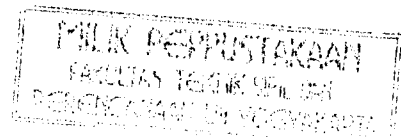
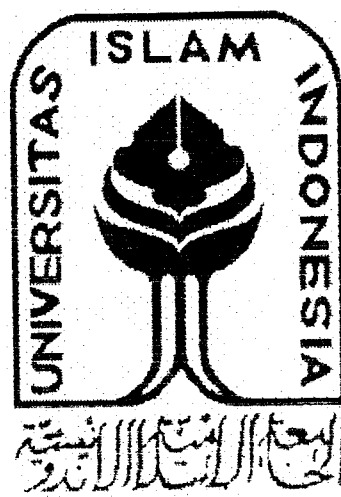


PERPUSTAKAAN FTSP UII	
HADIAH/BELI	
TGL. TERIMA :	09-10-CC 10/9/08
NO. JUDUL :	
NO. INV. :	520003200001
NO. STOK :	436

**TUGAS AKHIR**  
**STUDI KOMPARASI PROPERTIS PENAMPANG**  
**BETON BERTULANG TERHADAP DISTRIBUSI**  
**GAYA-GAYA DALAM PADA PORTAL**

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia  
 untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh  
 derajat Sarjana Teknik Sipil

TA  
 624.177.23  
 EUN  
 S  
 2000



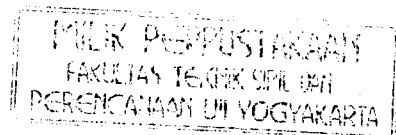
Diajukan Oleh :

Nama : Prabudi Gunawan  
 No. Mhs. : 93310028  
 Nirm. : 930051013114120028

Nama : Dedy Christanto  
 No. Mhs. : 93310125  
 Nirm. : 930051013114120125

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**YOGYAKARTA**  
 2000

**TUGAS AKHIR**  
**STUDI KOMPARASI PROPERTIES PENAMPANG**  
**BETON BERTULANG TERHADAP DISTRIBUSI**  
**GAYA-GAYA DALAM PADA PORTAL**



**Disusun Oleh :**

**Nama : Prabudi Gunawan**  
**No. Mhs. : 93310028**  
**Nirm. : 930051013114120028**

**Nama : Dedy Christanto**  
**No. Mhs. : 93310125**  
**Nirm. : 930051013114120125**

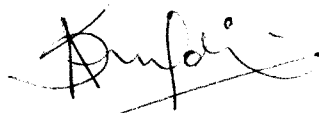
**Telah diperiksa dan disetujui oleh**


**Ir. H. Moch. Samsudin, MT.**

**Dosen Pembimbing I**

**Ir. H. Suharyatmo, MT.**

**Dosen Pembimbing II**

  
\_\_\_\_\_  
**Tanggal: 5/8-2000**

  
\_\_\_\_\_  
**Tanggal: 5-8-2000**

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur kehadiran Allah SWT. yang telah memberikan rahmat dan hidayahNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.

Penelitian yang merupakan salah satu syarat untuk mencapai derajat Sarjana S-1, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan Tugas Akhir yang berjudul “ STUDI KOMPARASI PROPERTIES PENAMPANG BETON BERTULANG TERHADAP DISTRIBUSI GAYA-GAYA DALAM PADA PORTAL “, Penulis telah berusaha semaksimal mungkin untuk memperoleh hasil yang sebaik-baiknya sesuai dengan kemampuan dan pengetahuan yang ada pada penulis serta berpegang pada buku-buku referensi, pedoman dan petunjuk yang terpakai. Penulis sadar bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, mengingat keterbatasan pengetahuan dan pengalaman yang ada pada penulis, untuk itu kritik dan saran dari berbagai pihak sangat penulis harapkan untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis telah banyak mendapatkan bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, baik bantuan secara moril maupun spirituil. Untuk itu penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. H. Muchamad Samsudin, MT, selaku Dosen Pembimbing utama, yang dengan kesabarannya telah membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

*Syukur Alhamdulillah kehadiran Allah SWT, dan Sholawat serta salam kepada Rosulullah SAW.*

*Kupersembahkan karya ini untuk menghapus sebagian kecil keringat dan air mata Ibu dan Ayah tercinta.*

*Tak lupa kami ucapkan terima kasih buat teman-teman seperjuangan teknik sipil VII dan semua teman-teman yang tidak bisa kami sebutkan satu persatu, terima kasih atas dorongan semangat, semoga kita semua tetap Istiqomah di jalan Allah.*

*Ungkapan cinta kasih, hormat dan bakti untuk almamoterku.....*

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGHANTAR.....	iii
MOTTO.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
DAFTAR NOTASI.....	xi
INTI SARI.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Beton Bertulang.....	4
2.2 Struktur Portal Statis Tak Tentu.....	5
2.3 Asumsi Perhitungan Properties Penampang.....	6
BAB III LANDASAN TEORI	
3.1 Umum.....	7

5.2.2 Penampang balok T transformasi .....	26
5.2.3 Penampang kolom transformasi .....	27
5.3 Hasil Perhitungan Properties Penampang Transformasi .....	28

## BAB VI PEMBAHASAN

6.1 Umum.....	30
6.2 Properties Penampang Transformasi .....	31
6.2.1 Penampang balok .....	31
6.2.2 Penampang kolom .....	32
6.3 Gaya-Gaya Dalam Akibat Beban Gravitasi .....	32
6.3.1 Penampang transformasi seragam .....	33
6.3.2 Penampang transformasi perlantai .....	35
6.4 Gaya-Gaya Dalam Akibat Beban Gravitasi dan Gempa .....	37
6.4.1 Penampang transformasi seragam .....	38
6.4.2 Penampang transformasi perlantai .....	40

## BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan.....	43
7.2 Saran.....	44

## DAFTAR PUSTAKA

## LAMPIRAN

## DAFTAR LAMPIRAN

LA = Denah pembebananan balok portal as-B

LB = Perhitungan pelat

LC = Perhitungan pembebanan balok

LD = Perhitungan pembebanan gempa

LE = Perhitungan penulangan

LF = Data input dan data output dari analisa struktur dengan SAP-90

## DAFTAR NOTASI

$A_g$	= luas bruto penampang, mm <sup>2</sup> .
$A_s$	= luas tulangan tarik non-prategang, mm <sup>2</sup> .
$A_s'$	= luas tulangan desak, mm <sup>2</sup> .
$A_{trans}$	= luas penampang transformasi, mm <sup>2</sup> .
$b$	= lebar balok, mm.
$b_f$	= lebar sayap efektif balok T, mm.
$d$	= jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik, mm.
$d'$	= jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan, mm.
$e$	= eksentrisitas gaya terhadap sumbu, mm.
$E_c$	= modulus elastisitas beton, Mpa.
$E_s$	= modulus elastisitas baja tulangan, Mpa.
$f'_c$	= kuat tekan beton yang ditentukan, Mpa.
$f_y$	= kuat leleh tulangan non-pratekan yang disyaratkan, Mpa.
$h$	= tinggi balok, mm.
$h_w$	= tinggi total dinding dari dasar ke puncak, mm.
$I_{trans}$	= momen inersia penampang transformasi, mm <sup>4</sup> .
$M_n$	= kuat momen nominal suatu penampang, kN.m.
$M_u$	= momen terfaktor pada penampang, kN.m.
$n$	= faktor pembandingan modulus elastis
$P_n$	= kuat beban aksial nominal pada eksentrisitas yang diberikan, kN.
$P_u$	= beban aksial terfaktor pada eksentrisitas yang diberikan, kN.



## INTISARI

Beton merupakan material bangunan yang kuat menahan tekan dan tidak kuat menahan tarik. Guna memperbaiki sifat beton yang tidak kuat menahan tarik, maka pada bagian penampang beton yang mengalami tarik diberi baja tulangan sehingga disebut beton bertulang. Dalam rangka merencanakan baja tulangan diadakan anggapan-anggapan antara lain beton tidak mampu menahan tarik sehingga seluruh kuat tarik dilimpahkan pada baja tulangan, pada balok yang dicor secara monolit dengan pelat lantai di bagian balok yang menderita momen positif memperoleh tambahan luas penampang beton desak dan berlaku sebagai balok T, sedangkan pada balok yang menderita momen negatif tetap diperhitungkan sebagai balok persegi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan perilaku gaya-gaya dalam dengan membandingkan gaya aksial, gaya lintang dan momen yang terjadi pada portal dari suatu struktur, hasil analisa struktur sebelum baja tulangan diperhitungkan pada beton (properties penampang awal), dengan hasil analisa struktur setelah baja tulangan diperhitungkan pada beton (properties penampang transformasi).

Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini menunjukkan bahwa terjadi penyimpangan gaya aksial, gaya lintang dan momen ekstrim dari kedua analisa struktur tersebut. Pada balok yang mengalami momen ekstrim positif dari analisa struktur dengan properties penampang transformasi hasilnya lebih kecil. Untuk balok yang mengalami momen ekstrim negatif pada tinjauan pembebanan gravitasi dan gempa hasilnya lebih kecil dari penampang properties penampang awal. Sedangkan momen ekstrim negatif pada tinjauan pembebanan gravitasi terjadi kenaikan dibandingkan properties penampang awal. Kenaikan dan penurunan gaya-gaya dalam akibat perbedaan properties penampang beton yang berbeda pada suatu portal bisa dianggap relatif kecil dan tidak mempengaruhi penulangan pada beton dan kestabilan struktur.

6. Pondasi dianggap jepit dan terletak pada tanah lunak untuk daerah gempa 3.
7. Denah bangunan simetri
8. Perhitungan sesuai dengan SK-SNI-15-1991 (Yayasan LPMB, 1991).
9. Pembebanan sesuai dengan PPIUG 1983 (Yayasan LPMB, 1983).
10. Pembebanan gempa sesuai dengan PPTGIUG 1983 (Yayasan LPMB, 1991)

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah :

Untuk mengetahui perubahan perilaku gaya-gaya dalam yaitu gaya aksial, gaya lintang dan momen pada portal yang terjadi dari hasil anggapan baja tulangan belum diperhitungkan dan dengan memperhitungkan baja tulangan dalam mendapatkan luas dan momen inersia yang merupakan properties penampang batangnya.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan pembanding untuk mendapatkan gaya-gaya dalam batang pada portal (gaya aksial, gaya lintang dan momen) dari desain yang selama ini digunakan.
2. Untuk memperoleh suatu struktur yang mempunyai nilai keamanan yang cukup.

struktur. Beton ditujukan untuk menahan tekan dan baja tulangan ditujukan untuk menahan tarik, sedangkan kuat tarik beton diabaikan.

Struktur dan segenap komponennya termasuk beton bertulang harus direncanakan sehingga penampangnya mempunyai kuat rencana minimum sama dengan kuat perlu yang dihitung berdasarkan kombinasi beban dan gaya terfaktor yang sesuai. Disamping itu, komponen struktur harus memenuhi kemampuan pada tingkat beban kerja (layan), atau mampu menjamin tercapainya perilaku struktur yang cukup baik pada tingkat beban kerja (Istimawan, 1994).

## 2.2 Struktur Portal Statis Tak Tentu

Struktur bangunan pada umumnya membentuk suatu struktur rangka batang, yaitu struktur yang terdiri dari batang-batang yang panjangnya jauh lebih besar daripada ukuran penampangnya ( Ghali dan Neville, 1986 ). Batang-batang elemen struktur beton bertulang, umumnya balok dan kolom, yang saling dihubungkan pada ujung-ujungnya oleh *joints* (titik hubung) yang dapat mencegah rotasi di antara elemen-elemen struktur yang dihubungkan. Dengan demikian, elemen struktur itu menerus pada titik hubung dan bersifat kaku. Rangka batang ini adalah struktur portal statis tak tentu (Daniel, 1995).

Akibat gaya-gaya eksternal pada struktur, maka pada setiap batang elemen struktur pada portal akan bekerja gaya -gaya dalam yang berupa gaya axial, gaya lintang, dan momen.

Untuk menganalisa struktur statis tak tentu pada suatu struktur dengan momen lentur tidak dapat ditentukan hanya dengan menggunakan tiga persamaan

keseimbangan yaitu : jumlah momen, jumlah gaya-gaya horisontal dan vertikal yang bekerja pada struktur harus sama dengan nol. Diringkas sebagai berikut  $\sum M = 0$ ;  $\sum H = 0$ ;  $\sum V = 0$  (Gideon, 1993). Ada beberapa metode untuk menyelesaikan struktur statis tak tentu . Dalam penelitian ini digunakan program SAP 90.

### 2.3 Asumsi Perhitungan Properties Penampang

Analisa struktur diperhitungkan dari luas dan momen inersia yang merupakan properties penampang batang. Momen inersia adalah besaran penampang yang dimiliki oleh benda fisik saja. Besaran ini sering disebut momen kedua dari luasan. Momen pertama dari suatu luas terhadap sumbu referensi adalah bentuk  $x dA$  dan  $y dA$ . Jadi momen inersia dari suatu luas terhadap suatu sumbu referensi yang terletak pada bidang luas ini dapat didefinisikan sebagai jumlah hasil kali elemen luas dengan kuadrat jarak elemen luas tersebut ke sumbu referensi (Daniel, 1995)

Dalam penelitian ini akan digunakan luas dan momen inersia transformasi dari penampang batang yang memperhitungkan baja tulangannya. Momen inersia dari suatu luas komposit terhadap suatu sumbu tertentu adalah jumlah dari momen –momen inersia dari bagian-bagiannya terhadap sumbu yang sama (Gere dan Timoshenko, 1987 ).

## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1 Umum

Dalam perhitungan perencanaan suatu bangunan selalu digunakan asumsi awal untuk menghitung properties penampang beton bertulang. Asumsi awal ini diambil berdasarkan pada berbagai macam pertimbangan. Sebelum merancang tulangan, dilakukan analisis struktur dari perhitungan properties penampang beton bertulang. Momen inersia untuk suatu luasan merupakan suatu sifat yang terpenting dalam rekayasa, karena itu harus ditentukan atau dispesifikasi jika kita akan menganalisis atau mendesain suatu batang struktur.

Perhitungan properties penampang digunakan luas dan momen inersia penampang batang dengan tidak memperhitungkan tulangan. Pada analisa struktur diketahui bahwa setiap batang elemen struktur pada portal timbul gaya-gaya dalam yang berupa gaya aksial, gaya lintang dan momen, akibat dari gaya-gaya luar yang bekerja. Gaya-gaya dalam yang timbul pada analisa struktur akan terjadi perbedaan bila diperhitungkan properties penampang dengan menggunakan luas dan momen inersia penampang batang dengan memperhitungkan baja tulangannya.

Penelitian ini membandingkan gaya aksial, gaya lintang dan momen yang terjadi dari anggapan baja tulangan tidak diperhitungkan dengan

digunakan pada struktur adalah beban statik ekuivalen yang merupakan representasi dari beban gempa setelah disederhanakan, yaitu penyederhanaan gaya inersia yang bekerja pada suatu massa dan disederhanakan menjadi beban statik yang terdistribusi sepanjang tinggi struktur. Sedang gaya inersia adalah suatu gaya yang bekerja pada suatu massa apabila massa tersebut dibebani secara dinamik seperti beban gempa. Apabila lapisan tanah dibawah struktur dengan massa tertentu tiba-tiba saja bergerak, maka inersia dari massa cenderung melawan gerakan. Diantara lapisan tanah dengan massa tersebut akan timbul gaya geser. Gaya geser tersebut disebut gaya geser akibat gempa ( $V$ ) yang diperoleh dari

$$V = C \cdot I \cdot K \cdot W_t \quad (3.1)$$

$C$  = koefisien gempa

$I$  = faktor peruntukkan bangunan

$K$  = faktor jenis struktur

$W_t$  = berat total bangunan

Karena perencanaan beban gempa adalah beban statik ekuivalen maka nilai koefisien gempa ( $C$ ) berdasarkan respon spektra dari zona wilayah gempa 3 di Indonesia sesuai dengan PPTGIUG 1983.

Agar struktur memenuhi syarat kekuatan terhadap kombinasi beban menurut SK-SNI-T-15-1991-03, maka nilai kuat perlu ( $U$ ) harus diambil sebagai berikut :

$$U = 0,9 (D \pm E), \quad (3.2)$$

atau

$$U = 1,05 (D + L_R \pm E) \quad (3.3)$$

Dengan

$L_R$  adalah beban hidup yang telah direduksi sesuai dengan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 pasal 3.5 dimana gedung yang digunakan sebagai perkantoran dengan beban reduksi beban hidup sebesar 0,3 untuk peninjauan terhadap gempa.

### **3.3 Perencanaan Properties Penampang Beton**

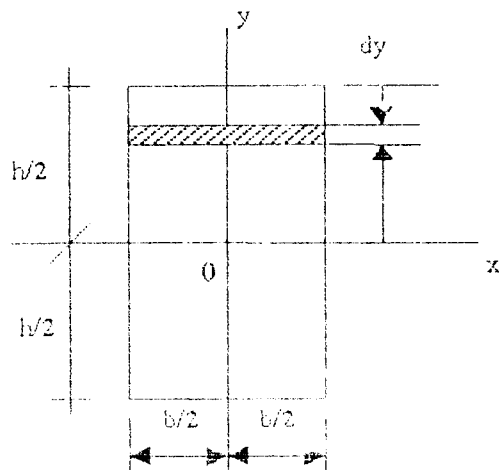
Dalam perhitungan pertama digunakan propeties penampang persegi utuh (kotor) yaitu anggapan bahwa gaya tekan dan tarik mampu ditahan oleh seluruh penampang beton. Anggapan kedua ditentukan bahwa beton di daerah tarik telah retak, dengan demikian beton dianggap sudah tidak mempunyai kekuatan tarik lagi. Daerah tarik di antara garis netral dan batas atas retakan diabaikan dalam perhitungan, dan daerah tarik ini seluruhnya ditahan oleh baja tulangan.

Balok lapangan atau penampang di tengah bentang diperhitungkan sebagai balok T sedangkan pada tumpuan berlaku sebagai balok persegi. Dengan demikian dalam satu bentang balok terdiri dari 2 macam tampang yang berbeda. Letak titik balik dianggap berada pada seperempat bentang dari tumpuan ( Wang dan Salmon, 1993 ).

#### **3.3.1 Properties penampang balok utuh**

Untuk mencari momen inersia ( $I$ ) dari luas terhadap sumbu referensi dalam analisis struktur adalah dengan bentuk  $\int y^2 dA$ . Dengan melihat gambar 3.1 yang

merupakan penampang persegi panjang dapat dicari momen inersia melalui cara integrasi. Titik asal dari sumbu-sumbu x dan y terletak titik berat O.



Gambar 3.1

Untuk sederhananya, digunakan sebuah elemen luas  $dA$  berbentuk pita dengan lebar  $b$  dan tinggi  $dy$ , sehingga  $dA = bdy$ . Maka momen inersia terhadap sumbu  $x$  adalah :

$$I_x = \int_{-h/2}^{h/2} y^2 b dy = \frac{bh^3}{12} \quad (3.4)$$

$$A = b \cdot h \quad (3.5)$$

### 3.3.2 Properties penampang balok transformasi

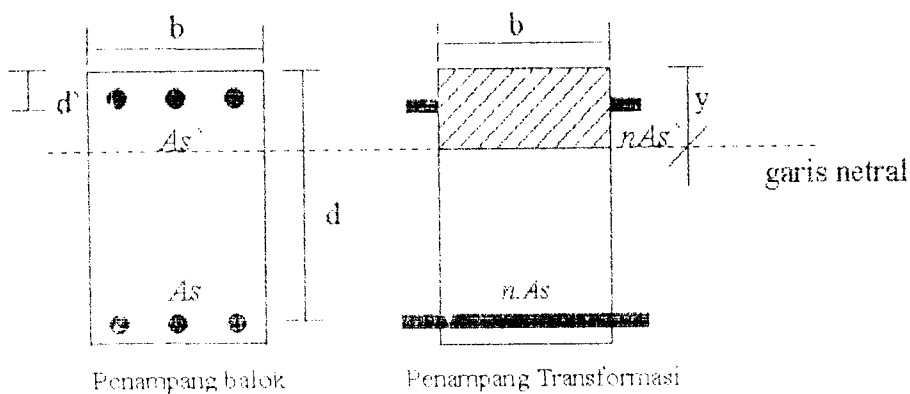
Dicari letak garis netral dari penampang, yang dapat ditentukan dengan menggunakan keadaan seimbang antara resultan gaya tekan dan resultan gaya tarik. Keseimbangan gaya-gaya tersebut menghasilkan persamaan momen statis terhadap garis netral sama dengan nol ( Wang dan Salmon, 1993 ).



Kekuatan tarik beton pada biasanya diabaikan di dalam perhitungan lentur, maka bentuk dari penampang di daerah tarik dan besarnya selimut beton tidak mempengaruhi kekuatan lentur. Dengan demikian tinggi penampang yang menentukan di dalam perhitungan kekuatan adalah tinggi efektif  $d$  daripada tinggi total  $h$ . Tinggi efektif dinyatakan sebagai jarak dari serat tekan yang paling luar terhadap titik berat dari tulangan tarik ( Wang dan Salmon, 1993 ).

### 3.3.2.1 Balok persegi

Berdasar keadaan seimbang antara bagian penampang beton yang terdesak dengan baja tulangan tarik letak garis netralnya dapat ditentukan, dengan bantuan gambar 3.2 letak garis neural dapat dicari.



Gambar 3.2

$$y = \frac{\sum(A \cdot y)}{\sum A} = \frac{b \cdot y \left( \frac{1}{2} \cdot y \right) + n \cdot A_s \cdot d + (n-1) \cdot A_s' \cdot d'}{b \cdot y + n \cdot A_s + (n-1) \cdot A_s'}$$

$$b \cdot y^2 + n \cdot A_s \cdot y + (n-1) \cdot A_s' \cdot y = \frac{1}{2} b \cdot y^2 + n \cdot A_s \cdot d + (n-1) \cdot A_s' \cdot d'$$

$$\frac{1}{2} b \cdot y^2 + n \cdot A_s \cdot y - (n-1) \cdot A_s' \cdot d' - n \cdot A_s \cdot d + (n-1) \cdot A_s' \cdot y = 0 \quad (3.6)$$

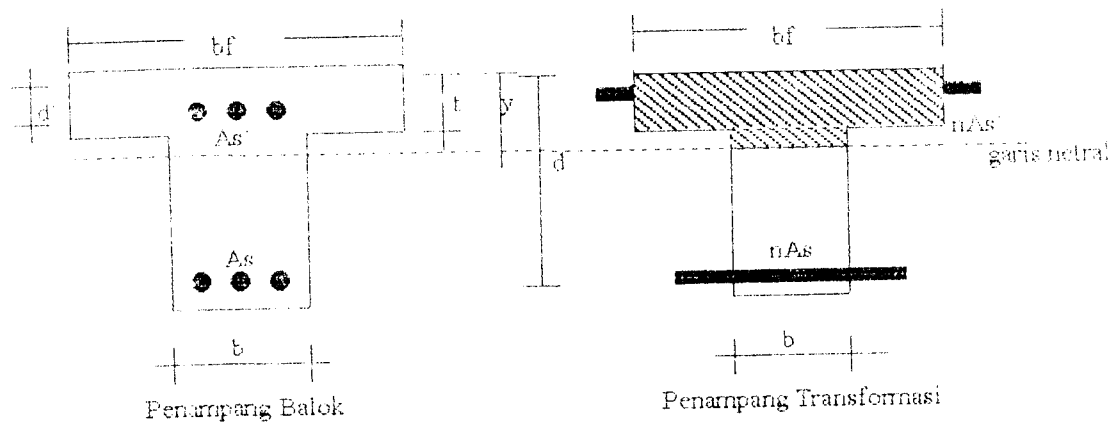
Dengan persamaan 3.6 tersebut dapat diperoleh besar harga  $y$  yang menyatakan jarak garis netral dari tepi penampang yang terdesak. Setelah letak garis netral dapat ditetapkan kemudian dihitung luas dan momen inersia transformasi tampangnya.

$$I_{trans} = \frac{1}{3} b \cdot y^3 + n \cdot A_s \cdot (d - y)^2 + (n - 1) \cdot A_s' \cdot (y - d')^2 \quad (3.7)$$

$$A_{trans} = b \cdot y + n \cdot A_s + (n - 1) \cdot A_s' \quad (3.8)$$

### 3.3.2.2 Balok T

Berdasar keadaan seimbang antara bagian penampang beton yang terdesak dengan baja tulangan tarik letak garis netralnya dapat ditentukan, dengan bantuan gambar 3.3 letak garis netral dapat dicari.



Gambar 3.3

Lebar sayap efektif balok:  $bf \leq \frac{1}{4} L$

$$\leq b + 16t$$

$$\leq S$$

dengan:  $bf$  = lebar sayap efektif

$b$  = lebar balok

$t$  = tebal pelat lantai

$L$  = panjang balok

$S$  = jarak bersih antar balok

$$y = \frac{(bf-b)\frac{1}{2}t^2 + b.y.\frac{1}{2}.y^2 + nAsd + (n-1)As'.d}{(bf-b)t + b.y + nAs + (n-1)As'}$$

$$(bft - bt + by + nAs + (n-1)As')y = \frac{1}{2}bt^2 - \frac{1}{2}bft^2 + \frac{1}{2}b.y^2 + nAsd + (n-1)As'.d$$

$$\frac{1}{2}b.y^2 + (bft - bt + nAs + (n-1)As')y + \left(\frac{1}{2}bt^2 - \frac{1}{2}bft^2 - nAsd - (n-1)As'.d\right) = 0 \quad (3.9)$$

Dengan persamaan 3.9 tersebut dapat diperoleh besar harga  $y$  yang menyatakan jarak garis netral dari tepi penampang yang terdesak. Setelah letak garis netral dapat ditetapkan kemudian dihitung luas dan momen inersia transformasi tampangya.

Bila  $y \leq t$ , maka balok boleh diperhitungkan sebagai balok T yang berarti seluruh daerah tekan akan terjadi disayap dengan lebar balok menjadi  $(bf)$  sebagai pengganti  $(b)$  dan tinggi efektif  $(d)$ . Penampang balok dibawah garis netral dianggap retak sehingga diabaikan.

$$A_{trans} = bf.y + (n-1).As' + n.As \quad (3.10)$$

$$I_{trans} = \frac{1}{3}bf.y^3 + (n-1).As'(y-d')^2 + n.As(d-y)^2 \quad (3.11)$$

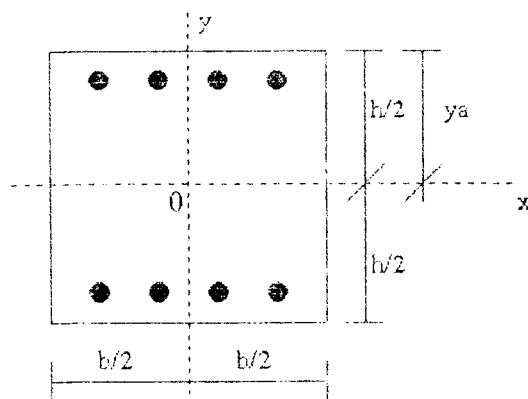
Bila  $y \geq t$ , maka daerah tekan tidak hanya terbatas pada sayap saja sehingga perlu diperhitungkan lagi kapasitas tumpangannya.

$$A_{trans} = bf \cdot y - (bf - b)(y - t) + (n - 1) \cdot A_s + n \cdot A_s \quad (3.12)$$

$$I_{trans} = \frac{1}{3} bf \cdot y^3 - \frac{1}{3} (bf - b)(y - t)^3 + (n - 1) \cdot A_s (y - d')^2 + n \cdot A_s (d - y)^2 \quad (3.13)$$

### 3.3.3 Properties penampang kolom persegi

Untuk penghitungan luas dan momen inersia penampang transformasi, kolom dianggap murni hanya menahan beban aksial saja. Letak titik berat berada di tengah-tengah penampang. Dengan bantuan gambar 3.4 dapat dihitung luas dan momen inersia transformasi dari penampang kolom.



Gambar 3.4

$$A_{trans} = b \cdot h + (n - 1) \cdot A_s \quad (3.15)$$

$$I_{trans} = \frac{1}{12} b \cdot h^3 + (n - 1) \cdot A_s \cdot y^2 \quad (3.14)$$

Dimana:

$$m = \frac{f_y}{0.85 \cdot f'_c} \quad (3.20)$$

$$R_n = \frac{Mn}{b \cdot d^2} \quad (3.21)$$

$$As = \rho \cdot b \cdot d \quad (3.22)$$

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

$$N = \frac{As}{A\phi} \dots \dots \dots \text{dibulatkan ke atas}$$

$$Asb = N \cdot A\phi > As$$

### 3. Kontrol kapasitas momen

$$Cc = 0.85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a$$

$$Ts = As \cdot b \cdot f_y$$

Syarat :  $Cc = Ts \Rightarrow a$  didapat

$$Mn_{total} = Ts \left( d - \frac{1}{2} a \right) > Mn \quad (3.23)$$

### 3.4 Perencanaan Penulangan Kolom

Dalam perencanaan struktur kolom dapat kita meninjau dalam dua bentuk keadaan yaitu :

1. Kolom sentris yaitu kolom yang hanya mengalami gaya normal (gaya aksial tekan) dan bersendi pada suatu ujung saja.
2. Kolom eksentris yaitu kolom yang dipengaruhi oleh dua gaya momen lentur dan aksial, hal ini disebabkan karena kolom merupakan bagian struktural yang berhubungan kaku dengan komponen horisontal (balok).

Dasar –dasar perhitungan kolom yang diberikan beban aksial dan momen lentur pada prinsipnya sama dengan dasar anggapan dalam perencanaan terhadap lentur murni. Langkah-langkah perencanaan kolom pada portal untuk eksentrisitas besar:

1. Dari analisis struktur ditentukan

$P_u$  = Gaya aksial ultimit

$M_u$  = Momen ultimit

$$e = \frac{M_u}{P_u} \quad (3.24)$$

2. Menentukan penulangan kolom

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = 0.01 \quad \text{dengan} \quad d' = 40 \text{ mm}$$

$$A_s = A_s' = 0.01 \times (b \times d)$$

3. Pemeriksaan kekuatan penampang

$$P_n = \frac{A_s' \cdot f_y}{\frac{e}{d - d'} + 0.5} + \frac{b \cdot h \cdot f'_c}{\frac{3 \cdot h e}{d^2} + 1.18} \quad (3.25)$$

$$\phi P_n > P_u$$

## **BAB IV**

### **METODE PENELITIAN**

Metode penelitian merupakan suatu urutan atau tata cara pelaksanaan penelitian dalam rangka mencari jawaban atas permasalahan penelitian yang diajukan. Dalam penulisan tugas akhir ini, data dan metode yang dipakai akan dijelaskan berikut ini.

#### **4.1 Data Penelitian**

Pada penelitian tugas akhir ini, dilakukan pada portal dari struktur suatu gedung perkantoran 6 lantai dengan tinggi tiap tingkat 4 meter.

#### **4.2 Pengolahan Data**

Setelah data-data terkumpul, maka dilakukan pengolahan data dengan langkah-langkah sebagai berikut:

##### **Tahap 1**

- 1) Menghitung properties penampang beton berdasarkan asumsi awal dengan cara pendekatan, yaitu menganggap penampang beton utuh atau dengan kata lain baja tulangan beton belum diperhitungkan.

- 2) Dilakukan analisis struktur berdasarkan gaya-gaya luar yang bekerja untuk mendapatkan gaya-gaya dalam. Gaya-gaya luar tersebut antara lain timbul akibat beban gravitasi dan beban gempa.

### Tahap 2

- 1) Direncanakan baja tulangan yang diperlukan berdasar gaya-gaya yang diperoleh dari cara pendekatan.
- 2) Luas dan momen inersia tampang balok transformasi dihitung berdasarkan tampang seimbang antara bagian tampang beton desak dan baja tarik, memperhitungkan baja tulangannya. Untuk balok lapangan atau penampang di tengah bentang diperhitungkan sebagai balok T, sedangkan pada tumpuan berlaku sebagai balok persegi. Letak titik balik dianggap berada pada seperempat bentang dihitung dari tumpuan.
- 3) Dilakukan analisis struktur untuk mendapatkan gaya-gaya dalam akibat gaya-gaya luar yang sama dengan analisa sebelumnya.

### Tahap 3

- 1) Dengan memperhatikan hasil dari tahap 1 dihitung luas dan momen inersia penampang kolom transformasi yang sudah memperhitungkan tulangan bajanya.
- 2) Dilakukan analisis struktur untuk mendapatkan gaya-gaya dalam akibat gaya-gaya luar yang sama dengan analisa sebelumnya.



## BAB V

### ANALISIS

Hasil analisis perhitungan properties penampang beton bertulang terhadap distribusi gaya-gaya dalam pada portal yaitu berupa kenaikan dan penurunan gaya-gaya dalam dari dua properties penampang beton yang dianggap tidak memperhitungkan tulangan baja, dengan properties penampang beton yang memperhitungkan tulangan baja. Dari hasil tersebut dilakukan pembahasan dengan membandingkan prosentase kenaikan dan penurunan gaya-gaya dalam yang terjadi.

Perhitungan awal diasumsikan sebagai balok persegi baik ditumpuan maupun di lapangan, sehingga perhitungan properties penampang awal digunakan penampang utuh. Dari analisis struktur tersebut didapat gaya – gaya dalam yang digunakan untuk menghitung tulangan. Setelah mendapatkan tulangan, di hitung properties penampang sesuai dengan jumlah tulangan kemudian dianalisis kembali untuk mendapatkan gaya – gaya dalam yang baru.

Properties penampang balok lapangan atau penampang di tengah bentang diperhitungkan sebagai balok T, sehingga lendutan yang terjadi pada balok akan didistribusikan pula ke pelat. Penampang di ujung bentang pada balok tumpuan berlaku sebagai balok persegi. Dalam satu bentang balok dibagi menjadi 3 bagian dan terdiri dari 2 macam properties penampang yang berbeda.

Untuk mendapatkan gaya-gaya dalam pada portal digunakan analisis struktur dengan program SAP-90, sedangkan bahan penelitian yaitu gedung perkantoran dengan 6 lantai dengan tinggi tiap tingkat 4 m.

## 5.1 Perhitungan Properties Penampang Awal

1. Data – data yang digunakan :

a.  $f'_c = 30 \text{ Mpa}$

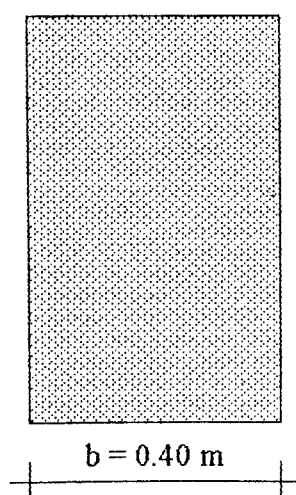
b.  $f_y = 400 \text{ Mpa}$

c. Dimensi balok =  $( 0.40 \times 0.70 ) \text{ m}^2$

d. Dimensi kolom =  $( 0.50 \times 0.50 ) \text{ m}^2$

Dari dimensi tersebut dihitung luas dan momen inersia penampang balok dan kolom tersebut. Dari gambar 5.1 dapat dicari luas dan momen inersia penampang

### 5.1.1 Penampang Balok



Gambar 5.1

$$A = b \times h$$

$$= 0.40 \times 0.70$$

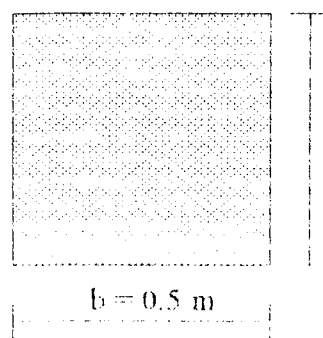
$$= 0.28 \text{ m}^2$$

$$I = 1/12 \times b \times h^3$$

$$= 1/12 \times 0.40 \times 0.70^3$$

$$= 0.01143333 \text{ m}^4$$

### 5.1.2 Penampang Kolom.



$$\begin{aligned}
 A &= b \times h \\
 &= 0.5 \times 0.5 \\
 &= 0.250 \text{ m}^2 \\
 I &= 1/12 \times b \times h^3 \\
 &= 1/12 \times 0.5 \times 0.5^3 \\
 &= 0.00520833 \text{ m}^4
 \end{aligned}$$

Gambar 5.2

## 5.2 Perhitungan Properties Penampang Transformasi

Pada tahap ini properties penampang balok lapangan atau penampang di tengah bentang diperhitungkan sebagai balok T, sehingga lendutan yang terjadi pada balok akan didistribusikan pula ke pelat. Penampang di ujung bentang pada balok tumpuan berlaku sebagai balok persegi.

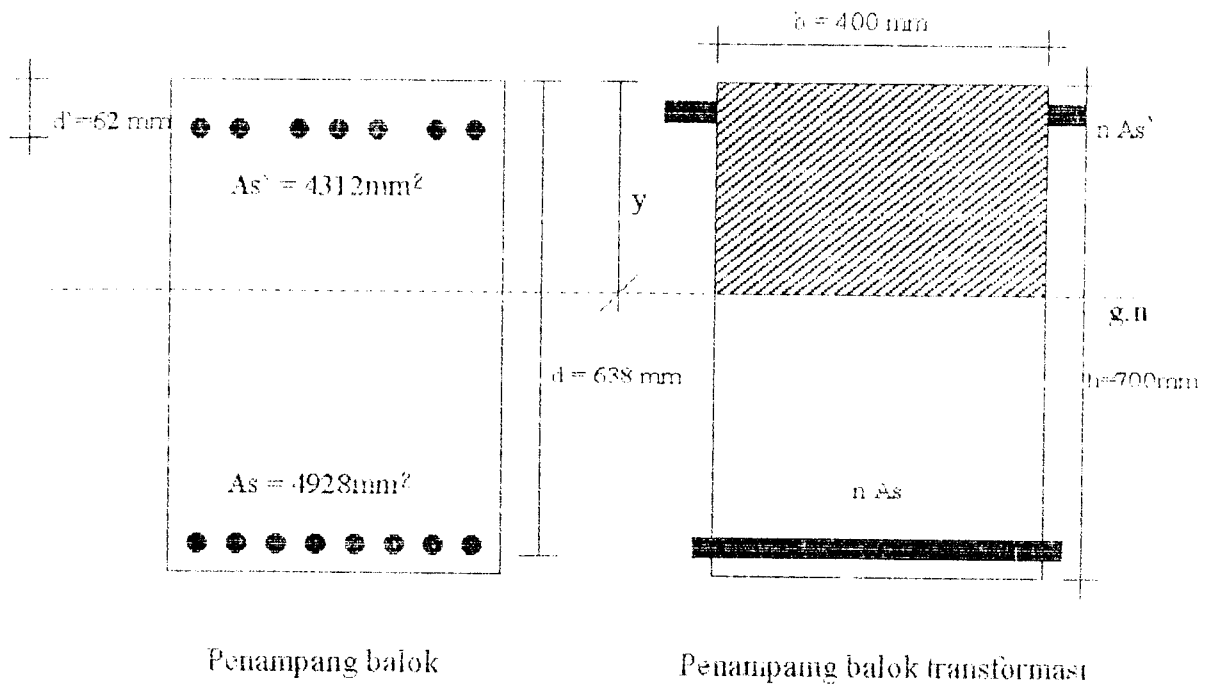
### 5.2.1 Penampang balok persegi transformasi

Pada analisa struktur SAP 90 awal ( lihat lampiran ) didapat :

$$(M_u \text{ max}) = 872.378 \text{ KNm}$$

$$(M_u \text{ min}) = -1018.92 \text{ KNm}$$

Dari momen tersebut dapat diperoleh jumlah tulangan pokok ( tentur ); jumlah tulangan desak =  $7\phi 28$  dan jumlah tulangan tarik =  $8\phi 28$ . Dari gambar 5.3 dapat dicari harga  $y$  yang dipergunakan untuk menghitung luas dan momen inersia penampang.



Gambar 5.3

$$\frac{1}{2} b \cdot y^2 + n \cdot A_s \cdot y - (n-1) \cdot A_s' \cdot d' - n \cdot A_s \cdot d + (n-1) \cdot A_s' \cdot y = 0$$

$$\frac{1}{2} \times 400 \times y^2 + ((8-1) \times 4312 + 8 \times 4928) y - ((8-1) \times 4312 \times 62 + 8 \times 4928 \times 638) = 0$$

$$200 \times y^2 + 69608 y - 27023920 = 0$$

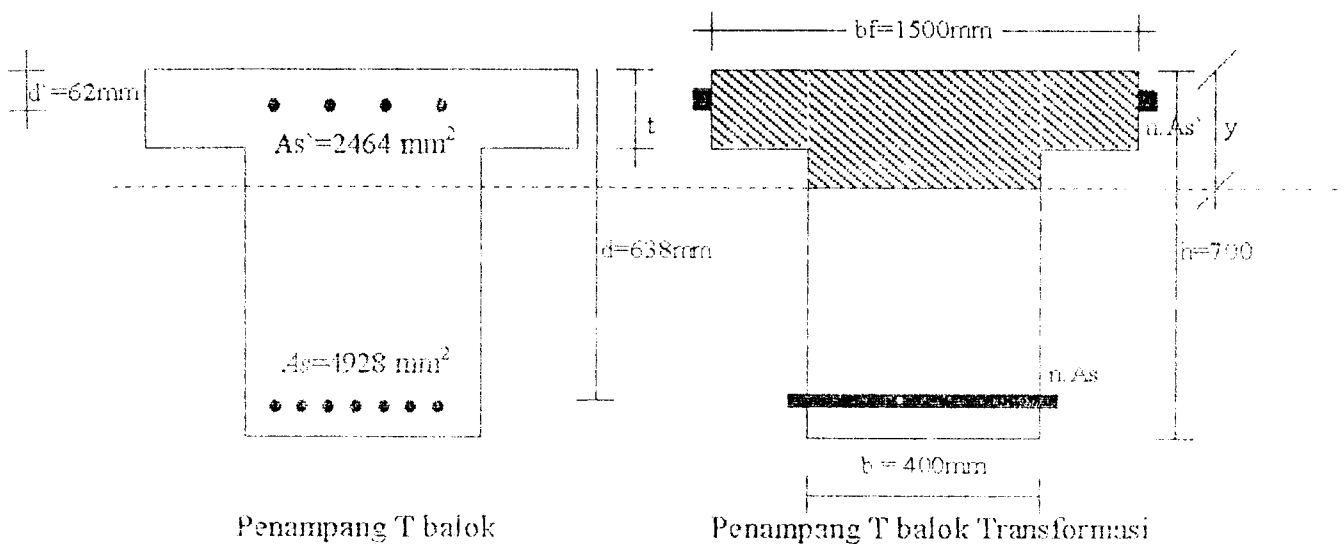
$$y = 232.677 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A_{trans} &= b \cdot y + (n-1) A_s' + n \cdot A_s \\ &= 400(232.677) + (7) \times 4312 + (8) \times 4928 \\ &= 162678.854 = 0.162679 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{trans} &= \frac{1}{3} b \cdot y^3 + n \cdot A_s \cdot (d - y)^2 + (n-1) \cdot A_s' \cdot (y - d')^2 \\ &= \frac{1}{3} \times 400 \times 232.677^3 + 8 \times 4928(638 - 232.677)^2 + (8-1) \times 4312(232.677 - 62)^2 \\ &= 9035693248 \text{ mm}^4 = 0.00903569 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

### 5.2.2 Penampang balok T transformasi

Dari momen dapat diperoleh jumlah tulangan pokok ( lentur ); jumlah tulangan desak =  $4\phi 28$  dan jumlah tulangan tarik =  $7\phi 28$ . Kemudian luas dan momen inersia tranformasi dapat dicari dengan bantuan gambar 5.4. Besar harga  $y$  yang menyatakan jarak garis netral ditetapkan terlebih dahulu.



Gambar 5.4

$$\frac{1}{2}b \cdot y^2 + (bf t - bt + (n-1) \cdot As' + n \cdot As) y + \left( \frac{1}{2}bt^2 - \frac{1}{2}bf t^2 - (n-1) \cdot As' \cdot d - n \cdot As \cdot d \right) = 0$$

$$\frac{1}{2} \times 400 \times y^2 + (1500 \times 130 - 400 \times 130 + 8 \times 4928 + (8-1) \times 2464) y + \left( \frac{1}{2} \times 400 \times 130^2 - \frac{1}{2} \times 1500 \times 130^2 - (8-1) \times 2464 \times 62 - 8 \times 4928 \times 638 \right) = 0$$

$$200 \cdot y^2 + 194744y + 32372824 = 0$$

$$y = 144.723 \text{ mm} > \text{tebal pelat lantai (t) = 130 mm}$$

$$\begin{aligned}
 A_{trans} &= bf' \cdot y - (bf' - b)(y - t) + (n - 1) \cdot A_s' + n \cdot A_s \\
 &= 1500 \times 144.723 - (1500 - 400) \times (144.723 - 130) + 8 \times 4312 + (8 - 1) \times 2464 \\
 &= 252633.2 \text{ mm}^2 = 0.252633 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{trans} &= \frac{1}{3} bf' \cdot y^3 - \frac{1}{3} (bf' - b)(y - t)^3 + (n - 1) \cdot A_s' (y - d')^2 + n \cdot A_s (d - y)^2 \\
 &= \frac{1}{3} \times 1500 \times 143.923^3 - \frac{1}{3} \times (1500 - 400) \times (144.723 - 130)^3 + (8 - 1) \times 2464 \times \\
 &\quad (144.73 - 62)^2 + 8 \times 4312 \times (638 - 144.723)^2 \\
 &= 1002609535 \text{ mm}^4 = 0.01002610 \text{ m}^4
 \end{aligned}$$

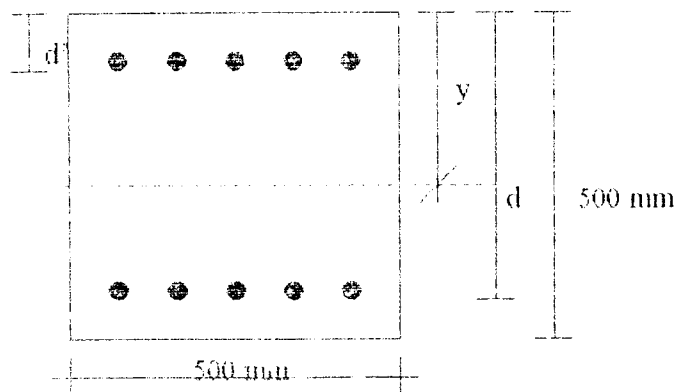
### 5.2.3 Penampang Kolom Transformasi

Pada analisa struktur SAP 90 awal ( lihat lampiran ) didapat :

$$(P_u \text{ max}) = 1664.36 \text{ KN}$$

$$(M_u \text{ max}) = 641.87 \text{ KNm}$$

Dari momen tersebut dapat diperoleh jumlah tulangan pokok : 5  $\phi$  32 pada masing – masing sisi kolom. Luas dan momen inersia transformasi dari penampang kolom dapat dihitung dengan melihat gambar 5.5



Gambar 5.5

Tabel 5.1 Properties balok diperhitungkan sebagai balokpersegi

Balok Lantai	As' Atas	n tul Atas	As Bawah	n tul Bawah	Jarak garis netral (y)	Tumpuan	
						Atrans	Itrans
1	4928	8	4312	7	232.877	0.162679	0.00903569
2	4928	8	3696	6	237.297	0.160215	0.00890667
3	4312	7	3080	5	229.136	0.147711	0.00797301
4	3060	5	2464	4	203.362	0.123233	0.00612079
5	1848	3	1232	2	172.259	0.092311	0.00399324
6	1232	2	1232	2	144.19	0.076156	0.00286134

Tabel 5.2 Properties balok diperhitungkan sebagai balok T

Balok Lantai	As' Atas	n tul Atas	As Bawah	n tul Bawah	Jarak garis netral (y)	Lapangan	
						Atrans	Itrans
1	2464	4	4312	7	144.723	0.252633	0.0100261
2	1848	3	3696	6	136.14	0.23996	0.00877974
3	1848	3	3080	5	125.522	0.226859	0.00751234
4	1232	2	2464	4	115.264	0.201232	0.00617652
5	1232	2	1232	2	89.821	0.163211	0.00333073
6	1232	2	1232	2	89.821	0.163211	0.00333073

Tabel 5.3 Properties kolom

Kolom	n tul	A trans	I trans
(1-12 m)	6	0.278161	0.00645301
(12-24 m)	4	0.272529	0.00620195

Keterangan : - Diameter tulangan balok D28

- Diameter tulangan kolom D32

## BAB VI

### PEMBAHASAN

Dalam bab ini akan dibahas hasil analisa struktur beton dengan anggapan tanpa tulangan dan beton bertulang dengan penampang transformasi, berupa prosentase perbandingan kenaikan maupun penurunan gaya-gaya dalam yang terjadi akibat perbedaan properties penampang pada portal. Pembahasan ini akan dijelaskan dalam bentuk tabel serta gambar berikut ini.

#### 6.1 Umum

Pada analisa struktur diketahui bahwa setiap batang elemen struktur pada portal baik balok maupun kolom akan timbul gaya-gaya dalam yang berupa gaya aksial, gaya lintang dan momen, akibat gaya-gaya luar dari beban yang bekerja. Gaya-gaya dalam yang timbul dipengaruhi pula oleh properties penampang batang elemen pada struktur.

Dengan beban yang sama dan properties penampang dari batang elemem pada portal yang berbeda tentu akan terjadi perubahan gaya-gaya dalam. Dilihat dari portal struktur gedung bertingkat tinggi, gaya-gaya dalam yang terjadi semakin ke atas akan semakin kecil dan gaya dalam yang terbesar akan terjadi pada elemen struktur bawah pada portal yang menopang beban untuk diteruskan ke dalam tanah melalui pondasi.



Pada kolom gaya aksial dianggap sentris guna menghitung properties penampangnya, sehingga momen inersia dari luas komposit kolom terhadap sumbu adalah jumlah dari momen-momen inersia dari bagian-bagiannya terhadap sumbu yang sama. Luas dan momen inersia dari properties penampang transformasi kolom akan sedikit lebih besar dari penampang awal kolom.

Seperti halnya balok, gaya-gaya dalam yang terjadi pada kolom akan semakin kecil untuk kenaikan tiap lantai pada portal. Jumlah tulangan baja juga akan berkurang sesuai penurunan gaya dalam pada portal.

### 6.3 Gaya-Gaya Dalam Akibat Beban Gravitasi

Beban gravitasi di sini merupakan kombinasi pembebanan beban mati (D) dan beban hidup (L) yaitu  $1.2D+1.6L$ . Pada pembahasan ini akan dibandingkan gaya-gaya dalam dari kombinasi pembebanan  $1.2D+1.6L$  hasil properties penampang awal, dengan gaya-gaya dalam dari kombinasi pembebanan  $1.2D+1.6L$  hasil properties penampang transformasi.

Untuk analisa digunakan dua macam hasil penampang transformasi. Pertama digunakan gaya-gaya dalam hasil penampang transformasi seragam, yaitu penampang transformasi yang sama untuk tiap lantai. Kedua digunakan gaya-gaya dalam hasil penampang transformasi untuk tiap lantai yang berbeda. Dari keduanya dibandingkan dengan hasil dari penampang awal, yaitu

$$\text{Selisih} = \frac{\text{penampang awal} - \text{penampang transformasi}}{\text{penampang transformasi}} \times 100\%$$

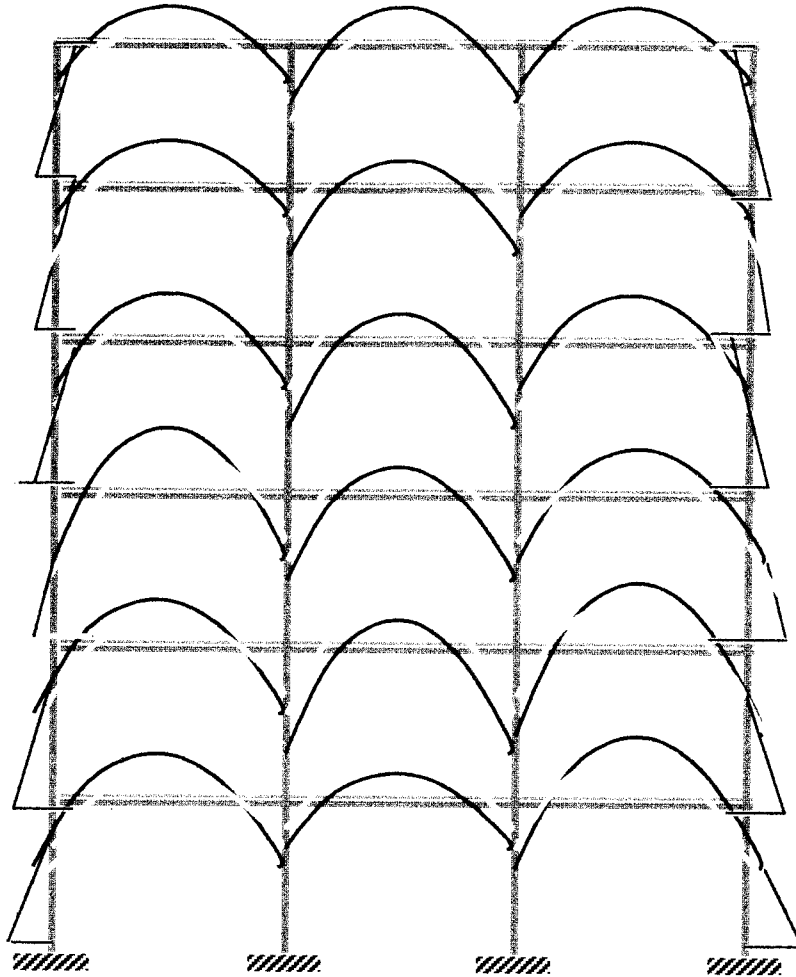
### 6.3.1 Penampang transformasi seragam

Tabel 6.1 Perbandingan gaya-gaya dalam properties penampang awal dengan properties penampang transformasi seragam untuk tiap lantai

	GAYA-GAYA DALAM								
	TANPA TULANGAN			DENGAN TULANGAN			SELISIH (%)		
	AXIAL	SHEAR	MOMEN	AXIAL	SHEAR	MOMEN	AXIAL	SHEAR	MOMEN
BALOK LANTAI I	13.916	133.4	89.028 -136.36	13.664	131.48	87.42 -132.28	1.84	1.43	1.84 3.1
BALOK LANTAI II		128.6	86.612 124.43		127.5	83.412 -122.32		0.86	3.64 1.72
BALOK LANTAI III		127.7	87.14 -121.27		126.4	85.776 -124.63		0.52	1.59 2.7
BALOK LANTAI IV		129.6	87.14 -126.94		129.86	85.772 -129.37		0.26	1.59 1.88
BALOK LANTAI V		130.6	87.344 -130.3		130.9	85.868 -132.09		0.06	1.72 1.36
BALOK LANTAI VI	39.056	70.14	60.248 87.796	39.252	70.224	58.152 -70.066	0.5	0.11	3.5 3.27
KOLOM I	1410.6	29.3	59.424	1406.4	30.284	59.628	0.7	3.24	0.65
KOLOM II	641.67	33.51	67.796	641.36	34.08	70.066	0.66	2.27	3.27

Dari tabel 6.1 hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa gaya-gaya dalam mengalami kenaikan dan penurunan dengan penyimpangan kurang dari 4 %. Gaya aksial ekstrim terjadi penyimpangan kurang dari 2 %. Sedangkan gaya lintang ekstrim pada balok terjadi penyimpangan kurang dari 1.5 % dan gaya lintang ekstrim pada kolom juga terjadi penyimpangan kurang dari 3,5 %. Pada balok yang menderita momen ekstrim positif penampang transformasi diperoleh hasil yang lebih kecil dengan penyimpangan kurang dari 4 %. Untuk balok yang menderita momen ekstrim negatif pada 2 lantai bawah mengalami penurunan kurang dari 4 %, sedangkan balok 4 lantai ke atas penampang transformasi diperoleh hasil yang lebih besar dengan penyimpangan mencapai 4 %.

## Portal As-B dengan Pembebanan Gravitasi



**Gambar 6.1** Gambar bidang momen dengan properties penampang seragam untuk tiap lantai dengan pembebanan gravitasi

Keterangan : **————** momen penampang awal ( tanpa tulangan )  
                  - - - - - momen penampang transformasi ( dengan tulangan )

### 6.3.2 Penampang transformasi per lantai

Tabel 6.2 Perbandingan gaya-gaya dalam properties penampang awal dengan properties penampang transformasi bervariasi untuk tiap lantai

	GAYA-GAYA DALAM								
	TANPA TULANGAN			DENGAN TULANGAN			DESIK (1/10)		
	AXIAL	SHEAR	MOMEN	AXIAL	SHEAR	MOMEN	AXIAL	SHEAR	MOMEN
BALOK LANTAI I	13.916	139.4	89.026 -138.28	14.044	131.4	87.344 -132.08	-0.91	1.49	1.33 0.27
BALOK LANTAI II		126.6	86.612 -124.43		127.6	81.666 -125.92		0.78	5.93 1.18
BALOK LANTAI III		127.7	87.14 -121.27		123	80.450 -128.88		0.21	0.31 5.75
BALOK LANTAI IV		121.6	87.14 -126.94		123	106.50 -131.67		0.46	6.22 3.72
BALOK LANTAI V		120.8	87.344 -130.3		128.5	73.518 -137.28		1.28	41.8 5.08
BALOK LANTAI VI	39.056	73.14	80.248 -67.796	37.052	71.94	52.508 -71.88	5.41	1.67	14.7 5.98
KOLOM I	1410.6	29.3	59.424	1411.4	31.56	59.652	0.06	7.15	0.72
KOLOM II	641.87	33.21	67.738	645.93	34.97	71.88	0.63	4.75	5.88

Dari tabel 6.2 hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa gaya-gaya dalam mengalami kenaikan dan penurunan dengan penyimpangan kurang dari 19 %. Gaya aksial ekstrim terjadi penyimpangan kurang dari 6 %. Sedangkan gaya lintang ekstrim pada balok terjadi penyimpangan kurang dari 2 % dan gaya lintang ekstrim pada kolom terjadi penyimpangan kurang dari 8 %. Pada balok yang menderita momen ekstrim positif penampang transformasi diperoleh hasil yang lebih kecil dengan penyimpangan hingga mencapai 19 %. Untuk balok yang menderita momen ekstrim negatif pada lantai 1 mengalami penurunan kurang dari 3.5 %, sedangkan

balok lantai 2 hingga 6 dengan penampang transformasi diperoleh hasil yang lebih besar dengan penyimpangan mencapai 6 %.

Pada balok atap terjadi perbedaan yang cukup besar karena luas dan momen inersia dari properties penampang transformasi semakin lebih kecil dibandingkan properties penampang awal, akibat dari jumlah tulangan yang semakin sedikit untuk kenaikan tiap lantai pada portal.

#### 6.4 Gaya-Gaya Dalam Akibat Beban Gravitasi dan Gempa

Beban gravitasi dan gempa di sini merupakan kombinasi pembebanan beban mati (D), beban hidup (L) dan beban gempa (E). Pada pembahasan ini akan dibandingkan gaya-gaya dalam dari kombinasi pembebanan gempa hasil properties penampang awal, dengan gaya-gaya dalam dari kombinasi pembebanan gempa hasil properties penampang transformasi. Pada analisis ini gaya-gaya luar akibat beban gempa sangat dominan, sehingga gaya-gaya dalam yang timbul dari kombinasi beban gempa juga dominan.

Untuk analisa digunakan dua macam hasil penampang transformasi. Pertama digunakan gaya-gaya dalam hasil penampang transformasi seragam, yaitu penampang transformasi yang sama untuk tiap lantai. Kedua digunakan gaya-gaya dalam hasil penampang transformasi untuk tiap lantai yang berbeda. Dari keduanya dibandingkan dengan hasil penampang asumsi awal, yaitu

$$\text{Selisih} = \frac{\text{penampang awal} - \text{penampang transformasi}}{\text{penampang transformasi}} \times 100\%$$

#### 6.4.1 Penampang transformasi seragam

**Tabel 6.3** Perbandingan gaya-gaya dalam properties penampang awal dengan properties penampang transformasi seragam untuk tiap lantai

	GAYA-GAYA DALAM								
	TANPA TULANGAN			DENGAN TULANGAN			SELISIH (%)		
	AXIAL	SHEAR	MOMEN	AXIAL	SHEAR	MOMEN	AXIAL	SHEAR	MOMEN
BALOK LANTAI I	61.047	370.915	872.378 -1018.92	83.548	365.142	600.632 -958.118	3.83	3.77	8.96 0.35
BALOK LANTAI II	106.79	374.244	826.59 -998.205	106.77	369.189	787.304 -985.671	0.01	1.37	4.99 3.37
BALOK LANTAI III	180.19	338.228	694.548 -870.905	181.66	333.366	685.39 -652.784	0.91	0.86	4.33 2.83
BALOK LANTAI IV	236.06	277.799	497.659 -698.548	239.71	276.478	477.656 -672.158	0.69	0.48	4.19 0.54
BALOK LANTAI V	261.7	204.058	253.456 -446.767	262.74	204.852	245.542 -442.85	0.4	0.38	3.22 1.34
BALOK LANTAI VI	242.67	90.121	97.248 -205.751	244.14	97.371	94.487 -203.759	0.6	4.36	2.94 0.36
KOLOM I (1-3)	1664.4	394.11	627.018	1649.9	401.061	679.362	1.06	1.73	5.96
KOLOM II (4-6)	641.67	297.03	609.245	641.38	301.959	628.598	0.02	1.63	3.08

Dari tabel 6.3 hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa gaya-gaya dalam mengalami kenaikan dan penurunan dengan penyimpangan kurang dari 9 %. Gaya aksial ekstrim terjadi penyimpangan kurang dari 4 %. Sedangkan gaya lintang ekstrim pada balok terjadi penyimpangan kurang dari 5% dan gaya lintang ekstrim pada kolom terjadi penyimpangan kurang dari 2 %. Pada balok yang menderita momen ekstrim positif penampang transformasi diperoleh hasil yang lebih kecil dengan penyimpangan kurang dari 9 %. Untuk balok yang menderita momen ekstrim negatif mengalami penurunan kurang dari 4 %, sedangkan momen ekstrim dari kolom penampang transformasi diperoleh hasil yang lebih besar dengan penyimpangan mencapai 6 %.

### 6.4.2 Penampang transformasi periantai

**Tabel 6.4** Perbandingan gaya-gaya dalam properties penampang awal dengan properties penampang transformasi bervariasi untuk tiap lantai.

	GAYA-GAYA DALAM								
	TANPA TULANGAN			DENGAN TULANGAN			SELISIH (%)		
	AXIAL	SHEAR	MOMEN	AXIAL	SHEAR	MOMEN	AXIAL	SHEAR	MOMEN
BALOK LANTAI I	91.047	373.915	872.378 -1018.92	94.556	366.556	803.371 -961.343	5.44	3.37	8.59 5.90
BALOK LANTAI II	105.79	374.244	826.59 -998.205	105.45	371.383	788.87 -972.343	1.27	0.78	4.78 2.68
BALOK LANTAI III	160.18	336.228	684.546 -876.905	161.29	335.072	662.242 -855.701	0.68	0.35	4.88 2.48
BALOK LANTAI IV	238.08	277.793	437.858 -668.548	243.07	275.281	464.736 -662.843	2.08	0.91	7.66 0.05
BALOK LANTAI V	261.7	204.058	253.456 -446.767	260.58	196.531	236.751 -413.61	0.43	3.83	7.00 6.5
BALOK LANTAI VI	242.67	93.121	97.186 -205.751	245.13	101.72	89.158 -199.077	1	8.45	9 3.35
KOLOM I (1-3)	1684.4	394.118	827.018	1646.1	401.862	860.08	1.11	1.93	0.03
KOLOM II (4-6)	641.87	297.03	609.245	645.92	304.215	606.538	0.63	2.36	0.12

Dari tabel 6.4 hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa gaya-gaya dalam mengalami kenaikan dan penurunan dengan penyimpangan kurang dari 10 %. Gaya aksial ekstrim terjadi penyimpangan kurang dari 6 %. Sedangkan gaya lintang ekstrim pada balok terjadi penyimpangan kurang dari 9 % dan gaya lintang ekstrim pada kolom terjadi penyimpangan kurang dari 3 %. Pada yang menderita momen ekstrim positif penampang transformasi diperoleh hasil yang lebih kecil dengan penyimpangan hingga mencapai 10 %. Untuk balok yang menderita momen ekstrim negatif mengalami penurunan 9 %, sedangkan kolom dengan penampang transformasi diperoleh hasil yang lebih besar dengan penyimpangan mencapai 6 %.

5. Untuk momen negatif pada balok untuk pembebanan gravitasi dan gempa terjadi sedikit penurunan momen kurang dari 10%.
6. Semakin sedikit jumlah tulangan baja tarik semakin kecil luas dan momen inersia dari properties penampang transformasi dibandingkan properties penampang awal.
7. Perubahan atau penyimpangan gaya-gaya dalam pada portal tidak berpengaruh pada perencanaan penulangan pokok lenturnya.

## 7.2 Saran

Dari kesimpulan yang didapat diajukan beberapa saran sebagai berikut.

1. Analisis yang dilakukan pada tugas akhir ini masih terbatas pada keadaan elastis sehingga dapat dikembangkan pada keadaan plastis.
2. Analisis pada tugas akhir ini dapat dikembangkan dengan memperhatikan perubahan pada defleksinya.
3. Analisis yang dilakukan pada tugas akhir ini masih terbatas pada perencanaan penulangan lentur, sehingga dapat dilakukan perhitungan penulangan geser dan ditinjau perubahan perilaku terhadap gaya-gaya lintang.





## DAFTAR PUSTAKA

Dipohusodo, I., 1994, *Struktur Beton Bertulang*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Gere, J. M. dan Timoshenko, S. P., 1987, *Mekanika Bahan*, Erlangga, Jakarta.

Ghali, A. dan Neville, A. M., 1986, *Analisa Struktur*, Erlangga, Jakarta.

Nawy, E. G., 1990, *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*, PT. Eresco, Bandung.

Popov, E. P., 1991, *Mekanika Teknik*, Erlangga, Jakarta.

Shodek, D. L., 1995, *Struktur*, PT. Eresco, Bandung

Vis, W. C. dan Kusuma, G., 1993, *Dasar-Dasar Perencanaan Beton Bertulang*, Erlangga, Jakarta.

Wahana Komputer dan Andi, 1997, *Analisis Struktur Dengan SAP90*, LPK Wahana Komputer Semarang, Andi Offset, Yogyakarta.

Wang, C. K. dan Salmon, C. G., 1993, *Desain Beton Bertulang*, Erlangga, Jakarta.

Yayasan LPMB, 1991, *Standar SK-SNI-T-15-1991-03 : Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, LPMB DPU RI, Bandung.

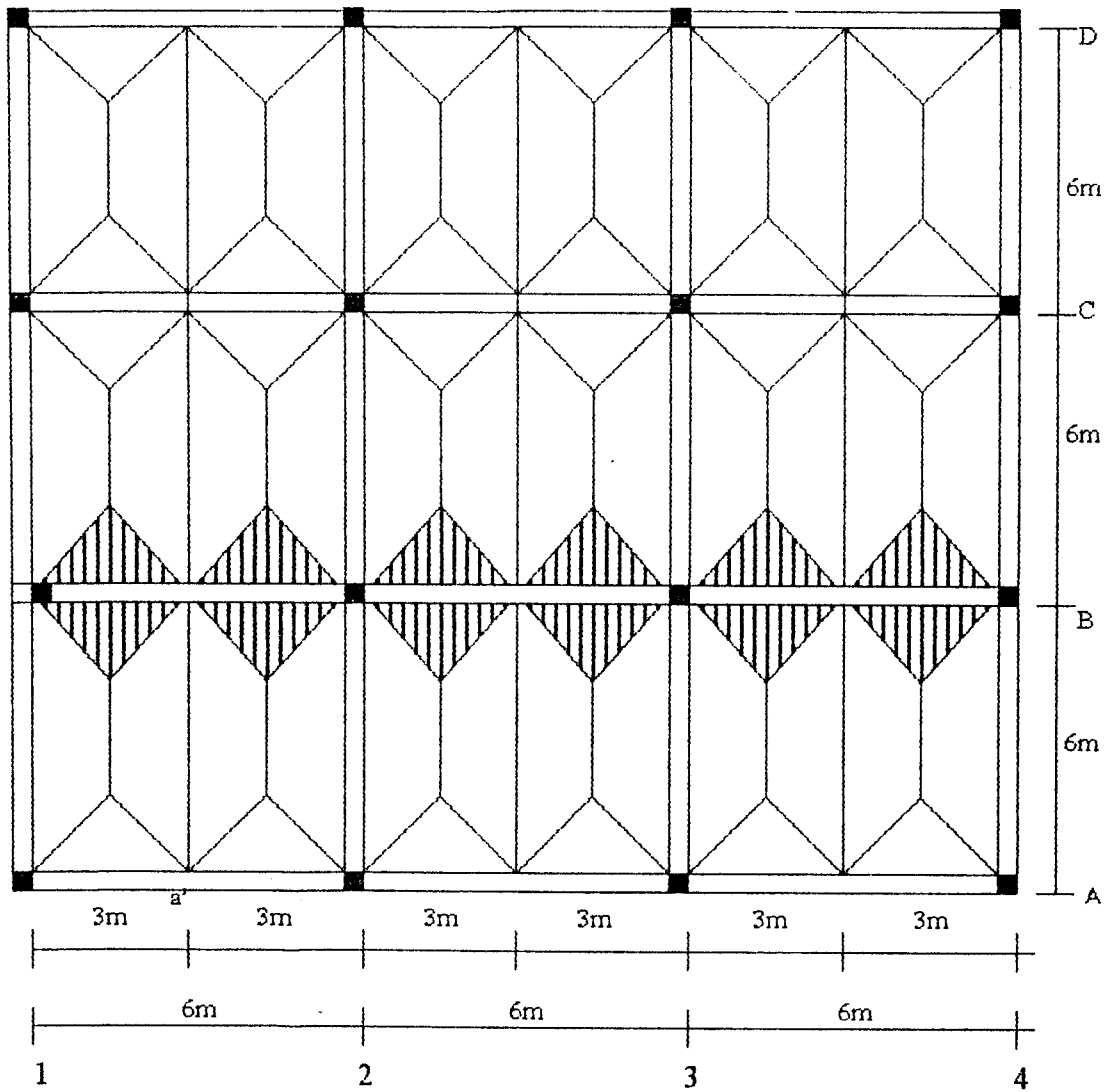
Yayasan LPMB, 1983,

- a) *Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia Untuk Gedung 1983*, LPMB DPU RI, Bandung.
- b) *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983*, LPMB DPU RI, Bandung.

# **LAMPIRAN**

**Perhitungan dimensi pelat, balok, dan kolom**

**Denah Pembebanan balok portal As-B**



**Gambar Denah pembebanan balok portal as-B**

## Perhitungan Pelat

### Pelat Atap

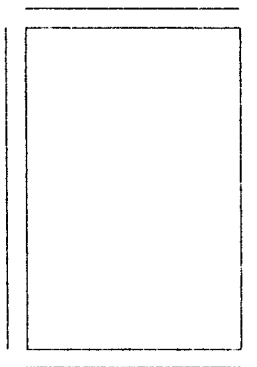
- Kontrol tebal pelat

Untuk  $f'_y = 240$  MPa dan bentang terpendek  $l_x = 3000$  mm, maka tebal minimum pelat  $h_{min}$  menurut tabel 10 ( Gideon, 1994 ) adalah:

$$h_{min} = \frac{1}{27} l = \frac{1}{27} \times 3000 = 111.11 \text{ mm}$$

dipakai tebal pelat = 120 mm

- Menentukan pembebanan atap



1. Beban hidup  $w_L = 1.0 \text{ KN/m}^2$

2. Beban mati

- slab beton  $= 0.12 \times 24 = 2.88$

- finishing  $= 0.03 \times 24 = 0.72$

- langit-langit dan penggantung  $= 0.18 +$

$$w_D = 3.780 \text{ KN/m}^2$$

$$w_U = 1.2 w_D + 1.6 w_L$$

$$= 1.2 \times 3.780 + 1.6 \times 1.0 = 6.1360 \text{ KN/m}^2$$

- Spesifikasi bahan

Mutu beton  $f'_c = 30$  Mpa

Mutu baja  $f'_y = 240$  Mpa

- Koefisien momen pelat

$$\frac{l_y}{l_x} = \frac{6}{3} = 2$$

- Dari tabel 14 koefisien momen ( Gideon, 1994 ) diperoleh

$$m_{lx} = 0.001 \cdot w_U \cdot l_x^2 \cdot x = 0.001 \times 6.1360 \times 3^2 \times 91 = 5.0254 \text{ KNm}$$

$$m_{ly} = 0.001 \cdot w_U \cdot l_x^2 \cdot x = 0.001 \times 6.1360 \times 3^2 \times 25 = 1.3806 \text{ KNm}$$

$$m_{tx} = -0.001 \cdot w_U \cdot l_x^2 \cdot x = -0.001 \times 6.1360 \times 3^2 \times 114 = -6.2955 \text{ KNm}$$

$$m_{ty} = -\frac{1}{2} \cdot m_{tx} = -\frac{1}{2} \times 5.0254 = -2.5127 \text{ KNm}$$

Dipakai tebal pelat = 120 mm

Diameter tulangan utama = 10 mm

Pemutup beton ( $p$ ) = 20 mm

- Kontrol terhadap geser

$$V_u = 1.15 \cdot \frac{1}{2} \cdot w_u \cdot l_s \\ = 1.15 \times \frac{1}{2} \times 6.1360 \times 3.0 = 10.5846 \text{ KN}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot a$$

$$\text{Dimana: } d = h - p - \frac{1}{2} \phi_0 \\ = 120 - 20 - \frac{1}{2} \times 10 = 95 \text{ mm}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{30} \times 1000 \times 95 = 86722.738 \text{ N} \\ = 86.723 \text{ KN}$$

$$\phi V_c = 0.6 \times 86.723 = 52.034 \text{ KN} > V_u = 10.5846 \text{ KN}$$

( Aman ! )

- Perhitungan tulangan

Momen lapangan arah-x

$$M_{lx} = \frac{w_u l_s^2}{8} \\ = \frac{5.0254}{0.8} = 6.28175 \text{ KN}$$

$$f'_c = 30 \text{ MPa} \rightarrow \beta_1 = 0.85$$

$$\rho_y = \frac{0.85 \cdot f'_c}{f_y} \cdot \beta_1 \cdot \frac{600}{600 + f_y} \\ = \frac{0.85 \times 30}{240} \times 0.85 \times \frac{600}{600 + 240} = 0.0645$$

$$\rho_{min} = 0.75 \times \rho_y = 0.75 \times 0.0645 = 0.0484$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 M_u \cdot \beta_1}{f_y}} \right)$$

$$\text{Dimana: } m = \frac{f_y}{\beta_1 \cdot f'_c}$$

$$= \frac{240}{0.85 \times 30} = 94118$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{240} = 0.0058$$

$$R_n = \frac{M_{us}}{b \cdot d}$$

$$= \frac{6.28175 \times 10^6}{1000 \times 95^2} = 0.6960 \text{ Mpa}$$

maka:

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{94118} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 94118 \times 0.6960}{240}} \right)$$

$$= 0.00291 < \rho_{\min} = 0.0058$$

dipakai  $\rho_{\min} = 0.0058$

- Menentukan luas tulangan

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0.0058 \times 1000 \times 95 = 551 \text{ mm}^2$$

$$A_{\phi 10} = 0.25 \times \pi \times 10^2$$

$$= 78.500 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak tulangan} = \frac{A_{\phi 10} \times 1000}{A_s} = \frac{78.500 \times 1000}{551} = 142.3475 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan  $\phi 10 - 140 \text{ mm}$

$$\text{Jumlah tulangan perimeter} = \frac{1000}{140} = 7.143$$

Diaambil 8 buah tulangan

$$A_s \text{ ada} = 8 \times 0.25 \times 3.14 \times 10^2 = 628 \text{ mm}^2$$

- Kontrol kapasitas

$$C_c = 0.85 \times 30 \times 1000 \times a$$

$$= 0.85 \times 30 \times 1000 \times a = 25500 a$$

$$T_s = A_s \text{ ada} \times f_y'$$

$$= 628 \times 240 = 150720 \text{ N}$$

$$C_c = T_s$$

$$25500 a = 150720$$

$$a = 5.9106 \text{ mm}$$

TABEL PERHITUNGAN TULANGAN PELAT ATAP

	$l_x$	$l_y$	$l_x$	$l_y$
$M_u$ (KNm)	5.0254	1.3806	6.2955	2.5127
$M_u$ (KNm)	6.2818	1.7258	7.8708	3.1409
$P''_o$ (kPa)	30	30	30	30
$\rho_b$	0.0645	0.0645	0.0645	0.0645
$P_{max}$	0.0484	0.0484	0.0484	0.0484
$P_{min}$	0.0058	0.0058	0.0058	0.0058
$m$	9.4118	9.4118	9.4118	9.4118
$R_y$ (MPa)	0.6960	0.1912	0.8721	0.3480
$P_{perb}$	0.00294	0.000799	0.00369	0.00146
$P_{pakat}$	0.0058	0.0058	0.0058	0.0058
$A_c$ (mm <sup>2</sup> )	551	551	551	551
$A_{\phi 10}$ (mm <sup>2</sup> )	78.500	78.500	78.500	78.500
$S$ (mm <sup>3</sup> )	142.3475	142.3475	142.3475	142.3475
Tul. Dipakai	$\phi 10 \cdot 140$	$\phi 10 \cdot 140$	$\phi 10 \cdot 140$	$\phi 10 \cdot 140$
Jumlah tul./m <sup>2</sup>	8	8	8	8
$A_s$ ada	628	628	628	628
$A$ (mm)	5.9106	5.9106	5.9106	5.9106
$M_u$ tot (KN)	13.873	13.873	13.873	13.873
Keterangan	Aman	Aman	Aman	Aman

Dipakai tebal pelat = 130 mm

Diameter tulangan utama = 12 mm

Penutup beton ( $p$ ) = 20 mm

- Kontrol terhadap geser

$$V_u = 1.15 \cdot \frac{1}{2} \cdot w_u \cdot l_n$$
$$= 1.15 \times \frac{1}{2} \times 9.338 \times 3.0 = 16.1943 \text{ KN}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

$$\text{Dimana: } d = h - p - \frac{1}{2} \phi_D$$
$$= 130 - 20 - \frac{1}{2} \times 12 = 104 \text{ mm}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{30} \times 1000 \times 104 = 94938.577 \text{ N}$$

$$= 94.938 \text{ KN}$$

$$\phi V_c = 0.6 \times 94.938 = 56.9631 \text{ KN} > V_u = 16.1943 \text{ KN}$$

( Aman ! )

- Perhitungan tulangan bagi

$$A_s \text{ bagi} = \frac{0.0018 \times 400 \times b \times h}{f_y}$$

$$= \frac{0.0018 \times 400 \times 1000 \times 130}{240} = 390.0 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipakai tulangan } \phi 8 \text{ mm} \rightarrow A_{\phi 8} = 0.25 \times 3.14 \times 8^2 = 50.240 \text{ mm}^2$$

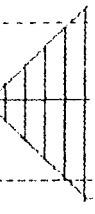
$$\text{Jarak tulangan : } s = \frac{A_{\phi 8}}{A_s \text{ terdapat}} = \frac{50.240 \times 1000}{390.0} = 128.8205 \text{ mm}$$

Jadi dipakai tulangan bagi =  $\phi 8 - 125 \text{ mm}$

- Untuk perhitungan tulangan pelat selanjutnya dapat dilihat dalam tabel berikut:



lok an



$$= 1 - \left( \frac{4}{3} \right)$$

$$= 1 - \left( \frac{4}{3} \right)$$

ka:

$$= (0.91$$

Menentu

embeban

Beban 1

- Atap

- balok

Beban hi

embebana

Beban m:

- Lantai

- Tembol

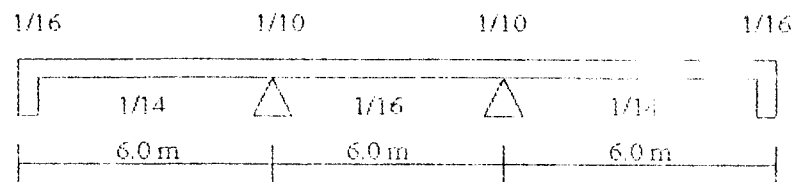
- balok

Beban hid

TABEL PERHITUNGAN TULANGAN PELAT Lantai 1

	$l_x$	$l_y$	$l_x$	$l_y$
$M_x$ (Klm)	7.6888	2.1123	9.6321	3.8444
$M_y$ (Klm)	2.611	2.6404	12.0401	4.5055
$f_c$ (Mpa)	30	30	30	30
$\rho_b$	0.0043	0.0043	0.0043	0.0043
$\rho_{max}$	0.0484	0.0484	0.0484	0.0484
$\rho_{min}$	0.0058	0.0058	0.0058	0.0058
$M$	9.4118	9.4118	9.4118	9.4118
$R_y$ (MPa)	0.8882	0.2441	1.1132	0.4443
$\rho_{perlu}$	0.00377	0.001022	0.00474	0.00187
$\rho_{pakai}$	0.0058	0.0058	0.0058	0.0058
$A_s$ (mm <sup>2</sup> )	603	603	603	603
$A_{\phi 12}$ (mm <sup>2</sup> )	113.04	113.04	113.04	113.04
$S$ (mm <sup>2</sup> )	187.4	187.4	187.4	187.4
Tul. Dipakai	$\phi 12 - 180$	$\phi 12 - 180$	$\phi 12 - 180$	$\phi 12 - 180$
Jumlah tul./m <sup>1</sup>	6	6	6	6
$A_s$ ada	678.24	678.24	678.24	678.24
$A$ (mm)	6.3834	6.3834	6.3834	6.3834
$M_n$ tot (KN)	16.409	16.409	16.409	16.409
Keterangan	Aman	Aman	Aman	Aman

- Balok menerus as-a<sup>3</sup>



**Gambar** Koefisien momen balok menerus

Beban rencana

$$\begin{aligned}
 w_u &= 1.2 w_D + 1.6 w_L \\
 &= 1.2 \times 25.2275 + 1.6 \times 6.8750 \\
 &= 41.2730 \text{ KN/m}
 \end{aligned}$$

Momen dan gaya geser rencana:

Momen dan gaya geser rencana dihitung dengan menggunakan persamaan SK SNI T-15-1991-03

$$M_u(+)=\frac{1}{14}W_u l^2=\frac{1}{14}\times 41.273\times 6^2=106.1306 \text{ KNm}$$

$$M_u(+)=\frac{1}{16}W_u l^2=\frac{1}{16}\times 41.273\times 6^2=92.8643 \text{ KNm}$$

$$M_u(-)=\frac{1}{16}W_u l^2=\frac{1}{16}\times 41.273\times 6^2=92.8643 \text{ KNm}$$

$$M_u(-)=\frac{1}{10}W_u l^2=\frac{1}{10}\times 41.273\times 6^2=148.5828 \text{ KNm}$$

$$V_u=\frac{1}{2}W_u l=\frac{1}{2}\times 41.273\times 6=123.819 \text{ KN}$$

$$V_u=1.15\cdot\frac{1}{2}W_u l=1.15\cdot\frac{1}{2}\times 41.273\times 6=142.3919 \text{ KN}$$

Spesifikasi bahan

Mutu beton  $f'_c = 30 \text{ Mpa}$

Mutu baja  $f_y = 400 \text{ Mpa}$

penutup beton = 40 mm

$\phi$  sengkang = 8 mm

$\frac{1}{2} \phi$  tul pokok = 10 mm

Total = 58 mm

$$d = 400 - 58 = 342 \text{ mm}$$

- Kontrol terhadap geser

Dari perhitungan diatas diperoleh:

$$V_u = 143.8823 \text{ KN}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d = \frac{1}{6} \sqrt{30} \times 300 \times 342 = 93660.5573 \text{ N}$$

$$V_s = 2 \cdot \frac{\sqrt{f'_c}}{3} \cdot b \cdot d = 2 \times \frac{\sqrt{30}}{3} \times 300 \times 342 = 374642.2293 \text{ N}$$

$$\phi(V_c + V_s) = 0.6 \times (93660.5573 + 374642.2293) = 280981.672 \text{ N}$$

$$= 280.982 \text{ KN} > V_u = 142.3919 \text{ KN}$$

(Aman !)

- Perencanaan tulangan arah negatif maksimum

$$M_u = 148.5828 \text{ KNm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{0.8} = \frac{143.8823}{0.8} = 185.7285 \text{ KNm}$$

- Menentukan tulangan pokok

$$p_b = \frac{0.85 \cdot f'_c}{f_y} \cdot \beta_1 \cdot \frac{600}{600 + f_y}$$

$$= \frac{0.85 \times 30}{400} \times 0.85 \times \frac{600}{600 + 400} = 0.033$$

$$p_{\max} = 0.75 \times p_b = 0.75 \times 0.033 = 0.024$$

$$p_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

dimana

$$m = \frac{f_y}{0.85 \cdot f'_c} = \frac{400}{0.85 \times 30} = 15.686$$

$$p_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{400} = 0.0035$$

- Menentukan tulangan pokok

$$p_b = \frac{0.85 \cdot f_c}{f_y} \cdot \beta_1 \cdot \frac{600}{600 + f_y}$$

$$= \frac{0.85 \times 30}{400} \times 0.85 \times \frac{600}{600 + 400} = 0.033$$

$$p_{\max} = 0.75 \times p_b = 0.75 \times 0.033 = 0.024$$

$$p_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

dimana

$$m = \frac{f_y}{0.85 \cdot f_c} = \frac{400}{0.85 \times 30} = 15.686$$

$$p_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{400} = 0.0035$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{107.2414 \times 10^6}{300 \times 342^2} = 3.7807 \text{ MPa}$$

maka

$$p_{\text{perlu}} = \frac{1}{15.686} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.686 \times 3.7807}{400}} \right) = 0.0103 > p_{\min} = 0.0035$$

$p_{\min} < p_{\text{perlu}} < p_{\max}$  ( dipakai Tulangan Sebelah )

Dipakai  $p_{\text{perlu}} = 0.0103$

$$A_s \text{ pendekatan} = p \cdot b \cdot d = 0.0103 \times 300 \times 342 = 1056.78 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan 4 $\phi$  20 mm maka  $A_{s\text{pakai}} = 1256.637 \text{ mm}^2$

- Kontrol kapasitas momen

$$C_c = 0.85 \cdot f_c \cdot b \cdot a$$

$$= 0.85 \times 30 \times 300 \times a = 7650 a$$

$$T_s = A_s \text{ ada} \times f_y$$

$$= 1257.1429 \times 400 = 502857.1429 \text{ N}$$

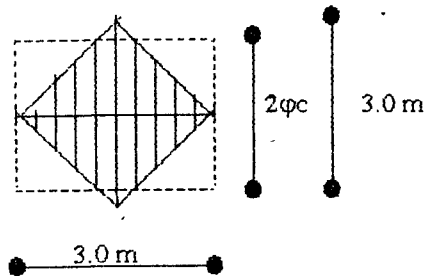
Syarat keseimbangan tegangan

$$C_c = T_s$$

$$7650 a = 502857.1429$$

$$a = 65.7330 \text{ mm}$$

**Balok Induk tengah arah membujur ( balok as-B)**



$$\varphi c = \left( \frac{2}{3} \times 1.5 \right) = 1$$

- Menentukan pembebanan balok

- Pembebanan balok atap

Beban mati

- Atap  $= 3.78 \times 2 \times 1.0 = 7.56$

- balok  $= 0.40 \times 0.70 \times 24 = \underline{6.72} +$

$$w_D = 14.28 \text{ KN/m}$$

Beban hidup atap  $w_L = 1.0 \times 2 \times 1.0 = 2.0 \text{ KN/m}$

- Pembebanan balok lantai

Beban mati

- Lantai  $= 4.49 \times 2 \times 1.0 = 8.98$

- Tembok  $= 4.0 \times 2.50 = 10.00$

- balok  $= 0.40 \times 0.70 \times 24 = \underline{6.72} +$

$$w_D = 25.70 \text{ KN/m}$$

Beban hidup gedung perkantoran  $w_L = 2.5 \times 2 \times 1.0 = 5.0 \text{ KN/m}$

## PERHITUNGAN BEBAN GEMPA

**Bangunan 6 lantai dengan  $h_w = 24$  m**

- Menentukan pembebanan gempa

- Beban mati atap

- Plat =  $18 \times 18 \times 0.12 \times 2400 = 93312$
- Balok =  $2(4 \times 18) \times 0.4 \times 0.58 \times 2400 = 80179,2$
- Kolom =  $16 \times 2 \times 0.5 \times 0.5 \times 2400 = 19200$
- Dinding =  $72 \times 2 \times 250 = 36000$
- Plafond =  $18 \times 18 \times 50 = 16200$  +

$$\text{Watap} = 244891,2 \text{ kg}$$

- Beban hidup atap

$$q_h \text{ Atap} = 100 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{koef. Reduksi} = 0.3$$

$$W \text{ hidup} = 0.3 (18 \times 18 \times 100) = 9720 \text{ kg}$$

$$\text{Beban total Atap} = W \text{ mati atap} + W \text{ hidup atap}$$

$$= 244891,2 + 9720 = 254611,2 \text{ kg}$$

$$= 2546,112 \text{ kn}$$

- Beban mati lantai

- Beban Mati

- Plat =  $18 \times 18 \times 0,13 \times 2400 = 101088$
- Tembok =  $72 \times 4 \times 250 = 66000$
- Kolom =  $16 \times 4 \times 0.5 \times 0.5 \times 2400 = 19200$

banan

Gaya geser dasar horisontal

$$V = C . I . K . Wt$$

$$= 0.07 \times 1.0 \times 1.0 \times 18234,67 = 1276,42169 \text{kn}$$

Rasio tinggi terhadap lebar bangunan

$$H/B = 24 / 18$$

$$= 1.33 < 3$$

$$F_i = \frac{W_i . h_i}{\sum W_i . F_i} \times V$$

Tabel distribusi beban gempa tiap tingakat untuk bangunan 6 lantai  $l_w = 24 \text{ m}$

Tingkat	$W_i$ (kn)	$h_i$ (m)	$W_i . h_i$ (kn)	$F_i$ (kn)
6	2546.11	24	61106.64	305.104
5	3137.71	20	62754.20	313.330
4	3137.71	16	56478.78	281.997
3	3137.71	12	37652.52	187.998
2	3137.71	8	25101.68	125.332
1	3137.71	4	12550.84	62.666
			$\Sigma = 255644.66$	

6m

kolom ( 50.

28 KN/m

N/m

28 KN

Tabel penulangan balok tumpuan negatif

Balok Lantai	Mmax	Mmin	M+/M-	p/p	Mu	Rn	p	p pakai	As	n	As'	n
1	872.378	1018.92	0.85618	0.9	-1018.92	5.848	0.0168	0.0168	4435.2	8	3991.68	7
2	826.59	998.205	0.82808	0.85	-998.205	5.729	0.0164	0.0164	4340.9	8	3689.78	6
3	694.546	876.905	0.79204	0.8	-876.905	5.033	0.0142	0.0142	3736.3	7	2989.04	5
4	497.658	688.548	0.72276	0.75	-688.548	3.952	0.0198	0.0198	2849.3	5	2136.97	4
5	253.456	448.767	0.56478	0.6	-448.767	2.576	0.0068	0.0068	1795.67	3	1077.4	2
6	97.186	205.751	0.47235	0.5	-205.75	1.056	0.0027	0.0035	924	2	462	2

Tabel penulangan balok tumpuan positif

Balok Lantai	Mmax	Mmin	M-/M+	p/p	Mu	Rn	p	p pakai	As	n	As'	n
1	872.378	1018.92	1.16798	1	872.378	5.007	0.0141	0.0141	3714.32	7	3714.32	7
2	826.59	998.205	1.20762	1	826.59	4.744	0.0132	0.0132	3493.63	6	3493.63	6
3	694.546	876.905	1.26256	1	694.546	3.986	0.0109	0.0109	2876.71	5	2876.71	5
4	497.658	688.548	1.38358	1	497.658	2.856	0.0076	0.0076	2004.43	4	2004.43	4
5	253.456	448.767	1.77059	1	253.456	1.447	0.0037	0.0037	984.04	2	984.04	2
6	97.186	205.751	2.11703	1	97.186	0.457	0.0012	0.0035	924	2	924	2

Tabel Tulangan dan Momen Nominal Aktual Portal As-B

Balok Lantai	n tul. Atas	As Pasang	p aktual	Rn	Mn	n tul. Bawah	As Pasang	p aktual	Rn	Mn
1	8	4928	0.0193	6.543	1069.292	7	4312	0.0169	5.857	953.622
2	8	4928	0.0193	6.543	1069.292	6	4696	0.0145	5.143	837.371
3	7	4312	0.0169	5.857	953.622	5	3080	0.0121	4.371	790.805
4	5	3080	0.0121	4.371	790.805	4	2464	0.0097	3.6	586.143
5	3	1848	0.0072	2.371	442.864	2	1232	0.0048	1.85	301.212
6	2	1232	0.0048	1.85	301.213	2	1232	0.0048	1.85	301.212



### Perhitungan Dimensi Kolom

- Dari perhitungan SAP-90 diperoleh:  
(Struktur Beton Bertulang, Istimawati, 1994)

$$P_u = -1664.36 \text{ KN}$$

$$M_u = 827.018 \text{ KNm}$$

$$e = \frac{M_u}{P_u} = \frac{827.018 \times 10^3}{-1664.36} = 496.899 \text{ mm}$$

- Menentukan penulangan kolom  
Ukuran kolom 500 mm x 500 mm

$$\rho = \rho' = \frac{A_s}{b \cdot d} = 0.01$$

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

$$A_s = A_s' = 0.01 \times (500 \times 500) = 2500 \text{ mm}^2$$

- Dicoba dengan 5 $\phi$ 32 pada masing-masing sisi kolom ( $A_s = 4021.234 \text{ mm}^2$ )

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{4021.234}{500 \times 460} = 0.0174$$

- Pemeriksaan  $P_u$  terhadap beban seimbang  $P_{ub}$

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

$$d = h - d' = 500 - 40 = 460 \text{ mm}$$

$$c_b = \frac{600}{600 + 400} \times 460 = 276 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0.85$$

$$a_b = \beta_1 \cdot c_b = 0.85 \cdot 276 = 234.6 \text{ mm}$$

$$e'_{cc} = \frac{c_b - d'}{c_b} \cdot e'_{cc}$$

$$\epsilon'_s = \frac{276 - 40}{276} \times 0.003 = 0.0057 \quad \text{dan} \quad \epsilon_s = \frac{f'_s}{E_s} = \frac{100}{2000000} = 0.0020$$

$$f'_s = E_s \cdot \epsilon'_s = 2000000 \times 0.00257 = 513.043 \text{ Mpa} \quad f'_y = 100 \text{ Mpa}$$

$$f'_s > f'_y$$

maka dalam perhitungan selanjutnya digunakan

$$\begin{aligned} \phi P_n &= 0.65 (0.85 \cdot f'_c \cdot a_c \cdot b + A'_s \cdot f'_s - A_s \cdot f_y) \\ &= 0.65 (0.85 \times 30 \times 234.6 \times 500 + 0) \times 10^{-3} \\ &= 1944.2475 \text{ kN} < P_u = 1664.36 \text{ kN} \end{aligned}$$

Dengan demikian kolom tidak akan mengalami hancur.

- Pemeriksaan kekuatan penampang

$$P_n = \frac{A'_s \cdot f'_s}{\frac{e}{d-d'} + 0.50} + \frac{b \cdot h \cdot f'_c}{\frac{3 \cdot e \cdot e}{d^2} + 1.18}$$

$$\begin{aligned} \frac{4021.234 \times 400}{496.899 + 0.50} + \frac{500 \times 500 \times 30}{3 \times 500 \times 496.899 + 1.18} &= 2704438.462 \text{ N} \\ &= 2704.438 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\phi P_n = 0.65 \times 2704.438 = 1757.885 \text{ kN} > P_u = 1664.36 \text{ kN}$$

( Aman ! )

Tabel penulangan balok dan kolom

Tabel penulangan balok pada tumpuan

Balok Lantai	n tul Atas	n tul Bawah
1	8	7
2	8	<b>6</b>
3	-	5
4	5	4
5	5	2
6	2	2

Tabel penulangan balok pada lapangan

Balok Lantai	n tul Atas	n tul Bawah
1	4	7
2	3	<b>6</b>
3	3	5
4	2	4
5	2	2
6	2	2

Kolom	n tul
(1-12 m)	5
(12-24 m)	4

Keterangan - Diameter tulangan balok D26  
 - Diameter tulangan kolom D32

PORTAL AS B TINGGI 24 METER (KN-m)  
 SYSTEM  
 L=4 : BEBAN MATI (ABD)

LF

JOINT

1 X=0 Z=0  
 7 X=0 Z=24 G=1,7,1  
 8 X=6 Z=0  
 14 X=6 Z=24 G=8,14,1  
 15 X=12 Z=0  
 21 X=12 Z=24 G=15,21,1  
 22 X=18 Z=0  
 28 X=18 Z=24 G=22,28,1  
 29 X=1.5 Z=4  
 34 X=1.5 Z=24 G=29,34,1  
 35 X=4.5 Z=4  
 40 X=4.5 Z=24 G=35,40,1  
 41 X=7.5 Z=4  
 46 X=7.5 Z=24 G=41,46,1  
 47 X=10.5 Z=4  
 52 X=10.5 Z=24 G=47,52,1  
 53 X=13.5 Z=4  
 58 X=13.5 Z=24 G=53,58,1  
 59 X=16.5 Z=4  
 64 X=16.5 Z=24 G=59,64,1

RESTRAINTS

1 64 1 R=0,1,0,1,0,1  
 1 22 7 R=1,1,1,1,1,1

FRAME

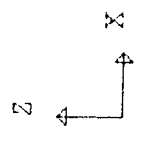
NM=2 NL=4

1 A=.50\*.50 I=1/12\*.50\*.50\*.50\*.50 E=2.574E7 : KOLOM  
 2 A=.40\*.70 I=1/12\*.40\*.70\*.70\*.70 E=2.574E7 : BALOK  
 1 WG=0,0,-14.28 PLD=1.5,-17.28,0 : beban mati atap tengah  
 2 WG=0,0,-25.70 PLD=1.5,-17.28,0 : beban mati lantai tengah  
 3 WG=0,0,-14.28 : beban mati atap  
 4 WG=0,0,-25.70 : beban mati lantai  
 1 1 2 LP=-2 M=1 G=5,1,1,1  
 7 8 9 LP=-2 M=1 G=5,1,1,1  
 13 15 16 LP=-2 M=1 G=5,1,1,1  
 19 22 23 LP=-2 M=1 G=5,1,1,1  
 25 2 29 LP=-2 M=2 G=4,1,1,1 NSL=0,0,0,4  
 30 7 34 LP=-2 M=2 NSL=0,0,3,0  
 31 29 35 LP=-2 M=2 G=4,1,1,1 NSL=0,2,0,0  
 36 34 40 LP=-2 M=2 NSL=1,0,0,0  
 37 35 9 LP=-2 M=2 G=4,1,1,1 NSL=0,0,0,4  
 42 40 14 LP=-2 M=2 NSL=0,0,3,0  
 43 9 41 LP=-2 M=2 G=4,1,1,1 NSL=0,0,0,4  
 48 14 46 LP=-2 M=2 NSL=0,0,3,0  
 49 41 47 LP=-2 M=2 G=4,1,1,1 NSL=0,2,0,0  
 54 46 52 LP=-2 M=2 NSL=1,0,0,0  
 55 47 16 LP=-2 M=2 G=4,1,1,1 NSL=0,0,0,4  
 60 52 21 LP=-2 M=2 NSL=0,0,3,0  
 61 16 53 LP=-2 M=2 G=4,1,1,1 NSL=0,0,0,4  
 66 21 58 LP=-2 M=2 NSL=0,0,3,0  
 67 53 59 LP=-2 M=2 G=4,1,1,1 NSL=0,2,0,0  
 72 58 64 LP=-2 M=2 NSL=1,0,0,0  
 73 59 23 LP=-2 M=2 G=4,1,1,1 NSL=0,0,0,4  
 78 64 28 LP=-2 M=2 NSL=0,0,3,0

COMBO

1 C=1,1,1,1

720	34	36	402	148	46	54	560	246	58	72	648	28
629	33	35	391	147	45	53	559	265	57	71	697	27
528	32	34	380	146	44	52	558	184	56	70	696	26
427	31	33	369	145	43	51	497	163	55	69	615	25
326	30	32	358	144	42	50	456	142	54	68	604	24
225	29	31	347	143	41	49	455	141	53	67	593	23
124	28	30	336	142	40	48	414	120	52	66	582	22
23	27	29	325	141	39	47	373	119	51	65	571	21
22	26	28	314	140	38	46	332	98	50	64	560	20
21	25	27	303	139	37	45	291	77	49	63	549	19
20	24	26	292	138	36	44	250	56	48	62	538	18
19	23	25	281	137	35	43	209	35	47	61	527	17
18	22	24	270	136	34	42	168	14	46	60	516	16
17	21	23	259	135	33	41	127	13	45	59	505	15
16	20	22	248	134	32	40	86	12	44	58	494	14
15	19	21	237	133	31	39	45	11	43	57	483	13
14	18	20	226	132	30	38	4	10	42	56	472	12
13	17	19	215	131	29	37	1	9	41	55	461	11
12	16	18	204	130	28	36	1	8	40	54	450	10
11	15	17	193	129	27	35	1	7	39	53	439	9
10	14	16	182	128	26	34	1	6	38	52	428	8
9	13	15	171	127	25	33	1	5	37	51	417	7
8	12	14	160	126	24	32	1	4	36	50	406	6
7	11	13	149	125	23	31	1	3	35	49	395	5
6	10	12	138	124	22	30	1	2	34	48	384	4
5	9	11	127	123	21	29	1	1	33	47	373	3
4	8	10	116	122	20	28	1	1	32	46	362	2
3	7	9	105	121	19	27	1	1	31	45	351	1
2	6	8	94	120	18	26	1	1	30	44	340	1
1	5	7	83	119	17	25	1	1	29	43	329	1



as-b  
UNDEFORMED  
SHAPE

OPTIONS  
JOINT IDS  
ELEMENT IDS  
WIRE FRAME

SAP90



TABEL HASIL KOMBINASI GAYA-GAYA DALAM PENAMPANG AWAL

EI	Sec	Beban mati (D)			Beban Hidup (L)			Beban Gempa (E)			1.2D+1.6L			0.9D+E			1.05(D+0.3L+E)			0.9D+E			1.05(D+0.3L+E)		
		AXIAL	SHEAR	MOMEN	AXIAL	SHEAR	MOMEN	AXIAL	SHEAR	MOMEN	AXIAL	SHEAR	MOMEN	AXIAL	SHEAR	MOMEN	AXIAL	SHEAR	MOMEN	AXIAL	SHEAR	MOMEN	AXIAL	SHEAR	MOMEN
19	0	-480.6	10.34	-12.98	-81.36	1.72	-2.33	-1077	280.15	-683.59	-706.88	15.16	-20.584	-1509.9	239.46	-699.172	-1661.4	305.56	-733.182	644.749	-270.84	671.008	600.8961	-282.76	702.357
20	0	-399.3	10.34	27.39	-67.06	1.72	4.57	-802.8	280.15	-460.63	-586.48	15.16	40.18	-1162.1	239.46	461.651	0	305.56	489.049	0	-270.84	-112.249	0	-282.76	-423.654
21	0	-314.7	19.98	39.42	-52.29	3.23	6.4	-536	231.49	465.32	0	28.412	56.344	0	248.92	499.898	0	264.42	530.943	443.438	-214.06	-430.742	0	-221.71	445.587
22	0	-228.4	19.98	40.52	-37.2	3.23	6.75	-307.5	207.32	428.06	0	29.304	59.424	0	225.3	464.528	0	238.71	494.135	252.781	-189.34	355.741	0	-195.66	377.634
23	0	-140.8	21.25	42.81	-43.77	3.52	7.09	-135.8	169.76	-316.94	-333.59	31.132	-61.944	-113.07	188.89	-364.911	-574.42	201.67	-379.295	101.969	-150.64	278.909	71.3685	-154.83	286.279
24	0	-52.26	23.25	45.22	-6.52	3.23	6.53	-34.61	114.84	362.08	0	31.132	62.716	0	188.89	400.609	0	201.67	427.368	9.147	-95.085	160.757	-12.0719	-56.369	161.893
25	0	9.03	23.25	47.79	1.5	3.23	6.53	-13.41	50.02	259.2	0	32.26	64.832	0	134.6	298.826	0	144.8	320.761	21.537	348.458	-960.434	24.0345	378.915	-1018.92
26	0	0.61	24.57	47.83	0.1	6.77	4.7	-101.1	-275.3	487.72	0	62.156	39.44	0	-236.78	511.86	0	-241.99	541.517	101.609	343.523	-938.997	106.785	374.244	-988.266
27	0	1.27	24.57	47.83	0.2	7.31	3.62	-151.2	-267.4	467.93	0	66.92	29.924	0	-225.99	485.929	0	-230.16	513.477	152.373	307.059	-822.749	160.189	336.229	-876.905
28	0	0.7	24.57	47.83	0.18	7.59	3.25	-229.4	-229.4	404.26	0	69.468	26.62	0	-186.38	420.325	0	-188.29	444.239	226.6	251.218	-642.782	238.002	277.794	-886.542
29	0	1.3	24.57	47.83	0.32	7.9	2.92	-248	-172.4	306.32	0	71.364	23.812	0	-125.4	220.675	0	-127	339.303	249.2	216.523	-291.965	0	234.953	-303.825
30	0	-23.25	24.57	47.83	-3.26	7.87	2.95	-101.2	-101.2	181.95	0	72.532	22.216	0	-56.275	195.072	0	-51.365	207.286	249.2	180.98	-414.124	261.6957	204.353	-448.737
31	0	9.03	24.57	47.83	1.5	6.52	-5.53	-255.4	-34.47	125.07	-33.308	73.144	-67.786	-270.31	12.564	82.059	-293.63	20.733	79.0871	234.455	81.504	-168.081	242.6718	93.1203	-187.556
32	0	0.61	24.57	47.83	0.1	3.52	1	-13.41	-34.47	73.36	0	42.64	19.048	0	-6.714	89.446	0	-2.7027	92.61	21.537	313.753	-463.78	24.0345	336.075	-482.696
33	0	1.27	24.57	47.83	0.2	6.77	4.7	-101.1	-275.3	487.72	13.236	62.156	39.44	-5.283	-238.78	511.86	-4.1265	-241.99	541.517	101.609	308.838	-449.731	106.785	331.404	-466.866
34	0	0.7	24.57	47.83	0.18	7.59	3.25	-229.4	-229.4	404.26	1.844	69.468	26.62	0	-186.38	420.325	-157.4	-188.29	444.239	152.373	272.363	-388.195	160.189	293.389	-404.707
35	0	-0.531	21.25	42.81	-0.52	3.52	7.09	-135.8	-172.4	47.78	0	-8.112	87.184	0	-179.44	101.356	0	-198.08	116.979	226.6	216.523	-291.965	288.0602	234.959	-303.869
36	0	-0.531	21.25	42.81	-0.52	3.52	7.09	-135.8	-172.4	47.78	0	-8.112	87.184	0	-179.44	101.356	0	-198.08	116.979	226.6	216.523	-291.965	288.0602	234.959	-303.869









PORTAL AS B (seragam) TINGGI 24 METER (KN-m)

SYSTEM

L=4 :BEBAN MATI(1)

JOINT

1 X=0 Z=0  
7 X=0 Z=24 G=1,7,1  
8 X=6 Z=0  
14 X=6 Z=24 G=8,14,1  
15 X=12 Z=0  
21 X=12 Z=24 G=15,21,1  
22 X=18 Z=0  
28 X=18 Z=24 G=22,28,1  
29 X=1.5 Z=4  
34 X=1.5 Z=24 G=29,34,1  
35 X=4.5 Z=4  
40 X=1.5 Z=24 G=35,40,1  
41 X=7.5 Z=4  
46 X=7.5 Z=24 G=41,46,1  
47 X=10.5 Z=4  
52 X=10.5 Z=24 G=47,52,1  
53 X=13.5 Z=4  
58 X=13.5 Z=24 G=53,58,1  
59 X=16.5 Z=4  
64 X=16.5 Z=24 G=59,64,1

RESTRAINTS

1 64 1 R=0,1,0,1,0,1  
1 22 7 R=1,1,1,1,1,1

FRAME

NM=3 NL=4

1 A=0.278161 I=0.00845301 E=2.574E7 :KOLOM  
2 A=0.162679 I=0.00903559 E=2.574E7 :BALOK TUMPUAN  
3 A=0.252633 I=0.01003619 E=2.574E7 :BALOK LAPANGAN  
1 WG=0,0,-14.28 PLD=1.5,-17.28,0 : beban mati atap tengah  
2 WS=0,0,-25.70 PLD=1.5,-17.28,0 : beban mati lantai tengah  
3 WR=0,0,-14.28 : beban mati atap  
4 WS=0,0,-25.70 : beban mati lantai  
1 1 2 LP=-2 M=1 G=5,1,1,1  
7 8 9 LP=-2 M=1 G=5,1,1,1  
13 15 16 LP=-2 M=1 G=5,1,1,1  
19 22 23 LP=-2 M=1 G=5,1,1,1  
25 2 29 LP=-2 M=2 G=4,1,1,1 NSL=0,0,0,4  
30 7 34 LP=-2 M=2 NSL=0,0,3,0  
31 29 35 LP=-2 M=3 G=4,1,1,1 NSL=0,2,0,0  
36 34 40 LP=-2 M=3 NSL=1,0,0,0  
37 35 9 LP=-2 M=2 G=4,1,1,1 NSL=0,0,0,4  
42 40 14 LP=-2 M=2 NSL=0,0,3,0  
43 9 41 LP=-2 M=2 G=4,1,1,1 NSL=0,0,0,4  
48 14 46 LP=-2 M=2 NSL=0,0,3,0  
49 41 47 LP=-2 M=3 G=4,1,1,1 NSL=0,2,0,0  
54 46 52 LP=-2 M=3 NSL=1,0,0,0  
55 47 16 LP=-2 M=2 G=4,1,1,1 NSL=0,0,0,4  
60 52 21 LP=-2 M=2 NSL=0,0,3,0  
61 16 53 LP=-2 M=2 G=4,1,1,1 NSL=0,0,0,4  
66 21 58 LP=-2 M=2 NSL=0,0,3,0  
67 53 59 LP=-2 M=3 G=4,1,1,1 NSL=0,2,0,0  
72 58 64 LP=-2 M=3 NSL=1,0,0,0  
73 59 23 LI=-2 M=2 G=4,1,1,1 NSL=0,0,0,4  
78 64 28 LP=-2 M=2 NSL=0,0,3,0

COMBO

1 C=1,1,1,1

PORTAL A-B (seragam) TINGGI 24 METER (KN-m)  
 SYSTEM  
 L=2 : BEBAN HIDUP (2)

JOINT

1 X=0 Z=0  
 7 X=0 Z=24 G=1,7,1  
 8 X=6 Z=0  
 14 X=6 Z=24 G=8,14,1  
 15 X=12 Z=0  
 21 X=12 Z=24 G=15,21,1  
 22 X=18 Z=0  
 28 X=18 Z=24 G=22,28,1  
 29 X=1.5 Z=4  
 34 X=1.5 Z=24 G=29,34,1  
 35 X=4.5 Z=4  
 40 X=4.5 Z=24 G=35,40,1  
 41 X=7.5 Z=4  
 46 X=7.5 Z=24 G=41,46,1  
 47 X=10.5 Z=4  
 52 X=10.5 Z=24 G=47,52,1  
 53 X=13.5 Z=4  
 58 X=13.5 Z=24 G=53,58,1  
 59 X=16.5 Z=4  
 64 X=16.5 Z=24 G=59,64,1

RESTRAINTS

1 64 1 R=0,1,0,1,0,1  
 1 22 7 R=1,1,1,1,1,1

FRAME

NM=3 NL=2

1 A=0.278161 I=0.00645301 E=2.574E7 :KOLOM  
 2 A=0.162679 I=0.00903569 E=2.574E7 :BALOK TUMPUAN  
 3 A=0.252633 I=0.01002610 E=2.574E7 :BALOK LAPANGAN  
 1 WG=0,0,-2 : beban hidup atap  
 2 WG=0,0,-5 : beban hidup lantai

1 1 2 LP=-2 M=1 G=5,1,1,1  
 7 8 9 LP=-2 M=1 G=5,1,1,1  
 13 15 16 LP=-2 M=1 G=5,1,1,1  
 19 21 23 LP=-2 M=1 G=5,1,1,1  
 25 2 29 LP=-2 M=2 G=4,1,1,1 NSL=0,2  
 30 7 34 LP=-2 M=2 NSL=1,0  
 31 20 35 LP=-2 M=3 G=4,1,1,1 NSL=0,2  
 36 34 40 LP=-2 M=3 NSL=1,0  
 37 35 9 LP=-2 M=2 G=4,1,1,1 NSL=0,2  
 42 40 14 LP=-2 M=2 NSL=1,0  
 43 9 41 LP=-2 M=2 G=4,1,1,1 NSL=0,2  
 46 14 46 LP=-2 M=2 NSL=1,0  
 49 41 47 LP=-2 M=3 G=4,1,1,1 NSL=0,2  
 54 46 52 LP=-2 M=3 NSL=1,0  
 55 47 16 LP=-2 M=2 G=4,1,1,1 NSL=0,2  
 60 52 21 LP=-2 M=2 NSL=1,0  
 61 16 53 LP=-2 M=2 G=4,1,1,1 NSL=0,2  
 66 21 56 LP=-2 M=2 NSL=1,0  
 67 53 59 LP=-2 M=3 G=4,1,1,1 NSL=0,2  
 72 59 64 LP=-2 M=3 NSL=1,0  
 73 59 23 LP=-2 M=2 G=4,1,1,1 NSL=0,2  
 78 64 28 LP=-2 M=2 NSL=1,0

COMPO

1 C=1,1

PORTAL AS B (saragam)TINGGI 24 METER (KQ-m)  
SYSTEM

L=1 :BERAN GEMPA (J)

JOINT

1 X=0 Z=0  
7 X=0 Z=24 G=1,7,1  
8 X=6 Z=0  
14 X=6 Z=24 G=8,14,1  
15 X=12 Z=0  
21 X=12 Z=24 G=15,21,1  
22 X=18 Z=0  
28 X=18 Z=24 G=22,28,1  
29 X=1.5 Z=4  
34 X=1.5 Z=24 G=29,34,1  
35 X=4.5 Z=4  
40 X=4.5 Z=24 G=35,40,1  
41 X=7.5 Z=4  
46 X=7.5 Z=24 G=41,46,1  
47 X=10.5 Z=4  
52 X=10.5 Z=24 G=47,52,1  
53 X=13.5 Z=4  
58 X=13.5 Z=24 G=53,58,1  
59 X=16.5 Z=4  
64 X=16.5 Z=24 G=59,64,1

RESTRAINTS

1 64 1 R=0,1,0,1,0,1  
1 22 7 R=1,1,1,1,1,1

FRAME

NM=3 NSEC=3  
1 A=0.278161 I=0.00645301 E=2.574E7 :KOLOM  
2 A=0.162679 I=0.00903569 E=2.574E7 :BALOK TUMPUAN  
3 A=0.252633 I=0.01002610 E=2.574E7 :BALOK LAPANGAN  
1 1 2 LP=-2 M=1 G=5,1,1,1  
7 8 9 LP=-2 M=1 G=5,1,1,1  
13 15 16 LP=-2 M=1 G=5,1,1,1  
19 22 23 LP=-2 M=1 G=5,1,1,1  
25 2 29 LP=-2 M=2 G=4,1,1,1  
30 7 34 LP=-2 M=2  
31 29 35 LP=-2 M=3 G=4,1,1,1  
36 34 40 LP=-2 M=3  
37 35 9 LP=-2 M=2 G=4,1,1,1  
42 40 14 LP=-2 M=2  
43 9 41 LP=-2 M=2 G=4,1,1,1  
48 14 46 LP=-2 M=2  
49 41 47 LP=-2 M=3 G=4,1,1,1  
54 46 52 LP=-2 M=3  
55 47 16 LP=-2 M=2 G=4,1,1,1  
60 52 21 LP=-2 M=2  
61 16 53 LP=-2 M=2 G=4,1,1,1  
66 21 58 LP=-2 M=2  
67 53 59 LP=-2 M=3 G=4,1,1,1  
72 58 64 LP=-2 M=3  
73 59 23 LP=-2 M=2 G=4,1,1,1  
78 64 28 LP=-2 M=2

LOAD

2 F= 62.666,0 L=1  
3 F=125.332,0 L=1  
4 F=187.998,0 L=1  
5 F=251.997,0 L=1  
6 F=313.330,0 L=1  
7 F=305.104,0 L=1











PORTAL AS B (perlantai)TINGGI 24 METER (KN-m)  
 SYSTEM  
 L=4 :BEBAN MATI (AID)

JOINT

1 X=0 Z=0  
 7 X=0 Z=24 G=1,7,1  
 8 X=6 Z=0  
 14 X=6 Z=24 G=8,14,1  
 15 X=12 Z=0  
 21 X=12 Z=24 G=15,21,1  
 22 X=18 Z=0  
 28 X=18 Z=24 G=22,28,1  
 29 X=1.5 Z=4  
 34 X=1.5 Z=24 G=25,34,1  
 35 X=4.5 Z=4  
 40 X=4.5 Z=24 G=35,40,1  
 41 X=7.5 Z=4  
 46 X=7.5 Z=24 G=41,46,1  
 47 X=10.5 Z=4  
 52 X=10.5 Z=24 G=47,52,1  
 53 X=13.5 Z=4  
 58 X=13.5 Z=24 G=53,58,1  
 59 X=16.5 Z=4  
 64 X=16.5 Z=24 G=59,64,1

RESTRAINTS

1 64 1 R=0,1,0,1,0,1  
 1 22 7 R=1,1,1,1,1,1

FRAME

NM=13 NL=4

1 A=.278161 I=.00645301 E=2.574E7 :KOLOM Bawah (5D32)  
 2 A=.272529 I=.00620185 E=2.574E7 :KOLOM Atas (4D32)  
 3 A=.162679 I=.00903569 E=2.574E7 :BALOK Tumpuan (8-7D28)  
 4 A=.160215 I=.00890667 E=2.574E7 :BALOK Tumpuan (8-6D28)  
 5 A=.147711 I=.00797301 E=2.574E7 :BALOK Tumpuan (7-5D28)  
 6 A=.123233 I=.00612079 E=2.574E7 :BALOK Tumpuan (5-4D28)  
 7 A=.092311 I=.00399324 E=2.574E7 :BALOK Tumpuan (3-2D28)  
 8 A=.076156 I=.00286134 E=2.574E7 :BALOK Tumpuan (2-2D28)  
 9 A=.252633 I=.01002610 E=2.574E7 :BALOK Lapangan (4-7D28)  
 10 A=.239960 I=.00877974 E=2.574E7 :BALOK Lapangan (3-6D28)  
 11 A=.225859 I=.00751234 E=2.574E7 :BALOK Lapangan (3-5D28)  
 12 A=.201232 I=.00617652 E=2.574E7 :BALOK Lapangan (2-4D28)  
 13 A=.153211 I=.00333073 E=2.574E7 :BALOK Lapangan (2-2D28)  
 1 W3=0,0,-14.28 PLD=1.5,-17.28,0 : beban mati atap tengah  
 2 W3=0,0,-25.70 PLD=1.5,-17.28,0 : beban mati lantai tengah  
 3 W3=0,0,-14.28 : beban mati atap  
 4 W3=0,0,-25.70 : beban mati lantai  
 1 1 2 LP=-2 M=1 G=2,1,1,1  
 4 4 5 LP=-2 M=2 G=2,1,1,1  
 7 8 9 LP=-2 M=1 G=2,1,1,1  
 10 11 12 LP=-2 M=2 G=2,1,1,1  
 13 15 16 LP=-2 M=1 G=2,1,1,1  
 16 18 19 LP=-2 M=2 G=2,1,1,1  
 19 22 23 LP=-2 M=1 G=2,1,1,1  
 22 25 26 LP=-2 M=2 G=2,1,1,1  
 25 2 29 LP=-2 M=3 NSL=0,0,0,4  
 26 3 30 LP=-2 M=4 NSL=0,0,0,4  
 27 4 31 LP=-2 M=5 NSL=0,0,0,4  
 28 5 32 LP=-2 M=6 NSL=0,0,0,4  
 29 6 33 LP=-2 M=7 NSL=0,0,0,4  
 30 7 34 LP=-2 M=8 NSL=0,0,3,0  
 31 29 35 LP=-2 M=9 NSL=0,2,0,0  
 32 30 36 LP=-2 M=10 NSL=0,2,0,0  
 33 31 37 LP=-2 M=11 NSL=0,2,0,0  
 34 32 38 LP=-2 M=12 NSL=0,2,0,0  
 35 33 39 LP=-2 M=13 NSL=0,2,0,0  
 36 34 40 LP=-2 M=13 NSL=1,0,0,0  
 37 35 9 LP=-2 M=3 NSL=0,0,0,4  
 38 36 10 LP=-2 M=4 NSL=0,0,0,4

39	37	11	LP=-2	M=5	NSL=0,0,0,4
40	38	12	LP=-2	M=6	NSL=0,0,0,4
41	39	13	LP=-2	M=7	NSL=0,0,0,4
42	40	14	LP=-2	M=8	NSL=0,0,3,0
43	9	41	LP=-2	M=3	NSL=0,0,0,4
44	10	42	LP=-2	M=4	NSL=0,0,0,4
45	11	43	LP=-2	M=5	NSL=0,0,0,4
46	12	44	LP=-2	M=6	NSL=0,0,0,4
47	13	45	LP=-2	M=7	NSL=0,0,0,4
48	14	46	LP=-2	M=8	NSL=0,0,3,0
49	41	47	LP=-2	M=9	NSL=0,2,0,0
50	42	48	LP=-2	M=10	NSL=0,2,0,0
51	43	49	LP=-2	M=11	NSL=0,2,0,0
52	44	50	LP=-2	M=12	NSL=0,2,0,0
53	45	51	LP=-2	M=13	NSL=0,2,0,0
54	46	52	LP=-2	M=13	NSL=1,0,0,0
55	47	16	LP=-2	M=3	NSL=0,0,0,4
56	48	17	LP=-2	M=4	NSL=0,0,0,4
57	49	18	LP=-2	M=5	NSL=0,0,0,4
58	50	19	LP=-2	M=6	NSL=0,0,0,4
59	51	20	LP=-2	M=7	NSL=0,0,0,4
60	52	21	LP=-2	M=8	NSL=0,0,3,0
61	16	53	LP=-2	M=3	NSL=0,0,0,4
62	17	54	LP=-2	M=4	NSL=0,0,0,4
63	18	55	LP=-2	M=5	NSL=0,0,0,4
64	19	56	LP=-2	M=6	NSL=0,0,0,4
65	20	57	LP=-2	M=7	NSL=0,0,0,4
66	21	58	LP=-2	M=8	NSL=0,0,3,0
67	53	59	LP=-2	M=9	NSL=0,2,0,0
68	54	60	LP=-2	M=10	NSL=0,2,0,0
69	55	61	LP=-2	M=11	NSL=0,2,0,0
70	56	62	LP=-2	M=12	NSL=0,2,0,0
71	57	63	LP=-2	M=13	NSL=0,2,0,0
72	58	64	LP=-2	M=13	NSL=1,0,0,0
73	59	23	LP=-2	M=3	NSL=0,0,0,4
74	60	24	LP=-2	M=4	NSL=0,0,0,4
75	61	25	LP=-2	M=5	NSL=0,0,0,4
76	62	26	LP=-2	M=6	NSL=0,0,0,4
77	63	27	LP=-2	M=7	NSL=0,0,0,4
78	64	28	LP=-2	M=8	NSL=0,0,3,0

COMBO  
1 C=1,1,1,1

POKOKAL AS B (perantai)TINGGI 24 METER (MN-m)

SYSTEM

L=2 :BEBAN HIDUP (AZL)

JOINT

1 X=0 Z=0  
 7 X=0 Z=24 G=1,7,1  
 8 X=6 Z=0  
 14 X=6 Z=24 G=8,14,1  
 15 X=12 Z=0  
 21 X=12 Z=24 G=15,21,1  
 22 X=18 Z=0  
 28 X=18 Z=24 G=22,28,1  
 29 X=1.5 Z=4  
 34 X=1.5 Z=24 G=29,34,1  
 35 X=4.5 Z=4  
 40 X=4.5 Z=24 G=35,40,1  
 41 X=7.5 Z=4  
 46 X=7.5 Z=24 G=41,46,1  
 47 X=10.5 Z=4  
 52 X=10.5 Z=24 G=47,52,1  
 53 X=13.5 Z=4  
 58 X=13.5 Z=24 G=53,58,1  
 59 X=16.5 Z=4  
 64 X=16.5 Z=24 G=59,64,1

RESTRAINTS

1 64 1 R=0,1,0,1,0,1  
 1 22 7 R=1,1,1,1,1,1

FRAME

NM=13 NL=2

1 A=.278161 I=.00645301 E=2.574E7 :KOLOM Bawah (5D32)  
 2 A=.272529 I=.00620185 E=2.574E7 :KOLOM Atas (4D32)  
 3 A=.162579 I=.00903569 E=2.574E7 :BALOK Tumpuan (8-7D28)  
 4 A=.160215 I=.00890667 E=2.574E7 :BALOK Tumpuan (8-6D28)  
 5 A=.147711 I=.00797301 E=2.574E7 :BALOK Tumpuan (7-5D28)  
 6 A=.123233 I=.00612079 E=2.574E7 :BALOK Tumpuan (5-4D28)  
 7 A=.092311 I=.00399324 E=2.574E7 :BALOK Tumpuan (3-2D28)  
 8 A=.076156 I=.00286194 E=2.574E7 :BALOK Tumpuan (2-2D28)  
 9 A=.252633 I=.01002610 E=2.574E7 :BALOK Lapangan (4-7D28)  
 10 A=.239960 I=.00877974 E=2.574E7 :BALOK Lapangan (3-6D28)  
 11 A=.225859 I=.00751234 E=2.574E7 :BALOK Lapangan (3-5D28)  
 12 A=.201232 I=.00617652 E=2.574E7 :BALOK Lapangan (2-4D28)  
 13 A=.153211 I=.00333073 E=2.574E7 :BALOK Lapangan (2-2D28)  
 1 W3=0,0,-2 : beban hidup atap  
 2 W3=0,0,-5 : beban hidup lantai  
 1 1 2 LP=-2 M=1 G=2,1,1,1  
 4 4 5 LP=-2 M=2 G=2,1,1,1  
 7 8 9 LP=-2 M=1 G=2,1,1,1  
 10 11 12 LP=-2 M=2 G=2,1,1,1  
 13 15 16 LP=-2 M=1 G=2,1,1,1  
 16 18 19 LP=-2 M=2 G=2,1,1,1  
 19 22 23 LP=-2 M=1 G=2,1,1,1  
 22 25 26 LP=-2 M=2 G=2,1,1,1  
 25 2 29 LP=-2 M=3 NSL=0,2  
 26 3 30 LP=-2 M=4 NSL=0,2  
 27 4 31 LP=-2 M=5 NSL=0,2  
 28 5 32 LP=-2 M=6 NSL=0,2  
 29 6 33 LP=-2 M=7 NSL=0,2  
 30 7 34 LP=-2 M=8 NSL=1,0  
 31 29 35 LP=-2 M=9 NSL=0,2  
 32 30 36 LP=-2 M=10 NSL=0,2  
 33 31 37 LP=-2 M=11 NSL=0,2  
 34 32 38 LP=-2 M=12 NSL=0,2  
 35 33 39 LP=-2 M=13 NSL=0,2  
 36 34 40 LP=-2 M=13 NSL=1,0  
 37 35 9 LP=-2 M=3 NSL=0,2  
 38 36 10 LP=-2 M=4 NSL=0,2  
 39 37 11 LP=-2 M=5 NSL=0,2  
 40 38 12 LP=-2 M=6 NSL=0,2

41	39	13	LP=-2	M=7	NSL=0,2
42	40	14	LP=-2	M=8	NSL=1,0
43	9	41	LP=-2	M=3	NSL=0,2
44	10	42	LP=-2	M=4	NSL=0,2
45	11	43	LP=-2	M=5	NSL=0,2
46	12	44	LP=-2	M=6	NSL=0,2
47	13	45	LP=-2	M=7	NSL=0,2
48	14	46	LP=-2	M=8	NSL=1,0
49	41	47	LP=-2	M=9	NSL=0,2
50	42	48	LP=-2	M=10	NSL=0,2
51	43	49	LP=-2	M=11	NSL=0,2
52	44	50	LP=-2	M=12	NSL=0,2
53	45	51	LP=-2	M=13	NSL=0,2
54	46	52	LP=-2	M=13	NSL=1,0
55	47	16	LP=-2	M=3	NSL=0,2
56	48	17	LP=-2	M=4	NSL=0,2
57	49	18	LP=-2	M=5	NSL=0,2
58	50	19	LP=-2	M=6	NSL=0,2
59	51	20	LP=-2	M=7	NSL=0,2
60	52	21	LP=-2	M=8	NSL=1,0
61	16	53	LP=-2	M=3	NSL=0,2
62	17	54	LP=-2	M=4	NSL=0,2
63	18	55	LP=-2	M=5	NSL=0,2
64	19	56	LP=-2	M=6	NSL=0,2
65	20	57	LP=-2	M=7	NSL=0,2
66	21	58	LP=-2	M=8	NSL=1,0
67	53	59	LP=-2	M=9	NSL=0,2
68	54	60	LP=-2	M=10	NSL=0,2
69	55	61	LP=-2	M=11	NSL=0,2
70	56	62	LP=-2	M=12	NSL=0,2
71	57	63	LP=-2	M=13	NSL=0,2
72	58	64	LP=-2	M=13	NSL=1,0
73	59	23	LP=-2	M=3	NSL=0,2
74	60	24	LP=-2	M=4	NSL=0,2
75	61	25	LP=-2	M=5	NSL=0,2
76	62	26	LP=-2	M=6	NSL=0,2
77	63	27	LP=-2	M=7	NSL=0,2
78	64	28	LP=-2	M=8	NSL=1,0

COMBO

1 C=1,1

