900,66.600 - 1900,66.400).c + 600.1900,66.60 = 0$$

$$5418,75.c^2 + 380132.c + 68423760 = 0$$

Didapat :  $c_1 = 77,30$  dan  $c_2 = -147,45$

Dpakai :  $c = 77,30$

$$a = 0,85 \times c = 0,85 \times 77,30 = 65,70 \text{ mm}$$

$$f's = \left( \frac{c - d'}{c} \right) \times 600 = \left( \frac{77,30 - 60}{77,30} \right) \times 600$$

$$= 134,25 \text{ MPa} < f_y = 400 \text{ MPa, maka dipakai } f's$$



$$\begin{aligned}
 M_{nak}^+ &= 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \cdot (d - a/2) + A_s \cdot f_s \cdot (d - d') \\
 &= 0,85 \cdot 30 \cdot 65,7 \cdot 250 \cdot (370 - 65,7/2) + 2280,80 \cdot 134,25 \cdot (370 - 60) \\
 &= 221592177 \text{ Nmm} = 221,60 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$M_{Kap}^+ = 1,25 \times M_{nak}^+ = 1,25 \times 221,60 = 277,00 \text{ kNm}$$

**c. Tulangan geser balok.**

$$l_n = 5,25 \text{ m}$$

$$V_D = 75,358 \text{ kN}$$

$$V_L = 20,645 \text{ kN}$$

$$V_E = 142,07 \text{ kN}$$

$$M_{Kap}^- = 511,76 \text{ kNm}$$

$$M_{Kap}^+ = 277 \text{ kNm}$$

$$V_g = V_D + V_L = 75,358 + 20,645 = 95,82 \text{ kN}$$

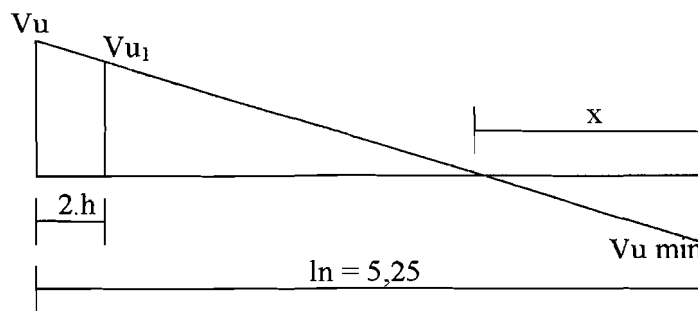
$$\begin{aligned}
 V_u &= \frac{0,7 \cdot (M_{kap}^+ + M_{kap}^-)}{l_n} + 1,05 \cdot V_g \\
 &= \frac{0,7 \cdot (511,76 + 277)}{5,25} + 1,05 \cdot 95,82 \\
 &= 205,78 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{u \max} &= 1,05 \cdot (V_D + V_L + 4/k \cdot V_E) \\
 &= 1,05 (75,358 + 20,645 + 4/1 \cdot 142,07) \\
 &= 697,308 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

$$V_u = 205,78 \text{ kN} < V_{u \max} = 697,308 \text{ kN}$$

$$\text{Jadi } V_u \text{ pakai} = V_u = 205,78 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 V_{u \min} &= \frac{0,7 \cdot (M_{kap}^+ + M_{kap}^-)}{l_n} - 1,05 \cdot V_g \\
 &= \frac{0,7 \cdot (511,76 + 277)}{5,25} - 1,05 \cdot 95,82 \\
 &= -4,55 \text{ kN}
 \end{aligned}$$



$$x = \frac{Vu \text{ min}}{Vu \text{ min} + Vu_{pakai}} \cdot ln = \frac{4,55}{4,55 + 205,78} \cdot 5,25 = 0,114m$$

**Penulangan pada daerah sendi plastis :**

$$Vs_1 = \frac{Vu}{\phi} = \frac{205,78}{0,6} = 342,97 \text{ kN}$$

Ø sengkang = 12 mm

jumlah kaki = 2

$$Av = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2 = 226,195 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{Av \cdot fy \cdot d}{Vs_1} = \frac{226,195 \cdot 300 \cdot 370}{342,97 \cdot 10^3} = 73,21 \text{ mm}$$

Pakai **P12-70**

**Penulangan di luar sendi plastis :**

$$\begin{aligned} Vc &= 1/6 \cdot \sqrt{fc} \cdot b \cdot d \\ &= 1/6 \cdot \sqrt{30} \cdot 250 \cdot 370 \cdot 10^{-3} \\ &= 84,44 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$Vu_1 = \frac{Vu \cdot (ln - 2 \cdot h - x)}{(ln - x)} = \frac{205,78 \cdot (5,25 - 2 \cdot 0,45 - 0,114)}{(5,25 - 0,114)} = 169,73 \text{ kN}$$

$$Vs_2 = \frac{Vu_1}{\phi} - Vc = \frac{169,73}{0,6} - 84,44 = 198,44 \text{ kN}$$

Ø sengkang = 12 mm

jumlah kaki = 2

$$Av = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2 = 226,195 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{Av \cdot fy \cdot d}{Vs_1} = \frac{226,195 \cdot 300 \cdot 370}{198,44 \cdot 10^3} = 126,53 \text{ mm}$$

Pakai **P12-120**

### 5.3.3 Perencanaan Kolom

#### a. Perhitungan Momen Rencana Kolom.

##### Arah X

$$\begin{aligned}
 M_{\text{kap}^+} &= 277,0 \text{ kNm} & b_{\text{kolom}} &= 0,5 \text{ m} \\
 M_{\text{kap}^-} &= 511,76 \text{ kNm} & h_{\text{kolom}} &= 0,75 \text{ m} \\
 h_a &= 4,5 \text{ m} & h_{\text{balok}} &= 0,45 \text{ m} \\
 h_b &= 4,5 \text{ m} & l &= 6 \text{ m} \\
 K_a &= \frac{1}{h_a} & K_b &= \frac{1}{h_b} \\
 &= \frac{1}{4,5} & &= \frac{1}{4,5} \\
 &= 0,222 & &= 0,222 \\
 \alpha_a &= \frac{k_a}{k_a + k_b} & \alpha_b &= \frac{k_b}{k_a + k_b} \\
 &= \frac{0,222}{0,222 + 0,222} & &= \frac{0,222}{0,222 + 0,222} \\
 &= 0,5 & &= 0,5 \\
 h_n &= h - h_{\text{balok}} & l_n &= l - h_{\text{kolom}} \\
 &= 4,5 - 0,45 & &= 6 - 0,75 \\
 &= 4,05 \text{ m} & &= 5,25 \text{ m} \\
 \text{Muk ax} &= \frac{h_n}{h} \cdot \alpha_a \cdot \omega_d \cdot 0,7 \cdot \left( \frac{l}{l_n} \cdot M_{\text{kap}^+} + \frac{l}{l_n} \cdot M_{\text{kap}^-} \right) \\
 &= \frac{4,05}{4,5} \cdot 0,5 \cdot 1,3 \cdot 0,7 \cdot \left( \frac{6}{5,25} \cdot 277,0 + \frac{6}{5,25} \cdot 511,76 \right) \\
 &= 369,14 \text{ kNm} \\
 M_d &= 5,592 \text{ kNm} \\
 M_l &= 1,667 \text{ kNm} \\
 M_e &= 284,34 \text{ kNm} \\
 K &= 1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\text{mak}} &= 1,05 \cdot \left( Md + Ml + \left( \frac{4}{K} \cdot Me \right) \right) \\
 &= 1,05 \cdot \left( 5,592 + 1,667 + \left( \frac{4}{1} \cdot 284,34 \right) \right) \\
 &= 1202,25 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Muk ax <  $M_{\text{mak}}$  maka Mu pakai adalah **Muk ax = 369,14 kNm**

$$\begin{aligned}
 \text{Muk bx} &= \frac{hn}{h} \cdot \alpha_a \cdot \omega_a \cdot 0,7 \cdot \left( \frac{l}{\ln} \cdot M_{\text{kap}^+} + \frac{l}{\ln} \cdot M_{\text{kap}^-} \right) \\
 &= \frac{4,05}{4,5} \cdot 0,5 \cdot 1,3 \cdot 0,7 \cdot \left( \frac{6}{5,25} \cdot 277,0 + \frac{6}{5,25} \cdot 511,76 \right) \\
 &= 369,14 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$Md = 5,592 \text{ kNm}$$

$$Ml = 1,667 \text{ kNm}$$

$$Me = 284,34 \text{ kNm}$$

$$K = 1$$

$$\begin{aligned}
 M_{\text{mak}} &= 1,05 \cdot \left( Md + Ml + \left( \frac{4}{K} \cdot Me \right) \right) \\
 &= 1,05 \cdot \left( 5,592 + 1,667 + \left( \frac{4}{1} \cdot 284,34 \right) \right) \\
 &= 1202,25 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Muk ax <  $M_{\text{mak}}$  maka Mu pakai adalah **Muk ax = 369,14 kNm**

Antara Muk ax dan Muk bx diambil yang terbesar, maka Muk x = 369,14 kNm.

- Pengambilan nilai Mn :

$$\begin{aligned}
 Mn1 &= (100\% \times \text{Muk x}) + (30\% \times \text{Muk y}) \\
 &= (100\% \times 369,14) + (30\% \times 378,86) = 482,80 \text{ kNm.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mn2 &= (30\% \times \text{Muk x}) + (100\% \times \text{Muk y}) \\
 &= (30\% \times 369,14) + (100\% \times 378,86) = 489,60 \text{ kNm.}
 \end{aligned}$$

$$\text{Diambil nilai Mn yang terbesar} = \frac{489,60}{0,65} = 753,24 \text{ kNm.}$$

**b. Perhitungan Gaya aksial rencana kolom****Arah X**

$$\begin{aligned}
 Pd &= 2516,82 \text{ kN} & M_{Kap}^- &= 511,76 \text{ kNm} \\
 Pl &= 495,15 \text{ kN} & M_{Kap}^+ &= 277,0 \text{ kNm} \\
 Pe &= 127,84 \text{ kN} & l &= 6 \text{ m} \\
 K &= 1 \\
 Pg &= Pd + Pl = 2516,82 + 495,15 = 3011,97 \text{ kN} \\
 \Sigma M &= M_{Kap}^- + M_{Kap}^+ = 511,76 + 277,0 = 788,75 \text{ kNm} \\
 Pu_x &= \left\{ 0,7 \cdot K \cdot \left( \frac{\Sigma M}{l} \right) \right\} + (1,05 \cdot Pg) \\
 &= \left\{ 0,7 \cdot 1 \cdot \left( \frac{788,75}{6} \right) \right\} + (1,05 \cdot 3011,97) \\
 &= 3254,59 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

**Arah Y**

$$\begin{aligned}
 Pd &= 2516,82 \text{ kN} & M_{Kap}^- &= 532,55 \text{ kNm} \\
 Pl &= 495,15 \text{ kN} & M_{Kap}^+ &= 277,0 \text{ kNm} \\
 Pe &= 127,84 \text{ kN} & l &= 4 \text{ m} \\
 K &= 1 \\
 Pg &= Pd + Pl = 2516,82 + 495,15 = 3011,97 \text{ kN} \\
 \Sigma M &= M_{Kap}^- + M_{Kap}^+ = 510,42 + 399,90 = 809,54 \text{ kNm} \\
 Pu_y &= \left\{ 0,7 \cdot K \cdot \left( \frac{\Sigma M}{l} \right) \right\} + (1,05 \cdot Pg) \\
 &= \left\{ 0,7 \cdot 1 \cdot \left( \frac{809,54}{4} \right) \right\} + (1,05 \cdot 3011,97) \\
 &= 3304,24 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Antara  $Pu_x$  dan  $Pu_y$  ambil yang terbesar yaitu 3304,24 kN

$$\begin{aligned}
 Pu_{max} &= 1,05 \cdot \left( Pd + Pl + \left( \frac{4}{K} \cdot Pe \right) \right) \\
 &= 1,05 \cdot \left( 2516,82 + 495,15 + \left( \frac{4}{1} \cdot 127,84 \right) \right)
 \end{aligned}$$

$$= 3699,49 \text{ kN}$$

$$P_{u_{\max}} > P_u = 3304,24 \text{ kN, maka } P_{u_{\text{pakai}}} = 3304,24 \text{ kN}$$

- Pengambilan nilai  $P_n$  :

$$\begin{aligned} P_n &= P_u / 0,65 \\ &= 3304,24 / 0,65 = 5083,44 \text{ kN.} \end{aligned}$$

### c. Perhitungan Grafik Mn dan Pn.

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

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

$$d' = 60 \text{ mm}$$

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

$$h = 750 \text{ mm}$$

$$A_g = b \cdot h = 500 \cdot 750 = 375000 \text{ mm}^2$$

$$A_{st} = \text{misal } 1\% A_g = 1\% \cdot 375000 = 3750 \text{ mm}^2$$

$$A_s = A_s' = A_{st} / 2 = 3750 / 2 = 1875 \text{ mm}^2$$

#### Dalam Keadaan Desak Aksial ( $M_n = 0$ )

$$M_n = 0$$

$$\begin{aligned} P_n &= 0,85 \cdot f'_c \cdot (A_g - A_{st}) + A_{st} \cdot f_y \\ &= 0,85 \cdot 20 \cdot (375000 - 3750) + 3750 \cdot 400 \\ &= 7811250 \text{ N} = 7811,25 \text{ kN} \end{aligned}$$

#### Dalam Keadaan Seimbang ( $f_s = f_y$ )

$$d = h - d' = 750 - 60 = 690 \text{ mm}$$

$$x_b = \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \times d = \left( \frac{600}{600 + 400} \right) \times 690$$

$$= 414 \text{ mm}$$

$$a = 0,85 \cdot x_b = 0,85 \cdot 414 = 351,9 \text{ mm}$$

$$f'_s = \left( \frac{x - d'}{x} \right) \cdot 600 = \left( \frac{414 - 60}{414} \right) \cdot 600$$

$$= 513,04 \text{ MPa} > f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$f'_{s_{\text{pakai}}} = f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$f_s = \left( \frac{d-x}{x} \right) \cdot 600 = \left( \frac{690-414}{414} \right) \cdot 600$$

$$= 400 \text{ MPa}$$

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

$$C_c = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b$$

$$= 0,85 \cdot 20 \cdot 351,9 \cdot 500 \cdot 1/1000$$

$$= 2991,15 \text{ kN}$$

$$C_s = A_s \cdot (f'_s - 0,85 \cdot f'_c)$$

$$= 1875 (400 - 0,85 \cdot 20) / 1000$$

$$= 718,125 \text{ kN}$$

$$T_s = A_s \cdot f_s$$

$$= 1875 \cdot 400 / 1000$$

$$= 750 \text{ kN}$$

$$P_n = C_c + C_s - T_s$$

$$= 2991,15 + 718,125 - 750$$

$$= 2959,275 \text{ kN}$$

$$M_n = C_c (h/2 - a/2) + C_s (h/2 - d') + T_s (d - h/2)$$

$$= 2991,15 \left( \frac{750}{2} - \frac{351,9}{2} \right) + 718,125 \left( \frac{750}{2} - 60 \right) + 750 \left( 690 - \frac{750}{2} \right)$$

$$= 1057848 \text{ kNmm} = 1057,85 \text{ kNm}$$

$$e = \frac{M_n}{P_n} = \frac{1057,85}{2959,275}$$

$$= 0,357$$

#### Dalam Keadaan Patah Desak

$$x = 1,5 \cdot x_b = 1,5 \cdot 414$$

$$= 621 \text{ mm}$$

$$a = 0,85 \cdot x = 0,85 \cdot 936 = 527,85 \text{ mm}$$

$$f'_s = \left( \frac{x-d'}{x} \right) \cdot 600 = \left( \frac{621-60}{621} \right) \cdot 600$$

$$= 542,03 \text{ MPa} > f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$f's = fy = 400 \text{ MPa}$$

$$fs = \left( \frac{d-x}{x} \right) \cdot 600 = \left( \frac{690-621}{621} \right) \cdot 600 = 66,667 \text{ Mpa} < fy = 400 \text{ MPa}$$

$$fs = fs = 66,667 \text{ MPa}$$

$$Cc = 0,85 \cdot fc \cdot a \cdot b$$

$$= 0,85 \cdot 20 \cdot 527,85 \cdot 500 \cdot 1/1000$$

$$= 4486,725 \text{ kN}$$

$$Cs = As' (f's - 0,85 \cdot fc)$$

$$= 1875 (400 - 0,85 \cdot 20) / 1000$$

$$= 718,125 \text{ kN}$$

$$Ts = As \cdot fs$$

$$= 1875 \cdot 66,667 / 1000$$

$$= 125 \text{ kN}$$

$$Pn = Cc + Cs - Ts$$

$$= 4486,725 + 718,125 - 125$$

$$= 5079,85 \text{ kN}$$

$$Mn = Cc (h/2 - a/2) + Cs (h/2 - d') + Ts (d - h/2)$$

$$= 4486,725 \left( \frac{750}{2} - \frac{527,85}{2} \right) + 718,125 \left( \frac{750}{2} - 60 \right) + 125 \left( 690 - \frac{750}{2} \right)$$

$$= 763947 \text{ kNmm} - 763,95 \text{ kNm}$$

$$e = \frac{Mn}{Pn} = \frac{763,95}{5079,85}$$

$$= 0,15 < eb = 0,357 \quad \text{ok}$$

#### Dalam Keadaan Patah Tarik

$$x = 0,5 \cdot xb = 0,5 \cdot 414$$

$$= 207 \text{ mm}$$

$$a = 0,85 \cdot x = 0,85 \cdot 207 = 175,95 \text{ mm}$$

$$f's = \left( \frac{x-d'}{x} \right) \cdot 600 = \left( \frac{207-60}{207} \right) \cdot 600$$

$$= 426,09 \text{ MPa} > fy = 400 \text{ MPa}$$



$$f's = fy = 400 \text{ MPa}$$

$$fs = \left( \frac{d-x}{x} \right) \cdot 600 = \left( \frac{690-207}{207} \right) \cdot 600$$

$$= 1400 \text{ MPa} > fy = 400 \text{ MPa}$$

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

$$Cc = 0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b$$

$$= 0,85 \cdot 20 \cdot 175,95 \cdot 500 \cdot 1/1000$$

$$= 1495,575 \text{ kN}$$

$$Cs = As' (f's - 0,85 \cdot f'c)$$

$$= 1875 (400 - 0,85 \cdot 20) / 1000$$

$$= 718,125 \text{ kN}$$

$$Ts = As \cdot fs$$

$$= 1875 \cdot 400 / 1000$$

$$= 750 \text{ kN}$$

$$Pn = Cc + Cs - Ts$$

$$= 1495,575 + 718,125 - 750$$

$$= 1463,7 \text{ kN}$$

$$Mn = Cc (h/2 - a/2) + Cs (h/2 - d') + Ts (d - h/2)$$

$$= 1495,575 \left( \frac{750}{2} - \frac{175,95}{2} \right) + 718,125 \left( \frac{750}{2} - 60 \right) + 750 \left( 690 - \frac{750}{2} \right)$$

$$= 891727 \text{ kNmm} = 891,727 \text{ kNm}$$

$$e = \frac{Mn}{Pn} = \frac{891,727}{1463,7}$$

$$= 0,61 > eb = 0,357 \quad \text{ok}$$

#### Dalam Keadaan Lentur Murni ( $Pn = 0$ )

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot f'c \cdot b} = \frac{1875 \cdot 400}{0,85 \cdot 20 \cdot 500} = 88,24 \text{ mm}$$

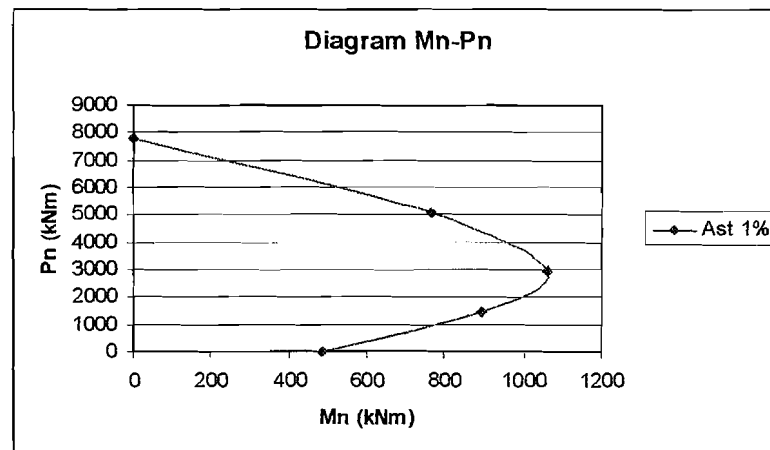
$$Pn = 0$$

$$Mn = As \cdot fy \cdot (d - a/2) = 1875 \cdot 400 \cdot (690 - 88,24/2)$$

$$= 484,41 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = 484,41 \text{ kNm}$$

Tabel 5.5 Perhitungan grafik Mn-Pn dengan Ast 1%

	Desak Aksial	Patah Desak	Balance	Patah Tarik	Lentur Murni
Pn (kN)	7811,25	5079,85	2959,275	1463,7	0
Mn (kNm)	0	763,95	1057,85	891,727	484,41



Gambar 5.15 Grafik Mn-Pn

**d. Penulangan geser kolom.**

$$VD = 21,08 \text{ kN.}$$

$$VL = 20,47 \text{ kN.}$$

$$VE = 122,69 \text{ kN.}$$

$$f'_c = 20 \text{ MPa, } f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$b \text{ kolom} = 500 \text{ mm, } h \text{ kolom} = 750 \text{ mm}$$

$$d = 750 - 60 = 690 \text{ mm}$$

$$V_{uk} = \frac{Mu.k \text{ atas pakai} + Mu.k \text{ bawah pakai}}{hn}$$

$$= \frac{753,24 + 815,09}{4,05}$$

$$= 387,24 \text{ kN.}$$

$$V_{uk \text{ maks}} = 1,05 (VD + VL + (4/K).VE)$$

$$= 1,05 (21,08 + 20,47 + (4/K).122,69)$$

$$= 558,91 \text{ kN.}$$

$V_{u_{max}} > V_{uk}$ , maka  $V_{uk_{pakai}} = 387,24 \text{ kN}$

▪ **Dalam Sendi Plastis**

$V_{uk} = 387,24 \text{ kN}$

$$V_{s1} = \frac{V_{uk}}{0,6} = \frac{387,24}{0,6} = 645,4 \text{ kN}$$

Pakai Tulangan Sengkang  $D = 12 \text{ mm} \rightarrow A_{1\emptyset} = 113,1 \text{ mm}^2$

Pakai Kaki Sengkang = 2 buah

$$S = \frac{n \cdot A_{1\emptyset} \cdot f_y \cdot d}{V_{s1}} = \frac{2 \cdot 113,1 \cdot 400 \cdot 690}{645,4 \cdot 10^3} = 96,73 \text{ mm}$$

S pakai = 90 mm

Pakai Tulangan **P12-90**

▪ **Luar Sendi Plastis**

$P_{uk} = 5083,44 \text{ kN}$

$A_g = 500 \cdot 750 = 375000 \text{ mm}^2$

$$V_c = \left( 1 + \frac{P_{uk}}{14 \cdot A_g} \right) \cdot \left( \frac{1}{6} \right) \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

$$= \left( 1 + \frac{5083,44 \cdot 1000}{14 \cdot 375000} \right) \cdot \left( \frac{1}{6} \right) \cdot \sqrt{20} \cdot 500 \cdot 690$$

$$= 257396 \text{ N} = 257,396 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{V_{uk}}{0,6} - V_c = \frac{387,24}{0,6} - 257,396 = 388,00 \text{ kN}$$

Pakai Tulangan Sengkang  $D = 12 \text{ mm} \rightarrow A_{1\emptyset} = 113,1 \text{ mm}^2$

Pakai Kaki Sengkang = 2 buah

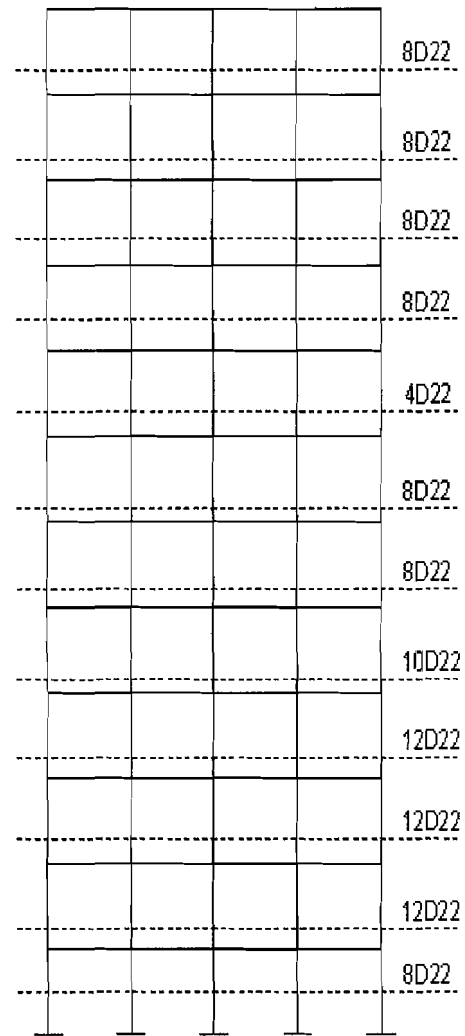
$$S = \frac{n \cdot A_{1\emptyset} \cdot f_y \cdot d}{V_{s1}} = \frac{2 \cdot 113,1 \cdot 400 \cdot 690}{388 \cdot 10^3} = 160,9 \text{ mm}$$

S pakai = 160 mm

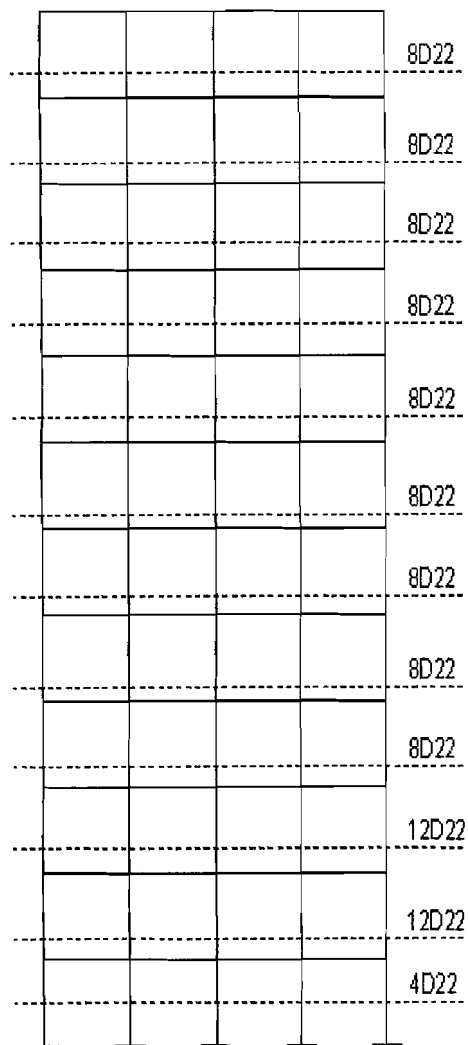
Pakai Tulangan **P12-160**



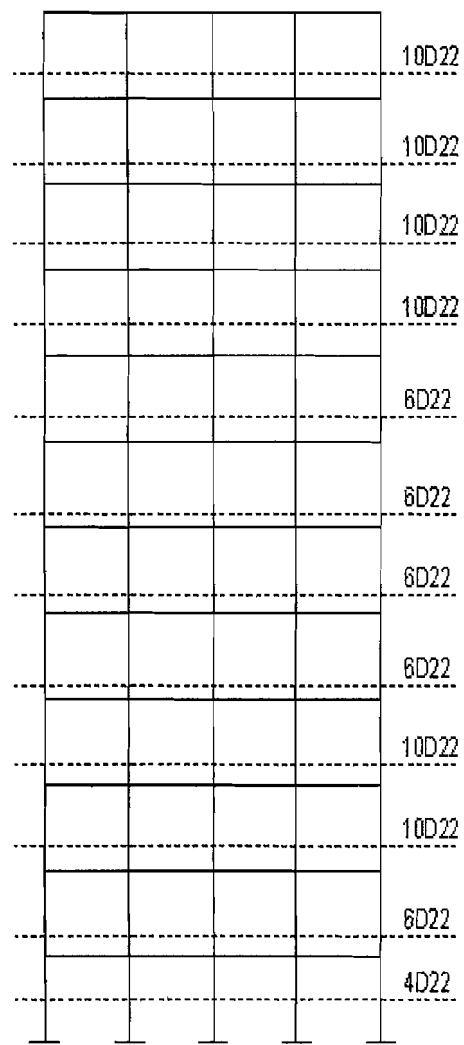
Gambar 5.16 Kebutuhan tulangan kolom 500x750mm



Gambar 5.17 Kebutuhan tulangan kolom 440x660mm



Gambar 5.18 Kebutuhan tulangan kolom 410x620mm



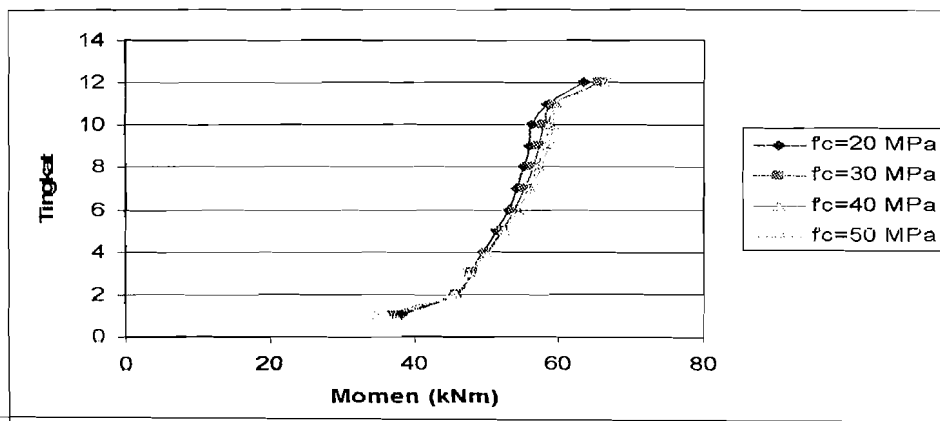
Gambar 5.19 Kebutuhan tulangan kolom 390x580mm

## BAB VI

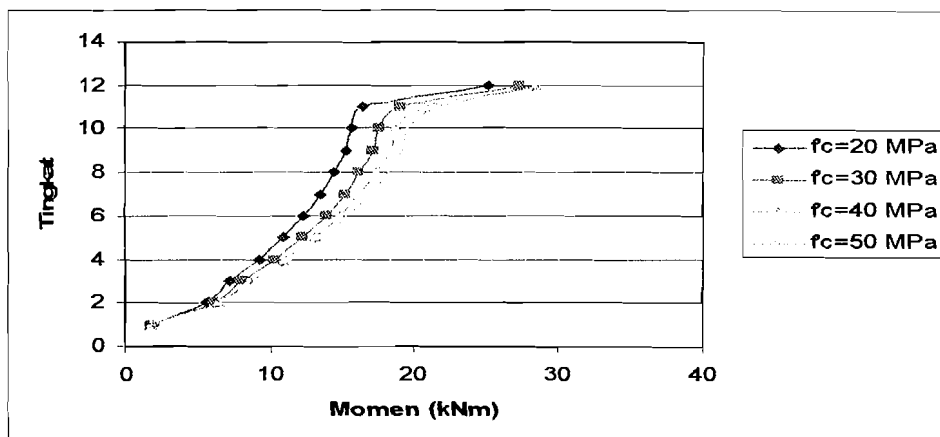
### PEMBAHASAN

Pembahasan yang kami lakukan berdasarkan tujuan penelitian yang dilakukan, yaitu membahas tentang pengaruh kuat mutu beton ( $f'_c$ ) terhadap dimensi kolom pada gedung bertingkat banyak dan mencari perbandingan perubahan dimensi kolom yang terjadi, dengan mutu beton ( $f'_c$ ) 20 MPa sebagai acuan dikarenakan kami memperkirakan akan terjadi pengurangan dimensi, beban dan rasio tulangan dengan menaikkan tingkat mutu beton sehingga perubahan yang terjadi tidak melewati batas dimensi kolom pada  $f'_c = 20$  MPa.

#### 6.1 Momen kolom akibat beban mati



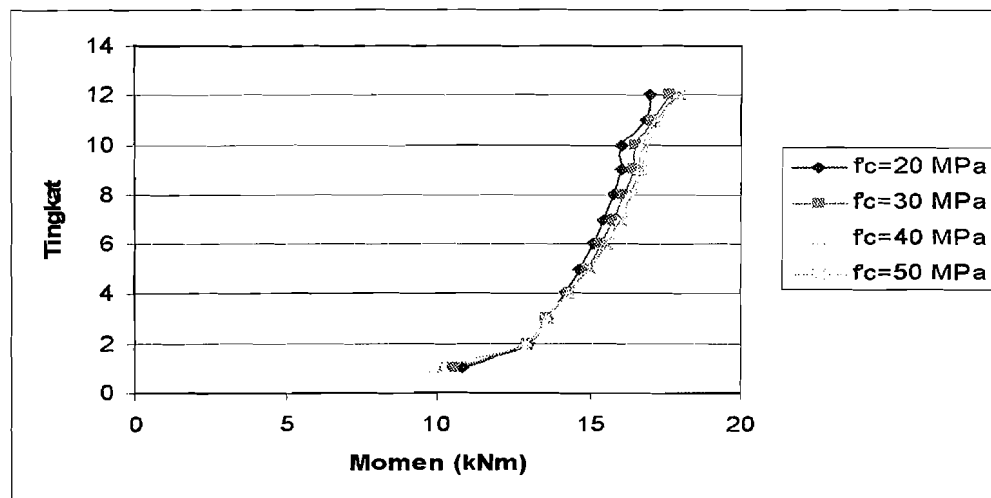
Gambar 6.1 Grafik Momen Kolom Akibat Beban Mati pada kolom A-2



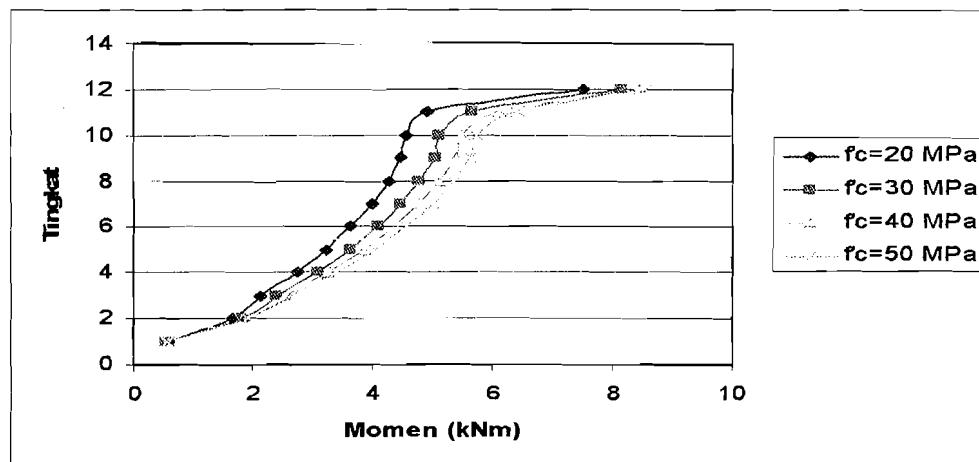
Gambar 6.2 Grafik Momen Kolom Akibat Beban Mati pada kolom B-2

Dari grafik momen akibat beban mati diketahui bahwa perbedaan mutu beton akan menghasilkan momen yang lebih besar. Ini disebabkan karena semakin tinggi mutu beton maka dimensi kolom makin kecil sehingga kekakuan kolom berkurang.

## 6.2 Momen kolom akibat beban hidup



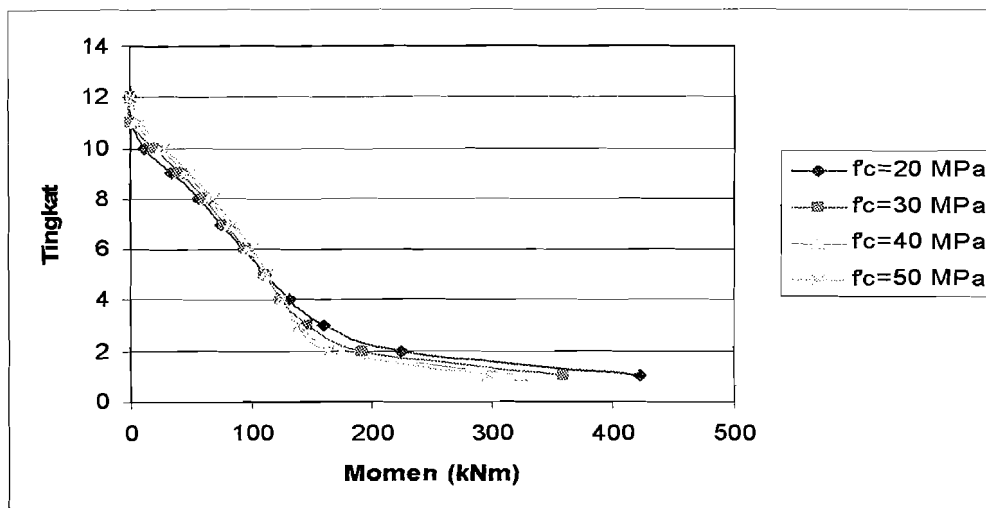
Gambar 6.3 Grafik Momen Kolom Akibat Beban Hidup pada kolom A-2



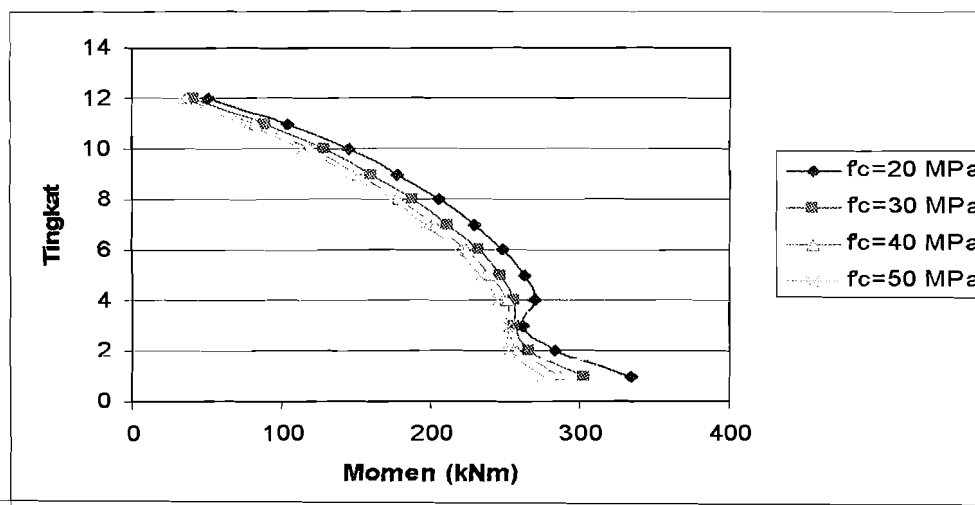
Gambar 6.4 Grafik Momen Kolom Akibat Beban Hidup pada kolom B-2

Dari grafik momen akibat beban hidup diketahui bahwa perbedaan mutu beton akan menghasilkan momen yang lebih besar. Ini disebabkan karena semakin tinggi mutu beton maka dimensi kolom makin kecil sehingga kekakuan kolom berkurang.

### 6.3 Momen kolom akibat beban gempa



Gambar 6.5 Grafik Momen Kolom Akibat Beban Gempa pada kolom A-2

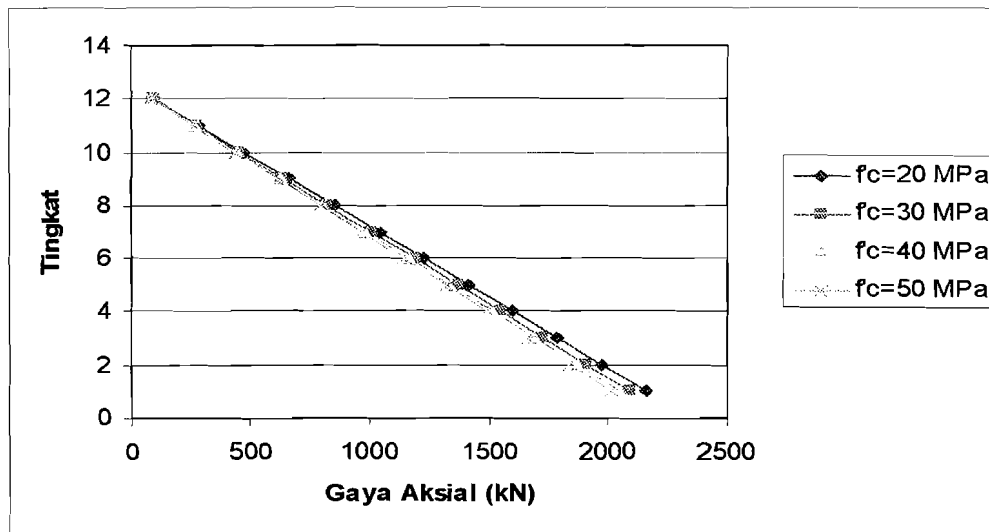


Gambar 6.6 Grafik Momen Kolom Akibat Beban Gempa pada kolom B-2

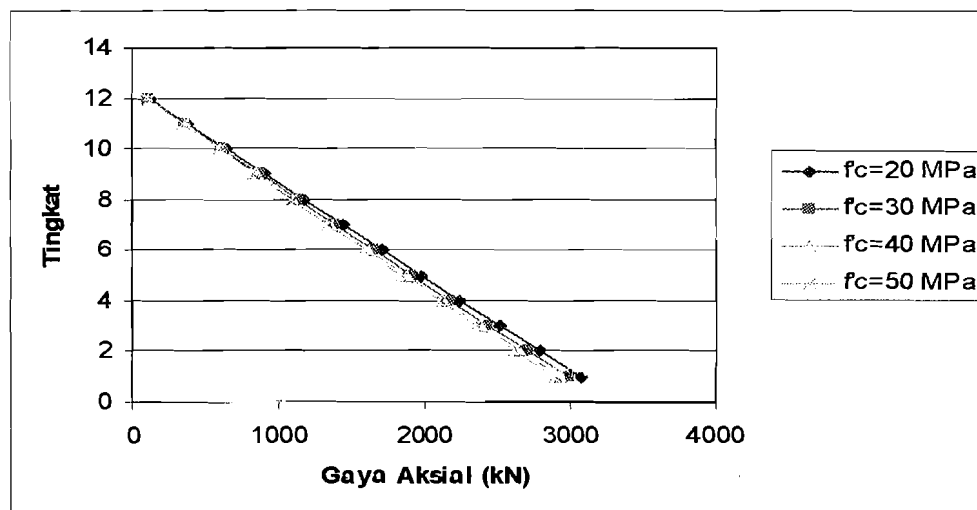
Dari grafik momen akibat beban gempa diketahui bahwa semakin tinggi mutu beton akan menghasilkan reaksi gempa yang semakin kecil pula. Ini disebabkan karena semakin tinggi mutu beton maka dimensi kolom makin kecil sehingga berat struktur yang menyebabkan momen ikut mengecil dan juga beban gempa yang diterima semakin kecil.



#### 6.4 Gaya aksial kolom akibat beban mati



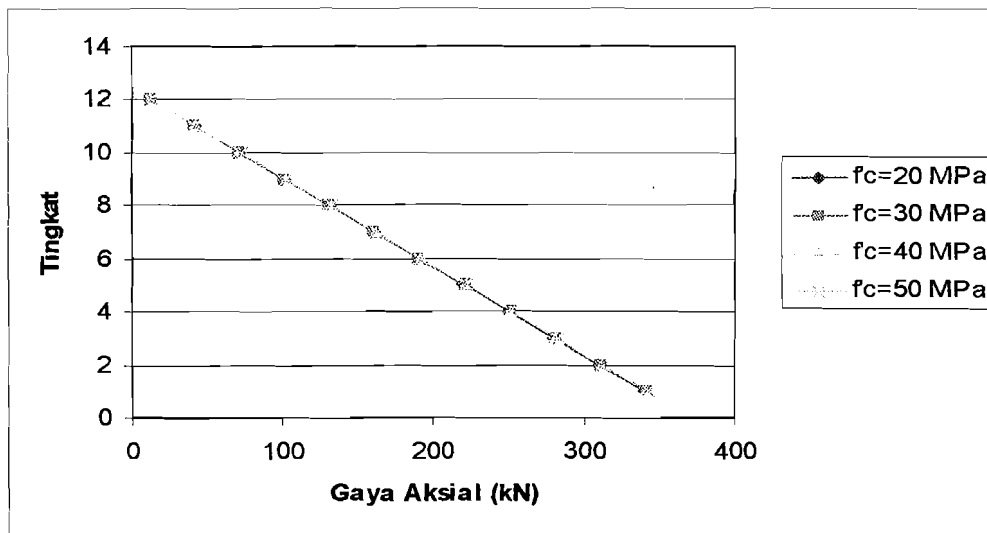
Gambar 6.7 Grafik Gaya Aksial Kolom Akibat Beban Mati pada kolom A-2



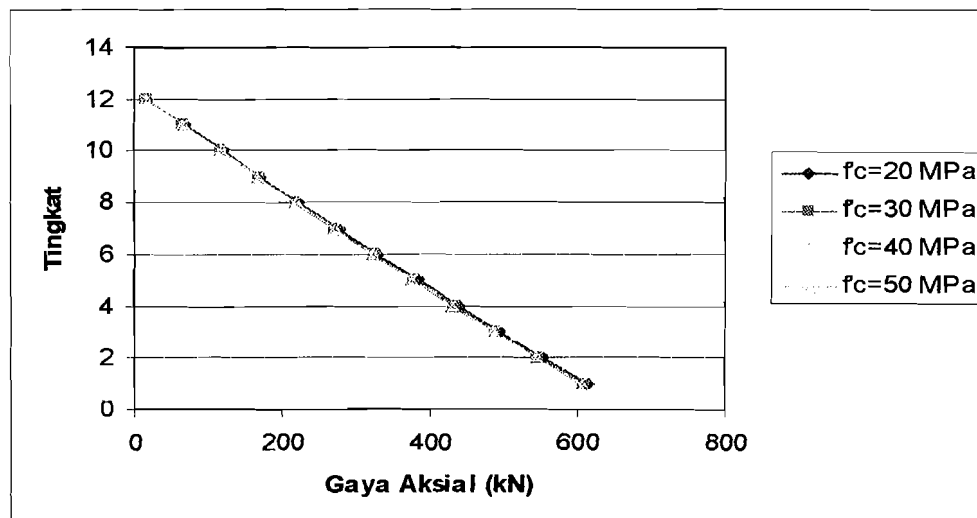
Gambar 6.8 Grafik Gaya Aksial Kolom Akibat Beban Mati pada kolom B-2

Dari grafik gaya aksial kolom akibat beban mati diketahui bahwa semakin tinggi mutu beton akan menghasilkan reaksi gaya yang semakin kecil pula.

### 6.5 Gaya aksial kolom akibat beban hidup



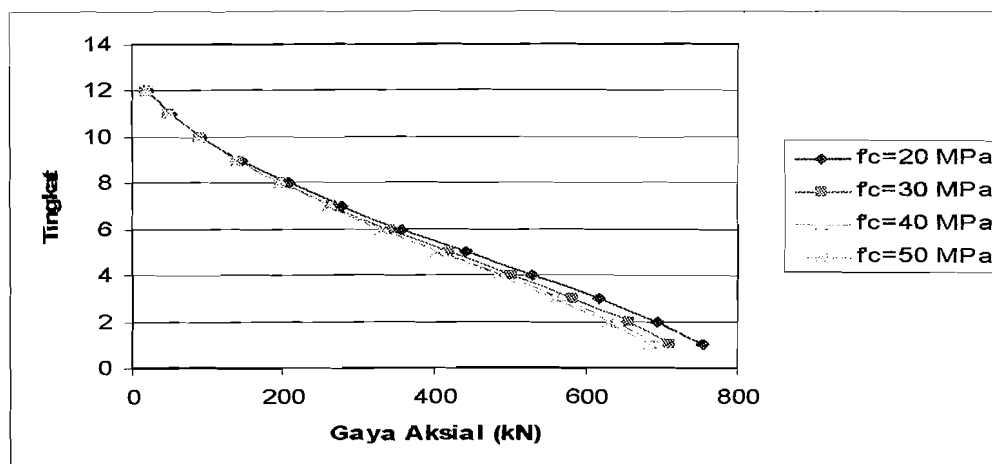
Gambar 6.9 Grafik Gaya Aksial Kolom Akibat Beban Hidup pada kolom A-2



Gambar 6.10 Grafik Gaya Aksial Kolom Akibat Beban Hidup pada kolom B-2

Dari grafik gaya aksial kolom akibat beban hidup diketahui bahwa semakin tinggi mutu beton akan menghasilkan reaksi gaya yang relatif sama. Ini dikarenakan mutu beton hampir tidak mempengaruhi beban hidup yang diterima struktur.

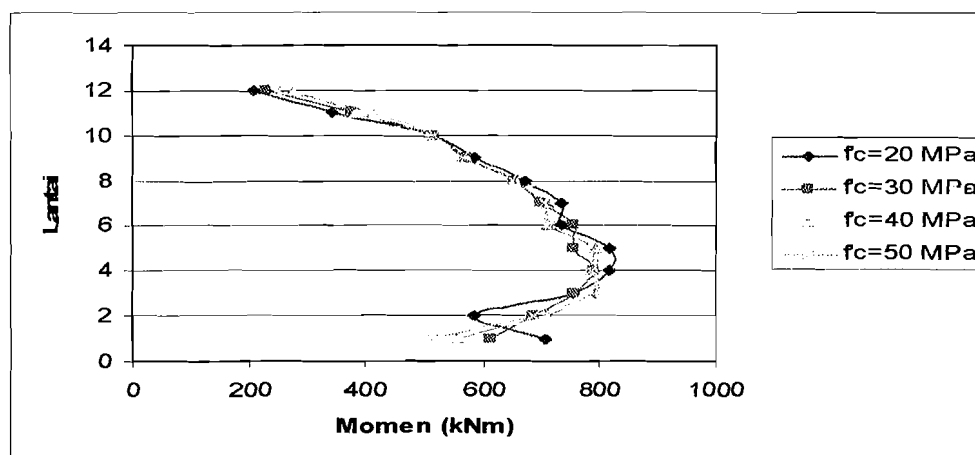
### 6.6 Gaya aksial kolom akibat beban gempa



Gambar 6.11 Grafik Gaya Aksial Kolom Akibat Beban Gempa pada kolom A-2

Dari grafik gaya aksial kolom akibat beban mati diketahui bahwa semakin tinggi mutu beton akan menghasilkan reaksi gaya yang semakin kecil pula. Dikarenakan pengecilan dimensi yang terjadi setiap kenaikan mutu beton.

### 6.7 Momen rencana kolom

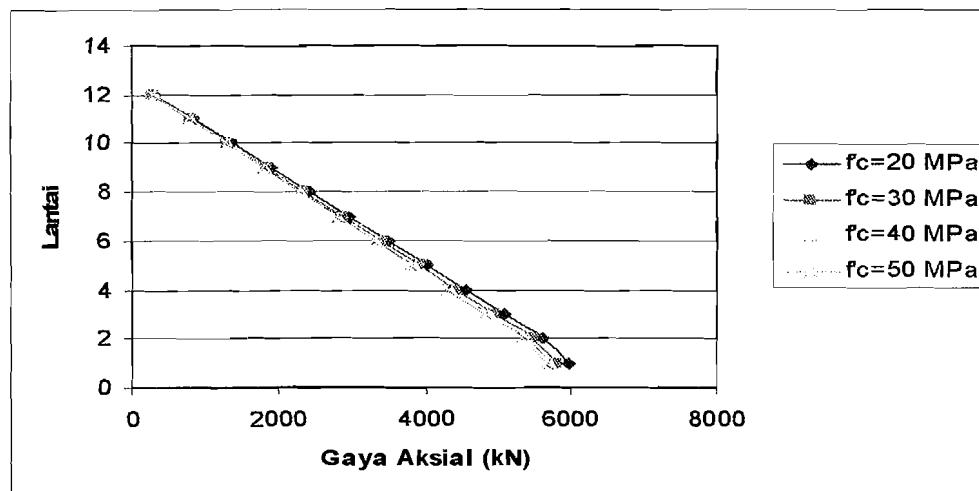


Gambar 6.12 Grafik Momen Rencana Kolom

Dari grafik momen rencana kolom diketahui bahwa perbedaan mutu beton akan menghasilkan momen yang lebih besar. Dikarenakan penambahan tingkat mutu beton akan mengurangi dimensi kolom sehingga jarak bentang bersih balok semakin besar sehingga pembagi pada rumus akan semakin besar, yang mengakibatkan M<sub>u</sub> semakin kecil.

$$M_{U.K} = \frac{h'}{h} \cdot 0,7 \cdot \omega_d \cdot \alpha_{ka} \left[ \frac{l}{li} M_{kap, ki} + \frac{l}{la} M_{kap, ka} \right]$$

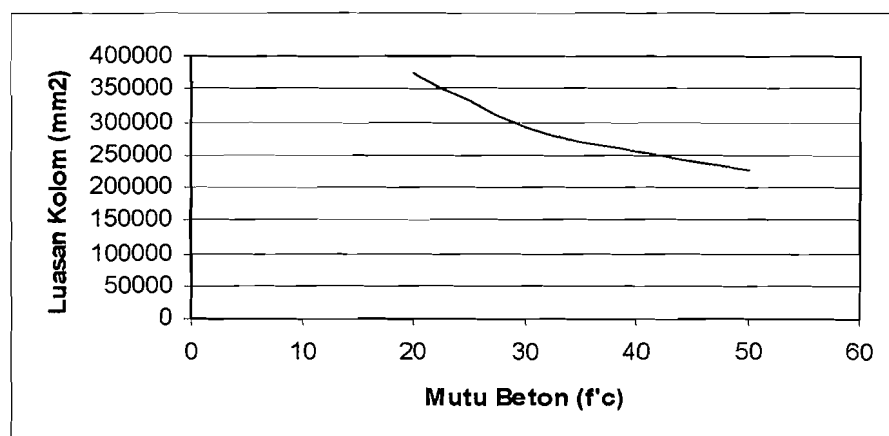
### 6.8 Gaya aksial rencana kolom



Gambar 6.13 Grafik Gaya Aksial Rencana Kolom

Dari grafik gaya aksial kolom terlihat bahwa nilai Puk mutu beton ( $f'c$ ) 20 MPa lebih besar dibandingkan mutu beton ( $f'c$ ) 30 MPa, dan Puk mutu beton ( $f'c$ ) 30 MPa lebih besar daripada mutu beton ( $f'c$ ) 40 MPa terutama pada tingkat bagian bawah. Yang diakibatkan oleh mengecilnya dimensi kolom seiring dengan meningkatnya mutu beton.

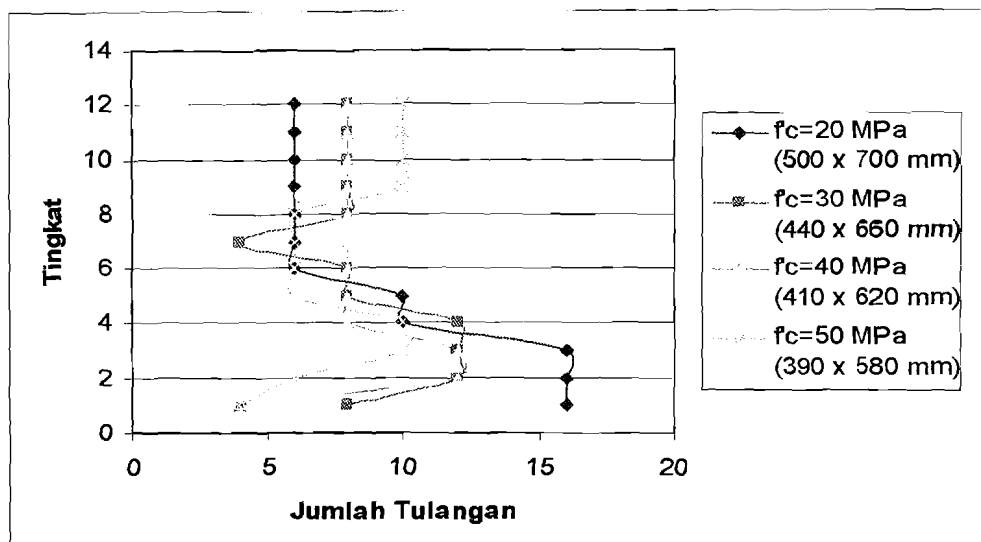
### 6.9 Mutu beton Vs Dimensi kolom



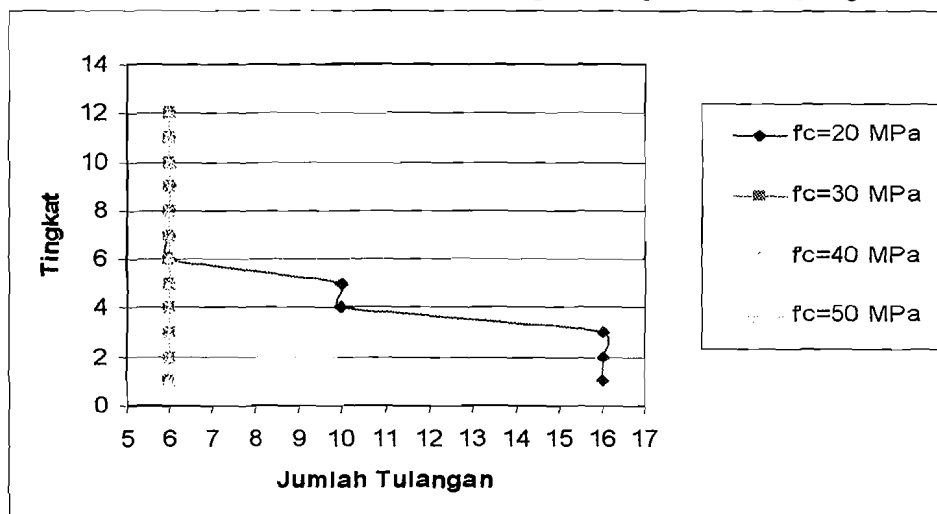
Gambar 6.14 Grafik Mutu Beton Vs Dimensi Kolom

Dari grafik dapat terlihat adanya perubahan dimensi kolom yang terjadi dengan adanya perbedaan mutu beton ( $f'c$ ) yang juga mengakibatkan perubahan gaya yang terjadi. Ini terjadi karena semakin tinggi mutu beton, maka gaya tekan yang dapat ditahan oleh kolom semakin besar sehingga mengakibatkan kebutuhan dimensi kolom juga berkurang.

### 6.10 Mutu Beton Vs Jumlah Tulangan



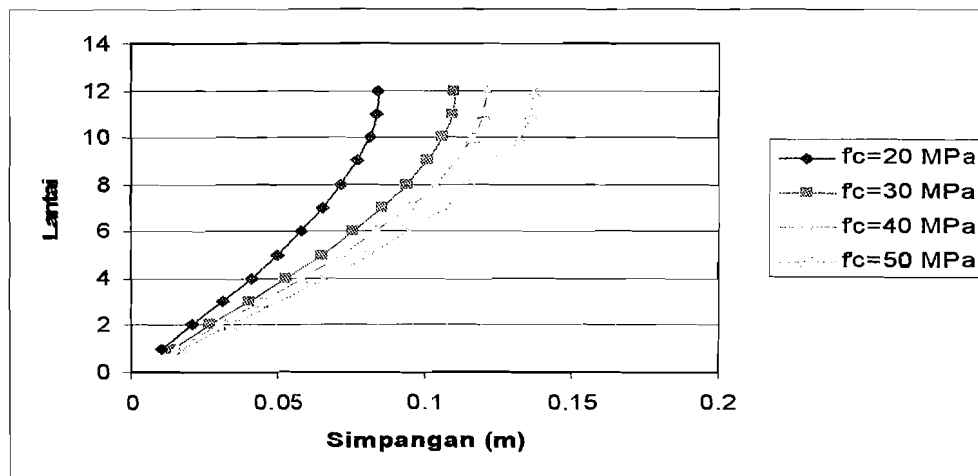
Gambar 6.15 Grafik Kebutuhan Tulangan Dengan Luasan yang Berbeda



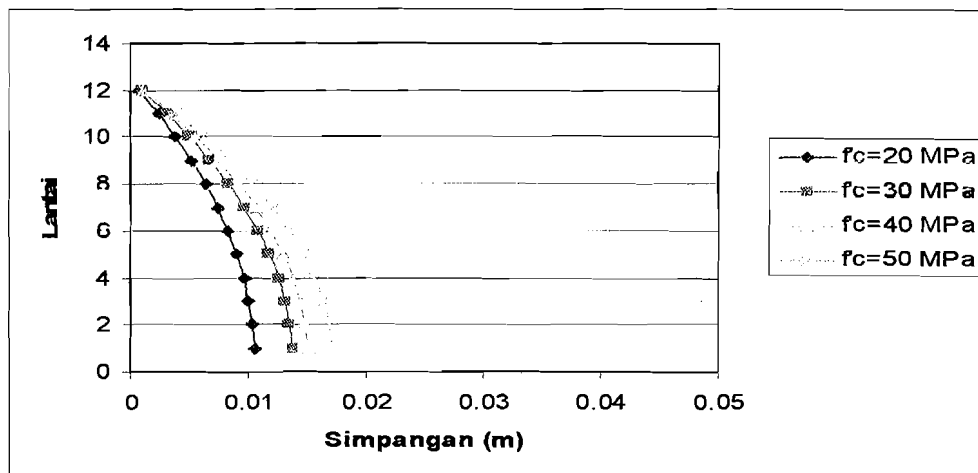
Gambar 6.16 Grafik Kebutuhan Tulangan Dengan Luasan yang Sama (500x700 mm)

Dari grafik Mutu Beton Vs Jumlah Tulangan dapat terlihat adanya perubahan jumlah tulangan yang terjadi dengan adanya perbedaan mutu beton ( $f'_c$ ) yang disebabkan oleh mutu beton yang meningkat dan juga dimensi kolom yang ikut mengecil. Pada dimensi yang sama dengan  $f'_c$  yang berbeda terlihat bahwa untuk  $f'_c = 40$  MPa dan  $f'_c = 50$  MPa mempunyai jumlah tulangan yang kecil, ini disebabkan dimensi kolom terlalu besar dengan mutu beton yang tinggi sehingga jumlah tulangan sedikit.

### 6.11 Simpangan



Gambar 6.17 Grafik Simpangan Tingkat Total



Gambar 6.18 Grafik Simpangan Antar Tingkat

Dari grafik dapat terlihat adanya perubahan simpangan yang terjadi dengan adanya perbedaan mutu beton ( $f'_c$ ) yang dikarenakan perubahan dimensi,

semakin baik mutu betonnya maka dimensi semakin mengecil sehingga simpangan yang terjadi semakin besar, dikarenakan kekakuan yang makin berkurang dengan syarat simpangan tidak boleh lebih besar dari  $5‰ \times h(\text{tinggi})$ .

## BAB VII

### KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil pembahasan penelitian tugas akhir ini, maka dapat diambil beberapa kesimpulan dan saran yang dijabarkan pada sub bab berikut ini.

#### 7.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian pengaruh mutu beton ( $f'c$ ) terhadap dimensi kolom gedung bertingkat banyak dalam tugas akhir ini adalah:

1. Peningkatan mutu beton ( $f'c$ ) dapat mengurangi dimensi kolom dan juga jumlah tulangan.
2. Dimensi kolom yang berkurang menyebabkan mengecilnya gaya yang mengenai struktur dan juga menyebabkan simpangan membesar.
3. Mutu beton yang lebih kecil dapat digunakan untuk merencanakan dimensi kolom mutu beton ( $f'c$ ) yang lebih besar, dengan terlebih dahulu menghitung kebutuhan dimensi pada mutu beton ( $f'c$ ) yang lebih kecil.
4. Perbandingan pengurangan/pengecilan dimensi kolom antara mutu beton yang kecil dengan mutu beton yang lebih besar sangat signifikan sehingga dapat mengurangi biaya pengerjaan struktur.
5. Perbedaan mutu beton akan menghasilkan momen kolom akibat beban mati dan beban hidup yang lebih besar. Ini disebabkan karena semakin tinggi mutu beton maka dimensi kolom makin kecil sehingga kekakuan kolom berkurang.
6. Semakin tinggi mutu beton akan menghasilkan momen kolom akibat reaksi gempa yang semakin kecil pula. Ini disebabkan karena semakin tinggi mutu beton maka dimensi kolom makin kecil sehingga berat struktur yang menyebabkan momen ikut mengecil dan juga beban gempa yang diterima semakin kecil.
7. Semakin tinggi mutu beton akan menghasilkan reaksi gaya aksial kolom akibat beban mati semakin kecil.



8. Semakin tinggi mutu beton akan menghasilkan gaya aksial kolom akibat beban hidup yang relatif sama. Ini dikarenakan mutu beton hampir tidak mempengaruhi beban hidup yang diterima struktur.
9. Semakin tinggi mutu beton akan menghasilkan gaya aksial kolom akibat beban hidup yang semakin kecil pula. Dikarenakan pengecilan dimensi yang terjadi setiap kenaikan mutu beton.

## **7.2 Saran**

Saran yang dapat kami sampaikan pada tugas akhir ini adalah :

1. Perlu diadakan penelitian yang sama akan tetapi dengan menggunakan tipe portal yang berbeda
2. Perlu diadakan penelitian dengan menggunakan bentuk bangunan yang berbeda, misalnya portal bujur sangkar
3. Perlu diadakan penelitian tentang pengaruh variasi mutu beton terhadap dimensi serta pengaruhnya pada biaya struktur.

## DAFTAR PUSTAKA

1. A. Kadir Aboe, Ir. H. MS, *Struktur Beton I*, JTS, Jogjakarta, 2000.
2. Departemen Pekerjaan Umum, "*Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk rumah Dan Gedung*" SKBI 1.3.53.1987.
3. Departemen Pekerjaan Umum, Dit Jen Cipta Karya DPMB, *Peraturan Pembebanan Untuk Gedung 1983*.
4. Departemen Pekerjaan Umum, "*Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*" SKSNI T-15-1991-03.
5. Gusti Andri Wahyudi, *Analisa Penulangan Tahan Gempa Pada Beton Bertulang Konvensional Dengan Konsep Strong Coloum Weak Beam*, FT UII, Jogjakarta, 1998.
6. L. Wahyudi & Syahril A. Rahim, *Struktur Beton Bertulang (Standar Baru SNI T-15-1991-03)*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1997.
7. Mochamad Rizqon K & Sri Purwantono, *Perilaku Beton Box Dengan Variasi Mutu Beton*, FT UII, Jogjakarta, 2003.
8. Sudarmoko, Ir. M.Sc, *Diagram Perancangan Kolom Beton Bertulang*, Biro Penerbit FT UGM, Jogjakarta,
9. Sudarmoko, Ir. M.Sc, *Struktur Kolom Beton Bertulang*, Biro Penerbit FT UGM, Jogjakarta,
10. W.C. Vis & Gideon Kusuma, *Dasar-Dasar Perencanaan Beton Bertulang Berdasarkan SKSNI T-15-1991-03*, Erlangga, Jakarta, 1993.

LAMPPIRAN

### PERHITUNGAN GEMPA

H Total = 54 m

T = 1.195 s

W total = 64252.48 KN

Koefisiensi Gempa Dasar (C) : Spektrum respon gempa wilayah 3 jenis tanah keras

Didapat C = 0.0383

Jenis Bangunan Gedung Biasa

K = 1

I = 1

V = 2461 KN

Tingkat n	Berat (Wi) kN	Tinggi (hi) m	Wi.hi kNm	Fi kN
Atap	2379.24	54	128479	177
Lantai 12	5589.20	49.5	276665	380
Lantai 11	5589.20	45	251514	346
Lantai 10	5589.20	40.5	226363	311
Lantai 9	5589.20	36	201211	277
Lantai 8	5589.20	31.5	176060	242
Lantai 7	5589.20	27	150908	207
Lantai 6	5589.20	22.5	125757	173
Lantai 5	5589.20	18	100606	138
Lantai 4	5589.20	13.5	75454	104
Lantai 3	5589.20	9	50303	69
Lantai 2	5981.24	4.5	26916	37
Jumlah	64252.48		1790236	2461

### SIMPANGAN

Tingkat n	Fi kN	Gaya Geser KN	Kekakuan Tingkat (KN/m)	Simpangan Antar Tingkat (m)	Simpangan Tingkat (m)
Atap	177	177	178679.79	0.001	0.110
Lantai 12	380	557	178679.79	0.003	0.109
Lantai 11	346	903	178679.79	0.005	0.106
Lantai 10	311	1214	178679.79	0.007	0.101
Lantai 9	277	1490	178679.79	0.008	0.094
Lantai 8	242	1732	178679.79	0.010	0.085
Lantai 7	207	1940	178679.79	0.011	0.076
Lantai 6	173	2113	178679.79	0.012	0.065
Lantai 5	138	2251	178679.79	0.013	0.053
Lantai 4	104	2355	178679.79	0.013	0.041
Lantai 3	69	2424	178679.79	0.014	0.027
Lantai 2	37	2461	178679.79	0.014	0.014

## Distribusi Gaya Geser Akibat Gempa

### PORTAL ARAH-Y

As	Luas	Atap kN	Lt-12 kN	Lt-11 kN	Lt-10 kN	Lt-9 kN	Lt-8 kN	Lt-7 kN
A	48	22.08	47.54	43.22	38.89	34.57	30.25	25.93
B	96	44.15	95.08	86.43	77.79	69.15	60.50	51.86
C	96	44.15	95.08	86.43	77.79	69.15	60.50	51.86
D	96	44.15	95.08	86.43	77.79	69.15	60.50	51.86
E	48	22.08	47.54	43.22	38.89	34.57	30.25	25.93
$\Sigma$	384	177	380	346	311	277	242	207

As	Luas	Lt-6 kN	Lt-5 kN	Lt-4 kN	Lt-3 kN	Lt-2 kN	Total kN
A	48	21.61	17.29	12.96	8.64	4.62	
B	96	43.22	34.57	25.93	17.29	9.25	
C	96	43.22	34.57	25.93	17.29	9.25	
D	96	43.22	34.57	25.93	17.29	9.25	
E	48	21.61	17.29	12.96	8.64	4.62	
$\Sigma$	384	173	138	104	69	37	2461

### PORTAL ARAH-X

As	Luas	Atap kN	Lt-12 kN	Lt-11 kN	Lt-10 kN	Lt-9 kN	Lt-8 kN	Lt-7 kN
1	48	22.08	47.54	43.22	38.89	34.57	30.25	25.93
2	96	44.15	95.08	86.43	77.79	69.15	60.50	51.86
3	96	44.15	95.08	86.43	77.79	69.15	60.50	51.86
4	96	44.15	95.08	86.43	77.79	69.15	60.50	51.86
5	48	22.08	47.54	43.22	38.89	34.57	30.25	25.93
$\Sigma$	384	177	380	346	311	277	242	207

As	Luas	Lt-6 kN	Lt-5 kN	Lt-4 kN	Lt-3 kN	Lt-2 kN	Total kN
1	48	21.61	17.29	12.96	8.64	4.62	
2	96	43.22	34.57	25.93	17.29	9.25	
3	96	43.22	34.57	25.93	17.29	9.25	
4	96	43.22	34.57	25.93	17.29	9.25	
5	48	21.61	17.29	12.96	8.64	4.62	
$\Sigma$	384	173	138	104	69	37	2461

Perhitungan Gempa Untuk Dimensi Kolom (440x660)mm

### PERHITUNGAN GEMPA

H Total = 54 m

T = 1.195 s

W total = 63079.6 KN

Koefisiensi Gempa Dasar (C) : Spektrum respon gempa wilayah 3 jenis tanah keras

Didapat C = 0.0383

Jenis Bangunan Gedung Biasa

K = 1

I = 1

V = 2416 KN

Tingkat n	Berat (Wi) kN	Tinggi (hi) m	Wi.hi kNm	Fi kN
Atap	2330.37	54	125840	173
Lantai 12	5491.46	49.5	271827	373
Lantai 11	5491.46	45	247116	340
Lantai 10	5491.46	40.5	222404	306
Lantai 9	5491.46	36	197693	272
Lantai 8	5491.46	31.5	172981	238
Lantai 7	5491.46	27	148269	204
Lantai 6	5491.46	22.5	123558	170
Lantai 5	5491.46	18	98846	136
Lantai 4	5491.46	13.5	74135	102
Lantai 3	5491.46	9	49423	68
Lantai 2	5834.63	4.5	26256	36
Jumlah	63079.6		1758348	2416

### SIMPANGAN

Tingkat n	Fi kN	Gaya Geser KN	Kekakuan Tingkat (KN/m)	Simpangan Antar Tingkat (m)	Simpangan Tingkat (m)
Atap	173	173	159374.65	0.001	0.121
Lantai 12	373	546	159374.65	0.003	0.120
Lantai 11	340	886	159374.65	0.006	0.116
Lantai 10	306	1192	159374.65	0.007	0.111
Lantai 9	272	1463	159374.65	0.009	0.103
Lantai 8	238	1701	159374.65	0.011	0.094
Lantai 7	204	1905	159374.65	0.012	0.083
Lantai 6	170	2074	159374.65	0.013	0.071
Lantai 5	136	2210	159374.65	0.014	0.058
Lantai 4	102	2312	159374.65	0.015	0.045
Lantai 3	68	2380	159374.65	0.015	0.030
Lantai 2	36	2416	159374.65	0.015	0.015

Perhitungan Gempa Untuk Dimensi Kolom (410x620)mm

### Distribusi Gaya Geser Akibat Gempa

#### PORTAL ARAH-Y

As	Luas	Atap kN	Lt-12 kN	Lt-11 kN	Lt-10 kN	Lt-9 kN	Lt-8 kN	Lt-7 kN
A	48	21.61	46.69	42.44	38.20	33.95	29.71	25.47
B	96	43.23	93.37	84.88	76.40	67.91	59.42	50.93
C	96	43.23	93.37	84.88	76.40	67.91	59.42	50.93
D	96	43.23	93.37	84.88	76.40	67.91	59.42	50.93
E	48	21.61	46.69	42.44	38.20	33.95	29.71	25.47
$\Sigma$	384	173	373	340	306	272	238	204

As	Luas	Lt-6 kN	Lt-5 kN	Lt-4 kN	Lt-3 kN	Lt-2 kN	Total kN
A	48	21.22	16.98	12.73	8.49	4.51	
B	96	42.44	33.95	25.47	16.98	9.02	
C	96	42.44	33.95	25.47	16.98	9.02	
D	96	42.44	33.95	25.47	16.98	9.02	
E	48	21.22	16.98	12.73	8.49	4.51	
$\Sigma$	384	170	136	102	68	36	2416

#### PORTAL ARAH-X

As	Luas	Atap kN	Lt-12 kN	Lt-11 kN	Lt-10 kN	Lt-9 kN	Lt-8 kN	Lt-7 kN
1	48	21.61	46.69	42.44	38.20	33.95	29.71	25.47
2	96	43.23	93.37	84.88	76.40	67.91	59.42	50.93
3	96	43.23	93.37	84.88	76.40	67.91	59.42	50.93
4	96	43.23	93.37	84.88	76.40	67.91	59.42	50.93
5	48	21.61	46.69	42.44	38.20	33.95	29.71	25.47
$\Sigma$	384	173	373	340	306	272	238	204

As	Luas	Lt-6 kN	Lt-5 kN	Lt-4 kN	Lt-3 kN	Lt-2 kN	Total kN
1	48	21.22	16.98	12.73	8.49	4.51	
2	96	42.44	33.95	25.47	16.98	9.02	
3	96	42.44	33.95	25.47	16.98	9.02	
4	96	42.44	33.95	25.47	16.98	9.02	
5	48	21.22	16.98	12.73	8.49	4.51	
$\Sigma$	384	170	136	102	68	36	2416

### PERHITUNGAN GEMPA

H Total = 54 m

T = 1.195 s

W total = 62172.4 KN

Koefisiensi Gempa Dasar (C) : Spektrum respon gempa wilayah 3 jenis tanah keras

Didapat C = 0.0383

Jenis Bangunan Gedung Biasa

K = 1

I = 1

V = 2381 KN

Tingkat n	Berat (Wi) kN	Tinggi (hi) m	Wi.hi kNm	Fi kN
Atap	2292.57	54	123799	170
Lantai 12	5415.86	49.5	268085	368
Lantai 11	5415.86	45	243714	335
Lantai 10	5415.86	40.5	219342	301
Lantai 9	5415.86	36	194971	268
Lantai 8	5415.86	31.5	170600	234
Lantai 7	5415.86	27	146228	201
Lantai 6	5415.86	22.5	121857	167
Lantai 5	5415.86	18	97485	134
Lantai 4	5415.86	13.5	73114	100
Lantai 3	5415.86	9	48743	67
Lantai 2	5721.23	4.5	25746	35
Jumlah	62172.4		1733683	2381

### SIMPANGAN

Tingkat n	Fi kN	Gaya Geser KN	Kekakuan Tingkat (KN/m)	Simpangan Antar Tingkat (m)	Simpangan Tingkat (m)
Atap	170	170	138759.88	0.001	0.137
Lantai 12	368	538	138759.88	0.004	0.136
Lantai 11	335	873	138759.88	0.006	0.132
Lantai 10	301	1174	138759.88	0.008	0.125
Lantai 9	268	1442	138759.88	0.010	0.117
Lantai 8	234	1676	138759.88	0.012	0.107
Lantai 7	201	1877	138759.88	0.014	0.094
Lantai 6	167	2045	138759.88	0.015	0.081
Lantai 5	134	2178	138759.88	0.016	0.066
Lantai 4	100	2279	138759.88	0.016	0.050
Lantai 3	67	2346	138759.88	0.017	0.034
Lantai 2	35	2381	138759.88	0.017	0.017

Perhitungan Gempa Untuk Dimensi Kolom (390x580)mm



### Distribusi Gaya Geser Akibat Gempa

#### PORTAL ARAH-Y

As	Luas	Atap kN	Lt-12 kN	Lt-11 kN	Lt-10 kN	Lt-9 kN	Lt-8 kN	Lt-7 kN
A	48	21.25	46.03	41.84	37.66	33.47	29.29	25.11
B	96	42.51	92.05	83.68	75.32	66.95	58.58	50.21
C	96	42.51	92.05	83.68	75.32	66.95	58.58	50.21
D	96	42.51	92.05	83.68	75.32	66.95	58.58	50.21
E	48	21.25	46.03	41.84	37.66	33.47	29.29	25.11
$\Sigma$	384	170	368	335	301	268	234	201

As	Luas	Lt-6 kN	Lt-5 kN	Lt-4 kN	Lt-3 kN	Lt-2 kN	Total kN
A	48	20.92	16.74	12.55	8.37	4.42	
B	96	41.84	33.47	25.11	16.74	8.84	
C	96	41.84	33.47	25.11	16.74	8.84	
D	96	41.84	33.47	25.11	16.74	8.84	
E	48	20.92	16.74	12.55	8.37	4.42	
$\Sigma$	384	167	134	100	67	35	2381

#### PORTAL ARAH-X

As	Luas	Atap kN	Lt-12 kN	Lt-11 kN	Lt-10 kN	Lt-9 kN	Lt-8 kN	Lt-7 kN
1	48	21.25	46.03	41.84	37.66	33.47	29.29	25.11
2	96	42.51	92.05	83.68	75.32	66.95	58.58	50.21
3	96	42.51	92.05	83.68	75.32	66.95	58.58	50.21
4	96	42.51	92.05	83.68	75.32	66.95	58.58	50.21
5	48	21.25	46.03	41.84	37.66	33.47	29.29	25.11
$\Sigma$	384	170	368	335	301	268	234	201

As	Luas	Lt-6 kN	Lt-5 kN	Lt-4 kN	Lt-3 kN	Lt-2 kN	Total kN
1	48	20.92	16.74	12.55	8.37	4.42	
2	96	41.84	33.47	25.11	16.74	8.84	
3	96	41.84	33.47	25.11	16.74	8.84	
4	96	41.84	33.47	25.11	16.74	8.84	
5	48	20.92	16.74	12.55	8.37	4.42	
$\Sigma$	384	167	134	100	67	35	2381

Perencanaan Pelat

LAMPIRAN 2

## TULANGAN PELAT

	Pelat Lantai				Pelat Atap			
	Mix	Mtx	Mly	Mty	Mix	Mtx	Mly	Mty
Lx	4	4	4	4	4	4	4	4
Ly	6	6	6	6	6	6	6	6
Ly/Lx	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Jenis Plat	2 Arah	2 Arah	2 Arah	2 Arah	2 Arah	2 Arah	2 Arah	2 Arah
f <sub>c</sub>	30	30	30	30	30	30	30	30
f <sub>y</sub>	300	300	300	300	300	300	300	300
Φ	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
β	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
ρ <sub>b</sub>	0.0482	0.0482	0.0482	0.0482	0.0482	0.0482	0.0482	0.0482
ρ <sub>maks</sub>	0.0361	0.0361	0.0361	0.0361	0.0361	0.0361	0.0361	0.0361
ρ <sub>min</sub>	0.0047	0.0047	0.0047	0.0047	0.0047	0.0047	0.0047	0.0047
C(tabel)	36	76	17	57	36	76	17	57
μ <sub>u</sub>	5.539	11.693	2.616	8.770	2.995	6.323	1.414	4.742
μ <sub>u</sub> /Φ	6.924	14.616	3.269	10.962	3.744	7.904	1.768	5.928
h	120	120	120	120	100	100	100	100
Pakai tul	10	10	10	10	8	8	8	8
d	95	95	85	95	76	76	68	76
b	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
m	11.765	11.765	11.765	11.765	11.765	11.765	11.765	11.765
R <sub>n</sub>	0.767	1.620	0.453	1.215	0.648	1.368	0.382	1.026
ρ	0.0026	0.0056	0.0015	0.0042	0.0022	0.0047	0.0013	0.0035
1,33ρ	0.0035	0.0074	0.0020	0.0055	0.0029	0.0062	0.0017	0.0046
ρ <sub>pakai</sub>	0.0035	0.0056	0.0020	0.0047	0.0029	0.0047	0.0017	0.0046
As perlu	328.11	530.26	172.06	443.33	221.25	356.50	116.14	353.05
Jarak tul	239.47	148.17	456.64	177.23	227.28	141.05	432.96	142.43
pakai jarak	200	140	200	170	200	140	200	140
As ada	392.86	561.22	392.86	462.18	251.43	359.18	251.43	359.18
a	4.62	6.60	4.62	5.44	2.96	4.23	2.96	4.23
M <sub>n</sub>	10.924	15.439	9.745	12.795	5.621	7.962	5.018	7.962
	<b>P10-200</b>	<b>P10-140</b>	<b>P10-200</b>	<b>P10-170</b>	<b>P8-200</b>	<b>P8-140</b>	<b>P8-200</b>	<b>P8-140</b>
	Aman	Aman	Aman	Aman	Aman	Aman	Aman	Aman
As Tul Susut		240		240		200		200
Pakai Tul		8		8		8		8
Jarak tul		209.52		209.52		251.43		251.43
Pakai Jarak		200		200		200		200
		<b>P8-200</b>		<b>P8-200</b>		<b>P8-200</b>		<b>P8-200</b>

Tulangan Pelat :

	Lapangan X	Tumpuan X	Lapangan Y	Tumpuan Y
ATAP	P8-200	P8-140	P8-200	P8-140
Tul. Susut		P8-200		P8-200
LANTAI	P10-200	P10-140	P10-200	P10-170
Tul. Susut		P8-200		P8-200

Perhitungan Tulangan Pelat Atap dan Lantai

# LAMPPIRAN 3

## Perencanaan Balok

**Perhitungan Balok Induk**

**ARAH-X**

	b (m)	h (m)	Mu (kNm)	Mu/ø (kNm)	Jumlah Tulangan			Mn (kNm)	Rasio	M kap <sup>-</sup> (kNm)	M kap <sup>+</sup> (kNm)
					Diameter	Tul Tarik	Tul Desak				
Atap	250	400	77.86	97.32	22	3	2	135.71	1.39	174.00	113.56
Lantai 12	250	400	144.42	180.52	22	5	3	208.95	1.16	253.04	151.10
Lantai 11	250	400	180.17	225.22	22	6	4	254.25	1.13	297.81	191.33
Lantai 10	250	450	214.26	267.83	22	6	4	295.30	1.10	346.99	221.77
Lantai 9	250	450	245.49	306.86	22	7	4	346.13	1.13	407.43	225.16
Lantai 8	250	450	272.72	340.90	22	8	5	387.40	1.14	461.17	276.99
Lantai 7	250	450	295.68	369.60	22	9	5	429.81	1.16	511.76	276.99
Lantai 6	250	450	314.04	392.55	22	9	5	429.81	1.09	511.76	276.99
Lantai 5	250	450	326.99	408.73	22	10	6	476.52	1.17	565.36	323.85
Lantai 4	250	450	331.83	414.79	22	10	6	476.52	1.15	565.36	323.85
Lantai 3	250	450	319.88	399.85	22	9	5	429.81	1.07	511.76	276.99
Lantai 2	250	450	262.14	327.68	22	8	4	370.92	1.13	436.06	221.31

**ARAH-Y**

	b (m)	h (m)	Mu (kNm)	Mu/ø (kNm)	Jumlah Tulangan			Mn (kNm)	Rasio	M kap <sup>-</sup> (kNm)	M kap <sup>+</sup> (kNm)
					Diameter	Tul Tarik	Tul Desak				
Atap	250	350	47.39	59.23	22	2	2	64.81	1.09	93.74	88.59
Lantai 12	250	350	97.47	121.84	22	4	2	129.19	1.06	173.27	88.59
Lantai 11	250	350	138.27	172.84	22	6	3	193.15	1.12	249.22	124.87
Lantai 10	250	450	175.68	219.61	22	5	3	237.61	1.08	307.32	177.34
Lantai 9	250	450	208.76	260.96	22	6	4	284.90	1.09	365.29	228.17
Lantai 8	250	450	237.21	296.51	22	7	4	332.11	1.12	420.98	228.17
Lantai 7	250	450	261.19	326.49	22	8	5	379.24	1.16	478.79	276.99
Lantai 6	250	450	280.79	350.99	22	8	5	379.24	1.08	478.79	276.99
Lantai 5	250	450	295.98	369.98	22	9	5	426.30	1.15	532.55	276.99
Lantai 4	250	450	306.16	382.70	22	9	5	426.30	1.11	532.55	276.99
Lantai 3	250	450	306.83	383.54	22	9	5	426.30	1.11	532.55	276.99
Lantai 2	250	450	271.62	339.52	22	8	5	379.24	1.12	478.79	276.99

**Perhitungan Sengkang Balok**

**Sengkang Balok arah X**

	Lantai 2	Lantai 3	Lantai 4	Lantai 5	Lantai 6	Lantai 7	Lantai 8	Lantai 9
Mkap +	221.308	276.990	323.850	323.850	276.990	276.990	276.990	225.156
Mkap -	436.064	511.762	565.360	565.360	511.762	511.762	461.170	407.433
$f_y$	300	300	300	300	300	300	300	300
$f_c$	30	30	30	30	30	30	30	30
b	250	250	250	250	250	250	250	250
h	450	450	450	450	450	450	450	450
d	360	370	370	370	370	370	370	370
K	1	1	1	1	1	1	1	1
$L_n$	5.25	5.25	5.25	5.25	5.25	5.25	5.25	5.25
Vd	73.378	75.358	76.893	78.229	79.399	80.400	81.237	81.913
Vl	19.857	20.466	20.932	21.337	21.692	21.994	22.245	22.448
Ve	127.226	142.070	138.186	132.693	124.857	114.658	102.163	17.589
Vg	93.235	95.824	97.825	99.567	101.090	102.394	103.483	104.361
Vub	185.547	205.783	221.277	223.106	211.312	212.680	207.078	193.924
Vu min	-10.247	4.551	15.845	14.016	-0.978	-2.346	-10.235	-25.234
Vu max	632.246	697.308	683.095	661.854	630.546	589.075	537.743	183.453
Vu pakai	185.547	205.783	221.277	223.106	211.312	212.680	207.078	183.453
<b>Di Dalam Sendi Plastis</b>								
Vs1	309.245	342.971	368.795	371.844	352.187	354.467	345.130	305.754
$\emptyset$	12	12	12	12	12	12	12	12
Jumlah kaki	2	2	2	2	2	2	2	2
Av	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195
S. Tulangan	78.996	73.206	68.080	67.522	71.291	70.832	72.748	82.117
S	70	70	60	60	70	70	70	80
Pakai Tul	<b>P12-70</b>	<b>P12-70</b>	<b>P12-60</b>	<b>P12-60</b>	<b>P12-70</b>	<b>P12-70</b>	<b>P12-70</b>	<b>P12-80</b>
<b>Di Luar Sendi Plastis</b>								
x	0.275	0.114	0.351	0.310	0.024	0.057	0.247	0.635
Vu1	151.982	169.725	180.628	182.457	174.919	175.819	169.824	147.678
Vc	82.158	84.441	84.441	84.441	84.441	84.441	84.441	84.441
Vs2	171.145	198.435	216.606	219.654	207.092	208.591	198.600	161.689
$\emptyset$	12	12	12	12	12	12	12	12
Jumlah kaki	2	2	2	2	2	2	2	2
Av	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195
S. Tulangan	142.739	126.528	115.914	114.305	121.239	120.368	126.423	155.283
S	140	120	110	110	120	120	120	150
Pakai Tul	<b>P12-140</b>	<b>P12-120</b>	<b>P12-110</b>	<b>P12-110</b>	<b>P12-120</b>	<b>P12-120</b>	<b>P12-120</b>	<b>P12-150</b>

	Lantai 10	Lantai 11	Lantai 12	Atap
Mkap +	221.773	191.329	151.105	113.559
Mkap -	346.990	297.810	253.043	173.999
fy	300	300	300	300
f'c	30	30	30	30
b	250	250	250	250
h	450	400	400	400
d	365	320	320	340
K	1	1	1	1
Ln	5.25	5.25	5.25	5.25
Vd	82.431	82.821	82.997	41.910
Vi	22.602	22.715	22.756	16.774
Ve	18.487	19.074	32.702	15.383
Vg	105.033	105.536	105.752	58.685
Vub	186.120	176.032	164.926	99.960
Vu min	-34.450	-45.595	-57.154	23.278
Vu max	187.932	190.923	248.390	126.226
Vu pakai	186.120	176.032	164.926	99.960
<b>Di Dalam Sendi Plastis</b>				
Vs1	310.200	293.386	274.877	166.600
Ø	12	12	12	12
Jumlah kaki	2	2	2	2
Av	226.195	226.195	226.195	226.195
S. Tulangan	79.846	74.014	78.998	138.487
S	70	70	70	130
Pakai Tul	<b>P12-70</b>	<b>P12-70</b>	<b>P12-70</b>	<b>P12-130</b>
<b>Di Luar Sendi Plastis</b>				
x	0.548	0.695	1.027	0.609
Vu1	151.956	153.202	140.575	92.522
Vc	82.158	82.158	89.005	66.183
Vs2	171.102	173.179	145.287	88.020
Ø	12	12	12	12
Jumlah kaki	2	2	2	2
Av	226.195	226.195	226.195	226.195
S. Tulangan	142.774	141.062	182.155	223.574
S	140	140	180	145
Pakai Tul	<b>P12-140</b>	<b>P12-140</b>	<b>P12-180</b>	<b>P12-145</b>

Perhitungan Sengkang Balok Untuk Dimensi Kolom (500x750)mm

**Perhitungan Sengkang Balok**

**Sengkang Balok arah Y**

	Lantai 2	Lantai 3	Lantai 4	Lantai 5	Lantai 6	Lantai 7	Lantai 8	Lantai 9
Mkap +	276.990	276.990	276.990	276.990	276.990	276.990	228.174	228.174
Mkap -	478.792	532.548	532.548	532.548	478.792	478.792	420.978	365.290
fy	300	300	300	300	300	300	300	300
fc	30	30	30	30	30	30	30	30
b	250	250	250	250	250	250	250	250
h	450	450	450	450	450	450	450	450
d	370	370	370	370	370	370	370	370
K	1	1	1	1	1	1	1	1
Ln	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Vd	73.378	75.358	76.893	78.229	79.399	80.400	81.237	81.913
VI	19.857	20.466	20.932	21.337	21.692	21.994	22.245	22.448
Ve	127.226	142.070	138.186	132.693	124.857	114.658	102.163	17.589
Vg	93.235	95.824	97.825	99.567	101.090	102.394	103.483	104.361
Vub	249.054	262.523	264.624	266.452	257.301	258.670	238.487	228.272
Vu min	53.259	61.292	59.192	57.363	45.011	43.643	21.174	9.114
Vu max	632.246	697.308	683.095	661.854	630.546	589.075	537.743	183.453
Vu pakai	249.054	262.523	264.624	266.452	257.301	258.670	238.487	183.453
<b>Di Dalam Sendi Plastis</b>								
Vs1	415.089	437.539	441.039	444.087	428.836	431.116	397.479	305.754
Ø	12	12	12	12	12	12	12	12
Jumlah kaki	3	3	3	3	3	3	3	3
Av	339.292	339.292	339.292	339.292	339.292	339.292	339.292	339.292
S. Tulangan	90.731	86.076	85.392	84.806	87.822	87.358	94.751	123.175
S	90	80	80	80	80	80	90	120
Pakai Tul	<b>P12-90</b>	<b>P12-80</b>	<b>P12-80</b>	<b>P12-80</b>	<b>P12-80</b>	<b>P12-80</b>	<b>P12-90</b>	<b>P12-120</b>
<b>Di Luar Sendi Plastis</b>								
x	0.617	0.662	0.640	0.620	0.521	0.505	0.285	0.166
Vu1	171.316	179.256	181.357	183.186	179.564	180.932	171.717	133.936
Vc	84.441	84.441	84.441	84.441	84.441	84.441	84.441	84.441
Vs2	201.086	214.320	217.821	220.869	214.832	217.113	201.755	138.785
Ø	12	12	12	12	12	12	12	12
Jumlah kaki	2	2	2	2	2	2	2	2
Av	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195
S. Tulangan	124.860	117.150	115.267	113.677	116.871	115.643	124.446	180.910
S	120	110	110	110	110	110	120	180
Pakai Tul	<b>P12-120</b>	<b>P12-110</b>	<b>P12-110</b>	<b>P12-110</b>	<b>P12-110</b>	<b>P12-110</b>	<b>P12-120</b>	<b>P12-180</b>



	Lantai 10	Lantai 11	Lantai 12	Atap
Mkap +	177.342	124.868	88.586	88.586
Mkap -	307.323	249.220	173.273	93.745
fy	300	300	300	300
fc	30	30	30	30
b	250	250	250	250
h	450	350	350	350
d	370	270	270	270
K	1	1	1	1
Ln	3.5	3.5	3.5	3.5
Vd	82.431	82.821	82.997	41.910
VI	22.602	22.715	22.756	16.774
Ve	18.487	19.074	32.702	15.383
Vg	105.033	105.536	105.752	58.685
Vub	207.218	185.631	163.412	98.005
Vu min	-13.352	-35.996	-58.668	-25.153
Vu max	187.932	190.923	248.390	126.226
Vu pakai	187.932	185.631	163.412	98.085
<b>Di Dalam Sendi Plastis</b>				
Vs1	313.219	309.384	272.353	163.475
Ø	12	12	12	12
Jumlah kaki	3	3	3	2
Av	339.292	339.292	339.292	226.195
S. Tulangan	120.240	88.830	100.908	112.077
S	120	80	100	110
Pakai Tul	<b>P12-120</b>	<b>P12-80</b>	<b>P12-100</b>	<b>P12-110</b>
<b>Di Luar Sendi Plastis</b>				
x	0.232	0.568	0.925	0.714
Vu1	136.173	141.305	118.996	73.437
Vc	84.441	61.619	61.619	61.619
Vs2	142.514	173.890	136.708	60.777
Ø	12	12	12	12
Jumlah kaki	2	2	2	2
Av	226.195	226.195	226.195	226.195
S. Tulangan	176.176	105.364	134.021	301.459
S	170	100	130	135
Pakai Tul	<b>P12-170</b>	<b>P12-100</b>	<b>P12-130</b>	<b>P12-135</b>

Perhitungan Sengkok Balok Untuk Dimensi Kolom (500x750)mm

**Perhitungan Balok Induk**

**ARAH-X**

	b (m)	h (m)	Mu (kNm)	Mu/ø (kNm)	Jumlah Tulangan			Mn (kNm)	Rasio	M kap <sup>-</sup> (kNm)	M kap <sup>+</sup> (kNm)
					Diameter	Tul Tarik	Tul Desak				
Atap	250	350	77.86	97.32	22	3	2	108.34	1.14	139.18	92.15
Lantai 12	250	450	144.42	180.52	22	4	3	196.84	1.08	245.98	177.34
Lantai 11	250	450	180.17	225.22	22	5	3	251.24	1.11	300.56	175.37
Lantai 10	250	450	214.26	267.83	22	6	4	294.17	1.10	354.83	228.17
Lantai 9	250	450	245.49	306.86	22	7	4	340.44	1.11	407.43	228.17
Lantai 8	250	450	272.72	340.90	22	8	5	387.40	1.14	461.17	276.99
Lantai 7	250	450	295.68	369.60	22	9	5	429.81	1.17	511.76	276.99
Lantai 6	250	450	314.04	392.55	22	9	6	434.34	1.12	514.93	323.85
Lantai 5	250	450	326.99	408.73	22	9	6	434.34	1.07	514.93	323.85
Lantai 4	250	450	331.83	414.79	22	10	6	476.52	1.15	565.36	323.85
Lantai 3	250	450	319.88	399.85	22	9	6	434.34	1.08	514.93	323.85
Lantai 2	250	450	262.14	327.68	22	8	5	375.23	1.11	438.45	268.57

**ARAH-Y**

	b (m)	h (m)	Mu (kNm)	Mu/ø (kNm)	Jumlah Tulangan			Mn (kNm)	Rasio	M kap <sup>-</sup> (kNm)	M kap <sup>+</sup> (kNm)
					Diameter	Tul Tarik	Tul Desak				
Atap	250	350	47.39	59.23	22	2	2	65.00	1.06	95.94	88.59
Lantai 12	250	350	97.47	121.84	22	4	3	136.02	1.11	169.95	124.87
Lantai 11	250	450	138.27	172.84	22	4	3	196.84	1.13	245.98	177.34
Lantai 10	250	450	175.63	219.61	22	5	3	246.97	1.11	300.56	177.34
Lantai 9	250	450	208.73	260.96	22	6	4	290.74	1.11	339.33	218.39
Lantai 8	250	450	237.21	296.51	22	7	4	329.80	1.10	388.54	221.31
Lantai 7	250	450	261.19	326.49	22	8	4	370.92	1.13	436.06	221.31
Lantai 6	250	450	280.79	350.99	22	9	5	416.12	1.18	485.62	268.57
Lantai 5	250	450	295.98	369.98	22	9	5	416.12	1.12	485.62	268.57
Lantai 4	250	450	306.15	382.70	22	9	5	416.12	1.08	485.62	268.57
Lantai 3	250	450	306.83	383.54	22	9	5	416.12	1.07	485.62	268.57
Lantai 2	250	450	271.62	339.52	22	9	5	416.12	1.16	485.62	268.57

**Perhitungan Sengkang Balok**

**Sengkang Balok arah X**

	Lantai 2	Lantai 3	Lantai 4	Lantai 5	Lantai 6	Lantai 7	Lantai 8	Lantai 9
Mkap +	268.565	323.850	323.850	323.850	323.850	276.990	276.990	228.174
Mkap -	438.452	514.935	565.360	514.935	514.935	511.762	461.170	407.433
$f_y$	300	300	300	300	300	300	300	300
$f'_c$	30	30	30	30	30	30	30	30
b	250	250	250	250	250	250	250	250
h	450	450	450	450	450	450	450	450
d	360	370	370	370	370	370	370	370
K	1	1	1	1	1	1	1	1
$L_n$	5.34	5.34	5.34	5.34	5.34	5.34	5.34	5.34
Vd	73.566	75.893	77.635	79.166	80.502	81.642	82.595	83.363
Vl	19.854	20.568	21.098	21.563	21.967	22.311	22.597	22.827
Ve	130.074	138.934	133.481	125.094	117.852	108.382	96.726	18.259
Vg	93.420	96.462	98.733	100.729	102.468	103.953	105.192	106.190
Vub	190.771	211.238	220.232	215.718	217.545	212.546	207.214	194.819
Vu min	-5.411	8.668	12.894	4.188	2.361	-5.756	-13.689	-28.180
Vu max	644.403	684.806	664.287	631.159	602.570	564.356	516.699	188.188
Vu pakai	190.771	211.238	220.232	215.718	217.545	212.546	207.214	188.188
<b>Di Dalam Sendi Plastis</b>								
Vs1	317.952	352.063	367.054	359.530	362.575	354.243	345.357	324.698
$\emptyset$	12	12	12	12	12	12	12	12
Jumlah kaki	2	2	2	2	2	2	2	2
Av	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195
S. Tulangan	76.833	71.316	68.403	69.835	69.248	70.877	72.701	77.326
S	70	70	60	60	60	70	70	70
Pakai Tul	<b>P12-70</b>	<b>P12-70</b>	<b>P12-60</b>	<b>P12-60</b>	<b>P12-60</b>	<b>P12-70</b>	<b>P12-70</b>	<b>P12-70</b>
<b>Di Luar Sendi Plastis</b>								
x	0.147	0.210	0.295	0.102	0.057	0.141	0.331	0.695
Vu1	157.707	174.175	180.942	178.655	180.482	175.753	169.983	151.721
Vc	82.158	84.441	84.441	84.441	84.441	84.441	84.441	84.441
Vs2	180.686	205.851	217.129	213.318	216.363	208.481	198.865	168.428
$\emptyset$	12	12	12	12	12	12	12	12
Jumlah kaki	2	2	2	2	2	2	2	2
Av	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195
S. Tulangan	135.202	121.970	115.635	117.700	116.044	120.431	126.255	149.070
S	130	120	110	110	110	120	120	140
Pakai Tul	<b>P12-130</b>	<b>P12-120</b>	<b>P12-110</b>	<b>P12-110</b>	<b>P12-110</b>	<b>P12-120</b>	<b>P12-120</b>	<b>P12-140</b>

	Lantai 10	Lantai 11	Lantai 12	Atap
Mkap +	228.174	175.373	177.342	92.154
Mkap -	354.830	300.560	245.977	139.175
$f_y$	300	300	300	300
$f_c$	30	30	30	30
b	250	250	250	250
h	450	450	450	350
d	370	370	370	280
K	1	1	1	1
Ln	5.34	5.34	5.34	5.34
Vd	83.949	84.380	84.651	42.913
VI	23.001	23.127	23.192	15.467
Ve	19.208	19.813	31.391	15.341
Vg	106.950	107.507	107.843	58.380
Vub	188.722	175.271	168.726	91.623
Vu min	-35.874	-50.494	-57.744	-30.975
Vu max	192.972	196.095	245.076	125.731
Vu pakai	188.722	175.271	168.726	91.623
<b>Di Dalam Sendi Plastis</b>				
Vs1	314.536	292.118	281.211	152.705
Ø	12	12	12	12
Jumlah kaki	2	2	2	2
Av	226.195	226.195	226.195	226.195
S. Tulangan	79.824	85.950	89.284	124.425
S	70	80	80	120
Pakai Tul	<b>P12-70</b>	<b>P12-80</b>	<b>P12-80</b>	<b>P12-120</b>
<b>Di Luar Sendi Plastis</b>				
x	0.853	1.194	1.362	1.349
Vu1	150.868	137.221	130.557	75.552
Vc	84.441	84.441	84.441	63.901
Vs2	167.007	144.260	133.155	62.019
Ø	12	12	12	12
Jumlah kaki	2	2	2	2
Av	226.195	226.195	226.195	226.195
S. Tulangan	150.339	174.044	188.560	306.364
S	150	170	180	140
Pakai Tul	<b>P12-150</b>	<b>P12-170</b>	<b>P12-180</b>	<b>P12-140</b>

Perhitungan Sengkang Balok Untuk Dimensi Kolom (440x660)mm

**Perhitungan Sengkang Balok**

**Sengkang Balok arah Y**

	Lantai 2	Lantai 3	Lantai 4	Lantai 5	Lantai 6	Lantai 7	Lantai 8	Lantai 9
Mkap +	268.565	268.565	268.565	268.565	268.565	221.308	221.308	218.390
Mkap -	485.619	485.619	485.619	485.619	485.619	436.064	388.543	339.328
fy	300	300	300	300	300	300	300	300
fc	30	30	30	30	30	30	30	30
b	250	250	250	250	250	250	250	250
h	450	450	450	450	450	450	450	450
d	360	360	360	360	360	360	360	360
K	1	1	1	1	1	1	1	1
Ln	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56
Vd	73.566	75.893	77.635	79.166	80.502	81.642	82.595	83.363
VI	19.854	20.568	21.098	21.563	21.967	22.311	22.597	22.827
Ve	130.074	138.934	133.481	125.094	117.852	108.382	96.726	18.259
Vg	93.420	96.462	98.733	100.729	102.468	103.953	105.192	106.190
Vub	246.385	249.579	251.964	254.060	255.886	238.410	230.366	221.163
Vu min	50.204	47.010	44.625	42.530	40.703	20.108	9.463	-1.836
Vu max	644.403	684.806	664.287	631.159	602.570	564.356	516.699	188.188
Vu pakai	246.385	249.579	251.964	254.060	255.886	238.410	230.366	188.188
<b>Di Dalam Sendi Plastis</b>								
Vs1	410.642	415.966	419.940	423.433	426.477	397.349	383.943	368.605
Ø	12	12	12	12	12	12	12	12
Jumlah kaki	3	3	3	3	3	3	3	3
Av	339.292	339.292	339.292	339.292	339.292	339.292	339.292	339.292
S. Tulangan	89.235	88.093	87.259	86.539	85.921	92.220	95.440	99.411
S	80	80	80	80	80	90	90	90
Pakai Tul	<b>P12-80</b>	<b>P12-80</b>	<b>P12-80</b>	<b>P12-80</b>	<b>P12-80</b>	<b>P12-90</b>	<b>P12-90</b>	<b>P12-90</b>
<b>Di Luar Sendi Plastis</b>								
x	0.603	0.564	0.536	0.510	0.489	0.277	0.140	0.034
Vu1	171.405	174.599	176.984	179.079	180.906	173.054	169.735	140.148
Vc	82.158	82.158	82.158	82.158	82.158	82.158	82.158	82.158
Vs2	203.517	208.840	212.814	216.307	219.352	206.265	200.733	151.422
Ø	12	12	12	12	12	12	12	12
Jumlah kaki	2	2	2	2	2	2	2	2
Av	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195
S. Tulangan	120.035	116.975	114.790	112.937	111.369	118.435	121.699	161.331
S	120	110	110	110	110	110	120	160
Pakai Tul	<b>P12-120</b>	<b>P12-110</b>	<b>P12-110</b>	<b>P12-110</b>	<b>P12-110</b>	<b>P12-110</b>	<b>P12-120</b>	<b>P12-160</b>

	Lantai 10	Lantai 11	Lantai 12	Atap
Mkap +	177.342	177.342	124.868	88.586
Mkap -	300.560	245.977	169.950	95.941
$f_y$	300	300	300	300
$f_c$	30	30	30	30
b	250	250	250	250
h	450	450	350	350
d	370	370	270	270
K	1	1	1	1
$L_n$	3.56	3.56	3.56	3.56
Vd	83.949	84.380	84.651	42.913
Vl	23.001	23.127	23.192	15.467
Ve	19.208	19.813	31.391	15.341
Vg	106.950	107.507	107.843	58.380
Vub	206.267	196.119	171.205	97.582
Vu min	-18.328	-29.646	-55.265	-25.015
Vu max	192.972	196.095	245.076	125.731
Vu pakai	192.972	196.095	171.205	97.582
<b>Di Dalam Sendi Plastis</b>				
Vs1	343.779	326.865	285.341	162.637
$\emptyset$	12	12	12	12
Jumlah kaki	3	3	3	2
Av	339.292	339.292	339.292	226.195
S. Tulangan	109.551	115.220	96.315	112.654
S	100	110	90	110
Pakai Tul	<b>P12-100</b>	<b>P12-110</b>	<b>P12-90</b>	<b>P12-110</b>
<b>Di Luar Sendi Plastis</b>				
x	0.309	0.468	0.869	0.726
Vu1	139.553	139.026	126.674	73.476
Vc	84.441	84.441	61.619	61.619
Vs2	148.148	147.269	149.505	60.841
$\emptyset$	12	12	12	12
Jumlah kaki	2	2	2	2
Av	228.195	228.195	228.195	228.195
S. Tulangan	169.476	170.488	122.550	301.141
S	160	170	120	135
Pakai Tul	<b>P12-160</b>	<b>P12-170</b>	<b>P12-120</b>	<b>P12-135</b>

Perhitungan Sengkang Balok Untuk Dimensi Kolom (440x660)mm

**Perhitungan Balok Induk**

**ARAH-X**

	b (m)	h (m)	Mu (kNm)	Mu/σ (kNm)	Jumlah Tulangan			Mn (kNm)	Rasio	M kap <sup>-</sup> (kNm)	M kap <sup>+</sup> (kNm)
					Diameter	Tul Tarik	Tul Desak				
Atap	250	350	77.86	97.32	22	3	2	135.71	1.44	174.00	113.56
Lantai 12	250	450	144.42	180.52	22	5	3	208.95	1.14	253.04	151.10
Lantai 11	250	450	180.17	225.22	22	6	4	254.25	1.11	297.81	191.33
Lantai 10	250	450	214.26	267.83	22	6	4	299.87	1.10	354.83	225.16
Lantai 9	250	450	245.49	306.86	22	7	4	340.44	1.10	407.43	228.17
Lantai 8	250	450	272.72	340.90	22	8	5	387.40	1.13	461.17	276.99
Lantai 7	250	450	295.63	369.60	22	9	5	429.81	1.16	511.76	276.99
Lantai 6	250	450	314.04	392.55	22	9	5	429.81	1.09	511.76	276.99
Lantai 5	250	450	326.99	408.73	22	10	6	476.52	1.17	565.36	323.85
Lantai 4	250	450	331.83	414.79	22	10	6	476.52	1.14	565.36	323.85
Lantai 3	250	450	319.83	399.85	22	10	6	476.52	1.16	565.36	323.85
Lantai 2	250	450	262.14	327.68	22	8	5	387.40	1.10	461.17	276.99

**ARAH-Y**

	b (m)	h (m)	Mu (kNm)	Mu/σ (kNm)	Jumlah Tulangan			Mn (kNm)	Rasio	M kap <sup>-</sup> (kNm)	M kap <sup>+</sup> (kNm)
					Diameter	Tul Tarik	Tul Desak				
Atap	250	350	47.39	59.23	22	2	2	86.28	1.28	120.35	113.56
Lantai 12	250	350	97.47	121.84	22	4	3	166.43	1.35	207.96	151.10
Lantai 11	250	450	138.27	172.84	22	5	3	208.95	1.18	253.04	151.10
Lantai 10	250	450	175.63	219.61	22	5	3	251.24	1.12	300.56	175.37
Lantai 9	250	450	208.76	260.96	22	6	4	294.17	1.10	354.83	228.17
Lantai 8	250	450	237.21	296.51	22	7	4	340.44	1.13	407.43	228.17
Lantai 7	250	450	261.19	326.49	22	8	5	387.40	1.17	461.17	276.99
Lantai 6	250	450	280.79	350.99	22	8	5	387.40	1.09	461.17	276.99
Lantai 5	250	450	295.98	369.98	22	9	5	429.81	1.14	511.76	276.99
Lantai 4	250	450	306.16	382.70	22	9	5	429.81	1.10	511.76	276.99
Lantai 3	250	450	306.83	383.54	22	9	5	429.81	1.09	511.76	276.99
Lantai 2	250	450	271.62	339.52	22	9	5	429.81	1.16	511.76	276.99

**Perhitungan Sengkang Balok**

**Sengkang Balok arah X**

	Lantai 2	Lantai 3	Lantai 4	Lantai 5	Lantai 6	Lantai 7	Lantai 8	Lantai 9
Mkap +	276.990	323.850	323.850	323.850	276.990	276.990	276.990	228.174
Mkap -	461.170	565.360	565.360	565.360	511.762	511.762	461.170	407.433
fy	300	300	300	300	300	300	300	300
f'c	30	30	30	30	30	30	30	30
b	250	250	250	250	250	250	250	250
h	450	450	450	450	450	450	450	450
d	370	370	370	370	370	370	370	370
K	1	1	1	1	1	1	1	1
Ln	5.38	5.38	5.38	5.38	5.38	5.38	5.38	5.38
Vd	73.756	76.265	78.155	79.830	81.287	82.529	83.565	84.399
Vi	19.822	20.621	21.196	21.704	22.145	22.519	22.831	23.080
Ve	132.532	138.230	132.070	123.280	114.840	105.759	94.531	18.664
Vg	93.578	96.886	99.350	101.534	103.431	105.048	106.395	107.480
Vub	194.300	217.427	220.014	222.307	211.229	212.927	207.758	195.554
Vu min	-2.214	13.966	11.378	9.086	-5.977	-7.675	-15.672	-30.154
Vu max	654.892	682.296	659.010	624.386	590.931	554.488	508.745	191.242
Vu pakai	194.300	217.427	220.014	222.307	211.229	212.927	207.758	191.242
<b>Di Dalam Sendi Plastis</b>								
Vs1	323.833	362.378	366.691	370.512	352.048	354.878	346.264	325.923
Ø	12	12	12	12	12	12	12	12
Jumlah kaki	2	2	2	2	2	2	2	2
Av	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195
S. Tulangan	77.533	69.286	68.471	67.765	71.319	70.750	72.510	77.035
S	70	60	60	60	70	70	70	70
Pakai Tul	<b>P12-70</b>	<b>P12-60</b>	<b>P12-60</b>	<b>P12-60</b>	<b>P12-70</b>	<b>P12-70</b>	<b>P12-70</b>	<b>P12-70</b>
<b>Di Luar Sendi Plastis</b>								
x	0.061	0.325	0.265	0.211	0.148	0.187	0.377	0.733
Vu1	161.426	178.718	181.306	183.598	174.893	176.023	170.382	154.205
Vc	84.441	84.441	84.441	84.441	84.441	84.441	84.441	84.441
Vs2	184.603	213.423	217.735	221.557	207.048	208.931	199.529	172.568
Ø	12	12	12	12	12	12	12	12
Jumlah kaki	2	2	2	2	2	2	2	2
Av	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195
S. Tulangan	136.009	117.643	115.313	113.324	121.265	120.172	125.835	145.494
S	130	110	110	110	120	120	120	140
Pakai Tul	<b>P12-130</b>	<b>P12-110</b>	<b>P12-110</b>	<b>P12-110</b>	<b>P12-120</b>	<b>P12-120</b>	<b>P12-120</b>	<b>P12-140</b>



	Lantai 10	Lantai 11	Lantai 12	Atap
Mkap +	225.156	191.329	151.105	113.559
Mkap -	354.830	297.810	253.043	173.999
$f_y$	300	300	300	300
$f'_c$	30	30	30	30
b	250	250	250	250
h	450	400	400	400
d	370	320	320	340
K	1	1	1	1
Ln	5.38	5.38	5.38	5.38
Vd	85.036	85.493	85.843	43.513
VI	23.269	23.403	23.489	15.221
Ve	19.644	20.267	31.254	15.329
Vg	108.305	108.896	109.331	58.735
Vub	189.183	177.983	167.382	99.086
Vu min	-38.257	-50.698	-62.214	-24.257
Vu max	196.226	199.460	246.064	126.052
Vu pakai	189.183	177.983	167.382	99.086
<b>Di Dalam Sendi Plastis</b>				
Vs1	315.305	296.638	278.971	165.143
$\emptyset$	12	12	12	12
Jumlah kaki	2	2	2	2
Av	226.195	226.195	226.195	226.195
S. Tulangan	79.630	73.203	77.839	139.708
S	70	70	70	130
Pakai Tul	<b>P12-70</b>	<b>P12-70</b>	<b>P12-70</b>	<b>P12-130</b>
<b>Di Luar Sendi Plastis</b>				
x	0.905	1.193	1.458	1.058
Vu1	151.135	143.978	133.242	80.745
Vc	84.441	73.030	73.030	77.594
Vs2	167.452	166.934	149.040	56.981
$\emptyset$	12	12	12	12
Jumlah kaki	2	2	2	2
Av	226.195	226.195	226.195	226.195
S. Tulangan	149.939	130.079	145.697	404.905
S	140	130	140	170
Pakai Tul	<b>P12-140</b>	<b>P12-130</b>	<b>P12-140</b>	<b>P12-170</b>

Perhitungan Sengkang Balok Untuk Dimensi Kolom (410x620)mm

**Perhitungan Sengkang Balok**

**Sengkang Balok arah Y**

	Lantai 2	Lantai 3	Lantai 4	Lantai 5	Lantai 6	Lantai 7	Lantai 8	Lantai 9
Mkap +	276.990	276.990	276.990	276.990	276.990	276.990	228.174	228.174
Mkap -	511.762	511.762	511.762	511.762	461.170	461.170	407.433	354.830
$f_y$	300	300	300	300	300	300	300	300
$f_c$	30	30	30	30	30	30	30	30
b	250	250	250	250	250	250	250	250
h	450	450	450	450	450	450	450	450
d	370	370	370	370	370	370	370	370
K	1	1	1	1	1	1	1	1
Ln	3.59	3.59	3.59	3.59	3.59	3.59	3.59	3.59
Vd	73.756	76.265	78.155	79.830	81.287	82.529	83.565	84.399
Vi	19.822	20.621	21.196	21.704	22.145	22.519	22.831	23.080
Ve	132.532	138.230	132.070	123.280	114.840	105.759	94.531	18.664
Vg	93.578	96.886	99.350	101.534	103.431	105.048	106.395	107.480
Vub	252.053	255.526	258.114	260.407	252.534	254.232	235.650	226.532
Vu min	55.539	52.065	49.478	47.185	35.328	33.630	12.219	0.824
Vu max	654.892	682.296	659.010	624.386	590.931	554.488	508.745	191.242
Vu pakai	252.053	255.526	258.114	260.407	252.534	254.232	235.650	191.242
<b>Di Dalam Sendi Plastis</b>								
Vs1	420.088	425.877	430.190	434.011	420.890	423.720	392.750	377.553
Ø	12	12	12	12	12	12	12	12
Jumlah kaki	3	3	3	3	3	3	3	3
Av	339.292	339.292	339.292	339.292	339.292	339.292	339.292	339.292
S. Tulangan	89.651	88.433	87.546	86.775	89.480	88.883	95.892	99.751
S	80	80	80	80	80	80	90	90
Pakai Tul	<b>P12-80</b>	<b>P12-80</b>	<b>P12-80</b>	<b>P12-80</b>	<b>P12-80</b>	<b>P12-80</b>	<b>P12-90</b>	<b>P12-90</b>
<b>Di Luar Sendi Plastis</b>								
x	0.648	0.608	0.577	0.551	0.441	0.419	0.177	0.015
Vu1	174.941	178.414	181.002	183.295	180.368	182.066	173.510	143.092
Vc	84.441	84.441	84.441	84.441	84.441	84.441	84.441	84.441
Vs2	207.127	212.916	217.229	221.050	216.173	219.003	204.743	154.046
Ø	12	12	12	12	12	12	12	12
Jumlah kaki	2	2	2	2	2	2	2	2
Av	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195
S. Tulangan	121.218	117.922	115.581	113.583	116.146	114.645	122.630	162.988
S	120	110	110	110	110	110	120	160
Pakai Tul	<b>P12-120</b>	<b>P12-110</b>	<b>P12-110</b>	<b>P12-110</b>	<b>P12-110</b>	<b>P12-110</b>	<b>P12-120</b>	<b>P12-160</b>

	Lantai 10	Lantai 11	Lantai 12	Atap
Mkap +	175.373	151.105	151.105	113.559
Mkap -	300.560	253.043	207.963	120.354
$f_y$	300	300	300	300
$f_c$	30	30	30	30
b	250	250	250	250
h	450	400	400	400
d	370	320	320	340
K	1	1	1	1
$L_n$	3.59	3.59	3.59	3.59
Vd	85.036	85.493	85.843	43.513
Vl	23.269	23.403	23.489	15.221
Ve	19.644	20.267	31.254	15.329
Vg	108.305	108.896	109.331	58.735
Vub	206.521	193.144	184.811	107.281
Vu min	-20.920	-35.537	-44.785	-16.061
Vu max	196.226	199.460	246.064	126.052
Vu pakai	196.226	193.144	184.811	107.281
<b>Di Dalam Sendi Plastis</b>				
Vs1	344.201	321.906	308.019	178.802
$\emptyset$	12	12	12	12
Jumlah kaki	3	3	3	2
Av	339.292	339.292	339.292	226.195
S. Tulangan	109.417	101.185	105.747	129.036
S	100	100	100	120
Pakai Tul	<b>P12-100</b>	<b>P12-100</b>	<b>P12-100</b>	<b>P12-120</b>
<b>Di Luar Sendi Plastis</b>				
x	0.346	0.558	0.700	0.467
Vu1	141.788	142.184	133.648	79.795
Vc	84.441	73.030	73.030	77.594
Vs2	151.873	163.944	149.717	55.398
$\emptyset$	12	12	12	12
Jumlah kaki	2	2	2	2
Av	226.195	226.195	226.195	226.195
S. Tulangan	165.320	132.452	145.039	416.474
S	160	130	140	170
Pakai Tul	<b>P12-160</b>	<b>P12-130</b>	<b>P12-140</b>	<b>P12-170</b>

Perhitungan Sengkang Balok Untuk Dimensi Kolom (410x620)mm

**Perhitungan Balok Induk**

**ARAH-X**

	b (m)	h (m)	Mu (kNm)	Mu/ø (kNm)	Jumlah Tulangan			Mn (kNm)	Rasio	M kap <sup>-</sup> (kNm)	M kap <sup>+</sup> (kNm)
					Diameter	Tul Tarik	Tul Desak				
Atap	250	350	77.86	97.32	22	3	2	126.58	1.36	161.93	106.42
Lantai 12	250	450	144.42	180.52	22	5	3	208.95	1.12	253.04	151.10
Lantai 11	250	450	180.17	225.22	22	6	4	254.25	1.09	297.81	191.33
Lantai 10	250	450	214.26	267.83	22	7	4	324.85	1.18	370.38	211.63
Lantai 9	250	450	245.49	306.86	22	7	4	346.13	1.10	407.43	225.16
Lantai 8	250	450	272.72	340.90	22	8	5	387.40	1.11	461.17	276.99
Lantai 7	250	450	295.68	369.60	22	9	5	429.81	1.15	511.76	276.99
Lantai 6	250	450	314.04	392.55	22	9	5	429.81	1.08	511.76	276.99
Lantai 5	250	450	326.99	408.73	22	10	6	476.52	1.15	565.36	323.85
Lantai 4	250	450	331.83	414.79	22	10	6	476.52	1.13	565.36	323.85
Lantai 3	250	450	319.88	399.85	22	10	6	476.52	1.14	565.36	323.85
Lantai 2	250	450	262.14	327.68	22	9	5	416.12	1.14	485.62	268.57

**ARAH-Y**

	b (m)	h (m)	Mu (kNm)	Mu/ø (kNm)	Jumlah Tulangan			Mn (kNm)	Rasio	M kap <sup>-</sup> (kNm)	M kap <sup>+</sup> (kNm)
					Diameter	Tul Tarik	Tul Desak				
Atap	250	350	47.39	59.23	22	3	2	106.62	1.49	133.42	87.59
Lantai 12	250	350	97.47	121.84	22	3	2	152.24	1.23	190.44	122.98
Lantai 11	250	450	138.27	172.84	22	4	3	201.11	1.13	245.98	175.37
Lantai 10	250	450	175.68	219.61	22	5	4	249.97	1.10	300.88	225.16
Lantai 9	250	450	208.76	260.96	22	6	4	299.87	1.11	354.83	225.16
Lantai 8	250	450	237.21	296.51	22	7	4	340.44	1.12	407.43	228.17
Lantai 7	250	450	261.19	326.49	22	8	5	387.40	1.15	461.17	276.99
Lantai 6	250	450	280.79	350.99	22	9	5	429.81	1.19	511.76	276.99
Lantai 5	250	450	295.98	369.98	22	9	5	429.81	1.13	511.76	276.99
Lantai 4	250	450	306.16	382.70	22	9	5	429.81	1.09	511.76	276.99
Lantai 3	250	450	306.83	383.54	22	9	5	429.81	1.08	511.76	276.99
Lantai 2	250	450	271.62	339.52	22	9	5	416.12	1.09	485.62	268.57

**Perhitungan Sengkang Balok**

**Sengkang Balok arah X**

	Lantai 2	Lantai 3	Lantai 4	Lantai 5	Lantai 6	Lantai 7	Lantai 8	Lantai 9
Mkap +	268.565	323.850	323.850	323.850	276.990	276.990	276.990	225.156
Mkap -	485.619	565.360	565.360	565.360	511.762	511.762	461.170	407.433
fy	300	300	300	300	300	300	300	300
f'c	30	30	30	30	30	30	30	30
b	250	250	250	250	250	250	250	250
h	450	450	450	450	450	450	450	450
d	360	370	370	370	370	370	370	370
K	1	1	1	1	1	1	1	1
Ln	5.42	5.42	5.42	5.42	5.42	5.42	5.42	5.42
Vd	74.144	76.522	78.538	80.340	81.901	83.231	84.338	85.230
Vi	19.852	20.638	21.252	21.798	22.270	22.672	23.004	23.271
Ve	134.222	137.681	131.075	122.181	112.578	103.812	92.929	19.000
Vg	93.996	97.161	99.790	102.138	104.171	105.903	107.343	108.501
Vub	196.100	216.861	219.622	222.087	211.248	213.066	208.044	195.626
Vu min	-1.292	12.824	10.064	7.598	-7.511	-9.329	-17.376	-32.227
Vu max	662.428	680.279	655.293	620.407	582.207	547.206	503.012	193.728
Vu pakai	196.100	216.861	219.622	222.087	211.248	213.066	208.044	193.728
<b>Di Dalam Sendi Plastis</b>								
Vs1	326.833	361.435	366.036	370.146	352.080	355.110	346.741	326.043
Ø	12	12	12	12	12	12	12	12
Jumlah kaki	2	2	2	2	2	2	2	2
Av	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195
S. Tulangan	74.745	69.466	68.593	67.832	71.312	70.704	72.410	77.007
S	70	60	60	60	70	70	70	70
Pakai Tul	<b>P12-70</b>	<b>P12-60</b>	<b>P12-60</b>	<b>P12-60</b>	<b>P12-70</b>	<b>P12-70</b>	<b>P12-70</b>	<b>P12-70</b>
<b>Di Luar Sendi Plastis</b>								
x	0.035	0.303	0.237	0.179	0.186	0.227	0.418	0.773
Vu1	163.323	178.722	181.482	183.948	174.923	176.137	170.613	156.208
Vc	82.158	84.441	84.441	84.441	84.441	84.441	84.441	84.441
Vs2	190.046	213.429	218.029	222.139	207.097	209.121	199.914	175.906
Ø	12	12	12	12	12	12	12	12
Jumlah kaki	2	2	2	2	2	2	2	2
Av	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195
S. Tulangan	128.543	117.639	115.157	113.027	121.236	120.063	125.592	142.733
S	120	110	110	110	120	120	120	140
Pakai Tul	<b>P12-120</b>	<b>P12-110</b>	<b>P12-110</b>	<b>P12-110</b>	<b>P12-120</b>	<b>P12-120</b>	<b>P12-120</b>	<b>P12-140</b>

	Lantai 10	Lantai 11	Lantai 12	Atap
Mkap +	211.625	191.329	151.105	106.424
Mkap -	370.378	297.810	253.043	161.930
$f_y$	300	300	300	300
$f_c$	30	30	30	30
b	250	250	250	250
h	450	400	400	400
d	350	320	320	320
K	1	1	1	1
Ln	5.42	5.42	5.42	5.42
Vd	85.910	86.387	86.808	43.911
Vl	23.472	23.613	23.716	15.174
Ve	20.006	20.646	31.235	15.359
Vg	109.383	110.000	110.524	59.085
Vub	190.018	178.673	168.246	96.698
Vu min	-39.685	-52.327	-63.854	-27.381
Vu max	198.877	202.212	247.237	126.546
Vu pakai	190.018	178.673	168.246	96.698
<b>Di Dalam Sendi Plastis</b>				
Vs1	316.697	297.788	280.411	161.163
Ø	12	12	12	12
Jumlah kaki	2	2	2	2
Av	226.195	226.195	226.195	226.195
S. Tulangan	74.994	72.920	77.439	134.738
S	70	70	70	130
Pakai Tul	<b>P12-70</b>	<b>P12-70</b>	<b>P12-70</b>	<b>P12-130</b>
<b>Di Luar Sendi Plastis</b>				
x	0.936	1.228	1.491	1.196
Vu1	151.875	144.577	133.988	78.383
Vc	79.876	73.030	73.030	73.030
Vs2	173.250	167.932	150.284	57.609
Ø	12	12	12	12
Jumlah kaki	2	2	2	2
Av	226.195	226.195	226.195	226.195
S. Tulangan	137.088	129.306	144.491	376.930
S	130	120	140	160
Pakai Tul	<b>P12-130</b>	<b>P12-120</b>	<b>P12-140</b>	<b>P12-160</b>

Perhitungan Sengkang Balok Untuk Dimensi Kolom (390x580)mm

**Perhitungan Sengkang Balok**

**Sengkang Balok arah Y**

	Lantai 2	Lantai 3	Lantai 4	Lantai 5	Lantai 6	Lantai 7	Lantai 8	Lantai 9
Mkap +	268.565	276.990	276.990	276.990	276.990	276.990	228.174	225.156
Mkap -	485.619	511.762	511.762	511.762	511.762	461.170	407.433	354.830
fy	300	300	300	300	300	300	300	300
fc	30	30	30	30	30	30	30	30
b	250	250	250	250	250	250	250	250
h	450	450	450	450	450	450	450	450
d	360	370	370	370	370	370	370	370
K	1	1	1	1	1	1	1	1
Ln	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61
Vd	74.144	76.522	78.538	80.340	81.901	83.231	84.338	85.230
Vl	19.852	20.638	21.252	21.798	22.270	22.672	23.004	23.271
Ve	134.222	137.681	131.075	122.181	112.578	103.812	92.929	19.000
Vg	93.996	97.161	99.790	102.138	104.171	105.903	107.343	108.501
Vub	244.937	254.962	257.723	260.189	262.323	254.331	235.958	226.389
Vu min	47.545	50.925	48.165	45.699	43.564	31.936	10.538	-1.464
Vu max	662.428	680.279	655.293	620.407	582.207	547.206	503.012	193.728
Vu pakai	244.937	254.962	257.723	260.189	262.323	254.331	235.958	193.728
<b>Di Dalam Sendi Plastis</b>								
Vs1	408.228	424.937	429.538	433.648	437.206	423.885	393.263	377.315
Ø	12	12	12	12	12	12	12	12
Jumlah kaki	3	3	3	3	3	3	3	3
Av	339.292	339.292	339.292	339.292	339.292	339.292	339.292	339.292
S. Tulangan	89.762	88.628	87.679	86.848	86.141	88.848	95.766	99.814
S	80	80	80	80	80	80	90	90
Pakai Tul	<b>P12-80</b>	<b>P12-80</b>	<b>P12-80</b>	<b>P12-80</b>	<b>P12-80</b>	<b>P12-80</b>	<b>P12-90</b>	<b>P12-90</b>
<b>Di Luar Sendi Plastis</b>								
x	0.587	0.601	0.568	0.539	0.514	0.403	0.154	0.027
Vu1	172.019	178.702	181.463	183.928	186.063	182.963	174.505	145.065
Vc	82.158	84.441	84.441	84.441	84.441	84.441	84.441	84.441
Vs2	204.540	213.397	217.997	222.107	225.665	220.497	206.401	157.335
Ø	12	12	12	12	12	12	12	12
Jumlah kaki	2	2	2	2	2	2	2	2
Av	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195
S. Tulangan	119.434	117.657	115.174	113.043	111.261	113.868	121.645	159.580
S	110	110	110	110	110	110	120	150
Pakai Tul	<b>P12-110</b>	<b>P12-110</b>	<b>P12-110</b>	<b>P12-110</b>	<b>P12-110</b>	<b>P12-110</b>	<b>P12-120</b>	<b>P12-150</b>

	Lantai 10	Lantai 11	Lantai 12	Atap
Mkap +	225.156	175.373	122.982	87.591
Mkap -	300.876	245.977	190.439	133.420
fy	300	300	300	300
fc	30	30	30	30
b	250	250	250	250
h	450	450	450	350
d	370	370	370	270
K	1	1	1	1
Ln	3.61	3.61	3.61	3.61
Vd	85.910	86.387	86.808	43.911
VI	23.472	23.613	23.716	15.174
Ve	20.006	20.646	31.235	15.359
Vg	109.383	110.000	110.524	59.085
Vub	216.852	197.202	176.824	104.895
Vu min	-12.851	-33.798	-55.276	-19.184
Vu max	198.877	202.212	247.237	126.546
Vu pakai	198.877	197.202	176.824	104.895
<b>Di Dalam Sendi Plastis</b>				
Vs1	361.420	328.670	294.707	174.824
Ø	12	12	12	12
Jumlah kaki	3	3	3	2
Av	339.292	339.292	339.292	226.195
S. Tulangan	104.204	114.587	127.793	104.801
S	100	110	120	100
Pakai Tul	<b>P12-100</b>	<b>P12-110</b>	<b>P12-120</b>	<b>P12-100</b>
<b>Di Luar Sendi Plastis</b>				
x	0.219	0.528	0.860	0.558
Vu1	146.091	139.612	118.960	80.835
Vc	84.441	84.441	84.441	61.619
Vs2	159.045	148.246	113.826	73.106
Ø	12	12	12	12
Jumlah kaki	2	2	2	2
Av	226.195	226.195	226.195	226.195
S. Tulangan	157.865	169.364	220.579	250.619
S	150	160	185	135
Pakai Tul	<b>P12-150</b>	<b>P12-160</b>	<b>P12-185</b>	<b>P12-135</b>

Perhitungan Sengkang Balok Untuk Dimensi Kolom (390x580)mm



Perencanaan Kolom

LAMPIRAN 4

**Perhitungan Momen Rencana Kolom**

	Lantai 1	Lantai 2	Lantai 3	Lantai 4	Lantai 5	Lantai 6	Lantai 7	Lantai 8
Mkap + x		221.31	276.99	323.85	323.85	276.99	276.99	276.99
Mkap - x		436.06	511.76	565.36	565.36	511.76	511.76	461.17
Mkap + y		276.99	276.99	276.99	276.99	276.99	276.99	228.17
Mkap - y		478.79	532.55	532.55	532.55	478.79	478.79	420.98
b kolom	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
h kolom	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
b balok		0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
h balok		0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
ha	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
hb	0	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
P. Bentang x	6	6	6	6	6	6	6	6
P. Bentang y	4	4	4	4	4	4	4	4
Ka	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222
Kb	0	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222
αa	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
αb	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
hn	4.5	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05
In x	5.25	5.25	5.25	5.25	5.25	5.25	5.25	5.25
In y	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Muk ax	0	307.65	369.14	416.15	416.15	369.14	369.14	345.46
Muk ay	0	353.71	378.86	378.86	378.86	353.71	353.71	303.80
Md x	1.585	1.310	5.592	7.143	9.195	10.856	12.291	13.484
MI x	0.465	0.426	1.668	2.135	2.737	3.224	3.643	3.990
Me x	457.915	335.117	284.434	256.513	232.353	206.703	177.808	145.220
K	1	1	1	1	1	1	1	1
Mmak x	457.91	1409.31	1202.25	1087.09	988.41	882.93	763.52	628.27
Mu ax pakai	457.91	307.65	369.14	416.15	416.15	369.14	369.14	345.46
Mu ay pakai	457.91	234.96	378.86	378.86	378.86	353.71	353.71	303.80
Muk bx	0	307.65	369.14	416.15	416.15	369.14	369.14	345.46
Muk by	0	353.71	378.86	378.86	378.86	353.71	353.71	303.80
Md y	0	1.919	2.833	6.029	7.945	9.809	11.396	12.742
MI y	0	0.574	0.869	1.803	2.370	2.917	3.382	3.774
Me y	0	55.320	216.908	262.625	270.329	263.338	249.027	229.611
K	1	1	1	1	1	1	1	1
Mmak y	0	234.96	914.90	1111.25	1146.21	1119.38	1061.43	981.71
Mu bx pakai	0	307.65	369.14	416.15	416.15	369.14	369.14	345.46
Mu by pakai	0	234.96	378.86	378.86	378.86	353.71	353.71	303.80
Muk Pakal	704.48	581.75	753.24	815.09	815.09	731.15	731.15	671.69

Perhitungan MuK Untuk Dimensi Kolom (500x750)mm

	Lantai 9	Lantai 10	Lantai 11	Lantai 12	Atap
Mkap + x	225.16	221.77	191.33	151.10	113.56
Mkap - x	407.43	346.99	297.81	253.04	174.00
Mkap + y	228.17	177.34	124.87	88.59	88.59
Mkap - y	365.29	307.32	249.22	173.27	93.74
b kolom	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
h kolom	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
b balok	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
h balok	0.45	0.45	0.35	0.35	0.35
ha	4.5	4.5	4.5	4.5	0
hb	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
P. Bentang x	6	6	6	6	6
P. Bentang y	4	4	4	4	4
Ka	0.222	0.222	0.222	0.222	0
Kb	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222
$\alpha a$	0.5	0.5	0.5	0.5	
$\alpha b$	0.5	0.5	0.5	0.5	1
hn	4.05	4.05	4.15	4.15	-0.35
In x	5.25	5.25	5.25	5.25	5.25
In y	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Muk ax	296.05	266.18	234.57	193.81	0
Muk ay	277.74	226.82	179.40	125.58	0
Md x	14.424	15.190	15.655	16.440	
MI x	4.260	4.487	4.571	4.912	
Me x	108.936	69.729	29.570	2.259	
K	1	1	1	1	1
Mmak x	477.15	313.52	145.43	31.91	0
Mu ax pakai	296.05	266.18	145.43	31.91	0
Mu ay pakai	277.74	226.82	179.40	125.58	0
Muk bx	296.05	266.18	234.57	193.81	-23.26
Muk by	277.74	226.82	179.40	125.58	-14.75
Md y	13.858	14.687	15.393	15.375	25.108
MI y	4.098	4.331	4.565	4.441	7.489
Me y	205.755	177.383	144.281	103.326	50.268
K	1	1	1	1	1
Mmak y	883.02	764.98	626.94	454.78	245.35
Mu bx pakai	296.05	266.18	145.43	31.91	23.26
Mu by pakai	277.74	226.82	179.40	125.58	-14.75
Muk Pakai	583.65	514.20	343.12	207.92	0

Perhitungan MuK Untuk Dimensi Kolom (500x750)mm

**Perhitungan Gaya Aksial Rencana Kolom**

	Lantai 1	Lantai 2	Lantai 3	Lantai 4	Lantai 5	Lantai 6	Lantai 7	Lantai 8	Lantai 9	Lantai 10	Lantai 11	Lantai 12	Atap
<b>Pd</b>	3080.206	2795.885	2516.823	2241.650	1969.877	1700.971	1434.454	1169.881	906.838	644.927	383.789	123.182	0
<b>Pl</b>	611.758	552.607	495.147	438.975	383.917	329.794	276.446	223.723	171.485	119.599	67.942	16.433	0
<b>Pe</b>	112.312	122.675	127.838	128.475	124.900	117.743	107.549	94.733	79.597	62.255	42.943	19.957	0
<b>K</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Pg</b>	3691.96	3348.49	3011.97	2680.62	2353.79	2030.77	1710.90	1393.60	1078.32	764.53	451.73	139.61	0
<b>lx</b>	6	6	6	6	6	3	6	6	6	6	6	6	6
<b>ly</b>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
<b>Σ Mx</b>	0	657.37	788.75	889.21	889.21	788.75	788.75	738.16	632.59	568.76	489.14	404.15	287.56
<b>Σ My</b>	0	755.78	809.54	809.54	809.54	755.73	755.78	649.15	593.46	484.66	374.09	261.86	182.33
<b>Pux</b>	3876.56	3592.61	3254.59	2918.40	2575.22	2224.32	1888.47	1549.40	1206.04	869.11	531.38	193.75	33.55
<b>Puy</b>	3876.56	3648.18	3304.24	2956.33	2613.15	2264.57	1928.71	1576.89	1236.10	887.57	539.78	192.42	31.91
<b>Pu</b>	3876.56	3648.18	3304.24	2956.33	2613.15	2264.57	1928.71	1576.89	1236.10	887.57	539.78	193.75	33.55
<b>Pu max</b>	4348.27	4031.15	3699.49	3354.25	2996.06	2626.84	2248.15	1861.16	1466.54	1064.22	654.68	230.41	0
<b>Pu Pakai</b>	3876.56	3648.18	3304.24	2956.33	2613.15	2264.57	1928.71	1576.89	1236.10	887.57	539.78	193.75	0
<b>Pn</b>	5963.94	5612.58	5083.44	4548.19	4020.23	3483.95	2967.24	2425.98	1901.68	1365.49	830.44	298.07	0

Perhitungan PuK Untuk Dimensi Kolom (500x750)mm

**Perhitungan Sengkang Kolom**

Kolom	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
fy	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
fc'	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
b	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
d	690	690	690	690	690	690	690	690	690	690	690	690
h	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750
hn	4.5	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05
Vd	12.864	20.908	21.077	22.087	22.915	23.642	24.253	24.757	25.163	25.361	26.036	26.995
VI	19.885	20.410	20.466	20.932	5.894	5.948	6.235	20.932	21.228	21.337	21.692	21.840
Ve	114.882	123.471	122.688	118.631	112.202	103.733	93.341	81.057	66.858	50.813	32.502	18.430
Vuk maks	516.889	561.963	558.911	543.420	501.499	466.745	424.046	388.414	329.512	262.447	186.625	128.683
Vuk	285.830	329.627	387.242	402.514	381.788	361.062	346.381	309.962	271.074	211.682	136.058	51.338
Vuk pakai	285.830	329.627	387.242	402.514	381.788	361.062	346.381	309.962	271.074	211.682	136.058	51.338
<b>Didalam Sendi Plastis</b>												
Vs	476.384	549.379	645.403	670.857	636.314	601.770	577.302	516.603	451.790	352.803	226.763	85.564
Ø	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Jumlah kaki	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
A1Ø	113.097	113.097	113.097	113.097	113.097	113.097	113.097	113.097	113.097	113.097	113.097	113.097
S. Tulangan	131.049	113.637	96.730	93.060	98.112	103.743	108.141	120.847	138.183	172.500	172.500	172.500
S	130	110	90	90	90	100	100	120	130	170	170	170
Pakai Tul	<b>P12-130</b>	<b>P12-110</b>	<b>P12-90</b>	<b>P12-90</b>	<b>P12-90</b>	<b>P12-100</b>	<b>P12-100</b>	<b>P12-120</b>	<b>P12-130</b>	<b>P12-170</b>	<b>P12-170</b>	<b>P12-170</b>
<b>Diluar Sendi Plastis</b>												
Vc	257.440	257.423	257.397	257.371	257.345	257.318	257.293	257.267	257.241	257.215	257.188	257.162
Vs	218.944	291.956	388.006	413.486	378.969	344.452	320.009	259.336	194.549	95.588	-30.425	-171.599
Cek	Perlu Tul	Perlu Tul	Perlu Tul	Perlu Tul	Perlu Tul	Perlu Tul	Perlu Tul	Perlu Tul	Perlu Tul	Perlu Tul	Tdk Perlu	Tdk Perlu
Ø	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Jumlah kaki	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2
Av	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195	339.292	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195
S. Tulangan	285.140	213.833	160.899	150.984	164.736	271.866	195.088	240.729	320.895	345.000	345.000	345.000
S	280	210	160	150	160	270	190	240	320	340	340	340
Pakai Tul	<b>P12-280</b>	<b>P12-210</b>	<b>P12-160</b>	<b>P12-150</b>	<b>P12-160</b>	<b>P12-270</b>	<b>P12-190</b>	<b>P12-240</b>	<b>P12-320</b>	<b>P12-340</b>	<b>P12-340</b>	<b>P12-340</b>

**Perhitungan Momen Rencana Kolom**

	Lantai 1	Lantai 2	Lantai 3	Lantai 4	Lantai 5	Lantai 6	Lantai 7	Lantai 8
Mkap + x		268.57	323.85	323.85	323.85	323.85	276.99	276.99
Mkap - x		438.45	514.93	565.36	514.93	514.93	511.76	461.17
Mkap + y		268.57	268.57	268.57	268.57	268.57	221.31	221.31
Mkap - y		485.62	485.62	485.62	485.62	485.62	436.06	388.54
b kolom	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44
h kolom	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66
b balok		0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
h balok		0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
ha	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
hb	0	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
P. Bentang x	6	6	6	6	6	6	6	6
P. Bentang y	4	4	4	4	4	4	4	4
Ka	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222
Kb	0	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222
αa	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
αb	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
hn	4.5	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05
ln x	5.34	5.34	5.34	5.34	5.34	5.34	5.34	5.34
ln y	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56
Muk ax	0	325.31	385.94	409.14	385.94	385.94	362.91	339.64
Muk ay	0	347.01	347.01	347.01	347.01	347.01	302.47	280.60
Md x	1.355	1.656	6.092	8.013	10.322	12.205	13.832	15.183
MI x	0.402	0.531	1.818	2.393	3.069	3.620	4.093	4.485
Me x	396.607	302.945	265.934	244.994	224.690	201.875	175.542	145.480
K	1	1	1	1	1	1	1	1
Mmak x	396.61	1274.67	1125.23	1039.90	957.76	864.49	756.10	631.67
Mu ax pakai	396.61	325.31	385.94	409.14	385.94	385.94	362.91	339.64
Mu ay pakai	396.61	347.01	347.01	347.01	347.01	347.01	302.47	280.60
Muk bx	0	325.31	385.94	409.14	385.94	385.94	362.91	339.64
Muk by	0	347.01	347.01	347.01	347.01	347.01	302.47	280.60
Md y	0	1.711	3.255	6.697	8.896	11.015	12.814	14.339
MI y	0	0.520	0.996	2.001	2.651	3.272	3.797	4.240
Me y	0	95.090	227.197	256.565	257.205	247.265	231.741	211.876
K	1	1	1	1	1	1	1	1
Mmak y	0	401.72	958.69	1086.71	1092.39	1053.51	990.75	909.39
Mu bx pakai	0	325.31	385.94	409.14	385.94	385.94	362.91	339.64
Mu by pakai	0	347.01	347.01	347.01	347.01	347.01	302.47	280.60
Muk Pakai	610.16	684.00	753.90	789.60	753.90	753.90	697.93	652.03

Perhitungan MuK Untuk Dimensi Kolom (440x660)mm

	Lantai 9	Lantai 10	Lantai 11	Lantai 12	Atap
Mkap + x	228.17	228.17	175.37	177.34	92.15
Mkap - x	407.43	354.83	300.56	245.98	139.18
Mkap + y	218.39	177.34	177.34	124.87	88.59
Mkap - y	339.33	300.56	245.98	169.95	95.94
b kolom	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44
h kolom	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66
b balok	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
h balok	0.45	0.45	0.45	0.35	0.35
ha	4.5	4.5	4.5	4.5	0
hb	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
P. Bentang x	6	6	6	6	6
P. Bentang y	4	4	4	4	4
Ka	0.222	0.222	0.222	0.222	0
Kb	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222
$\alpha a$	0.5	0.5	0.5	0.5	
$\alpha b$	0.5	0.5	0.5	0.5	1
hn	4.05	4.05	4.05	4.15	-0.35
In x	5.34	5.34	5.34	5.34	5.34
In y	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56
Muk ax	292.45	268.25	218.98	199.58	0
Muk ay	256.61	219.89	194.77	139.00	0
Md x	16.251	17.099	17.569	19.016	
MI x	4.791	5.041	5.130	5.646	
Me x	111.679	74.584	35.471	1.889	
K	1	1	1	1	1
Mmak x	491.14	336.50	172.81	33.83	0
Mu ax pakai	292.45	268.25	172.81	33.83	0
Mu ay pakai	256.61	219.89	194.77	139.00	0
Muk bx	292.45	268.25	218.98	199.58	-18.40
Muk by	256.61	219.89	194.77	139.00	-14.67
Md y	15.600	16.554	17.364	17.100	27.354
MI y	4.606	4.874	5.132	4.950	8.139
Me y	187.993	160.008	127.828	89.184	40.326
K	1	1	1	1	1
Mmak y	810.79	894.53	580.50	397.73	206.64
Mu bx pakai	292.45	268.25	172.81	33.83	-18.40
Mu by pakai	256.61	219.89	194.77	139.00	-14.67
Muk Pakai	568.36	514.18	379.41	229.46	0

Perhitungan MuK Untuk Dimensi Kolom (440x660)mm

**Perhitungan Gaya Aksial Rencana Kolom**

	Lantai 1	Lantai 2	Lantai 3	Lantai 4	Lantai 5	Lantai 6	Lantai 7	Lantai 8	Lantai 9	Lantai 10	Lantai 11	Lantai 12	Atap
<b>Pd</b>	2990.437	2711.877	2439.336	2171.074	1906.564	1645.192	1386.424	1129.765	874.755	620.962	367.973	115.629	0
<b>Pl</b>	607.366	548.076	490.700	434.733	379.985	326.253	273.358	221.134	169.428	118.096	66.998	16.078	0
<b>Pe</b>	91.969	108.104	117.559	121.828	121.247	116.524	108.217	96.753	82.405	65.238	45.409	21.009	0
<b>K</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Pg</b>	3597.80	3259.95	2930.04	2605.81	2286.55	1971.45	1659.78	1350.90	1044.18	739.06	434.97	131.71	0
<b>lx</b>	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
<b>ly</b>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
<b>Σ Mx</b>	0	707.02	838.78	889.21	838.78	838.78	788.75	738.16	635.61	583.00	475.93	423.32	231.33
<b>Σ My</b>	0	754.18	754.18	754.18	754.18	754.18	657.37	609.85	557.72	477.90	423.32	294.82	184.53
<b>Pux</b>	3777.69	3505.44	3174.40	2839.84	2498.73	2167.88	1834.79	1504.56	1170.55	844.03	512.25	187.68	26.99
<b>Puy</b>	3777.69	3554.93	3208.52	2868.08	2532.86	2202.00	1857.81	1525.17	1193.99	859.64	530.80	189.89	32.29
<b>Pu</b>	3777.69	3554.93	3208.52	2868.08	2532.86	2202.00	1857.81	1525.17	1193.99	859.64	530.80	189.89	32.29
<b>Pu max</b>	4163.96	3876.99	3570.29	3247.77	2910.11	2559.42	2197.28	1824.81	1442.49	1050.01	647.44	226.53	0
<b>Pu Pakai</b>	3777.69	3554.93	3208.52	2868.08	2532.86	2202.00	1857.81	1525.17	1193.99	859.64	530.80	189.89	0
<b>Pn</b>	5811.84	5469.13	4936.19	4412.43	3896.71	3387.69	2858.17	2346.41	1836.91	1322.53	816.62	292.13	0



**Perhitungan Sengkang Kolom**

Kolom	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
fy	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
fc'	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
b	440	440	440	440	440	440	440	440	440	440	440	440
d	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
h	660	660	660	660	660	660	660	660	660	660	660	660
hn	4.5	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05
Vd	12.510	20.955	21.143	22.341	23.282	24.110	24.806	25.379	25.841	26.095	26.604	28.055
VI	19.886	20.500	20.568	21.098	5.900	5.964	6.298	21.098	21.429	21.563	21.967	22.123
Ve	109.992	118.514	117.009	113.019	106.866	98.814	88.942	77.262	63.744	48.451	30.996	17.412
Vuk maks	495.982	541.287	535.236	520.289	479.480	446.597	406.216	373.301	317.360	253.534	181.183	125.817
Vuk	287.593	355.039	381.112	381.112	372.298	358.478	333.322	301.330	267.293	220.639	150.338	56.656
Vuk pakai	287.593	355.039	381.112	381.112	372.298	358.478	333.322	301.330	267.293	220.639	150.338	56.656
<b>Didalam Sendi Plastis</b>												
Vs	479.321	591.731	635.186	635.186	620.497	597.463	555.537	502.217	445.488	367.731	250.563	94.426
Ø	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Jumlah kaki	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
A1Ø	113.097	113.097	113.097	113.097	113.097	113.097	113.097	113.097	113.097	113.097	113.097	113.097
S. Tulangan	113.258	91.742	85.466	85.466	87.489	90.862	97.719	108.094	121.859	147.626	150.000	150.000
S	110	90	80	80	80	90	90	100	120	140	150	150
Pakai Tul	P12-110	P12-90	P12-80	P12-80	P12-80	P12-90	P12-90	P12-100	P12-120	P12-140	P12-150	P12-150
<b>Diluar Sendi Plastis</b>												
Vc	197.055	197.039	197.013	196.988	196.963	196.938	196.912	196.888	196.863	196.838	196.814	196.788
Vs	282.266	394.693	438.174	438.199	423.535	400.525	358.625	305.329	248.626	170.893	53.750	-102.362
Cek	Perlu Tul	Perlu Tul	Perlu Tul	Perlu Tul	Perlu Tul	Perlu Tul	Perlu Tul	Perlu Tul	Perlu Tul	Perlu Tul	Perlu Tul	Tdk Perlu
Ø	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Jumlah kaki	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2
Av	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195	339.292	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195
S. Tulangan	192.325	137.542	123.893	123.886	128.175	203.309	151.375	177.797	218.347	300.000	300.000	300.000
S	190	130	120	120	120	200	150	170	210	300	300	300
Pakai Tul	P12-190	P12-130	P12-120	P12-120	P12-120	P12-200	P12-150	P12-170	P12-210	P12-300	P12-300	P12-300

**Perhitungan Momen Rencana Kolom**

	Lantai 1	Lantai 2	Lantai 3	Lantai 4	Lantai 5	Lantai 6	Lantai 7	Lantai 8
Mkap + x		276.99	323.85	323.85	323.85	276.99	276.99	276.99
Mkap - x		461.17	565.36	565.36	565.36	511.76	511.76	461.17
Mkap + y		276.99	276.99	276.99	276.99	276.99	276.99	228.17
Mkap - y		511.76	511.76	511.76	511.76	461.17	461.17	407.43
b kolom	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
h kolom	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62
b balok		0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
h balok		0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
ha	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
hb	0	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
P. Bentang x	6	6	6	6	6	6	6	6
P. Bentang y	4	4	4	4	4	4	4	4
Ka	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222
Kb	0	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222
αa	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
αb	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
hn	4.5	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05
In x	5.38	5.38	5.38	5.38	5.38	5.38	5.38	5.38
In y	3.59	3.59	3.59	3.59	3.59	3.59	3.59	3.59
Muk ax	0	337.11	406.09	406.09	406.09	360.22	360.22	337.11
Muk ay	0	359.88	359.88	359.88	359.88	336.80	336.80	290.01
Md x	1.144	1.805	6.335	8.519	10.996	13.031	14.787	16.243
MI x	0.343	0.578	1.893	2.543	3.267	3.861	4.372	4.793
Me x	361.492	287.388	258.276	241.003	222.575	201.156	176.101	147.327
K	1	1	1	1	1	1	1	1
Mmak x	361.49	1209.53	1093.40	1023.83	949.79	862.59	759.74	640.86
Mu ax pakai	361.49	337.11	406.09	406.09	406.09	360.22	360.22	337.11
Mu ay pakai	361.49	359.88	359.88	359.88	359.88	336.80	336.80	290.01
Muk bx	0	337.11	406.09	406.09	406.09	360.22	360.22	337.11
Muk by	0	359.88	359.88	359.88	359.88	336.80	336.80	290.01
Md y	0	1.474	3.461	7.052	9.452	11.741	13.683	15.331
MI y	0	0.455	1.059	2.108	2.816	3.485	4.051	4.529
Me y	0	122.705	235.228	254.504	251.276	239.807	223.609	203.383
K	1	1	1	1	1	1	1	1
Mmak y	0	517.39	992.70	1078.53	1068.24	1023.17	957.78	875.06
Mu bx pakai	0	337.11	406.09	406.09	406.09	360.22	360.22	337.11
Mu by pakai	0	359.88	359.88	359.88	359.88	336.80	336.80	290.01
Muk Pakai	556.14	709.25	790.86	790.86	790.86	709.62	709.62	652.48

	Lantai 9	Lantai 10	Lantai 11	Lantai 12	Atap
Mkap + x	228.17	225.16	191.33	151.10	113.56
Mkap - x	407.43	354.83	297.81	253.04	174.00
Mkap + y	228.17	175.37	151.10	151.10	113.56
Mkap - y	354.83	300.56	253.04	207.96	120.35
b kolom	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
h kolom	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62
b balok	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
h balok	0.45	0.45	0.4	0.4	0.4
ha	4.5	4.5	4.5	4.5	0
hb	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
P. Bentang x	6	6	6	6	6
P. Bentang y	4	4	4	4	4
Ka	0.222	0.222	0.222	0.222	0
Kb	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222
aa	0.5	0.5	0.5	0.5	
ab	0.5	0.5	0.5	0.5	1
hn	4.05	4.05	4.1	4.1	-0.4
In x	5.38	5.38	5.38	5.38	5.38
In y	3.59	3.59	3.59	3.59	3.59
Muk ax	290.28	264.87	226.14	186.85	0
Muk ay	266.01	217.15	186.68	165.85	0
Md x	17.399	18.306	18.768	20.641	
MI x	5.123	5.389	5.479	6.107	
Me x	114.805	78.795	40.128	5.147	
K	1	1	1	1	1
Mmak x	505.83	355.82	194.00	49.70	0
Mu ax pakai	290.28	264.87	194.00	49.70	0
Mu ay pakai	266.01	217.15	186.68	165.85	0
Muk bx	290.28	264.87	226.14	186.85	-25.94
Muk by	266.01	217.15	186.68	165.85	-21.08
Md y	16.689	17.726	18.605	18.251	28.370
MI y	4.922	5.214	5.487	5.289	8.431
Me y	179.304	151.294	119.324	81.638	35.157
K	1	1	1	1	1
Mmak y	775.77	659.52	526.46	367.60	186.30
Mu bx pakai	290.28	264.87	194.00	49.70	-25.94
Mu by pakai	266.01	217.15	186.68	165.85	-21.08
Muk Pakai	569.35	507.72	384.61	278.10	0

Perhitungan MuK Untuk Dimensi Kolom (410x620)mm

**Perhitungan Gaya Aksial Rencana Kolom**

	Lantai 1	Lantai 2	Lantai 3	Lantai 4	Lantai 5	Lantai 6	Lantai 7	Lantai 8	Lantai 9	Lantai 10	Lantai 11	Lantai 12	Atap
<b>Pd</b>	2935.964	2660.667	2391.969	2127.841	1867.722	1610.939	1356.913	1105.110	855.042	606.247	358.278	111.019	0
<b>PI</b>	604.646	545.212	487.862	432.008	377.451	323.967	271.363	219.463	168.103	117.130	66.396	15.853	0
<b>Pe</b>	77.639	98.395	111.267	118.364	120.063	117.132	110.157	99.570	85.630	68.367	47.872	22.106	0
<b>K</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Pg</b>	3540.61	3205.88	2879.83	2559.85	2245.17	1934.91	1628.28	1324.57	1023.14	723.38	424.67	126.87	0
<b>Ix</b>	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
<b>Iy</b>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
<b>Σ Mx</b>	0	738.16	889.21	889.21	889.21	788.75	788.75	738.16	635.61	579.99	489.14	404.15	287.56
<b>Σ My</b>	0	788.75	788.75	788.75	788.75	738.16	738.16	635.61	583.00	475.93	404.15	359.07	233.91
<b>Pux</b>	3717.64	3452.29	3127.56	2791.58	2461.17	2123.67	1801.71	1476.92	1148.46	827.21	502.97	180.37	33.55
<b>Puy</b>	3717.64	3504.21	3161.85	2825.87	2495.46	2160.83	1838.87	1502.03	1176.33	842.83	516.63	196.05	40.93
<b>Pu</b>	3717.64	3504.21	3161.85	2825.87	2495.46	2160.83	1838.87	1502.03	1176.33	842.83	516.63	196.05	40.93
<b>Pu max</b>	4043.72	3779.43	3491.14	3184.97	2861.70	2523.61	2172.35	1808.99	1433.95	1046.69	646.97	226.06	0
<b>Pu Pakai</b>	3717.64	3504.21	3161.85	2825.87	2495.46	2160.83	1838.87	1502.03	1176.33	842.83	516.63	196.05	0
<b>Pn</b>	5719.45	5391.08	4864.39	4347.53	3839.17	3324.35	2829.03	2310.82	1809.73	1296.67	794.82	301.62	0

**Perhitungan Sengkang Kolom**

Kolom	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
fy	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
fc'	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
b	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410
d	560	560	560	560	560	560	560	560	560	560	560	560
h	620	620	620	620	620	620	620	620	620	620	620	620
hn	4.5	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05
Vd	12.171	20.868	21.089	22.422	23.444	24.346	25.104	25.726	26.226	26.530	26.918	28.626
VI	19.858	20.543	20.621	21.196	5.868	5.943	6.312	21.196	21.552	21.704	22.145	22.305
Ve	108.259	116.780	114.609	110.648	104.642	96.806	87.189	75.802	62.614	47.676	30.619	17.155
Vuk maks	488.316	533.956	525.154	510.518	470.276	438.391	399.180	367.635	313.147	250.885	180.113	125.531
Vuk	281.199	370.399	390.548	390.548	370.490	350.432	336.323	301.687	265.944	220.330	163.632	68.666
Vuk pakai	281.199	370.399	390.548	390.548	370.490	350.432	336.323	301.687	265.944	220.330	163.632	68.666
<b>Didalam Sendi Plastis</b>												
Vs	468.665	617.331	650.914	650.914	617.484	584.053	560.538	502.812	443.241	367.217	272.721	114.444
Ø	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Jumlah kaki	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
A1Ø	113.097	113.097	113.097	113.097	113.097	113.097	113.097	113.097	113.097	113.097	113.097	113.097
S. Tulangan	108.110	82.075	77.841	77.841	82.055	86.752	90.391	100.768	114.312	137.977	140.000	140.000
S	100	80	70	70	80	80	90	100	110	130	140	140
Pakai Tul	P12-100	P12-80	P12-70	P12-70	P12-80	P12-80	P12-90	P12-100	P12-110	P12-130	P12-140	P12-140
<b>Diluar Sendi Plastis</b>												
Vc	171.409	171.393	171.368	171.343	171.318	171.294	171.270	171.245	171.221	171.196	171.172	171.148
Vs	297.256	445.938	479.546	479.57	446.165	412.760	389.268	331.567	272.020	196.021	101.549	-56.704
Cek	Perlu Tul	Perlu Tul	Perlu Tul	Perlu Tul	Perlu Tul	Perlu Tul	Perlu Tul	Perlu Tul	Perlu Tul	Perlu Tul	Perlu Tul	Tdk Perlu
Ø	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Jumlah kaki	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2
Av	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195	339.292	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195
S. Tulangan	170.451	113.620	105.657	105.652	113.562	184.130	130.161	152.812	186.264	258.481	280.000	280.000
S	170	110	100	100	110	180	130	150	180	250	280	280
Pakai Tul	P12-170	P12-110	P12-100	P12-100	P12-110	P12-180	P12-130	P12-150	P12-180	P12-250	P12-280	P12-280

Perhitungan Sengkang Kolom Untuk Dimensi Kolom (410x620)mm

**Perhitungan Momen Rencana Kolom**

	Lantai 1	Lantai 2	Lantai 3	Lantai 4	Lantai 5	Lantai 6	Lantai 7	Lantai 8
Mkap + x		268.57	323.85	323.85	323.85	276.99	276.99	276.99
Mkap - x		485.62	565.36	565.36	565.36	511.76	511.76	461.17
Mkap + y		268.57	276.99	276.99	276.99	276.99	276.99	228.17
Mkap - y		485.62	511.76	511.76	511.76	511.76	461.17	407.43
b kolom	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
h kolom	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58
b balok		0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
h balok		0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
ha	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
hb	0	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
P. Bentang x	6	6	6	6	6	6	6	6
P. Bentang y	4	4	4	4	4	4	4	4
Ka	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222
Kb	0	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222
aa	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
ab	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
hn	4.5	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05
ln x	5.42	5.42	5.42	5.42	5.42	5.42	5.42	5.42
ln y	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61
Muk ax	0	341.89	403.10	403.10	403.10	357.56	357.56	334.62
Muk ay	0	342.20	357.89	357.89	357.89	357.89	334.93	288.40
Md x	0.933	1.836	6.432	8.830	11.432	13.586	15.442	16.980
MI x	0.284	0.590	1.924	2.635	3.395	4.023	4.562	5.006
Me x	334.078	276.350	252.884	238.031	220.841	200.414	176.326	148.549
K	1	1	1	1	1	1	1	1
Mmak x	334.08	1163.22	1070.89	1011.77	943.10	860.23	761.57	646.99
Mu ax pakai	334.08	341.89	403.10	403.10	403.10	357.56	357.56	334.62
Mu ay pakai	334.08	342.20	357.89	357.89	357.89	357.89	334.93	288.40
Muk bx	0	341.89	403.10	403.10	403.10	357.56	357.56	334.62
Muk by	0	342.20	357.89	357.89	357.89	357.89	334.93	288.40
Md y	0	1.205	3.539	7.235	9.798	12.216	14.271	16.013
MI y	0	0.382	1.084	2.164	2.918	3.624	4.222	4.727
Me y	0	144.466	240.302	252.038	246.326	233.970	217.402	196.989
K	1	1	1	1	1	1	1	1
Mmak y	0	608.42	1014.12	1068.43	1047.92	999.31	932.51	849.13
Mu bx pakai	0	341.89	403.10	403.10	403.10	357.56	357.56	334.62
Mu by pakai	0	342.20	357.89	357.89	357.89	357.89	334.93	288.40
Muk Pakai	513.97	684.26	785.33	785.33	785.33	715.62	704.67	647.91

Perhitungan MuK Untuk Dimensi Kolom (390x580)mm

	Lantai 9	Lantai 10	Lantai 11	Lantai 12	Atap
Mkap + x	225.16	211.63	191.33	151.10	106.42
Mkap - x	407.43	370.38	297.81	253.04	161.93
Mkap + y	225.16	225.16	175.37	122.98	87.59
Mkap - y	354.83	300.88	245.98	190.44	133.42
b kolom	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
h kolom	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58
b balok	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
h balok	0.45	0.45	0.45	0.45	0.35
ha	4.5	4.5	4.5	4.5	0
hb	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
P. Bentang x	6	6	6	6	6
P. Bentang y	4	4	4	4	4
Ka	0.222	0.222	0.222	0.222	0
Kb	0.222	0.222	0.222	0.222	0.222
ca	0.5	0.5	0.5	0.5	
cb	0.5	0.5	0.5	0.5	1
hn	4.05	4.05	4.05	4.05	-0.35
In x	5.42	5.42	5.42	5.42	5.42
In y	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61
Muk ax	286.77	263.83	221.74	183.21	0
Muk ay	263.16	238.68	191.18	142.21	0
Md x	18.203	19.158	19.617	21.765	
MI x	5.355	5.633	5.726	6.423	
Me x	117.029	81.743	43.613	7.698	
K	1	1	1	1	1
Mmak x	516.26	369.35	209.78	61.93	0
Mu ax pakai	286.77	263.83	209.78	61.93	0
Mu ay pakai	263.16	238.68	191.18	142.21	0
Muk bx	286.77	263.83	221.74	183.21	-21.03
Muk by	263.16	238.68	191.18	142.21	-17.33
Md y	17.447	18.550	19.473	19.127	28.728
MI y	5.140	5.451	5.733	5.547	8.529
Me y	172.829	144.881	112.873	75.840	31.209
K	1	1	1	1	1
Mmak y	749.60	633.70	500.53	344.44	170.20
Mu bx pakai	286.77	263.83	209.78	61.93	-21.03
Mu by pakai	263.16	238.68	191.18	142.21	-17.33
Muk Pakai	562.64	516.06	410.98	247.37	0

Perhitungan MuK Untuk Dimensi Kolom (390x580)mm

**Perhitungan Gaya Aksial Rencana Kolom**

	Lantai 1	Lantai 2	Lantai 3	Lantai 4	Lantai 5	Lantai 6	Lantai 7	Lantai 8	Lantai 9	Lantai 10	Lantai 11	Lantai 12	Atap
Pd	2894.168	2621.203	2355.370	2094.371	1837.611	1584.362	1334.003	1085.968	839.737	594.828	350.764	107.452	0
Pl	602.590	542.996	485.640	429.861	375.445	322.153	269.779	218.136	167.052	116.366	65.921	15.675	0
Pe	64.379	89.399	105.440	115.150	118.957	117.684	111.943	102.173	88.626	71.281	50.162	23.151	0
K	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Pg	3496.76	3164.20	2841.01	2524.23	2213.06	1906.51	1603.78	1304.10	1006.79	711.19	416.69	123.13	0
lx	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
ly	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Σ Mx	0	754.18	889.21	889.21	889.21	788.75	788.75	738.16	632.59	582.00	489.14	404.15	268.35
Σ My	0	754.18	788.75	788.75	788.75	788.75	738.16	635.61	579.99	526.03	421.35	313.42	221.01
Pux	3671.60	3410.40	3086.80	2754.18	2427.45	2093.86	1775.99	1455.43	1130.93	814.65	494.59	176.43	31.31
Puy	3671.60	3454.39	3121.09	2788.48	2461.74	2139.87	1813.15	1480.54	1158.63	838.81	511.26	184.13	38.68
Pu	3671.60	3454.39	3121.09	2788.48	2461.74	2139.87	1813.15	1480.54	1158.63	838.81	511.26	184.13	38.68
Pu max	3941.99	3697.88	3425.91	3134.07	2823.33	2496.11	2154.13	1798.43	1429.36	1046.13	648.20	226.52	0
Pu Pakai	3671.60	3454.39	3121.09	2788.48	2461.74	2139.87	1813.15	1480.54	1158.63	838.81	511.26	184.13	0
Pn	5648.61	5314.45	4801.68	4289.96	3787.29	3292.11	2789.46	2277.75	1782.50	1290.48	786.55	283.28	0

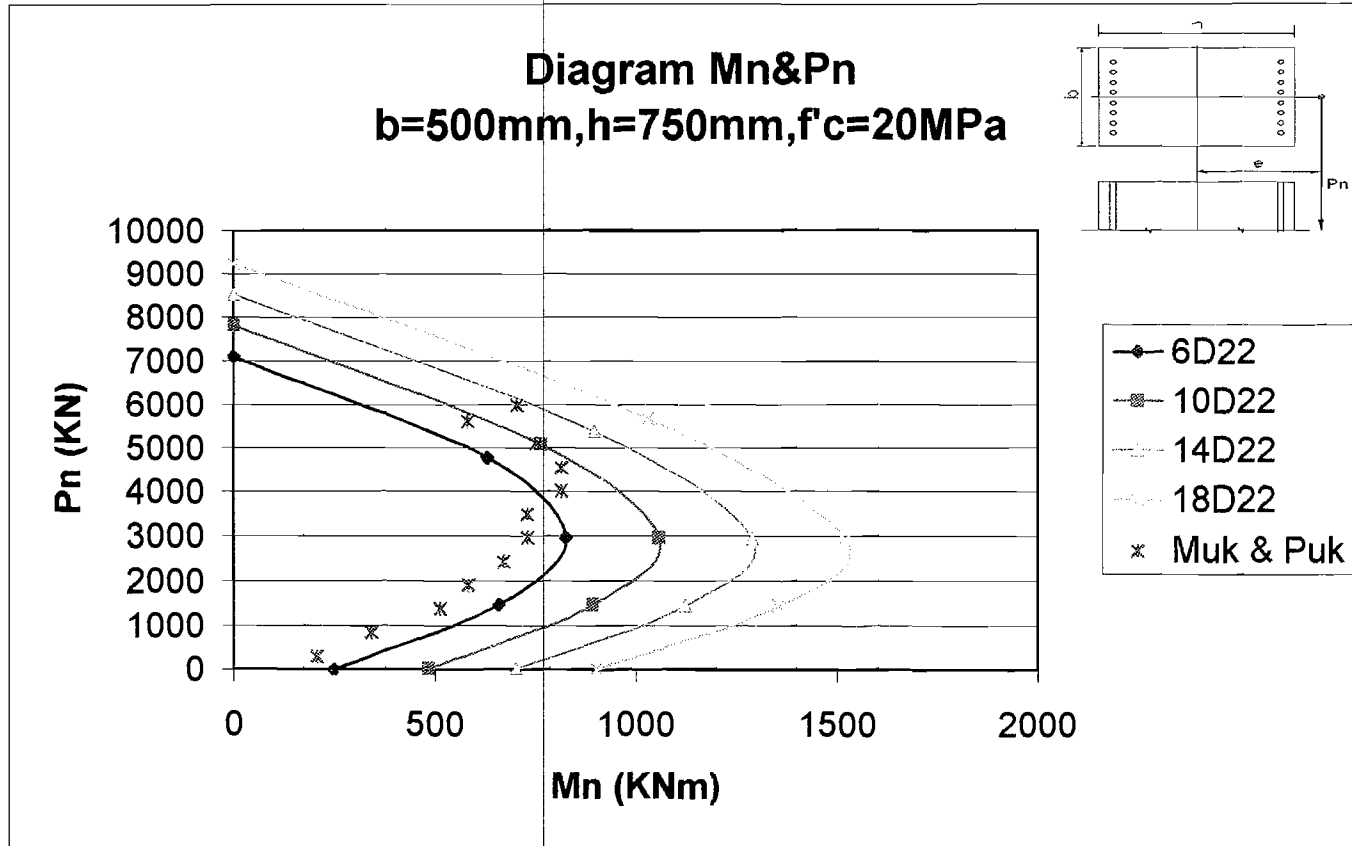


**Perhitungan Sengkang Kolom**

Kolom	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
fy	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
fc'	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
b	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390
d	520	520	520	520	520	520	520	520	520	520	520	520
h	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580
hn	4.5	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05
Vd	11.800	20.664	20.940	22.384	23.477	24.444	25.254	25.919	26.450	26.798	27.099	28.921
VI	19.852	20.553	20.638	21.252	5.802	5.889	6.291	21.252	21.630	21.798	22.270	22.435
Ve	106.942	115.396	112.735	108.666	102.806	95.164	85.774	74.645	61.745	47.032	30.344	16.951
Vuk maks	482.390	527.941	517.145	502.214	462.529	431.540	393.372	363.039	309.814	248.563	179.281	125.117
Vuk	266.272	362.862	387.817	387.817	370.606	350.691	333.972	298.902	266.345	228.899	162.556	61.079
Vuk pakai	266.272	362.862	387.817	387.817	370.606	350.691	333.972	298.902	266.345	228.899	162.556	61.079
<b>Didalam Sendi Plastis</b>												
Vs	443.787	604.769	646.361	646.361	617.676	584.485	556.620	498.169	443.908	381.498	270.926	101.798
Ø	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Jumlah kaki	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
A1Ø	113.097	113.097	113.097	113.097	113.097	113.097	113.097	113.097	113.097	113.097	113.097	113.097
S. Tulangan	106.016	77.796	72.790	72.790	76.170	80.496	84.525	94.443	105.987	123.326	130.000	130.000
S	100	70	70	70	70	80	80	90	100	120	130	130
Pakai Tul	P12-100	P12-70	P12-70	P12-70	P12-70	P12-80	P12-80	P12-90	P12-100	P12-120	P12-130	P12-130
<b>Diluar Sendi Plastis</b>												
Vc	151.428	151.412	151.387	151.363	151.339	151.315	151.291	151.267	151.243	151.220	151.196	151.172
Vs	292.360	453.358	494.974	494.998	466.337	433.169	405.329	346.902	292.665	230.278	119.730	-49.374
Cek	Perlu Tul	Perlu Tul	Perlu Tul	Perlu Tul	Perlu Tul	Perlu Tul	Perlu Tul	Perlu Tul	Perlu Tul	Perlu Tul	Perlu Tul	Tdk Perlu
Ø	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Jumlah kaki	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2
Av	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195	339.292	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195	226.195
S. Tulangan	160.927	103.778	95.052	95.048	100.889	162.922	116.075	135.625	160.759	204.311	260.000	260.000
S	160	100	90	90	100	160	110	130	160	200	260	260
Pakai Tul	P12-160	P12-100	P12-90	P12-90	P12-100	P12-160	P12-110	P12-130	P12-160	P12-200	P12-260	P12-260

Diagram Mn&Pn

Untuk kolom dengan  $f'_c=20$  MPa,  $b=500$ mm,  $h=750$ mm



Untuk kolom dengan  $f'_c=30$  MPa,  $b=440$ mm,  $h=660$ mm

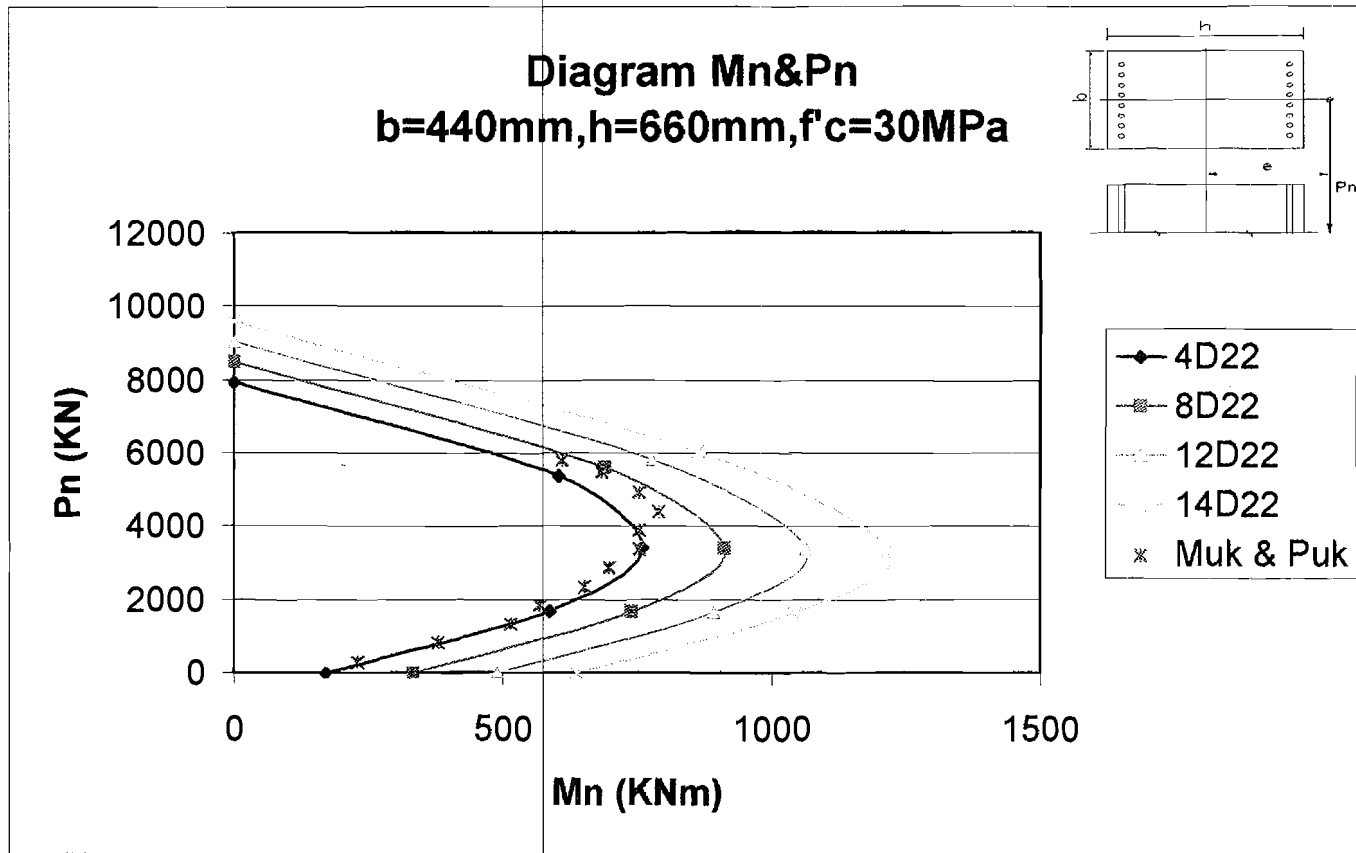


Diagram Mn-Pn

Untuk kolom dengan  $f'_c=40$  MPa,  $b=410$ mm,  $h=620$ mm

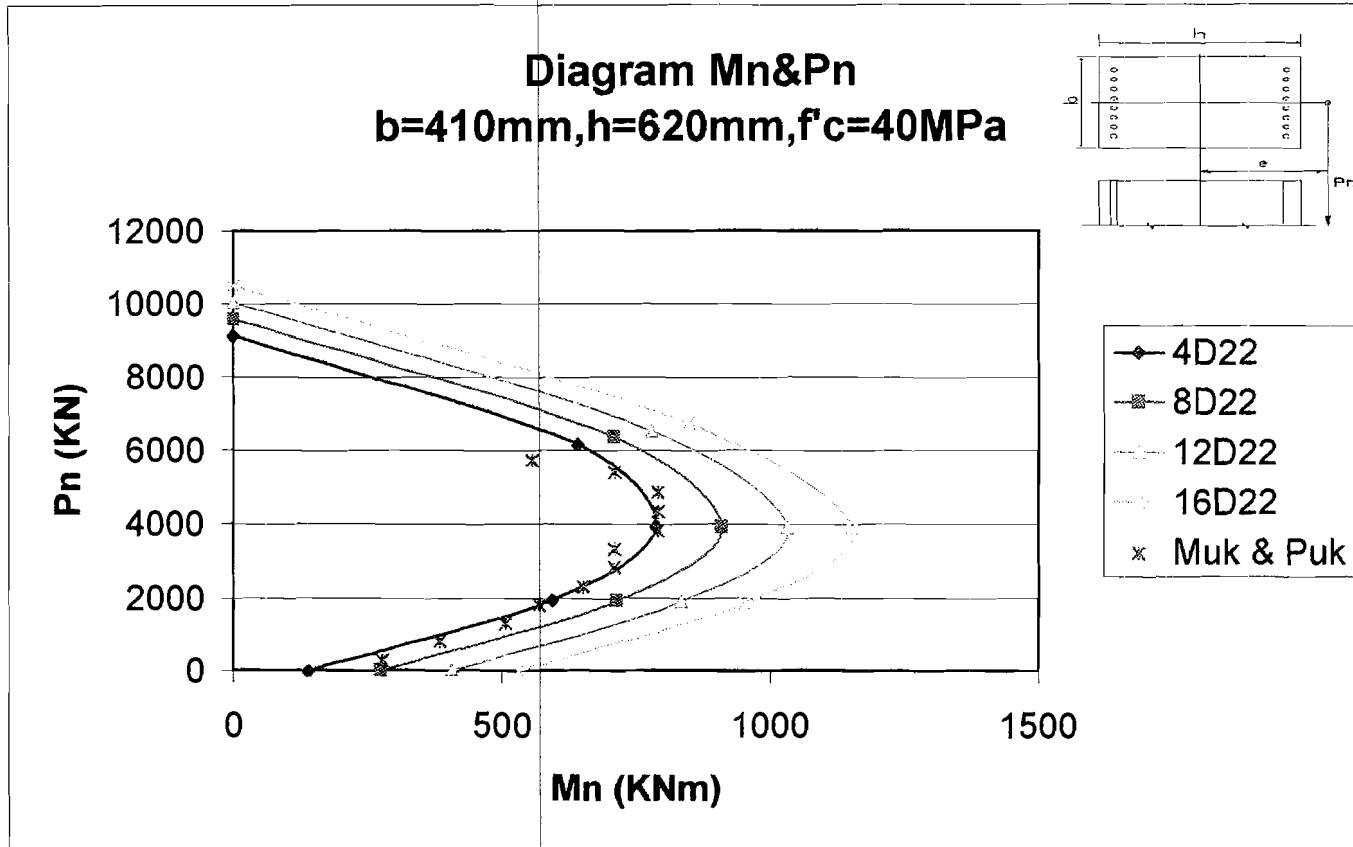


Diagram Mn-Pn

Untuk kolom dengan  $f'_c=50$  MPa,  $b=390$ mm,  $h=580$ mm

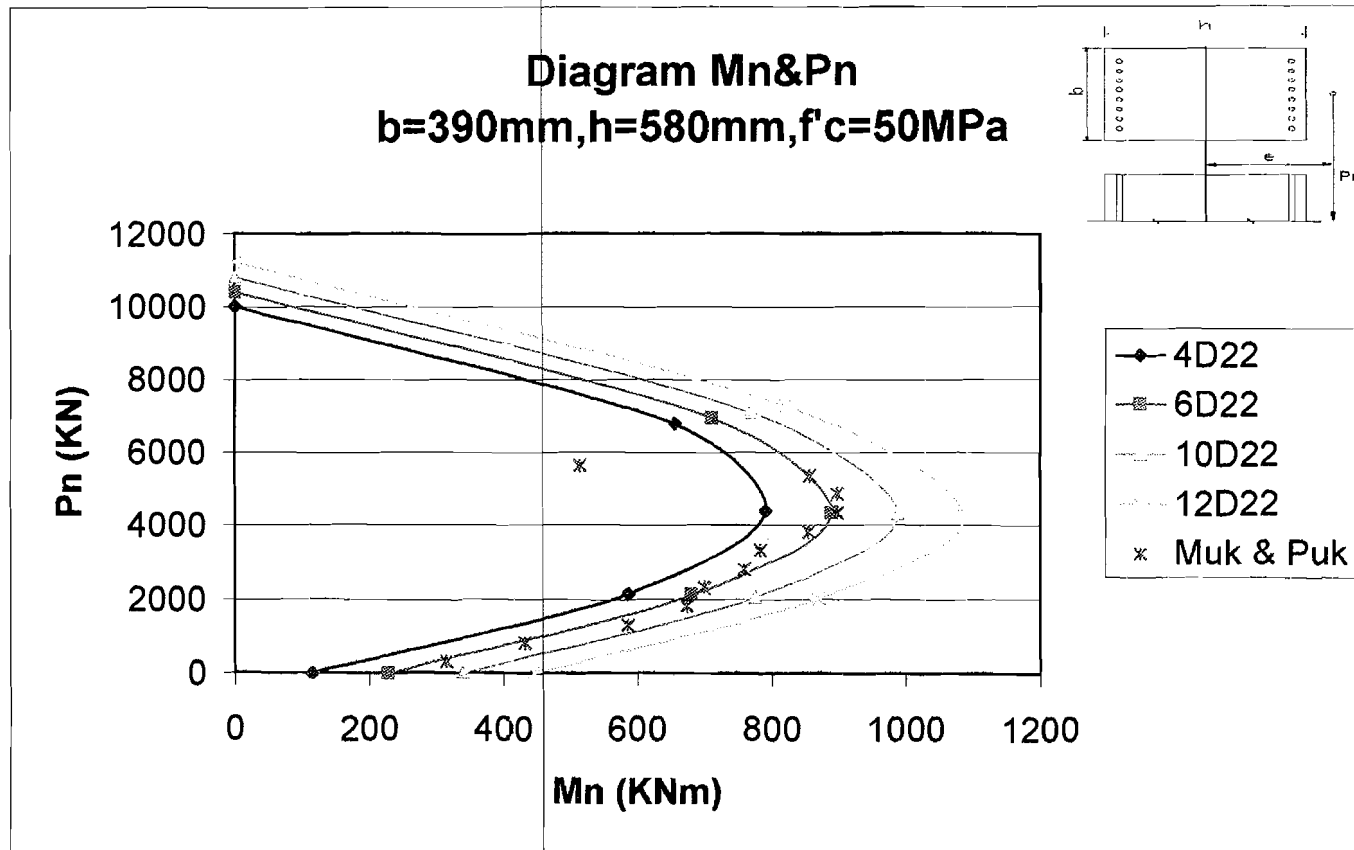


Diagram Mn-Pn

